UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'APPORT DU JEU POUR LE DÉVELOPPEMENT DE COMPÉTENCES EN MATHÉMATIQUE CHEZ LES ÉLÈVES AU PREMIER CYCLE DU SECONDAIRE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN MATHÉMATIQUE

PAR

CHANTAL CAISSIE

JANVIER 2007

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

REMERCIEMENTS

Un travail de cette envergure n'aurait pu être possible sans le soutien de plusieurs personnes. Je tiens donc à remercier très sincèrement tous ceux et celles qui m'ont accompagnés.

Tout d'abord, un merci tout spécial à ma directrice Nadine Bednarz, professeure au département de mathématique de l'Université du Québec à Montréal. Cette grande chercheure est un modèle et une inspiration pour moi. D'une générosité sans limite, elle n'a jamais compté les heures de lecture et de correction, et ce, malgré son départ à la « retraite » qui ne cesse de s'étirer. Quelle grande dame ! Merci Nadine.

Je désire remercier assurément toutes les personnes de mon milieu scolaire qui m'ont permis d'avancer par leur écoute et leurs conseils, tant au niveau professionnel que personnel : Ginette Mageau, Julie Gervais, Isabelle Tremblay, Line Ducharme, toutes enseignantes de mathématique ainsi que Rosamaria Sandoval, ma conseillère pédagogique à la commission scolaire des Affluents.

Enfin, un merci tout spécial à Jean-François Pelletier. Il faudrait plus que des remerciements pour celui qui a enduré mes nombreuses sautes d'humeur. Il a été en mesure, par son amour, de toujours trouver une façon de me redonner confiance en moi lorsque mon moral était au plus bas et de m'aider à ne penser qu'à cette rédaction durant les journées ensoleillées, où les tentations d'activités semblaient insurmontables. Je lui présente toute ma reconnaissance pour son appui moral indéfectible. Merci Jean-François, pour ton amour et ta patience.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

RÉSUMÉ

La présente recherche est née de notre intérêt à comprendre davantage le potentiel de différents types de jeux pour les apprentissages mathématiques des élèves du secondaire. L'absence de données de recherche sur l'utilisation du jeu au secondaire en mathématiques nous pousse à vouloir investiguer le potentiel d'un tel moyen dans notre enseignement auprès d'élèves du premier cycle du secondaire. Plus spécifiquement, dans le contexte du nouveau curriculum au Québec (MELS 2003), nous avons cherché à comprendre comment le jeu utilisé dans les classes de mathématiques pouvait aider à développer des compétences chez les élèves.

Nous avons élaboré, à cette fin, trois jeux, dont deux ont fait l'objet d'une analyse dans le cadre de cette recherche. L'utilisation de ces jeux, expérimentés auprès d'un groupe de quatre élèves du premier cycle du secondaire, nous a permis de répondre aux questions suivantes : Quelles compétences mathématiques sont sollicitées dans ces jeux ? Sous quelles composantes ? Quelles connaissances mathématiques, habiletés plus générales y sont mobilisées ? Bref, quel est le potentiel de ces jeux en lien avec les apprentissages des élèves ?

L'analyse des productions des élèves au cours des jeux a montré plus spécifiquement les apports de ces derniers pour le développement de la compétence de communication. Les élèves ont dû, dans chacun des jeux, organiser leurs idées à des fins de communication à autrui. Un certain raisonnement déductif et combinatoire y est aussi à l'œuvre dans le cas d'un des jeux.

Une utilisation de ces jeux serait pensable, à plus long terme, de manière à davantage intégrer ces derniers à la séquence d'enseignement régulière.

MOTS CLÉS: Didactique des mathématiques, Enseignement des mathématiques, Utilisation du jeu dans l'enseignement, Développement de compétences mathématiques, Premier cycle du secondaire, Compétence de communication, Raisonnement combinatoire, Raisonnement déductif.

INTRODUCTION

Le nouveau programme mathématique du ministère de l'éducation du Québec met l'accent sur le développement de trois grandes compétences mathématiques soit : communiquer à l'aide du langage mathématique, résoudre une situation-problème et raisonner à l'aide de processus mathématiques. Par l'idée de compétence, il met l'accent sur les ressources mobilisées par les élèves dans des situations, dans lesquelles les savoirs ne sont pas déconnectés des processus. Pour atteindre cela, l'enseignement des mathématiques doit passer par l'élaboration de situations complexes faisant appel à diverses ressources mobilisées de la part de l'élève. L'enseignant doit concevoir des situations d'apprentissage et un contexte pédagogique qui favorisent le développement de compétences. De plus, lier les mathématiques aux autres champs de l'activité humaine est primordial, « L'école [...] doit se soucier, dans sa façon d'aborder les apprentissages, de leur donner un sens et une portée qui rejoignent les réalités extrascolaires. Par ailleurs, puisque les savoirs sont mieux assimilés et maîtrisés lorsqu'ils ne sont pas dissociés des processus qui en permettent la compréhension et l'appropriation, l'école doit également assurer l'arrimage des savoirs et de ces processus. » (Québec, Ministère de l'éducation, 2001)

Pour assurer un tel arrimage, donner un sens et une portée qui rejoignent les réalités extrascolaires, et le développement des trois compétences identifiées précédemment, le jeu apparaît être une piste intéressante à exploiter. Elle n'est bien sûr pas la seule. On peut penser par exemple à l'engagement dans de véritables situations problèmes, à la mise en place de projets authentiques, à l'utilisation de l'histoire des mathématiques ou bien au recours dans certains domaines à la technologie.

Le programme de mathématique au primaire reconnaît déjà l'importance du jeu:

> Le jeu occupe une place prédominante à l'éducation préscolaire, étant acquise sa contribution importante au développement global de l'enfant. En jouant, l'enfant s'exprime, expérimente, construit ses connaissances, structure sa pensée et élabore sa vision du monde. Par ses activités ludiques, il apprend à être, à interagir avec les autres, à résoudre des conflits et il développe son imagination et sa créativité. L'activité spontanée et le jeu sont les moyens que l'enfant privilégie pour s'approprier la réalité. Il est donc justifié qu'on leur accorde une place de choix en organisant l'espace et le temps adéquatement. (Québec, Ministère de l'éducation, 2001)

Qu'en est-il maintenant au secondaire? Nous ne retrouvons pas de mention explicite sur le jeu dans le programme du secondaire, toutefois plusieurs idées qui y sont développées, pourraient bien s'appliquer au jeu. « L'enseignement de la mathématique au secondaire est plus efficace lorsque l'on s'appuie sur des situations et des objets concrets. [..] Les activités d'explorations sont des expériences riches parce qu'elles permettent à l'élève de conjecturer, de simuler, d'expérimenter, d'argumenter, de construire ses savoirs et de tirer des conclusions. » (Québec, Ministère de l'éducation, 2001) Ces différents aspects sont souvent sollicités dans les jeux.

Quelques enseignants, auxquels je m'associe, se sont engagés dans le renouvellement de leurs pratiques pédagogiques en enseignement des mathématiques dans le cadre de la réforme et utilisent parfois le jeu avec leurs élèves. La démotivation chez les jeunes élèves étant un problème persistant au secondaire, les enseignants tentent ainsi de concurrencer les médias qui sont de plus en plus divertissants. Pour ce faire, ces enseignants essaient de susciter l'intérêt des jeunes en intégrant des jeux mathématiques de toutes sortes. Il est probable que ces jeux motivent les jeunes. (Peltier, 2000-2001) La question que l'on peut se poser, à l'origine de la présente recherche, est toutefois, au-delà de cette motivation, la suivante : Le jeu permet-il de développer des apprentissages mathématiques pertinents? Permet-il aux élèves d'explorer certains domaines en vue de dégager un sens à différents concepts mathématiques? Permet-il de développer certaines compétences mathématiques?

Le jeu sollicite par exemple souvent des interactions sociales, non seulement lorsque les élèves jouent en équipe, mais aussi après le jeu, lors des retours collectifs où ils sont amenés à expliciter leurs stratégies, à les expliciter devant les autres, à confronter, justifier leurs points de vue. Cette facette du jeu pourrait ainsi rejoindre le développement de la compétence transversale de communication « La compétence à communiquer est essentielle à la diffusion de connaissances, à l'échange de points de vue, à la confrontation d'idées et à l'argumentation touchant à des choix ou des opinions » (Québec, Ministère de l'éducation, 2001) et de la compétence disciplinaire de communication : « Lors d'échanges avec ses pairs, l'élève a à analyser des points de vue et à réajuster son message au besoin. » (Québec, Ministère de l'éducation, 2001) Les références précédentes laissent transparaître l'intérêt éventuel du jeu en regard du développement de compétences mathématiques.

L'arrivée de la réforme au secondaire, et les expériences vécues par nos collègues au primaire (Bednarz et al., 2002), nous poussent à explorer davantage la question de l'utilisation du jeu dans nos classes de mathématiques au secondaire. Doit-on continuer sur une telle lancée? Quelles compétences le jeu favorise-t-il chez les adolescents? Quel est le potentiel des jeux? Quels jeux? Quelles ressources y sont mobilisées? L'absence de données de recherche sur l'utilisation du jeu au secondaire en mathématiques nous pousse à investiguer le potentiel d'un tel moyen pour les apprentissages des élèves dans ce domaine.

Nous établirons tout d'abord notre problématique en situant notre questionnement d'origine en lien avec notre pratique d'enseignante, et présenterons brièvement les études qui ont été conduites sur l'exploitation du jeu en classe. Nous dégagerons par la suite les bases théoriques du jeu et leurs particularités, ce qui nous guidera par la suite dans la conception des jeux développés pour cette intervention. Finalement, nous situerons les conditions de notre expérimentation et présenterons l'analyse de l'apport de ces jeux.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE

1.1 Motivation de départ

L'un des premiers défis que rencontre l'enseignant du secondaire lorsqu'il se retrouve devant sa classe, est certainement de capter l'attention de l'élève et de le motiver dans son apprentissage. Dans cette optique, il apparaît nécessaire de laisser parfois de côté l'enseignement magistral pour s'aventurer dans des approches différentes. Partant du populaire énoncé *Apprendre en s'amusant*, nous nous sommes intéressées à toutes sortes de jeux, avec l'idée que ceux-ci permettraient de conserver l'attention des élèves. Étant enseignante de mathématique, ces jeux se devaient d'être d'ordre mathématique, c'est-à-dire conduire l'élève à faire de la mathématique.

Par exemple, lorsque nous avons eu notre premier contrat d'enseignement, dans une classe de première secondaire, nous avons présenté aux élèves un jeu qui s'inspirait d'un jeu de société traditionnel, le jeu de bataille, en l'étendant aux entiers relatifs. Les élèves étaient placés deux par deux avec un paquet de cartes par équipe. Le paquet devait être séparé en deux (chacun devait avoir 27 cartes). Chacune des cartes possédait une valeur, les as valant 1, les 2 valant 2, les 3 valant 3, etc., les valets valant 11, les dames valant 12, les rois valant 13 et les jokers valant 0. La couleur des cartes déterminait le signe à considérer, par exemple les cartes rouges (cœurs et carreaux) avaient des valeurs négatives et les cartes noires (piques et trèfles) avaient des valeurs positives. Chacun des élèves devait tourner une carte au même moment. Ils devaient additionner les deux nombres associés aux cartes et le premier élève qui donnait la réponse gardait les deux cartes. L'élève qui avait gagné le plus de cartes au bout des 27 tours gagnait la partie.

À posteriori, nous pouvons dire que ce jeu ne repose pas sur une analyse approfondie des opérations sur les entiers relatifs. L'addition y est tout autant conventionnelle que si elle avait été introduite avec les symboles réguliers. Toutefois, sur le plan de la motivation, l'engagement des élèves, face à la nécessité d'apprendre à effectuer des opérations sur les entiers relatifs, était accru et largement perceptible. Nous nous sommes rendu compte que les élèves semblaient vouloir y jouer encore et encore. Au cours d'une période de 75 minutes, ils effectuaient et vérifiaient plusieurs dizaines d'opérations dans Z, et ce tout en ayant l'air soudainement d'aimer faire des mathématiques.

Devant ce regain de motivation, nous avons cherché à élargir notre éventail de jeux et à y diversifier les notions mathématiques qu'ils mettaient en œuvre. Ainsi, nous avons été amenés à essayer des jeux provenant de nos collègues, des conseillers pédagogiques, des commissions scolaires, ou du GRMS (Groupe de Responsables en Mathématiques au Secondaire).

De plus, lorsque nous trouvions un jeu, nous tentions de l'adapter à notre clientèle. Par exemple, nous avons trouvé un jeu *équapuzzle*[1], dont l'objectif était de *pratiquer* la résolution de différents systèmes d'équations. Le jeu se déroulait en équipe de quatre. Chacun des joueurs possédait un domino carré, identique à celui présenté ci bas, sur lequel était écrit sur chacun des côtés un système d'équations.

[1] Conception Lorraine Poirier

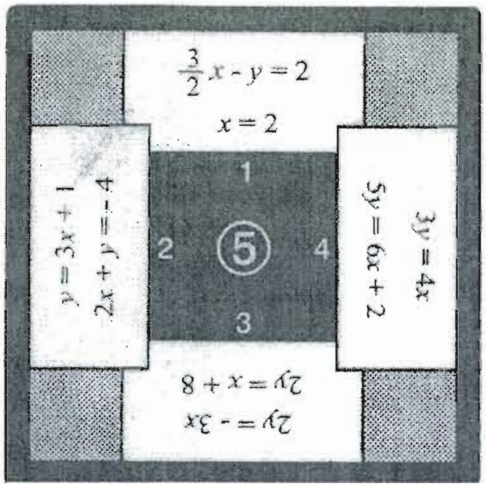


Figure 1.1 Exemple de carte du jeu *Equapuzzle*

Chacun des joueurs devait résoudre quatre systèmes d'équations par carte et obtenir les coordonnées des points solutions des systèmes. (Par exemple la solution du système 1 est la coordonnée (2,1).). Les élèves devaient ainsi trouver pour tous les systèmes de chacune des cartes quelles étaient les coordonnées identiques et mettre les côtés des cartes (à la façon du jeu des dominos) ayant les mêmes coordonnées bout à bout, et de cette façon, reconstituer le casse-tête. Ainsi dans le cas que nous venons de présenter, la solution du système d'équation 2 (de la carte 9) est aussi (2,1). Les élèves devaient donc coller ces deux cartes d'une certaine façon (voir schéma ci-dessous) Voici la solution d'un des casse-tête de quatre morceaux, terminé.

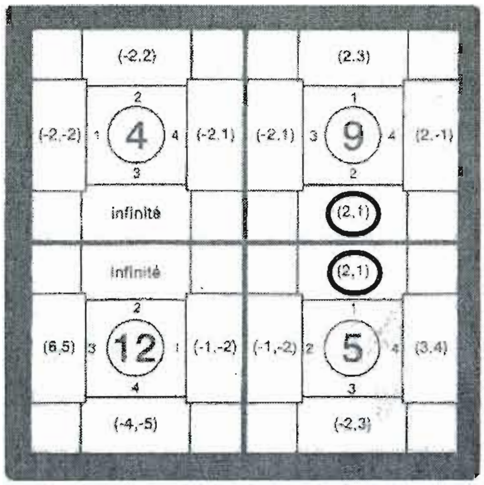


Figure 1.2 Exemple d'agencement de cartes du jeu *Equapuzzle*

Ce jeu s'adressait à des élèves de $4^{\text{ième}}$ secondaire et nous l'avons adapté en changeant les systèmes d'équations par d'autres contenus, pour les clientèles de $1^{\text{ière}}$ secondaire (jeu d'écritures équivalentes), $2^{\text{ième}}$ secondaire (résolutions d'équations), $3^{\text{ième}}$ secondaire (trouver des taux de variations selon plusieurs représentations).

Nous avons aussi expérimenté des *jeux* mathématiques tirés de sites internet. Ces différents jeux ont été distribués aux élèves pour occuper et divertir les plus rapides que les autres à effectuer les tâches régulières durant le cours de mathématique. Voici à titre d'exemple *La rentrée,* un des « jeux »[2] que l'on donnait aux élèves :

> Harry, Hermione, Ron et Drago vont sur le chemin de traverse afin de faire leurs emplettes pour Poudlard. L'un de ces étudiants a besoin d'une baguette, l'autre d'un choixpeau magique, l'autre d'une cape d'invisibilité et le dernier d'un nimbus 2008. L'un de ses objets se vend au sous-sol, un autre au rez-de-chaussée, un autre au premier et un autre enfin au second. Ron va au sous-sol, les baguettes se vendent au second. Hermione va au rez-de-chaussée, Harry choisi le choixpeau, Ron n'a pas besoin de nimbus. À quel étage se vendent les capes d'invisibilité ?

[2] Il s'agit davantage dans ce cas d'énigmes que de jeux. Nous reviendrons sur ce qu'implique un jeu ultérieurement.

Ces différentes devinettes étaient utilisées, non pour travailler dans les activités régulières, mais bien pour occuper les élèves plus rapides.

En tant qu'enseignante, lors de l'expérimentation de ces différents jeux, nous avons remarqué que la motivation était au rendez-vous. Sans avoir fait une étude approfondie sur ces différents jeux et leurs résultats, nous avions l'impression que les jeux ne rejoignaient pas les mêmes finalités que des exercices semblables sur papier. Par exemple, les jeux issus du *Équapuzzle* étaient conçus à priori comme des exerciseurs, c'est-à-dire des occasions de pratiquer la résolution de systèmes d'équation, pourtant ils semblaient avoir des conséquences remarquablement positives sur l'engagement des jeunes dans la tâche. Les élèves avaient tendance, de plus, c'est ce que nous révélaient nos observations en classe, à s'entraider, à se donner un soutien mutuel et à aider les plus faibles d'entre eux.

Quant au jeu de bataille dans Z, conçu lui aussi comme un exerciseur, c'est-à-dire comme une occasion de pratiquer les opérations sur les nombres relatifs, avec un support non usuel[3], les jeunes y montraient une facilité à se trouver des stratégies afin de prendre de la vitesse dans leur calcul. Une des stratégies décrites par les élèves consistait par exemple à choisir le signe en fonction de la carte la plus grande et le résultat en fonction de leur écart sans tenir compte du signe. Par exemple, dans le cas d'une dame de cœur et d'un valet de trèfle, l'écart entre les deux étant de 1, comme la carte la plus grande est la dame de cœur, le signe choisi était négatif. Ils arrivaient ainsi au résultat -1.

Cette utilisation du jeu et nos observations, dans un contexte où le jeu n'était pas nécessairement très élaboré, nous ont amenée à vouloir aller plus loin dans l'expérimentation de jeux et la compréhension de leur apport éventuel.

[3] On peut se demander, dans ce cas, si le support choisi aide vraiment à construire un sens aux opérations sur les nombres relatifs. Cet artifice pourrait bien être tout autant arbitraire que ne le sont les symboles ! L'idée de transformation, ou de relation, à la base du concept de nombre relatif n'y est nullement présente

Majoritairement, les enseignants du secondaire avec qui nous discutons des jeux, semblent être réfractaires à l'utilisation du jeu dans les classes de mathématiques du secondaire, leurs arguments étant que la mathématique est une science rigoureuse et que les élèves de ces tranches d'âges devraient avoir acquis suffisamment de maturité pour être en mesure d'apprendre les mathématiques autrement. Le jeu y est perçu comme quelque chose qui s'adresse aux jeunes enfants. Notre enseignement par le jeu a souvent aussi été perçu par nos collègues enseignants comme marginal, ou faisant appel à un manque de rigueur dans la gestion de notre classe.

Nous avons donc senti le besoin d'analyser plus à fond l'apport du jeu, afin de cerner le bien fondé de son utilisation dans notre classe, cette analyse pouvant nous permettre, en retour, d'améliorer le matériel proposé à nos élèves de manière à permettre une véritable construction de savoirs mathématiques.

Afin d'aller plus loin sur cette question, nous nous sommes interrogée sur la légitimité d'une telle utilisation du jeu dans les classes de secondaire, en regard du programme du secondaire. Quel potentiel celui-ci présente-t-il pour le développement des compétences disciplinaires?

1.2 La place du jeu dans l'enseignement des mathématiques au secondaire

Pour approfondir davantage la question de l'utilisation du jeu au secondaire, nous avons, dans un premier temps, regardé dans le programme actuel de mathématiques au secondaire (Québec, Ministère de l'éducation, 1994) ainsi que dans le nouveau programme de formation (Québec, Ministère de l'éducation, 2003) la place que ceux-ci laissent au jeu. Dans un deuxième temps, nous avons regardé chez nos collègues enseignants quels types de jeux ils utilisent en classe.

Aucun des deux programmes ne semble parler explicitement du jeu dans l'enseignement. Dans le cas du programme actuel, l'accent est mis en grande partie sur la résolution de problème comme étant une approche pédagogique centrale.

> Ces problèmes doivent servir à :
>
> Explorer, construire, élargir, approfondir, appliquer et intégrer [...]
>
> Acquérir des habiletés intellectuelles [...]
>
> Adopter des attitudes positives : prendre conscience de ses capacités, respecter le point de vue des autres, [...]
>
> Apprendre des stratégies de résolution de problèmes
>
> (Québec, Ministère de l'éducation, 2003)

Le programme ne présente toutefois pas d'obligations pour l'enseignant ni de pistes quant à la façon d'intégrer cette résolution de problèmes dans sa pratique pédagogique. Il laisse plutôt une « grande liberté d'action à l'enseignante ou à l'enseignant » (Québec, Ministère de l'éducation, 2003). On peut se demander si le jeu, dans ce contexte, pourrait présenter un intérêt. Un certain rapprochement peut être fait entre la démarche de résolution de problèmes et l'élaboration de stratégies dans le jeu comme semble l'indiquer les travaux de Bednarz et Poirier portant sur des études effectuées à l'intérieur du curriculum de l'enseignement des mathématiques au primaire. (Bednarz et Poirier, 2003).

Pour sa part, le nouveau programme de formation met l'emphase sur le développement de compétences. Il demande à mettre en place un contexte pédagogique où l'enseignant est le maître d'œuvre de situations d'apprentissages complexes. Le jeu pourrait-il tenir lieu de telle situation d'apprentissage complexe ? La place du jeu n'y est pas explicitement décrite, on propose toutefois la mise en place «d'activités ludiques qui suscitent généralement l'intérêt des élèves tout en contribuant à un large éventail d'apprentissages » et ce, « réalisées individuellement ou en équipe » (Québec, Ministère de l'éducation, 2003).

Certaines similitudes peuvent se dégager des deux programmes alors que tous deux demandent à l'élève d'être actif «lorsqu'il s'engage dans des activités de réflexion, de manipulation, d'exploration, de construction ou de simulation » (Québec, Ministère de l'éducation, 2003). Ceux-ci font également référence au recours régulier au processus de résolution de problème. Là encore un certain lien est possible avec le jeu car lorsqu'un élève joue, il doit manipuler, explorer et parfois simuler afin de développer des stratégies gagnantes. On retrouve donc, à travers le jeu, certains des principes pédagogiques sous-jacents mis de l'avant dans ces programmes.

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à voir si chez nos collègues enseignants de mathématique le jeu était utilisé dans leur classe. Pour la majorité des enseignants le jeu mathématique est souvent associé aux jeux de types devinettes ou carrés magiques. Ces jeux dont s'inspirent les enseignants ont été classifiés en différentes catégories dans le recueil de problèmes publié par le GRMS (Charles-É Jean, 1995).

On y retrouve huit catégories:

1. Numériques : tous les jeux où les enfants doivent se servir d'une opération (-, +, x, ÷ ou √) comme par exemple :
   a. Trouve trois entiers entre 100 et 1000 qui ont les caractéristiques suivantes :
   b. Ils sont formés par les chiffres de 1 à 9, pris chacun une seule fois; Leur somme est 1665

c. La différence des deux plus grands est 324;

d. La somme des chiffres de chaque entier est 15.

2. Combinatoires : tous les carrés magiques et autres figures magiques.

3. Cryptarythmiques : ensemble de lettres ou de symboles pour lequel chaque lettre identique ou chaque symbole identique correspond à un seul et même chiffre. Par exemple : Résous si R = 5 et V = 0

```
   THREE
   THREE
 + THREE
  ELEVEN
  TWENTY
```

4. Géométriques ou de parcours. Par exemple : Dans une grille carrée de 8 X 8, combien peux-tu compter de carrés de toute grandeur?

5. Logiques : Par exemple : Fernande est plus riche que Gilles. Conrad est plus pauvre que Diane. Gilles est plus riche que conrad. Diane est plus pauvre que Gilles. Brigitte est plus riche que Fernande. Quelle personne est la plus pauvre? (Charles-É Jean, 1995)

6. Jeux : tous les jeux de types échecs, tic-tac-toe, Master Mind, Rubik, le taquin, ou tous les jeux de déplacements.

7. Électronique : tous les jeux utilisant la calculatrice ou l'ordinateur.

8. Récréatives : par exemple *Quel jour de la semaine était le 8 mars 1666?*

Ces jeux utilisés en partie par les enseignants (surtout les catégories 1 à 5, et 8) ne sont pas, à notre sens, des jeux mathématiques[4] au sens où nous le définirons par la suite, mais plutôt des devinettes. Nos observations nous montrent de plus que ces jeux ne sont généralement pas utilisés dans la séquence d'enseignement régulière de l'enseignant mais plutôt de manière occasionnelle, pour occuper les élèves qui ont terminé un travail.

Le jeu dans l'enseignement des mathématiques au secondaire demeure donc, à la lumière de ce survol du programme, et de nos observations dans la pratique, peu exploité. Il nous a donc semblé nécessaire, pour aller plus loin, de regarder les études antérieures réalisées sur le jeu en enseignement des mathématiques, et ce, afin de mettre en contexte l'utilisation de ces jeux, et de mieux comprendre leur apport dans l'enseignement. Les jeux visent, en effet, dans le cas qui nous intéresse plus spécifiquement, des apprentissages mathématiques. Que nous disent les recherches antérieures conduites à ce sujet ?

1.3 Les travaux de recherche antérieurs portant sur le jeu en enseignement des mathématiques

Le Larousse définit le jeu comme « une activité de loisir soumise à des règles conventionnelles, comportant gagnants et perdants et où interviennent des qualités physiques ou intellectuelles, l'adresse, l'habileté et le hasard » (Larousse, 1995). Dans cette conception, le jeu est associé à un loisir, et implique des règles auxquelles on doit se soumettre. Wallon (1993) va un peu plus loin. Il distingue le jeu du travail en observant le but poursuivi dans les deux cas. En fait, il observe que dès qu'il y a un objectif utilitaire, le jeu devient un exercice. Pour qu'un jeu en soit un, il doit avoir comme caractéristique de n'avoir comme but que le plaisir et non l'apprentissage.

[4] Nous reviendrons sur cette distinction par la suite

Ferran (1978) spécifie qu'un véritable jeu éducatif fait oublier au joueur qu'il est éducatif et qu'il a été fait pour instruire en distrayant: il doit apparaître à l'intéressé comme ayant pour propos de le distraire. L'aspect éducatif s'y surajoute, sans que l'utilisateur en ait une conscience claire.

Legendre (1993) décrit cinq caractéristiques du jeu éducatif :

1. Une présence d'un élément de conflit, de lutte soit entre les joueurs, soit contre la chance, ou contre le meneur de jeu.
2. Un élément de contrôle, supposant un ensemble de règles simples ou complexes, fixes ou souples.
3. Un temps d'arrêt, une fin.
4. Un aspect d'artifice qui fait que le jeu, quoique analogue à la vie, n'est pas la réalité.
5. La détermination d'un objectif d'apprentissage.

De plus, quant à la motivation du sujet, engagé dans le jeu, il spécifie que l'étudiant qui participe à un jeu éducatif ne joue pas nécessairement pour apprendre mais pour jouer et gagner. Brousseau caractérise lui aussi les conditions essentielles d'un jeu éducatif en classe. L'enfant qui joue doit avoir : « un partenaire, un milieu, une loi de la nature qui s'oppose dans une certaine mesure à ce que les joueurs obtiennent le résultat attendu en tout temps. » (Brousseau, 1986)

Tout ce qui précède laisse entrevoir que le jeu éducatif est associé à un objectif, pour l'élève, qui n'est pas celui d'apprendre. Il doit y sentir une idée de jeu ou d'enjeu. Un élément de conflit, d'opposition y est présent (de sorte que les joueurs n'obtiennent pas nécessairement le résultat et s'y investissent). Des règles y sont en jeu. Pour Brousseau, cela ne suffit pas, il faut en plus pour que l'élève construise à l'occasion d'un jeu des connaissances, un certain milieu qui soit organisé. [5]

Le jeu étudié, sous l'angle d'éléments favorisant l'acquisition de nouvelles connaissances et la maîtrise de compétences en mathématiques par l'élève, a été examiné par Marie-Lise Peltier (Peltier, 2000-2001), dans le cadre de la mise en place d'un projet d'atelier de jeux mathématiques dans une école de zone d'éducation prioritaire (ZEP) au primaire, projet élaboré avec des enfants de cycle 3. La recherche s'est déroulée sur deux ans et demi. Tout d'abord lors de l'expérimentation en 1997-1998, l'objectif des enseignants était de mettre en place des ateliers de « remédiation » aux piètres résultats des évaluations nationales en mathématiques des élèves de leur école. Comme ces ateliers n'étaient pas suffisamment motivants, ils ont pensé les rendre plus intéressants en les transformant en jeux de mathématiques de type « jeux de société » pour la deuxième année du projet (1998-1999). Le bilan de cette deuxième année a conduit à montrer que les jeux ont permis d'atteindre des objectifs transversaux (socialisation, respect, entraide, motivation) mais n'ont pas permis aux élèves d'avoir une meilleure maîtrise des compétences mathématiques visées. Les observations tirées de cette étude, nous montrent que ces jeux de société ne permettaient que très difficilement la construction de connaissances nouvelles

> « Ils conduisent à des dérives très difficiles à maîtriser, (connaissances inexactes, raisonnements erronés conduisant pourtant à la réussite, vocabulaire incorrect parfaitement compris par les partenaires, résultats faux acceptés par tous les joueurs parce qu'énoncés par des leaders ou des élèves jouissant d'un certain prestige, etc..) » (Peltier, 2000-2001)

Cette étude fait ressortir les limites de l'utilisation du jeu. Ces derniers ne conduisent pas nécessairement à la construction de connaissances, en fait ils peuvent même nuire. Se basant sur ces résultats, le projet a évolué en 1999-2000. Les enseignantes ont modifié les jeux et ont pensé pour cela davantage les phases de

[5] Nous reviendrons sur ceci dans le cadre théorique.

conception des jeux et du jeu effectif, ciblant les compétences susceptibles d'être développées dans ce type de dispositif. Ils ont de plus réfléchi au problème de validation que soulève le jeu lorsqu'il est utilisé de manière autonome et à l'intégration du jeu dans les activités quotidiennes. Ces modifications des jeux initiaux (jeux dans ce cas numériques) ont fait en sorte que les élèves ont, dans ce cas entre autre, développé une meilleure connaissance des nombres et de leurs propriétés, des tables d'addition et de multiplication. Cette recherche met en évidence à cette étape l'importance de la phase de conception des jeux et des analyses préalables sous-jacentes « conduisant à une articulation très forte entre les différentes activités mathématiques proposées [...] et à une nécessaire réorganisation des progressions et des séances quotidiennes » (Peltier, 2000-2001). En résumé, il est très important comme le montre Peltier, de s'asseoir sur une analyse préalable solide, en réfléchissant notamment à l'articulation entre les séances de jeu et les séances ordinaires en classe en n'intégrant pas trop rapidement dans l'enseignement les jeux afin d'éviter les dérives possibles et de cerner les compétences mathématiques que l'on veut développer.

Claude Quintric s'est intéressée elle aussi au jeu de société dans la formation mathématique d'élèves du primaire de cycle 1 (Quintric 1997-1998). Elle a pour cela analysé tous les objectifs mathématiques du programme français pour les mettre en lien avec des jeux de société commercialisés ou des jeux « maison » utilisés dans son enseignement. Tout comme Vygotski (1978), qu'elle reprend, elle estime que les jeux de société sont d'excellents ambassadeurs de l'apprentissage.

Les enfants « en jouant peuvent mettre en œuvre des opérations mathématiques et progressivement se doter des outils et des procédures nécessaires à leur développement intellectuel et mental » (Quintric 1997-1998). Elle montre dans son article, que l'utilisation de jeux de société (tels le jeu de l'escargot, les jeux de dés, les jeux de l'abeille et de dominos) aide à comprendre le sens du nombre et à développer des savoirs mathématiques. L'enfant découvre et améliore en jouant ses procédures de comptage, et ce tout en contribuant au développement de son raisonnement logique et du concept d'espace. Finalement, Quintric met en évidence que les jeux engendrent, tout comme la résolution de problème, des situations d'apprentissages mathématiques provoquant la remise en cause des connaissances antérieures, la prise en compte de l'erreur. Elle montre de plus qu'ils améliorent la communication, car les jeux amènent la confrontation de la pensée de l'enfant avec celle d'autrui, invitent au dialogue et aux formulations diverses. Cette étude pointe ainsi le potentiel du jeu pour l'apprentissage de concepts mathématiques et le développement de certaines compétences (raisonnement logique, communication...)

Dans le même sens, Ancona, Montone et Pertichino (2005) montrent l'utilité de jeux de ruelles dans le développement du concept spatial chez les enfants de l'école primaire (de 5 à 9 ans). Dans cette étude, les enfants devaient demander les règlements de quelques vieux jeux à leur grand-parents (par exemple : *Il Giro d'Italia, La Campagna, Il Palmo, Spaccachianche, U Pisticch.*). Par la suite, ils devaient confronter les différents règlements en classe et s'entendre sur les règles communes à adopter pour jouer, et finalement jouer à ses jeux. Les chercheurs mettent en évidence que les habiletés spatiales de leurs élèves ont été développées par l'exploitation de ces jeux en classe.

La recherche menée par Catherine Tourigny (Tourigny, 2003) pointe elle aussi, pour sa part, le potentiel du jeu en lien avec le développement de compétences mathématiques. Cette dernière a utilisé le jeu dans le cadre d'une intervention auprès d'élèves du primaire de première année du deuxième cycle, provenant d'un milieu défavorisé, et ce, dans le contexte de la réforme actuelle (Québec, Ministère de l'éducation, 2001). L'action de la chercheuse s'est articulée autour de trois jeux, Barrage, Saute-Mouton et Cinq en ligne (Tourigny, 2003). Le jeu barrage est un jeu de stratégie où le gagnant doit capturer sept des neufs jetons de l'adversaire ou empêcher l'autre de bouger ses pions à l'aide de barrages. Chacun doit à tour de rôle placer ses neufs jetons sur une planche, s'il en place trois en ligne, cela forme un barrage et il peut enlever un jeton de l'adversaire. Le jeu Saute-mouton est aussi un jeu de stratégie. Une planche de jeu est recouverte de jetons sauf à un endroit. Chacun des joueurs déplace son jeton en sautant par-dessus les jetons de l'adversaire et peut ainsi manger un jeton (de la même façon qu'aux dames). Le gagnant est celui qui vide la planche de tous les jetons de l'adversaire. Le jeu Cinq en ligne est, quant à lui, un jeu numérique où l'enfant doit lancer deux dés et trouver soit la somme, la différence ou le produit sur une grille où sont écrits différents nombres et y déposer son jeton. Le joueur qui réussit à placer cinq jetons en lignes (horizontale, verticale ou diagonale) a gagné la partie.

Cette recherche tend à montrer que les enfants ciblés (ceux issus de milieux défavorisés) ont, dans un contexte bien précis, développé dans ces jeux, certaines composantes des compétences disciplinaires du programme du primaire. En effet, l'analyse du jeu barrage montre que deux des trois compétences qui avaient été ciblées pour l'analyse ont été actualisées par les élèves. Certaines composantes de la compétence à résoudre une situation problème ont été observées dans le comportement des élèves face au jeu, surtout au niveau de la mobilisation dans l'action de ressources liées au développement de stratégies et à leur validation. L'ensemble des composantes de la compétence à communiquer à l'aide du langage mathématique a été observé dans le retour en grand groupe sur les séances de jeu. De plus, la synthèse globale du jeu Saute-mouton nous indique que les trois compétences ciblées ont été développées par les élèves. La compréhension des règles du jeu par les élèves et les stratégies mises en place par ceux-ci montrent que la compétence à résoudre une situation problème a été actualisée. La compétence à raisonner à été observée aussi puisque les élèves avaient à argumenter et à justifier leurs mouvements de jetons durant le jeu, cette justification a permis l'amorce d'un raisonnement de type « si…alors… » Quant à lui, le jeu Cinq en ligne a permis d'actualiser les mêmes deux compétences que dans les deux jeux précédents utilisés par la chercheure. Ce mémoire permet donc de voir le potentiel éventuel de certains jeux, dans ce cas choisis et crées, à priori, à partir d'analyses préalables.

Ces trois études (Quintric, 1997-1998 ; Ancona et al., 2005 ; Tourigny, 2004) font donc ressortir la richesse du jeu pour la construction de connaissances en mathématiques. Mais quel rôle joue l'enseignant dans cette utilisation du jeu ?

Bruno Combaz a, quant à lui, utilisé un jeu éducatif conçu pour développer des apprentissages scientifiques liés aux méthodes d'observation et de reconnaissance des végétaux (Combaz, 1998). Le jeu a un scénario de départ, donné aux élèves, très fantaisiste, qui renforce l'aspect ludique du jeu :

> «Un centre de recherche national cherche à recruter des équipes de trois explorateurs afin d'effectuer des recherches dans la forêt amazonienne. Pour sélectionner ces explorateurs, ce centre effectue des tests de connaissance sur la flore française. Pour tester vos connaissances, le centre de recherche vous demande de répondre à un certain nombre de questions concernant les arbres de la Haute-Savoie. » (Combaz, 1998)

Pour être recrutés les élèves doivent accumuler des points en répondant à des questions dans un laps de temps très court (qui compte aussi dans le pointage). Durant le jeu les élèves doivent se donner des stratégies afin de faire un gain de temps et donc un gain de points. En conclusion, Combaz rappelle certaines des objections à propos de l'utilisation des jeux en classe, la tentation des enseignants de fabriquer des jeux tape à l'œil, en mettant de côté l'autorité du maître, comme si le jeu de lui-même était susceptible de le remplacer et d'agir par lui-même. Il précise que c'est l'enseignant qui a mis sur pied le jeu, ce qui ne rompt pas le contrat didactique habituel dans la classe entre le maître et l'élève. Il a donc un rôle important à jouer dans la conception et l'exploitation du jeu. Combaz clarifie de plus qu'il est important d'accorder une place centrale à la construction des jeux. Les objectifs doivent être clairement identifiés et bien définis, à chaque fois le but et le cadre de chacune des créations pédagogiques doit être précisé. Nous croyons que les analyses préalables sous-jacentes à la construction des jeux sont en ce sens fondamentales, car elles permettent de cerner à priori le potentiel possible d'un jeu sur un plan théorique. Nous construirons nos jeux en ce sens, sans oublier le rôle central de l'enseignant dans la réussite du jeu. À ce sujet, Nicole de Grandmont (1995) spécifie ce rôle de l'enseignant en lien avec l'utilisation du jeu en classe. L'intervenant doit, selon elle assumer un leadership caractérisé par certaines règles de conduite [durant le jeu].

> « La première règle stipule que ce leadership relève d'un style d'intervention imprégné de neutralité [tout doit venir de l'élève] (....) La non-directivité est la deuxième règle (...), n'offrir aucun modèle à l'apprenant permet de contrer toute stratégie d'enseignement uniquement basée sur le mimétisme, sur la reproduction d'actes stéréotypés (...) La troisième règle, c'est celle de l'indirect. (...) [C'est l'enseignant qui découvre le monde de l'élève et non l'inverse] (...) comme quatrième règle d'or (...) l'intervenant doit faire preuve de discrétion pour que le joueur n'aille pas continuellement rechercher son approbation pour les gestes qu'il fait. » (Grandmont, 1995)

Francois Jaquet et Chantal Tieche Christinat (2001) se sont intéressé à l'apport des jeux pour la construction des connaissances mathématiques dans les classes du primaire de la Suisse romande. Ils ont analysé dix des jeux utilisés par les enseignants des écoles de la région et ont organisé une journée où une vingtaine d'intervenants du milieu de l'éducation ou enseignants de mathématiques étaient invités à discuter de ces jeux (mathématiciens, chercheurs en science de l'éducation, formateurs d'enseignants et concepteurs) venus de différents pays. Trois jeux ont été préalablement présentés aux différents participants et ceux-ci ont eu à analyser et donner leurs commentaires sur ceux-ci dans un premier temps. Dans la deuxième partie de la journée, ils ont analysé (selon les critères établis par les autres collègues) les sept autres jeux qu'ils n'avaient pas encore analysés. Voici les différents points qui ont émergé de cette journée d'étude :

- Les fondements du jeu sont le plaisir et la liberté, ils ne doivent pas être dénaturés par l'usage qui en est fait. Comme le spécifie Pierre Stegen «la manière dont les enseignants mettent en œuvre les propositions didactiques rendent celles-ci souvent très différentes de ce que les auteurs avaient imaginé, introduisant par exemple de nouvelles variables ou réduisant la complexité de la tâche, en un mot, le cadre pédagogique détermine le jeu ». (Jaquet et Christinat, 2001) Les intentions sous-jacentes au jeu sont ainsi non seulement fondamentales dans la conception de celui-ci, mais dans la manière dont il sera exploité en classe. L'exploitation pourrait fort bien faire perdre toute la valeur du jeu.

- Les participants ont mis un bémol sur l'idée d'avoir un jeu pour apprendre. En effet, comme le jeu est opposé au travail, ils semblent s'entendre pour dire qu'il existe aussi cette opposition entre jeu et apprentissage. En effet, Carlo Marchini signale que « le plaisir de trouver une stratégie gagnante, de la modifier et de l'améliorer est certainement un plaisir et une prérogative d'adulte » (Jaquet et Christinat, 2001). Il y a un très grand risque que dans une classe un élève qui n'aime pas jouer ou qui n'en a pas envie, même s'il n'aime pas perdre doive y jouer, et que ce ne soit plus alors un jeu mais un travail ! De plus, ils remarquent une diminution significative du nombre de jeux utilisés en classe en fonction de l'âge des élèves comme si le jeu était considéré comme une activité enfantine et n'était plus envisageable ultérieurement. Le danger mis en évidence ici, et c'est là un défi de l'exploitation en classe, est que le jeu en reste un pour les élèves tout au long de son exploitation.

- Les jeux présentent des différences quant aux objectifs pédagogiques qu'ils poursuivent. Ils peuvent être exerciseurs, ou peuvent susciter des raisonnements mathématiques, déductifs, logiques, stratégiques ou géométriques. Le choix et la conception du jeu sont donc très importants. En ce sens, « Une analyse à priori portant sur le savoir mathématique abordé ou projeté par le jeu » (Jaquet et Christinat, 2001) est nécessaire et prioritaire.

- Les jeux peuvent devenir le support d'une activité mathématique, cela dépend de la situation didactique mise en place donc, du maître, mais aussi de la tâche de l'élève, du type de contrat, des consignes, de la gestion, de l'évaluation et de l'institutionnalisation. En effet, en autonomie les élèves ont une performance décevante et peuvent faire des erreurs sans s'inquiéter. En fait « l'activité mathématique semble surgir non seulement de la forme du jeu, mais relève de la forme et de la gestion de l'activité enseignante » (Jaquet et Christinat, 2001). Cette remarque montre là encore toute l'importance de la phase d'exploitation du jeu en classe par l'enseignant.

1.4 Synthèse et questions de recherche

L'apport du jeu dans l'enseignement des mathématiques est illustré par ces différentes recherches. Il permet la construction de connaissances mathématiques (Quintric, Peltier), encourage le déploiement d'habiletés mathématiques (Ancona, Peltier) et favorise le développement de compétences mathématiques (Peltier, Tourigny).

Cependant les recherches antérieures, bien qu'elles légitiment et encouragent l'utilisation du jeu dans les classes de mathématiques, mettent en garde sur les limites et les dérives possibles du jeu (Peltier, Combaz), parmi celles-ci, une prise en compte de la conception que les élèves associent au jeu est centrale. Il est donc primordial de s'attarder dans des analyses préalables solides à la conception du jeu, à son aménagement et à l'analyse préalable des variables didactiques du jeu (Peltier, Jaquet, Christinat). Il est de plus fondamental d'intégrer correctement le jeu dans la séquence usuelle d'enseignement (Peltier, Combaz) afin de conserver le rythme d'apprentissage et d'éviter de créer une rupture dans cette séquence, et de prendre en compte le rôle de l'enseignant dans l'utilisation du jeu en classe de mathématiques. (De Grandmont, Combaz, Peltier, Jaquet, Christinat). Le schéma suivant synthétise ces conclusions.

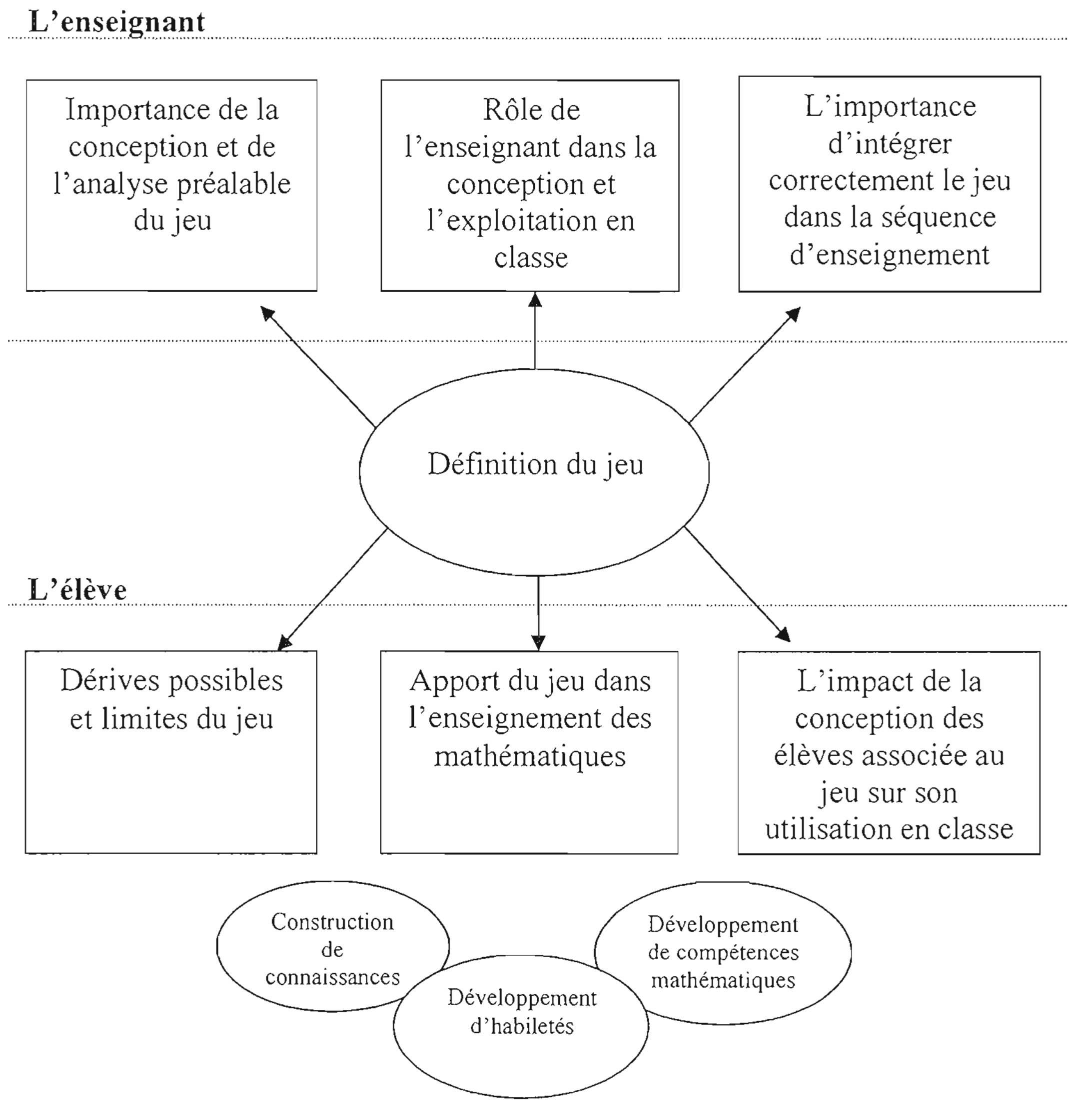


Figure 1.3 Synthèse des éléments mis en évidence dans les recherches sur le jeu

Presque toutes ces études ont été réalisées au primaire, sauf Combaz (celui-ci s'est cependant penché sur l'utilisation du jeu en sciences). La question de l'apport du jeu n'a donc pas vraiment été abordée au secondaire, d'où l'intérêt de notre recherche.

