

Université de Montréal

L'activité mathématique des élèves lors d'un enseignement par le jeu en mouvement portant
sur le sens spatial

Par

Nelly Julien

Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Maîtrise ès arts (M.A.) en Sciences de
l'éducation, option didactique

Août 2023

© Nelly Julien, 2023

Université de Montréal

Unité académique : Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation

Ce mémoire intitulé

L'activité mathématique des élèves lors d'un enseignement par le jeu en mouvement portant sur le sens spatial

Présenté par

Nelly Julien

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes

Nathalie Bisailon

Présidente-rapporteuse

Sarah Dufour

Directrice de recherche

Patricia Marchand

Codirectrice

Geneviève Barabé

Membre du jury

Résumé

Ce mémoire, se situant dans le champ de la didactique des mathématiques, contribue à l'avancement des connaissances sur le développement des connaissances spatiales (CS) des élèves au primaire. Bien que le développement de ces connaissances soient importantes pour surpasser plusieurs difficultés scolaires (Duval, 2005; Ekimova-Boublil, 2005), peu de recherches se sont intéressées au développement de celles-ci en situation de jeu et de mouvement qui ont tous deux été révélés comme des pratiques gagnantes pour accroître les connaissances spatiales. L'objectif de cette recherche est donc d'enrichir les connaissances entourant le développement des CS lors d'un jeu en mouvement auprès d'élèves du primaire.

Pour ce faire, nous avons utilisé l'outil développé par Marchand (2020) et Marchand et Munier (2021), la « Structure génératrice d'activités » (SGA) pour rendre compte des CS employées par les élèves selon les trois balises de cet outil, soit les composantes des CS, les niveaux d'abstraction et les variables entourant la situation, et plus particulièrement les tâches effectuées. De plus, afin de définir le jeu en mouvement, nous nous sommes inspirées des travaux de Sauvé et al. (2007), de Pelczer (2013) et de Héroux et Proulx (2015).

Afin de mettre en place notre contexte, nous avons effectué un *Teaching experiment (TE)* particulier. Ce *TE* a pris la forme de trois séances d'une trentaine de minutes auprès de douze élèves d'une classe primaire.

Une analyse détaillée de ces trois séances nous a permis d'établir une relation existante entre les composantes de CS et les différents niveaux d'abstraction utilisés. Les élèves se sont alors vu.es utiliser des niveaux d'abstraction de plus en plus complexes en réalisant des activités visant à développer leurs CS. Ces résultats ont également montré que les catégories de tâches utilisées par les élèves influencent le développement des CS, selon l'activité proposée.

Finalement, l'analyse de ce *TE* nous a permis de ressortir quelques retombés, limites et prolongements possibles.

Mots-clés : didactique des mathématiques, géométrie, sens spatial, jeu en mouvement, jeu mathématique, enseignement au primaire.

Abstract

This dissertation, in the field of mathematics didactics, contributes to the advancement of knowledge on the development of spatial knowledge (SK) in primary school learners. Although the development of this knowledge is important for overcoming many academic difficulties (Duval, 2005; Ekimova-Boublil, 2005), little research has focused on the development of this knowledge in situations of games and movement. However, both of which have been shown to be winning practices for increasing spatial knowledge. The aim of this research is to expand our knowledge of the development of SK in moving game with elementary school students.

To achieve this, we used the tool developed by Marchand (2020) and Marchand and Munier (2021), the "Structure génératrice d'activités" (SGA), to reflect the CS employed by students according to the three markers of this tool, namely the components of SK, the levels of abstraction and the variables surrounding the situation, and more specifically the tasks performed. In addition, in order to define moving game, we relied on the work of Sauvé et al. (2007), Pelczer (2013) and Héroux and Proulx (2015).

In order to implement our context, we carried out a special teaching experiment (TE). This TE took the form of three 30-minute sessions with twelve elementary school students.

A detailed analysis of these three sessions enabled us to establish an existing relationship between SK components and the different levels of abstraction used. The students were seen to employ increasingly complex levels of abstraction as they carried out activities aimed at developing their SK. These results also showed that the task categories used by students influence the development of SK, depending on the activity proposed.

Finally, our analysis of this TE has enabled us to identify a number of possible spin-offs, limitations and extensions.

Keywords : didactics of mathematics, geometry, spatial sense, moving game, mathematical game, elementary education.

Table des matières

Résumé	3
Abstract	4
Table des matières	5
Liste des tableaux	10
Liste des figures	12
Liste des sigles et abréviations	19
Remerciements	21
Introduction.....	22
Chapitre 1 – Problématique	24
1.1 La nécessité de la géométrie.....	24
1.2 Deux modèles de compréhension de la géométrie	25
1.3 La géométrie, le sens spatial et les connaissances spatiales	28
1.4 Des activités permettant de favoriser le développement des connaissances spatiales	30
1.4.1 Le sport.....	30
1.4.2 Les jeux	33
1.5 L’objectif général de la recherche.....	36
Chapitre 2 – Cadre de référence	38
2.1 Les connaissances spatiales	38
2.1.1 Le développement des connaissances spatiales.....	43
2.1.1.1 La première balise : les composantes des connaissances spatiales	44
2.1.1.2 La deuxième balise : les différents niveaux d’abstraction	49
2.1.1.3 La troisième balise : les variables de la situation	53
2.1.1.3.1 Les trois conceptions de l’espace de Brousseau (1983)	54

2.1.1.3.2 La nature et le maillage des tâches.....	57
2.1.1.3.3 La nature et les dimensions des objets impliqués dans la situation.....	63
2.1.1.3.4 L’objet du questionnement de l’enseignant.e.....	66
2.1.1.4 La Structure Génératrice d’Activité de cette recherche	67
2.2 Les jeux	68
2.2.1 Les classements des jeux	69
2.2.1.1 Les jeux selon Piaget	69
2.2.1.2 Les jeux éducatifs	72
2.2.1.3 Les jeux mathématiques	78
2.3 Le contexte de la recherche	83
2.4 Les objectifs spécifiques de la recherche.....	85
Chapitre 3 – Méthodologie	87
3.1 Le type de recherche.....	87
3.1.1 La recherche qualitative	87
3.1.2 Le choix d’une méthodologie.....	89
3.1.3 Le teaching experiment.....	90
3.1.4 Un teaching experiment particulier	91
3.2 Les participant.es et leur recrutement	92
3.3 Les activités d’enseignement	95
3.4 Le déroulement global de la collecte	101
3.5 Les outils de collecte du matériau	103
3.6 Les stratégies d’analyse.....	104
Chapitre 4 – Analyse et résultats	106
4.1 L’analyse du matériau du JMM 1 : Les Tangrams géants.....	106

4.1.1 Les composantes des connaissances spatiales	107
4.1.2 Les différents niveaux d'abstraction	115
4.1.3 Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées	122
4.1.4 La synthèse de l'analyse du JMM 1	129
4.2 L'analyse du matériel du JMM 2 : Les Tangrams humains.....	132
4.2.1 Les composantes des connaissances spatiales	133
4.2.2 Les différents niveaux d'abstraction	142
4.2.3 Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées	148
4.2.4 La synthèse de l'analyse du JMM 2	155
4.3 L'analyse du matériel du JMM 3 : Les Tangrams mouvementés	158
4.3.1 Les composantes des connaissances spatiales	159
4.3.2 Les différents niveaux d'abstraction	172
4.3.3 Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées	179
4.3.4 La synthèse de l'analyse du JMM 3	187
4.4 Synthèse des résultats.....	190
Chapitre 5 – Discussion	192
5.1 Les avantages du méso-espace	192
5.2 Un lien entre les deux premières balises de la SGA selon la SOMCS.....	197
5.3 Les avantages d'un JMM	199
5.4 Des particularités pour certaines manifestations relevant des tâches effectuées par les élèves.....	201
5.5 Le développement potentiel des connaissances spatiales des élèves	206
5.6 Les apports théoriques de cette recherche	209
Chapitre 6 – Conclusion.....	212

6.1 La synthèse	212
6.2 Les contributions et les retombées	215
6.3 Les limites et difficultés.....	217
6.4 Les prolongements possibles.....	218
Références bibliographiques.....	221
Annexe 1 – Tableau résumé des niveaux de Van Hiele	227
Annexe 2 – Tableau résumé du modèle de Duval	228
Annexe 3 - Grille d’observation en classe	229
Annexe 4 - Extraits de la séquence d’enseignement : 1, 2, 3... imagine !.....	231
Annexe 5 - L’analyse des trois JMM proposés selon la SGA	236
Annexe 6 – Activité 1 : Les Tangrams géants	239
Annexe 7 – Activité 2 : Les Tangrams humains	242
Annexe 8 – Activité 3 : Les Tangrams mouvementés	245
Annexe 9 – Évolution des Tangrams proposés	248
Annexe 10 – Extrait de la première analyse des vidéos (à main)	252
Annexe 11 – Extrait de la première analyse des vidéos (logiciel).....	253
Annexe 12 – Extrait de la deuxième analyse des vidéos.....	254
Annexe 13 – Extrait de la deuxième analyse des vidéos avec image	255
Annexe 14 – Analyse du JMM 1 des équipes B et C.....	256
Les composantes des CS.....	256
Les différents niveaux d’abstraction	259
Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées	262
Annexe 15 – Analyse du JMM 2 des équipes B et C.....	267
Les composantes des CS.....	267

Les différents niveaux d'abstraction	273
Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées	276
Annexe 16 – Analyse du JMM 3 des équipes B et C.....	284
Les composantes des CS.....	284
Les différents niveaux d'abstraction	292
Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées	294

Liste des tableaux

Tableau 1	<i>Parallèle entre les manifestations des CS en classe de géométrie et en natation (inspiré des actions manifestant les CS nommées par Berthelot et Salin, 1992)</i>	31
Tableau 2	<i>Parallèle entre les manifestations des CS en classe de géométrie et en natation (inspiré de Berthelot et Salin, 1992)</i>	40
Tableau 3	<i>La composante « Orientation »</i>	46
Tableau 4	<i>La composante « Organisation »</i>	47
Tableau 5	<i>Les différents niveaux d'abstraction selon les manifestations des CS en classe de géométrie et en natation</i>	51
Tableau 6	<i>Les différentes conceptions de l'espace selon les manifestations des CS</i>	55
Tableau 7	<i>Les tâches pouvant être effectuées par les élèves selon les manifestations des CS</i>	59
Tableau 8	<i>Résumé des catégories des manifestations des CS retenues pour cette étude</i>	63
Tableau 9	<i>Les dimensions selon les manifestations des CS.....</i>	64
Tableau 10	<i>Classement des jeux selon Piaget (1959, 1978)</i>	72
Tableau 11	<i>Résumé des attributs essentiels et des impacts sur l'apprentissage des élèves d'un jeu éducatif</i>	77
Tableau 12	<i>Comparatif des caractéristiques entre le jeu éducatif et le jeu mathématique</i>	82
Tableau 13	<i>Grille d'observation du Tangram 3 des manifestations des CS relevant des composantes de l'équipe A.....</i>	108
Tableau 14	<i>Quelques moments où les IM utilisées de l'équipe A sont mises de l'avant pour le Tangram 3</i>	111
Tableau 15	<i>Grille d'observation des manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par l'équipe A lors du JMM 1</i>	116
Tableau 16	<i>Grille d'observation du Tangram 2 de quelques manifestations des CS relevant des composantes de l'équipe A.....</i>	134
Tableau 17	<i>Quelques moments où les IM utilisées de l'équipe A sont mises de l'avant</i>	139
Tableau 18	<i>Grille d'observation des manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par l'équipe A lors du JMM 2</i>	143

Tableau 19	<i>Grille d'observation du Tangram 1 de quelques manifestations des CS relevant des composantes de l'équipe A.....</i>	160
Tableau 20	<i>Grille d'observation des manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par l'équipe A lors du JMM 3</i>	172
Tableau 21	<i>Résumé des différents niveaux et des phases de Van Hiele</i>	227
Tableau 22	<i>Résumé du modèle de Duval (2005).....</i>	228
Tableau 23	<i>Activité 1 : Les Tangrams géants.....</i>	236
Tableau 24	<i>Activité 2 : Les Tangrams humains.....</i>	237
Tableau 25	<i>Activité 3 : Les Tangrams mouvementés.....</i>	238

Liste des figures

Figure 1	Exemple de jeu de stratégies	35
Figure 2	<i>Composantes des connaissances spatiales</i>	48
Figure 3	<i>La troncature et l'homothétie</i>	59
Figure 4	<i>Schématisation de la SGA</i>	67
Figure 5	<i>Schématisation de la SOMCS pour notre projet</i>	68
Figure 6	<i>Tangrams de l'activité 1</i>	96
Figure 7	<i>Tangrams de l'activité 2</i>	97
Figure 8	<i>Tangrams de l'activité 3</i>	98
Figure 9	<i>Schématisation de la SOMCS pour le JMM 1</i>	107
Figure 10	<i>A2 transformant le Tangram dessiné en IM</i>	112
Figure 11	<i>A2 montre avec ces bras la forme générale du Tangram</i>	113
Figure 12	<i>Production du Tangram 2 de l'équipe A comparée au Tangram de base</i>	114
Figure 13	<i>Équipe A autour de leur Tangram</i>	114
Figure 14	<i>A2 se repositionne puisque sa représentation n'est que d'un point de vue</i>	115
Figure 15	<i>Tangram 1 de l'activité 1</i>	118
Figure 16	<i>A2 qui se replace pour voir le Tangram selon son IM</i>	118
Figure 17	<i>Productions de chacune des équipes pour le premier Tangram</i>	120
Figure 18	<i>Fabrication du troisième Tangram de l'équipe A</i>	121
Figure 19	<i>Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe A lors du JMM 1</i>	123
Figure 20	<i>Tangram 3 et ses complexités</i>	124
Figure 21	<i>A2 communique la position du triangle</i>	124
Figure 22	<i>Inversion des triangles lors du Tangram 1 pendant la fabrication de l'équipe A</i> ...125	
Figure 23	<i>Fabrication du Tangram 2 par l'équipe A</i>	125
Figure 24	<i>Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe A lors du JMM 1</i>	127
Figure 25	<i>Productions finales des équipes pour l'activité 1</i>	130
Figure 26	<i>Schématisation de la SOMCS prévue vs ce qui s'est passé pour le JMM 1</i>	131

Figure 27	<i>Exemples de fabrication du rectangle</i>	132
Figure 28	<i>Schématisation de la SOMCS pour le JMM 2</i>	133
Figure 29	<i>Positions de A1 et A4 lors de la fabrication du Tangram 2</i>	135
Figure 30	<i>A1 qui positionne A4</i>	136
Figure 31	<i>A1 qui explique à A4 comment se positionner lors du Tangram 1</i>	137
Figure 32	<i>A4 positionne A3</i>	137
Figure 33	<i>Image mentale de A2 pour le Tangram 1</i>	140
Figure 34	<i>Image mentale de A1 pour le Tangram 1</i>	141
Figure 35	<i>A2 et A4 aident A3 à se positionner selon elleux</i>	141
Figure 36	<i>A1 manipule le Tangram 2 dans sa tête afin de placer A4</i>	145
Figure 37	<i>A4 tente de positionner A3 dans le Tangram 2</i>	146
Figure 38	<i>A2 se positionne dans le Tangram 2</i>	147
Figure 39	<i>A2 positionne A3 selon sa vision du Tangram 2 qui est dans la position qu'elle est ...</i>	147
Figure 40	<i>Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe A lors du JMM 2</i>	149
Figure 41	<i>A1 se positionne dans un triangle avec son corps</i>	150
Figure 42	<i>Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe A lors du JMM 2</i>	152
Figure 43	<i>Fabrication du losange avec les déplacements des élèves</i>	154
Figure 44	<i>A3 transforme le losange en deux triangles pour retenir le Tangram 1</i>	154
Figure 45	<i>Position de chaque membre de l'équipe dans le Tangram 2</i>	155
Figure 46	<i>Productions finales des équipes pour le JMM 2</i>	156
Figure 47	<i>Schématisation de la SOMCS prévue vs ce qui s'est passé pour le JMM 2</i>	157
Figure 48	<i>Schématisation de la SOMCS pour le JMM 3</i>	159
Figure 49	<i>A4 déplace le cône afin qu'il soit sur les lignes tracées au sol</i>	162
Figure 50	<i>Le triangle du Tangram 1 formé par les cônes</i>	163
Figure 51	<i>Réalisation du rectangle du Tangram 2</i>	163
Figure 52	<i>Référentiels pour placer le rectangle du Tangram 1 et le carré du Tangram 2</i>	164

Figure 53	<i>Tracé de A4 pour le Tangram 1</i>	165
Figure 54	<i>Tracé de A2 pour le Tangram 2</i>	166
Figure 55	<i>Tangrams montrés vs Tangrams vus par la position de base des élèves A2 et A4</i>	167
Figure 56	<i>Tangrams montrés vs vision de A1 et A4 qui sont externes au traçage</i>	167
Figure 57	<i>Quelques exemples des différents points de vue lors des fabrications des Tangrams</i>	168
Figure 58	<i>Manipulations mentales de l'image 2 de la figure précédente</i>	169
Figure 59	<i>Quelques exemples d'images mentales</i>	170
Figure 60	<i>A2 communique la position des figures du Tangram 1</i>	170
Figure 61	<i>A1 communique la position des figures du Tangram 1</i>	171
Figure 62	<i>A2 communique la position de l'autre triangle</i>	171
Figure 63	<i>Tracé de A2 du Tangram 2 selon ses différentes positions</i>	175
Figure 64	<i>Tracé de A4 du Tangram 1 selon ses différentes positions</i>	175
Figure 65	<i>A1 communique la position du carré à A1 par rapport au rectangle</i>	176
Figure 66	<i>A3 indique à A2 ce que représente le cône devant elle</i>	177
Figure 67	<i>Décentration des quatre membres de l'équipe A pendant la fabrication du Tangram</i> <i>2</i>	178
Figure 68	<i>Positions des élèves de l'équipe A pour observer leur Tangram 2</i>	178
Figure 69	<i>Positions des élèves de l'équipe A pour observer leur Tangram 2 selon le Tangram</i> <i>montré</i>	179
Figure 70	<i>Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe A lors</i> <i>du JMM 3</i>	180
Figure 71	<i>Utilisation de la mesure pour le Tangram 1 et les repères visuels pour le Tangram 2</i>	182
Figure 72	<i>Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par</i> <i>l'équipe A lors du JMM 3</i>	183
Figure 73	<i>A1 communique et anticipe la position des cônes en décrivant le déplacement du</i> <i>carré</i>	184

Figure 74	<i>Transformation du rectangle en trapèze par un déplacement non égal des cônes.....</i>	185
Figure 75	<i>Productions finales des équipes pour l'activité 3</i>	187
Figure 76	<i>Schématisation de la SOMCS prévue vs ce qui s'est passé pour le JMM 3</i>	189
Figure 77	<i>Exemple de décentration avec l'équipe A pour le JMM 1, Tangram 3</i>	194
Figure 78	<i>Exemple de décentration avec l'équipe B pour le JMM 2, Tangram 2</i>	194
Figure 79	<i>Exemple de décentration avec l'équipe C pour le JMM 3, Tangram 2</i>	195
Figure 80	<i>Exemple des dimensions avec l'équipe B pour le JMM 2, Tangram 1</i>	196
Figure 81	<i>Certaines images mentales créées à l'aide d'image connue des élèves pour le JMM 3</i>	200
Figure 82	<i>Exemple d'un.e nageur.se en lac qui transforme son déplacement.....</i>	203
Figure 83	<i>A3 et A1 reconnaissent le cône pour décrire son occupation à A2</i>	205
Figure 84	<i>SGA vs SOMCS</i>	210
Figure 85	<i>Relations entre les différentes balises selon la SGA et la SOMCS</i>	211
Figure 86	<i>Schématisation de la SGA pour l'activité 1.....</i>	236
Figure 87	<i>Schématisation de la SGA pour l'activité 2.....</i>	237
Figure 88	<i>Schématisation de la SGA pour l'activité 3.....</i>	238
Figure 89	<i>Activité 1 (avant la rencontre avec l'enseignant).....</i>	248
Figure 90	<i>Activité 1 (après la rencontre avec l'enseignant)</i>	248
Figure 91	<i>Activité 2 (avant la réalisation de l'activité 1).....</i>	249
Figure 92	<i>Activité 2 (après la réalisation de l'activité 1, mais avant la rencontre avec l'enseignant)</i>	249
Figure 93	<i>Activité 2 (après la réalisation de l'activité 1 et la rencontre avec l'enseignant) ..</i>	250
Figure 94	<i>Activité 3 (avant la réalisation des deux activités précédentes)</i>	250
Figure 95	<i>Activité 3 (après la réalisation de l'activité 2, mais avant la rencontre avec l'enseignant)</i>	251
Figure 96	<i>Activité 3 (après la réalisation de l'activité 2 et la rencontre avec l'enseignant) ..</i>	251
Figure 97	<i>Fabrication du Tangram 2 de l'équipe B</i>	257
Figure 98	<i>Fabrication du Tangram 3 par l'équipe B.....</i>	258

Figure 99	<i>Comparaison des Tangrams produits par les équipes A et C et le dessin</i>	261
Figure 100	<i>Image mentale de C1 pour le Tangram 3</i>	261
Figure 101	<i>Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe B lors du JMM 1</i>	262
Figure 102	<i>Transformation du Tangram 3 par l'équipe B</i>	263
Figure 103	<i>Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe B lors du JMM 1</i>	264
Figure 104	<i>Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe C lors du JMM 1</i>	265
Figure 105	<i>Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe C lors du JMM 1</i>	266
Figure 106	<i>Reproduction du Tangram 1 de l'équipe B vs l'équipe A</i>	267
Figure 107	<i>Reproduction du Tangram 2 de l'équipe B</i>	268
Figure 108	<i>B4 se déplace pour fabriquer le carré autrement</i>	268
Figure 109	<i>Images mentales de B2 et de B3</i>	269
Figure 110	<i>C1 communique à C4 la position des figures du Tangram</i>	269
Figure 111	<i>Reproduction du Tangram 1 de l'équipe C</i>	270
Figure 112	<i>Si C4 avait fabriqué les lignes intérieures</i>	271
Figure 113	<i>Reproduction du Tangram 2 de l'équipe C</i>	271
Figure 114	<i>Confusion entre les Tangrams du JMM 1 et du JMM 2</i>	272
Figure 115	<i>Mémorisation du Tangram par C1, C4 et A2</i>	272
Figure 116	<i>Reproductions du Tangram 2 par les équipes A et C</i>	273
Figure 117	<i>B2 et B3 communiquent la position du triangle en restant dans leur rectangle ...</i>	274
Figure 118	<i>B1 dit à B2 et B3 de se coller davantage</i>	274
Figure 119	<i>Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe B lors du JMM 2</i>	276
Figure 120	<i>B1 et B4 inverse de rôle puisque B1 ne comprenait pas les indications</i>	277
Figure 121	<i>Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe B lors du JMM 2</i>	278

Figure 122	<i>Les étapes 7 du Tangram 1 de l'équipe B.....</i>	<i>279</i>
Figure 123	<i>Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe C lors du JMM 2 pour le Tangram 1</i>	<i>280</i>
Figure 124	<i>C1 communique à C4 la ligne et la figure manquante du Tangram 1</i>	<i>281</i>
Figure 125	<i>Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe C lors du JMM 2</i>	<i>282</i>
Figure 126	<i>B4 communique la position du rectangle du Tangram 1 à B1 et B2.....</i>	<i>284</i>
Figure 127	<i>B3 déplace le cône formant le carré du Tangram 2</i>	<i>285</i>
Figure 128	<i>Tracés de l'équipe B pour les deux Tangrams de l'activité 3.....</i>	<i>286</i>
Figure 129	<i>Image mentale partielle du Tangram 2 de l'équipe B.....</i>	<i>287</i>
Figure 130	<i>B3 indique la position des figures du Tangram 1</i>	<i>287</i>
Figure 131	<i>C2 et C4 placent chacun.e un des cônes d'un des triangles du Tangram 2.....</i>	<i>288</i>
Figure 132	<i>C1 décrit les figures tracées du Tangram 2 par C3.....</i>	<i>288</i>
Figure 133	<i>Tracé du Tangram 2 de l'activité 3 par C3</i>	<i>289</i>
Figure 134	<i>Utilisation des lignes au sol comme référentiel et pour s'aider à se repérer dans l'environnement</i>	<i>290</i>
Figure 135	<i>C1 montre la position des cônes du triangle du Tangram 1.....</i>	<i>290</i>
Figure 136	<i>Fabrication du Tangram 2 selon les visions de C3 et C1</i>	<i>293</i>
Figure 137	<i>Image mentale partielle de C3 pour le Tangram 2</i>	<i>294</i>
Figure 138	<i>Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe B lors du JMM 3 pour le Tangram 1</i>	<i>295</i>
Figure 139	<i>Déplacement du carré par B2 et ensuite par B3</i>	<i>296</i>
Figure 140	<i>Déplacement de B4 et de B2 pour construire le Tangram 1</i>	<i>297</i>
Figure 141	<i>Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe B lors du Tangram 1 du JMM 3.....</i>	<i>297</i>
Figure 142	<i>Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe C lors du JMM 3</i>	<i>299</i>
Figure 143	<i>Évolution de la construction du Tangram 1 de l'équipe C.....</i>	<i>299</i>

Figure 144 *Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe C lors du JMM 3*301

Liste des sigles et abréviations

CG : Connaissances géométriques

CS : Connaissances spatiales

IM : Images mentales

JMM : Jeu mathématique en mouvement

MEQ : Ministère de l'Éducation du Québec

PDA : Progression des apprentissages

PFEQ : Programme de formation de l'école québécoise

SGA : Structure génératrice d'activités

SOMCS : Structure d'observation des manifestations des connaissances spatiales

T1 : Temps 1

T2 : Temps 2

T3 : Temps 3

T4 : Temps 4

TE : Teaching experiment

*À tous.tes les passionné.es des mathématiques
et à toi petit futur bébé de décembre*

Remerciements

Je tiens, tout d'abord, à remercier l'enseignant qui m'a inspiré ce projet et qui m'a permis de réaliser mes activités dans sa classe. Je ne nommerai point cet enseignant par souci du respect de confidentialité lié à cette recherche, mais je tenais à le remercier de m'avoir si bien accueilli dans son environnement de travail. Un merci particulier également à la stagiaire de cet enseignant qui a sauté les deux pieds joints dans ce projet et qui s'est approprié rapidement le projet de recherche. Puis, un merci particulier aux douze élèves qui se sont prêtés au jeu. Sans vous, cette recherche n'aurait pas été possible. Merci de m'avoir accueilli et d'avoir aussi bien participé aux activités proposées.

Je remercie également le Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH) qui m'a offert une bourse afin de m'aider à réaliser ce projet. Puis, merci également à l'Université de Montréal pour le soutien financier obtenu grâce aux bourses de cheminement, mais également pour avoir mis au travers de ma route des professeur.es et des chargé.es de cours autant compétent.es et passionné.es qui m'ont aidé tout au long de mon parcours.

Je veux aussi remercier mon jury, Nathalie Bisailon et Geneviève Barabé, pour votre temps et vos yeux de lynx. Je suis reconnaissante pour vos commentaires constructifs lors de l'évaluation de mon mémoire qui ont permis d'approfondir et d'enrichir cette recherche.

Je veux également prendre le temps de remercier ma codirectrice, Patricia Marchand, qui s'est joint à notre équipe en cours de chemin. Ton expertise, ton professionnalisme, ton écoute et ta disponibilité ont plus qu'été appréciés. Un merci particulier également à ma directrice, Sarah Dufour, qui m'a accueillie sous son aile comme si j'étais son propre oisillon. Merci d'avoir été aussi présente et disponible tout au long de mon parcours. Ton accompagnement m'a permis à élaborer et à enrichir ce mémoire. Merci à vous deux d'avoir poussé mes réflexions et mes connaissances tout au long du cheminement de ce projet.

Finalement, merci à ma famille, mes ami.es et, plus particulièrement, mon mari qui m'ont accompagnée et encouragée tout au long de ce parcours.

Introduction

Dans notre société industrialisée, l'enseignement est un sujet qui touche presque toute la population puisque c'est en partie grâce à l'école que les générations futures sont formées et éduquées. Cet enseignement est composé de plusieurs matières, dont les arts, le sport, les sciences, l'univers social, le français et les mathématiques. C'est sur cette dernière matière que nous nous pencherons dans ce mémoire. En fait, nous ciblons le sous-domaine de la géométrie qui est la branche des mathématiques étudiant divers objets et leur relation, comme les solides, les lignes, l'espace... Plus précisément, nous nous intéressons au sens spatial qui est relié à la structuration de l'espace (Marchand, 2009). Pourquoi s'intéresser au sens spatial ? Eh bien, vous le découvrirez plus en profondeur dans ce mémoire. Toutefois, un questionnement sur la complexité du sens spatial a commencé à s'installer chez moi lors de mon cours universitaire portant sur la géométrie. J'ai constaté que la plupart de mes collègues universitaires avaient de la difficulté avec cette notion géométrique et ils n'arrivaient pas tous.tes à se représenter des figures relativement simples dans leur tête ou n'arrivaient pas à les manipuler mentalement. Puis, en effectuant des lectures, j'ai constaté que ce problème était présent dès le primaire. Je me suis donc questionnée sur les tâches que nous proposons aux élèves du primaire pour développer leur sens spatial. Cela m'a menée à m'intéresser à l'activité mathématique des élèves pendant qu'ils exécutent des activités permettant de travailler le sens spatial.

Ce mémoire porte donc sur l'activité mathématique des élèves lors d'une tâche travaillant le sens spatial. Afin de démontrer l'apport de cette recherche dans la société et dans le domaine scientifique, ce texte s'ouvre sur la problématique dont la nécessité d'enseigner la géométrie, plus précisément le sens spatial, et certaines approches didactiques portant sur le sens spatial seront abordées. Ensuite, le cadre de référence de la recherche sera articulé autour des connaissances spatiales, du développement de celles-ci et du type de jeu qui sera utilisé. La méthodologie de recherche employée sera ensuite décrite. Il y aura successivement le type de recherche, soit la recherche qualitative et le *teaching experiment (TE)*, les participant.es, la façon de les recruter, les outils de collecte du matériau utilisés, le déroulement global de la collecte pour conclure avec les stratégies d'analyse. À la suite de cela, l'analyse du matériau des trois activités proposées sera exposée ainsi que les résultats de la recherche selon nos objectifs. Une

discussion portant sur certains apports de cette recherche suivra. Finalement, nous conclurons ce mémoire avec une synthèse des éléments se retrouvant dans ce mémoire, les contributions et retombées de cette recherche ainsi que ces limites pour finir avec les prolongements possibles.

Chapitre 1 – Problématique

Ce chapitre porte sur les enjeux mathématiques présents dans notre société. Ainsi, nous aborderons la nécessité de la géométrie dans nos vies, mais aussi sa nécessité dans l'enseignement puisqu'il s'agit d'un domaine complexe à comprendre et à apprendre. Puis, plus précisément, nous aborderons l'importance de l'apprentissage du sens spatial. Ensuite, il sera fait mention de pratiques permettant le développement du sens spatial, dont le jeu qui sera notre porte d'entrée pour ce mémoire. Ainsi, nous verrons les apports et les enjeux en recherche qui portent sur l'enseignement des mathématiques par les jeux.

1.1 La nécessité de la géométrie

Les mathématiques sont très présentes dans nos vies et elles se présentent à nous de diverses façons. Elles peuvent être sous forme de nombres, de figures géométriques ou de grandeurs, car il existe plusieurs domaines mathématiques. Ces domaines sont l'arithmétique (sens des nombres, opérations, numération), la géométrie (figures planes, solides, relations spatiales), la mesure (sens de la mesure, unités de mesure), la statistique (collecte de données, diagrammes) et la probabilité (phénomènes aléatoires, prédictions) (ministère de l'Éducation du Québec [MEQ], 2001). Dans ce mémoire, il sera question du domaine de la géométrie, car il est nécessaire dans plusieurs sphères de nos vies. En effet, toutes constructions sont bâties grâce à certains concepts géométriques. Par exemple, les meubles Ikea sont des déconstructions de solides et il faut arriver à les reconstruire. Les indications que nous donnons à une personne pour se rendre à un endroit font également partie du domaine géométrique puisque ce sont des connaissances relevant de relations spatiales. Placer tous les jouets des enfants dans un bac, ranger l'épicerie dans les armoires et le congélateur de la maison, remplir sa valise pour un voyage en perdant le moins d'espace possible, organiser ses tiroirs de vêtements, se déplacer, faire des mouvements dans l'espace, effectuer des techniques qui déplacent ou bougent notre corps dans le sport pourraient être d'autres exemples de la vie courante où nous utilisons nos connaissances illustrant des relations spatiales.

Le milieu scolaire peut contribuer à développer ces relations spatiales d'objets de la vie courante, mais surtout d'objets géométriques. Cependant, ce développement ne va pas de soi pour

plusieurs élèves et c'est l'une des plus grandes difficultés des élèves (Berthelot et Salin, 1992; Charnay et Mante, 2008, cité dans Marchand, 2009). De plus, étant donné que les relations spatiales d'objets sont intimement liées aux connaissances géométriques (CG), connaissances relatives à l'étude des propriétés géométriques et métriques des objets en jeu, leur développement peut contribuer à la conceptualisation des notions géométriques visées par le programme de formation au primaire et du secondaire, ce qui contribuera à aider les élèves du primaire à l'université à surpasser plusieurs difficultés d'apprentissage (Duval, 2005; Ekimova-Boublil, 2005). Toutefois, il semble que ces connaissances soient moins présentes que d'autres connaissances mathématiques dans le parcours scolaire.

1.2 Deux modèles de compréhension de la géométrie

L'étude de l'enseignement de la géométrie est de mise puisqu'il s'agit d'un domaine mathématique complexe à apprendre dû à la sollicitation de plusieurs activités cognitives simultanées comme le geste, le langage et le regard (Duval, 2005) et qu'elle entretient avec d'autres domaines mathématiques. En outre, les objets mathématiques utilisés en géométrie sont des objets ayant des propriétés géométriques (CG) et ayant une position et une orientation dans l'espace (CS) (Marchand, 2020). Ils peuvent également se déplacer dans cet espace tout en conservant leurs propriétés géométriques (Marchand, 2020). Cela apporte donc une complexité supplémentaire. Cette section abordera donc deux modèles de compréhension de la géométrie qui démontrent la complexité de l'apprentissage de la géométrie pour les élèves. Toutefois, il est important de garder en tête que ce ne sont pas les seuls modèles existants, mais nous présentons ceux-ci puisque ce sont les plus communs rencontrés dans la littérature sur la didactique de la géométrie.

Le premier modèle qui nous permet d'observer l'apprentissage des élèves dans cette discipline mathématique est celui élaboré par Van Hiele. Ce modèle est composé de différents niveaux de la géométrie et ils se développent en discutant et en étant mis en interactions avec leurs pairs (Lovin et Van de Wall, 2008). Ces niveaux sont hiérarchiques et séparés en cinq : 1) l'identification-visualisation (reconnaissance globale des figures proposées), 2) l'analyse (connaissance des propriétés géométriques des figures), 3) la déduction informelle (organisation

des propriétés de façon hypothético-déductive, 4) la déduction formelle (maîtrise des distinctions entre les définitions) et 5) la rigueur (préoccupation de la nature du système axiomatique et imagination d'autres systèmes axiomatiques afin de développer d'autres géométries) (Braconne-Michoux, 2014). Les élèves doivent donc passer successivement par chacun d'eux pour atteindre une compréhension de la géométrie (Braconne-Michoux, 2014), c'est-à-dire qu'ils sont en mesure d'effectuer des démonstrations géométriques, de représenter des éléments géométriques, d'énoncer les propriétés géométriques d'une figure ou d'un solide... Toutefois, ce n'est pas parce qu'un.e élève atteint le troisième niveau dans une certaine connaissance géométrique, qu'il se situe au troisième niveau dans toutes les autres connaissances géométriques. Les élèves doivent ainsi franchir les différents niveaux de Van Hiele pour chaque connaissance (Braconne-Michoux, 2014). Par ces niveaux, les élèves passeront d'une pensée implicite à une pensée explicite des notions géométriques en franchissant cinq phases à chacun des niveaux (Braconne-Michoux, 2014). Ces cinq phases sont : 1) l'information (réception d'un nouvel objet d'étude et découverte de la structure), 2) l'orientation dirigée (exploration de la structure découverte), 3) l'explication (organisation des propriétés et structures découvertes), 4) l'orientation libre (exécution de différentes tâches nécessitant l'utilisation des propriétés et des structures organisées) et 5) l'intégration (organisation du travail de façon autonome et réinvestissement des connaissances acquises dans les précédentes phases) (Braconne-Michoux, 2014).

Ainsi, l'élève du primaire qui atteindrait la fin du troisième niveau de Van Hiele, ce qui est souhaité selon les demandes du programme scolaire, serait passé par 15 étapes. Cela amène beaucoup d'étapes à parcourir et à franchir pour acquérir une compréhension de la géométrie. Ce qui explique, en partie, la complexité de ce domaine mathématique à apprendre. De plus, il s'agit d'un modèle centré sur les CG et non sur les CS. Pour résumer, sans entrer dans le détail de chacune des phases de chaque niveau, vous pouvez consulter au besoin l'*Annexe 1* (p. 227) qui résume le modèle de Van Hiele, un exemple est donné pour faciliter la compréhension globale de chacun de ces niveaux.

Duval (2005) apporte quant à lui un autre modèle de compréhension de la géométrie qui part des activités proposées aux élèves plutôt que des actions effectuées par les élèves et il lie la mesure

à la géométrie. Cela veut dire que Duval propose un modèle où c'est l'activité qui déterminera le rôle que prend l'élève, alors que pour Van Hiele, l'activité proposée n'a pas autant d'importance puisque l'élève effectuera l'activité selon son niveau de compréhension. Donc, dans le modèle de Duval, il sépare les niveaux de compréhension de la géométrie en quatre rôles que les élèves peuvent jouer pour comprendre la géométrie. Ces rôles se divisent ainsi : le.a botaniste (reconnait et nomme des figures planes), l'arpenteur.trice-géomètre (mesure et reporte des longueurs sur un dessin), le.a constructeur.trice (construit des figures planes à l'aide d'instruments) et l'inventeur.trice-bricoleur.se (reconstruit des figures planes à partir de déconstruction visuelle) (Duval, 2005). Duval (2005) mentionne également que les élèves utilisent deux modes de fonctionnement cognitif opposés qui sont la visualisation iconique, utilisée par le.a botaniste et l'arpenteur.trice-géomètre, et la visualisation non iconique, employée par le.a constructeur.trice et l'inventeur.trice-bricoleur.se. La visualisation iconique « repose sur une ressemblance entre la forme reconnue dans un tracé et la forme caractéristique de l'objet à identifier » (Duval, 2005, p. 15). La visualisation non iconique correspond à la déconstruction des formes avec ou sans tracés supplémentaires (Duval, 2005). Finalement, les élèves peuvent passer par trois niveaux d'opérations discursives qui vont comme suit : la dénomination, l'énonciation de propriétés et la déduction. Cette différenciation est importante, car la relation entre langage et visualisation évolue de manière complémentaire d'un niveau à l'autre. Cela apporte ainsi beaucoup de facteurs à prendre en compte pour que les élèves développent une compréhension de la géométrie. Au besoin, un tableau résumé du modèle de Duval (2005) est présenté en *Annexe 2* (p. 228).

Il est donc important d'enseigner la géométrie dès le primaire afin d'aider les élèves à développer, au plus tôt, leurs connaissances géométriques. En outre, lorsque les élèves arrivent aux études post-primaires, l'enseignement de la géométrie leur pose des problèmes et crée un obstacle à leurs apprentissages dans tous les domaines mathématiques (Berthelot et Salin, 1992). Puis, dans notre société québécoise, l'enseignement des relations spatiales est souvent enseigné en utilisant la géométrie. Cela a donc un effet sur les problèmes spatiaux proposés aux élèves (Berthelot et Salin, 1992), car ceux-ci demandent aux élèves d'utiliser leurs connaissances géométriques en plus de leurs connaissances relevant du sens spatial. Cela implique une double tâche, donc une complexification de l'apprentissage des éléments du domaine géométrique. D'ailleurs, dans ce

deuxième modèle, ce qui est mis de l'avant est la compréhension géométrique, mais l'étude des relations spatiales en lien avec cette compréhension géométrique reste également implicite à ce dernier.

1.3 La géométrie, le sens spatial et les connaissances spatiales

Dans la section portant sur la géométrie dans le programme de formation de l'école québécoise (PFEQ), nous pouvons retrouver le sens spatial (MEQ, 2001). Toutefois, il n'est pas clairement indiqué ce qui relève du sens spatial puisqu'il est inclus dans la catégorie « figures géométriques et sens spatial » (MEQ, 2001). C'est probablement, en partie pour cela, que plusieurs enseignant.es incluent le sens spatial dans la partie géométrie du programme scolaire (Clements et Battista, 1992). Ainsi, nous distinguerons ces deux termes dans cette section.

La géométrie est séparée en deux axes. Le premier axe relève des concepts et des relations logiques, dont l'objectif est de démontrer des théorèmes (Cabot-Thibault, 2013). Il s'agit des CG (Marchand, 2009). Le deuxième axe est celui qui s'intéresse au sens spatial. Les élèves développent dans cet axe leurs habiletés de visualisation, de manipulation et de transformation mentales (Cabot-Thibault, 2013). Le sens spatial relève également de tout ce qui nous entoure et de notre conception de l'espace (Marchand, 2009). Qu'il s'agisse de l'espace qu'occupe un objet, notre corps ou de l'espace libre qu'il reste à l'intérieur d'un tiroir, il s'agit d'exemples impliquant le sens spatial. En classe de géométrie, le sens spatial relève plus spécifiquement de connaissances spatiales (CS) comme la reconnaissance, la description, la fabrication, la construction et la transformation d'objets et d'un espace de vie (Berthelot et Salin, 1992). C'est également de déplacer, de trouver et de communiquer la position des objets (Berthelot et Salin, 1992). Ainsi, elles renvoient au fait que les élèves comprennent et accomplissent certaines tâches touchant les relations spatiales existantes entre deux objets. Par exemple, les élèves peuvent reconnaître que l'étui à crayons se situe au-dessus du pupitre. Dans cette recherche, nous nous intéresserons principalement à ce deuxième axe qui concerne les CS, puisqu'il s'agit d'une des difficultés importantes chez les élèves dans l'apprentissage de la géométrie (Charnay et Mante, 2008, cité dans Marchand, 2009) et qu'il s'agit d'un contenu à développer qui est ciblé dans le PFEQ (MEQ, 2001). Moss et al. (2016, cités dans Marchand, 2020) identifient également cinq

raisons pour lesquelles il faut enseigner les connaissances spatiales. Il s'agit du lien extrêmement fort entre les CS et le développement de la pensée mathématique; de la malléabilité de ces connaissances puisqu'elles s'apprennent à tous les âges; de la prédiction qu'elles peuvent donner de la réussite scolaire en sciences, en technologies, en génies et en mathématiques; de la non-visibilité des connaissances spatiales dans notre programme de formation scolaire; et de son accessibilité pour tous.tes grâce à ses diverses perspectives (Moss et al., 2016, cités dans Marchand, 2020). Berthelot et Salin (1992) font également ressortir que l'absence de l'enseignement des CS laisse des enfants et adultes démunis dans des situations demandant leur utilisation. Ces chercheur.ses mentionnent également que bien que les situations non didactiques, c'est-à-dire des situations de la vie courante, permettent d'apprendre certaines CS nécessaires dans la société, il est important de venir compléter ces apprentissages en milieu scolaire afin d'approfondir et d'acquérir d'autres connaissances (Berthelot et Salin, 1992).

En outre, l'enseignement des CS à partir de l'âge de 5 ans influence la réussite scolaire en mathématiques et en sciences dès la troisième année du primaire (Gunderson, Ramirez, Beilok et Levine, 2012) et il a également une importance pour l'apprentissage des autres domaines mathématiques (Clements et Sarama, 2014). Marchand (2020) a également effectué une recension d'écrits qui démontre l'importance de l'enseignement des CS pour la réussite dans d'autres domaines mathématiques ainsi que d'autres matières. Nous pouvons y lire :

Cette préoccupation grandissante des [connaissances spatiales (CS)] se fonde sur des résultats de recherche mettant en évidence leur corrélation avec le taux de réussite des élèves en géométrie (Kalogirou & Gagatsis, 2012 ; Battista 2008 ; Gaulin 1985), en résolution de problèmes (Clements & Sarama 2011 ; National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2006 ; Hegarty & Kozhevnikov 1999), en calcul mental (Kyttälä & Lehto 2008), en algèbre (Tolar, Lederberg & Fletcher 2009), en mathématiques de manière globale (Verdine et al., 2017 ; Shumway, 2013 ; Cheng & Mix 2012 ; NCTM 2005 ; Wolfgang, Stannard & Jones 2001) et au-delà des mathématiques comme en sciences (Chastenay, 2015 ; Davis et al., 2015 ; Wai, Lubinski & Benbow 2009). (Marchand, 2020, p. 139)

Les enseignant.es doivent toutefois être vigilant.es puisque les CS et les CG sont quasiment indissociables dues aux exercices qui sont donnés, en classe (Marchand, 2009). D'ailleurs, contrairement à d'autres sociétés, comme la société esquimaude, notre société intègre les CS dans la géométrie (Berthelot et Salin, 1992). Cela vient donc influencer les processus de

modélisation qui nécessitent des CS (Berthelot et Salin, 1992). Il faut ainsi faire attention au glissement possible entre les CS et les CG (Marchand et Braconne-Michoux, 2013; Marchand, 2020), même si les deux connaissances peuvent être sollicitées par les mêmes situations et qu'elles s'alimentent entre elles (Marchand, 2020).

1.4 Des activités permettant de favoriser le développement des connaissances spatiales

Les CS sont complexes à apprendre pour les élèves, car elles sont nombreuses, sollicitent différentes actions sur les objets (Berthelot et Salin, 1992) et demandent des manipulations mentales d'objets (Del Grande, 1990). C'est pourquoi il est important que des activités travaillant les CS soient proposées aux élèves dès le primaire, et plus précisément des activités qui permettent de travailler la manipulation mentale (Del Grande, 1990) puisque c'est lors de ces activités mentales que les CS se développent (Marchand, 2020). En effet, les activités présentées dans les manuels scolaires permettent peu de travailler les manipulations et les transformations mentales (Cabot-Thibault, 2013). En revanche, d'autres méthodes permettent d'aider les élèves dans leur apprentissage des CS, comme pratiquer un sport ou jouer à un jeu (Marchand, 2009). Commençons par analyser ce que les athlètes d'un sport doivent accomplir d'un point de vue des CS, puis nous poursuivrons avec les jeux afin de compléter la problématique ciblée par cette étude.

1.4.1 Le sport

Prenons la natation puisqu'il s'agit d'un sport que je pratique et enseigne depuis de nombreuses années. L'athlète de natation doit être en mesure de se déplacer (en nageant un style de nage x) dans un environnement donné (son corridor de natation). Lorsqu'il nage, l'athlète est en mesure de reconnaître et de décrire ces mouvements lorsqu'il est en mouvement dans l'eau. Par exemple, il est capable de reconnaître mentalement si sa traction dans l'eau est suffisamment efficace lors de sa nage pour aller à la vitesse souhaitée. Le nageur se trouve aussi sa position dans l'eau en observant la ligne au sol de son corridor ou les drapeaux suspendus. Ces différentes actions effectuées par l'athlète, 1) reconnaître son déplacement, 2) décrire son déplacement, 3)

déplacer son corps, 4) trouver sa position et 5) communiquer sa position, sont toutes des actions mentionnées dans les travaux de Berthelot et Salin (1992), mais avec des activités pouvant s'effectuer en classe de géométrie. Par exemple, l'élève peut reconnaître ou décrire les mouvements qu'un objet fait lors d'une rotation ou d'une translation. Puis, l'élève peut déplacer un objet (un dé) dans un environnement donné (une classe). L'élève peut également trouver et communiquer la position de l'objet en utilisant des référents spatiaux comme au-dessus, en dessous ou des coordonnées. Nous pouvons constater que des CS peuvent se manifester dans les deux sphères mentionnées, c'est-à-dire en classe de géométrie et en sport. Le prochain tableau résume comment ces actions peuvent se manifester pour représenter les CS utilisées dans les deux sphères.

Tableau 1

Parallèle entre les manifestations des CS en classe de géométrie et en natation (inspiré des actions manifestant les CS nommées par Berthelot et Salin, 1992)

Manifestations des CS	En classe de géométrie	En sport (exemple : la natation)
reconnaitre un déplacement	le rectangle a effectué une rotation, une translation, une réflexion	le.a nageur.se reconnaît le déplacement de son.sa partenaire lors d'un relais afin de partir au bon moment
décrire un déplacement	le rectangle a effectué une rotation de 45° vers la droite	le.a nageur.se décrit un déplacement en donnant des explications sur la vitesse d'un.e autre nageur.se grâce à sa traction et sa coulée sous l'eau
déplacer un objet	sur le bureau, sous le bureau, à droite du bureau...	le.a nageur.se déplace son corps dans l'eau
trouver la position	trouver la position d'un point dans l'un des cadrans du plan cartésien	le.a nageur.se trouve sa position au dos crawlé grâce aux drapeaux à 5 m du mur d'arrivée
communiquer la position	le point A se situe à l'intersection (1,3), le B est au (6,4)...	le.a nageur.se communique la position de son pair selon l'endroit où iel est dans la piscine (5 m du départ, à la moitié d'une longueur...)

Marchand (2020) mentionne également certains de ces aspects pour le patinage artistique. Elle précise que l'objet utilisé, en classe, est une figure géométrique ou un solide (par exemple), tandis que dans le sport, l'objet est l'athlète lui-même. Puis, certain.es des patineur.ses avaient mentionné que ce qui relevait des CS, comme les translations, les rotations et les réflexions était plus facile pour elleux (Marchand, 2020). La chercheuse ajoute toutefois que pour que les CS se développent chez les athlètes, il est important que les athlètes produisent des images mentales (IM) de leur corps dans l'espace (Marchand, 2020). « En ce sens, les athlètes anticipent les effets de leurs actions dans l'espace, les contrôlent et les communiquent à leur entraîneur » (Marchand, 2020, p. 141). Cela se rapproche des manifestations des CS rapportées par Berthelot et Salin (1992), mais en y ajoutant un aspect un peu plus poussé puisqu'il y a présence d'une habileté mentale, l'anticipation, qui sera importante pour cette étude. Ainsi, les sportif.ves qui sollicitent régulièrement leurs habiletés motrices et mentales développent davantage leurs CS.

En milieu scolaire, Nilges et Usnick (2000) se sont intéressées au lien entre les mathématiques et l'éducation physique. Les chercheuses font ressortir que ces deux domaines sont complémentaires pour l'apprentissage des CS puisque l'éducation physique est l'endroit naturel où les élèves peuvent travailler leur coordination entre le visuel et la motricité et qu'il s'agit d'une compétence essentielle pour travailler les CS du domaine des mathématiques (Nilges et Usnick, 2000). Puis, elles ajoutent même que « the development of spatial sense is a logical component of elementary mathematics curricula, since many elementary school children, according to Piagetian theory, are still in either the sensorimotor or the concrete operational stage »¹ (Nilges et Usnick, 2000, p. 29).

En somme, ce que le sport met en exergue pour qu'il y ait développement des CS est l'importance du mouvement du corps dans l'espace et son anticipation, deux aspects qui seront repris et étudiés par cette recherche, en les réinvestissant dans un contexte mathématique.

¹ « le développement du sens spatial est une composante logique des programmes de mathématiques de l'école primaire, étant donné que de nombreux élèves de l'école primaire, selon la théorie de Piaget, en sont encore au stade sensorimoteur ou au stade opérationnel concret » (traduction libre)

1.4.2 Les jeux

Outre le mouvement du corps dans un espace et son anticipation, le jeu s'avère bénéfique pour les élèves sur plusieurs points dans l'enseignement des mathématiques (Archambault et Chouinard, 2016; Cabot Thibault, 2013; Legendre, 2005, cité dans Pelletier, 2018; Makdissi, 2020; Sauvé et al., 2007; Tourigny, 2004). D'un point de vue social, l'utilisation du jeu en classe est avantageuse puisque le jeu permet aux élèves de développer la capacité d'entrer en relation avec les autres, de négocier et de renforcer l'esprit d'équipe (Sauvé et al., 2007). D'un point de vue émotionnel, le jeu est une façon de motiver et d'engager les élèves dans leurs apprentissages (Archambault et Chouinard, 2010, cités dans Pelletier, 2018; Gray et al., 1998; Héroux et Rajotte, 2021). En outre, afin de maintenir l'intérêt et l'attention des élèves lors des apprentissages, il est important que les élèves soient activement engagés le plus longtemps possible lors d'un enseignement (Archambault et Chouinard, 2016). Donc, si les élèves jouent à un jeu pour apprendre, ils seront actifs presque tout le long de l'enseignement, ce qui sera bénéfique pour leurs apprentissages. Finalement, d'un point de vue intellectuel, la pédagogie du jeu est un moyen d'apprentissage et de développement (Legendre, 2005, cité dans Pelletier, 2018). De plus, Corbenois, Martel et Bellier (2003) mentionnent que « le jeu est un élément du développement intellectuel qui permet de développer le plaisir d'apprendre tout en développant différentes connaissances chez les élèves » (cité.es dans Héroux, 2023). En résumé, les jeux sont avantageux pour les élèves puisqu'ils ont des bénéfices émotionnels, sociaux et cognitifs (Héroux, 2023).

D'un point de vue didactique, les jeux peuvent permettre de développer les raisonnements mathématiques des élèves du secondaire (Makdissi, 2020). Ils peuvent également permettre de développer les trois compétences mathématiques du ministère de l'Éducation (Tourigny, 2004). Puis, les jeux de stratégie peuvent aider à développer, de manière globale, les habiletés spatiales des élèves (Cabot Thibault, 2013). Marchand (2020) a même élaboré un outil théorique qui permet aux enseignant.es de choisir, entre autres, des jeux qui permettent de développer les CS des élèves au primaire. Cet outil s'appelle « Structure génératrice d'activités » (SGA). Nous détaillerons cet outil dans le prochain chapitre.

L'étude de Makdissi (2020) s'est intéressée au développement des raisonnements mathématiques des élèves du secondaire lors de l'utilisation de jeux, « Combinaison cachée » et

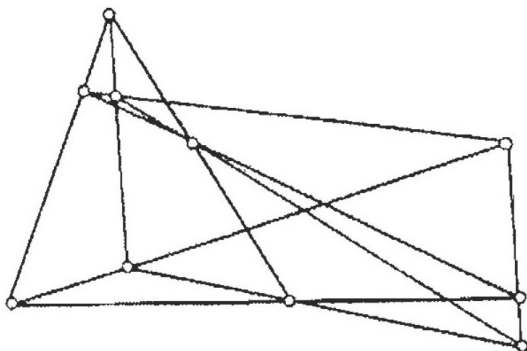
« Retrouve ton x », en classe mathématique. Ces jeux ont été créés par cette chercheuse et elle avait suivi une certaine méthodologie pour les créer. Elle avait effectué ses choix du contenu mathématique présent dans ses jeux, pour ensuite créer ses jeux et finalement, suivi un processus de création inspiré par Loïse (2001). À la fin de son étude, elle a réalisé que non seulement les jeux permettaient de développer les raisonnements mathématiques des élèves, mais ils permettaient également de construire une certaine compréhension de l'algèbre (Makdissi, 2020). Il s'agit donc d'une étude qui permet de ressortir l'importance des jeux pour l'apprentissage des mathématiques, mais elle ne portait pas sur le développement des CS des élèves. Ce que nous retenons de cette étude est sa méthodologie entourant la création de ses jeux. Ainsi, puisque nous élaborons nous-mêmes nos propres jeux pour cette recherche, nous retiendrons qu'il faudra d'abord choisir notre contenu mathématique, les créer et avoir un processus de création (Makdissi, 2020).

Tourigny (2004) a étudié le développement des compétences mathématiques par le jeu auprès des élèves de troisième année du primaire en milieu défavorisé. Elle avait utilisé trois jeux provenant de la banque de jeu intitulée *Le jeu et l'apprentissage des mathématiques au premier cycle du primaire* (Bednarz et Poirier, 2002). Ces jeux étaient deux jeux stratégiques, « Barrage » et « Saute mouton », ainsi qu'un jeu numérique « Cinq en ligne ». Ces jeux avaient été choisis dans le but de favoriser les interactions entre les élèves pour favoriser l'explication de leurs stratégies et de leurs différents points de vue, ainsi que l'argumentation de leurs choix en cours de jeu (Tourigny, 2004). Elle a pu constater que dans un contexte précis, les jeux qu'elle a effectués avec les élèves ont permis de développer les trois compétences mathématiques, c'est-à-dire la résolution de problèmes, le raisonnement mathématique et la communication à l'aide du langage mathématique (Tourigny, 2004). Tout comme l'étude de Makdissi, ce n'était pas précisément sur les CS, comme ce que nous nous intéressons dans cette recherche. Cependant, elle soulève un point important des jeux qu'elle a utilisés pour pouvoir observer l'activité mathématique des élèves. Il s'agit de son choix de jeux favorisant les interactions. Ainsi, nous retiendrons que le jeu que nous choisirons pour ce mémoire devrait permettre aux élèves d'interagir entre eux afin qu'ils expliquent leurs stratégies et leurs points de vue et qu'ils soient en mesure d'argumenter leurs choix.

Finalement, le jeu a aussi été reconnu comme une activité favorisant le développement des CS (Cabot Thibault, 2013). En effet, Cabot Thibault (2013) mentionne deux jeux qui ont déjà fait l'étude du développement des CS chez les élèves dans son mémoire. Tout d'abord, le jeu stratégique a été étudié par Bright et Harvey (1988). Ce jeu, qui était une variante du tic-tac-toe, a permis aux chercheurs d'observer le développement des « habiletés en résolution de problèmes et [des] habiletés spatiales des élèves » (Cabot Thibault, 2013, p. 11). En effet, une situation était présentée aux élèves, par exemple le jeu de stratégies selon Bright et Harvey (1989, p. 258) où les élèves devaient créer une ligne avec trois symboles identiques, et il leur était demandé d'anticiper le meilleur coup à effectuer et de justifier leur choix.

Figure 1

Exemple de jeu de stratégies



Note. Tiré de *Bright et Harvey, 1989, p. 258 (cités dans Cabot Thibault, 2013, p. 11)*

Selon la stratégie des élèves ou selon la situation présentée, il pouvait s'agir d'une stratégie offensive ou défensive. Puis, étant donné qu'il était demandé d'anticiper l'action et de la justifier, cela relevait des habiletés spatiales. Le deuxième jeu, également stratégique, est celui des échecs. Comme pour le tic-tac-toe, le jeu d'échecs a suscité un intérêt en recherche pour le développement des habiletés spatiales des élèves, l'enseignement de ces habiletés, ainsi que leur apprentissage (Brandefine, 2003; Noir, 2002; Smith, 1998, cités dans Cabot Thibault, 2013). Effectivement, le jeu d'échecs peut demander aux élèves de réfléchir à leur stratégie offensive ou défensive comme au tic-tac-toe. Puis, en anticipant les actions que leur adversaire effectuera ainsi que les leurs, les élèves utilisent leurs habiletés spatiales puisqu'ils visualisent des actions qui ne se sont pas encore produites. Somme toute,

l'utilisation de jeux peut s'avérer efficace pour enseigner la géométrie [...]. Les jeux amènent des situations dans lesquelles l'élève peut visualiser des figures géométriques et appliquer un raisonnement logique. » (Bright et Harvey, 1988, cités dans Cabot Thibault, 2013, p. 11)

Cela nous amène à nous questionner. Et si nous pouvions jumeler les deux (sport et jeux) ? Et tout cela dans le cadre d'un enseignement des CS en classe de mathématiques au primaire ? Nous reviendrons sur cette idée dans le cadre de référence.

1.5 L'objectif général de la recherche

Bien que les chercheurs s'intéressent de plus en plus aux apports que le jeu a sur l'apprentissage des concepts mathématiques en particulier, il y a encore peu d'études sur ce sujet. De plus, la majorité des articles traitent des impacts que le jeu a sur les apprentissages, mais il y a un manque en ce qui concerne la spécificité des connaissances que peuvent développer les élèves lors de l'utilisation de cette approche d'enseignement. Ainsi, même si nous savons que le jeu mathématique permettrait d'explicitier et de complexifier les stratégies utilisées par les élèves (Tourigny, 2004), il y a peu de résultats sur l'activité mathématique en tant que telle déployée lors de la mise en place d'un jeu en contexte scolaire. D'ailleurs, Héroux (2023) fait également ressortir dans sa thèse que même si « les travaux en regard de ce que les jeux mathématiques permettent aux élèves de développer soient convaincants, ils en disent peu sur l'activité mathématique telle que vécue par les élèves » (p. 22). Il serait donc pertinent de se pencher sur l'activité mathématique représentant des manifestations de CS des élèves lorsqu'ils sont en situation d'enseignement des mathématiques par le jeu.

Nous pouvons aussi constater que peu d'articles portent sur l'enseignement par le jeu dans un contexte d'enseignement des concepts géométriques au primaire. Il en est de même sur l'activité mathématique mise en œuvre par les élèves lorsqu'ils sont placés dans un contexte de jeu qui leur demande de manifester leurs CS.

C'est dans cette optique que la présente recherche mettra en scène un type de jeu particulier, le jeu en mouvement, qui se trouve être à l'intersection du mouvement du corps dans un environnement donné et d'un jeu qui sont toutes deux des méthodes pertinentes pour permettre de développer les CS. En outre, peu d'études portent sur l'activité mathématique des élèves dans

de telles circonstances, donc il serait pertinent de s'intéresser à cela pour venir enrichir les études qui ont déjà eu lieu sur les CS et le jeu en mouvement.

L'objectif général de cette recherche consiste à mieux comprendre l'activité mathématique mise en œuvre par les élèves du primaire, plus particulièrement en ce qui concerne les manifestations de leurs CS, dans un contexte de jeu en mouvement en classe de mathématiques.

Chapitre 2 – Cadre de référence

Ce chapitre portera sur les divers concepts retenus pour cette recherche, dans le but de répondre à notre objectif de recherche. Nous reviendrons d'abord sur ce que nous entendons par connaissances spatiales (CS) ainsi que la façon dont elles peuvent se manifester et se développer. Les jeux permettant de solliciter les CS des élèves seront explorés. Le type de jeu qui sera à l'étude pour la présente recherche sera ensuite présenté. Pour finir, nous énoncerons les objectifs spécifiques de recherche. Toutefois, avant de développer ces différents points, une distinction entre deux termes fréquemment utilisés dans ce mémoire s'impose. Lorsque nous parlons d'activités, nous renvoyons aux problèmes mathématiques à résoudre, ou à ce qui est à résoudre, à faire. Le terme « tâches » fait référence, quant à lui, aux actions faites par les élèves.

2.1 Les connaissances spatiales

Lorsque nous avons mentionné les connaissances spatiales (CS) dans le chapitre précédent, nous avons mentionné les travaux de Berthelot et Salin (1992) ainsi que ceux de Marchand (2020). Nous nous pencherons donc sur les définitions offertes par ces travaux pour présenter notre choix conceptuel pour ce projet, en commençant par la définition de Berthelot et Salin (1992). Ces auteurs mentionnent que les CS se traduisent ainsi :

- « reconnaître, décrire, fabriquer ou transformer des objets ;
- déplacer, trouver, communiquer la position d'objets ;

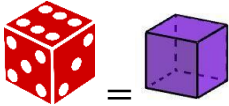
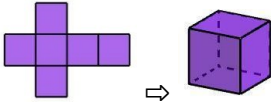
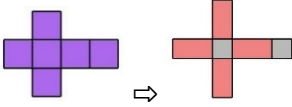
reconnaître, décrire, construire ou transformer un espace de vie ou de déplacement » (Berthelot et Salin, 1992, p. 36). Ces auteures présentent comment les CS peuvent se traduire, mais ces traductions demeurent globales puisqu'elles peuvent autant représenter des activités que l'enseignante demande (ex. : peux-tu décrire le solide dans la boîte) que des manifestations de CS durant la réalisation de l'activité demandée (ex. : l'élève décrit le solide, mais aussi le reconnaît et le déplace). Étant donné que nous nous intéressons à l'activité mathématique des élèves, le point de vue qui sera élaboré dans ce cadre sera le deuxième. Par conséquent, si nous reprenons l'exemple de la natation qui était donné dans la problématique ainsi qu'un exemple en classe de géométrie, nous pourrions les comparer comme cela. La première catégorie, celle qui porte sur

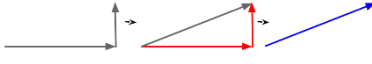
la reconnaissance, la description, la fabrication et la transformation d'objets, porte sur l'objet seul (Berthelot et Salin, 1992). Il s'agit des actions que les élèves peuvent effectuer sur un objet sans tenir compte de l'environnement dans lequel l'objet se situe. Nous nommerons cette catégorie : les manifestations des CS sur l'objet. Par exemple, l'élève peut reconnaître que le cube est un dé pour jouer selon les points qui sont placés sur le cube ou le.a nageur.se reconnaît que le crawl se nage sur le ventre avec des bras qui font des rotations et des jambes qui battent de haut en bas. En ce qui concerne la deuxième catégorie, il s'agit des manifestations de la position de l'objet dans un environnement donné (Berthelot et Salin, 1992) et nous nommerons cette catégorie : les manifestations des CS sur la position fixe de l'objet. À titre d'illustration, l'élève peut indiquer que le cube est dans une position prototypique, que nous avons l'habitude de voir, sur le bureau de l'enseignant.e ou le.a nageur.se peut communiquer qu'il est sur le ventre à fleur d'eau lors de sa nage au crawl et qu'il a terminé en touchant le mur. La troisième, et dernière, catégorie correspond au déplacement de l'objet dans un environnement donné (Berthelot et Salin, 1992) et elle se nommera : les manifestations des CS sur la position dynamique de l'objet. Dans cette catégorie, l'élève pourrait décrire le déplacement qu'un carré fait en indiquant la rotation de celui-ci ou encore le.a nageur.se décrit le déplacement au crawl d'un.e autre nageur.se par la traction qu'il donne et la quantité de coups de bras effectués sur une distance x. La différence entre les catégories est donc que la première concerne uniquement l'objet, que la deuxième concerne la position fixe de l'objet, tandis que la dernière porte sur la position en mouvement de l'objet.

Dans le tableau ci-dessous, une comparaison entre ce qui peut être fait en classe de géométrie et en natation, en ce qui concerne les manifestations des CS lors de différentes actions qui leur sont propres, sera explorée. Nous explorerons ainsi chacune des manifestations des CS définies par Berthelot et Salin (1992) pour chacune des catégories que nous avons nommées.

Tableau 2

Parallèle entre les manifestations des CS en classe de géométrie et en natation (inspiré de Berthelot et Salin, 1992)

Manifestations des CS	En classe de géométrie	En sport/mouvement (exemple : la natation)
<p>Sur l'objet</p> <p>(reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)</p>	<p>Reconnaitre qu'un objet est de forme cubique : un dé de jeu</p>  <p>Décrire un cube : 6 faces de la forme d'un carré, 12 arêtes, 8 sommets, 2 arêtes qui partagent le même sommet sont perpendiculaires...</p> <p>Fabriquer un cube : l'élève peut fabriquer un cube à partir d'un patron de 6 carrés.</p>  <p>Transformer un cube en prisme à base carré : l'élève remplace 4 carrés par 4 rectangles pour transformer le cube en prisme.</p> 	<p>Reconnaitre la nage : le.a nageur.se reconnait le crawl qui se nage sur le ventre avec le corps allongé, les bras qui font une rotation et les jambes qui font de légers battements de haut en bas.</p> <p>Décrire une nage : le.a nageur.se décrit son mouvement au crawl en expliquant la rotation des bras qui vont des hanches vers la tête, la traction du bras qui ressemble à un « S » en passant légèrement sous le torse, le mouvement léger des jambes qui va de haut en bas en les gardant droites...</p> <p>Fabriquer une nage : le.a nageur.se fabrique sa nage en y ajoutant le mouvement des bras et/ou des jambes.</p> <p>Transformer la façon de nager : le.a nageur.se change son mouvement de bras au crawl en changeant ses bras « soleil » (bras allongé comme des tiges) pour des bras avec pli du coude.</p>
<p>Sur la position fixe de l'objet</p> <p>(déplacer, trouver, communiquer)</p>	<p>Déplacer un objet : sur le bureau, sous le bureau, à droite du bureau...</p> <p>Trouver la position : trouver la position d'un point dans l'un des cadrans du plan cartésien ou trouver sa position par rapport à un autre objet (à gauche de, au-dessus de...).</p>	<p>Déplacer un objet : le.a nageur.se déplace son corps dans l'eau.</p> <p>Trouver la position : trouver la position d'un.e nageur.se dans son corridor.</p> <p>Communiquer la position : le.a nageur.se A se situe à 10 m de</p>

	Communiquer la position : le point A se situe à l'intersection (1,3), le B est au (6,4)...	l'arrivée, les nageur.ses sont à 5 m du.de la premier.ère.
Sur la position dynamique de l'objet (reconnaitre, décrire, construire, transformer un espace de vie ou de déplacement)	<p>Reconnaitre un déplacement : le rectangle a effectué une rotation, une translation, une réflexion.</p> <p>Décrire un déplacement : le rectangle a effectué une rotation de 45° vers la droite.</p> <p>Construire un déplacement : avec des outils géométriques (compas, règles, rapporteur d'angles), l'élève est capable de construire son déplacement.</p> <p>Transformer un déplacement : au lieu d'être deux déplacements perpendiculaires, l'élève le change pour un déplacement qui représente l'hypoténuse des deux déplacements.</p> 	<p>Reconnaitre un déplacement : le.a nageur.se reconnaît le déplacement de son.sa partenaire lors d'un relais afin de partir au bon moment.</p> <p>Décrire un déplacement : le.a nageur.se décrit un déplacement en donnant des explications sur la vitesse d'un.e autre nageur.se grâce à sa traction et sa coulée sous l'eau.</p> <p>Construire un déplacement : le.a nageur.se commence à se déplacer au crawl après avoir effectué des longueurs de battement des jambes et de mouvement des bras.</p> <p>Transformer un déplacement : pendant une longueur nagée au crawl, le.a nageur.se modifie son style de nage en effectuant de la brasse ou du dos crawlé.</p>

Ce tableau met en exergue les trois catégories de manifestations des CS qui seront retenues pour cette étude ainsi que des exemples spécifiques pour chacun des types de manifestations permettant d'opérationnaliser ce cadre de référence. En outre, « par connaissances spatiales nous désignons les connaissances que peut décrire la géométrie, et qui permettent à chacun de maîtriser l'anticipation des effets de ses actions sur l'espace, leur contrôle, ainsi que la communication d'informations spatiales » (Berthelot et Salin, 1992, p. 9). Nous reviendrons d'ailleurs sur cet aspect d'anticipation un peu plus loin dans ce cadre.

Marchand (2020) décrit quant à elle les connaissances spatiales comme des

connaissances qui, physiquement (action concrète) ou mentalement (IM [images mentales]), amènent l'apprenant à contrôler, anticiper et communiquer les états, les transformations ou les déformations d'objets de l'espace sensible, de l'espace graphique

et, hypothétiquement, de l'espace géométrique (au sens de Perrin-Glorian & Godin, 2017). (p. 142)

Ainsi, contrairement à Berthelot et Salin (1992) qui restaient dans des manifestations d'actions concrètes, Marchand (2020) ajoute un élément imaginaire, mental aux CS. D'ailleurs, elle n'est pas la première auteure à avoir relevé ce point sur les images mentales (IM). Clements et Battista (1992) avaient déjà mentionné dans leurs travaux des éléments relevant de l'imagerie comme l'importance d'être en mesure de manipuler une IM afin de développer des aptitudes en visualisation spatiale ou encore pour être capable d'imaginer et de manipuler des objets ou des arrangements spatiaux selon différents points de vue. Piaget (1959) avait également déjà apporté quelques précisions sur diverses IM, dont l'image reproductrice et l'image anticipatrice. L'image reproductrice réfère à la reproduction d'une figure connue que la personne pourrait avoir sous les yeux ou non. Par exemple, nous pourrions demander à un.e élève de dessiner un carré de mémoire. L'image anticipatrice renvoie plutôt à une transformation qu'il faut visualiser. À titre d'exemple, nous pourrions donner comme consigne à un.e élève de nous dessiner ce à quoi ressemblerait une corde que nous tendrions, que nous mettrons droite, si nous partons d'une corde qui est courbée en arc de cercle².

Toutefois, Marchand (2020) a intégré ces IM aux actions concrètes afin de définir les CS comme un tout. Elle mentionne qu'il faut non seulement que les personnes effectuent des actions concrètes, mais qu'elles élaborent une visualisation de ces actions pour mobiliser et développer des CS plus ancrées. Par exemple, en reprenant les propos de ces auteures, si nous donnons un dé à une personne, dont la face du dessus est le 1, et que nous lui demandons de bouger le dé pour avoir la face du 6 sur le dessus devant elle, la personne pourrait décrire les actions concrètes qu'elle effectue pour y arriver, avant de les réaliser, en les réalisant ou une fois réalisées afin que les CS se développent. Un autre exemple, mais cette fois en mouvement, si nous demandons aux nageur.ses d'effectuer un 100 mètres au dos crawlé, l'athlète pourrait nager le dos crawlé, regarder fréquemment derrière elle pour trouver le mur et effectuer son virage au bon moment à chaque fois qu'elle arrive à la fin du corridor ou encore anticiper ces actions concrètes et décrire les actions avant de les effectuer pour qu'il y ait une présence plus accrue de CS. C'est donc la

² Exemple tiré du texte de Piaget (1959) à la page 265

définition de Marchand (2020) que nous retiendrons dans le cadre de cette recherche puisqu'elle inclut un aspect mental. Cependant, nous y ajouterons la porte d'entrée des manifestations des CS inspirée par les travaux de Berthelot et Salin en 1992. Ainsi, en plus d'avoir les trois catégories des manifestations des CS provenant de Berthelot et Salin (1992), que nous avons nommé les manifestations des CS sur l'objet, les manifestations des CS sur la position fixe de l'objet et les manifestations des CS sur la position dynamique de l'objet, nous aurons l'ajout de leur opérationnalisation en termes de manifestations des CS pour des activités spécifiques d'un jeu en mouvement et la prise en compte des IM de Marchand (2020). Ces IM permettent la visualisation et l'anticipation de ces actions sur les connaissances spatiales.

2.1.1 Le développement des connaissances spatiales

Maintenant que nous avons défini ce que nous entendons par CS, et par le fait même ses manifestations, il est également important de connaître l'outil qui sera utilisé pour observer les manifestations des CS et le potentiel développement de celles-ci. Afin de répondre à notre objectif de recherche, nous utiliserons l'outil théorique créé par Marchand (2020), qui se nomme la « Structure génératrice d'activités » (SGA), pour s'assurer que l'activité proposée permette la manifestation et le développement potentiel des CS en milieu scolaire lors du jeu. En effet, la SGA a deux visées. Premièrement, elle permet de créer et d'analyser des activités mathématiques afin de vérifier si les CS y sont bel et bien mobilisées et développées (Marchand, 2020). Deuxièmement, l'outil permet d'observer et de décrire l'activité mathématique des élèves, en termes de mobilisation des CS, lorsqu'ils participent à l'activité. Or, cet aspect de l'outil a un peu moins été étudié jusqu'à présent dans les recherches, ce qui en fait une pertinence supplémentaire pour cette recherche. Un autre aspect intéressant de la SGA est qu'elle a émergé du sport, le patinage artistique, mais elle a surtout été utilisée dans des contextes de classe. Donc, avec le jeu en mouvement en classe de mathématiques, nous ramenons l'outil vers sa source d'inspiration tout en conservant l'aspect scolaire. De plus, pour élaborer cet outil, Marchand s'est inspiré de Battista (2007), Berthelot et Salin (1992; 1999-2000), Brousseau (1983), Clements et Sarama (2014), Sarama et Clements (2009), Uttal et al. (2013) et Verdine et al. (2017). Cette recension de plusieurs auteur.es pour arriver à cet outil, permettant en partie de créer des activités développant potentiellement des CS et en partie d'observer la manifestation et le

développement des CS des élèves, en fait un outil prenant en compte l'avancement actuel des connaissances en la matière. Cela nous a ainsi incitées à utiliser la SGA dans le cadre de ce mémoire.

La SGA est composée de trois balises qui permettent de circonscrire les CS lors d'un enseignement mathématique au primaire (Marchand, 2020). La première correspond aux composantes des CS, la deuxième porte sur les différents niveaux d'abstraction qui sont nécessaires à la réalisation d'une activité puis la dernière balise repose sur les différentes variables de la situation, comme l'espace en jeu, les tâches et le maillage entre elles, les dimensions et positions de l'objet et les questions à poser lors d'une activité. Ces balises doivent être prises en compte lors de l'élaboration des activités qui permettent de développer les CS, mais elles servent également à élaborer et à décrire les CS qui y sont mobilisées et développées. Nous allons donc détailler chacune des balises dans les prochaines sections afin de délimiter les CS que nous traiterons. Cependant, puisque nous conservons également le cadre de Berthelot et Salin (1992) pour décrire les manifestations des CS des élèves, décrites dans la section 2.1 (p. 38), nous retrouverons ces ajouts à la SGA élaborée par Marchand (2020). Effectivement, les manifestations des CS sont notre porte d'entrée aux trois balises de Marchand (2020).

2.1.1.1 La première balise : les composantes des connaissances spatiales

La première balise prend en compte des composantes des CS, soit l'orientation et l'organisation (Marchand, 2020) qui seront principalement décrites selon les travaux de Clements et Sarama (2014). Chacune de ces composantes sera décrite dans les prochains paragraphes. Cependant, puisque nous nous intéressons aux manifestations des CS, ces composantes seront mises en relation avec nos trois catégories de manifestation des CS. La composante **Orientation** est la compréhension des relations entre les divers objets dans un environnement déterminé et elle est constituée de deux sous-composantes, le repérage et le référentiel.

Pour la sous-composante **repérage**, il s'agit d'abord d'être en mesure de se repérer dans un environnement (*spatial location*) et de tranquillement se diriger vers des représentations plus abstraites comme des cartes (*intuitive navigation*) (Clements et Sarama, 2014). Nous retrouvons

également la *spatial thought* qui permet aux élèves de se représenter un objet selon plusieurs points de vue (Clements et Sarama, 2014). Nous pouvons aussi identifier les *models and maps* où les enfants utilisent des cartes et comprennent certains symboles comme le X pour identifier leur position sur une carte ou les traits de différentes couleurs pour représenter les différents trajets (Clements et Sarama, 2014). Ils peuvent donc utiliser les cartes pour suivre des indications simples (Clements et Sarama, 2014). Puis, il y a les *coordinates and spatial structuring* qui permettent aux personnes d'utiliser des coordonnées pour aller à un endroit précis, mais pour y arriver ils doivent avoir une certaine compréhension de la structuration spatiale qui renvoie à la construction d'une organisation ou d'une forme pour un objet ou un ensemble d'objets dans l'espace (Clements et Sarama, 2014).

En ce qui concerne la deuxième sous-composante, le **référentiel**, nous avons déjà eu quelques exemples dans les deux dernières catégories soit les *models and maps* et les *coordinates and spatial structuring*. En effet, un référentiel spatial peut renvoyer à des coordonnées, à des longitudes et latitudes ou à des points précis dans un espace. Puis, nous pouvons trouver ce type d'information sur des cartes, par exemple.

Marchand (2020) résume la composante **Orientation** en une situation et un déplacement d'un sujet ou d'un objet dans un espace donné. Ainsi, l'élève qui utilise la composante orientation doit utiliser adéquatement un **référentiel spatial** pour se **repérer** (Marchand, 2020). Par exemple, un.e élève pourrait donner comme consigne à un.e autre élève de placer un cube du côté cour de la scène en arrière-plan (référentiel), puis l'élève qui reçoit la consigne devrait placer le cube à l'endroit indiqué (repérage). Dans le tableau ci-dessous, nous pouvons trouver un bref résumé de cette composante.

Tableau 3

La composante « Orientation »

Orientation	
Se réfère à la compréhension des relations entre les divers objets dans un environnement déterminé	
Repérage	Référentiel
<ol style="list-style-type: none">1. Se repérer dans un environnement (<i>spatial location</i>)2. Se diriger vers des représentations plus abstraites comme des cartes (<i>intuitive navigation</i>)3. Se représenter un objet selon plusieurs points de vue (<i>spatial thought</i>)4. Utiliser les cartes pour suivre des indications simples (<i>models and maps</i>)5. Utiliser des coordonnées pour aller à un endroit précis (<i>coordinates and spatial structuring</i>)	<ol style="list-style-type: none">1. Des coordonnées2. Des longitudes3. Des latitudes4. Des points précis dans un espace

La composante orientation est ainsi principalement liée aux manifestations des CS sur la position fixe (déplacer, trouver et communiquer la position d'objets) et sur la position dynamique de l'objet (reconnaître, décrire, construire ou transformer un espace de vie ou un déplacement). Par exemple, la manifestation « trouver la position d'un objet » sollicite la composante orientation, car elle exige de l'élève qu'il puisse repérer l'objet dans un espace donné et donc selon des points de repère (référentiel).

Pour la deuxième composante, **Organisation**, elle concerne ce qui est central à nos vies et à l'apprentissage de certains domaines mathématiques (Clements et Sarama, 2014) et elle est aussi constituée de deux sous-composantes qui se nomment « Images mentales » et « Articulation ».

La première sous-composante, les **images mentales** (IM), permet de visualiser les objets dans sa tête, qu'ils soient en deux ou trois dimensions, et d'effectuer des manipulations mentales (Clements et Sarama, 2014). Nous y retrouvons les *Types of images and mathematical problem solving* qui correspondent aux différents types d'images que les élèves peuvent s'imaginer lors d'un problème et ces images peuvent être autant utiles que nuisibles à la compréhension des

élèves, selon leur nature et la façon dont les élèves les utilisent (Clements et Sarama, 2014). Les élèves peuvent donc transférer leurs CS à d'autres situations qui ne semblent pas à priori contenir des éléments qui nécessitent des CS. Marchand (2020) définit cette sous-composante comme la création et la manipulation des IM des objets, de leur positionnement et de leur relation dans l'espace. Puis, celles-ci peuvent être articulées de différentes façons.

Ce qui nous amène à la deuxième sous-composante, l'**articulation**. Celle-ci réfère à « la position d'une partie d'un objet par rapport à une autre partie (le triangle, formant le toit de la maison, est au-dessus du rectangle) ou encore [à] la position d'un objet dans l'espace (ex. : mon triangle rectangle est posé sur l'hypoténuse) » (Marchand, 2020, p. 143).

Donc, si nous résumons la composante **Organisation**, nous pourrions la définir comme étant la composante qui permet de visualiser des images dans sa tête (**image mentale**) et d'**articuler** la position d'un objet par rapport à un autre objet ou à l'espace. Cela pourrait, par exemple, faire référence à la visualisation d'un toit pyramidal sur un bâtiment avec un corps prismatique. Dans le tableau ci-dessous, nous résumons cette composante.

Tableau 4

La composante « Organisation »

Organisation	
Se réfère à la visualisation d'images mentales en articulant la position de l'objet par rapport à un autre objet ou à un espace	
Images mentales	Articulation
<ol style="list-style-type: none"> 1. Visualiser les objets dans sa tête 2. Effectuer des manipulations mentales 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Articuler la partie d'un objet par rapport à une autre partie 2. Articuler la position d'un objet dans l'espace

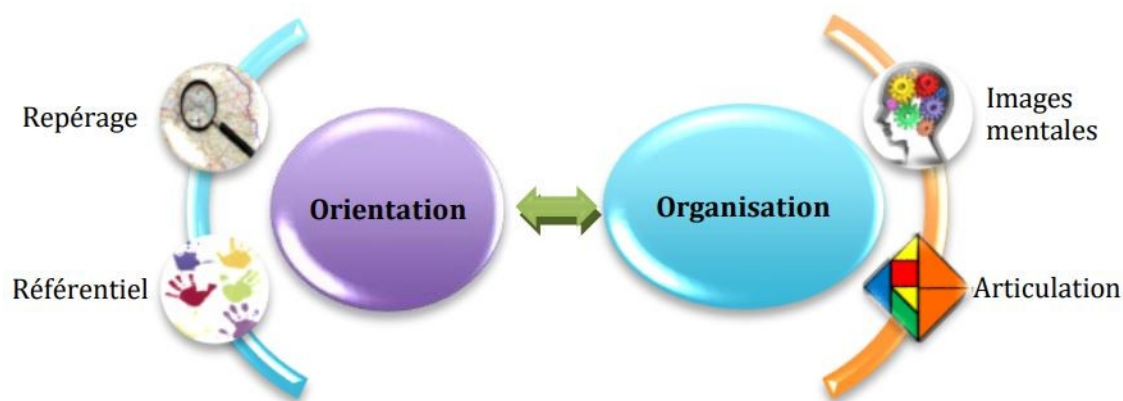
Les manifestations des CS qui s'insèrent dans cette composante de l'organisation sont celles sur l'objet (reconnaître, décrire, fabriquer ou transformer des objets), celles sur la position fixe de l'objet (déplacer, trouver, communiquer la position d'objets) et celles sur la position dynamique de l'objet (reconnaître, décrire, construire, transformer un espace de vie ou de déplacement). Par exemple, la manifestation « fabriquer un objet » sollicite la composante organisation puisqu'elle demande à l'élève d'articuler la partie d'un objet par rapport à une autre partie ou d'articuler la

position d'un objet dans l'espace (articulation). Puis, si l'élève n'a pas accès à une image devant ses yeux pour fabriquer l'objet demandé, il doit d'abord le visualiser dans sa tête (IM). À titre d'exemple, on pourrait demander à un.e élève de fabriquer une maison avec un triangle et un carré, sans lui montrer d'image, ainsi l'élève devra visualiser sa maison (IM) pour articuler la position du carré sous celle du triangle (articulation).

Ainsi, chacune des composantes comporte deux sous-composantes. Du côté de l'**orientation**, il y a le repérage et le référentiel. De l'autre côté, l'**organisation** se divise en images mentales et en articulation. C'est d'ailleurs ce que la figure ci-dessous présente. Il faut toutefois garder en tête que les deux composantes ainsi que leurs sous-composantes peuvent être nécessaires dans une même situation³. Puis, ce n'est pas parce qu'un.e élève ne comprend pas une sous-composante des CS, qu'il n'a aucune connaissance en la matière.

Figure 2

Composantes des connaissances spatiales



Note. Tiré de Marchand, 2020, p. 148

En outre, il est important de garder en tête que la composante organisation est la composante primordiale à avoir pour qu'il y ait un développement des CS (Marchand, 2009, 2020; Marchand et Munier, 2021; Munier, Marchand et Merle, 2010) puisque c'est dans cette composante que les

³ « Exemple : pour fournir des directives pour aller de A à B dans une ville, il faut se repérer dans l'espace, utiliser un référentiel (ex. sa latéralité), se faire une IM du chemin à prendre (l'espace parcouru ou restant n'est pas toujours visible – macro-espace) et traiter des relations extrinsèques entre les points de repère et les directions à prendre pour que ceux-ci soient significatifs pour la personne qui devra suivre les indications. » (Marchand, 2020, p. 148)

élèves se créent des IM (Marchand, 2020). Ces images sont importantes, car les CS se mobilisent et se développent lorsque la vue n'est plus suffisante et qu'il faut que les élèves résolvent un obstacle et qu'ils se questionnent ou se font questionner (Marchand, 2020). Puis, c'est à l'aide de ces IM qu'ils peuvent surmonter l'obstacle et répondre aux questions. Donc, il est important que notre activité choisie permette aux élèves de passer par des IM et leur articulation.

