Le jeu en classe peut-il aider à la résolution de problèmes mathématiques ?

Marc Tiburce

▶ **To cite this version:**

Marc Tiburce. Le jeu en classe peut-il aider à la résolution de problèmes mathématiques ?. Education. 2012. dumas-00765353

HAL Id: dumas-00765353

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00765353

Submitted on 14 Dec 2012

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

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

UNIVERSITÉ D'ORLÉANS
ET DE TOURS

IUFM Centre Val de Loire

MEMOIRE de recherche présenté par :

Marc TIBURCE

soutenu le : **25 juin 2012**

pour obtenir le diplôme du :
Master Métiers de l'Education, de l'Enseignement, de la Formation et de l'Accompagnement

Discipline : Sciences de l'éducation

Le jeu en classe peut-il aider à la résolution de problèmes mathématiques ?

Mémoire dirigé par :
Nadine DRAUX Formatrice A.S.H., IUFM Centre Val de Loire

JURY :
Anne VERDET Formatrice Sociologie, IUFM Centre Val de Loire, Présidente du jury
Nadine DRAUX Formatrice A.S.H., IUFM Centre Val de Loire

Remerciements

Je tiens à remercier tous les acteurs qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail :

- les documentalistes du Centre de Ressources Documentaires de l'IUFM de Tours – Fondettes et ceux de la Bibliothèque Universitaire de l'Université de Tours (site des Tanneurs) pour leur aide et leur patience ;

- les responsables et les bénévoles de la ludothèque de Saint-Avertin, qui m'ont permis d'emprunter des jeux à un tarif préférentiel ;

- les élèves de la classe dans laquelle j'ai effectué mes expérimentations, qui se sont prêtés au jeu ;

- et bien sûr Mme Nadine Draux, ma directrice de mémoire, qui m'a guidé dans ce travail et m'a donné de nombreux conseils.

Table des matières

Introduction 5

Première partie : Aspects théoriques 6

I – La résolution de problèmes dans le cadre scolaire 6

1 – La résolution de problèmes dans les textes officiels depuis 1945 6

2 – Définitions d'un problème 9

3 – La résolution de problèmes 11

4 – Les problèmes numériques : une classification 13

a – Les problèmes de type additif 14

b – Les problèmes de type multiplicatif 14

II – Le jeu et l'école 15

1 – Définitions du jeu 15

2 – Une classification du jeu 17

a – Le jeu ludique 17

b – Le jeu éducatif 17

c – Le jeu pédagogique 18

3 – Historique du jeu à l'école 18

4 – Présence et utilisation du jeu à l'école 20

a – Le jeu ludique 20

b - Le jeu éducatif 20

c – Le jeu pédagogique 21

5 – Exemples de jeux en classe 21

III – Le jeu pour la résolution de problèmes 22

1 – Intérêts du jeu 22

2 – Le jeu de stratégie et les mathématiques 23

3 – Formulation de la problématique 25

Seconde partie : Expérimentation 27

I – Méthodologie 27

1 – Hypothèses fonctionnelles 27

2 – Protocole expérimental 27

a – Pré-test et post-test 28

b – Les séances de jeu 30

II – Résultats et interprétations 37

1 – Prise en compte des erreurs de calcul 37

2 – Analyse globale et individuelle 39

3 – Analyse par groupes de niveau 43

4 – Analyse selon les dyades et les interactions 46

5 – Discussion 52

Conclusion 53

Bibliographie 54

Annexes 57

Annexe A – Classification des problèmes de type additif selon G. Vergnaud 57

Annexe B – Classification des problèmes de type multiplicatif selon G. Vergnaud 61

Annexe C – Pré-test proposé aux élèves 63

Annexe D – Post-test proposé aux élèves 65

Annexe E – Nombre d'erreurs de calcul commises par chaque élève 67

Annexe F – Notes des élèves au pré-test et au post-test, avec et sans prise en compte des erreurs de calcul 68

Annexe G – Niveau de chaque élève et évolution entre les deux tests 69

Annexe H – Notes des élèves en fonction de la dyade à laquelle ils ont appartenus 70

Introduction

« *Le jeu devrait être considéré comme l'activité la plus sérieuse des enfants* » - Montaigne. C'est une activité naturelle chez l'enfant, une étape importante et essentielle dans son développement. Très présent à l'école maternelle, il est de moins en moins présent au fur et à mesure que l'enfant progresse dans sa scolarité.

Au cours de ce master, lors de mon premier stage d'observation dans une classe de CP, j'ai vu l'enseignante mettre un jeu en place en séance de mathématiques : par deux, en un contre un, chaque élève devait tour à tour mettre un, deux, ou trois jetons dans une boîte fermée ; le but était d'arriver le premier à dix. Les autres élèves, divisés en deux équipes et soutenant l'un des deux élèves, avait l'autorisation d'intervenir quand ils avaient le sentiment que l'un des deux était arrivé à dix. Pour les avoir observés pendant une séance classique, la plupart des élèves n'était pas vraiment à l'aise avec les petites additions et les compléments à dix. Pourtant, pendant le jeu, les élèves se débrouillaient plutôt bien : il est rare que l'un des élèves pouvant atteindre dix ne dépasse ce nombre ; et lorsque cela arrivait, son équipe était présente pour le lui faire remarquer. Je me suis alors demandé pourquoi ces élèves réussissaient mieux dans ce cadre « jeu ». C'est ainsi que j'ai eu envie de faire du jeu mon thème de recherche.

Ayant fait une licence de mathématiques, c'est presque naturellement que je me suis intéressé à ce domaine pour ce travail de recherche. Vu l'importance de la résolution de problèmes dans les programmes, je me suis demandé si le jeu pouvait contribuer à améliorer les résultats des élèves dans ce domaine, et de quelle manière. J'en suis arrivé à la problématique suivante : le jeu en classe peut-il aider à la résolution de problèmes mathématiques ?

Dans une première partie, nous commencerons donc par voir les aspects théoriques liés à la résolution de problèmes d'une part, et liés au jeu d'autre part, avant d'arriver à la formulation de ma problématique. Dans une seconde partie, j'exposerai la mise en place du protocole expérimental dans une classe de CM2, puis je présenterai et analyserai les résultats obtenus.

Première partie : Aspects théoriques

Dans cette première partie, nous évoquerons d'abord le jeu de manière générale, puis la résolution de problèmes en mathématiques, avant de tisser des liens entre les deux domaines pour arriver à la problématique.

I – La résolution de problèmes dans le cadre scolaire

1 – La résolution de problèmes dans les textes officiels depuis 1945

Dans *Résolution de problème – Cycle 3*, Sylvie Gamo, docteur en mathématiques et professeur de mathématiques à l'IUFM de Créteil, aborde la résolution de problèmes par les instructions officielles (pour le cycle 3). Selon elle, « la notion de problème a évolué à l'école primaire au cours des années. Les instructions officielles tiennent compte des différents courants de recherche et des besoins actuels ou futurs sollicités par la société.[1]» Ainsi, elle dresse un historique de la résolution de problèmes dans les textes officiels depuis 1945, que je complèterai par des extraits de programmes trouvés sur un site de pédagogie explicite[2] (ce qui n'est pas le propos dans notre cas). Je ne m'intéresserai ici qu'au cycle 3 (cycle des approfondissements), les raisons de ce choix seront évoquées plus tard.