L'objectif de la présente recherche vise à mieux comprendre le potentiel de différents types de jeux sur les apprentissages mathématiques d'élèves du secondaire.

Sur le plan mathématique, quelles sont les connaissances développées dans ces jeux ? Quelles compétences mathématiques (communication, résolution de problèmes, déployer un raisonnement mathématique) sont sollicitées ? Sous quelles composantes ? Quelles habiletés plus générales sont développées?

CHAPITRE II

CADRE THÉORIQUE

Pour répondre à nos questions de recherche, l'élaboration d'une intervention portant sur l'exploitation de certains jeux en classe nous apparaît nécessaire. Cette élaboration des jeux s'appuie sur certains fondements théoriques que nous reprendrons dans ce chapitre : Qu'entend-on par jeu en mathématiques? Qu'est-ce qui caractérise le jeu ? Quelles en sont les balises ? Ceci nous permettra de délimiter un cadre de référence sous-jacent aux jeux qui seront retenus (cf. 2.1). D'autres balises, sur lesquelles nous reviendrons, nous aideront à fonder l'exploitation de ces jeux en classe (cf. 2.2). Enfin, l'analyse du potentiel des jeux en termes de développement de compétences chez les élèves puise à la notion de compétence que nous développerons dans une troisième partie (cf. 2.3).

2.1 Fondements à la construction des jeux

Pour comprendre le concept de jeu et cerner ce qu'il recouvre, en particulier ses caractéristiques, nous nous appuierons sur des travaux venant des champs de la psychologie, des mathématiques et de la didactique.

2.1.1 Point de vue psychologique et social

Parmi les psychologues, Piaget est probablement celui qui s'est intéressé le plus au jeu et à son rôle dans le développement de l'enfant. Il considère en effet le jeu comme un élément central à toutes les étapes du développement de l'enfant. Il fera ainsi allusion, selon le stade de développement de l'enfant, au jeu de manipulation, au jeu symbolique et au jeu de règles.

Le jeu de manipulation jouera ainsi un rôle clé à différentes étapes du développement de l'enfant. Plusieurs types de jeux vont être sollicités, avec l'objectif de façonner son univers, de construire chez l'enfant les **structures de base** des schèmes de l'action : permanence de l'objet, de l'espace, du temps et de la causalité. Plusieurs types de jeux de manipulation viennent supporter cette construction conceptuelle: le jeu libre, le jeu concret et le jeu d'association.

Le jeu libre renvoie à une exploration libre par l'enfant des objets et de son environnement. On peut penser par exemple aux objets que l'enfant en bas âge met dans sa bouche, au hochet qu'il s'amuse à secouer, ou encore au jeu de l'enfant avec ses mains, ses pieds, ses vêtements ou, plus tard, aux constructions libres que l'enfant peut faire par exemple avec des legos...etc. Par ce jeu, l'enfant apprend à maîtriser certains gestes (alors que lorsqu'il est nourrisson, il ne bouge que par des mouvements réflexes et souvent involontaires), coordonne ses gestes pour être en mesure de prendre un objet qu'il voit, explore certaines constructions, etc.

Dans le jeu concret, l'enfant va s'appuyer sur des objets pour explorer certaines relations entre ces objets. Par exemple, la permanence de l'objet sera graduellement construite à travers des jeux du type « cache-cache ». Si l'on cache un objet, l'enfant va peu à peu concevoir à travers ce jeu, qu'il existe toujours (au départ, si l'enfant ne voyait pas un objet il disparaissait, il n'existait plus). Il se construit aussi lui-même comme personne à travers des jeux de ce type : il se reconnaît graduellement comme une personne à part entière, particulièrement s'il se voit dans un miroir. C'est pourquoi l'enfant s'amuse tant lorsque l'adulte se cache le visage derrière ses mains et soudainement crie coucou en enlevant ses mains.

Dans le jeu associatif, l'enfant sera amené à faire des liens entre certains objets et des représentations de ces objets, qu'il reconnaît, mettant ainsi en lien des images et des illustrations avec une certaine réalité. On observe alors une décentration générale par rapport à lui-même. Il se conçoit maintenant comme un objet parmi tant d'autres dans un univers d'objets permanents et structurés dans l'espace et le temps. Il s'approprie à travers ces jeux associatifs une certaine représentation du monde réel.

En résumé, le jeu de manipulation apparaît central dans la construction de certains schèmes par l'enfant. On perçoit à travers ce qui précède le rôle que jouent ici le jeu libre, le jeu concret et le jeu associatif dans cette construction.

Ces jeux lui permettent

- de se construire une certaine représentation de la réalité
- de se décentrer de sa propre personne
- de percevoir et manipuler des objets dans l'espace et dans le temps, et de construire certaines relations.

Lors de la phase préopératoire d'autres types de jeux sont aussi sollicités. L'imagination et la fantaisie commencent à faire leur apparition, à travers ce que Piaget nomme le jeu symbolique. Le jeu permet alors à l'enfant de réaliser des avancées importantes sur le plan symbolique en l'absence des objets réels. L'enfant fait semblant, imite le comportement des adultes et se construit ainsi une certaine représentation du monde social. Par exemple, l'enfant qui joue avec une poupée, qui la fait manger, la berce, la console si elle « pleure » et la borde pour le dodo, cet enfant fait comme s'il s'agissait d'un vrai enfant, qui représente autre chose que lui-même. L'enfant peut à travers ce jeu symbolique, transformer aussi la fonction d'un objet en l'identifiant à un autre. Par exemple, il peut prendre un peigne et s'en servir pour nourrir sa poupée comme si s'était une cuillère. Il est aussi en mesure de faire des combinaisons symboliques. Par exemple, il peut faire semblant de lui donner un bain dans une baignoire imaginaire, en simulant que l'eau y est trop chaude.

Le jeu symbolique est une manière pour l'enfant d'assimiler la réalité, de la comprendre et de s'approprier cet univers qui l'entoure, de revivre des incidents au lieu de simplement les évoquer mentalement, d'effectuer des résolutions de conflits, de construire sa personnalité. C'est la période ou l'enfant développe son imagination, il étend ses schèmes à de nouveaux objets ou à de nouvelles situations. Il est en mesure d'opérer toutes sortes d'opérations telles substituer un objet à un autre. Le jeu symbolique peut aussi servir à effectuer un renversement des rôles (par exemple lorsque l'enfant devient l'autorité face à sa poupée qui elle doit être obéissante à son tour, c'est la libération et l'extension du moi). En mathématiques, les concepts de nombre, de mesure, de temps, d'espace et de causalité pourront être graduellement construits par l'enfant à travers ces jeux concrets (conservation du nombre, relations entre les quantités, opération sur les nombres) et symboliques (avancées sur le plan symbolique en l'absence des objets).

En résumé, à travers le jeu symbolique, une autre avancée, sur le rôle du jeu dans le développement de l'enfant est mise en évidence :

- il permet de se construire une certaine représentation du monde social, des objets et de leurs fonctions possibles
- il permet de symboliser les expériences à travers, entre autres, le langage et les images mentales.

Ce jeu symbolique est, de plus, susceptible de jouer un rôle important en mathématiques.

D'autres types de jeux vont aussi être repris par Piaget : les jeux de règles. Ce type de jeu, qui correspond par exemple aux jeux de société, comprend des règles à respecter par l'enfant. Chacun des joueurs a des contraintes bien précises à respecter. À l'intérieur de ces jeux, l'enfant peut construire les concepts sociaux de coopération ou de compétition. Il améliore son autonomie et comprend peu à peu l'importance des règles lorsqu'il est en groupe. Dans le but de gagner, l'enfant doit de plus planifier, prévoir certaines stratégies. Il doit sans cesse s'ajuster et revoir le modèle qu'il s'est construit pour fonctionner dans le jeu et gagner.

En résumé, à travers les jeux de règles (comme par exemple les jeux de société), l'enfant :

- est en mesure de saisir les concepts sociaux de coopération et de compétition;
- est capable de plus d'objectivité;
- peut faire face à des règles extérieures qui engagent une coopération à l'intérieur d'une équipe et une compétition auprès d'une équipe rivale.
- dans le but de gagner, l'enfant doit planifier, structurer et prévoir certaines stratégies. Il est ainsi amené à anticiper et à se décentrer de son propre jeu.

Le tableau suivant schématise bien les différents types de jeux mis en évidence par Piaget en lien avec le développement de l'enfant, et le rôle qu'ils jouent.

Tableau 2.1
Différents types de jeux et leur rôle selon Jean Piaget

Jeu de manipulation	**Le jeu libre** L'enfant explore librement les objets de son environnement **Le jeu concret** L'enfant explore les relations entre les objets. **Le jeu d'association** Il relie des objets à des représentations de ceux-ci, à des images, à des illustrations d'une certaine réalité.	▪ construire une certaine représentation de la réalité ▪ se décentrer de sa propre personne ▪ percevoir et manipuler des objets dans l'espace et dans le temps, et construire certaines relations.
Jeu symbolique	**Le jeu symbolique** Le jeu permet à l'enfant de réaliser des avancées importantes sur le plan symbolique en l'absence des objets.	▪ il permet de se construire une certaine représentation du monde social, des objets et de leurs fonctions possibles ▪ de symboliser les expériences à travers, entre autres, le langage et les images mentales.
Jeu de règles (jeu de société)	**Le jeu de règles** L'enfant découvre que le jeu peut comporter certaines règles, et il apprend ainsi à les respecter.	▪ saisir les concepts sociaux de coopération et de compétition; ▪ faire face à des règles extérieures qui engagent une coopération à l'intérieur d'une équipe et une compétition auprès d'une équipe rivale. ▪ dans le but de gagner, planifier, structurer et prévoir certaines stratégies. Il est ainsi amené à anticiper et à se décentrer de son propre jeu.

On a vu précédemment le rôle du jeu dans le développement de l'enfant. Ceci réfère autant au développement moteur, cognitif que social. Ainsi, Piaget met l'emphase sur l'importance du jeu dans l'auto-construction de l'enfant. Le jeu symbolique par exemple joue un rôle dans l'assimilation des expériences affectives par les enfants. Tout ce qui est arrivé d'important est reproduit dans le jeu, mais est souvent déformé à l'intérieur de celui-ci pour s'adapter au besoin de l'enfant. L'enfant peut par le jeu s'approprier le monde social. Le Camus (1985), à partir d'une étude de certaines situations de jeux aménagées pour des enfants de 18 à 24 mois, montre dans ce sens comment le jeu affecte le climat affectif et la capacité d'organisation des enfants. « Les enfants sont des êtres sociables, attentifs les uns aux autres [...] ils se chargent eux-mêmes de rechercher des solutions aux situations conflictuelles. » (Le Camus, 1995). Notons que Freud était arrivé également à la même conclusion que Piaget et Le Camus alors qu'il disait que le jeu permet à l'enfant de maîtriser la situation perturbante, en la provoquant plutôt qu'en la subissant comme un spectateur passif et impuissant. (Millar, 1968).

Le jeu permet une certaine assimilation du monde social, puisque par le jeu l'enfant recrée la vie réelle. L'environnement social devient progressivement compris et l'enfant devient socialement adapté, et a alors moins besoin de recourir à des jeux symboliques. Sur un plan cognitif, Piaget observe également cette importance de la dimension sociale. Les enfants jouent au départ de façon isolée les uns des autres, sans fournir un effort conjoint. On observe ainsi une centration de l'enfant sur ses propres actions. Rappelons que le jeu coopératif n'arrive qu'à partir de sept ou huit ans (car il nécessite une décentration de son propre jeu et une prise en compte du jeu de l'adversaire). Les jeux de règles demandent une décentration par l'enfant de ses actions propres pour accepter une prise en compte de règles externes.

L'aspect social du jeu est abordé également dans les travaux de Poirier et Bacon (1996) qui précisent que les interactions sociales entre les enfants en cours du jeu jouent un rôle important. En effet, les enfants en interaction (comme lorsqu'ils jouent à un jeu) sont susceptibles d'expliciter les stratégies qu'ils ont développées et de restructurer celles-ci.

> The child was in effect brought to adjust his or her way of doing in accordance with him or her team mate, in the carrying out of the task itself, in making explicit his or her procedure or strategy, bringing about a clarification of thinking. Confronted with the different ways of others, the child is brought to progressively restructure his or her thinking and to refine the procedures developed. (Mansfield, Pateman et Bednarz, 1996)

Ces travaux nous montrent l'importance, dans notre cas de différents types de jeux, dont les jeux de règles, et des interactions entre élèves au cours du jeu, ce que nous reprendrons dans l'exploitation des jeux en classe.

Nous retenons ainsi de ce qui précède plusieurs caractéristiques du jeu :

- le jeu de manipulation à travers le jeu libre, concret ou d'association, permet éventuellement de construire un sens à certains concepts.
- Le jeu symbolique donne l'occasion de s'approprier une certaine réalité en l'absence d'objets.
- Le jeu de règles permet de développer l'autonomie et la coopération.

Le jeu permet d'apprendre à fonctionner en groupe, contribue à se décentrer de son propre jeu, pour graduellement prendre en compte et anticiper les stratégies de l'adversaire. Les interactions entre les enfants au cours du jeu sont primordiales pour le développement de nouvelles stratégies et la restructuration de certaines d'entres elles…

Les jeux de société qui renvoient à la dernière catégorie (jeux de règles) seront repris dans le cadre de notre intervention, puisqu'ils forcent, pour l'élève, une anticipation du jeu et une décentration de ses actions. Pour l'élève, s'il veut gagner la partie, il doit entrer dans un processus de résolution de problème, qui lui demande de se mettre constamment à la place de l'autre joueur, et ainsi de se décentrer de son propre jeu pour prendre en compte le jeu de l'adversaire. Ces jeux de règles (de sociétés) forcent aussi une coopération (à l'intérieur d'une équipe) en regard d'une autre équipe (face à un rival), ils sollicitent de l'anticipation, de la décentration, et permettent à l'élève de faire preuve de plus de réflexivité dans ses choix d'actions.

Ces caractéristiques nous guideront dans l'élaboration et la construction de nos jeux. Pour aller plus loin sur ce sujet, un regard sur le jeu proprement mathématique apparaît nécessaire à cette étape.

2.1.2 Point de vue mathématique

Les travaux de Marcia Ascher (1998) ont abordé les jeux mathématiques dans des sociétés traditionnelles et analysé leur potentiel en lien avec l'activité mathématique. Ces travaux contribuent à montrer que le jeu est au centre du développement de raisonnements mathématiques (raisonnement combinatoire, déductions logiques, démonstrations) et de la construction de certains concepts mathématiques (tel celui de probabilité). Marcia Ascher s'est ainsi intéressée aux jeux mathématiques qui dépendent du hasard (bingo, pile ou face, dés), à ceux qui s'appuient sur un raisonnement logique (tic-tac-toe, échecs, dames), ou à ceux qui renvoient à la combinaison des deux (poker, bridge) et ce, à l'intérieur de différentes cultures.

Elle examine tout d'abord le jeu de hasard, puis elle analyse les jeux stratégiques chez des indigènes d'Amérique et les Maoris en Nouvelle-Zélande, pour finalement s'intéresser aux récréations logiques. Cette typologie va nous permettre d'une part de clarifier différentes entrées possibles au jeu en mathématiques. Elle va nous aider d'autre part à isoler certaines caractéristiques essentielles (qui différencient les jeux des récréations logiques par exemple).

2.1.2.1 Les jeux de hasard

Le jeu de hasard est souvent associé au surnaturel et à la religion. Une certaine conception sous-jacente du hasard est donc ici impliquée.

Ces jeux de hasard sont très importants par exemple dans les rituels Chayugas (familles de langues Iroquoises du nord-est américain). Certains jeux de hasard sont à l'origine de très gros « paris » entre différents villages et permettent d'observer une base probabiliste solide chez ce peuple. Voyons tout d'abord un exemple de jeu de hasard, le jeu du plat, permettant de mieux délimiter ce qui le caractérise. Ce jeu consiste à mettre dans un plat six noyaux de pêches ayant chacun un côté noirci par le feu et l'autre normal. On lance les six noyaux et on associe un pointage à l'agencement des six noyaux. Le premier des joueurs à avoir le pointage de 40 gagne la partie. Les possibilités sont indiquées dans le tableau suivant, où B est le côté brûlé et N, le côté neutre du noyau de pêche.

Tableau 2.2
Possibilités de résultat et pointage associé dans le jeu du plat dans les rituels Chayugas

Résultats de l'agencement des noyaux	Pointage associé
6 B	5
5 B et 1 N	1
4 B et 2 N	0
3 B et 3 N	0
2 B et 4 N	0
1 B et 5 N	1
6 N	5

« La correspondance entre les valeurs utilisées par les Cayugas et celles qui se fondent sur notre conception des probabilités suggère fortement une base probabiliste pour les choix des pointages. » (Ascher, 1998) Le tableau suivant montre la correspondance entre les probabilités d'obtenir les agencements possibles des noyaux dans l'assiette et le pointage qu'ont donné les Cayugas et confirme en quelque sorte la base probabiliste de ce type de jeu.

Tableau 2.3
Probabilités de chacune des possibilités dans le jeu du plat dans les rituels Chayugas

Résultats de l'agencement des noyaux	Probabilités	Pointage associé
6 B	$\frac{1}{64}$	5
5 B et 1 N	$\frac{6}{64}$	1
4 B et 2 N	$\frac{15}{64}$	0
3 B et 3 N	$\frac{20}{64}$	0
2 B et 4 N	$\frac{15}{64}$	0
1 B et 5 N	$\frac{6}{64}$	1
6 N	$\frac{1}{64}$	5

L'exploitation de ce type de jeux en mathématiques pourrait donc être une source intéressante à exploiter pour la construction de concepts, tels celui de probabilité. Abordons maintenant le deuxième type de jeu.

2.1.2.2 Les jeux stratégiques

Les jeux stratégiques renvoient souvent à un certain modèle d'interaction sociale sous-jacent. Par exemple, le jeu d'échec peut se voir comme un champ de bataille où les pièces représentent chacun des membres de la hiérarchie sociale. Il existe d'ailleurs chez les africains un jeu nommé *mancala-awele* qui sert quelques fois à rendre explicites les compétences stratégiques d'un chef.

Sur le plan mathématique, Marcia Ascher associe les jeux stratégiques à une sorte de démonstration mathématique. « On voit que le trait commun est ici essentiellement de penser d'un bout à l'autre les implications logiques d'une chaîne d'étapes. » (Ascher, 1998, p. 118). Examinons pour bien saisir ce qui précède un jeu très populaire chez les Maoris (Nouvelle-Zélande) : le *mu torere*. Deux joueurs, que nous désignerons par A et B, jouent sur un schéma stellaire à huit branches (voir schéma ci-dessous). Chacun des joueurs possède quatre pions répartis au départ comme suit :

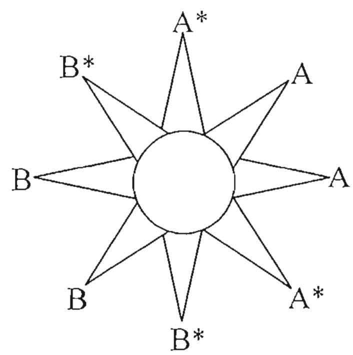


Figure 2.1 Schéma stellaire du jeu *mu torere*

Les joueurs bougent un pion à tour de rôle. Ces pions peuvent être déplacés seulement sur une des deux branches consécutives ou bien au centre. Évidemment, s'il y a déjà un pion sur les branches voisines ou au centre, le pion ne peut être déplacé. Le but du jeu est de bloquer l'adversaire afin qu'il ne puisse plus bouger aucun de ses pions. Notons que le premier coup joué par chacun des joueurs doit être fait seulement à partir d'un des pions extérieurs (étoilés sur le schéma), car sinon, le jeu pourrait être terminé dès le premier tour.

Dans ce jeu, chacun des coups doit être évalué selon les possibilités qu'il permet ou élimine. De plus, l'efficacité est ici importante, le joueur devant progresser avec fermeté et clarté vers la victoire sans trop de détours. Le jeu oblige donc au développement d'une stratégie. Dans l'exemple suivant, nous montrons les différentes possibilités de coups qui mèneraient à la victoire s'il n'y avait pas le règlement qui précise que les deux premiers coups de chacun des joueurs doivent être effectués seulement à partir des pions étoilés.

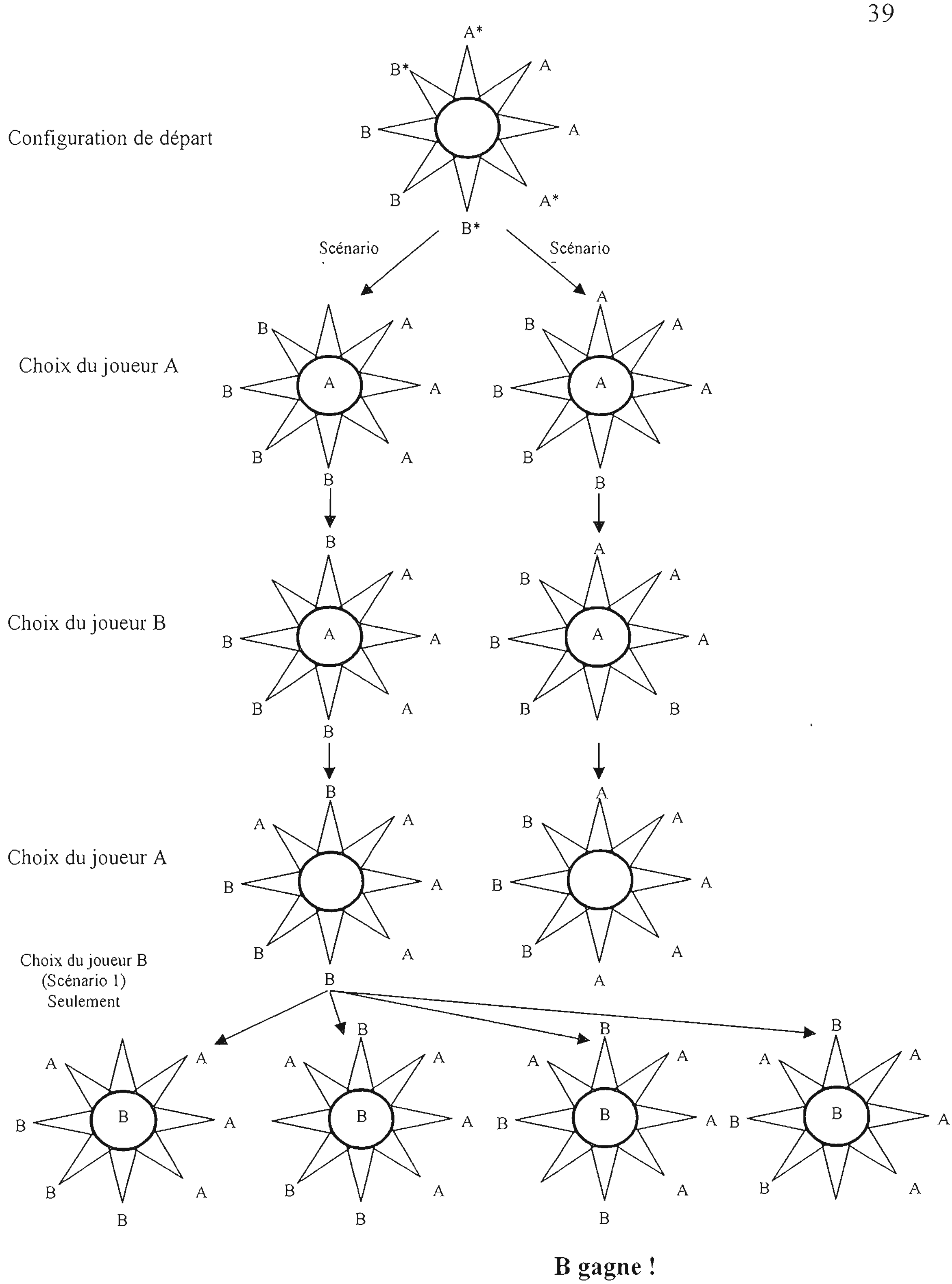


Figure 2.2 Scénario de victoire dans le jeu *mu torere*

Ce raisonnement peut être continué, nous permettant alors d'établir toutes les possibilités de victoires de chacun des joueurs. Marcia Ascher l'a effectué et elle a montré qu'il y avait en tout 92 possibilités d'agencements des pions, dont 6 gagnantes (3 pour chacun des joueurs). Il existe, pour chacun des joueurs, des chemins raccourcis vers la victoire si l'adversaire est inexpérimenté ou inattentif. Mais le jeu peut se prolonger indéfiniment si les deux joueurs sont habiles. La combinatoire est ici fort intéressante pour établir les stratégies gagnantes. Et ce travail met aussi en jeu une certaine séquence d'implications logiques (si le joueur A fait ceci, le joueur B peut faire cela...etc.) .On perçoit donc à travers ce qui précède l'intérêt éventuel que présentent les jeux de stratégie pour le développement des raisonnements combinatoires et déductifs en mathématiques. Que dire maintenant des énigmes logiques (3^{e} catégorie envisagée par Ascher) ?

2.1.2.3 Les énigmes logiques

Par comparaison avec les jeux stratégiques, les énigmes logiques, qui sont profondément similaires, requièrent une solution souvent beaucoup plus courte et circonscrite. Elles sont en ce sens plus près de la résolution de problèmes que du jeu. En fait, ces énigmes logiques ne possèdent pas certaines des caractéristiques qui leur permettraient d'être considérées comme un jeu : il n'y a pas de règles particulières à respecter, elles ne proposent pas d'objets à manipuler et surtout, il n'y a pas de rival auquel s'opposer, donc aucun gagnant, aucun perdant. Le « joueur » n'a en fait qu'une énigme à résoudre individuellement. Pour ces raisons, elles sont davantage considérées comme une récréation plutôt que comme un jeu. Par contre, ces résolutions d'énigmes mobilisent un certain plaisir, défi, qui est parfois très fort, ce qui fait en sorte que l'on confond souvent celles-ci avec un jeu mathématique[6].

---

[6] Dans les concours et jeux mathématiques présents sur plusieurs sites, on retrouve en fait souvent ces énigmes.

L'une des plus populaires de ces énigmes est celle de la chèvre, du chou et du loup à qui nous devons faire traverser une rivière (seulement un à la fois), en prenant soin de ne jamais laisser le chou avec la chèvre, ou le loup avec la chèvre. La solution consiste à transporter la chèvre sur la rive B, à aller chercher le loup sur la rive A, à l'amener sur la rive B, à ramener la chèvre sur la rive A, puis à transporter le chou vers la rive B et finalement à revenir chercher la chèvre restée sur la rive A, pour la transporter vers la rive B. Notons que des variantes de cette énigme existent dans divers pays, les items à traverser étant quelque peu modifiés (chez nous, elle a été reprise par Polya).

Ces énigmes, bien qu'intéressantes en mathématiques dans le travail notamment sur la résolution de problèmes ne seront pas reprises par nous. Nous nous centrons en effet dans notre cas sur le jeu. La grande différence entre le jeu et les énigmes logiques est liée à la présence de règles, d'un but au jeu, à la présence d'un adversaire qui tente de vous faire échouer, ce qui crée de nouvelles situations problématiques (et c'est ce qui fait que l'on y joue et y rejoue).

Les travaux d'Ascher nous aident ainsi à caractériser davantage les jeux mathématiques. Le tableau suivant synthétise ce que nous retenons de ses travaux.

Tableau 2.4
Caractérisation des types de jeu

Types de jeux mathématiques	**Caractéristiques**
1. Jeux de hasard	▪ Le jeu permet le développement éventuel d'un concept (celui de probabilité). ▪ Dans l'exemple repris, on voit que le jeu de hasard fait intervenir la notion de probabilité comme base dans le pointage retenu. ▪ C'est le hasard qui détermine le vainqueur.

	▪ Le joueur ne peut s'améliorer. ▪ Dans certain jeu la connaissance des probabilités permet de prendre des décisions beaucoup plus éclairées.
2. Jeux stratégiques	▪ Le jeu est susceptible de mobiliser des raisonnements de type implications logiques, très près de la démonstration mathématique (un raisonnement qui s'enchaîne pas à pas) et des raisonnements de type combinatoire. ▪ Il y a un adversaire qui tente de vous faire échouer, ce qui crée des situations nouvelles à chaque fois, donc ouvre sur plusieurs possibilités. ▪ Force le développement d'une stratégie et une prise en compte de l'adversaire.
3. Énigmes logiques	▪ Plus près de la résolution de problème que du jeu ▪ Il y a ici un défi logique (implications logiques et raisonnement pas à pas, proche de la démonstration). ▪ Ce n'est pas un jeu mathématique mais plutôt une récréation, car il n'y a pas de règles, pas de rival, pas de gagnant ni de perdant (pas d'enjeu) et aucun matériel à manipuler. ▪ Ces énigmes se résolvent souvent seul.

Ces caractéristiques des différents types de jeux mathématiques, particulièrement les jeux de stratégies, seront reprises lors de la conception de nos jeux dans le chapitre suivant. Voyons maintenant ce qu'apportent les didacticiens sur les caractéristiques du jeu.

2.1.3 Point de vue didactique

Pour Brousseau (1986), le jeu permet d'éviter d'isoler le sens dans la construction de concepts et introduit une motivation sous-jacente, il permet de faire voir la pertinence de nouveaux concepts mathématiques. Pour que l'enfant apprenne la mathématique, il doit en effet agir, formuler, construire des modèles, des théories ou des concepts, échanger avec les autres élèves, valider ce qu'il avance, etc. Pour y arriver, l'enseignant est amené à contextualiser un certain savoir et doit imaginer et proposer aux élèves des situations où la solution optimale sera le concept nouveau qu'il veut que l'élève construise. Le jeu apparaît pour lui, dans cette perspective, intéressant à considérer.

Une telle perspective demande que le jeu soit conçu de façon à ce que la connaissance nouvelle ciblée par l'enseignant soit la solution ou la stratégie optimale pour la réussite du jeu. De plus, le jeu oblige l'élève à voir les répercussions des choix qu'il fait.

Sept caractéristiques qui définissent la notion de jeu pour Brousseau (1986):

1. Il renvoie à une « activité physique ou mentale, purement gratuite, généralement fondée sur la convention ou la fiction, qui n'a dans la conscience de celui qui s'y livre d'autre fin qu'elle-même, d'autre but que le plaisir qu'elle procure. » (p. 77). En fait, les coups joués par l'élève, ses décisions durant la partie n'existent que par le plaisir éprouvé par le joueur, jouer n'est pas dicté par d'autres buts.

2. Il doit y avoir une notion d'enjeu, c'est-à-dire un gagnant et un perdant, et un système de règles.

3. Il doit y avoir du matériel à manipuler, qui sert à jouer.

4. On peut y établir des stratégies ou des tactiques, une manière de jouer.

5. Finalement, il doit y avoir plusieurs options possibles au cours du jeu, afin de pouvoir faire des choix. Ces options représentent « l'ensemble des positions entre lesquelles le joueur peut choisir dans un état donné du jeu » (Brousseau, 1986, p. 77)

6. Le jeu est une situation fictive mais proche de la réalité. Il doit donc ressembler à la vie et réclamer du joueur les mêmes possibles éventualités d'actions, d'émotions, de motivation. Imaginons un jeu où le joueur déciderait de tous les résultats, et où il serait sûr de gagner. Ce jeu ne serait d'aucun intérêt.

7. Par conséquent, il est important qu'il y ait à l'intérieur du jeu, un ennemi, un milieu ou une loi de la nature qui s'oppose au(x) joueur(s).

Les jeux doivent ainsi respecter pour Brousseau certaines balises pour être riches en termes d'apprentissage. Il doit y avoir une notion d'enjeu, un milieu qui s'oppose aux joueurs (gagnant, perdant, joueurs qui viennent contrer une stratégie mise en place). Il fait intervenir des règles, des stratégies et des tactiques et ouvre sur plusieurs possibles. Enfin, le jeu doit être plaisant ; jouer est dirigé par le plaisir.

Le tableau de la page suivante nous permet d'illustrer ce que nous retenons à cette étape de tout ce qui précède.

Point de vue didactique

- Caractéristiques venant baliser le jeu :
  - Activité qui n'a d'autre but que le plaisir qu'elle procure
  - Un enjeu, un gagnant ou un perdant
  - Mise en place de stratégies et de tactiques
  - Support matériel à manipuler
- Plusieurs situations différentes possibles à chaque fois que l'on joue.
  - Plusieurs conditions doivent être réunies pour qu'il y ait jeu :
  - L'enseignant doit imaginer et proposer aux élèves des situations où la solution optimale est le concept nouveau qu'il veut que l'élève construise (nous étendrons ceci à d'autre chose qu'un concept, on peut par exemple viser ici un raisonnement).
  - Le jeu doit être une situation fictive mais proche de la réalité
  - Il doit y avoir dans le jeu, un ennemi, un milieu, une loi de la nature qui s'oppose au joueur.

Point de vue psychologique et social

- Il y a différentes formes de jeux
  - Manipulation (libre, concret, association)
  - Symbolique
  - De règles (jeux de société)
- Parmi ces jeux nous retenons l'importance des jeux de règles dans le développement de la pensée.
- Ces jeux permettent à l'enfant de se décentrer de son propre jeu et d'anticiper le jeu de l'adversaire.
- Les interactions durant le jeu sont importantes.

Point de vue mathématique

- Deux types de jeux : hasard, stratégiques
- Parmi ceux là, le jeu stratégique a un potentiel pour le développement du raisonnement déductif, du raisonnement combinatoire.
- L'énigme logique n'est pas un jeu mathématique, mais plutôt une récréation « occidentale », car il n'y a pas de règles, pas de rival, pas de gagnant ni de perdant (pas d'enjeu) et aucun matériel à manipuler. Cependant ce type de récréation est intéressant, car il utilise le même type de raisonnement que dans le jeu stratégique (implications logiques et raisonnement pas à pas, proche de la démonstration).

Figure 2.3 Différents points de vue du jeu

Ces éléments nous guideront dans le choix des jeux. Nous reviendrons maintenant sur quelques fondements sous-jacents à l'exploitation de ces jeux en classe.

2.2 Fondements théoriques sous-jacents à l'exploitation des jeux en classe.

Nous reprendrons ici d'autres éléments qui vont nous guider dans l'aménagement des jeux en classe. Le processus de mathématisation élaboré par Guy Brousseau (1986) nous permettra ainsi de faire certains choix éclairés lors de la création de nos propres jeux et leur exploitation en classe. Nous reprendrons celui-ci plus en détails ci-dessous.

2.2.1 Les dialectiques de l'action, de la formulation, de la validation

Pour Brousseau, le processus de *mathématisation*, à l'intérieur d'une activité mathématique qui permet à des élèves d'être actifs sur le plan de la construction de connaissances, peut être morcelé en trois phases : les dialectiques de l'action, de la formulation et de la validation.

Prenons l'exemple du jeu *la course à vingt* pour comprendre chacune de ces phases nommées précédemment. Ce jeu se joue à deux. Le premier joueur choisit un nombre plus petit que 3. Par la suite, à tour de rôle, chacun des joueurs doit additionner 1 ou 2 au dernier nombre énoncé. Le premier qui arrive à 20 gagne. Voici un exemple ou le joueur A débute et le joueur B gagne :

Tour	A	B
1	1	*
2	*	3
3	5	*

Tour	A	B
4	*	6
5	8	*
6	*	9

Tour	A	B
7	11	*
8	*	13
9	15	*

Tour	A	B
1	*	17
2	18	*
3	*	20

La première phase consiste à mettre les élèves en action dans le jeu. Les élèves s'investissent dans le jeu, cherchant à gagner. Ils se construisent dans l'action un certain modèle implicite. «Ce modèle est un exemple de relations entre certains objets qu'il [l'élève] a perçus comme *pertinents* dans la situation. » (Brousseau, 1986, p. 111). Le modèle se construit tout au long du jeu. Celui-ci peut être approprié ou erroné, ne fonctionner que localement (par exemple si je débute le jeu, je suis sûr de gagner. L'élève peut s'être construit ce modèle parce qu'il a débuté une ou deux fois et a gagné). Celui-ci sera amené à restructurer ce modèle à la condition qu'il rencontre un obstacle lors de ses interactions, dans ce cas, même s'il débute, l'autre l'empêche de gagner. Il est alors amené à modifier éventuellement ce modèle. Dans la course à vingt, la phase d'action consiste simplement à jouer à plusieurs reprises, en expérimentant le jeu, et à se construire ainsi un modèle implicite dans l'action qui permet de gagner. Dans tous les jeux que nous expérimenterons en classe, cette phase d'action sera importante.

La dialectique de la formulation, pour sa part, vise avant tout à faire expliciter par l'élève ce modèle. L'élève est amené à rendre explicite le modèle qu'il s'est construit à la phase précédente. Des activités vont permettre cette dialectique de formulation. «L'élève peut s'envoyer un message à lui-même, le maître peut être l'un des interlocuteurs, les deux interlocuteurs peuvent être des élèves ou des groupes d'élèves. » (Brousseau, 1986, p. 109). Une idée de communication à quelqu'un d'autre d'un certain message est ici présente. Dans l'exemple de la course à vingt, Brousseau a fait écrire au tableau les différentes stratégies. Par exemple, certains élèves ont remarqué que le joueur qui obtient 11 est sûr de gagner (s'il joue bien par la suite évidemment!). L'important pour l'instant dans cette dialectique, ce n'est pas que le modèle soit bon mais que l'élève le formule.

Finalement, les élèves sont amenés à se prononcer sur la validité des éléments avancés, au cours de la dialectique de la validation. À cette occasion, l'enseignant doit se retirer de la discussion et permettre aux élèves de justifier leur modèle afin de voir ce qui s'avèrera à la base d'une théorie éventuelle. Ils pourront ici tester leur modèle, si leur modèle est erroné le rejeter, en rechercher un autre, ou simplement améliorer celui-ci, le raffiner. Par exemple un élève qui avait énoncé dans la dialectique de formulation que « dès qu'il choisit 11, il est sûr de gagner », devra justifier cet énoncé par des explications, des arguments et démontrer la véracité de son énoncé. Il pourrait par exemple expliquer « si l'autre a 12 ou 13 je peux dire 14 et si l'autre dit 15 ou 16, je choisirai 17, finalement si l'autre joueur choisit le 18 ou le 19 je suis sûr d'arriver le premier à 20. ».

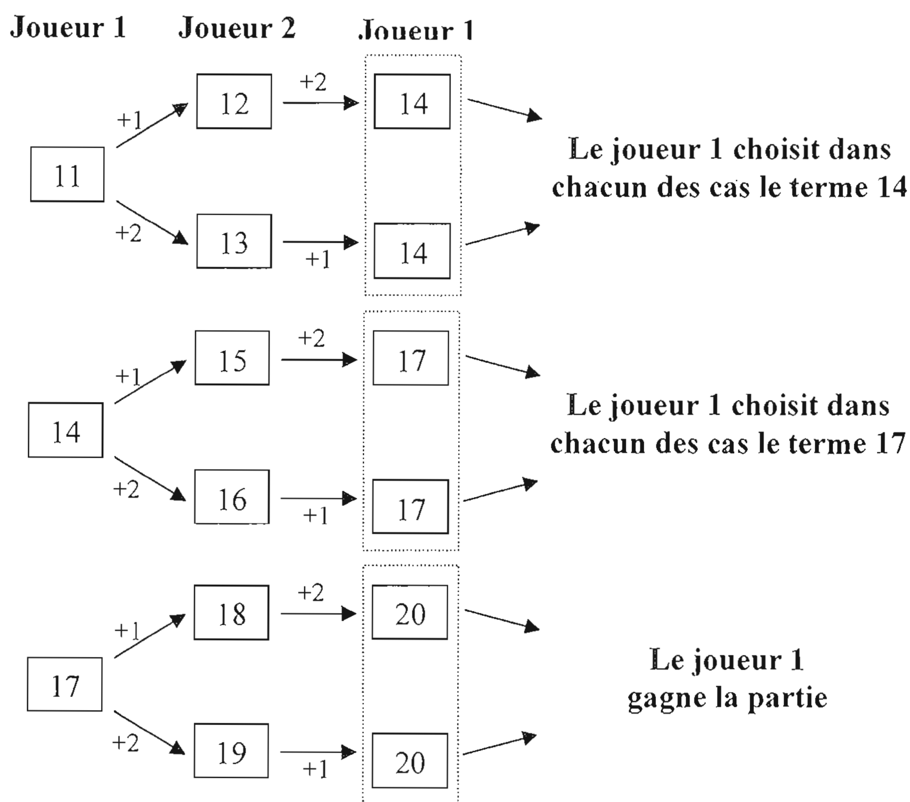


Figure 2.4 Justification de la stratégie gagnante du jeu *La course à 20*

L'important dans cette dialectique c'est de justifier, d'argumenter, de prouver ce qu'on avance. Dans la situation de la course à vingt, deux équipes étaient formées dans la classe. Des propositions gagnantes étaient énoncées pour chacune des équipes. L'équipe gagnante était celle en mesure d'argumenter et de justifier les énoncés précédemment formulés (des points étaient associés à cette justification).

2.2.2 L'institutionnalisation des savoirs

Perrin-Glorian (1993) précise, dans son texte faisant l'historique du développement de la théorie des situations didactiques, qu'une quatrième phase apparaît au courant des années 80. Cette phase « va permettre à l'élève de savoir que les connaissances qu'il a mises en œuvre dans la situation d'action, formulées puis validées, correspondent à des savoirs reconnus (légitimes) qu'il aura le droit de réutiliser dans d'autres occasions, voire qu'on pourra exiger de lui » (Perrin-Glorian, 1993, p. 126). Cette institutionnalisation permet à l'élève de reconnaître ce qu'il sait. Auparavant, il connaissait, mais il ne le savait pas. Désormais, son savoir est codifié et légitimé. Dans le cas de la course à vingt, les élèves pourront ensemble déterminer la solution gagnante à chacun des coups. En fait, le premier joueur qui choisit le 2 gagnera la partie donc, si le premier joueur sait jouer, il est certain de gagner (s'il choisit par la suite le 5, le 8, le 11, le 14, le 17 et finalement le 20). Le savoir codifié auquel se rattache la stratégie gagnante de la course à 20 pourrait être celui d'une suite arithmétique au secondaire, ou de l'algorithme de division euclidienne au primaire. Ce retour pourrait être fait en classe et ainsi être institutionnalisé. En fait, lors de l'institutionnalisation, l'enseignant essaie de rattacher le jeu à un savoir officiel, dans le cas de la course à 20, l'idée par exemple des suites arithmétiques ou de l'algorithme de division. La suite gagnante pourra être étudiée et ainsi devenir un savoir officiel.

$$2 \xrightarrow{+3} 5 \xrightarrow{+3} 8 \xrightarrow{+3} 11 \xrightarrow{+3} 14 \xrightarrow{+3} 17 \xrightarrow{+3} 20$$

$$(3 \text{ X } 6) + 2 = 20$$

[À partir de 2, on est donc sûr de gagner]

2.2.3 Le milieu où évolue le jeu

À l'intérieur d'une situation didactique, l'interaction avec le milieu par l'élève s'avère être un point important à considérer. Brousseau fait référence aux travaux de Piaget en reprenant son modèle d'apprentissage par adaptation, il souligne que «des variations des conditions du milieu appellent en réponse des comportements du sujet ayant pour effet de modifier le milieu. » Le milieu est par conséquent en perpétuel mouvement, passe par des perturbations qui, dans le cas du jeu, se perçoivent couramment dans l'interaction entre les différents joueurs.

> Les interactions de base sont celles de l'élève avec le milieu. Les connaissances n'existent chez lui que dans la mesure où elles sont une solution **optimale et stable** à un ensemble de contraintes, les relations du sujet avec son milieu et particulièrement, **les tensions créées par les divers feedback**, dans ce cas-ci l'autre joueur, déterminent pour chaque acte des coûts à l'emploi, à l'essai, à l'apprentissage, à l'erreur, qui provoquent l'apparition, l'évolution, la déformation, la disparition ou la reprise des concepts à travers des déséquilibres, des conflits et des ruptures. (Brousseau, 1986, p. 107)

2.2.4 Synthèse des fondements théoriques à l'exploitation des jeux en classe.

Brousseau aménage un processus de mathématisation qui va servir de fondement à l'organisation des jeux que nous présenterons par la suite... Ce processus de mathématisation a pour objectif de tendre « à organiser les relations de l'enfant avec son milieu de façon à faire jouer des comportements acquis en vue de la création de comportements nouveaux. » (Brousseau, 1986, p. 57)

L'exploitation d'un jeu en classe va être guidée par ce processus de mathématisation, dans lequel on retrouve trois phases, les dialectiques de l'action, de la formulation et de la validation.

1. Lors de la phase d'action, le sujet est placé devant un jeu où il n'a que des connaissances, des habiletés et des compétences partielles pour entrer dans le jeu. Il est important que la situation lui permette d'interpréter et de recevoir des informations afin que celui-ci puisse adapter, modifier ou abandonner les modèles implicites ou concrets qu'il se développe au cours du jeu.

2. Durant la phase de formulation, le sujet doit expliciter un certain modèle à l'aide d'une « conversation » avec un récepteur. Il doit pouvoir échanger des informations ou des directives avec celui-ci. À cette occasion, deux résultats peuvent subvenir : « la construction d'un message nouveau à l'aide d'un répertoire et d'une syntaxe connus ou la création d'un répertoire, d'une syntaxe et de messages nouveaux. » (Brousseau, 1986, p. 63)

3. Finalement, la dialectique de la validation permet à l'élève de justifier, de défendre sa formulation, d'émettre des conjectures et des hypothèses. Cette dialectique permet à l'élève de valider, justifier ce qui est avancé pour se convaincre de la robustesse de son modèle.

4. À partir du moment où le modèle est accepté par le groupe, ce nouveau savoir peut être institutionnalisé, ce qui permettra à la classe de prendre conscience de cette nouvelle référence. Cette quatrième phase, celle de l'institutionnalisation est celle, où l'enseignant officialise le nouveau savoir. Il **rattache le modèle construit par l'élève à un savoir officiel** (du programme par exemple).

Le **milieu** où l'apprentissage se fait (l'organisation, l'exploitation du jeu) **doit être pensé** pour permettre à l'élève d'être déséquilibré et perturbé, provoquant ainsi de nouveaux apprentissages.

Lors de l'élaboration et surtout lors de l'organisation des jeux en classe, nous essaierons de tenir compte de ce processus de mathématisation, ainsi que du milieu (le jeu et son exploitation seront pensés pour provoquer certains déséquilibres).

L'analyse du potentiel du jeu en classe en lien avec nos questions de recherche demande une solide compréhension du concept de compétence. Nous tenterons de mieux saisir cette notion dans les paragraphes qui suivent.

2.3 Référentiel à l'analyse du jeu

Le cadre de référence didactique développé ici servira à l'analyse de l'apport du jeu en termes de développement de compétences. Nous aborderons la notion de compétence de façon globale pour reprendre plus précisément les deux compétences disciplinaires ciblées dans ce mémoire (MELS, 2003).