2.1.1.2 La deuxième balise : les différents niveaux d'abstraction

Maintenant que nous avons les composantes et les sous-composantes des CS lors de leur développement, « [il] faut également les qualifier selon qu'elles mettent en scène des objets sensibles ou géométriques, statiques ou dynamiques et selon qu'elles exigent de la part des élèves un travail tangible ou mental » (Marchand, 2020, p. 149). Cette deuxième balise portera ainsi sur ces aspects en traitant des trois niveaux d'abstraction qui est fortement inspirée des travaux de Battista (2007). Ces trois niveaux seront décrits dans cette section selon ce qui a été conservé par Marchand (2020), même si c'est Battista (2007) qui est cité parfois puisque cela provient de cet auteur.

Le premier niveau, *Perceptual abstraction*, correspond à la description et à l'analyse des objets qui l'entourent (Battista, 2007). Il n'y a donc pas de convocations mentales à ce niveau (Marchand, 2020). Par exemple, nous pourrions demander à un.e élève de nous décrire ce qui se trouve sur son bureau, alors que celui-ci se trouve assis.e à son bureau et voit ce qui s'y situe. Ainsi, l'élève n'a pas besoin de faire appel à son IM de son bureau, il n'a qu'à nous détailler les éléments s'y situant en les voyant. Marchand (2020) nomme ce niveau « **archéologique** », car une des étapes d'un archéologue est d'observer et de caractériser les découvertes sous ses yeux. C'est d'ailleurs ce terme que nous conserverons pour cette recherche.

Le deuxième niveau, que Battista (2007) nomme *Internalization*, équivaut à une représentation mentale des objets. Cela implique que les élèves ont suffisamment observé l'objet ou ont des connaissances suffisantes sur l'objet pour intérioriser ce dernier et se l'imaginer mentalement, mais dans une seule position, comme l'image d'une photo (Marchand, 2020). C'est également à ce niveau que l'« image-concept » peut commencer à apparaître. L'**image-concept** renvoie à une image prenant en compte les propriétés des figures impliquées et non juste une simple image

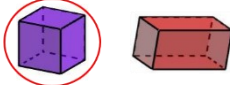
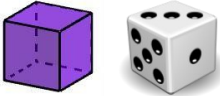



(Battista, 2007). Toutefois, même si à ce niveau, les élèves peuvent dégager les propriétés géométriques, spatiales et métriques de la photographie qu'ils ont prise dans leur tête, ils ne peuvent pas manipuler mentalement l'objet (Marchand, 2020). Donc, les élèves ne peuvent pas s'imaginer l'objet dans une autre perspective, une autre position que celle qu'ils ont intériorisée, comme si c'était une vidéo. Il s'agit d'une image figée. Ce niveau est renommé « **photographique** » par Marchand (2020) puisqu'un.e photographe prend en photo des objets pour les mémoriser. C'est ce terme qui sera conservé pour cette recherche.

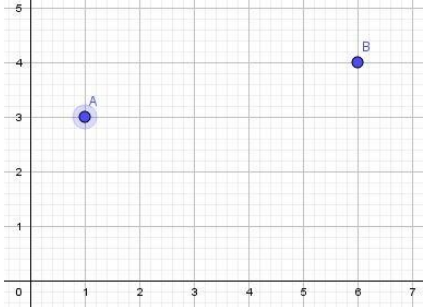
Le troisième niveau est celui qui se nomme *Interiorization* (Battista, 2007). Dans ce niveau, les élèves analysent les IM des objets qu'ils ont mémorisés (Marchand, 2020) et ces images peuvent être des images-concepts (Battista, 2007). C'est à partir de ce niveau que les élèves peuvent manipuler mentalement les objets mémorisés (Marchand, 2020). Ils peuvent, par exemple, transformer un cube en son développement ou l'observer dans tous les sens, même les positions qui sont non-prototypiques. Ce niveau pourrait également s'articuler sur des objets en deux dimensions. Par exemple, nous pourrions montrer l'image d'une maison sur une feuille et demander à l'élève le résultat s'il tourne l'image à 90° vers la droite. Ce niveau d'abstraction est également lié aux *spatial thoughts* énoncés dans la composante orientation de la première balise. En effet, les *spatial thoughts* réfèrent à la capacité des élèves de se décentrer par rapport à une image montrée et d'arriver à se représenter mentalement un objet selon plusieurs points de vue (Clements et Sarama, 2014). Marchand (2020) nomme ce niveau « **scénographique** » faisant référence au travail de mise en scène qu'un scénographe doit réaliser (créer mentalement des scènes et des mouvements des objets impliqués dans la scène). C'est également ce terme que nous conserverons pour cette recherche.

Dans le tableau ci-dessous, nous explicitons un exemple des différents niveaux d'abstraction selon les manifestations des CS observées lors d'une activité en classe de géométrie ou en sport/mouvement. Ces opérationnalisations des niveaux d'abstraction sont un ajout de notre part afin de les décrire plus spécifiquement.

Tableau 5

Les différents niveaux d'abstraction selon les manifestations des CS en classe de géométrie et en natation

Manifestations des CS	En classe de géométrie	En sport/mouvement (exemple : la natation)
<p>Sur l'objet</p> <p>(reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)</p>	<p>Reconnaitre qu'un objet est de forme cubique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>archéologique</u> : l'élève a un cube et un prisme à base carrée devant ellui et iel est capable de reconnaitre lequel des solides est le cube.  <p>(visible)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>photographique</u> : l'élève voit dans sa tête un cube ou un objet de forme cubique comme un dé dans une position et iel est capable de reconnaitre que c'est un cube.  <p>(dans la tête)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>scénographique</u> : l'élève voit dans sa tête un cube ou un objet de forme cubique comme un dé et le tourne dans sa tête pour voir toutes les faces du solide. Puis, iel est capable de reconnaitre que c'est un cube.  <p>(dans la tête)</p>	<p>Reconnaitre la nage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>archéologique</u> : le.a nageur.se reconnait que le style de nage effectué par les deux nageur.ses est différent.  <p>(crawl)</p>  <p>(brasse)</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>photographique</u> : le.a nageur.se reconnait le style de nage effectué en voyant une image dans sa tête d'une position-clé de cette nage. Iel pourrait voir les images ci-dessus dans sa tête et reconnaitre la nage. • <u>scénographique</u> : le.a nageur.se reconnait le style de nage effectué en voyant une personne l'effectuer dans sa tête.
<p>Sur la position fixe de l'objet</p>	<p>Communiquer la position :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>archéologique</u> : l'élève voit un plan cartésien devant ellui et 	<p>Communiquer la position :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>archéologique</u> : le.a nageur.se communique qu'un.e autre

<p>(déplacer, trouver, communiquer)</p>	<p>indique que le point A se situe à l'intersection (1,3), le B au (6,4)...</p>  <ul style="list-style-type: none"> • <u>photographique</u> : l'élève voit un plan cartésien dans sa tête et est capable d'indiquer que le point A se situe à l'intersection (1,3) en mentionnant que le point se situerait sur la première ligne de l'axe des x et la troisième ligne de l'axe des y, le B au (6,4)... puisqu'il voit l'image du plan avec les points aux intersections. • <u>scénographique</u> : l'élève voit un plan cartésien dans sa tête et est capable d'indiquer que le point A se situe à l'intersection (1,3) en bougeant le point qui se situerait à (0,0), puis le déplacerait d'une ligne sur l'axe des x et de trois sur l'axe des y, le B au (6,4)... 	<p>nageur.se se situe à 10 m de l'arrivée et que les autres sont à 5 m du.de la premier.ère en observant la piscine.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>photographique</u> : le.a nageur.se communique que l'autre nageur.se se situait à 10 m de l'arrivée et que les autres étaient à 5 m du.de la premier.ère en se rappelant la photo qu'iel a prise dans sa tête de la piscine à cet instant. • <u>scénographique</u> : le.a nageur.se communique que l'autre nageur.se se situait à 10 m de l'arrivée et que les autres étaient à 5 m du.de la premier.ère en se rappelant la scène dans sa tête.
<p>Sur la position dynamique de l'objet</p> <p>(reconnaitre, décrire, construire, transformer un espace de vie ou de déplacement)</p>	<p>Reconnaitre un déplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>archéologique</u> : l'élève reconnaît lors d'une animation que le rectangle, qui est devant ses yeux, a effectué une rotation, une translation ou une réflexion. • <u>photographique</u> : l'élève reconnaît qu'un cône se construit avec la rotation d'un triangle autour d'un cercle, mais n'arrive pas à visualiser le 	<p>Reconnaitre un déplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>archéologique</u> : le.a nageur.se reconnaît le déplacement de son.sa partenaire lors d'un relais afin de partir au bon moment. • <u>photographique</u> : le.a nageur.se visualise le moment clé du déplacement de son.sa partenaire lors d'un relais, c'est-à-dire qu'iel voit une photo dans sa tête du moment où son.sa

	<p>mouvement du triangle. Cependant, iel visualise la construction du cône en image saccadée. Par exemple au $\frac{1}{4}$ de tour, au $\frac{1}{2}$ tour et au $\frac{3}{4}$ de tour pour en déduire la forme finale.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>scénographique</u> : l'élève reconnaît que le rectangle initial et celui final sur sa feuille sont le même, mais qu'il a effectué une rotation, une translation ou une réflexion en imaginant la transformation. 	<p>partenaire touche le mur, afin de se préparer à partir au bon moment.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>scénographique</u> : le.a nageur.se visualise le déplacement de son.sa partenaire lors d'un relais afin de se préparer à partir au bon moment. Iel voit le relais dans sa tête.
--	---	---

Ce qui est important à garder en tête ici est que le niveau **archéologique** se focalise sur le perceptif et il semble être le seul niveau d'abstraction qui ne permet pas aux athlètes, et possiblement aux élèves, de développer leurs CS puisqu'aucune création ou manipulation d'IM n'y est nécessaire (Marchand, 2020). L'élève a toujours accès au matériel sous ses yeux, iel n'est donc pas confronté à un obstacle ni à des questionnements puisque les réponses sont déjà sous ses yeux. Il faut donc particulièrement travailler les niveaux **photographique** et **scénographique** puisque Marchand (2020) mentionne dans ses travaux que c'est lorsque les élèves arrivent à se créer des IM que les CS se développent. Effectivement, comme nous l'avons vu dans la section 2.1.1.1 (p. 44), l'utilisation de l'IM est essentielle pour le développement des CS puisque c'est quand la vue n'est plus suffisante et que l'élève doit résoudre un obstacle en se questionnant ou en étant questionné qu'elles se développent (Marchand, 2020). Il faudra aussi tenir compte d'autres variables pour créer les jeux en mouvement et analyser les manifestations des CS des élèves et le développement potentiel des CS des élèves. Ce sont de ces variables que nous traiterons dans la section ci-dessous.

2.1.1.3 La troisième balise : les variables de la situation

La troisième balise est composée de quatre variables de la situation d'enseignement qui se retrouvent dans différentes études qui ont été effectuées dans le passé sur l'observation des CS, dont Brousseau (1983), Davis et al. (2015), Moss et al. (2016), Berthelot et Salin (1999-2000), Pinet et Gentaz (2005) et Zhang et al. (1992). Ces variables semblent ressortir comme étant incontournables et récurrentes dans les écrits portant sur notre sujet, les CS.

Il s'agit 1) des trois conceptions de l'espace de Brousseau (1983) ; 2) de la nature et du maillage des tâches demandées ; 3) de la nature et des dimensions des objets sensibles ou géométriques impliqués dans la situation et 4) de l'objet du questionnement de l'enseignant lié aux CS visées et sollicitées par la situation. (Marchand, 2020, p. 152)

2.1.1.3.1 Les trois conceptions de l'espace de Brousseau (1983)

La première variable, les conceptions de l'espace de Brousseau (1983), « au sens de “ connaissances associées, reliées à la fois par des dépendances logiques, d'adéquation et de co-présence ” » (Brousseau, 2000, p. 6), fait référence aux trois milieux spatiaux suivants : le micro-espace, le méso-espace et le macro-espace. Ces conceptions de l'espace ont par la suite été reprises par divers.es auteur.es dont Berthelot et Salin (1992), Brousseau (2000), Marchand (2020) et Munier et al. (2011). Nous viendrons donc expliquer ces différents espaces à l'aide de ces auteur.es.

Le **micro-espace** correspond à l'espace où les élèves travaillent le plus en milieu scolaire, c'est-à-dire, entres autres, les tâches papier-crayon (Munier et al., 2011). C'est dans cet espace également que les élèves manipulent de petits objets (Marchand, 2020), que ce soit par le toucher, la vue ou les mouvements que l'objet puisse faire sous les manipulations des élèves (Brousseau, 2000). Il s'agit donc de l'espace où les élèves peuvent concevoir les différents mouvements des objets, mais qui n'impliquent pas directement les élèves (Brousseau, 2000). En utilisant leurs différents sens, les élèves peuvent identifier la consistance, la forme, les positions et les propriétés des divers objets mis à leur disposition (Brousseau, 2000). Finalement, le micro-espace représente un lieu où les élèves peuvent avoir « un contrôle complet, continu et quasi instantané sur la totalité du domaine spatial avec lequel [l'élève] interagit » (Berthelot et Salin, 1992, p. 101).

Le **méso-espace** correspond quant à lui à l'espace dans lequel les personnes ou objets se déplacent (Berthelot et Salin, 1992) et qui est accessible par le champ de vision des personnes (Marchand, 2020). Il permet ainsi, comme le micro-espace, d'avoir tout son environnement sous la vue. Toutefois, le méso-espace inclut plus d'espace que le micro-espace puisqu'il est limité par les murs et les planchers d'une pièce (Berthelot et Salin, 1992), par exemple. Contrairement au micro-espace, les objets du méso-espace ne se déplacent pas facilement (Berthelot et Salin, 1992)

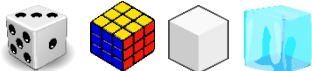
puisqu'il s'agit de plus gros objets comme le corps d'une personne, une commode, un bureau ou une nouille de piscine. En outre, les personnes doivent s'adapter à chaque déplacement qu'ils effectuent puisque leurs perspectives changent quand ils se déplacent (Berthelot et Salin, 1992). Ils doivent donc utiliser l'anticipation et la conceptualisation de l'espace (Berthelot et Salin, 1992). Cela fait en sorte que les élèves sont inclus.es dans le méso-espace, alors que dans le micro, ils en étaient exclus.es.


Le **macro-espace** se rapporte à l'espace qui est trop vaste pour que l'élève « puisse l'embrasser d'un regard » (Brousseau, 2000, p. 6). Il se construit avec plusieurs visions sauf si nous nous élevons dans les airs pour observer une grande surface terrestre (Berthelot et Salin, 1992). Donc, contrairement au méso-espace où les élèves ont quasiment tout sous leurs yeux, le macro-espace n'est pas entièrement accessible en un seul coup d'œil. En outre, comme pour le méso-espace, l'anticipation et la conceptualisation de l'espace qui nous est nécessaire dans la vie courante se retrouve dans le macro-espace (Berthelot et Salin, 1992). L'élève qui doit exécuter une tâche dans le macro-espace doit ainsi reconstituer le plan d'un quartier, par exemple, en y succédant une suite de vues locales et partielles (Marchand, 2020).

Voici dans le tableau ci-dessous, un exemple des différentes conceptions de l'espace selon nos trois catégories de manifestations des CS.

Tableau 6

Les différentes conceptions de l'espace selon les manifestations des CS

Manifestations des CS	En classe de géométrie	En sport/mouvement (exemple : la natation)
<p>Sur l'objet</p> <p>(reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)</p>	<p>Reconnaitre qu'un objet est de forme cubique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>micro-espace</u> : l'élève reconnaît divers petits objets comme étant de forme cubique. Par exemple, un dé, un cube Rubik, un cube de sucre ou un cube de glace. 	<p>Reconnaitre la nage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>micro-espace</u> : non applicable • <u>méso-espace</u> : le.a nageur.se reconnaît les nages effectuées par les autres nageur.ses dans la piscine, comme le crawl, la brasse ou le dos crawlé.

	<ul style="list-style-type: none"> • <u>méso-espace</u> : l'élève reconnaît divers objets et lieu comme étant de forme cubique. Par exemple, une grosse boîte cubique de déménagement, un lave-vaisselle, une classe.  <ul style="list-style-type: none"> • <u>macro-espace</u> : l'élève reconnaît qu'un bâtiment est de forme cubique en y juxtaposant plusieurs visions. Par exemple, le cube Berlin en Allemagne, les maisons cubiques de Rotterdam ou un arrondissement où les bâtiments forment un cube. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>macro-espace</u> : le.a nageur.se reconstitue un trajet de nage qui sera parcouru dans un lac qui ne peut être visible entièrement à partir du point de départ.
<p>Sur la position fixe de l'objet</p> <p>(déplacer, trouver, communiquer)</p>	<p>Communiquer la position :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>micro-espace</u> : l'élève communique la position du point A qui se situe à l'intersection (1,3), le B au (6,4)... à l'aide du plan cartésien sur son bureau. • <u>méso-espace</u> : l'élève communique la position d'un.e camarade de classe dans l'environnement qu'ils sont. Par exemple, à la troisième rangée au quatrième bureau ou dans le coin lecture. • <u>macro-espace</u> : l'élève communique la position d'un magasin ou d'un aliment dans une rangée d'épicerie. 	<p>Communiquer la position :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>micro-espace</u> : non applicable • <u>méso-espace</u> : le.a nageur.se communique que l'autre nageur.se se situe à 10 m de l'arrivée et que les autres sont à 5 m du.de la premier.ère en observant la piscine. • <u>macro-espace</u> : le.a nageur.se communique qu'un.e nageur.se se situe à 10 m de l'arrivée, qu'un.e autre est à 150 m et que les autres se positionnent à plus de 200 m du.de la premier.ère en observant les différentes sections du lac.
<p>Sur la position dynamique de l'objet</p>	<p>Reconnaitre un déplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>micro-espace</u> : l'élève reconnaît que le rectangle sur sa feuille a effectué une rotation, une translation ou une réflexion. 	<p>Reconnaitre un déplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>micro-espace</u> : non applicable • <u>méso-espace</u> : le.a nageur.se reconnaît le

(reconnaitre, décrire, construire, transformer un espace de vie ou de déplacement))	<ul style="list-style-type: none"> • <u>méso-espace</u> : l'élève reconnaît que le matelas dans sa chambre a effectué une rotation, une translation ou une réflexion. • <u>macro-espace</u> : l'élève reconnaît que le camion a effectué des rotations et des translations pour se rendre d'un bâtiment A au B. 	<p>déplacement de son.sa partenaire lors d'un relais afin de partir au bon moment dans une piscine.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>macro-espace</u> : le.a nageur.se reconnaît le déplacement de son.sa partenaire et ses adversaires lors d'un relais en eau libre, c'est-à-dire dans un lac, une mer ou un océan, afin de partir au bon moment et de donner la bonne intensité de nage. Iel devra juxtaposer plusieurs visions du plan d'eau pour se faire une idée d'ensemble.
---	---	---

Dans le cadre de notre recherche, le **méso-espace** semble tout indiquer pour nos activités puisqu'il s'agit du milieu « où l'enfant doit concevoir ses propres déplacements dans un territoire placé sous le contrôle de sa vue » (Brousseau, 2000, p. 7). Et puisque notre activité est un jeu en mouvement, les élèves seront amenés à créer leurs déplacements dans un espace donné, comme un local polyvalent ou la cour d'école. En outre, il s'agit de la conception spatiale qui développe d'autres représentations que celles utilisées dans le micro-espace, mais qui contribue à l'accroissement des connaissances nécessaires pour le macro-espace (Brousseau, 2000). Finalement, le méso-espace décrit l'idée du mouvement dans l'espace, ce qui nous permet d'expliquer la partie « en mouvement » du jeu en mouvement.

2.1.1.3.2 La nature et le maillage des tâches

Pour la deuxième variable, Marchand (2020) propose différents classements de tâches qui permettent le développement des CS des élèves. Ce classement est inspiré des travaux de Davis et al. (2015), Moss et al. (2016) et Berthelot et Salin (1999-2000). Il illustre « les tâches qui semblent propices au développement des CS » (Marchand, 2020, p. 153). Ces auteurs font référence à ces tâches davantage dans l'optique de tâches pouvant être demandées aux élèves, mais dans le cadre de ce projet, celles-ci vont plutôt être abordées en termes de tâches effectuées

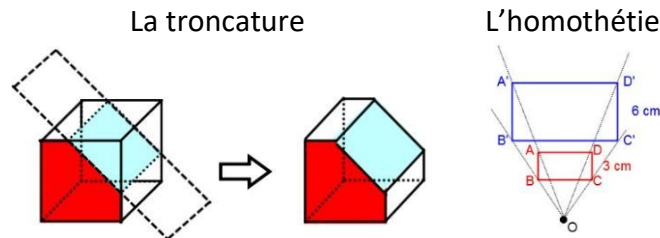
par les élèves étant donné notre focale sur l'analyse de l'activité mathématique des élèves. Voici donc les différents groupes de tâches :

1. « Observer ou toucher/Identifier/Décrire
2. Repérer/ Situer/ Cartographier/ Coordonner les perspectives
3. Déplacer/ Assembler/ Décomposer/ Plier/ Réorganiser
4. Transformer/ Déformer/ Sectionner/ Mettre à l'échelle
5. Construire/Représenter
6. Anticiper/Rechercher » (Marchand, 2020, p. 154).

Le **premier groupe** correspond aux tâches que les élèves peuvent effectuer pour décrire ou nommer un objet en deux ou trois dimensions selon les informations qu'ils ont en touchant un objet à l'aveugle ou en l'observant (Marchand, 2020). Ces tâches seraient ainsi en lien avec l'articulation, l'une des sous-composantes de la composante organisation. Le **deuxième groupement** représente majoritairement des tâches qui s'effectuent à l'aide d'un plan cartésien ou du repérage dans un espace donné (Marchand, 2020). Elles sont donc principalement des tâches qui touchent la composante orientation (Marchand, 2020). Le **troisième groupe** concerne les tâches pour lesquelles les élèves effectuent des déplacements, des rotations, des translations sur des objets en deux ou trois dimensions (Marchand, 2020). Elles sont intimement liées à la composante organisation, tout comme les tâches du prochain groupe. Le **quatrième groupe** représente des tâches de transformation sur les objets comme la troncature et l'homothétie (Marchand, 2020). Une troncature se définit par un solide coupé par un plan et dont une seule partie de ce solide est conservée alors que l'homothétie permet un agrandissement ou une réduction de grandeur d'une figure géométrique à partir d'un point central. La *figure 3* qui suit montre un exemple de ces deux transformations géométriques.

Figure 3

La troncature et l'homothétie



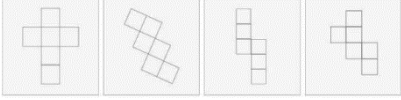
Le **cinquième groupe** est lié au développement des solides et à la construction des figures géométriques (Marchand, 2020). Il s'agit donc du groupe pour lequel les élèves représentent les objets en deux et trois dimensions (Marchand, 2020). Le **dernier groupe** porte sur l'anticipation qui est régulièrement liée à une tâche de recherche qu'effectueraient les élèves comme lorsqu'ils cherchent tous les développements du cube (Marchand, 2020). Puis, les tâches que les élèves font dans ces deux derniers groupes sont liées à la composante organisation.

Dans le tableau suivant, vous trouverez des exemples de différentes tâches énoncées dans cette section en fonction des manifestations des CS.

Tableau 7

Les tâches pouvant être effectuées par les élèves selon les manifestations des CS

Manifestations des CS	En classe de géométrie	En sport/mouvement (exemple : la natation)
<p>Sur l'objet (reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)</p>	<p>Reconnaitre qu'un objet est de forme cubique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Observer ou toucher/Identifier/Décrire</u> : l'élève reconnaît divers petits objets comme étant de forme cubique en les observant. Par exemple, un dé, un cube Rubik, un cube de sucre ou un cube de glace. • <u>Anticiper/Rechercher</u> : l'élève reconnaît divers petits objets 	<p>Reconnaitre la nage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Observer ou toucher/Identifier/Décrire</u> : le.a nageur.se reconnaît les nages effectuées par les autres nageur.ses dans la piscine, comme le crawl, la brasse ou le dos crawlé. • <u>Anticiper/Rechercher</u> : le.a nageur.se anticipe la nage qui sera effectuée en fonction de la coulée sous l'eau. Par exemple,

	<p>comme étant de forme cubique en les touchant sans les voir. Iel anticipe que c'est par exemple, un dé, un cube Rubik, un cube de sucre ou un cube de glace.</p> <p>Fabriquer un cube :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Construire/Représenter</u> : l'élève peut fabriquer un cube à partir d'un patron de 6 carrés. • <u>Anticiper/Rechercher</u> : l'élève anticipe différents patrons d'un cube.  <p>Ou encore, l'élève anticipe une stratégie possible pour trouver tous les développements du cube.</p> <p>Transformer un cube en prisme à base carré :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Transformer/ Déformer/ Sectionner/ Mettre à l'échelle</u> : l'élève remplace 4 carrés par 4 rectangles pour transformer le cube en prisme. • <u>Anticiper/Rechercher</u> : l'élève anticipe qu'il faudra remplacer 4 carrés adjacents par des rectangles congrus et laisser 2 carrés opposés pour que le solide devienne un prisme à base carré 	<p>une coulée en dauphin sera suivie du crawl alors qu'une coulée en dauphin sur le dos sera suivie du dos crawlé. Iel peut également anticiper le prochain mouvement de nage qui sera fait.</p> <p>Fabriquer une nage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Construire/Représenter</u> : le.a nageur.se fabrique sa nage en y ajoutant le mouvement des bras et/ou des jambes. • <u>Anticiper/Rechercher</u> : le.a nageur.se anticipe les étapes qu'il devra franchir pour obtenir la nage complète, le mouvement des jambes, des bras, la respiration et le tout. Ou encore, le.a nageur.se anticipe les ajustements nécessaires à la suite d'une mauvaise manœuvre. <p>Transformer la façon de nager :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Transformer/ Déformer/ Sectionner/ Mettre à l'échelle</u> : le.a nageur.se change son mouvement de bras au crawl en changeant ses bras « soleil » (bras allongé comme des tiges) pour des bras avec pli du coude. • <u>Anticiper/Rechercher</u> : le.a nageur.se anticipe la transformation du mouvement du bras et le visualise avant de le faire.
<p>Sur la position fixe de l'objet</p> <p>(déplacer, trouver, communiquer)</p>	<p>Communiquer la position :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Repérer/ Situer/ Cartographier/ Coordonner les perspectives</u> : l'élève indique que le point A se situe à l'intersection (1,3), le B au (6,4)... sur un plan cartésien. • <u>Anticiper/Rechercher</u> : l'élève anticipe la position des points, le 	<p>Communiquer la position :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Repérer/ Situer/ Cartographier/ Coordonner les perspectives</u> : le.a nageur.se communique qu'un.e autre nageur.se se situe à 10 m de l'arrivée et que les autres sont à 5 m du.de la premier.ère.

	visualise dans sa tête, avant de le trouver ou de la positionner sur le plan	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Anticiper/Rechercher</u> : le.a nageur.se anticipe la distance qui séparera les nageur.ses en fonction de la vitesse de ces dernier.ères.
<p>Sur la position dynamique de l'objet</p> <p>(reconnaitre, décrire, construire, transformer un espace de vie ou de déplacement; déplacer, assembler, décomposer, plier, réorganiser)</p>	<p>Reconnaitre un déplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Déplacer/Assembler/ Décomposer/Plier/Réorganiser</u> : l'élève reconnaît que le rectangle sur sa feuille a effectué une rotation, une translation ou une réflexion. Ou encore, iel reconnaît une pyramide par son développement. • <u>Anticiper/Rechercher</u> : avant d'effectuer la rotation, la translation ou la réflexion, l'élève visualise la transformation qu'iel devra effectuer ou l'élève anticipe les mouvements à réaliser avec un élastique sur un Géoplan 3x3 afin de former tous les quadrilatères possibles 	<p>Reconnaitre un déplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Déplacer/Assembler/ Décomposer/Plier/Réorganiser</u> : le.a nageur.se reconnaît le déplacement de son.sa partenaire lors d'un relais afin de partir au bon moment dans une piscine. • <u>Anticiper/Rechercher</u> : le.a nageur.se anticipe le moment où son.sa partenaire touchera le mur afin de perdre le moins de temps possible dans la transition.

Nous pouvons constater que pour chacune des catégories de manifestations des CS, nous avons ajouté des tâches, à celles déjà présentes, qui sont l'anticipation et la recherche. Nous nommerons d'ailleurs ces tâches comme étant les manifestations des CS ajoutées par Marchand (2020) dans le cadre de ce mémoire.

Le **maillage** fait référence, quant à lui, à l'ordre dans lequel les tâches sont exécutées par les élèves. Parfois, cet ordre est imposé par les consignes données et d'autres fois, les élèves effectuent un maillage selon leurs connaissances et leur aisance avec la ou les tâche.s potentiellement provoquée.s par les activité.s proposée.s. Puis, selon le maillage effectué, le niveau de difficulté diminue ou s'accroît (Marchand, 2020). Par exemple, lorsque la tâche demandée nécessite une anticipation des morceaux à utiliser pour reformer une figure montrée ou si l'image n'est plus à la disposition des élèves lors de la reproduction, c'est-à-dire qu'il y a

création d'une IM, cela accentue le niveau de difficulté (Marchand, 2020). Également, selon l'ordre dans lequel les tâches sont demandées, elles peuvent favoriser ou non le développement des CS (Marchand, 2020). Par exemple, si la construction vient avant la description, cela ne valorise pas l'utilisation de CS (Marchand, 2020) puisqu'il n'y a pas d'anticipation avant d'effectuer l'action. L'élève qui effectuerait ces tâches dans cet ordre décrirait ce qu'il a fait, ce qui ne nécessite pas la création d'IM. C'est donc selon l'ordre dans lequel les tâches sont demandées et selon l'utilisation d'anticipation ou non que les CS se mobilisent et se développent davantage ou moins. Cela revient également au point apporté dans la section 2.1.1.1 (p. 44), lorsque nous énoncions que les IM devaient être présentes afin que le développement des CS se produisent, ce qui relevait également de l'utilisation des niveaux d'abstraction **photographique** ou **scénographique** (vus dans la section 2.1.1.2 La deuxième balise : les différents niveaux d'abstraction p. 49). En effet, c'est au moment où voir ne suffit plus et que les élèves doivent surmonter eux-mêmes un obstacle et se questionner ou se faire questionner (Marchand, 2020) ou, comme nous venons de le voir, que les élèves anticipent leurs actions que les CS se développent davantage. Il est donc important que les activités proposées aux élèves nécessitent une certaine anticipation au début ou à un moment clé du maillage des tâches pour que la présence des CS se produise. Pour une tâche demandée, les élèves peuvent avoir recours à ladite tâche, mais ils peuvent également effectuer plusieurs tâches pour y répondre. Par conséquent, l'intérêt d'inclure ces tâches dans notre cadre est de pouvoir identifier les tâches effectuées par les élèves ainsi que leur maillage.

Finalement, en ce qui concerne les tâches de Marchand (2020), nous pouvons constater une ressemblance avec les manifestations des CS de Berthelot et Salin (1992). Les exemples du précédent tableau étaient d'ailleurs déjà séparés selon les catégories de ces manifestations (*tableau 7*, p. 59). Néanmoins, il y a l'ajout du sixième groupe qui concerne l'anticipation et la recherche dans les tâches de Marchand (2020). Ce sera donc avec les tâches de Marchand (2020) que nous travaillerons, tout en conservant les différentes catégories que nous avons nommées de Berthelot et Salin (1992). Ainsi, nous nous retrouvons avec une fusion des deux cadres. Voici un tableau résumé des manifestations des CS et des tâches conservées pour ce mémoire selon nos catégories.

Tableau 8

Résumé des catégories des manifestations des CS retenues pour cette étude

Catégories	Manifestations des CS (Berthelot et Salin, 1992)	Tâches (Marchand, 2020)
Manifestations des CS sur l'objet	Reconnaitre, décrire	Observer ou toucher, identifier, décrire
	Fabriquer	Construire, représenter
	Transformer	Transformer, déformer, sectionner, mettre à l'échelle
		Anticiper, rechercher
Manifestations des CS sur la position fixe de l'objet	Déplacer	Déplacer, assembler, décomposer, plier, réorganiser
	Trouver, communiquer	Repérer, situer, cartographier, coordonner les perspectives
		Anticiper, rechercher
Manifestations des CS sur la position dynamique de l'objet	Décrire, construire, transformer un espace de vie ou un déplacement	Déplacer, assembler, décomposer, plier, réorganiser
		Anticiper, rechercher

Il est à noter que le classement des tâches de Marchand (2020) dans chacune des catégories est un ajout de notre part pour ce mémoire, ainsi que le nom des catégories. Enfin, les tâches auxquelles nous ferons référence seront les tâches effectuées par les élèves.

2.1.1.3.3 La nature et les dimensions des objets impliqués dans la situation

La troisième variable correspond à la nature et aux dimensions des objets sensibles ou géométriques impliqués dans la situation. Les objets sensibles réfèrent aux « objets présentés qui sont simultanés à l'acte de présentation » (Russell, 1913a, p. 185 cité dans Gandon, 2009), alors que les objets géométriques renvoient à tout objet provenant de la géométrie comme un point, une courbe, une droite, une figure, un polyèdre, un polygone...

Les objets peuvent être de 0D (le point), 1D (ligne), 2D (figure) ou 3D (objet) et ils peuvent être prototypiques ou non et positionnés de manière typique ou non. Cette variable joue un rôle important dans la conceptualisation géométrique, et nous faisons l'hypothèse qu'elle joue également un rôle significatif pour le développement des [connaissances spatiales] puisqu'elle fait référence à l'apparence des objets sensibles ou à la prise en

compte des propriétés des objets géométriques impliqués, à leur positionnement dans l'espace et à leur articulation. (Marchand, 2020, p. 155)

Cette définition de la troisième variable fait part non seulement des dimensions des objets, c'est-à-dire le **0D**, **1D**, **2D** et **3D**, mais en plus elle les met en relation avec leur position dans l'espace et leur articulation, ce qui renvoie à la composante organisation que nous pouvons retrouver dans la section 2.1.1.1 (p. 44).

Dans le tableau ci-dessous, vous trouverez des exemples de manifestations des CS pour chacune des dimensions.

Tableau 9

Les dimensions selon les manifestations des CS

Manifestations des CS	En classe de géométrie	En sport/mouvement (exemple : la natation)
<p>Sur l'objet</p> <p>(reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)</p>	<p>Décrire un objet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>0D</u> : l'élève décrit le point. • <u>1D</u> : l'élève décrit la ligne en mentionnant si elle est droite ou courbe. • <u>2D</u> : l'élève décrit la figure en mentionnant le nombre de côtés, d'angles, la mesure des côtés et des angles, le nom... • <u>3D</u> : l'élève décrit un solide en mentionnant son nom, le nombre d'arêtes, de côtés, de sommets... 	<p>Décrire une nage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>3D</u> : le.a nageur.se décrit les nages effectuées par les autres nageur.ses comme le crawl, la brasse ou le dos crawlé en mentionnant si c'est une nage qui s'effectue sur le dos ou sur le ventre, la position du corps dans l'eau, le mouvement des bras et des jambes...
<p>Sur la position fixe de l'objet</p> <p>(déplacer, trouver, communiquer)</p>	<p>Trouver la position :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>0D</u> : l'élève trouve un point sur un plan cartésien. Par exemple, iel trouve le point A qui se situe à (1,3). • <u>1D</u> : l'élève trouve la ligne qui rejoint deux points sur un plan cartésien ou le nom d'une rue sur une carte. 	<p>Trouver la position :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>3D</u> : le.a nageur.se trouve la position d'un.e autre nageur.se dans son corridor.

	<ul style="list-style-type: none"> • <u>2D</u> : l'élève trouve la position du triangle en fonction du carré sur la feuille. Par exemple, le triangle est directement au-dessus du carré dans une position prototypique, ce qui forme une maison. • <u>3D</u> : l'élève trouve la position de son taille-crayon. Par exemple, iel trouve qu'il est dans son bureau. 	
<p>Sur la position dynamique de l'objet</p> <p>(reconnaitre, décrire, construire, transformer un espace de vie ou de déplacement))</p>	<p>Reconnaitre un déplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>0D</u> : l'élève reconnaît que le point sur sa feuille a effectué une rotation, une translation ou une réflexion. Par exemple, le point A qui était à l'intersection (1,3) est rendu à (1,5). • <u>1D</u> : l'élève reconnaît que la ligne sur sa feuille a effectué une rotation, une translation ou une réflexion. Par exemple, la ligne horizontale est rendue verticale due à une rotation de 90°. • <u>2D</u> : l'élève reconnaît que le rectangle sur sa feuille a effectué une rotation, une translation ou une réflexion. • <u>3D</u> : l'élève reconnaît que le cube sur son bureau a effectué une rotation, une translation ou une réflexion. 	<p>Reconnaitre un déplacement :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>3D</u> : le.a nageur.se reconnaît le déplacement de son.sa partenaire lors d'un relais afin de partir au bon moment.

Ces dimensions ont été identifiées pour les objets qu'impliquait l'activité, mais ici notre regard porte davantage sur les dimensions des objets auxquels les élèves auront recours dans leurs manifestations des CS.

En plus des dimensions, les objets peuvent également être traités en position **prototypique** (dans la position de référence) et **non prototypique** (dans une autre disposition). Lorsque les objets sont placés en position non prototypique, cela permet de développer davantage les CS puisque les figures ne sont pas toujours dans la même position et que celles non prototypiques sont le plus souvent omises (Pinet et Gentaz, 2005). Nous ne détaillerons pas le positionnement selon les manifestations des CS puisque les positionnements prototypique et non prototypique peuvent être utilisés avec chacune d'entre elles.

2.1.1.3.4 L'objet du questionnement de l'enseignant.e.

La quatrième et dernière variable repose sur l'**objet de questionnement** de l'enseignant.e lié aux CS qu'il souhaite aborder lors des activités (Marchand, 2020). Ce questionnement est important pour que les élèves développent leurs CS puisqu'ils ne doivent pas uniquement observer, réaliser et créer des IM (Clements et Sarama, 2014; Marchand, 2020), ils doivent « s'interroger sur les CS impliquées durant ces actions (physiques et mentales) (Zhang et al., 1992) » (cité.es dans Marchand, 2020, p. 156). En effet pour que les CS se développent chez les élèves, ils doivent utiliser des IM pour résoudre elleux-mêmes un obstacle et ils doivent se questionner ou se faire questionner (Marchand, 2020). En s'interrogeant sur les CS mises en œuvre durant les actions, les élèves conscientisent et partagent leurs CS (Marchand, 2020). Ce partage permet également « d'entendre d'autres stratégies et ainsi d'enrichir leurs propres CS » (Marchand, 2020, p. 156). Il est aussi important d'éviter les glissements possibles vers les connaissances géométriques (CG) en questionnant les élèves sur les CS impliquées (Marchand, 2020) afin que les élèves enrichissent réellement leurs CS et non leurs CG, qui ne sont pas le but de cette recherche, même si cela pourrait être intéressant dans un autre cadre. Les questions se basant sur les CS peuvent ressembler à : « Comment avez-vous fait pour vous rappeler l'image ? Où étaient placées les pièces les unes par rapport aux autres ? Comment les pièces sont-elles placées dans l'espace ? » (Marchand, 2020, p. 156). Alors que des questions qui glisseraient vers les connaissances géométriques pourraient ressembler à celles-ci : « Quelles sont les différences ? Les

ressemblances ? As-tu bien un prisme à base rectangulaire ? Est-il à base carrée ? Ta construction semble croche, est-ce un rectangle ? » (Marchand, 2020, p. 170). Étant donné la première partie de notre objectif de recherche, c'est-à-dire de mieux comprendre l'activité mathématique mise en œuvre par les élèves du primaire, plus particulièrement en ce qui concerne les manifestations de leurs CS, il sera important de poser le type de questions qui implique des CS aux élèves.

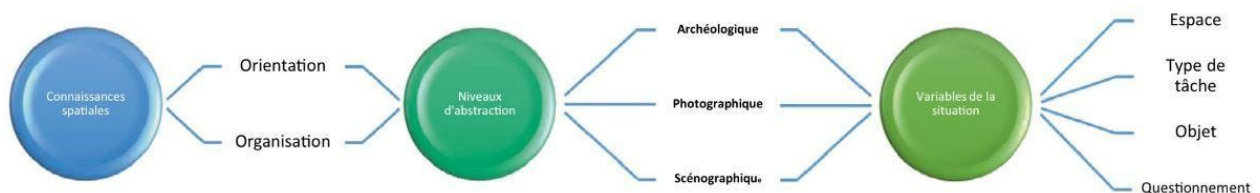
2.1.1.4 La Structure Génératrice d'Activité de cette recherche

Donc, la SGA permet de créer et d'analyser des activités utilisées en classe de mathématiques pour vérifier si les CS sont développées et sollicitées lors de l'activité proposée aux élèves (Marchand, 2020). Puis, si nous reprenons l'ensemble des balises, nous arrivons à la schématisation complète de la SGA. Il y a d'abord les CS qui sont divisées en deux composantes : l'orientation et l'organisation. Ces CS sont ensuite mises en action selon divers niveaux d'abstraction qui sont l'archéologique, le photographique et le scénographique. Finalement, les CS sont influencées par les variables de la situation comme les conceptions de l'espace, le type de tâche demandée, la dimension et position de l'objet ainsi que le questionnement qui suit les activités.

La figure suivante présente la SGA dans son entièreté.

Figure 4

Schématisation de la SGA



Note. Tiré de Marchand et Munier, 2021, p. 323

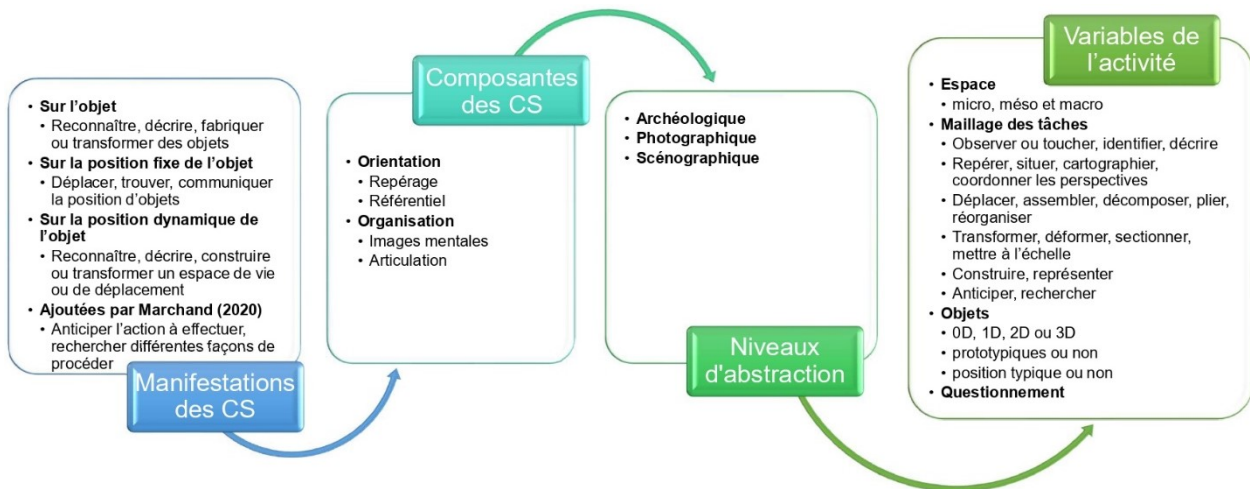
Puis, si nous reprenons cette schématisation en ciblant, plus spécifiquement, l'objet de notre étude, soit l'activité mathématique des élèves, nous en obtenons une nouvelle schématisation. Nous abordons les différentes balises de Marchand (2020) par les manifestations des CS de Berthelot et Salin (1992) et celles ajoutées par Marchand (2020). Ainsi, notre adaptation de la SGA comporterait quatre balises au lieu de trois : les manifestations des CS nous amènent à

considérer les composantes des CS auxquelles elles font référence, à identifier les niveaux d'abstractions auxquels les élèves font référence et les variables mises en évidence par ces dernières. Nous avons effectué ce changement puisque nous nous intéressons à l'activité mathématique des élèves, alors que Marchand (2020) s'intéressait essentiellement à la conception et à l'analyse des activités qui leur étaient proposées.

La *figure 5* qui suit présente la schématisation de notre « Structure d'observation des manifestations des CS (SOMCS) », inspirée de la SGA de Marchand (2020).

Figure 5

Schématisation de la SOMCS pour notre projet



Note. Inspirée de *Marchand et Munier, 2021, p. 323*

Finalement, dans le cadre de ce mémoire, nous cherchons à identifier les manifestations des CS des élèves en fonction des composantes, des niveaux d'abstraction et de certaines variables de l'activité, mais du point de vue de l'activité mathématique de l'élève.

2.2 Les jeux

Si nous nous rappelons notre objectif de recherche, nous cherchons à mieux comprendre l'activité mathématique mise en œuvre par les élèves du primaire, plus particulièrement en ce qui concerne les manifestations de leurs CS, dans un contexte de jeu en mouvement en classe de mathématiques. Nous avons donc déjà explicité ce que nous entendons par l'activité

mathématique des élèves du primaire, en ce qui concerne les manifestations des CS, en nommant les balises composant notre SOMCS. Toutefois, il nous reste encore à développer la deuxième partie de notre objectif qui est le contexte de jeu en mouvement mis en œuvre dans le cadre de cette recherche. Comme susmentionné dans la problématique, l'activité proposée sera en partie un jeu puisqu'il s'agit d'une des approches propices à la mobilisation des CS (Marchand, 2009) et à leur développement (Cabot Thibault, 2013; Marchand, 2020). Puis, l'activité sera également en partie inspirée du sport en mettant les élèves en mouvement puisque la pratique d'un sport est également une méthode qui permet d'aider les élèves dans leur apprentissage des CS (Marchand, 2009). Il s'agira donc d'un jeu en mouvement puisqu'il s'agit d'un mélange entre le jeu et le mouvement, inspiré de la pratique sportive, qui sont tous les deux des moyens efficaces pour travailler les CS en classe de mathématique. Cette section permettra donc d'identifier ce que nous entendons par jeu en classant les types de jeux, afin d'en ressortir les attributs essentiels des jeux pour notre recherche, ce qui nous permettra d'énoncer notre contexte de recherche ainsi que nos objectifs spécifiques.

2.2.1 Les classements des jeux

Afin de cibler le type de jeu qui sera utilisé dans le cadre de cette recherche, c'est-à-dire le jeu en mouvement en classe de mathématique, il est important de comprendre d'où vient les fondements de ce jeu. Pour expliquer ce type de jeu, nous retournerons ainsi à la base des classements des jeux en passant par le classement de Piaget qui distingue trois types de jeux chez les enfants, puisque notre recherche s'effectuera auprès d'élèves d'âge primaire. Ensuite, puisque notre recherche porte sur des contenus scolaires, nous nous retrouverons dans un type de jeu qui est éducatif et plus précisément, un jeu mathématique puisque notre sujet de recherche tourne principalement autour des CS des élèves, qui est un sujet traité plus spécifiquement en géométrie, un domaine des mathématiques. Nous préciserons donc les jeux éducatifs d'abord pour nous diriger vers les jeux mathématiques.

2.2.1.1 Les jeux selon Piaget

Piaget (1959) relève trois types de jeux dans ses études sur le développement des enfants en se basant sur leurs structures mentales : les jeux d'exercice (intelligence sensori-motrice), les jeux

symboliques (intelligence représentative) et les jeux de règles (intelligence réfléchie) (Piaget, 1978). Nous nous concentrerons sur ses catégories de jeux en expliquant davantage chacun d'eux.

Les **jeux d'exercice** sont des activités effectuées dont le but est d'éprouver du plaisir (Piaget, 1959). Ils peuvent prendre vie dans toute circonstance, puisque toutes conduites peuvent mener à un jeu d'exercice (Piaget, 1959). Par exemple, un bébé qui tente d'agripper un objet va se balancer à répétition jusqu'à ce qu'il atteigne son objectif (Piaget, 1959). Puis tout le long des balancements, le bébé peut manifester un plaisir ou pas. Cependant, les bébés qui éprouveront un plaisir à se balancer se retrouveront dans un jeu d'exercice. Il s'agit également d'un type de jeu qui s'apprend à l'extérieur d'un contexte de jeu (Piaget, 1959). Comme illustré dans l'exemple du bébé qui se balance, le bébé ne se trouvait pas dans un contexte de jeu au départ, mais en essayant d'attraper son objet, il répétera l'action du balancement s'il en ressent un sentiment d'intérêt, ce qui deviendra un jeu (Piaget, 1959). Un autre exemple pourrait être lorsqu'un bébé se met à imiter les sons ou les gestes d'un adulte et qu'il en rit. Puisque cela provoque un certain plaisir chez le bébé, il s'agira d'un jeu d'exercice. Les jeux d'exercice sont ainsi une reproduction d'une action, comme le balancement, et non d'une technique particulière de jeu (Piaget, 1959). Ils sont également des jeux moteurs la plupart du temps (Piaget, 1978).

Les **jeux symboliques**, quant à eux, apparaissent après les jeux d'exercice, même si quelques chevauchements existent encore avec les jeux d'exercice (Piaget, 1978). De plus, les jeux symboliques permettent la reproduction d'activités courantes à la suite de leurs observations (Piaget, 1959). Par exemple, un.e enfant pourrait prendre son bol de céréales vide et le tourner devant lui pour imiter ses parents qui conduisent une voiture. Il s'agit ainsi de « faire semblant », c'est un jeu fictif où des objets symbolisent un autre objet (Piaget, 1959). Dans l'exemple précédent, l'enfant a utilisé son bol de céréales pour symboliser un volant de voiture. Nous pouvons également penser au jeu des enfants lorsqu'ils jouent à faire l'épicerie en achetant des roches, des feuilles et des branches pour symboliser la nourriture. Ou encore lorsqu'ils jouent à cuisiner de bons repas avec du sable où le sable représente des pâtes, du poisson, du riz, des légumes, etc. Les jeux symboliques impliquent donc un aspect imaginaire et fictif qu'il n'y avait pas dans les jeux d'exercice (Piaget, 1978, p. 116). Pendant ces jeux, les enfants

prennent plaisir à imiter des situations connues. Ces dernières sont donc tenues de suivre certaines conduites spécifiques afin qu'iel restent concentré.es dans le jeu symbolique. Par exemple, dans l'exemple où l'enfant cuisinait des repas avec le sable, l'enfant reste dans l'idée qu'iel cuisine et que le sable représente des aliments et non du sable. Ce sont principalement ces jeux qui sont joués à la garderie et au préscolaire. D'ailleurs, les jeux symboliques qui amènent l'idée de « faire semblant » ressemblent à certains éléments que nous pouvons retrouver en mathématique, comme le « si... alors » se situant à la base de la logique mathématique (Makdissi, 2020). Dans les jeux symboliques, le « si » est à la base de ces jeux, puis le « alors » représente le scénario joué par l'enfant (Makdissi, 2020). Si nous reprenons l'exemple de l'enfant qui joue à cuisiner des repas, cet enfant se retrouvera dans la situation que « si » iel est cuisinier.ère, « alors » iel préparera de bons petits repas (le sable).

Finalement, les **jeux de règles** correspondent à des jeux collectifs, par le fait que des règles sont régies collectivement afin que tout le monde joue de la même façon au jeu, et ils apparaissent après l'apparition des jeux symboliques (Piaget, 1959), sans toutefois mettre fin à ces jeux. Les jeux de règles, comme l'entend Piaget (1959, 1978), sont généralement les plus utilisés, puisque nous y jouons encore à l'âge adulte. En effet, en vieillissant, nous n'utilisons presque plus les jeux d'exercice, comme simplement s'amuser avec sa nouvelle caméra, ainsi que les jeux symboliques, par exemple se raconter une histoire (Piaget, 1978). Cependant, les jeux de règles sont extrêmement présents par les jeux de société, les jeux de cartes, les sports, les échecs, etc. (Piaget, 1978). Ce type de jeux diffère des précédents puisqu'ils sont régis par des règles. En effet, lorsque nous faisons simplement nous amuser avec notre nouvelle caméra, il n'y a pas de règles à suivre en tant que telles, nous y allons selon notre intérêt et notre plaisir de découvrir notre nouvel appareil. Puis, lorsque nous nous racontons une histoire, il n'y a pas de règles non plus. Nous créons les personnages, les actions, les symbolismes que nous voulons. Cependant, si nous prenons les jeux de cartes, des règles seront présentes pour nous indiquer le but du jeu, ce que nous pouvons ou non faire, le nombre de points que vaut chacune des cartes... Ce sont généralement les jeux de règles qui sont présents dans les classes du primaire. Puis, comme pour les jeux symboliques, les personnes jouant à ce type de jeu doivent suivre des conduites

spécifiques, mais cette fois les conduites ne sont plus seulement sociales, elles sont régies par des règles (Piaget, 1978).

Dans le tableau ci-dessous, nous résumons chacun des jeux selon le classement de Piaget (1959, 1978).

Tableau 10

Classement des jeux selon Piaget (1959, 1978)

	Éléments principaux du jeu
Jeux d'exercice	<ul style="list-style-type: none"> • Reproduction d'une action • Libre • Plaisir
Jeux symboliques	<ul style="list-style-type: none"> • Libre • Représentation symbolique • Reproduction d'activités courantes • Imaginatif et fictif
Jeux de règles	<ul style="list-style-type: none"> • Jeux collectifs • Règles à suivre

En ce qui concerne le jeu utilisé dans cette recherche, il fera partie des jeux de règles puisque ce sont majoritairement ces jeux qui sont utilisés en classe. Toutefois, il s'agit d'un jeu de règles voulant être éducatif en même temps, ainsi la prochaine section portera sur la définition de ce qu'est un jeu éducatif.

2.2.1.2 Les jeux éducatifs

Maintenant que nous avons expliqué les différents types de jeux avec le classement de Piaget (1959, 1978), nous allons aborder le **jeu éducatif**, qui pourrait être considéré comme un jeu de règles selon le précédent classement puisqu'il comporte des règles à suivre. Toutefois, le jeu éducatif se différencie légèrement du jeu de règles par le fait qu'il **cherche à avoir un impact sur l'apprentissage des élèves** en structurant des connaissances, en développant des habiletés en résolution de problème, en intégrant de l'information, en motivant les élèves dans leurs apprentissages et/ou en développant des habiletés de coopération, de communication et de relations humaines (Sauvé et al., 2007). Puis, afin d'avoir une définition plus complète de ce type de jeu, nous utiliserons le travail effectué par Sauvé et al. (2007) pour décrire le jeu éducatif, car ces auteur.es ont recensé des écrits, des articles et des rapports de recherche de huit années

(1998 à 2005) afin d'élaborer leur définition de ce que doit comporter un jeu éducatif. Ainsi, cela nous semble être une prise de données suffisantes et assez actuelles, moins de vingt ans, pour élaborer un cadre se basant sur leur travail. Certains ajouts plus récents de la thèse d'Héroux (2023) sur les jeux seront ajoutés afin de compléter les définitions retenues par Sauvé et al. (2007). Ainsi, nos définitions seront plus actuelles.

Dans le cadre d'un jeu éducatif, Sauvé et al. (2007) font ressortir **cinq attributs essentiels** (le.a ou les joueur.ses, le conflit, les règles, le but prédéterminé du jeu et le caractère artificiel) pour s'assurer que le jeu ait un **potentiel de favoriser des apprentissages**. L'apprentissage est défini comme le processus d'acquisition de connaissances et de nouveaux comportements résultant d'une interaction avec l'environnement (Sauvé et al., 2005). De plus, afin que le jeu soit considéré éducatif, il doit être utilisé en contexte éducatif et non simplement de façon ludique (Sauvé et al., 2005). Par exemple, si nous jouons souvent aux échecs, mais pour le plaisir, il s'agit d'un jeu ludique. Cependant, s'il est utilisé pour développer des stratégies ou améliorer notre capacité à anticiper, le jeu d'échecs sera alors considéré comme un jeu éducatif. Les prochains paragraphes permettront de décrire un peu plus en détail chacun des attributs mentionnés au début de ce paragraphe selon ces auteur.es, ainsi que quelques compléments avec d'autres auteur.es pour éclairer ou approfondir certaines sections, afin que nous ayons une meilleure compréhension de ce qu'est un jeu éducatif.

Le.a ou les **joueur.ses** est.sont une personne ou un groupe de personnes « qui sont [mis.es] en position d'assumer un rôle ou de prendre des décisions dans le cadre du jeu » (Sauvé et al., 2007, p. 93). Le nombre de joueur.ses est déterminé à l'avance. Toutefois, il est possible d'avoir une certaine flexibilité dans la quantité de personnes. S'il s'agit d'un jeu à un.e joueur.se, c'est un jeu de compétition contre soi. Le but est donc d'obtenir une partie parfaite ou d'améliorer ses résultats ou son temps à chaque partie (Sauvé et al., 2007). Au contraire, si le jeu se joue à plusieurs joueur.ses, ce sera : 1) un jeu compétitif, s'ils sont les un.es contre les autres, ou 2) un jeu coopératif, s'ils travaillent ensemble pour arriver à un but commun (Sauvé et al., 2007).

Le **conflit** représente les divers obstacles dynamiques, humains ou contrôlés par ordinateur auxquels le.a ou les joueur.ses peuvent faire face (Sauvé et al., 2007). Ces obstacles empêchent

les joueur.ses de réaliser trop facilement l'objectif du jeu (Sauvé et al., 2007). Cela permet donc aux joueur.ses d'être actif.ves, de résoudre un conflit, de prendre des décisions et de les motiver à garder leur rôle dans le jeu (Sauvé et al., 2007). Dans la thèse d'Héroux (2023), elle parle de **mécanique** du jeu au lieu de conflit, mais les deux sont très semblables puisque « [la] mécanique d'un jeu repose sur la prise de décision lors de la manipulation des ressources du jeu (Costikyan, 1994), l'exploration et l'observation des effets de ces décisions (Crawford, 1984) et l'évaluation du comportement de son adversaire (Bragg, 2006) » (cités dans Héroux, 2023, p. 30). Ainsi, les deux termes renvoient à des prises de décisions pour arriver à ses fins. Toutefois, le terme mécanique du jeu sera conservé dans ce mémoire puisqu'il est un peu plus précis en ce qui concerne les prises de décisions des élèves et il suggère dans sa définition un apprentissage des élèves par l'exploration, l'observation et l'évaluation de la prise des décisions.

Les **règles** sont importantes pour le bon déroulement d'un jeu en classe (Héroux et Proulx, 2015; Pelczer, 2013; Sauvé et al., 2007). Elles représentent « un ensemble de consignes qui décrivent les relations entre [le.a] ou les [joueur.ses] et l'environnement de jeu » (Sauvé et al., 2007, p. 94). Elles caractérisent également l'étendue et la nature des actions légitimes que les joueur.ses peuvent effectuer pendant le jeu et elles instituent la séquence et la structure du déroulement des actions des joueur.ses (Gray et al., 1998). Ces règles se divisent en trois fonctions : les règles de procédure, les règles de clôture et les règles de contrôle (Thiagarajan et Stolovitch, 1980 cités dans Sauvé et al., 2007).

La première fonction, les règles de procédure, décrit les composantes du jeu, soit le nombre de joueurs ou le nombre d'équipes, le rôle de chacun des participants, leurs activités et leurs déplacements ou les mouvements qui peuvent être faits. Ensuite, il y a les règles de clôture qui spécifient les résultats escomptés pour chaque joueur ainsi que les contraintes (Thiagarajan, 1998). Finalement, les règles de contrôle décrivent les conséquences pour un joueur qui ne respecte pas les règles précédentes (Martin, Storl et Sanders, 1998). (Sauvé et al., 2007, p. 94)

Ainsi, certaines règles réfèrent davantage au jeu comme un tout et renvoient à la procédure générale du jeu. D'autres règles concernent la fin du jeu afin de déterminer le ou les résultat.s final.aux. Les dernières règles sont davantage sur les conséquences qui peuvent survenir pendant ou en fin de jeu s'il y a non-respect des deux autres types de règles. Puis, l'ensemble de ces règles

« doivent être claires, organisées, complètes, préétablies et acceptées par les joueurs avant le début du jeu » (Sauvé et al., 2007, p. 94). Les règles sont également « convenues (Parlett, 1999), explicites (Crawford, 1984), limitantes (Avedon et Sutton-Smith, 1971) et structurantes (Abt, 1987) » (citée.s dans Héroux, 2023, p. 30). Si les règles ne sont pas présentes et connues de tous.tes lors du début du jeu, cela peut déformer le jeu de base et ne plus correspondre à l'objectif du jeu (Sauvé et al., 2007). Cependant, certaines règles peuvent être souples et malléables (Héroux, 2023).

Le **but prédéterminé** réfère à ce qui est ciblé comme objectif à la fin du jeu. Héroux (2023) nomme cet aspect une **finalité**. Il peut s'agir d'un gain, d'une perte, d'une récompense (Sauvé et al. 2007) ou de l'obtention d'un résultat spécifique qui est un état final différent de l'état initial du jeu (Héroux, 2023). Puis, selon le but prédéterminé, les joueur.ses peuvent avoir utilisé diverses stratégies pour atteindre « la carotte ou le bâton » (Sauvé et al., 2007). En outre, dans les jeux éducatifs, le but inclut également les objectifs recherchés par le.a ou les joueur.ses (Sauvé et al., 2007) ou même les objectifs pédagogiques sélectionnés par l'enseignant.e au début du jeu. Ce but est également en étroite relation avec les règles de clôture vu précédemment, puisque ce sont ces règles qui détermineront le.a ou les gagnant.es et perdant.es ainsi que la façon de les déterminer. Cela pourrait se faire par une limite de temps, un pointage particulier, un parcours accompli ou non. D'ailleurs, ce but déterminera les choix exécutés par le.a ou les joueur.ses tout au long du jeu (Sauvé et al., 2007).

Le **caractère artificiel** réfère à la fiction que le jeu propose (Sauvé et al. 2007). Héroux (2023) nomme cet aspect le **côté fictif**. Un jeu est fantaisiste et il nous permet de rentrer dans un univers autre que celui de la réalité. S'il reste dans la réalité et qu'il ne fait que reproduire le train-train quotidien, Sauvé et al. (2007) nomme ces jeux : des jeux de simulation. De plus, le caractère artificiel du jeu permet d'avoir peu de conséquences néfastes sur les joueur.ses dans leur vie réelle (Héroux, 2023). Les joueur.ses ne doivent pas se sentir contraint ou forcés.es de jouer (Héroux, 2023) puisque le jeu doit apporter du plaisir.

Ainsi, nous pourrions retenir que le jeu éducatif se définit

comme une situation artificielle (fictive, fantaisiste) dans laquelle des joueurs (un ou plusieurs), mis en position de conflit (lutte, confrontation) les uns par rapport aux autres ou tous ensemble (coopération) contre d'autres forces, sont régis par des règles (procédure, contrôle et clôture) qui structurent leurs actions en vue d'un but déterminé, soit de gagner (gagnant vs perdant), d'être victorieux (contre le hasard, l'ordinateur, un ou plusieurs joueurs) ou de prendre sa revanche contre un adversaire. (Sauvé et al., 2007, p. 95)

Nous pourrions donc retenir du jeu éducatif qu'il comporte 1) un.e ou des joueur.ses; 2) une mécanique du jeu menant à une confrontation ou une coopération; 3) des règles permettant de régir la procédure du jeu, les façons de contrevenir au déraillement du jeu et la fin du jeu tout en permettant de temps en temps une certaine souplesse; 4) un but prédéterminé afin d'atteindre un objectif précis; et 5) un caractère artificiel pour se sortir du « train-train » quotidien et qui a peu de conséquences négatives.

En plus de ces attributs essentiels, le jeu éducatif permet de servir 1) à la structuration des connaissances, 2) au développement des habiletés en résolution de problème, 3) à l'intégration de l'information, 4) à la motivation des élèves dans leurs apprentissages et 5) au développement des habiletés de coopération, de communication et de relations humaines (Sauvé et al., 2007). De plus, puisqu'il s'agit d'un jeu, il doit également apporter du plaisir. Dans le tableau ci-dessous (p. 77), vous trouverez un bref résumé des attributs essentiels et des impacts sur l'apprentissage des élèves du jeu éducatif.

Tableau 11

Résumé des attributs essentiels et des impacts sur l'apprentissage des élèves d'un jeu éducatif

		Jeu éducatif
Attributs essentiels	Joueur.se(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Personne/Groupe de personnes • Assumer un rôle ou prendre des décisions • Une personne = jeu de compétition contre soi • Groupe de personnes = jeu compétitif ou jeu coopératif
	Mécanique du jeu	<ul style="list-style-type: none"> • Divers obstacles dynamiques, humains ou contrôlés par ordinateur • Prendre des décisions • Explorer et observer les effets de ces décisions • Évaluer le comportement de son adversaire • Être actif.ve • Être motivé.e à garder son rôle
	Règles	<ul style="list-style-type: none"> • Règles de procédure • Règles de clôture • Règles de contrôle • Parfois souples et malléables
	But prédéterminé	<ul style="list-style-type: none"> • Objectif à la fin du jeu
	Caractère artificiel	<ul style="list-style-type: none"> • Fiction • Fantaisie • Univers autre que celui de la réalité • Peu de conséquences négatives
Impacts sur l'apprentissage	<ul style="list-style-type: none"> • Structuration des connaissances • Développement des habiletés en résolution de problème • Intégration de l'information • Motivation des élèves dans leurs apprentissages • Développement des habiletés de coopération, de communication et de relations humaines • Plaisir 	

En outre, les jeux éducatifs permettent aux élèves de jouer à un jeu en tant que joueur.ses (cherchent le plaisir), actant.es (respectent des règles pour gagner), apprenant.es (cherchent des alternatives pour une nouvelle action) et élèves (cherchent une nouvelle connaissance auprès de l'enseignant.e ou d'un.e autre élève pour gagner) (Héroux, 2023). Ainsi, au travers de ces rôles, les élèves acquièrent des connaissances et incorporent de nouveaux comportements résultant d'une interaction avec l'environnement, ce qui leur permet d'apprendre. Toutefois, il est

également important que l'enseignant.e présente et effectue un retour sur le jeu afin de faire ressortir ces apprentissages effectués pendant le jeu pour que les élèves prennent connaissance des acquis que le jeu leur a permis (Héroux, 2023).

2.2.1.3 Les jeux mathématiques

Afin d'être plus précises sur le type de jeu éducatif que nous utilisons dans le cadre de cette recherche, nous définissons dans cette section ce que nous entendons par jeux mathématiques. En effet, puisque le contenu éducatif que nous présentons dans cette recherche porte sur les CS, un aspect enseigné lors d'enseignements mathématiques, il est important de savoir ce qui est considéré comme étant un jeu mathématique. Pour décrire ces jeux mathématiques, nous avons décidé de prendre la description des jeux mathématiques de Pelczer (2013) qui s'est basé sur Ernest (1986), Gough (1999), Kilpatrick et al. (2001) et Oldfield (1991). Puis, nous compléterons la définition de Pelczer (2013) avec celle de Héroux et Proulx (2015) qui s'inspire de Ascher (1998), Bednarz et al. (2002), Brougère (2005), Brousseau (1986, 1998), Pénard (2004), Piaget (1966), Winnicott (1971). Ainsi, nous nous trouverons avec une définition regroupant une quatorzaine d'articles, ce qui en fera une définition plus complète puisqu'elle s'inspire de plusieurs auteur.es. Puis, en prenant les articles de Pelczer (2013) et de Héroux et Proulx (2015), nous aurons une définition plutôt récente, pour faire part des connaissances sur ce type de jeu. De plus, afin de préciser l'aspect de l'activité mathématique des élèves lors d'un jeu mathématique en classe, nous insérerons certaines références de la thèse d'Héroux (2023).

Tout d'abord, le but ultime des jeux mathématiques est de développer des compétences mathématiques (Pelczer, 2013) et des connaissances mathématiques (Héroux et Proulx, 2015) chez les élèves. Ce développement peut permettre entre autres la mobilisation de concepts et de processus mathématiques, la compréhension et la production de messages relevant des mathématiques et la communication des informations avec les autres membres de leur équipe (MEQ, 2001) qui sont tous des composantes provenant d'au moins une des trois compétences du PFEQ, c'est-à-dire la résolution d'une situation-problème mathématique, le raisonnement à l'aide de concepts et de processus mathématiques et la communication à l'aide du langage mathématique. Dans le cadre de cette recherche, les informations communiquées entre les

membres d'une équipe proviendront du domaine de la géométrie puisque les CS sont incluses dans ce dernier.

Un autre aspect intéressant sur les jeux mathématiques que Héroux et Proulx (2015) ajoutent est qu'ils sont entre un matériel (au sens d'Ascher, 1998, et de Bednarz et al., 2002) et une activité didactique (au sens de Brougère, 2005, et de Brousseau, 1998) puisque l'objectif de ces jeux est de travailler le contenu mathématique et que le jeu conçu crée un support à l'apprentissage, tout comme le ferait un cahier d'exercice ou un manuel scolaire (Héroux et Proulx, 2015).

Finalement, pour qu'un jeu soit mathématique pour ces auteur.es, Pelczer (2013) ressort cinq principes de conception pour les jeux, puis Héroux et Proulx (2015) ressortent cinq caractéristiques. Certains de ces principes et de ces caractéristiques se regroupent alors que d'autres sont différents. Nous ferons donc part de tous ces principes et caractéristiques en les regroupant sous le terme de caractéristiques, car pour nous il s'agit d'éléments qui permettent de distinguer ces jeux des autres jeux, plutôt que des principes comme l'entend Pelczer (2013), c'est-à-dire un fondement ou l'origine de ce que c'est. Ainsi, les jeux mathématiques comportent les caractéristiques suivantes :

1. Ils sont structurés autour d'une question considérée importante, comme une erreur commune, une interprétation d'une opération, une idée fautive, etc. (Pelczer, 2013), ce qui permet la mobilisation de connaissances et de compétences liées à certains apprentissages mathématiques (Héroux, 2023);
2. ils sont adaptés au niveau scolaire, à l'âge et aux connaissances des élèves participant.es (Pelczer, 2013; Héroux, 2023);
3. ils sont munis d'une part de hasard qui influencera la suite du jeu (Pelczer, 2013) ce qui ne permet pas de connaître le.a gagnant.e à l'avance et donc tout le monde à des chances égales de gagner (Héroux et Proulx, 2015);
4. ils contiennent des règles à suivre (Héroux et Proulx, 2015) qui sont faciles à énoncer et à mémoriser tout en restant peu nombreuses (Pelczer, 2013);
5. ils ont un début et une fin clairs du jeu (Héroux et Proulx, 2015; Pelczer, 2013);

6. ils proposent un.e adversaire aux participant.es, que ce soit le jeu ou d'autres joueur.ses (Héroux et Proulx, 2015);

Avant de résumer ce qui est entendu par les jeux mathématiques dans le cadre de notre recherche, nous élaborons un peu sur deux caractéristiques présentées ci-dessus, c'est-à-dire les points 1 et 4. Premièrement, la **question importante** sur laquelle repose la création du jeu mathématique réfère à un objectif mathématique qui peut correspondre à : 1) une assimilation et un développement de nouveaux concepts; 2) une pratique et un renforcement des compétences mathématiques; et 3) un développement des stratégies de résolution de problèmes (Ernest, 1986). **L'assimilation et le développement de nouveaux concepts** renvoient au fait de donner des moments de pratique aux élèves pour assimiler et comprendre un nouveau concept (Ernest, 1986). En le faisant sous forme d'un jeu mathématique, cela enlève une partie de la pénibilité de la pratique, ce qui la rend plus efficiente (Ernest, 1986). Le deuxième objectif, celui de **la pratique et du renforcement des compétences mathématiques**, réfère à l'aide que nous pouvons apporter aux élèves afin qu'ils acquièrent de nouveaux concepts et qu'ils les développent et étendent à d'autres concepts (Ernest, 1986). Le dernier objectif correspond aux **stratégies de résolution de problèmes** que les élèves peuvent développer pour s'aider lors de problèmes mathématiques. Ces stratégies pourraient être : 1) d'exécuter des essais et erreurs, 2) de simplifier les tâches difficiles en plusieurs tâches plus simples, 3) de chercher des régularités, 4) de formuler et de vérifier des hypothèses, 5) de raisonner et 6) de prouver et de réfuter (Ernest, 1986). Ainsi, la question importante choisie par l'enseignant.e pourrait être connectée à la progression des apprentissages (PDA) en mathématiques (MEQ, 2009) et aux attentes ministérielles en matière d'enseignement des mathématiques selon la tâche didactique demandée aux élèves (Héroux, 2023). Le jeu mathématique permettrait donc possiblement de mobiliser différentes connaissances et compétences liées à certains apprentissages mathématiques (Héroux, 2023).

Deuxièmement, comme pour les jeux éducatifs, il y a des **règles** à suivre afin que le jeu se déroule sans trop d'embûche. Ainsi, nous pourrions reprendre les trois types de règles que nous avons déjà définies pour les jeux éducatifs, soit les règles de procédure, de clôture et de contrôle, mais

en y ajoutant les contraintes qu'elles doivent être faciles à énoncer et à mémoriser et qu'il ne doit pas y en avoir une trop grande quantité afin qu'elles puissent être mémorisées.

Donc, nous résumerons que les jeux mathématiques sont situés entre un matériel et une activité didactique adaptés aux élèves concerné.es (niveau scolaire, âge, connaissances) régis par peu de règles faciles à suivre pour atteindre un but (fin claire) en opposant des adversaires (autres joueur.ses ou le jeu) qui ont des chances égales de gagner (hasard) en tentant de répondre à une question importante pour aider le développement de compétences et de connaissances mathématiques des élèves en leur permettant de réfléchir, d'expliquer et de justifier leurs actions. Il faut toutefois noter que dans le cadre de cette recherche, nous ne restreignons pas cette définition à de nouveaux concepts ou de nouvelles compétences et connaissances mathématiques, mais nous l'employons davantage de manière plus large. Par exemple, nous pouvons référer au développement potentiel des CS que les élèves ont déjà, mais qu'ils devront approfondir en réfléchissant, en nommant et en expliquant certaines de leurs stratégies qui leur ont permis de solliciter leurs CS.

Dans le tableau ci-dessous (p. 82), un comparatif entre les caractéristiques des jeux éducatifs et des jeux mathématiques sont résumés. Afin d'en faciliter la lecture, les crochets dans une boîte () représentent les éléments qui sont présents comme la définition proposée dans cette recherche, tandis que les symboles d'environ (\approx) signifient que les éléments sont présents, mais pas exactement comme ils ont été définis dans ce cadre (cela a d'ailleurs été justifié au fil du texte). Si la case est vide, cela signifie que c'est absent pour ce type de jeu.

Tableau 12

Comparatif des caractéristiques entre le jeu éducatif et le jeu mathématique

	Jeu éducatif	Jeu mathématique
Joueur.se(s)	☑	☑
Mécanique du jeu	☑	≈
Règles	☑	☑
But prédéterminé / Objectif(s)	☑	☑
Caractère artificiel	☑	≈
Adapté au niveau scolaire, à l'âge et aux connaissances des élèves	≈	☑
Hasard qui influencera la suite du jeu		☑
Adversaire	≈	☑

Ainsi, les jeux éducatifs et les jeux mathématiques comportent tous des **joueur.ses**, des **règles** et un **but prédéterminé ou un objectif**. Les deux jeux contiennent également un conflit; un caractère artificiel; une adaptation au niveau scolaire, à l'âge et aux connaissances des élèves; et un.e adversaire, mais qui peut être légèrement différent de ce qui a été sous-entendu dans ce cadre. Par exemple, le **conflit** du jeu éducatif, qui représente les divers obstacles auxquels les joueur.ses peuvent faire face, pourrait s'apparenter avec l'**adversaire** du jeu mathématique qui propose que l'adversaire des joueur.ses peut être le jeu ou d'autres joueur.ses. Cet adversaire représenterait donc les obstacles auxquels font face les joueur.ses. Pour le **caractère artificiel**, il n'est pas directement dans la définition des jeux mathématiques, mais l'idée derrière le caractère artificiel des jeux éducatifs, qui est que lorsque le jeu termine, il n'y a pas de conséquences dans la réalité des joueur.ses, reste présent. Puis, en ce qui concerne l'**adaptation** des jeux mathématiques selon le niveau scolaire, l'âge et les connaissances des élèves, même si ce n'est pas énoncé dans la définition des jeux éducatifs, c'est pris en compte dans les différentes classes où ces jeux sont proposés. Finalement, le dernier élément que nous retrouvons dans la définition des jeux mathématiques est le **hasard**.

De ce fait, le jeu mathématique est un jeu éducatif dont les connaissances à développer sont axées sur des connaissances mathématiques puisque tous les éléments du jeu éducatif se

retrouve dans le jeu mathématique. Cependant, le jeu mathématique se distingue également du jeu éducatif par l'ajout, comme le hasard, ou la complémentarité, comme des règles simples et faciles à mémoriser, de certaines caractéristiques. Toutefois, pour notre recherche, nous ne retiendrons pas tous les éléments du jeu mathématique, à proprement dit, puisque certains éléments sont implicites, comme le hasard, alors que d'autres ne correspondent pas exactement à notre objectif de recherche. Nous avons donc choisi de conserver l'aspect que les jeux mathématiques sont un jumelage entre matériel et activité didactique, qu'il y a des règles faciles à respecter pour arriver à un but et que le jeu mathématique tente de développer des compétences et des connaissances mathématiques en répondant à une question importante. Pour donner suite à ces définitions, nous élaborerons le contexte de notre recherche dans la prochaine section de ce chapitre.

2.3 Le contexte de la recherche

Comme énoncé dans la problématique, nous avons abordé un questionnement sur la jonction possible entre le sport et les jeux puisqu'ils avaient été reconnus, tous les deux, comme des techniques efficaces pour apprendre les concepts relevant des CS. Effectivement, le sport permettait aux athlètes de développer leurs CS en utilisant leur corps au lieu d'objet géométrique (Marchand, 2020). Puis, ceux qui s'entraînaient régulièrement aux habiletés motrices (description et reconnaissance d'un déplacement, communication d'une position) et mentales (anticipation) avaient tendance à avoir de meilleures aptitudes pour les habiletés spatiales (Marchand, 2020). Le sport permettait également de travailler sur la coordination des habiletés visuelles et motrices, ce qui relève d'habiletés essentielles pour travailler les connaissances spatiales en mathématiques (Nilges et Usnick, 2000). Alors que le jeu permettait d'engager les élèves dans leurs apprentissages (Archambault et Chouinard, 2010, cités dans Pelletier, 2018; Gray et al., 1998; Héroux et Rajotte, 2021), de développer leur capacité de coopération (Sauvé et al., 2007) et de favoriser le développement des CS (Cabot Thibault, 2013; Marchand, 2020).

Ensuite, dans ce chapitre, nous avons abordé les manifestations et le développement des CS ainsi que les jeux. Dans la section 2.1.1 (p. 43), nous mentionnions que le sport ne pouvait s'appliquer à un espace dit micro-espace. Il fallait minimalement que la personne se situe dans le méso-

espace pour développer ses CS tout en pratiquant un sport. En outre, comme nous l'avons mentionné, il est important de choisir l'espace dans lequel nous voulons que l'activité se produise afin que le choix d'une activité amène les élèves à manifester leurs CS. Rappelons que selon l'espace choisi, cela entraînera des répercussions sur l'activité. Comme susmentionné, Berthelot et Salin (1992) différencient trois espaces : le micro-espace, le méso-espace et le macro-espace. Dans deux de ces espaces, les élèves doivent utiliser l'anticipation et la conceptualisation de l'espace, le méso-espace et le macro-espace (Berthelot et Salin, 1992). Cette anticipation, importante pour la manifestation des CS, ainsi que cette conceptualisation de l'espace se fait en partie par des IM qui permettent de faire le pont entre les CS créées lors de la pratique d'un sport et des CS scolaires (Marchand, 2020). En outre, Marchand (2020) suggère qu'il faut permettre aux élèves de se créer des IM afin que les CS se manifestent et se développent puisqu'elles permettent de maîtriser les mouvements du corps dans l'espace pour les athlètes, par exemple. Ainsi, ce sont ces aspects qui seront conservés pour définir notre jeu en mouvement.

Pour ce qui est du jeu, nous avons déterminé qu'il s'agissait d'un jeu éducatif, c'est-à-dire qu'il s'agit d'un jeu qui vise à placer les élèves (joueur.ses) dans une situation dite artificielle dans laquelle les participant.es sont mis.es en position de conflit tous ensemble (coopération) dont chacune des situations proposées est régie par des règles qui structurent le contexte du jeu en vue d'un but déterminé, soit de réussir ou d'échouer la tâche demandée. Cela place donc les élèves dans une situation où il est propice pour elleux d'acquérir des connaissances et d'incorporer de nouveaux comportements résultant d'une interaction avec l'environnement, ce qui leur permet d'apprendre. Mais qu'en plus d'être éducatif, le jeu était un jeu mathématique étant donné que le contenu éducatif que nous présentons dans cette recherche porte sur les CS, un aspect enseigné lors d'enseignements mathématiques. De plus, puisque nous avons déjà mentionné que notre recherche se produirait dans un contexte de jeu en mouvement en classe de mathématiques, cela fait également du sens que nous parlions d'un jeu mathématique. Nous avons également retenu, dans la section 2.2.1.3 (p. 78), que le jeu mathématique est un jumelage entre un matériel et une activité didactique, qu'il y a des règles faciles à respecter pour arriver à un but et qu'il tente de développer des compétences et des connaissances mathématiques en répondant à une question importante. En outre, afin que les élèves puissent développer des

compétences et connaissances, il est important que le jeu mathématique proposé soit adapté à leur âge, leur niveau scolaire et leurs connaissances. Nous retiendrons donc pour ce mémoire le terme « **jeu mathématique en mouvement (JMM)** ». Par conséquent, à partir de maintenant, ce sera le terme JMM qui sera utilisé pour identifier notre jeu.

Ainsi, nous définirons notre JMM comme suit : le JMM se situe entre un matériel, une activité didactique et une activité corporelle adaptés aux élèves concerné.es (niveau scolaire, âge, connaissances) qui placent ces dernier.ères dans une situation dite artificielle dans laquelle les participant.es seront mis.es en position de conflit tous ensemble (coopération) dont chacune des situations proposées aux élèves sont régies par peu de règles faciles à suivre pour atteindre un but (fin claire) en tentant de répondre à une question importante pour aider le développement de compétences et de connaissances mathématiques des élèves en leur permettant de réfléchir, d'expliquer et de justifier leurs actions.

2.4 Les objectifs spécifiques de la recherche

À la suite de l'élaboration de ce cadre, nous pouvons centrer plus spécifiquement notre objectif général de recherche qui était de mieux comprendre l'activité mathématique mise en œuvre par les élèves du primaire, plus particulièrement en ce qui concerne les manifestations de leurs CS, dans un contexte de jeu en mouvement en classe de mathématiques.

Comme susmentionné, le développement des connaissances spatiales s'observera à l'aide de l'outil adapté de la SGA de Marchand (2020) que nous avons nommé la SOMCS. Ainsi, nos objectifs spécifiques se sépareront en trois puisque nous voulons analyser les manifestations des CS selon les trois autres balises de notre SOMCS qui sont : les composantes des CS, les différents niveaux d'abstraction et les variables de l'activité. Toutefois, pour la dernière balise, les variables sont principalement décidées à l'avance lors de la conception des activités. Cependant, le maillage des manifestations des CS observées chez les élèves ne peut être entièrement prévisibles. C'est donc sur cet aspect que portera notre dernier objectif.

Nos objectifs spécifiques de recherche seront donc :

1. Identifier les manifestations relevant des deux composantes des CS mises en œuvre par les élèves du primaire en contexte de JMM à l'aide de la SOMCS;
2. Identifier les manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par les élèves du primaire en contexte de JMM à l'aide de la SOMCS;
3. Identifier le maillage des manifestations des CS des élèves du primaire en contexte de JMM à l'aide de la SOMCS.

Chapitre 3 – Méthodologie

Dans ce troisième chapitre, tout ce qui concerne la méthodologie sera abordé. Il y a d'abord le type de recherche dans lequel cette étude s'inscrit. Ensuite, les participant.es de la recherche sont présenté.es brièvement ainsi que la façon dont iels ont été recruté.es. Pour conclure le chapitre, les outils de collecte du matériau, le déroulement de la collecte, les JMM et les stratégies d'analyse seront présentés et décrits.

3.1 Le type de recherche

Afin de choisir une méthodologie de recherche, il est important de suivre notre épistémologie de chercheur.se et de choisir une méthodologie qui nous permet d'atteindre nos objectifs. En ce qui concerne cette recherche, puisque nous nous intéressons à la compréhension de l'activité mathématique mise en œuvre par les élèves du primaire, plus particulièrement en ce qui concerne les manifestations de leurs CS, la recherche qualitative semble tout indiquée.

3.1.1 La recherche qualitative

La recherche qualitative permet d'analyser des faits et des comportements entre les êtres humains dans des contextes naturels. D'ailleurs, Mays et Pope (1995) ressortent que « the goal of qualitative research is the development of concepts which help us to understand social phenomena in natural (rather than experimental) settings, giving due emphasis to the meaning87ous87iencescs, and views of all the participants »⁴ (p. 43). Elle souhaite ainsi recueillir du matériau qui permet une analyse en profondeur des comportements, des agissements et des points de vue des participant.es.

Étant donné que cette recherche souhaite en apprendre davantage sur les manifestations des CS mises en œuvre par les élèves au primaire lors d'un enseignement par le JMM, la méthode de recherche qualitative semble correspondre aux besoins de la recherche. Ce type d'approche permet « de comprendre de l'intérieur, la nature et la complexité des interactions d'un

⁴ « L'objectif de la recherche qualitative est de développer des concepts qui nous aident à comprendre les phénomènes sociaux dans des contextes naturels (plutôt qu'expérimentaux), en mettant en évidence les significations, les expériences et les points de vue de tous les participant.es » (traduction libre)

environnement déterminé » (Savoie-Zajc, 2011, p. 126). Ce qui se traduit dans cette recherche, par l'observation sur le terrain des manifestations des CS mises en œuvre par les élèves et d'en effectuer une analyse approfondie, en ce qui concerne plus spécifiquement les composantes des CS, les niveaux d'abstraction et le maillage des tâches effectuées.

Un autre aspect intéressant de la recherche qualitative est qu'elle ne nie pas la subjectivité des chercheur.ses et elle est de type interprétatif (Anadón, 2011), c'est-à-dire qu'elle cherche à préciser le sens de quelque chose qui est complexe ou ambigu selon la perspective de la personne qui effectue la recherche. Cela fait en sorte que les recherches qualitatives ne sont souvent pas reproductibles, transférables, neutres et objectives. Toutefois, c'est ce qui fait sa force. La recherche qualitative prend l'être humain comme iel est au moment de la recherche et dans le contexte de cette dernière. Elle ne fait pas fi de la personne, elle ne la transforme pas en objet. Ce type de recherche conserve l'individu comme iel l'est, un.e être complexe (Anadón et Savoie-Zajc, 2009). La recherche qualitative s'adapte au contexte et aux humains qui sont à l'étude et c'est ce qui en fait un domaine de recherche intéressant, car il est souple et non rigide (Proulx, 2019). Cela est un atout lorsque nous cherchons à connaître les manifestations des CS puisque nous devons nous adapter à ce que les élèves font. Par exemple, les questionnements aux élèves s'adapteront à ce qu'ils ont fait ou encore, les jeux proposés à ceux-ci s'adapteront au temps que nous avons selon leur temps de réalisation. Chacune des différences dans la façon de permettre la manifestation de CS chez les élèves aura un impact sur les interventions de l'enseignant.e. En outre, « c'est par cette adaptation constante au contexte que les recherches qualitatives tirent leur pertinence et leur force scientifique » (Jeffrey, 2005, cité dans Proulx 2019, p. 57). En effet, puisque l'être humain est complexe à étudier, il est intéressant de pouvoir se garder une porte ouverte pendant la recherche pour se mettre au diapason avec les situations qui arrivent et les réactions des élèves lors des activités. La confirmabilité, facteur de transparence concernant le positionnement du.de la chercheur.se et le contexte de la recherche, est également importante puisqu'elle sert aux chercheur.ses en éducation de remplacer l'objectivité ou la neutralité des recherches quantitatives (Proulx, 2019). La recherche qualitative permet également aux chercheur.ses d'être en constante relation avec les personnes qui sont à l'étude. Cela signifie que le.a chercheur.se retourne vers les participant.es afin de coconstruire

les savoirs avec ceux-ci pendant la collecte du matériau, mais également lors de l'analyse (Savoie-Zajc, 2011). Puisqu'il y a des retours fréquents avec les participant.es de la recherche, cela rend les résultats plus véridiques par le fait que le.a chercheur.se s'assure de sa compréhension et de sa reproduction (Savoie-Zajc, 2011). Dans le contexte de notre recherche, nous retournerons vers les participant.es uniquement lors de la collecte du matériau en les questionnant sur certaines actions qu'ils ont effectué ou sur leurs stratégies utilisées. Cela nous permettra ainsi de nous assurer de notre compréhension de ce qu'ils ont fait, lorsque les actions visibles ne seront pas suffisantes, comme pour connaître les IM qu'ils pourraient se créer pour retenir l'information montrée.