Dans les programmes de 1945 et 1956, les problèmes à proposer aux élèves présentent des situations proches de la vie courante. Il s'agit essentiellement de problèmes d'application d'une notion, apparaissant donc en fin d'apprentissage.

Dans les années 1970, l'enfant commence à être vu comme acteur de son apprentissage. Les problèmes que l'on présente aux élèves sont de deux types : on retrouve les problèmes d'application, mais on trouve aussi des problèmes permettant l'introduction de notions nouvelles.

Selon les instructions officielles parues entre 1977 et 1980, « l'activité de résolution de problème devient centrale et vise à développer chez l'élève des attitudes de recherche, des capacités d'analyse, de raisonnement et de créativité.[1] »

[1] GAMO, Sylvie. *Résolution de problèmes – Cycle 3.*
[2] http://www.formapex.com/france/550-les-textes-officiels-depuis-1968

Les programmes de 1985 s'inscriront dans une certaine continuité. On distingue trois catégories de problèmes :

- les situations-problèmes, pour construire de nouveaux outils mathématiques ;

- les problèmes d'application ;

- les problèmes de recherche complexes pour développer des attitudes de recherche.

Dans la brochure de 1991 qui crée les cycles d'apprentissage de l'école primaire, la notion de compétences apparait. Ainsi, au cycle 3, les élèves doivent développer les compétences suivantes :

> Reconnaitre, trier, organiser et traiter les données utiles à la résolution de problèmes, formuler et communiquer sa démarche et ses résultats, argumenter à propos de la validité d'une solution, élaborer une démarche originale dans un véritable problème de recherche, c'est-à-dire un problème pour lequel on ne dispose d'aucune solution déjà éprouvée, élaborer un questionnement à partir d'un ensemble de données.[1]

De plus, il est précisé que toutes les compétences mathématiques « se construisent et s'évaluent, de préférence, au cours d'activités de résolution de problèmes.[2] »

Les programmes de 1995 sont un prolongement des précédents, ils « insistent sur les compétences d'ordre méthodologique utiles pour résoudre des problèmes.[1] »

> La résolution de problèmes occupe une place centrale dans l'appropriation par les élèves des connaissances mathématiques. La plupart des notions, dans les domaines numérique, géométrique, ou encore dans celui de la mesure, peuvent être élaborées par les élèves comme outils pertinents pour résoudre des problèmes nouveaux.[3]

Les programmes de 2002 viennent réaffirmer le rôle essentiel de la résolution de problème dans l'enseignement des mathématiques.

> L'essentiel du programme (de mathématiques) réside dans l'orientation pragmatique d'un enseignement des mathématiques centré sur la résolution de problèmes. Par là, les connaissances élaborées dans les différents domaines des mathématiques prennent leur signification. Elles deviennent des instruments disponibles pour traiter nombre de situations.[4]

Les élèves doivent, en fin de CM2, être capables de résoudre des problèmes relevant des quatre opérations et relevant de la proportionnalité. Le document

[1] GAMO, Sylvie. *Résolution de problèmes – Cycle 3.*
[2] http://www.formapex.com/telechargementpublic/textesofficiels/1991_1.pdf
[3] http://www.formapex.com/telechargementpublic/textesofficiels/1995_1.pdf
[4] Ministère de l'Education Nationale. Bulletin Officiel n°1 Hors série du 14 février 2012.

d'accompagnement des programmes *Les problèmes pour chercher* présente quatre types de problèmes ayant des fonctions différentes.

> Quatre types de problèmes sont évoqués et peuvent être associés à des objectifs d'apprentissage différents.
>
> - Problèmes dont la résolution vise la construction d'une nouvelle connaissance.
> - Problèmes destinés à permettre le réinvestissement de connaissances déjà travaillées, à les exercer.
> - Problèmes plus complexes que les précédents dont la résolution nécessite la mobilisation de plusieurs catégories de connaissances.
> - Problèmes centrés sur le développement des capacités à chercher : en général, pour résoudre ces problèmes, les élèves ne connaissent pas encore de solution experte.[1]

D'après les derniers programmes de 2008, en vigueur actuellement, « la résolution de problèmes liés à la vie courante permet […] de développer la rigueur et le goût du raisonnement.[2] » De plus, « la résolution de problèmes joue un rôle essentiel dans l'activité mathématique. Elle est présente dans tous les domaines et s'exerce à tous les stades des apprentissages.[2] » Au cycle 3, les élèves doivent être capables de résoudre des problèmes relevant des quatre opérations, engageant une démarche à une ou plusieurs étapes, et de plus en plus complexes.

Enfin, d'après le Socle Commun des Connaissances et des Compétences mis en place par le décret du 11 juillet 2006 faisant suite à la loi d'orientation et de programme pour l'avenir de l'école du 23 avril 2005, « la maitrise des principaux éléments de mathématiques s'acquiert et s'exerce essentiellement par la résolution de problèmes.[3] »

On peut donc déduire de tout cela que, depuis 1945, l'activité de résolution de problèmes a pris une place de plus en plus importante dans l'enseignement des mathématiques à l'école primaire, jusqu'à devenir essentielle et centrale aujourd'hui. Voyons maintenant ce qu'est un problème du point de vue scolaire.

[1] Ministère de l'Education Nationale. Document d'application des programmes 2002, *Les problèmes pour chercher.*
[2] Ministère de l'Education Nationale. Bulletin Officiel n°3 du 19 juin 2008.
[3] Ministère de l'Education Nationale. Socle Commun des Connaissances et des Compétences.

2 – Définitions d'un problème

« Baignoires qui fuient, robinets qui coulent, trains qui se croisent… Le problème, au même titre que la dictée, fait partie du patrimoine de l'Education Nationale.[1] » Mais qu'est-ce qu'un problème ?

Selon les auteurs de ces lignes dans *Comment enseigner les mathématiques au cycle 3*, le mot « problème » est passé du langage philosophique au langage mathématique avec Descartes. Il désigne depuis toujours « une question jetée en avant (*pro-ballein* en grec) qui fait obstacle.[1] » Au XIX^{e} siècle, on le définit comme une question à résoudre par des éléments donnés dans un énoncé, son acception scolaire actuelle.

Voyons d'autres définitions. Sylvie Gamo, dans l'ouvrage cité précédemment, en présente une sélection.