2.3.1 La notion de compétence

La notion de compétence est définie selon Philippe Perrenoud (1997) comme « une capacité d'agir efficacement dans un type défini de situation, capacité qui s'appuie sur des connaissances, mais ne s'y réduit pas » (Perrenoud, 1997). En fait, selon Perrenoud, une compétence doit utiliser, mobiliser, intégrer et se servir de connaissances, sans pour autant n'être réduite qu'à cette seule utilisation. Le développement de compétences requiert la construction de schèmes de mobilisation des connaissances, construits après l'introduction d'expériences pertinentes.

Philippe Jonnaert (2002) a, quant à lui, fait ressortir que la compétence, fait référence à « un ensemble de ressources que le sujet peut mobiliser pour traiter une situation avec succès. » (Jonnaert, 2002). Cette mobilisation de ressources est reprise par le ministère de l'éducation (Ministère de l'éducation, 2001). Les connaissances que l'on veut que l'élève acquière deviennent des ressources lorsque celui-ci peut les mobiliser dans d'autres situations pertinentes. Une telle définition met en perspective toute l'importance de la situation dans le développement de compétences. Les ressources selon Jonnaert (2002) sont des moyens, tels les connaissances et des savoirs, mobilisés par un élève pour activer une compétence. Ces ressources peuvent être internes à l'élève (cognitives, conatives, liés à l'action ou corporelles) ou externes (elles peuvent ainsi dépendre par exemple de la situation ou de son contexte, peuvent être de nature humaine, physique, matérielle ou temporelle). Pour qu'un programme de développement de compétence soit cohérent, il doit évoquer une pluralité de ressources, autant internes qu'externes.

Nous retenons de ces auteurs qu'une compétence n'est pas seulement une addition de connaissances, mais bien plus une habileté à mettre en interrelation diverses ressources, parmi lesquelles figurent ces connaissances. Les compétences doivent faire intervenir et interagir une série de ressources. « Têtes bien faites ou bien pleines» (Perrenoud, 1997) est une expression qui pourrait résumer l'enjeu de l'école actuelle, associé au développement de compétences (qui demande beaucoup de temps). Les compétences se développent sur le long terme, le contexte ou la situation dans laquelle l'enfant mobilise différentes ressources prend ici toute son importance. Voici ce qui retiendra notre attention lors de l'analyse du développement des compétences de nos élèves lorsqu'ils utiliseront nos jeux :

- Une compétence c'est « la capacité d'agir efficacement dans un type défini de situations » (Perrenoud 1997)
- Une compétence doit mobiliser des ressources.

2.3.2 Les compétences disciplinaires

Plus spécifiquement, en mathématique le ministère de l'éducation, lors de l'élaboration de son programme, a retenu trois compétences propres à la discipline, qui ciblent des ressources en ce sens plus spécifiques qui doivent être mobilisées : résoudre une situation problème, raisonner à l'aide de concepts et de processus mathématiques et communiquer à l'aide du langage mathématique. Chacune est décomposée en plusieurs composantes. Nous les reprenons de façon détaillée.

2.3.2.1 Résoudre une situation problème

Cette compétence demande à l'élève de s'investir, de mobiliser ses ressources, de s'engager dans un processus qui lui permettra de :

- Décoder les éléments (dans notre cas du jeu) qui se prêtent à un traitement mathématique (les règles du jeu, la tâche)
- Représenter la situation problème par un modèle mathématique (se construire un modèle du jeu permettant de comprendre son fonctionnement, d'anticiper le jeu, de gagner)
- Élaborer une solution mathématique (Utiliser des stratégies pertinentes)
- Valider la solution (Confronter une stratégie à l'action, au jeu, rectifier et justifier une stratégie mise de l'avant)
- Partager l'information relative à la solution (expliciter sa stratégie en tenant compte du jeu des autres joueurs)

2.3.2.2 Déployer un raisonnement mathématique

Le développement de cette compétence sollicite l'élève à :

- Former et appliquer des réseaux de concepts et processus mathématiques (dégager des lois, des règles et des propriétés, établir des liens)

- Établir des conjectures (formuler une hypothèse, se former une opinion probable, énoncer une propriété qui pourrait être vraie)

- Réaliser des démonstrations ou des preuves (avoir recours à un raisonnement déductif, utiliser des contres exemples pour justifier que quelque chose est faux, prouver ou réfuter des conjectures)

2.3.2.3 Communiquer à l'aide du langage mathématique

Au terme du développement de cette compétence, l'élève du premier cycle du secondaire devra être en mesure dans une activité à caractère mathématique

- D'analyser une situation de communication (reconnaître l'objet du message, en distinguer le sens mathématique, organiser ses idées, établir un plan de communication, consulter au besoin différentes sources)

- D'interpréter ou transmettre des messages (exprimer ses idées au moyen du langage mathématique, tenir compte des règles, des conventions et du contexte mathématique, résumer des informations, valider un message, discuter à partir d'un message mathématique)

- De produire un message (choisir les éléments du langage mathématique appropriés au message, associer des symboles mathématiques)

Chacune de ces compétences sera reprise dans le chapitre 4 (analyse), lors de l'élaboration des grilles d'analyse plus précises. Celles-ci nous permettront de cerner les compétences de nos élèves développées dans les jeux proposés.

Voyons maintenant, dans le prochain chapitre, comment nous avons conçu nos jeux en nous inspirant des caractéristiques tirées de ce présent cadre théorique (cf. 2.1 et 2.2).

CHAPITRE III

MÉTHODOLOGIE

Le présent chapitre abordera trois points, tout d'abord la présentation des jeux mathématiques retenus pour fin d'expérimentation avec une analyse préalable des compétences développées par ceux-ci. Une courte explication des choix didactiques ayant guidé la conception des jeux sera développée afin de mieux comprendre les choix qui ont été faits. Par la suite, la justification de la séquence retenue lors de l'expérimentation et les conditions de l'expérimentation seront précisées.

3.1 Présentation des jeux

Nous avons fait une expérimentation préalable de chacun des jeux auprès de différents groupes d'élèves de deuxième secondaire, issus de classes régulières, afin de cerner le potentiel des jeux et d'ajuster ces derniers aux élèves. Chacun des jeux a donc été mis à l'épreuve en classe, dans certains cas à plusieurs reprises et par différents enseignants, dans le but de cerner la compréhension du jeu par les élèves et d'identifier les difficultés éventuelles qu'il suscite. Cette pré-expérimentation nous a conduit à modifier chacun des jeux, à les restructurer afin d'obtenir un maximum de renseignements sur les stratégies utilisées par les élèves et leur évolution. Les trois jeux présentés ci-dessous ont été reformulés à la lumière de cette pré expérimentation. Nous reviendrons sur chacun des jeux sous leur forme définitive c'est-à-dire celle retenue pour l'expérimentation et leurs fondements sous-jacents, en présentant l'analyse préalable des compétences susceptibles d'y être mobilisées ainsi que les choix didactiques.

3.1.1 Le jeu *dis-moi ce que tu vois*

C'est un jeu qui met en place une situation de communication[7] (Brousseau, 1986). Il s'agit ici avant tout de faire produire par les élèves un message à caractère mathématique. Les élèves devront être en mesure de décrire une figure complexe donnée à d'autres pour que ces derniers puissent la reproduire. La situation de communication met en place une interaction entre les élèves dans laquelle il y a décodage par ceux pour qui le message est formulé, et un retour sur la figure produite. Cette situation force donc l'élaboration par les élèves d'un message significatif, c'est là tout au moins l'intention de la situation.

3.1.1.1 Règles du jeu

Le jeu est organisé en classe sous forme de tournoi opposant des équipes de quatre personnes. Il y a autant d'équipes qu'il est possible d'en former dans une classe. Celles-ci tentent de ramasser le plus de points autour de la production des figures données, nous verrons par la suite comment. L'équipe ayant le plus haut pointage est celle qui gagne. Dans chacune des équipes:

- À tour de rôle un élève joue le rôle de messager. Les trois autres élèves sont les dessinateurs. Le messager doit décrire à ses trois collègues la figure qu'il voit sur un des cartons donnés par l'enseignant. Il dispose de 5 minutes pour s'exécuter. Le messager doit être de dos à son équipe et ne peut montrer son carton à ses collègues.

---

[7] On retrouve dans ce cas certains des fondements théoriques explicités précédemment (voir chapitre II)

- Les trois dessinateurs doivent reproduire sur un livret la figure à la lumière de ce que le messager a décrit. Personne n'a le droit de regarder les figures des autres, et le messager ne peut à ce stade vérifier les productions de ces coéquipiers.

- Une fois que le temps est écoulé, les joueurs se montrent les œuvres qu'ils ont créées et le messager est amené à comprendre les erreurs dans la formulation de son message qui ont pu conduire à la production de ces figures: les élèves comparent leurs résultats et vérifient si les figures produites ressemblent ou non à la figure de départ. Si oui pourquoi? si non pourquoi? Qu'aurait-il fallu faire? L'équipe dispose ensuite de 1 minute pour se donner des conseils afin d'augmenter sa performance pour le prochain tour.

- Le même jeu reprend alors avec un autre messager, et ainsi de suite jusqu'à ce que chacun des 4 joueurs de l'équipe ait décrit deux figures.

L'analyse de la production de toutes les figures produites au sein d'une équipe sera déterminante pour gagner la partie. Une grille d'évaluation est fournie à l'appendice C afin de comptabiliser les points de chacune des équipes. Le pointage se fait sur chacune des productions selon deux exigences. Premièrement, 1 point sera donné à chacune des formes spécifiques ou lignes remarquables composant la figure qui sera réussie. Deuxièmement, 1 point sera alloué pour le bon emplacement des constructions, l'une par rapport à l'autre.

Par exemple, l'épreuve A ci-dessous aurait un pointage maximal de 9 points: soit 5 points disponibles pour les 5 figures la composant, soit le trapèze isocèle, l'hexagone régulier, le demi-cercle et les deux triangles équilatéraux; et 4 points pour avoir juxtaposé la petite base du trapèze isocèle sur un côté de l'hexagone (1point), pour avoir fait correspondre le diamètre du demi-cercle à un coté de l'hexagone (1 point), pour avoir juxtaposé un côté du triangle et un côté de l'hexagone (1 point), et finalement pour avoir placé les sommets des deux triangles de façon à ce que les angles soient opposés par le sommet (1 point).

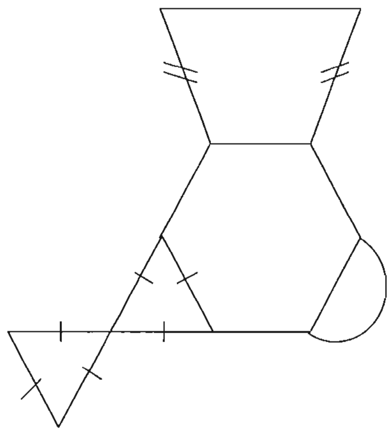


Figure 3.1 Exemple de figure pour la comptabilisation des points

La comptabilisation du pointage de l'équipe sera faite, après l'activité, par l'enseignante. Cependant, les élèves peuvent avoir des pénalités durant l'activité s'ils commettent les infractions suivantes :

- Le messager a regardé les productions des dessinateurs. (10 points)
- Le messager a fait des gestes, essayant en cela d'aider les dessinateurs. (2 points)
- Les dessinateurs ont regardé les productions des autres, ou le visage du messager. (3 points)
- Les dessinateurs ont parlé entre eux, ou avec le messager. (5 points)
- L'équipe a dépassé la minute permise pour se donner des conseils. (5 points)

Ces pénalités seront déduites du pointage global de l'équipe. C'est l'enseignante qui gère et qui distribue les pénalités durant le jeu.

Durant l'expérimentation pour les fins de notre recherche, nous suivrons plus spécifiquement une équipe qui jouera au jeu en dehors de la classe[8]. Cependant, afin de conserver le facteur compétitif du tournoi, les quatre élèves participant à la recherche seront en compétition contre les autres équipes de la classe de mathématique auxquels ils appartiennent, car après cette activité des quatre élèves ciblés, les autres élèves ne participant pas à la recherche feront le tournoi en classe. Le pointage sert strictement à déterminer l'équipe gagnante de l'équipe perdante. L'analyse du potentiel du jeu dans cette recherche s'effectuera sur l'aspect de la formulation du message par les messagers.

3.1.1.2 Analyse préalable du jeu

3.1.1.2.1 Choix didactiques sous jacents à l'élaboration du jeu.

Il y a huit épreuves au tournoi, huit figures à décrire, ainsi chaque messager doit formuler au moins 2 messages. Ces épreuves sont présentées un peu plus loin. Les figures choisies sont complexes, elles sont composées de plusieurs figures et forcent la mise en évidence de plusieurs caractéristiques, les figures la composant étant fréquemment juxtaposées ou occupant une position privilégiée (inscrite ou circonscrite). Nous avons essayé de construire les huit épreuves de façon à respecter trois critères.

Premièrement, nous avons intégré dans le jeu beaucoup de figures planes vues par les élèves en deuxième secondaire et au cours de leurs études antérieures: trois sortes de triangles (scalène, isocèle, équilatéral), les quadrilatères (quelconque,

[8] Cette modalité est liée à la recherche. Nous voulions cerner en effet de manière plus fine le potentiel du jeu.

losange, carré, rectangle, trapèze, parallélogramme), les polygones réguliers jusqu'à 12 côtés, ainsi que des cercles et des secteurs de cercles.

Deuxièmement, les descriptions des figures nécessitent l'emploi de certaines caractéristiques de ces figures, nous avons tenté de mettre ici les plus importantes comme par exemple, une référence nécessaire aux côtés, sommets, petites et grandes bases (dans le cas des trapèzes), diamètres ou rayons (dans le cas du cercle), apothèmes et diagonales (dans le cas des polygones), hauteurs, médianes, bissectrices et médiatrices (dans le cas des triangles).

Finalement, comme les emplacements où se touchent les figures sont décisifs dans la description de la figure globale donnée, nous avons tenté de positionner les figures de façon à ce que deux éléments se touchent. L'élève devra donc être capable de communiquer la position de chacune des figures par rapport à l'autre.

À titre d'exemple, dans la cinquième épreuve du tournoi (voir figure ci-dessous), les trois critères sont les suivants. Premièrement, les figures choisies sont le décagone ABCDEFGHIJ, le cercle de centre K et de rayon KM et le triangle isocèle KMN. Deuxièmement, les élèves doivent être en mesure d'identifier certaines caractéristiques des figures choisies nécessaires à la description, soit : les rayons KM et KN et l'apothème KM du décagone. Troisièmement, l'élève devra comprendre que les caractéristiques de certaines figures ne font qu'un, par exemple KM est autant l'apothème du décagone que le rayon du cercle. Par contre KN est le rayon du cercle mais n'est pas l'apothème du décagone. De plus, l'élève doit situer le cercle par rapport au polygone (il est inscrit dans le décagone) ou à l'inverse situer le décagone par rapport au cercle (il est circonscrit au cercle). Le triangle KMN est formé de deux rayons du cercle, et le côté MN du triangle KMN est une corde dans le cercle.

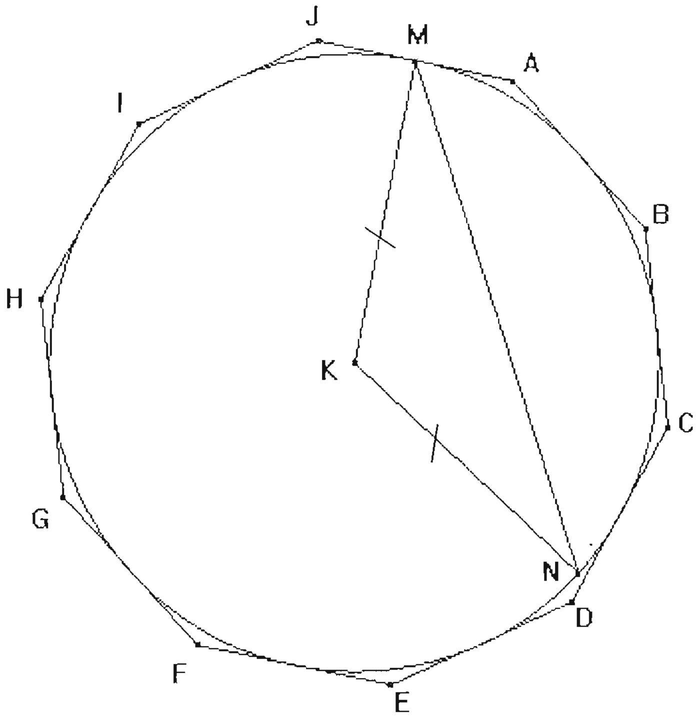


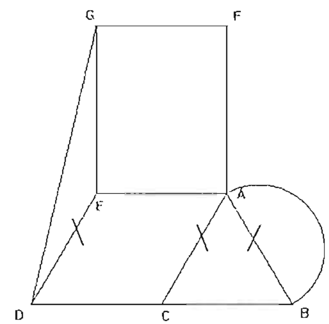
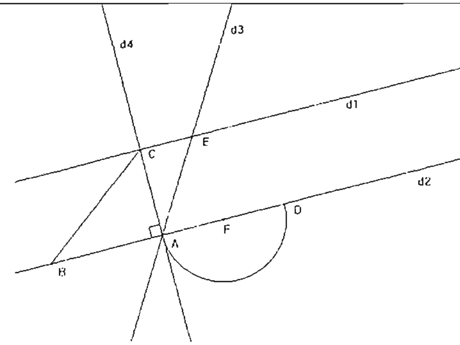
Figure 3.2 Cinquième figure du tournoi *Dis moi ce que tu vois*

Une idée de complexification d'une figure à l'autre au cours du jeu est enfin présente, pour forcer une évolution dans la formulation du message au cours du jeu (prise en compte nécessaire d'objets et de contraintes de plus en plus complexes). Ainsi d'une figure à l'autre le nombre d'objets mathématiques à décrire est différent mais aussi les caractéristiques mises en évidence sont de plus en plus complexes. Les difficultés liées à cette description de la figure ont été classées à priori en cinq grandes difficultés.

- Le type de figure composant la figure globale, plus ou moins familière pour l'élève, c'est le cas par exemple des polygones irréguliers (hexagone irrégulier)
- Les figures inscrites ou circonscrites, qui posent une difficulté particulière aux élèves dans la description.
- La difficulté qu'il y a à trouver à des fins de description la figure qui est génératrice des autres figures (rendant l'organisation dans la description complexe)
- La proximité des figures : celles-ci sont très près l'une de l'autre et font appel à des propriétés très précises ou à des caractéristiques telles les droites remarquables (médianes, médiatrices, bissectrices...)
- Certains points de la figure peuvent être semi-contraints ou libres (la description oblige alors à une approximation de l'emplacement).

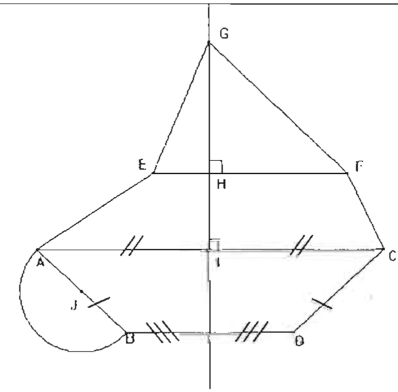
Voici donc les figures des différentes épreuves, avec le détail des difficultés susceptibles d'être rencontrées dans chaque cas, expliquant leur complexité relative.

Tableau 3.1 Difficultés anticipées des huit figures proposées pour le tournoi *Dis moi ce que tu vois*

Épreuve # 1 C'est la seule figure facile du tournoi. Il n'y a pas de figure très complexe à décrire (et dessiner), les caractéristiques sont relativement simples, tout comme les juxtapositions des figures. Il est de plus facile d'amorcer cette description par n'importe quelle figure.	
Épreuve # 2 C'est une figure avec un niveau de difficulté moyen, car même si chacune des figures est simple et facile à décrire, la position relative des droites et du demi-cercle et du triangle rectangle n'est pas évidente à expliciter. Il y a aussi ici un générateur, un point de départ à trouver pour amorcer cette description (un choix à faire). En effet, il serait difficile de commencer par le demi-cercle ou le triangle.	

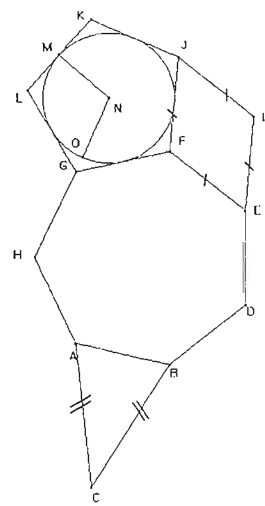
Épreuve # 3

C'est une figure avec un niveau de difficulté moyen. Les figures composant la figure globale sont simples mais la juxtaposition de ces cinq figures n'est pas facile à décrire. En effet, la droite GH est la médiatrice du segment BD, petite base du trapèze isocèle ACDB. Celle-ci doit passer par G. C'est la principale difficulté de l'épreuve, car cette médiatrice est aussi confondue avec la hauteur GH du triangle GFE. L'élève peut, dans cette épreuve commencer la description par n'importe qu'elle figure.



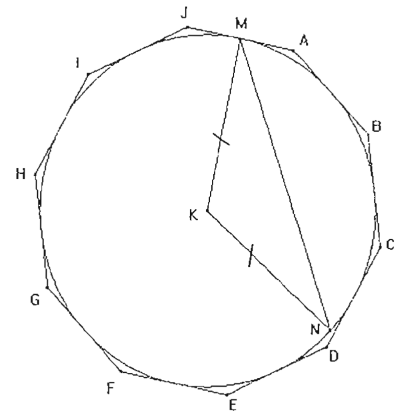
Épreuve # 4

C'est une figure difficile à décrire pour plusieurs raisons. Tout d'abord décrire (ainsi que dessiner) un heptagone n'est pas familier en soi. De plus, les principales difficultés énoncées au point 3.1.1.2.2 se retrouvent dans cette épreuve: le rayon MN et l'apothème MN sont confondus, le point O du rayon NO est aligné avec le sommet G du pentagone KJFGL et finalement le cercle de centre N est inscrit dans le pentagone KJFGL. Le choix du générateur dans ce cas est plutôt facile, l'élève peut débuter sa description par le pentagone KJFGL.



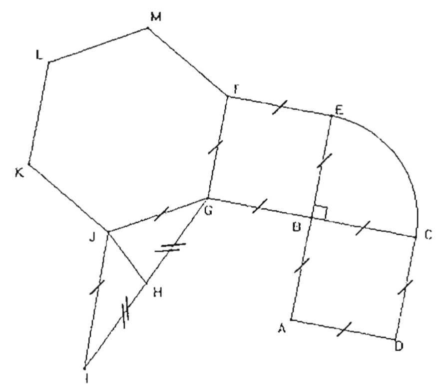
Épreuve # 5

C'est une figure difficile à décrire car le cercle de centre K est inscrit dans le décagone et le rayon KM du cercle est confondu avec l'apothème du décagone. De plus, le point N du rayon KN est un point semi-contraint car il est situé sur le cercle K mais il peut se situer n'importe où sur le cercle, entre le milieu du segment CD et un point sur le cercle proche du point D. Si l'élève est à l'aise avec le concept de figures inscrites ou circonscrites, le générateur peut être le décagone autant que le cercle.



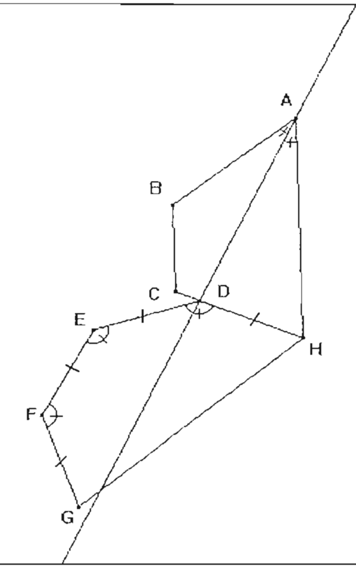
Épreuve # 6

L'épreuve est difficile car les juxtapositions des figures ne sont pas aisées à déterminer. Chacun des rayons du quart de cercle correspond à un côté d'un carré. De plus, les rayons du quart de cercle, tous les côtés des deux carrés, les côtés de l'hexagone et les côtés JG et JI du triangle isocèle JGI ont tous la même mesure. Cette contrainte n'est pas facile à prendre en compte pour les élèves dans la description. Le choix du générateur est assez simple puisqu'il peut débuter par la figure de son choix (autre que la médiane).



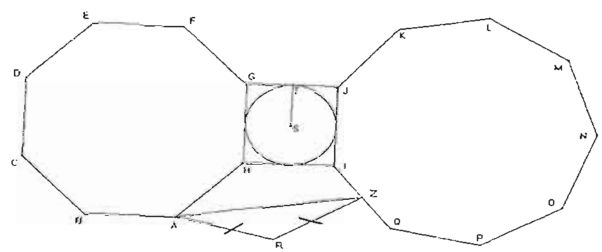
Épreuve # 7

Celle-ci est très difficile. L'idée ici du générateur est primordiale. En effet, comme la bissectrice de l'angle BAH passe par le point D, le messager sera obligé de débuter son discours par la description du trapèze AHCB, poursuivre avec la bissectrice de l'angle BAH. Le point d'intersection ainsi formé avec le côté CH, le point D, sera nécessaire à la construction du pentagone irrégulier. Une difficulté de plus: le pentagone irrégulier DHGFE possède 4 côtés congrus et 3 angles intérieurs congrus.



Épreuve # 8

La figure est très difficile à construire. Tout d'abord, décrire un ennéagone n'est pas familier, même si la connaissance du vocabulaire n'est pas ici l'élément recherché. Par la suite, on doit décrire un cercle inscrit dans le carré. De plus, il y a ici un conflit entre la perception qu l'élève peut avoir de l'ennéagone et de l'octogone car ils ont la même mesure de côté (ce qui va à l'encontre de l'intuition que peut en avoir l'élève, plus il y a de côtés, plus les côtés sont petits). Les côtés ont en fait la même mesure puisque le carré est formé de côtés qui sont aussi ceux de l'ennéagone. Finalement, le triangle AZR a un de ses sommets

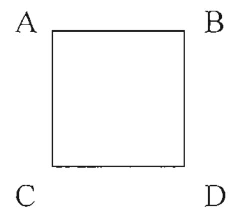


difficile à placer puisque R n'est pas un point contraint. Il doit seulement être placé de façon à ce que le triangle AZR soit isocèle (AR et ZR sont des côtés congrus).	

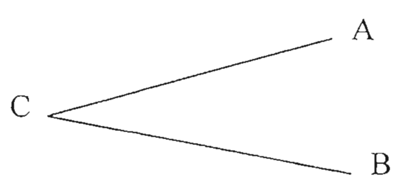
3.1.1.2.2 Justification à l'appui des choix didactiques

Les choix qui ont été faits dans la conception des figures retenues s'appuient sur un certain nombre de difficultés observées chez les élèves au cours de notre enseignement.

Tout d'abord, nous avons souvent observé que les élèves éprouvent de la difficulté à nommer et à décrire une figure en utilisant pour la désigner les lettres de leurs sommets. On observe souvent cette difficulté dans la résolution de problèmes en géométrie lorsqu'il faut faire allusion à une certaine figure dans une résolution, ou lorsqu'une figure est donnée dans l'énoncé verbal et que les élèves doivent la construire. Par exemple, "soit un carré ABCD" pourrait bien être construit ainsi par les élèves, amenant par la suite des difficultés s'il faut raisonner sur la figure (construire d'autres points, figures et démontrer quelque chose)

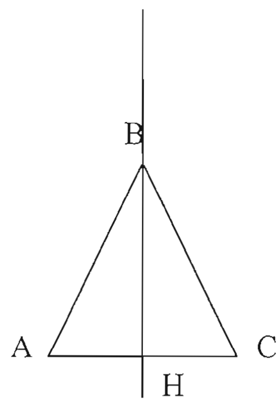


Ou bien "soit un angle ABC" pourrait tout aussi bien être construit de cette façon par les élèves



Ceci est pris en compte a priori dans toutes les épreuves, les lettres ont été placées sur les figures. Dans le jeu, les élèves appelés à formuler un message à partir d'une figure donnée pourraient bien ne pas prendre en compte cette convention de l'ordre des lettres dans la description d'une figure.

Une autre difficulté apparaît aussi lorsque la figure qu'ils doivent représenter fait appel à un enchevêtrement de plusieurs figures. Dans ce cas, la nouvelle construction nécessite de s'appuyer sur une construction préalable. La difficulté à repérer cet enchaînement peut conduire à des erreurs. Par exemple, si l'énoncé du problème dit " soit un triangle isocèle ABC " on trace la médiatrice de AC coupant AC en H, cette deuxième construction pourrait être difficile à réaliser pour l'élève puisqu'une des constructions dépend de l'autre.



Cette difficulté a été prise en compte dans les épreuves 2 à 8.

Tableau 3.2
Difficultés anticipées dans la recherche de l'élément géométrique générateur

Épreuve # 2 Le segment CB dépend du point d'intersection C. Le point A du diamètre AD dépend du point d'intersection des droite d_2, d_3 et d_4

Épreuve # 3 La hauteur du triangle passe par le point G. Celui-ci est un point dépendant de la construction de la médiatrice de BD
Épreuve # 4 Le rayon MN dépend de la construction préalable comme il est confondu avec l'apothème NM, l'élève peut le voir autant comme un rayon que comme un apothème. Le point O est aligné sur le point G, ce qui est difficile à voir pour les élèves.
Épreuve # 5 Le point N dépend des autres figures. Il est semi contraint. Il doit être situé entre le point milieu de CD (tangent au cercle) et un point qui sera situé sur le cercle vis-à-vis de D.
Épreuve # 6 La médiane JH dépend de la construction préalable de GI, et donc du point I tel que IJG soit un triangle isocèle.
Épreuve # 7 Le pentagone EDHGF dépend de la bissectrice AD qui évidemment doit être issue du sommet A du trapèze CBAH.
Épreuve # 8 Le point Z dépend de la construction préalable du ennéagone et le point R est libre mais est le sommet d'un triangle isocèle constitué sur la base AZ.

Une autre difficulté réside également dans le fait de désigner une figure inscrite dans une autre ou circonscrite à une autre. C'est la notion d'inscrit et de circonscrit qui n'est pas très claire pour les élèves. Ces derniers ont de la difficulté à décrire dans ce cas ce qu'ils voient et les termes inscrit et circonscrit sont difficilement différentiables. De plus, lorsqu'une figure est inscrite dans une autre, les élèves ne sont plus en mesure de distinguer les caractéristiques propres à chacune des figures et celles qui sont communes aux deux figures. Par exemple si un cercle est circonscrit au pentagone, l'apothème du pentagone n'est pas un rayon du cercle. Certains rayons ne sont que les segments reliant le centre du pentagone et son sommet. À l'inverse si le cercle est inscrit dans le pentagone, le rayon du cercle est l'apothème du pentagone. Les épreuves 4, 5 et 8 tiennent compte de cette difficulté.

Le rayon du cercle n'est pas l'apothème du pentagone

Le rayon du cercle est l'apothème du pentagone

Figure 3.3 Emplacement de l'apothème dans les figures inscrites et circonscrites

Une autre difficulté subsiste lorsqu'il est question de décrire un certain agencement de droites parallèles, sécantes et perpendiculaires. Lorsque beaucoup de droites passent par un même point, l'élève a de la difficulté à les distinguer. Par exemple, la figure 3.4 présente deux droites parallèles AB et CD coupées par une sécante AE et par une autre droite sécante AF. Les élèves auront de la difficulté à décrire la droite sécante AE par rapport aux autres droites. Ils la situent n'importe où sans tenir compte du point A, quitte même à créer un nouveau point A. Les épreuves 2 et 3 prennent en compte cette difficulté.

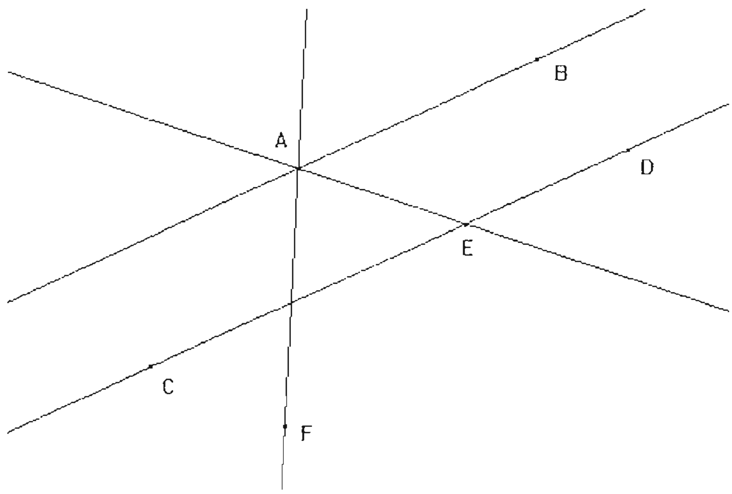


Figure 3.4 Exemple d'agencement de droites parallèles et sécantes

La difficulté à différencier dans un triangle médiane, médiatrice, bissectrice et hauteur pour les élèves est persistante. Nous l'avons reprise dans les épreuves 3, 6 et 7. La formulation de ces caractéristiques à d'autres, et la confrontation à la figure produite par les autres, peut forcer une prise de conscience par les élèves de leur différenciation, et de ce qui caractérise chacune de ces droites remarquables.

Soulignons que dans cette production (à la lumière du message formulé), l'élève n'aura pas à utiliser sa règle graduée, ni son compas pour construire les figures. L'objectif ici n'est pas en effet d'être en mesure de construire précisément les figures, de manière exacte, en ayant recours aux mesures, mais bien de travailler la communication (caractéristiques mises en jeu, positions relatives...) d'informations de type géométrique, en ayant recours à certaines caractéristiques et propriétés.

La contrainte de temps vise à éviter que le messager répète une deuxième fois ses consignes, comme nous l'avons observé dans l'expérience pilote. Elle oblige celui-ci à penser davantage à sa formulation, de manière à être efficace. L'idée de donner cinq minutes force en effet les élèves à se trouver une méthode de description efficace et à s'établir un plan de communication.

3.1.1.2.3 Analyse à priori des compétences développées par le jeu et des notions mobilisées

En jouant, l'élève, que ce soit du point de vue celui qui formule, du dessinateur ou de l'interaction qui en découle est amené à mobiliser les trois composantes de la compétence 3 du programme de mathématique (communiquer à l'aide du langage mathématique). C'est l'analyse tout au moins que nous en faisons à priori. Nous verrons dans l'analyse à posteriori si c'est bien le cas.

Premièrement, l'élève est appelé à analyser une situation mathématique (la figure qui lui est soumise) à des fins de communication. En effet, lorsque celui-ci est messager il doit organiser ses idées, structurer la démarche de communication (décomposer la figure, voir la manière possible, la plus intéressante, de communiquer l'information. Par où doit-il commencer à décrire ? Quelle est la figure qui permettrait d'engendrer les autres ? Comment celles-ci sont-elles engendrées l'une par rapport à l'autre?) Le dessinateur doit, quant à lui, reconnaître l'objet mathématique du message qu'on lui communique, et pouvoir le concrétiser (les objets mathématiques qui lui sont communiqués sont ici réappropriés, interprétés par le dessinateur qui doit les représenter sur papier).

Deuxièmement, le messager est appelé à transmettre un message à caractère mathématique, c'est à dire qu'il doit produire un discours mobilisant des connaissances mathématiques à travers, les propriétés, caractéristiques de figures par exemple, mais aussi un vocabulaire, des conventions mathématiques, afin d'être le plus précis possible dans sa description. Le dessinateur a aussi à fournir un message à caractère mathématique lorsqu'il donne des conseils au prochain messager. La minute de discussion permettra l'explication de propriétés, d'éléments à prendre en compte, de conventions, cela sera crucial pour la nouvelle formulation du message, car il est bien important pour les élèves, s'ils veulent améliorer le pointage de l'équipe, de ne pas répéter les erreurs produites ou le manque de précision d'une figure à l'autre. Le jeu permet donc de voir les réajustements qui s'opèrent dans la formulation du message d'une figure à l'autre.

Troisièmement, le messager doit choisir les éléments du langage mathématique appropriés au message. Par exemple, lorsque l'élève parle d'un x ou d'une croix, ce langage donne l'idée globale mais est plus ou moins précis. Cependant, lorsque l'élève choisit d'utiliser le vocabulaire, deux droites sécantes ou perpendiculaires, le message devient infiniment plus précis.

Ce sont donc des composantes de la compétence de communication qui sont travaillées dans ce jeu. Cette situation de communication permet l'exploitation du langage propre aux mathématiques et en fait mieux sentir la pertinence. De plus, comme les élèves doivent confronter leurs figures, lors des échanges avec leurs pairs, ils font des liens entre le point de vue des autres et le leur et ils réajustent leur message au besoin lors du prochain tour (ceci étant possible grâce à la minute dont l'équipe dispose pour se conseiller). Le messager est donc appelé à interagir avec les autres, à produire un message à caractère mathématique et à choisir les éléments du langage mathématiques appropriés au message. Le messager devra ainsi associer dans ce cas certains concepts à des termes et à des symboles mathématiques, interpréter les informations données dans la figure, valider son message (par confrontation au décodage qu'en font les dessinateurs) pour en améliorer le décodage par les autres, donc adapter son message à l'interlocuteur.

Des notions et propriétés mathématiques sont par ailleurs mobilisées dans cette tâche, de nature géométrique. Par là l'élève, obligé de faire part de sa compréhension de la figure aux autres, est amené dans cet exercice de formulation à approfondir cette compréhension. Communiquer sa figure à l'aide du langage mathématique permet à l'élève de renforcer, en les explicitant, les apprentissages de concepts géométriques qu'il a acquis durant sa scolarité. Plusieurs des figures géométriques vues durant la scolarité de l'élève (au primaire, en 1^{ière} secondaire, en 2^{e} secondaire) sont ici sollicitées, soit les triangles, les quadrilatères, quelques polygones réguliers convexes, les cercles, quelques droites remarquables telles que les médiatrices, les médianes, les bissectrices et les hauteurs, les droites parallèles, perpendiculaires et sécantes. De plus, pour se faciliter la tâche, l'élève devra être en mesure de nommer certaines caractéristiques ou propriétés de chacune des figures mathématiques qu'il utilise, comme par exemple le diamètre d'un cercle, l'apothème du polygone, la petite base d'un trapèze isocèle, deux angles opposés par le sommet, etc.

3.1.2 Le jeu *Scotland Yard*

Il s'agit dans ce cas d'une exploitation d'un jeu commercial, connu sous le nom de *Scotland Yard*, réaménagé à la lumière de l'étude pilote. Le choix de ce jeu reprend davantage dans ce cas l'idée de jeu de stratégie présenté au chapitre 2. Nous ciblions dans ce cas plus spécifiquement à travers ce choix le développement de certains raisonnements comme nous le verrons par la suite.

3.1.2.1 Règles du jeu

Voici les règles du jeu telles que décrites aux élèves par l'enseignante.

1. But du jeu :

   Un bandit s'est échappé à Londres, les policiers de la ville tentent de le capturer. Le bandit doit se cacher dans la ville à l'aide des transports en commun, soient le métro, le taxi et l'autobus. Les autres doivent essayer de le capturer en utilisant les mêmes transports.

Un élève jouera le rôle du bandit et les autres élèves joueront les rôles des policiers du *Scotland Yard.* Les policiers gagnent s'ils réussissent à attraper le bandit en 24 tentatives ou moins, sinon c'est le bandit qui gagne.

2. Matériel :

- Une planche de jeu, correspondant au plan de la ville.
- Des billets de taxis, de métros et d'autobus.
- Des pions de différentes couleurs représentant les policiers de *Scotland Yard* et un pion transparent représentant le bandit.
- Une casquette pour cacher les yeux de celui qui jouera le rôle du bandit. Celle-ci permet de camoufler le regard du bandit, afin de ne pas donner aux policiers d'indices sur la zone de la ville vers laquelle se dirige le bandit.
- Une tablette de parcours permettant de garder une trace des billets utilisés par le bandit.

3. Règlements :

a) Chacun des déplacements des participants se fait en métro, en autobus ou en taxi. Sur la planche de jeu, les différents transports en commun sont indiqués par un code de couleur soit :

- Le bus : ligne bleue, arrêts : points colorés en bleu
- Le métro : ligne discontinue orange, stations : points colorés en orange
- Le taxi : ligne blanche, arrêts : points colorés en blanc

Un trajet débute sur un point et se termine sur un point de la même couleur. Par exemple (voir appendice G):

- À partir du point 170, on ne peut prendre que le taxi car le point est blanc. On peut se rendre à tous les points colorés en blanc reliés par un trait avec le point 170, soient les points 159, 157 (même s'il y a du bleu) et même 185
- À partir du point 157, on peut prendre le taxi pour aller au 156, au 158 ou au 170, mais pas au 133, car il n'y a pas de tracé blanc entre les deux points. Comme il est peint en bleu, le point 157 est aussi une station d'autobus, donc on peut prendre l'autobus pour se rendre au point 133 ou 185. Mais on ne peut se rendre au 170 en autobus car le point 170 n'est pas peint en bleu.
- À partir du point 185, on peut prendre les trois moyens de transport car il y a aussi de la couleur orange. Le métro se rend au 128 ou au 153.

b) Pour débuter les policiers ont droit à 10 billets de taxis, 8 billets d'autobus et 4 billets de métro. Le bandit a un nombre illimité de billets.

c) L'endroit de départ de tous les joueurs est indiqué sur de petits cartons noirs. Ils sont tirés au hasard, tous les policiers indiquent l'endroit où ils débutent en plaçant leur pion sur cette case. Évidemment le bandit ne dévoile pas où il se trouve au départ.

d) La partie peut débuter. Il y a 24 coups possibles. Les policiers ont donc 24 coups pour trouver le bandit.

e) Le bandit débute et doit changer de place. Son coup reste inconnu des policiers, il le marque seulement sur son tableau de parcours. Il inscrit le numéro du point sur lequel il se rend dans la première fenêtre. Il couvre son inscription avec le billet qu'il a utilisé pour faire ce trajet. Avec le billet il indique aux policiers quel moyen de transport il a employé. (Il n'est pas nécessaire qu'il inscrive son point de départ, sa carte de départ étant justificative.) Tous peuvent voir ce tableau de parcours, il donne une trace des moyens de transport utilisés par le bandit. Par exemple disons que le voleur débute au point 136 (point non connu des policiers), il peut se rendre à 4 endroits différents. Il inscrit seulement le moyen de transport utilisé. Par exemple, s'il veut se rendre à la station 162, il met un billet taxi et cache son emplacement.

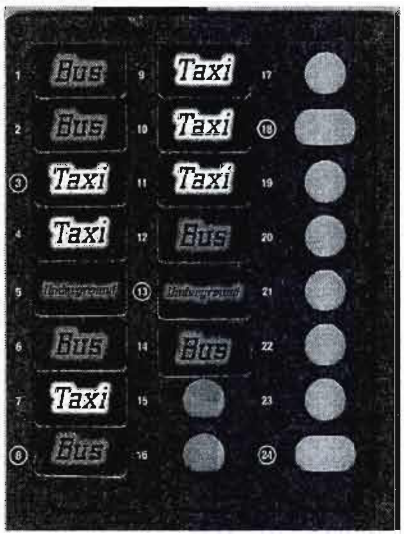


Figure 3.5 Tableau de parcours du voleur

f) Aux 3ième, 8ième, 13ième, 18ième coups, le bandit doit dévoiler l'endroit où il se trouve.

3.1.2.2 Analyse préalable du jeu

3.1.2.2.1 Choix didactiques sous jacents à l'élaboration du jeu

Nous avons choisi le jeu *Scotland Yard* pour le potentiel qu'il présente pour le développement du raisonnement en mathématique, notamment du raisonnement déductif et du raisonnement combinatoire. Chacun des mouvements effectués par les joueurs engendre en effet de nouveaux déplacements possibles. Tout le long du jeu, le raisonnement devient de plus en plus difficile, puisqu'à partir du moment où l'on sait où se trouve le bandit, à chaque coup suivant les possibilités d'emplacement se multiplient. Heureusement, si les policiers perdent la trace du bandit, ils ont toujours la chance de se reprendre puisqu'à tous les cinq coups le bandit se dévoile laissant ainsi l'occasion de recommencer la poursuite.

3.1.2.2.2 Justification à l'appui des choix didactiques

Le jeu initial, tel qu'on le retrouve dans le commerce, présente d'autres règlements tels le recours possible à d'autres moyens de transport (le bateau), à des coups doubles (où le bandit peut utiliser deux transports de suite), ainsi que des coups mystères (le bandit n'est pas obligé de donner l'information sur le moyen de transport qu'il a utilisé). Nous avons décidé, à la lumière d'expérimentations préalables, de simplifier le jeu et de supprimer ces autres règlements afin de traquer avec plus de facilités le bandit. Ainsi, nous avons limité les déplacements du bandit afin de pouvoir vérifier si les élèves utilisaient le mode déductif pour le retracer, car après quatre déplacements les possibilités d'emplacements du bandit deviennent trop grandes. Nous avons réduit les déplacements du bandit aux seuls moyens de transports suivants : le métro, le taxi et l'autobus. Le bateau ainsi que le coup double y seront interdits. Nous avons voulu réduire davantage les options du bandit afin de minimiser les nombreuses possibilités du jeu original. Les combinaisons ainsi engendrées seront de beaucoup restreintes. L'idée ici est de vérifier si les élèves sont aptes à mettre en branle un raisonnement combinatoire ou déductif, et non de voir s'ils se débrouillent avec la manipulation de nombreuses informations.

3.1.2.2.3 Analyse à priori du jeu sous l'angle des compétences développées par le jeu et des notions mobilisées

Pour découvrir le bandit, les élèves qui jouent le rôle des policiers doivent se soutenir et collaborer entre eux pour y parvenir. Une cohésion et une forte coopération doivent exister entre eux pour piéger le fugitif. Ils doivent apprendre à se concerter et à communiquer adéquatement leurs points de vue sur les possibilités d'emplacements du bandit, afin de prendre une décision mutuelle éclairée. On rejoint ici la compétence transversale de coopération (MELS, 2003).

Le jeu développe surtout la compétence à déployer un raisonnement en mathématiques. Plusieurs raisonnements y sont en effet sollicités, un raisonnement de type combinatoire, un raisonnement de type déductif ainsi que le recours à des conjectures. Voici de quelles façons.

Le raisonnement de type combinatoire (dans le sens ici d'une description systématique des combinaisons possibles de parcours) est fortement sollicité puisque les possibilités se multiplient à chaque tour dans le jeu. Par exemple, si le bandit se trouve au point 40 et qu'il prend l'autobus, il peut se trouver à 3 endroits différents (36, 41, 42). S'il prend le taxi le tour suivant, il peut se trouver maintenant à 7 endroits différents (28, 35, 37, 43, 44, 45, 46). Du point 40, en deux tours, il y a donc plusieurs chemins possibles.