3.1.2 Le choix d'une méthodologie

Nous avons donc établi que pour répondre à notre objectif de recherche, nous nous retrouverons dans une recherche de type qualitative. Puis, afin de pouvoir répondre à nos objectifs spécifiques qui portent sur l'identification des manifestations des CS lors d'un JMM, nous avons choisi d'effectuer un *teaching experiment (TE)*. Ce type de méthodologie permet entre autres d'observer des preuves géométriques (Heinze et al., 2008), actions mentales ou non que les élèves effectuent pour résoudre leurs problèmes relevant du domaine géométrique, ce qui peut s'apparenter à notre recherche.

En observant certains *TE* qui ont été faits, on peut constater que cette méthodologie permet de répondre aux mêmes types de questions et objectifs que nous. Par exemple, Proulx et Mégrouèche (2021) investiguaient l'activité mathématique des élèves en classe de mathématiques en effectuant des *TE* pour leur permettre d'« explorer dans l'action les façons qu'ont les élèves d'aborder et de résoudre des problèmes, c'est-à-dire les questions qu'ils se posent et leurs idées, stratégies, raisonnements et compréhensions mathématiques » (p. 644). Un autre exemple de *TE* est la thèse de Dufour (2019) qui s'est penchée sur l'observation de processus de compréhension d'un concept en particulier, la dérivée. Ces deux exemples s'apparentent à nos objectifs de recherche. Le *TE* nous permettra en effet, de nous concentrer sur les composantes de CS, les différents niveaux d'abstraction et le maillage des tâches effectuées par les élèves afin de décrire les CS qu'ils mettent en œuvre.

Le *TE* rejoint nos objectifs de recherche. En effet, ce qui caractérise cette méthodologie de recherche est qu'elle permet de nous enquêter des connaissances mathématiques des élèves et du processus que les élèves ont empruntés pour développer ces connaissances dans un contexte d'enseignement (Steffe, 2002), ici le JMM. Le.a chercheur.se qui effectue le *TE* s'intéresse à l'apprentissage des élèves en classe de mathématiques (Steffe et Thompson, 2000) puisque cette méthodologie est principalement utilisée en mathématiques.

3.1.3 Le teaching experiment

Avec le *TE*, les recherches tentent de découvrir ce que les élèves réalisent dans l'action (Steffe et Thompson, 2000). Les élèves construisent et créent eux-mêmes leurs tâches à franchir pour arriver au résultat final, puis le *TE* vient étudier ce processus constructif. Bien que des activités puissent être déterminées en amont, la procédure que les élèves emploieront pour arriver au résultat final dépendra d'eux, des manifestations de CS et des tâches, en termes de la SOMCS, qu'ils décideront d'effectuer. Puis, c'est cette procédure que nous viendrons étudier puisque le *TE* prend les élèves où ils sont rendu.es et décrit le chemin parcouru par ceux-ci.

Pour la mise en place d'un *TE*, il y a deux rôles à combler : le.a chercheur.se-enseignant.e et le.a chercheur.se témoin ou observateur.trice. Ces deux personnes prennent part à l'activité, mais de façon différente. Ainsi, le.a chercheur.se-enseignant.e n'est pas neutre dû à son rôle d'enseignant.e (Cobb, 2000). Puisqu'il prend part à l'activité en tant qu'acteur.trice de l'activité, il prend des décisions qui influenceront la suite de l'activité, ainsi le.a chercheur.se-enseignant.e n'est pas impartial.e, car il est en relation avec les élèves tout au long de l'activité. Les élèves ne sont pas laissé.es à eux-mêmes puisque le.a chercheur.se-enseignant.e est là pour les accompagner dans leur démarche et les guider. En ce qui concerne le rôle du.de la chercheur.se-observateur.trice, c'est généralement l'enseignant.e de la classe qui prend ce rôle. Cette personne est témoin de tout l'enseignement et prend des notes des observations qu'il effectue pendant l'enseignement pour en discuter avec le.a chercheur.se-enseignant.e (Cobb, 2000). Donc, le *TE* nous permet d'être plus transparent.es avec les lecteurs puisque nous ne nions pas jouer un rôle qui a probablement influencé certaines décisions des élèves. Ce n'est pas seulement l'individu impliqué qui exercera une influence sur son processus cognitif, mais également ses liens

avec les personnes qui l'entourent comme ses coéquipier.ères et le.a chercheur.se-enseignant.e. Donc, cela rejoint également ce qui était mentionné dans la recherche qualitative ci-haut, c'est-à-dire que le.a chercheur.se est en constante relation avec les participant.es de la recherche et qu'iel reconnaît sa subjectivité dans sa recherche.

En outre, puisque cette méthode de recherche veut observer les manifestations et le développement des connaissances, elle permet d'avoir une certaine flexibilité dans les tâches proposées aux élèves (Steffe et Thompson, 2000). En effet, il faut s'adapter au rythme d'apprentissage de ceux-ci (Steffe et Thompson, 2000). Il faut donc que le.a chercheur.se mette de côté ses hypothèses pendant les périodes d'enseignement pour s'adapter aux contraintes vécues lors des enseignements auprès des élèves (Steffe et Thompson, 2000). Cet aspect est intéressant puisque cela permet de suivre les élèves dans leur mobilisation des connaissances et non de les amener à un endroit précis. Il faudra donc en tenir compte lors des activités proposées afin de s'assurer qu'elles sont malléables et qu'elles changeront probablement au cours des enseignements.

3.1.4 Un teaching experiment particulier

Le JMM représente une approche particulière d'enseignement et ce, autant de la part de l'enseignant.e que des élèves de la classe. En effet, comme mentionné dans la section 2.3 *Le contexte de la recherche*, ce type de jeu se situe entre un matériel, une activité didactique et une activité corporelle adaptés aux élèves concernés.es. Ainsi, puisque cela demande aux élèves de bouger, il faut prévoir un espace suffisamment grand pour que tout le monde puisse bouger adéquatement. Puis, cela demande une gestion particulière de l'enseignant.e puisqu'iel doit être en mesure de « contrôler » les élèves dans un autre espace que la classe tout en pouvant les encadrer dans l'activité didactique comme s'ils étaient dans une classe « régulière ». De plus, les élèves seront mis.ses en position de conflit tous ensemble, cela demande donc aux élèves de coopérer. Alors, il faut que les élèves soient en mesure de travailler en équipe, tout en pouvant se concentrer sur une tâche académique dans un contexte qui sort de la « norme ». Finalement, puisque les élèves doivent expliquer les manifestations des CS qui se produisent dans leur tête, afin que nous y ayons accès, ils doivent avoir une facilité à s'exprimer et relater ce qui se passe

dans leur tête lorsqu'ils travaillent. Ainsi, la collaboration d'un enseignant ayant une expertise avec ce type d'approche pourrait être mise à profit. Dans ce projet, l'enseignant sera le chercheur-enseignant et la chercheuse prendra la place de la chercheuse-observatrice. L'enseignant choisi pour ce *TE* a déjà de l'expérience avec le JMM, ce qui en fait un expert du contexte d'enseignement. En ce qui concerne son rôle de chercheur, il participera à l'élaboration des JMM proposés aux élèves et il questionnera les élèves selon ses observations pendant la réalisation des JMM en connaissant les objectifs de recherche de l'étude.

En plus, afin de s'assurer du meilleur fonctionnement possible, l'enseignant prendra les décisions nécessaires au déroulement de l'activité pendant celle-ci, répondra aux questions critiques des élèves et encouragera les types d'apprentissage souhaités pour la recherche (Steffe, 2002). La chercheuse sera présente lors des enseignements et elle effectuera des rencontres pré-enseignement avec l'enseignant pour s'assurer qu'elle aura du matériel en quantité suffisante pour répondre aux objectifs spécifiques de la recherche. Les rencontres pré-enseignement serviront à répondre aux questions de l'enseignant en lien avec l'activité proposée, à clarifier les questions à poser aux élèves afin de s'assurer de rester dans des questions portant sur les CS et à effectuer certains choix pour les Tangrams choisis. La chercheuse prendra ainsi part à certaines décisions avant les enseignements. Toutefois, une fois l'enseignement commencé, elle laissera l'enseignant diriger les séances, afin de se concentrer sur son rôle de chercheuse-observatrice, et n'interviendra qu'à la demande de l'enseignant.

Dans cette recherche, le *TE* est constitué de trois enseignements en présence des élèves. Chacun des enseignements sera mené par l'enseignant-chercheur et observé par la chercheuse-observatrice.

3.2 Les participant.es et leur recrutement

Le premier participant de cette recherche est un enseignant de sixième année scolaire d'une école privée de Montréal qui prendra le rôle de l'enseignant-chercheur, tel qu'annoncé dans la section ci-dessus. Effectivement, son expérience venant de sa formation en enseignement de l'art dramatique est un atout pour notre recherche puisque même s'il est maintenant titulaire de classe, il réutilise ses connaissances et certaines méthodes d'enseignement se rapprochant de sa

formation, ce qui inclut l'utilisation des jeux en mouvement et plus particulièrement le JMM. Afin qu'il se sente à l'aise lors de l'enseignement des JMM, cet enseignant a été impliqué dans quelques décisions concernant les activités, comme le troisième Tangram de l'activité 1 (voir *figure 6* à la page 96), et il a été consulté afin de déterminer les moments clés d'un enseignement par le jeu en mouvement, selon ce qu'il fait habituellement, pour que nous puissions créer les JMM à partir de son expérience. Les moments-clés de l'enseignement des JMM sont 1) les trois phases de l'enseignement (introduction, activité, conclusion), 2) l'établissement des règles à suivre dans l'introduction et 3) le questionnement des élèves et le retour sur le contenu mathématique abordé lors de la conclusion. Nous avons d'ailleurs mentionné l'importance de ce troisième moment, dans la section 2.2.1.2 (p. 72), lorsque nous avons énoncé que l'enseignant.e devait revenir sur le jeu pour mettre en lumière les apprentissages réalisés pendant le jeu afin que les élèves prennent conscience des connaissances acquises grâce à celui-ci (Héroux, 2023). Puis, une fois les activités créées par la chercheuse, elle les envoyait à l'enseignant pour s'assurer que l'enseignant était confortable avec les JMM. L'enseignant et la chercheuse se sont également rencontrés avant et après chacune des séances d'enseignement pour préparer les JMM et effectuer un retour sur ceux-ci. Pour recruter cet enseignant, la chercheuse a utilisé ses connexions qu'elle avait établi avec cet enseignant lors d'un cours de sa maîtrise portant sur l'apprentissage des mathématiques par le jeu. Il faut préciser également que l'enseignant choisi avait une stagiaire pendant la période de collecte de matériau. Alors, les JMM 2 et 3 ont été piloté par cette stagiaire. Cependant, cela n'a, selon nous, pas affecté notre recherche puisque le chercheur-enseignant choisi encadrait la stagiaire et que les JMM étaient préparés avec celui-ci. La stagiaire avait également déjà enseigné par le jeu en mouvement puisque l'enseignant l'intègre régulièrement dans sa pratique. Elle avait donc déjà vu le fonctionnement d'un tel type d'enseignement et elle avait également déjà piloté des enseignements de la sorte. La seule différence est que les rencontres pré-enseignement s'effectuaient à trois et que les questionnements effectués lors des retours en grand groupe ont été faits par cette dernière.

En ce qui concerne le recrutement des participant.es, puisque la recherche a lieu dans un contexte où la méthode d'enseignement utilisée est le JMM, il est important que l'enseignant ait une expertise avec ce type d'enseignement afin que les élèves soient déjà habitués à ce mode

d'enseignement, car les recherches qualitatives tentent de placer les participant.es dans des situations naturelles pour elleux (Savoie-Zajc, 2011). Ainsi, les participant.es de la recherche étaient les élèves de la classe de l'enseignant collaborateur puisqu'ils sont déjà habitué.es à ce type d'enseignement. Cela permettra également d'éliminer certains aspects qui pourraient venir perturber le matériau recueilli comme des comportements qui pourraient surgir de l'excitation d'effectuer une activité qui n'utilise pas de papier-crayon ou de manuels scolaires. De plus, puisque le *TE* s'intéresse à l'activité mathématique des élèves et aux apprentissages de ceux-ci, les participant.es clés de la recherche seront les élèves de la classe de cet enseignant. Ainsi, il sera possible d'observer leurs manifestations des CS lors d'un enseignement en classe. Puis, étant donné que notre étude tente d'identifier l'activité mathématique des élèves, il sera plus adéquat de se pencher uniquement sur un petit groupe d'élèves et non toute la classe simultanément. Cette recherche porte donc sur trois sous-groupes formés de quatre participant.es volontaires (ayant reçu le consentement de participer à la recherche par les tuteur.trices légaux.les) dans la classe choisie. D'ailleurs, lors d'un *TE*, l'enseignant.e interagit avec les élèves de manière individuelle ou en sous-groupe (Cobb, 2000).

Les élèves participant.es à la recherche seront ainsi douze élèves de la classe de l'enseignant choisi, séparés en trois sous-groupes de quatre. Nous avons décidé de former des équipes de quatre afin qu'il y ait une certaine confrontation des idées pour que les élèves manifestent leurs CS et développent potentiellement leurs CS. Des équipes plus grosses que quatre membres auraient pu entraîner trop de confrontation entre les idées ou l'effet contraire, c'est-à-dire qu'un.e membre du groupe se sente de trop et décide de ne pas participer finalement. Pour ce qui est du choix de trois équipes, il s'agit d'un choix effectué selon l'espace que nous avons. Plus de trois équipes, les équipes se seraient marché dessus dans le local et il aurait été difficile de placer les caméras également. Ces sous-groupes ont également été réalisés par l'enseignant afin de s'assurer que les élèves ayant l'autorisation de se faire filmer se retrouvent ensemble et que ce soient des élèves volontaires pour contrer le désengagement qui pourrait s'installer s'ils n'ont pas envie de participer à l'étude. En outre, ces élèves ont été choisi.es puisqu'ils ont une facilité à s'exprimer et à rendre compte de leurs actions. Cela permettra ainsi de faciliter la collecte du matériau sur les manifestations des CS des élèves lors des JMM. La première équipe, que nous

nommerons l'équipe A, était composée de trois garçons et d'une fille identifié.es par A1, A2, A3 et A4. Il en est de même pour la deuxième équipe, équipe B où chacun.e des membres sont identifié.es par B1, B2, B3 et B4. Pour la dernière équipe, l'équipe C, elle est formée de deux membres de chaque genre identifié.es par C1, C2, C3 et C4.

3.3 Les activités d'enseignement

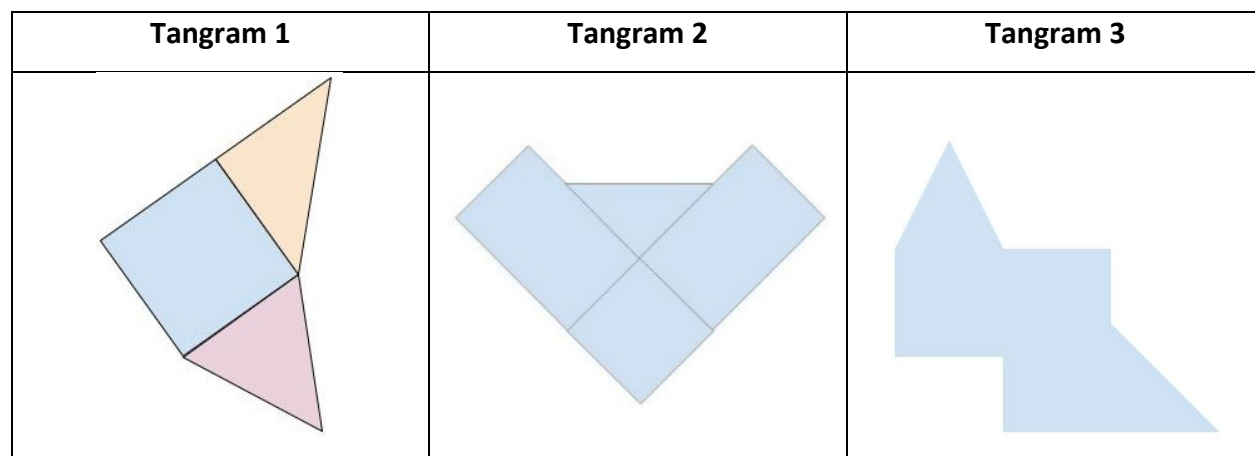
Chacune des séances d'enseignement portait sur un JMM différent. Ces JMM sont fortement inspirés de l'activité Tangram réalisée dans le cadre de la recherche de Marchand (2020). Toutefois, à la place d'effectuer les enseignements dans le micro-espace, les activités ont eu lieu dans le méso-espace, ce qui a apporté certaines modifications à l'activité de base, dont les Tangrams à réaliser, les figures composants les Tangrams, la quantité et la tâche des élèves. Iels ont dû s'adapter aux déplacements qu'iels réalisaient étant donné que leurs perspectives se modifiaient quand iels se déplaçaient (Berthelot et Salin, 1992). Iels devront donc utiliser l'anticipation et la conceptualisation de l'espace (Berthelot et Salin, 1992) pour s'adapter aux modifications constantes soumises à elleux. Puis, contrairement au micro-espace où les élèves sont exclus.es, le méso-espace les inclus.es. Outre cela, certains Tangrams ont été modifiés afin de changer la composante des CS, le niveau d'abstraction sollicité ou les variables de l'activité autre que l'espace qui est déjà modifié, car les JMM sont effectués dans le méso-espace ce qui modifie les éléments des autres balises. Par exemple, le regard que les élèves porteraient sur un Tangram formé de pièces sur son bureau ou formé de draps géants au sol ne demande pas le même repérage (composante d'orientation), ni la même articulation dans l'espace (composante d'organisation) puisque l'espace utilisé (micro pour le bureau et méso pour le sol) est différent. Un autre élément important de chacun des JMM est que les élèves n'avaient accès aux Tangrams que pendant un très court laps de temps (10 secondes). Ainsi, la reproduction de ceux-ci se faisait selon les éléments que les élèves avaient en tête. Le détail de l'activité proposé par Marchand (2020) ainsi que les modifications pour le méso-espace et pour le JMM se retrouve à la fin de ce devis (*Annexe 4 - Extraits de la séquence d'enseignement : 1, 2, 3... imagine !*).

En ce qui concerne nos JMM, ils évoluaient au sein de chaque enseignement, mais également entre eux. Tout d'abord, la première activité portait sur la reproduction de Tangrams dans le

méso-espace à l'aide de draps coupés. Ces draps mesuraient 0,99 mètre par 1,6 mètre pour les draps coupés en rectangle; 0,99 mètre par cathètes pour ceux coupés en triangle rectangle isocèle; 0,99 mètre de hauteur et 0,99 mètre de base pour les triangles isocèles; et 0,99 mètre de côté pour les draps coupés en carré. Ce premier JMM que nous avons nommé « Les Tangrams géants » était composé de trois Tangrams à reproduire allant de trois figures à quatre figures planes. Le premier Tangram avait trois figures différentes de couleurs différentes, soit un triangle isocèle, un triangle rectangle isocèle et un carré. Pour le deuxième Tangram, la complexité a été augmentée à quatre figures (deux rectangles, un carré et un triangle rectangle isocèle), en plus de mettre toutes les figures de la même couleur. Puis, le dernier Tangram était formé de quatre figures (un triangle isocèle, un triangle rectangle isocèle, un carré et un rectangle) qui étaient de la même couleur dont les lignes entre les figures ont été enlevées, comme si c'était un seul bloc. Le but de cet accroissement dans les trois Tangrams présentés était de pouvoir aller observer les différentes connaissances mises en œuvre par les élèves et observer s'il y avait des changements en ce qui concerne les manifestations de leurs CS.

Figure 6

Tangrams de l'activité 1



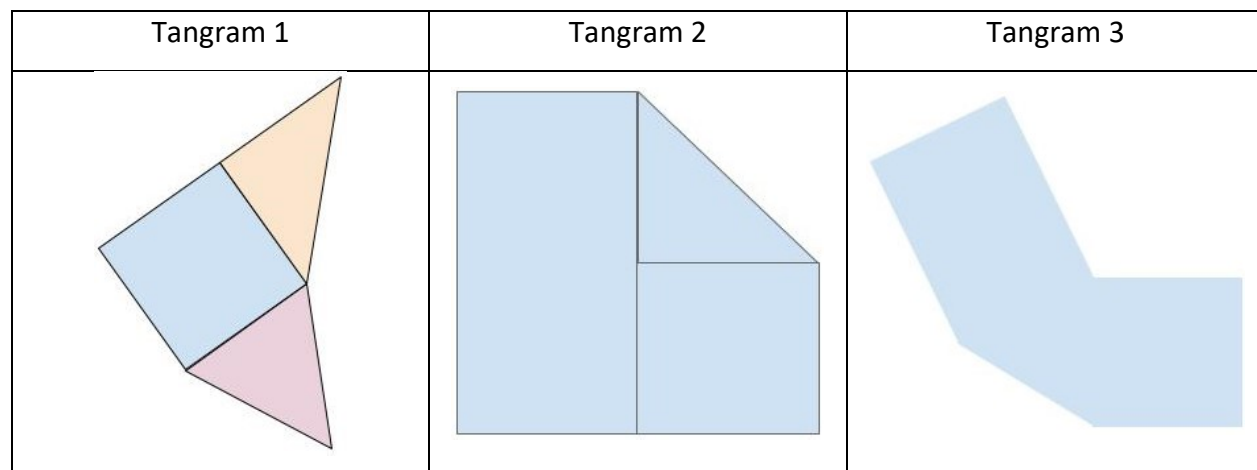
Vous trouverez en annexe le détail de ce JMM en plus des images des Tangrams à l'Annexe 6 (p. 239).

Ensuite, le deuxième JMM portait sur la reproduction de figures au sein de Tangrams avec l'aide du corps des élèves. Cela peut s'apparenter à du yoga en équipe, mais couché au sol. Les élèves devaient représenter les lignes ou les figures des Tangrams à l'aide de tout leur corps. Iels

pouvaient utiliser leurs jambes, leurs bras, leur corps complet. L'important était qu'ils ne pouvaient pas utiliser uniquement leurs pieds ou leurs mains. Il fallait que les répliques des Tangrams dans le méso-espace soient sensiblement de la même grandeur que lorsqu'ils avaient effectué l'activité avec les draps. Pour cette activité, nous avons envisagé que le premier Tangram soit un rappel du premier Tangram de l'activité 1, afin d'adoucir la transition vers la nouvelle activité. Il était donc composé de trois figures différentes (triangle rectangle isocèle, triangle isocèle et carré) et de couleurs différentes. Le deuxième Tangram était également constitué de trois figures (rectangle, carré et triangle rectangle isocèle), mais avec plus de côtés communs entre les figures. Puis, le dernier Tangram était confectionné à l'aide de trois figures (rectangle, carré et triangle isocèle), comme les précédents Tangrams. Toutefois, les lignes internes avaient été effacé pour ne voir que le contour du Tangram.

Figure 7

Tangrams de l'activité 2



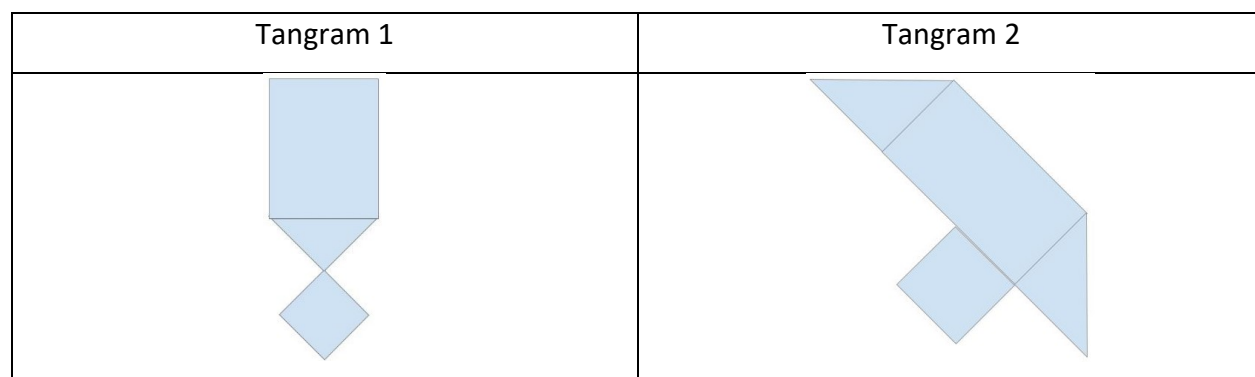
Ici, nous n'avons pas augmenté le nombre de figures puisque les élèves devaient reproduire les Tangrams avec leur corps. Il fallait donc s'assurer que les Tangrams étaient reproductibles avec uniquement le corps des élèves. C'est pourquoi les changements principaux résidaient dans l'agencement entre les figures, les couleurs des figures et les lignes présentes ou absentes des figures. Ainsi, nous avons quand même une progression au sein de l'activité. Cette activité est d'ailleurs détaillée à la fin de ce mémoire à l'Annexe 7 (p. 242). De plus, contrairement au premier JMM où les élèves devaient construire les Tangrams avec des draps et qu'ils voyaient leur construction, cette fois, les élèves faisaient partie du Tangram. Ainsi, nous avons envisagé que

cela complexifiait la tâche par rapport à la première fois puisque cette fois, ils n'auraient plus accès à l'image totale du Tangram pendant la construction. De plus, les dimensions utilisées ne sont plus les mêmes. Le premier JMM était avec des draps (2D), alors que cette activité est effectuée avec le corps des élèves (3D) pour représenter des lignes (1D) formant des figures ou des figures (2D). Il y a donc un accroissement également dans le nombre de dimensions impliquées.

Finalement, le troisième JMM était axé sur le tracé des Tangrams et des figures les composant par le déplacement des élèves dans un espace déterminé. Les élèves possédaient des cônes qu'ils devaient situer dans leur espace de la cour de récréation afin de représenter les sommets des figures. Par la suite, les élèves de l'équipe devaient tracer les lignes composant le Tangram en marchant entre les cônes pour former les figures de chacun des Tangrams. Une particularité de cette activité est qu'elle ne comporte que deux Tangrams, contrairement aux précédentes activités, car lors de la réalisation de l'activité 2, nous avons manqué de temps pour le troisième Tangram. L'enseignant et la chercheuse ont donc pris la décision de raccourcir le dernier JMM afin d'avoir suffisamment de temps à la fin de l'activité pour effectuer un retour sur le JMM de la journée, ainsi que sur tous les précédents. Ainsi, le premier Tangram était composé de trois figures (rectangle, carré et triangle rectangle isocèle) de mêmes couleurs. Puis, le deuxième Tangram en possédait quatre (rectangle, carré et deux triangles rectangle isocèle) de même couleur.

Figure 8

Tangrams de l'activité 3



La progression était donc le nombre de figures présentes dans le Tangram et l'agencement des figures différait aussi. Par exemple, le carré ne touche que par la pointe dans le Tangram 1, alors que c'est un côté du carré qui touche une autre figure dans le Tangram 2. De plus, dans le premier Tangram, le rectangle est en position prototypique, alors que dans le deuxième, aucune figure est en position prototypique. Cette activité est également détaillée en annexe de ce mémoire (*Annexe 8* p. 245). En outre, contrairement aux premières activités où les élèves devaient construire les Tangrams avec des draps ou avec leurs corps, pour la troisième activité, les élèves devaient placer les sommets des figures et former le Tangram en marchant d'un sommet à l'autre. Ainsi, nous avons envisagé que cela complexifiait la tâche par rapport aux autres fois puisqu'ils n'auraient plus accès à l'image des figures formant le Tangram, soit les figures elles-mêmes ou les lignes formant les figures, pendant la construction avec les cônes et qu'ils devraient s'imaginer les figures ou les lignes pour tracer les Tangrams. Puis, comme pour le deuxième JMM, il y a encore un accroissement dans le nombre de dimensions impliquées puisque dans celui-ci, les quatre sont présentes. Il y a les cônes (3D) qui représentent les sommets des figures (0D) et les déplacements entre les cônes pour tracer les lignes (1D) des figures composant le Tangram (2D) avec leur corps (3D).

L'analyse de ces activités selon la SGA se retrouve en *Annexe 5* (p. 236). Cependant, un point important à souligner de ces JMM est qu'ils portent davantage sur l'anticipation que sur la recherche. En effet, lors de chacune des activités, il était demandé aux élèves d'observer les Tangrams pendant un certain temps, soit 10 secondes, pour l'enregistrer dans leur tête et les élèves devaient par la suite anticiper les actions à effectuer pour les reproduire. Pour notre jeu, il était important d'avoir cette tâche puisque les CS se développent quand la vision est insuffisante et que les élèves doivent surmonter des obstacles et se questionner ou se faire questionner (Marchand, 2020).

Il faut également noter que les activités détaillées dans cette section sont le résultat final de deux ou trois versions des activités puisque dans un *TE*, il faut pouvoir s'adapter aux élèves. Puis, il faut également s'adapter à ce qui a été réalisé « en classe » afin de s'adapter au rythme d'apprentissage des élèves (Steffe et Thompson, 2000). Ainsi, puisque nous n'avons pas pu effectuer au complet les trois Tangrams lors de la deuxième activité, nous avons pris la décision

d'en effectuer que deux à la troisième activité. Vous pouvez d'ailleurs trouver, en *Annexe 9* (p. 248), l'évolution des Tangrams proposés pour les trois activités.

Donc, si nous reprenons notre définition du JMM, cela énonce que « le JMM se situe entre un matériel, une activité didactique et une activité corporelle adaptés aux élèves concerné.es (niveau scolaire, âge, connaissances) » (p. 85). Ainsi, puisqu'il y avait du matériel à leur disposition, que les activités proposées nécessitaient des connaissances et de la réflexion de la part des élèves et que cela permettait aux élèves d'être placé.es dans des situations nécessitant d'utiliser l'ensemble de leur corps, nous répondions à ces critères. De plus, puisque les élèves devaient reconnaître certaines figures planes acquises depuis quelques années comme le carré et le rectangle (1^{er} cycle du primaire selon la PDA en mathématiques) (MEQ, 2009), et que d'autres correspondaient à leur cycle, comme les triangles rectangle isocèle et isocèle (donc 3^e cycle du primaire selon la PDA en mathématiques) (MEQ, 2009), nos activités étaient adaptées à leur niveau scolaire. Si nous poursuivons la définition, nous pouvons lire qu'il faut « [placer] les élèves dans une situation dite artificielle dans laquelle les participant.es seront mis.es en position de conflit tous ensemble (coopération) » (p. 85). Donc, par le fait que ce sont des figures fictives que les élèves doivent reproduire et qu'ils doivent travailler en équipe pour trouver comment reproduire les figures proposées sans voir le Tangram proposé en même temps que sa construction, cela répond à cette section. Ensuite, la définition mentionne que les situations proposées aux élèves « sont régies par peu de règles faciles à suivre pour atteindre un but (fin claire) » (p. 85). Comme dans toutes activités, il est important d'établir des règles simples, précises et concises afin de s'assurer que l'activité se déroule avec le moins d'accrochages possible. Puis, le but à atteindre du JMM est la reproduction des Tangram et des figures présentées. Dans notre JMM, les règles variaient légèrement d'une activité à l'autre (voir les activités détaillées en *Annexe 6* [p. 239], *Annexe 7* [p. 242] et *Annexe 8* [p. 245]), mais sommes toutes, elles visaient au respect du matériel et à faire attention lors des déplacements pour ne pas se bousculer. Finalement, ce type de jeu « [tente] de répondre à une question importante pour aider le développement de compétences et de connaissances mathématiques des élèves en leur permettant de réfléchir, d'expliquer et de justifier leurs actions » (p. 85). Dans ce cas-ci, le JMM répond à nos objectifs spécifiques de recherche qui sont 1) d'identifier les manifestations

relevant des deux composantes des CS mises en œuvre par les élèves du primaire en contexte de jeu mathématique en mouvement à l'aide de la SOMCS; 2) d'identifier les manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par les élèves du primaire en contexte de jeu mathématique en mouvement à l'aide de la SOMCS; 3) d'identifier le maillage des manifestations des CS des élèves du primaire en contexte de jeu mathématique en mouvement à l'aide de la SOMCS. Puis, lors de la réalisation des JMM, puisque les élèves doivent anticiper leurs actions du fait que les Tangrams ne sont montrés que pendant une courte période, cela les incitera à réfléchir. De plus, le travail d'équipe implique une certaine communication entre les membres d'une même équipe, donc les élèves seront amenés à expliquer et à justifier certaines de leurs actions pour que leurs coéquipiers les suivent dans leur démarche.

3.4 Le déroulement global de la collecte

Le déroulement de la recherche s'est effectué dans l'environnement connu des élèves, c'est-à-dire dans leur école. Étant donné qu'il s'agit de JMM, les deux premières activités se sont déroulées dans le local polyvalent de l'école, puisqu'il s'agit d'un local ayant de l'espace pour étaler les draps ou pour que les élèves se couchent au sol dû au peu de mobilier présent dans la salle. Puis, le dernier JMM s'est opéré dans un espace de la cour de récréation puisque nous avons besoin d'un espace encore plus grand que pour les deux premiers JMM puisqu'il y avait des déplacements entre des cônes à effectuer.

Le *TE* est une méthodologie qui s'effectue normalement sur quelques semaines, voire une année scolaire complète (Cobb, 2000). Dans le cadre de cette recherche, la collecte de matériau s'est effectuée sur une période de quelques semaines, soit sur cinq semaines avec une séance d'enseignement par deux semaines, sauf le dernier JMM qui n'avait qu'une semaine d'écart avec le deuxième dû au calendrier scolaire. Ainsi, cela nous a permis d'observer une évolution entre les sessions d'enseignement puisqu'il ne s'agit pas d'un seul enseignement et le fait d'avoir les séances aux deux semaines ou à une semaine d'écart permettait d'ajuster les enseignements en fonction des élèves et des manifestations de leurs connaissances. Cela nous permettait également d'observer la rétention de connaissances et de stratégies entre chacune des activités. De plus, dans l'étude de Marchand (2020), la chercheuse fonctionnait par blocs de quatre

semaines avec une activité par semaine. Donc, nous sommes relativement proches de ce qui a déjà été fait pour observer les CS. Cependant, pour notre part, nous n'aurons qu'un seul bloc de cinq semaines pour permettre au chercheur-enseignant et à la chercheuse-observatrice d'ajuster les activités entre les rencontres. En outre, nous avons décidé d'effectuer un seul bloc d'activités, car au sein de ce bloc, nous avons déjà prévu une progression entre les activités (voir la section précédente [p. 95] pour de plus amples détails sur les activités). Puis, l'objectif de ces rencontres est de constater si les manifestations des CS se maintiennent, changent ou se diversifient d'un enseignement par le JMM sur les CS à l'autre. Ainsi, nous avons présumé que trois séances seraient suffisantes pour remarquer cela puisque nous avons deux moments, entre les activités 1 et 2 et entre les activités 2 et 3, pour observer les manifestations et le développement entre les activités. En plus d'avoir les manifestations et le développement au sein de chacune des activités puisque chacune était constituée de deux à trois Tangrams. Finalement, puisque le *TE* tente de comprendre les processus que les élèves utilisent d'un point de vue social et personnel, il y aura amplement du matériau à analyser avec trois séances d'enseignement portant sur un JMM composé de deux à trois réalisations à effectuer pour chacun d'entre eux.

Le *TE* est caractérisé par trois aspects centraux : la planification, l'analyse des événements en cours et l'analyse rétrospective (Cobb, 2000). La planification s'est effectuée avant la collecte, mais également entre les séances d'enseignement. En effet, le chercheur se doit s'adapter à ce que les élèves font lors de la séance d'enseignement, selon son analyse en cours (pendant l'enseignement) et son analyse rétrospective (après le visionnement de la séance d'enseignement), ces éléments seront également plus détaillés dans la section 3.6 Les stratégies d'analyse. En ayant un temps entre chacune des séances d'enseignement, cela laisse le temps au chercheur d'analyser ce qu'il a comme matériel et de mieux planifier la prochaine séance en fonction des besoins des élèves et de la recherche. Donc, la collecte du matériau s'est effectuée entre le lundi 13 mars et le lundi 3 avril 2023, lors de la dernière période de chacune des journées d'enseignement prédéterminées. Les dates et le moment de collecte se sont décidés avec les disponibilités de l'enseignant, en ayant comme contrainte un intervalle minimum d'une semaine entre chaque séance d'enseignement de 30 minutes avec les élèves afin d'être en

mesure d'effectuer une première analyse entre chaque JMM et d'ajuster le prochain JMM au besoin.

3.5 Les outils de collecte du matériau

Afin d'observer les manifestations des CS des élèves, l'un des premiers outils de collecte est la captation vidéo des enseignements. En *TE*, tous les enseignements doivent être filmés et visionnés par la suite puisqu'il s'agit d'analyser les élèves dans une situation d'enseignement (Cobb, 2000 ; Steffe, 2002). Lorsque nous sommes dans le feu de l'action, il est possible que certains détails nous échappent. Les enregistrements permettent donc de revoir ce qui s'est passé pour éclaircir certains points qui auraient pu échapper à notre première observation. Surtout que nous analysons trois équipes simultanément et que nous observons plusieurs actions sous plusieurs angles. En outre, en effectuant une captation vidéo, il est possible d'effectuer des transcriptions ce qui facilite l'analyse d'une partie du matériau. Dans notre cas, les quelques transcriptions présentes permettent d'approfondir l'observation de l'activité mathématique des élèves. Ces quelques transcriptions seront principalement accompagnées de descriptif des actions des élèves afin de ne pas perdre ce que les élèves effectuent avec leur corps. D'ailleurs, à certains moments, nous avons ajouté des captures d'images à la transcription et aux actions des élèves pour rendre compte de l'activité physique.

Comme mentionné dans la section 3.1.4 Un teaching experiment particulier, les observations en classe se sont effectuées lors de trois séances d'enseignement de 30 minutes. Ce temps a été choisi en fonction du temps prévu de base pour l'activité *1, 2, 3 ...imagine !* (voir *Annexe 4 - Extraits de la séquence d'enseignement : 1, 2, 3... imagine !231*), dont nous nous sommes inspirées pour construire nos JMM. Cette activité durait entre 15-20 minutes, mais puisque nos activités ont lieu dans le méso-espace et non le micro-espace, nous avons prévu un peu plus de temps pour les déplacements des élèves. En observant les élèves et en écoutant les captations vidéo, la chercheuse a pu constater certaines manifestations des CS. Afin d'aider la chercheuse dans ses observations et l'enseignant des élèves, une grille d'observation a été créée avant la réalisation des activités. Cette grille d'observation contient les quatre balises de notre adaptation de la SGA soit les manifestations des CS, les composantes des CS, les différents niveaux

d'abstractions et les variables de la situation (voir *Annexe 3* [p. 229]). De plus, cette grille nous a permis de collecter du matériel pour répondre à nos trois objectifs spécifiques de recherche. Cependant, lors de la réalisation des activités, l'enseignant-chercheur se concentrait plutôt à observer ce que les élèves effectuaient comme actions afin de pouvoir les questionner lors des phases de retour en grand groupe (correspond à l'avant derniers points de la section activité dans le déroulement des activités en *Annexe 6* [p. 239], *Annexe 7* [p. 242] et *Annexe 8* [p. 245]). Ainsi, il n'a pas utilisé la grille. Puis, la chercheuse-observatrice s'est rendu compte que d'utiliser la grille en même temps qu'observer les équipes était très complexe dû à la quantité d'informations sur la grille. Puis, sur le coup, il n'était pas toujours évident de catégoriser la manifestation des CS ou la tâche utilisée. Ainsi, la chercheuse-observatrice a pris des notes dans son calepin sur certaines observations rapides qu'elle voyait pendant l'activité et les retours en grand groupe. De plus, à la fin des enseignements, elle prenait des notes sur l'activité générale afin de pouvoir faire les ajustements dans les activités suivantes selon ses observations de la période.

Finalement, la chercheuse-observatrice et l'enseignant-chercheur ont participé à trois rencontres, une à la suite de chacun des enseignements, pour mettre en commun les observations qu'ils avaient faites tout au long de l'enseignement et de préparer la séance suivante en fonction de leurs observations. Ces rencontres se sont effectuées de façon informelle à la fin de la journée, à la suite de l'activité et du départ des élèves. Puis, pour compléter ces rencontres, la chercheuse et l'enseignant correspondait par courriel entre les séances d'enseignement pour discuter des activités à suivre. Il y a également eu des rencontres réflexives entre la chercheuse-observatrice et son équipe, ses directrices de mémoire, pour élaborer les différentes activités à la suite de chacun des enseignements.

3.6 Les stratégies d'analyse

Pour effectuer l'analyse du matériel, nous avons utilisé trois degrés d'analyse. La première analyse est l'analyse terrain, c'est-à-dire que l'analyse était faite directement sur le terrain pendant l'enseignement et tout de suite en terminant les activités. Cette analyse permettait

principalement d'effectuer les modifications dans les JMM proposés aux élèves afin de s'adapter à leur rythme. Elle était possible grâce aux notes prises dans le cahier de la chercheuse.

Ensuite, il y avait une analyse rétrospective, qui correspond aux deux autres degrés d'analyse. Cette analyse fut effectuée après le visionnement des enregistrements des séances d'enseignement. Le premier niveau d'analyse correspond à l'annotation des vidéos, en ce qui concerne les actions et certains verbatims des élèves. Il s'agissait principalement de mettre en mot ce qui se passait sur les séquences vidéo. Pour cette analyse, nous avons fonctionné de deux façons. Nous avons d'abord effectué une analyse à la main, c'est-à-dire en notant dans un cahier les temps correspondant à une certaine vidéo, puis en inscrivant à côté les actions des élèves ou les transcriptions audio (voir *Annexe 10* [p. 252]). Par la suite, nous avons modifié notre méthode de travail en utilisant un logiciel pour noter les chapitres (les extraits) des enregistrements. Cela nous permettait de noter directement dans les vidéos, au temps voulu, les actions des élèves et ce qu'ils disaient (voir *Annexe 11* [p. 253]). Ensuite, nous avons effectué le deuxième niveau d'analyse. Lors de cette analyse, nous nous sommes principalement penchées sur les manifestations des CS, les composantes des CS utilisées, les niveaux d'abstraction mis de l'avant par les élèves lors des différentes activités et le maillage entre les manifestations des CS. Nous prenions donc chacun des extraits ressortis lors de notre première analyse pour les retranscrire dans notre grille d'observation en les classant dans la manifestation des CS et la tâche appropriée (voir *Annexe 12* [p. 254]). Pour certains JMM, nous avons même ajouté des images des actions des élèves directement dans notre grille d'observation (voir *Annexe 13* [p. 255]). C'est ainsi que l'analyse nous a permis de rejoindre nos trois objectifs spécifiques de la recherche.

Chapitre 4 – Analyse et résultats

Dans ce chapitre, il sera présenté l'analyse du matériau selon les différents objectifs spécifiques de la recherche qui sont : 1) d'identifier les manifestations relevant des deux composantes des CS mises en œuvre par les élèves du primaire en contexte de JMM à l'aide de la SOMCS; 2) d'identifier les manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par les élèves du primaire en contexte de JMM à l'aide de la SOMCS; 3) d'identifier le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par les élèves du primaire en contexte de JMM à l'aide de la SOMCS. Ces objectifs seront ainsi détaillés par JMM selon l'équipe A, puis certains ajouts, au besoin, seront faits avec les deux autres équipes (B et C) lors de la synthèse. En outre, afin de pouvoir comprendre davantage les analyses, une brève description de l'activité sera réalisée. Il faut également noter que pour les deux premiers objectifs, une analyse d'un des Tangrams sera effectué sous forme de tableau afin de montrer ce qui se produisait lors de la fabrication d'un Tangram selon les catégories des manifestations de CS. Puis, une analyse sous forme de texte suivra afin d'approfondir certains éléments concernant l'objectif spécifique.

4.1 L'analyse du matériau du JMM 1 : Les Tangrams géants

Le JMM *Les Tangrams géants* a été réalisée en premier. Il s'agissait de l'activité de reproduction de Tangrams à l'aide de draps coupés en rectangle, en carré, en triangle rectangle isocèle et en triangle isocèle (voir *figure 6* [p. 96] pour un rappel des Tangrams).

Ce JMM est présenté dans son entièreté à l'*Annexe 6* (p. 239). Toutefois, voici un bref résumé de son déroulement :

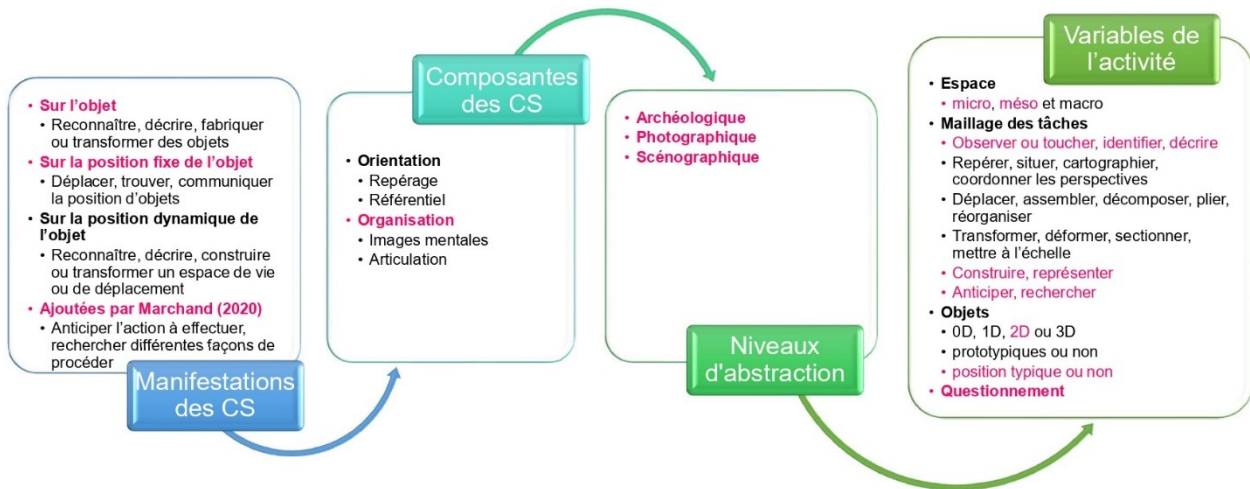
- Temps 1 (T1) : L'enseignant présentait un Tangram à la fois pendant dix secondes et les élèves devaient le mémoriser. Ensuite, l'enseignant cachait le Tangram.
- Temps 2 (T2) : Chaque équipe devait se diriger vers les tables, où les draps se situaient, pour prendre ceux dont elle avait besoin pour la fabrication du Tangram montré. Les équipes fabriquaient le Tangram selon leur souvenir et une fois que les élèves pensaient avoir réussi à reproduire le Tangram, ils s'assoiaient au sol.

- Temps 3 (T3) : Une fois que toutes les équipes étaient au sol, l'enseignant questionnait les élèves sur leur processus de fabrication et les stratégies qu'ils avaient prises pour parvenir à leur solution. L'enseignant et les élèves faisaient également un tour de tous les Tangrams pour les analyser selon l'image et voir s'ils avaient réussi ou non la reproduction. Une fois le retour en groupe effectué, l'enseignant répétait le processus, mais pour les deux autres Tangrams.

Comme susmentionné, afin de faciliter l'analyse du matériau, cette partie sera séparée selon les objectifs spécifiques de la recherche. Puis, nous terminerons par une analyse sommaire du JMM 1 pour les trois équipes observées. Toutefois, avant d'en faire l'analyse, voici un petit rappel des manifestations des CS que nous pensons trouver chez les élèves.

Figure 9

Schématisation de la SOMCS pour le JMM 1



Finalement, avant de commencer l'analyse, nous tenons à rappeler que seulement l'analyse en profondeur de l'équipe A sera présentée ici et certains ajouts pourraient être faits selon les deux autres équipes lors de la synthèse. Nous mettrons les éléments concernant ces équipes en *Annexe 14* (256).

4.1.1 Les composantes des connaissances spatiales



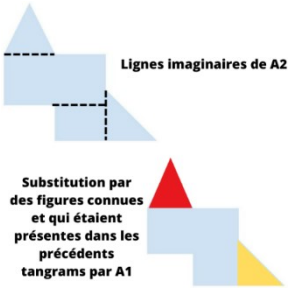
Pour le JMM 1, nous avons prévu que les élèves utilisent la composante des CS qui se nomme **l'organisation** (décrite dans la section 2.1.1.1 [p. 44]). Puis, c'est effectivement ce que les élèves

de l'équipe A ont le plus utilisé comme le souligne le tableau ci-dessous avec les éléments en bleus qui sont majoritairement tirés du T2 de la fabrication du Tangram 3 du JMM 1. Si certains éléments proviennent d'un autre temps du JMM, ce sera mentionné dans le tableau. Il est également important de noter que les éléments ressortis dans le tableau pour le Tangram 3 sont très semblables à ce qui c'était passé pour les Tangrams 1 et 2.

Tableau 13

Grille d'observation du Tangram 3 des manifestations des CS relevant des composantes de l'équipe A

Grille d'observation		
Catégories des manifestations des CS	Manifestations des CS relevant des composantes (orientation / organisation)	Images des actions des élèves
Sur l'objet (reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 décrit quel triangle prendre avec ses bras. 2. A2 dit « attends, y a un trou là » en décrivant le Tangram formé par les draps. 3. A3 explique à A1 que le Tangram est correct et qu'il n'y avait pas d'autres figures. 4. A1 place le triangle isocèle au sol. 5. 4 : A2 place le carré au sol (non collé au triangle). 12 : A2 place le rectangle selon le carré pour former un « L ». 15 : A2 place le triangle rectangle collé au carré. 21 : A1 finit de placer le triangle isocèle au Tangram. 6. Équipe A reconnaît que leur Tangram en drap ressemble énormément à l'image (T3). 	
Sur la position fixe de l'objet (déplacer, trouver, communiquer)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 5 : A1 réalise que le triangle isocèle n'est pas dans la bonne orientation, donc tourne le triangle pour que les côtés isocèles soient libres et le petit côté soit du même côté que le carré. 	

	<p>10 : A2 déplace le triangle pour le coller au carré.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. A2 déplace le carré vers le « bas ». 3. A1 dit « ça, c'ta l'autre bout » et A3 répond « ça, c'ta côté du rectangle ». 4. Chacun des élèves de l'équipe A trouve la position d'un objet et la communique aux autres membres de l'équipe. 5. A2 trouve la position du triangle et le déplace. 6. A3 dit « y avait le rectangle ». 7. A1 dit « en haut à gauche, tu vois où ça commençait » ... « ok, c'est ça le triangle » (A1 oriente A2 sur sa vision de l'espace et de la position des figures). 8. A2 dit « pis là y en a un ici » (pointe l'endroit au-dessus du rectangle). 9. A1 dit « pis là, y a un triangle là » (pointe sous le rectangle à côté du carré). 10. A2 dit « là y'a rien » et se place dans un autre angle pour voir le Tangram dans le sens que l'image avait été montré au lieu de le voir d'en haut. 11. A1 dit « mais j'crois... j'suis sûr y a quelque chose là » (repointe le même endroit sous le rectangle). 12. A1 mentionne qu'il pense qu'il y a un triangle qui vient combler le trou. 	 
<p>Ajoutées par Marchand (2020) (anticiper l'action à effectuer, rechercher différentes façons de procéder)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les élèves de l'équipe A anticipent les draps qu'ils devront prendre (2 triangles, un carré et un rectangle). 2. A2 avait trouvé une stratégie pour anticiper les figures à prendre et avait vu des lignes imaginaires sur le Tangram (capable de verbaliser où elles sont) (stratégie utilisée au T1, mais expliquée au T3). 3. Ayant des désaccords sur l'organisation des draps du Tangram, l'équipe A demande à revoir le Tangram. 4. L'équipe A partage leurs différentes stratégies. A2 mentionne qu'elle se faisait des lignes dans sa tête. A1 quant à lui faisait appel à ses souvenirs pour se 	

	souvenir des figures qui étaient présentes et remplaçait des segments du Tangram par des morceaux qu'il reconnaissait (stratégies expliquées au T3).	
--	--	--

Ainsi, nous pouvons constater facilement, en regardant le tableau, que les éléments relevant de la composante **organisation** ressortent davantage que la composante **orientation**. Et, parmi la composante organisation, ce sont les connaissances spatiales en lien avec la position de l'objet et leur articulation qui sont les plus fréquentes. En effet, en détaillant la composante **organisation**, nous pouvons supposer l'utilisation des **IM** qui permettent la visualisation des objets dans la tête des élèves puisque les élèves semblaient utiliser des stratégies (création de lignes imaginaires pour voir des figures, substitution par des figures ou des images connues des élèves, nommer les figures présentes, mémoriser le Tangram dans sa forme globale en traçant avec son doigt dans les airs...), lors de la présentation du Tangram qui durait 10 secondes (T1), pour reconstituer mentalement les Tangrams afin de pouvoir les reproduire en son absence (T2). Nous relevons des éléments plus spécifiques manifestant cette sollicitation à l'aide de quelques exemples dans le tableau ci-dessous (p. 111). Les éléments se retrouvant dans le tableau font également partis du T2 du JMM et si ce n'est pas le cas, une note indiquera à quel temps le passage fait référence.

Tableau 14

Quelques moments où les IM utilisées de l'équipe A sont mises de l'avant pour le Tangram 3

Grille d'observation		
Catégories des manifestations des CS	Manifestations des CS relevant des IM	Explications
Sur l'objet (reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 décrit quel triangle prendre avec ses bras. 2. A2 dit « attends, y a un trou là » en décrivant le Tangram formé par les draps. 3. A2 place le rectangle selon le carré pour former un « L » et le triangle rectangle collé au carré, puis A1 finit de placer le triangle isocèle au Tangram. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 utilise son IM du triangle pour la reproduire avec ses bras afin que ses coéquipiers sachent lequel prendre. 2. A2 se réfère à son IM pour décrire à ses coéquipiers le Tangram qu'elle a en tête, dont le trou qu'il devrait y avoir. 3. Les deux élèves font appel à leur IM du Tangram pour savoir où placer les draps l'un par rapport à l'autre.
Sur la position fixe de l'objet (déplacer, trouver, communiquer)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 dit « ça, c'ta l'autre bout » et A3 répond « ça, c'ta côté du rectangle ». 2. A2 trouve la position du triangle et le déplace. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. En communiquant les positions des draps, les élèves se réfèrent à leur IM du Tangram pour dire aux autres élèves les positions. 2. Pour trouver et déplacer le triangle, A2 se réfère à son IM.
Ajoutées par Marchand (2020) (anticiper l'action à effectuer, rechercher différentes façons de procéder)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les élèves de l'équipe A anticipent les draps qu'ils devront prendre (2 triangles, un carré et un rectangle). 2. A2 mentionne qu'elle se faisait des lignes dans sa tête. A1 quant à lui faisait appel à ses souvenirs pour se souvenir des figures qui étaient présentes et remplaçait des segments du Tangram par des morceaux qu'il reconnaissait (stratégie utilisée au T1, mais expliquée au T3). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pour savoir quels draps prendre, l'équipe n'a pas d'autres choix que d'utiliser leur IM pour se souvenir des figures à prendre. 2. Pendant que les élèves voyaient le Tangram 3, A2 s'imagine des lignes sur le Tangram qu'elle voit et qu'elle mémorise afin de savoir les figures du Tangram. A1 remplace des morceaux du Tangram qu'il voit par des morceaux de figures, qu'il sait qu'il a à sa disposition pour se souvenir de l'image.

Pour mémoriser les Tangrams, lors du T1, A1 identifiait les figures présentes dans les Tangrams en les nommant à voix haute. Par exemple, lors du Tangram 1, il disait « ok, donc un triangle isocèle là... un losange... puis un triangle rectangle ». A2 pointait et traçait les différentes figures pendant qu'elle voyait le Tangram devant elle, comme si en pointant et en traçant les figures devant ses yeux, elle arrivait à se le reproduire dans sa tête et se créer une image. Elle l'a fait une première fois avec son doigt pour la forme générale et une deuxième avec ses deux mains pour chacune des figures composant le Tangram.

Figure 10

A2 transformant le Tangram dessiné en IM

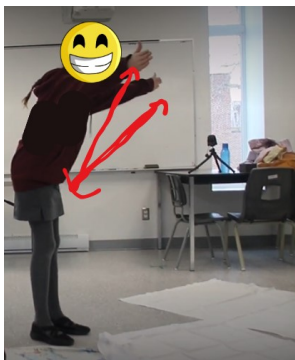


Ce qui est intéressant ici est le fait que **les élèves s'appuient sur des mots ou des gestes pour valoriser la création de leurs IM**. On voit bien l'interaction entre la communication verbale ou gestuelle et le mental (la mémorisation). Puis, lors du Tangram 3, celui n'ayant pas de lignes séparant les figures, A2 avait trouvé une stratégie, qu'elle a verbalisé lors du retour en groupe, pour anticiper les figures à prendre et avait vu des lignes imaginaires sur le Tangram (recours à une décomposition du Tangram en figures connues). A1, quant à lui, faisait appel à ses souvenirs pour se souvenir des figures qui étaient présentes dans les précédents Tangrams (recours à des IM antérieures) et remplaçait des segments du Tangram par des morceaux qu'il reconnaissait, comme le triangle isocèle dans le haut du Tangram. Une image de ses stratégies est présente dans le *tableau 12* (p. 82). Ce qui revient également au positionnement des parties du Tangram l'une par rapport aux autres. Par exemple, dans le T2 du Tangram 3, lorsque les élèves communiquent la position d'une partie de l'objet, nous pouvons constater que les élèves organisent les pièces du Tangram l'une par rapport aux autres. Dans cette partie de l'analyse, nous pouvons voir dans la vidéo A3 dire « y avait le rectangle », puis A1 répondre « ça, c'est à l'autre bout », puis à cela, A3

répond « ça, c'est à côté du rectangle ». Nous voyons aussi A1 dire « en haut à gauche, tu vois où ça commençait » ... « ok, c'est ça le triangle » (il oriente A2 sur sa vision de l'espace et de la position des figures). A2 dit en retour « puis là il y en a un ici » (pointe l'endroit au-dessus du rectangle). Puis, même s'ils communiquent l'emplacement des pièces l'une par rapport aux autres, ils font probablement aussi appel à leur IM, car ils voient les draps au sol, mais semblent se rapporter à leur IM pour savoir où les placer. Cela illustre que les élèves semblent être en mesure de construire une IM, en plus d'être capables de la communiquer aux autres. Un autre exemple est lors du T2 du Tangram 2, A2 explique que le carré était en diagonale et que le triangle était par-dessus. En revanche, l'élève ne se souvenait plus de la position des rectangles par rapport aux autres figures (articulation). Elle dit également : « je sais que le bout venait en V de même » et elle le montre avec ses bras. De plus, il est possible de constater que les IM, ici en construction, représentent ce que Battista (2007) appelle « **image-concept** » **puisqu'elles véhiculent leurs propriétés géométriques et leurs articulations spatiales.**

Figure 11

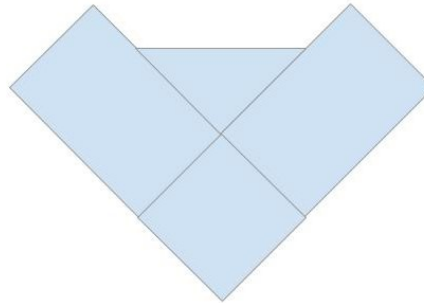
A2 montre avec ces bras la forme générale du Tangram



L'équipe A place donc les rectangles, mais se rend compte que ce n'est pas exactement cela, mais les élèves de l'équipe ne semblent pas pouvoir identifier ce qui ne fonctionne pas. Ils savent juste que ça ressemble, mais que ce n'est pas cela. L'équipe A avait donc retenu le positionnement général des figures et le centre, mais n'avait pas enregistré la position des rectangles adéquatement (articulation). Leur IM semble donc partielle.

Figure 12

Production du Tangram 2 de l'équipe A comparée au Tangram de base

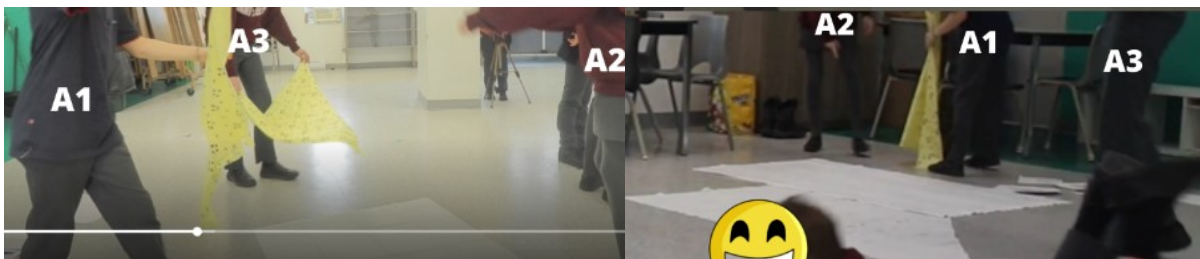


Cela pourrait expliquer leur stratégie lors du troisième Tangram d'aller revoir le Tangram au milieu du processus du T2, afin de ne pas se tromper à nouveau.

En ce qui concerne la composante de l'**orientation**, elle a été utilisée un peu tout au long du T2 de l'activité en utilisant ce que Clements et Sarama (2014) appellent les *spatial thoughts* (voir la section 2.1.1.1 [p. 44]). En effet, puisque les draps sont quasiment tous d'un mètre par un mètre, lorsque les figures sont l'une à côté de l'autre, cela fait une grande surface à observer et les élèves pouvaient être à différents endroits tout autour du Tangram pendant sa construction. Ils devaient alors arriver à se représenter le Tangram selon plusieurs points de vue afin de savoir où placer les autres draps. Cette observation met en exergue le fait que ces élèves sont en mesure de se décentrer par rapport à l'orientation du Tangram à reproduire.

Figure 13

Équipe A autour de leur Tangram

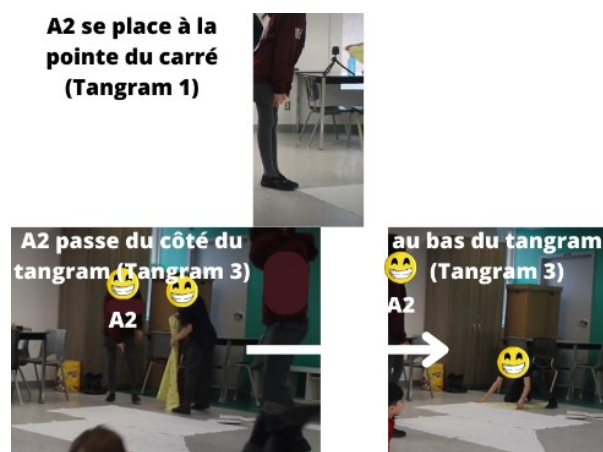


Cependant, nous pouvons constater qu'à deux reprises, A2 semble éprouver de la difficulté avec les *spatial thoughts* puisqu'elle a dû se placer dans le même sens qu'elle avait imaginé le Tangram pour le reconnaître. Par exemple, lors du premier Tangram, A2 va se placer au bas de la pointe

du carré et dit : « on le voit de même ». Puis, lors du troisième Tangram, A2 dit : « là y'a rien ». Cependant, elle ne semble pas sûre de sa réponse et se place dans un autre angle pour voir le Tangram dans le sens que l'image avait été montrée au lieu de le voir d'en haut où elle était (prend en compte qu'un seul point de vue – celui observé – centration).

Figure 14

A2 se repositionne puisque sa représentation n'est que d'un point de vue






4.1.2 Les différents niveaux d'abstraction

En ce qui concerne les niveaux d'abstraction, nous avons prévu que les élèves pouvaient utiliser les trois niveaux, c'est-à-dire l'archéologique, le photographique et le scénographique (voir *figure 9* [p. 107]). Avant d'en faire l'analyse plus approfondie, voici quelques exemples des manifestations relevant de ces niveaux lors de la réalisation du JMM 1 pour l'équipe A lors du T2 (si l'exemple n'est pas dans ce temps, le temps approprié sera noté).

Tableau 15

Grille d'observation des manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par l'équipe A lors du JMM 1

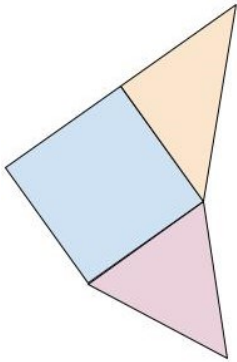
Grille d'observation		
Catégories de manifestations des CS	Manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction (archéologique / photographique / scénographique)	Exemples des actions des élèves
<p>Sur l'objet (reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pendant que l'enseignant montre le Tangram, A1 identifie les figures présentes dans les Tangrams en les nommant à voix haute. (T1) 2. A2 se place au bas du carré pour voir le Tangram dans la position qu'il a été montré. 3. A1 semble se référer à son IM pour savoir quel triangle décrire et il le décrit avec ses bras pour que ses pairs le voient. 4. L'équipe A voit le Tangram sur la feuille montrée par l'enseignant pour comparer le Tangram qu'ils ont construit en draps. (T3) 5. L'équipe A voit que leur Tangram ne fonctionne pas avec deux triangles isocèles selon l'IM qu'ils ont enregistré, en le voyant dans la même position qu'il avait été montré pour A1 et en étant décentré de l'image montré pour A2 et A3, et change l'un des triangles isocèles pour un triangle rectangle isocèle (cette 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 dit « ok, donc un triangle isocèle là... un losange... pis un triangle rectangle » (Tangram 1) 2. A2 va se placer au bas de la pointe du carré et dit : « on le voit de même » (Tangram 1) 3. A1 décrit le triangle à prendre en le montrant avec ses bras (Tangram 3)  <ol style="list-style-type: none"> 4. L'équipe reconnaît que leur Tangram ressemble beaucoup à celui sur le papier et ils sont contents de leur travail. A2 dit : « Ok, c'est beau. » et A1 répond : « Ouais ». A3 tape dans les mains de ses collègues. (Tangram 3) 5. A3 apporte un triangle rectangle et A2 dit « oui, oui, oui, c'est lui, c'est lui » (Tangram 1)

	analyse est détaillée plus bas dans cette section).	
Sur la position fixe de l'objet (déplacer, trouver, communiquer)	1. A2 se positionne en bas du carré pour voir le Tangram dans la position qu'il a été montré.	
Ajoutées par Marchand (2020) (anticiper l'action à effectuer, rechercher différentes façons de procéder)	1. A3 anticipe qu'il leur faudra deux rectangles, puisqu'il se souvient que sur le dessin, il y en avait deux.	1. Dès que l'image du Tangram est enlevée, A3 apporte deux draps en forme de rectangles (Tangram 2)

Nous pouvons constater que A1 a une **connaissance photographique du carré**, car lorsque cette figure est placée dans une position non-prototypique, il dit qu'il s'agit d'un losange, comme l'exemple présenté au point 1 dans la ligne « sur l'objet » du tableau ci-dessus. Puis, lors de la construction du Tangram 2, A1 communique la position du carré, positionné de façon non-prototypique, en disant qu'il est un losange à ses coéquipiers. Cela n'est pas faux en soi, mais il rejette l'idée qu'il peut s'agir d'un carré lorsque les autres élèves de la classe lui mentionnent que c'est aussi un carré. Donc, nous pouvons supposer que l'élève n'arrive pas à retourner le carré dans sa tête, comme pourrait le faire un élève qui a un niveau d'abstraction scénographique, et donc qu'il reste au niveau photographique pour cette figure. Pourtant, dans le même exemple, A1 arrive à identifier clairement le triangle rectangle qui est légèrement en angle et le triangle isocèle qui est placé quasiment à l'envers.

Figure 15

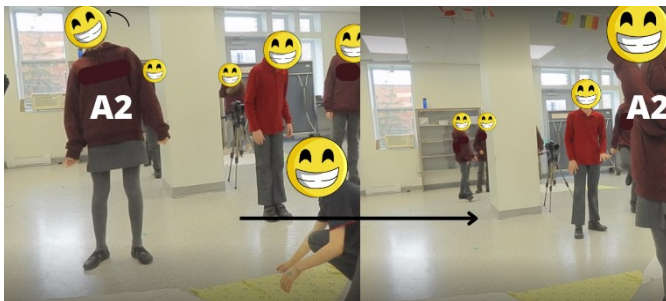
Tangram 1 de l'activité 1



Ainsi, nous pouvons supposer que pour ces figures, il arrive à utiliser le niveau scénographique, puisqu'il les reconnaît même si elles sont dans une position non-prototypique. En ce qui concerne A2, elle semble aussi être dans un niveau plus photographique, mais en ce qui concerne la forme du Tangram général. Par exemple, dans le Tangram 1, A2 va se placer au bas de la pointe du carré et dit : « on le voit de même ». Cela soutient l'idée qu'elle a enregistré une photo du Tangram, car elle doit aller en bas du Tangram pour le voir dans l'orientation montrée. Elle ne peut pas simplement pointer l'endroit d'où elle le voit. Pour le même Tangram, quand l'équipe finit leur construction, A2 était sur le côté du Tangram et elle dit : « Oui, c'était de même. [Tourne légèrement sa tête pour le voir selon son IM.] Enfin, je pense. » Puis, elle se déplace en bas de la figure pour bien le voir de la façon dont elle l'a enregistré. Cela permet encore une fois, de penser qu'elle se situe plus dans un niveau photographique.

Figure 16

A2 qui se replace pour voir le Tangram selon son IM



Toutefois, comme énoncé au point 5 de la catégorie « sur l'objet » dans le *tableau 14* (p. 111), A2 arrive à reconnaître qu'il ne s'agit pas du bon triangle, même si elle n'est pas positionnée dans la même position que le Tangram montré. Elle arrive donc à **se décentrer du Tangram montré (niveau scénographique)**.

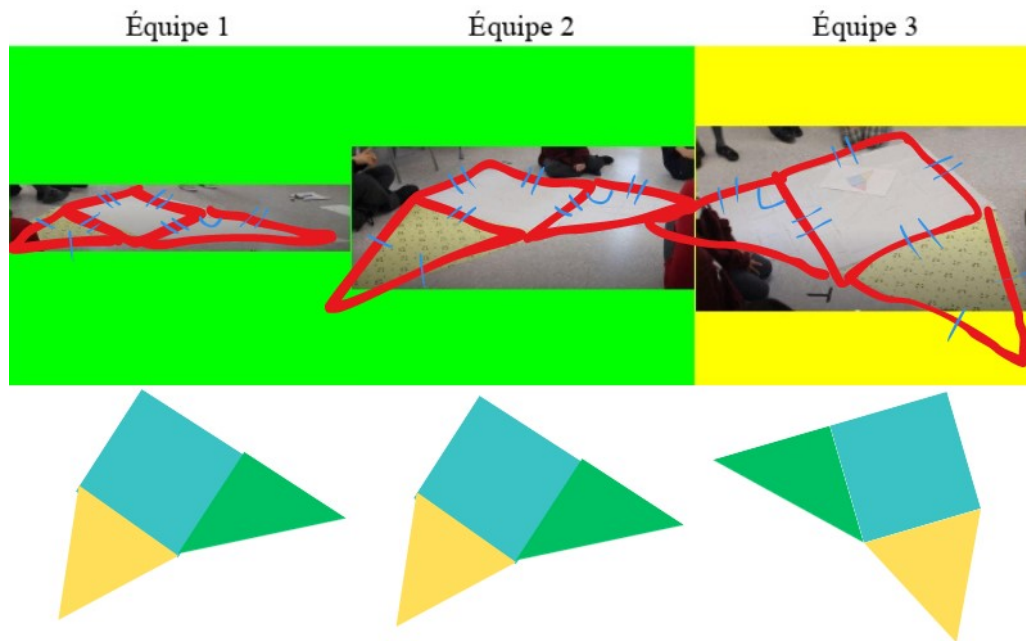
Toujours pour ce Tangram 1, lorsque l'enseignant remontre le dessin du Tangram pour comparer les productions des élèves (T3), il le met dans le sens contraire et tout de suite, A2 dit : « Ah eh, mais nous on ne l'avait pas vu comme ça au début. [L'enseignant tourne la feuille dans le sens qu'il a montré l'image la première fois] Ouais, là c'est bon. » Cela pourrait également montrer que l'élève n'arrive pas à voir l'image dans un autre sens que dans celle qu'elle l'a imaginé puisqu'elle énonce rapidement que le dessin n'est pas dans la bonne orientation. Si elle avait été à l'aise avec la manipulation mentale, elle aurait pu simplement retourner son IM dans sa tête.

En contrepartie, lors du T2 du dernier Tangram, lorsque A1 mentionne qu'il manque un triangle dans le trou du bas, A2 dit : « là y'a rien ». On pourrait penser ainsi qu'elle arrive à être un peu dans le niveau scénographique puisqu'elle se situe sur le côté du Tangram lorsqu'elle dit cette affirmation. Toutefois, elle ne semble pas sûre de sa réponse et se place dans le sens que le Tangram avait été montré pour reconfirmer sa réponse au lieu de le voir d'en haut où elle était. Elle semble ainsi être, encore une fois, au niveau photographique.

Pour ce qui est du **niveau archéologique, il a surtout été utilisé lors des retours en grand groupe (T3)** lorsque les élèves et l'enseignant comparaient le dessin du Tangram sur la feuille avec les productions des élèves. Lors des retours, l'enseignant montrait tout de suite le dessin et le comparait avec les Tangrams produits par les élèves.

Figure 17

Productions de chacune des équipes pour le premier Tangram

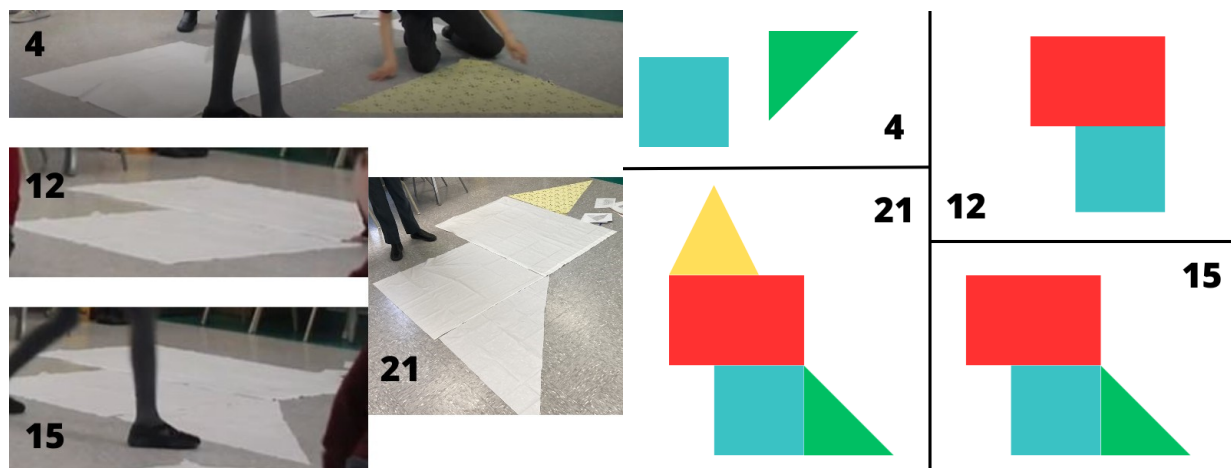


En outre, l'équipe A a **aussi utilisé le niveau archéologique pendant la production des Tangrams (T2)**, car les élèves A1, A2 et A3 se fiaient aux draps qu'ils avaient placés au sol afin de savoir s'ils les avaient placés adéquatement. Ainsi, en faisant des essais-erreurs, les élèves comparaient constamment ce qu'ils voyaient (archéologique) et leur IM (photographique ou scénographique, selon leur position par rapport au Tangram). Par exemple, lors de la construction du Tangram 1, l'équipe A voit que leur Tangram ne fonctionne pas avec deux triangles isocèles selon leur IM, mais ils ne l'avaient pas vu avant de placer les draps au sol. C'est par la suite que A3 apporte un triangle rectangle et A2 dit « oui, oui, oui, c'est lui, c'est lui » et qu'elle change l'un des triangles isocèles pour un triangle rectangle isocèle. Puis, lors de la fabrication du Tangram 2, l'équipe A place le carré et le triangle rectangle isocèle l'un au-dessus de l'autre en collant les deux pointes et voit que c'était comme cela sur le dessin en comparant avec leur IM. Cependant, pour les rectangles, A2 dit : « je sais que le bout venait en V de même » et elle le montre avec ses bras (voir *figure 11* [p. 113]). A1 et A3 placent donc les rectangles en « V », mais lorsque l'équipe regarde le produit fini et le voit, donc au niveau archéologique, l'équipe réalise que ce n'est pas exactement cela, mais ne sachant pas comment

placer adéquatement les rectangles, elle abandonne et dit qu'elle a terminé. Finalement, lors de la fabrication du dernier Tangram, A2 place le carré au sol sans le coller au triangle au sol (#4 dans la figure ci-dessous). Après un certain temps, A2 semble réaliser que ce qui est au sol (niveau archéologique) ne correspond pas avec son IM (niveau photographique), car elle place le rectangle à côté du carré qu'elle éloigne un peu du triangle pour former un « L » inversé (niveau archéologique, car elle voit le drap qu'elle place, et photographique, parce qu'elle se réfère à son IM) (#12 dans la figure 18). Puis, après avoir revu le dessin du Tangram pendant 5 secondes (niveau archéologique), A2 place le triangle rectangle collé au carré (niveau archéologique, car elle voit le drap qu'elle place, et photographique, parce qu'elle se réfère à son IM) (#15 dans la figure ci-dessous). Puis, après discussion entre les trois membres de l'équipe (discute de leur IM, donc niveau photographique), A1 finit par placer le triangle isocèle au Tangram en le mettant au-dessus du rectangle pour le compléter (niveau archéologique, car il voit le drap qu'il place, et photographique, parce qu'il se réfère à l'IM commune de son équipe) (#21 dans la figure ci-dessous). Enfin, l'équipe A contemple le résultat pour voir si elle est satisfaite de son travail en comparant avec leur IM (niveau archéologique et photographique). Cette analyse met à l'avant plan le fait que **l'interaction entre les différents niveaux d'abstraction semble nécessaire au développement des CS et que cette activité permet aux élèves justement de pouvoir passer d'un niveau d'abstraction à un autre afin de pouvoir reproduire le Tangram en son absence.**

Figure 18

Fabrication du troisième Tangram de l'équipe A



Nous pouvons donc conclure que **l'équipe A se situait majoritairement dans les niveaux archéologique et photographique (le niveau photographique semble en construction)**, étant donné que ce sont les deux niveaux utilisés tout au long de la première activité, mais avec quelques utilisations du scénographique. En effet, l'archéologique a été utilisé tout au long de l'activité puisque les élèves déposaient les draps au sol et remarquaient ensuite si cela correspondait à leur IM. Pour le photographique, puisqu'ils n'ont accès à l'image du Tangram que pendant 10 secondes au début de l'activité, et que s'ils veulent revoir le Tangram pendant la fabrication de leur Tangram, les élèves ne disposaient que de 5 secondes, les élèves doivent se créer une IM. Ainsi, la seule équipe qui avait demandé à revoir l'un des Tangrams (le troisième Tangram), l'équipe A, c'était concentrée sur l'observation de la figure et n'ont pas essayé de replacer les draps en même temps de revoir le Tangram. En ce qui concerne le scénographique, nous pouvons également penser qu'il a été utilisé, mais il a été difficile d'en voir des manifestations claires, il est donc plus difficile d'affirmer si celui-ci a réellement été utilisé pour cette équipe.

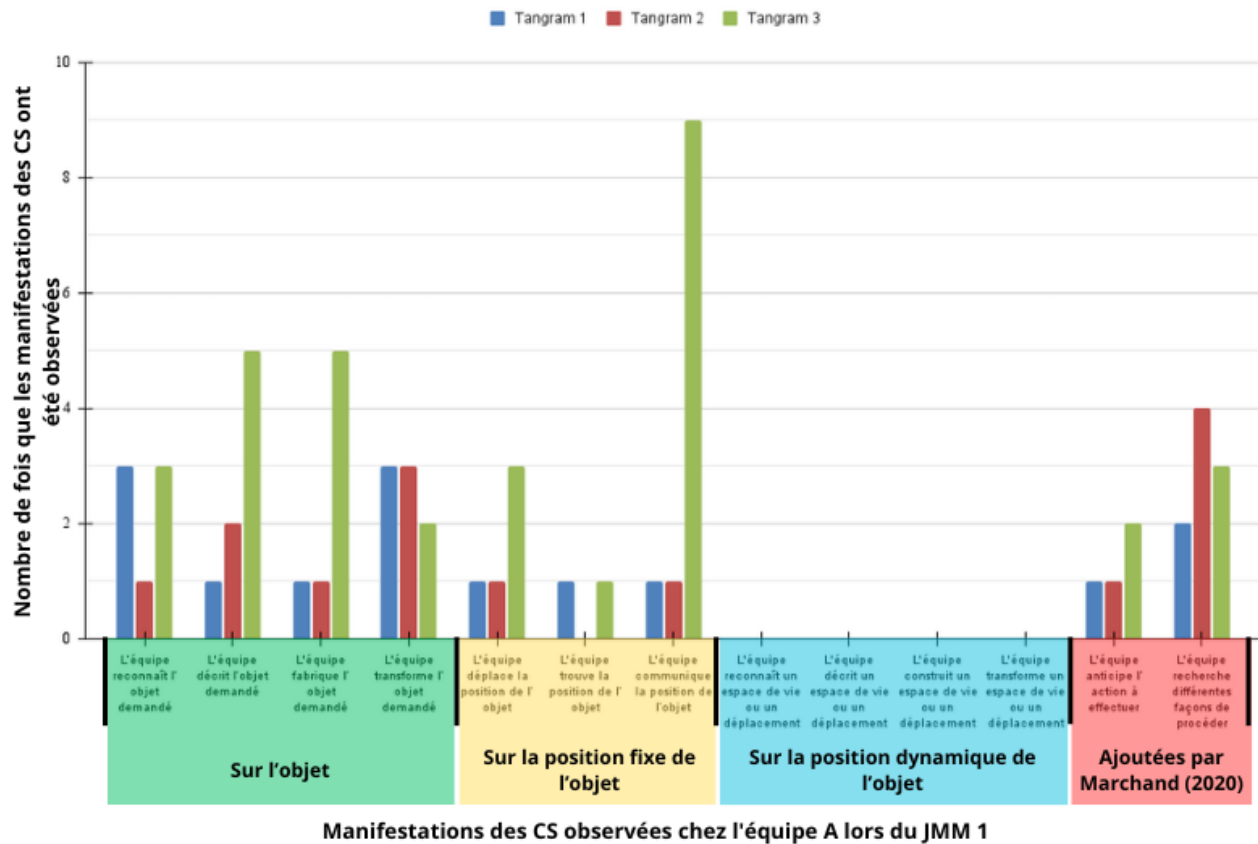
4.1.3 Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées

Dans cette section, nous analyserons le maillage des manifestations des CS que les élèves ont effectuées lors du JMM 1. Ce maillage réfère à la *section 2.1.1.3.2* (p. 57) . Brièvement, nous retrouvons les quatre catégories de manifestations des CS : 1) celles sur l'objet; 2) celles sur la position fixe de l'objet; 3) celles sur la position dynamique de l'objet; et 4) celles ajoutées par Marchand (2020).

Pour commencer cette analyse, nous allons d'abord regarder le nombre de fois que les manifestations des CS ont été répertoriées selon notre analyse de l'équipe A pour chacun des Tangrams à reproduire. Nous avons obtenu ces résultats en analysant et en répertoriant chacune des tâches des élèves dans l'une des manifestations de notre grille d'observation. Ci-dessous, un diagramme à bandes présente cela.

Figure 19

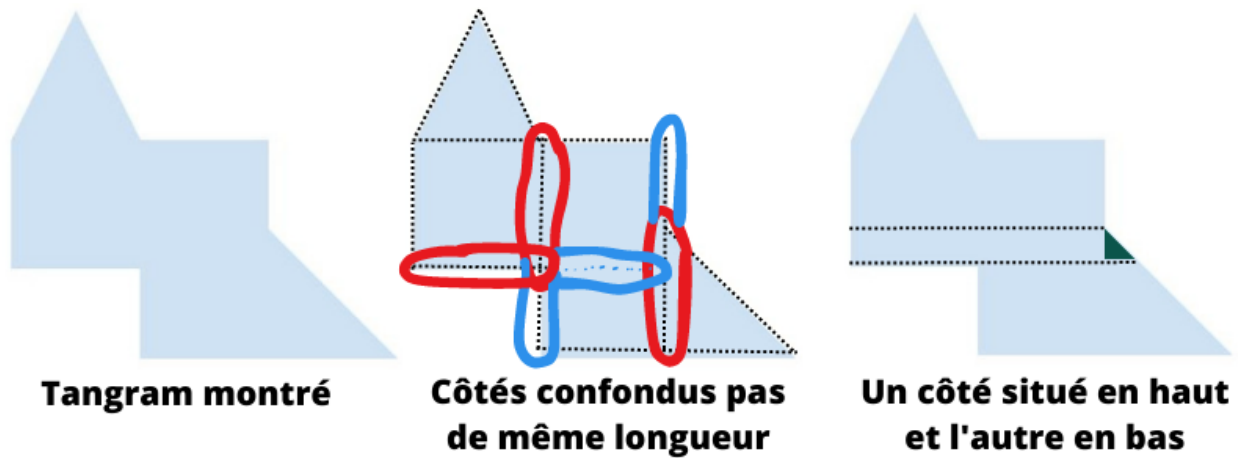
Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe A lors du JMM 1



Un élément important que nous pouvons faire ressortir de ce diagramme est que **l'utilisation des manifestations des CS sur la position dynamique de l'objet ne fait pas partie du JMM 1**. Cela n'est pas vraiment surprenant étant donné que les objets utilisés, les draps, sont positionnés à un endroit fixe et que nous ne les déplaçons pas dans un espace, ils ne sont pas en mouvement. Une fois qu'ils sont placés au sol, ils y restent. Un autre fait intéressant est que **la communication de la position d'un objet est beaucoup plus présente lors du dernier Tangram** (neuf fois) que dans les deux premiers (zéro fois pour le Tangram 1 et une fois pour le Tangram 2). Selon nous, le fait que le dernier Tangram n'avait plus de lignes pour distinguer les figures, que l'articulation entre celles-ci était plus complexe par le fait que certains côtés confondus n'étaient pas de même longueur et que l'un des côtés était situé en haut et l'autre en bas (voir la figure ci-dessous), chaque élève de l'équipe A a dû davantage communiquer la position fixe de la figure qu'il avait en tête afin que les autres membres de son équipe comprennent où l'élève s'en allait.