Selon les dictionnaires usuels *Le Petit Robert* et le *Larousse illustré*, un problème est défini ainsi : « question à résoudre par des méthodes logiques, rationnelles dans le modèle scientifique, portant soit sur un résultat inconnu à trouver à partir de certaines données, soit sur la détermination de la méthode à suivre pour obtenir un résultat supposé connu.[2] »

Pour les auteurs de l'équipe ERMEL de l'Institut National de Recherche Pédagogique, « il y a problème […] dès qu'il y a réellement quelque chose à chercher, que ce soit au niveau des données ou du traitement et qu'il n'est pas possible de mettre en jeu la mémoire seule.[2] »

Gérard Vergnaud, psychologue et didacticien des mathématiques, définit un problème de la manière suivante : « par problème, il faut entendre dans le sens large que lui donne le psychologue, toute structuration dans laquelle il faut découvrir des relations, développer des activités d'exploration d'hypothèse et de vérification pour produire une solution.[2] »

Du point de vue du psychologue Jean-Michel Hoc, « un problème est la représentation qu'un système cognitif construit à partir d'une tâche, sans disposer immédiatement d'une procédure admissible pour atteindre un but.[2] »

[1] YAICHE, Alain, MARCANGELLI, Antoine, PENSO, Eric, [et al.]. *Comment enseigner les mathématiques au cycle 3.*
[2] GAMO, Sylvie. *Résolution de problèmes – Cycle 3.*

Enfin, les auteurs de l'équipe ERMEL de l'INRP citent quant eux le psychologue Jean Brun :

> Dans une perspective psychologique, un problème est généralement défini comme une situation initiale avec un but à atteindre, demandant à un sujet d'élaborer une suite d'actions ou d'opérations pour atteindre ce but. Il n'y a problème que dans un rapport sujet/situation, où la situation n'est pas disponible d'emblée, mais possible à construire. C'est dire aussi que le problème pour un sujet donné peut ne pas être un problème pour un autre sujet en fonction de leur niveau de développement intellectuel par exemple.[1]

Toutes ces définitions s'accordent donc sur le fait qu'un problème présente une démarche de recherche plus ou moins complexe. D'après les programmes, on peut distinguer quatre types de problèmes avec des objectifs différents :

- les problèmes d'approche ou de découverte, pour utiliser ses connaissances et en percevoir les limites, pour aborder une notion, pour développer de nouveaux acquis, comme par exemple un problème dont la résolution nécessite de faire une soustraction mais qu'un élève de CE1 ne disposant pas encore de la technique opératoire de la soustraction, ne pourra résoudre qu'en faisant une addition à trou, un schéma, ou tout autre moyen de son choix ;

- les problèmes d'entrainement, d'application, qui permettent d'utiliser les acquis et de contrôler les savoirs ;

- les problèmes complexes, qui mettent en jeu plusieurs savoirs ou savoir-faire, et qui nécessite chez l'élève qu'il crée plusieurs sous-buts implicites ;

- les problèmes de recherche, ou problèmes ouverts, pour mettre l'élève dans une réelle situation de recherche, ce qui permet d'acquérir des compétences d'ordre méthodologique propres à la démarche scientifique (formuler des hypothèses, les tester, raisonner, déduire, etc.)

A tout moment dans les apprentissages, il est nécessaire et même indispensable de proposer ces quatre types de problèmes aux élèves. Sinon, si on ne propose à un moment donné que des problèmes mettant uniquement en jeu un savoir ou savoir-faire, comme par exemple la technique opératoire de la soustraction parce que l'on vient de l'enseigner, un élève peut alors faire instinctivement cette opération sans vraiment chercher à comprendre le problème et donner du sens à ce

[1] I.N.R.P., Institut National de Recherche Pédagogique, équipe ERMEL. *Apprentissages numériques et résolution de problèmes, cycle des approfondissements, CM2*.

qu'il fait, mais simplement parce qu'il vient d'apprendre à poser une soustraction et c'est donc sûrement cela qu'on lui demande.

3 – La résolution de problèmes

Les quatre catégories de problèmes définis ci-dessus sous-entendent des procédures de résolution différentes :

- les procédures expertes ou optimales : l'élève reconnait rapidement le traitement approprié et l'opération à faire. Ainsi, il dispose presque immédiatement de la solution ou du modèle qui lui permet de la construire rapidement. Ces procédures peuvent être mises en œuvre pour des problèmes d'entrainement ou des problèmes complexes.

- les procédures personnelles : face à un problème pour chercher, l'élève n'a pas encore construit de procédures optimales puisque le but est de mettre l'élève dans la posture du chercheur. Il est donc comme un novice et doit trouver un chemin original vers la solution en mobilisant les connaissances dont il dispose. L'élève doit ainsi être capable d'initiatives, donc capable d'imaginer des solutions originales, d'émettre des hypothèses, les tester, raisonner, adapter ses connaissances pour traiter la situation proposée, identifier d'éventuelles erreurs, argumenter sur sa démarche et ses conclusions. Cela engendre aussi le fait d'admettre que d'autres démarches sont possibles et de les comprendre. Analyser ces démarches et les comparer peut amener à l'élaboration d'une solution plus efficace que les autres, c'est-à-dire une procédure optimale. Des procédures personnelles peuvent également être utilisées pour résoudre des problèmes de découverte pour lesquels l'élève ne dispose pas encore de procédure optimale, pour résoudre des problèmes d'entrainement si la procédure optimale est en cours de construction, ou pour des problèmes complexes si l'élève ne reconnait pas le traitement optimal approprié. Il utilisera alors par exemple un dessin, un schéma, une procédure de comptage plutôt qu'une addition ou une soustraction, des additions répétées plutôt qu'une multiplication, …

Entrons un peu plus dans le détail. Pour ce faire, nous nous appuierons sur les travaux de Sylvie Gamo une nouvelle fois, et ceux de Jean-François Richard.

Selon S. Gamo, la résolution de problème n'est pas un processus linéaire mais plutôt une activité intellectuelle complexe d'un point de vue cognitif. Cette activité nécessite la construction d'une représentation du problème, ce qui fait intervenir trois processus :

- le processus d'interprétation et de sélection : les données du problème sont sélectionnées et interprétées dans leur contexte sémantique, ce qui amène à sélectionner les connaissances à disposition qui permettront la construction d'une représentation du problème.

- le processus de structuration : il permet de saisir la structure globale du problème et offre la possibilité de repenser le problème. Ce processus est le lien entre les deux autres.

- le processus d'opérationnalisation : quand la représentation d'un problème se manifeste, le sujet est alors capable d'agir afin d'atteindre le but proposé et de résoudre le problème. Ce processus permet le passage à l'action.

En citant ensuite Muriel Fénichel, d'après le livre du maitre du manuel *L'heure des Maths au CE2* (Hatier, 1999), S. Gamo définit trois tâches à la résolution de problème :

- l'appropriation du problème, qui met en jeu les deux premiers processus : il s'agit de comprendre de quoi parle le problème et de mettre en évidence ce que l'élève doit faire, ce qu'il doit chercher, en considérant les informations pertinentes.