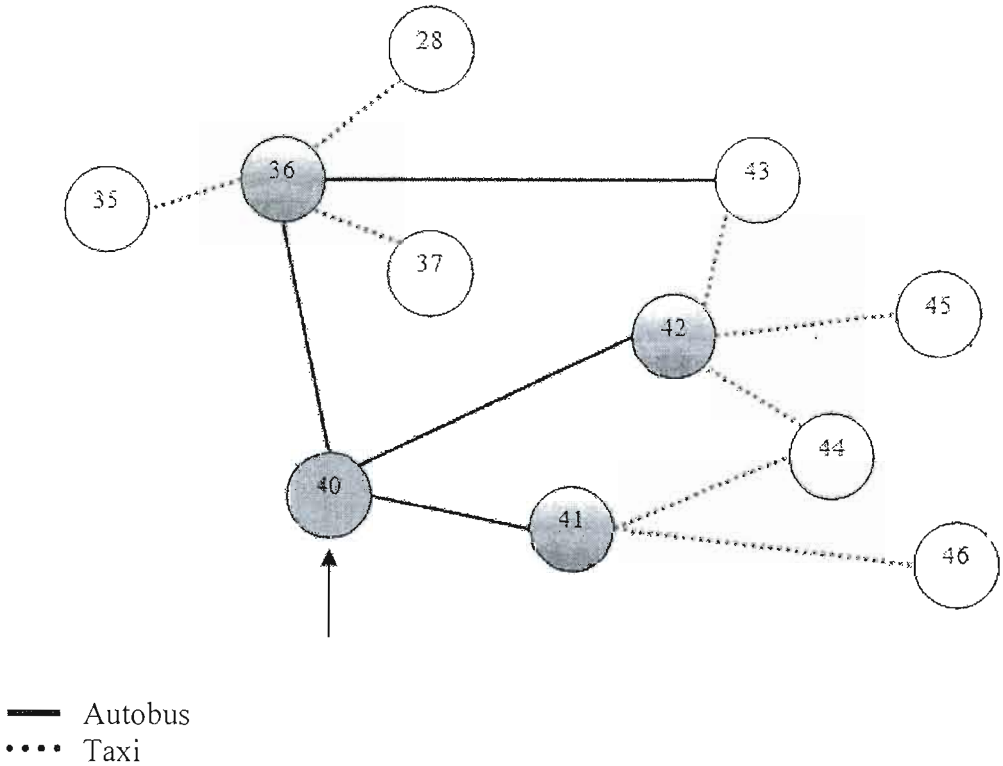


Figure 3.6 Représentation sous forme de graphe d'une section de la carte du jeu *Scotland Yard*

Le raisonnement de type déductif y est aussi mobilisé. À la suite de plusieurs étapes, l'élève peut en effet déduire (en se servant des informations des étapes précédentes) où peut se trouver le bandit. L'élève qui est policier doit tenter de convaincre ses collègues pour faire front commun afin de découvrir le bandit. Il devra argumenter correctement et mobiliser son raisonnement déductif. Le jeu prédispose parfois à un raisonnement plus intuitif mais il permet aussi à l'élève de raffiner cette déduction. Les policiers ont l'intuition que le bandit se dirige dans une direction précise (sans aucune preuve) mais après avoir comptabilisé les possibilités au préalable, les élèves suivent leur intuition en choisissant l'une des destinations possibles.

L'élève établit des conjectures. Il doit analyser les conditions de la situation à chacun des tours du jeu et peut faire des hypothèses sur l'endroit où il devra se rendre pour contrer le bandit, et sera amené à réajuster ces conjectures. Par exemple (voir figure suivante), si le bandit débute à la station 160, et qu'il prend un taxi et par la suite un métro, s'il prend un taxi, il peut être aux stations 143, 161,173 ou 128 (conjecture). Comme il prend un métro par la suite, il n'a pas le choix il doit être à la station 128 puisque c'est la seule qui est une station de métro (réajustement de conjecture)

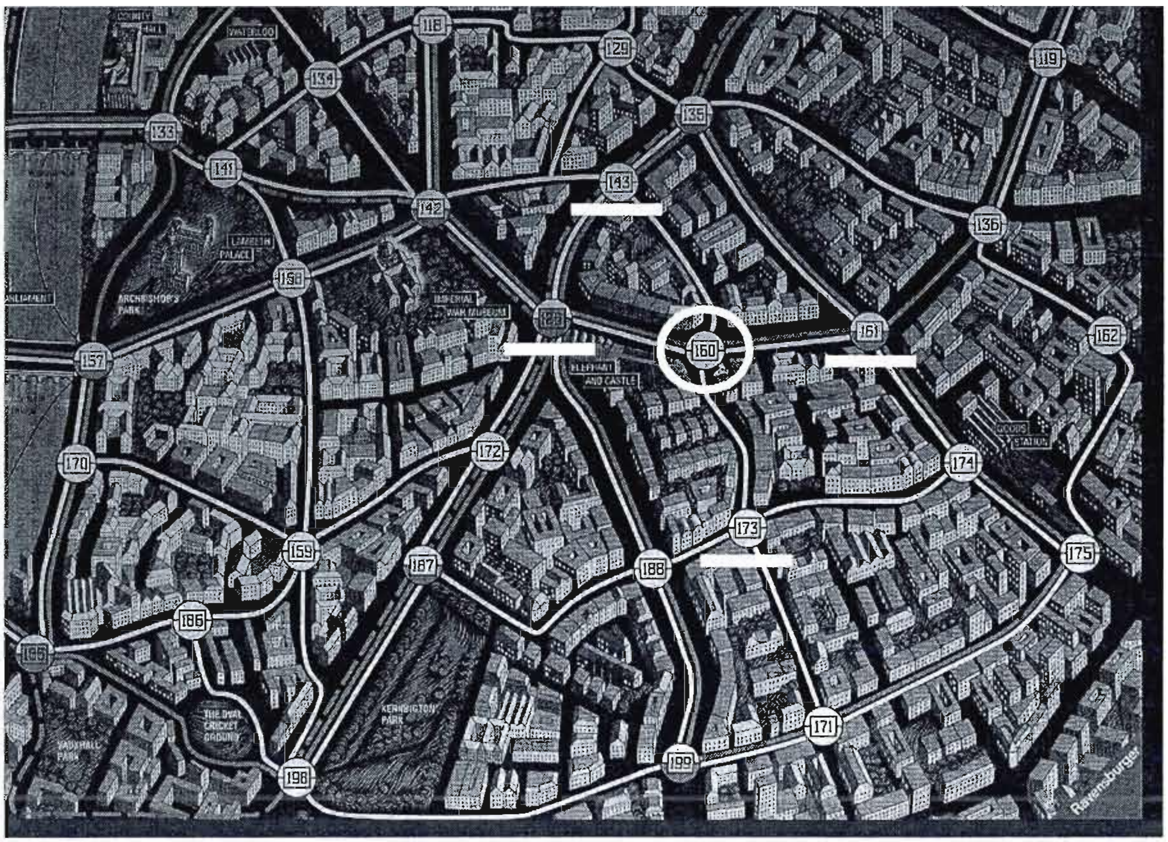


Figure 3.7 Planche de jeu de *Scotland Yard*

Le jeu de *Scotland Yard* est un support visuel proche de systèmes de représentation utilisés en mathématiques (arbres de choix, graphes), qui permet à l'élève de décrire différentes possibilités, faire des conjectures, les valider, déduire...

Donc la compétence disciplinaire « déployer un raisonnement mathématique » est sollicitée dans l'exercice de ce jeu, car les participants sont appelés à y mobiliser un raisonnement de type combinatoire, à faire des conjectures et à les vérifier par la simulation pour tenter de recréer le trajet du bandit, à déduire les trajets possibles du bandit... Le raisonnement y est très complexe et une organisation solide s'impose d'elle-même pour supporter ce raisonnement (recours à un schéma, à une représentation pour garder trace des déplacements des uns et des autres). Nous nous attendons à ce que les élèves ressentent le besoin de prendre un crayon et de faire les chemins possibles afin de s'aider dans cette tâche. Le recours à un système de représentation est donc sollicité pour supporter le raisonnement. Les compétences transversales de coopération et le recours à des méthodes de travail efficaces y sont aussi essentiels. Afin de garder toujours une trace plausible de l'ennemi à capturer, les élèves doivent se donner des méthodes de travail efficaces.

3.1.3 Le jeu *Transfométrie*

C'est un jeu, faisant appel à des notions mathématiques précises, dans ce cas les transformations géométriques. Celui-ci force, de plus, le développement de stratégies. L'élève doit anticiper des transformations géométriques possibles, anticiper leurs effets, et faire un choix approprié de transformation à appliquer. Ce jeu rejoint donc, comme le précédent, les jeux de stratégie explicités dans le chapitre 2.

3.1.3.1 Règles du jeu

- *Transfométrie* se joue à deux, le premier joueur est déterminé au hasard. Chacun des joueurs doit placer son pion sur l'espace « maison » de la couleur de son pion déterminé par une flèche peinte sur la planche. (fig. 3.10) Le gagnant est celui qui arrive à placer son pion sur l'espace « maison » du joueur situé en face de lui.
- Chaque joueur doit piger au départ cinq cartes, et en piger une nouvelle à chacun des tours de table. Ces cartes présentent une transformation géométrique par exemple T (3, 4), Le joueur doit toujours avoir en sa possession cinq cartes. S'il oublie de piger une carte, il doit continuer le reste de la partie avec seulement quatre cartes.
- Pour se déplacer, chaque joueur retourne à tour de rôle une de ses cartes, et bouge son pion de la façon qui lui est indiquée sur sa carte.
- Les joueurs adverses sont les vérificateurs: si un joueur fait une erreur, celui-ci devra passer son tour.
- Dans le cas où l'on ne peut jouer aucune des cartes en sa possession, car aucun des mouvements n'est possible sans que le pion ne sorte de la planche de jeu, il faut jeter une carte, en piger une autre et passer son tour.

3.1.3.2 Analyse préalable du jeu

3.1.3.2.1 Choix didactiques sous jacents à l'élaboration du jeu

Nous avons, lors de la construction du jeu, tenu compte de plusieurs variables didactiques que nous expliquerons ci-dessous.

Tout d'abord, le pion a la forme d'une flèche et non celle d'une figure régulière (cercle ou rectangle par exemple). Ce choix n'est pas anodin. Il vise à permettre à l'élève de visualiser les transformations. La forme utilisée permet à l'élève de voir l'orientation de la figure. Un rectangle ou un cercle aurait en effet réduit la visualisation des réflexions et des rotations. Par exemple, une rotation de 180° sur un rectangle ne permet pas de distinguer où est rendu chacun des sommets, avec une figure sous forme de flèche on le discerne.

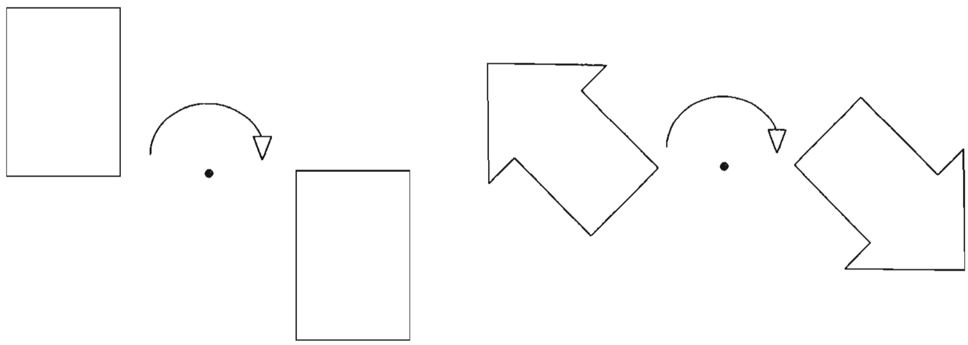


Figure 3.8 Comparaison du résultat de la rotation de 180° de deux figures

Le choix de l'emplacement de départ et d'arrivée sur le jeu est dicté par un souci de confrontation de points de vue entre les adversaires, de prise en compte des stratégies des uns et des autres, que l'on souhaite voir apparaître. Les élèves sont forcés de se croiser et d'interagir entre eux. Si le point de départ avait été l'origine dans le plan cartésien chacun aurait été absorbé par son jeu dans son coin, et l'interaction entre les différents jeux n'aurait pas été provoquée. L'emplacement de l'arrivée sur le jeu vise de plus à obliger le joueur à utiliser des cartes de symétries ou de rotations pour changer de sens et de direction.

De plus, nous avons choisi une figure pleine afin de limiter le recours à un raisonnement point par point par l'élève. La figure pleine permet une vue d'ensemble de l'isométrie effectuée. Si on regarde attentivement, la base de la flèche ne tombe pas sur des nombres entiers ce qui n'empêche pas l'élève de faire du point par point mais qui complexifie cette façon de faire.

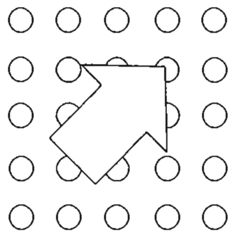


Figure 3.9 Disposition du pion sur la planche du jeu *Transfométrie*

Le plan cartésien retenu vise à ce que l'élève travaille avec des translations dans tous les quadrants. Lors de la confection des cartons de transformations, nous avons tenté de mettre de manière équitable des translations, des symétries et des rotations pour éviter que les élèves ne soient tentés de n'utiliser qu'une seule transformation. Nous avons de plus inséré autant de symétries axiales par rapport aux axes obliques (une des bissectrices des quadrants 1-3 ou 2-4) que de symétries par rapport aux axes des abscisses ou des ordonnées.

Par ailleurs, en plus de décoder comment fonctionne le jeu et d'y jouer, les élèves doivent modifier les règlements afin d'améliorer le jeu. Ce nouveau guide des règlements nous permettra de voir la compréhension globale qu'ont les élèves des transformations géométriques dans le plan cartésien et du jeu. Si l'élève a bien compris le jeu, il devra tenir compte de certains règlements manquants. Par exemple, si un joueur débute par une rotation de 180° de centre O, ou par une réflexion par rapport à une des bissectrices des quadrants 1-3 ou 2-4, il gagne immédiatement, ce qui n'est évidemment pas souhaitable. De plus, ils devront développer un mode d'emploi à l'intérieur duquel seront expliquées les transformations géométriques dans le plan, et dans une autre section les stratégies gagnantes qu'ils ont utilisées. Cette étape subséquente nous permettra de mieux cerner les apports du jeu chez les élèves au niveau des connaissances et des compétences qui y auront été mobilisés.

3.1.3.2.2 Justification à l'appui des choix didactiques

Nos choix reposent sur des observations préalables réalisées au cours de notre enseignement, et qui mettent en évidence certaines difficultés que rencontrent les élèves.

Les élèves ont plus ou moins de difficulté à effectuer des translations dans le plan. Les translations positives s'effectuent relativement bien, quant aux translations négatives, certains élèves ont tendance à inverser l'abscisse et l'ordonnée, et ce, surtout dans le quadrant III. Par exemple lorsque, l'élève se trouve sur le point (-2, -4) et qu'il doit effectuer une translation T (-3, -4), il lui arrive d'inverser les abscisses et les ordonnées et de se trouver au point (-6, -5). Nous avons tenu compte de cette difficulté en augmentant le nombre de cartes ayant des transformations négatives.

Les élèves ont de la difficulté à effectuer des rotations. Ils ont de la difficulté à visualiser l'orientation et l'emplacement final que prendra la figure après cette rotation. Le transfert de quadrant s'effectue plutôt bien, ils savent dans quel quadrant se retrouvera l'image, mais ignorent totalement dans quelle position se retrouvera la figure. Par exemple, l'erreur fréquente faite par les élèves lorsqu'ils effectuent une rotation de 180° de centre O est montrée à la figure 3.11. Les élèves effectuent une symétrie par rapport à l'axe des ordonnées plutôt qu'une rotation.

L'élève peut bouger la planche de jeu, comme dans cette illustration.

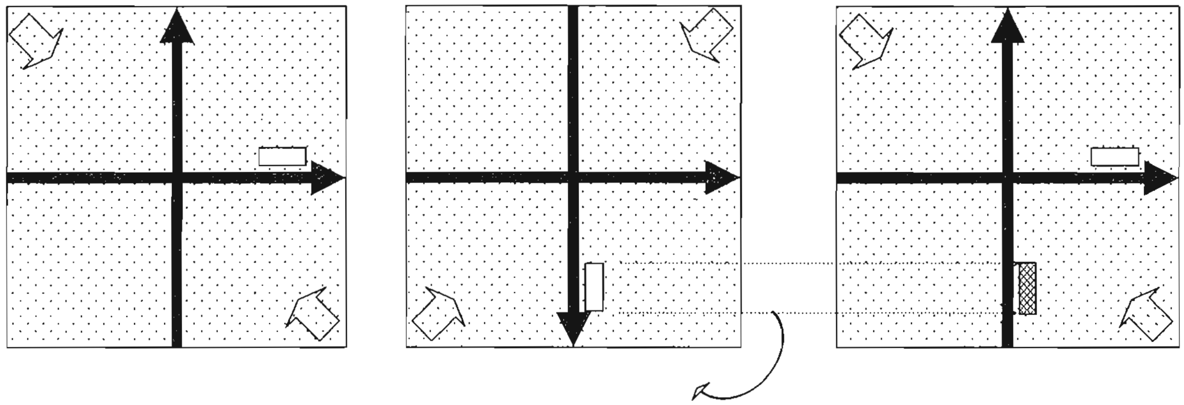


Figure 3.10 Déplacement de la planche de jeu pour visualiser une rotation

Ce simple mouvement permettra de bien visualiser où se retrouvera l'image en question. Peu à peu, l'élève pourra abandonner cette « béquille » et sera en mesure de reconstruire mentalement ce mouvement. Nous espérons éviter ainsi que l'élève ne se serve des formules données dans les manuels scolaires, ces dernières ne reposant sur aucune compréhension de leur part.

$$\boxed{\begin{array}{c} r\,(O, 90°) : (x, y) \rightarrow (-y, x) \\ r\,(O, 180°) : (x, y) \rightarrow (-x, -y) \\ r\,(O, 270°) : (x, y) \rightarrow (y, -x) \end{array}}$$

Celles-ci prises hors contexte et sans être développées par les élèves enlèvent en effet tout sens à la rotation. Les élèves perdent la trace du mouvement pour ne conserver que les points d'arrivée des rotations. Nous voulons que les élèves comprennent la signification de la rotation, visualisent le centre et l'angle de la rotation et non qu'ils appliquent une formule.

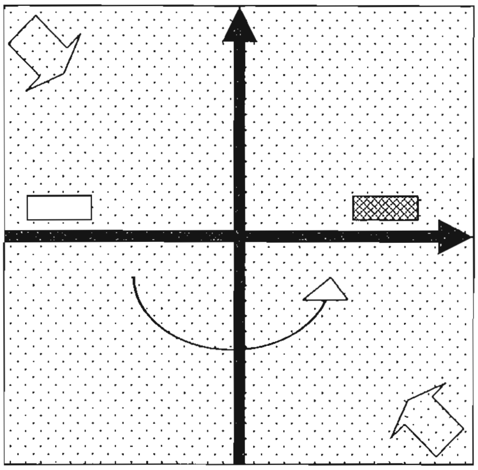


Figure 3.11 Erreur fréquente lors d'une rotation de 180°

La même difficulté apparaît chez l'élève lorsque celui-ci doit effectuer une symétrie par rapport à un axe oblique, dans notre cas une des bissectrices des quadrants 1-3 ou 2-4. La visualisation de la symétrie, lorsque les axes sont obliques est très difficile pour les élèves. En effet, l'élève aura tendance à effectuer sa symétrie sur l'origine (symétrie par rapport à un point) et non sur la diagonale. Les élèves qui seront en mesure de se représenter mentalement la symétrie par rapport à l'axe oblique seront souvent portés à faire du point par point plutôt qu'à effectuer la transformation globalement. L'illustration suivante montre les deux principales erreurs observées soit de faire une translation ou de faire une rotation de 180°.

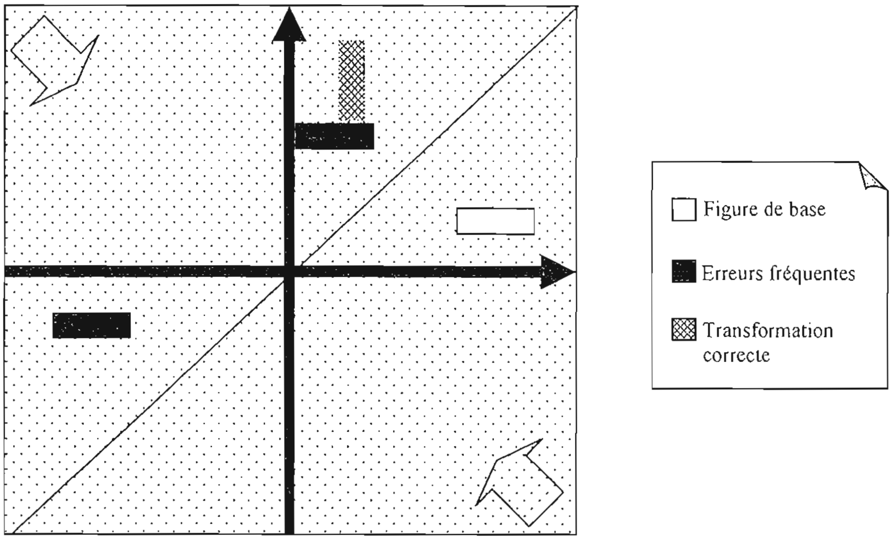


Figure 3.12 Erreur fréquente lors d'une symétrie axiale

3.1.3.2.3 Analyse à priori du jeu sous l'angle des compétences développées par le jeu et des notions mobilisées

Ce jeu force une décentration pour être en mesure de prendre en compte le jeu de l'adversaire. Pour chacun des déplacements effectués par le joueur, celui-ci doit en effet tenir compte de ce que l'autre joueur tentera de faire au coup suivant. À un niveau avancé du jeu, le gagnant sera celui qui réussira à nuire le plus possible à l'adversaire, en choisissant les cartes de manière à le ralentir. En plus de se décentrer de son jeu, l'élève développera l'habileté à anticiper les stratégies adverses et à choisir la stratégie appropriée en fonction de celles-ci. Par exemple, si un des adversaires se trouve près de gagner, il serait intéressant d'aller à l'arrivée de celui-ci, l'empêchant ainsi d'arriver. L'élève qui veut gagner doit faire preuve de discernement il doit chercher et mettre en place une stratégie gagnante. Par exemple, il peut tenter de se mettre dans le chemin de l'adversaire et ainsi limiter ses choix d'emplacement. Il doit développer et élaborer une solution optimale permettant de se rendre rapidement à l'arrivée tout en nuisant à l'adversaire. Ces habiletés travaillées dans le jeu peuvent être rapprochées (même si nous ne travaillons pas dans ce cas sur des problèmes) de la compétence à résoudre une situation problème sous plusieurs aspects. Par exemple, lorsque le joueur aura à élaborer une solution pour se rendre à son but ou pour nuire à l'adversaire, ou qu'il aura à penser à différentes stratégies possibles (selon ses différents choix de cartes), ou à anticiper les résultats ou le coup de l'autre joueur, il fait une démarche semblable à celle que l'on retrouve face à un problème en mathématique.

Au début du jeu, l'élève n'a pas vu la notion de transformation géométrique dans le plan cartésien et c'est un jeu qui lui est totalement inconnu puisqu'il a été créé pour ce travail. Donc, pour apprendre à jouer, l'élève doit décoder l'information en ayant recours à ce qu'il a vu antérieurement (les transformations géométriques construites à l'aide de la règle et du compas) et la réinvestir afin de l'appliquer dans le plan cartésien. Pour se faire, il doit décoder l'information contenue sur les cartes à jouer. Ce sont là encore des habiletés qui s'approchent de certaines composantes de la compétence à résoudre une situation-problème.

Durant le jeu, il doit appréhender le jeu de l'autre en plus de son propre jeu, mobiliser les concepts pertinents. L'élève doit s'installer dans une certaine compréhension des transformations géométriques dans le plan cartésien afin de choisir, non seulement la meilleure pour lui, mais aussi éviter de donner la chance à l'adversaire d'utiliser une bonne transformation. Il doit s'organiser, à cette fin, anticiper différentes stratégies possibles de déplacement pour faire un choix approprié. S'organiser signifie coordonner plusieurs informations simultanément (les positions respectives des deux joueurs, les déplacements possibles, les plus intéressantes pour avancer dans le jeu ou pour nuire à l'adversaire), construire et structurer à partir de celles-ci une démarche: il doit voir rapidement ce qu'il pourrait faire, anticiper l'image de chacun des déplacements possibles, voir surtout le résultat de la composition de transformations, et choisir l'ordre dans lequel faire ces transformations.

Après le jeu, l'élève doit concevoir un mode d'emploi expliquant les transformations géométriques dans le plan cartésien, il doit donc expliciter celles-ci, par écrit en tenant compte du destinataire (des gens ne sachant pas effectuer des transformations géométriques dans le plan cartésien). Ce mode d'emploi doit de plus contenir des explications des stratégies gagnantes. Les élèves doivent donc expliciter leur démarche. Ils doivent apprécier l'efficacité des stratégies qu'ils ont employées en comparant leur solution avec celle de leurs pairs. Quelle a été la meilleure stratégie?

Finalement les élèves doivent modifier les règlements. Ils doivent donc avoir une compréhension globale de la tâche à réaliser.

Les notions mathématiques travaillées sont celles des transformations géométriques, ici directement mobilisées. La compréhension de ce qu'elles signifient dans l'action, la visualisation de celles-ci ainsi que leur orientation dans le plan cartésien sont à l'œuvre dans le jeu.

3.2 La séquence de jeux telle qu'expérimentée

La séquence d'expérimentation que nous avons privilégiée comprenait d'abord des situations pré-tests (voir 3.2.2), puis une séquence de deux jeux expérimentés avec quatre élèves (voir 3.2.3) et finalement des situations post-tests (voir 3.2.4). Mais d'abord jetons un regard sur l'étude pilote effectuée préalablement.

3.2.1 L'étude pilote : le potentiel du jeu

Nous avons effectué une étude pilote et développé trois jeux à caractère mathématique, *Dis-moi ce que tu vois, Transfométrie* et *Scotland Yard.* Le développement des jeux et le raffinement de ceux-ci ont pu être effectués, après une pré-expérimentation réalisée avec trois groupes d'élèves dans trois écoles différentes en deuxième secondaire.

Nous avons essayé pour la première fois les jeux à l'école secondaire Trois Saisons, avec une clientèle d'élèves favorisés. Nous avons remarqué que les élèves ont eu beaucoup de plaisir et nous sentions que nous étions sur une piste intéressante. Nous avons tout d'abord essayé, avec quatre élèves choisis sur une base volontaire, la situation de communication *Dis-moi ce que tu vois* sans que celle-ci ne soit réellement un jeu, mais bien plus une tâche complexe. Il n'y avait en effet ni gagnant ni perdant. Cette situation nous a inspirée le Tournoi *Dis-moi ce que tu vois*. De plus, nous avons testé une première fois le jeu *Transfométrie* que nous venions de créer. Plusieurs difficultés sont ressorties de cette première tentative, et nous avons fait quelques modifications dans les règlements du jeu.

La deuxième expérimentation s'est déroulée à l'école secondaire de l'Odyssée, avec une clientèle d'élèves défavorisés, nous avons modifié les situations afin qu'elles remplissent les conditions d'un jeu, de manière à ce qu'il y ait un gagnant et un perdant, des règles à respecter et un enjeu dans chacune des situations. Nous avons ainsi transformé la situation de communication en tournoi *Dis-moi ce que tu vois*. Nous avons constaté que les élèves ont semblé plus intéressés à se donner des stratégies afin de faire gagner leur équipe. De plus, nous avons raffiné le jeu *Transfométrie* en mettant aussi en place une compétition.

La troisième expérimentation s'est déroulée à l'école secondaire Armand Corbeil, avec une clientèle régulière. Nous avons reconduit les deux précédents jeux en ajoutant le jeu *Scotland Yard*.

Nous reviendrons maintenant sur l'expérimentation définitive réalisée à la lumière de cette pré-expérimentation. Nous y expliciterons la séquence de jeu expérimentée, ainsi que les situations diagnostiques élaborées en début et fin de séquence pour suivre l'évolution des élèves.

3.2.2 Le portrait initial des élèves – les situations diagnostiques de départ

Les situations expérimentées au départ ont comme objectif de diagnostiquer d'une part les compétences de communication de l'élève (en lien avec le premier jeu) et d'autre part de raisonnement logique (en lien avec le deuxième jeu).

3.2.2.1 Une figure à décrire

Dans le premier cas, nous avons distribué une figure aux élèves et leur avons demandé de la décrire, cette description devant permettre à quelqu'un d'autre de la reproduire. Les élèves devaient donner cette description par écrit. Voici la figure à décrire. Celle-ci comporte trois figures de base, la position relative de chacune des figures les unes par rapport aux autres étant assez complexe.

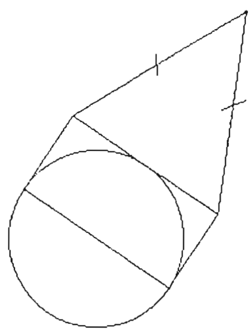


Figure 3.13 Figure du prétest

Ainsi, le grand côté du rectangle et le diamètre du cercle ne font qu'un et le petit côté du rectangle a la même mesure que le rayon du cercle. Il y a de plus un triangle isocèle, dont le côté, qui n'est pas congru aux deux autres, coïncide avec le long côté du rectangle.

3.2.2.2 Le problème « Les pépés »

L'objectif visé par le jeu *Scotland Yard* est le développement de la compétence à déployer un raisonnement mathématique. Nous y visons entre autres le développement du raisonnement déductif. Nous avons choisi de donner aux élèves au départ un problème de logique pour évaluer leur raisonnement logique sur un problème assez simple. Voici le problème donné aux élèves

> **Les anciens**
> Sur la grande place de leur village provençal, quatre pépés bavardent. Arsène, Ernest, Isidore et Oscar sont assis côte à côte sur un banc, à l'ombre. Ils ne se sont pas assis au hasard. Ainsi Ernest ne voisine pas Arsène ou Isidore, qui ne sont pas ses meilleurs amis. Isidore ne côtoie pas Oscar, car celui-ci mange trop d'ail. Ernest, quant à lui, n'a personne à sa gauche, car il est sourd de l'oreille gauche. Quelle est la disposition la plus logique des anciens sur leur banc?

3.2.3 La séquence de jeu

Les jeux ont été expérimentés pour la recherche auprès d'un groupe de quatre élèves. Le jeu *transfométrie* n'a pas été retenu pour l'expérimentation. En effet, lors de la séquence, nous avons perdu deux élèves qui participaient à l'activité; une a été hospitalisée et l'autre a changé d'école. Les deux autres membres de l'équipe n'ont pas eu dans ces conditions la motivation de continuer. Nous avons dû retirer ce jeu de l'expérimentation définitive

3.2.3.1 Le tournoi *Dis moi ce que tu vois*

L'ordre de la séquence a été établi selon les compétences travaillées. Le fait de travailler la compétence de communication dès le départ est en effet un atout dans l'autre jeu puisque les élèves auront à rendre compte dans celui-ci des différentes stratégies qu'ils ont utilisées, à expliciter leurs raisonnements, ou à justifier les positions qu'ils émettent. Nous avons débuté par le tournoi *Dis-moi ce que tu vois*, qui évidemment est le jeu qui est conçu pour développer cette compétence, puisqu'il touche à différents aspects de la compétence de communication soit analyser une situation de communication, produire un message à caractère mathématique et interpréter des messages à caractère mathématique. Ce jeu, joué dans un premier temps, tel que cela a été indiqué précédemment (voir 3.1.1) a été repris par la suite à deux autres reprises, d'abord sous forme écrite (voir 3.2.3.1.1), puis de nouveau sous forme orale (voir 3.2.3.1.2) avec de nouvelles figures.

3.2.3.1.1 Le jeu *Dis-moi ce que tu vois*: version papier en équipe de deux

Dans la séquence, nous avons demandé aux élèves de décrire à nouveaux d'autres figures. Nous avons développé à cette fin quatre nouvelles figures. Les élèves étaient en équipe de deux, chacune de celles-ci était en compétition avec l'autre. L'équipe gagnante était celle qui réussissait le mieux possible à décrire une figure proposée par l'enseignante. Ils devaient donc par étapes successives.

- Décrire chacun une figure à l'aide d'instructions écrites qu'ils devaient composer eux-mêmes (de manière à ce que le partenaire soit en mesure de la reproduire sur une feuille le plus exactement possible).
- Donner la description afin que son coéquipier la dessine.
- Confronter le message formulé à la figure produite par le coéquipier.
- Reformuler le message de départ ensemble.

Voici les quatre figures retenues.

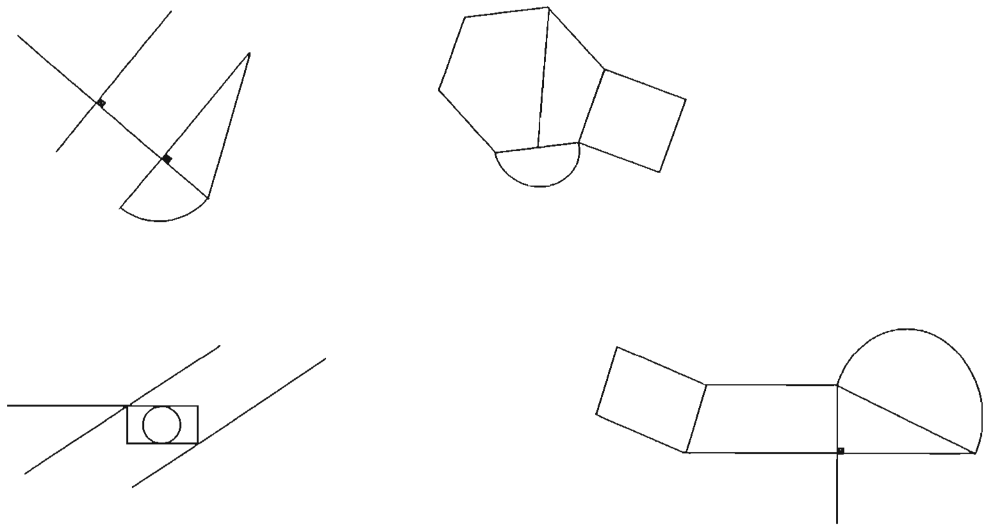


Figure 3.14 Figures retenues pour le jeu version papier

3.2.3.1.2 Autre jeu de communication *figures cachées*

Cette nouvelle situation de communication permet de raffiner la formulation des élèves lors d'une communication mathématique collective en classe.

- Un élève doit sortir de la classe.
- Durant ce temps les autres élèves construisent une figure complexe, qu'ils créent à l'aide de figures cartonnées de leur choix, préalablement découpées. (Il y avait des triangles isocèles, scalènes et équilatéraux, des triangles rectangles scalènes et un triangle rectangle isocèle, des rectangles, des carrés, des cercles, des demi et des quarts de cercle, un pentagone, un hexagone, un heptagone, un octogone, un ennéagone, un décagone, un hendécagone et finalement un dodécagone.) Ils cachent par la suite la figure construite.
- L'élève qui était sorti revient en classe

- Les autres élèves lui donnent les instructions nécessaires pour qu'il puisse reconstituer la figure qu'ils ont préalablement construite à l'aide des figures cartonnées préalablement découpées.

Après avoir expérimenté ces différentes situations de communication, un deuxième type de jeu a été exploité avec les élèves, le jeu *Scotland Yard.*

3.2.3.2 Scotland Yard

Celui-ci vise le développement de raisonnements déductifs, combinatoires et la formulation de conjectures (voir 3.1.2. pour la description plus précise du jeu). La compétence de communication y est encore mobilisée car les élèves doivent expliquer leur raisonnement et tenter de convaincre les autres membres de l'équipe de la validité de ce qu'ils avancent.

L'enseignante (l'auteure de ce mémoire) a expliqué le jeu aux élèves. Ceux-ci ont joué une première fois sous sa supervision (séance filmée) et trois fois sans elle (séances 2, 3, 4). Ces jeux libres se sont déroulés sur l'heure du midi dans la cafétéria. Les élèves venaient chercher la planche de jeu préalablement. La dernière partie s'est déroulée de nouveau sous la supervision de l'enseignante (séance filmée). Nous pouvions ainsi voir l'évolution des élèves de la première partie à la dernière partie, et observer les nouvelles stratégies mises en branle.

Une fois cette séquence expérimentée, de nouvelles situations ont été expérimentées permettant de rendre compte de l'évolution des élèves sur le plan des deux compétences plus particulièrement sollicitées par les jeux *Dis-moi ce que tu vois* et *Scotland Yard.*

3.2.4 Portrait final de élèves

Pour cerner le potentiel des jeux et l'évolution des élèves, nous avons demandé aux élèves de recommencer le tournoi.

3.2.4.1 Tournoi prise 2

Celui-ci a été expérimenté en modifiant une des contraintes : nous les avons contraints à prendre deux minutes de plus avant de formuler leur message (leur laissant le temps d'y penser au préalable). Les figures proposées étaient les mêmes que lors du premier tournoi (voir 3.1.1.2.1) et les élèves ont dû décrire exactement les deux mêmes figures. La reprise du tournoi se veut une façon pour nous de prendre le pouls des élèves quant à la compétence de communication.

3.2.4.2 Problèmes de logique

Nous avons passé par la suite quatre situations aux élèves. L'objectif était de voir leur évolution sur le plan de leur raisonnement déductif. Les quatre situations retenues n'ont pas le même niveau de difficultés. La première et la seconde sont relativement simples. À l'aide de dessins, schémas, etc., les élèves peuvent les résoudre. Les deux dernières demandent une organisation plus systématique des données. L'utilisation d'un tableau ou d'un schéma sera sans aucun doute nécessaire.

1. Harmonie des genres
Dominique, Claude, Olive et Frédérique forment un sympathique quatuor. Les joueurs de flûte et de guitare sont fiancés. Ceux de piano et de violon sont frères et sœur. Les deux musiciens dont les instruments son les plus volumineux rivalisent toujours par la longueur de leurs moustaches. Les prénoms les plus courts correspondent aux instruments les plus petits. Si vous écrivez les prénoms des hommes du quatuor, combien de lettres tracerez-vous en tout?

2. Au badminton

Estelle, Marie-Hélène et Sabrina jouent en tout cinq parties au badminton. Estelle a rencontré Marie-Hélène pour la première partie. Puis, Sabrina s'est mesurée à la gagnante pour la deuxième partie. Par la suite, la perdante cède toujours sa place à celle qui est en attente.

1. Sabrina a gagné la deuxième partie.
2. Estelle a gagné la troisième partie.
3. Marie-Hélène a gagné exactement deux parties.

Au moyen de ces indices, trouvez qui a gagné la dernière partie.

3. Sports d'été

Femmes : Julie, Solange, Véronique
Sports : natation, pêche, planche à voiles, ski nautique.
Mois : juin, juillet, août.
1. À chaque mois, chacune des femmes pratique un seul sport différent d'un mois à l'autre.
2. En juin, Julie ne fait pas de planche à voiles ni de natation.
3. En juillet, Julie pratique le même sport que Véronique, un mois plus tard.
4. En août, Solange fait de la natation ou de la planche à voiles.
5. Véronique va à la pêche en juin ou en juillet.
6. En juillet, Véronique pratique le même sport que Julie en août.
7. En août, Solange pratique le même sport que Véronique en juin.
8. Seule Solange ne fait pas de planches à voiles.
9. Toutes trois font de la pêche en un mois différent.
10. En juin, Véronique fait de la natation ou de la planche à voiles.

Au moyen de ces indices, quelle femme pratique quel sport et à quel mois de l'année ?

4. Au travail!

Noms : Caroline, Céline, Louise, Martine.
Jours de travail par semaine : 3, 4, 5.
Métiers : agente de bureau, secrétaire, technicienne.
1. Deux femmes travaillent cinq jours par semaine.
2. Deux femmes sont secrétaires.
3. Caroline ne travaille pas quatre jours par semaine.
4. Céline n'est pas agente de bureau et ne travaille pas quatre jours par semaine.
5. Louise n'est pas technicienne et ne consacre pas cinq jours à son travail.
6. Martine ne travaille pas quatre jours par semaine.
7. Louise ou Caroline est technicienne.

8. Celle qui travaille quatre jours par semaine n'est pas secrétaire.
9. La technicienne ne travaille pas cinq jours par semaine.

Quel est le métier de chacune et quel est le temps consacré à chaque semaine ?

Nous reprenons ci-dessous la séquence telle qu'expérimentée dans le temps, en précisant sa durée. Ce tableau nous donne une vue globale de l'expérimentation.

Tableau 3.3
Tableau synthèse de la séquence telle qu'expérimentée dans le temps
(avec quatre élèves)

Activités	Durée	Moment de l'année
Situations diagnostiques		
1. Pré test (tâche de communication)	5 minutes	Novembre
2. Pré test (tâche de logique)	15 minutes	Janvier
Expérimentation de deux jeux		
Dis-moi ce que tu vois		
3. Tournoi	55 minutes	Novembre
4. Le jeu: version papier en équipe de deux	25 minutes	Décembre
5. Autre jeu de communication * - figures cachées - (Activité qui ne sera pas reprise pour fins d'analyse)	50 minutes	Février
Scotland Yard		
6. *Scotland Yard* * (seules la première et la dernière séance seront reprises pour fin d'analyse)	4 heures 10 minutes (5 fois 50 minutes)	Janvier
Situations post-test		
7. Post test (tâche de logique)	25 minutes	Février
8. Post test (tâche de communication) : la reprise du jeu *Dis-moi ce que tu vois*	45 minutes	Février

3.3 Conditions de l'expérimentation

3.3.1 L'école et les élèves

L'expérimentation a eu lieu à Terrebonne secteur Lachenaie, à l'école secondaire Des Rives, de la commission scolaire Des Affluents. Elle s'est déroulée en dehors des heures de classe, avec un groupe de 4 élèves suivi plus particulièrement. La sélection des élèves pour l'expérimentation s'est faite sur une base volontaire. Ayant invité 31 élèves de deuxième secondaire, nous n'avons retenu que les quatre premiers élèves à avoir répondu à l'appel, trois filles et un garçon. Le profil académique de ces élèves est assez semblable, tous les quatre ont des résultats mathématiques qui se situent dans la moyenne de leur groupe.

3.3.2 Le déroulement des séances de jeux.

L'expérimentation des jeux s'est déroulée sur neuf séances de 50 minutes. Elles se sont tenues durant les heures de midi, soit de 12h15 à 13h15, et ce, une fois par semaine. Les séances de jeux ont toutes débuté par la présentation du jeu ou par la présentation du travail à faire (dans le cas du post-test et du prétest), nous avons ensuite observé les élèves jouer aux différents jeux. Nous avons recueilli les données de cette expérimentation en filmant les élèves durant l'exécution des différents jeux, durant les discussions que nous avons amorcées avec eux, pendant et après chacune des séances. Nous avons de plus conservé une trace écrite des actions qu'ils ont posées durant chacun des jeux, et de leurs productions.

3.3.2.1 Situations de communication

- Le prétest (tâche de communication) s'est déroulé juste avant le jeu. Les élèves ont utilisé environ 3 minutes des 5 minutes allouées à la description de la figure donnée.

- Le jeu a durée 55 minutes.

- Les élèves ont compris rapidement les règlements du tournoi. Cependant, la présence de la caméra a considérablement freiné la spontanéité des membres de l'équipe au départ. Les élèves n'ont eu aucun point de pénalité pour avoir enfreint un règlement. Ils ont pris cette activité très au sérieux puisqu'ils étaient en compétition avec les autres élèves de la classe. En effet, les autres élèves de la classe ont eu à faire le tournoi une semaine après et les élèves participant à la recherche comparaient leurs résultats avec ceux des autres équipes de la classe.

- Le déroulement du jeu *Dis-moi ce que tu vois*, version papier en équipe de deux, s'est échelonné sur 25 minutes

- L'autre jeu de communication s'est déroulé durant 50 minutes

- La reprise du tournoi (le post test) a duré 45 minutes. Cependant un des membres de l'équipe était absent lors de cette reprise.

3.3.2.2 Scotland Yard

- Le prétest (problème de logique) a été fait en très peu de temps, en 5 minutes (pour le plus lent des élèves), les élèves ont semblé trouvés la question de logique assez simple.

- Les élèves ont joué 5 fois 50 minutes. Nous n'avons filmé que la première et la dernière séance.

- Les élèves ont rapidement compris le fonctionnement du jeu. Ils ont découvert rapidement les stratégies importantes (se diriger vers les métros pour se déplacer rapidement, utiliser les taxis plutôt que les autobus car il y a plus de tickets disponibles). Nous avons mis à la disposition du bandit une feuille pour qu'il puisse indiquer les déplacements qu'il effectuait. Cependant celle-ci n'a peu ou pas été utilisée.

- Les élèves ont utilisé environ 15 minutes pour répondre aux quatre questions données en post test. Ils ont semblé trouver les dernières questions plus difficiles que les deux premières.

Nous reviendrons maintenant sur l'analyse plus fine des productions des élèves au cours de l'expérimentation.

CHAPITRE IV

ANALYSE DES RÉSULTATS

Le présent chapitre nous permettra de mettre en évidence les différents raisonnements mathématiques mobilisés par les élèves durant les séances de jeu, ainsi que les compétences touchées par ceux-ci. Les analyses nous permettront de bien cerner le potentiel mathématique (au niveau des compétences disciplinaires telles que véhiculées dans le programme de formation) des deux jeux expérimentés : *Dis-moi ce que tu vois* et *Scotland Yard.*

Nous avons conçu à cette fin plusieurs grilles pour être en mesure d'analyser les données issues de l'expérimentation (à partir de l'enregistrement vidéo des élèves en action durant les différents jeux). Ces grilles ont été bâties à partir de l'observation des actions des élèves et du discours qui accompagne ces actions durant les séances.

4.1 Analyse du jeu *Dis-moi ce que tu vois*.

Rappelons que ce jeu cible plus particulièrement, nous l'avons vu au chapitre précédent, le développement de la compétence de communication. Avant d'amorcer l'analyse de ce jeu, nous présenterons tout d'abord la grille que nous avons élaborée pour le codage des données issues du jeu. Celle-ci reprend trois grands aspects : le contenu du message formulé par l'élève, la prise en compte de la situation de communication et les réajustements apportés par l'élève dans la confrontation.

L'analyse sera ensuite abordée sous deux angles à partir du codage de chacun des élèves à l'aide de cette grille. Premièrement, nous analyserons l'évolution de chacun des élèves au cours du jeu en situant, à l'aide du prétest, leur compétence de communication au tout début de l'expérimentation et l'évolution des formulations des messages au cours du jeu; plus précisément leur capacité à choisir les éléments du langage mathématique appropriés pour transmettre un message et leur organisation à des fins de communication. Deuxièmement, à partir de ces résultats, nous ferons un retour sur le potentiel que présente ce jeu pour le développement de la compétence de communication, ainsi que ses limites.

4.1.1 Présentation de la grille d'analyse élaborée

Nous avons ciblé la compétence de communication dans ce jeu. Ainsi, nous nous sommes inspirée des composantes de cette compétence[9] et nous avons retenu trois aspects qui seront réinvestis dans la grille: le contenu du message, la prise en compte de la situation de communication et le réajustement lors de la confrontation. Nous avons qualifié à l'aide de trois indicateurs chacun des trois aspects ciblés. Par exemple, l'indicateur ***pas du tout*** sera utilisé si le message de l'élève ne répond pas du tout au critère vérifié, à l'inverse, si le discours de l'élève correspond tout à fait et à plusieurs reprises au critère examiné alors nous lui assignerons l'indicateur ***beaucoup***. Lorsque le message de l'élève correspond plus ou moins au critère ciblé nous lui assignerons l'indicateur ***peu***. Voyons chacune des parties plus en profondeur en nous aidant, pour illustrer celles-ci, des productions des élèves.

---

[9] Ces composantes sont : analyser une situation de communication à caractère mathématique, interpréter ou transmettre des messages à caractère mathématique et produire un message à caractère mathématique.

4.1.1.1 Le contenu du message formulé par l'élève

La première partie de la grille, consacrée au contenu du message, comprend deux parties. Tout d'abord, comment l'élève réfère-t-il aux éléments composant la figure : nous voulons comprendre comment l'élève parle de cette figure aux autres élèves pour que ceux-ci la reproduisent. Par la suite, nous voulons vérifier comment l'élève communique l'information sur la position relative des figures; c'est-à-dire comment il parle du positionnement relatif des segments, des figures et des points de cette figure.

4.1.1.1.1 Les éléments composant la figure (tels que décrits par l'élève)

Ici, l'idée est de vérifier comment l'élève parle de chacun des éléments de la figure pour que les autres, qui reçoivent sa formulation, puissent les réutiliser dans la reproduction de la figure. Globalement, trois aspects peuvent être observés lors de la description de la figure. L'élève peut se référer au langage mathématique standard, ou faire référence à certaines propriétés mathématiques, ou encore avoir recours à certaines analogies (pour aider l'autre à repérer globalement la forme qui est donnée…) Bien sûr, l'élève peut aussi utiliser un mélange de ces différents éléments. Voyons chacun de ces aspects en détails.