Figure 20

Tangram 3 et ses complexités



Voici un exemple de la tâche communication lors de la fabrication du Tangram 3 : A1 dit : « en haut à gauche, tu vois où ça commençait » ... « ok, c'est ça le triangle ». Dans cet exemple, nous pouvons constater que A1 oriente A2 et A3 sur sa vision de l'espace et de la position des figures. Un peu plus tard dans la fabrication du Tangram 3, A2 dit : « puis là il y en a un [triangle] ici » et elle pointe l'endroit au-dessus du rectangle pour que ses coéquipiers voient l'endroit qu'elle communiquait.

Figure 21

A2 communique la position du triangle

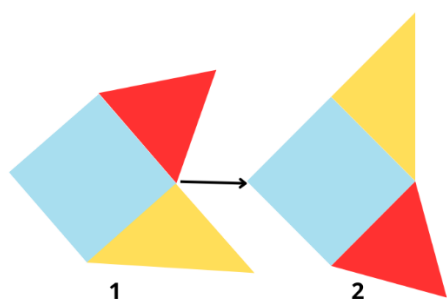


Nous pouvons également constater que lors de la fabrication du Tangram 3, **l'équipe A utilise davantage presque toutes les tâches reliées aux manifestations des CS sur l'objet**, pourtant les Tangrams 2 et 3 contenaient le même nombre de figures. Cependant, le dernier Tangram n'avait pas de lignes et l'articulation entre les figures était plus complexe puisque certains côtés

confondus n'étaient pas de même longueur et qu'un des côtés était situé en haut et l'autre en bas (voir figure 20 [p. 124]). Donc pour fabriquer l'objet, les élèves de l'équipe A ont dû se reprendre à plusieurs reprises, ce qui pourrait expliquer le nombre plus avancé de manifestations des CS observées chez les élèves. Par exemple, lors de la construction du Tangram 1, les élèves ont tout de suite placé les trois draps dans la forme demandée, mais ils ont dû transformer les deux triangles puisqu'ils les avaient inversés.

Figure 22

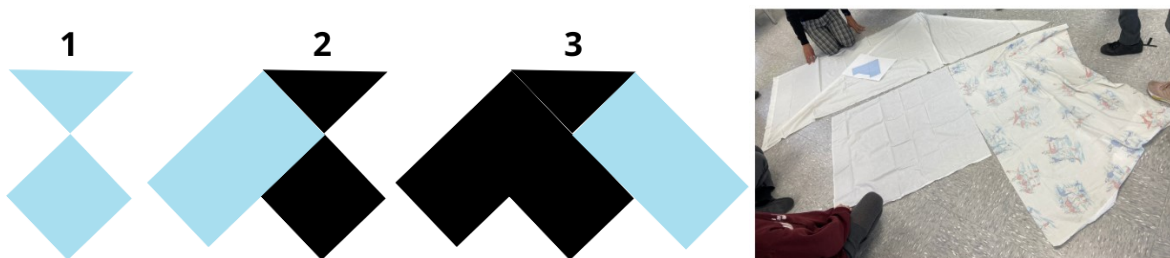
Inversion des triangles lors du Tangram 1 pendant la fabrication de l'équipe A



Pour le Tangram 2, les élèves de l'équipe A ont tout de suite placé le carré et le triangle l'un au-dessus de l'autre et ils ont transformé le Tangram en plaçant les rectangles. Ils auraient donc pu utiliser un peu plus de manifestations des CS sur l'objet pour placer adéquatement les rectangles, mais l'équipe ne se souvenait plus comment les placer.

Figure 23

Fabrication du Tangram 2 par l'équipe A



Pour le Tangram 3, les élèves ont fait plusieurs allers-retours lors de la fabrication de leur Tangram en draps. Ils discutaient puis, plaçaient un morceau, puis rediscutaient, plaçaient un autre morceau, etc. Cela montre une plus grande manifestation des CS sur l'objet, dont la description

et la fabrication qui sont à égalité à cinq manifestations chacune. Pour la description, nous retrouvons par exemple A1 qui décrit quel triangle prendre avec ses bras tout en disant : « regarde, c'est un triangle comme ça ». Puis, un peu plus tard, après que A2 dit : « attends, y a un trou là » en pointant le Tangram formé par les draps au sol, A3 décrit en détail le Tangram à A1 qui semble être certain que leur manque une figure pour combler le trou. Pour la fabrication, nous retrouvons comme exemple A2 qui place le carré au sol en prenant soin de ne pas le coller au triangle déjà au sol qui avait été mis par A1 juste avant, A2 qui place aussi le triangle rectangle collé au carré et finalement, A1 qui place le triangle isocèle au-dessus du rectangle (voir *figure 18* [p. 121]).

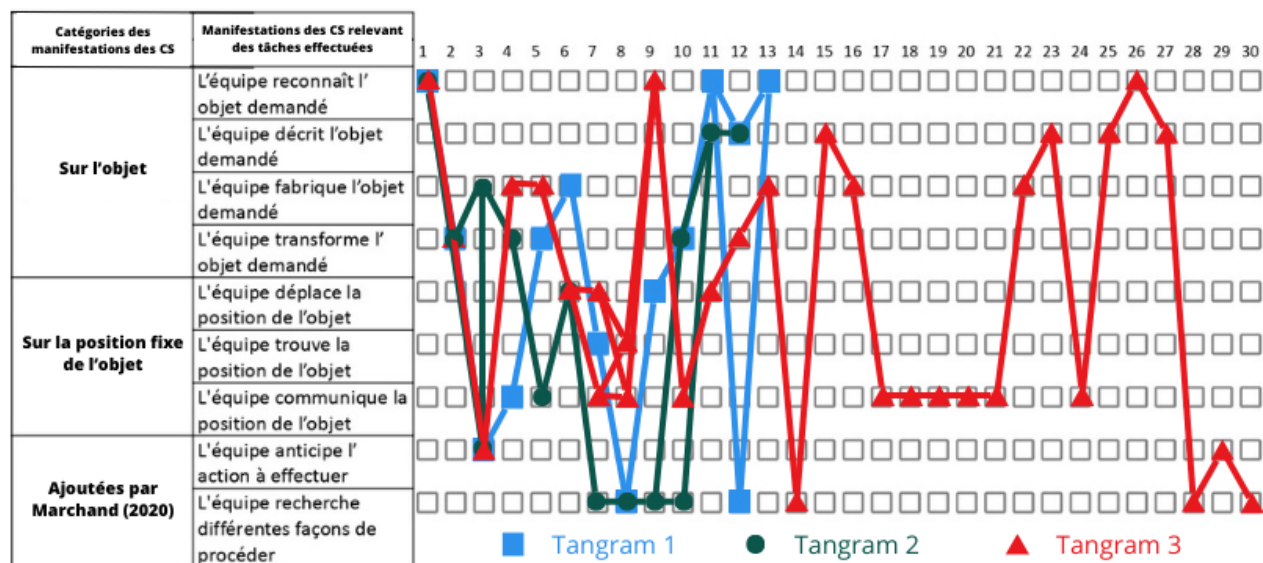
En ce qui concerne **les manifestations des CS ajoutées par Marchand, nous pouvons constater qu'elles sont présentes dans tous les Tangrams, mais un peu plus dans le deuxième et le troisième** avec cinq manifestations pour chacun d'eux. Pour les Tangrams 2 et 3, l'utilisation de l'anticipation a été faite au début de l'activité lorsque A3 a anticipé que l'équipe aurait besoin de deux rectangles et donc, en apporte deux (pour le Tangram 2) et lorsque l'équipe A avait pris deux triangles, un rectangle et un carré pour le troisième Tangram (T2). Pour le Tangram 3, l'équipe A avait aussi anticipé les figures à prendre puisque les lignes de celles-ci n'étaient pas sur le dessin. Par exemple, A2 avait utilisé comme stratégie de s'imaginer des lignes imaginaires sur le Tangram et A1 remplaçait des segments de celui-ci par des figures qu'il savait qu'il retrouverait dans les draps, comme les deux triangles différents (effectué au T1 et expliqué au T3). Ici, nous pourrions émettre l'hypothèse que **ce JMM semble valoriser le recours à l'anticipation**. Pour ce qui est de la recherche de différentes façons de procéder, pour le Tangram 2, cela survient lorsque l'équipe a fini de construire leur Tangram, mais qu'elle réalise que ce n'est pas exactement cela (T2). Alors, A2 explique que la forme globale devrait être un « V », mais d'une autre façon que celle que l'équipe a faite. A1 propose donc de retourner voir le Tangram pour valider leur IM et l'équipe discute d'autres solutions possibles pour changer. Cependant, l'enseignant, à court de temps, met fin à la fabrication du deuxième Tangram. Pour le Tangram 3, ayant des désaccords sur leurs IM, comme lors du Tangram 2 où l'équipe avait commis une erreur, les membres de l'équipe A décident de retourner voir l'image pour s'assurer de ne pas se tromper à nouveau (T2). Puis, lors

du retour en grand groupe (T3), A1 et A2 discutent de leur différente stratégie pour imaginer le Tangram et pour voir les figures qui composaient le Tangram 3.

Maintenant, un autre aspect intéressant à observer pour les manifestations des CS est le maillage entre celles-ci. Afin d’obtenir ce maillage, nous notions les temps dans les vidéos où les manifestations se produisaient et nous avons ensuite associé chaque temps à un nombre en ordre chronologique des événements. Dans la figure qui suit, vous pouvez observer l’ordre des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l’équipe A lors du JMM 1.

Figure 24

Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l’équipe A lors du JMM 1



Dans cette figure plusieurs éléments sont intéressants. Tout d’abord, nous pouvons remarquer que **pour les trois Tangrams, il ne s’agit pas d’un parcours linéaire**. Nous pouvons voir que, pour chacun d’eux, les élèves font des allers-retours entre les trois manifestations des CS présentes pour cette activité et pas nécessairement dans le même ordre. Toutefois, les élèves de l’équipe A ont **toujours commencé par la reconnaissance de l’objet demandé**, puisque le Tangram était montré au début de l’activité. Puis, **en deuxième étape, pour les trois Tangrams, nous pouvons constater que la tâche l’équipe transforme l’objet demandé est présente**. Cela s’explique par le fait que les élèves devaient mettre à l’échelle le dessin du Tangram en centimètre qui était sur une

feuille à l'échelle des draps qui étaient en mètre. Nous pouvons aussi constater qu'**en troisième étape, chacun des Tangrams a la tâche l'équipe anticipe l'action à effectuer**. Pour les Tangrams 2 et 3, cela s'explique par le fait que 1) soit un membre de l'équipe a anticipé l'utilisation de certains draps (A3 qui avait pris deux rectangles pour le Tangram) ou 2) soit que les membres de l'équipe A détermine à voix haute les draps nécessaires à la construction du Tangram 3 (deux triangles, un carré et un rectangle). En ce qui concerne le premier Tangram, l'anticipation se fait sur le placement du carré lorsque A2 dit : « Ok, donc là le carré » et que A1 lui répond « met-le en forme de losange genre », puis que c'est par après que les élèves placent le drap au sol. Par la suite, nous pouvons voir que l'équipe A a emprunté des parcours différents pour chacun des Tangrams et que l'équipe se promène dans les trois manifestations des CS sans ordre précis.

Nous pouvons également constater que **la fabrication des deux premiers Tangrams est faite beaucoup plus rapidement que celle du troisième**. En effet, seulement 12 ou 13 maillages sont présents pour les deux premiers, alors qu'il en a fallu 30 pour le dernier Tangram. Nous pouvons également constater que la communication de la position fixe de l'objet est plus présente ainsi que la description de l'objet. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'il n'y avait pas ligne sur le dernier Tangram ou que l'articulation de ce Tangram était plus complexe, donc il y avait plus place à l'interprétation des élèves et ainsi, il fallait plus de communication entre ceux-ci en lien avec leurs IM.

Ensuite, pour le Tangram 2, nous pouvons constater que ce n'est qu'une fois que l'équipe avait fini de le fabriquer qu'elle a reconnu que ce n'était pas le Tangram qui avait été montré et elle a cherché une autre façon de le faire. Ils ont cependant manqué de temps afin de poursuivre cette réflexion.

Pour le Tangram 3, nous pouvons constater qu'il y a un certain croisement entre les étapes 6 et 9. Cela s'explique par le fait que les étapes 7 et 8 se retrouvent dans deux tâches simultanément. Par exemple, pour l'étape 8, A1 trouve la position de l'objet et la communique en même temps à ses pairs en disant : « ça, c'est à l'autre bout ». Ainsi, l'équipe se retrouvait dans les tâches trouver la position fixe de l'objet et communiquer la position de l'objet en même temps. C'est le même phénomène qui s'est produit dans le Tangram 2 entre les étapes 2 et 4, ainsi que les étapes 9 et

11. Cependant, ces fois-là, les élèves se retrouvaient non seulement dans deux tâches simultanées, mais dans deux catégories de manifestations des CS. Par exemple, pour l'étape 10, l'équipe s'est retrouvé dans les manifestations des CS sur l'objet et dans celles ajoutées par Marchand (2020) en étant respectivement dans les tâches de transformation de l'objet et de recherche de différentes façons de procéder. C'est-à-dire que A2 a transformé l'objet de base en mettant le long côté du rectangle sur le côté du carré et quand même temps de le faire, ses deux coéquipiers et elle ont cherché une autre façon de placer le drap, car iels voyaient que cela ne faisait pas de sens par rapport à l'IM qu'iels avaient (voir la *figure 12* [p. 114]).

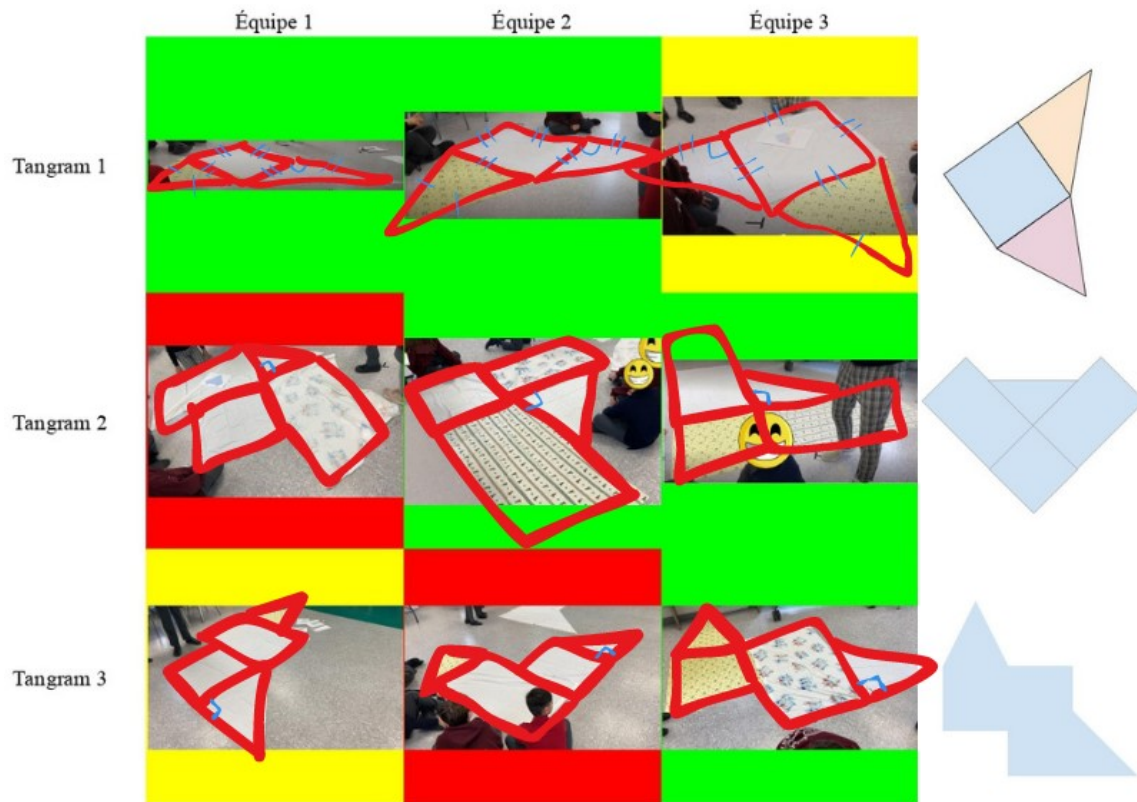
Finalement, un autre élément important se situe dans le fait que **les manifestations des CS ajoutées par Marchand (2020) se retrouvent beaucoup à la fin des étapes**. Cela s'explique par le fait que c'est lors des retours en grand groupe que les élèves ont rendu compte de leurs stratégies et des anticipations qu'iels ont faites au début ou pendant l'activité. Puis, comme nous ne pouvions pas toujours savoir à quel moment exactement les élèves ont utilisé ces stratégies, nous avons préféré les laisser à la fin du maillage. En contrepartie, cela incite à croire que ces manifestations ne sont pas utilisées avant la fin des constructions, alors que c'est majoritairement au début et parfois au cœur de l'activité qu'elles sont utilisées.

4.1.4 La synthèse de l'analyse du JMM 1

Finalement, à la suite de toute cette analyse, nous pouvons comprendre que plusieurs chemins ont été empruntés pour arriver au produit final. Puis, selon où les élèves ont commis des erreurs, les productions des équipes n'arrivaient pas nécessairement au même résultat. Voici donc les productions de chacun des Tangrams pour les trois équipes en comparaison avec le Tangram de base qui avait été montré en dessin. Les Tangrams ayant un fond vert sont parfaitement réussi, ceux ayant un fond jaune le sont presque à un détail près, alors que le fond rouge implique qu'il y a eu une erreur dans la fabrication et, possiblement, par le fait même dans la mémorisation de l'image de départ.

Figure 25

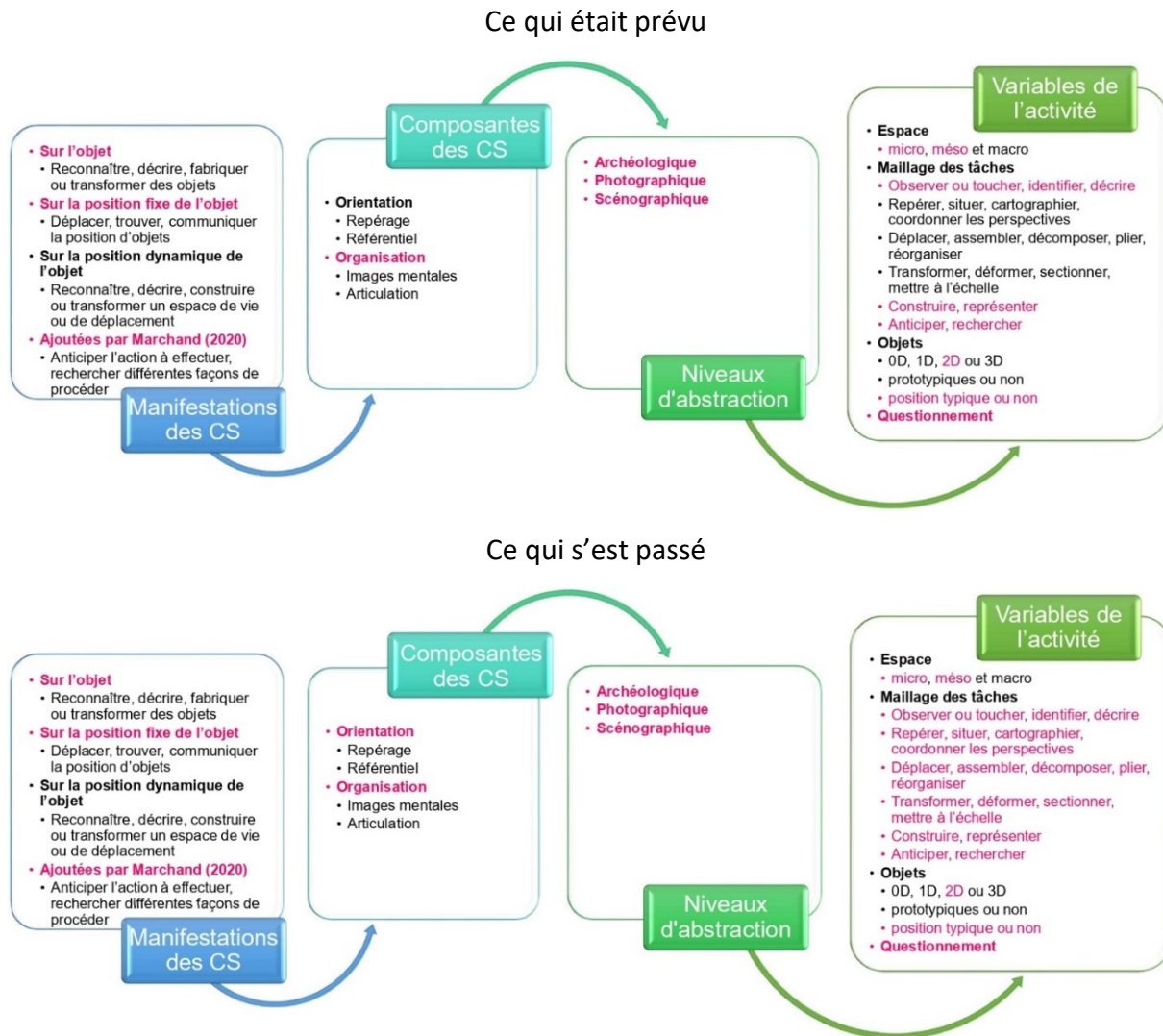
Productions finales des équipes pour l'activité 1



Et, si nous comparons la schématisation de la SOMCS a priori et a posteriori (voir figure ci-dessous [p. 131]), voici ce que nous pouvons en dégager pour ce premier MM : les équipes ont utilisé 1) les deux composantes des CS alors que nous n'avions prévu que la composante d'organisation; 2) les trois niveaux d'abstraction comme prévu, même si les niveaux photographique et scénographique sont en développement; 3) beaucoup plus de tâches que prévues puisqu'elles ont utilisé les six types de tâches, alors que nous n'avions prévu que l'utilisation de trois d'entre elles.

Figure 26

Schématisation de la SOMCS prévue vs ce qui s'est passé pour le JMM 1



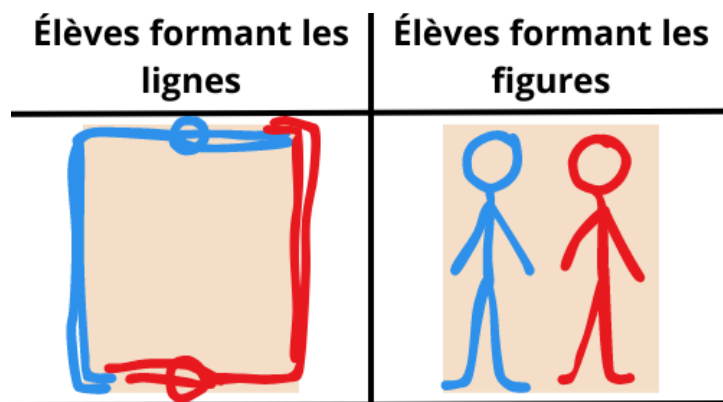
Nous pouvons également constater que pour le questionnaire, nous avons prévu que l'enseignant devait l'utiliser et c'est qu'il a fait lors des retours en grand groupe, mais lorsque les élèves travaillaient en équipe, les élèves se questionnaient entre eux dans leur équipe. Ainsi, le rôle de l'enseignant était beaucoup plus effacé que ce que nous avons prévu, ce qui n'en fait pas moins un fait intéressant de la recherche.

4.2 L'analyse du matériau du JMM 2 : Les Tangrams humains

Passons maintenant à l'analyse du JMM 2. Il consistait en la reproduction des Tangrams avec le corps des élèves (activité détaillée en *Annexe 7* [p. 242]). Iels devaient ainsi utiliser leurs jambes, leurs bras ou même leurs corps complets pour reproduire le Tangram. Il avait également été spécifié qu'ils ne pouvaient pas utiliser seulement leurs mains ou leurs pieds. Il fallait que ce soit de la même grandeur que lorsque nous le faisons avec les draps. Ainsi, comme pour le JMM 1, l'enseignante présentait le Tangram à reproduire pendant dix secondes à toutes les équipes (T1). Ensuite, elles se mettaient dans leur équipe respective pour fabriquer les différentes figures composant le Tangram avec leurs corps. Certaines équipes ont opté pour la fabrication des lignes des figures avec leur corps, alors que d'autres reproduisaient les figures avec leurs corps en entier (T2).

Figure 27

Exemples de fabrication du rectangle

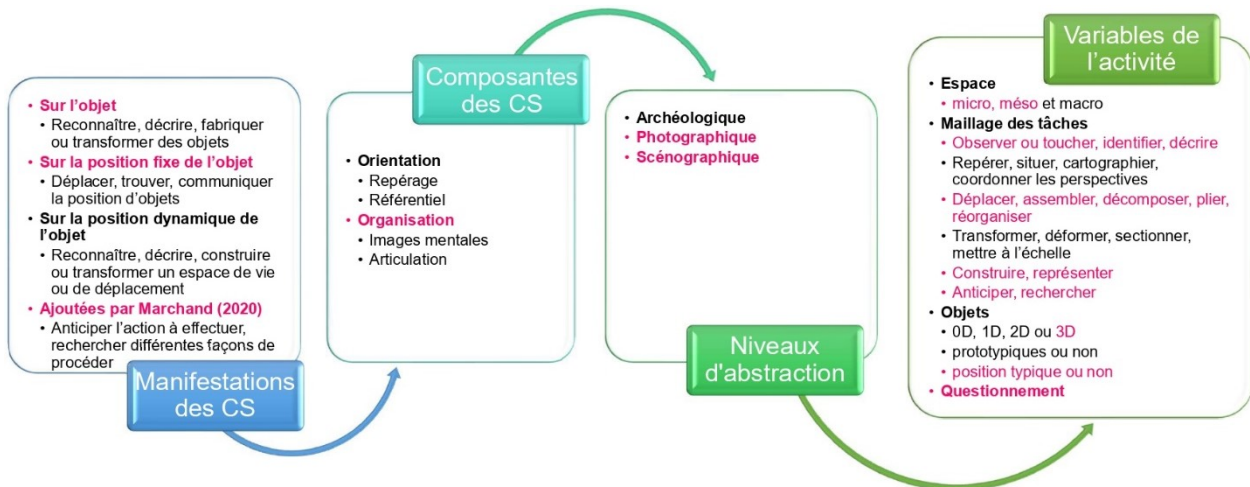


À la suite de la fabrication du Tangram, la chercheuse prenait en photo les productions des élèves afin de pouvoir les montrer lors du retour en grand groupe. Une fois que toutes les équipes avaient terminées, l'enseignante montrait les différentes fabrications des élèves pour le Tangram et questionnait les élèves sur leur processus de fabrication et les stratégies qu'ils avaient prises pour parvenir à leur résultat (T3). Ensuite, le deuxième Tangram était montré et nous refaisions les mêmes étapes qu'avec le premier Tangram. Puis, lorsque nous avons pensé les Tangrams, nous nous étions assurés que nous voyions le potentiel de construire les lignes du Tangram avec

le corps de quatre élèves (voir *figure 7* [p. 97] pour un rappel des Tangrams). Dans la figure ci-dessous, voici un petit rappel de ce que nous pensons que les élèves utiliseraient lors de ce JMM.

Figure 28

Schématisation de la SOMCS pour le JMM 2



Comme pour l’analyse du JMM 1, nous séparerons cette section par objectifs spécifiques de recherche. Puis, nous ferons une synthèse de l’analyse pour clore cette section. Il faut toutefois noter que pour l’analyse du JMM 2, nous ne tiendrons compte que des deux premiers Tangrams puisque lors de la réalisation, les deux premiers ayant pris plus de temps que prévu, nous n’avons pas eu le temps d’effectuer le troisième Tangram. L’analyse portera donc uniquement sur les deux Tangrams complétés par les élèves. Puis, toujours comme pour le JMM 1, nous analyserons davantage l’équipe A, puis nous viendrons ajouter des précisions par rapport aux autres équipes à la fin de chacune des sections de ce chapitre sans entrer dans les détails de ces équipes. L’analyse des équipes B et C se trouve toutefois en *Annexe 15* (p. 267). Pour ce JMM, aucun élève était absent. Ainsi, chaque équipe comporte quatre membres et nous les identifierons de la même façon que pour l’analyse du JMM 1. Seulement, pour l’équipe A, nous ajouterons A4 qui était l’élève absent lors du premier JMM.

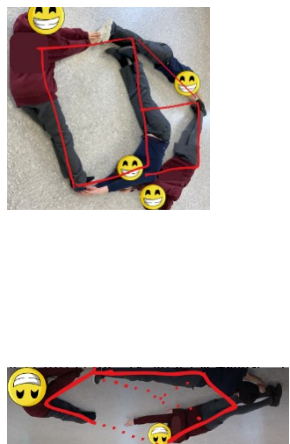
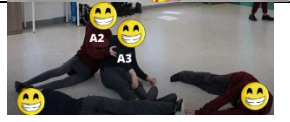
4.2.1 Les composantes des connaissances spatiales


Dans le JMM 2, nous avons prévu que les élèves utilisent une composante de connaissances spatiales appelée **organisation** (décrite à la section 2.1.1.1 [p. 44]). Comme on s’y attendait, c’est

celle qui a été la plus utilisée par les élèves de l'équipe A, comme vous pouvez le voir dans le tableau ci-dessous avec tous les éléments écrits en bleu. Ce tableau regroupe la majorité des extraits du Tangram 2 du JMM 2 lors du T2 (si ce n'est pas le T2 qui est présenté, nous indiquerons s'il s'agit du T1 ou du T3). Il en était de même avec le Tangram 1 de l'activité 2. Ainsi, tout comme pour le JMM 1, nous nous attendions à ce que les élèves utilisent cette composante lors de ce deuxième JMM.

Tableau 16

Grille d'observation du Tangram 2 de quelques manifestations des CS relevant des composantes de l'équipe A

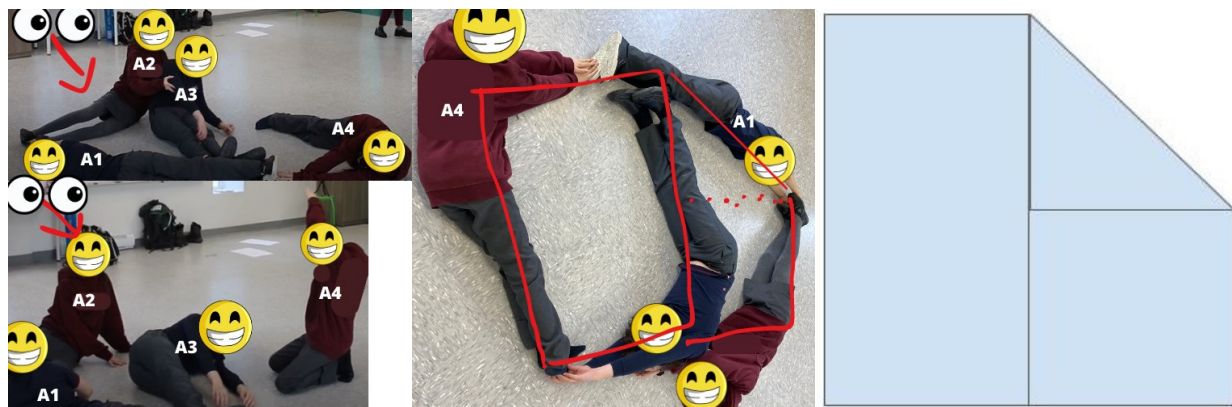
<u>Grille d'observation</u>		
Catégories des manifestations des CS	Manifestations des CS relevant des composantes (orientation / organisation)	Images des actions des élèves
Sur l'objet (reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)	<ol style="list-style-type: none"> A1, A2 et A4 organisent les figures l'une par rapport aux autres en bougeant leurs bras et leurs mains pour les enregistrer dans leur tête (T1). A4 reconnaît qu'il manquera une figure en disant « non, parce que là y manque le carré », tout en étant déjà dans la forme et pas dans la même orientation que le Tangram montré. A2 peut décrire où chaque figure se situe lorsqu'elle observe la photo des corps qui construisaient le Tangram (T3). A4 se place pour fabriquer le Tangram en suivant les indications de A1 qui lui précise de faire un angle de 90° avec son corps, tout en étant dans une autre orientation que le Tangram montré. A2 se place pour fabriquer la grande ligne du bas. 	
Sur la position fixe de l'objet (déplacer, trouver, communiquer)	<ol style="list-style-type: none"> A2 déplace A3. A2 et A4 se réorganisent pour former les figures défaits, A4 étant tout de même 	

	<p>resté dans sa position sur le côté du Tangram montré à la base.</p> <p>3. A2 communique tout le long à A3 se qu'elle fait en le déplaçant (à ce moment, elle fait partie du Tangram, mais est dans le bas, donc dans la même orientation que le Tangram montré).</p> <p>4. A4 montre à A3 comment allonger les bras pour former le carré.</p>	
<p>Ajoutées par Marchand (2020) (anticiper l'action à effectuer, rechercher différentes façons de procéder)</p>	<p>1. Lors de la fabrication du Tangram, A4 séparait toutes les figures à reproduire dans sa tête et ensuite, il les fabriquait une à la fois avec l'aide de ses coéquipier.ères.</p> <p>2. A1, A2 et A4 recherchent différentes façons d'expliquer à A3 comment se placer, alors qu'il ne semble pas savoir où aller se placer (à ce moment les élèves sont dans le Tangram).</p>	

Nous pouvons donc constater que **la composante organisation est plus présente que la composante orientation pour le Tangram 2**, il en est de même pour le Tangram 1. Toutefois, cette deuxième composante semble beaucoup plus présente que lors du JMM 1. En effet, puisque les élèves fabriquaient le Tangram avec leur corps, iels se retrouvaient à divers endroits par rapport au Tangram montré à la base. Par exemple, A1 se trouvait sur le côté droit en angle puisqu'il faisait le triangle et A4 se retrouvait à gauche du Tangram montré puisqu'il formait le long côté extérieur du rectangle ainsi que la ligne du haut du rectangle.

Figure 29

Positions de A1 et A4 lors de la fabrication du Tangram 2



Cela obligeait ainsi les élèves à utiliser davantage les *spatial thoughts*, présentés par Clements et Sarama (2014), de la composante **orientation** (voir la section 2.1.1.1 [p. 44] pour une définition). Effectivement, lorsque nous observons les positions de A1 et de A4, nous pouvons constater que les élèves ne sont pas placés dans le sens que le Tangram a été montré. Ces deux élèves devaient donc se représenter le Tangram selon un autre point de vue afin d'indiquer aux autres membres de l'équipe où se placer. De plus, afin de donner des indications plus claires, ils devaient faire appel aux points de vue de leurs coéquipiers pour qu'ils comprennent. Par exemple, au début de la construction du deuxième Tangram, A1 explique à A4, en lui donnant des points de repères comme la ligne au sol, de mettre ses bras à la suite de ses jambes et ensuite de se plier à 90° pour faire une belle ligne droite avec ses jambes parce que ces jambes sont plus longues que ses bras. Nous pouvons supposer qu'ici A1 arrivait à visualiser que le long côté du rectangle devait être opposé à lui.

Figure 30

A1 qui positionne A4

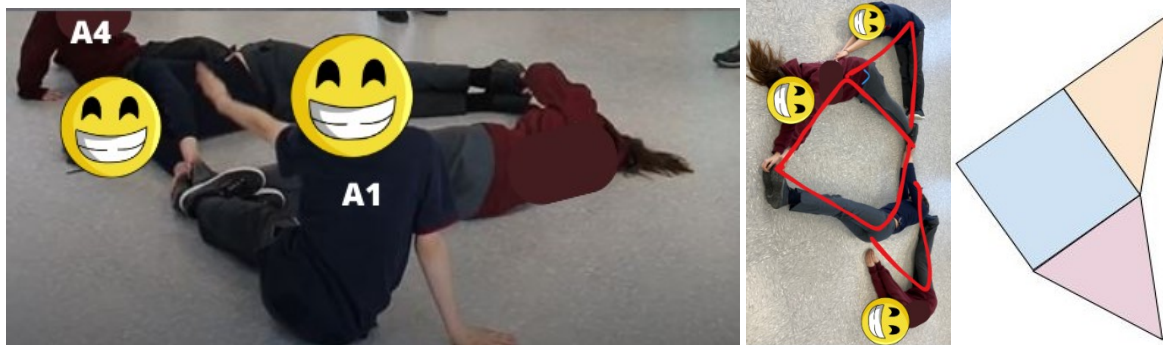


Dans cette même figure, nous pouvons observer que A3 s'est placé dans le bas de la figure. Elle voit ainsi le Tangram dans la même orientation que le Tangram montré. Nous ne pouvons donc pas supposer qu'elle utilise les *spatial thoughts*, contrairement à son coéquipier A1. D'ailleurs, lors du Tangram 1, A1 était encore celui qui donnait des indications aux autres membres de son équipe en étant à différents endroits autour ou dans le Tangram. Par exemple, il montre au sol comment deux personnes doivent se placer pour former le carré (qu'il appelle le losange) qui est ensuite fabriqué par A2 et A3. Puis, lorsque l'équipe A avait fini le carré du centre, A1 a expliqué à A4 comment se placer en étant lui-même en train de reproduire l'autre triangle dans le sens

opposé qu'il a vu le Tangram puisqu'il fait le triangle rectangle, comme le montre la figure ci-dessous.

Figure 31

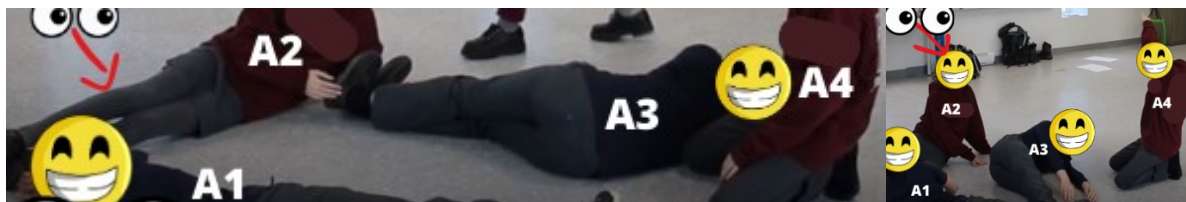
A1 qui explique à A4 comment se positionner lors du Tangram 1



Cette constatation met en évidence que A1 arrive à se décentrer par rapport à l'orientation dans l'espace du Tangram à reproduire. En ce qui concerne A4, nous pourrions penser que puisqu'il est sur le côté, il arrive à faire comme A1, mais ce n'est qu'arrivé une fois. En effet, lors du premier Tangram, il a fallu qu'ils suivent toutes les consignes que A1 lui donnait pour savoir comment se placer, il a même dû voir comment A1 se plaçait pour comprendre comment il devait se placer. Lors du Tangram 2, même s'il est de côté, lorsqu'il donne ses premières indications à A3 pour se placer au centre, il le place à l'envers. Cependant, il constate que ce n'est pas correct. Ensuite, il est toujours sur le côté pour dire à A3 comment placer ses bras, une fois que A2 l'a placé dans la bonne position. Il pourrait donc y avoir un début de *spatial thought* qui se développe.

Figure 32

A4 positionne A3



En ce qui concerne A2, lors du premier Tangram, elle se positionne dans le carré comme A1 l'avait indiqué et ne donne pas d'indications par la suite. Puis, comme susmentionné, pendant le

Tangram 2, elle va se positionner dans le bas du Tangram et voit le Tangram dans la même orientation qu'il avait été montré. Donc, même si c'est elle qui a indiqué à A3 comment se placer, cela ne nécessitait pas obligatoirement l'utilisation des *spatial thoughts* puisqu'elle n'avait pas besoin de se décentrer par rapport à l'orientation du Tangram à reproduire, étant dans la même orientation que lorsqu'il avait été présenté.

Pour A3, lors de la fabrication des deux Tangrams, il s'est fait diriger et placer par les autres membres de son équipe. On peut ainsi en déduire que, pour cette activité, il n'est pas arrivé à se décentrer par rapport à l'orientation du Tangram à reproduire. Nous pourrions même penser que A3 n'a pas su construire une IM durable ou n'a pas été en mesure de transformer son IM des figures composant les Tangrams proposés en lignes humaines puisqu'il n'a que suivi des indications. Cependant, lors du Tangram 1, il avait proposé aux autres membres de son équipe de construire les triangles avec leurs jambes. Donc, il arriverait à mettre à l'échelle et à transformer son IM partielle.

Ainsi, nous pourrions conclure qu'en ce qui concerne la composante **orientation**, nous avons une équipe très variée. Un membre de l'équipe A étant capable de complètement se décentrer par rapport à l'orientation du Tangram à reproduire, d'autres qui en sont seulement capables partiellement et finalement, celui qui n'y arrive pas ou peu.

Si nous nous attardons maintenant à la composante **organisation**, nous pouvons constater que **les IM sont très présentes dans ce JMM**, du fait que les élèves doivent reproduire la figure à l'aveugle, qu'ils n'ont pas accès aux figures comme avec les draps et qu'ils font partie intégrante du Tangram. Puis, **pour ce qui relève de l'articulation, c'est principalement la position d'une partie d'un objet par rapport à une autre partie qui est présente**, tout comme pour le JMM 1.

Commençons par les **IM**. Tout comme pour le premier JMM, les élèves n'avaient accès qu'au Tangram pendant une dizaine de secondes. Ainsi, ils devaient se créer une IM du Tangram qui leur était proposé afin de pouvoir le reproduire en son absence. Puis, tout au long de la fabrication des Tangrams, les élèves ont dû utiliser leurs IM. Dans le tableau qui suit, nous soulignons certains éléments plus spécifiques manifestant cette invocation lors du T2 (s'il s'agit d'un autre temps, une note sera laissée).

Tableau 17

Quelques moments où les IM utilisées de l'équipe A sont mises de l'avant

Grille d'observation		
Catégories des manifestations des CS	Manifestations des CS relevant des IM	Explications
Sur l'objet (reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1, A2 et A4 organisent les figures l'une par rapport aux autres en bougeant leurs bras et leurs mains pour les enregistrer dans leur tête. (T1) 2. A1 décrit à A4 comment se placer en lui disant de mettre ses bras à la suite de ses jambes et de se plier à 90° pour que ses jambes face le long côté du rectangle. 3. Lors du Tangram 1, l'équipe A reconnaît qu'il s'agit du même Tangram qu'il y a deux semaines. (T1) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les trois élèves sont en train de reconnaître le Tangram qui leur est proposé et de se fabriquer une IM en plaçant chacune des figures l'une par rapport aux autres et en le faisant avec leurs mains. 2. Afin d'arriver à expliquer à A4 où se positionner et surtout le comment, A4 semble se référer à son IM du Tangram et de la figure qui est à côté de la sienne. Il se réfère donc, probablement, à son IM pour savoir que le petit côté du rectangle est celui à côté de ses pieds, alors que le long côté est celui en face de lui. 3. Les élèves font appel à leur IM d'il y a deux semaines, pour se souvenir qu'il s'agit du même Tangram que lors du JMM 1.
Sur la position fixe de l'objet (déplacer, trouver, communiquer)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A2 déplace A3 en lui communiquant ce qu'elle fait, lors du Tangram 2. 2. Lors du Tangram 1, A1 communique à A4 comment se positionner par rapport au sol et à A3 qui est déjà couché. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Afin de pouvoir déplacer A3 et de donner des indications où se placer, A2 semble se référer à son IM pour le positionner selon la figure voulue. 2. Afin de communiquer à A4 sa position, A1 se réfère, possiblement, à son IM pour placer l'élève dans la position désirée afin de former la figure du triangle.
Ajoutées par Marchand (2020) (anticiper l'action à effectuer, rechercher)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A3 anticipe qu'ils pourraient utiliser leurs jambes pour faire les triangles, lors du Tangram 1. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A3 fait probablement appel à son IM et à des manipulations mentales pour savoir que des jambes peuvent représenter les côtés d'un triangle.

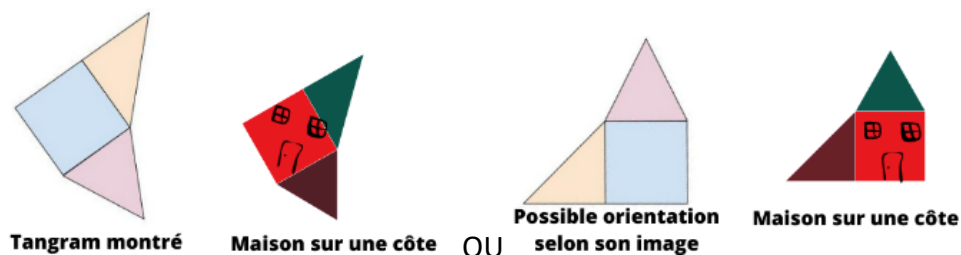
différentes façons de procéder)	2. Lors du Tangram 1, A1 anticipe qu'il faudrait que les deux personnes formant le losange soient de la même grandeur.	2. A1 semble se référer à son IM pour savoir que les côtés du losange sont égaux, donc qu'il faudrait que les deux personnes qui le fabriquent soient sensiblement de la même grandeur, afin que les côtés soient le plus égaux.
---------------------------------	--	--

Ainsi, les exemples présentés dans le tableau ci-dessus réfèrent tous à des moments où les IM des élèves sont mises de l'avant. Évidemment, il y a eu d'autres moments lors de la fabrication des deux Tangrams, mais cela montre un aperçu général des moments clés où les IM sont utilisées.

En ce qui concerne l'**articulation** des Tangrams, nous pouvons constater dans le *tableau 15* (p. 116) quelques moments où elle est présente. Par exemple, A2 avait mémorisé le premier tangram comme étant une maison sur une côte. Elle avait donc enregistré l'articulation des figures en fonction de la position d'une partie d'un objet (la maison qui était composé d'un triangle et d'un carré) par rapport à une autre partie (la côte qui était l'autre triangle).

Figure 33

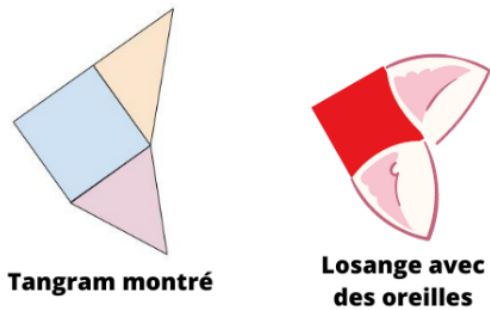
Image mentale de A2 pour le Tangram 1



Pour ce même Tangram, A1 avait enregistré un losange avec des oreilles (IM). Le losange, dont A1 parle est le carré dans une position non-prototypique, puis afin de retenir l'articulation entre les figures, il s'était imaginé que les triangles étaient des oreilles (position d'une partie d'un objet par rapport à une autre partie).

Figure 34

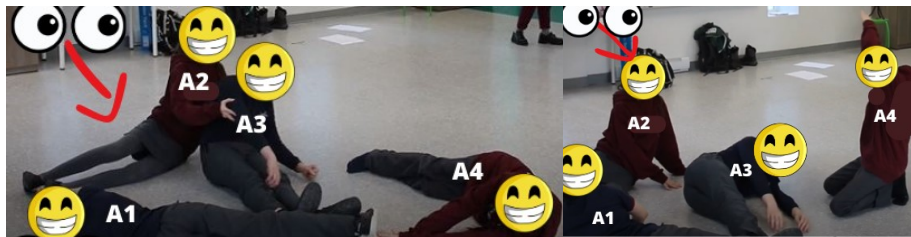
Image mentale de A1 pour le Tangram 1



Toujours en ce qui concerne l'articulation, lorsque A2 positionne A3 dans le Tangram 2, elle lui communique de placer ses pieds aux pieds de A1 et d'allonger ses jambes pour que le haut de ses jambes arrive près d'elle (position d'une partie par rapport à une autre). Ensuite, A4 continue en lui précisant d'allonger ses bras sur le côté pour venir toucher ses pieds quand il se replacera (position d'une partie par rapport à une autre).

Figure 35

A2 et A4 aident A3 à se positionner selon elleux



Finalement, lors de la fabrication du Tangram 1, A1, voyant que les explications qu'il donnait par rapport aux autres membres de l'équipe ne fonctionnait pas pour aider A4 à se positionner (position d'une partie par rapport à une autre), donne des repères visuels dans la classe à A4 pour qu'il puisse se placer en triangle. Il lui dit : « tu vois la ligne là, suis la ligne avec tes jambes » (position d'un objet dans l'espace). Puis, il termine en lui disant que ce n'est que le haut de son corps et ses bras qui se plieront pour aller vers l'autre élève (position d'une partie par rapport à une autre).

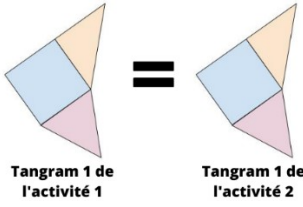

Ainsi, nous pouvons constater que **l'équipe A a principalement utilisé la composante organisation, même si la composante orientation était plus présente qu'au JMM 1.** Puis, comme pour le JMM 1, **c'est l'articulation par la position d'une partie par rapport à une autre qui était la plus présente** chez l'équipe. De plus, contrairement au JMM 1, **l'utilisation des IM semble être un peu plus présente tout au long de l'exercice**, du fait qu'ils ne voyaient pas leur construction une fois qu'ils étaient dans le Tangram. Ainsi, nous supposons que les IM sont présentes tout au long de l'exercice. Lors du retour en groupe, c'est d'ailleurs un élément qui a été ressorti par les élèves en comparaison avec le JMM 1. Lors du premier JMM, ils pouvaient faire des essais-erreurs facilement puisqu'ils voyaient les draps au sol, tandis qu'avec leurs corps, ils ne voyaient pas leur création, ils devaient se l'imaginer tout au long de l'exercice. Cela leur demandait ainsi plus de concentration.


4.2.2 Les différents niveaux d'abstraction

Pour le JMM 2, nous avions prévu que les élèves utiliseraient les niveaux photographique et scénographiques (voir *figure 28* [p. 133]). Toutefois, les élèves ont utilisé les trois niveaux (voir la section 2.1.1.2 [p. 49] pour une définition des niveaux). 2.1.1.2 La deuxième balise : les différents niveaux d'abstraction

Tableau 18

Grille d'observation des manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par l'équipe A lors du JMM 2

Grille d'observation		
Catégories des manifestations des CS	Manifestations des CS relevant des différents niveaux d'abstraction (archéologique / photographique / scénographique)	Explications et exemples des actions des élèves
Sur l'objet (reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les élèves reconnaissent que le Tangram 1 s'agit du même Tangram que la première activité. (T1) 2. A1 et A4 observent le losange formé de A2 et A3 et reconnaissent qu'il faudrait qu'ils soient un peu plus penché.es lors du Tangram 1. 3. Lors du premier Tangram, A1 se place pour former le premier triangle par rapport au losange qu'il voit. 4. Afin de retenir le Tangram 1, A3 avait transformé le losange en deux triangles, comme ça il avait quatre triangles. (fait lors du T1, expliqué lors du T3) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les élèves se réfèrent à leur IM d'il y a deux semaines (photographique) pour affirmer que le Tangram devant eux (archéologique) est le même Tangram. <div style="text-align: center;">  </div> 2. A1 et A4 voient la figure fabriquée par leurs pairs (archéologique), mais font possiblement référence à leur IM du losange pour savoir s'ils sont bien placés (photographique). <div style="text-align: center;">  </div> 3. A1 voit le losange et s'y réfère pour fabriquer son triangle (archéologique), mais pour former le triangle, il semble se référer à son IM de la forme qu'il a manipulé pour le voir selon un autre point de vue (rotation) (scénographique).

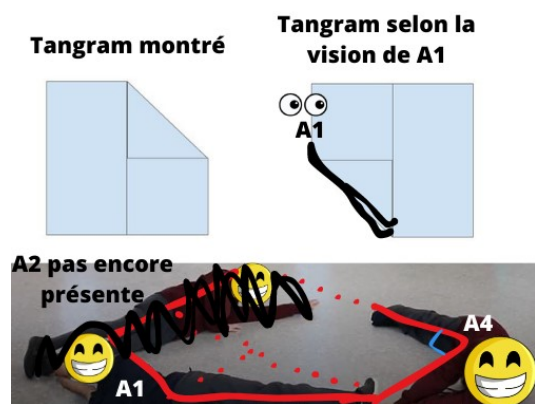
		 <p>4. A3 a effectué une manipulation mentale afin de retenir le Tangram demandé.</p>
<p>Sur la position fixe de l'objet (déplacer, trouver, communiquer)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. A2 déplace A3 lors de la fabrication du Tangram 2, afin qu'il forme le rectangle du Tangram. 2. Lors du Tangram 2, A4 communique à A3 comment il devrait placer ses bras afin de former la ligne du bas du rectangle et A3 voit les bras de A4 qui lui montre la position. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A2 voit où elle déplace A3 (archéologique), mais elle se réfère possiblement à son IM de la figure à reproduire pour savoir où le placer. Puis, étant donné qu'elle est dans la même position que le Tangram montré (photographique), elle n'a pas besoin de faire une manipulation mentale qui nécessiterait le niveau scénographique. 2. A4 visualise la ligne du bas qui n'est pas encore complétée par A3 (photographique) et lui indique comment se positionner en lui montrant avec ses bras (archéologique).
<p>Ajoutées par Marchand (2020) (anticiper l'action à effectuer, rechercher différentes façons de procéder)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lors du Tangram 1, A3 mentionne que les triangles pourraient être les jambes. 2. Lors du Tangram 1, A1 anticipe la fabrication du losange et mentionne qu'il faudrait que ce se soit les deux plus grands qui font le losange ensemble. 3. Lors du Tangram 1, A1 anticipe le prochain triangle à 	<ol style="list-style-type: none"> 1. En mentionnant que les triangles pourraient être formés par les jambes, A3 arrive à manipuler mentalement l'objet (photographique). 2. A1 visualise le carré dans sa tête, mais en position non-prototypique comme il a été montré, donc il l'appelle le losange puisqu'il n'arrive pas à le tourner dans sa tête (photographique). Cependant, il arrive à visualiser qu'il faudra les deux personnes les plus grandes et qui sont presque de la même grandeur pour effectuer les côtés du losange, il fait donc une manipulation mentale (photographique).

	<p>construire et il questionne les membres de son équipe si l'autre triangle n'était pas un peu plus long.</p>	<p>3. A1 semble faire référence à son IM du Tangram pour visualiser le triangle restant tout en étant dans le Tangram qui n'est pas dans la position enregistrée (scénographique), mais son image semble lui faire défaut et il demande l'aide de ses pairs pour savoir si son image est correcte (le niveau est donc en construction).</p>
--	--	--

Comme nous avons pu le constater également dans la section précédente (p. 133), certains élèves arrivent à se décentrer de la position du Tangram qui avait été montré à reproduire. Ces élèves, A1 et A4, mais principalement A1, se situent dans le niveau scénographique puisqu'ils arrivent à manipuler mentalement les Tangrams. En effet, si nous reprenons l'exemple où A1 indiquait à A4 de se placer par rapport à lui afin de former le rectangle, nous pouvons constater que A1 à manipuler le Tangram dans sa tête (rotation du Tangram) puisqu'il est couché dans la position du triangle et du côté du carré, ce qui n'est pas la position dans laquelle il avait vu le Tangram (niveau scénographique).

Figure 36

A1 manipule le Tangram 2 dans sa tête afin de placer A4



Concernant A4, il fait la même chose que A1 lorsqu'il tente de placer A3. Toutefois, son IM ne semble pas être au point comme celle de A1 puisque lorsqu'il donne ses consignes à A3, il les donne comme si le Tangram était dans la position montré (niveau photographique) ou comme s'il avait effectué une rotation verticale (sur un autre axe) du Tangram mentalement plutôt que lui faire un 180° sur son axe de base (niveau scénographique). Cependant, lorsqu'il voit la

fabrication qu'il a faite (niveau archéologique), il constate que cela ne fonctionne pas avec son IM du Tangram selon sa position (niveau scénographique).

Figure 37

A4 tente de positionner A3 dans le Tangram 2

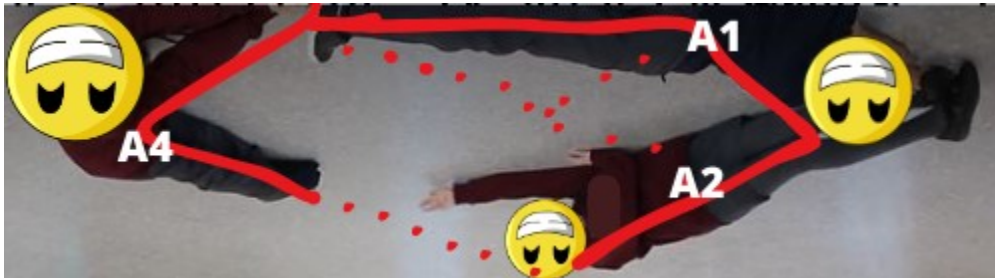


Nous pourrions ainsi émettre l'hypothèse que **A1** semble plus à l'aise avec le niveau scénographique que **A4**, mais que A4 est tout de même en train de le développer. Il ne faut pas oublier également que A1 avait commencé son développement du niveau scénographique lors du JMM 1 avec les draps, alors que A4 était absent lors de cette première activité.

En ce qui concerne **A2**, les éléments du *tableau 17* (p. 139), nous démontre qu'elle arrive à recourir à des IM relevant des niveaux archéologique et photographique, mais pas encore du niveau scénographique. En effet, si nous prenons l'exemple du Tangram 2, elle se place dans le bas du Tangram pour former la ligne du bas du carré et du rectangle. Puis, lorsqu'elle avait décidé de se placer, elle se situait dans la position du Tangram montré, ainsi ce qu'elle voyait de la fabrication du Tangram faite par A1 et A4 (archéologique) correspondait à son IM, sans qu'elle ait à faire de manipulation (photographique).

Figure 38

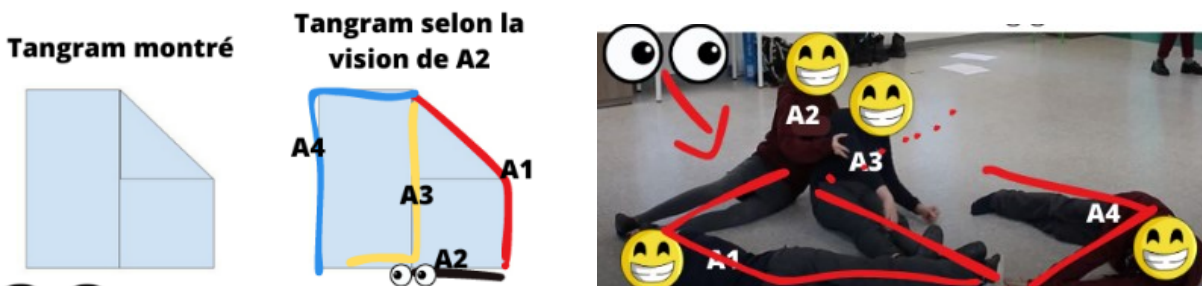
A2 se positionne dans le Tangram 2



Ensuite, lorsqu'elle donne les indications à A3 pour se placer dans le Tangram, elle se situe toujours dans la position que le Tangram a été montré (photographique). Ainsi, A2 n'a pas eu besoin de faire de manipulation mentale du Tangram. Ce qu'elle aurait pu faire, une fois que A3 était placé afin de se réorganiser et de venir compléter les lignes intérieures du carré et du triangle, mais elle s'est repositionnée au même endroit qu'avant.

Figure 39

A2 positionne A3 selon sa vision du Tangram 2 qui est dans la position qu'elle est



Ainsi, si nous prenons l'ensemble des éléments analysés dans cette section, que ce soit dans le *tableau 17* (p. 139) ou le texte, l'équipe A solliciterait les trois niveaux d'abstraction pour le JMM 2. Cependant, **l'équipe aurait recours principalement aux IM des niveaux archéologique et photographique**, comme pour le JMM 1. **Le niveau photographique serait encore en construction** toutefois, même s'il semble un peu plus complet que lors du premier JMM. Puis, contrairement au JMM 1 où **le niveau scénographique semblait** n'être que très peu utilisé, ce niveau est **plus présent dans ce JMM**. Que ce soit uniquement lors de manipulations mentales ou que ce soit pour guider d'autres élèves de l'équipe d'un point de vue différent que la position

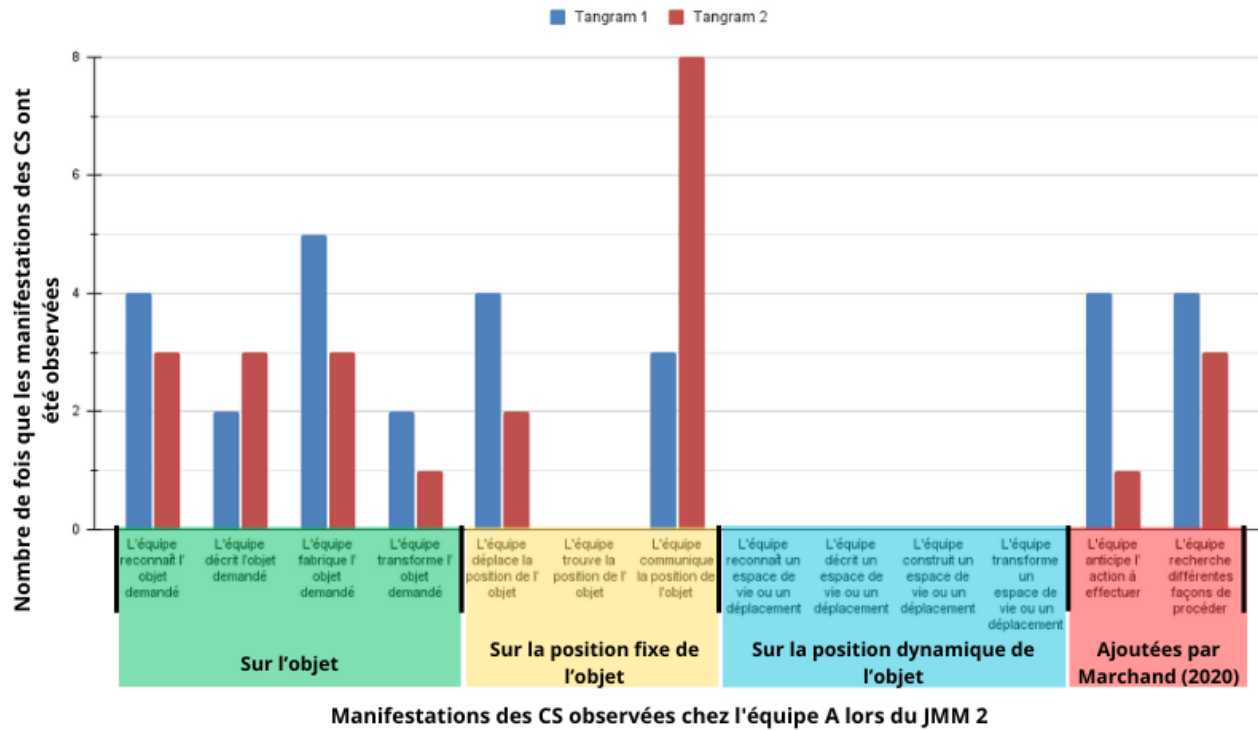
dans laquelle l'élève a vu le Tangram. Ce niveau reste quand même en développement puisque quelques utilisations du niveau scénographique se sont révélées utiles à la fabrication des Tangrams, alors que d'autres fois non.

4.2.3 Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées

Dans cette section, nous analyserons le matériau d'un point de vue des manifestations des CS par les équipes et du maillage entre celles-ci. Pour ce JMM, nous avons prévu que les manifestations relevant des tâches effectuées par les élèves seraient : 1) observer ou toucher, identifier, décrire; 2) déplacer, assembler, décomposer, plier, réorganiser; 3) construire, représenter; et 4) anticiper, rechercher (voir *figure 28* [p. 133]). Cependant, les élèves ont aussi utilisé celles qui demandent de « repérer, situer, cartographier, coordonner les perspectives » et de « transformer, déformer, sectionner, mettre à l'échelle ». Toutefois, les élèves n'ont pas touché aux manifestations des CS relevant de la position dynamique de l'objet, comme lors du JMM 1. Cela est normal puisqu'il n'était pas demandé de déplacer l'objet ou de se déplacer pour former un objet, mais plutôt de la construire dans une position statique. Ainsi, dans la figure ci-dessous, nous constaterons les manifestations des CS qui ont été le plus souvent utilisées par l'équipe A lors du JMM 2 pour les deux Tangrams construits.

Figure 40

Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe A lors du JMM 2



Si nous observons bien le diagramme à bandes ci-dessus, nous pouvons constater que **l'équipe A a énormément anticipé les actions à effectuer et recherché différentes façons de procéder**. Cela explique que dans la section précédente, sur les différents niveaux, l'équipe A se situait souvent dans le niveau photographique et scénographique puisque les membres de l'équipe visualisaient ce qu'ils devaient faire avant de l'effectuer. Nous pouvons également constater que la tâche de communication est très présente pour le deuxième Tangram. Cela s'explique principalement par le fait que A3 ne comprenait pas où il devait se placer, donc ses coéquipières lui ont communiqué de plusieurs façons comment se positionner (T2). De plus, puisque A1 c'était rapidement placé dans le Tangram, il communiquait aux autres élèves de son équipe comment se positionner en utilisant la parole (T2). Alors que pour le premier Tangram, c'était surtout en allant déplacer l'autre personne que l'équipe fonctionnait, au lieu de rester dans sa position et de communiquer le changement à faire. Ainsi, comme susmentionné dans les précédentes parties de l'analyse de ce deuxième JMM, **l'équipe A est arrivée de plus en plus à se décentrer de la**

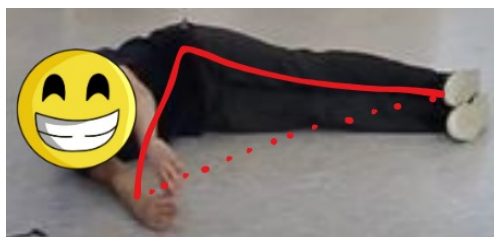
position du Tangram montré, ce qui leur permettait davantage de communiquer la position fixe de l'objet et d'anticiper les actions à effectuer ou de rechercher différentes façons de procéder.

Outre cela, nous pouvons constater que les autres manifestations sont majoritairement similaires, en ce qui concerne leurs utilisations. Par exemple, pour le Tangram 1, nous pouvons constater que les manifestations de reconnaissance et de déplacement sont présentes autant de fois que celles d'anticipation et de recherche, c'est-à-dire quatre fois. Puis, pour le Tangram 2, ce sont les manifestations de reconnaissance, de description, de fabrication de l'objet et de recherches de différentes stratégies qui sont autant présentes à occurrence de trois fois chacune. Nous pouvons ainsi également constater que le Tangram 2 semblaient plus complexes à reproduire que le premier puisque c'était la première fois qu'ils le voyaient et que l'équipe A a utilisé trois fois la description de l'objet et huit fois la communication de la position fixe de l'objet, ce qui fait un total de 11 interventions nécessitant des arrêts pour parler et se communiquer entre les membres de l'équipe. Alors que si nous faisons le même exercice pour le premier Tangram, nous pouvons constater que la description n'a été utilisée que deux fois et que la communication de la position que trois fois, pour un total de cinq. Ce qui représente un peu moins de la moitié des interventions effectuées lors du deuxième Tangram.

En ce qui concerne la manifestation de **description de l'objet**, contrairement au JMM 1 où leur description était plus verbale ou montrait le drap approprié, les élèves de l'équipe A ont majoritairement utilisé des descriptions visuelles en montrant avec leur corps quoi faire. Par exemple, lors de la fabrication du Tangram 1, A1 s'est mis au sol pour montrer ce à quoi va ressembler les triangles et il a dit : « le triangle, ça va juste être quelqu'un comme ça » (voir figure ci-dessous).

Figure 41

A1 se positionne dans un triangle avec son corps



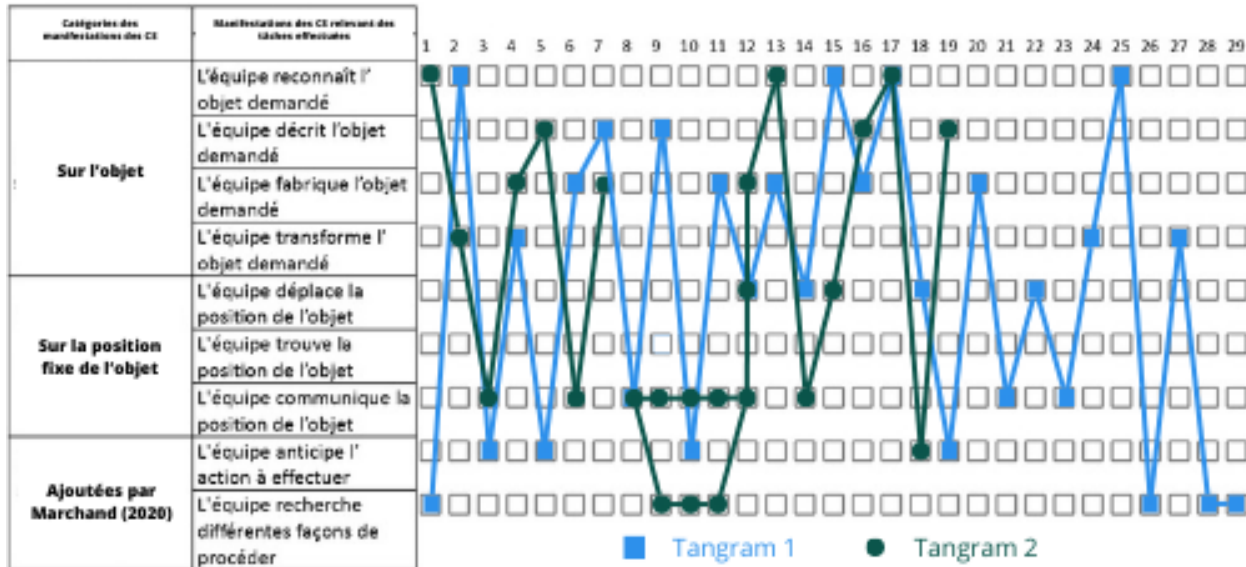
Nous pouvons également constater que l'équipe A n'a que très peu utilisé la **transformation de l'objet** pour cette activité, c'est-à-dire deux fois pour le premier Tangram et une fois pour le deuxième. Puis, considérant qu'une mise à l'échelle du Tangram (transformation de l'objet) est obligatoire pour la réussite de l'activité, il n'y a qu'une transformation supplémentaire présente, alors que lors du premier JMM (si nous prenons la *figure 19* [p. 123]), nous pouvons constater qu'il y avait une à deux fois pour chaque Tangram des transformations présentes. Nous pourrions également conclure, comme dans la section 4.2.2 (p. 142), que les élèves semblent avoir des IM plus ressemblantes au Tangram montré de base que lors du Tangram 1, où les élèves ont fait plus d'erreurs.

Un autre fait intéressant est que **l'action de trouver la position d'un objet fixe semble ne pas être utilisé**. En effet, lorsque nous analysons les actions des élèves, nous n'avons pas d'indices clairs qu'ils ont trouvé la position de l'objet. Cependant, puisque les élèves communiquent la position de l'objet, cela sous entend qu'ils ont trouvé sa position avant. Ainsi, **dans cette activité, nous pouvons supposer que cette action est sous-jacente à la tâche de communiquer la position fixe de l'objet**.

Ensuite, un autre fait intéressant à analyser sur les tâches effectuées par les élèves lors de la fabrication des Tangrams est le maillage, l'ordre, des manifestations des CS.

Figure 42

Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe A lors du JMM 2



Comme pour le JMM 1, nous pouvons constater que le maillage des manifestations n'est pas linéaire. En effet, **les membres de l'équipe A font plusieurs aller-retours entre les catégories des manifestations, mais également entre les tâches elles-mêmes.** Nous pouvons même constater que parfois, il peut arriver que des **tâches se produisent simultanément** comme dans le Tangram 2 où les élèves se trouvent dans la recherche de différentes façons de procéder et dans la communication de la position fixe de l'objet, pour les étapes 9 à 11. Cela s'explique par le fait que A1, A2 et A4 recherchent différentes façons d'expliquer à A3 comment se placer dans le Tangram, tout en communiquant à A3 où se positionner dans le Tangram pour former la ligne du rectangle se trouvant au centre du Tangram. Au départ, A1 tente de lui communiquer des points de repères au sol pour se positionner. Ensuite, A4 essaie de lui communiquer sa position en lui donnant des points de repères par rapport aux autres membres de l'équipe déjà placés dans le Tangram. Finalement, A2 communique sa position en le déplaçant pour fabriquer le Tangram. D'où l'étape 12 qui a trois actions simultanées. Ainsi, si nous regardons la *figure 42* (p. 152), nous pourrions être tentés de croire qu'il n'y a que 19 manifestations pour le deuxième Tangram, alors qu'il y en a 24. Ce qui est très semblable au premier Tangram qui en a 29. Ainsi, les élèves peuvent parfois se retrouver dans deux ou même trois manifestations, appartenant à des catégories de

manifestations différentes, simultanément. Puis, même si au départ, certaines manifestations n'étaient pas nécessairement impliquées dans le développement potentiel des CS des élèves, il peut arriver que les élèves les utilisent quand même. Les CS semblent aussi se développer en utilisant plusieurs manifestations des CS en faisant des allers-retours entre les catégories.

Nous pouvons également constater que **contrairement à tous les Tangrams précédents, des JMM 1 et 2 confondus, l'équipe A a commencé le Tangram 1 par la recherche de différentes façons de procéder plutôt que de commencer par la reconnaissance de l'objet**. Cela s'explique par le fait que lors de l'explication des consignes du JMM, A3 a demandé s'ils pouvaient utiliser leurs souliers pour compléter les figures. Il semble donc être déjà dans la recherche de stratégies pour arriver à construire le Tangram demandé en utilisant autre chose que juste leur corps. Toutefois, tout comme pour le JMM 1, la transformation de l'objet par sa mise à l'échelle se retrouve très tôt dans l'activité pour les deux Tangrams puisque l'équipe A doit reproduire un Tangram montré sur une feuille de papier avec leur corps. Les élèves font donc une homothétie du Tangram sans nécessairement en prendre conscience.

Un autre fait intéressant est que lors de la fabrication du Tangram 1, **l'équipe a fait des allers-retours entre la fabrication et le déplacement pour les étapes 11 à 14**. Ce qui est intéressant dans cette section de la fabrication du Tangram est que l'équipe y est allée une personne à la fois. Donc, A2 est allée se placer pour former deux côtés du losange (fabrication de l'objet). Ensuite, A1 déplace légèrement A2 en l'informant d'un peu plus se plier (déplacement de la position fixe de A2). Puis, A3 vient s'ajouter à A2 pour fabriquer les deux autres côtés du losange. Pour que A1 déplace A3 en lui demandant en même temps d'allonger plus ses jambes vers lui. Donc, ici **ce n'est pas tant que les élèves ont déplacé la position fixe du losange, mais qu'ils ont déplacé la position fixe des corps formant le losange** afin que ça ressemble plus à un losange.

Figure 43

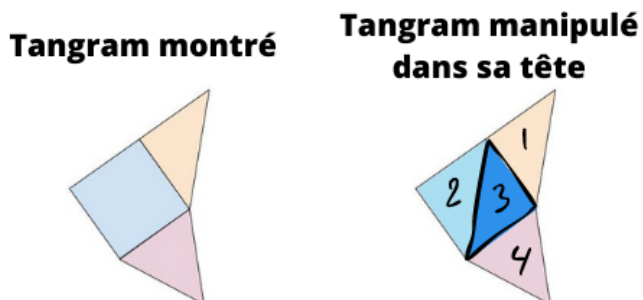
Fabrication du losange avec les déplacements des élèves



Nous pouvons également constater que **l'équipe A fini chacun des Tangrams par la reconnaissance de l'objet, suivi des manifestations des CS ajoutées par Marchand (2020). Nous pouvons également retrouver la description et la transformation de l'objet.** Cela s'explique par le fait que ce sont les étapes qui sont reliées au retour en grand groupe, soit les étapes 25 à 29 pour le Tangram 1 ou les étapes 17 à 19 pour le Tangram 2. Ainsi, tout ce qui relève des manifestations des CS ajoutées par Marchand (2020), soit l'anticipation des actions à effectuer et la recherche de différentes façons de procéder, c'est l'explication des stratégies que les élèves ont utilisées pendant la construction des Tangrams. Toutefois, comme lors du JMM 1, puisque les élèves en font part à la fin et non pendant, il serait difficile de les placer au bon endroit dans le maillage des manifestations, donc nous avons décidé de les garder à la fin. Dans ces stratégies, nous retrouvons entre autres l'IM du premier Tangram de A2 qui s'était imaginé une maison sur une côte (voir *figure 33* [p. 140]) et l'IM de A1 qui s'était imaginé un losange avec des oreilles de chaque côté pour le premier Tangram (voir *figure 34* [p. 141]). **Ce qui est particulier pour le Tangram 1 est que A3 a utilisé une stratégie qui nécessitait une transformation de l'objet en sectionnant le losange en deux triangles.**

Figure 44

A3 transforme le losange en deux triangles pour retenir le Tangram 1



En ce qui concerne le deuxième Tangram, l'équipe A est capable de reconnaître le Tangram qu'elle a fabriqué et d'expliquer qui fait quelle ligne du Tangram. Elle décrit donc le Tangram selon la position de chaque membre de l'équipe (voir figure ci-dessous). Puis, A4 explique que lors de la fabrication du Tangram, il séparait toutes les figures à reproduire dans sa tête et il les reconstruisait une à la fois pendant que les personnes se plaçaient. Il arrivait donc à anticiper les figures qu'il restait à fabriquer en observant celles déjà présentes.

Figure 45

Position de chaque membre de l'équipe dans le Tangram 2

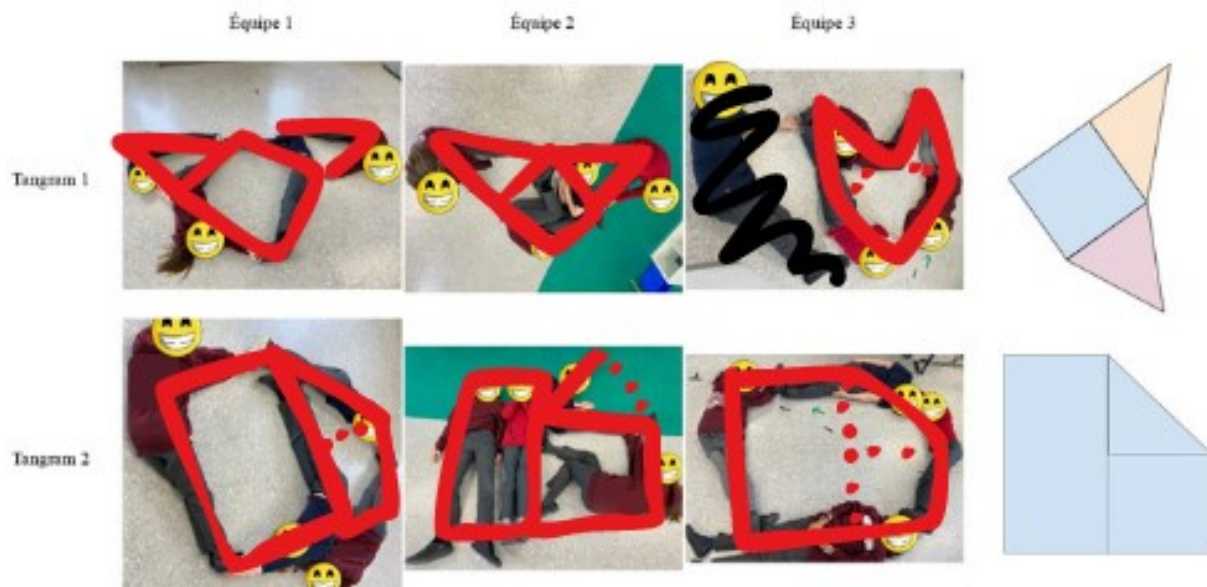


4.2.4 La synthèse de l'analyse du JMM 2

En conclusion, pour donner suite à cette analyse, nous pouvons constater que plusieurs stratégies ont été empruntées pour reproduire les Tangrams demandés. Puis, selon la vision, la compréhension des consignes et les erreurs ou faux pas des élèves, les productions de chacun des Tangrams pour chacune des équipes n'arrivaient pas nécessairement au même résultat. Que ce soit par le fait que les élèves avaient fabriqué les contours des figures, les figures en elles-mêmes ou les contours des Tangrams. Ainsi, nous vous présentons dans la figure ci-dessous les productions des deux Tangrams pour les trois équipes en comparaison avec le Tangram de base qui avait été montré en dessin au début des reproductions.

Figure 46

Productions finales des équipes pour le JMM 2

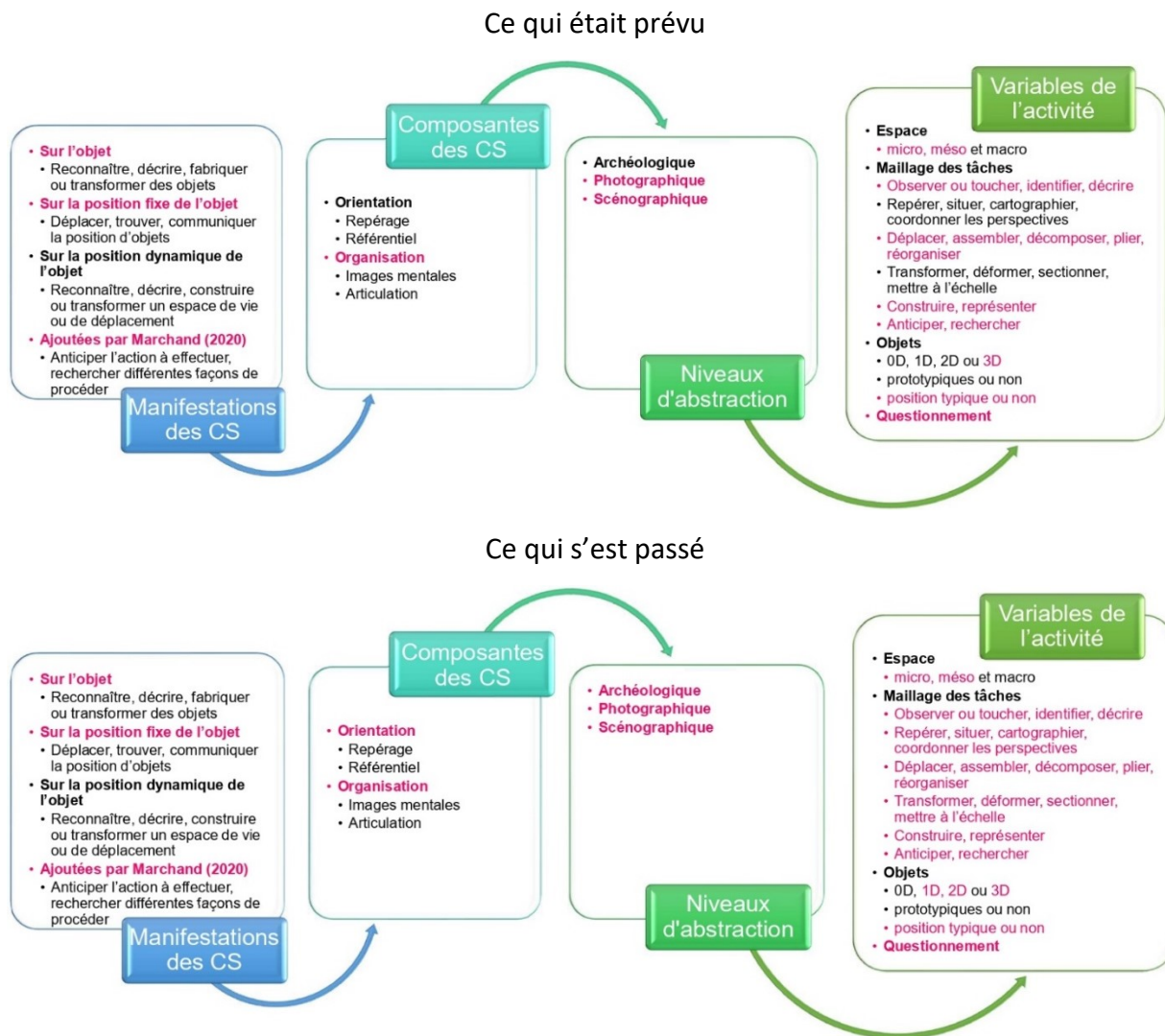


Nous pouvons ainsi constater que l'équipe C avait eu une petite difficulté avec le Tangram 1, comme lors du JMM 1 et que l'équipe B a légèrement modifié la position du triangle pour le Tangram 2. En ce qui concerne l'équipe A, c'est l'équipe qui est la plus près des deux Tangrams, même si une ligne fut oubliée dans le deuxième Tangram. Nous pouvons également remarquer les différentes stratégies de reproduction des équipes : l'équipe A reproduisait toutes les lignes des figures formant les Tangrams, l'équipe B mélangeait la reproduction des figures planes complètes et les lignes pour d'autres figures afin de composer le Tangram complet, alors que l'équipe C ne reproduisait que les lignes du contour des Tangrams proposés.

Puis, si nous observons la schématisation de la SOMCS prévue en la comparant avec celle de ce qui s'est passée, nous pouvons remarquer quelques différences.

Figure 47

Schématisation de la SOMCS prévue vs ce qui s'est passé pour le JMM 2



En comparant les deux schémas, nous pouvons constater que tout comme pour le JMM 1, les élèves ont utilisé : 1) les **deux composantes** des CS (orientation et organisation), alors que nous n'avions prévu que la composante organisation; 2) les **trois niveaux d'abstraction** (archéologique, photographique, scénographique), mais nous n'avions prévu que les deux derniers énumérés; 3) les **six types de tâches**, même si nous n'avions prévu que l'utilisation de quatre. De plus, il est intéressant de noter que l'utilisation des espaces (**micro** et **méso**) pouvait se faire par les IM des élèves (mémorisation en micro-espace avant de le transférer dans le méso-espace) et par les productions des élèves montrées sur l'écran de cellulaire de la chercheuse

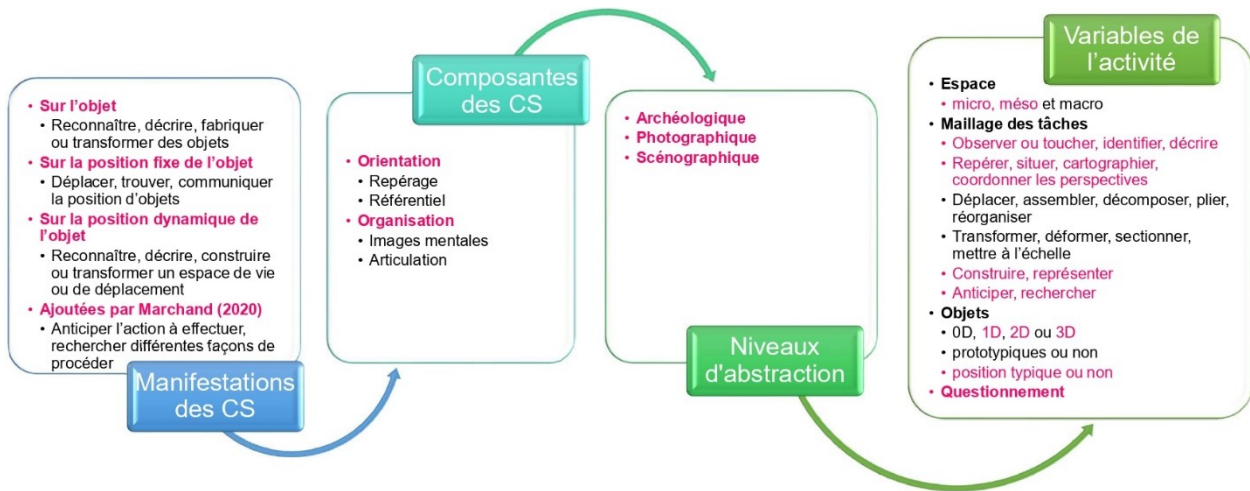
lors des retours en grand groupe (micro-espace), mais qui avaient été reproduits dans le méso-espace. Pour les dimensions des objets, il est vrai que les élèves ont utilisé le **3D** puisque les Tangrams étaient représentés par le corps des élèves qui est un objet en 3D. Cependant, les corps ont permis de représenter des lignes qui sont en fait du **1D** ou des figures planes pour l'équipe B, donc du **2D**. Il y a ainsi eu plus de dimensions que prévues impliquées dans le JMM. Finalement, tout comme pour le JMM 1, le questionnement se produisait entre les membres d'une même équipe pendant la fabrication des Tangrams et par l'enseignante lors des retours en grand groupe, tandis que nous avons prévu que le questionnement se ferait principalement que par l'enseignante. En revanche, le travail en équipe provoque des questionnements, donc l'enseignante n'a pas besoin d'en ajouter pendant la production des Tangrams.