- la recherche d'une solution, qui nécessite une structuration des données : cette étape fait appel aux deux derniers processus pour composer ou recomposer la solution, en cherchant dans ses connaissances et expériences les données pouvant servir, en les combinant, en les transformant par essais successifs et erreurs, en faisant le lien avec d'éventuels autres problèmes déjà vus, en faisant des hypothèses, en les vérifiant, en vérifiant également si le résultat correspond au but visé.

- la communication de la solution, à distinguer ici de la résolution qui est propre à chacun et donc pas forcément accessible pour d'autres.

Jean-François Richard, dans *Les activités mentales*, définit la résolution de problème « comme un cheminement dans un espace de recherche[1] » en s'appuyant sur les travaux de Newell et Simon. Cet espace de recherche est le résultat de

[1] RICHARD, Jean-François. *Les activités mentales, de l'interprétation de l'information à l'action.*

l'interprétation que fait le sujet du problème, c'est-à-dire sa manière de le comprendre, ce qui aboutit à la représentation du problème, selon trois composantes : l'interprétation de la situation initiale (ce que l'on a), de la situation but (ce qu'il faut trouver) et des actions licites (ce que l'on peut faire pour chercher). L'interprétation experte du problème correspond à l'espace de la tâche, qui n'est pas forcément le même que l'espace de recherche selon l'interprétation que se donne le sujet. Cet espace de recherche peut être présenté par un graphe, dans lequel les nœuds représentent les différents états que peut prendre successivement la situation, et les arcs représentent les actions qui permettent de transformer un état en un autre. Dans ce graphe, résoudre un problème consiste à chercher un cheminement qui permet de passer du nœud-départ, représentant la situation de départ, au nœud-but, représentant la situation à atteindre. Selon l'espace de recherche construit par le sujet, le nœud-but peut ne pas y appartenir, ou alors il peut être impossible de relier les nœud-départ et nœud-but par des arcs : une réinterprétation du problème est alors indispensable.

Il y a en général plusieurs processus de résolution, donc plusieurs cheminements qui conduisent à la solution. Certains sont meilleurs que d'autres, en fonction de la longueur du chemin, c'est-à-dire du nombre de transformations opérées. Le processus optimal est celui qui correspond au chemin le plus court : c'est la procédure experte ou optimale définie précédemment.

Si on met en parallèle les points de vue de ces deux auteurs, on peut en conclure que la tâche d'appropriation du problème correspond à la construction de l'espace de recherche, et que la recherche d'une solution correspond elle aux déplacements dans le graphe visant à relier le nœud-départ au nœud-but.

4 – Les problèmes numériques : une classification

Nous nous intéressons ici plus particulièrement aux problèmes numériques. Dans *L'enfant, la mathématique et la* réalité, Gérard Vergnaud distingue les « problèmes de type additif », dont la résolution met en jeu des additions ou des soustractions, opérations mathématiques appartenant au même champ conceptuel, et les « problèmes de type multiplicatif », mettant en jeu des multiplications ou des divisions.

a – Les problèmes de type additif

Vergnaud distingue six catégories de problèmes additifs, les quatre premières étant étudiées à l'école primaire, les deux autres pouvant être évoquées mais ne faisant pas l'objet d'un apprentissage particulier. Cette classification est présentée ici rapidement, elle est détaillée de manière plus précise en annexe A et illustrée d'exemples. Dans chaque cas, on connait deux informations sur les trois. Le problème consiste donc à rechercher la valeur de l'information manquante.

- La composition d'états : deux états se composent pour donner un troisième état.

- La transformation d'état : une transformation opère sur un état initial pour donner un état final.

- La comparaison d'états : on quantifie l'écart entre deux états.

- La composition de transformations : deux transformations se composent pour en donner une troisième. On ne connait pas la valeur des états initial, intermédiaire et final.

- La transformation d'une relation : une transformation opère sur une relation pour en donner une nouvelle.

- La composition de relations : deux relations se composent pour donner une nouvelle relation.

Cette dernière catégorie de problème est selon l'auteur de la classification proche des quatrième et cinquième catégories, la composition de transformations et la transformation d'une relation. Mais selon lui, « la différence entre état et transformation justifie […] qu'on en fasse une catégorie à part.[1] », en particulier parce que les transformations ont lieu dans un ordre temporel, ce qui n'est pas le cas des relations, cas particuliers d'états.

b – Les problèmes de type multiplicatif

Vergnaud distingue quatre catégories de problèmes multiplicatifs. De même que pour les problèmes de type additif, cette classification est plus détaillée en annexe B.

[1] VERGNAUD, Gérard. *L'enfant, la mathématique et la réalité.*

- La comparaison multiplicative de grandeurs : cette catégorie ressemble à la comparaison d'état des problèmes additifs. La différence, importante, est qu'on ne va pas quantifier l'écart entre les deux états mais trouver le rapport entre les deux grandeurs.

- La proportionnalité simple : il s'agit d'une relation entre deux grandeurs, par exemple entre un nombre d'objets et son prix. Il est possible que ce type de problèmes mette en jeu un coefficient de proportionnalité, mais ce n'est pas forcément le cas.

- La proportionnalité simple composée : il s'agit ici de deux relations (multiplicatives) entre des grandeurs.

- La proportionnalité double : catégorie de problèmes difficile à distinguer de la précédente, elle diffère par le fait que l'on recherche une grandeur-produit en partant de deux domaines de grandeurs indépendants.

Maintenant que l'on en sait un peu plus sur les problèmes et la résolution de problèmes, évoquons le jeu.

II – Le jeu et l'école

Avant de voir de quelle manière le jeu est présent à l'école, il apparait nécessaire de le définir.

1 – Définitions du jeu

Le mot *jeu* est polysémique. Il existe presque autant de définitions que de personnes qui le définissent. En voici quelques unes.

D'abord, l'étymologie du mot : le mot *jeu* vient du latin *jocus* signifiant plaisanterie, amusement, badinage. Il est désigné en latin par le mot *ludus* signifiant « jeu, école » et qui a donné en français plusieurs dérivés comme « ludique, ludothèque », etc.