Le premier critère, **référence au langage mathématique,** renvoie à un élève qui décrit les figures en ayant recours à un vocabulaire mathématique standard, par exemple droite, point, segment, demi-cercle, triangle. S'il fait référence à plusieurs occasions à ce langage mathématique standard, il aura alors l'indicateur beaucoup. L'indicateur n'a pas du tout sera plutôt utilisé pour un élève qui utilise un vocabulaire non mathématique, par exemple une pointe ou un trait. L'exemple suivant de Monica, tiré du verbatim (Monica, 1^{ier} tournoi, $4^{ième}$ figure), illustre un cas où le contenu du message formulé réfère à un vocabulaire mathématique standard, celle-ci aurait l'indicateur beaucoup.

> Sur le dessus de **l'heptagone**, c'est supposé donner une, un **pentagone** avec un **cercle** dans le milieu, comme deux **rayons**, avec le point N dans le milieu. Ça va faire comme un genre de **triangle** sur le côté. Avec un **losange** comme à droite.[10]

Nous avons aussi identifié, dans ce cas, les erreurs fréquentes commises par les élèves. En effet, un élève peut faire référence à un vocabulaire mathématique, dans certains cas, erroné. La grille nous permet donc de garder une trace des erreurs fréquentes, telle celle de l'utilisation du vocabulaire « diagonale » dans l'extrait ci-dessous, (Vanessa, 1ier tournoi, 1ière figure). On retrouve dans ce cas une utilisation inappropriée du terme « diagonale », puisque la « diagonale » désignée est en fait un segment oblique.

> ... à partir du point E vous faites une ligne euh diagonale, euh... vers la gauche pour que ça vous donne un point D. A partir de cette diagonale là vous faites de D à C ça va vous donner une ligne droite.

Les élèves peuvent aussi **référer à certaines caractéristiques des figures** (2e critère): diamètre, côté, base, hauteur, médiane, angle. Ils auront l'indicateur beaucoup, sous l'aspect **référence à certaines caractéristiques des figures,** si cette référence se retrouve à plusieurs occasions utilisée dans le contenu du message. Par contre, l'élève qui est incapable d'identifier les caractéristiques des figures, ou qui ne s'en sert pas, aura plutôt l'indicateur pas du tout. Un extrait du verbatim (Marie-Soleil, 1ier tournoi, 7ième figure) nous montre une élève qui ne se sert pas des caractéristiques de sa figure pour la décrire.

> Y'a une ligne qui va vers la verticale, en bas. Qui fait eh, qui fait genre une ligne, une grande ligne vers en bas. Qui est verticale, pis eh un peu inclinée vers la droite. Une ligne en bas, verticale, inclinée un p'tit peu vers la droite. Pis après, y'a le, en haut du eh, d'la ligne. Y'a le point A, au milieu, y'a le point D. pis en bas, ben y'en a pas. Le point A en haut, le point D, dans le milieu. Pis le point D vers la droite, en bas, y'a une ligne qui se fait, genre, qui se fait, un mini, en tout ça fait genre la ligne verticale, pis au milieu y'a une p'tite ligne,

---

[10] C'est nous qui soulignons

eh, de D vers la, un peu vers la droite. De D, y'a un point qui va se faire à H, ça va vers le bas.

Certains élèves font référence à des objets de la vie courante dans leur formulation de message. Un élève qui renvoie à un bec de canard, à une maison ou un bateau utilise une telle stratégie. Nous l'avons codé selon le critère **analogies avec des objets de la vie courante.** L'exemple suivant de Vanessa, tiré du verbatim (Vanessa, 1ier tournoi, 1ière figure), illustre un cas d'élèves qui fait peu d'analogies avec des objets de la vie courante.

> [...]Euh ben... Comment ça s'appelle ça? OK, le point EDCAB c'est supposé vous donner une **pyramide en trois D**, puis euh [...]

Marie-Soleil, dans cet extrait (Marie-Soleil, 1ier tournoi, 3ième figure), fait elle un peu référence à des analogies avec des objets de la vie courante.

> ...il est relié au D, c'est en bas en diagonale du comme, en bas diagonale à ta gauche genre. Puis ce qui fait genre **un bas d'un bateau**. Je sais pas si vous me comprenez, euh... pis après y'a le T qui est relié au B qui est à gauche du, d'en bas de la croix, du le départ, c'est B, pis euh, le B, c'est ça, le B puis le A, ça forme un demi-cercle. Puis c'est ça! Puis à la fin **c'est supposé donner comme j'ai dit un bas de bateau**, avec un demi cercle à gauche, puis en haut, c'est ça un triangle en haut...

Par contre, dans l'extrait suivant, la même élève (Marie-Soleil, 1ier tournoi, 7ième figure) nous montre qu'elle peut faire beaucoup d'analogies avec des objets de la vie courante.

> C'est comme, comment on pourrait dire ça. Comme, **comme un, un X**, mais la ligne du milieu est plus p'tite que celle verticale. Genre le X, **y'a un mini X**, mais du D au C, le C, c'est la ligne qui est à coté, ben à gauche, à coté du milieu. C'est c'qui fait qui va faire la ligne pour relier du D au C. Qui va faire la partie du X, du D au H, ça fait une autre partie du X, eh, c'est ça du X. C'est ce qui donne du D, en bas, ça donne jusqu'au H, pis du D, en haut, jusqu'au C. C'qui **donne le X**.

> [...] C'qui fait genre un, un**, un pic qui pointe vers le haut du X**. Un genre de triangle qui pointe vers le haut du X. Ben c'est ça. Du point en bas du X, à gauche, ben, un p'tit peu en bas, à gauche, y'a le point G. [...] Facque y faut relier E du D. Facque là, **c'qui fait genre, un genre de cœur**, du eh, d'la ligne horizontale. Du coté, genre, si on tourne la feuille. **Ça donne genre, une sorte de cœur**. Pis **eh, le cœur**, au milieu, y'a une ligne. C'est un peu bizarre.

4.1.1.1.2 Le positionnement relatif des éléments composant la figure

L'idée ici est de vérifier comment l'élève communique l'information sur la position relative des figures. En effet, il faut souvent être non seulement en mesure de distinguer les propriétés qui sont communes à deux figures mais en plus être en mesure de rendre compte de leur position relative. Ici nous caractérisons davantage la description en analysant la manière dont l'élève rend compte de cette position. Toujours à l'aide des indicateurs (peu, pas du tout, beaucoup) nous avons regardé les quatre aspects suivants :

L'emplacement relatif des éléments : nous caractérisons ici **globalement** la description sous cet aspect. Pour ce critère, une réponse oui ou non nous permet de constater si, dans l'ensemble, les emplacements de toutes les figures ont bien été décrits. Ainsi, un élève qui réussit à situer tous les éléments et toutes les figures a bien décrit l'emplacement relatif des figures. Par exemple Monica (Monica , 2^{ième} tournoi, 8^{ième} figure) est une élève qui donne l'emplacement adéquatement pour l'ensemble de la figure. Et à l'inverse la description de Marie-Soleil (Marie-Soleil, 1^{ier} tournoi, 7^{ième} figure), nous donne un exemple d'une mauvaise description globale des emplacements des figures. Ces extraits du verbatim sont en annexe (voir respectivement les appendices A et B).

Nous regarderons ici plus précisément, dans cette description, la **prise en compte par l'élève d'éléments spatiaux** (en haut, en bas, à côté, à gauche,...) **ou topologiques** (collé, tout près, pour que ça arrive égal, à l'extérieur, à l'intérieur). Un extrait du verbatim (Vanessa, 1ier tournoi, 1ième figure) nous montre une élève qui utilise beaucoup de ces éléments spatiaux dans sa description.

> Ok, à partir du point A, y'a qu'à regarder le point **en haut à gauche** c'est le point G, le point **en haut à droite**, c'est le point F, le point **en bas à gauche** c'est le point E, **puis le point en bas à droite** c'est le point A.
>
> À partir du point A c'est la pointe d'un triangle, alors vous dessinez un triangle, du côté...**en haut** c'est la pointe **c'est le A**, l'autre pointe **à gauche** c'est le point C **puis à droite** c'est la pointe B...

De la même façon nous examinerons si l'élève utilise des **propriétés ou des caractéristiques** des figures pour rendre compte de cette position (exemple : circonscrit, inscrit, adjacents, opposés par le sommet...), au lieu d'expressions du type « faire un cercle au milieu du carré » ou « autour du carré ». Un extrait du verbatim de Vanessa (Vanessa, 1ier tournoi, 5ième figure) décrit une élève qui a utilisé peu les propriétés ou les caractéristiques des figures (emplacement relatif), pour formuler son message.

> Ok faites un gros cercle. Faites un gros cercle, puis mettez un point en plein milieu qui s'appelle le point K. Un point en plein milieu du cercle qui s'appelle le point K. Ok c'est à l'entour, c'est comme un soleil, vous faites pleins de je sais pas comment expliquer... Vous faites 10 points à environ 1 cm de distance par en haut, à la même longueur à chaque fois pendant tout le cercle. Vous faites 10 points à environ 1 cm de hauteur, avec la même longueur à chaque pendant tout le long du cercle. Ça va faire comme les points du soleil. Avec les points que vous avez fait, ben vous êtes supposé avoir un point en point milieu, euh, le milieu c'est le K. En plein milieu du K, en haut, votre premier point que vous avez mis est supposé s'appeler le A. Ainsi de suite. A, B, C, D, E, F, G, H, I, J. Votre premier point que vous avez mis s'appelle le A, y'é en plein milieu, en haut. En plein milieu en haut comme, le milieu pis ça va A, B, C, D, E, F, G, H, I, J. Pour vous situer, le point en haut c'est le A, mais celui là en bas, c'est le F. En plein milieu là, pour vous situer. Le point en bas c'est le point F, en plein milieu. Pour vous situer.

Un extrait du verbatim de Monica, (Monica, 2ième tournoi, 8ième figure), à l'opposé, renvoie à une élève qui a utilisé beaucoup les propriétés ou les caractéristiques des figures pour préciser l'emplacement relatif des figures.

> C'est ça. Après ça, attend. Coté G et H, tu vas faire un carré **adjacent** genre à ce coté là. **Tu vas faire un carré adjacent** au point G et H. Dedans le carré, y va. Tu vas faire un cercle, qui fait quasiment tout le contour du carré en dedans [...]Après ça, à partir, à partir du point J et I, **tu vas faire un ennéagone, adjacent** au point J, I et J. Ennéagone, ça a neuf cotés. À partir du point J et I, **tu vas faire un ennéagone, adjacent à ça,** ça a neuf côtés. À droite. Après ça, à partir du point J, en haut à droite. Quand tu as fait ton ennéagone.

Finalement, nous vérifierons si l'élève a **recours à des conventions** utilisées en mathématiques dans sa description. Un extrait du verbatim de Gabriel, (Gabriel, 1ier tournoi, 6ième figure) nous montre un élève qui ne tient pas compte du tout des conventions de description d'un polygone (présentation du nom du polygone en le nommant par les lettres de ses sommets, par exemple le pentagone ABCDE). Cet élève réussit tout de même à bien décrire sa figure, malgré le mauvais nom associé à l'hexagone (qu'il nomme pentagone).

> Euh, y'a comme un, un pentagone à 6 cotés. Régulier, un gros. Qui, y'é à peu près en haut, à droite. Euh, le point le plus en haut à droite, c'est le point L. Après ça vers la droite, c'est le M. Après ça, quand tu descends vers la droite, c'est le F. Après ça quand tu descends encore, c'est le G. Après ça quand tu vas vers la gauche, c'est J. Là, quand tu remontes un peu, ben c'est K. Euh, entre le F pis le G, t'as un carré qui est à peu près entre le G pis le F, comme toute le contour. Pis le point à droite du F, c'est le point E, en haut. Pis le point en bas du E, c'est le point B.

La deuxième partie de la grille analyse non plus le contenu du message, mais la prise en compte de la situation de communication par l'élève.

4.1.1.2 Prise en compte de la situation de communication par l'élève.

L'idée est ici de vérifier si l'on sent bien que l'élève s'est soucié de concevoir pour l'autre un message structuré, clair : est-ce que l'on sent qu'il est préoccupé par la clarté, qu'il a le souci de la personne qui reçoit son message qui doit le décoder et construire, à partir de celui-ci, la figure ? Nous cherchons donc ici à voir si l'élève prépare et transmet son message en tenant compte des exigences du jeu qui met en place une situation de communication. Nous observerons la présence de cette composante à travers les indicateurs suivants :

Il utilise des **termes précis** lorsqu'il explique comment faire les figures. Le tableau suivant nous montre des exemples de messages qui ont le qualificatif pas du tout, peu et beaucoup, en lien avec cet indicateur.

Tableau 4.1
Exemple de messages reflétant une plus ou moins grande précision de message

Qualificatif	**Moment**	**Extrait du verbatim**
Pas du tout	(Marie-Soleil, 2ième tournoi, 7ième figure)	Ok, je vous le dis dès le début, ça ressemble à un cœur. Ok, vous faites une ligne, une grande ligne droite, juste une. Une ligne inclinée. Vous faites une grande ligne inclinée. Au bout de la ligne en haut, c'est le point A qui forme le coté du cœur. Ben du supposé cœur. En bas de la ligne, du point A. Le point A, y va être relié au point H. Attend… au milieu de la ligne qui est inclinée, c'est le point D. Pis, au milieu de la ligne, c'est le point D. Pis là, descendez… descendez. Faites une ligne en bas du point D qui va être relié jusqu'au point H. Du D au H, il y une ligne. Le H est en bas dé la ligne incliné. Facque le cœur, c't'un gros cœur qui est la moitié, comme, tu coupais le cœur en deux pis la ligne qui est au milieu, ben c'est ça qui, qui le coupe. Pis en bas du cœur, ben c'est le bout de la pic, le pic c'est le point H. Ben c'pas vraiment…
Peu	(Monica, 1ier tournoi, 4ième figure)	Ok on va faire un cercle, dans le milieu il va y avoir un point N. à partir du point N, vous allez faire, à gauche vous aller faire comme deux rayons un s'en va vers le haut, l'autre s'en va vers le bas, lui en haut, ça va être le point M, lui en bas ça va être le point O. Autour du cercle vous aller faire un pentagone. En haut du pentagone ça va être le point K. à droite ça va être le point J. EN bas ça va être le point F. A gauche ça va être le point L et le point G. À

Qualificatif	Moment	Extrait du verbatim
		partir du point G, puis le point N vous allez faire un, un heptagone. En bas du point G, ça va être le point H. Puis en bas du point H, ça vas être le point A. En bas du point F ça vas être le point E en bas du E ça va être un D. Puis en bas du D ça vas être un point B. À partir du point A et B vous aller faire comme un triangle, ça va faire comme le heptagone va être sur le triangle ça va faire comme un cornet… etc.
Beaucoup	(Monica, $2^{\text{ième}}$ tournoi, $8^{\text{ième}}$ figure)	Vous allez faire un octogone. Faites-le pas trop gros genre y va y avoir une figure juste à coté. À droite. Commencez genre en haut à droite, en haut où est-ce qu'il y a la première base. Tu vas faire le point F, après ça, on va descendre vers la droite, y'a le point F. Après ça y'a le point G. (elle continue comme cela pour tous les points.) Après ça, attend. Coté G et H, tu vas faire un carré adjacent genre à ce coté là. Tu vas faire un carré adjacent au point G et H. Dedans le carré, y vas. Tu vas faire un cercle, qui fait quasiment tout le contour du carré en dedans. Après ça, dans le cercle, tu vas faire un point S, le centre, le point, le centre là. Après ça tu vas faire un apothème, tu vas t'en aller vers le haut jusqu'au cercle. Du point S, vers le haut, tu vas faire un point T. ok ? Le point T vers le haut. Après ça, t'as le point G en haut à gauche. À droite, en haut, t'as le point J. En bas, à droite, t'as le point I […] Après ça, à partir, à partir du point J et I, tu vas faire un ennéagone, adjacent au point J, I et J. Ennéagone, ça neuf cotés. À partir du point J et I, tu vas faire un ennéagone, adjacent à ça, ça neuf cotés. […]

Un deuxième indicateur de la prise en compte de la situation de communication par l'élève va résider dans le fait qu'il explique **clairement comment positionner** une figure par rapport à une autre. Le tableau suivant nous donne un aperçu des trois qualificatifs utilisé pour cet indicateur soit pas du tout, peu et beaucoup.

Tableau 4.2

Exemple de messages indiquant un positionnement plus ou moins clair par l'élève

Qualificatif	Moment	Extrait du verbatim
Pas du tout	(Gabriel, 1ier tournoi, 6ième figure)	Euh, y'a comme un, un pentagone à 6 cotés. Régulier, un gros. Qui, y'é à peu près en haut, à droite. Euh, le point le plus en haut à droite, c'est le point L. Après ça vers la droite, c'est le M. Après ça, quand tu descends vers la droite, c'est le F. Après ça qu'en tu descends encore, c'est le G. Après ça quand tu vas vers la gauche, c'est J. Là, quand tu remontes un peu, ben c'est K. Euh, entre le F pis le G, t'as un carré qui est à peu près ente le G pis le F, comme toute le contour. Pis le point à droite du F, c'est le point E, en haut. Pis le point en bas du E, c'est le point B. Euh, tu fais une ligne égale aux lignes du carré, vers la droite. Euh, y va s'appeler, vers la droite, le bout c'est le point C. Euh, au point B, y'a comme un petit carré, de 90 degrés.
Peu	(Vanessa, 1ier tournoi, 5ième figure)	Ok faites un gros cercle. Faites un gros cercle, puis mettez un point en plein milieu qui s'appelle le point K. Un point en plein milieu du cercle qui s'appelle le point K. Ok c'est à l'entour, c'est comme un soleil, vous faites pleins de je ne sais pas comment expliquer… Vous faites 10 points à environ 1 cm de distance par en haut, à la même longueur à chaque fois pendant toute le cercle. Vous faites 10 points à environ 1 cm de hauteur, avec la même longueur à chaque pendant toute le long du cercle. Ça va faire comme les points du soleil.
Beaucoup	(Monica, 2ième tournoi, 8ième figure)	Vous allez faire un octogone. Faites-le pas trop gros genre y va y avoir une figure juste à coté. À droite. Commencez genre en haut à droite, en haut où est-ce qu'il y a la première base. Tu vas faire le point F, après ça, on va descendre vers la droite, y'a le point F. Après ça y'a le point G. En bas, ben après le F là. Vers la droite.

Nous regarderons de plus, pour voir s'il y a ou non prise en compte de la situation de communication, si l'élève **s'organise** à des fins de communication. Il faut que l'on sente que l'élève se donne une **procédure** de construction sous-jacente systématique, de manière à ne pas répéter plusieurs fois les mêmes choses, à ne pas en oublier, à être clair. Par exemple, dans l'extrait précédent (Monica, 2^e^ tournoi, 8^e^ figure), Monica lorsqu'elle décrit sa figure se donne un plan, elle commence par décrire tout d'abord une des deux plus grosses figures (l'octogone) de la figure complexe donnée, et par la suite elle rattache l'octogone à l'ennéagone par le carré.

À l'inverse Marie-Soleil ne se donne aucune structure, elle fait un va et vient entre les figures, n'a aucun plan d'établi et oublie de décrire certaines figures. Un extrait du verbatim (Marie-Soleil, 2$^{\text{ième}}$ tournoi, 7$^{\text{ième}}$ figure) nous le montre.

> Ok, je vous le dis dès le début, ça ressemble à un cœur. Ok, vous faite une ligne, une grande ligne droite, juste une. Une ligne inclinée. Vous faites une grande ligne inclinée. Au bout de la ligne en haut, c'est le point A qui forme le coté du cœur. Ben du supposé cœur. En bas de la ligne, du point A. Le point A, y va être relié au point H. Attend… au milieu de la ligne qui est inclinée, c'est le point D. Pis, au milieu de la ligne, c'est le point D. Pis là, descendez… descendez. Faites une ligne en bas du point D qui va être relié jusqu'au point H. Du D au H, il y une ligne. Le H est en bas de la ligne incliné. Facque le cœur, c't'un gros cœur qui est la moitié, comme, tu coupais le cœur en deux pis la ligne qui est au milieu, ben c'est ça qui, qui le coupe. Pis en bas du cœur, ben c'est le bout de la pic, le pic c'est le point H. Ben c'pas vraiment… De D, y va avoir le H. Facque c'est comme si tu coupais par le centre du D au H, y'a une ligne. Facque là, du H, tu vas former, tu vas séparer en deux cotés de H. Y'en a un qui va de H à A, de H à A, y'a une ligne. Là, de l'autre bord, y'a la même chose, de H à G qui va être le bout, de la ligne, de la ligne qui est la grande ligne du début. Là, y va y avoir le point G qui est pas tout à fait adjacent à la ligne, mais qui est passé. Pis de G, y va y avoir le point eh… le point F. […] Le point F, qui est de G à F, y'a une ligne. Le F, y'es en haut. Y'es de G, une ligne droite en haut. Le F y va faire, de F à E que le E y'é, le F, de F à E, y'a une ligne. Facque le F y'incline vers la droite. Qui va former jusqu'au E. Là y va y avoir de E à D. Le E, tu le relis à D. Là le D, qui est le milieu, tu la relies à C qui est, qui forme le milieu du cœur.

À l'écoute plus précise du message, nous avons essayé de coder si l'élève se soucie de l'autre, si on sent qu'il a vraiment l'intention de faire comprendre son message à quelqu'un d'autre, si on perçoit qu'**il tient compte** de son récepteur.

Tableau 4.3 Exemple de messages indiquant que l'élève tient plus ou moins compte du récepteur

Indicateur	**Moment**	**Extrait du verbatim**	**Commentaires**
Pas du tout	(Gabriel, 1ier tournoi, 2ième figure) C'est une description neutre, il décrit pour lui-même : il utilise les mots : *il y a*…etc.	Heu, y'a un demi-cercle. Un demi-cercle qui pointe vers le bas. Comme un peu incliné. Pis vers la droite, c'est le point D. Dans le milieu c'est F, après ça A. Pis y'a deux lignes euh parallèles en diagonale qui y'en a une qui passe sur, comme, la la, le diamètre comme, au centre du cercle. L'autre qui est un peu plus haut. Euh, une ligne qui passe au point A en descendant vers le bas, un peu en diagonale. C'est ça qui descend, une longue ligne. Y'a aussi une autre ligne, une autre ligne qui est à droite de la ligne qui descend aussi en diagonale, mais qui descend dans haut, pis s'en va vers la gauche un peu en bas. Pis y'a… au point A rencontre une autre ligne, a rencontre l'autre ligne diagonale. Au point A aussi vers la gauche vers la gauche y'a un petit carré, c'est ça, y'a un petit carré pis eh, à la rencontre du, d'la ligne, d'la deuxième parallèle en haut, d'la deuxième ligne qui part de droite à gauche, euh, ben, y'a au point où qui se rencontre à la gauche, euh, ben, y'a au point où qui se rencontre à la première ligne diagonale ben y'a comme un triangle qui descend jusqu'à l'autre ligne en dessous. Puis, c'est ça.	On sent que Gabriel est très absorbé lui-même par sa tâche (c'est ça) et on sent qu'il n'a pas le souci de se préoccuper de ses camarades (il se parle en fait à lui-même). De plus, le rythme à l'écoute de l'enregistrement est très saccadé et il va très vite dans ses descriptions. Il est inconstant dans son débit, lorsqu'il se trompe il recommence sans en informer ses collègues, on sent qu'il décrit une figure mais qu'étant trop absorbé par la tâche, il ne se soucie indubitablement pas de ses récepteurs.
Peu	(Monica, 1ier tournoi, 4ième figure)	Ok on va faire un cercle, dans le milieu il va y avoir un point N. à partir du point N, vous allez faire, à gauche vous aller faire comme deux rayons un s'en va vers le haut, l'autre s'en va vers le bas, lui en haut, ça va être le point M, lui en bas ça va être le point O. Autour du cercle vous allez faire un pentagone. En haut du pentagone ça va être le point K. à droite ça va être le point J. En bas ça va	Au début on sent qu'elle se préoccupe de ses collègues mais au fil du temps elle semble oublier ses récepteurs. Son rythme à l'écoute de l'enregistrement s'accélère, elle devient plus saccadée et ne répète plus.

Indicateur	**Moment**	**Extrait du verbatim**	**Commentaires**
	C'est une description qui implique les récepteurs (elle utilise le vous)	être le point F. A gauche ça va être le point L et le point G. À partir du point G, puis le point N vous allez faire un, un heptagone. En bas du point G, ça va être le point H. Puis en bas du point H, ça vas être le point A. En bas du point F ça va être le point E en bas du E ça va être un D. Puis en bas du D ça va être un point B. À partir du point A et B <u>vous allez faire comme un triangle</u>, ça va faire comme le heptagone va être sur le triangle ça va faire comme un cornet. En bas ou ce qu'il y a le point du triangle ça va être un point C. à partir du point J<u>, vous allez faire une diagonale</u> vers le, vers, un peu vers le bas, pas trop, <u>vous allez faire la même chose au point F</u>. Ça va faire comme deux ligne horizontale un peu vers le bas. Puis le point qui va être sur le, être sur la diagonale au bout ça va être le point I, puis en bas ça va être le point E. Puis vous aller reliez I et E, ensemble. C'est supposé donner comme un carré, là! Ben un losange, comme un losange. Puis c'est tout	
Beaucoup	(Vanessa, 1ier tournoi, 5ième figure) Implique les	Ok faites un gros cercle. Faites un gros cercle, puis mettez un point en plein milieu qui s'appelle le point K. Un point en plein milieu du cercle qui s'appelle le point K. Ok c'est à l'entour, c'est comme un soleil, <u>vous faites pleins de je sais pas comment expliquer…</u>Vous faites 10 points à environ 1 cm de distance par en haut, à la même longueur à chaque fois pendant toute le cercle. Vous faites 10 points à environ 1 cm de hauteur, avec la même longueur à chaque pendant toute le long du cercle. Ça va faire comme les points du soleil. <u>Avec les points</u>	On sent qu'elle répète plusieurs fois, elle fait la description pour ses camarades, à l'écoute de l'enregistrement on sent qu'elle les attend et écoute le bruit des crayons pour s'assurer qu'ils ont suivi et bien terminé de dessiner. Elle parle très lentement et le ton est calme et constant.

Indicateur	Moment	Extrait du verbatim	Commentaires
	récepteurs, elle utilise le vous et elle répète fréquemment pour être sûre de la compréhension de son message	que vous avez faits, ben vous êtes supposé avoir un point en point milieu, euh, le milieu c'est le K. En plein milieu du K, en haut, votre premier point que vous avez mis est supposé s'appeler le A. Ainsi de suite. A, B, C, D, E, F, G, H, I, J. Votre premier point que vous avez mis s'appelle le A, y'é en plein milieu, en haut. En plein milieu en haut comme, le milieu pis ça va A, B, C, D, E, F, G, H, I, J. Pour vous situer, le point en haut c'est le A, mais celui là en bas, c'est le F. etc. [...] Oubliez pas le point M, le point K et le point N, c'est supposé donner un triangle. Comme un toit de maison à l'envers, en diagonale là, pas tout à fait à l'envers.	

4.1.1.3 La confrontation après la formulation et le décodage des messages.

Cette composante réfère, lors des séances de jeu, à la confrontation d'une minute entre les élèves, après la formulation des messages et l'examen des figures produites par les autres. Nous avons remarqué, lors de l'étude pilote, que cette confrontation permet un dialogue mathématique, parfois même la création d'un vocabulaire commun et, souvent, permet aux élèves de distinguer le sens des termes qu'ils utilisent. Ils peuvent alors prendre conscience que le sens n'est pas nécessairement le même dans les mathématiques que dans la vie courante (par exemple, l'utilisation du mot diagonale en mathématiques n'a pas la signification d'une droite oblique, comme les élèves pourraient l'utiliser dans la vie courante). Il faut de plus vérifier si l'élève fait un réinvestissement des conseils qui lui sont donnés durant les confrontations en allant regarder si lors du deuxième tour, ou par la suite il en tient compte. Nous voulons de plus vérifier si l'élève suit ses propres recommandations, celles qu'il a formulées tout au long des confrontations (avec les autres élèves) lors du retour sur leur formulation. Voici donc les aspects qui seront vérifiés par notre grille (à l'aide des indicateurs oui ou non). Il y a trois façons de regarder la présence ou non de ces différents aspects.

4.1.1.3.1 Après la formulation par l'élève de son message

Durant la minute de confrontation lorsqu'il reçoit les conseils des autres, après avoir vu les figures produites par les autres, est-ce qu'il dégage ses réussites ou ses échecs ? Cet exemple, tiré du verbatim de Marie-Soleil, (Marie-Soleil, 1^{ier} tournoi, 3^{e} figure) nous montre que cette élève durant la minute de confrontation, identifie ses échecs.

Gabriel	Ce que tu devrais faire c'est de dire figure par figure, pour expliquer

	où sont situés les points parce qu'on a vraiment été perdu toute le long. Tu commences avec un X puis là tu dis même pas y est où le BC puis après ça tu changes, j'étais perdu
Marie-soleil	**Oui mais moi mon..mon but c'était, ben je m'étais peut-être trompé dans le x mais c'est G, C, A en premier**
Monica	Mais tu n'as même pas situé tes lettres!

Durant la minute de confrontation, lorsqu'il reçoit les conseils des autres, il identifie verbalement les différences. Par exemple, Vanessa (Vanessa, 1ier tournoi, 5ième figure), durant la minute de confrontation, identifie clairement les différences entre son dessin qui lui a servi à formuler son message et la production de ses camarades

Gabriel	Montre, j'peux tu voir. C'est bon, j'ai faite des barres
Vanessa	Aie, ça s'ressemble full à c'que vous avez faites, pareil. C'est juste que j'ai oublié de dire que fallait que vous les colliez au cercle. J'voulais dire après, mais y restait plus de temps.

Tient-il compte et accepte-t-il les commentaires de ses pairs ? Cet exemple, tiré du verbatim de Marie-Soleil (Marie-Soleil, 2ième tournoi, 3ième figure), nous montre qu'elle n'accepte pas du tout les commentaires de ses pairs – qui sont cependant dans ce cas très agressifs.

Gabriel	Check, si tu dis la figure de base, tu dis comme le trapèze, tu l'énumères en premier comme le bas de bateau
Chantal	La figure de base
Gabriel	Ben regarde, tourne de…
Marie-Soleil	**Ben je l'ai dit que j'ai fait un bas de bateau**
Gabriel	Ouins mais, mais si tu commences à faire un bateau après tu énumères les points pis après ça tu fais les autres
Marie-Soleil	**Ben si je dis faut que je commence à faire un bateau pis je dis après que ça fait un cercle à coté du bateau, ça se fait pas**.
Monica	Ben ça t'aurais pu le dire avant
Gabriel	Après t'énumères les points
Marie-Soleil	**Je l'ai dit après de dire le bateau**, j'dis r'garde…
Gabriel	Ben t'as dit fait un X après ça tu fais un demi-cercle, qui relie au point B qui relie à un autre point, pis un autre point. Pis après ça tu dis qu'avec ça, ça forme un bas du bateau. Pis après tu dis plein

	d'affaires
Marie-Soleil	**En-tout cas**
Chantal	Mais moi ce que je veux savoir c'est que vous auriez pu faire pour que ce soit clair
Monica	Elle aurait pu nommer les figures, genre les figures qu'on connaît.
Chantal	Par exemple
Monica	Ben le trapèze
Gabriel	Le trapèze
Monica	Le demi-cercle
Gabriel	Le triangle
Monica	Y'a le triangle y'a.
Marie-Soleil	**J'l'ai dit le demi-cercle, j'l'ai dit**
Gabriel	Ouins, mais là...

4.1.1.3.2 Lors du retour sur la formulation des messages des autres élèves

Durant la minute de confrontation lorsqu'il émet des conseils aux autres : émet-il des conseils pertinents et appropriés (qui ne causent pas d'erreurs, ou qui permettent vraiment une amélioration de la communication) ? L'exemple de Vanessa lors du retour sur le message de Marie-Soleil (Marie-Soleil, 1^{ier} tournoi, 7^{ième} figure), n'aide guère à améliorer la prochaine production. Durant la description de la figure, Marie-Soleil a décrit sa figure comme étant un cœur.

> Facque y faut relier E du D. Facque là, c'qui fait genre, un genre de cœur, du eh, d'la ligne horizontale. Du coté, genre, si on tourne la feuille. Ça donne genre, une sorte de cœur. Pis eh, le cœur, au milieu, y'a une ligne.

Voici un extrait de l'échange entre Marie-Soleil et Vanessa durant la minute de confrontation.

Vanessa	T'aurais pu dire que ça fait une lèvre.
Marie-Soleil	Un cœur !
Vanessa	Ben non une lèvre. Y'a une ligne en plein milieu

Le conseil de Vanessa ne permet pas d'augmenter l'efficacité de la communication entre les coéquipiers, par la suite.

4.1.1.3.3 Lors du deuxième tour de l'élève.

Se réajuste-t-il et tient-il compte des commentaires de ses pairs ? L'exemple de Gabriel nous montre un élève qui ne tient pas vraiment compte des commentaires de ses pairs. Ainsi après la formulation de Gabriel (Gabriel, 1^{ier} tournoi, 2^{ième} figure), durant la minute de confrontation, les autres lui demandent clairement d'aller moins vite et lui émettent des commentaires en se sens.

Vanessa	Ben c'est trop vite.
Monica	C'est trop vite
Gabriel	Ben là c'est fucker
Vanessa	C'est ben trop vite. Moi au début j'ai rien compris.
Monica	Ben moins non plus.
Vanessa	Ben prendre le temps de dire
Monica	Prendre le temps
Vanessa	De dire l'information, parce que moi r'garde c'que ça donné, c'est pas du tout, euh, pareil. J'comprenais vraiment pas.
Marie-Soleil	Oui
Monica	Y donnait pas les lettres en même temps
Marie-Soleil	On devrait répéter.
Monica	Parce qu'y donnait les lignes
Vanessa	On l'dit une fois pis on le répète après pour être sur qu'on a bien compris
Marie-Soleil	Parce que y restait du temps comme toi t'a l'heure [En pointant Vanessa], y te restait du temps.
Monica	Faudrait nommer la figure.
Vanessa	Il me restait une minute.
Gabriel	C'est dur à expliquer
Monica	Faudrait nommer la figure avant, pis après ça, dire comment c'est à faire.
Gabriel	Ça pis ça...

Gabriel ne réajuste pas son débit pour autant lors de son deuxième coup il va aussi vite et son rythme est toujours aussi saccadé. Tiré du verbatim de Gabriel,

(Gabriel, 1ier tournoi, 6ième figure). De plus, il ne répète pas du tout après chacune des instructions.

> Euh, y'a comme un, un pentagone à 6 cotés. Régulier, un gros. Qui, y'é à peu près en haut, à droite. Euh, le point le plus en haut à droite, c'est le point L. Après ça vers la droite, c'est le M. Après ça, quand tu descends vers la droite, c'est le F. Après ça qu'en tu descend encore, c'est le G. Après ça quand tu vas vers la gauche, c'est J. Là, quand tu remontes un peu, ben c'est K. Euh, entre le F pis le G, t'as un carré qui est à peu près ente le G pis le F, comme toute le contour. Pis le point à droite du F, c'est le point E, en haut. Pis le point en bas du E, c'est le point B. Euh, tu fais une ligne égale aux lignes du carré, vers la droite. Euh, y va s'appeler, vers la droite, le bout c'est le point C. Euh, au point B, y'a comme un petit carré, de 90 degrés. Un p'tit. Pis E à C, t'es relis en demi-cercle. Après ça tu vas de C, tu descend en bas, un peu tassé vers la gauche, tu descends encore la même longueur, pis, t'as le point D. Après ça tu vas vers la gauche, un p'tit peu incliné vers le haut, pis, la même longueur encore, ça, ça va s'appeler le point A [...]Ça donne comme un, [En tournant la figure dans tous les sens] un genre de bec de canard tourné. J'sais pas trop. C'est juste qui manque comme, une partie... C'est ça. En tout, y'a deux carrés, y'a un gros triangle qui est séparé au milieu, facque ça donne comme un, ça fait comme un triangle. Pis, euh, un genre d'équerre. Y'a un pentagone à 5 cotés, un pentagone, euh, 6 cotés. C'est ça.

Lors du deuxième tour de l'élève tient-il compte de ses propres commentaires faits durant les minutes de confrontations, de retour sur les autres messages : le cas de Marie-Soleil illustre une telle prise en compte. Ainsi, à propos du message de confrontation de retour de Gabriel (Gabriel, 1ier tournoi, 6ième figure) elle suggère de toujours expliquer la plus grosse figure en premier.

Monica	Mais expliquer la figure au début. Les lettres qui va avoir pis ché pas.
Marie-Soleil	La plus grosse figure, on l'explique en premier.

Elle tente vraiment de tenir compte de son propre commentaire le tour suivant puisqu'elle tente de commencer par la plus grosse figure

Ok, au début, ça forme un X, un gros X, pis euh...le point à droite c'est C le point à gauche c'est A, puis le point à gauche c'est G. [...]

4.1.1.4 Synthèse de la grille

Le tableau de la page suivante synthétise les éléments de la grille.

Tableau 4.4 Synthèse de la grille de codification

La figure	Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
	Éléments	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture aux autres / réajustement	Reprise de son point de vue / réajustement	Longueur du message	Rythme
Nous montrerons ici la figure sur laquelle le joueur à dû travailler durant la séquence de jeu : soit pour le prétest, le jeu version papier, les deux figures du 1er tournoi, et à nouveau les deux mêmes figures pour le deuxième tournoi.	Nous regarderons ici comment l'élève décrit les éléments composant la figure . • s'il fait référence au langage mathématique standard que nous noterons **M** , • s'il utilise les caractéristiques des figures, que nous noterons **C**, • s'il fait des analogies avec des objets e la vie courant, que nous noterons **A**	Nous regarderons globalement si l'élève tient compte . • des éléments spatiaux ou topologiques que nous noterons **S**, • s'il utilise les propriétés ou les caractéristiques des figures, que nous noterons **P** • s'il utilise des conventions pour donner l'emplacement des figures, noté ici **C**.	• L'élève utilise des termes précis lorsqu'il explique comment faire les figures que nous noterons **F** • Explique clairement la façon de positionner les figures, noté ici **P**.	Nous regarderons globalement . Si l'élève a un plan de communication, s'il s'organise, c'est-à-dire s'il a une procédure systématique, s'il tient compte de son récepteur	Durant la minute de confrontation (lors du retour sur la formulation des messages des autres élèves), émet-il des conseils pertinents et appropriés aux autres ?	En fait ici, c'est le réajustement qui entrera en ligne de compte : tient-il compte des commentaires des autres joueurs ?	L'élève tient-il compte de ses propres commentaires (ou suggestions qu'il donne aux autres participants) dans son message subséquent	Nous commenterons ici par des indicateurs différents la longueur (très court, court, moyen, long ou très long) et le rythme (lent, correct, saccadé) du message.	
	Les indicateurs seront les mêmes que dans la grille originale (appendice C) c'est-à-dire, pas du tout, peu ou beaucoup								

4.1.2 Évolution au cours du jeu

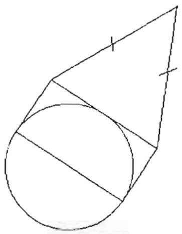
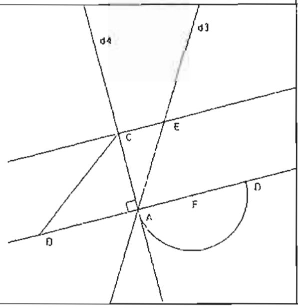
Nous avons codé chacun des élèves en nous servant de la grille expliquée antérieurement, et ce pour chacun des jeux effectués. Nous rendrons compte maintenant de l'évolution tout d'abord de chacun des élèves.

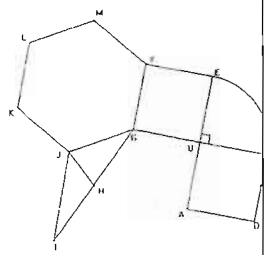
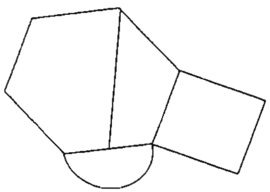
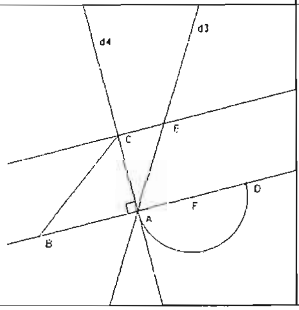
Nous avons codé, à l'aide de la même grille, les productions de chacun des élèves lors de la séquence d'enseignement, soit le prétest, le jeu de communication version papier, et les deux tournois. Nous présentons ici une synthèse des résultats sous forme de tableau, pour chacun des quatre participants. Nous pouvons ainsi constater rapidement l'évolution sur les trois aspects retenus pour fin d'analyse.

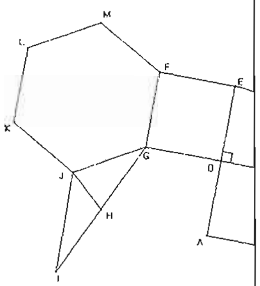
Nous commenterons pour chacun des élèves cette évolution, en l'appuyant au besoin d'extraits de verbatim.

4.1.2.1 Évolution de Gabriel

Tableau 4.5 Évolution de Gabriel

	La figure	Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
		Éléments	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture / réajustement	Son point de vue / réajustement	Longueur du message	Rythme
Prétest		**M** Peu **C** Peu **A** Pas du tout	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Peu **P** Pas du tout	Pas du tout	N/A	N/A	N/A	Court	N/A
1er tournoi (1er tour)		**M** Peu **C** Peu **A** Pas du tout	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Peu	Pas du tout	Pas du tout	Beaucoup	Très court	Rapide

		Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
	La figure	Éléments	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture / réajustement	Son point de vue / réajustement	Longueur du message	Rythme
1er tournoi (2er tour)		**M** Pas du tout **C** Pas du tout **A** Beaucoup	**S** Peu **P** Pas du tout **C** Peu	**F** Pas du tout **P** Peu	Peu	Pas du tout	Pas du tout	Beaucoup	Court	Rapide
Version papier		**M** peu **C** pas du tout **A** Beaucoup	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Beaucoup	Pas du tout	Pas du tout	Pas du tout	Court	N/A
2e tournoi (1er tour)		**M** Peu **C** Pas du tout **A** Pas du tout	**S** Peu **P** Pas du tout **C** Peu	**F** Peu **P** Pas du tout	Beaucoup	Pas du tout	Pas du tout	Peu	Moyen	Moyen

	La figure	Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
		Éléments	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture / réajustement	Son point de vue / réajustement	Longueur du message	Rythme
2^{e} tournoi (2^{e} tour)		**M** Beaucoup **C** Pas du tout **A** Peu	**S** Beaucoup **P** Beaucoup **C** Pas du tout	**F** Beaucoup **P** Beaucoup	Beaucoup	Pas du tout	Peu	Peu	Moyen	Lent

Nous voyons dans les tableaux précédents deux types d'évolution. Tout d'abord, Gabriel semble régresser durant les confrontations. Il ne réinvestie pas les conseils des autres élèves et ne suit pas ses propres conseils. Il ne semble pas préoccupé par les commentaires des autres élèves, ni par ses propres commentaires. Un exemple tiré du verbatim de Gabriel (Gabriel, 1ier tournoi, 2ième figure) nous montre bien que Gabriel accepte mal les commentaires de Monica, même si elle a raison (il est sur la défensive, et prétend qu'il l'a dit)

Monica	T'aurais pu dire genre qu'y avaient deux lignes parallèles.
Gabriel	Ben c'est ça j'ai dit, deux lignes collées.
Monica	Ben, c'est pas collé ça
Gabriel	Ben je l'ai dit, deux lignes qui se toucheront jamais.

Par la suite, il donne un commentaire à Marie-Soleil (Marie-Soleil, 1ier tournoi, 3ième figure), à propos du message formulé par celle-ci.

> Moi je dis par exemple qu'on oublie les points [En faisant référence aux sommets des polygones qui sont nommés par des points]. Parce que ça fourre toute. Tu viens toute perdu à cause des points.

À son prochain tour, il ne respecte même pas ses propres commentaires, il commence en effet par énumérer des points. (Gabriel, 1ier tournoi, 6ième figure)

> Euh, y'a comme un, un pentagone à 6 cotés. Régulier, un gros. Qui, y'é à peu près en haut, à droite. Euh, le point le plus en haut à droite, c'est le point L. Après ça vers la droite, c'est le M. Après ça, quand tu descends vers la droite, c'est le F. Après ça qu'en tu descends encore, c'est le G. Après ça quand tu vas vers la gauche, c'est J. Là, quand tu remontes un peu, ben c'est K. Euh, entre le F pis le G, t'as un carré qui est à peu près ente le G pis le F, comme toute le contour. Pis le point à droite du F, c'est le point E, en haut. Pis le point en bas du E, c'est le point B. Euh, tu fais une ligne égale aux lignes du carré, vers la droite.

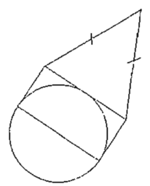
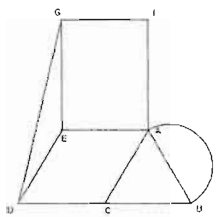
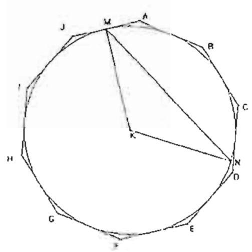
La confrontation ne fait donc pas évoluer Gabriel, il n'y a pas de réinvestissement des conseils formulés, de réajustement suite à ceux-ci. Toutefois sur le contenu du message sur la situation de communication, il progresse de façon très claire : sur le contenu du message (référence au langage mathématique, aux propriétés des figures plus importantes), précision plus grande, organisation à des fins de communication. Nous pensons que Gabriel apprend beaucoup des autres élèves, en particulier des messages de Monica, modèle qu'il se réapproprie à son compte. En effet, au deuxième tournoi immédiatement après que Monica ait décrit sa figure, il donne ses commentaires (Monica 2e tournoi, 4e figure).

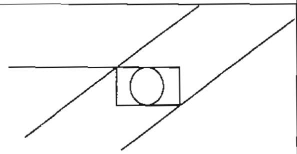
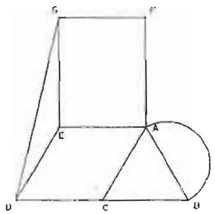
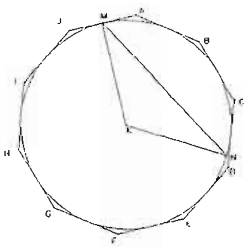
Chantal	Fini ! Go un minute
Marie-Soleil	[inaudible]
Gabriel	Non ouins, t'étais correct. Garde, c'est pas trop pire.
Monica	Y'a juste icitte, c'était. Y'a lui que j'ai pas eu le temps de le dire. Ben tu l'as eu.
Gabriel	**Ben non, j'l'ai faite. Ben non, c'était correct, c'tait la meilleure.**
Chantal	Qu'est-ce qui a fait qu'elle a été bonne ?
Gabriel	Ben, j'sais pas. **Elle a, elle a, bien énuméré.**
Chantal	Ouais ? Gabriel
Marie-Soleil	Elle a toute répétée parce que je me suis tout trompé au début
Monica	Ben j'ai répété deux fois ce que j'ai dit de mes choses.
Marie-Soleil	Non, mais…
Chantal	Répète Marie-Soleil, j'ai pas entendu.
Marie-Soleil	De répété, c'est bien de répété après, mais au début elle a pas répété facque tu peux pas savoir.
Monica	Elle était longue ma figure. J'ai eu comme genre juste assez de temps.
Gabriel	**C'correct, j'l'ai eu. Moi j'trouve qu'elle l'a bien expliqué. J'sais pas.**
Chantal	Ou ouais
Gabriel	**C'était la meilleure**

Le modèle introduit par Monica, dans lequel le langage mathématique et les propriétés des figures sont réinvesties, jugé bon par Gabriel dans ses commentaires, sera repris par lui dans le message qu'il formulera par la suite.