4.3 L'analyse du matériau du JMM 3 : Les Tangrams mouvementés

Le JMM 3 diffère des deux autres par le fait que nous demandions aux élèves de placer les sommets des figures en les représentant par des cônes et qu'ils devaient ensuite tracer le Tangram en le marchant. Le JMM se déroulait ainsi : présentation du Tangram pendant dix secondes pour le cacher ensuite (T1); placement des cônes pour représenter les sommets des figures composant le Tangram (T2); traçage des lignes des figures du Tangram par l'équipe en marchant entre les cônes pendant que la chercheuse filmait le tracé (T3); retour en grand groupe pour discuter des processus de fabrication et répondre aux questions de l'enseignante (Temps 4 [T4]); et répétition des temps 1 à 4 avec le deuxième Tangram. Notez que le JMM est présenté dans son entièreté en *Annexe 8* (p. 245) 95Voici, toutefois, un bref résumé de ce que nous pensions que les élèves utiliseraient lors de ce JMM.

Figure 48

Schématisation de la SOMCS pour le JMM 3



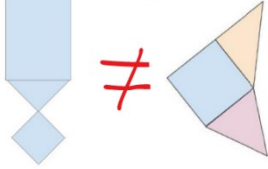



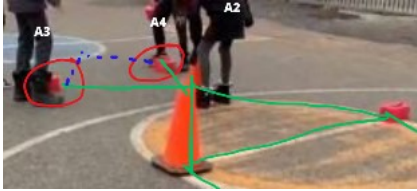
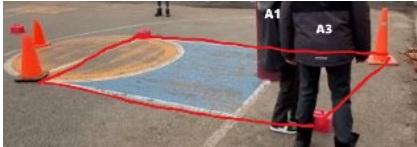
Comme pour l’analyse des précédents JMM, nous séparerons cette section par objectifs spécifiques de recherche. Puis, nous conclurons la section par une synthèse de l’analyse du JMM 3. Il s’agira encore de l’analyse de l’équipe A, puis nous résumerons en ajoutant certaines spécificités des autres équipes pour chacun des objectifs et lors de la synthèse. L’analyse des équipes B et C se trouve en *Annexe 16* (p. 284).

4.3.1 Les composantes des connaissances spatiales

Dans le JMM 3, nous avons prévu que les élèves utilisent les deux composantes de CS appelées **orientation** et **organisation** (décrivent à la section 2.1.1.1 [p. 44]). Comme on s’y attendait, les élèves de l’équipe A ont utilisé ces deux composantes, comme vous pourrez le constater à l’aide du tableau ci-dessous. Ce tableau regroupe la majorité des extraits du Tangram 1 du JMM 3. Cependant, il en était de même avec le Tangram 2 du JMM 3. Les extraits présents dans le tableau font majoritairement référence au T2. Si ce n’est pas le cas, nous noterons à quel temps du JMM cela renvoie.

Tableau 19

Grille d'observation du Tangram 1 de quelques manifestations des CS relevant des composantes de l'équipe A

Grille d'observation		
Catégories des manifestations des CS	Manifestations des CS relevant des composantes (orientation / organisation)	Images des actions des élèves
Sur l'objet (reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)	<ol style="list-style-type: none"> A1 reconnaît que ce n'est plus le même que les dernières fois (le chat sur le côté) (T1). A1 nomme les figures présentes sur le Tangram : rectangle, triangle et losange (T1). A2 dit : « c'est pas un carré, c'est un losange ». A1 place le premier cône, la pointe du bas du triangle. A3 place un cône pour construire le triangle et dit « comme ça ». A4 place un deuxième cône pour l'autre pointe du triangle. A3 commence à déplacer un cône pour former le rectangle, mais A1 le prend et va le placer. A3 place un cône face à celui de A4 pour continuer de former le losange. A4 remplace son cône et place le dernier au bout du losange. A2 et A3 n'ont pas autant reculé leur cône, donc cela déforme le rectangle. 	     

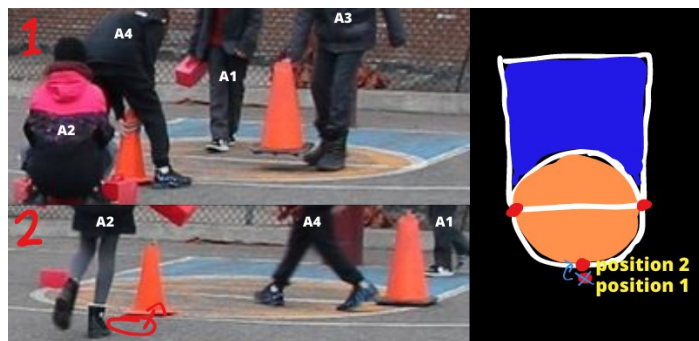
<p>Sur la position fixe de l'objet (déplacer, trouver, communiquer)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. A4 dit : « non, non, non regarde » et déplace légèrement le cône de la pointe du triangle pour le mettre sur les lignes au sol. 2. A2 et A3 déplace chacun un cône plus loin sous la suggestion de A3 pour agrandir le rectangle. 3. A4 déplace le cône à 4 pieds ½ de A1. 4. A2 dit : « Ok ! Donc, mettons c'est rectangle, triangle, pis après y avait un car eh un (inintelligible) » et elle pointe les endroits sur le terrain. 5. A1 dit : « Check, on peut se baser sur ici, là. Genre là, le rectangle. Là, le triangle. Pis on on fait le (inintelligible). Ouais, c'est ça. » 	
<p>Sur la position dynamique de l'objet (reconnaitre, décrire, construire, transformer un espace de vie ou de déplacement, déplacer, assembler, décomposer, plier, réorganiser)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 dit à A4 de passer sur la dernière grande ligne du rectangle puisque A1 a reconnu que A4 ne l'avait pas encore fait, tout en n'étant pas dans la position du Tangram montré. 2. A1 calcule le nombre de ses pieds qui entrent entre deux cônes pour le losange, c'est-à-dire 4½. 3. A4 trace le Tangram 1 en se déplaçant entre les cônes (T3). 	
<p>Ajoutées par Marchand (2020) (anticiper l'action à effectuer, rechercher différentes façons de procéder)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 anticipe le nombre de cônes (le nombre de sommets : 8) dont iels auront besoin pour construire le Tangram. 2. A1 anticipe où les cônes iront. 3. A4 explique qu'il avait visualisé le Tangram avant de le tracer (T4). 	

	<ol style="list-style-type: none"> 4. A1 nommait les formes (rectangle, triangle, losange) et ensuite mémorisait leurs positions. Par exemple, il s'était dit : « le bout du losange était aussi le bout du triangle » (effectué lors du T1, expliqué lors du T4). 5. A3 cherche par où commencer et dit « on commence par quoi ? le rectangle ? » 6. A2 et A4 regardent ce que C fait et écoutent ce qu'ils disent à propos d'un carré. 7. A3 suggère d'agrandir le rectangle parce qu'il n'est pas assez long et ressemble trop à un carré. 	
--	---	--

Nous pouvons constater que **les composantes organisation et orientation sont presque autant présentes l'une que l'autre**, contrairement aux deux premiers JMM. En effet, puisque cette fois-ci les élèves travaillaient uniquement avec des cônes pour représenter les sommets des figures, nous pouvons les comparer à des points sur un plan qui renvoie à l'idée de ce qu'est un référentiel en ce qui concerne les points précis dans un espace. Par exemple, lors du T2 du Tangram 1, lorsque A4 dit : « non, non, non regarde » et qu'il déplace légèrement le cône de la pointe du triangle pour le mettre sur les lignes au sol, il se réfère à un point précis dans l'espace pour placer son cône.

Figure 49

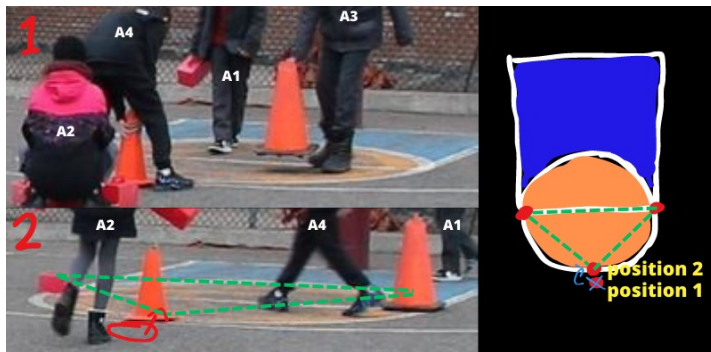
A4 déplace le cône afin qu'il soit sur les lignes tracées au sol



Nous pouvons donc constater dans la figure ci-dessus, que l'élève se réfère aux lignes tracées au sol, afin de placer son point, représenté par un cône, à un endroit précis dans l'espace, c'est-à-dire le centre de l'arc du cercle extérieur à la figure tracée au sol. De plus, dans la même figure, nous pouvons constater que, par la suite, A4 va placer un deuxième cône sur la jonction entre la ligne du cercle et son diamètre du côté droit, lorsque nous observons la photo afin de se donner également un référentiel pour construire le triangle représenté par les lignes vertes dans la figure ci-dessous.

Figure 50

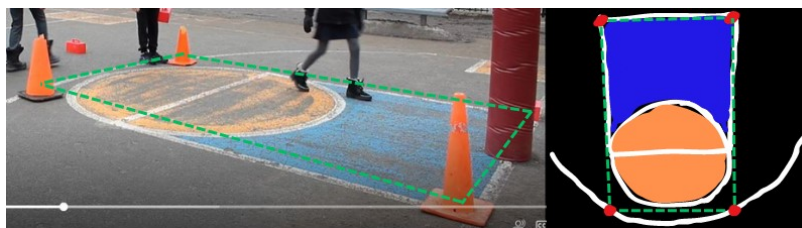
Le triangle du Tangram 1 formé par les cônes



Lors du T2 du Tangram 2, les élèves de l'équipe A ont utilisé la même stratégie pour se **repérer** dans l'espace, mais cette fois, ils ont utilisé la largeur du rectangle bleu pour représenter la largeur de leur rectangle et les points vis-à-vis cette largeur, mais sur le demi-cercle plus large (voir figure ci-dessous).

Figure 51

Réalisation du rectangle du Tangram 2

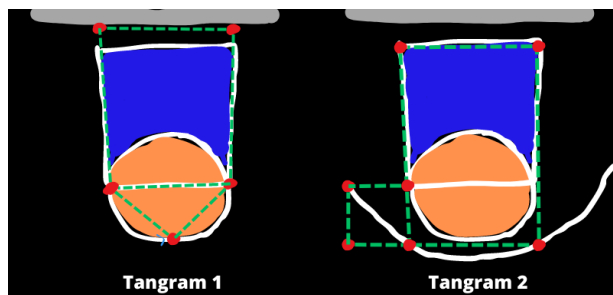


Ces quelques exemples montrent l'usage des lignes tracées au sol comme référentiels utilisés. Un autre type de référentiel que les élèves de l'équipe A ont utilisé sont les repères qu'ils se sont

faits au sol (cônes déjà placés). Par exemple, pour placer le rectangle du Tangram 1, lors du T2, les élèves ont utilisé les deux cônes déjà présents pour le triangle et ont ajouté des cônes en les collant au mur afin d'avoir un rectangle plus grand (voir *Figure 52* [p. 164]). Au départ, ils les avaient mis comme pour le Tangram 2, sur la largeur du rectangle bleu, mais A3 a fait remarquer que ce n'était pas assez long, donc ils ont ajusté en se fiant au bord du terrain et aux cônes déjà présents. Puis, pour le Tangram 2, lors du T2, les élèves de l'équipe A ont utilisé la jonction entre la ligne du cercle et son diamètre pour placer le cône formant un côté du carré. Puis, ils ont placés les cônes restants pour former le carré à distance égale, en se fiant à leur vision et aux cônes présents.

Figure 52

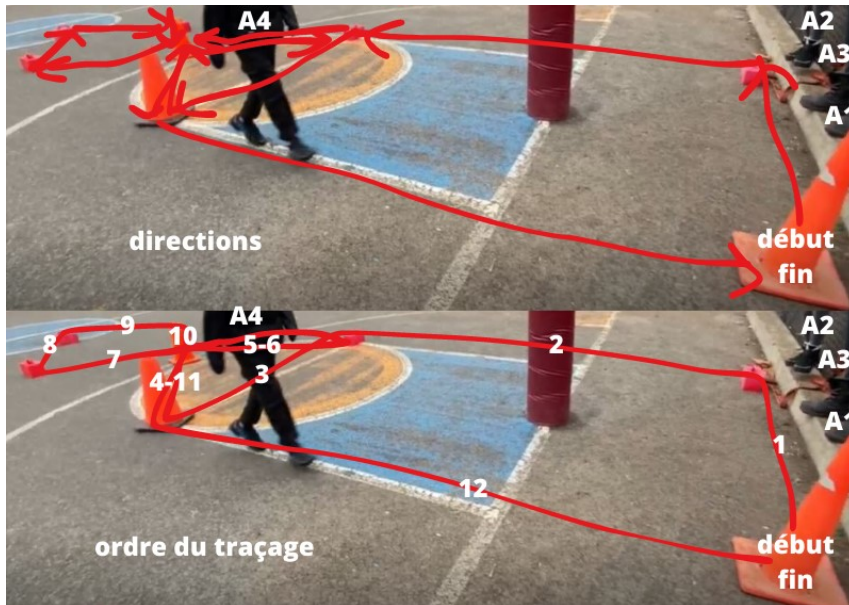
Référentiels pour placer le rectangle du Tangram 1 et le carré du Tangram 2



Ainsi, c'est à partir des cônes du triangle (Tangram 1) et du rectangle (Tangram 2) que les élèves ont pu placer les autres cônes pour former les autres figures des Tangrams. Ces quelques exemples montrent également l'utilisation de la sous-composante repérage de la composante orientation puisque les élèves de **l'équipe A utilisaient les lignes de la moitié d'un terrain de basket pour se repérer dans un environnement**. En effet, dans les exemples précédents, nous pouvons également constater que l'équipe A se repère dans son espace grâce aux différentes lignes au sol, ainsi qu'au bord du terrain. De plus, lors du T3, lorsque A4 et A2 ont tracé les Tangrams, ils se sont aidés des cônes afin de se repérer dans leur environnement et de tracer adéquatement les deux Tangrams. Pour A4, il a tracé adéquatement le Tangram demandé, mais A1 lui a indiqué qu'il avait oublié l'une des longueurs du rectangle, la ligne 12 dans la figure ci-dessous (p. 165). Alors, il l'a tracé après avoir fini le triangle et le carré.

Figure 53

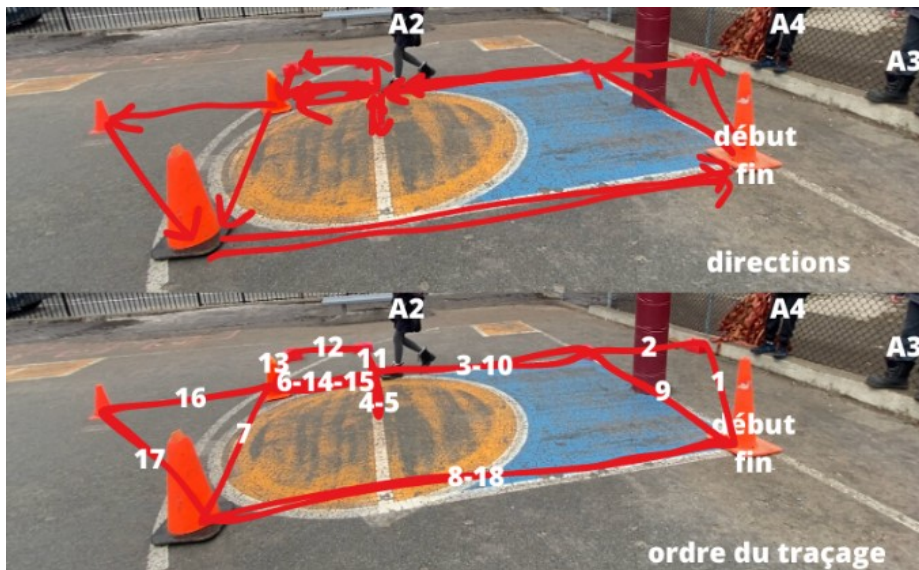
Tracé de A4 pour le Tangram 1



Pour A2, elle a fonctionné sensiblement de la même façon que A4 pour tracer le Tangram 2. Cependant, tout au long de son traçage, elle se parlait et disait quelques figures qu'elle complétait après s'être presque trompée avec le rectangle en se déplaçant sur la ligne au sol plutôt que la ligne de la largeur entre les cônes, comme vous pouvez le constater avec les lignes 4 et 5 de la *Figure 54* (p. 166). Donc, les lignes 4 et 5 ne sont pas supposées être présentes sur le Tangram tracé. Par exemple, elle disait : « Eh! Là, ça va de même. Rectangle. Ici, ici, ici », tout en traçant le rectangle. De plus, deux raisons pourraient expliquer la petite erreur de traçage de l'élève. La première est que, lors du Tangram 1, c'était à cet endroit que le rectangle se terminait, donc elle aurait pu confondre les deux montages de leur Tangram en se souvenant que le rectangle était à cet endroit. La deuxième explication pourrait être qu'il y a un cône à cet endroit, pour le carré, mais il est sur une ligne traversant jusque de l'autre côté du rectangle, ainsi A2 aurait pu confondre le cône du carré pour le cône du rectangle. Toutefois, nous ne pouvons être certaines de ces avancements puisque A2 n'a pas expliqué son erreur, il s'agit donc de supposition.

Figure 54

Tracé de A2 pour le Tangram 2



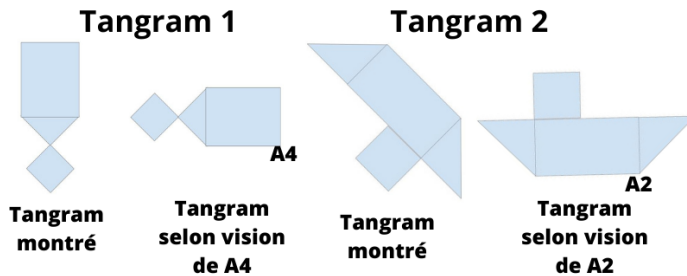
De plus, A2 traçait majoritairement une figure à la fois, puisqu'elle voyait les figures une à la fois lorsqu'elle les traçait. Cela pourrait expliquer également pourquoi elle passe trois fois (les numéros 6, 14 et 15 dans la figure ci-dessus) sur la ligne du carré qui est relié à celle du rectangle, car elle y passe une première fois pour tracer son rectangle, puis elle repasse pour tracer son carré, mais comme il lui reste le triangle rectangle à côté, elle repasse par-dessus sa ligne déjà tracée. Toutefois, selon son tracé, nous pouvons également déduire qu'elle voyait certaines lignes de son tracé, comme les largeurs de son rectangle, puisqu'elle ne les a tracés qu'une seule fois, même si elles étaient également l'une des cathètes des deux triangles rectangles. Ainsi, les lignes complètes étaient visibles pour elles, alors qu'une section d'une ligne comme la section où le carré est sur le rectangle ne l'était peut-être pas.

Dans les deux derniers exemples, les deux tracés des élèves, nous pouvons également faire ressortir un autre élément appartenant à la catégorie du repérage dans la composante de l'orientation, il s'agit des *spatial thoughts*. En effet, A2 et A4 montrent une certaine capacité à **se représenter un objet selon plusieurs points de vue** tout au long de leur traçage respectif puisqu'ils changent régulièrement de point de vue en traçant les Tangrams. De plus, lors des

tracés, ces deux élèves ne commencent pas à un point de vue où ils ont vu le Tangram, ils se placent par rapport à un autre endroit, comme le montre la figure 55.

Figure 55

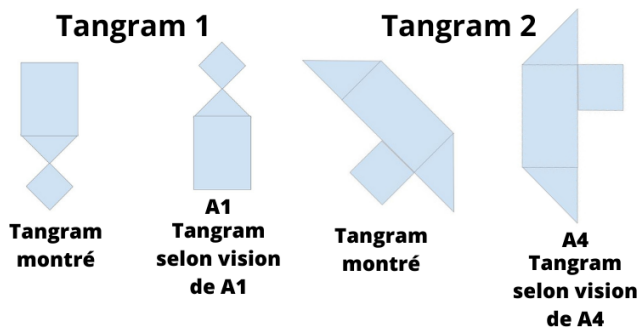
Tangrams montrés vs Tangrams vus par la position de base des élèves A2 et A4



En outre, lors du traçage du Tangram 1 (T3), A1 fait remarquer à A4 qu'il a oublié l'une des longueurs du rectangle. Donc, cela veut dire qu'il arrivait à voir les figures tracées par A4, tout en étant dans un autre point de vue puisqu'il se situait en haut du Tangram montré et qu'il voyait donc le Tangram à l'envers (voir *Figure 53* [p. 165]). Puis, lors du tracé de A2 (T3 du deuxième Tangram), A4 a fait remarquer à A2 que la première figure qu'elle traçait était le triangle et qu'elle avait oublié de tracer l'une des cathètes. Puis, lorsque A2 avait terminé de tracer au minimum une fois toutes les lignes du Tangram, en finissant la ligne 17 (voir *Figure 54* [p. 166]), A4 dit : « Voilà! » Il avait donc visualisé les différentes lignes que A2 avait tracées pour former les figures composant le Tangram et il avait constaté que le Tangram était finalisé en étant placé d'un autre point de vue que celui montré. Il arrive donc à se décentrer de l'image de base.

Figure 56

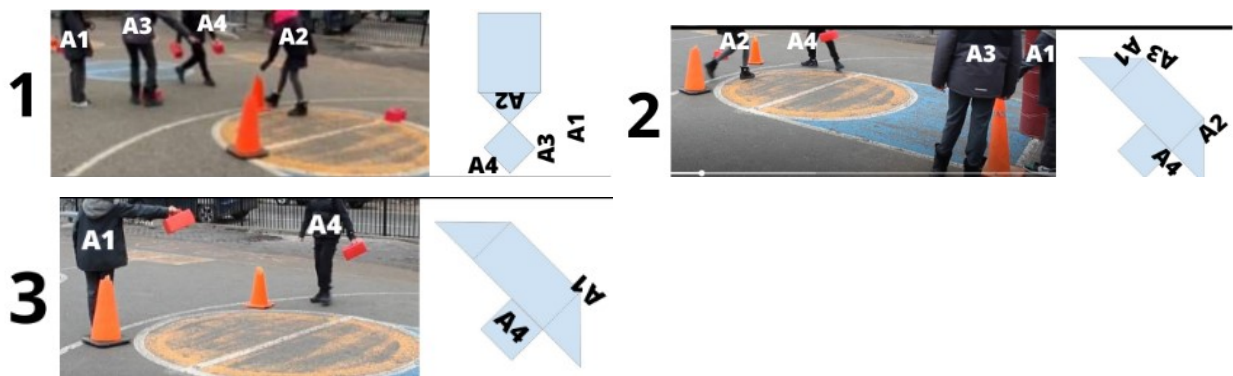
Tangrams montrés vs vision de A1 et A4 qui sont externes au traçage



Non seulement les élèves de l'équipe A ont montré qu'ils arrivaient à se représenter un objet selon différents points de vue lors des traçages des élèves (T3), mais ils ont également utilisé diverses représentations tout au long de la fabrication des deux Tangrams (T2). Effectivement, lorsque les élèves plaçaient les cônes pour former les Tangrams (T2), ils étaient à plusieurs reprises dans une autre position que celle du Tangram montré. Voici quelques exemples dans la figure ci-dessous.

Figure 57

Quelques exemples des différents points de vue lors des fabrications des Tangrams



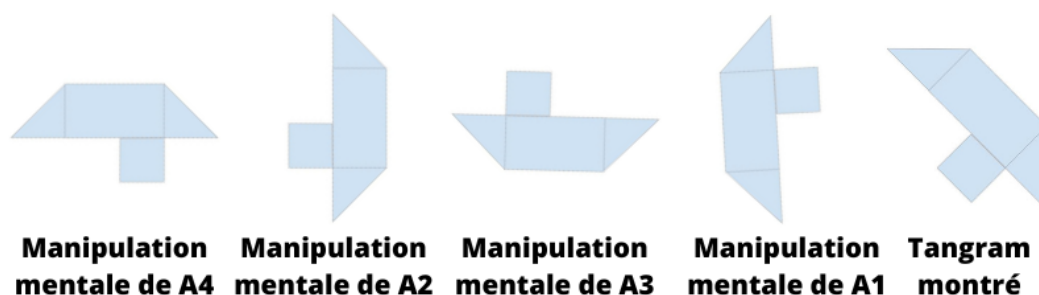
Dans la première image, nous pouvons constater qu'il n'y a que A4 qui voit le Tangram comme il a été montré, alors que les autres membres de l'équipe se représentent le Tangram 1 d'un autre point de vue, que ce soit à l'envers pour A2 ou sur le côté pour A1 et A3. Dans l'image 2, toute l'équipe A se représente le Tangram 2 d'un autre point de vue, soit à l'envers pour A3, légèrement incliné vers la droite pour A2, légèrement incliné pour A4 ou à l'envers et légèrement incliné pour A1. Puis, dans la troisième image, nous pouvons constater que A1 se représente le Tangram à l'envers, alors que A4 est encore dans une vision légèrement inclinée vers la gauche du Tangram 2.

Néanmoins, il ne faut pas oublier la **composante organisation** qui est également très présente dans cette activité, tout comme dans les activités précédentes, par l'utilisation des IM et de l'**articulation des figures**. En effet, dans les exemples précédents, nous avons déjà pu voir quelques manifestations de ces IM par leur manipulation mentale. En effet, puisque les élèves de l'équipe A arrivent à se représenter les Tangrams de différents points de vue, cela nécessite

également de leur part une certaine manipulation mentale des figures ou même des Tangrams afin de se les représenter dans leur tête, comme nous avons pu le voir dans les précédentes figures (*figure 55* [p. 167], *figure 56* [p. 167] et *figure 57* [p. 168]). Par exemple, nous pourrions prendre la deuxième image de la *figure 57* (p. 168), et voir chacune des manipulations mentales pour les membres de l'équipe A.

Figure 58

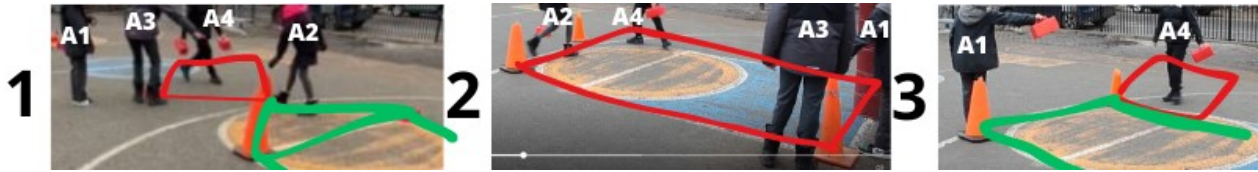
Manipulations mentales de l'image 2 de la figure précédente



De plus, puisque dans cette activité les élèves n'utilisaient que des cônes pour représenter les sommets des figures à représenter, cela leur demandait de faire appel à leurs IM pendant la fabrication des figures (T2) ainsi que lors du traçage des figures des Tangrams (T3) puisqu'ils n'avaient que comme repères les cônes faisant office de sommets. **Iels devaient ainsi visualiser les lignes formant les figures dans leur tête.** Par exemple, dans l'image 1 de la *figure 59* (p. 170), les élèves de l'équipe A sont en train de placer les cônes formant le carré, qu'ils appellent le losange (T2). Iels doivent donc s'imaginer les lignes du carré pour savoir où sont les sommets de ces lignes. Dans l'image 2, toute l'équipe A déplace les cônes du rectangle du Tangram 1 pour fabriquer le rectangle du Tangram 2 (T2). Iels visualisent donc qu'ils auront besoin d'un espace à côté du rectangle pour placer une autre figure, le triangle rectangle, qui n'était pas présent à cet endroit lors du premier Tangram. Finalement, dans la troisième image, A1 indique à A4 où sera le carré (T2). Il visualise ainsi la figure dans sa tête afin de communiquer son emplacement à son pair. Veuillez noter que les lignes rouges symbolisent la figure qu'ils sont en train de fabriquer ou de communiquer, puis les lignes vertes représentent les figures déjà construites dans la figure qui suit.

Figure 59

Quelques exemples d'images mentales



De plus, lors de la fabrication du Tangram 1 (T2), les élèves de l'équipe A montrent d'autres indices de l'utilisation des IM. Par exemple, avant d'entamer la fabrication du Tangram, A2 avait dit : « Ok ! Donc, mettons c'est rectangle, triangle, pis après y avait un car eh un (inintelligible) » et elle pointe les endroits sur le terrain. **Cela lui demande de visualiser le Tangram et les figures l'une par rapport aux autres, en plus d'articuler leur position dans un espace**, qui sont deux autres éléments démontrant l'utilisation de la composante organisation à l'aide de l'articulation de la position de l'objet.

Figure 60

A2 communique la position des figures du Tangram 1



Ainsi, dans la figure ci-dessus, nous pouvons voir que A2 articule la position des figures dans l'espace. Cependant, en les nommant dans cet ordre et en disant le mot « après », cela insinue également une certaine articulation des figures par rapport aux autres. D'ailleurs, lorsqu'elle montre les figures, elle pointe l'endroit du rectangle et du triangle avec un seul bras, mais lorsqu'elle arrive au carré, elle montre son positionnement par rapport à celui du triangle en indiquant avec ces deux bras la position de ce quadrilatère.

Un autre exemple est lorsque A1 avait communiqué lors du T2 du Tangram 1 : « Check, on peut se baser sur ici, là (articulation de la position d'un objet dans l'espace). Genre là, le rectangle (articulation de la position d'un objet dans l'espace). Là, le triangle (articulation de la position

d'un objet dans l'espace). Puis on fait le (inintelligible) (articulation de la position d'un objet dans l'espace). Ouais, c'est ça. » Toutefois, **en les positionnant dans l'espace, il les articule également l'une par rapport aux autres** puisque chacune des figures est située l'une en-dessous de l'autre selon son énumération. Puis, la façon dont il gesticule et le montre, il positionne les figures l'une par rapport aux autres. Les traits rouges dans la figure ci-dessous représentent les tracers que A1 effectue avec ses mains dans les airs.

Figure 61

A1 communique la position des figures du Tangram 1



Ces articulations sont également présentes lors de la fabrication du Tangram 2 de l'équipe A (T2). Par exemple, A2 a mentionné : « y a un triangle là aussi ». Ainsi, elle **articule la position de la figure dans l'espace en montrant sur le terrain de basket où le triangle irait et en positionnant le triangle par rapport au rectangle** déjà placé par les cônes. A2 utilise donc également son IM de la figure afin de visualiser le rectangle et le triangle déjà placés ainsi que le triangle dont elle parle.

Figure 62

A2 communique la position de l'autre triangle



Dans la figure ci-dessus, nous pouvons constater les figures déjà tracées par les autres cônes en observant les lignes bleues et nous pouvons également remarquer l'endroit que A2 montre pour placer l'autre triangle représenté par le trait vert. Puis, cet exemple n'en est qu'un parmi plusieurs

autres moments dans la fabrication du Tangram 2 où nous pourrions retrouver la composante organisation.

Un exemple où nous pourrions voir uniquement l'articulation d'une partie du Tangram par rapport à une autre partie est lorsque A1 a expliqué sa stratégie pour mémoriser le Tangram 1 (T4). Il nommait d'abord les figures (rectangle, triangle, losange) et ensuite, il mémorisait leurs positions. Par exemple, il s'était dit « le bout du losange était aussi le bout du triangle ».

Ainsi, **pour ce JMM, les élèves de l'équipe A ont davantage utilisé la composante orientation que lors des JMM précédents.** Cela est dû au fait qu'ils ont utilisé les spatial thoughts, le repérage dans un environnement (en particulier lors des traçages, T3) et l'utilisation de points précis dans un espace à l'aide des cônes pour se repérer dans l'espace, au lieu de seulement les spatial thoughts. En ce qui concerne **la composante organisation, nous pouvons remarquer sa présence tout au long du JMM, que ce soit par l'utilisation des IM ou l'articulation des positions des figures.** Toutefois, à la différence des deux JMM précédents, où la distinction entre les deux composantes était plus claire, nous observons un chevauchement entre les deux tout au long du JMM. En effet, les cônes ne représentent que des sommets et les élèves devaient imaginer les lignes entre les cônes. En outre, l'équipe A utilise davantage l'articulation de la position de l'objet dans l'espace par rapport aux JMM précédents. En général, l'équipe A semble avoir progressé dans l'utilisation des deux composantes, car nous avons constaté une diversité de manifestations.

4.3.2 Les différents niveaux d'abstraction

Pour le JMM 3, nous avons prévu que les élèves utiliseraient les trois niveaux d'abstraction (voir *figure 48* [p. 159]). 2.1.1.2 La deuxième balise : les différents niveaux d'abstraction

Tableau 20

Grille d'observation des manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par l'équipe A lors du JMM 3

Grille d'observation		
Catégories des manifestations des CS	Manifestations des CS relevant des différents niveaux d'abstraction	Explications et exemples des actions des élèves

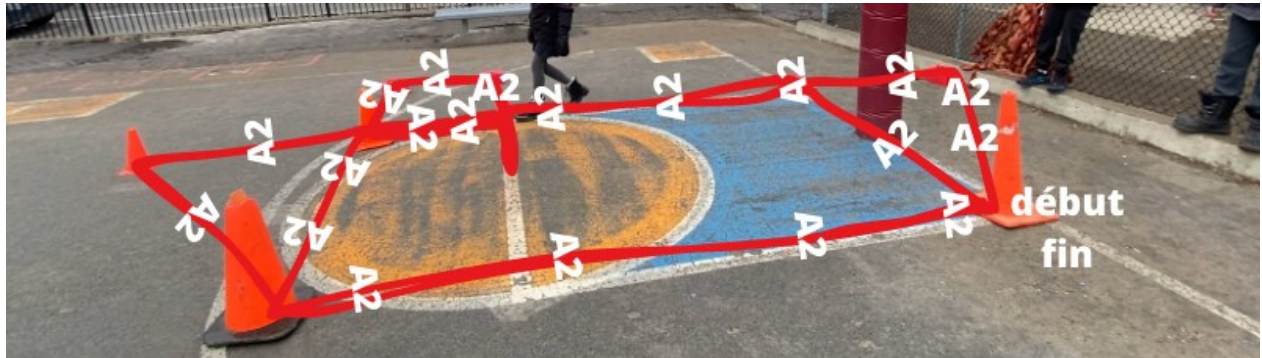
	(archéologique / photographique / scénographique)	
Sur l'objet (reconnaitre, décrire, fabriquer ou transformer)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 reconnaît que le Tangram 1 de l'activité 3 ne correspond pas aux Tangrams des JMM 1 et 2 (T1). 2. A2 et A1 décrivent le carré du Tangram 1 comme un losange lorsque l'équipe est en train de fabriquer le Tangram 1. 3. Une fois le Tangram 2 terminé de fabriqué, A1 et A2 vont se placer sous le carré pour observer le Tangram, alors que A3 et A4 restent à leurs places. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 fait appel à son IM des Tangrams des deux premières activités (photographique) pour constater qu'il ne s'agit pas du Tangram qu'il a sous les yeux (archéologique). 2. Puisque le carré est dans une position non-prototypique, A2 et A1 pense qu'il s'agit d'un losange. Iels n'arrivent donc pas à manipuler la figure mentalement (photographique). 3. Étant donné que A1 et A2 vont se placer dans la position que le Tangram a été montré pour comparer leur IM (photographique) avec leur construction (archéologique), nous pourrions dire qu'ils se situent au niveau photographique. Alors que A3 et A4 observent le Tangram d'un autre point de vue et donc se décentrent à l'image montrée (scénographique).
Sur la position fixe de l'objet (déplacer, trouver, communiquer)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 communique la position des cônes pour former le carré en étant à l'envers de l'image montré du Tangram 2. 2. A4 déplace légèrement un cône représentant la pointe du triangle et du carré pour le mettre sur les lignes au sol, en étant décentré de la position du Tangram 1 montré. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Puisque A1 communique la position des cônes pour former le carré, en n'étant pas dans la position où le Tangram avait été montré, cela peut montrer une décentration de l'élève ou une manipulation mentale (scénographique). 2. Puisque A4 se décentre et voit le Tangram d'un autre point de vue lorsqu'il déplace le cône (archéologique, puisqu'il voit ce qu'il fait en temps réel), il pourrait se retrouver dans le niveau scénographique.
Sur la position dynamique de l'objet (reconnaitre, décrire, construire, transformer un	<ol style="list-style-type: none"> 1. A4 trace le Tangram 1 et A2 trace le Tangram 2 en se déplaçant entre les cônes (T3). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Puisque les élèves sont en mouvement sur le Tangram lors de leur traçage, cela leur demande de se décentrer par rapport à au Tangram demandé à chaque déplacement (scénographique).

espace de vie ou de déplacement, déplacer, assembler, décomposer, plier, réorganiser)		
Ajoutées par Marchand (2020) (anticiper l'action à effectuer, rechercher différentes façons de procéder)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A1 tourne sa tête sur le côté pour voir le Tangram 1 dans un autre sens que celui montré. 2. A1 anticipe le nombre de cônes (8) pour fabriquer le Tangram 1. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Puisque A1 tourne sa tête pour voir le Tangram dans un autre angle (archéologique), nous pouvons supposer qu'il ne fait pas de manipulation mentale et que l'image qu'il enregistre est comme une photo (photographique). 2. Puisque A1 dit aux autres membres de son équipe qu'il leur faudra huit cônes, une fois l'image enlevé, cela nécessite de sa part qu'il est une image du Tangram dans sa tête (photographique).

Comme nous avons pu le constater également dans la section précédente (p. 159), tous les élèves de l'équipe A arrivent à se décentrer de la position du Tangram qui avait été montré lors du T1. Ainsi, **toute l'équipe se situe de temps à autre au niveau scénographique**. Par exemple, lorsque les élèves A4 et A2 tracent respectivement les Tangrams 1 et 2 (T3), tout au long de leurs déplacements entre les cônes, les élèves doivent se représenter le Tangram dans une position différente. Voici un exemple avec le tracé de A2.

Figure 63

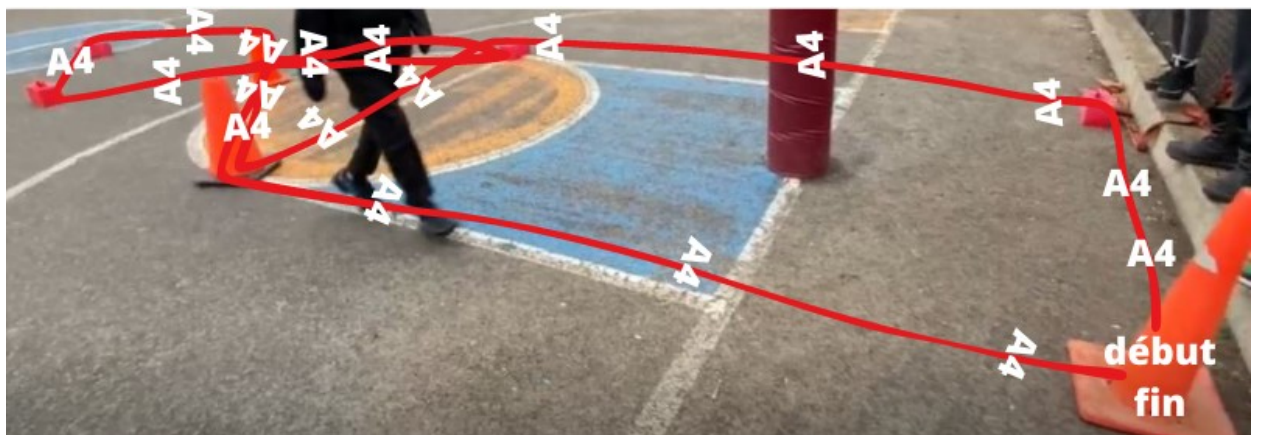
Tracé de A2 du Tangram 2 selon ses différentes positions



Ainsi, nous pouvons constater dans cette figure que A2 change d'orientation à plusieurs moments lors du tracé et donc, elle se décentre de plusieurs façons par rapport au Tangram montré. Elle énonce d'ailleurs, à la fin de son tracé, que pour s'aider à se déplacer entre les cônes, elle visualisait une figure à la fois et qu'elle se voyait se déplacer sur la figure (T4). Ainsi, nous pouvons supposer qu'elle se situait bien dans le niveau scénographique, puisque lors de ses déplacements, elle se voyait sur les figures. Il s'agit des mêmes constats avec A4 lors de son tracé, mais avec le Tangram 1 plutôt que le deuxième.

Figure 64

Tracé de A4 du Tangram 1 selon ses différentes positions

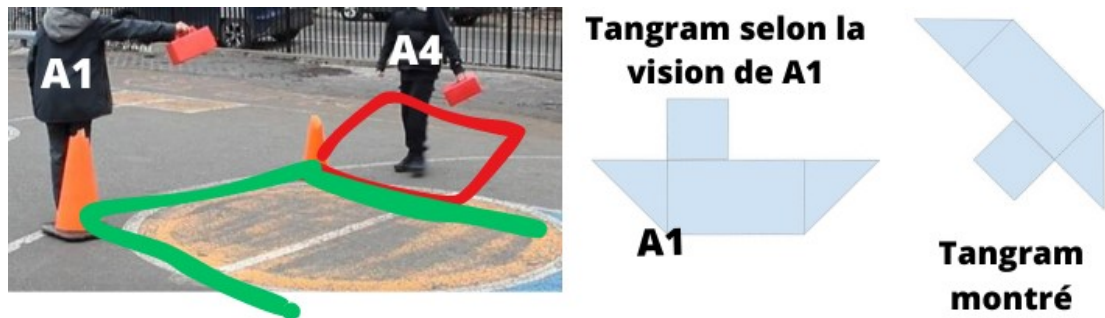


Nous pouvons donc conclure que lui aussi se situe au niveau scénographique.

En ce qui concerne A1 et A3, ils n'ont pas tracé les Tangrams, mais lors de la fabrication des Tangrams (T2), ils ont, à plusieurs reprises, placés ou déplacés les cônes représentant les sommets des figures en n'étant pas dans la position du Tangram montré. Ainsi, ils se décentraient des Tangrams de base et utilisaient le niveau scénographique. Par exemple, lors de la fabrication du Tangram 2, A1 communique la position du carré à A4 en étant situé à l'envers du Tangram montré. De plus, dans le Tangram montré, le carré était en position non-prototypique, alors que dans la position qu'il se trouve, le carré est maintenant en position prototypique, cela montre qu'il a effectué une manipulation mentale du Tangram de base.

Figure 65

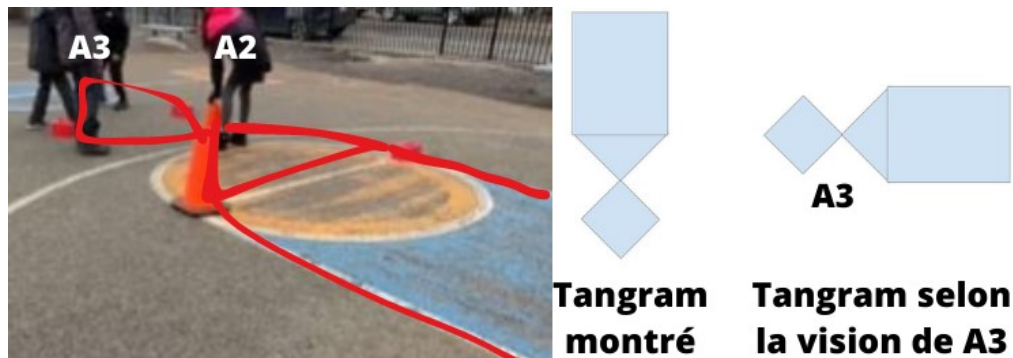
A1 communique la position du carré à A4 par rapport au rectangle



Nous pouvons donc constater que A1 s'est décentré par rapport au Tangram montré et à effectuer une manipulation mentale de celui-ci pour le mettre dans la position qu'il avait besoin pour communiquer à A4 la position du carré. En ce qui concerne A3, nous pourrions énoncer le moment où il répond à A2, qui cherchait à savoir ce que le cône devant elle représentait dans le Tangram 1, que le cône représente la pointe du triangle et du losange, tout en étant sur le côté du Tangram.

Figure 66

A3 indique à A2 ce que représente le cône devant elle



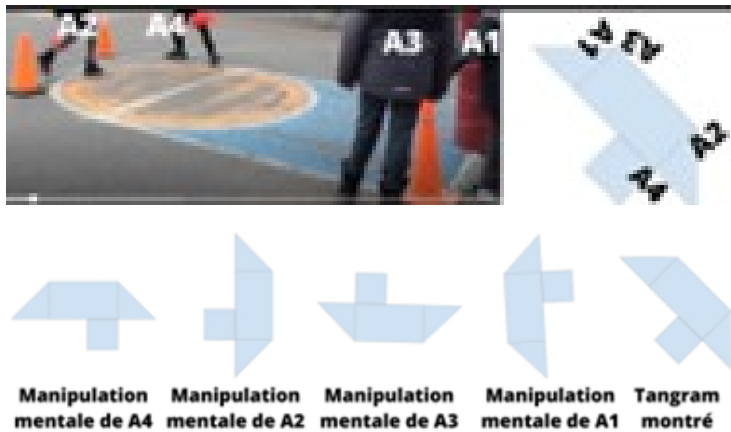
A3 s'était donc décentré du Tangram montré à la base, ce qui implique l'utilisation du niveau scénographique.

Ce qui est particulier avec la position du carré dans les deux Tangrams est qu'il est positionné dans la même orientation, position non-prototypique avec le même angle d'inclinaison, mais dans l'un des Tangrams, il n'est que rattaché par la pointe de l'autre figure (Tangram 1), alors que dans l'autre, un de ses côtés est entièrement collé à un côté d'une autre figure (Tangram 2) (voir *figure 8* [p. 98] pour un rappel des Tangrams du JMM 3). Puis, lors du T2 du Tangram 1, A1 et A2 s'entendaient pour dire qu'il s'agissait d'un losange, tandis que lors du Tangram 2, ils se sont entendus pour que ce soit un carré. Ainsi, nous pourrions conclure que ces élèves ont une connaissance partielle de cette figure puisque selon ce qui entoure la figure, ils arrivaient à se l'imaginer comme un carré en le manipulant mentalement (niveau scénographique) alors que d'autres fois, ils n'y arrivaient pas (niveau photographique). Il est toutefois possible que les figures autour du carré aient aidé. En effet, pour le premier Tangram, le carré n'était que rattaché par le sommet au triangle, alors que dans le Tangram 2, le carré était collé sur le rectangle.

Puis, comme nous avons pu le constater avec quelques exemples dans la section précédente (p. 159), **les élèves de l'équipe A se sont décentrés à plusieurs moments afin de visualiser le Tangram dans une autre position lors de la fabrication des Tangrams (T2)**. Si nous reprenons l'exemple du Tangram 2, il y a eu un moment où les quatre élèves de l'équipe ne se trouvaient pas dans la position montrée du Tangram.

Figure 67

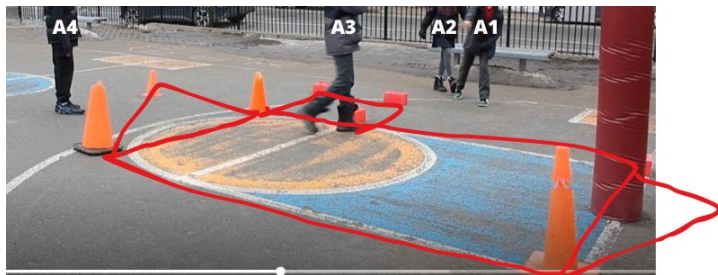
Décentration des quatre membres de l'équipe A pendant la fabrication du Tangram 2



À cet instant, les quatre membres de l'équipe A étaient en train de placer les cônes formant le rectangle du Tangram 2. Puis, comme le montre la figure ci-dessus, nous pouvons constater que tous les élèves ont effectué une certaine manipulation mentale (niveau scénographique) de leur IM pour arriver à déplacer les cônes du rectangle du Tangram 1 vers celui du rectangle du Tangram 2 (niveau archéologique). Une fois que l'équipe a eu fini de placer tous les cônes du Tangram 2, A1 décrit le Tangram en se décentrant du Tangram montré de base (niveau scénographique). Cependant, A2 va se placer à côté de A1 afin de voir la même chose que A1 décrit lorsqu'il pointe les différentes figures en faisant appel à leur IM (niveau photographique) selon les cônes placés (niveau archéologique). Alors que A3 et A4 restent où ils étaient déjà pour effectuer le même exercice, mais en se décentrant de l'image montrée par A1 (niveau scénographique).

Figure 68

Positions des élèves de l'équipe A pour observer leur Tangram 2



Dans la figure, nous pouvons constater que A3 est en mouvement, mais il ne se déplace pas vers A1. En fait, il marche autour du carré en décrivant lui aussi qu'il s'agit du carré. Sinon, lors de la description des autres figures par A1, A3 se situait sur la ligne qui est la jonction entre le triangle rectangle et le rectangle à gauche de cette figure. Cependant, il ne faut pas négliger que si nous comparons au Tangram montré au début de l'activité, les quatre élèves sont décentrés de cette image (niveau scénographique).

Figure 69

Positions des élèves de l'équipe A pour observer leur Tangram 2 selon le Tangram montré



Ainsi, si nous prenons les éléments présents dans le tableau et dans le texte, nous pouvons constater que **les élèves de l'équipe A ont utilisé les trois niveaux d'abstraction** comme lors de l'activité 1 et 2. Toutefois, cette fois-ci, **le niveau scénographique est beaucoup plus présent chez tous les membres de l'équipe et ce tout au long de l'activité**. Ce niveau semble donc davantage développé que lors des JMM précédents puisqu'il a été utile pendant la fabrication des Tangrams (T2) ainsi que lors de leur traçage par les élèves (T3).

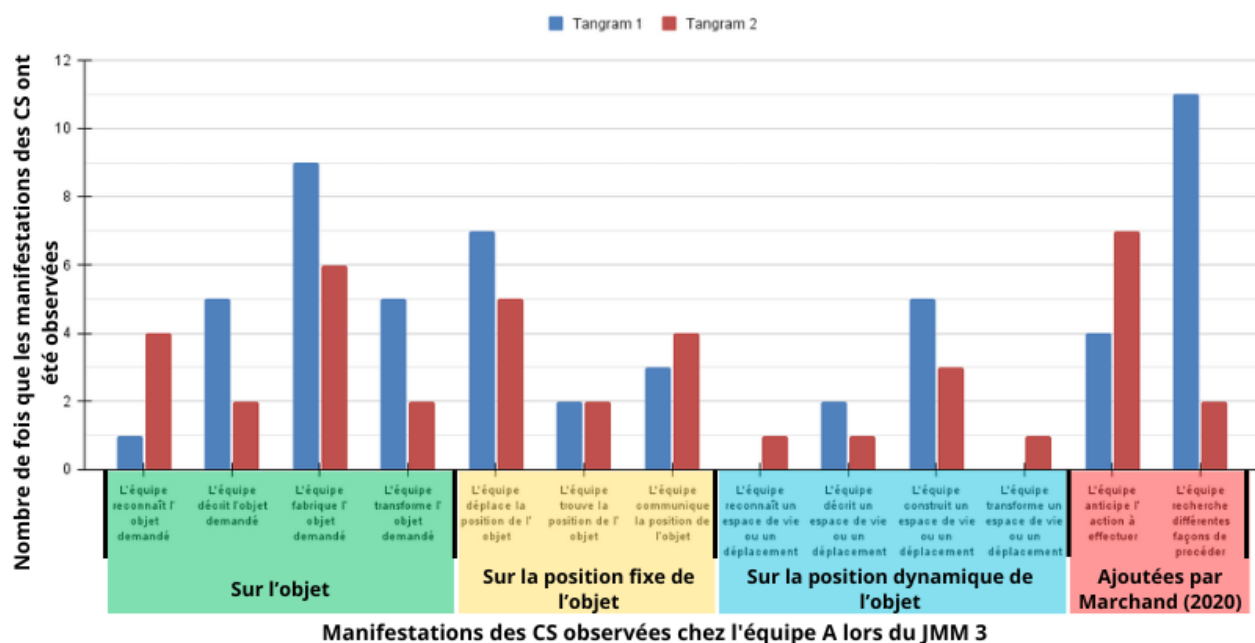
4.3.3 Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées

Pour cette section, nous analyserons le matériau selon les manifestations des CS relevant des tâches effectuées par les équipes et du maillage entre les manifestations. Pour ce troisième JMM, nous avons prévu que les élèves manifesteraient les CS par les tâches suivantes : 1) observer ou toucher, identifier, décrire; 2) repérer, situer, cartographier, coordonner les perspectives; 3) construire, représenter; et 4) anticiper, rechercher. Toutefois, l'équipe A a finalement utilisé toutes les manifestations des CS, tout comme lors des autres JMM. Cependant, contrairement aux deux précédents JMM, les élèves ont touché aux manifestations des CS relevant de la position dynamique de l'objet. Cela s'explique par le fait que les élèves ont dû se déplacer entre les cônes

pour tracer les lignes des figures se trouvant dans les Tangrams. Ce n'était donc pas le Tangram qui était dynamique en tant que tel, mais le fait qu'il fallait le construire en étant dynamique dans l'espace pour tracer les lignes. Ainsi, dans la figure ci-dessous, nous constaterons les manifestations des CS qui ont été le plus souvent observées chez l'équipe A lors du JMM 3 pour les deux Tangrams construits.

Figure 70

Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe A lors du JMM 3



Dans le diagramme ci-dessus, nous pouvons constater qu'il y a **plusieurs manifestations des CS qui sont beaucoup plus présentes que lors des activités précédentes, ce qui augmente par le fait même le nombre de manifestations des CS relevant des tâches effectuées** par les élèves pendant toute la fabrication des Tangrams. En effet, si nous comptabilisons le nombre de manifestations qui a été effectué par les élèves de l'équipe A, nous pouvons constater que pour ce troisième JMM, il y a un total de 54 manifestations pour le premier Tangram et de 40 pour le deuxième. Alors que pour le deuxième JMM, il y en avait 28 pour le Tangram 1 et 24 pour le Tangram 2 (voir *figure 40* [p. 149]). Puis pour le premier JMM, c'était un total de 14 manifestations pour le premier et le deuxième Tangrams et de 33 pour le troisième (voir *figure 19* [p. 123]).

Si nous nous concentrons plus sur les manifestations du JMM 3, nous pouvons constater que **les manifestations d'anticipation et de recherches sont très présentes** lors de la fabrication des deux Tangrams (T2). En effet, à plusieurs moments, les élèves de l'équipe A ont d'abord anticipé le nombre de cônes dont ils auront besoin, la position des différentes figures l'une par rapport aux autres avant de poser les cônes qui représentaient les sommets des figures ou encore les lignes des figures avant de les tracer en se déplaçant entre les cônes. Pour ce qui est de la recherche, l'équipe A a voulu trouver d'autres façons 1) de visualiser le Tangram montré en se tournant la tête sur le côté par exemple, 2) de composer leur construction en se comparant avec d'autres équipes, 3) de fabriquer leur Tangram, par exemple en n'utilisant non seulement la vue, mais également la mesure pour placer les différents cônes et 4) de mémoriser le Tangram en nommant les figures d'abord, puis en les positionnant par la suite.

Nous pouvons également observer une **forte utilisation des manifestations de fabrication des figures et de déplacement de la position fixe de l'objet**. Cela s'explique par les nombreux placements et déplacements des cônes qui représentaient les sommets des figures afin de fabriquer les Tangrams (T2). L'équipe A, voulant représenter le plus fidèlement possible chacune des figures, a même utilisé la mesure pour s'assurer que les cônes du carré, qu'ils appelaient le losange, étaient tous à égale distance en ce qui concerne la mesure des côtés de la figure. Cela a donc augmenté le nombre de déplacements des cônes lors du Tangram 1, puisque le carré n'était pas en position prototypique et que les élèves n'avaient pas de repères visuels au sol, contrairement au Tangram 2, où ils ont utilisé les lignes du terrain de basket pour placer leur carré.

Figure 71

Utilisation de la mesure pour le Tangram 1 et les repères visuels pour le Tangram 2



Ainsi, comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessus, pour le Tangram 1, les élèves de l'équipe A ont mesuré la distance entre chaque cône formant le carré avec les souliers de A1 afin de s'assurer que les distances étaient équivalentes. Puis, pour le carré du Tangram 2, les élèves ont utilisé les lignes du terrain de basket pour placer les cônes, soit sur le point du diamètre de son cercle, sur le point de l'arc du grand cercle externe et entre les deux cercles. Pour le dernier cône, qui n'est pas sur des lignes au sol ou entre deux lignes, les élèves de l'équipe A se sont fiés aux deux cônes « touchant » l'arc de cercle externe et l'aligné avec ceux-ci.

Nous pouvons également remarquer dans le diagramme à bandes ci-dessus que **la construction d'un déplacement est plus présente pour le premier Tangram que le deuxième Tangram**. Cela s'explique par le fait que lors de la fabrication du Tangram 1 (T2), A1 a mesuré avec ses pieds la distance entre les cônes pour construire le carré et donc, par le fait même il a construit un déplacement entre les cônes.

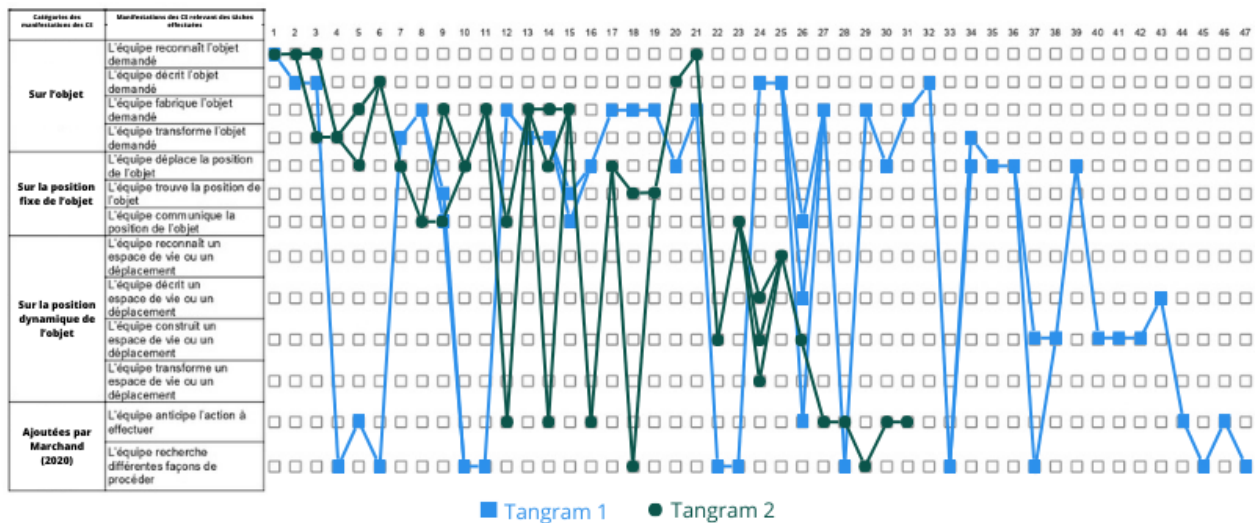
Puis, tout comme lors du JMM 2, **la description de l'objet et la communication de la position fixe de l'objet sont assez présentes**. Cela pourrait impliquer que lorsque les élèves ne voient pas les figures telles quelles, comme avec les draps lors du JMM 1, ils ont besoin de plus communiquer et décrire l'IM qu'ils ont afin de se comprendre pour la fabrication de l'objet demandé.

Nous pouvons noter également, que **lors du Tangram 2, l'équipe A a utilisé les quatre manifestations des CS sur la position dynamique de l'objet**, alors que pour le Tangram 1, elle n'en avait utilisé que deux. Cela montre que les deux élèves ayant tracé les Tangrams ont procédé de façon différente (T3). Effectivement, A4, qui avait tracé le premier Tangram, n'avait pas fait d'erreur et ne se déplaçait qu'entre les cônes pour construire le déplacement, alors que A2, qui a tracé le Tangram 2, a commis une petite erreur comme expliqué dans la section 4.3.1 (p. 159), plus précisément à partir de la *figure 54* (p. 166). Cela a impliqué une transformation du déplacement puisqu'elle a suivi les lignes au sol brièvement, puis elle est finalement retournée sur les « lignes » entre les cônes. À partir de cet instant, elle décrivait son déplacement en parlant à voix haute. Cela devait l'aider à rester concentrée sur son déplacement.

Un autre fait intéressant à analyser sur les manifestations des CS relevant des tâches effectuées par les élèves lors de la réalisation des Tangrams est le maillage, l'ordre qui existe entre celles-ci.

Figure 72

Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe A lors du JMM 3



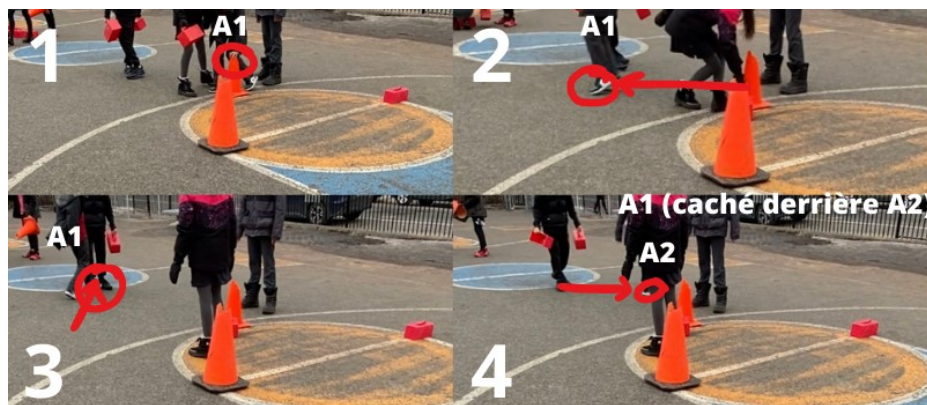
Tout comme pour les deux premiers JMM, nous pouvons constater que **les manifestations ne sont pas linéaires. Les élèves font plusieurs allers-retours entre les manifestations des CS et même entre les catégories de celles-ci.** Cependant, cette fois-ci, il y a également des tâches provenant de la catégorie des manifestations des CS sur la position dynamique de l'objet.

Effectivement, ce JMM demandait aux élèves de créer un déplacement entre leurs cônes. Ainsi, cela impliquait cette catégorie qui n'était pas nécessaire lors des deux premiers JMM. De plus, nous pouvons remarquer qu'il y a beaucoup plus d'étapes que lors des précédents JMM, soit près d'une vingtaine de plus puisque le JMM 1 comportait 30 étapes (voir *figure 42* [p. 152]) et que le JMM 2 en avait 29 (voir *figure 24* [p. 127]).

Nous pouvons également observer que **certaines manifestations se produisent simultanément**, comme lors du JMM 2. En effet, pour le Tangram 1, nous constatons qu'il y a celles impliquant de trouver et de communiquer la position fixe de l'objet aux étapes 9 et 15. Par exemple, ces manifestations correspondent aux moments où A2 (étape 9) et A1 (étape 15) trouvent la position des figures du Tangram et communiquent à leurs coéquipières ces positions en les montrant des figures du Tangram et communiquent à leurs coéquipières ces positions en les montrant par rapport au sol (T2). Et puisqu'ils trouvent les positions des figures en les communiquant, les manifestations sont donc simultanées. Vous pouvez d'ailleurs retrouver les images de ces communications aux *figures 60* (p. 170) et *61* (p. 171). Ensuite, à la 26^e étape, nous remarquons que trois manifestations sont utilisées simultanément, soit la communication de la position de l'objet fixe, la description d'un déplacement et l'anticipation de l'action à effectuer. Cela réfère au moment où A1 communique la position que les cônes pourraient avoir (anticipation), tout en décrivant le déplacement à effectuer entre les cônes pour fabriquer le carré.

Figure 73

A1 communique et anticipe la position des cônes en décrivant le déplacement du carré

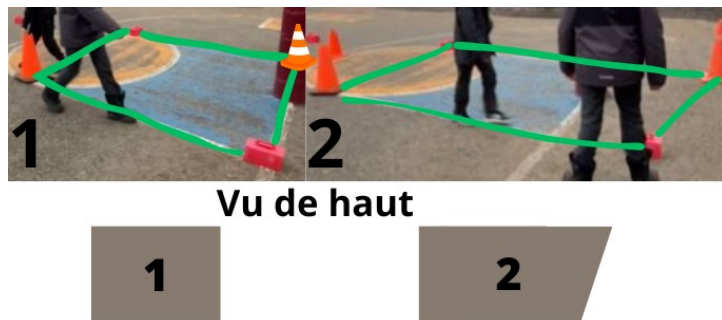


Ainsi, dans la figure ci-dessus, nous pouvons remarquer A1 se déplaçant entre les « cônes » qui ne sont pas encore présents. Pendant, son déplacement, nous pouvons l'entendre dire : « facque

ici, le relier ici et ici, pis le relier là ». Puis, à l'étape 34, nous retrouvons la transformation de l'objet demandé ainsi que le déplacement de la position fixe de l'objet. Cela correspond au moment où A2 et A3 déplacent les cônes pour agrandir le rectangle, mais ils ne les ont pas déplacés à égale distance, donc cela a transformé le rectangle en trapèze.

Figure 74

Transformation du rectangle en trapèze par un déplacement non égal des cônes



D'ailleurs, l'étape 36 correspond au déplacement d'un de ces cônes pour les mettre à la même hauteur afin de retrouver le rectangle du Tangram montré. Finalement, le dernier croisement se trouve avec les manifestations de construction d'un déplacement et de recherche de différentes façons de procéder à l'étape 37. Ici, A1 construit le déplacement entre les cônes en comptant son nombre de pieds afin d'ajuster les cônes entre eux pour qu'ils soient à égales distances. Ainsi, puisque les cônes étaient déjà placés, mais que A1 cherche une autre façon de procéder qu'uniquement par les yeux, cela fait en sorte que deux manifestations sont effectuées simultanément. Ce même phénomène de croisement se produit également lors du Tangram 2, mais avec d'autres manifestations des CS et à d'autres étapes des tâches. Parfois, cela va dans la même direction que lors du Tangram 1, alors que d'autres fois, c'est simplement que deux ou trois élèves de l'équipe exécutent une manifestation différente simultanément. Par exemple, lors de l'étape 9, nous pouvons constater que A2 fabrique un des triangles en plaçant un cône pour former le dernier sommet du triangle et qu'en même temps, A1 communique la position du carré à A4.

Nous pouvons également constater qu'au début des réalisations des Tangrams, les élèves de l'équipe A se retrouvent principalement dans les catégories des manifestations des CS sur l'objet

et celles sur la position fixe de l'objet, alors que vers la fin des Tangrams, iels se situent dans la catégorie des manifestations des CS sur la position dynamique de l'objet. Cette constatation s'explique en raison du processus de fabrication des Tangrams demandés. D'abord, l'équipe devait placer des cônes pour représenter les sommets des figures composant les Tangrams demandés (T2) (manifestations des CS sur l'objet et sur la position fixe de l'objet). Puis, par la suite, elle devait tracer les figures en traçant les lignes des figures (T3) (manifestations des CS sur la position dynamique). Il est donc tout à fait normal de les retrouver dans cet ordre.

Puis, comme pour les JMM précédents, **nous constatons qu'ils se terminent par de l'anticipation et de la recherche**. Cela s'explique par le fait que les élèves mentionnent certaines de leurs stratégies à la fin du JMM, lors du retour en grand groupe (T4). Ainsi, ces stratégies ont eu lieu pendant l'activité, mais comme les élèves n'en font part qu'à la fin, nous avons décidé de les laisser à cet endroit dans le maillage. Par exemple, pour le Tangram 2, A2 explique au reste du groupe que lorsqu'elle traçait le Tangram, elle visualisait d'abord le Tangram dans sa tête et qu'elle le traçait ensuite. Puis, afin de s'aider à ne pas oublier de figures composant le Tangram ou pour savoir où passer, elle visualisait une figure à la fois en imaginant les lignes entre les sommets représentés par les cônes. À la fin du JMM, l'équipe A mentionne également qu'elle a utilisé la mesure pour fabriquer certaines figures, ce qui était différent comme stratégie des derniers JMM.

Toujours en observant le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées, nous constatons que le Tangram 1 a pris plus de tâches que le deuxième Tangram. Cela pourrait s'expliquer par le fait : 1) qu'il y a un peu plus de manifestations simultanées lors du deuxième Tangram, soit sept fois plutôt que cinq; 2) que les élèves de l'équipe A sont reparti.es du rectangle du Tangram 1 pour fabriquer le rectangle du Tangram 2, ce qui leur a fait gagner quelques étapes; 3) que le positionnement des figures l'une par rapport aux autres avait semblé plus facile à reproduire pour le deuxième Tangram; et 4) qu'étant donné que c'était le deuxième, la fabrication et la communication pouvaient être plus fluides sachant déjà un peu le fonctionnement, même s'il s'agissait d'un nouveau Tangram.

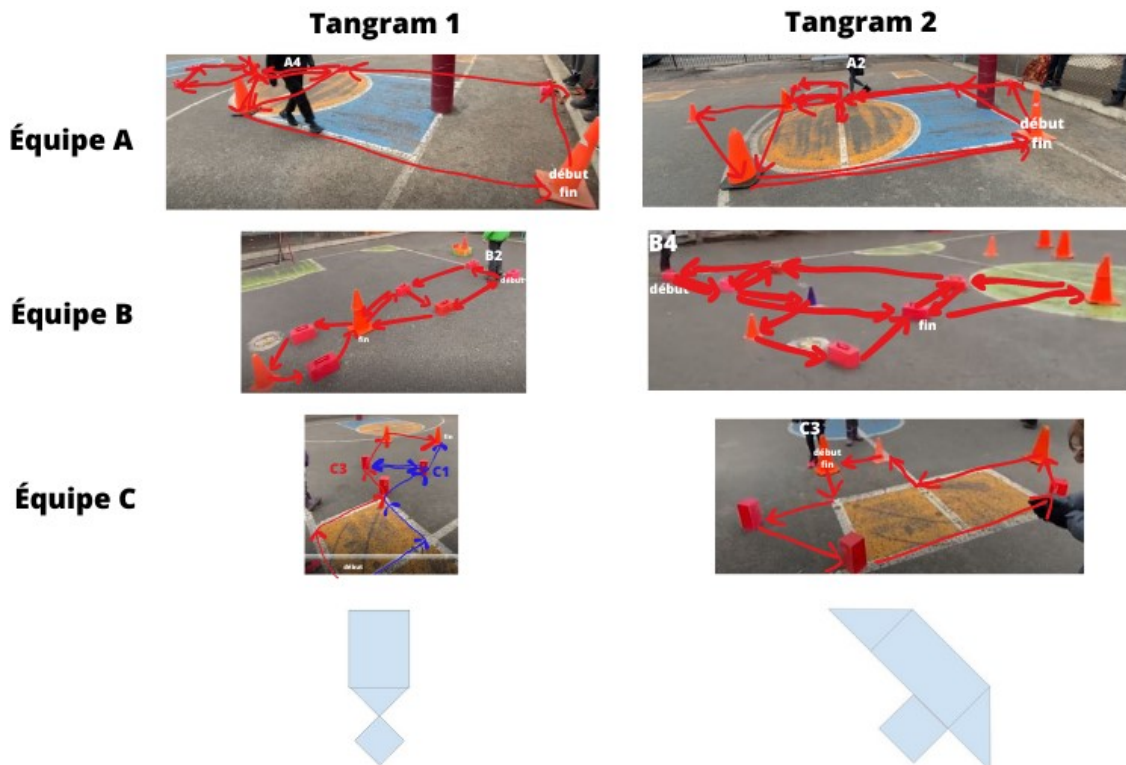
Finalement, de la même manière que lors des JMM précédents, les élèves de l'équipe A mettent en pratique plusieurs manifestations des CS relevant des tâches effectuées provenant de plusieurs catégories. Puis, iels les utilisent de manière non linéaire.

4.3.4 La synthèse de l'analyse du JMM 3

Enfin, pour suivre cette analyse, nous constatons que plusieurs stratégies ont été employées pour reproduire les Tangrams demandés. Chaque création de Tangram n'a pas nécessairement conduit au même résultat pour chaque équipe. Effectivement, l'équipe A reproduit en très gros format les Tangrams, alors que pour les deux autres équipes, c'était un peu plus petit. De plus, les équipe A et C ont davantage utilisé l'espace qui était mis à leur disposition pour s'aider à construire les Tangrams, alors que l'équipe B moins. Cela fait en sorte que même si les équipes ont toutes tracées les mêmes Tangrams, elles n'ont pas nécessairement construit ou tracé de la même façon. Par conséquent, dans la figure ci-dessous, nous montrons les deux Tangrams réalisés par les trois équipes par rapport aux Tangrams de base montrés.

Figure 75

Productions finales des équipes pour l'activité 3

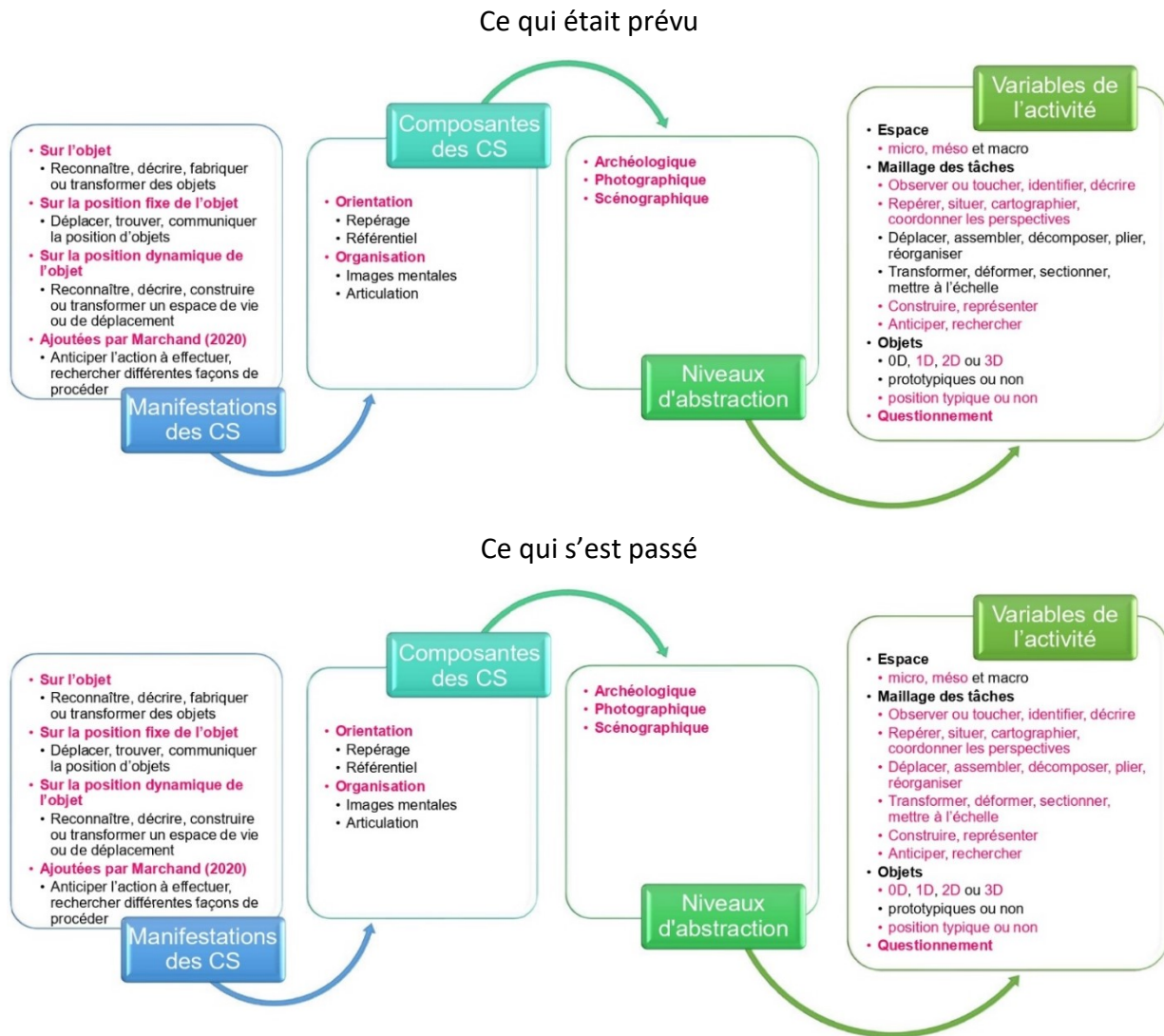


Nous remarquons ainsi que l'équipe A et C ont utilisé quelques lignes ou formes déjà présentes dans leur espace pour construire leur Tangram, alors que c'est moins le cas pour l'équipe B. Pour le Tangram 1, les trois équipes ont reproduit le Tangram demandé, mais de façon différente. L'équipe A ayant commencé le tracé au même endroit que l'équipe B (dans l'un des coins supérieurs du rectangle), mais en finissant également à cet endroit, alors que l'équipe B a tracé une figure à la fois, ce qui donne un lieu de finition différent. Puis, l'équipe C a également tracé une figure à la fois, comme l'équipe B, mais en utilisant deux élèves au lieu d'un et en commençant par le carré et en finissant par le rectangle. Ce qui correspond à l'inverse de l'équipe B. Finalement, pour le Tangram 2, nous pouvons constater que l'équipe A et C ont reproduit le Tangram demandé. L'équipe A a utilisé cette fois le traçage d'une figure à la fois pour la majorité des figures, mais est quand même revenu à son point de départ. Puis, l'équipe C a aussi tracé une figure à la fois, mais n'a que tracé le contour, étant donné que les lignes intérieures du Tangram étaient déjà tracées au sol. En ce qui concerne l'équipe B, elle a majoritairement tracé une figure à la fois, comme les autres équipes, mais elle n'a pas effectué le bon Tangram étant donné qu'elle a inversé la position d'un des triangles.

Ensuite, en regardant la schématisation de la SOMCS prévue et en la comparant à ce qui s'est réellement passé, nous pouvons voir quelques différences (voir *figure 76* à la page suivante [p. 189]).

Figure 76

Schématisation de la SOMCS prévue vs ce qui s'est passé pour le JMM 3



En comparant les deux schémas, nous constatons que comme prévu les **deux composantes des CS** ont été utilisées ainsi que les **trois niveaux d'abstraction**. Toutefois, en ce qui concerne le **maillage des tâches**, nous pouvons remarquer que les **six tâches** ont fait l'objet du JMM 3, alors que nous n'avions pas prévu l'utilisation de quatre d'entre elles. En ce qui concerne les autres éléments, nous pouvons constater l'utilisation du **0D** étant donné que les cônes représentaient des sommets et donc des points fixes. Enfin, tout comme pour les JMM précédents, les **questions** étaient principalement prévues pour être posées uniquement par l'enseignant. Cependant, lors de la création des Tangrams, le travail d'équipe suscite des questions, de sorte que l'enseignante

n'a pas besoin d'en ajouter. Ainsi, c'est uniquement lors des retours en grand groupe que l'enseignante pose des questions aux équipes afin de pousser un peu la réflexion entre les équipes.

4.4 Synthèse des résultats

Finalement, l'analyse des trois JMM nous ont permis de répondre à nos trois objectifs de recherche.

Pour le premier objectif, « identifier les manifestations relevant des deux composantes des CS mises en œuvre par les élèves du primaire en contexte de JMM à l'aide de la SOMCS », la réalisation des JMM nous a fait remarquer que les deux composantes étaient présentes dans les trois JMM alors que nous ne pensions pas que la composante orientation serait présente lors des deux premiers. Cependant, il semble que l'usage du méso-espace pour les JMM ait favorisé l'utilisation de cette composante. Nous avons également pu identifier, à l'aide de la SOMCS, que les manifestations relevant de la composante orientation étaient principalement liées aux *spatial thoughts*, pour les trois JMM, et au référentiel des points précis dans un espace, principalement pour le JMM 3, mais également un peu utilisé pour les deux autres dans certaines équipes. Puis, les manifestations relevant de cette composante étaient principalement celles sur la position fixe et la position dynamique des objets. En ce qui concerne la composante organisation, nous avons pu constater que les manifestations des CS étaient majoritairement liées à la visualisation des objets ainsi qu'à l'articulation d'une partie d'un objet par rapport à une autre partie. Toutefois, rendu au dernier JMM, l'usage des manipulations mentales étaient plus présentes. Puis, le dernier JMM était également plus propice à l'utilisation de l'articulation de la position d'un objet dans un espace puisqu'il y avait des lignes au sol, même si certaines équipes l'avaient utilisée lors des deux autres JMM. La composante de l'organisation a permis l'identification des quatre catégories de manifestations des CS, même si les manifestations des CS sur l'objet et sur la position fixe de l'objet étaient plus présentes.

Pour le deuxième objectif, « identifier les manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par les élèves du primaire en contexte de JMM à l'aide de la SOMCS », les élèves ont manifesté des CS dans les trois niveaux d'abstraction. Les manifestations ajoutées par

Marchand (2020) ont permis aux trois équipes de se trouver dans les niveaux photographique et scénographique, même s'ils semblent encore en construction après les trois JMM. Cependant, entre le premier JMM et le dernier, ces niveaux semblent plus sollicités pour la plupart des équipes puisque lors du dernier JMM, les élèves semblent plus à l'aise avec la décentration, la visualisation et les manipulations mentales que lors du premier. De plus, les équipes qui anticipaient et recherchaient différentes stratégies pour retenir les Tangrams proposés sont celles qui arrivaient le plus facilement à les reproduire sans erreur ou avec des erreurs minimales. Pour le niveau archéologique, il semble présent pour les trois équipes.

Pour le troisième objectif, « identifier le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par les élèves du primaire en contexte de JMM à l'aide de la SOMCS », nous avons pu identifier que le maillage des manifestations des CS n'est pas un chemin linéaire. Les élèves font plusieurs allers-retours entre les différentes tâches effectuées, mais également entre les catégories des manifestations lors des trois JMM. De plus, plus les JMM étaient abstraits (figures non visibles en un regard comme avec les draps), plus il y avait présence de maillage, car les élèves avaient besoin de communiquer et de décrire davantage pour se comprendre. C'est également dans ces JMM que les niveaux d'abstraction photographique et scénographique ont été les plus utilisés. Cela implique donc possiblement un développement des CS plus grand chez les élèves dans ces JMM puisque les élèves devaient davantage se décentrer, effectuer des manipulations mentales et se créer des IM qui sont tous des facteurs favorisant le développement des CS selon Marchand (2020).

Chapitre 5 – Discussion

Ce chapitre permettra de mettre en lumière certains faits saillants de notre recherche en revenant sur des aspects que nos objectifs spécifiques nous ont permis d'observer pour donner suite à l'analyse de nos trois JMM auprès de trois équipes. Tout d'abord, nous aborderons les avantages de l'utilisation du méso-espace pour le développement des CS. Cela mènera à notre deuxième observation qui est le lien existant entre les deux premières balises de la SGA, soit les composantes des CS et les différents niveaux d'abstraction. Puis, nous discuterons des avantages de l'utilisation d'un JMM. Nous reviendrons également sur certaines différences remarquées entre les tâches énoncées par les auteur.es et notre analyse des manifestations relevant de ces tâches ainsi que certaines particularités de celles-ci. Pour terminer, nous aborderons certains points marquants du développement des CS des élèves, même si cela n'était pas l'un de nos objectifs de base ainsi que certains apports théoriques de cette recherche.

5.1 Les avantages du méso-espace

Dans le cadre de cette recherche, nous avons utilisé un contexte particulier qui est le JMM. Cela nous a permis de travailler dans un espace, le méso-espace, que nous ne travaillons pas souvent dans une classe lors d'un enseignement. D'ailleurs, nous avons pu constater quelques bénéfices à l'utilisation de cet espace pour permettre aux CS des élèves de se manifester.

Tout d'abord, le méso-espace se rapporte à l'endroit où l'enfant doit **concevoir ses déplacements dans les zones sous son contrôle visuel** (Brousseau, 2000). Ainsi, dans le JMM 1 des Tangrams géants, les élèves ont dû à quelques reprises se déplacer autour de leur fabrication des Tangrams avec l'aide des draps, car ces derniers prenaient de l'espace dans le local polyvalent. Les élèves étaient amené.es à déplacer chacune des figures constituant le Tangram grâce aux draps et donc chacune des figures étaient choisies et déplacées dans le méso-espace, soit sur le plancher, et celles-ci pouvaient exiger la manipulation de plus d'un élève à la fois. Puis, lors du JMM2 des Tangrams humains, les élèves effectuaient des déplacements, mais avec tout leur corps qui était dans des positions statiques une fois positionnée. Dans ce JMM, les déplacements des élèves symbolisaient davantage les segments des figures par les déplacements de leur corps, leurs bras et leurs jambes pour la constitution du Tangram final. Pour le JMM 3, les Tangrams mouvementés,

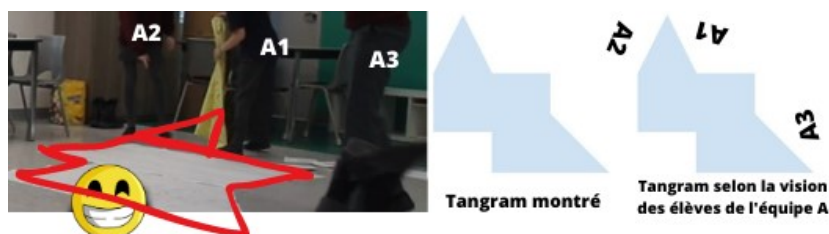
les élèves devaient effectuer des déplacements dans leur espace de la cour de récréation en respectant les cônes qu'ils avaient préalablement placés. Dans ce dernier JMM, le déplacement des élèves permettait de tracer les figures qui composent le Tangram et la partie visible n'était que les cônes, les sommets. Les segments n'étant que visibles lors du déplacement des élèves, ils étaient donc éphémères et nécessitaient la manipulation dynamique et mentale de ces derniers. En outre, le méso-espace semble permettre la **présence d'autres moyens de reproductions que ce que le micro-espace permet** et contribue à **accroître les connaissances nécessaires au macro-espace** (Brousseau, 2000). Par exemple, lors du JMM 3, l'équipe A avait utilisé la stratégie de compter le nombre de pieds qui se trouvaient entre les cônes représentant les sommets du carré du Tangram 1 pour s'assurer que les côtés soient égaux (voir *figure 71* [p. 182]). En classe, dans un contexte de micro-espace, les élèves auraient probablement utilisé leur règle pour s'assurer que les mesures des côtés soient équivalentes. Alors que l'utilisation du nombre de pieds entre deux points se rapproche d'une stratégie qui pourrait être utilisée dans le macro-espace, comme calculer le nombre de pas entre deux endroits. Puis, pour le Tangram 2, l'équipe A avait utilisé la stratégie de repères visuels, qui est également utile dans un macro-espace, mais peu dans un micro-espace puisque tout se trouve sous les yeux. Par exemple, dans le macro-espace, l'utilisation de repères visuels pourraient référer à des indications pour se rendre à un endroit, comme tourne à droite après la station d'essence.