Le Petit Larousse définit le jeu comme une « activité d'ordre physique ou mental, non imposée, ne visant à aucune fin utilitaire, et à laquelle on s'adonne pour se divertir, en tirer un plaisir.[1] »

Le *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation*, écrit par Philippe Champy et Christiane Etévé, confirme cette première définition et rajoute que l'activité ludique « trouve sa satisfaction et son but en elle-même.[2] »

Le *Dictionnaire fondamental de la psychologie* définit quant à lui le jeu par opposition avec le travail, qui est « considéré comme une activité obligée et contrôlée.[3] » De con côté, le jeu est donc une « activité gratuite, fermée sur elle-même en ceci qu'elle est déclenchée par une motivation intrinsèque, fort peu par des stimulations externes.[3] »

Jean Château, qui était professeur de psychologie et spécialiste du jeu et de l'éducation de l'enfant, approfondit les définitions précédentes et décrit le jeu comme une « action libre, sentie comme fictive, située hors de la vie courante, dépourvue d'intérêt matériel et d'utilité, bien délimitée dans le temps et dans l'espace, se déroulant sous certaines règles et suscitant des relations de groupe.[4] »

Selon Johan Huizinga, historien néerlandais, le jeu est une « activité volontaire accomplie dans certaines limites fixées de temps et de lieu, suivant une règle librement consentie, pourvue d'une fin en soi, accompagnée d'un sentiment de tension ou de joie et d'une conscience d'être autrement que dans la vie courante.[5] »

Dans *Les jeux et les hommes*, Roger Caillois, sociologue, définit quant à lui le jeu comme une « occupation isolée du reste de l'existence, et accomplie en général dans des limites précises de temps et de lieu.[6] » Selon lui, le jeu est une « activité libre, séparée, incertaine, improductive, réglée et fictive.[6] »

Les trois dernières définitions sont plus développées que les autres, mais toutes s'accordent sur le fait que le jeu est une activité libre et gratuite, soumise à des règles, en dehors de la vie courante, limitée dans le temps, où le but principal est le plaisir que procure cette activité.

---

[1] Dictionnaire Larousse en ligne : http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/jeu/44887
[2] CHAMPY, Philippe, ETEVE, Christiane. *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation.*
[3] BLOCH, Henriette, DEPRET, Eric, GALLO, Alain, [et al.]. *Dictionnaire fondamental de la psychologie.*
[4] CHATEAU, Jean. *L'enfant et le jeu.*
[5] HUIZINGA, Johan. *Homo Ludens. Essai sur la fonction sociale du jeu.*
[6] CAILLOIS, Roger Caillois. *Les jeux et les hommes : le masque et le vertige.*

Cependant, décrit comme tel, le jeu ne parait pas avoir sa place à l'école. Allons un peu plus loin.

2 – Une classification du jeu

De la même manière qu'il existe autant de définitions que d'auteurs, il existe presque autant de classifications que d'auteurs. Après avoir notamment étudié les classifications de Caillois et Château, la plus claire et la plus pertinente à mes yeux, dans le cadre de ce travail, est celle de Nicole de Grandmont dans *Pédagogie du jeu : jouer pour apprendre.* Elle classe les jeux en trois catégories.

a – Le jeu ludique

Gratuit et spontané, il correspond au jeu libre et symbolique de l'enfant. Il est pratiqué sans aucun but à atteindre ni utilité du point de vue de l'enfant, seulement pour le plaisir de jouer. Il n'y a pas de règle imposée, l'enfant s'y adonne librement, avec plaisir, ce qui lui permet d'explorer et d'expérimenter sans risque, d'apprivoiser l'imaginaire et le merveilleux. Cela favorise également sa créativité. Il est absolument nécessaire au développement de tout individu.

b – Le jeu éducatif

Les jeux dits éducatifs ont une valeur éducative, mais restent désintéressés, c'est-à-dire que l'enfant est libre de les choisir ou de ne pas les choisir. Ce sont des jeux du type puzzles ou jeux de construction par exemple. Ils permettent de développer des compétences en réduisant l'effort d'apprendre, ou en le rendant moins perceptible par l'enfant, l'aspect éducatif y étant généralement caché.

Cependant, le terme de « jeu éducatif » divise les chercheurs s'y intéressant : pour certains, ce sont deux termes antagonistes ; pour d'autres, notamment en psychologie du développement, chaque jeu, quel qu'il soit, présente des vertus éducatives dans la mesure où, au minimum, ils exercent les facultés perceptives et intellectuelles et contribuent à l'épanouissement de l'enfant. Le jeu éducatif serait donc un juste milieu entre jeu pur et travail pur.

c – Le jeu pédagogique

Il s'agit d'une activité qui garde la richesse du jeu, à l'exception du fait que ce n'est plus une activité libre : le choix de jouer est imposé. Le jeu pédagogique est orienté vers des formes de réussite, de performance : il est donc proche de l'exercice car il est utilisé en vue de développer des connaissances ou des compétences, le but du jeu est un objectif clairement identifié.

3 – Historique du jeu à l'école

Nicole de Grandmont, toujours dans *Pédagogie du jeu : jouer pour apprendre*, dresse un historique du jeu à travers les âges. En voici un résumé.

Durant l'Antiquité, le jeu est considéré comme une activité naturelle de l'homme : il devient alors un moyen d'instruire les élèves. En effet, d'après Aristote (cité par Rabecq-Maillard dans *Histoire des jeux éducatifs*), « il ne convient pas d'appliquer l'enfant à aucune étude jusqu'à sa cinquième année.[1] » De façon à « éviter la paresse des organes[1] », et pour laisser à l'enfant « une liberté suffisante de mouvement[1] », il recommande la pratique d'activités variées et notamment le jeu. Pour Platon, il faut faire du jeu un moyen d'instruire les enfants. Quintilien, rhéteur et pédagogue latin, affirme de son côté que l'étude doit être un jeu.

Au Moyen-Age, on assiste au développement de la société chrétienne, qui condamne la société gréco-latine. En conséquence, les écoles païennes, considérées comme lieux de diffusion du savoir païen, sont abolies, et le jeu mis à l'index.

Avec les grandes idées nées pendant la Renaissance, notamment en matière de pédagogie nouvelle, le jeu est réhabilité par les Jésuites. Au fur et à mesure, l'éducation adopte ouvertement le jeu qu'elle avait auparavant interdit.

Murner, théologien catholique et humaniste, édita au début du XVI^{e} siècle son premier jeu de cartes en couleur pour contrer un certain désintéressement constaté chez ses élèves : les progrès mesurés furent tels qu'il fut soupçonné de magie. Si on ne parle pas encore de jeu éducatif, et encore moins de jeu pédagogique, il s'agit là des premiers jeux où le caractère éducatif prend le pas sur la dimension ludique.

[1] De GRANDMONT, Nicole. *Pédagogie du jeu : jouer pour apprendre.*

Au XVII^{e} siècle, les aires de jeu, ou cours de récréation, font leur apparition dans les écoles. C'est aussi au XVII^{e} siècle que l'on assiste à la naissance du jeu éducatif, à l'image du jeu de l'oie qui se popularise très largement (chez les élites, car elles seules ont accès au cours primaire) et qui est utilisé pour les études sur la religion, les sciences, la grammaire, etc.

Au XVIII^{e} siècle, l'enseignement devient collectif : le jeu connait donc une popularisation plus grande qu'au siècle précédent.