4.1.2.2 Évolution de Vanessa

Tableau 4.6 Évolution de Vanessa

	La figure	Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
		Éléments	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture / réajustement	Son point de vue / réajustement	Longueur du message	Rythme
Prétest		**M** Peu **C** Pas du tout **A** Beaucoup	**S** Pas du tout **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Pas du tout	Peu	N/A	N/A	Très court	N/A
1er tournoi (1er tour)		**M** Peu **C** Pas du tout **A** Beaucoup	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Peu **P** Peu	Beaucoup	N/A	Peu	Peu	Court	Moyen
1er tournoi (2e tour)		**M** Peu **C** Pas du tout **A** Beaucoup	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Beaucoup	Peu	Beaucoup	Beaucoup	Court	Très lent

	La figure	Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
		Éléments	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture / réajustement	Son point de vue / réajustement	Longueur du message	Rythme
Version papier		**M** Peu **C** Pas du tout **A** Pas du tout	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Beaucoup	**F** Peu **P** Peu	Peu	Peu	Peu	Peu	moyen	N/A
2e tournoi (1er tour)		Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente
2e tournoi (2e tour)		Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente

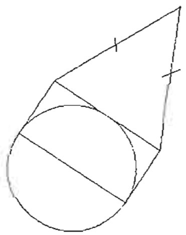
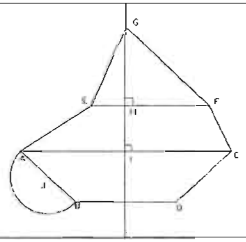
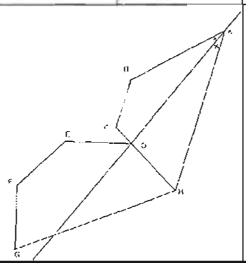
Vanessa n'était pas là pour le deuxième tournoi. Il est donc difficile de se prononcer dans son cas sur une évolution entre le 1e tournoi et le 2e tournoi sur les mêmes figures. Vanessa était au départ dans le jeu très forte quant à l'idée du plan de communication. On sent que dès le premier tournoi elle se préoccupe de ses collègues. Cependant, on voit que durant la version papier elle ne se soucie pas de la personne qui reçoit le message. Vanessa n'aime pas écrire. On sent d'ailleurs, en comparant (à l'aide du verbatim) le message dit et celui écrit, qu'elle est beaucoup plus claire et précise en parlant. Voici le message créé dans le jeu version papier et dans le tournoi (Vanessa 1er tournoi, 1re figure)

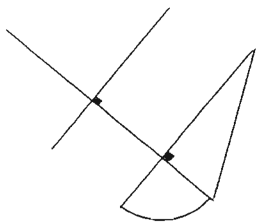
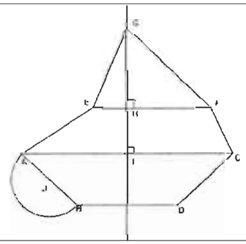
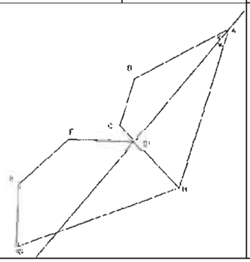
> [Version papier]
>
> Salut Marie, bon pour ma figure il y a un rectangle avec un cercle au milieu le coin en haut à gauche = A le coin en haut à droite = B coin en bas à gauche C et l'autre D. À partir du coin « A » tu fais une ligne d'environ 5 cm vers la gauche à partir du coin A tu fais une ligne diagonale ?hen? Vers haut la droite et une ligne diagonale en bas vers la gauche. Tu fais les mêmes diagonales avec le point D.
>
> [Vanessa 1er tournoi, 1re figure]
>
> Ok, à partir du point A, regardez le point en haut à gauche c'est le point G, le point en haut à droite, c'est le point F, le point en bas à gauche c'est le point E, puis le point en bas à droite c'est le point A.
>
> À partir du point A c'est la pointe d'un triangle, alors vous dessinez un triangle, du côté...en haut c'est la pointe c'est le A, l'autre pointe à gauche c'est le point C puis à droite c'est la pointe B.
>
> A partir du point A et du point B c'est la ligne, c'est la ligne d'un demi cercle. Alors à partir du point AB, vous faites un demi-cercle.
>
> Après ça, à partir du point E, A et C, ça vas... euh.. merde...OK, attends.... Laissez faire ce que j'ai dit là... à partir du point E vous faites une ligne euh diagonale, euh... vers la gauche pour que ça vous donne un point D. A partir de cette diagonale là vous faites de D à C ça va vous donnez une ligne droite.
>
> Puis à la fin vous reliez de D à G.

On peut voir ainsi, dans ce cas, l'influence possible de certaines variables didactiques sur la manière dont l'élève va s'engager dans la formulation. Le jeu réel, qui implique une confrontation avec de véritables décodeurs, et un message qui sera dans ce cas verbal, force davantage une prise en compte de l'interlocuteur, et une structuration de la démarche à des fins de communication. La version papier, en l'absence d'un décodeur réel, force peut-être toutefois dans ce cas un message plus synthétique, ce qui n'est pas inintéressant du point de vue de la communication en mathématiques.

4.1.2.3 Évolution de Marie-Soleil

Tableau 4.7 Évolution de Marie-Soleil

	La figure	Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
		Éléments	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture / réajustement	Son point de vue / réajustement	Longueur du message	Rythme
Prétest		**M** Peu **C** Pas du tout **A** Pas du tout	**S** Peu **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Peu	N/A	N/A	N/A	Très court	N/A
1^{er} tournoi (1^{er} tour)		**M** Pas du tout **C** Pas du tout **A** Beaucoup	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Pas du tout	Peu	Pas du tout	Pas du tout	Court	Saccadé
1^{er} tournoi (2^{e} tour)		**M** Pas du tout **C** Pas du tout **A** Beaucoup	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Pas du tout	Pas du tout	Peu	Peu	Court	Rapide et saccadé

	La figure	Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
		Éléments	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture / réajustement	Son point de vue / réajustement	Longueur du message	Rythme
Version papier		**M** Peu **C** Pas du tout **A** Pas du tout	**S** Peu **P** Pas du tout **C** Beaucoup	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Peu	Beaucoup	Peu	Beaucoup	Court	N /A
2^{e} tournoi (1^{er} tour)		**M** Pas du tout **C** Pas du tout **A** Beaucoup	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Pas du tout	Pas du tout	Peu	Pas du tout	Court	Saccadé, décousu et rapide
2^{e} tournoi (2^{e} tour)		**M** Pas du tout **C** Pas du tout **A** Beaucoup	**S** Beaucoup **P** Peu **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Peu	Pas du tout	Pas du tout	Pas du tout	Pas du tout	Très court	Très saccadé, confus

Il n'y a pas de véritable évolution dans ce cas. La troisième partie de la grille (confrontation), met en évidence une très nette régression. En effet, elle progresse de pas du tout (1^{ier} tournoi) à beaucoup (version papier) pour arriver avec un résultat de pas du tout au post test (durant le deuxième tournoi). L'explication devient claire lorsque l'on visionne l'extrait (Marie-Soleil, $2^{ième}$ tournoi, $3^{ième}$ figure). La confrontation n'est plus sur le plan des idées, mais bien sur le plan affectif. Le ton monte et les élèves ont une attitude de mépris les uns avec les autres. Gabriel et Monica attaquent plus que le message de Marie-Soleil. Celle-ci devient très craintive et elle semble avoir complètement perdu confiance en elle. Voyons ces extraits du verbatim.

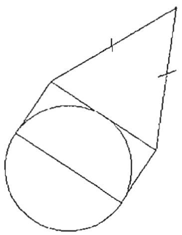
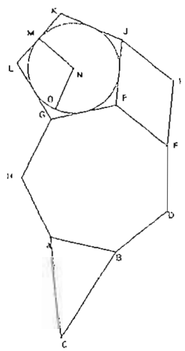
Gabriel	Ah non, c'était parce que j'étais perdu… relier le point A au point G, point G au F…
Chantal	Ok, qu'est-ce que tu aurais fait toi ?
Gabriel	Le F tu sais pas y'é où. A dit d'aller au E, après ça a dit de revenir au F
Chantal	Qu'est-ce que tu aurais fait toi ?
Gabriel	Ben j'sais pas, tu énumères pas autant de points
Chantal	Montre lui, montre lui Marie-Soleil.
Gabriel	Check, si tu dis la figure de base, tu dis comme le trapèze, tu l'énumères en premier comme le bas de bateau
Chantal	La figure de base
Gabriel	Ben regarde, tourne de…
Marie-Soleil	Ben je l'ai dit que j'ai fait un bas de bateau
Gabriel	Ouins mais, mais si tu commences à faire un bateau après tu énumères les points pis après ça tu fais les autres
Marie-Soleil	Ben si je dis faut que je commence à faire un bateau pis je dis après que ça fait un cercle à côté du bateau, ça se fait pas.
Monica	Ben ça t'aurais pu le dire avant
Gabriel	Après t'énumères les points
Marie-Soleil	Je l'ai dit après de dire le bateau, j'dis r'garde…
Gabriel	Ben t'as dit fait un X après ça tu fais un demi-cercle, qui relie au point B qui relie à un autre point, pis un autre point. Pis après ça tu dis qu'avec ça, ça forme un bas du bateau. Pis après tu dis plein d'affaires
Marie-Soleil	En-tout k
Chantal	Mais moi ce que je veux savoir c'est que vous auriez pu faire pour

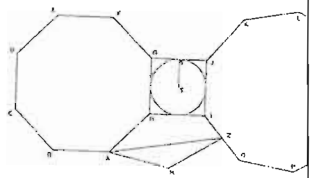
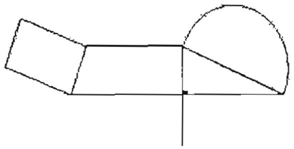
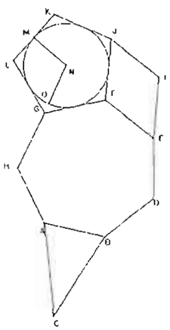
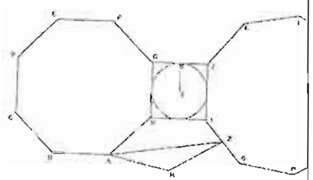
	que ce soit clair
Monica	Elle aurait pu nommer les figures, genre les figures qu'on connaît.
Chantal	Par exemple
Monica	Ben le trapèze
Gabriel	Le trapèze
Monica	Le demi-cercle
Gabriel	Le triangle
Monica	Y'a le triangle y'a.
Marie-Soleil	J'l'ai dit le demi-cercle, j'l'ai dit
Gabriel	Ouins, mais là…[..]
Marie-Soleil	Oui, mais faut que tu le dises ça, faut que tu le dises qu'y a deux trapèzes là.
Gabriel	Mais tu l'as même pas dit. T'as dit fait une ligne à B, à A, à C, à D, à F, à G. On sait même pas y'é au le F…
Marie-Soleil	Mais comment tu fais pour dire comment c'qui sont les trapèzes, où est-ce qui sont les trapèzes
Gabriel	Ben tu le dis !
Monica	T'aurais pu dire qu'avait un grand triangle, un triangle équilatéral. Adjacent avec le petit triangle à coté.
Gabriel	Sinon, moi ce que j'aurais fait, tu fais un bateau, tu dis genre tu fais comme un bateau, tu fais comme ça ici, comme, la, la, le drapeau pis après ça, tu fais comme une autre ligne
Marie-Soleil	C'est ça que j'ai dit. J'ai dit vous faites un bateau
Monica	Ben tu l'as dit, ça fait un bateau pis après ça ressemble plus à ça
Gabriel	Mais non, tu dis en haut tu mets le point G, un peu à gauche, droite. Tu relis ça
Marie-Soleil	J'ai dit après que ça ressemble plus à ça, tu ajoutes un demi-cercle
Monica	Mais c'est parce que tu nous as pas dit où est-ce qu'y était le point H, le E

Cet événement engendre une régression de Marie-Soleil par la suite. Le contenu (tant au niveau des éléments que des positions) et l'idée de communication (tant au niveau de la précision que de l'organisation) y sont très difficiles pour Marie-Soleil. De plus, son message devient excessivement confus et on voit qu'elle perd tous ses moyens. L'analyse met en évidence les dérives possibles des interactions sociales et du danger d'utiliser la confrontation, car celle-ci ne contribue pas nécessairement à une évolution des connaissances. Celle-ci ne se situe pas sur un plan cognitif, mais relationnel et conduit alors à une dérive.

4.1.2.4 Évolution de Monica

Tableau 4.8 Évolution de Monica

	La figure	Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
		Éléments	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture / réajustement	Son point de vue / réajustement	Longueur du message	Rythme
Prétest		**M** Peu **C** Peu **A** Pas du tout	**S** Peu **P** Peu **C** Pas du tout	**F** Peu **P** Pas du tout	Pas du tout	N/A	N/A	N/A	Court	N/A
1er tournoi (1er tour)		**M** Beaucoup **C** Beaucoup **A** Peu	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Peu	**F** Peu **P** Peu	Peu	Pas du tout	Pas du tout	Pas du tout	Moyen	Rapide

	La figure	Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
		Éléments	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture / réajustement	Son point de vue / réajustement	Longueur du message	Rythme
1er tournoi (2e tour)		**M** Beaucoup **C** Pas du tout **A** Pas du tout	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Peu	**F** Peu **P** Peu	Peu	Peu	Peu	Peu	Moyen	Moyen
Version papier		**M** Peu **C** Pas du tout **A** Peu	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Peu	**F** Peu **P** Pas du tout	Peu	Beaucoup	Beaucoup	Beaucoup	Moyen	N/A
2e tournoi (1er tour)		**M** Beaucoup **C** Peu **A** Pas du tout	**S** Beaucoup **P** Beaucoup **C** Beaucoup	**F** Beaucoup **P** Beaucoup	Beaucoup	Beaucoup	Beaucoup	Beaucoup	Long	Très lent, très précis
2e tournoi (2e tour)		**M** Beaucoup **C** Beaucoup **A** Pas du tout	**S** Beaucoup **P** Beaucoup **C** Peu	**F** Beaucoup **P** Beaucoup	Beaucoup	N/A	N/A	N/A	Très long	Très lent, extrême ment précis

C'est un cas très clair d'évolution sur tous les plans. Elle se situe au prétest dans l'ensemble à pas du tout ou peu et elle termine à beaucoup partout au deuxième tournoi. Elle semble avoir fait une évolution surtout entre l'activité version papier et le 2ième tournoi. Or nous avons joué entre ces deux moments à un autre jeu de communication en classe, dit le jeu des « figures cachées ». Rappelons que ce second jeu de communication *permet de façonner et de raffiner le vocabulaire et la formulation des élèves lors d'une communication mathématique collective en classe (l'idée d'un élève qui sort marque davantage la communication à quelqu'un d'autre, et la figure est ici construite pas les élèves).* Rappelons également les règlements :

- Un élève doit sortir de la classe.
- Durant ce temps, les autres élèves construisent une figure complexe à l'aide de figures cartonnées, préalablement découpées.
- L'élève sorti revient en classe
- Les autres élèves lui donnent les instructions nécessaires pour qu'il puisse reconstituer la figure de départ à l'aide de figures cartonnées, préalablement découpées.

Ce jeu semble avoir lourdement influencé le message de Monica. Il est très curieux que ce jeu ait influencé particulièrement Monica et moins les autres. Dans le deuxième tournoi elle décrit précisément la position relative et les éléments des figures et ce, de façon adéquate, contrairement aux autres activités, comme le montre cet extrait du verbatim de Monica (Monica, 2$^{\text{ième}}$ tournoi, 8$^{\text{ième}}$ figure).

> C'est ça. Après ça, attend. Coté G et H, tu vas faire un carré adjacent genre à ce coté là. Tu vas faire un carré adjacent au point G et H. Dedans le carré, y vas. Tu vas faire un cercle, qui fait quasiment tout le contour du carré en dedans. [...]Après ça, à partir, à partir du point J et I, tu vas faire un ennéagone, adjacent au point J, I et J. Enneágone, ça neuf cotés. À partir du point J et I, tu vas faire un ennéagone, adjacent à ça, ça neuf côtés.

De plus, le fait que Monica soit passée à chacun des tournois la dernière semble avoir influencé le résultat puisqu'à chaque fois elle semble s'inspirer des messages des autres élèves, peut être par contraste, car les autres n'avaient pas formulé ces caractéristiques dans leur message.

4.1.3 Retour sur le jeu : potentiel et limites du jeu, à la lumière des résultats des élèves.

Nous reprendrons maintenant globalement les résultats des élèves aux différentes étapes de la séquence, ainsi qu'aux pré et post tests.

4.1.3.1 Portrait initial des élèves

Les élèves arrivent en classe avec un bagage acquis à l'école primaire et au début du secondaire. Nous voulions dès le départ cibler la compétence de communication des élèves, évaluer quelles étaient leurs facilités à transmettre l'information. Nous leur avons donc tout d'abord présenté la situation suivante : « Décrivez cette figure pour que l'on puisse la reproduire sans la voir»

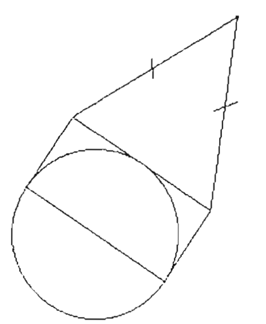


Figure 4.1 Figure du prétest

Les élèves devaient donner cette description par écrit. Nous avons utilisé la grille décrite un peu plus tôt (4.1.1.) en n'utilisant évidemment pas le volet confrontation/réajustement du message, puisque les élèves n'avaient pas à confronter leurs productions avec la réalisation effective de la figure par d'autres. Le codage de chacun des quatre élèves sur le message produit nous conduit au portrait initial suivant.

Tableau 4.9 Synthèse de la performance des élèves au prétest

Élèves	Contenu du message		Communication		Description donnée	Autres observations
	Éléments	Position	Plan	Précision		Longueur du message
Gabriel	**M** Peu **C** Peu **A** Pas du tout	**S** Beaucoup **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Peu **P** Pas du tout	Pas du tout	« La figure est légèrement inclinée vers la droite. Au dessus il y a un triangle. Il y a un cercle que le haut passe à la base du triangle. Et il y a un rectangle aussi large que le triangle qui finit un peu plus loin que le centre du cercle. »	Court, c'est une liste de descriptions
Monica	**M** Peu **C** Peu **A** Pas du tout	**S** Peu **P** Peu **C** Pas du tout	**F** Peu **P** Pas du tout	Pas du tout	« Fait un cercle ensuite un diamètre à l'horizontale. Faire deux triangles en haut du cercle de chaque côté. Ensuite faire en grand triangle en haut des plus petits »	Court, c'est une liste de procédures
Marie-Soleil	**M** Peu **C** Pas du tout **A** Pas du tout	**S** Peu **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Peu	« Dessine un cercle après en haut de la moitié du cercle dessine un carré et après en haut du carré dessine un triangle ce qui donne une maison pardessus la moitié d'un cercle. Tout ça un peu incliné. »	Court, c'est un texte continu (procédures à suivre)
Vanessa	**M** Peu **C** Pas du tout **A** Beaucoup	**S** Pas du tout **P** Pas du tout **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Pas du tout	Pas du tout	« Dessine un cercle avec une ligne en plein milieu puis à partir de la ligne du milieu tu commences à faire une maison à partir du bas jusqu'à en haut »	Très court, texte continu (procédures à suivre)

Nous pouvons conclure à cette étape que le langage mathématique est réduit. La précision réduite ainsi que le peu d'importance qu'accordent les élèves au plan de communication nous permet de déduire qu'il n'y a pas de prise en compte réelle du récepteur.

4.1.3.2 Portrait final des élèves

Le tournoi *Dis-moi ce que tu vois* a été donné, comme nous l'avons mentionné précédemment, à deux reprises aux élèves. La reprise nous a servi de « postest ». Nous voulions, par ce 2^{e} tournoi cerner l'évolution de la compétence de communication des joueurs. La même grille, décrite en 4.1.1., nous a servi à coder de nouveau les quatre élèves sur le message produit en lien toujours avec la compétence de communication. Cette dernière épreuve nous conduit au portrait final suivant.

Tableau 4.10 Synthèse de la performance des élèves au postest

Élève	Contenu du message		Communication		Confrontation			Autres observations	
	Élément	Position	Précision	Plan	Conseils appropriés	Ouverture	Son point de vue	Longueur du message	Rythme
Gabriel	**M** Beaucoup **C** Pas du tout **A** Peu	**S** Beaucoup **P** Beaucoup **C** Pas du tout	**F** Beaucoup **P** Beaucoup	Beaucoup	Pas du tout	Peu	Peu	Moyen	Lent
Monica	**M** Beaucoup **C** Beaucoup **A** Pas du tout	**S** Beaucoup **P** Beaucoup **C** Peu	**F** Beaucoup **P** Beaucoup	Beaucoup	N/A	N/A	N/A	Très long	Très lent, extrêmement précis
Marie-Soleil	**M** Pas du tout **C** Pas du tout **A** Beaucoup	**S** Beaucoup **P** Peu **C** Pas du tout	**F** Pas du tout **P** Peu	Pas du tout	Pas du tout	Pas du tout	Pas du tout	Très court	Très saccadé, confus
Vanessa	Absente								

Nous pouvons conclure, à la lumière de l'analyse des prétests et postests des élèves participants, comparaison des deux tableaux précédents, (voir tab. 4.9 et 4.10) qu'il y a une évolution en cours de jeu pour Monica et Gabriel. Particulièrement sous les aspects de l'organisation du message. On sent chez les deux élèves qu'il y a un progrès notoire sur la précision et la clarté du message. Malheureusement, il n'y a aucune amélioration chez Marie-Soleil. Évidemment comme nous n'avons pu observer Vanessa nous ne pouvons conclure pour elle.

4.1.3.3 Les éléments qui semblent favoriser une évolution

À la lumière des analyses précédentes (voir tab. 4.9 et 4.10), des éléments semblent se dégager dans le cas des élèves (Monica et Gabriel) pour lesquelles une évolution a été constatée. Le jeu de communication fait en classe (entre le jeu version papier et le second tournoi) semble être l'élément le plus déterminant dans la réussite de Monica. Le retour collectif avec l'ensemble des élèves durant ce petit jeu semble avoir fortement profité à cette élève, puisque l'on voit apparaître dans son message le recours à un vocabulaire mathématique, dans le cas de la position des figures, par exemple, le mot « adjacent », qui était absent dans les descriptions précédentes.

> Après ça, à partir, à partir du point J et I, tu vas faire un ennéagone, adjacent au point J, I et J. Ennéagone, ça neuf cotés. À partir du point J et I, tu vas faire un ennéagone, adjacent à ça, ça neuf côtés. À droite. Après ça, à partir du point J, en haut à droite.

Lors de ce jeu collectif en classe, toujours dans le cas de Monica, le fait d'être passé la dernière semble avoir aidé à trouver les éléments qui lui ont permis de faire un message plus précis, par contraste avec les autres élèves. Dans le cas de Gabriel, il a appris des « bons » messages (qui semblent être pris comme modèles par lui) et des erreurs des autres élèves, particulièrement du message de Monica. Toutefois, cette évolution n'est pas présente chez les autres élèves qui, bien que placés dans une situation de communication, n'arrivent pas à raffiner et à améliorer leur message.

4.1.3.4 Les limites du jeu

La principale limite du jeu, constatée dans cette expérimentation, apparaît au niveau de la confrontation et explique les dérives possibles d'un tel jeu de communication. Il est facile pour l'élève de devenir émotif et de ne plus confronter des idées. Les situations deviennent alors un frein à une évolution sur un plan cognitif. Par ailleurs, chez certains élèves, telle que Marie-Soleil, le langage utilisé reste très descriptif et elle ne peut facilement passer de ce registre au registre mathématique. Les connaissances mathématiques relatives aux figures, à leurs propriétés sont-elles insuffisantes pour permettre de progresser. On peut dans ce cas se demander si la situation de communication est réellement propice à mobiliser de telles ressources.

Nous reviendrons maintenant plus globalement sur la compétence de communication, dans une confrontation entre l'analyse à priori et ce que nous avons pu dégager de l'analyse à posteriori.

4.1.4 Retour sur la compétence de communication

4.1.4.1 Confrontation avec l'analyse à priori.

La compétence de communication du programme est décrite selon trois composantes : analyser une situation de communication à caractère mathématique, produire un message à caractère mathématique et interpréter ou transmettre des messages à caractère mathématique.

Nous reprendrons dans le tableau ci-dessous ce que nous avions anticipé a priori dans l'analyse de ce jeu *Dis-moi ce que tu vois* (art. 3.1.1) et ce qu'il a été possible de dégager à posteriori (art. 4.1.1 et 4.1.2).

Tableau 4.11 Comparaison à priori et à posteriori

Composantes de la compétence de communication	**Analyse à priori (avant toute expérimentation)**	**Analyse à posteriori (à l'aide de la grille élaborée à partir des observations)**	**Confrontation de l'analyse à priori et l'analyse à posteriori**
Analyser une situation de communication à caractère mathématique	Le messager devra organiser ses idées, structurer la démarche de communication (décomposer la figure, voir la manière possible, la plus intéressante, de communiquer l'information : par où doit-il commencer à décrire ? Quelle est la figure qui permettrait d'engendrer les autres ? Comment celles-ci sont-elles engendrées l'une par rapport à l'autre?	L'élève prépare et transmet son message en tenant compte effectivement des exigences du jeu de communication mis en place : Il s'organise à des fins de communication [on sent qu'il y a une procédure de construction sous-jacente systématique qu'il se donne]. On retrouve un tel souci d'organisation par exemple chez Gabriel, dans le 2^e^ tournoi, Vanessa, dans le 1^er^ tournoi et Monica, dans le jeu papier et le 2^e^ tournoi	Effectivement, on voit donc tout le long du jeu les élèves qui s'organisent (excepté Marie-Soleil). Cela confirme le potentiel du jeu pour le développement de cette composante. La situation de communication semble propice à provoquer une telle organisation.
Produire un message à caractère mathématique	Le messager devra produire un discours mobilisant des connaissances mathématiques à travers, les propriétés, les caractéristiques de figures par exemple, mais aussi utiliser un vocabulaire, des conventions mathématiques, afin d'être le plus précis possible dans sa description.	Le message formulé par les élèves rend compte de : 1. la manière dont l'élève parle, des éléments composants la figure 2. De la position relative des figures, lignes, points… (Comment l'élève communique l'information sur la position relative des figures.) 3. De la clarté du message produit (en lien avec l'intention, faire comprendre son message à quelqu'un d'autre, on sent vraiment qu'il tient compte de son récepteur) On retrouve chez Gabriel et chez Monica ce souci de clarté et de précision dans la formulation et l'organisation du message.	Nous avons surestimé le potentiel du jeu. Nous n'avons pas vu les élèves progresser nécessairement à ce niveau. Seulement deux des élèves sont en fait dans ce cas.
Interpréter (ou transmettre) des	La minute de discussion permettra l'explication de propriétés,	Durant les confrontations, l'élève est en mesure de dégager ses réussites et ses échecs	Ce que l'on avait anticipé ne s'est pas vraiment passé (sauf pour Monica).

Composantes de la compétence de communication	Analyse à priori (avant toute expérimentation)	Analyse à posteriori (à l'aide de la grille élaborée à partir des observations)	Confrontation de l'analyse à priori et l'analyse à posteriori
messages à caractère mathématique	d'éléments à prendre en compte, de conventions, cela sera crucial pour la nouvelle formulation du message, car il est bien important pour les élèves, s'ils veulent améliorer le pointage de l'équipe, de ne pas répéter les erreurs produites ou le manque de précision d'une figure à l'autre. Le jeu permettra donc de voir les réajustements qui s'opèrent dans la formulation du message d'une figure à l'autre	1. Il émet des conseils pertinents. 2. L'élève se réajuste et tient compte des commentaires de ses pairs. 3. L'élève tient compte de ses propres commentaires faits durant les minutes de confrontation. Ici, il n'y a que Gabriel qui émet des commentaires pertinents mais cependant nous n'observons pas vraiment de réajustement de la part des élèves	Dans cette situation, il y a eu une influence du groupe.

Cette confrontation entre analyse à priori et a posteriori met ainsi en évidence que les diverses composantes de la compétence de communication ne sont pas nécessairement mobilisées dans ce jeu. La situation de communication semble effectivement provoquer une organisation de l'élève, une certaine structuration de la démarche à des fins de communication. Cependant, même si une certaine évolution peut être constatée chez certains élèves, elle ne conduit pas nécessairement à une prise en compte du langage mathématique, de propriétés mathématiques des figures. Elle ne conduit pas non plus nécessairement à un réajustement. D'autres éléments, relevant de l'aspect relationnel, peuvent ici interférer.

Voyons plus particulièrement pour chacune de ces composantes, ce que met en évidence cette confrontation.

4.1.4.2 Analyser une situation de communication à caractère mathématique

Nous voyons chez certains joueurs (Gabriel, Monica, Marie-Soleil) qu'il y a une procédure de construction sous-jacente, une organisation parfois systématique à leur communication. Nous voyons cette caractéristique dans les commentaires de Marie-Soleil à l'endroit de Gabriel : « La plus grosse figure, on l'explique en premier ». Ce choix d'une figure de départ a semblé important pour certains joueurs. Ainsi, lors de la description du dessin de Marie-Soleil, les autres élèves lui ont reproché d'avoir commencé par un x. Après discussion, elle se rend compte qu'effectivement elle n'aurait peut-être pas dû commencer par le X « Oui mais moi mon…mon but c'était, ben je m'étais peut-être trompé dans le x mais c'est G, C, A en premier ». Ce choix a semblé aussi être un élément important lors de l'analyse des commentaires de Gabriel et Monica (à l'endroit toujours de Marie-Soleil 2^{e} tournoi, 3^{ième} figure)

Gabriel	Ouin mais, mais si tu commences à faire un bateau après tu

	énumères les points pis après ça tu fais les autres
Marie-Soleil	Ben si je dis faut que je commence à faire un bateau pis je dis après que ça fait un cercle à coté du bateau, ça se fait pas.
Monica	Ben ça t'aurais pu le dire avant
Gabriel	Après t'énumères les points

4.1.4.3 Produire un message à caractère mathématique

Certains élèves ont gardé un message très descriptif, faisant appel à des analogies avec des objets. On peut donc dire dans ce cas que les élèves ne sont pas vraiment rentrés dans un registre mathématique. Par exemple, Marie-Soleil dans ses deux descriptions du dessin # 7 utilise d'une fois à l'autre des références à des objets tels un cœur ou un bateau. Dans un des commentaires faits durant la minute de confrontation, Vanessa propose plutôt de comparer à des lèvres la figure, on reste donc là aussi dans le registre du dessin. On compare durant la première séance à des bateaux, à des becs de canards. Les analogies aux objets de la vie courante sont moins présentes dans le post test de Monica et Gabriel, ce qui nous permet de dire que ces élèves sont passés à un autre registre, ayant recours dans ce cas à un certain langage mathématique, passant du dessin à la figure.

De plus, certains élèves ont choisi les éléments du langage qui étaient appropriés à la formulation. Par exemple, Monica n'utilisait pas le mot adjacent dans le premier tournoi et celui-ci est apparu dans ses descriptions lors du deuxième tournoi. Par contre, nous n'avons pas constaté, dans le cas des trois autres élèves, de changement dans le recours à un langage mathématique.

De plus, la clarté du message produit en lien avec l'intention de faire comprendre son message à quelqu'un d'autre est présente dans l'analyse des messages des joueurs. En effet, ils se sont souciés de leur récepteur, à plusieurs niveaux. Par exemple, Vanessa prenait même le temps d'écouter le bruit des crayons, de parler lentement et de répéter souvent. Nous sentons vraiment qu'elle tenait compte du récepteur. De plus, le choix des mots que certains élèves ont utilisés pour donner leurs instructions (par exemple, « mettez un point k après le point p » « vous devez faire un segment PQ ») est un bon indicateur de leur préoccupation du récepteur. Ainsi Vanessa et Monica semblent très conscientes et soucieuses du récepteur, car en plus de parler directement aux récepteurs, elles donnent souvent après leur consignes ce que le dessinateur est supposé avoir comme résultat final « La forme que j'vous ai faites faire, du M au K, au N, c'est supposé faire un triangle, un, ben, c'est ça, un triangle c'est supposé donné. Le cercle avec, euh, le gros cercle c'est supposé donner un genre de soleil… ». Vanessa quant à elle semble ne jamais oublier son récepteur, elle répète chacune des consignes plusieurs fois et tente à maintes reprises de situer son récepteur dans son message « Pour vous situer, le point en haut c'est le A, mais celui là en bas, c'est le F. En plein milieu là, pour vous situer. »

Par contre, nous sentons un peu moins ce souci du récepteur chez Marie-Soleil qui a choisi de décrire sa figure pour elle même plutôt que de donner des consignes claires et directes aux récepteurs (par exemple, « il y a un point k après le point p » « il y a un segment PQ »). Gabriel, quant à lui, lors de sa toute dernière description change ses descriptions pour des consignes claires à l'intention d'un récepteur. Lors de sa première description, il disait :

> Euh, y'a comme un, un pentagone à 6 cotés. Régulier, un gros. Qui, y'é à peu près en haut, à droite. Euh, le point le plus en haut à droite, c'est le point L. Après ça vers la droite, c'est le M.
>
> Dans la seconde description :
>
> Ben, là tu fais un hexagone. Un hexagone régulier. Pis là comme le, le point en bas, la base en bas là, à droite, c'est le point G. Là, tu montes genre le, dans le milieu comme à droite c'est le F. En haut, à droite, c'est M.
>
> Nous sentons qu'il a un peu plus la préoccupation du récepteur.

4.1.4.4 Interpréter ou transmettre un message à caractère mathématique

À travers la confrontation, on sent que certains élèves tentent de se réajuster, cependant, ils n'y parviennent pas tous. Ainsi chez Gabriel, qui est très sensible au message de Monica, on peut discerner, à travers son message qu'il tente de se réajuster à partir de l'exemple de sa collègue qu'il qualifie de « meilleure à décrire ». Sa description suivante est beaucoup mieux détaillée, elle est beaucoup plus longue, il commence celle-ci avec un rythme plus lent qu'à ses dernières descriptions.

Monica est définitivement celle qui, à travers les confrontations, essaie de se réajuster. Elle prend son temps (comme Gabriel l'a suggéré), elle répète à plusieurs reprises (comme Vanessa l'a suggéré). Marie-Soleil quant à elle ne semble pas tenir compte des commentaires des autres, ni de ses propres propositions.

L'analyse à posteriori du jeu met donc en évidence un certain potentiel en lien avec le développement de la compétence de communication chez les élèves. Elle pointe aussi vers des limites à un tel jeu et des dérives possibles.

4.2 Analyse du jeu *Scotland Yard*

Comme il est précisé dans le chapitre sur la méthodologie, ce jeu vise la compétence à déployer un raisonnement en mathématique.

De la même façon que pour le jeu précédent, cette analyse sera abordée en cinq phases. Premièrement, nous entamerons l'analyse en présentant la grille élaborée pour coder les actions et les raisonnements des élèves que nous avons relevés au cours du jeu. Deuxièmement, nous regarderons l'évolution de chacun des élèves en cours de jeu. Puis, toujours à partir de ces résultats et des pré et post-test, nous ferons un retour sur le potentiel et les limites que présente ce jeu. Finalement, nous reviendrons sur cette compétence à déployer un raisonnement en mathématiques, par le biais d'une confrontation avec l'analyse à priori.

4.2.1 Présentation de la grille d'analyse élaborée

Cette grille comprend deux grandes parties: premièrement, la stratégie globale de l'élève. Tient-il compte des stratégies gagnantes des autres ? Joue-t-il indépendamment des autres joueurs ou initie-t-il lui-même les stratégies du jeu ? Quelles stratégies dominantes sont utilisées ? Deuxièmement, les raisonnements qui sont mobilisés durant le jeu. Ces raisonnements sont de trois types: la formulation et la validation de conjectures, un raisonnement de type combinatoire et un raisonnement de type déductif. Nous regarderons de plus l'anticipation du jeu et l'utilisation ou non d'un support pour appuyer le raisonnement. Ce jeu favorise aussi plusieurs éléments des composantes de la compétence de communication et ce, de manière très prononcée, puisque les élèves doivent expliciter, argumenter et confronter leurs raisonnements. Mais nous ciblerons avant tout, dans notre analyse, la compétence à déployer un raisonnement en mathématique.

Comme le principal pilier de cette grille est la compétence à déployer un raisonnement en mathématique, nous avons fait le lien, tout comme dans le cas de la précédente grille 4.1.1., avec les trois composantes[11] de cette compétence. Tout d'abord, nous caractériserons le jeu global de l'élève, et par la suite, nous identifierons les stratégies dominantes utilisées ainsi que les raisonnements mobilisés par les élèves en cours de jeu. Voici une explication de chacune des parties de la grille.

4.2.1.1 Caractérisation du jeu global de l'élève.

Cette partie de la grille se veut une façon de voir comment globalement l'élève (celui qui joue le rôle de policier[12]) aborde le jeu : Travaille-t-il de façon indépendante de ses pairs (les autres policiers) ? Nous avons remarqué, dans l'analyse du jeu, que cela prend effectivement un certain temps avant que les élèves coordonnent leur jeu et qu'ils travaillent véritablement en équipe.

Nous voulons de plus vérifier quel élève initie le travail d'équipe dans le jeu. Et à quel moment?

Pour pouvoir rendre compte de cet engagement global dans le jeu, chaque tour est numéroté. Par exemple, dans le premier jeu, où Vanessa est le bandit et les trois autres sont les policiers, chaque tour, au cours duquel tous les élèves effectuent un déplacement, est numéroté. Nous comptabiliserons alors durant combien de tours l'élève a joué sans se soucier des autres élèves. À quel coup il y a jeu d'équipe, c'est-à-dire quand les élèves coordonnent-ils leur jeu et font-ils front commun ? Les indicateurs sont donc pour ce 1er critère :

[11] Les trois composantes sont former et appliquer des réseaux de concepts et de processus mathématique, établir des conjectures et réaliser des démonstrations ou des preuves.
[12] Le codage du jeu ne s'applique qu'aux élèves qui ont joué le rôle de policiers.

Jeu indépendant non coordonné (l'élève joue seul) : On numérote les tours où un tel jeu s'est produit. Parfois, les élèves, surtout lorsqu'ils ont perdu la trace du bandit et qu'ils n'ont aucune idée de son emplacement jouent de façon indépendante sans se soucier des autres partenaires. C'est le cas de Monica, Marie-Soleil et Vanessa qui jouent leur tour de façon solitaire au tour # 6 du deuxième jeu, car elles n'ont aucune idée de l'emplacement du bandit.

Vanessa	**Ben regarde moi je m'en vais là [102]. J'prends le taxi, j'prend le taxi pour m'en aller là [102]**
Marie-Soleil	Facque là y doit être soit là [14 ou 15]
Monica	Ouins c'est ça
Vanessa	Il nous le dit dans combien de temps ? Dans deux choses il nous le dit
Marie-Soleil	Moi je m'en vais ici dans le fond ? [15].
Monica	Je ne le sais pas.
Marie-Soleil	**Je m'en va là [15]**
Vanessa	J'sens qu'on est foul loin de lui.
Gabriel	Peut-être…
Monica	**Moi je prends le bus pis je m'en vais là [86]**

Stratégie d'équipe : Dans ce cas, on note si l'élève a initié la stratégie d'équipe et à quel tour cette stratégie a été initiée. L'élève qui tente d'amener les autres policiers à suivre une stratégie commune afin de maximiser les chances d'attraper le bandit aura répondu à ce critère. Par exemple, dans le tour # 4 du jeu 1 Gabriel opte pour une stratégie commune (l'idée de prendre le métro par souci de rapidité) et incite les autres à travailler de concert, de son côté Marie-Soleil aussi accompagne les autres policiers dans la stratégie commune.

Prise en compte des stratégies gagnantes : L'utilisation de stratégies amenées par les autres policiers peut être gagnante dans certains cas. Notre grille nous indiquera également, par un oui ou un non, **si l'élève tient compte des stratégies gagnantes amenées par les autres élèves**. Nous identifierons de plus à quel coup il a utilisé ces stratégies.

À titre d'exemple, Marie-Soleil prend un métro au tour # 4 (jeu 1), tout de suite après l'intervention de Gabriel au tour # 3 (jeu 1) qui était intervenu sur la rapidité du métro.

Voici l'extrait au tour # 3.

Chantal	**Tu vas prendre le métro**. Ah c'est bon.
Gabriel	**Je vais avancer plus vite**. Pis toi où est-ce que tu t'en vas. On as-tu le droit de se parler entre nous ?
Chantal	Ben oui.
Gabriel	Tu devrais aller ici [au 185] puis au prochain coup aller là [au 153]. Comme ça tu vas pouvoir prendre le passage sous-terrain.
Marie-Soleil	Moi aussi j'suis ici
Gabriel	Prendre le passage sous-terrain pis s'enfuir foul vite
Marie-Soleil	Toi t'es là [pointe le 157] Facque prend l'autobus pour aller ici [185], l'autobus
Monica	Ok ouins
Gabriel	Parce que si admettons j'suis rendu là, à une autre place, là y'a deux cotés pis si on bloque les deux cotés, elle pourra pas s'en aller vite pour aller là.
Monica	J'va prendre l'autobus et je vais m'en aller au 185.

Voici l'extrait au tour # 4.

Monica	Parce que genre, nous autres on se rapproche, elle est va s'éloigner plus par là-bas
Gabriel	Moi j'vais aller me ploguer ici [pointe le 79]
Marie-Soleil	Moi je m'en vais prendre un taxi au 140 **pour aller prendre ça... [pointe le métro] pour aller plus vite**

Anticipation du jeu de l'adversaire : Nous voulons voir si l'élève est capable de prévoir le coup à l'avance, de devancer le jeu de l'autre pour tenter de contrecarrer les plans du bandit. Évidemment, nous voulons vérifier s'il adapte sa conduite à cette prévision et surtout, s'il tient compte du jeu des deux autres collègues. Dans l'exemple suivant, Gabriel tente de prévoir le coup du bandit et fait son déplacement pour nuire au bandit tout en tenant compte des deux autres collègues pour prendre sa décision.

Monica	Parce que genre, nous autres on se rapproche, elle [Vanessa, qui joue le rôle du bandit] est va s'éloigner plus par là-bas
Gabriel	Moi j'vais aller me ploguer ici [pointe le 79]
Marie-Soleil	Moi je m'en vais prendre un taxi au 140 pour aller prendre ça… [pointe le métro] pour aller plus vite
Gabriel	**Moi je vais aller me ploguer ici [79], comme ça si elle coupe dans un des territoires, ben elle pourra pas s'en venir ici**
Monica	Moi, c'est ça que je vais prendre tantôt. [153]
Marie-Soleil	Taxi…
Gabriel	**Oui c'est correct tu vas venir ici, tu vas te rapprocher d'elle. Mais moi, parce que si je m'en viens ici, tout de suite après [pointe le 111]. Elle peut couper ici et on la perd. Tandis que si je m'en vais ici [79], ça va lui donner moins de chance.**
Marie-Soleil	Toi, t'es là, faut que tu ailles là [185 vers 153].
Gabriel	Non, non, non, non. Ben c'est à toi
Marie-Soleil	J'l'ai fait, j'ai joué

4.2.1.2 Stratégies dominantes

Il est important de pouvoir rendre compte, lorsqu'on rentre maintenant plus à fond dans ce que l'élève a fait, des principales stratégies développées par celui-ci en cours de jeu. Par exemple, l'élève peut utiliser les stratégies suivantes :

- Essais : il emprunte un moyen de transport un peu au hasard, il essaie et réajuste en prenant un autre moyen de transport au tour d'après.

- Choix délibéré d'un moyen de transport : il utilise le taxi plutôt que l'autobus (puisque l'élève a en sa possession plus de tickets de taxi que de bus). Par exemple, entre les stations 14 et 15 les élèves peuvent utiliser aussi bien le taxi que l'autobus, il serait donc avantageux pour l'élève d'utiliser le taxi plutôt que l'autobus dans ce cas (si bien sûr, l'élève a en sa possession plus de tickets de taxis que d'autobus). Dans le tour 6 du premier jeu, Marie-Soleil a cette préoccupation.

Marie-Soleil	J'devrais-tu aller là ? [153] Ouais, j'va, j,va aller là
Monica	En autobus tu veux dire ?

Marie-Soleil	**En taxi, j'ai plus de taxi. J'économise**. De toute manière, je ne peux pas aller en autobus.

- Choix d'un moyen de transport rapide : il se rend à un métro le coup précédent le dévoilement par le voleur de son emplacement, afin de pouvoir se déplacer le plus rapidement possible si nécessaire. Par exemple, au tour #4 Gabriel a cette préoccupation, il utilise le métro pour aller plus vite « Prendre le passage sous-terrain pis s'enfuir foul vite »

- Trouver les trajets les plus « efficaces » (trajet qui soit à la fois rapide et économe) : Par exemple, certains trajets d'autobus sont pratiquement aussi longs que le trajet de métro. Le trajet d'autobus de 199 à 161 est ainsi aussi long que le trajet de métro 128 à 185, ou bien le trajet d'autobus entre les stations 140 à 82 est plus long que certains trajets de métro.

4.2.1.3 Raisonnements mobilisés par l'élève dans le jeu

Le cœur de la grille se trouve dans cette dernière partie. Nous voulons ici voir quels sont les grands raisonnements développés par les élèves. La grille identifie aussi les habiletés plus générales (anticipation du jeu de l'adversaire, décentration de son propre jeu et réajustement en fonction du jeu de l'adversaire et des autres policiers). Trois grands raisonnements (utilisation de conjectures, raisonnement combinatoires et raisonnement déductif) sont codés, ainsi que le recours à une représentation visuelle pour supporter ce raisonnement. Ces habiletés, ces raisonnements et le recours à une représentation visuelle seront qualifiés, selon la fréquence observée, à l'aide des trois indicateurs suivants : **pas du tout**, **moyennement** et **beaucoup**. Pour chacune des habiletés générales, des raisonnements spécifiques, nous donnerons quelques exemples pour illustrer la grille élaborée.

A. L'élève utilise-t-il un raisonnement déductif ?

Un tel raisonnement est primordial pour la réussite du jeu. Les élèves doivent tirer profit de celui-ci en ayant recours à une suite de conséquences logiques de chacun des actes de l'adversaire ou des déplacements des policiers et ce, à partir des conjectures qu'ils ont énoncées et vérifiées préalablement. Par exemple, au tour 4 du deuxième jeu, les élèves doivent utiliser un tel raisonnement pour déduire que Gabriel (qui joue le rôle du bandit) ne peut être rendu à la station 13, puisque Vanessa y était le tour d'avant. Effectivement, c'est ce que souligne Monica, ayant recours à une telle déduction pour convaincre Vanessa de ce qu'elle avance.