Ensuite, l'utilisation du méso-espace a permis de faire ressortir la **prévalence de la composante orientation**. Lors de l'analyse de nos activités, nous avons remarqué, contrairement à ce que nous pensions, que la composante orientation a été employée lors des trois JMM (voir le *tableau 3* [p. 46] pour un bref résumé de la composante). Effectivement, nous avons envisagé que les élèves n'utiliseraient cette composante que lors du dernier JMM puisque la composante se réfère à la compréhension des relations entre les divers objets dans un environnement déterminé (Clements et Sarama, 2014). Ce qui se rapporte principalement au fait d'être en mesure de se repérer dans un espace et d'utiliser des référentiels. Ce qui n'était pas obligatoire dans les deux premiers JMM. Toutefois, pour chacun d'eux, les élèves ont utilisé les **spatial thoughts**, l'un des aspects du repérage de la composante orientation, qui permettent à ceux-ci de se représenter un objet selon plusieurs points de vue (Clements et Sarama, 2014). Effectivement, étant donné

que les élèves travaillaient dans un espace plus grand, qu'ils travaillaient en équipe pour former le Tangram et qu'ils devaient parfois se décentrer pour se représenter le Tangram, tous.les les élèves ont à un moment ou à un autre dû se représenter le Tangram demandé dans une autre perspective que celle montrée. Afin d'illustrer ce propos, nous observerons un exemple pour chacun des JMM. Pour le JMM 1, avec les draps, certain.es élèves se situaient au-dessus ou sur le côté du Tangram montré.

Figure 77

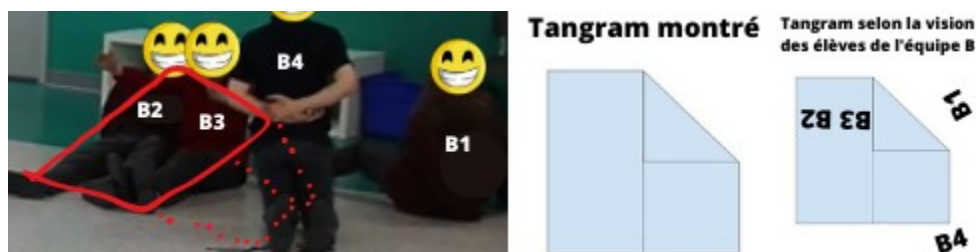
Exemple de décentration avec l'équipe A pour le JMM 1, Tangram 3



Nous voyons donc bien les différents points de vue de chacun.e des élèves de l'équipe A pour le dernier Tangram du JMM 1. Pour le JMM 2, avec les corps, une fois que les élèves se retrouvaient dans le Tangram, iels devaient arriver à se décentrer pour voir l'ensemble des figures qui composaient le Tangram. Par exemple, lors de la fabrication du deuxième Tangram, l'équipe B avait déjà B2 et B3 dans le rectangle et ils expliquaient aux deux autres membres de l'équipe où se placer.

Figure 78

Exemple de décentration avec l'équipe B pour le JMM 2, Tangram 2

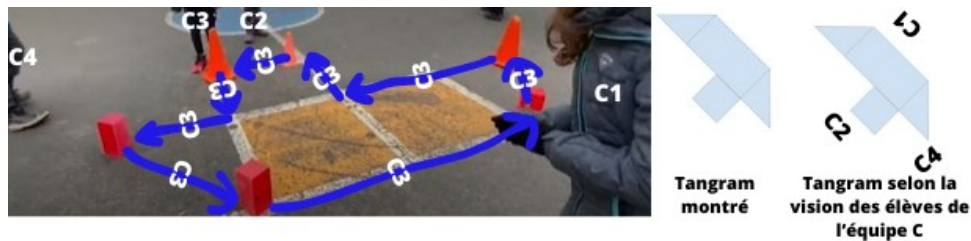


Nous voyons ainsi que B2 et B3 observent le Tangram en se situant à l'envers du Tangram montré, mais en faisant partie du Tangram. Donc, ils ne voient pas tout le Tangram et lorsqu'ils tournent

la tête, c'est comme s'ils se situaient sur le « côté » du Tangram, mais qu'ils ne pouvaient que visualiser le triangle et le carré. Puis, lors du JMM 3, lorsque les élèves traçaient les figures composant le Tangram, ils devaient arriver à se représenter le Tangram de divers points de vue puisqu'ils changeaient constamment de directions.

Figure 79

Exemple de décentration avec l'équipe C pour le JMM 3, Tangram 2



Nous remarquons donc que C3 se décentre à plusieurs moments pendant son tracé si nous regardons les différentes orientations de C3 dans l'image de gauche. Puis, nous pouvons également constater que les autres élèves sont également décentrés par rapport au Tangram montré lors du tracé de C3, même si C4 l'est un peu moins. Ainsi, l'utilisation du méso-espace a permis aux élèves d'utiliser à plusieurs reprises les *spatial thoughts*, ce qui leur a permis également de **solliciter davantage leurs IM cinétiques** relevant du niveau d'abstraction scénographique (Marchand, 2020) (nous détaillerons cet aspect dans la section 5.2 [p. 197]).

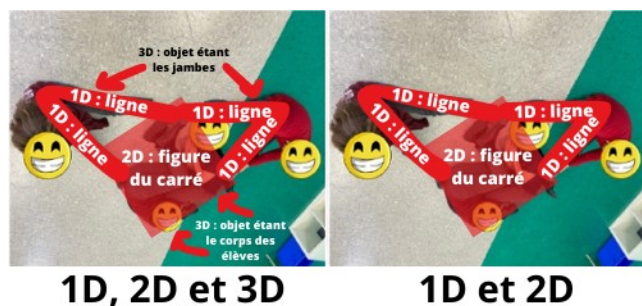
Puis, le méso-espace a **permis aux élèves de travailler leurs CG et CS dans un espace moins présent académiquement, mais très présent dans leur vie de tous les jours**. En effet, les élèves sont majoritairement dans un méso-espace, que ce soit leur classe, la cour de récréation, le gymnase, le local polyvalent, leur chambre, etc. Cependant, avec nos JMM, les élèves ont travaillé dans le méso-espace certaines de leurs CG qu'ils utilisent normalement dans des activités se situant dans le micro-espace, et ce, en plus de les combiner avec des CS. Cela a d'ailleurs donné lieu à certaines utilisations d'image-concept que nous verrons dans la prochaine section (p. 197).

Finalement, outre les bénéfices venant d'être illustrés, l'utilisation du méso-espace a également soulevé un questionnement chez nous. Il s'agit de **la difficulté à distinguer les dimensions mises de l'avant dans cet espace**. Les dimensions réfèrent aux objets pouvant « être de 0D (le point),

1D (ligne), 2D (figure) ou 3D (objet) » (Marchand, 2020, p. 155). Effectivement, puisque le JMM 2 portait sur l'utilisation des corps des élèves pour reproduire les figures du Tangram, nous avons pu constater qu'il n'était pas toujours simple de différencier ou de catégoriser la dimension utilisée par les élèves. Par exemple, lorsque les élèves utilisaient leur corps, un objet en 3D, pour représenter une figure (2D), est-ce que les élèves appliquaient la dimension 2D ou 3D ? Ou les deux ? Puis, s'ils se servaient de leur corps (3D) pour fabriquer une ligne (1D) qui permettait de voir une figure (2D), dans quelle dimension se trouve les CS des élèves ? Est-ce une jonction des trois ou est-ce l'objet représenté qui est pris en compte ? Donc, dans le JMM 2, l'équipe B qui utilisait des élèves pour représenter des figures, mais également des lignes des figures pourraient se trouver à utiliser mentalement le 1D, 2D et 3D ou simplement le 1D et 2D si nous ne prenons pas en compte les corps.

Figure 80

Exemple des dimensions avec l'équipe B pour le JMM 2, Tangram 1



Ainsi, si le 3D est pris en compte, les objets en trois dimensions sont les jambes des deux élèves qui forment les lignes et les corps des deux élèves qui représentent le carré. Puis, il faut également souligner que, selon notre définition du triangle, les jambes qui forment des lignes (les contours d'un triangle), représentant donc du 1D, peuvent aussi représenter des triangles qui sont des figures (2D). Ainsi, nous pourrions peut-être également n'être qu'en considération de 2D. Toutefois, cela réduirait à notre avis la richesse qu'apporte cet exercice avec les corps puisqu'une seule dimension ne serait considérée, alors que plusieurs sont impliquées. Nous pouvons également avoir ce même type de réflexion pour le JMM 3, où les élèves (3D) se déplaçaient dans un espace afin de former des lignes (1D) en passant par des cônes (3D) qui représentaient des sommets (0D) de figures (2D). Donc, puisque les élèves traçaient des lignes, des contours de

figures (1D), en passant par des points (0D), devons-nous considérer uniquement ces dimensions ? Ou ajoutons-nous le fait que les lignes pouvaient représenter diverses figures (2D), selon notre définition des figures ? Et que les lignes étaient tracées par des élèves qui sont des objets en 3D ? En revanche, ici l'élève représentait un peu un crayon du micro-espace puisqu'il traçait les lignes. Ainsi, si nous sommes dans le micro-espace, considérons-nous le 3D puisqu'il n'est que passager, le temps du tracé ? Devons-nous appliquer le même processus pour le méso-espace ? Il ne faut pas oublier que les sommets étaient représentés par un objet 3D : des cônes. Donc, peut-être que le 3D n'est que présent par les cônes aussi. De plus, les IM formées par les élèves lors de la fabrication de leur Tangram grâce à leur corps sont-elles en 3D, 2D ou 1D ? Sont-elles différentes d'un élève à l'autre ? Ce questionnement nous renvoie également au fait que nous sommes dans un espace de travail physique, mais que nous traitons de figures géométriques et donc comment se réalise ce passage de l'espace physique à l'espace conceptuel dans le méso-espace ? Est-il possible de conceptualiser, par exemple, les figures géométriques dans le méso-espace ? Bref, il pourrait être intéressant d'étudier les relations entre les diverses dimensions, de comparer ces dimensions dans les divers espaces afin d'observer si nous les analysons de la même façon ou si nous devons adapter l'analyse des dimensions à l'espace utilisé et de questionner les élèves sur les dimensions impliquées dans leurs IM.

5.2 Un lien entre les deux premières balises de la SGA selon la SOMCS

Dans la section 5.1 Les avantages du méso-espace, nous avons abordé les *spatial thoughts*, de la composante orientation, et le fait que le méso-espace avait permis de les utiliser davantage. Par conséquent, cela avait permis aux élèves d'utiliser plus souvent le niveau scénographique. Ce qui a été bénéfique pour les élèves, car c'est dans ce niveau, ainsi que dans le niveau photographique, que les élèves développent davantage leurs CS puisqu'ils doivent se créer des IM (Marchand, 2020). D'ailleurs, ces IM se retrouvent dans la composante organisation, de la première balise de la SGA. Ainsi, **les deux premières balises de la SGA, soit les composantes des CS et les différents niveaux d'abstraction, sont liées entre elles d'après les résultats qui ont été mis en évidence par la SOMCS**

Effectivement, nous avons pu constater dans notre analyse que quelques éléments présents dans les manifestations des composantes des CS se retrouvaient également dans les manifestations des différents niveaux d'abstraction, mais en observant les éléments sous un nouvel angle. Par exemple, lorsque nous parlions de décentration dans les sections de composantes des CS, nous faisons souvent référence au niveau scénographique, mais parfois, au niveau photographique, des sections portant sur les différents niveaux d'abstraction. Cette décentration était possible, car il y avait une abstraction pour commencer. Cela demandait donc aux élèves de réaliser les Tangrams en l'absence de l'objet à construire. De plus, le jeu du Tangram a aussi été créé pour provoquer le passage d'un niveau d'abstraction à un autre. C'est d'ailleurs ce que nous révèle les manifestations observées dans notre analyse. Ainsi, l'analyse dans ces termes a permis de faire le lien entre ces deux balises.

En outre, nous avons également fait ressortir à quelques endroits que ce n'était pas parce qu'un.e élève arrivait à se décentrer d'une figure en position non-prototypique, comme le carré, que cet.te élève se retrouvait automatiquement dans le niveau scénographique, comme discuté dans le paragraphe ci-dessus. En effet, il pouvait arriver que l'élève soit dans le niveau photographique lorsqu'il s'agit d'une figure seule, comme le carré. Ainsi, un.e élève qui arrivait à reconnaître une figure en position non-prototypique ne manipulait pas nécessairement mentalement la figure dans sa tête en utilisant ses CS. Cet.te élève pouvait simplement avoir de meilleures CG, ce qui lui permettait de reconnaître la figure dans toutes positions montrées. Il s'agit ici du conflit entre le savoir (comme les propriétés géométriques données dans un énoncé ou une démonstration) et le voir (comme les propriétés résultantes de l'observation de l'image) évoqué par Parzsy (2006). Par exemple, lors des désaccords entre les élèves pour savoir si le carré était un losange ou un carré, certain.es élèves pouvaient utiliser leurs CS pour retourner dans leur tête la figure qui était en position non-prototypique et la remettre en position prototypique (CS) afin de valider les caractéristiques du carré (CG). Alors que d'autres élèves pouvaient reconnaître que les côtés étaient tous égaux et que les quatre angles formaient des angles droits, donc ils reconnaissaient les caractéristiques du carré (CG). Ainsi, **les CG sont complémentaires aux CS.**

De plus, cette recherche a permis d'observer et de **faire ressortir l'utilisation d'image-concepts** qui sont des images qui prennent en compte les propriétés géométriques des figures en plus de

leurs articulations spatiales (Battista, 2007). Par exemple, dans le Tangram 2 du JMM 1, A2 expliquait que le carré (CG) était en diagonale (CS) et que le triangle (CG) était par-dessus (CS). Ensuite, les rectangles (CG) venaient compléter pour faire un « V » (CS), mais l'élève ne se souvenait plus exactement comment les mettre (voir *figure 11* [p. 113]). Lors du JMM 1, différents triangles en draps étaient proposés aux élèves et donc ils devaient se rappeler des caractéristiques de ces derniers pour choisir les bons draps (un triangle rectangle isocèle ou un triangle isocèle). Un autre exemple d'image-concept pourrait être l'IM d'un des élèves lors du Tangram 1 du JMM 3, où il voyait une longue maison en équilibre (CS) sur un carré (CG) (voir *figure 81* [p. 200]). Lors du JMM 3, un.e élève a également remplacé les deux cônes pour former un rectangle plus long car selon son image-concept, les proportions entre les deux côtés étaient plus grandes. D'ailleurs, ces images-concepts se retrouvent dans le niveau photographique et scénographique. Puis, très peu de recherches ont permis d'avoir des manifestations en ce sens. Il est donc intéressant que nous ayons pu les observer avec nos JMM.

5.3 Les avantages d'un JMM

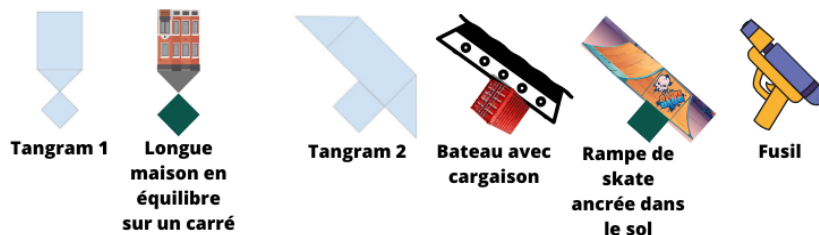
En ce qui concerne l'utilisation d'un JMM, à la suite de notre analyse, nous pouvons constater qu'il a probablement permis d'avoir des impacts sur l'apprentissage des élèves en ce qui concerne les CS puisque ce n'est pas une connaissance qui est régulièrement travaillée en classe. De plus, les JMM ont possiblement aidé les élèves à **développer leurs habiletés en résolution de problèmes**. Ils ont, par exemple, utilisé la communication au sein de leur équipe pour résoudre leurs problèmes. Les membres de l'équipe C avaient d'ailleurs particulièrement travaillé sur ce point lors du dernier JMM lorsque deux élèves n'avaient pas eu la même vision du Tangram 1, l'un pensait que le triangle et le carré se touchait et l'autre croyait que les figures ne se touchaient pas. Ils avaient alors trouvé la stratégie d'aller revoir le Tangram pour résoudre leur problème. Ensuite, lors du Tangram 2 de cette même activité, deux élèves de l'équipe C ne voyaient pas le Tangram du même point de vue, ils ont donc communiqué la position des figures qu'ils voyaient et se sont entendus sur une vision afin de pouvoir construire le reste du Tangram. Dans cette même activité, les élèves de l'équipe A avaient choisi d'utiliser la stratégie de la mesure pour le Tangram 1, afin de s'assurer que le « losange » avait des côtés égaux en comptant le nombre de pieds puisqu'il n'y avait pas de repères visuels particuliers au sol pour cette figure (voir *figure 71*

[p. 182]). Pour ne nommer que ces exemples. Nous pouvons également constater une **présence des habiletés de coopération, de communication et de relations humaines** puisque tout au long des activités les élèves devaient coopérer avec les membres de leur équipe et communiquer leur vision comme nous l'avons vu avec les exemples précédents.

Dans le même ordre d'idée, le JMM a potentiellement permis d'**intégrer de l'information**, comme diverses stratégies que les élèves avaient utilisées au cours d'un même JMM ou au travers les différents JMM. Par exemple, dans le JMM 1, le dernier Tangram n'avait pas de lignes au centre pour démarquer les figures. Ainsi, A1 avait imaginé les figures qu'il avait utilisé au cours des deux premiers Tangrams afin de les substituer sur l'espace du Tangram et connaître les figures cachées (expliqué précédemment dans le *tableau 12* [p. 82]). Certaines stratégies se sont même transférées d'un JMM à l'autre. Par exemple, dans le premier JMM, ce n'est qu'au troisième Tangram qu'une élève de l'équipe C s'était créé une IM impliquant la représentation d'objets familiers pour elle, c'est-à-dire la maison sur une montagne (voir *figure 98* [p. 258]). Alors que pour les JMM 2 et 3, les trois équipes ont utilisé cette stratégie à un moment ou à un autre avec les différents Tangrams. Pour le JMM 2, nous pouvons penser au Tangram 1 qui avait été comparé avec un losange qui a des oreilles de chat (voir *figure 34* [p. 141]) ou encore au Tangram 2 qui avait été mis en parallèle avec une feuille de papier dont un coin était plié (voir *figure 107* [p. 268]). Pour le JMM 3, nous ne les avons pas abordées dans l'analyse, mais il y avait également eu des IM de cette sorte. Par exemple, le Tangram 1 avait été comparé à une longue maison en équilibre sur un carré et le Tangram 2 avait été mis en parallèle avec un bateau avec une cargaison, une rampe de skate enterré et un fusil.

Figure 81

Certaines images mentales créées à l'aide d'image connue des élèves pour le JMM 3



Une autre stratégie qui avait été reprise par l'équipe A était de nommer les figures composant le Tangram pour ensuite les placer l'une par rapport aux autres. Puis, l'une des stratégies qui s'est également retrouvé dans tous les JMM, avec au moins un.e membre de chaque équipe ou presque, était de tracer le Tangram avec son doigt devant soi pendant que les élèves voyaient le Tangram à reproduire. Ainsi, nous pouvons remarquer que les élèves ont réutilisé certaines stratégies qui leur avait été utiles précédemment pour construire les nouveaux Tangrams avec les nouvelles consignes. Les élèves sont donc arrivé.es à transférer certaines de leurs stratégies acquises pendant un JMM dans un autre.

Finalement, pour ce qui est de la **motivation**, la majorité des élèves étaient engagé.es tout au long des trois JMM. Puis, dans le corridor à la fin des JMM, nous entendions les élèves discuté.es du JMM et dire qu'ils avaient déjà hâte au prochain JMM. Cela illustre donc qu'ils étaient motivé.es par les JMM proposés. Nous avons également demandé aux élèves de nous dire à la fin du dernier JMM ce qu'ils avaient retenu des trois JMM et les élèves ont ressortis le travail des figures, des Tangrams et des angles, la visualisation, le raisonnement et le travail d'équipe. Cela revient donc à certains éléments que nous venons de ressortir portant sur les impacts de l'utilisation du JMM, comme la coopération, la résolution de problèmes et l'intégration d'informations.

5.4 Des particularités pour certaines manifestations relevant des tâches effectuées par les élèves

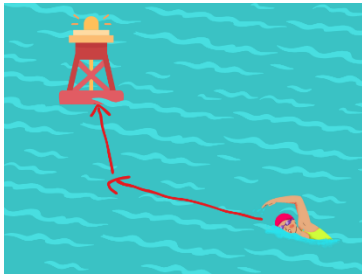
À la suite de notre analyse, nous avons également pu soulever quelques particularités des résultats en fonction des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par les élèves. Tout d'abord, **certaines manifestations ne correspondent pas exactement à ce que nous avons décrit dans le cadre de référence** puisqu'elles ne sont pas exactement utilisées de la même façon que dans le cadre de notre recherche. Par exemple, pour la manifestation de construction d'un déplacement, nous avons mentionné qu'en géométrie il s'agissait de l'utilisation d'outils géométriques (voir *tableau 2* [p. 40] *Parallèle entre les manifestations des CS en classe de géométrie et en natation (inspiré de Berthelot et Salin, 1992)*) alors que pour nos JMM, les élèves ont plutôt utilisé des repères visuels, des mesures non-conventionnelles comme le nombre de

pieds entre les cônes (exemple dans la section 4.3.3 Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées) ou même des pas pour effectuer le déplacement entre les cônes. Cela se rapproche donc plus de la construction d'un déplacement d'un.e nageur.se puisque les élèves sont en mouvement et que pour arriver à se déplacer, iels doivent intérioriser l'espace dans lequel iel se retrouve afin d'effectuer les déplacements au bon moment et au bon endroit. Un peu comme les nageur.ses qui intériorisent le nombre de coups de brasse qu'iels ont besoin d'effectuer pour une longueur ou le nombre de coups de bras au dos crawlé à effectuer avant de se retourner pour effectuer leur virage au moment opportun sans perdre de propulsion. Dans notre recherche, les élèves intériorisaient les déplacements à effectuer entre les cônes pour reproduire adéquatement les figures composant le Tangram. Cela a donc également permis aux élèves d'utiliser et de développer l'utilisation du niveau scénographique, tout comme les nageur.ses puisque les élèves arrivaient à visualiser mentalement l'image du Tangram pendant qu'iels se déplaçaient. Il est donc possible d'effectuer des activités mathématiques qui provoquent le passage par le niveau scénographique comme dans le sport.

Une autre manifestation ayant différé de sa description faite dans le cadre de référence est la transformation d'un déplacement. Effectivement, dans le même tableau que susmentionné (*tableau 2* [p. 40]), nous avons précisé qu'en géométrie la transformation d'un déplacement pouvait ressembler à un déplacement qui s'effectue sur l'hypoténuse d'un triangle au lieu d'effectuer les deux cathètes. Pour la natation, nous avons mentionné que c'était une modification du style de nage. Tandis que pour notre JMM 3, cela a plus été utilisé lorsque les élèves « se trompaient » dans leur déplacement et qu'iels ajoutaient un trajet non nécessaire à la construction de leur Tangram. Par exemple, lorsque A2 avait tracé le Tangram 2 du JMM 3, elle avait ajouté une petite ligne vis-à-vis le carré en pensant que c'était la ligne du rectangle, mais elle était revenue sur ses pas pour emprunter le « bon » chemin, celui qui permettrait de représenter le Tangram (voir *figure 54* [p. 166]). Ce n'est donc pas comme nos descriptions, mais il s'agit d'une transformation d'un déplacement qui aurait pu être observé en natation si par exemple le.a nageur.se ne se trouve pas dans un corridor défini et que le.a nageur.se se fie à des bouées sur l'eau pour se repérer et qu'iel change de direction en nageant afin de se réorienter vers la bouée qu'iel visait après que le courant l'ait déporté.e un peu à côté.

Figure 82

Exemple d'un.e nageur.se en lac qui transforme son déplacement



Donc, ici le.a nageur.se transforme son déplacement en le modifiant tout comme notre élève A2 l'a fait lors du deuxième Tangram du JMM 3.

Étant donné que nous avons analysé les JMM du point de vue des élèves et des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par ceux-ci, nous avons dû **adapter la manifestation de la tâche de recherche de différentes stratégies**, décrite dans la section 2.1.1.3.2 La nature et le maillage des tâches. Effectivement, la tâche de recherche réfère habituellement à la recherche de différents développements du cube par exemple (Marchand, 2020). Ce qui correspond à des stratégies cognitives. Des stratégies cognitives réfèrent à des « techniques que l'individu utilise pour favoriser l'exécution des processus d'apprentissage et ainsi assurer l'acquisition des connaissances ou le développement d'une habileté » (St-Pierre, 1991, p. 26). Puis, dans la recherche de stratégies décrite par Marchand (2020), il s'agit principalement de stratégies de reconnaissance de modèles puisque les élèves tentent de généraliser ou de discriminer des développements d'un cube selon des raisons et des explications qui permettent ou non d'effectuer une action particulière (St-Pierre, 1991). Dans le cadre de notre recherche, nous avons également pu constater que les élèves ont recherché des stratégies, mais c'étaient davantage des stratégies de procédure puisqu'il s'agissait principalement de rechercher une autre façon de procéder pour construire ou pour communiquer la position d'un objet. Iels essayaient donc de trouver des exemples et d'expliquer en étape ce qu'il fallait faire, ce qui correspond aux stratégies procédurales en ce qui concerne les séquences d'actions (St-Pierre, 1991). Puis, comme nous voulions différencier cette tâche des autres, lors de notre analyse, nous avons classé les actions des élèves dans cette manifestation de la tâche. Par exemple, lorsque chacun.e des membres de

l'équipe A s'est alterné.e pour communiquer la position fixe que devait prendre A3 pour fabriquer les lignes manquantes du Tangram 2 du JMM 2 (expliqué précédemment dans la section 4.2.3 Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées), nous avons placé ce type de manifestation dans la recherche de différentes stratégies, car nous voulions distinguer les moments où les élèves anticipaient la position des draps, des cônes ou des élèves dans un espace des moments où les élèves tentent de trouver d'autres façons de communiquer leurs points de vue. Ces moments n'étaient pas toujours de l'anticipation puisque les élèves pouvaient le faire en même temps de le dire et donc se réajuster au fur et à mesure. Il s'agit donc d'une décision prise, en cours d'analyse, pour permettre de préciser les différentes tâches en les adaptant aux manifestations des CS observées dans notre contexte de recherche. Nous pourrions ainsi **définir notre recherche de différentes stratégies comme étant des moments où les élèves tentent de trouver une autre façon de procéder** que celle qui avait été mise en pratique au départ, soit en modifiant la construction ou la communication qu'ils effectuaient ou autre. Nous pourrions également ajouter cette manifestation à notre outil d'observation. Ainsi, nous aurions la recherche de différentes stratégies de reconnaissance de modèles et la recherche de différentes stratégies procédurales selon les séquences d'action.

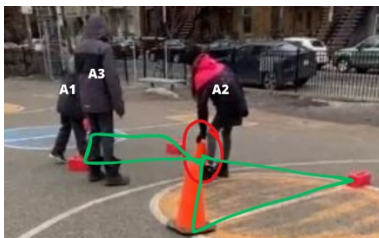
En ce qui concerne l'anticipation, nous avons pu mettre de l'avant quelques moments où les élèves ont utilisé cette manifestation. Par exemple, dans le JMM 1, lors de la fabrication du Tangram 2, A3 avait anticipé qu'il leur faudrait deux draps rectangles et il était allé les chercher avant de commencer la fabrication du Tangram. Dans le JMM 2, A1 avait anticipé qu'il faudrait que les deux plus grand.es élèves, qui sont presque de la même grandeur, fabriquent le « losange » du Tangram 1 ensemble afin d'avoir des côtés égaux. Puis, dans le JMM 3, A1 avait anticipé le nombre de cônes que son équipe avait besoin pour construire le premier Tangram. Cependant, à la suite de notre analyse, nous avons réalisé que certains moments, dans chacun des JMM, étaient propices à l'utilisation de la manifestation d'anticipation, mais que ce n'était pas ressorti autant de fois qu'elle a pu être utilisée dans nos résultats. Par exemple, dans le JMM 3, lorsque l'équipe A est venue pour construire leur Tangram, A2 et A1 ont communiqué la position que les figures pouvaient prendre sur le terrain de basket (expliqué précédemment près des *figures 60* [p. 170] et *61* [p. 171]). Cependant, pour communiquer la position des figures, cela

implique que les élèves l'avaient anticipé. Ainsi, **l'anticipation serait plus présente que ce qui a été analysé**, mais n'ayant pas de manifestations observables pour toutes les anticipations, nous n'avons inclus que les manifestations précises d'anticipation dans l'analyse.

Cela amène également une autre observation que nous avons pu constater pendant notre analyse : **certaines tâches sont implicites à d'autres tâches**. Nous avons d'ailleurs déjà expliqué ce phénomène dans la section 4.2.3 Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées. Par exemple, lorsque les élèves communiquaient la position fixe de l'objet, cela impliquait qu'ils avaient trouvé la position fixe d'abord. En revanche, comme pour l'anticipation, nous n'avons pas de manifestations observables pour la tâche de trouver la position fixe d'un objet, donc nous ne l'avons pas incluse dans la majorité de l'analyse. D'autres tâches effectuées sont également implicites à d'autres tâches, comme l'anticipation que nous avons discutée précédemment et la reconnaissance d'objet impliquant une description par la suite. Par exemple, lorsque A2 avait demandé à ses coéquipiers : « Ça, c'est le bout de quoi ? » lors de la fabrication du Tangram 1 du JMM 3 et que A3 et A1 lui ont répondu : « du triangle et du losange » pour décrire à quoi servait le cône.

Figure 83

A3 et A1 reconnaissent le cône pour décrire son occupation à A2



En effet, cela implique qu'ils ont reconnu que le cône montré (encerclé en rouge) représentait la pointe du triangle et du « losange » (traits verts), mais la manifestation observable est la description qu'ils ont faite. Ainsi, comme il n'y a pas de manifestations de la reconnaissance, nous ne l'avons pas incluse dans l'analyse. Il y a donc certaines tâches présentes dans la SGA et la SOMCS qui sont difficiles à observer chez les élèves. Il faudrait peut-être ainsi regrouper différemment certaines tâches dans la SOMCS puisque c'est cet outil que nous avons créé dans le but d'observer les manifestations des CS des élèves.

Nous avons également pu observer **certaines nuances de l'utilisation du deuxième groupe des tâches de la SGA** qui renvoie aux tâches : repérer, situer, cartographier et coordonner les perspectives. De plus, il s'agit majoritairement de l'utilisation d'un plan cartésien pour situer et cartographier des points dans un espace (Marchand, 2020). Toutefois, dans nos JMM, particulièrement le troisième, les élèves ont principalement situé à l'aide de repères visuels comme les lignes du terrain de basket pour l'équipe A ou les carrés du jeu « les 4 coins » pour l'équipe C. Ainsi, les élèves se repéraient dans l'espace grâce à des lignes au sol, ce qui leur permettait de situer les figures dans un espace défini en « cartographiant » les points (les cônes) sur leur espace de travail. Puis, en effectuant cela, les élèves arrivaient à coordonner leurs perspectives.

Finalement, ces particularités sont de belles retombées de la recherche. Nous n'avions pu envisager ces nuances et ces changements avant l'analyse de nos JMM. Toutefois, ayant maintenant ces résultats en main, nous pourrions adapter les définitions de certaines tâches pour la SOMCS puisque c'est ce modèle qui est utilisé pour analyser l'activité mathématique des élèves et que nous l'avons créé dans le cadre de ce projet. Nous pourrions aussi les ajouter, plutôt qu'adapter les définitions déjà présentes afin d'en faire un outil plus complet, en distinguant les tâches comme l'exemple que nous avons donné avec la recherche de différentes stratégies. Nous pourrions également inclure certains éléments observables de notre recherche dans notre grille d'analyse afin d'aider à l'observation de futures activités pouvant se réaliser dans le méso-espace.

5.5 Le développement potentiel des connaissances spatiales des élèves

Dans cette section, nous allons revenir sur certains faits marquants non seulement de la sollicitation mais aussi du développement potentiel des CS des élèves au cours des trois JMM. Tout d'abord, nous avons pu constater un développement potentiel dans les **niveaux d'abstraction employés par la majorité des élèves**. Effectivement, certain.es élèves qui avaient de la difficulté à utiliser le niveau scénographique lors du premier JMM, l'utilisait avec plus d'aisance lors du dernier. Par exemple, A2 devait constamment se repositionner dans la position montrée du Tangram lors de la fabrication des Tangrams du JMM 1 afin de s'assurer que son IM concordait avec leur fabrication (voir explication de la section 4.1.2 Les différents niveaux

d'abstraction 115]). Alors que rendu au JMM 3, il lui est arrivé à plusieurs moments de se décentrer de l'image montrée, et donc de son IM, pour se représenter le Tangram dans la position qu'elle voyait devant elle (expliqué précédemment dans la section 4.3.2 Les différents niveaux d'abstraction 172]). D'ailleurs, c'est elle qui a tracé le Tangram 2 du JMM 3, ce qui demandait des ajustements constants de son IM puisqu'elle devait se déplacer entre les cônes pour construire les figures du Tangram (voir *figure 63* [p. 175]). Toutefois, il est possible que ce soit dû aux contraintes différentes des JMM, même si nous supposons que cela n'a pas vraiment eu un impact sur les résultats. De plus, les activités effectuées entre les JMM ne devraient pas avoir eu de répercussions puisque l'enseignant n'a pas effectué d'activité sur les CS entre les JMM.

Ensuite, nous avons également pu constater un développement potentiel dans le **maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées**. Nous avons énoncé dans le cadre de référence que selon le maillage des tâches, le niveau de difficulté de l'activité augmentait ou diminuait (Marchand, 2020). Il était également conseillé de commencer avec une tâche qui demande aux élèves d'anticiper les tâches à effectuer afin que les élèves se questionnent, anticipent et résolvent un obstacle afin qu'il y ait présence de CS et qu'elles se développent (Marchand, 2020). Ainsi, si nous observons le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées entre le premier JMM et le dernier, nous pouvons remarquer que les élèves font de plus en plus appel à leurs IM pour fabriquer les Tangrams demandés. En effet, lors du JMM 1, les élèves plaçaient généralement les draps au sol en premier et c'était en les voyant qu'ils savaient s'ils devaient modifier ou s'ils étaient sur la « bonne » voie pour réaliser le Tangram. Cela diminuait donc le niveau de difficulté puisque les élèves utilisaient leur IM, mais aussi leur vision (avec les draps au sol) pour résoudre l'obstacle qui était de reproduire le Tangram sans l'image devant soi. Tandis que lors du JMM 3, la plupart des élèves communiquaient la position des figures, décrivaient le Tangram ou anticipaient les actions à effectuer avant de les fabriquer. Cela augmentait donc le nombre de tâches et de maillages et par le fait même le niveau de difficulté puisque les élèves utilisaient principalement leur IM pour résoudre l'obstacle imposé qui était de reconstruire le Tangram sans l'avoir sous les yeux. Par exemple, l'équipe A est passée d'une moyenne de 20 maillages, à 25 et finalement à 37 pour le dernier JMM. L'équipe C ressemble également à l'équipe A. Cependant, pour l'équipe B, les élèves ont toujours effectué

une vingtaine de maillage pour les trois JMM et c'est l'équipe qui a le moins changé sa façon de procéder. L'équipe fabriquait et déplaçait principalement, en décrivant un peu, mais en communiquant presque toujours de moitié par rapport aux deux autres équipes. C'est d'ailleurs l'équipe qui semble avoir le moins progressé du point de vue de leurs CS puisque c'est la seule équipe qui a effectué une erreur dans le dernier JMM. Puis, même en traçant le Tangram, les élèves n'ont pas constaté leur erreur. Nous pourrions donc conclure que comme ce qui avait été énoncé dans l'article de Marchand (2020), ce sont les élèves qui employaient plus souvent leurs IM et qui anticipaient les tâches à venir qui développaient potentiellement davantage leurs CS. Puis, nous pourrions ajouter que les manifestations se faisant par la communication et la description semblent être des atouts pour le développement des CS. Il en serait peut-être autrement pour le travail individuel.

Finally, le **maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par les élèves est non-linéaire et beaucoup plus complexe que laisse présager une analyse globale de l'activité proposée du point de vue de l'enseignement** (observation, fabrication et validation du Tangram). Les élèves font plusieurs allers-retours entre les manifestations et même entre les catégories des manifestations pour développer leurs CS. Il est donc important de considérer cet élément lorsque nous construisons une activité afin de ne pas limiter l'activité à une seule manifestation et une seule tâche désirée, car c'est entre autres en effectuant ces va-et-vient que les élèves semblent développer leurs CS. Nous l'avons d'ailleurs remarqué dans chacune des figures de maillage des équipes pour les trois JMM lors des analyses. Par exemple, lors de la réalisation du Tangram 3 du JMM 1, les Tangrams géants, l'équipe A avait fabriqué en partie le Tangram, pour finalement réaliser que ce n'est pas ce qui avait été montré avec le Tangram, donc les élèves se sont communiqué la position des draps pour déplacer ceux qui n'étaient pas à la bonne place et ajouter ceux manquants. Puis, ils ont réalisé en le fabriquant que leur IM n'était peut-être pas la même au sein de l'équipe, donc les élèves ont décidé de retourner voir le Tangram pour finir de le fabriquer en se communiquant d'abord la position de chacune des figures représentées par les draps. Ainsi, dans cet exemple, nous pouvons observer que c'est probablement l'interaction entre les manifestations qui a permis aux élèves de développer leurs CS puisque sans la communication,

les élèves ne se seraient peut-être pas remis en question et ils n'auraient peut-être pas pu fabriquer le Tangram demandé.

5.6 Les apports théoriques de cette recherche

Pour conclure ce chapitre de discussion, nous ferons ressortir certains apports théoriques que ce mémoire aura permis d'effectuer. D'abord, il y a la **création de la schématisation de la SOMCS** qui est inspiré de la schématisation de la SGA de Marchand (2020). Cependant, cette nouvelle schématisation est axée sur l'activité mathématique des élèves plutôt que sur l'activité proposée aux élèves. Elle sert donc à venir observer les manifestations des CS des élèves lors des activités proposées à ceux-ci. Puis, l'un des changements majeurs apportés à la SGA dans la SOMCS est l'ajout des catégories des manifestations des CS que nous avons nommées et qui nous amènent à considérer les composantes des CS auxquelles elles font référence, à identifier les niveaux d'abstractions auxquels les élèves font référence et les variables mises en évidence par ces dernières. Ainsi, de nombreuses manifestations pour chacune de ces catégories et chacune des balises de la SOMCS ont été répertoriées et expliquées dans le cadre de ce mémoire.

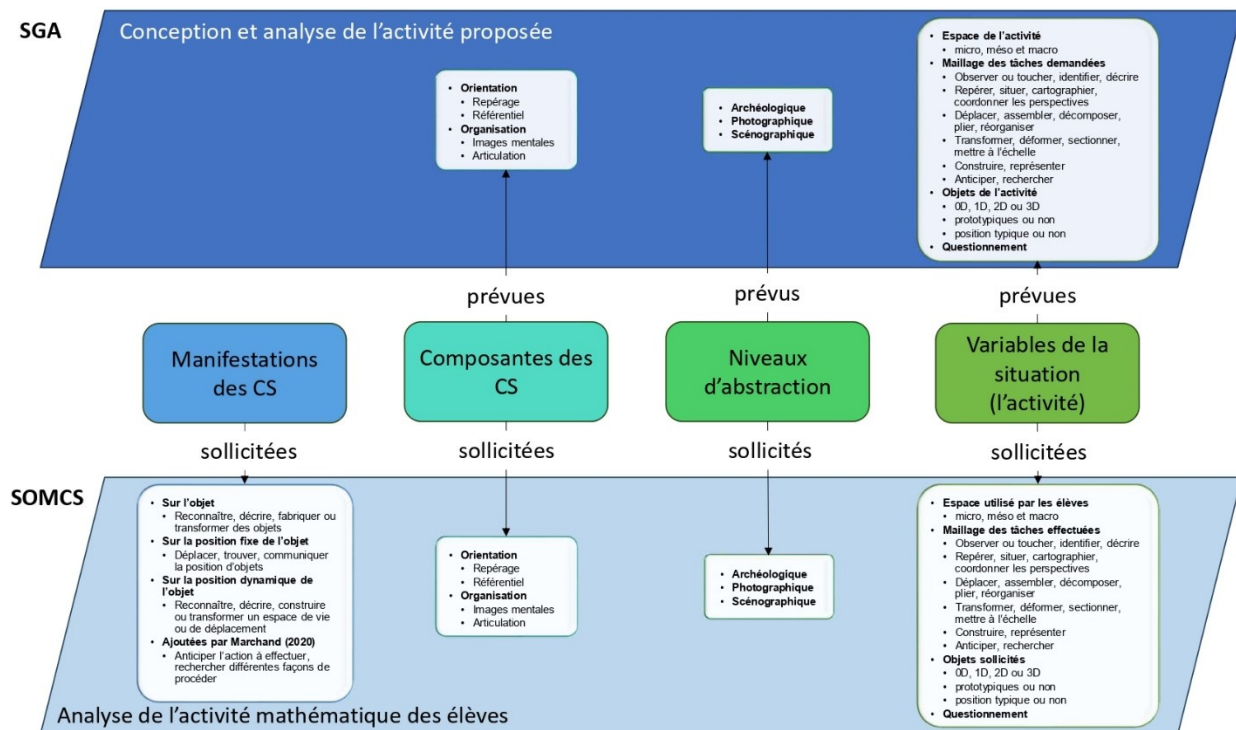
Ensuite, puisque les résultats de nos analyses illustrent **certaines nuances dans certaines manifestations et certaines tâches effectuées par les élèves**, nous pourrions adapter certaines de leur définition pour la SOMCS. Il serait également possible de les ajouter aux définitions existantes afin d'enrichir le modèle déjà présent. Par exemple, nous pourrions retrouver deux types de recherche de stratégies, soit les stratégies de reconnaissance de modèles et les stratégies de procédure axée sur la séquence des actions que nous avons décrites dans la section 5.4 (p. 201). Nous pourrions aussi inclure certains éléments observables de notre recherche dans notre grille d'analyse afin d'aider à l'observation de futures activités.

Comme discuté précédemment, **le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées est non-linéaire et très varié**. Il est donc important de ne pas limiter une activité à un seul type de tâches ou aux types de tâches proposées par l'enseignant.e afin que les élèves puissent effectuer des allers-retours entre les manifestations, mais également entre les catégories de celles-ci. Ainsi, les élèves ont potentiellement plus de chances de développer davantage leurs CS.

Finalement, nous avons déjà abordé la création de la schématisation de la SOMCS. Toutefois, un autre apport de cette schématisation est le **lien existant entre la schématisation de la SGA et celle de la SOMCS**. Effectivement, ces deux schématisations sont complémentaires puisqu'elles permettent d'observer le développement potentiel des CS, mais d'un point de vue différent. La SGA permet d'analyser les activités proposées aux élèves, alors que la SOMCS permet d'analyser l'activité mathématique des élèves. Ce qui occasionne certains changements dans la façon de voir la schématisation.

Figure 84

SGA vs SOMCS



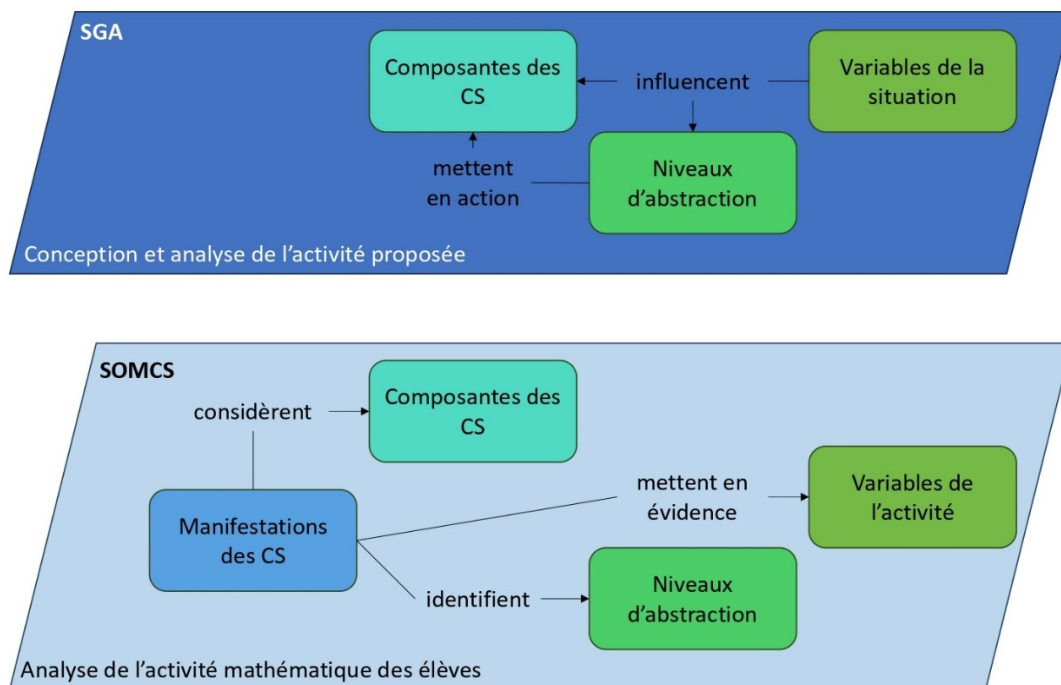
Ainsi, nous pouvons constater que pour la SGA, les balises sont celles prévues par l'enseignant.e, alors que pour la SOMCS, les balises font référence à ce qui est sollicité par les élèves. Nous avons donc les manifestations des CS qui sont présentes dans la SOMCS, mais pas dans la SGA. De plus, si nous détaillons les variables de la situation ou de l'activité, nous pouvons constater qu'elles sont adaptées à leur schématisation respective. Dans la SGA, nous parlons de l'espace et des objets de l'activité ainsi que du maillage des tâches demandées, alors que dans la SOMCS, nous

faisons référence à l'espace utilisé par les élèves, le maillage des tâches effectuées et les objets sollicités par les élèves.

Nous pouvons également observer **certains changements entre les relations des différentes balises selon s'il s'agit de la SGA ou de la SOMCS** puisqu'elles n'ont pas le même objectif.

Figure 85

Relations entre les différentes balises selon la SGA et la SOMCS



Ainsi, comme nous pouvons l'observer dans la figure ci-dessus, la SGA conceptualise et analyse l'activité proposée aux élèves, ce qui amène une lecture du schéma de droite à gauche. En effet, ce sont les variables de la situation, ou de l'activité, qui influencent les composantes des CS et les niveaux d'abstraction de l'activité. Puis, les niveaux d'abstraction mettent en action les composantes des CS. Alors que la SOMCS, qui analyse l'activité mathématique des élèves, se lit de gauche à droite puisque ce sont les manifestations des CS (nouvelle balise) qui permettent la considération des composantes des CS, l'identification des niveaux d'abstraction utilisés et la mise en évidence des variables sollicitées par les élèves lors de l'activité.

Chapitre 6 – Conclusion

Pour conclure ce mémoire, nous ferons une synthèse des éléments abordés dans cette recherche pour en faire ressortir par la suite les contributions sociales et les retombés scientifiques. Nous ferons également un bref étalage de certaines limites et difficultés que nous avons vécu pendant les activités et lors des analyses. Puis, nous terminerons en énonçant certains prolongements possibles.

6.1 La synthèse

Dans cette étude, une problématique a d'abord été présentée conduisant à un objectif général. Effectivement, en lisant plusieurs articles scientifiques portant sur l'activité mathématique des élèves en situation de jeu ou d'activité physique, nous avons relevé qu'il y avait peu de recherches s'intéressant aux manifestations des CS des élèves dans une situation impliquant ces deux activités, que nous avons d'abord appelé le jeu en mouvement. Il était donc pertinent de s'intéresser à cela afin d'enrichir la recherche sur ce sujet.

Afin d'observer et de se pencher sur la compréhension de l'activité mathématique mise en œuvre par les élèves du primaire, plus particulièrement en ce qui concerne les manifestations de leurs CS, dans un contexte de jeu en mouvement en classe de mathématiques, nous nous sommes positionnées sur ce qui était entendu par ces concepts. Ainsi, un cadre de référence principalement inspiré des travaux de Berthelot et Salin (1992) et de l'outil théorique de Marchand (2020) et Marchand et Munier (2021), la « Structure génératrice d'activités » (SGA), pour aborder le développement des CS, a été utilisé. Cette SGA est composée de trois balises : les composantes des CS, les niveaux d'abstraction et les variables de la situation. Toutefois, puisque cet outil a principalement servi à concevoir et à analyser l'activité proposée aux élèves, nous avons créé un autre outil qui permettrait davantage d'analyser l'activité mathématique de ceux-ci. Il est donc fortement inspiré de la SGA, mais nous avons ajouté une balise qui est les manifestations des CS. Ces manifestations des CS nous amènent à considérer les composantes des CS auxquelles elles font référence, à identifier les niveaux d'abstractions auxquels les élèves font référence et les variables mises en évidence par ces dernières. Cet outil se nomme « Structure d'observation des manifestations des CS » (SOMCS). Puis, pour définir le jeu employé,

nous nous sommes principalement basées sur les écrits de Pelczer (2013), de Héroux et Proulx (2015) et de Héroux (2023). Nous avons ainsi retenu que le jeu utilisé dans le cadre de ce mémoire serait un « jeu mathématique en mouvement » (JMM) étant donné qu'il plaçait les élèves dans des situations qui leur demandait de bouger dans un espace et que le contenu des JMM portait sur les CS, un contenu mathématique. Par conséquent, nous avons retenu que le JMM se situe entre un matériel, une activité didactique et une activité corporelle adaptés aux élèves concerné.es (niveau scolaire, âge, connaissances) qui placent ces dernier.ères dans une situation dite artificielle dans laquelle les participant.es seront mis.es en position de conflit tous ensemble (coopération) dont chacune des situations proposées aux élèves sont régies par peu de règles faciles à suivre pour atteindre un but (fin claire) en tentant de répondre à une question importante pour aider le développement de compétences et de connaissances mathématiques des élèves en leur permettant de réfléchir, d'expliquer et de justifier leurs actions. Nous avons également précisé que dans le contexte de cette étude, nous n'imposons pas de limites à cette définition de la question importante afin qu'elle ne se limite pas à de nouveaux concepts ou compétences mathématiques, mais elle est utilisée de manière plus globale. Ce cadre nous a ainsi permis de définir trois objectifs spécifiques de recherche :

1. Identifier les manifestations relevant des deux composantes des CS mises en œuvre par les élèves du primaire en contexte de jeu mathématique en mouvement à l'aide de la SOMCS;
2. Identifier les manifestations relevant des différents niveaux d'abstraction utilisés par les élèves du primaire en contexte de jeu mathématique en mouvement à l'aide de la SOMCS;
3. Identifier le maillage des manifestations des CS des élèves du primaire en contexte de jeu mathématique en mouvement à l'aide de la SOMCS.

Pour répondre à ces objectifs, nous avons mis en place un *Teaching experiment* particulier. La mise en place de cette méthodologie semblait idéale pour le cadre de notre recherche puisque nous voulions identifier les manifestations des CS mises en place par les élèves tout en pouvant intervenir au besoin afin d'approfondir les réflexions des élèves. Ce *TE* a été réalisé auprès d'une classe, plus particulièrement de trois équipes de quatre élèves, de sixième année du primaire lors de trois séances entre 30 et 40 minutes chacune. Chacune de ces séances portait sur un JMM

composé de trois Tangrams à reproduire dans le méso-espace. Pour le premier, les élèves devaient reproduire les Tangrams avec des draps. La reproduction des Tangrams du JMM 2 se faisait avec le corps des élèves. Puis, pour le dernier JMM, les élèves devaient tracer les Tangrams en ayant préalablement placé des cônes représentant les sommets des différentes figures composant ceux-ci.

L'analyse de ces trois JMM selon les objectifs, nous a permis de répondre à nos trois objectifs spécifiques de recherche. Pour le premier objectif, la réalisation des JMM nous a permis de constater que les deux composantes étaient présentes lors des trois JMM, tandis que nous ne nous attendions pas à ce que l'orientation soit présente lors des deux premiers. Cependant, l'utilisation du méso-espace pour les JMM semble avoir favorisé l'utilisation de cette composante. Ensuite, lors du dernier JMM, l'articulation de la position d'un objet dans un espace était plus opportune, car il y avait des lignes au sol, bien que certaines équipes l'aient déjà utilisée lors des deux JMM précédents. Grâce à la composante organisation, il a été possible d'identifier les quatre catégories de manifestations des CS. Toutefois, les manifestations des CS sur l'objet et sur la position fixe de l'objet étaient plus fréquentes. Pour le deuxième objectif, les élèves ont manifesté des CS dans les trois niveaux d'abstraction. Cependant, nous avons pu observer qu'à force d'effectuer des activités visant à développer potentiellement les CS, les élèves utilisaient des niveaux d'abstraction demandant de plus en plus la création d'IM, c'est-à-dire les niveaux photographique et scénographique. Pour le troisième objectif, nous avons pu identifier que le maillage des manifestations des CS n'est pas un chemin linéaire. Les élèves font plusieurs allers-retours entre les différentes manifestations des CS relevant des tâches effectuées, mais également entre les catégories des manifestations lors des trois JMM. Il est donc essentiel de ne pas restreindre une activité à un seul type de tâches ou aux types de tâches suggérés par l'enseignant.e afin que les élèves puissent passer d'une manifestation à une autre, ainsi que d'une catégorie à une autre.

Une analyse un peu plus approfondie a également permis de faire ressortir certains faits intéressants sur le développement potentiel des CS. Par exemple, nous avons pu ressortir qu'il y a un lien existant entre les composantes des CS et les différents niveaux d'abstraction utilisés. Puis, nous avons pu observer qu'à force d'effectuer des activités visant à développer

potentiellement les CS, les élèves utilisaient des niveaux d'abstraction demandant de plus en plus la création d'IM et l'utilisation de la visualisation et des manipulations mentales. Nous avons également constaté que certaines manifestations ne correspondent pas exactement à la description que nous avons donnée dans le cadre de référence, car elles ne sont pas utilisées de la même manière que dans le contexte de notre étude. Nous avons ressorti entre autres les manifestations portant sur la transformation d'un déplacement, la recherche de différentes stratégies et l'anticipation des actions à effectuer. D'autres manifestations ont également ressorti comme étant des manifestations implicites à d'autres comme de trouver la position fixe d'un objet pour la communiquer ou encore de reconnaître l'objet pour le décrire. Ainsi, avec ces résultats, nous pourrions adapter les outils développés dans le cadre de ce mémoire pour s'adapter davantage à ce que les élèves effectuent. Nous avons également fait ressortir certains apports théoriques comme la création de la schématisation de la SOMCS, qui s'inspire de la schématisation de la SGA de Marchand. Cette nouvelle structure met l'accent sur l'activité mathématique des élèves plutôt que sur la conception des activités qui leur sont proposées.

6.2 Les contributions et les retombées

Ce mémoire contribue à **l'avancement de la didactique des mathématiques en ayant créé et utilisé la SOMCS comme outil d'analyse d'action des élèves**. En effet, nous l'avons créé dans le cadre de ce projet dans le but d'analyser l'activité mathématique des élèves en ce qui concerne l'observation de leurs manifestations des CS. Cet outil s'appuie sur la SGA qui avait été créée dans le but de structurer des activités, mais également d'analyser l'activité mathématique des élèves. Toutefois, ce deuxième point n'avait pas encore été mis à l'épreuve ou très peu. Ainsi, notre recherche a permis de constater que l'outil adapté, puisque nous avons ajouté les manifestations des CS, peut servir à l'analyse de l'activité mathématique des élèves. Cependant, nous apporterions quelques modifications à la SOMCS utilisée dans cette recherche afin de : 1) préciser certaines actions des élèves, comme l'anticipation et la recherche, en les intégrant dans les trois autres catégories pour déterminer le type d'anticipation et de recherches que les élèves effectuent; 2) ajouter certaines tâches et leurs définitions selon nos observations, comme les deux types de recherche possibles; 3) éviter que certaines tâches soient exclues de l'analyse, alors qu'elles sont présentes, mais de façon implicite, comme la tâche de trouver la position d'un objet;

et 4) intégrer des éléments observables de notre recherche dans notre grille d'analyse pour faciliter l'observation des activités futures. Avant l'analyse de nos JMM, nous n'avions pas pu envisager ces nuances et ces changements. Donc, ces changements pourraient également être un prolongement possible de cette recherche.

Cette recherche a également **mis de l'avant l'utilisation d'image-concepts** lors de la fabrication des Tangrams. Jusqu'à présent peu de recherches avaient permis d'avoir des manifestations en ce sens. Ainsi, l'utilisation du méso-espace ou de JMM ont permis d'avoir des exemples de quelques-unes de ces images dans l'action. De plus, cette étude a permis d'illustrer que non seulement l'anticipation des actions à effectuer étaient importantes pour le développement potentiel des CS, comme Marchand (2020) l'avait fait remarquer, mais l'utilisation de la communication et de la description semblent aussi des éléments importants pour que les élèves accroissent possiblement leurs CS.

Ensuite, ce travail a permis **d'approfondir les connaissances entourant le développement potentiel des CS des élèves dans le méso-espace lors d'activité académique**. Effectivement, Marchand (2009, 2020) avait déjà ressorti certaines CS essentielles pour le développement de celles-ci dans le méso-espace, mais dans un contexte de sport comme le patinage artistique. D'autres recherches avaient également porté sur le développement des CS en contexte scolaire, mais lors de jeu ou d'activité dans le micro-espace, comme les recherches de Cabot-Thibault (2013) avec le jeu d'échecs et de Marchand (2020) avec les Tangrams. Ainsi, pour notre recherche, nous avons combiné le méso-espace et le jeu en contexte scolaire. Cela a donc mis de l'avant que le développement potentiel des CS effectué dans le méso-espace lors d'un sport était également possible en mathématiques et ce en conservant l'espace où les sports se réalisent.

Un autre apport de ce mémoire réside dans **l'enrichissement d'activités possibles à réaliser auprès d'élèves du troisième cycle du primaire**. Effectivement, les JMM réalisés ont été mis en annexe à la fin de ce mémoire (voir *Annexe 6* [p. 239], *Annexe 7* [p. 242] et *Annexe 8* [p. 245]) dans le but éventuel que des enseignant.es voulant diversifier leurs méthodes d'enseignement avec les élèves puissent avoir des activités clés en main à réaliser auprès d'eux pour travailler et développer potentiellement leurs CS.

Finalement, la recherche a mis de l'avant que **les élèves effectuent plusieurs va-et-vient entre les différentes tâches** qui permettent possiblement le développement des CS. Ainsi, les enseignant.es qui voudraient créer des activités permettant aux élèves de développer leurs CS devraient élaborer des activités et des jeux donnant l'occasion aux élèves d'effectuer ces différentes tâches.

6.3 Les limites et difficultés

Lors de la réalisation des activités, nous avons vécu certaines limites et difficultés en ce qui concerne le temps requis avant et pendant les activités, l'espace disponible, le matériel mis à notre disposition, la présence d'une stagiaire ainsi que l'analyse du matériau.

Pour ce qui est du temps, puisque nous avons effectué un *teaching experiment* particulier où l'enseignant.e de la classe était l'enseignant-chercheur, il fallait trouver du temps pour se rencontrer avant les séances d'enseignement pour s'assurer que nous avions la même vision des JMM proposés. Ainsi, certaines rencontres étaient juste avant les enseignements puisqu'il était difficile de trouver du temps pour l'enseignant.e. Cependant, plusieurs échanges courriels étaient effectués avant chacun des enseignements, ce qui a grandement aidé aux rencontres parfois écourtées avant les enseignements. Puis, lors de la réalisation des JMM, nous avons réalisé que certains étaient un peu plus longs que prévus, donc nous avons manqué de temps lors du deuxième JMM pour le 3^e Tangram, celui n'ayant pas de lignes internes visibles. Ce qui a mené à la décision de ne pas effectuer de 3^e Tangram lors du dernier JMM. Surtout que nous ne pouvions pas déborder sur une autre période étant donné que les JMM avaient lieu en fin de journée scolaire.

En ce qui concerne l'espace, le local mis à notre disposition était assez grand pour accueillir nos trois équipes, mais il n'était pas toujours évident de placer les caméras afin de pouvoir observer toutes les équipes étant donné la disposition du local, dont une colonne en plein milieu. Puis, puisque les draps mesuraient environ tous un mètre par un mètre de grandeur, cela prenait beaucoup d'espace. Il pouvait donc arriver que certaines équipes doivent replacer leurs draps pour ne pas empiéter sur l'espace d'une autre équipe. Notre autre espace utilisé était une section de la cour de récréation pour la dernière activité qui demandait aux élèves de se déplacer entre

les cônes. Cela était parfait pour l'espace des équipes, mais en ce qui concerne les caméras, le son était un peu moins bon du fait que l'espace était très grand et ouvert, puis il y avait également le bruit de la rue qui venait ensevelir à certains moments la voix des élèves.

Pour le matériel, lors du troisième JMM, certains cônes étaient des solides rectangulaires plutôt que des solides coniques. Cela a donc peut-être complexifié l'activité pour quelques élèves étant donné que les cônes n'étaient pas d'une forme habituelle. C'est peut-être également ce qui a mené les équipes B et C à tracer les lignes avec les cônes plutôt que de représenter les sommets.

En ce qui concerne la présence d'une stagiaire lors de notre collecte du matériel, cela aurait pu être une limite étant donné que l'enseignant-chercheur de se *TE* particulier avait été choisi dû à son expertise avec les JMM. Cependant, étant donné que la stagiaire en avait déjà effectué avec l'enseignant au préalable et qu'il l'avait bien préparé aux JMM, nous ne pensons pas que cela a été une limite à notre recherche, même si elle a animé certains JMM.

Finalement, lors de l'analyse, nous avons rencontré quelques difficultés à faire ressortir certaines tâches effectuées par les élèves puisqu'elles étaient implicites comme discuté dans la section 5.4 Des particularités pour certaines manifestations relevant des tâches effectuées par les élèves. Puis, une autre difficulté concernant l'analyse des tâches a été de trouver un moyen de distinguer la fabrication du Tangram que l'élève effectuait avec les objets demandés comme les draps, les corps et les cônes des moments où les élèves fabriquaient leur IM. Pour cette recherche, nous avons distingué les deux en plaçant les IM dans la reconnaissance d'objet et dans l'anticipation. Toutefois, il pourrait être pertinent de les distinguer autrement lors d'une future recherche.

6.4 Les prolongements possibles

Premièrement, dans le cadre de référence, nous retrouvions quatre balises de la SOMCS. De cet outil, nous n'avons qu'analysé les balises 2 et 3 selon la première, ainsi qu'une seule variable de la troisième balise. Il pourrait donc être intéressant de se pencher sur les trois autres variables qui n'ont pas été approfondies dans cette recherche, soit les conceptions de l'espace, la nature et les dimensions des objets impliqués et l'objet du questionnement. Au départ, nous pensions que les autres variables n'étaient que déterminées par l'enseignant.e à l'aide de la SGA. Ainsi,

puisque nous voulions analyser l'activité mathématique des élèves, nous ne pensions pas que ces variables étaient pertinentes à analyser du point de vue des élèves. Cependant, même s'il s'agit majoritairement de variables choisies à l'avance, nous avons pu constater que les élèves utilisaient plus d'espaces, de dimensions et de questionnements que ce que nous avions envisagé. Puis, comme abordé dans la section 5.1 Les avantages du méso-espace, nous avons soulevé une difficulté à distinguer certains espaces dans le méso-espace. Il pourrait donc être intéressant de se pencher sur ces différences et ces distinctions.

Deuxièmement, il serait envisageable d'explorer la séquence d'enseignement d'autres façons. Par exemple, il pourrait être intéressant d'effectuer un retour vers des activités se situant dans le micro-espace afin d'observer si les élèves arrivent à transférer les manifestations des CS effectuées dans le méso-espace au micro. Ou encore de réaliser des allers-retours entre les trois JMM afin d'observer si le développement potentiel des CS qui semble s'être développé au travers des trois JMM aurait été semblable ou différent. Par exemple, nous pourrions effectuer le JMM 1, suivi du JMM 2, revenir à une activité dans le même style que le JMM 1, pour ensuite faire le JMM 3 et effectuer à nouveau des activités semblables au JMM 1 et 2. Cela demanderait cependant l'usage d'une autre méthodologie. De ce fait même, si un seul de ces JMM avait été utilisé, mais qu'une progression aurait été faite au sein de ce JMM, est-ce que les élèves auraient autant potentiellement développé leurs connaissances ? Ou si chacun des JMM avait été réalisé plus souvent, est-ce que les CS se seraient autant possiblement développées ? Une autre variante de ce JMM, qui pourrait s'avérer profitable pour observer l'activité mathématique des élèves, est de laisser les équipes fabriquer un Tangram à reconstruire par les autres équipes, car cela nécessite d'autres compétences et connaissances des élèves et il s'agit d'une autre variable de progression de l'activité. Tout comme le fait d'avoir augmenté le nombre de figures dans les Tangrams, de mettre les figures de la même couleur ou d'avoir varier l'alignement des figures. Cela pourrait apporter d'autres observations également. Lors du JMM 1, nous pourrions également mettre à la disposition des élèves des draps ne représentant pas les figures présentent dans les Tangrams montrés. Ainsi, nous pourrions observer si les élèves ont bien mémorisé les figures des Tangrams proposés et s'ils sont en mesure de différencier les différentes figures. Par

exemple, nous pourrions ajouter des draps en forme de losange et de parallélogramme. Il s'agirait encore une fois d'une autre variable de progression des JMM.

Troisièmement, pendant la réalisation des activités, il aurait été également pertinent de voir si le positionnement du Tangram montré influençait la fabrication des Tangrams. Par exemple, dans nos JMM, les Tangrams étaient montrés debout et les élèves les reproduisaient couchés. Ainsi, si les Tangrams avaient été montrés couchés, est-ce que cela aurait eu une différence sur le développement potentiel des connaissances ? Il pourrait donc être intéressant de comparer le développement possible des CS de deux groupes dont le Tangram est montré différemment. Puis, si nous reproduisons les JMM, mais pendant la réalisation du JMM 2, nous montrons les fabrications que les élèves font au fur et à mesure, que ce passerait-il ? Modifieraient-ils leur Tangram davantage ?

Quatrièmement, il pourrait être pertinent d'évaluer les CS que les élèves possèdent avant d'effectuer de telles activités et de les réévaluer après afin de comparer les résultats des élèves et d'observer le type de CS qui se développent davantage ou pas.

Finalement, un prolongement théorique possible serait, comme susmentionné dans la section 6.2 de ce chapitre (p. 215), d'effectuer les ajustements proposés pour la SOMCS afin de la rendre plus efficace dans l'analyse de l'activité mathématique des élèves. Puis, un ajustement des grilles d'observation pourrait également être bénéfique pour de prochaines recherches portant sur l'observation des manifestations des CS des élèves. Par exemple, en ajoutant des exemples de nos observations afin de clarifier certaines manifestations et certaines tâches effectuées.

Références bibliographiques

- Anadón, M. (2011). Quelques repères sociaux et épistémologiques de la recherche en éducation au Québec. Dans T. Karsenti & L. Savoie-Zajc (dir.), *La recherche en éducation. Étapes et approches* (3e éd., p. 11-33). Renouveau Pédagogique.
- Anadón, M. et Savoie-Zajc, L. (2009). Introduction. *Recherches qualitatives : L'analyse qualitative des données*, 28(1), 1-7.
- Archambault, J. et Chouinard, R. (2016). *Vers une gestion éducative de la classe* (4^e éd.). Gaëtan Morin.
- Battista, M. T. (2007). The development of geometric and spatial thinking. Dans F. K. Lester (dir.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (p. 843-908). Information Age.
- Berthelot, R. et Salin, M.-H. (1992). *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire* [thèse de doctorat, Université Bordeaux I]. Hyper articles en ligne. https://tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/414065/filename/these_Berthelot_Salin.pdf
- Braconné-Michoux, A. (2014). Les niveaux de pensée en géométrie de van Hiele : de la théorie à l'épreuve de la classe. *Bulletin association mathématique du Québec*, 54(1), 24-51.
- Braconné-Michoux, A. (2018). *La géométrie à l'école primaire : des pistes pour l'enseignement de la géométrie et de la mesure* (2^e éd.). Les Éditions JFD.
- Bright, G. W., et Harvey, J. G. (1988). Learning and fun with geometry games. *The arithmetic teacher*, 35(8), 22-26. <https://doi.org/10.5951/AT.35.8.0022>
- Brousseau, G. (2000). Les propriétés didactiques de la géométrie élémentaire; l'étude de l'espace et de la géométrie. *Séminaire de didactique des mathématiques*, 67-83. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00515110/PDF/Les_proprietes_didactiques_de_la_geometrie_elementaire.pdf
- Cabot Thibault, Jim (2013). *L'effet de l'apprentissage du jeu d'échecs dans le cadre scolaire sur le développement du sens spatial d'élèves du premier cycle du secondaire* [mémoire de maîtrise, Université du Québec à Rimouski]. Sémaphore. https://semaphore.uqar.ca/id/eprint/939/1/Jim_Cabot-Thibault_fevrier2013.pdf
- Centre de formation initiale des maîtres de la Faculté des sciences de l'éducation. (2021). *Cheminement obligatoire – Régime d'études temps plein - Admis 2021*. Université de Montréal. https://fse.umontreal.ca/fileadmin/fse/documents/pdf/Cheminelements_baccalaur%C3%A9at/Cheminement_BEPEP_A21.pdf

- Clements, D. H. et Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. Dans D. A. Grouws (dir.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (p. 420-464). Macmillan Publishing Company.
- Clements, D. H. et Sarama, J. (2014). *Learning and teaching early math : The learning trajectories approach* (2e éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203520574>
- Cobb, P. (2000). Conducting teaching experiments in collaboration with teachers. Dans R. Lesh et A. E. Kelly (dir.), *Research design in mathematics and science education* (p. 307-333). Erlbaum.
- Del Grande, J. (1990). Spatial sense. *Arithmetic Teacher*, 37(6), 14-20.
- Dufour, S. (2019). *Des processus de compréhension sous l'angle des représentations : un teaching experiment autour de la dérivée* [thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal]. Archipel. <https://archipel.uqam.ca/12668/1/D3592.pdf>
- Duval, R. (2005). Les conditions cognitives de l'apprentissage de la géométrie : développement de la visualisation, différenciation des raisonnements et coordination de leurs fonctionnements. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 10, 5-53.
- Ekimova-Boublil, E. (2005). *Une approche de formation didactique à l'enseignement de la géométrie au primaire* [thèse de doctorat, Université de Montréal]. Papyrus. https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/16468/Ekimova-Boublil_Elena_2005_these.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Faculté d'éducation. (2018, 9 octobre). *Activités pédagogiques du Baccalauréat en enseignement au préscolaire et au primaire*. Université de Sherbrooke. https://www.usherbrooke.ca/epp/fileadmin/sites/epp/documents/BEPP/Intranet_BEPP/3-tableau_cours-stages.pdf
- Faradjii, D. (s.d.). *Qu'est-ce qu'un jeu mathématique ?* <https://www.univ-irem.fr/IMG/pdf/DefJeu.pdf>
- Gandon, S. (2009). Russell, les « sense-data » et les objets physiques : une approche géométrique de la notion de classification. *Philosophia Scientiæ*, 13(1), 71-97. <https://doi.org/10.4000/philosophiascientiae.70>
- Gattuso, L., Lacasse, R., Lemire, V. et Van der Maren, J.-M. (1989). Quelques aspects sociaux et affectifs de l'enseignement des mathématiques ou le vécu des mathophobes. *Revue des sciences de l'éducation*, 15(2), 193-218. <https://doi.org/10.7202/900627ar>
- Gray, A.R., Topping, K.J. et Carcary, W. B. (1998). Individual and group learning of the Highway Code : Comparing board game and traditional methods. *Educational-research*, 40(1), 45-53.
- Hawes, Z., Tepylo, D. et Moss, J. (2015). Developing spatial reasoning. Dans B. Davis (dir.), *Spatial reasoning in the early years: Principles, assertions, and speculations* (p. 29-44). Routledge.

- Heinze, A., Cheng, Y.-H., Ufer, S. Lin, F.-L. et Reiss, K. (2008). Strategies to foster students' competencies in constructing multi-steps geometric proofs: teaching experiments in Taiwan and Germany. *ZDM Mathematics Education*, (40), 443-453.
<https://doi.org/10.1007/s11858-008-0092-1>
- Héroux, S. (2023). *Étude exploratoire de l'activité mathématique lors de séances de jeux en classe du primaire* [thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal]. Researchgate.
<https://www.researchgate.net/publication/371133805>
- Héroux, S. et Proulx, J. (2015). Faire des mathématiques à travers le jeu : un exemple sur les compléments de 10. *Quaderni di ricerca in didattica (mathematics)*, (25-Supplément 2), 87-95.
<https://www.researchgate.net/publication/319423510> Faire des mathématiques a travers le jeu un exemple sur les complements de 10
- Héroux, S. et Rajotte, T. (2021). *Le jeu en classe de mathématiques : engager activement les élèves et favoriser leur apprentissage*. Chenelière Éducation.
- Kemp, S. J. (2012). Constructivist criteria for organising and designing educational research : How might an educational research inquiry be judged from a constructivist perspective? *Constructivist Foundations*, 8(1), 118-125.
- Lovin, L. et Van de Walle, J. (2008). *L'enseignement des mathématiques : l'élève au centre de son apprentissage* (vol. 2). Pearson ERPI.
- Makdissi, E. (2020). Création de jeux impliquant des concepts mathématiques de première secondaire et étude des raisonnements mathématiques induits chez les élèves [mémoire de maîtrise, Université Laval]. Corpus.
<https://corpus.ulaval.ca/server/api/core/bitstreams/1f41a28d-b427-4da8-afb8-a1979727482f/content>
- Marchand, P. (2009). Le développement du sens spatial au primaire. *Bulletin de l'Association mathématique du Québec*, 49(3), 63-79.
- Marchand, P. (2020). Quelques assises pour valoriser le développement des connaissances spatiales à l'école primaire. *Recherches en didactique des mathématiques*, 40(2), 135-178. _
- Marchand, P. et Braconne-Michoux, A. (2013). Quels types d'activités permettent de développer les connaissances spatiales chez les élèves du primaire ? Le cas de la boîte à image. *XXXIXeme Colloque Copirelem*.
<http://www.arpeme.fr/documents/437E3525FA213C55FC2F.pdf>
- Marchand, P. et Munier, V. (2021). Un levier pour une meilleure appréhension de l'espace en classe de sciences à l'école. *Canadian journal of science, mathematics and technology education*, 21, 321-338. <https://doi.org/10.1007/s42330-021-00143-9>

- Ministère de l'Éducation du Québec. (2001). *Programme de formation de l'école québécoise - version approuvée : éducation préscolaire et enseignement primaire*. Gouvernement du Québec.
http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/formation_jeunes/prform2001.pdf
- Ministère de l'Éducation du Québec. (2009). *Progression des apprentissages au primaire - Mathématique*. Gouvernement du Québec.
http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/pfeg/PDA_PFEQ_mathematique-primaire_2009.pdf
- Moreau, D., Clerc, J., Mansy-Dannay, A., et Guerrien, A. (2012). Enhancing spatial ability through sport practice. *Journal of individual differences*, 33(2), 83-88. <https://doi.org/10.1027/1614-0001/A000075>
- Munier, V., Marchand, P. et Merle, H. (2010, 6-8 octobre). *L'enseignement de l'espace dans deux contextes différents d'apprentissage : en classes de sciences et de mathématiques*. Actes des 3^{es} rencontres scientifiques universitaires Sherbrooke - Montpellier, Sherbrooke.
<https://www.usherbrooke.ca/creas/fileadmin/sites/creas/documents/Publications/2011-Actes-Sherb-Montp.pdf>
- Nilges, L. et Usnick, V. (2000). The role of spatial ability in physical education and mathematics. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 71(6), 29-33.
<https://doi.org/10.1080/07303084.2000.10605158>
- Parzys, B. (2006). La géométrie dans l'enseignement secondaire et en formation de professeurs des écoles : de quoi s'agit-il ? *Document de recherche en didactique (Quaderni di ricerca in didattica)*, (17). 128-151.
- Pelczer, I. (2013). Comment construire des jeux autour de notions mathématiques. *Bulletin de l'Association Mathématique du Québec*, 53(3), 87-98.
- Pelletier, M. (2018). *Les orthopédagogues au préscolaire et au primaire : utilisation de stratégies pédagogiques et enjeux associés à la pédagogie par le jeu* [mémoire de maîtrise, Université du Québec à Rimouski]. Semaphore.
http://semaphore.ugr.ca/id/eprint/1552/1/Mylene_Pelletier_aout2018.pdf
- Piaget, J. (1959). L'image mentale et la représentation imagée chez l'enfant. *Bulletin de psychologie*, 12(157), 264-269.
- Pinet, L. et Gentaz, E. (2005). La reconnaissance des figures géométriques planes par les enfants de 5 ans. *Grand N*, (76), 29-45.
- Porter, A. (1989). A curriculum out of balance : The case of elementary school mathematics. *Educational researcher*, 18(5), 9-15. <https://doi.org/10.3102%2F0013189X018005009>


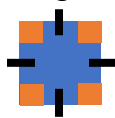
- Potvin, P. et Paradis, L. (2000). *Facteurs de réussite dès le début du préscolaire et du primaire*. Université du Québec à Trois-Rivières.
<https://pierrepotvin.com/6.%20Publications/rapport%20meq%20crires.pdf>
- Proulx, J. (2019). Recherches qualitatives et validités scientifiques. *Recherches qualitatives*, 38(1), 53-70. <https://doi.org/10.7202/1059647ar>
- Proulx, J. et Mégrouèche, C. (2021). Retombées collatérales d'un Teaching Experiment: vers une bienveillance didactique. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 21, 639-665. <https://doi.org/10.1007/s42330-021-00171-5>
- Sarama, J. et Clements, D. H. (2009). *Early childhood mathematics education research: learning trajectories for kids* (1^{re} éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203883785>
- Sauvé, L., Renaud, L., Kaufman, D., Kaszap, M., IsaBelle, C., Gauvin, M., Dumais, C., Bujold, P., et Samson, D. (2005). *Revue systématique des écrits (1998-2005) sur les impacts du jeu, de la simulation et du jeu de simulation sur l'apprentissage*. SAGE.
<http://www.savie.qc.ca/savie2005/Publications/Fichiers/Rapport-Apprendrejeux-sept05-vf.pdf>
- Sauvé, L., Renaud, L. et Gauvin, M. (2007). Une analyse des écrits sur les impacts du jeu sur l'apprentissage. *Revue des sciences de l'éducation*, 33(1), 89-107.
<https://doi.org/10.7202/016190ar>
- Savoie-Zajc, L. (2011). La recherche qualitative/interprétative en éducation. Dans T. Karsenti et L. Savoie-Zajc (dir.). *La recherche en éducation : ses étapes, ses approches* (p. 123-150). Édition du Centre de ressources pédagogiques (CRP).
- Steffe, L. (2002). The constructivist teaching experiment: Illustrations and implications. *Radical Constructivism in Mathematics Education. Mathematics Education Library*, 7.
https://doi.org/10.1007/0-306-47201-5_9
- Steffe, L. P., et Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. Dans R. Lesh et A. E. Kelly (dir.), *Research design in mathematics and science education* (p. 267-307). Erlbaum.
- St-Pierre, L. (1991). *Effets de l'enseignement de stratégies cognitives et métacognitives sur les méthodes de travail des élèves faibles en mathématiques au collégial* [essai d'un mémoire d'une maîtrise, Université de Sherbrooke]. Centre de documentation collégiale.
<http://www.cdc.qc.ca/pdf/essai-lise-st-pierre-strategies-cognitives-maths-usherbrooke-1991.pdf>
- Syssau, A., Devichi, C. & Blanc, N. (2021). Émotions et résolution de problèmes mathématiques. Dans P. Gobin (dir.), *Émotions et apprentissages* (p. 229-246). Dunod.
<https://doi.org/10.3917/dunod.gobin.2021.01.0229>

- Tourigny, C. (2004). *Une intervention en mathématiques en milieu défavorisé s'articulant sur le jeu : contribution au développement de compétences mathématiques chez les enfants* [mémoire de maîtrise, Université de Montréal]. Papyrus.
https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/14456/Tourigny_Catherine_2004_memoire.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. ., Alden, A. R., Warren, C. et Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills : A meta-analysis of training studies. *Psychology Bulletin*, 139(2), 352-402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
- Venturini, P., Calmettes, B., Amade-Escot, C. et Terrisse, A. (2007). Analyse didactique des pratiques d'enseignement de la physique d'une professeure expérimentée. *Aster*, 45, 211-234.

Annexe 1 – Tableau résumé des niveaux de Van Hiele

Tableau 21

Résumé des différents niveaux et des phases de Van Hiele

Niveaux	Phases	Exemples
1. Identification-visualisation (primaire et secondaire)	a. Information b. Orientation dirigée c. Explication d. Orientation libre e. Intégration	L'élève identifie la figure comme un carré parce que ça ressemble à une tranche de fromage orange. 
2. Analyse (primaire et secondaire)	a. Information b. Orientation dirigée c. Explication d. Orientation libre e. Intégration	L'élève identifie la figure comme un carré, car il a quatre côtés égaux et quatre angles droits. 
3. Déduction informelle (primaire et secondaire)	a. Information b. Orientation dirigée c. Explication d. Orientation libre e. Intégration	L'élève décrit un carré, comme un rectangle particulier, car il se passe la réflexion que si tous les rectangles sont des quadrilatères possédant quatre angles droits, alors FORCÉMENT tous les carrés sont aussi des rectangles.
4. Déduction formelle (secondaire)	a. Information b. Orientation dirigée c. Explication d. Orientation libre e. Intégration	L'élève construit une preuve en ne se limitant pas à la mémorisation.
5. Rigueur (secondaire)	a. Information b. Orientation dirigée c. Explication d. Orientation libre e. Intégration	L'élève invente une nouvelle géométrie ou travaille avec une autre géométrie que la géométrie euclidienne.

Annexe 2 – Tableau résumé du modèle de Duval

Tableau 22

Résumé du modèle de Duval (2005)

Rôles	Définition des rôles	Visualisation impliquée	Niveaux d'opérations discursives
Botaniste	reconnait et nomme les formes élémentaires qui sont utilisées en géométrie plane	Visualisation iconique ressemblance entre la forme reconnue dans un tracé et la forme caractéristique de l'objet à identifier	<ul style="list-style-type: none"> • Dénomination • Énonciation de propriétés • Déduction
Arpenteur.trice-géomètre	mesure des longueurs sur un terrain, au sol, ou des distances entre deux repères, et les reporte sur un dessin qui prend un statut de plan		
Constructeur.trice	construit des figures planes à l'aide d'instruments	Visualisation non-iconique déconstruction des formes avec ou sans tracés supplémentaires	
Inventeur.trice-bricoleur.se	reconstruit des figures planes à partir de déconstruction visuelle		

Annexe 3 - Grille d'observation en classe

Légende : Comp. = Composantes / Ori = Orientation / Org = Organisation / A = Archéologique / P = Photographique / S = Scénographique / Mi = Micro-espace / Mé = Méso-espace / Ma = Macro-espace / Pro = Prototypique / Non = Non-prototypique

Catégories des manifestations des CS	Tâches effectuées			Comp.	Niveaux	Espace	Objet	
	Manifestations des CS	Classement	Maillage	(Ori ou Org)	(A, P ou S)	(Mi, Mé ou Ma)	<u>Dimension</u> (0D, 1D, 2D ou 3D)	<u>Position</u> (Pro ou Non)
Sur l'objet	L'élève reconnaît l'objet demandé	Observer ou toucher/ Identifier/ Décrire						
	L'élève décrit l'objet demandé							
	L'élève fabrique l'objet demandé	Construire/ Représenter						
	L'élève transforme l'objet demandé	Transformer/ Déformer/ Sectionner/ Mettre à l'échelle						
Sur la position fixe de l'objet	L'élève déplace la position de l'objet	Déplacer/ Assembler/ Décomposer/ Plier/ Réorganiser						


	L'élève trouve la position de l'objet	Repérer/ Situer/ Cartographier/ Coordonner les perspectives						
	L'élève communique la position de l'objet							
Sur la position dynamique de l'objet	L'élève reconnaît un espace de vie ou un déplacement	Déplacer/ Assembler/ Décomposer/ Plier/ Réorganiser						
	L'élève décrit un espace de vie ou un déplacement							
	L'élève construit un espace de vie ou un déplacement							
	L'élève transforme un espace de vie ou un déplacement							
Ajoutées par Marchand (2020)	L'élève anticipe l'action à effectuer	Anticiper/ Rechercher						
	L'élève recherche différentes façons de procéder							

Annexe 4 - Extraits de la séquence d'enseignement : 1, 2, 3... imagine !