Au siècle suivant et jusqu'aux années 1950, le jeu est confirmé dans son statut pédagogique, son objectif principal étant alors le développement de la mémoire. Dès lors, le jeu n'est accepté, à l'école, que s'il instruit ou aide l'élève dans ses apprentissages. C'est pour cette raison qu'il s'oriente presque exclusivement vers le jeu de type pédagogique, les éducateurs du XIX^{e} siècle considérant que le jeu ludique détourne l'enfant de ses études au lieu de l'y intéresser.

Dans les années 50, le jeu va prendre une place plus importante que précédemment : il permet de stimuler, d'occuper, d'attirer et de motiver ces nouveaux élèves.

A la même époque, les nouvelles théories sur le développement de l'enfant proposées par les psychologues (Wallon et Piaget notamment) permettront à Fernand Nathan, fondateur de la célèbre maison d'édition de jeux éponyme, de proposer des jeux éducatifs selon les différents stades de développement de l'enfant. L'invention du plastique, qui permet de produire plus de jeux plus rapidement, moins chers et plus colorés, va également permettre au jeu une présence de plus en plus importante dans toutes les classes sociales. Le jeu va également acquérir une valeur thérapeutique en rééducation grâce à son efficacité constatée auprès d'enfants ayant des difficultés d'apprentissage ou souffrant de handicap.

De nos jours, le jeu peut être considéré comme un allié de l'enseignant, un soutien à l'enseignement, un stimulant, ou même un bon moyen de tester les connaissances et compétences des élèves.

Cependant, s'il reste encore très présent à l'école maternelle, le jeu est de moins en moins utilisé en classe au fur et à mesure que l'enfant avance dans sa scolarité. En effet, dans l'esprit de la majorité des parents, si l'enfant va à l'école, c'est pour y travailler et apprendre à travailler : le jeu y est donc souvent mal vu.

4 – Présence et utilisation du jeu à l'école

En reprenant la classification des jeux de N. de Grandmont, on peut remarquer que les trois types de jeux qu'elle décrit sont présents à l'école, mais avec des fréquences différentes et à des moments différents.

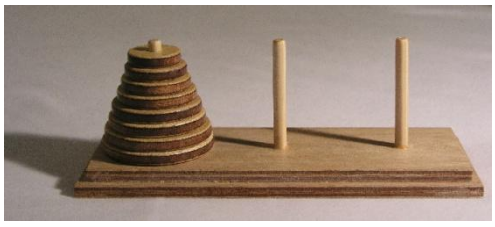
a – Le jeu ludique

Très présent à l'école maternelle, notamment durant le temps de l'accueil par exemple, il permet à l'enfant d'explorer son environnement proche, de développer des compétences relatives à la perception de soi, à l'habileté, des compétences d'ordre social, etc. Les compétences travaillées sont aussi diverses que peuvent l'être les différents jeux libres des enfants. Par exemple, un enfant qui joue à la dinette met en œuvre des compétences d'ordre social et mathématique : lorsqu'il met la table, il apprend à dénombrer, puisqu'il faut mettre autant de couverts qu'il y a d'invités à sa table.

Dans ce type de jeu, la place de l'enseignant est plutôt en retrait car le jeu n'est pas imposé mais libre.

b - Le jeu éducatif

Le terme de « jeu éducatif » désigne surtout des jouets, des produits finis, qui sont vendus sous cette appellation. Ils sont par conséquent très présents à l'école maternelle, mais aussi en élémentaire : on les trouve souvent au fond de la classe, les enfants pouvant les utiliser lorsqu'ils ont fini un travail par exemple. La tour de Hanoï, jeu de réflexion inventé par le mathématicien français Edouard Lucas, qui consiste à déplacer des disques de diamètres différents d'une tour de départ à une tour d'arrivée, est un exemple de tels jeux.



Le jeu « la tour de Hanoï »

Ce type de jeux permet à l'enfant de construire certaines notions sans la présence de l'enseignant, le rôle de ce dernier s'arrêtant à la mise à disposition de ces jeux.

c – Le jeu pédagogique

N. de Grandmont décrit ce type de jeu comme « l'art d'instruire au moyen d'actions libres et fictives.[1] » On peut également le voir comme un exercice déguisé : il n'a souvent de jeu que l'habillage.

Ce sont des jeux qui ont un objectif d'apprentissage prédéfini et clairement identifié : ils sont donc choisis et mis en place, voire même parfois construits, par l'enseignant, chaque règle étant élaborée avec un enjeu très précis. Avant l'introduction du jeu en classe, l'enseignant doit donc cibler des objectifs pédagogiques et voir en quoi le jeu est susceptible d'y répondre, conformément aux programmes. Pour que l'objectif soit atteint, et pour vérifier l'efficacité du jeu, il sera nécessaire de l'analyser ainsi que ses résultats en fin de séance. Il s'agit donc d'un moyen pédagogique permettant d'aborder, de construire ou de vérifier l'acquisition d'une notion ou d'une compétence.

5 – Exemples de jeux en classe

En école maternelle, des jeux de toutes sortes sont présents dans les classes.

En élémentaire, si on parle de jeux en classe, on pense d'abord à l'Education Physique et Sportive. L'une des compétences attendues dans les programmes de 2008 est « coopérer ou s'opposer individuellement et collectivement », à travers des jeux de lutte, des jeux de raquettes et des jeux sportifs collectifs.

En langue vivante étrangère, les jeux de rôles sont souvent utilisés dans le but de mettre les élèves en véritable situation de communication orale.

En géographie, on peut encore citer le jeu du « mini-monde », décrit dans le dossier « le jeu en classe » du numéro 448 des Cahiers Pédagogiques[2], qui permet de mieux comprendre, de façon symbolique, comment s'organise la production et le commerce dans le monde. Dans ce jeu, cinq ou six groupes sont formés et

[1] De GRANDMONT, Nicole. *Pédagogie de jeu : jouer pour apprendre.*
[2] FERRERONS, Monique. *« Comprendre le commerce mondial ».* Les Cahiers Pédagogiques, n°448.

représentent chacun un pays, certains représentant des pays dits riches et développés, d'autres des pays moins riches, en voie de développement. Les pays les moins développés disposent des matières premières symbolisées par des feuilles de papier ; les pays les plus développés disposent quant à eux uniquement des moyens de production, ici des règles, crayons, gommes, ciseaux, compas ; enfin, les pays « émergents » disposent de quelques matières premières et de quelques outils. Tous les pays disposent également d'argent, réparti évidemment de façon très inégale. Le but du jeu est de faire le plus possible de rectangles, triangles ou cercles, qui respectent des mesures précises, et de les vendre pour s'enrichir. Chaque forme ne vaut pas la même somme d'argent selon sa complexité. Rapidement, les pays « riches » achètent des feuilles aux pays « pauvres » mais ne veulent pas vendre ou prêter leurs outils. Ces derniers se retrouvent alors rapidement dans l'incapacité de produire quelque-chose, et les tensions, tentatives de triche et vols apparaissent. L'exploitation qui en est faite ensuite doit faire comprendre aux élèves que c'est de cette manière que s'organise, de façon schématique, le commerce mondial. Le jeu peut ensuite être repris d'une autre façon, dans le but d'aborder par exemple le commerce équitable.