Vanessa	Oui c'est à moi. [13:15] Attends, y'était où son pion? [en parlant de Gabriel] Ok y'était là [52] y'a pris à partir de d'là…
Marie-soleil	Deux bus
Vanessa	…bus, bus
Monica	Y'a prit deux bus, bus, bus [pointe le 86 et ensuite le 116]
Vanessa	Y peut être rendu là [102], il peut être rendu là [13]
Monica	**Non t'étais là tantôt [13], il peut pas être là [13]!**
Vanessa	Mais il peut être là [13]
Marie-Soleil	Ouain c'est vrai!
Monica	Parce que regarde tantôt…
Vanessa	Il peut être rendu là [102]
Monica	**…Tantôt t'était là [13] ok? Et tu as descendu là [67]**
Vanessa	Oui mais il y a un chemin là ici [pointe la ligne de métro entre 67 et 13]
Monica	Ben si y'avait voulu passer là pour aller au poste y'aurait fallu qu'il passe par le métro [pointe par-dessus le pion de Vanessa sur 67, pour indiquer qu'il serait par-dessus]
Vanessa	Hein? De quoi tu parles ?
Monica	**Il l'a rien que pris deux fois ok, y'aurait fait ça [pointe le 67], t'aurais été là. Y'aurait fallu que y'aille été là. Mais toi t'étais là facque y'aurait pas pu s'en aller là.**

B. L'élève utilise-t-il un raisonnement de type combinatoire ?

Afin de s'assurer que l'élève ne joue pas de coups inutiles, il doit être en mesure d'utiliser un raisonnement de type combinatoire afin d'anticiper les déplacements possibles du bandit. La prise de décision devrait se faire en fonction de son raisonnement combinatoire. Le raisonnement de type combinatoire est largement présent à chacun des coups subséquents aux dévoilements du bandit. Ici on voit le raisonnement de Vanessa au tour 14. Gabriel (qui joue ici le bandit) a dévoilé sa position au tour 13 et il prend par la suite l'autobus (les autres doivent donc déduire les possibilités du nouvel emplacement de Gabriel). On remarque que Vanessa énonce l'éventail des possibilités quant au nouvel emplacement de Gabriel.

Gabriel	L'autobus. [il a dévoilé sa position au tour précédent, il est à 165]
Monica	Moi je reste dans le coin ici. Faut pas que je vous suive parce qui peut être là [180]
Vanessa	**Y peut être rendu là [191], y peut être rendu là [123]. Y peut être rendu là [180] [Elle énonce toutes les possibilités]**
Monica	C'est ça y peut recommencer et revenir par ici. Y peut reprendre celui-là [trajet 180-184] et revenir par ici.
Vanessa	Est-ce qu'on peut se mettre une petite affaire pour savoir où il est rendu ? [Elle s'en le besoin de garder des traces pour supporter son raisonnement]

C. L'élève formule-t-il des conjectures ?

Nous voulons cerner ici si l'élève formule en cours de jeu des conjectures, celles-ci pouvant s'avérer vraies ou fausses. Dans cet exemple, Monica émet une conjecture en s'appuyant sur le raisonnement combinatoire de Vanessa. Elle émet l'hypothèse que le bandit se rendra au 108 selon les trajets qu'elle propose.

Gabriel	J'prends l'autobus.
Monica	Y peut être là [199]
Vanessa	Ok y peut être là [184], non y peut pas être là [198]

Marie-Soleil	Y prend toujours l'autobus
Vanessa	**Y'a pas de ligne bleu ici [entre 198 et 199]** **Y peut être là [184], là [157]. Où y se rend le chemin ici ? ah ok y continue ici, y peut être là [187]**
Marie-Soleil	Ben c'est ça toi tu iras là [187]
Vanessa	Moi suis là ici là ? Mettons que je m'e vais là [153]. Ben non crime, j'aurai pu d'underground.
Marie-Soleil	Ah moins que je prenne ...
Monica	**Ben aie y sera pas fou, y se rendra pas là [187]. Moi j'suis sûre qu'il est là [157]. Pour venir ici [142] et remonter par ici [108]**
Vanessa	Ben là j'pourrai rien faire
Marie-Soleil	C'parce que lui y prend toujours l'autobus facque

D. L'élève a-t-il recours à une représentation pour supporter son raisonnement ?

Ici nous voulons vérifier si l'élève va avoir recours de lui-même à un support (dessin, schéma, autre...) pour l'aider à se représenter les différentes possibilités, à dégager une conséquence possible, ou pour l'aider à faire une conjecture. Par exemple, dans le deuxième jeu, Vanessa utilise des pions inutilisés de la boîte de jeu pour illustrer les possibilités de l'emplacement du bandit. Elle pose trois pions aux trois endroits possibles, nous sentons par le biais de ce système de représentation matériel, qu'elle veut garder le contrôle sur les possibilités d'emplacement du bandit.

Monica	Moi je reste dans le coin ici. Faut pas que je vous suive parce qui peut être là [180]
Vanessa	Y peut être rendu là [191], y peut être rendu là [123]. Y peut être rendu là [180]
Monica	C'est ça y peut recommencer et revenir par ici. Y peut reprendre celui-là [trajet 180-184] et revenir par ici.
Vanessa	**Est-ce qu'on peut se mettre une petite affaire pour savoir où il est rendu ?**
Chantal	Si tu veux
Vanessa	Ok regarde il peut être rendu là **[elle dépose un objet sur le 180]**. Y peut être rendu là **[elle dépose un objet sur le 123]**. Rendu là [191], y'a rien d'autres à mettre ?
Marie-Soleil	Mais mets son pion.

Vanessa	Y peut être rendu à toutes ces places là.
Monica	Y peut se ramasser là [184] et revenir là [185]
Vanessa	Oui mais là, y peut être ces trois places là, là.

4.2.2 Évolution par élève au cours du jeu

Tout comme au point 4.1.2., nous avons codé chacune des actions des élèves en nous servant de la grille expliquée antérieurement sur chacun des tours effectués. Nous rendrons compte de l'évolution de chacun des élèves de façon individuelle, sur chacune des composantes de la grille en l'appuyant au besoin sur des extraits du verbatim.

4.2.2.1 Gabriel

Tableau 4.12 Portrait de Gabriel lors du jeu *Scotland Yard*

<table>
<tr><th colspan="2">Portrait durant le jeu Scotland Yard</th><th>Premier jeu</th><th>Dernier jeu</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Jeu global</td><td>Jeu indépendant non coordonné</td><td>Tour (1, 2)</td><td rowspan="7">Gabriel était le bandit</td></tr>
<tr><td>Stratégie d'équipe initiée par l'élève</td><td>Tour (3,4,5,6)</td></tr>
<tr><td>Prise en compte des stratégies gagnantes</td><td>N/A</td></tr>
<tr><td>Anticipation du jeu de l'adversaire</td><td>Tour (2,3,4,5,6)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Stratégies dominantes</td><td>Essai</td><td>Tour (1, 2)</td></tr>
<tr><td>utiliser un moyen de transport en tenant compte de son nombre de tickets disponibles</td><td>Tour (7)</td></tr>
<tr><td>Utiliser un moyen de transport en fonction de la vitesse souhaitée du déplacement</td><td>Tour (2)</td></tr>
</table>

Portrait durant le jeu Scotland Yard		Premier jeu	Dernier jeu
	Trouver les trajets les plus efficaces	Tour (2,3,4)	
Raisonnements	Raisonnement déductif	Tour (5)	
	Raisonnement combinatoire	Tour (5,6)	
	Formulation de conjectures	Tour (2,3,5,7)	
	Utilisation d'un support visuel	Non	

4.2.2.1.1 Jeu global

Dans son jeu global, Gabriel **anticipe beaucoup le jeu de l'autre**. Au tour 3, il prend le métro et il envoie un de ses collègues à un métro dans l'intention suivante : « parce que si admettons j'suis rendu là, à une autre place, là y'a deux côtés pis si on bloque les deux côtés, elle [le bandit] pourra pas s'en aller vite pour aller là. » Il adapte beaucoup sa conduite sur ces anticipations, en tenant compte ainsi des stratégies de l'autre. Par exemple, toujours au tour 3, il empêche Vanessa de passer en réduisant ses chances de se rendre à un endroit précis. « Oui c'est correct tu vas venir ici, tu vas te rapprocher d'elle. Mais moi, parce que si je m'en viens ici, tout de suite après [pointe le 111]. Elle peut couper ici et on la perd. Tandis que si je m'en vais ici [79], ça va lui donner moins de chance. » Gabriel est un leader. Par conséquent, les deux autres collègues tiennent compte de ses suggestions. Il leur demande même à plusieurs reprises d'adapter leur jeu en fonction de sa stratégie. **Il devient l'instigateur de plusieurs stratégies d'équipe**, même que Monica lui demande où elle pourrait aller et il lui répond : « Faut que j'regarde où je suis rendu. Je le sais pas » et après avoir fait son déplacement, il lui demande d'aller en métro… il coordonne vraiment le jeu des autres.

4.2.2.1.2 Stratégie dominante

Gabriel contrôle les stratégies à mettre en place dans le jeu. Par exemple, il fait attention à ses réserves de tickets et choisit son moyen de transport en fonction du nombre de tickets disponibles, comme on peut le voir dans l'exemple suivant (tiré du verbatim du 1er jeu tour 7)

Marie-Soleil	Euh, moi je vais m'en aller… je m'en va où là ?
Gabriel	Comme tu veux. Euh attend t'es là **? 1, 2, 3, 4… c'est quoi qui te reste le plus ?**
Marie-Soleil	Les autobus
Gabriel	J'sais pas. Soit que tu ailles là [24], icitte [184]
Marie-Soleil	Parce que moi faut que je m'en aille par là [vers le haut]

De plus, il choisit ses moyens de transports aussi en fonction de la vitesse souhaitée du déplacement.

Gabriel	C't'a moi ? j'm'en vas encore en taxi, ici [au 67] [après que Vanessa qui joue le rôle du bandit ait donné sa position]
Chantal	Pourquoi tu t'en vas là.
Gabriel	Parce que je vais pogner le passage sous-terrain. Après…
Vanessa	Où ça qu'il y a un passage sous-terrain ?
Gabriel	Ben les affaires ici
Chantal	Le métro.
Vanessa	Ok
Chantal	Tu vas prendre le métro. Ah c'est bon. Pourquoi?
Gabriel	Je vais avancer plus vite. Pis toi où est-ce que tu t'en vas. On a tu le droits de se parler entre nous ?
Chantal	Ben oui.
Gabriel	Tu devrais aller ici [au 185] puis au prochain coup aller là [au 153]. Comme ça tu vas pouvoir prendre le passage sous-terrain.
Marie-Soleil	Moi aussi j'suis ici
Gabriel	**Prendre le passage sous-terrain pis s'enfuir foul vite**

4.2.2.1.3 Raisonnements

Gabriel **formule aussi beaucoup de conjectures**. À plusieurs reprises il émet des suppositions (en s'appuyant sur un raisonnement de type combinatoire). Par exemple au tour 7, il agit en fonction d'une conjecture qu'il émet. « Non, elle peut être partie à une autre place. j'sais pas. Elle peut être rendue à l'arrêt de bus ici. [77] [Énumère comme possibilité la région 77] ». Il joue effectivement le tour suivant en fonction de cette hypothèse, puisqu'il se déplace à la station 78.

Le **raisonnement de type combinatoire** est utilisé moyennement par Gabriel. En fait, le tour après que le bandit se soit dévoilé, il énumère les possibilités d'emplacements, mais abandonne ce raisonnement dès qu'il y a trop de combinaisons (dès que cela devient trop complexe à gérer). Quant au **raisonnement déductif**, il s'en sert peu. Au tour 5 il déduit que Vanessa ne peut pas être dans la région du 194 puisqu'elle n'a utilisé que des taxis. Gabriel n'a toutefois pas recours à une représentation pour supporter son raisonnement.

4.2.2.2 Vanessa

Tableau 4.13 Portrait de Vanessa lors du jeu *Scotland Yard*

<table>
<tr><th colspan="2">Portrait durant le jeu Scotland Yard</th><th>Premier jeu</th><th>Dernier jeu</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Jeu global</td><td>Jeu indépendant non coordonné</td><td rowspan="4">Vanessa était le bandit</td><td>Jamais</td></tr>
<tr><td>Stratégie d'équipe initiée par l'élève</td><td>À tous les tours, elle dit aux autres quoi faire</td></tr>
<tr><td>Prise en compte des stratégies gagnantes</td><td>N/A</td></tr>
<tr><td>Anticipation du jeu de l'adversaire</td><td>Tour (4,5,6,8,10,14)</td></tr>
</table>

Portrait durant le jeu Scotland Yard		Premier jeu	Dernier jeu
Stratégies dominantes	Essai		Tour (1, 2)
	utiliser un moyen de transport en tenant compte de son nombre de tickets disponibles		Tour (6, 8, 9,10)
	Utiliser un moyen de transport en fonction de la vitesse souhaitée du déplacement		Tour (8)
	Trouver les trajets les plus efficaces		Tour (4, 20, 21)
Raisonnements	Raisonnement déductif		Tour (4)
	Raisonnement combinatoire		Tour (5, 6, 9, 10, 14, 15, 19, 20)
	Formulation de conjectures		Tour (3, 4, 10, 15)
	Utilisation d'un support visuel		Tour (14)

4.2.2.2.1 Jeu global

Vanessa **<u>initie presque toujours la stratégie d'équipe</u>**. C'est elle qui dit souvent aux autres joueurs quels déplacements effectuer, même sans qu'ils lui demandent son avis. Ainsi dès le début, elle donne des consignes aux autres joueurs alors qu'elle n'a absolument aucune idée de l'emplacement du bandit puisqu'il ne s'est pas encore dévoilé. Étrangement, c'est la seule (durant les deux parties) qui semble vouloir avoir un jeu coordonné même durant les coups 1 et 2 alors qu'elle ne peut avoir un plan d'attaque puisqu'elle ne sait pas où le bandit se trouve.

Au tour 1 elle dit déjà quoi faire à Monica…

Vanessa	Ok, moi j'suis là. [155]

Monica	Moi je vais m'en aller dans ce coin-ci [zone 89]
Vanessa	Ouins tu te rendras jusque là [89]. Je vais essayer de me rendre jusqu'au undergrond et peut-être me rendre là [63] ou bien d'aller là [140]

Toute la partie, à tous les coups presque, elle dit soit à Monica soit à Marie-Soleil, ce qu'elle doit faire, même au début. Elle tient donc beaucoup compte du jeu des autres collègues. En fait, pour être plus précis, elle dicte davantage le jeu des autres joueuses qu'elle ne tient compte de leurs intentions. Ainsi, elle les convainc de faire son propre plan d'action.

Vanessa	T'aurais du te rendre là Marie [75] En tout-k go
Monica	Je ne sais vraiment plus quoi faire
Vanessa	T'es où
Monica	Suis là
Vanessa	Hum… Prend le bus jusqu'à là. [124]
Monica	Y m'en restera pus
Vanessa	Où, de là jusqu'à là. [180]. Choisis celle que tu veux. D'après moi, j'irais jusqu'à là. [124]
Monica	[Prend l'autobus jusqu'au 124]

Vanessa **anticipe** beaucoup le jeu de l'autre, mais sans toutefois toujours s'appuyer sur des raisonnements combinatoires ou déductifs. Elle adapte peu son jeu en fonction de ses anticipations et semble vouloir contrôler trop de variables en même temps, ce qui lui nuit.

4.2.2.2.2 Stratégies dominantes

Vanessa se soucie de ses provisions de billets un peu trop tard. Elle s'affole un peu au tour 6 quand elle se rend compte qu'elle a déjà utilisé ses billets de métro et qu'il ne lui en reste qu'un (elle est centrée sur le fait de contrer le bandit, et oublie les contraintes dont elle doit tenir compte, étant concentrée sur la tâche). Un peu plus tard, elle évite de prendre le métro pour conserver ses billets. (Cependant ce choix lui nuit puisqu'elle se déplace alors plus lentement)

Vanessa	Aie ce que j'aurais pu faire là. Moi j'aurais pu aller à l'underground là [153]. Ah non y m'en restera pas.
Marie-Soleil	Non y t'en resterait plus.

Elle fait attention, à partir du tour 8, à son nombre de tickets et contrôle bien son stock et en plus, elle les choisit en fonction de l'endroit où elle veut aller. De plus, nous pouvons dire qu'elle cherche à utiliser le trajet le plus efficace.

Vanessa	Va par là [29] Prend le taxi pour te rendre là [71]
Marie-Soleil	Taxi [71]
Monica	Moi je prends l'underground et je m'en vais ici. Hen ! je ne peux pas prendre l'underground. Je prends le taxi pis je m'en vais là [140]
Vanessa	C't'a toi Gab
Chantal	Pourquoi t'as pas pris l'autobus ?
Vanessa	**Parce que ça se rend à la même place et on a moins d'autobus.**

4.2.2.2.3 Raisonnements

Vanessa formule plusieurs **conjectures**. Celles-ci sont appuyées sur des constats qu'elle tire de son raisonnement combinatoire (qu'elle maîtrise très bien). Par exemple, au tour 5, soit deux tours après le dévoilement du bandit, elle pose la conjecture suivante:

> Si y'é là [86], il peut s'en aller là [116]. Y peut pas s'en aller là [87]. Il peut s'en aller là [102]. Y peut être rendu là [102] D'après moi y'é rendu là [13]. Ben non, y sera pas con pour se rendre là, j'prends l'underground et je le prends.

Elle est la seule qui pose une hypothèse et se concentre pour en vérifier la véracité. Cependant, encore une fois elle semble vouloir contrôler trop de variables à la fois, donc oublie le tour d'après de continuer dans cette intention de suivre le bandit par ce chemin.

Vanessa utilise énormément le **raisonnement de type combinatoire**. En fait, elle est celle qui semble contrôler le mieux ce type de raisonnement. À chacun des coups subséquents le dévoilement du bandit, elle énumère toutes les possibilités d'emplacements du bandit, à plusieurs reprises et toujours de façon ordonnée. Son raisonnement est la plupart du temps très bien verbalisé. Par exemple au tour 15, deux tours après le dévoilement du bandit (tour 13), elle cite de façon ordonnée les 11 possibilités : « Y peut être rendu là [122]. Y peut être rendu là [137]. Y peut être là [149]. Y peut être rendu là [124]. Y peut être rendu là [181], y peut être rendu là [165], là [193]. Y peut être rendu là [178], à [179] là [190]. Peut être rendu là [192]. Y peut être rendu pas mal loin. »

Vanessa n'utilise que très peu le **raisonnement déductif**. Au tour 4 elle annule une des possibilités d'emplacement du bandit puisqu'elle était sur cette station. À l'exception de cet exemple peu significatif (dans ce cas), on ne voit pas se raisonnement ressortir.

Vanessa	Moi je m'en vais là [67]
Marie-Soleil	Moi je m'en vais ici après [41]
Vanessa	Aie y peut être aussi. Ah ben **non j'étais là** niaiseuse

Vanessa est la première à avoir **recours à une représentation pour supporter son raisonnement**. Pour ce faire, elle prend les pions inutilisés du jeu et les dépose sur les stations possibles où le bandit peut se trouver. Elle contrôle ainsi son raisonnement combinatoire. Elle est celle qui initie les autres à utiliser un tel support. Elle abandonne toutefois son support après deux coups, puisqu'elle n'a plus suffisamment de pions. Au tour 19, un tour après le dévoilement du bandit, on voit Marie-Soleil demander à Vanessa de remettre les pions pour illustrer les endroits possibles. On en conclut que Vanessa a amené un support utile pour tous les autres policiers, qui le reprennent à leur compte.

4.2.2.3 Marie-Soleil

Tableau 4.14 Portrait de Marie-Soleil lors du jeu *Scotland Yard*

Portrait durant le jeu Scotland Yard		Premier jeu	Dernier jeu
Jeu global	Jeu indépendant non coordonné	Tour (1, 2, 3, 4,5, 7)	Tour (13, 14, et le reste elle ne fait qu'exécuter les directives de Vanessa)
	Stratégie d'équipe initiée par l'élève	N/A	Tour (1, 2, 9 – mais personne l'écoute)
	Prise en compte des stratégies gagnantes	Tour (4)	N/A
	Anticipation du jeu de l'adversaire	N/A	N/A
Stratégies dominantes	Essai	N/A	N/A
	utiliser un moyen de transport en tenant compte de son nombre de tickets disponibles	Tour (6)	Tour (7, 12)
	Utiliser un moyen de transport en fonction de la vitesse souhaitée du déplacement	Tour (6)	Tour (6)
	Trouver les trajets les plus efficaces	N/A	N/A
Raisonnements	Raisonnement déductif	N/A	N/A
	Raisonnement combinatoire	Tour (4, 5)	Tour (10)
	Formulation de conjectures	Tour (6, 7)	Tour (5, 6,)
	Utilisation d'un support visuel	N/A	N/A

4.2.2.3.1 Jeu global

Dans le premier jeu, Marie-Soleil **n'initie pas du tout de stratégies d'équipe**. À une seule occasion, elle a suggéré à Monica d'aller à une station, tandis que c'est Gabriel qui propose aux autres de s'éparpiller afin de maximiser leur chance d'être près du bandit avant le dévoilement. Par contre, dans le deuxième jeu, dès le départ (tour 1), elle suggère aux autres de se disperser. Au tour 2, on sent qu'elle a toujours cette préoccupation puisqu'elle refuse d'aller proche du pion de Monica (à la suggestion de Vanessa) car elle dit : « oui mais y'a personne ici… moi je vais où si elle va là ».

On ne sent **pas du tout d'anticipation** du jeu chez Marie-Soleil. Au tour 7 elle voit bien que Gabriel ira dans le haut de la carte, mais sans plus de précision. Elle tient plus ou moins compte de ses anticipations dans ses déplacements, et préfère se fier davantage à l'avis des autres.

4.2.2.3.2 Stratégies dominantes

Marie-Soleil est la première a comprendre l'importance d'utiliser le moyen de transport comme le taxi plutôt que l'autobus quand c'est possible, puisque le joueur a en sa possession plus de tickets de taxi que d'autobus. On voit clairement qu'elle ménage ses autobus, elle le verbalise au tour 6 : « En taxi, j'ai plus de taxi. J'économise. De toute manière, je ne peux pas aller en autobus ». Par contre, ce souci d'épargne lui nuit au deuxième jeu, car elle ne veut pas prendre le métro puisqu'elle n'en a pas beaucoup, mais dans ce cas la vitesse du trajet était plus importante. On voit qu'elle se soucie aussi de sa réserve de billets dans le deuxième jeu. On le constate lorsque Vanessa se rend compte de ses excès de dépense dans les billets de métro.

Vanessa	Check ben. J'va aller là après je vais monter là [reviens sur ses pas].

	Après ça je vais me rendre là [46 via underground]. En tout-k je vais essayer de faire ça. oh shit y m'en reste juste un underground. [elle paye et avance son jeton, et par la suite le recule]. Qu'est-ce que je fais moi avec mon underground [change de ticket]
Marie-Soleil	On en avait 4 ? J'en ai même pas utilisé un. Comment ça y m'en reste trois [cherche]
Monica	Peut-être que tu l'as pas pris l'underground ?
Vanessa	Ben oui tu n'as pris un
Marie-Soleil	Ah j'en avais pris un ?
Vanessa	Me semble que oui.
Marie-Soleil	Ah ok je ne le sais plus.

Par contre, la gestion de sa provision de billets est plutôt défaillante puisqu'elle a tellement économisé ses billets de métro qu'elle ne peut pas jouer son dernier coup. Il ne lui reste alors qu'un métro, mais elle n'est pas sur une station de métro.

Marie-Soleil	Moi je ne peux pas jouer, car je n'ai juste qu'un underground.
Gabriel	Ça veut dire que Marie-Soleil est out

4.2.2.3.3 Raisonnements

Marie-Soleil **formule peu de conjectures**. Sans être trop convaincue elle lance des hypothèses. Ainsi au tour 6 (dans le premier jeu), elle suppose que le bandit est au 195. On ne comprend toutefois pas pourquoi elle émet cette hypothèse. Dans le deuxième jeu, elle ne formule pas de conjectures, seulement des suppositions non fondées. Par exemple, « il peut avoir pris le bus pis rester là [longe la rivière] ». On peut donc dire dans ce cas que ses hypothèses en général sont énoncées sans véritable argumentation à l'appui. Il s'agit de conjectures non fondées.

Marie-Soleil utilise un raisonnement de type combinatoire Elle énumère les possibilités, le coup d'après cependant elle n'énumère plus, elle ne fait que mentionner que « il y a maintenant plus de 5 possibilités ». Elle se représente ainsi mentalement toutes les possibilités, sans passer pour autant par une énumération systématique.

Marie-Soleil utilise des raisonnements de type combinatoire au 1er jeu :

Vanessa	Là c'est à moi. Euh… ok, je m'en vais en taxi
Marie-Soleil	Elle pourrait être là, là, … [énumère les différentes possibilités]
Monica	Par ici, par ici, … 1,2,3,4 …
Marie-Soleil	Elle a 5 places où aller

Son raisonnement la porte, au premier jeu, à inciter Monica à faire un mouvement.

Marie-Soleil	En ça va en taxi là. Y'a plus que 5 chances parce que là il lui reste trois tours. Tu t'en vas en taxi ? Dans le fond faut tout le temps que …
Vanessa	J'suis encore en taxi
Gabriel	Ok, soit qu'elle est ici, ici, ici ou là.
Marie-Soleil	Elle a 5 chances déjà là pis faut lui en remettre 5 autres
Monica	Elle était là et elle a pris deux fois le taxi. Alors elle peut être ici, [énumère différentes possibilités non ordonné]
Marie-Soleil	Facque toi [Monica] tu t'en iras là [au 165]

Elle **n'utilise pas de raisonnement déductif** dans la première séance de jeu ni dans la deuxième séance de jeu. Pourtant, l'utilisation d'un tel raisonnement lui aurait permis d'éviter de déplacer son pion pour rien. Par exemple au tour 17, elle revient à la station 95, mais par déduction, on peut constater qu'il ne pouvait pas être là.

Dans le premier jeu elle **n'a pas recours à une représentation visuelle** pour supporter son raisonnement. Cependant, dans le deuxième jeu lorsque Marie-Soleil voit Vanessa qui se sert des pions pour illustrer toutes les possibilités d'emplacement du bandit, elle voit l'utilité d'un tel support. Ainsi lors du tour subséquent le dévoilement suivant du bandit, elle demandera à Vanessa de remettre de nouveau les pions pour pouvoir appuyer son raisonnement combinatoire « Aie, mais mets les pions pour dire où y pourrait être. » mais **elle ne se sert pas de ce support visuel**.

4.2.2.4 Monica

Tableau 4.15 Portrait de Monica lors du jeu *Scotland Yard*

Portrait durant le jeu Scotland Yard		Premier jeu	Dernier jeu
Jeu global	Jeu indépendant non coordonné	Tour (1, 2)	Tour (1, 2)
	Stratégie d'équipe initiée par l'élève	N/A	Tour (8, 12)
	Prise en compte des stratégies gagnantes	Tour (4 – prend le métro comme Gabriel)	Tour (3)
	Anticipation du jeu de l'adversaire	Tour (7)	Tour (9, 12, 18, 19, 20)
Stratégies dominantes	Essai	Tour (1,2)	N/A
	utiliser un moyen de transport en tenant compte de son nombre de tickets disponibles	N/A	Tour (12, 17, 20)
	Utiliser un moyen de transport en fonction de la vitesse souhaitée du déplacement	Tour (3)	Tour (3, 10)
	Trouver les trajets les plus efficaces	Tour (3)	Tour (4, 18)
Raisonnements	Raisonnement déductif	Tour (8)	Tour (4, 5, 13)
	Raisonnement combinatoire	Tour (5)	Tour (3, 4, 12, 14, 15, 19)
	Formulation de conjectures	Tour (4, 7)	Tour (5, 9, 14, 18)
	Utilisation d'un support visuel	N/A	Tour (16)

4.2.2.4.1 Jeu global

Nous avons observé Monica anticiper le jeu de l'adversaire dans la première séance de jeu une seule fois. Au tour 7, elle anticipe le jeu de l'adversaire « elle peut être comme genre [122] Ensuite elle peut avoir pris un taxi, être ici et se rendre là [région 158]. ». Cependant, elle se rend au 145 qui est complètement à l'opposé. Par contre, elle évolue dans le deuxième jeu, puisque l'on voit ressortir cette anticipation à plusieurs reprises, comme dans cet exemple où Monica, malgré les suggestions de Vanessa, cherche à bloquer l'adversaire en allant « surveiller » une partie de la carte.

Vanessa	Toi tu devrais pas trop t'éloigner. Peut-être pas venir le bloquer. Peut-être. Non garde. Moi je m'en vais par là ici [bas gauche]. Marie tu bloques ici parce que regardes il y a un chemin ici [122-95]
Monica	Moi je veux rester à checker ici [extrême droite]

De plus, elle empêche Gabriel d'utiliser le métro (une station) en allant mettre son pion sur cette station (2^e jeu, tour 9)

Monica	Sans moi y pourrait prendre l'underground.

4.2.2.4.2 Stratégies dominantes

Monica prévoit et **utilise ses moyens de transport** en tenant compte de son nombre de tickets disponibles, au 2^e jeu, tour 20, il ne lui reste presque plus de tickets, et elle prévoit s'en servir afin d'être en mesure de pouvoir bouger en fin de mach.

Monica	Moi là après je m'en viens ici [153]
Vanessa	Regarde je comprend pourquoi y m'a demander si j'avais des bus, parce qu'il veut pas que je me rende là [165]
Marie-Soleil	T'as pas de bus
Vanessa	C'est ça, y veut pas que je me rende là
Monica	Moi je me rend là [153] après parce que j'ai un underground.

4.2.2.4.3 Raisonnements

Monica utilise des conjectures dans les deux jeux. « Ben aie y sera pas fou, y se rendra pas là [187]. Moi j'suis sur qui est là [157]. Pour venir ici [142] et remonter par ici [108] »

Que ce soit dans l'un ou l'autre des jeux, Monica **utilise son raisonnement combinatoire** comme le montre l'exemple suivant (2ième, jeu tour 4.)

Gabriel	J'prends l'autobus
Marie-Soleil	Marie-Soleil
Vanessa	Y peut être aux 4
Marie-Soleil	Ici [13] y peut pas être là si tu es là toi
Monica	**Il peut être là [41], là [87] ou là [67]**
Chantal	Qu'est-ce que tu as pris ?
Gabriel	L'autobus
Monica	**Y peut être là, ... [énumère de nouveau]**

Dans le premier jeu, on voit une fois ressortir le **raisonnement déductif**. Les joueurs donnent des hypothèses sur l'emplacement du bandit et elle déduit que « Elle est dans le bout ici parce qu'elle a juste pris des taxis, elle ne peut pas aller loin ». Cependant, on voit une très grande évolution, puisque dans le deuxième jeu, Monica est celle qui utilise le plus son raisonnement déductif. Elle doit justifier à Vanessa les raisons pour lesquelles Gabriel ne peut se trouver sur une station en particulier. À l'aide de cet exemple, on voit que Monica contrôle bien ce raisonnement.

Monica	Y'a prit 2 bus, bus, bus [pointe le 86 et ensuite le 116]
Vanessa	Y peut être rendu là [102], il peut être rendu là [23]
Monica	**Non t'étais là tantôt [23], il peut pas être là [13]!**
Vanessa	Mais il peut être là [23]
Marie-Soleil	Ouain c'est vrai!
Monica	Parce que regarde tantôt…
Vanessa	Il peut être rendu là [102]
Monica	…Tantôt t'était là [13] ok? Et tu as descendu là [67]
Vanessa	Oui mais il y a un chemin là ici [pointe la ligne de métro entre 67 et 13]

Monica	**Ben si y'avait voulu passer là pour aller au poste y'aurait fallu qu'il passe par le métro [pointe par-dessus le pion de Vanessa sur 67, pour indiquer qu'il serait par-dessus]**
Vanessa	Hein? De quoi tu parles ?
Monica	**Il l'a rien que prit deux fois ok, y'aurais fait ça [pointe le 67], t'aurais été là. Y'aurais fallu que y'aille été là. Mais toi t'étais là facque y'aurais pas pu s'en aller là.**
Marie-Soleil	Si y'avait eu l'idée d'aller prendre l'underground j'imagine que c'est ça.
Monica	Il l'aurait déjà pris
Marie-Soleil	Pis là, il nous a entendu ben y'a peut-être changé de place. Facque là y'a du prendre… attend 1, 2, …
Vanessa	Ben regarde moi je m'en vais là [102]. J'prends le taxi, j'prends le taxi pour m'en aller là [102]
Marie-Soleil	Facque là y doit être soit là [14 ou 15]
Monica	Ouins c'est ça

Monica est en plus très attentive et elle peut déduire des approximations d'emplacements du bandit puisqu'elle observe bien le jeu, par exemple elle déduit que Vanessa (qui joue le rôle du bandit) ne peut être bien loin puisqu'elle n'a utilisé que des taxis. (1er jeu, 5 tour).

Gabriel	Attend, attend, c't'a elle avant de jouer
Marie-Soleil	Oui je le sais, mais je…
Gabriel	[inaudible]
Monica	Elle a juste pris des taxis à date
Gabriel	Elle se déplace pas vite
Monica	Facqu'on a plus de chance de l'attraper

De la même façon, au 8^{e} tour du premier jeu…

Monica	Elle dans le bout ici parce qu'elle a juste pris des taxis, elle ne peut pas aller loin.
Marie-Soleil	Elle est sûrement allé dans le haut, elle ne pas aller dans le bas parce qu'elle s'avait que tout le monde allait là
Monica	Parce que tantôt, on était là [région 111] pis là [région 153]

4.2.3 Retour sur le jeu : potentiel et limites du jeu, à la lumière des résultats des élèves

Nous situerons tout d'abord où étaient les élèves au départ de l'expérimentation et par la suite, comment ils ont évolué à la fin de l'expérimentation.

4.2.3.1 Portrait initial et final

Les élèves ont passé un prétest afin de nous permettre d'évaluer où ils en étaient au tout début de l'activité quant à la compétence à déployer un raisonnement mathématique. Plus particulièrement, ce prétest (ainsi que le post-test) touchaient la capacité des élèves à raisonner à travers un type de problèmes particulier, les problèmes de logique. C'est donc ici un type de raisonnement particulier qui était ciblé. L'analyse des problèmes des prétest et postest doit donc se faire à part. On ne rejoint pas en effet ici les différents types de raisonnements sollicités dans le jeu. Seules les parties déductions et recours à une représentation pour supporter la résolution s'y retrouvent. Voici le problème présenté aux élèves

> **Les anciens**
> Sur la grande place de leur village provençal, quatre pépés bavardent. Arsène, Ernest, Isidore et Oscar sont assis côte à côte sur un banc, à l'ombre. Ils ne se sont pas assis au hasard. Ainsi Ernest ne voisine pas Arsène ou Isidore, qui ne sont pas ses meilleurs amis. Isidore ne côtoie pas oscar, car celui-ci mange trop d'ail. Ernest, quant à lui, n'a personne à sa gauche, car il est sourd de l'oreille gauche. Quelle est la disposition la plus logique des anciens sur leur banc?

La question du prétest et celles du post test (voir 4.2.3.2) ont été traitées de la même façon. Nous avons utilisé une partie de la grille du jeu et nous l'avons adaptée. En effet, nous voulions observer si l'élève pouvait résoudre ce type de problème et vérifier quelle était la stratégie utilisée par l'élève pour le résoudre. Nous avons donc codé les éléments suivants :

a. Réussite ou échec (avec les indicateurs oui ou non) : l'élève réussit-il ou non le problème ? Dans le cas d'une résolution partielle, les erreurs et difficultés sont notées.

b. Stratégie : Quelle est la stratégie utilisée par l'élève pour résoudre son problème

- ☐ Déduction logique
- ☐ Essais
- ☐ Stratégie non identifiable
  (Faute d'informations suffisantes)

c. Support : Est-ce que l'élève se donne un support pour résoudre le problème ?

- ☐ Oui
- ☐ Non

i. Quel type de support est utilisé ?

- ☐ Recours à des nombres
- ☐ Dessin
- ☐ Tableau
- ☐ Autres

Par exemple : Monica, (postest, problème au travail) a construit un tableau à double entrée

ii. Préciser le statut de ce support :

a) Le support sert-t-il à illustrer la réponse ?

- ☐ Oui

☐ Non

b) L'élève opère-t-il sur le support pour résoudre le problème ?

☐ Oui

☐ Non

Le post test des élèves a été passé sous forme de questionnaire où on leur a soumis les quatre questions de logique que voici :

1. Harmonie des genres

Dominique, Claude, Olive et Frédérique forment un sympathique quatuor. Les joueurs de flûte et de guitare sont fiancés. Ceux de piano et de violon sont frères et sœur. Les deux musiciens dont les instruments son les plus volumineux rivalisent toujours par la longueur de leurs moustaches. Les prénoms les plus courts correspondent aux instruments les plus petits. Si vous écrivez les prénoms des hommes du quatuor, combien de lettres tracerez-vous en tout?

2. Au badminton

Estelle, Marie-Hélène et Sabrina jouent en tout cinq parties au badminton. Estelle a rencontré Marie-Hélène pour la première partie. Puis, Sabrina s'est mesurée à la gagnante pour la deuxième partie. Par la suite, la perdante cède toujours sa place à celle qui est en attente.
1. Sabrina a gagné la deuxième partie.
2. Estelle a gagné la troisième partie.
3. Marie-Hélène a gagné exactement deux parties.

Au moyen de ces indices, trouvez qui a gagné la dernière partie.

3. Sports d'été

Femmes : Julie, Solange, Véronique
Sports : natation, pêche, planche à voiles, ski nautique.
Mois : juin, juillet, août.
1. À chaque mois, chacune des femmes pratique un seul sport différent d'un mois à l'autre.
2. En juin, Julie ne fait pas de planche à voiles ni de natation.
3. En juillet, Julie pratique le même sport que Véronique, un mois plus tard.
4. En août, Solange fait de la natation ou de la planche à voiles.
5. Véronique va à la pêche en juin ou en juillet.
6. En juillet, Véronique pratique le même sport que Julie en août.

7. En août, Solange pratique le même sport que Véronique en juin.
8. Seule Solange ne fait pas de planches à voiles.
9. Toutes trois font de la pêche en un mois différent.
10. En juin, Véronique fait de la natation ou de la planche à voiles.

Au moyen de ces indices, quelle femme pratique quel sport et à quel mois de l'année ?

4. Au travail!
Noms : Caroline, Céline, Louise, Martine.
Jours de travail par semaine : 3, 4, 5.
Métiers : agente de bureau, secrétaire, technicienne.
1. Deux femmes travaillent cinq jours par semaine.
2. Deux femmes sont secrétaires.
3. Caroline ne travaille pas quatre jours par semaine.
4. Céline n'est pas agente de bureau et ne travaille pas quatre jours par semaine.
5. Louise n'est pas technicienne et ne consacre pas cinq jours à son travail.
6. Martine ne travaille pas quatre jours par semaine.
7. Louise ou Caroline est technicienne.
8. Celle qui travaille quatre jours par semaine n'est pas secrétaire.
9. La technicienne ne travaille pas cinq jours par semaine.

Quel est le métier de chacune et quel est le temps consacré à chaque semaine ?

Nous donnerons ici une comparaison des portraits initiaux et finaux pour chaque élève, sous forme de tableau, en fonction des critères de la grille d'analyse élaborée pour les prétests et postests.

4.2.3.1.1 Gabriel

Tableau 4.16
Résultat du postest de Gabriel au jeu *Scotland Yard*

	Prétest	**Postest** 1 Harmonie des genres	2 Sports d'été	3 Au travail!	4 Badmington
Réussite ou échec	Réussite	Réussite	Réussite (Une toute petite erreur Julie au mois de Juin au lieu de juillet.)	Échec	réussite
Quelle est la stratégie que l'élève utilise pour résoudre son problème ?	Incapable d'identifier la stratégie	Déduction	Déduction	Déduction	Déduction
Quel type de support est utilisé ?	Dessin (il a dessiné un banc)	Une structure qui pourrait être mise en tableau.	Il utilise 3 petits tableaux	Il a fait des tableaux à double entrée pour chacune des 4 filles	Il écrit dans un tableau les résultats de chacun des matchs.
Statut du support	Illustrer la réponse	Pour résoudre	Pour résoudre	Pour résoudre	Pour résoudre

Il semble ici y avoir une évolution du côté de la mise en place d'une déduction, raisonnement supporté par l'utilisation d'un certain schéma, le tableau à double entrée.

4.2.3.1.2 Vanessa

Tableau 4.17
Résultat du postest de Vanessa au jeu *Scotland Yard*

	Prétest	**Postest** 1 Harmonie des genres	2 Sports d'été	3 Au travail!	4 Badmington
Réussite ou échec	Réussite	Réussite	Réussite partielle (elle a une erreur dès le départ, mais pourtant le raisonnement est bon)	Échec, elle est incapable de s'organiser	Échec, elle est incapable de s'organiser
Quelle est la stratégie que l'élève utilise pour résoudre son problème ?	Essai (elle a dessiné toutes les possibilités de façon non systématique, on sent qu'elle y va par essai erreur)	Déduction	Déduction	Déduction	Déduction
Quel type de support est utilisé ?	Dessin (elle a dessiné trois bancs avec les pépés installés différemment dessus)	Tableau	Tableau	Tableau mal structuré, elle essaie de mettre trois variables dans le tableau à double entrée	Tableau
Statut du support?	Pour illustrer la réponse	Pour illustrer la réponse	Pour résoudre le problème	Pour résoudre le problème	Pour résoudre le problème

Dans le cas de Vanessa, il est également possible d'observer une évolution du côté de la mise en place d'une déduction, et d'une certaine structuration systématique des données à travers le tableau.

4.2.3.1.3 Marie-Soleil

Tableau 4.18
Résultat du postest de Marie-Soleil au jeu *Scotland Yard*

	Prétest	**Postest**			
		1 Harmonie des genres	2 Sports d'été	3 Au travail!	4 Badmington
Réussite ou échec	Réussite	Échec	Échec	Échec	Échec
Quelle est la stratégie que l'élève utilise pour résoudre son problème ?	Incapable d'identifier la stratégie	Incapable d'identifier la stratégie	Déduction	Déduction	Déduction
Quel type de support est utilisé ?	Elle a dessiné un banc et un tableau	Elle tente d'associer les noms et les instruments, je crois qu'elle n'a pas compris la question	Si elle sait qu'un nom va avec un mois ou avec un sport elle juxtapose les mots un à côté de l'autre, sans autre structure.	Elle écrit les possibilités des jours et des emplois pour chacune des femmes	Tentative de tableau mais sans double entrée.
Statut du support?	Incapable d'identifier	Incapable d'identifier	Incapable d'identifier	Incapable d'identifier	Pour résoudre le problème

Des difficultés demeurent chez Marie-Soleil dans la résolution de ce type de problèmes, même si une amorce de déduction est mise en place. Ces difficultés semblent liées à une structuration non systématique, rendant complexe une prise en compte des différentes contraintes.

4.2.3.1.4 Monica

Tableau 4.19
Résultat du postest de Monica au jeu *Scotland Yard*

	Prétest	**Postest** 1 Harmonie des Genres	**Postest** 2 Sports d'été	**Postest** 3 Au travail!	**Postest** 4 Badmington
Réussite ou échec	Réussite	Échec	Échec	Échec	Échec
Quelle est la stratégie que l'élève utilise pour résoudre son problème ?	Incapable d'identifier la stratégie	Incapable d'identifier la stratégie	Déduction	Déduction	Incapable d'identifier la stratégie
Quel type de support est utilisé ?	Incapable d'identifier	Elle fait un schéma de correspondance des noms qu'elle associe aux instruments	Tableau à double entrée	Tableau à double entrée	Aucun
Statut du support?	Incapable d'identifier	Incapable d'identifier	Pour résoudre le problème	Pour résoudre le problème	Incapable d'identifier

Une déduction est mobilisée sur certains problèmes du postest, s'appuyant sur un certain support, le tableau à double entrée.

Nous reviendrons maintenant plus globalement sur le jeu et l'évolution des élèves.

4.2.3.2 Les éléments qui semblent favoriser une évolution

À partir de l'analyse de l'évolution de chacun des élèves dans le jeu, certains éléments semblent favorables à la mobilisation de certains raisonnements ou certaines stratégies. Ainsi, on voit apparaître le raisonnement combinatoire régulièrement chez tous les élèves en lien avec le dévoilement du bandit à tous les cinq coups. Lors des deux coups subséquents la divulgation de la station où se trouve le bandit, les raisonnements combinatoires apparaissent puisqu'il est facile d'être en contrôle de ce raisonnement, immédiatement après le dévoilement. Par la suite, lors des $3^{\text{ième}}$ et $4^{\text{ième}}$ coups subséquents, on voit plutôt apparaître des conjectures. Les élèves semblent émettre des hypothèses plus facilement lorsqu'ils ne voient plus les possibilités d'emplacements, alors qu'ils pourraient dès le départ faire l'essai d'une hypothèse et prendre une chance. Au $5^{\text{ième}}$ coup, les élèves ont plutôt tendance à se préparer pour le prochain dévoilement, donc ils se dirigent près d'une station qui leur permettra de se déplacer rapidement (stratégie dominante).

Le fait d'avoir utilisé des outils pour illustrer les possibilités d'emplacements du bandit (comme l'a fait Vanessa lors du deuxième jeu) semble avoir aussi aidé les joueurs à supporter leur raisonnement combinatoire. Mais après 2 coups, les élèves ont abandonné ce support puisque les possibilités devenaient trop nombreuses. On voit alors la limite du support utilisé (matérialisation des possibilités avec des jetons), qui aurait demandé une généralisation du modèle qui permette de rendre compte des différentes possibilités.

Le fait de travailler en équipe a permis par ailleurs aux élèves d'être influencés par les stratégies des autres collègues, puisque souvent l'instigateur d'une bonne stratégie la verbalisait et incitait les autres membres de l'équipe à faire comme lui. Il y a évidemment, l'envers de la médaille, alors qu'on voit parfois les élèves s'exécuter non pas en fonction des arguments qui leur sont rapportés mais bien en fonction de la confiance ou de la crédibilité mathématique qu'ils accordent à certains élèves. Dans cet extrait (1er jeu, 4e tour), ils se divisent en trois et surveillent chacun leur coin. Ils n'énumèrent plus les possibilités où Vanessa (qui joue le bandit) peut être. Chacun se fie sur Gabriel, pourtant ils auraient eu la possibilité d'utiliser un raisonnement combinatoire pour asseoir leur décision.

Gabriel	J'm'en vas en taxi au 98.
Monica	**J'sais pas quoi faire. Je devrais-tu aller là** [163] Des fois qu'elle serait par là.
Gabriel	Euh, **tu vas aller en sous-terrain ici oui.**
Monica	Moi je prends le passage sous-terrain et je m'en vais au 163
Gabriel	**Toi tu vas rôder dans le coin ici**. Elle est va être là
Marie-Soleil	On est correct
Gabriel	Et moi je vais être dans le coin là

4.2.3.3 Les limites du jeu

Lorsqu'il y a un travail d'équipe, il y a des élèves qui détiennent un peu plus de leadership, ce qui fait en sorte que, parfois, d'autres élèves ne jouent pas toujours comme ils l'auraient voulu. Ainsi, lorsqu'un élève a un peu plus de crédibilité mathématique, ou qu'il est en mesure d'influencer les autres élèves, autrement que par des arguments mathématiques, il freine la liberté d'action des autres élèves. Par exemple, Vanessa a souvent donné des ordres à Marie-Soleil sans aucun argument valable. Celle-ci s'est exécutée par souci de plaire à Vanessa. Autre exemple, Gabriel est considéré en classe par les autres élèves comme un élève performant et particulièrement doué en mathématique. Par conséquent, lorsqu'il propose un déplacement, les autres élèves ont tendance à s'exécuter sans trop se questionner. On voit donc ici, tout comme dans le jeu précédent, les limites des interactions sociales, les dérives possibles de celles-ci. D'autres limites sont aussi à signaler du côté de l'expérimentation même. Ainsi les prétest et postest n'étaient peut-être pas dans ce cas les plus adaptés puisqu'ils ne rejoignent pas l'ensemble des raisonnements mobilisés par le jeu.

4.2.4 Retour sur la compétence à déployer un raisonnement mathématique

4.2.4.1 Confrontation avec l'analyse à priori.

La compétence à déployer un raisonnement mathématique se trouve plus particulièrement sollicitée dans le jeu sous l'angle des indicateurs, présentés dans la dernière partie de la grille. En effet, les raisonnements déductifs et combinatoires, la formulation de conjectures, correspondent partiellement aux trois composantes de cette compétence comme nous le voyons dans le tableau suivant.