Séance originale (Marchand, 2020, p. 172-173)	Séance adaptée (mésospace) (ajout)	Séance adaptée (en mouvement) (ajout)
Matériel : une présentation PowerPoint avec un Tangram par page et un Tangram en carton ou en plastique pour chacun des élèves.	Matériel : une présentation PowerPoint avec un Tangram par page (ou affiches imprimées avec un Tangram par affiche) et un Tangram coupé dans des draps pour chaque équipe.	Matériel : une présentation PowerPoint avec un Tangram par page (ou affiches imprimées avec un Tangram par affiche) et de la corde
Temps à prévoir en classe : de 15 à 20 minutes.	Temps à prévoir : 30 minutes	Temps à prévoir : 30 minutes
<p>Grandes étapes du déroulement en classe (Marchand, 2020, p. 172-173)</p> <p>§ Expliquer la situation aux élèves.</p> <p>§ Montrer une première fois un Tangram et laisser les élèves placer leurs pièces comme ils le pensent.</p> <p>§ Montrer une deuxième fois et une troisième fois, si nécessaire, le même Tangram.</p> <p>§ Questionner les élèves sur leurs stratégies (comment avez-vous fait pour vous en souvenir ? Que s'est-il passé lorsque j'ai caché l'image ? Qu'avez-vous vu dans votre tête ? Où étaient placées les pièces l'une par rapport à l'autre ? Comment les pièces sont-elles placées dans l'espace ? Y avait-il une partie plus difficile ?).</p> <p>§ Reprendre les mêmes étapes pour deux autres Tangram.</p> <p>§ Lors du retour, l'enseignant.e explique le contenu mathématique qui est sous-jacent à cette situation (CS, surtout lié à la création d'IM et son vocabulaire).</p>		<p>Grandes étapes du déroulement en classe (Très fortement inspiré de Marchand, 2020, p. 172-173)</p> <p>§ Expliquer la situation aux élèves.</p> <p>§ Montrer une première fois un Tangram et laisser les élèves effectuer la tâche demandée.</p> <p>§ Montrer une deuxième fois et une troisième fois, si nécessaire, le même Tangram.</p> <p>§ Questionner les élèves sur leurs stratégies (mêmes questions).</p> <p>§ Reprendre les mêmes étapes pour deux autres Tangram.</p> <p>§ Lors du retour, l'enseignant.e explique le contenu mathématique qui est sous-jacent à cette situation (CS, surtout lié à la création d'IM et son vocabulaire).</p>

<p>Progression des situations (Marchand, 2020, p. 172-173) Afin d'avoir une progression significative des situations, nous fonctionnons par blocs de quatre semaines. Chaque bloc présente un certain nombre de pièces ainsi que des choix de pièces variés. En ce sens, nous parlerons de figures simples (triangle et carré) et de figures complexes (incluant le parallélogramme). Pour chacun des blocs, les trois premières semaines sont planifiées, c'est-à-dire que nous avons déjà élaboré les Tangram à présenter aux élèves. Pour la quatrième semaine, les pièces à utiliser ont été choisies, mais les Tangram doivent être créés par les élèves. L'ensemble des variables prises en compte dans la progression de cette situation pour ce niveau scolaire et les subséquents sont ici énoncées :</p> <div data-bbox="205 1138 659 1321" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p align="center">Variables prises en compte dans la progression des situations pour cette séquence d'enseignement</p> </div>	<p>Progression des situations (Très fortement inspiré de Marchand, 2020, p. 172-173) Afin d'observer une progression des situations, nous ferons une activité par semaine pendant un mois. Chacune des activités présente un certain nombre de pièces ainsi que des pièces variées afin que les élèves aient du choix. Pour les trois ou quatre séances, les Tangram à présenter aux élèves sont planifiés. Ils comportent des figures simples (triangle et carré) et des figures complexes (dont le parallélogramme). Les variables prises en compte dans la progression des situations sont détaillées ici :</p> <div data-bbox="695 980 1148 1243" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p align="center">Variables prises en compte dans la progression des situations pour cette séquence d'enseignement (Très fortement inspiré de Marchand, 2020, p. 172-173)</p> </div> <div data-bbox="695 1243 1148 1382" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>Mentionner ou non le nombre de pièces et, précisément celles qui seront utilisées pour le</p> </div>	<p>Progression des situations (Très fortement inspiré de Marchand, 2020, p. 172-173) Afin d'observer une progression des situations, nous ferons une activité par deux semaines pendant un mois et demi. La première activité présente un certain nombre de pièces ainsi que des pièces variées afin que les élèves aient du choix. Il s'agit sensiblement de la même activité que dans le micro, mais dans le macro. La deuxième activité se fera en mouvement. Les élèves seront invités à utiliser leur corps pour effectuer les représentations. La troisième activité se fera également en mouvement, mais cette fois, les élèves devront marcher les Tangrams présentés. Pour les trois ou quatre séances, les Tangram à présenter aux élèves sont planifiés. Ils comportent des figures simples (triangle et carré) et des figures complexes (dont le parallélogramme). Les variables prises en compte dans la progression des situations sont détaillées ici :</p> <div data-bbox="1184 1019 1848 1203" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p align="center">Variables prises en compte dans la progression des situations pour cette séquence d'enseignement (Très fortement inspiré de Marchand, 2020, p. 172-173)</p> </div> <div data-bbox="1184 1203 1848 1382" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>Mentionner ou non le nombre de pièces et, précisément celles qui seront utilisées pour le Tangram qui sera présenté avant de procéder à la première observation.</p> </div>
--	--	--

<p>Mentionner ou non le nombre de pièces et, précisément celles qui seront utilisées pour le Tangram qui sera présenté avant de procéder à la première observation.</p>	<p>Tangram qui sera présenté avant de procéder à la première observation.</p>	<p>Jouer sur la couleur des pièces du Tangram présenté aux élèves. Toutes les pièces sont de la même couleur.</p>
<p>Jouer sur la couleur des pièces du Tangram présenté aux élèves. Pour les plus jeunes, chacune des pièces possède sa couleur alors que par la suite, toutes les pièces sont de la même couleur.</p>	<p>Jouer sur la couleur des pièces du Tangram présenté aux élèves. Toutes les pièces sont de la même couleur.</p>	<p>Augmenter le nombre de pièces.</p>
<p>Augmenter le nombre de pièces de 2 à 4 pour les élèves âgés entre 6 et 8 ans. Pour les élèves âgés entre 8 et 10 ans, nous pourrions penser présenter des Tangram ayant entre 4 et 6 pièces et pour ceux âgés entre 10 et 12 ans, entre 5 et 7 pièces. Il serait aussi possible d'étendre ce type de situation en 3D aux élèves plus âgés, avec des empilements de cubes ou les objets SOMA.</p>	<p>Augmenter le nombre de pièces.</p>	<p>Jouer sur les pièces du Tangram qui sont exploitées.</p>
<p>Jouer sur les pièces du Tangram qui sont exploitées. Au départ, le parallélogramme est exclu étant</p>	<p>Jouer sur les pièces du Tangram qui sont exploitées.</p>	<p>Jouer sur le positionnement des pièces, au départ elles sont positionnées de manière prototypique, sur un de leur côté, et par la suite, de manière non prototypique, sur un de leur sommet.</p>
	<p>Jouer sur le positionnement des pièces, au départ elles sont positionnées de manière prototypique, sur un de leur côté, et par la suite, de manière non prototypique, sur un de leur sommet.</p>	<p>Varié l'alignement des pièces entre elles. Au départ, les côtés qui se touchent sont confondus, et par la suite, ceux-ci peuvent être décalés et ne pas correspondre exactement.</p>
	<p>Varié l'alignement des pièces entre elles. Au départ, les côtés qui se touchent sont confondus, et par la suite, ceux-ci peuvent être décalés et ne pas correspondre exactement.</p>	<p>Proposer des Tangram d'aspects différents : des Tangram « compacts », c'est-à-dire dont les pièces sont toutes collées une à l'autre et dont il est facile de reconnaître la forme globale (ex. : un Tangram carré formé de deux triangles), des Tangram étalés, c'est-à-dire dont les pièces sont très espacées l'une de l'autre (ex. : un Tangram dont les pièces ne se touchent que par leurs sommets), et enfin des Tangrams troués, c'est-à-dire dont la disposition des pièces forment un trou dans le Tangram ou des Tangram ayant des pièces cachées.</p>
	<p>Proposer des Tangram d'aspects différents : des Tangram</p>	

<p>donné sa nature non symétrique et il est introduit par la suite. Chaque fois qu'il y a une augmentation du nombre de pièces, nous excluons cette pièce pour la réintroduire une fois que les élèves ont plus d'expérience avec ce nombre de pièces. Étant donné qu'il y a également trois grandeurs de triangles, nous jouons également sur cette variable (au départ une seule grandeur et ensuite plusieurs).</p>	<p>« compacts », c'est-à-dire dont les pièces sont toutes collées une à l'autre et dont il est facile de reconnaître la forme globale (ex. : un Tangram carré formé de deux triangles), des Tangram étalés, c'est-à-dire dont les pièces sont très espacées l'une de l'autre (ex. : un Tangram dont les pièces ne se touchent que par leurs sommets), et enfin des Tangrams troués, c'est-à-dire dont la disposition des pièces forment un trou dans le Tangram ou des Tangram ayant des pièces cachées.</p>	<p>Les premières figures seront effectuées avec des morceaux de Tangram découpés dans des draps et les dernières figures seront effectuées par les élèves et des cordes.</p>
<p>Jouer sur le positionnement des pièces, au départ elles sont positionnées de manière typique, sur un de leur côté, et par la suite, de manière atypique sur un de leur sommet.</p>	<p>Les premières figures seront effectuées avec des morceaux de Tangram découpés dans des draps et les dernières figures seront effectuées par les élèves et des cordes.</p>	<p>Lors de la deuxième activité, les figures se feront uniquement avec les élèves. Par exemple, voir les images sous le tableau.</p>
<p>Varié l'alignement des pièces entre elles. Au départ, les côtés qui se touchent sont confondus, et par la suite, ceux-ci peuvent être décalés et ne pas correspondre exactement.</p>	<p>Il est également possible que les dernières figures se fassent uniquement avec les élèves. Voir les images sous le tableau.</p>	<p>Lors de la troisième activité, les figures seront tracées par les élèves grâce à leur déplacement dans l'espace.</p>
<p>Proposer des Tangram d'aspects différents : des Tangram</p>		

« compacts », c'est-à-dire dont les pièces sont toutes collées une à l'autre et dont il est facile de reconnaître la forme globale (ex. : un Tangram carré formé de deux triangles), des Tangram étalés, c'est-à-dire dont les pièces sont très espacées l'une de l'autre (ex. : un Tangram dont les pièces ne se touchent que par leurs sommets), et enfin des Tangrams troués, c'est-à-dire dont la disposition des pièces forment un trou dans le Tangram, comme ceci est le cas pour le dernier Tangram de l'annexe 3, ou des Tangram ayant des pièces cachées.



Voici des exemples de Tangram présentés (Marchand, 2020, p. 173) :

Bloc 1 - semaine 1



Bloc 6 – semaine 4



Annexe 5 - L'analyse des trois JMM proposés selon la SGA

Tableau 23

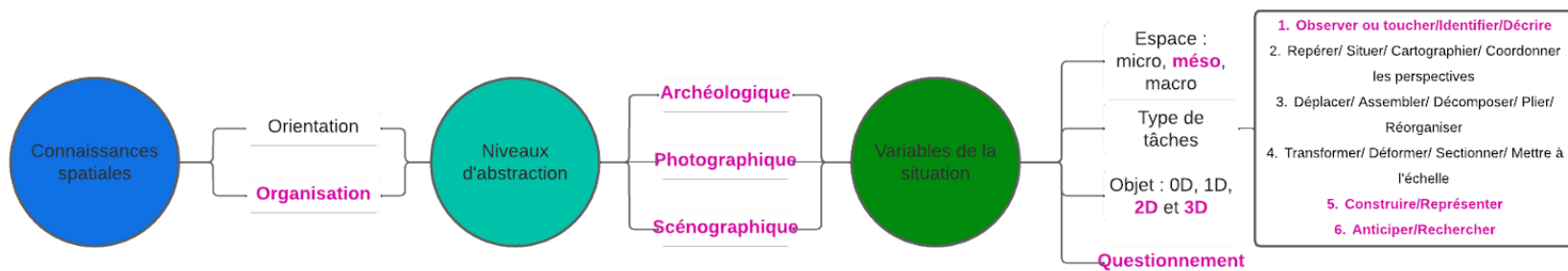
Activité 1 : Les Tangrams géants

Les premières figures seront découpées dans des draps

Connaissances spatiales	Niveaux d'abstraction	Variables de la situation
Étant donné que cette activité permet d'organiser des morceaux de Tangram l'un envers l'autre, les élèves auront besoin d'articuler la position des différents morceaux l'un envers l'autre et de visualiser la tâche demandée.	Pendant l'activité, il y aura une évolution entre les niveaux d'abstraction demandés aux élèves. La première image pourra rester comme référent, tandis que pour les images 2 et 3, elles ne seront accessibles qu'un court instant. Donc, les trois niveaux d'abstraction seront utilisés.	Les élèves devront observer le Tangram, identifier les figures composant le Tangram et construire le Tangram. Ils pourront également décrire le Tangram puisqu'ils travaillent en équipe. Selon s'il s'agit d'une reproduction avec les draps ou les objets, ce sera en 2D ou 3D.

Figure 86

Schématisation de la SGA pour l'activité 1



Note. Inspiré de Marchand et Munier, 2021, p. 323

Tableau 24

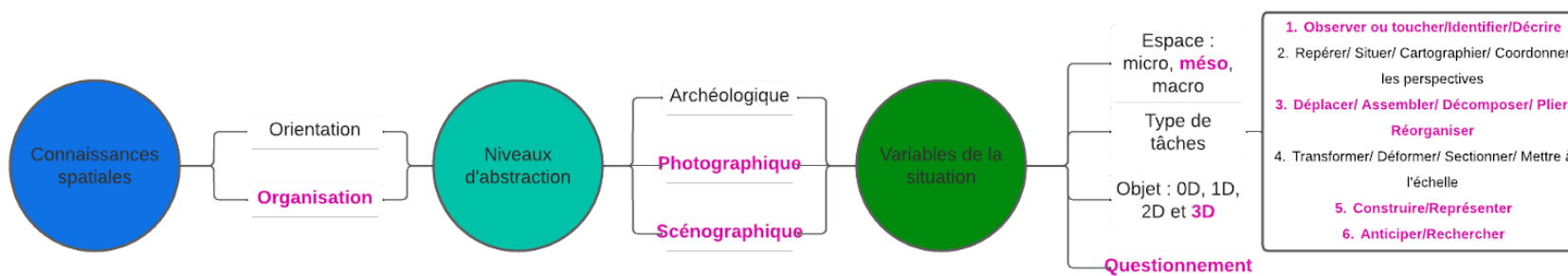
Activité 2 : Les Tangrams humains

Les figures se feront uniquement avec le corps des élèves dans le style du yoga.

Connaissances spatiales	Niveaux d'abstraction	Variables de la situation
<p>Étant donné que cette activité permet d'organiser des morceaux de Tangram l'un envers l'autre, les élèves auront besoin d'articuler la position des différents morceaux l'un envers l'autre et de visualiser la tâche demandée.</p>	<p>Pendant l'activité, il sera demandé aux élèves de représenter des figures avec leur corps, mais ils n'auront accès à l'image ou à la forme qu'un court instant. Donc, les niveaux d'abstraction 2 et 3 seront utilisés.</p>	<p>Les élèves devront observer le Tangram ou la figure illustrée, identifier ce qui le la compose et le.a construire. Ils pourront également décrire le Tangram puisqu'ils travaillent en équipe. La troisième figure sera produite par les élèves et reproduite par d'autres. Donc, il y aura une translation de la figure par les élèves. Puisque les reproductions seront effectuées avec le corps des élèves, ce sera le 3D qui sera utilisé.</p>

Figure 87

Schématisation de la SGA pour l'activité 2



Note. Inspiré de Marchand et Munier, 2021, p. 323

Tableau 25

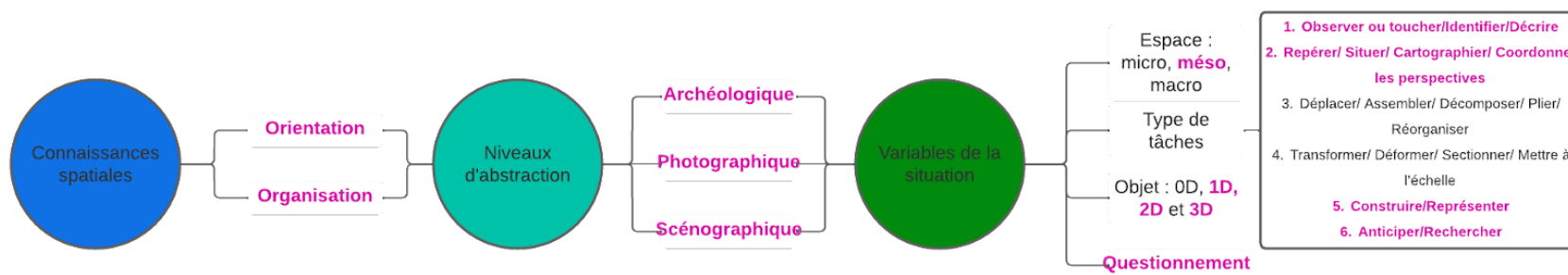
Activité 3 : Les Tangrams mouvementés

Les figures seront tracées par les élèves grâce à leur déplacement dans l'espace et les cônes qu'ils auront préalablement placés.

Connaissances spatiales	Niveaux d'abstraction	Variables de la situation
Étant donné que cette activité permet de tracer un Tangram au sol avec le déplacement des élèves, ceux-ci auront besoin d'articuler la position des différents morceaux l'un envers l'autre, de visualiser la tâche demandée et de se repérer et se situer dans l'espace pour pouvoir reproduire le Tandem.	Pendant l'activité, il y aura une évolution entre les niveaux d'abstraction demandés aux élèves. La première image pourra rester comme référent au besoin, tandis que pour les images 2 et 3, elles ne seront accessibles qu'un court instant. Donc, les trois niveaux d'abstraction pourraient être utilisés.	Les élèves devront observer le Tangram, identifier les figures composant le Tangram et construire le Tangram en traçant les figures dans l'espace. Iels pourront également décrire le Tangram puisqu'ils travaillent en équipe. Selon la reproduction à effectuer ou selon ce que les élèves feront, il pourrait y avoir du 1D, 2D ou 3D.

Figure 88

Schématisation de la SGA pour l'activité 3

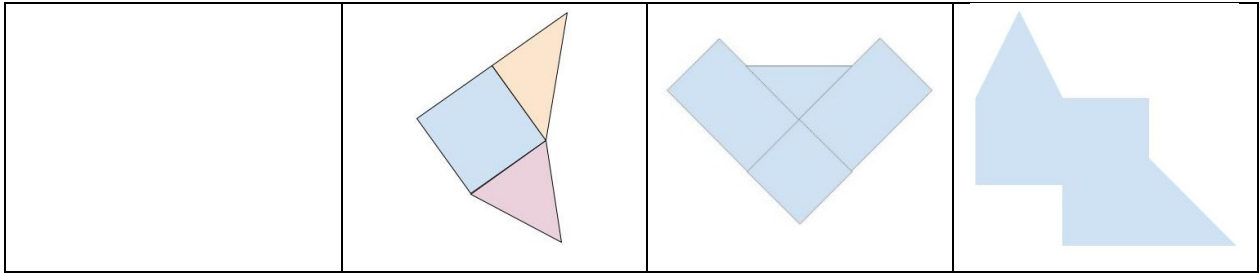


Note. Inspiré de Marchand et Munier, 2021, p. 323

Annexe 6 – Activité 1 : Les Tangrams géants

Numéro de l'activité	# 1	Nom de l'activité	Les Tangrams géants
Durée de l'activité	30 minutes	Emplacement	Salle polyvalente
Équipement.s requis (quantité de draps pour une équipe)	<ul style="list-style-type: none"> • 2 draps coupés en rectangle (39'' x 63'' ou 0,99 m x 1,6 m) • 1 drap coupé en triangle rectangle (39'' ou 0,99 m sur les côtés adjacents à l'angle droit) • 1 drap coupé en triangle isocèle (39'' x hauteur de 39'' ou 0,99 m x hauteur de 0,99 m) • 1 drap coupé en carré (39'' x 39'' ou 0,99 m x 0,99 m) • Images des Tangrams à reproduire 		
Dérroulement	Introduction (7 minutes)		
	<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer l'activité aux élèves. <ul style="list-style-type: none"> ○ Expliquer aux élèves l'activité qui leur est proposé aujourd'hui <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'activité consiste à reproduire des Tangrams à l'aide de grands draps et d'objets qui seront mis à leur disposition. ○ Former les équipes <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Note : Il sera important de placer les quatre élèves sélectionnés dans la même équipe pour faciliter l'analyse des interventions.</i> ▪ <i>Note : Afin de faciliter cette partie du travail, l'enseignant et la chercheuse formeront au préalable toutes les équipes.</i> ○ Donner les règles à suivre lors de l'activité <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lors des déplacements, il faut se déplacer en marchant et tout au long de l'activité. ▪ Il faut faire attention au matériel pour ne pas le déchirer et le conserver dans le même état. ▪ Il faut écouter les directives, sous peine de ne plus pouvoir participer à l'activité. 		
	Activité (15 minutes)		
<ul style="list-style-type: none"> • Montrer une première fois un Tangram (10 secondes) et laisser les élèves effectuer le Tangram demandé. (voir annexe 1) <ul style="list-style-type: none"> ○ Note : Montrer au sol l'image aux élèves, pour rester au sol dans la reproduction. ○ Les élèves devront prendre les diverses formes qui se retrouvent au sol et les assembler au sol afin d'effectuer le Tangram proposé. • Montrer une deuxième fois et une troisième fois, si nécessaire, le même Tangram, toujours en ne le montrant que quelques secondes (10 secondes max) 			

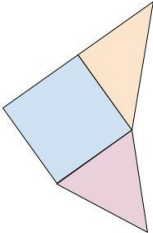
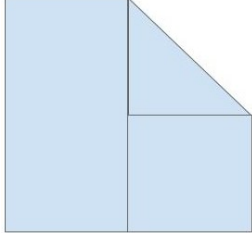
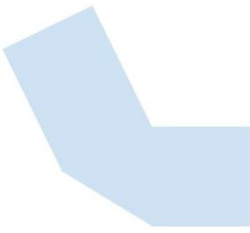
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Note : Il est important de laisser un certain temps aux élèves pour essayer de le faire entre chaque moment où l'on montre l'image. • Questionner les élèves sur leurs stratégies (mêmes questions). <ul style="list-style-type: none"> ○ Exemples de questions : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Comment avez-vous fait pour vous rappeler l'image ? ▪ Où étaient placées les pièces les unes par rapport aux autres ? ▪ Comment les pièces sont-elles placées dans l'espace ? • Reprendre les mêmes étapes pour deux autres Tangram. (voir images à imprimer) 		
	<p>Conclusion (8 minutes)</p>		
	<ul style="list-style-type: none"> • Questionner les élèves sur le contenu mathématique qu'ils pensent avoir utilisé lors de l'enseignement. <ul style="list-style-type: none"> ○ Selon vous, à quoi servait cette activité? ○ Qu'avez-vous travaillé pendant l'activité? • Expliquer le contenu mathématique qui est sous-jacent à cette situation (CS, surtout lié à la création d'IM et son vocabulaire). <ul style="list-style-type: none"> ○ Alors, aujourd'hui l'activité permettait de venir voir comment vous alliez faire pour reproduire une image avec des formes dans un grand espace. Nous voulions voir de quelle façon vous vous souveniez des images montrées et ce que vous voyiez dans votre tête au moment de l'activité. <div data-bbox="535 1129 1412 1480" style="text-align: center; margin: 20px 0;"> <pre> graph TD A[Manifestations des CS] --> B[Composantes des CS] B --> C[Niveaux d'abstraction] C --> D[Variables de l'activité] </pre> <p>Le diagramme illustre le processus de l'activité Tangram. Il est divisé en quatre sections principales :</p> <ul style="list-style-type: none"> Manifestations des CS (à gauche) : <ul style="list-style-type: none"> • Sur l'objet : Reconnaître, décrire, fabriquer ou transformer des objets • Sur la position fixe de l'objet : Déplacer, trouver, communiquer la position d'objets • Sur la position dynamique de l'objet : Reconnaître, décrire, construire ou transformer un espace de vie ou de déplacement • Ajoutées par Marchand (2020) : Anticiper l'action à effectuer, rechercher différentes façons de procéder Composantes des CS (au centre) : <ul style="list-style-type: none"> • Orientation : Repérage, Référentiel • Organisation : Images mentales, Articulation Niveaux d'abstraction (à droite) : <ul style="list-style-type: none"> • Archéologique • Photographique • Scénographique Variables de l'activité (à l'extrême droite) : <ul style="list-style-type: none"> • Espace : micro, méso et macro • Maillage des tâches : Observer ou toucher, identifier, décrire • Repérer, situer, cartographier, coordonner les perspectives • Déplacer, assembler, décomposer, plier, réorganiser • Transformer, déformer, sectionner, mettre à l'échelle • Construire, représenter • Anticiper, rechercher • Objets : 0D, 1D, 2D ou 3D, prototypiques ou non, position typique ou non • Questionnement </div> <ul style="list-style-type: none"> • Rappeler la date de la prochaine activité. 		
Créé par	Nelly Julien		
Images à imprimer	Tangram 1	Tangram 2	Tangram 3



Annexe 7 – Activité 2 : Les Tangrams humains

Numéro de l'activité	# 2	Nom de l'activité	Les Tangrams humains
Durée de l'activité	30 minutes	Emplacement	Salle polyvalente
Équipement.s requis	<ul style="list-style-type: none"> • Images des Tangrams à reproduire 		
Déroulement	Introduction (7 minutes)		
	<ul style="list-style-type: none"> • Expliquer l'activité aux élèves. <ul style="list-style-type: none"> ○ Retour sur l'activité de la dernière fois. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rappeler l'activité #1 des Tangrams géants afin de faire repartir les élèves sur une base. Rappeler le but de l'activité à ce moment-là : Travailler leurs stratégies pour se souvenir et anticiper ce qu'ils ont besoin. Travailler les images mentales. ○ Expliquer aux élèves l'activité qui leur est proposé aujourd'hui <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'activité consiste à reproduire des Tangrams qui leur seront proposées avec leur corps. Iels formeront donc le Tangram avec leurs jambes, leurs bras ou leurs corps complet au lieu de le reproduire avec des draps. ○ Former les équipes <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Note : Il sera important de placer les quatre élèves sélectionnés dans la même équipe pour faciliter l'analyse des interventions.</i> ▪ <i>Note : Afin de faciliter cette partie du travail, l'enseignant et la chercheuse conserveront les équipes formées lors de la première activité sauf si certaines équipes ne fonctionnaient pas.</i> ▪ <i>Note : Reprendre les mêmes 12 élèves de la première activité.</i> ○ Donner les règles à suivre lors de l'activité <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lors des déplacements, il faut se déplacer en marchant et tout au long de l'activité. ▪ Il faut faire attention à la façon dont nous construisons les Tangrams proposés pour ne pas se blesser. Donc, faire attention aux personnes de notre équipe et qui nous entourent. ▪ Il faut écouter les directives, sous peine de ne plus pouvoir participer à l'activité. 		
	Activité (15 minutes)		

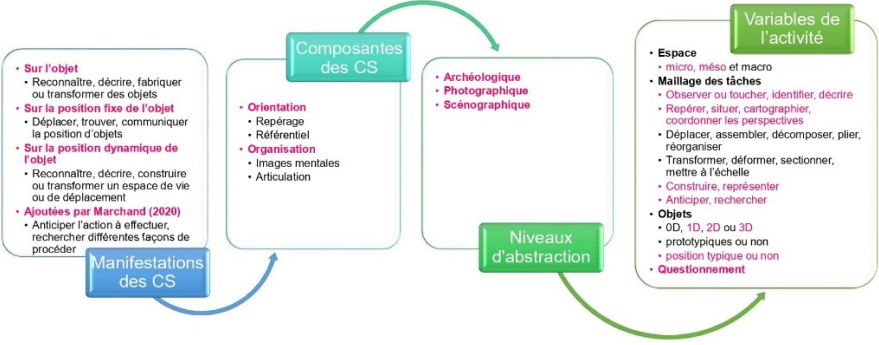
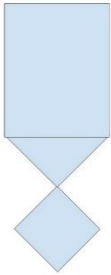
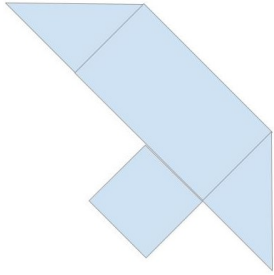
	<ul style="list-style-type: none"> • Montrer une première fois un Tangram pendant 10 secondes et laisser les élèves effectuer le Tangram demandé. (voir annexe 1) <ul style="list-style-type: none"> ○ Les élèves devront se positionner au sol en formant les Tangrams proposés. ○ Les élèves doivent former les lignes des formes composant les Tangrams avec leur corps, soit leurs bras, leurs jambes ou leur corps complets. (Important : iels ne peuvent pas seulement utiliser leurs mains, il faut que ce soit comme quand nous le faisons avec des draps, en grand format) • Montrer une deuxième fois et une troisième fois, si nécessaire, le même Tangram, mais cette fois pendant 5 secondes. • Questionner les élèves sur leurs stratégies (mêmes questions que les enseignements précédents). <ul style="list-style-type: none"> ○ Exemples de questions : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Comment avez-vous fait pour vous rappeler l'image ? ▪ Où étaient placées les pièces les unes par rapport aux autres ? ▪ Comment les pièces sont-elles placées dans l'espace ? ▪ Quelles stratégies avez-vous utilisé pour reproduire les Tangrams? ▪ Quelle différence y a-t-il eu entre l'activité avec les draps et celle-ci ? ▪ Est-ce que vous avez dû utiliser des stratégies différentes ou les mêmes ? • Reprendre les mêmes étapes pour deux autres Tangram. (voir images à imprimer) • En revanche, si cela se déroule bien et que les premiers Tangrams se font facilement. Le troisième Tangram proposé pourrait être fabriqué par les élèves d'une autre équipe et formé par une équipe.
	<p>Conclusion (8 minutes)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Questionner les élèves sur le contenu mathématique qu'ils pensent avoir utilisé lors de l'enseignement. • Expliquer le contenu mathématique qui est sous-jacent à cette situation (CS, surtout lié à la création d'IM et son vocabulaire). <ul style="list-style-type: none"> ○ Alors, aujourd'hui l'activité permettait de venir voir comment vous alliez faire pour reproduire une image avec votre corps dans un grand espace. Nous voulions voir de quelle façon vous vous souveniez des images montrées et ce que vous voyiez dans votre tête au moment de l'activité. Aussi, puisque vous faisiez partie du Tangram, vous ne pouviez pas voir tout le Tangram. Donc, nous voulions voir quelles stratégies vous alliez utiliser.

	<div style="text-align: center;"> <p>The diagram illustrates a conceptual framework. At the top center is a box labeled 'Composantes des CS'. Below it are three boxes: 'Manifestations des CS' (left), 'Niveaux d'abstraction' (center), and 'Variables de l'activité' (right). Arrows indicate relationships: a blue arrow from 'Manifestations des CS' to 'Composantes des CS'; a green arrow from 'Composantes des CS' to 'Niveaux d'abstraction'; a green arrow from 'Niveaux d'abstraction' to 'Variables de l'activité'; and a green arrow from 'Variables de l'activité' back to 'Composantes des CS'.</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Sur l'objet <ul style="list-style-type: none"> • Reconnaître, décrire, fabriquer ou transformer des objets • Sur la position fixe de l'objet <ul style="list-style-type: none"> • Déplacer, trouver, communiquer la position d'objets • Sur la position dynamique de l'objet <ul style="list-style-type: none"> • Reconnaître, décrire, construire ou transformer un espace de vie ou de déplacement • Ajoutées par Marchand (2020) <ul style="list-style-type: none"> • Anticiper l'action à effectuer, rechercher différentes façons de procéder <p>Composantes des CS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Orientation <ul style="list-style-type: none"> • Repérage • Référentiel • Organisation <ul style="list-style-type: none"> • Images mentales • Articulation <p>Archéologique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Photographique • Scénographique <p>Niveaux d'abstraction</p> <p>Variables de l'activité</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espace <ul style="list-style-type: none"> • micro, méso et macro • Mallage des tâches <ul style="list-style-type: none"> • Observer ou toucher, identifier, décrire • Repérer, situer, cartographier, coordonner les perspectives • Déplacer, assembler, décomposer, plier, réorganiser • Transformer, déformer, sectionner, mettre à l'échelle • Construire, représenter • Anticiper, rechercher • Objets <ul style="list-style-type: none"> • 0D, 1D, 2D ou 3D • prototypes ou non • position typique ou non • Questionnement 		
Créé par	Nelly Julien		
Images à imprimer	<p style="text-align: center;">Tangram 1</p> 	<p style="text-align: center;">Tangram 2</p> 	<p style="text-align: center;">Tangram 3</p> 

Annexe 8 – Activité 3 : Les Tangrams mouvementés

Numéro de l'activité	# 3	Nom de l'activité	Les Tangrams mouvementés
Durée de l'activité	30 minutes	Emplacement	Cour de récréation
Équipement.s requis (quantité de cônes ou de petits objets pour une équipe)	<ul style="list-style-type: none"> • Images des Tangrams à tracer • 10 cônes (pour les sommets) ou 10 petits objets de couleurs pour les sommets 		
Déroulement	<p style="text-align: center;">Introduction (7 minutes)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expliquer l'activité aux élèves. <ul style="list-style-type: none"> ○ Retour sur les activités précédentes. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rappeler l'activité #1 des Tangrams géants et #2 des Tangrams humains afin de faire repartir les élèves sur une base. ▪ Rappeler le but des activités : reproduire des Tangrams pour travailler les connaissances spatiales. ○ Expliquer aux élèves l'activité qui leur est proposé aujourd'hui <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'activité consiste à reproduire des Tangrams qui leur seront proposées en se déplaçant dans un espace donné. Iels traceront donc le Tangram au lieu de le reproduire avec des draps ou de le former avec leur corps. ▪ Afin de s'aider, iels devront placer des objets (cônes ou petits objets de couleur) au sol pour représenter les sommets. ▪ Ainsi, contrairement aux deux autres activités, les élèves traceront les lignes du Tangram. Iels devront effectuer un plan pour reproduire les figures proposées à l'aide de leur corps et d'une corde. ○ Former les équipes <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Note : Il sera important de conserver les mêmes équipes sélectionnées et de les placer où les caméras filmeront pour faciliter l'analyse des interventions.</i> ○ Donner les règles à suivre lors de l'activité <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lors des déplacements, il faut se déplacer en marchant et tout au long de l'activité. ▪ Il faut faire attention à la façon dont nous construisons les images et les Tangrams proposés pour ne pas se blesser. 		

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il faut écouter les directives, sous peine de ne plus pouvoir participer à l'activité, comme il s'est passé la dernière fois pour l'un des groupes.
	<p>Activité (15 minutes)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Montrer une première fois un Tangram pendant 10 secondes et laisser les élèves effectuer le Tangram demandé. (voir annexe 1) <ul style="list-style-type: none"> ○ Les élèves devront se déplacer dans l'espace pour former les images et les Tangrams proposés. • Montrer une deuxième fois et une troisième fois, si nécessaire, la même image ou le même Tangram pendant 5 secondes. • Questionner les élèves sur leurs stratégies (mêmes questions que les enseignements précédents). <ul style="list-style-type: none"> ○ Exemples de questions : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Comment avez-vous fait pour vous rappeler l'image ? ▪ Où étaient placées les pièces les unes par rapport aux autres ? ▪ Comment les pièces sont-elles placées dans l'espace ? ▪ Quelles stratégies avez-vous utilisé pour tracer les Tangrams? ▪ Comment avez-vous fait pour visualiser les figures pendant que vous vous déplaçiez? ▪ Quand vous vous rappeliez l'image lorsque vous placiez les sommets ou que vous vous déplaçiez, est-ce que vous voyiez l'image ou vous vous voyiez faire le tracer des lignes ou autre? • Reprendre les mêmes étapes pour un autre Tangram. (voir images à imprimer)
	<p>Conclusion (8 minutes)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Questionner les élèves sur le contenu mathématique qu'ils pensent avoir utilisé lors de l'activité. • Expliquer le contenu mathématique qui est sous-jacent à cette situation (CS, surtout lié à la création d'IM et son vocabulaire). <ul style="list-style-type: none"> ○ Alors, aujourd'hui l'activité permettait de venir voir comment vous alliez faire pour reproduire une image en vous déplaçant dans un espace donné. Nous voulions voir de quelle façon vous vous souveniez des images montrées et ce que vous voyiez dans votre tête au moment de l'activité. Aussi, puisque vous faisiez partie du Tangram et que vous vous déplaçiez pour le former, vous ne pouviez pas voir le Tangram simultanément. Donc, nous voulions voir quelles stratégies vous alliez utiliser pour vous souvenir de l'image.

	 <p>The diagram illustrates a conceptual framework for spatial cognition. It features four main components connected by arrows: 'Manifestations des CS' (blue box), 'Composantes des CS' (teal box), 'Niveaux d'abstraction' (green box), and 'Variables de l'activité' (green box). Arrows indicate a flow from 'Manifestations des CS' to 'Composantes des CS', then to 'Niveaux d'abstraction', and finally to 'Variables de l'activité'. There are also feedback loops from 'Niveaux d'abstraction' back to 'Composantes des CS' and from 'Variables de l'activité' back to 'Manifestations des CS'.</p> <ul style="list-style-type: none"> Manifestations des CS <ul style="list-style-type: none"> • Sur l'objet <ul style="list-style-type: none"> • Reconnaître, décrire, fabriquer ou transformer des objets • Sur la position fixe de l'objet <ul style="list-style-type: none"> • Déplacer, trouver, communiquer la position d'objets • Sur la position dynamique de l'objet <ul style="list-style-type: none"> • Reconnaître, décrire, construire ou transformer un espace de vie ou de déplacement • Ajoutiers par Marchand (2020) <ul style="list-style-type: none"> • Anticiper l'action à effectuer, rechercher différentes façons de procéder Composantes des CS <ul style="list-style-type: none"> • Orientation <ul style="list-style-type: none"> • Repérage • Référentiel • Organisation <ul style="list-style-type: none"> • Images mentales • Articulation Niveaux d'abstraction <ul style="list-style-type: none"> • Archéologique • Photographique • Scénographique Variables de l'activité <ul style="list-style-type: none"> • Espace <ul style="list-style-type: none"> • micro, méso et macro • Maillage des tâches <ul style="list-style-type: none"> • Observer ou toucher, identifier, décrire • Repérer, situer, cartographier, coordonner les perspectives • Déplacer, assembler, décomposer, plier, réorganiser • Transformer, déformer, sectionner, mettre à l'échelle • Construire, représenter • Anticiper, rechercher • Objets <ul style="list-style-type: none"> • 0D, 1D, 2D ou 3D • prototypes ou non • position typique ou non • Questionnement 		
Créé par	Nelly Julien		
Images à imprimer	<p>Tangram 1</p> 	<p>Tangram 2</p> 	

Annexe 9 – Évolution des Tangrams proposés

Figure 89

Activité 1 (avant la rencontre avec l'enseignant)

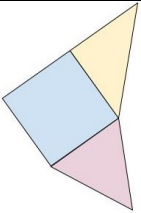
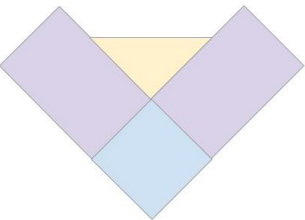
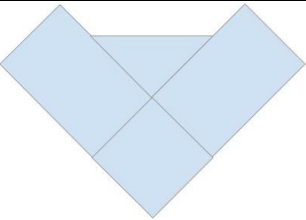
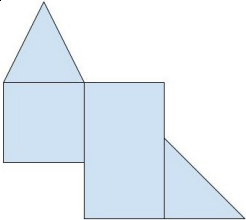
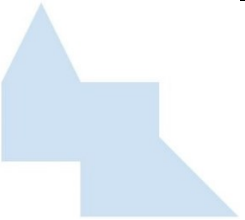
Tangram 1	Tangram 2 (proposition 1)	Tangram 2 (proposition 2)	Tangram 3 (proposition 1)	Tangram 3 (proposition 2)
				

Figure 90

Activité 1 (après la rencontre avec l'enseignant)

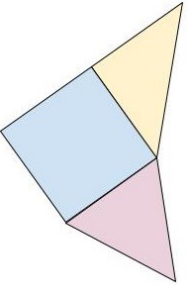
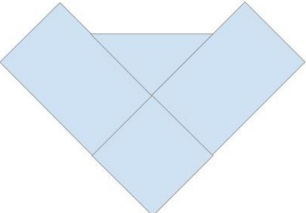
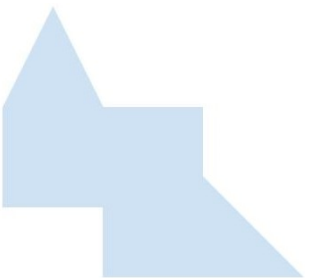
Tangram 1	Tangram 2	Tangram 3
		

Figure 91

Activité 2 (avant la réalisation de l'activité 1)

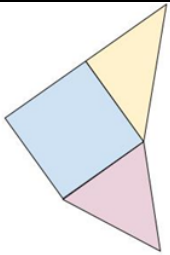
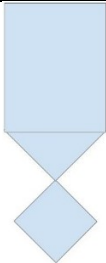
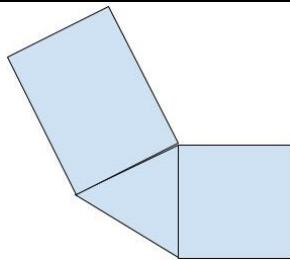
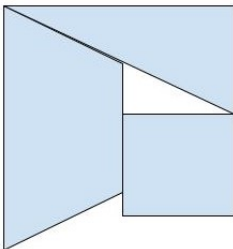
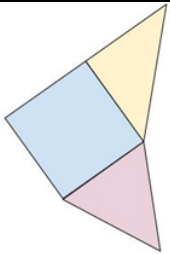
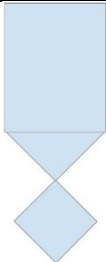
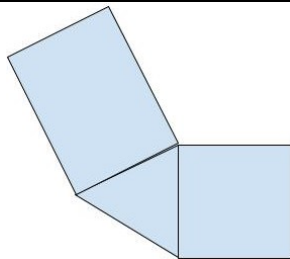
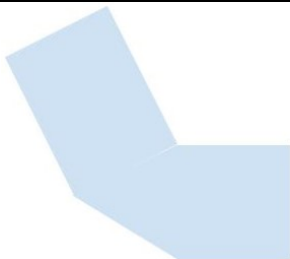
Proposition 1	Proposition 2	Proposition 3	Proposition 4
			

Figure 92


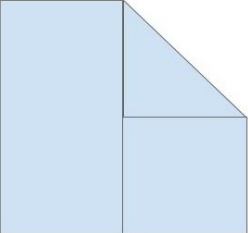

Activité 2 (après la réalisation de l'activité 1, mais avant la rencontre avec l'enseignant)

Tangram 1	Proposition Tangram 2	Tangram 3 (proposition 1)	Tangram 3 (proposition 2)
			

* Réalisation que la proposition du Tangram 2 se ferait difficilement à quatre élèves, donc réarrangement des figures.

Figure 93

Activité 2 (après la réalisation de l'activité 1 et la rencontre avec l'enseignant)

Tangram 1	Tangram 2	Tangram 3
		

* Afin de suivre sensiblement la même progression que l'activité 1

Figure 94

Activité 3 (avant la réalisation des deux activités précédentes)


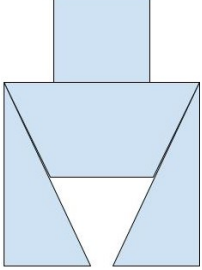

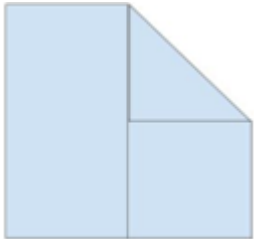

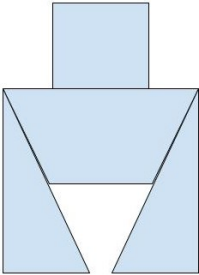
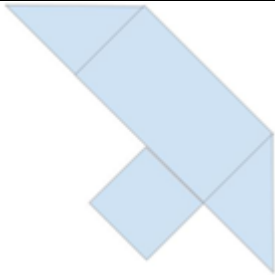
Proposition Tangram 1	Proposition Tangram 2	Proposition Tangram 3
		

Figure 95



Activité 3 (après la réalisation de l'activité 2, mais avant la rencontre avec l'enseignant)

Proposition 1	Proposition 2	Proposition 3	Proposition 4
			

* Réalisation que la proposition 3 inclut une figure jamais travaillée jusqu'à présent et puisque lors de l'activité 2, le Tangram 3 n'a pu être réalisé au complet, décision d'en prendre que deux. Donc, tant qu'à refaire un déjà effectué, il valait mieux en faire des nouveaux

Figure 96

Activité 3 (après la réalisation de l'activité 2 et la rencontre avec l'enseignant)



Tangram 1	Tangram 2
	

* Pour avoir une évolution dans le nombre de figures impliquées







Annexe 10 – Extrait de la première analyse des vidéos (à main)

0m49²⁶ voyait la forme
 0m55²⁷ se voyait se déplacer sur la figure pendant qu'elle le faisait + voir figure en m temps



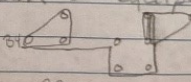
MVI_7895 Tangram 2

16m59² C1 communique sa vision
 17m05³ C2 " " " "
 17m07⁴ C2 ça c'est le carré (décrit)
 17m10⁵ C3 "j'vais faire le Δ " et place un cône
 17m12⁶ C1 parle avec C2
 17m13⁷ C2 ça ça peut être le carré
 17m14⁸ C1 communique rectangle
 17m17⁹ C3 pointe et communique que les 2 carrés peuvent faire le rectangle
 17m18¹⁰ C4 déplace son cône en le poussant avec ses pieds au sol
 17m23¹¹ C2 "tout ça, ça peut être notre rectangle" montre les 2 carrés
 17m24¹² C3 répète "ça, ça peut être notre rectangle"
 17m25¹³ C1 place un cône pour faire Δ
 17m30¹⁴ C3 répète c'est quoi le rectangle
 17m32¹⁵ C1 place cône rectangle couché  (photo)
 17m34¹⁶ C1 anticipe qu'ils auront besoin d'un autre cône pour faire le Δ  en pointant

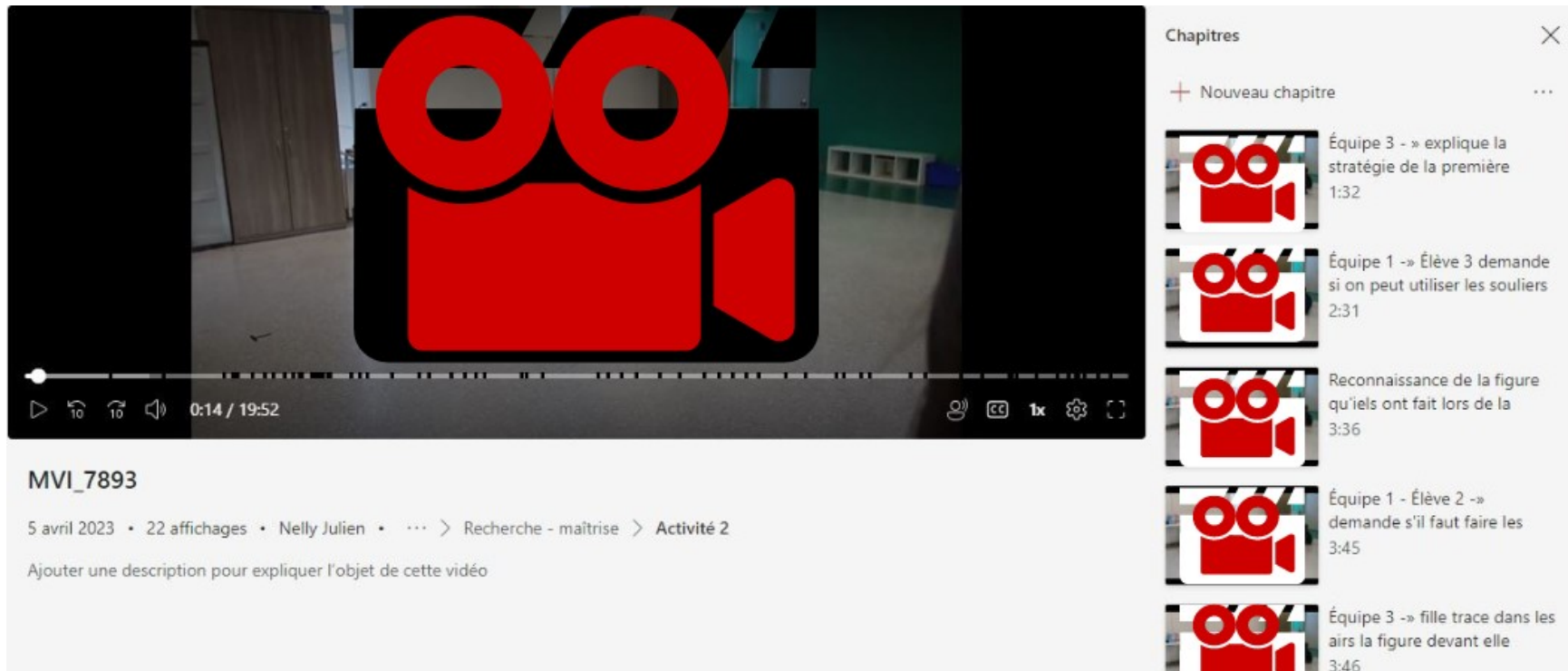
(scéno)

17m34¹⁶ C2 place cône debout  \rightarrow  C2
 17m38¹⁷ C3 place ses cônes pour faire le carré  (photo)
 17m40¹⁸ C1 lui dit "C3, C3 on regarde notre fusil comme ça"  (photo)
 17m43¹⁹ C3 va se placer à côté de C1 et dit "ah ok"
 17m48²⁰ C1 communique position de chq figure
 18m00²¹ C4 place cône Δ 
 18m10²² C1 "parce qu'ici c'est notre carré"
 18m46²³ C3 dit qu'il veut le tracer avant
 10. Tracer tangram 2 - équipe 3
 - 24 C3 trace 
 - 24 pendant que C3 marche, C1 dit les figures Δ , rectangle, autre Δ , puis le carré

MVI_7896

0m16¹ B4 place cône carré 
 0m17² B3 déplace légèrement pour agrandir un peu le carré
 0m28³ B4 place dernier cône 
 0m40⁴ B3 retire cône en trop du Tangram 1
 12. Tracer tangram 2 - équipe 2
 - 5 B4 trace 
 - 6 B3 indique ligne intérieur carré que B4 a marqué

Annexe 11 – Extrait de la première analyse des vidéos (logiciel)



MVI_7893

5 avril 2023 • 22 affichages • Nelly Julien • ... > Recherche - maîtrise > Activité 2

Ajouter une description pour expliquer l'objet de cette vidéo


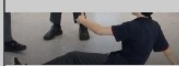


Chapitres

- + Nouveau chapitre ...
- Équipe 3 -> explique la stratégie de la première 1:32
- Équipe 1 -> Élève 3 demande si on peut utiliser les souliers 2:31
- Reconnaissance de la figure qu'ils ont fait lors de la 3:36
- Équipe 1 - Élève 2 -> demande s'il faut faire les 3:45
- Équipe 3 -> fille trace dans les airs la figure devant elle 3:46

Annexe 12 – Extrait de la deuxième analyse des vidéos

Catégories des manifestations des CS	Tâches effectuées			Comp.	Niveaux	Espace	Objet		Notes
	Manifestations des CS	Classement	Maillage	(Orientation ou Organisation)	(Archéologique, Photographique ou Scénographique)	(Micro-espace, Méso-espace ou Macro-espace)	Dimension (0D, 1D, 2D ou 3D)	Position (Prototypique ou Non-prototypique)	Selon les enregistrements et observations
Sur l'objet	L'équipe reconnaît l'objet demandé	Observer ou toucher/ Identifier/ Dénier	1 : 1m02	organisation	archéo et photo	micro	2D	non-proto et proto	1 : 2. Montre tangram 1
				1 : A1 reconnaît que ce n'est plus le même que les dernières fois (le chat sur le côté)	1 : voit que ce n'est pas le même tangram, mais se réfère à son image mentale des deux dernières séances	1 : tangram sur feuille	1 : figures planes	1 : la forme comporte les deux et l'anicenne juste non-proto	
	L'équipe décrit l'objet demandé		2 : 1m04 3 24 : 0m12 25 : 0m13 32 : 0m35	organisation	archéo et photo	2, 3, 20, 21 : micro 20, 21, 28 : méso	2, 3, 20, 21 : 2D 28 : 0D, 1D, 2D, 3D	les deux	2 : 2. Montre tangram 1 3 : MVI_7895 24, 25, 32 : 3. Construction tangram 1_Equipe 1
				2 : A1 nomme les figures présent sur le tangram : rectangle, triangle et losange 3 : A2 bouge ses lèvres et semble dire les formes présent dans le tangram 24 : A2 dit « c'est pas un carré, c'est un losange » 25 : A1 confirme en disant : « Ouais, c'est ça. C'est un losange. » 32 : A2 demande « Ça c'est le bout de quoi ? », puis A1 et A3 répondent « du triangle et du losange »	2, 3 : voit le tangram et l'enregistre dans sa tête en nommant les formes 24, 25 : font référence à leur image mentale 32 : voit les cônes et visualise les formes à partir des cônes	2, 3 : tangram sur feuille 24, 25 : image mentale peut être micro ou méso 32 : cônes sont sur l'espace d'un demi-terrain de basket	2, 3, 24, 25 : figures planes 32 : cône représente sommet et chacune des cônes se relie par des lignes pour former des figures planes	2, 3 : la forme comporte les deux 24, 25 : le carré est en position non-prototypique et les deux élèves le décrivent comme un losange 32 : triangle et carré sont non-proto	
	L'équipe fabrique l'objet demandé		8 : 5m00 12 : 5m11 17 : 5m28 18 : 5m29 19 : 5m32 21 : 0m05 27 : 0m22 29 : 0m27 31 : 0m34	organisation	archéo et photo	méso	0D, 2D et 3D	les deux	8, 12, 17, 18, 19 : MVI_7895 21, 27, 29, 31 : 3. Construction tangram 1_Equipe 1
				8 : A1 place le premier cône, la pointe du bas du triangle 12 : A1 place un deuxième cône du carré 17 : A3 place un cône pour construire le triangle et dit « comme ça » 18 : A4 place un deuxième cône pour l'autre pointe du triangle 19 : A1 dit « là ici, comme ça » en plaçant un cône à l'autre sommet du rectangle 21 : A3 commence à déplacer un cône pour former le rectangle, mais A1 le prend et va le placer 27 : A4 place un cône pour former le losange 29 : A3 place un cône face à celui de A4 pour continuer de former le losange 31 : A4 replace son cône et place le dernier au bout du losange	8, 12, 17, 18, 19, 21 : place le cône selon leur image mentale 27, 29, 31 : place le cône selon les instructions que A1 avait donné	8, 12, 17, 18, 19, 21, 27, 29, 31 : place un cône	8, 12, 17, 18, 19, 21, 27, 29, 31 : cône représente un sommet d'une figure plane	8, 17, 18 : le triangle est en position non-proto 12, 27, 29, 31 : le carré est en position non-proto 19, 21 : le rectangle est en position proto	

Annexe 13 – Extrait de la deuxième analyse des vidéos avec image

Catégories des manifestations des CS	Tâches effectuées			Comp.	Niveaux	Espace	Objet		Notes	
	Manifestations des CS	Classement	Maillage	(Orientation ou Organisation)	(Archéologique, Photographique ou Scénographique)	(Micro-espace, Méso-espace ou Macro-espace)	Dimension (0D, 1D, 2D ou 3D)	Position (Prototypique ou Non-prototypique)	Selon les enregistrements et observations	
Sur l'objet	L'équipe reconnaît l'objet demandé	Observer ou toucher/ Identifier/ Décrire	2 : 3m36 14 : 5m10 16 : 5m18 24 : 12m30	Orientation et organisation	archéo et photo	2 : micro 14 : méso	2 : 2D 14 : 3D	non-proto	MVI_7893	
			2 : Les élèves reconnaissent qu'il s'agit du même Tangram que la 1re activité 14 : Élèves 1 et 4 observent le losange des élèves 2-3 et reconnaît qu'il faudrait qu'ils soient un peu plus penché 16 : Élève 4 observe que ce n'est pas vraiment un triangle 24 : Élève 1 trouve que le losange ressemble plus à un rond (élève 1 de l'équipe 2 dit que c'est quand même beau)	2 : Voit que c'est le même Tangram, mais font appel à leur image mentale d'il y a deux semaines pour se rappeler que c'est le même 14-16 : voit les personnes, font référence à l'image qu'ils ont dans leur tête d'un losange 24 : les élèves voient en photo la création (archéo)	2 : Dessin sur une feuille 8½ x 14 14 : corps des élèves 2-3 dans l'espace 16 : corps de l'élève 1 dans l'espace 24 : micro, car c'est la photo que les élèves observent	2 : Dessin sur une feuille 8½ x 14 (2D) 14-16 : Corps dans l'espace (3D) 24 : Photo sur cellulaire (2D)				
	L'équipe décrit l'objet demandé		6 : 4m06 8 : 4m29	Organisation	archéo et photo	micro et méso	2D et 3D	Non-proto	MVI_7893	
			Élève 1 décrit comment former le losange avec deux corps en se couchant pour montrer comment le faire	Montre avec son corps, mais fait appel à son image mentale	micro pour l'image mentale et méso pour son corps dans l'espace, par contre pourrait être seulement dans le méso	Tout dépendant comment il se l'imagine, par contre semble imaginer des lignes et représente avec son corps en vrai				
	L'équipe fabrique l'objet demandé		Construire/ Représenter	5 : 3m50 (à revoir, peut-être plus stratégie) 10 : 4m48 12 : 4m57 15 : 5m15 19 : 5m54	Orientation et organisation	archéo et photo	micro ou méso	2D ou 3D	Non-proto	MVI_7893
				5 : Élève 2 semble organiser les lignes comme si c'était des personnes, elle les fait devant elle avec ses doigts. Elle bouge souvent ses doigts. 10 : Élève 2 se place pour former deux côtés du losange 12 : Élève 3 se place pour former les deux autres côtés du losange, sous les consignes de l'élève 1 15 : Élève 1 se place pour former le premier triangle 19 : Élève 4 place ses pieds aux pieds de l'élève 2 et semble mettre ses bras vers le bas du dos de l'élève 2, mais s'arrête	5 : Voit l'image, mais est en train de la mémoriser 10 : archéo se place 11, 15 et 19 : même que 10	5 : Bouge ses doigts pour placer des personnes ou des lignes sur l'image qu'elle enregistre. 10 : méso puisqu'elle place son corps 11, 15 et 19 : même que 10	5 : Il s'agit d'une image montrée (2D) et semble se la reproduire en 3D, puisqu'elle semble placer des personnes sur les lignes devant elle 10 : 3D puisque c'est son corps 11, 15 et 19 : même que 10	 		

Annexe 14 – Analyse du JMM 1 des équipes B et C

Cette annexe contient une analyse plus détaillée, par objectif, de ce que nous avons résumé dans la section 4.1.4 (p. 129) à propos des équipes B et C. Il est également important de noter que contrairement aux équipes A et B, les analyses de l'équipe C sont moins approfondies puisque nous ne voyons pas le processus du travail de l'équipe sur les différentes caméras. Ainsi, l'analyse de cette équipe porte principalement sur leurs productions finales et les réflexions subséquentes aux Tangrams.

Les composantes des CS

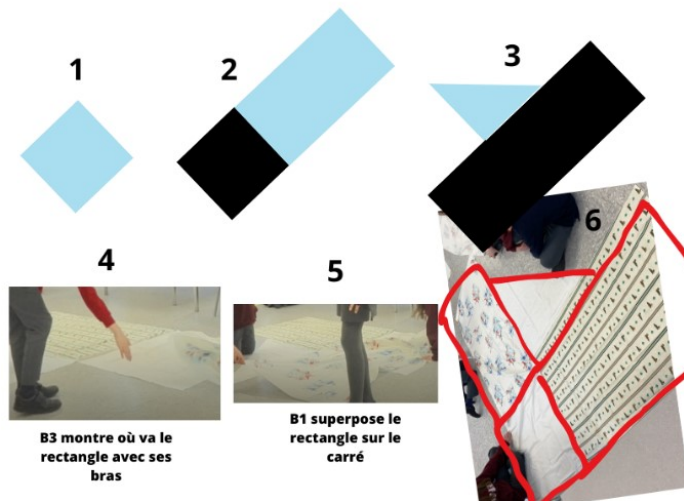
En ce qui concerne l'équipe B, elle a **majoritairement utilisé l'organisation** puisque la majorité des interactions que les membres de l'équipe ont eu entre eux étaient en lien avec l'articulation des figures l'une par rapport aux autres. Par exemple, lors de la construction du Tangram 1 (T2), nous retrouvons cet échange entre les membres de l'équipe :

- Il faut faire un losange, dit B1 [ne reconnaissant pas au départ que c'est un carré à cause du positionnement]
- Non, ce n'était pas un losange au milieu, c'était un carré, répond B2 [en dessinant dans les airs le Tangram]
- C'tait pt-être la façon dont c'tait d'abord, réplique B1 [en acceptant l'idée du carré]

Dans cet échange, nous pouvons constater que les membres de l'équipe B argumentent sur le positionnement du carré qui relève de l'organisation. Puis, lors de la fabrication du Tangram 2 (T2), B2 mentionne que le carré va au milieu et plus tard, B3 vient communiquer avec ses bras l'endroit où va le rectangle par rapport aux trois autres figures. Ne comprenant pas tout à fait où la figure s'en va, B1 superpose le deuxième rectangle sur le carré en transformant le Tangram de base. Puis, c'est B3 qui vient le replacer adéquatement. Encore une fois, il s'agit d'organiser les figures l'une par rapport aux autres (**articulation**).

Figure 97

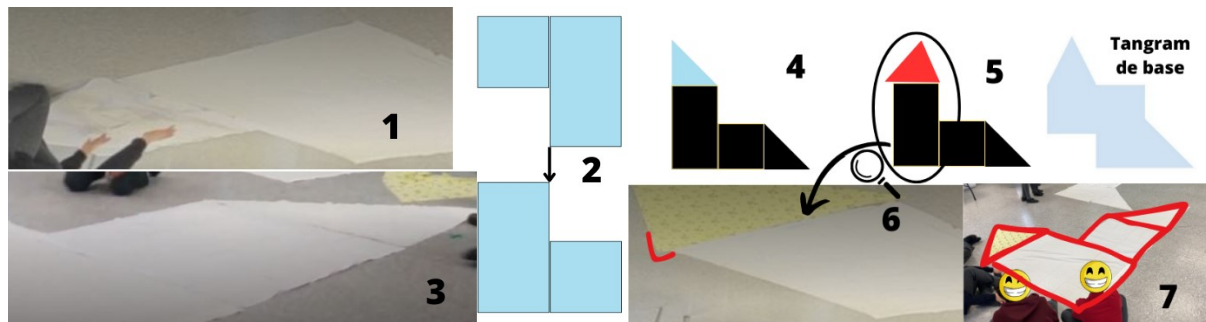
Fabrication du Tangram 2 de l'équipe B



Pour le Tangram 3, l'équipe B a commencé par installer le rectangle et le carré en « L » (T2). Ensuite, B2 a déplacé le carré pour l'apporter de l'autre côté du rectangle (ce qui revient à une rotation du « L »). Puis, B3 et B2 ont transformé le Tangram de base en plaçant le triangle rectangle à côté du carré pour qu'ensuite B1 aille placer un autre triangle rectangle sur le petit côté du rectangle. B4 remarque qu'il ne s'agit pas du bon triangle et dit : « ce n'est pas le bon triangle, c'est lui, c'est lui » ... « ce n'est pas un triangle rectangle, c'est un triangle normal ». Il le décrit donc d'une certaine façon. B2 a alors placé un triangle isocèle et mentionne à ses coéquipiers que c'est trop long puisqu'il voit qu'un côté dépasse du petit côté du rectangle, mais le laisse ainsi. Toutes ces interventions relèvent de l'organisation encore une fois. Puis, tout comme pour l'équipe A, nous pouvons également constater ici que les IM en construction représentent ce que Battista (2007) appelle « image-concept » puisqu'elles communiquent les propriétés géométriques des figures impliquées ainsi que leurs articulations spatiales.

Figure 98

Fabrication du Tangram 3 par l'équipe B



Pour ce qui est de la composante **orientation**, nous pouvons supposer que les élèves B2 et B3 maîtrisent davantage cette composante que B1 puisqu'ils arrivent à se représenter le Tangram selon plusieurs points de vue étant donné qu'ils placent les draps dans le bon sens, la majorité du temps, peu importe l'endroit où ils sont autour du Tangram (T2). Alors que pour B1, dès que le carré était dans une autre orientation, elle pensait que c'était un losange et elle suivait les indications de ses coéquipiers pour placer les draps, parce qu'elle ne semblait pas savoir où les mettre.

Nous pouvons ainsi constater que l'équipe B ressemble énormément à l'équipe A pour les composantes des CS utilisées puisque l'équipe a elle aussi **majoritairement utilisé l'organisation**, même si nous pouvons toutefois constater une différence sur la capacité de décentration de l'équipe. En effet, l'équipe B arrive plus facilement à se décentrer par rapport à l'orientation du Tangram, alors que l'équipe A retournait régulièrement dans la même orientation que celle dans laquelle elle avait enregistré son IM. Nous reviendrons sur cet aspect dans la prochaine section qui portera sur les niveaux d'abstraction utilisés par les élèves. En contrepartie, l'équipe A s'était trompée au deuxième Tangram et elle avait un doute que ce n'était pas bon, alors que l'équipe B, c'est au dernier Tangram qu'elle n'a pas organisé adéquatement les figures et elle ne s'en est pas rendu compte avant de voir le dessin. Ainsi, il pourrait s'agir d'une mauvaise IM puisque certains éléments étaient tout de même présents. Cependant, l'absence des lignes des figures semblent avoir nui à leur mémorisation.

Pour l'équipe C, nous n'avons pas suffisamment de matériau pour déterminer la composante qui était la plus utilisée. Toutefois, étant donné que l'activité nécessitait majoritairement l'utilisation de la composante **organisation**, nous pouvons supposer que c'est ce que l'équipe C a également utilisé en majorité. En revanche, un fait intéressant à propos de cette équipe est qu'elle s'était trompée lors du premier Tangram, donc elle avait anticipé une stratégie pour les aider et l'équipe a réussi les deux derniers Tangrams. La stratégie était que deux membres de l'équipe regardaient les figures à prendre et les mémorisaient (composition du Tangram), alors que les deux autres regardaient l'ensemble du Tangram (articulation des figures) (T1). Ainsi, la stratégie que les membres de l'équipe ont employée utilisaient la composante de l'organisation en plaçant les formes l'une par rapport aux autres.

Les différents niveaux d'abstraction

En ce qui concerne l'équipe B, nous pouvons constater qu'il y a une plus grande différence entre chacun.e des élèves que dans l'équipe A. En effet, dans l'équipe A, chaque membre de l'équipe semblait se promener entre les trois niveaux d'abstraction selon la manifestation sollicitée ou selon les figures ou l'ensemble des figures qui constituait le Tangram. Pour l'équipe B, nous pouvons constater une disparité entre chacun.e des élèves. Par exemple, **B1 emploie principalement le niveau archéologique**. Lorsqu'elle a aidé à construire le Tangram 2 (T2), il a fallu que B3 lui indique où mettre le rectangle et dans quelle position, puis malgré tout elle l'a superposé sur le carré. Pour placer un drap, elle attendait qu'un autre élève de son équipe lui dise où le mettre, puis si elle plaçait un mauvais drap, elle ne le réalisait pas, c'était un autre membre de l'équipe qui l'informait. Cependant, lors des retours en groupe (T3), lorsqu'elle voyait le dessin du Tangram et les Tangrams produits, elle arrivait à dire les ressemblances et les différences. Ainsi, si elle avait le matériel sous ses yeux, elle y arrivait, mais autrement cela semblait dépasser ses capacités. Pour **B2 et B3, ils ressemblaient énormément aux élèves A1 et A2**, parfois ils étaient simplement en train de travailler avec leur IM pour décrire le Tangram (T2), donc **dans le niveau photographique**, comme lorsque B2 explique à B1 que ce n'était pas un losange, mais un carré au centre du Tangram 1 et qu'il le dessine dans les airs avec ses doigts. D'autres fois, **B2 et B3 semblaient être dans le niveau scénographique**, comme nous l'avons précédemment illustré en termes de décentration dans la section précédente sur les composantes des CS. Par exemple,

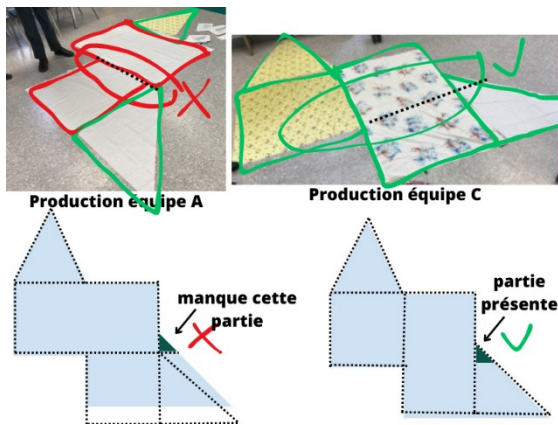
B2 arrivait à se représenter le carré en position prototypique et non-prototypique. Ou encore B2 et B3, lors de la fabrication du Tangram 2 (T2), arrivaient à voir le Tangram fabriqué en drap à l'envers ou sur le côté de ce qu'ils avaient vu comme image sans problème et ils étaient capables de dire si les draps étaient placés adéquatement. Cependant, **à d'autres moments, ces deux élèves se retrouvaient plus dans les niveaux archéologique et photographique.** Par exemple, lors du Tangram 3 (T2), B2 a changé le carré de place pour le placer de l'autre côté du rectangle, mais cela revenait à effectuer une rotation de la fabrication. Cependant, cette fois le Tangram était face à lui, comme il avait été montré. Puis, toujours dans le Tangram 3, ils ont dû voir le dessin pour réaliser qu'ils n'avaient pas construit le bon Tangram (T3). Ainsi, dès que les figures n'étaient pas indiquées, ils n'arrivaient pas à se souvenir du positionnement des figures, même s'ils savaient quelles figures le produisaient.

Quant à l'équipe C, tout comme pour les manifestations des CS relevant des composantes, nous n'avons pas suffisamment de matériau pour déterminer les niveaux d'abstraction utilisés par les élèves de cette équipe lors de toute l'activité. Puis, comme mentionné dans la section précédente, s'étant trompée lors de la fabrication du premier Tangram, l'équipe a **opté pour une nouvelle stratégie qui leur a permis d'utiliser plus adéquatement le niveau photographique.** En effet, dans leur stratégie de séparer la mémorisation du Tangram en deux parties, deux élèves pour les figures et deux élèves pour l'ensemble du Tangram, nous pouvons estimer que les élèves ayant retenu l'ensemble du Tangram se sont fait une photo du Tangram (niveau photographique) et que les élèves ayant imaginé l'articulation des figures ont fait une photo des figures (niveau photographique) (T1). Cependant, ces deux derniers élèves auraient également pu retenir les figures dans leur position prototypique, ce qui leur aurait demandé d'être dans le niveau scénographique pour le deuxième Tangram. Nous pouvons aussi constater que **le niveau archéologique est bien employé**, car lors des retours en grand groupe (T3) l'équipe arrive à dire si le dessin du Tangram sur le papier correspond aux productions des équipes. Par exemple, lors du retour en grand groupe du troisième Tangram, l'enseignant dit : « Ah! C'est intéressant ça. Est-ce que ça fonctionne ? » et les élèves répondent : « Bin oui ». Puis, un des élèves de l'équipe C constate même que c'est « la même chose » que l'équipe A, mais en inversant le carré et le rectangle. Un autre élève de l'équipe dit qu'il trouve même ça mieux que l'équipe A. Cela montre

bien l'utilisation du niveau archéologique par les élèves de l'équipe C. Dans la figure ci-dessous, nous pouvons observer les productions des deux équipes en comparaison avec le Tangram montré en dessin. Les lignes pointillées sur le dessin représentent les draps de chacune des équipes.

Figure 99

Comparaison des Tangrams produits par les équipes A et C et le dessin



Un autre aspect qui fait penser que les élèves ont utilisé le niveau photographique est que, toujours lors du retour du troisième Tangram (T3), C1 mentionne qu'elle s'était imaginé une maison (carré et triangle isocèle) sur une montagne (rectangle et triangle rectangle).

Figure 100

Image mentale de C1 pour le Tangram 3



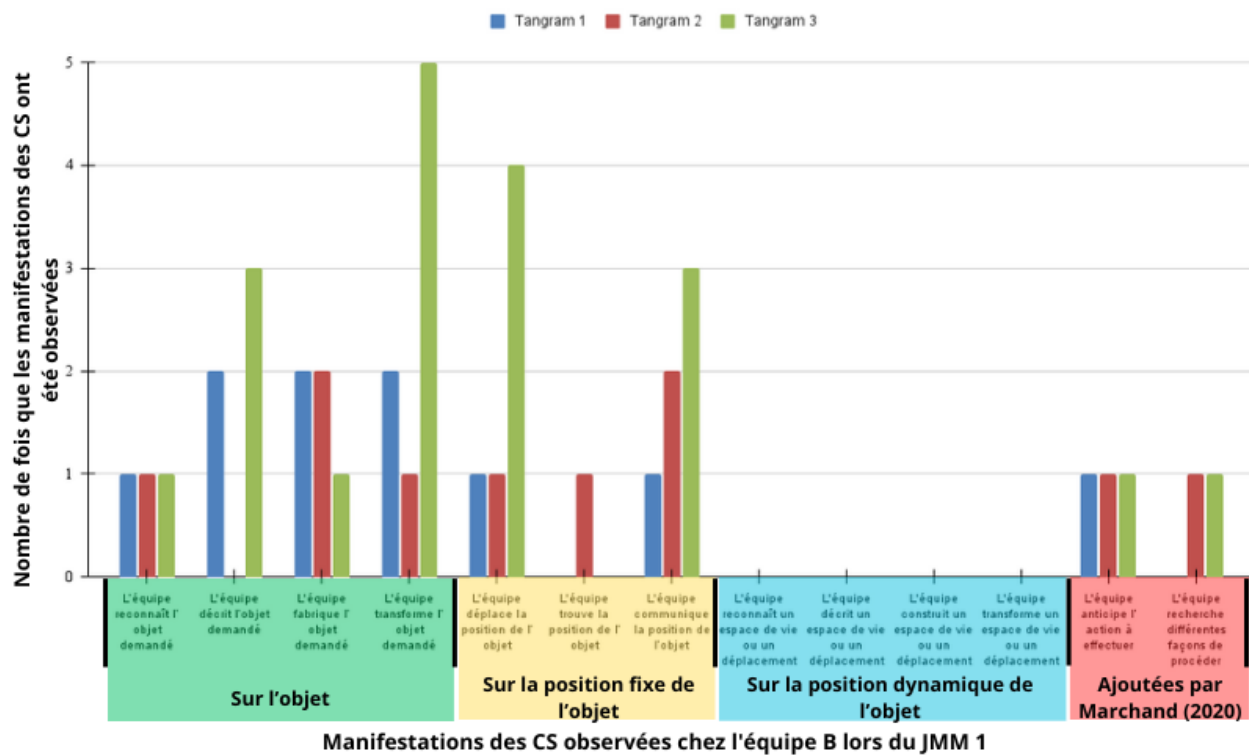
Ainsi, elle avait imaginé le Tangram en se créant une image mentale parlante pour elle en se donnant des repères visuels.

Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées

Pour ce qui relève de l'équipe B, commençons également par observer le nombre de fois que les manifestations des CS relevant des tâches effectuées ont été observées pour chacun des Tangrams de cette équipe.

Figure 101

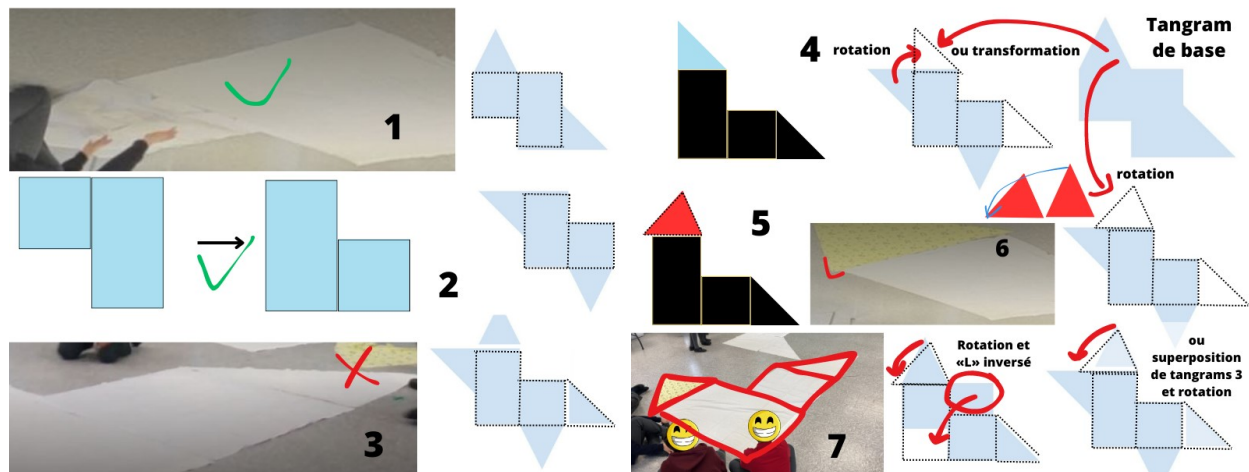
Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe B lors du JMM 1



Ainsi, lorsque nous faisons l'analyse des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe B, nous pouvons également constater que l'utilisation des **manifestations liées à la position dynamique de l'objet ne fait pas partie du JMM 1**. En ce qui concerne la manifestation de **transformation de l'objet**, nous pouvons constater que c'est dans le Tangram où l'équipe n'a pas reproduit le bon Tangram que la manifestation est plus présente, c'est-à-dire cinq fois pour le Tangram 3. Par exemple, c'est lorsque les élèves ont fabriqué le Tangram, qu'ils ont transformé plusieurs parties du Tangram de base, comme nous pouvons le constater dans la figure qui suit où les lignes pointillées représentent les draps de l'équipe B.

Figure 102

Transformation du Tangram 3 par l'équipe B



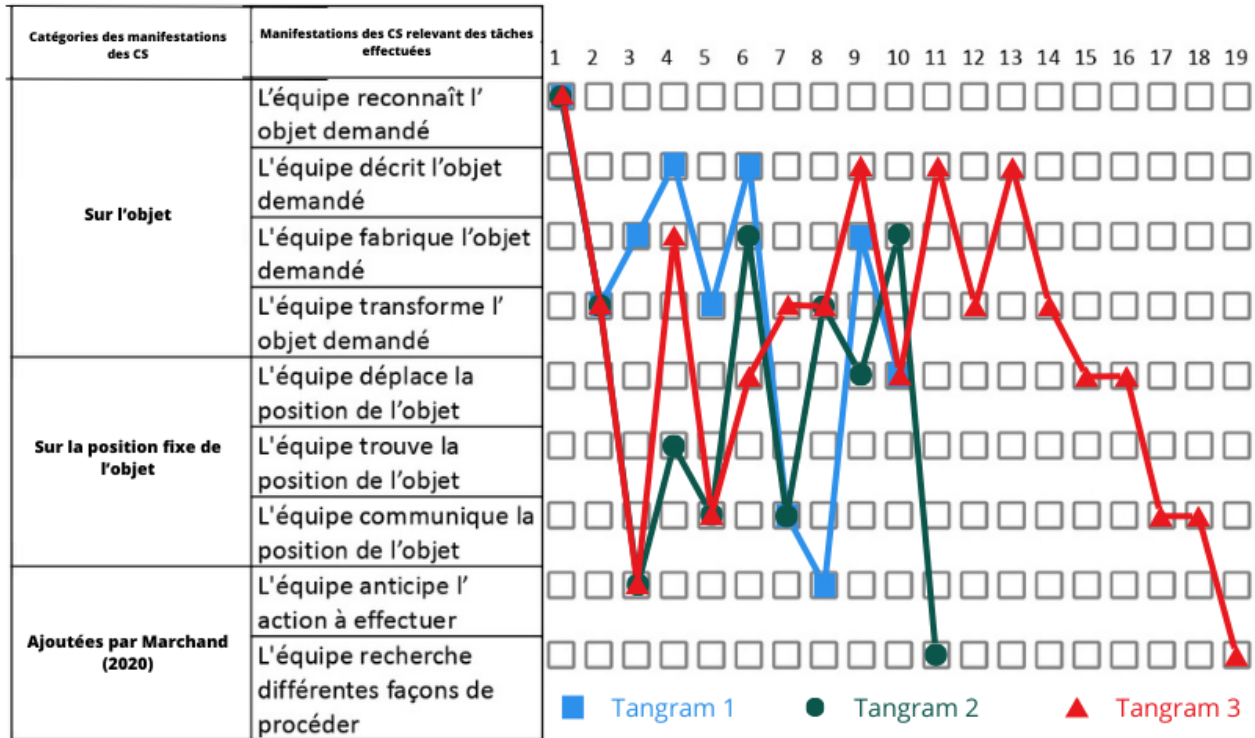
Ainsi, comme le montre la figure ci-dessus, l'équipe B commence bien en plaçant le carré et le rectangle en « L », que ce soit à l'envers ou à l'endroit. Toutefois, cela a pu créer une confusion dans leur IM et ils auraient pu se souvenir que le triangle rectangle était à droite de la figure et le triangle isocèle sur le dessus à gauche, ce qui expliquerait l'emplacement de ces draps à ces endroits là. Cependant, les élèves n'auraient pas tenu compte de la position du « L ». Il y aurait peut-être eu aussi une superposition du Tangram 3 à angle 0° et à 180°, ce qui pourrait expliquer aussi l'emplacement des triangles. Cependant, les élèves ont quand même placé le triangle isocèle sur l'un de ses côtés plutôt que sur sa base, même si B2 avait mentionné que c'était trop long à ses coéquipières.

En observant le diagramme à bandes, nous pouvons également constater que la communication de la position fixe de l'objet et la description de l'objet sont plus présentes lors de la fabrication du Tangram 3 que des deux autres Tangrams. Nous avons constaté le même effet pour l'équipe A. Pour ce qui est du déplacement de la position fixe de l'objet, nous pouvons constater que l'équipe l'a utilisé à plusieurs reprises également. Cela s'explique par le fait que, lors de la transformation de l'objet, les élèves de l'équipe déplaçaient les draps déjà au sol.

En ce qui concerne l'ordre des manifestations, comme pour l'équipe A, l'équipe B commence par les tâches de reconnaissance de l'objet demandé, pour ensuite le transformer en le mettant à l'échelle des draps. Nous pouvons observer l'ordre de ces manifestations dans la figure qui suit.

Figure 103

Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe B lors du JMM 1



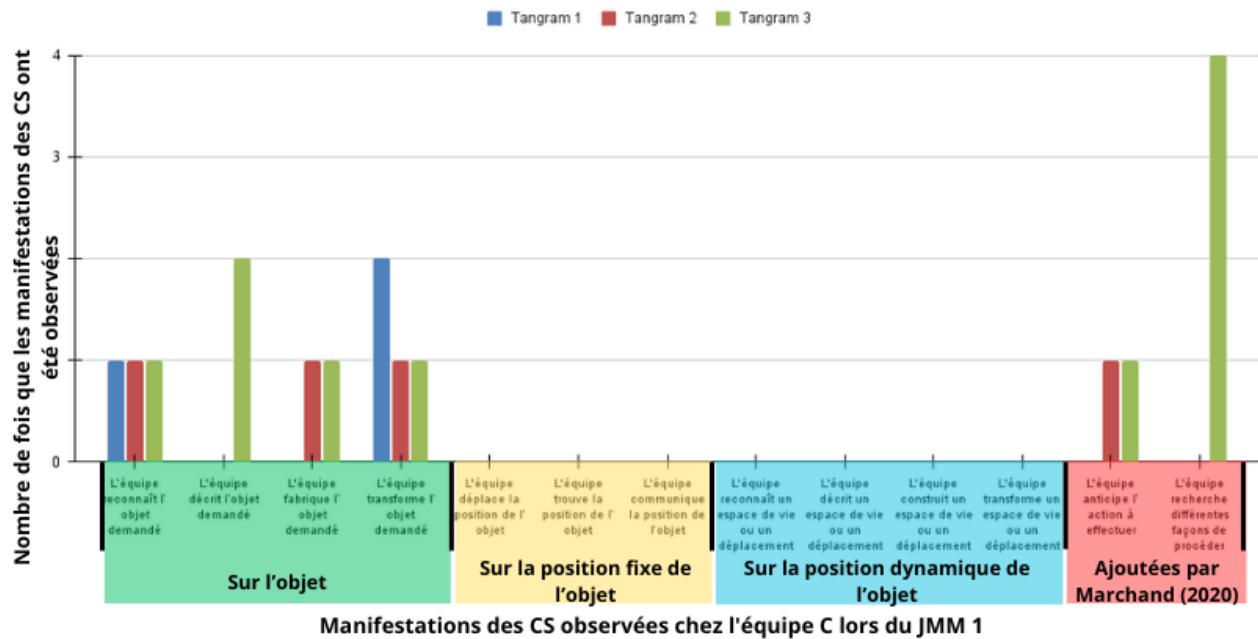
Une autre ressemblance est qu'une partie des manifestations des CS ajoutées par Marchand (2020) se retrouve aussi à la fin de leur production des Tangrams lorsque les élèves font le retour en grand groupe (T3) et qu'ils expliquent leurs stratégies aux autres équipes. Comme autre point commun, nous pouvons observer qu'il y a plus de tâches effectuées pour le dernier Tangram. Ainsi, nous pourrions supposer que l'absence des lignes des figures ou la complexité de l'articulation entre les figures nécessitent l'utilisation d'un plus grand nombre de tâches et par le fait même, plus d'allers-retours entre les tâches et de communication entre les membres d'une équipe.

Finalement, nous pouvons constater que les élèves de l'équipe B font des allers-retours parmi les trois catégories de manifestations des CS relevant des tâches effectuées lors du JMM 1, comme l'équipe A l'avait fait.

Si nous observons maintenant l'équipe C, nous pouvons constater que, comme pour les équipes précédentes, **l'utilisation des manifestations des CS liées à la position dynamique de l'objet ne fait pas partie du JMM 1.**

Figure 104

Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe C lors du JMM 1



Nous pouvons aussi constater que l'équipe C semble ne pas avoir utilisé les manifestations relevant de la position fixe de l'objet. Toutefois, comme expliqué dans les précédentes sections, nous ne pouvons pas affirmer si c'est vraiment le cas puisque nous n'avons pas suffisamment de matériau sur l'équipe en question. Les éléments se retrouvant dans ce diagramme à bande ne sont que des extraits que nous avons été en mesure de capter lors de nos enregistrements, mais ce n'est pas assez révélateur de leur travail effectué tout au long des trois Tangrams.

Voici tout de même quelques constats. Tout comme pour l'équipe B, **la manifestation de transformation de l'objet est plus présente pour le Tangram que l'équipe C n'a pas reproduit correctement, c'est-à-dire deux fois pour le Tangram 1.**

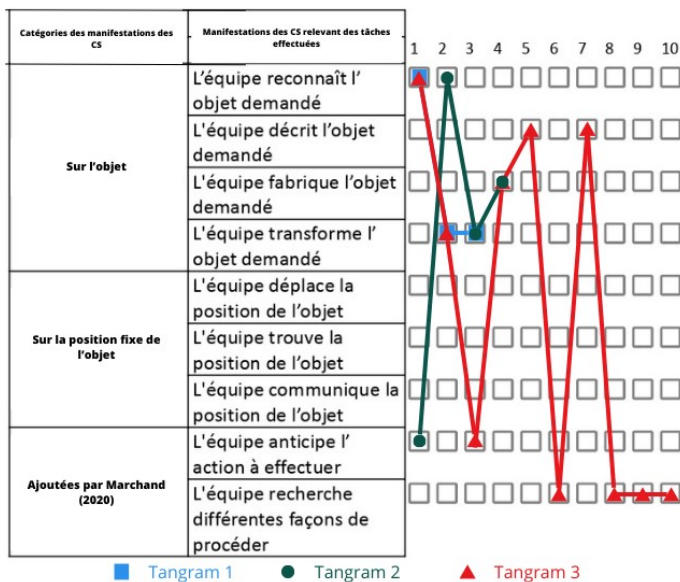
La description de l'objet est également plus présente lors de la fabrication du Tangram 3 que des deux autres Tangrams. Nous avons constaté le même effet pour les équipes précédentes,

mais ces dernières avaient également plus de communications. Ainsi, nous pourrions présumer que **lorsque les lignes sont absentes d'un Tangram ou que son articulation est plus complexe, cela nécessite plus de communications et de descriptions entre les élèves d'une même équipe** afin qu'ils accordent leurs IM.

En ce qui concerne l'ordre des manifestations des CS relevant des tâches effectuées, comme pour les équipes A et B, l'équipe C débute le JMM par les manifestations de reconnaissance de l'objet demandé, pour ensuite le transformer en le mettant à l'échelle des draps. Sauf au Tangram 2 où les élèves se sont donné.es une stratégie avant d'observer le Tangram (T1) puisqu'ils ne voulaient pas se retromper en construisant le Tangram (T2). Toutefois, ce sont quand même la reconnaissance et la transformation qui suivent la manifestation de l'anticipation. Nous pouvons observer l'ordre de ces manifestations dans la figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

Figure 105

Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe C lors du JMM 1



Cependant, comme mentionné précédemment, nous n'avons pas beaucoup de matériau sur l'équipe C. Ainsi, il est difficile d'en effectuer une analyse véridique. C'est pourquoi nous n'irons pas plus loin dans l'analyse du maillage des tâches de cette équipe.