Enfin, pour finir cette liste d'exemples non exhaustive, on trouve parfois au fond d'une classe des jeux de stratégies comme les tangrams ou les jeux de dames par exemple, ou encore les trois jeux qui ont été utilisé lors de ce travail et qui seront présentés dans la seconde partie : le Puissance 4, le Reversi et le Master-Mind.

Voyons maintenant comment le jeu peut intervenir en classe pour aider à la résolution de problème.

III – Le jeu pour la résolution de problèmes

1 – Intérêts du jeu

D'après Freinet, cité par Yvana Ayme (animatrice et formatrice spécialisée dans les pédagogies ludiques et membre de l'association « Permis de jouer ») dans l'article *« Le jeu en classe : point(s) d'interrogation(s) »*, « baser toute une pédagogie sur le jeu, c'est admettre implicitement que le travail est impuissant à assurer

l'éducation des jeunes générations.[1] » Si le jeu peut avoir sa place à l'école, ne faire que jouer à l'école serait illusoire. Selon cette auteur, « le jeu en classe est simplement à employer à bon escient. Il faut y réfléchir, s'y former, s'enrichir des autres pratiques, le tester, y retravailler et l'adapter comme pour toute autre option pédagogique.[1] » Le jeu peut donc être un moyen pédagogique intéressant, mais cela ne dispense pas de leçons plus « classiques ». On peut déduire de cela que les trois types de jeu évoqués par N. de Grandmont peuvent avoir leur place à l'école, mais comme cela a pu être expliqué plus tôt, ils ne seront pas utilisés de la même manière selon le moment, et pour des objectifs différents.

De plus, nombres de chercheurs se sont intéressés au jeu, dans des domaines différents. On peut notamment citer Christine Sorsana qui a utilisé la tour de Hanoï pour mettre en évidence le « rôle constructif des interactions entre enfants pour le développement cognitif.[2] » Dans ses expériences, les élèves ayant travaillé en coopération avec un autre élève ont obtenu de meilleurs résultats à posteriori que ceux ayant travaillé seuls. De plus, toujours avec la tour de Hanoï, elle a montré une relation directe entre affinité et coopération[3] (appuyée en cela par les travaux d'autres chercheurs qu'elle cite : Doise, Mugny, Gilly, …) : les élèves membres de dyades « affines », c'est-à-dire des dyades où les élèves se sont choisis mutuellement en fonction de leurs affinités, ont eu des discussions plus nombreuses que les élèves membres de dyades « non-affines », il y a eu une réciprocité des échanges sous forme de suggestions plutôt que d'ordres, et une ouverture plus grande envers les divergences de points de vue au sein de la dyade. Ceci a eu pour conséquence de meilleurs résultats en situation de résolution individuelle de la tour de Hanoï chez les élèves ayant été membres de dyades « affines ».

2 – Le jeu de stratégie et les mathématiques

Le manuel Cap Maths CM2 l'affirme, « certains jeux du commerce (Master-mind, Reversi, Puissance 4, dames, échecs, tangrams, casse-tête, …) comportent une composante stratégique très intéressante pour le développement des capacités

[1] AYME, Yvana. *« Le jeu en classe : point(s) d'interrogation(s) »*. Les Cahiers Pédagogiques, n°448.
[2] SORSANA, Christine. *« Affinités enfantines et co-résolution de la tour de Hanoï ».* - Revue internationale de psychologie sociale.
[3] GILLY, Michel, ROUX, Jean-Paul, TROGNON, Alain. *Apprendre dans l'interaction.* Chapitre 5 : Stratégies socio-cognitives dans la résolution de la tour de Hanoï. SORSANA, Christine.

d'organisation et de déduction.[1] » Il suggère l'installation d'un « coin mathématique » contenant des jeux de la sorte. Ces jeux permettraient donc de développer des compétences chez les élèves que ceux-ci pourraient intégrer à l'activité de résolution de problème. En effet, si résoudre un problème revient à se déplacer dans un espace de recherche comme l'a montré J.-F. Richard, jouer à ce type de jeu revient également à se déplacer dans un espace de recherche, où le but à atteindre, qui diffère selon les jeux, reste le fait de gagner la partie. Pour atteindre ce but, différentes stratégies peuvent être conduites, donc différents déplacements dans l'espace de recherche.

L'APMEP, Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public, explique que « de tout temps, les professeurs de mathématiques se sont intéressés aux jeux et plus généralement aux récréations mathématiques.[2] » Pour ces auteurs, les jeux permettent d'innover dans la pratique pédagogique, de rechercher des supports motivants et des situations riches, et d'autoriser la pratique ludique en classe. Cette activité ludique peut compléter l'enseignement des mathématiques, et même s'y intégrer, à travers la manipulation réelle d'objets et de matériels qui peuvent faciliter le raisonnement des élèves. Les jeux cités par le manuel *Cap Maths*, qui sont des jeux de stratégie, sont selon cette association des jeux très riches, en ce sens que le joueur doit penser à ce que l'autre va faire (pour les jeux d'opposition à deux joueurs). Ainsi, l'élève peut et doit se décentrer de la situation, prendre du recul pour analyser la situation créée par son opposant. « Jouer contribue à élaborer une pensée opératoire en faisant fonctionner des opérations mentales comme […] la combinatoire.[2] »

Selon Didier Faradji, concepteur de jeux mathématiques que l'on peut qualifier de jeux de stratégie, crées dans le but de travailler des notions mathématiques particulières, comme le Magix 34 (calcul mental, notion de complémentaire, vocabulaire de la géométrie), Decadex (répertoires additifs et compléments à 10) ou encore Multiplay (tables de multiplications, division d'entiers inférieurs à 100), et intervenant extérieur dans le cadre des inspections académiques et en IUFM, « c'est

[1] CHARNAY, Roland, COMBIER, Georges, DUSSUC, Marie-Paule, [et al.]. *Cap Maths, CM2 : le guide des activités.*
[2] A.P.M.E.P., Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public. *Jeux 1 : Les jeux et les mathématiques*.

l'activité même de résolution de problème que le jeu mathématique permet de réaliser en contribuant à développer chez l'élève son goût pour la recherche de solutions et la confiance qu'il peut avoir en ses capacités à raisonner juste.[1] » Il n'en oublie pas l'importance de la verbalisation : selon lui, jouer silencieusement n'est pas une activité formatrice ; c'est par le langage que l'élève va pouvoir verbaliser sa stratégie, apprendre à construire un plan et à articuler entre elles les étapes de ce plan. Le droit à l'erreur, matérialisé par le droit de perdre, est également un aspect important du jeu : cela permet à l'élève d'expérimenter, de prendre des initiatives et de faire preuve d'ingéniosité sans aucun risque, sans aucune conséquence si ce n'est la perte d'une partie. Pour toutes ces raisons, l'élève peut, « le temps d'un jeu, devenir un véritable petit chercheur.[1] »

3 – Formulation de la problématique

De tous les éléments théoriques évoqués, on peut remarquer de nombreuses similitudes entre résolution de problèmes et jeu de stratégie, à commencer par le fait que gagner à un jeu de stratégie peut s'apparenter à résoudre un problème.