Tableau 4.20 Confrontation de l'analyse à priori et à posteriori

Composante de la compétence à déployer un raisonnement mathématique	**Analyse à priori**	**Analyse à posteriori à la lumière de ce qui se passe dans le jeu**	**Confrontation de l'analyse à priori et de l'analyse à posteriori**
Former et appliquer des réseaux de concepts et processus	Le raisonnement de type combinatoire (dans le sens ici d'une description systématique des combinaisons possibles de parcours) est fortement sollicité puisque les possibilités se multiplient à chaque tour dans le jeu.	Le raisonnement combinatoire nous l'avons vu est fortement mobilisé chez les élèves. L'élève doit *mobilise ce type de raisonnement* pour être en mesure de dénombrer les possibilités d'emplacements de l'adversaire et donc les déplacements pour le contrer. Principalement après le dévoilement du bandit.	Le raisonnement de type combinatoire est le raisonnement prédominant dans le jeu. À chacun des tours l'élève tente d'utiliser un tel raisonnement.
Établir des conjectures	L'élève établit des conjectures. Il doit analyser les conditions de la situation à chacun des tours du jeu et peut faire des hypothèses sur l'endroit où il devra se rendre pour contrer le bandit, et sera amené à réajuster ces conjectures.	L'élève doit se développer des stratégies dans le jeu *Scotland Yard* pour capturer le bandit. Pour se faire, il doit analyser les conditions du jeu et formuler un emplacement possible en fonction des déplacements. On voit apparaître effectivement de telles conjectures.	Effectivement l'élève formule des conjectures surtout en parlant de la position du bandit, mais aussi sur les stratégies gagnantes à adopter
Réaliser des démonstrations ou des preuves	Le raisonnement de type déductif y est aussi mobilisé. À la suite de plusieurs étapes, l'élève peut en effet déduire (en se servant des informations des étapes	L'élève utilise ce raisonnement déductif partiellement afin de réfuter ou réajuster ses conjectures. Il appuie son argumentation à l'aide de déductions.	Le jeu donne partiellement l'occasion de faire des déductions. Cependant, ce raisonnement est moins sollicité que le raisonnement combinatoire.

Composante de la compétence à déployer un raisonnement mathématique	Analyse à priori	Analyse à posteriori à la lumière de ce qui se passe dans le jeu	Confrontation de l'analyse à priori et de l'analyse à posteriori
	précédentes) où peut se trouver le bandit.		
Utilisation d'un support visuel pour appuyer le raisonnement	Une organisation solide s'impose d'elle-même pour supporter le raisonnement combinatoire (recours à un schéma, à une représentation pour garder trace des déplacements des uns et des autres)	L'utilisation d'un tel support est très peu initié par les élèves.	Le jeu tel qu'exploité ne sollicite pas l'utilisation de support pour appuyer les raisonnements. Une élève a senti le besoin d'avoir recours à un tel support et a été utilisé par les autres. Il aurait donc été nécessaire de provoquer l'utilisation de tel support, dans l'aménagement du jeu (par exemple communication à quelqu'un d'autre des différents déplacements possibles)

Que dire donc, à la lumière de cette confrontation, de chacune des composantes en lien avec le jeu.

4.2.4.2 Former et appliquer des réseaux de concepts et de processus mathématique

Le jeu, tel qu'anticipé, semble effectivement favoriser la mobilisation d'un raisonnement de type combinatoire et une systématisation des différentes possibilités. Il y a donc là un réel apprentissage. Ce raisonnement combinatoire semble facile à formuler dans le jeu *Scotland Yard*, en particulier lors du coup subséquent au dévoilement du voleur. Dès le second coup après ce dévoilement, le raisonnement devient plus difficile à évoquer à moins d'utiliser un support visuel comme l'a fait Vanessa. Il est donc moins fréquent.

4.2.4.3 Établir des conjectures

Jusqu'au prochain dévoilement du voleur, les élèves se déplacent en fonction de conjectures (s'appuyant parfois sur les raisonnements combinatoires). Ce déroulement s'effectue par défaut, en fait dès que les élèves ne contrôlent plus leur raisonnement combinatoire, ils émettent plus facilement des hypothèses (gratuites). Souvent les conjectures sont émises de façons plus ou moins convaincantes. Les élèves donnent alors une hypothèse et ne semblent pas enclins à la suivre.

4.2.4.4 Réaliser des démonstrations ou des preuves

Nous n'avons vu qu'à quelques reprises cette composante sous la forme de déductions dans les productions de nos élèves. Le raisonnement déductif est peu utilisé chez les élèves, sauf lorsqu'il est question de justifier le déplacement du bandit. Par exemple dans le jeu 2, Monica démontre à Vanessa que le bandit n'a pu être là puisqu'elle y était, convaincre est alors nécessaire puisque Vanessa ne comprend pas.

CONCLUSION

La présente recherche est née de notre intérêt à comprendre davantage le potentiel de différents types de jeux pour les apprentissages mathématiques des élèves du secondaire. Pour ce faire, nous avons élaboré trois jeux, correspondant plus spécifiquement à trois compétences disciplinaires, dont deux ont fait l'objet d'une analyse. L'utilisation de ces jeux au cours de notre recherche nous a permis de répondre aux questions que nous nous posions.

Quelles sont les compétences mathématiques sollicitées par ces jeux? Sous quelles composantes ? La compétence qui ressort sans équivoque est celle de la communication, particulièrement sous la composante *analyser une situation de communication à caractère mathématique.* Les élèves ont dû en effet, dans chacun des jeux, organiser leurs idées à des fins de communication d'une information à autrui. Dans le cas du tournoi, cette organisation était essentielle à la production d'un message clair pour celui qui aurait à reconstruire la figure. Dans le cas du jeu *Scotland Yard*, une communication de la stratégie à utiliser est présente dans le jeu même en cours d'action, celui-ci demandant une certaine organisation pour rendre compte des coups possibles. Comme les élèves ont du choisir les éléments du langage approprié au message dans le tournoi *Dis moi ce que tu vois*, la composante *produire un message à caractère mathématique* a également été observée à maintes reprises. Cependant, nous avions anticipé chez les élèves dans ce jeu une amélioration de la dernière composante de la compétence de communication, *interpréter ou transmettre des messages à caractère mathématique*, ce qui ne s'est pas vraiment déroulé. La minute réservée à la confrontation et l'argumentation entre les élèves lors du jeu *Dis moi ce que tu vois* avait justement comme mandat de favoriser ces échanges. Les élèves se sont avérés davantage influencés dans ce cas par le comportement de leurs collègues, que par leurs propos.

En ce qui a trait à la compétence à déployer un raisonnement mathématique, celle-ci a été observée durant le déroulement du jeu *Scotland Yard*. La composante *former et appliquer des réseaux de concepts et de processus* a été mobilisée par les élèves, sous l'angle surtout d'une énumération de coups possibles. Des élèves ont utilisé un raisonnement de type combinatoire afin d'énumérer les possibilités d'emplacement du bandit. C'est sans contredit le raisonnement le plus souvent rencontré chez tous les élèves. Par ailleurs, la composante *réaliser des démonstrations ou des preuves* semble être présente sous l'explicitation de raisonnements déductifs, il ne s'agit pas bien sûr ici d'une démonstration et d'une preuve. La déduction est toutefois un élément central de la preuve, et c'est sous cet angle qu'un travail est amorcé via le jeu. De plus, les élèves ont parfois utilisé un contre-exemple comme argumentation. Finalement, les élèves ont fréquemment *établi des conjectures*, particulièrement sur les stratégies gagnantes à utiliser et sur la position vraisemblable du bandit.

Au-delà de ce que montre l'analyse des jeux, des limites peuvent cependant être pointées. Afin d'observer l'évolution des élèves selon la perspective des compétences citées précédemment, nous avons eu recours à un déroulement en trois phases pour le jeu *Scotland Yard*: Le pré-test, l'expérimentation à proprement dit et le post-test, tandis que pour le jeu *Dis moi ce que tu vois*, deux jeux ont précédé le post-test. Les observations effectuées sur quatre élèves ont été faites à chacune de ces phases, sur une courte période de temps. Cette courte durée de l'expérimentation ainsi que la petitesse du groupe observé ont bien sûr des limites, et nous empêchent de manière générale de conclure sur l'apport du jeu pour le développement de compétences disciplinaires. Les interactions sociales entre les élèves peuvent également être parfois problématiques, comme nous l'avons vu au cours de cette expérimentation.

Nous avons en effet observé une mésentente entre les participants, ce qui a entraîné une régression dans les performances d'une des quatre participantes. Cela pointe les limites possibles des interactions sociales.

Enfin, le pré-test utilisé pour évaluer le jeu *Scotland Yard* était peu approprié, il consistait en une récréation logique occidentale (Ascher, 1998), qui n'est pas un jeu au sens où nous l'avons vu. Une telle situation rend peut-être ainsi mal compte de l'apport réel du jeu, en lien avec le développement du raisonnement déductif en action de jeu. D'autre part, aucune situation au pré et post-test ne permettait de rendre compte du développement du raisonnement combinatoire chez les élèves.

La présente recherche nous permet cependant, malgré ses limites, de voir le potentiel éventuel que pourrait présenter l'utilisation du jeu. Il serait possible de penser son utilisation à plus long terme, de manière davantage intégrée à la séquence régulière d'enseignement. Par exemple, le jeu *Scotland Yard* pourrait servir de situation à exploiter dans des problèmes de dénombrement et de combinatoire. Ou encore, l'usage du jeu *Master Mind* (qui consiste à deviner une suite de couleurs à l'aide des indices obtenus suite à une succession d'essais contrôlés) pourrait s'avérer une excellente illustration d'une déduction pas à pas. Ces différents jeux pourraient être intégrés à des situations qui visent le développement d'un raisonnement déductif chez les élèves.

Quel avenir a le jeu dans l'enseignement des mathématiques au secondaire ? Faut-il tout d'abord s'interroger sur la façon adéquate d'intégrer le jeu. Comment peut-on modifier le statut du jeu, particulièrement chez les enseignants de mathématiques au secondaire ? Et s'il s'insère dans la séquence d'enseignement comme une réelle situation d'apprentissage, comment peut-on contrôler et évaluer l'avancement des élèves en lien avec les apprentissages réalisés? Si des compétences sont développées par les élèves, comment peut-on les réinvestir à l'intérieur d'une situation différente ? Nous sommes convaincus du bien fondé d'une telle utilisation et des retombées positives dans l'acte d'enseigner. Il reste à mieux intégrer son utilisation au sein de séquences d'enseignement de façon à mieux exploiter son apport pour l'apprentissage des mathématiques chez les élèves.

APPENDICE A

VERBATIM DE MONICA - TOURNOI #2 – FIGURE #8

Monica	Vous allez faire un octogone. Faites-le pas trop gros genre y va y avoir une figure juste à coté. À droite. Commencez genre en haut à droite, en haut où est-ce qu'il y a la première base. Tu vas faire le point F, après ça, on va descendre vers la droite, y'a le point F. Après ça y'a le point G. En bas, ben après le F là. Vers la droite. Après en bas du G y va y avoir le H. Après ça en bas complètement genre, y va y avoir le A. Après ça, je vais monter, ben je vais continuer vers la gauche. À coté du A, ça va être le B. À gauche, en bas, après ça, ça va être le C. Après ça encore à gauche, ça va être le D, juste en haut du C. Après ça, ça va être le E. Le E, y'é comme genre en haut, où est-ce qu'il y a le F. C'est ça. Après ça, attend. Coté G et H, tu vas faire un carré adjacent genre à ce coté là. Tu vas faire un carré adjacent au point G et H. Dedans le carré, y vas. Tu vas faire un cercle, qui fait quasiment tout le contour du carré en dedans. Après ça, dans le cercle, tu vas faire un point S, le centre, le point, le centre là. Après ça tu vas faire un apothème, tu vas t'en aller vers le haut jusqu'au cercle. Du point S, vers le haut, tu vas faire un point T. ok ? Le point T vers le haut. Après ça, t'as le point G en haut à gauche. À droite, en haut, t'as le point J. En bas, à droite, t'as le point I. Facque ça fait genre en haut, G, G et J, Pis en bas ça fait, H et I, le H y'é à droite, y'é à gauche j'veux dire, le I y'é t'à droite, le J y'é en haut, à droite. Après ça, à partir, à partir du point J et I, tu vas faire un ennéagone, adjacent au point J, I et J. Ennéagone, ça neuf cotés. À partir du point J et I, tu vas faire un ennéagone, adjacent à ça, ça neuf cotés. À droite. Après ça, à partir du point J, en haut à droite. Quand t'as fait ton ennéagone. J'sais pas si vous l'avez fait, mais en tout cas. À droite, non. Ben, c'est ça t'as ton point J genre, en haut à droite. Mais après ça, ça vient comme genre la gauche, en haut tu vas faire ton point K. Après ça, tu t'en vas comme vers la droite, en haut, ça va faire le point L. Après ça tu descends, ça fait le M encore vers la droite, le N, un petit peu plus

	bas, à droite. Le O, est un petit peu plus en bas à droite. Le P, y'é comme en plein milieu en bas. Sur un sommet genre. Le Q, vers la gauche, sur un autre sommet. Pis après ça, entre le Q et le point I, tu fais un point Z genre en plein milieu. Ok, fais le point Z. Après ça, tu vas partir de ton point Z à A, tu vas faire comme une ligne oblique. Après ça, c'est… après ça tu vas faire. À partir de ta pointe, ta ligne genre, A à Z, fais un triangle isocèle genre, la pointe vers le bas. Juste pogner ta ligne en haut et faire deux lignes vers le bas, faire un triangle isocèle pis où est-ce qu'il y a la pointe du triangle isocèle, ça va faire, tu vas faire un point R. Ça devrait donner un triangle. Pis c'est ça.

APPENDICE B

VERBATIM DE MARIE-SOLEIL – TOURNOI #1 – FIGURE #7

Marie-Soleil	Y'a une ligne qui va vers la verticale, en bas. Qui fait eh, qui fait genre une ligne, une grande ligne vers en bas. Qui est verticale, pis eh un peu incliné vers la droite. Une ligne en bas, verticale, incliné un p'tit peu vers la droite. Pis après, y'a le, en haut du eh, d'la ligne. Y'a le point A, au milieu, y'a le point D. pis en bas, ben y'en a pas. Le point A en haut, le point D, dans le milieu. Pis le point D vers la droite, en bas, y'a une ligne qui se fait, genre, qui se fait, un mini, en tout ça fait genre la ligne verticale, pis au milieu y'a une p'tite ligne, eh, de D vers la, un peu vers la droite. De D, y'a un point qui va se faire à H, ça va vers le bas. C'est comme, comment on pourrait dire ça. Comme, comme un, un X, mais la ligne du milieu est plus p'tite que celle verticale. Genre le X, y'a un mini X, mais du D au C, le C, c'est la ligne qui est à coté, ben à gauche, à coté du milieu. C'est c'qui fait qui va faire la ligne pour relier du D au C. Qui va faire la partie du X, du D au H, ça fait une autre partie du X, eh, c'est ça du X. C'est ce qui donne du D, en bas, ça donne jusqu'au H, pis du D, en haut, jusqu'au C. C'qui donne le X. Après, du point A, vous allez relier du point A au H. Pis, là, y'a, y'a genre environ, j'dirais environ 45 degrés du point A, du point A, qui va faire un genre de triangle, qui va relier au D. Y'a genre 45 degrés pis ça relie, ça relie au D. Du point A, y'a un autre, y'a un autre 30 degrés, du coté gauche, qui va relier au B, en bas. C'qui fait genre un, un, un pic qui pointe vers le haut du X. Un genre de triangle qui pointe vers le haut du X. Ben c'est ça. Du point en bas du X, à gauche, ben, un p'tit peu en bas, à gauche, y'a le point G. Qui, qui va relier, un peu plus vers en haut, verticalement, à droite. Verticalement, mais droit, le point F. Là après, un peu, un p'tit peu incliné vers la droite, y va y avoir le point E. Un petit peu incliné vers la droite, y va y avoir le point E, euh, du F. Après le point E, horizontalement du point du E, y va y avoir jusqu'au point D.

	Facque y faut relier E du D. Facque là, c'qui fait genre, un genre de cœur, du eh, d'la ligne horizontale. Du coté, genre, si on tourne la feuille. Ça donne genre, une sorte de cœur. Pis eh, le cœur, au milieu, y'a une ligne. C'est un peu bizard. Reste combien de temps ?
Chantal	Il reste 45 secondes
Marie-Soleil	Ok, pis eh, d point G, du point G, il faut relier au point H. G, du point H. Pis eh, du H, au point A. Pis du A, au point B. De l'autre bord, je sais pas si je l'ai dis, mais, c'est l'autre bord, c'est à gauche du 30 degrés là. C'est à gauche. B, du point B, y'a le point C, qui eh, qui forme le p'tit bout du X. B et C. Pis eh… après, du point C, ça relie du D. Du D, ben …
Chantal	C'est fini ! Aller, une minute. On va comparer tes réponses, ben ta carte avec celle des autres

APPENDICE C

RÈGLEMENT DU JEU *DIS MOI CE QUE TU VOIS*

- Le tournoi se déroule en 8 épreuves, en équipe de quatre personnes.
- Il y a deux rôles à jouer durant le tournoi, celui de messager et celui de dessinateur. Tous les joueurs seront messagers 2 fois et dessinateurs 6 fois, et ce, à tour de rôle.
- Le messager doit décrire une figure donnée par l'enseignant que les autres membres de l'équipe ne voient pas, pour que ceux-ci puissent reproduire la figure qu'il a entre les mains.
- Le messager peut utiliser tous les mots qu'il veut et doit faire dos au membre de son équipe. Il a une limite de temps de 5 minutes.
- Le dessinateur doit reproduire le dessin qu'a décrit le messager, le dessinateur n'a pas le droit de parler, ni de regarder les productions des trois autres dessinateurs, ni de regarder le messager.
- Chacune des figures bien dessinées donne des points. L'équipe gagnante est celle qui amasse le plus de points. Ces points sont distribués par l'enseignant lors de la correction des productions des dessinateurs à la toute fin du tournoi, en fonction des grilles de corrections.
- Lorsque le messager a terminé de décrire son figure, l'équipe dispose d'une minute pour se donner conseils à la lumière des résultats et de ce qui s'est passé.
- Voici les pénalités qui s'imposent aux infractions suivantes :
  - Le messager regarde les productions des dessinateurs pendant qu'il formule le message. (10 points de pénalités)

- Un dessinateur regarde les productions des autres, ou le visage du messager (3 points de pénalités)
- Les dessinateurs ne peuvent parler (5 points)
- L'équipe dépasse la minute permise pour se donner des conseils. (Après 1 minute de conseils aucune parole ne peut être prononcée.) (5 points de pénalités)

APPENDICE D

LISTE DES FIGURES DU TOURNOI *DIS MOI CE QUE TU VOIS*

Figure #1

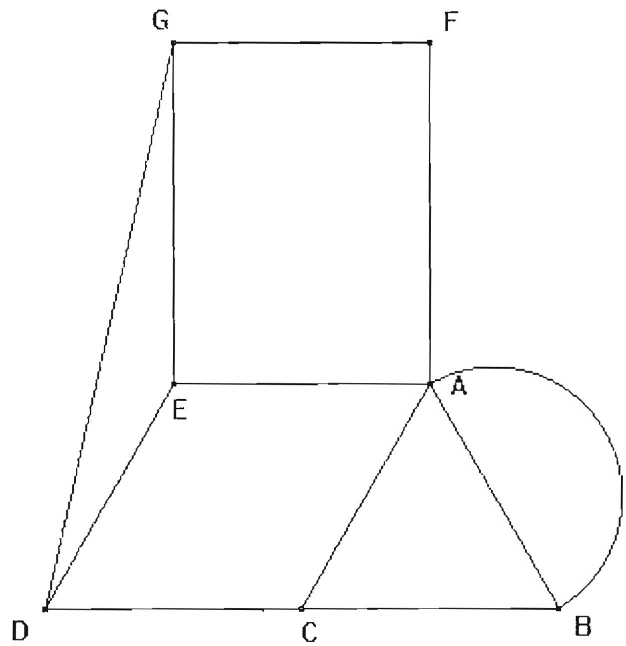


Figure #2

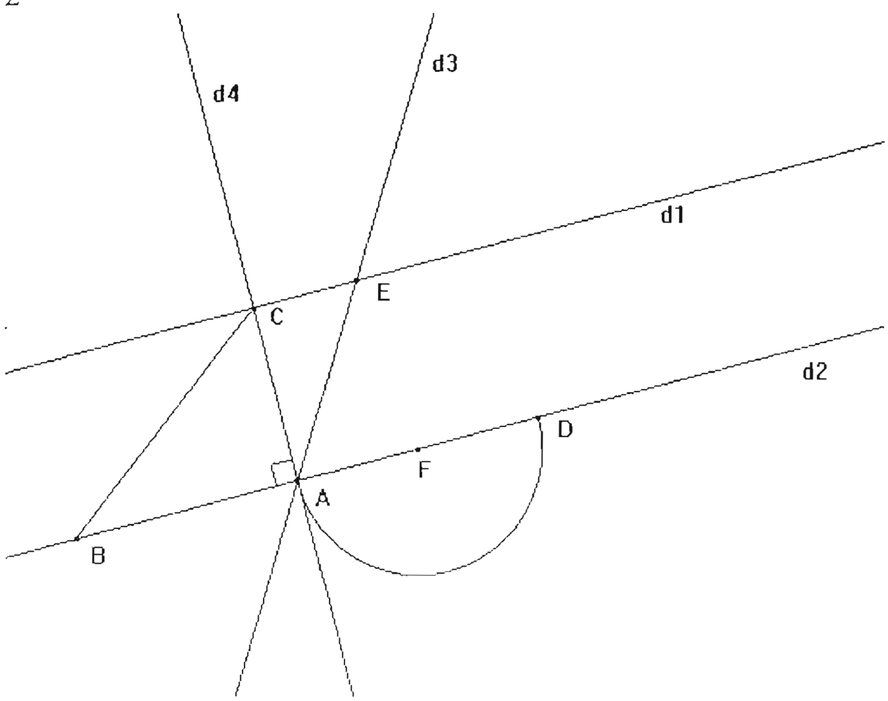


Figure #3

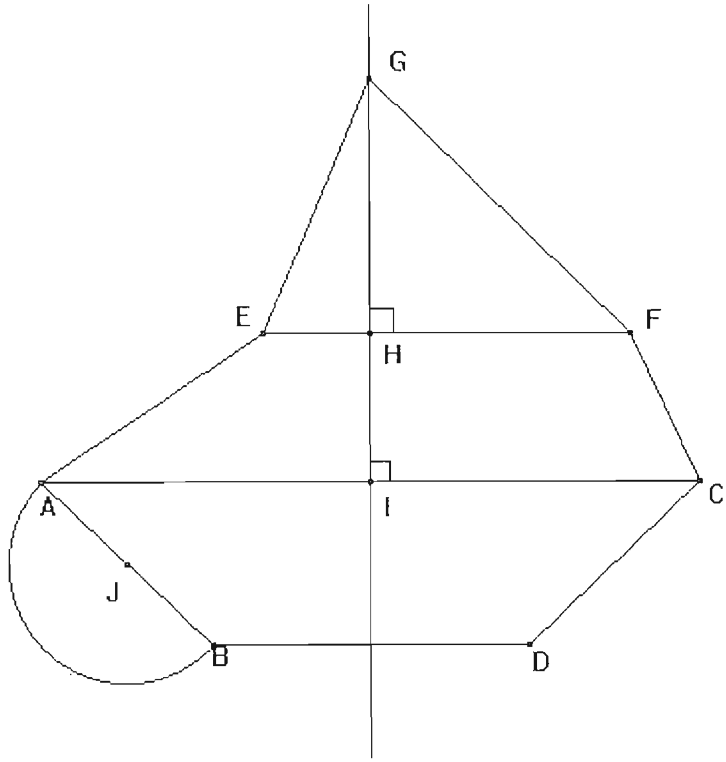


Figure #4

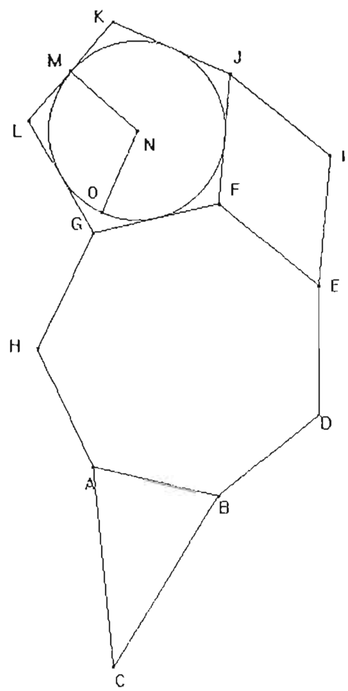


Figure #5

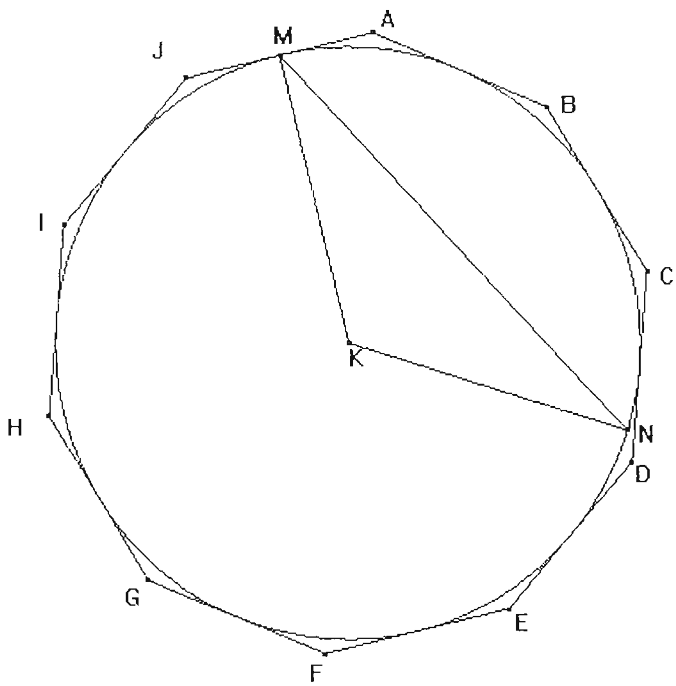


Figure #6

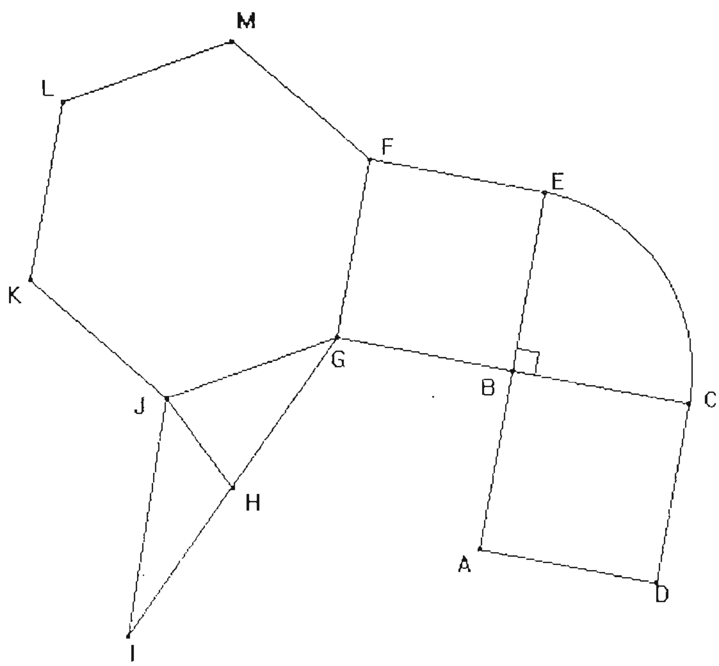


Figure #7

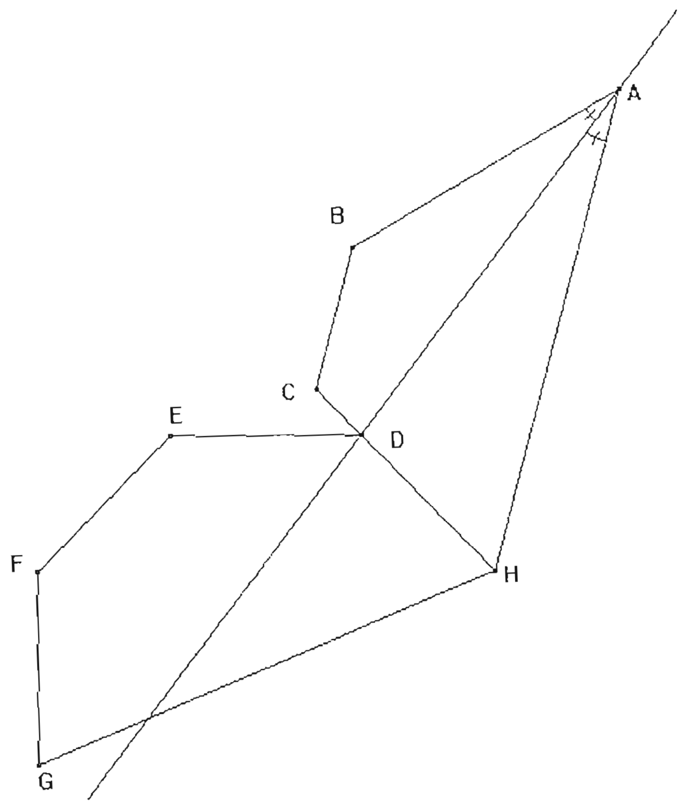
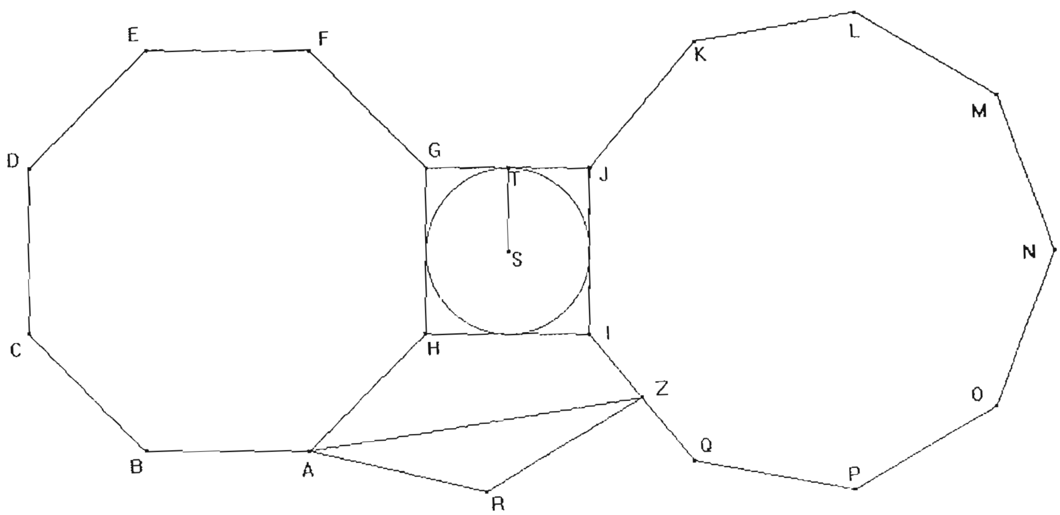


Figure #8



APPENDICE E

RÈGLEMENT DU JEU *SCOTLAND YARD*

Jeux Ravensburger® Nr, 604 5 142 7
Auteur : Groupe Projet III - Design : E. Binz-Blanke

Contenu :

- 1 plan de jeu
- 125 tickets
    - 54 taxi,
    - 43 autobus,
    - 23 métro,
    - 5 blacks tickets
- 2 cartes "coup double"
- 18 cartes de départ
- 1 tableau de parcours
- 6 pions

Où se trouve "Mister X" ?

Dans le centre de Londres il n'est pas difficile de disparaître dans la cohue et la circulation. Lorsque quelqu'un cherche à se rendre invisible, la perspicacité des célèbres détectives de *Scotland Yard* est nécessaire pour le dépister. Un des joueurs est " Mister X " et se cache dans sa fuite dans tous les quartiers de Londres. Il joue en restant invisible et il ne se montre qu'à intervalles déterminés. Tous les autres joueurs sont les détectives de *Scotland Yard* et sont à sa poursuite pour le débusquer.

But du jeu

Lorsqu'un des détectives parvient à rencontrer l'invisible "Mister X" à un endroit, "Mister X" doit alors se montrer et les détectives ont gagné la partie. Par contre si

"Mister X" reste introuvable jusqu'à ce que les détectives aient épuisé tous leurs tickets, donc toutes leurs possibilités de jeu, c'est "Mister X" qui est alors le gagnant.

Préparation

Avant de commencer le premier jeu, on détache toutes les cartes des deux planches et on les range dans les emplacements prévus dans la boite. Les joueurs décident qui sera "Mister X". Celui-ci reçoit le pion tout transparent et le tableau de parcours, dans lequel il glisse une feuille de papier. Pour ses notes il a besoin d'un crayon. "Mister X" reçoit autant de black tickets ("tickets noirs"), qu'il y a de détectives participant au jeu ; de plus 4 tickets taxi, 3 tickets bus, 3 tickets underground (métro) et les deux cartes "coup double". Les détectives reçoivent chacun un pion, 10 tickets taxi, 8 tickets bus et 4 tickets underground. Lorsque 2 joueurs seulement sont opposés à "Mister X", ils jouent chacun avec 2 détectives. Chacun reçoit donc 2 pions et la quantité double de tickets. Conformément, "Mister X" reçoit au total 4 black tickets. Les cartes de départ sont mélangées en restant cachées. Chacun tire une carte. Les cartes qui restent demeurent cachées et sont mises à l'écart. Le numéro sur la carte donne le numéro du point de départ sur le plan de jeu. Les détectives placent leur pion sur leur point de départ et remettent leur carte de départ dans la boite. Bien entendu "Mister X" ne pose pas son pion, puisque son point de départ reste secret. Il tient sa carte de départ cachée.

Règle du jeu

Chaque coup est un trajet avec le bus, le métro, ou avec les célèbres taxis londoniens. Pour cela il faut remettre un ticket correspondant. Les moyens de transports tracés sur le plan de jeu correspondent à la couleur des tickets. Chaque point est une station d'arrêt pour un ou plusieurs moyens de transport. Les points colorés indiquent quels moyens de transport s'arrêtent à cet endroit.

Bus = ligne verte, points colorés en vert

Métro = ligne discontinue rouge, points colorés en rouge

Taxi = ligne jaune, points colorés en jaune

A chaque coup le joueur se déplace uniquement jusqu'à la prochaine station (point d'arrêt) du moyen de transport choisi et ceci, le long de la ligne correspondante. Exemples: un trajet de métro du point 74 (à gauche au-dessus de Kensington Gardens) mène de long de la ligne discontinue rouge au point 46. Une "descente" en cours de route n'est pas possible. Un trajet de taxi mène du point 74 au point 92 ou 73 ou 58 ou encore au point 75. Un trajet de bus conduit au point 58 ou 94. Le jaune est présent à tous les points d'arrêt, en effet les trajets en taxis sont possibles à partir de tous les points. Des points d'arrêt avec deux ou trois couleurs permettent, au COUP suivant de changer de moyen de transport. Deux pions ne peuvent jamais se trouver sur un même point. A part cela les joueurs peuvent choisir les directions de parcours qu'ils désirent, pour autant que les communications tracées les permettent. Ils peuvent également, lors du coup suivant refaire le même trajet en sens contraire (à condition d'avoir encore un ticket valable).

"Mister X" commence toujours la partie.

Son coup reste inconnu des détectives, il le marque seulement sur son tableau de parcours. Il inscrit le numéro du point sur lequel il se rend dans la première fenêtre. Il couvre son inscription avec le ticket qu'il a utilisé pour faire ce trajet. Avec le ticket il indique aux détectives, quel moyen de transport il a employé. (Il n'est pas nécessaire qu'il inscrive son point de départ, sa carte de départ étant justificative.)

Après "Mister X"

Les détectives jouent à tour de rôle dans le sens des aiguilles d'une montre. Chacun donne un ticket de sa réserve à "Mister X" et déplace son pion sur le plan de jeu jusqu'à la station d'arrêt suivante du moyen de transport choisi. Si un joueur joue avec 2 détectives, il doit garder séparément la réserve des tickets de chaque détective, Il déplace les pions l'un après l'autre et donne chaque fois un ticket de la réserve correspondante au pion qu'il a joué.

La réserve de tickets :

Les détectives possèdent pour chaque moyen de transport un nombre limité de tickets et ne peuvent plus utiliser un moyen de transport lorsqu'ils n'ont plus de ticket pour celui-ci. "Mister X" par contre dispose d'un nombre illimité de tickets. Ceux qu'il a reçus au début du jeu sont destinés aux premiers coups. Pour la suite de jeu il emploie les tickets, qui ont été remis par les détectives. "Mister X" peut donc toujours choisir le moyen de transport qu'il utilisera. Exception importante : il ne peut avoir plus de black tickets qu'il y a de détectives participant au jeu. La réserve des tickets de chaque détective doit toujours être visible sur la table, afin que "Mister X" puisse savoir, quels moyens de transport les Détectives peuvent encore employer.

Coups spéciaux de "Mister X"

Apparition :

"Mister X" doit faire une apparition brève à des intervalles déterminés : après son 3e, son 8e, son 13e, son 18e coup et à la fin du jeu. Les stations où il doit apparaître sont marquées par une fenêtre plus grande sur le tableau de parcours. "Mister X" reporte normalement son inscription sur son tableau de parcours et la recouvre avec son ticket. Ensuite il place son pion transparent sur le point où il est arrivé. Il laisse son pion à cet endroit jusqu'à son prochain coup. Au coup suivant il redevient invisible, et il enlève le pion.

Coup double :

Les deux cartes "coup double" autorisent deux fois "Mister X", pendant toute la durée du jeu d'entreprendre un " oup double". Dans ce cas il se déplace de deux points plus loin en utilisant la combinaison des moyens de transport de son choix. Il inscrit les deux points (deux fenêtres !) et couvre les fenêtres avec deux tickets. Pour le contrôle il donne une carte " coup double " à son voisin de gauche. Si le premier coup le conduit à une station où il doit apparaître, il est obligé de s'y montrer. Avec le deuxième coup il disparaît aussitôt.

Black tickets :
"Mister X" peut à tout moment mettre ses blacks tickets en jeu, à la place des tickets ordinaires (même lors d'un coup double"). Le black ticket (le " ticket noir ") est valable pour tous les moyens de transport. Pour les détectives c'est toujours une journée noire. En effet, dans ce cas ils n'obtiennent aucune indication leur permettant de savoir quel moyen de transport "Mister X" a utilisé. Le pire est que "Mister X", et seulement lui, peut avec un black ticket utiliser un bateau sur la River Thames (la Tamise), du point 194 au point 157, du point 157 au point 115, du point 115 au point 118, ou en sens inverse.

Fin du jeu

Le jeu est terminé, lorsqu'un des détectives arrive avec son pion sur le point où se trouve à ce moment "Mister X". Dans ce cas il doit se montrer. "Mister X" a donc perdu la partie. Le jeu est également terminé, lorsque les détectives ne peuvent plus se déplacer. "Mister X" a donc gagné. Ce cas se produit au plus tard avec le 22e coup, mais peut également arriver auparavant. En effet lorsqu'il ne reste aux détectives que des tickets qu'ils ne peuvent plus employer (bus, métro), ils doivent rester sur le dernier point où ils sont arrivés. En cas de doute, on peut suivre les coups de " Mister X " pas à pas, d'après le tableau de parcours qu'il a tenu, en suivant les tickets remis. Les détectives peuvent également noter leurs propres cours afin de mieux suivre le jeu.

Conseils tactiques

Les détectives se répartiront de telle façon, qu'ils puissent encercler "Mister X". Des concertations entre les détectives sont autorisées. Spécialement importantes pour les deux parties sont les stations où "Mister X" doit apparaître. "Mister X" doit faire attention, qu'aucun des détectives n'arrive au cours de la même ronde, sur le point où il doit se montrer. Bien entendu ce point devrait avoir le plus de moyens de correspondance possibles, permettant à "Mister X" d'échapper aux détectives. Ici la mise en jeu des black tickets est spécialement efficace afin de dissimuler sa fuite, peut-être même combinée avec un " coup double ". Surtout au début du jeu, les détectives doivent faire attention de se trouver sur des points, qui permettent un changement rapide, au moment ou apparaît "Mister X". En règle générale ce sont les stations de métro. "Mister X" doit parfaitement connaître le plan de jeu. Il y a une série d'emplacements, où un examen superficiel laisse supposer des moyens de communication qui n'existent pas. Il existe également certaines correspondances de métro, par lesquelles les détectives peuvent soudain lui tomber sur le dos. Les joueurs peuvent (avant le début du jeu !) se mettre d'accord sur le changement de règle qui suit : "Mister X" peut s'il se croit assez fort, se montrer volontairement. Cela lui donne le droit de retirer un ticket de son choix à chaque détective. Ceci lui permet de réduire le champ d'action des détectives.

APPENDICE F

APERÇU DE LA PLANCHE DE JEU DE *SCOTLAND YARD*

BIBLIOGRAPHIE

Ancona, Rosa Laura, Montone, Antonella et Pertichino, Michele. 2005. « Street games for the acquisition of spatial orientation in primary school ». *International Symposium Elementary Maths Teaching* Czech Republic Charles University : Faculty of education p. 66-71.

Ascher, Marcia. 1998. *Mathématiques d'ailleurs*. Paris : Édition du Seuil, 280 p.

Bednarz Nadine et L. Poirier. 2002. « Le jeu et l'apprentissage des mathématiques chez l'enfant : Banque de jeux à exploiter avec les enfants au premier cycle du primaire. » *Revue Préscolaire*. Montréal : Édition Modulo, p. 22-30

Bednarz Nadine et al. 2002. *Banque de jeux pour l'apprentissage des mathématiques au primaire*. Montréal : Édition Modulo, 102 p.

Brousseau, Guy. 1986. *Fondement et méthodes de la didactique des mathématiques*. Thèse de doctorat d'état en didactique des mathématiques. Bordeaux, Université de Bordeaux.

Champdavoine, Lucette. 1985. *Les mathématiques par les jeux*. Luçon : Édition Nathan, 95 p.

Coderre, François. 1991. *L'influence de la lecture d'un récit sous la forme du livre-jeu sur l'apprentissage de l'algorithme de la division et sur l'intérêt de l'élève*. Mémoire de maîtrise. Montréal, Université du Québec à Montréal.

Combaz, Bruno. 1998. « Florex, le jeu de la détermination des végétaux. » *Grand N*, no 62, p. 102.

De Grandmont, Nicole 1989. *Pédagogie du jeu*. Montréal : Édition Logiques, 207 p.

De Grandmont, Nicole. 1991 *Le jeu ludique*. Montréal : Édition Logiques, 175 p.

De Grandmont, Nicole 1995. *Le jeu éducatif*. Montréal : Édition Logiques, 221 p.

Ferran, Pierre et al. 1978. *À l'école du jeu*. St-Cloud : Bordas Éditeur, 126 p.

Ginsburg, Herbert et Robert L. Russel. 1981. *Social Class and racial Influences on early mathématical thinking*. Mongograph of the Society for Research in Child Development, 55 p.

Giroux, Jacinthe. 1984. *Connaissances et habiletés mathématiques selon le milieu socio-culturel d'enfants admis en première année primaire*. Mémoire de maîtrise. Montréal, Université de Montréal.

Gutton, Philippe. 1973. *Le jeu chez l'enfant essai psychanalytique*. Paris : Édition Larousse, 162 p.

Jaquet, Francois et Chantal Tièche Christinat. 2001. *L'apport des jeux à la construction des connaissances mathématiques*. Actes de la journée d'étude du 30 novembre 2001, Neuchatel : IRDP.

Jean, Charles-É. 1995. *Au jeu ! Au jeu !*. Québec : Bibliothèque nationale du Québec p. 10

Jonnaert, Philippe. *Compétences et socioconstructivisme*. Belgique : De Boeck. 88 p.

Jolicoeur et Associés. 1997. *Sondage pancanadien auprès de 600 jeunes de 18 à 30 ans*. Sondage produit pour la Fédération des ACEF (Association Coopérative d'Économie Familiale). Novembre 1997

Jullemier, Guy. 1989. *Jouer, c'est très sérieux*. Paris : Hachette éditeur, 128 p.

Le Camus, Jean. 1985. *Les relations et les interactions du jeune enfant*. Paris : Les éditions ESF, 182 p.

Le petit Larousse illustré. 1995. *Dictionnaire*. Paris : Larousse-Bordas.

Le petit Robert. 1993. *Dictionnaire québécois d'aujourd'hui*. Montréal : Le Robert.

Legendre, Rénald. 1993. *Dictionnaire actuel de l'éducation*. 2e éd. Montréal : Guérin.

Mansfield H, Neil Pateman et N. Bednarz. 1996. *Mathematics for tomorrow's young children* Dordrecht / Boston / London : Kluwer Academic Publishers.

Millar, Susanna. 1968. *La psychologie du jeu*. Paris : Petite Bibliothèque Payot Éditeur 309 p.

Peltier, Marie-Lise. 2000-2001. « Les jeux mathématiques sont-ils la panacée à la démotivation des élèves ? » *Grand N*, no 67, p 33-40.

Perrenoud Philippe. 1997. *Construire des compétences dès l'école*. ESF Éditeur.

Perrin-Glorian, Marie-Jeanne. 1993 « Questions didactiques soulevées à partir de l'enseignement des mathématiques dans les classes faibles » *Recherche en didactiques des mathématiques*. Volume 14, no 12.

Piaget, Jean .1945. *La formation du symbole chez l'enfant*. Paris : Delachaux & Niestlé.

Piaget, Jean. 1945. *La formation du symbole chez l'enfant, imitation jeux et rêves, image et représentation*. Paris : Delachaux & Niestlé.

Piaget, Jean. 1966. *La psychologie de l'enfant*. Paris : Presses universitaires de France 150 p.

Poirier Louise et L. Bacon. 1996. « Interactions between children in mathematics class: An example concerning the concept of number ». *Mathematics for tomorrow's young children: International perspectives on curriculum*. Kluwer Academic Publishers, p. 166-174

Polya, George. 1965. *Poser et résoudre un problème*. Paris : Dunod.

Prost, Antoine. 1981. *Histoire générale de l'éducation et de l'enseignement en France*. Paris : Nouvelle librairie de France Éditeur.

Québec, ministère de l'éducation. 1994. *Programmes d'études mathématique, Enseignement secondaire*. Québec.

Québec, ministère de l'éducation. 2001. *Programme de formation de l'école québécoise, Éducation préscolaire, Enseignement primaire 1er cycle*. Version approuvé. Québec.

Québec, ministère de l'éducation. 2003. *Programme de formation de l'école québécoise, Enseignement secondaire 1er cycle*. Québec.

Québec, Office de la protection du consommateur. 2002. *Vigie Consommation*. Volume 1, no 3.

Quintric, Claude. 1997-1998. « Jeux de société et apprentissages mathématiques au cycle 1 ». *Grand N*, no 61, p. 9-23.

Tourigny, Catherine. 2004. *Une intervention en mathématique en milieu défavorisé s'articulant sur le jeu : contribution au développement de compétences et d'un rapport différent au savoir mathématique chez les enfants.* Mémoire de maîtrise. Montréal, Université de Montréal, 129 p.

Vial, Jean. 1981. *Jeu et éducation: les ludothèques.* Paris : Presse Universitaire de France.

Vygotsky, Lev. 1978. *Mind in Society.* Cambridge, MA : Harvard University Press.

Wallon, Henri. 1985. « Psychologie et éducation de l'enfance, buts et méthodes de la psychologie », *Enfance*, numéro spécial.

Wallon, Henri. 1990. *Psychologie et dialectique.* Paris : Editions sociales 241p.

Wallon, Henri. 1993. *L'Évolution psychologique de l'enfant*, Armand Collin.