Annexe 15 – Analyse du JMM 2 des équipes B et C

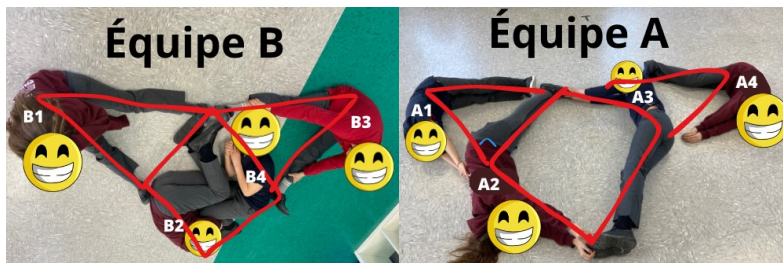
Cette annexe comporte une analyse plus approfondie de ce que nous avons résumé dans la section 4.2.4 (p. 155) de ce mémoire en ce qui concerne les équipes B et C. Cette analyse sera séparée par objectifs.

Les composantes des CS

En ce qui concerne l'équipe B, il s'agit des mêmes constats que pour l'équipe A. C'est-à-dire que l'équipe se situe majoritairement dans la composante **organisation** avec quelques utilisations de la composante **orientation**. En revanche, l'équipe a procédé différemment pour construire les Tangrams (T2). En effet, l'équipe A reproduisait les lignes du Tangram, alors que l'équipe B a fabriqué des figures et des lignes pour reproduire les Tangrams. Par exemple, pour le Tangram 1, l'équipe B a reproduit le carré avec deux personnes en petites boules au centre et les triangles ont été reproduits par les jambes des élèves, comme ce que A3 avait proposé, mais que finalement l'équipe n'avait pas fait.

Figure 106

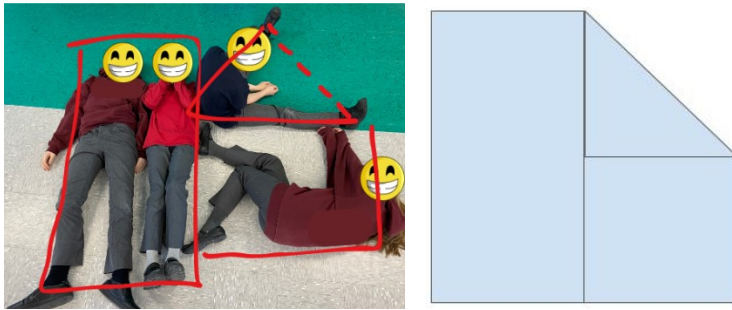
Reproduction du Tangram 1 de l'équipe B vs l'équipe A



C'est également cette stratégie qui a été utilisée par l'équipe B lors du deuxième Tangram (T2). Cependant, pour le Tangram 2, deux élèves allongés représentaient le rectangle, un élève avec les jambes écartées représentait le triangle (manque la ligne extérieure) et une élève formait le carré à elle seule. Les ajustements des uns envers les autres étaient également un peu moins précis que l'équipe A, puisque le rectangle est légèrement décalé du triangle et du carré.

Figure 107

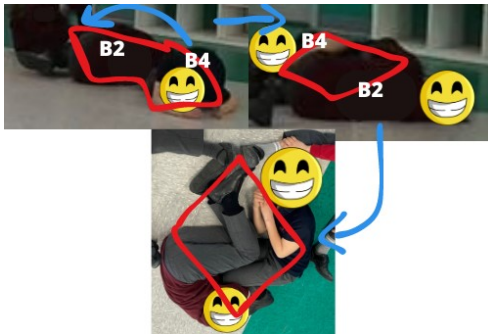
Reproduction du Tangram 2 de l'équipe B



Tout comme l'équipe A, certains élèves de l'équipe B ont démontré **l'utilisation d'IM avant (T1) et pendant (T2) la reproduction des Tangrams**. Par exemple, l'équipe B avait également retenu que le Tangram 1 était le même que celui lors du premier JMM. B1 avait même mentionné que puisque ce n'était pas nouveau, c'était plus facile à se souvenir de la forme (T3). Un autre exemple est lorsque B4 était en petite boule dans le carré et que lorsqu'il a regardé la construction, il s'est dit qu'il serait mieux de changer de place pour faire un plus beau carré (T2). À ce moment, il comparait sa vision du Tangram avec celle qu'il avait enregistré et donc, son IM.

Figure 108

B4 se déplace pour fabriquer le carré autrement



D'autres IM intéressantes sont les images que les élèves de l'équipe B se sont construites pour retenir le Tangram 2 (fait au T1). Par exemple, B2 s'était imaginé une feuille de papier avec un pli dans le coin, alors que B3 s'était imaginé quatre cadrans avec un cadran manquant une diagonale (expliqué au T3).

Figure 109

Images mentales de B2 et de B3

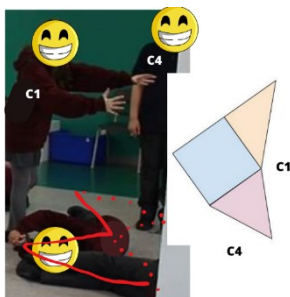


Finalement, comme pour l'équipe A, certains élèves de l'équipe B, comme B2, B3 et B4, arrivaient à se décentrer de leur position afin de donner des indications à d'autres membres de l'équipe sur le comment se positionner ou en se replaçant elleux-mêmes sans devoir sortir de la figure qu'ils fabriquaient à cet instant là (T2). Ce qui relève de l'orientation. Par exemple, lors de la fabrication du Tangram 2 (T2), pendant que B2 et B3 formaient le rectangle, ils ont donné des indications à B1 sur comment se positionner pour faire le triangle. Ne comprenant pas les explications, c'est B4 qui finalement a fait le triangle et B1 qui a fait le carré.

Pour l'équipe C, elle a également **majoritairement utilisé la composante organisation et un peu celle de l'orientation avec les *spatial thoughts***. Par exemple, lors de la reproduction du Tangram 1 (T2), C1 communique à C4, qui est au bas du Tangram montré, le placement des figures du Tangram selon son souvenir en étant du côté droit du Tangram montré. Ainsi, C1 arrive à se décentrer du Tangram de base.

Figure 110

C1 communique à C4 la position des figures du Tangram



Une particularité de l'équipe C, par rapport à l'équipe A et B, est qu'elle a **plus souvent utilisé l'articulation du Tangram en utilisant la position d'un objet dans l'espace plutôt que la position**

d'une partie d'un objet par rapport à une autre partie. En effet, lorsque les élèves devaient décrire ou communiquer la position des objets, ils ne nommaient pas les figures qui sont à côté, mais montraient dans l'espace où les figures se situaient (T2). Par exemple, lorsque C1 communique la position du Tangram à C4 (T2), elle dit : « une ligne droite là, un carré là » (voir *figure 110* [p. 269]). Puis un peu plus tard dans la reproduction du Tangram 1 (T2), C4 dit : « ici, y a un triangle. Puis là, un carré. » Dans ces deux extraits, nous pouvons constater que les élèves parlent ainsi de la position d'un objet dans l'espace plutôt qu'en rapport l'un avec l'autre.

Une autre particularité de l'équipe C est qu'elle n'a qu'effectué le contour des Tangrams, plutôt que d'effectuer toutes les lignes ou les figures composant le Tangram. D'ailleurs, lors de la fabrication du premier Tangram (T2), cela a mené à une petite confusion au sein de l'équipe puisque le Tangram était entièrement formé par trois membres de l'équipe. Ainsi, C4 ne sachant pas où aller se placer, puisque le Tangram était finalisé pour C1, il a reconstruit un deuxième triangle à côté (voir figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) (T2). Il y a donc eu un manque de communication entre les élèves de l'équipe C selon leur vision du Tangram.

Figure 111

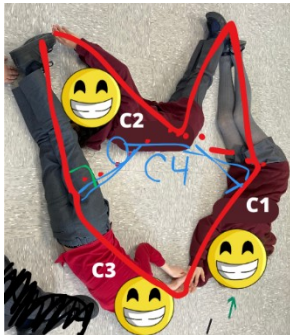
Reproduction du Tangram 1 de l'équipe C



Nous pouvons également constater que la vision de C1 dans la figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** est plus ressemblante au Tangram montré de base. Si C4 était venu se placer dos à C2 et mis ses jambes et ses bras pour former les lignes intérieures des figures, leur reproduction aurait été super.

Figure 112

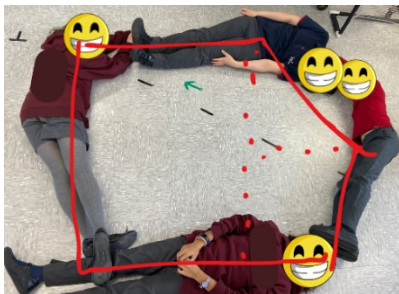
Si C4 avait fabriqué les lignes intérieures



Pour le deuxième Tangram, iels se sont plus parlé.es et iels ont réellement fait que le contour du Tangram (T2). D'ailleurs, lors du retour en grand groupe (T3), C1 mentionne que « on n'allait pas faire chaque ligne, faque un carré avec un trou ». Cela illustre également une partie de son IM retenue.

Figure 113

Reproduction du Tangram 2 de l'équipe C



Parlant d'IM, nous pouvons constater que l'équipe C semble légèrement moins forte que les deux équipes précédentes puisque lors de la présentation du Tangram 2 (T1), C1 mentionne : « Ah oui ! Celle-là je l'aimais ». Cependant, c'est la première fois que les élèves voient ce Tangram. D'ailleurs, B2 mentionne à C1 qu'iels ne l'avaient pas fait la dernière fois, puis C1 lui reconferme que oui, alors B2 lui redit que non ainsi que d'autres élèves. Il a fallu que l'enseignante s'en mêle afin que les élèves se concentrent sur la tâche d'observer le nouveau Tangram. Ainsi, si C1 a fait le lien avec le Tangram 2 du JMM 1, c'est peut-être à cause de la proximité des figures, le rectangle près du triangle et du carré. Si c'est avec le Tangram 3 du JMM 1 que C1 c'est mélangé, ça pourrait

être la position prototypique des figures qui l'ont incité à penser cela. Il pourrait également s'agir d'un mélange des deux Tangrams et puisqu'elle n'a pas retenue clairement les Tangrams, cela se mélange avec le nouveau Tangram à produire.

Figure 114

Confusion entre les Tangrams du JMM 1 et du JMM 2



Toujours pour les IM de l'équipe C, nous pouvons constater que C1 et C3 tracent le Tangram 2 devant elleux afin de le mémoriser (T1). Il s'agit d'une stratégie que nous avons déjà pu remarquer chez d'autres élèves pendant le JMM 1 et A2 avait également utilisé cette stratégie pour mémoriser ce Tangram.

Figure 115

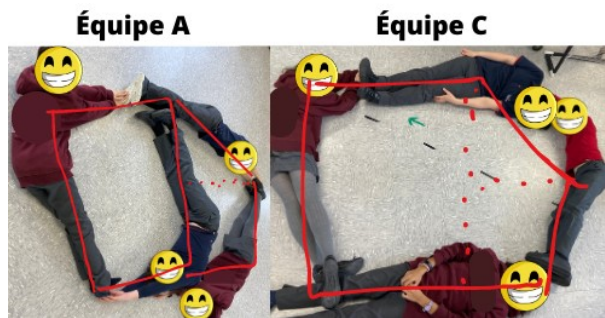
Mémorisation du Tangram par C1, C4 et A2



Comme nous pouvons le constater avec les IM retenues par les différents membres des deux équipes, cela pourrait expliquer les reproductions finales des équipes A et C. En effet, l'équipe A avait tenté de reproduire chacune des figures composant le, alors que Tangram l'équipe C n'avait reproduit que le contour du Tangram.

Figure 116

Reproductions du Tangram 2 par les équipes A et C



Pour conclure, l'équipe A et l'équipe B semblent se ressembler énormément sur le point de vue de l'utilisation de la composante organisation, en ce qui concerne les IM et l'articulation par la position d'une partie d'un objet par rapport à une autre partie. Alors que l'équipe C semble éprouver un peu plus de difficultés que ces deux équipes, en ce qui concerne les IM. D'ailleurs, les IM de l'équipe C semblent plus partielles que les deux autres équipes puisqu'elle ne reproduit que les contours des Tangrams. Cela pourrait cependant être aussi un choix délibéré de l'équipe afin de faciliter le « traçage » des Tangrams avec leurs corps. L'équipe C semble plus utiliser l'articulation par la position d'un objet dans l'espace que les deux autres équipes. En ce qui concerne la composante orientation, plus précisément les *spatial thoughts*, nous pouvons penser qu'elles sont en construction dans les trois équipes puisque dans chaque équipe, elles sont utilisées par quelques élèves.

Les différents niveaux d'abstraction

En ce qui concerne l'équipe B, nous pouvons constater que les trois niveaux d'abstraction ont été utilisés et que **le niveau photographique, ainsi que le niveau scénographique, semblent en développement** pour l'équipe comme ce l'est pour l'équipe A. En effet, comme nous avons pu le constater dans la *figure 107* (p. 268), le positionnement des élèves n'est pas tout à fait représentatif du Tangram montré puisque certaines figures ne sont pas alignées. Toutefois, les élèves qui ont donné les explications, B2 et B3, pour se positionner dans ses figures n'ont pas quitté leur rectangle. Ils sont donc arrivés à se décentrer et à utiliser le niveau scénographique.

Figure 117

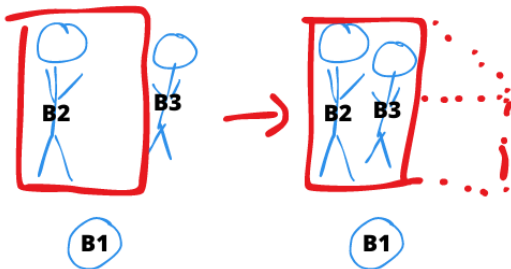
B2 et B3 communiquent la position du triangle en restant dans leur rectangle



Pour le niveau photographique, un des exemples que nous pourrions donner est lorsque B1 indique à B2 et à B3 de se coller davantage pour former le rectangle (T2), car celle-ci voit ses coéquipiers (archéologique) au sol, mais se réfère à son IM du rectangle qui est dans la position qu'elle est (photographique) pour indiquer à ses partenaires comment se positionner.

Figure 118

B1 dit à B2 et B3 de se coller davantage



Pour l'équipe C, comme nous avons pu le constater dans la section précédente sur les composantes des CS, C1 arrivait à se décentrer de sa position pour visualiser le Tangram dans la position qui avait été montré (T2) (voir *figure 110* [p. 269]). Ainsi, elle a fait preuve d'un certain développement du niveau scénographique. Dans cette même figure, nous pouvons apercevoir C4 qui se situe dans la même position que le Tangram montré (T2). Ainsi, pour sa part, il fait référence à un niveau photographique. Et puisque C1 et C4 se réfèrent aux membres de l'équipe déjà dans le Tangram, iels utilisent également le niveau archéologique.

Un autre moment où l'équipe C utilise les niveaux archéologique et photographique est lorsque l'enseignante présente les Tangrams (T1). Lors de la présentation du premier Tangram, les élèves

arrivent à reconnaître qu'il s'agit du même Tangram que lors du JMM 1, qui remontait à deux semaines. Toutefois, lors de la présentation du Tangram 2, C1 pense reconnaître un Tangram qui a été montré également deux semaines plus tôt, alors qu'il s'agit de la première fois (voir *figure 114* [p. 272]). Donc, ici, nous pouvons constater que son niveau photographique est encore en construction.

Lors du retour en grand groupe après le Tangram 1 (T3), lorsque A1 énonce le losange du Tangram, C1 et C3 corrige ce dernier en lui disant qu'il s'agit d'un carré. Cela peut donc démontrer une manipulation mentale de la figure puisque le carré est en position non-prototypique (niveau scénographique). Toutefois, il est également possible que ces élèves soient simplement en mesure de reconnaître les propriétés géométriques du carré, comme les côtés égaux et des angles droits, et qu'ils ont ainsi des CG plus avancées que d'autres. Ainsi, ces élèves pourraient être dans le niveau photographique. De plus, lors de ces retours (T3), l'équipe C arrive à dire où se situait chaque membre de l'équipe sur la photo du Tangram 2 afin de former le contour du Tangram (archéologique) et elle arrive à décrire les figures qui étaient sous-entendues dans le deuxième Tangram (archéologique et photographique). En revanche, pour le premier Tangram, l'équipe se défend en disant d'abord qu'ils n'avaient pas fini. Pour finalement dire qu'ils ne se souvenaient pas bien de l'image du Tangram. L'équipe C mentionne également que lors du JMM 1, c'était aussi le premier Tangram qui n'avait pas bien fonctionné, mais qu'après elle s'était reprise pour les autres.

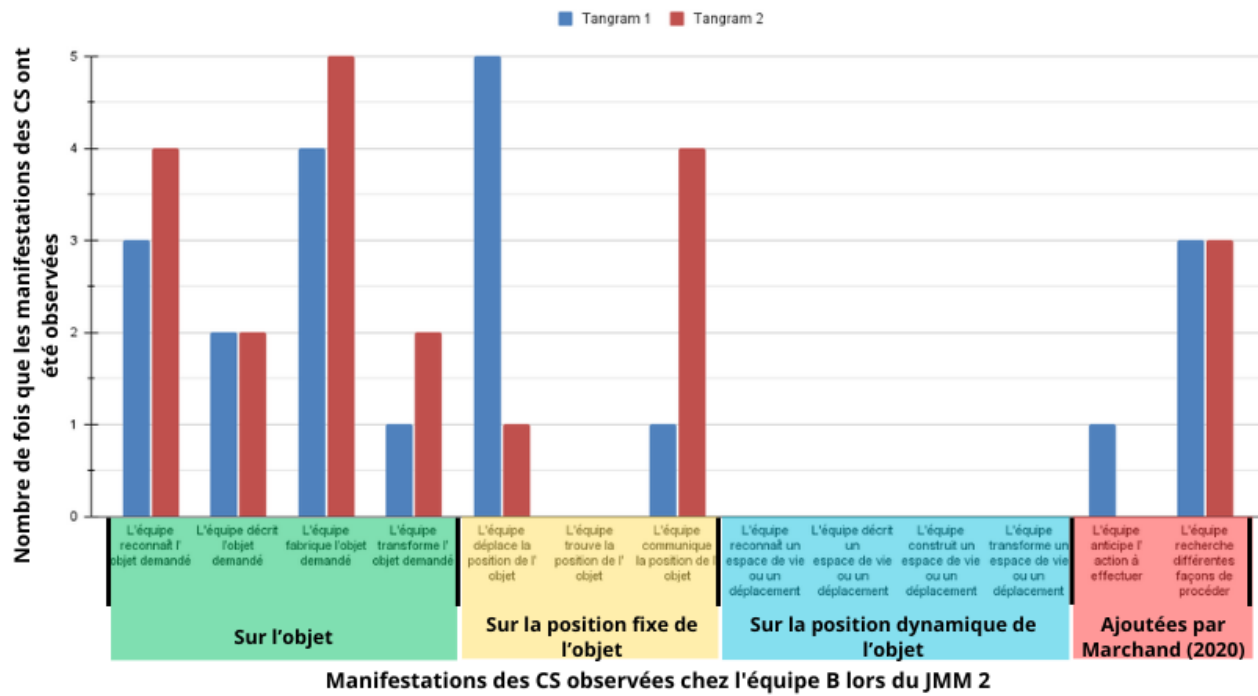
Pour conclure cette section, nous pourrions dire que le **niveau archéologique semble sollicité pour chaque équipe et que les niveaux photographique et scénographique sont en développement pour chacune des équipes**. Cependant, ces derniers niveaux semblent un peu plus avancés pour les équipes A et B. Il faut toutefois noter que ce développement potentiel n'étaient pas nécessairement l'objectif de notre recherche puisque nous voulions identifier les niveaux d'abstraction utilisés, mais il s'agit également d'une belle retombée que nous soyons en mesure de constater une progression de l'utilisation des niveaux d'abstraction par les élèves au sein des JMM.

Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées

Pour ce qui est de l'équipe B, nous pouvons constater en comparant la *figure 40* (p. 149) et la *figure 119* (ci-dessous) que les deux équipes se ressemblent beaucoup en ce qui concerne le nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées à quelques exceptions près.

Figure 119

Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe B lors du JMM 2

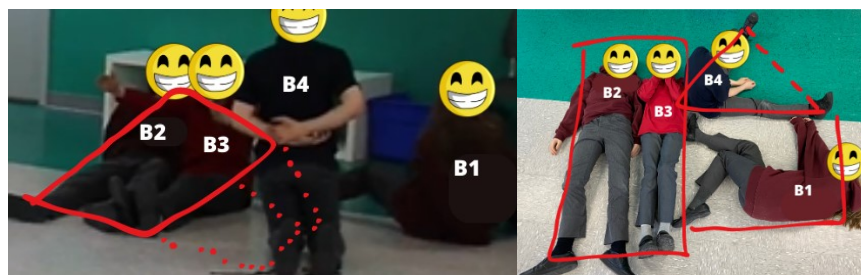


L'une des différences est que l'équipe B possède la moitié ou un peu moins de la moitié du nombre de fois que la manifestation communiquer la position fixe de l'objet a été utilisée par l'équipe A. En effet, contrairement à l'équipe A, les élèves de l'équipe B ont communiqué moins souvent entre eux pour se donner des indications sur la position des figures. L'une des raisons que nous verrions ici pour expliquer cet écart est que l'équipe A était plus portée à se communiquer entre eux où se placer avant de l'effectuer, alors que l'équipe B était plus portée à se placer et vérifier si cela faisait du sens après (T2). Un autre aspect qui pourrait expliquer le plus grand nombre de communication dans l'équipe A que dans l'équipe B est que lors de la fabrication des deux Tangrams (T2), l'équipe A a dû faire face à une personne qui ne savait pas

où se placer et que les autres membres de l'équipe ont dû lui communiquer comment se placer. Alors que dans l'équipe B, ce n'est qu'arrivé lors du Tangram 2 et finalement, c'est un autre élève de l'équipe qui a fabriqué la figure du triangle pour aller plus vite et B1 qui n'avait pas compris les consignes est allée fabriquer le carré à la place.

Figure 120

B1 et B4 inverse de rôle puisque B1 ne comprenait pas les indications

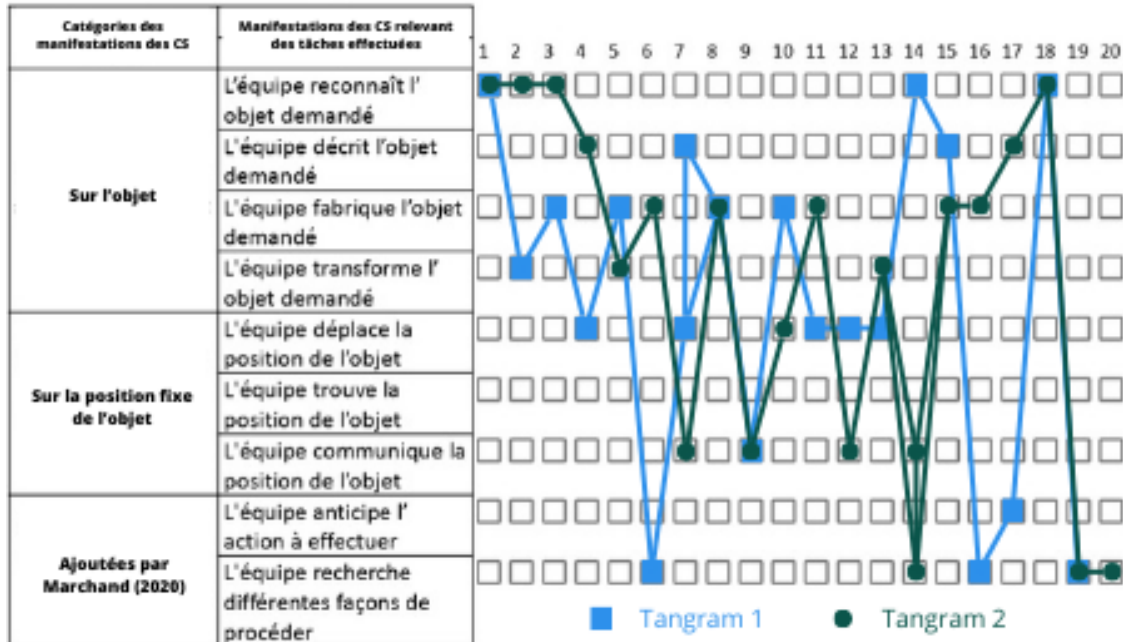


Puis, l'autre différence concerne la manifestation d'anticipation des actions à effectuer, car lors du Tangram 1, l'équipe A avait fait quatre anticipations, alors que l'équipe B n'en avait fait qu'une. Puis, lors de la fabrication du Tangram 2 (T2), une anticipation avait été faite du côté de l'équipe A, mais aucune pour l'équipe B. Cette différence s'explique par le fait que l'équipe A a anticipé à quelques fois pendant la fabrication du Tangram 1 (T2) des besoins qu'ils auraient pour que leur Tangram soit le plus ressemblant possible. Par exemple, l'équipe avait anticipé qu'il fallait que ce soit les deux plus grands ensembles pour former la figure du carré afin que les côtés soient plus équivalents, alors que l'équipe B y est allée avec le flot de la fabrication.

Si nous observons maintenant l'ordre et le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées de l'équipe B pour les deux Tangrams, nous pouvons constater en observant la figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** que tout comme l'équipe A, plusieurs allers-retours s'effectuent entre les manifestations. **L'utilisation de celles-ci n'est donc pas linéaire pour cette équipe également.**

Figure 121

Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe B lors du JMM 2



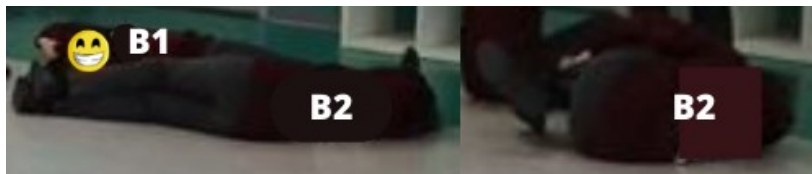
Pour une analyse un peu plus fine de l'équipe B, nous pouvons constater que contrairement à l'équipe A, l'équipe commence à la tâche reconnaissance de l'objet pour les deux Tangrams (T1), tout comme l'équipe l'avait fait lors du JMM 1. Nous pouvons également constater que la tâche de reconnaissance est présente trois fois au début du deuxième Tangram. En effet, lorsque C1 avait mentionné se souvenir de ce Tangram (comme vu plus haut dans la section précédente [*les différents niveaux d'abstraction*] avec l'équipe C), B2 a quant à lui reconnu qu'il ne s'agissait pas du même Tangram (T1). Cependant, B3 a reconnu, à tort, comme C1 qu'ils avaient fait ce Tangram deux semaine plus tôt. Puis, B2 l'a informé qu'il se trompait lui aussi.

Nous pouvons également constater qu'avant d'effectuer la mise à l'échelle du Tangram 2 (transformation de l'objet), l'équipe B a d'abord décrit le Tangram (T2). En effet, B4 a pris l'initiative de rappeler le Tangram aux membres de son équipe en le traçant devant lui afin de s'assurer que tout le monde de l'équipe avait retenu le même Tangram.

Sinon, tout comme l'équipe A, nous pouvons constater que l'équipe B a des croisements dans le maillage des manifestations relevant des tâches effectuées. Pour le Tangram 1, les étapes 6 à 8 s'entrecroisent, alors que pour le Tangram 2, ce sont les étapes 13 à 15. Cela s'explique par le fait que, tout comme pour l'équipe A, deux tâches se produisent en même temps entre ces moments. Il s'agit de l'étape 7 pour le Tangram 1 et de l'étape 14 pour le Tangram 2, de la reproduction des Tangrams (T2). Par exemple, pour le Tangram 2, l'équipe B a eu la même difficulté que l'équipe A. C'est-à-dire que B1 ne comprenait pas où se placer pour reproduire une figure, ici le triangle plutôt que le rectangle de l'équipe A, alors les autres membres de l'équipe ont tenté de rechercher différentes façons de procéder pour communiquer la position fixe qu'elle devait prendre. Toutefois, c'était un peu plus chaotique que l'équipe A, car B2 et B3 tentaient de communiquer en même temps à B1, au lieu de parler un après l'autre. Puis, pour le Tangram 1, B4 a décrit le carré à reproduire en proposant de le faire en se mettant en petite boule pour que le carré soit plus petit, en même temps que B1 et B2 défont leur carré formé de leurs deux corps et que B2 se replace en petite boule (déplacement du corps).

Figure 122

Les étapes 7 du Tangram 1 de l'équipe B



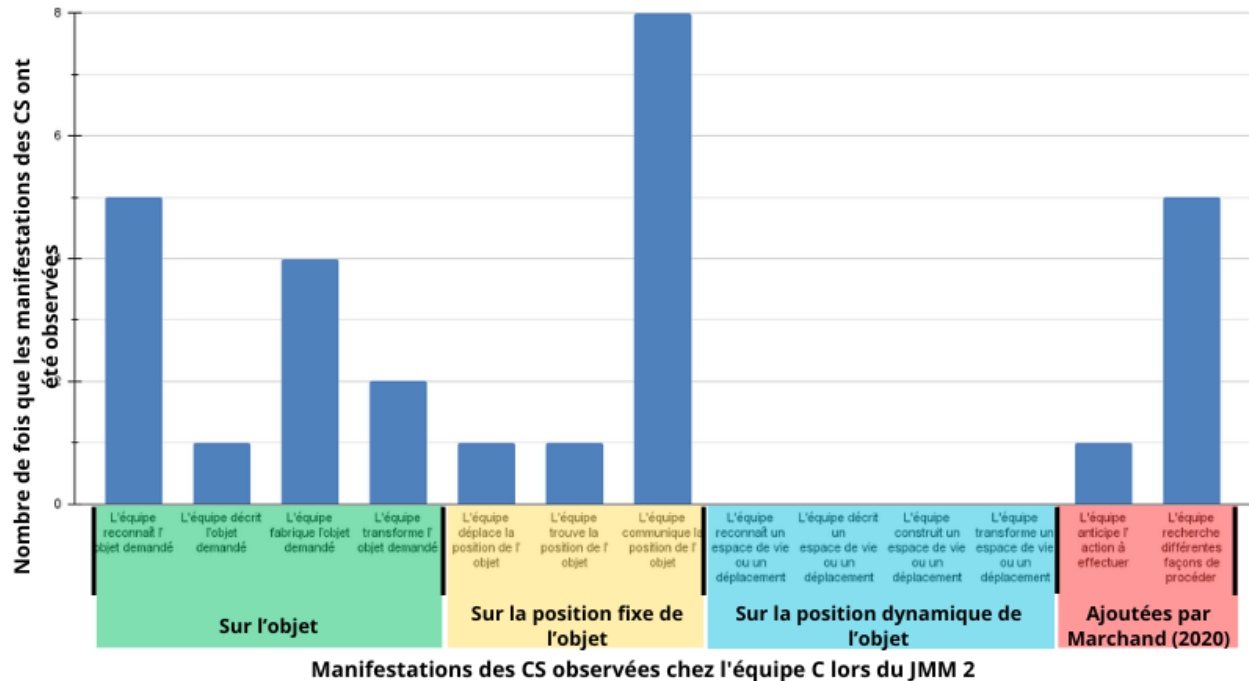
Finalement, nous pouvons également constater que tout comme l'équipe A, **l'équipe B termine les Tangrams par des tâches de reconnaissance et de description de l'objet, ainsi que des tâches d'anticipation des actions et de recherche de différentes façons de procéder** (T3). Il s'agit des étapes 14 à 19 pour le premier Tangram et des étapes 17 à 20 pour le deuxième. Tout comme pour l'équipe A, cela fait référence aux moments où l'équipe B : 1) a reconnu les Tangrams qu'elle a fabriqué sur les photos montrées; 2) a décrit les personnes qui composent les figures comme B2 et B4 qui composaient le carré du Tangram 1 et B1 qui essaie de faire un carré à elle seule lors du Tangram 2; 3) a expliqué l'anticipation de la facilité qu'ils avaient eu face à reproduction du

Tangram 1 puisqu'il n'était pas nouveau; et 4) a expliqué les diverses stratégies qu'ils ont utilisé pour se créer des IM et pour fabriquer les Tangrams demandés.

Pour ce qui est des manifestations des CS relevant des tâches effectuées de l'équipe C, nous ne pourrions que constater les ressemblances et les différences avec le Tangram 1, car lors du Tangram 2, nous n'arrivions plus à les voir et à les entendre suffisamment sur les enregistrements pour que l'analyse des manifestations de ce Tangram soit réaliste à ce qui c'était passé.

Figure 123

Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe C lors du JMM 2 pour le Tangram 1

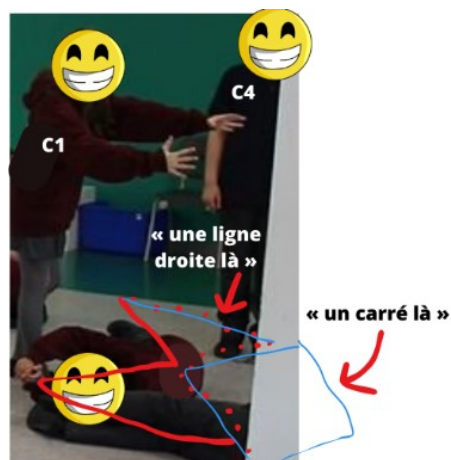


Si nous comparons avec les précédentes équipes, nous pouvons constater que l'équipe C utilise autant la tâche communique la position fixe de l'objet que l'équipe A lors du Tangram 2, mais plus souvent que lors du Tangram 1 puisque l'équipe A ne l'avait utilisé que trois fois, ce qui représente un peu moins de la moitié des interventions de l'équipe C (T2). **L'équipe C semble donc communiquer autant ou même un peu plus que l'équipe A et donc plus souvent que l'équipe B.** Cette communication est principalement présente entre C1 et C4 qui s'informent mutuellement de la position du Tangram selon leurs perspectives et des figures présentes dans le Tangram. Par

exemple, C1 a expliqué à C4 que selon son image mentale, il y a « une ligne droite là, un carré là ».

Figure 124

C1 communique à C4 la ligne et la figure manquante du Tangram 1



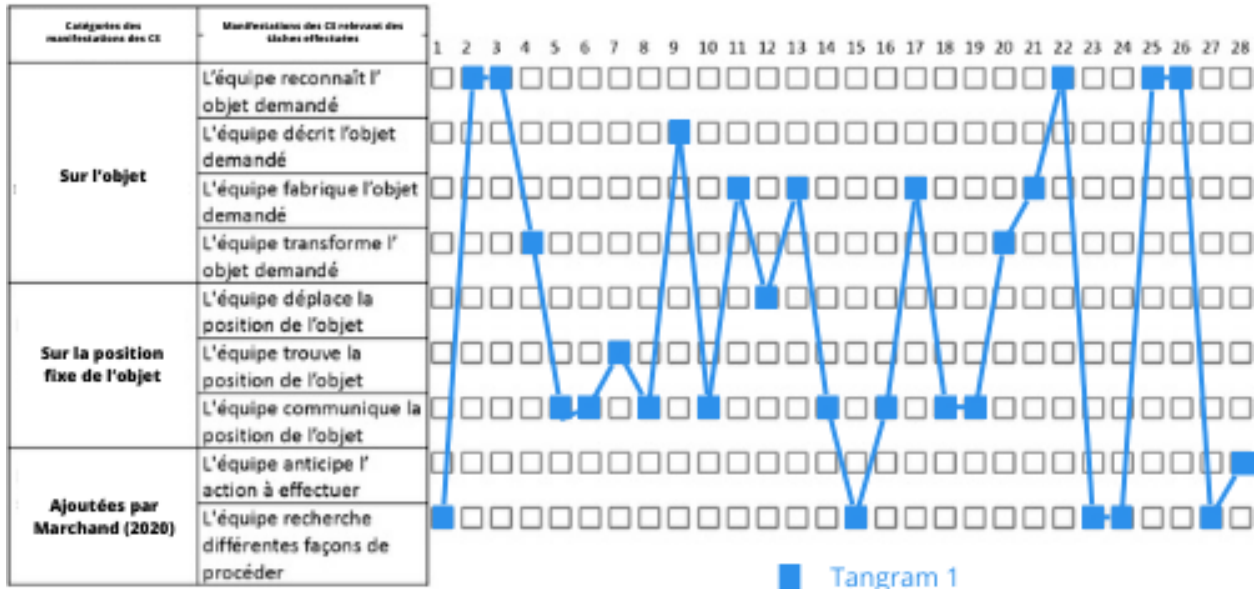
Nous pouvons également constater que **l'équipe C est la seule à avoir utilisé la tâche de trouver la position fixe de l'objet**. Cela s'explique par le fait que C4 a demandé à C1 si elle voyait le Tangram d'une certaine façon afin de s'assurer de situer adéquatement le Tangram selon lui puisque les deux élèves se trouvaient à des endroits différents autour du Tangram (voir la *figure 110* [p. 269]).

Puis, l'équipe C a moins souvent utilisé la tâche de déplacement que les précédentes équipes. Cela s'explique principalement par le fait qu'avant de fabriquer l'objet, l'équipe se communiquait la position de l'objet. Donc, les membres de l'équipe avaient moins besoin de déplacer les personnes positionnées puisqu'elles se plaçaient dans la position communiquée. En ce qui concerne les autres manifestations, c'est très semblable à l'équipe A.

Nous pouvons également constater, en regardant la figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, que **les élèves de cette équipe ont effectué plusieurs allers-retours entre les tâches effectuées comme les précédentes équipes**. Ce qui démontre encore une fois que l'utilisation des manifestations des CS n'est pas linéaire, mais plutôt un chemin rempli de va-et-vient.

Figure 125

Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe C lors du JMM 2



Si nous y allons d'une observation plus fine, tout comme l'équipe A, l'équipe C a commencé le premier Tangram par la recherche de différentes façons de procéder plutôt que de commencer avec la reconnaissance de l'objet demandé. Cela s'explique par le fait que lors de la présentation du JMM de la journée (T1), l'équipe C a rappelé la stratégie qu'elle avait utilisé lors du JMM 1, c'est-à-dire que deux membres de l'équipe observaient les figures composant le Tangram, alors que les deux autres membres observaient la forme générale. Puis, c'est lorsque l'enseignante a montré le Tangram que l'équipe a reconnu le Tangram 1 du JMM précédent et que C1 s'est imprégné du Tangram en le traçant avec son doigt.

Ce qui est particulier de cette équipe est qu'elle passe beaucoup de temps à faire des allers-retours entre les tâches de communiquer la position des figures, de trouver la position du Tangram selon leur point de vue et de décrire le Tangram souhaité avant de se mettre à le fabriquer. En effet, contrairement aux équipes A et B qui commencent la fabrication de leur Tangram 1 aux étapes 6 et 3 respectivement, l'équipe C ne commence qu'à fabriquer son Tangram à l'étape 11 (T2). Donc, jusqu'à cette étape, iels ne faisaient que référence à leurs IM.

Puis, **comme les deux équipes précédentes, l'équipe C termine le Tangram 1 par les tâches de reconnaissance, de recherche de différentes façons de procéder et d'anticipation des actions à effectuer** et ce à partir de l'étape 22. Il s'agit comme des équipes précédentes du retour en grand groupe (T3) et les élèves de l'équipe C reconnaissent leur Tangram sur la photo montrée et explique les anticipations et les recherches de différentes stratégies qu'ils ont utilisés tout au long de la reproduction du Tangram 1.

Pour conclure cette section portant sur le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées, nous pouvons constater que, pour les trois équipes, sur la base de ces résultats, **les allers-retours entre les différentes manifestations des CS semblent importants pour la réalisation des JMM**. De plus, ce n'est pas parce que nous prévoyions qu'une activité travaillera certaines manifestations que celles que nous n'avions pas pris en considération ne seront pas utilisées par les élèves. De même, il se pourrait que les élèves n'utilisent pas une manifestation qui était prévue.

Annexe 16 – Analyse du JMM 3 des équipes B et C

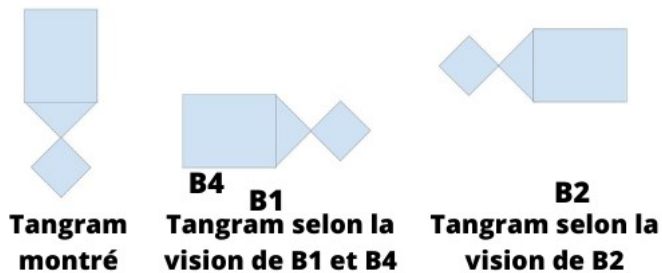
Cette annexe inclut une analyse plus pointue de ce que nous avons résumé dans la section 4.3.4 (p. 187) pour les équipes B et C selon les objectifs spécifiques.

Les composantes des CS

En ce qui concerne l'équipe B, nous pouvons également les situer dans les deux composantes. Pour la composante orientation, les membres de l'équipe B font également appel à leur *spatial thought* à certains moments lors de la fabrication des Tangrams (T2). Par exemple, B4 se représente le rectangle dans une autre perspective que celle montrée sur le Tangram 1 lorsqu'il communique à B1 et à B2 la position du rectangle en nommant également les côtés « 1, 2, 3 et 4 ».

Figure 126

B4 communique la position du rectangle du Tangram 1 à B1 et B2

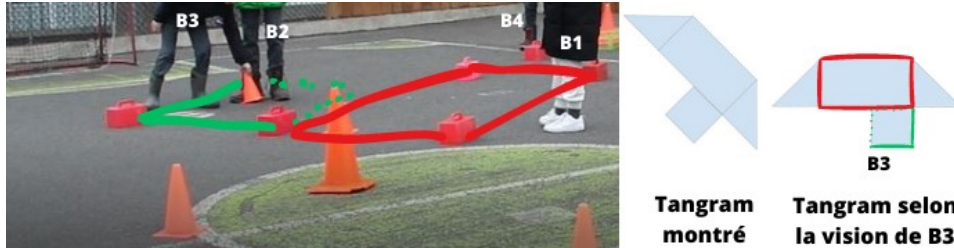


B1 et B2, n'étant pas dans la position montrée, se le représentent aussi dans une autre perspective. Ce qui leur demande d'utiliser leur *spatial thought*. Cependant, c'est lorsque B4 leur a communiqué la position qu'ils l'ont vu. En effet, c'est à ce moment-là que B2 dit : « Ah! Là, j'comprends. J'comprends. » On peut donc s'attendre à ce qu'ils aient une compréhension plus partielle, mais lors d'un déplacement ici. Ce qui illustre tout de même un développement potentiel des *spatial thoughts* de cet élève. Un exemple pour B3 pourrait être lors de la fabrication

du Tangram 2 et qu'il replace le cône formant le carré en étant dans une autre perspective que celle montrée (T2).

Figure 127

B3 déplace le cône formant le carré du Tangram 2

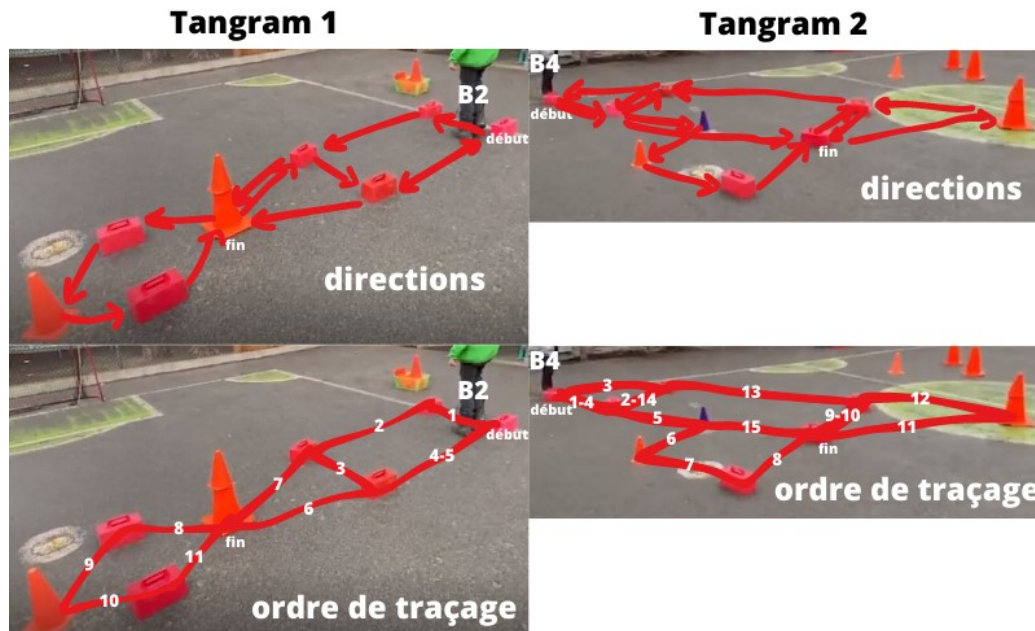


Ainsi, il fait également usage de *spatial thoughts*, tout comme le reste de l'équipe. D'ailleurs, les autres membres de l'équipe sont également décentrés par rapport au Tangram de base. Ainsi, nous pourrions penser que les élèves de l'équipe B ont utilisé à quelques reprises les *spatial thoughts* lors de ce deuxième Tangram. Cependant, nous n'avons pas vu la majorité de la fabrication du Tangram 2 de l'équipe, donc c'est difficile à savoir. Toutefois, en ce qui concerne le Tangram 1, ce n'est qu'à ce moment ou presque qu'elles sont présentes (T2). Ainsi, selon nos enregistrements, **la décentration est beaucoup moins fréquente chez l'équipe B que l'équipe A.**

En ce qui concerne le repérage dans un environnement, nous pouvons constater que tout comme pour l'équipe A, c'est principalement lors des tracés des Tangrams (T3) que cette composante est utilisée. Puis, c'est grâce aux cônes (référentiel) qui représentent un point précis dans un espace que les élèves arrivent à se déplacer. Voici d'ailleurs les deux tracés des Tangrams de l'équipe B.

Figure 128

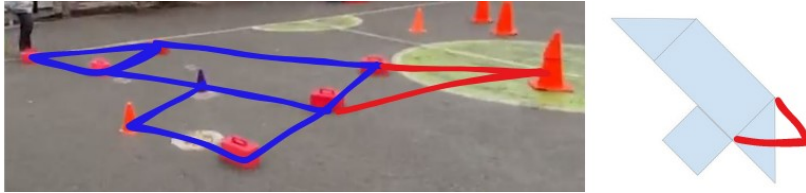
Tracés de l'équipe B pour les deux Tangrams de l'activité 3



Ainsi, dans la figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, nous pouvons remarquer que **contrairement à l'équipe A qui revenait à son point de départ, l'équipe B a un début et une fin différente**. Pour le Tangram 1, B2 l'a tracé sans aide (T3). Il est donc arrivé à se représenter le Tangram selon plusieurs points de vue, tout en arrivant à se repérer dans son environnement, grâce aux cônes. Toutefois, B4, qui traçait le Tangram 2, a eu besoin de ses coéquipiers à deux moments (T3). B2 a dû lui dire de faire le deuxième triangle, c'est à ce moment que B4 est revenu sur ses pas (le #10) et à tracer le triangle (#11 et 12). Puis, B3 lui a indiqué qu'il n'avait pas fait la ligne intérieure du carré, alors B3 lui a dit de tracer les lignes #14 et #15. Ainsi, B4 démontre plus une utilisation partielle de la composante orientation puisqu'il a fallu que ses coéquipiers l'aide à deux reprises. Cela pourrait aussi impliquer une IM partielle du Tangram. D'ailleurs, si nous observons **le deuxième Tangram, nous remarquons que l'équipe B au complet semble avoir une IM partielle puisque l'un des triangles rectangles est inversé**.

Figure 129

Image mentale partielle du Tangram 2 de l'équipe B



Ainsi, lors de la fabrication du Tangram 2 (T2), les élèves de l'équipe B ont peut-être eu de la difficulté avec la visualisation du Tangram dans leur tête, que ce soit la visualisation des lignes entre les cônes selon où ils étaient placés ou la visualisation du Tangram tel quel, ce qui a mené à une erreur dans leur Tangram, ou ils ont peut-être effectué une manipulation mentale du Tangram en le fabriquant, mais cela aurait entraîné une erreur avec l'un des triangles. Pour le Tangram 1, l'équipe semble avoir eu une bonne image mentale du Tangram puisqu'il n'y a pas eu d'erreurs dans le placement des cônes (T2). D'ailleurs, lors de la fabrication du Tangram 1 (T2), l'équipe B semblait plus souvent visualiser le Tangram dans la position montrée que pour le Tangram 2. C'est peut-être ce qui les a aidés à ne pas se tromper.

Pour ce qui est de l'articulation, **l'équipe B a principalement utilisé l'articulation d'une partie par rapport à une autre partie**. Par exemple, lors du Tangram 1 (T2), B3 explique à B2 ce qu'il a déjà placé, c'est-à-dire les cônes formant le rectangle et le triangle, en lui montrant le rectangle par rapport au triangle. Puis, B3 indique à B2 qu'il lui reste à fabriquer le carré sous le triangle. Donc, encore une fois, en situant une partie du Tangram par rapport à une autre partie.

Figure 130

B3 indique la position des figures du Tangram 1



En ce qui concerne l'équipe C, elle est très semblable à l'équipe A en ce qui concerne les deux composantes. En effet, pour la composante orientation, les élèves de l'équipe C ont utilisé à plusieurs reprises des *spatial thoughts*. Par exemple, lors de la fabrication du Tangram 2 (T2), C2 et C4 ont placé chacun.e l'un des cônes d'un des triangles en étant d'un autre point de vue que celui du Tangram montré.

Figure 131

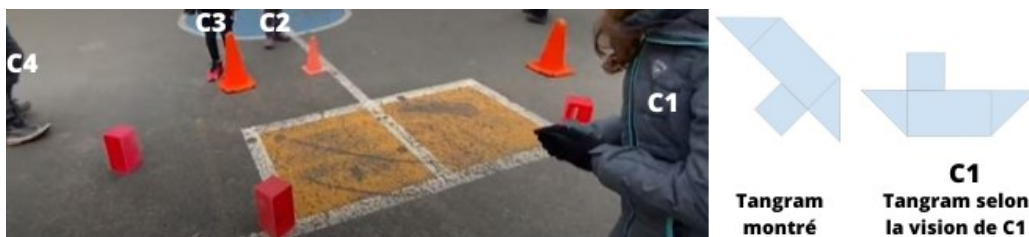
C2 et C4 placent chacun.e un des cônes d'un des triangles du Tangram 2



Nous voyons donc à gauche que C2 s'est grandement décentrée, alors que C4 s'est peu décentré en ne tournant que légèrement le Tangram montré vers la gauche (T2). Puis, lors du tracé de ce deuxième Tangram (T3), C1 décrit chacune des figures que C3 tracent en marchant, tout en se représentant le Tangram dans une autre position que celle montrée au départ.

Figure 132

C1 décrit les figures tracées du Tangram 2 par C3



En effet, C1 a presque retourné à 180° le Tangram montré, ce qui nous laisse présager qu'elle arrive à se représenter un objet selon un autre point de vue, ce qui relève des *spatial thoughts*. D'ailleurs, étant donné que C1 arrive à décrire chacune des figures, cela implique qu'elle visualise le Tangram dans sa tête, ou du moins une partie, puisque ce ne sont pas toutes les lignes qui sont présentes au sol. Elle a également dû effectuer une manipulation mentale du Tangram pour le voir dans cette position. Ces deux derniers éléments relèvent des IM de la composante

organisation. De plus, lorsque C3 a tracé le Tangram 2 (T3), il ne s'est pas fait aider par ses coéquipier.ères, ce qui implique qu'il a pu se représenter le Tangram selon plusieurs points de vue.

Figure 133

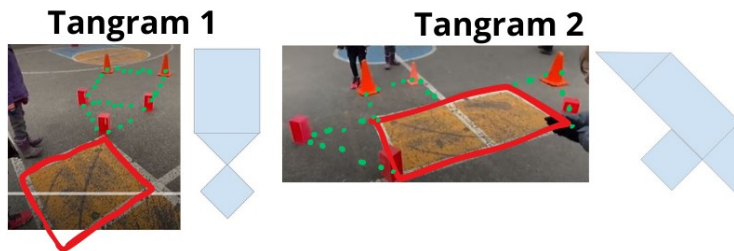
Tracé du Tangram 2 de l'activité 3 par C3



Cela suscite également, de la part de C3, une visualisation des lignes manquantes dans sa tête ainsi que quelques manipulations mentales pendant son tracé (T3) afin d'arriver à se représenter le Tangram d'un nouveau point de vue à chaque fois qu'il change de position. Puis, comme susmentionné, les deux premiers éléments proviennent des IM, mais le dernier appartient au repérage. Nous pouvons également constater, que comme l'équipe A, C3 utilise le même début et la même fin de parcours. Cependant, C3 **n'a que tracé le contour du Tangram et non toutes les figures composant celui-ci** (T3), c'est C1 qui décrivait les figures tracées par C3 au fur et à mesure qu'il les traçait. L'équipe C a d'ailleurs expliqué que puisqu'il y avait déjà les lignes interne de tracé au sol, grâce au référentiel que l'équipe a utilisé, elle ne voyait pas l'utilité de les refaire (T4). Nous pouvons également nous rappeler que lors du JMM 2, cette même équipe n'avait qu'effectuer le contour des Tangrams, contrairement aux autres équipes. Cependant, cette fois, c'était simplement par une utilisation efficace de leur environnement. De plus, tout comme l'équipe A, **l'équipe C s'est repérer dans son environnement grâce aux lignes tracées au sol**. L'équipe A avait utilisé les lignes du terrain de basket, alors que l'équipe C a utilisé les lignes du jeu « les 4 coins ». Effectivement, lors du Tangram 1 (T2), l'équipe a utilisé un coin pour représenter le carré et pour le Tangram 2, elle a utilisé deux coins adjacents de deux jeux « les 4 coins » pour représenter le rectangle. Ainsi, en plus d'utiliser les cônes comme référentiel, l'équipe C a aussi utilisé les lignes déjà au sol.

Figure 134

Utilisation des lignes au sol comme référentiel et pour s'aider à se repérer dans l'environnement



Les lignes rouges représentent donc chacune des figures que les élèves ont utilisées, alors qu'elles étaient déjà tracées au sol. Ce qui est une utilisation comme une autre de leur environnement afin de s'y repérer plus facilement.

Pour ce qui est de l'articulation **de l'équipe C**, elle a utilisé, tout comme l'équipe A, les deux types d'articulation, soit l'articulation d'une partie par rapport à une autre partie et l'articulation selon la position dans l'espace. Par exemple, pour le deuxième type d'articulation, lors du Tangram 1 (T2), C1 dit : « Là. Mets-en un là, pis là » en indiquant à C2 où positionner les cônes du triangle en montrant la position avec ses pieds selon l'espace que l'équipe a choisi pour construire son Tangram.

Figure 135

C1 montre la position des cônes du triangle du Tangram 1



Dans la figure, nous pouvons également constater que les élèves de l'équipe C se représentent le Tangram selon différents points de vue et qu'ils font appel à leur IM pour visualiser le triangle formé par le cône et les pieds de C1. Toutefois, nous pouvons constater que l'IM du Tangram 1 semble partielle puisque le triangle est décollé du carré. D'ailleurs, lors de la fabrication de ce Tangram (T2) C3 et C4 ont énoncé à C1 qu'ils pensaient que le triangle était collé au carré (articulation d'une partie par rapport à une autre partie), mais C1 a réussi à les convaincre

pendant un long moment qu'elle avait raison. Ce n'est qu'à la toute fin de la fabrication (T2), en attendant de se faire filmer pour le tracer du Tangram, que C3 est revenu avec l'idée que les deux figures étaient collées (articulation d'une partie par rapport à une autre partie). Il a donc proposé à l'équipe de revoir le Tangram 1 pour s'assurer d'avoir la bonne représentation. Puis, c'est à la suite de cette relecture du Tangram, que C1 a donné raison à C3 et que l'équipe a déplacé le cône de la pointe du triangle pour le coller au carré (articulation d'une partie par rapport à une autre partie).

Nous pouvons ainsi conclure que pour ce JMM, **les élèves de l'équipe A ont encore plus utilisé la composante orientation que dans les JMM précédents, du fait qu'ils ont utilisé les *spatial thoughts*, le repérage dans un environnement (principalement lors des traçages, T3) et l'utilisation de points précis dans un espace** à l'aide des cônes afin de se repérer dans l'espace. Alors que lors des deux autres JMM, il n'y avait que les *spatial thoughts* qui était mis de l'avant. C'est d'ailleurs ce qu'ont fait les équipes B et C. Cependant, **l'équipe B semble avoir eu un peu plus de difficultés que les deux autres équipes**. Puis, en ce qui concerne la composante organisation, nous pouvons également constater qu'elle est présente tout au long du JMM que ce soit par l'utilisation des IM ou de l'articulation des positions des figures. Cependant, contrairement aux deux JMM précédents où il y avait une distinction plus claire entre les deux catégories de la composante, **nous pouvons constater un chevauchement entre les deux tout au long de l'activité**, puisque les cônes ne représentent que des sommets et que les élèves doivent s'imaginer les lignes entre les cônes. De plus, nous pouvons également remarquer que **les équipes A et C utilisent un peu plus l'articulation de la position de l'objet dans l'espace** que lors des précédents JMM. Ce qui n'est pas le cas de l'équipe B. Sommes toutes, les équipes A et C semblent avoir progressé en ce qui concerne l'utilisation des deux composantes puisque nous avons pu observer des manifestations variées, alors que pour l'équipe B, elle semble utilisée de la même manière les deux composantes que lors des derniers JMM. Toutefois, l'équipe A semble quand même un peu plus à l'aise que l'équipe C tout au long du JMM.

Les différents niveaux d'abstraction

Concernant **l'équipe B**, nous remarquons également une utilisation des trois niveaux d'abstraction. Cependant, le niveau scénographique semble encore en construction. En effet, comme nous l'avons vu dans la section précédente sur les composantes des CS, puisque les élèves arrivent à se décentrer des Tangrams montrés lors de leur fabrication à plusieurs reprises, cela illustre une utilisation du niveau scénographique. Toutefois, lors de la fabrication du Tangram 2 (T2), l'équipe a inversé l'un des triangles du Tangram (voir *figure 129* [p. 287]). Cela nous informe donc que le niveau scénographique est encore en construction puisque la manipulation mentale fait encore défaut de temps à autre.

Pour le niveau photographique, nous pouvons constater son utilisation à quelques reprises également. Par exemple, lors de la fabrication du Tangram 1 (T2), B3 se place dans la même position que le Tangram montré et explique où le carré se retrouvera par rapport aux figures qu'il a déjà construites, c'est-à-dire le rectangle et le triangle (archéologique). Cependant, comme les lignes des figures ne sont pas visibles et que B3 doit se les imaginer, il fait également appel à son niveau photographique pour les lignes entre les cônes existants, en plus de la figure qu'il visualise (voir *figure 130* [p. 287]).

Puis, pour le niveau archéologique, il est présent tout au long du JMM puisque les élèves voient les cônes qu'ils ont placés. Cependant, comme mentionné dans le paragraphe ci-dessus, étant donné que les élèves doivent visualiser les lignes du Tangram (T2 et T3), surtout que l'équipe B n'a pas utilisé de référentiel comme l'équipe A, ils utilisent soit le niveau photographique ou scénographique selon leur position face au Tangram. De plus, lorsque le Tangram est montré au début de la réalisation des Tangrams (T1), les élèves utilisent le niveau archéologique en observant le Tangram, mais également le niveau photographique pour l'enregistrer dans leur tête.

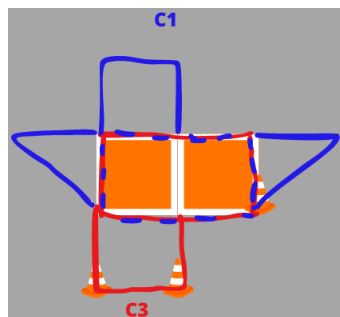
Pour **l'équipe C**, elle aussi a utilisé les trois niveaux d'abstraction. Tout comme l'équipe A et B, les élèves de l'équipe C se sont décentrés à plusieurs moments lors de la fabrication des Tangrams (T2). Nous avons d'ailleurs vu quelques exemples dans la section précédente sur les composantes des CS. Cela implique donc l'utilisation du niveau scénographique.

Ensuite, le niveau archéologique est présent tout au long de l'activité lorsque les élèves voient les cônes qu'ils ont posés (T2). Toutefois, comme mentionné avec l'équipe B, les élèves doivent visualiser certaines lignes du Tangram, étant donné que certaines sont déjà présentes par l'utilisation des référentiels présents dans leur espace (T2). Alors, selon leur position autour du Tangram, les élèves de l'équipe C peuvent utiliser le niveau photographique ou scénographique. En outre, lors de la présentation des Tangrams (T1), au début de l'activité, les élèves utilisent le niveau archéologique en observant le Tangram, mais aussi le niveau photographique pour capturer le Tangram dans leur esprit et s'en créer une IM.

Puis, le niveau photographique est utilisé lors des moments énoncés dans le paragraphe ci-dessus. Cependant, **nous pouvons constater que ce niveau ainsi que le niveau scénographique semblent en construction pour certain.es élèves de l'équipe.** En effet, lors de la fabrication du Tangram 1 (T2), C1 était persuadée que le triangle et le carré ne se touchait pas. Elle avait donc enregistré une IM partielle. À un autre moment, lors de la fabrication du Tangram 2 (T2), C3 place ses cônes pour former le carré, mais C1 lui dit : « C3, C3, on regarde notre fusil comme ça » en lui montrant son côté à elle.

Figure 136

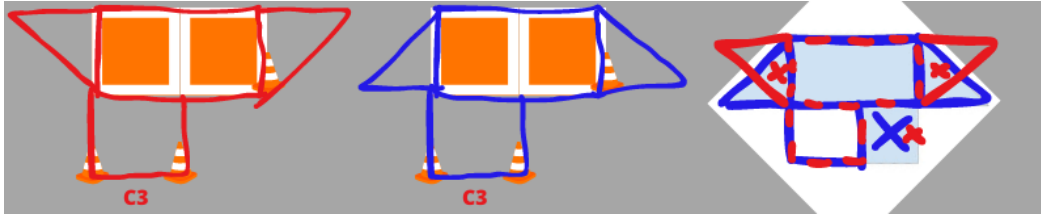
Fabrication du Tangram 2 selon les visions de C3 et C1



Ainsi, les deux élèves étaient dans le niveau photographique puisque chacun.e voyait le Tangram selon leur position à elleux. Cependant, C3 n'aurait pas placé son carré au bon endroit puisque le carré aurait été à gauche plutôt qu'à droite du rectangle.

Figure 137

Image mentale partielle de C3 pour le Tangram 2



Son IM était donc partielle puisqu'il aurait soit inversé la position des triangles en plus de celle du carré s'il avait une IM comme le trait rouge ou soit il aurait inversé uniquement la position du carré s'il avait l'IM du trait bleu.

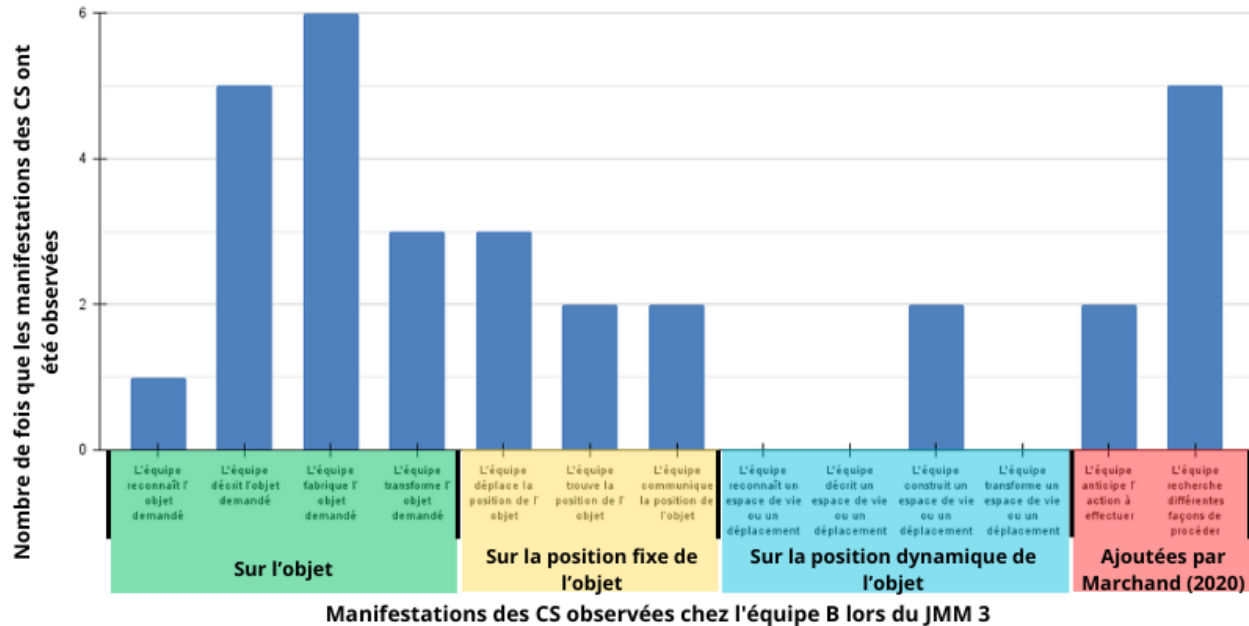
Pour conclure, **les trois équipes ont utilisé les trois niveaux d'abstraction**. Cependant, l'équipe A semble se démarquer par rapport aux autres équipes pour ce JMM puisque l'utilisation des trois niveaux se faisaient fluidement et sans embûche, même si à certains moments nous pouvions sentir que le niveau scénographique était encore en construction, alors que pour les équipes B et C, les niveaux photographique et scénographique, semblent en construction. Pour le niveau archéologique, les élèves semblent tous.tes se situer dans ce niveau. Il faut cependant noter que cette situation dans ce niveau archéologique et que ce développement potentiel des niveaux photographique et scénographique n'étaient pas nécessairement l'objectif de notre recherche puisque nous voulions identifier les niveaux d'abstraction utilisés. Toutefois, comme pour le JMM 2, il s'agit d'une belle retombée que nous soyons en mesure de constater une progression de l'utilisation des niveaux d'abstraction par les élèves au sein des JMM et une différence entre les équipes.

Le maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées

En ce qui concerne l'équipe B, l'enregistrement vidéo du Tangram 2 ne nous permet pas de voir ou d'entendre suffisamment ce que les élèves ont effectué pour en analyser le contenu de manière réaliste. Ainsi, nous ne pourrions donc que juger des similitudes et des différences du Tangram 1.

Figure 138

Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe B lors du JMM 3 pour le Tangram 1



Le premier constat que nous pouvons observer est que **l'équipe B a utilisé moins de manifestations que l'équipe A pour réaliser le premier Tangram**. En effet, l'équipe A avait une cinquantaine de manifestations pour le Tangram 1, alors que l'équipe B en a 31. Cela s'explique en partie par une différence du nombre de manifestations représentant la fabrication du Tangram et le déplacement de la position de l'objet (T2). En effet, l'équipe B n'a effectué que six fois la manifestation de fabrication, alors que l'équipe A l'avait utilisé neuf fois. Puis, pour le déplacement, l'équipe B l'a utilisé trois fois plutôt que sept fois comme l'équipe A. Ainsi, l'équipe B a moins souvent changé d'avis que l'équipe A sur la façon de construire le Tangram (T2). De plus, la manifestation de déplacement de l'objet a été utilisée par l'équipe B pour déplacer la position du carré, car B2 avait placé les cônes du carré pour le mettre en position prototypique.

Figure 139

Déplacement du carré par B2 et ensuite par B3



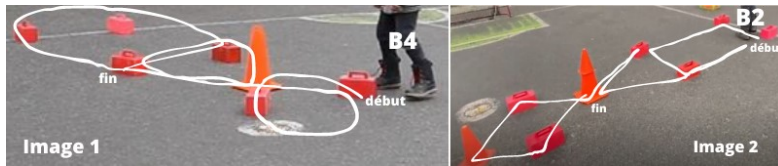
Donc B3 a déplacé la position du carré pour le placer en position non-prototypique (T2). Alors que l'équipe A utilisait principalement la manifestation de déplacement de l'objet pour agrandir ou replacer les cônes afin que ce soit plus près du Tangram montré (T2). Par exemple, quand l'équipe A avait déplacé les cônes pour agrandir le rectangle du Tangram 1 ou que A1 avait mesuré la distance entre les cônes du « losange » avec ses pieds pour s'assurer que les cônes étaient à égale distance. Une autre explication des écarts entre les manifestations des CS relevant des tâches effectuées par les équipes A et B est que l'équipe B a exécuté deux fois moins de manifestations provenant de celles ajoutées par Marchand (2020), soit l'anticipation des actions (deux fois au lieu de quatre) et la recherche de différentes stratégies (cinq fois au lieu de onze). Cela se manifeste par une utilisation moindre de discussion entre les membres de l'équipe B et à leur façon de procéder (T2). Par exemple, l'équipe B a principalement suivi ce que B3 disait qu'il fallait effectuer, alors que les élèves de l'équipe A échangeaient entre eux pour trouver la meilleure façon de procéder et d'effectuer le Tangram 1. Puis, l'équipe B a moins participé à l'échange lors du retour en grand groupe (T3).

Une autre différence se trouve dans l'utilisation de la manifestation construire un déplacement.

En effet, l'équipe A avait construit un déplacement à plusieurs moments lors de la fabrication du Tangram 1 (T2) en calculant le nombre de pieds qu'il fallait utiliser pour construire le « losange » du Tangram en plus de construire le déplacement final pour fabriquer les lignes de ce dernier (T3). L'équipe B a, quant à elle, utilisé la construction d'un déplacement uniquement pour tracer les lignes du Tangram à deux moments : une fois par B4 lors de la fabrication du Tangram (T2) et une fois lorsque celui-ci était finalisé par B2 (T3).

Figure 140

Déplacement de B4 et de B2 pour construire le Tangram 1

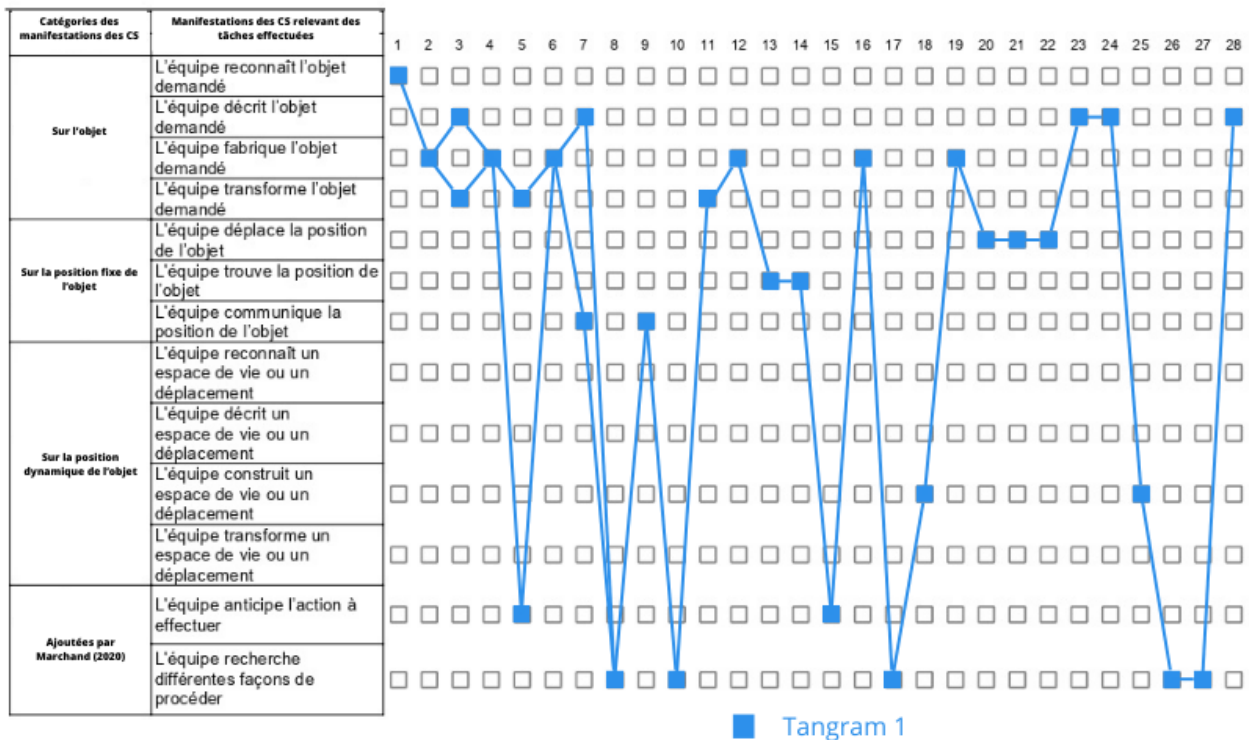


Ainsi, dans l'image 1, nous pouvons voir le déplacement à la course de B4 pour construire un déplacement avant que l'équipe ait fini de positionner tous les cônes. Il manque le cône de la pointe du bas du carré (T2). Puis, dans l'image 2, nous voyons le déplacement de B2 une fois la construction finie (T3). En ce qui concerne les autres tâches, c'est assez similaire à l'équipe A.

Si maintenant nous observons le maillage entre les tâches, nous pouvons constater que tout comme l'équipe A, certaines manifestations relevant des tâches s'effectuent simultanément.

Figure 141

Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe B lors du Tangram 1 du JMM 3



Nous pouvons constater dans la figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, qu'effectivement certaines tâches s'entremêlent comme pour l'équipe A. Pour l'équipe B, il s'agit des tâches se situant entre les étapes 2 et 4; 4 et 6; et 6 et 8. Par exemple, à l'étape 7, nous pouvons observer qu'il y a une description de l'objet et une communication de l'objet dans l'espace effectuées simultanément. Cela renvoie au moment où B3 décrit le Tangram à construire en indiquant les figures le composant (rectangle, triangle et carré), tout en communiquant à B2 la position de ces figures dans le Tangram qu'il était en train de construire au sol (voir *figure 130* [p. 287]).

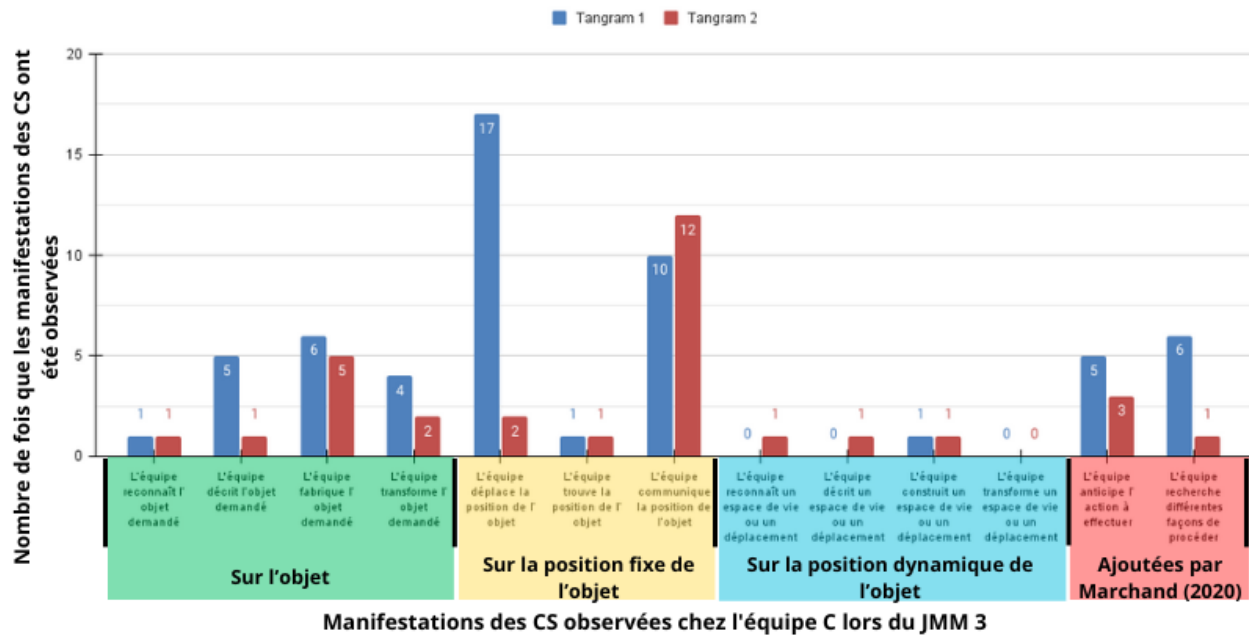
Cependant, contrairement à l'équipe A qui avait anticipé et compris rapidement ce qui était demandé, l'équipe B n'avait pas commencé le JMM adéquatement. Ce n'est qu'à l'étape 5 que les élèves ont compris ce que nous attendions d'eux en se faisant réexpliquer les consignes par l'enseignante et en regardant ce que les autres équipes faisaient autour. Effectivement, au départ, les élèves pensaient qu'ils devaient utiliser les cônes pour représenter les lignes des figures du Tangram plutôt que leurs sommets. C'est donc pour cette raison également que nous pouvons retrouver une anticipation des actions à effectuer à cette étape puisque c'est à ce moment que l'équipe B anticipe la position des cônes pour fabriquer le Tangram 1 (T2), ainsi qu'une transformation de l'objet, car l'équipe effectue, pour une deuxième fois, une mise à l'échelle du Tangram. Le Tangram que l'équipe avait commencé à construire avec les cônes représentant les lignes étant beaucoup plus petit que le Tangram à effectuer avec les cônes évoquant les sommets.

Pour le reste du maillage, tout comme pour l'équipe A, il y a présence de plusieurs va-et-vient entre les tâches et même entre les catégories des manifestations. Il ne s'agit donc pas d'un parcours linéaire.

Si nous regardons maintenant pour l'équipe C, elle est très semblable à l'équipe A en termes de quantité de manifestations des CS relevant des tâches effectuées, soit une cinquantaine pour le Tangram 1 et une trentaine pour le Tangram 2.

Figure 142

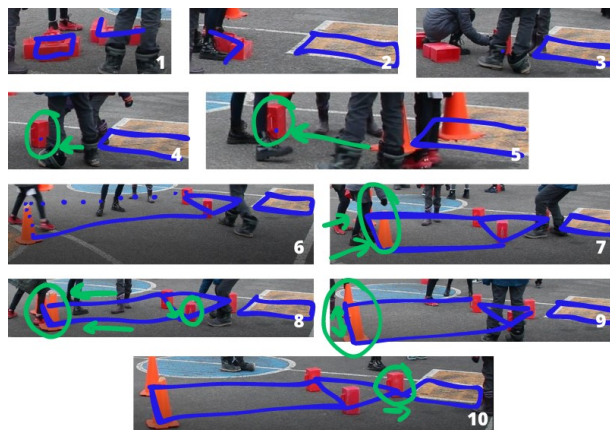
Nombre de fois que les manifestations des CS ont été observées chez l'équipe C lors du JMM 3



Toutefois, contrairement à l'équipe A, **l'équipe C utilise beaucoup plus souvent la tâche de déplacement de la position de l'objet**, soit une dizaine de plus, pour le Tangram 1. Cela s'explique en partie par le fait que l'équipe C n'avait pas compris la consigne de construire uniquement les sommets de figures avec les cônes, tout comme l'équipe B. Il a donc fallu que l'enseignante intervienne également pour leur rappeler la consigne du JMM.

Figure 143

Évolution de la construction du Tangram 1 de l'équipe C



Comme nous pouvons le voir dans la figure **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, les élèves avaient donc construit les lignes des figures (T2) avec les cônes d'abord (#1). Par la suite, les élèves de l'équipe B ont dû déplacer les cônes afin de former les sommets (#2 et 3). En outre, l'équipe C a déplacé les cônes à plusieurs reprises après les avoir placés pour le Tangram 1. Par exemple, les élèves ont mis le triangle plus loin du carré (#4), ont déplacé l'un des sommets du triangle (#5), ont rapetissé (#7), agrandi (#8) et élargi (#9) le rectangle, replacé le triangle pour qu'il soit aligné avec le rectangle (#8) et pour qu'il touche le carré (#10).

Une autre différence entre les équipes A et C est que **l'équipe C a utilisé beaucoup plus souvent la communication de la position d'un objet que l'équipe A**, soit le triple pour les deux Tangrams. Par exemple, pour le Tangram 2 (T2), C1 et C2 ont partagé leur vision du Tangram à leur équipe en leur communiquant où elles voyaient le Tangram. Ensuite, C2 partage avec ses coéquipiers la position que le carré pourrait avoir. Puis, C1, C3 et C2 communique la position du rectangle par la suite en indiquant tous les mêmes le même endroit, mais un après l'autre. Donc, les élèves de l'équipe C pourrait soit vouloir s'assurer qu'ils aient tous les mêmes la même vision ou soit ils sont dans leur tête et ainsi, n'entendent pas ce que les autres membres de l'équipe ont dit. Ce qui fait en sorte qu'ils se répètent régulièrement, contrairement à l'équipe A qui semblait avoir une bonne communication dès le départ.

Cependant, si nous restons avec le Tangram 2 (T2), contrairement à l'équipe A qui avait effectué quelques fois la tâche de déplacement de la position de l'objet (cinq fois), l'équipe C ne l'a utilisé que deux fois. Cela illustre donc que leur communication de la position des figures, qui s'est effectué principalement avant leur fabrication des figures et ainsi avant le déplacement de la position des objets (voir *figure 144* qui suit [p. 301]), semble avoir été efficace. D'ailleurs, lors des précédents JMM, c'était également l'équipe qui utilisait beaucoup la tâche de communication de la position de l'objet.

Une autre différence se situe dans la manifestation de la tâche de construction d'un déplacement. Effectivement, l'équipe C n'effectue qu'un seul déplacement lors de la fabrication des deux Tangrams (T3), alors que l'équipe A l'avait mise en œuvre cinq fois pour le Tangram 1 et trois fois pour le deuxième. Cette différence s'explique principalement par le fait que lors de la

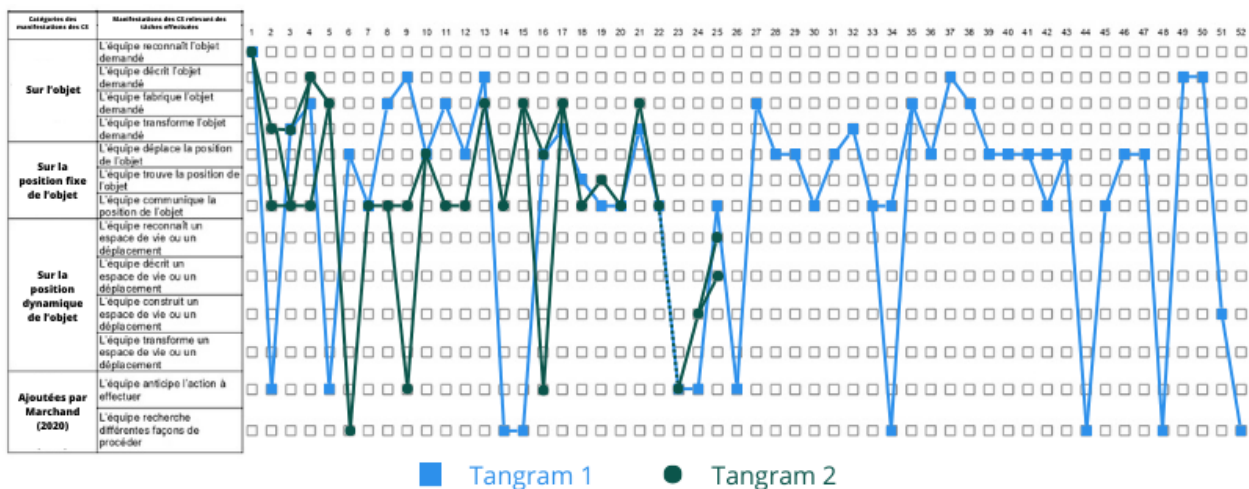
construction des lignes des Tangrams de l'équipe A (T3), les élèves de l'équipe communiquaient avec celui qui traçait les lignes pour donner des indications ou pour l'informer qu'il avait oublié une ligne. Cela coupait donc la construction des lignes en plusieurs segments, alors que l'équipe C n'a pas eu besoin de faire cela.

Finalement, la dernière différence de l'équipe C par rapport à l'équipe A réside dans l'utilisation des manifestations des CS ajoutées par Marchand (2020). Par exemple, pour le Tangram 2 (T2), l'équipe C n'a qu'utilisé trois fois l'action d'anticiper, alors que l'équipe A l'avait utilisé sept fois. Puis, pour le Tangram 1, l'équipe C a recherché six fois différentes façons de procéder, tandis que l'équipe A l'avait employé presque le double de fois. Ce qui pourrait expliquer, en partie, cette différence est l'utilisation de différentes stratégies pour les deux équipes. Par exemple, pour le Tangram 2, l'équipe C a utilisé plus souvent la communication de la position des figures avant de commencer la fabrication du Tangram (T2), alors que l'équipe A a recherché une autre façon de procéder une fois que l'équipe avait commencé la fabrication (T2).

Si nous regardons maintenant l'ordre et le maillage des tâches, nous pouvons constater que tout comme les équipes A et B, **les tâches s'effectuent de manière non-linéaire**.

Figure 144

Ordre et maillage des manifestations des CS relevant des tâches effectuées par l'équipe C lors du JMM 3



L'équipe C effectue donc des allers-retours entre les différentes manifestations des tâches effectuées et entre les différentes catégories de manifestations des CS. Puis, comme pour les équipes précédentes, l'équipe C effectue quelques tâches simultanément dans les deux Tangrams. Il y a les étapes 34 et 42 pour le Tangram 1, ainsi que les étapes 2, 3, 4, 9, 16 et 25 pour le Tangram 2. Par exemple, pour le Tangram 2, juste un peu après que C3 ait commencé le tracé des lignes (construction d'un déplacement) (voir *figure 133* [p. 289]), C1 reconnaît les figures tracées par son partenaire et nous les décrit (T3).

Si nous observons maintenant les différences, comme susmentionné, nous pouvons constater que l'équipe C a utilisé énormément de fois la tâche de communication de la position d'un objet avant de le fabriquer pour le Tangram 2. Sinon, une autre différence que nous pouvons observer est que l'équipe A avait plus souvent de tâches simultanées que l'équipe C pour le Tangram 1, ce qui donne une illusion que l'équipe C a effectué plus de tâches que l'équipe A. Pour le Tangram 1, nous remarquons qu'il y a deux moments où le Tangram se fait fabriquer, avant l'étape 13 et après l'étape 27. Cela s'explique par le fait que les élèves de l'équipe C avait commencé par construire les lignes des figures composant le Tangram avec les cônes et que c'est à la suite d'une intervention de l'enseignante que les élèves de l'équipe C ont pris les cônes pour fabriquer les sommets (voir explication précédente avec la *figure 143* [p. 299]). Finalement, un peu avant la construction du déplacement (étape 51) du Tangram 1 (T3), nous pouvons constater que l'équipe C a recherché différentes façons de procéder et déplacé la position du cône. Cela correspond au moment où l'équipe C est retournée voir le Tangram, car deux élèves de l'équipe ne s'entendaient pas sur la position du triangle et du carré. C1 disait que les figures ne se touchaient pas et C3 affirmait le contraire. Ainsi, pour être certain.e de ne pas se tromper, les élèves de l'équipe sont retournés voir le Tangram. C'est ce qui leur a permis de déplacer le cône du sommet du triangle qui touchait finalement au carré (T2) avant de construire le déplacement (T3).

Ainsi, pour conclure cette section, nous pouvons remarquer que tout comme pour les JMM précédents, **les élèves mettent en œuvre leurs CS en utilisant plusieurs manifestations de plusieurs catégories. Puis, iels les utilisent de façon non-linéaire.** Nous pouvons également constater que les équipes A et C, qui ont utilisé plus souvent la description, la communication, l'anticipation et/ou la recherche que l'équipe B, ont réussi les deux Tangrams, alors que l'équipe

B n'a réussi que le premier Tangram. D'ailleurs, les équipes A et C avaient beaucoup plus de maillage que l'équipe B, cela semble donc les avoir aidé dans leur reproduction des Tangrams.