D'abord, il faut dans les deux cas sélectionner les informations utiles : si elles sont en général explicitées dans l'énoncé d'un problème, elles le sont moins dans le jeu. Le travail, inconscient, effectué pendant les parties pour sélectionner les informations pertinentes, pourrait alors être réinvesti en situation de résolution de problèmes.

De plus, l'interprétation de ces informations pertinentes est aussi mise en jeu dans les deux situations. Dans un jeu de stratégie, les informations sont face au joueur, mais encore faut-il les interpréter correctement. Pourquoi l'adversaire joue-t-il de cette manière ? Qu'essaie-t-il de faire ? Pourquoi n'a-t-il pas joué plutôt de telle autre manière, ce qui paraissait plus opportun ? Pour répondre à ces questions, il faut faire des suppositions, donc interpréter les informations dans leur contexte. Dans le cadre de la résolution de problèmes numériques, l'interprétation des informations est essentielle : il faut comprendre la question posée, donc savoir ce que l'on cherche, comprendre ce qu'on a comme éléments pour y parvenir, ou encore comprendre à quoi correspond chaque nombre donné.

[1] AYME, Yvana. *« Entretien avec Didier Faradji : Calcul mental et stratégie – Une mine d'émotions et d'énergie intellectuelle. »* Les Cahiers Pédagogiques, n°448.

Enfin, après avoir interprété les informations, il y a le passage à l'action : le joueur doit rechercher la meilleure action à faire pour se rapprocher de la victoire, ou du moins ne pas s'en éloigner. Si la recherche de la solution en situation de résolution de problèmes doit s'appuyer sur les connaissances et expériences antérieures, pour anticiper, planifier, déduire, faire des hypothèses et les vérifier, la situation de jeu permet aussi cela. Il y a cependant deux différences : la vérification est quasi-immédiate avec le gain ou la perte de la partie, et elle est sans conséquence puisqu'elle reste dans le cadre du jeu. L'élève est ainsi libre d'expérimenter, sans aucune conséquence. Cette recherche de la solution dans le cadre du jeu peut donc se transposer dans le cadre de la résolution de problème.

D'autre part, jouer à des jeux de stratégies implique des interactions puisqu'on ne joue pas seul, interactions que le *Grand dictionnaire de psychologie*, cité par C. Sorsana, définit ainsi : « relation interpersonnelle entre deux individus au moins par laquelle les comportements de ces deux individus sont soumis à une influence réciproque, chaque individu modifiant son comportement en fonction des réactions de l'autre.[1] » Or, plusieurs chercheurs, notamment C. Sorsana évoquée précédemment, mais aussi Alain Baudrit, ont montré l'intérêt de ces interactions. Dans l'article *« Interactions sociales et apprentissages scolaires : étude ethnographique d'une activité mathématique »*, Baudrit explique que « le travail à deux permet à chacun des partenaires, sous certaines conditions, de progresser davantage qu'ils ne l'auraient fait en travaillant seul[2] », qu'il s'agisse de coopération, de tutelle, ou d'observation – imitation.

La problématique est donc la suivante : le jeu peut-il réellement faire progresser les élèves dans la résolution de problèmes mathématiques ?

Pour répondre à cette question, nous faisons l'hypothèse que la pratique de jeux de stratégie en classe peut permettre de développer les compétences mises en œuvre à la fois dans le cadre du jeu et dans le cadre de la résolution de problèmes, pour ainsi permettre aux élèves de progresser et d'obtenir de meilleurs résultats en résolution de problèmes.

[1] SORSANA, Christine. *Psychologie des interactions sociocognitives.*
[2] BAUDRIT, Alain. *« Interactions sociales et apprentissages scolaires : étude ethnographique d'une activité mathématique ».* Psychologie et éducation, n°17.

Seconde partie : Expérimentation

Dans cette seconde partie, nous expliquerons le protocole expérimental mis en place, nous exposerons les résultats constatés et nous essaierons de les interpréter.

I – Méthodologie

1 – Hypothèses fonctionnelles

Nous avons fait le pari que la pratique de jeux de stratégies en classe pouvait permettre aux élèves de mieux réussir dans la tâche de résolution de problèmes.

Plus concrètement, nous pensons ici que plus le niveau initial d'un élève est faible dans la tâche de résolution de problèmes, plus le jeu peut avoir un impact important et positif sur d'éventuels progrès.

De plus, les élèves jouant par deux, nous pensons que le déséquilibre créé par la différence de niveaux des deux élèves en résolution de problèmes, et les interactions ayant lieu entre ces deux élèves lors des situations de jeu, peuvent permettre des progrès chez les deux protagonistes, que l'adversaire ait un niveau plus faible ou plus élevé en résolution de problèmes.

En revanche, l'évolution du nombre de procédures expertes ou personnelles mises en œuvre par chaque élève dans la résolution de problèmes ne sera pas mesurée ici. Cette évolution peut être vue comme un progrès (si un élève délaisse ses procédures personnelles pour des procédures expertes), mais nous ne pensons pas que le jeu puisse avoir une influence sur cela.

2 – Protocole expérimental

Les expérimentations ont été effectuées dans la classe qui m'a été confiée lors du stage en responsabilité effectué au mois de mars durant trois semaines. Il s'agit d'une classe de CM2, les élèves ont donc tous 10 ou 11 ans, dans une école de périphérie urbaine où la mixité sociale et culturelle est assez faible. Les élèves de

cette classe, et plus généralement de cette école, sont pour la très grande majorité issus de familles des classes moyennes voire moyennes supérieures.

J'ai choisi de faire ces expérimentations dans cette classe de CM2 car, comme nous avons pu le dire précédemment, le jeu à l'école, en dehors de la cour de récréation, apparait de moins au moins au fur et à mesure que l'on avance dans la scolarité. J'ai donc voulu montrer que le jeu pouvait être tout à fait utile à ce niveau.

Le protocole s'est déroulé en trois étapes. La première étape est un pré-test : des problèmes numériques ont été proposés aux élèves afin d'évaluer leur niveau initial. La seconde étape est la phase de jeu, où les élèves ont pu jouer à trois jeux différents pendant trois séances. La dernière étape est un post-test, de même type que le pré-test, afin d'évaluer le niveau final des élèves, et de constater d'éventuelles évolutions.

a – Pré-test et post-test

Le pré-test et le post-test étaient constitués de dix problèmes numériques que l'on retrouve en annexe (C et D). Parmi les différentes classes de problèmes évoquées dans la première partie, le choix a été fait de se restreindre aux problèmes d'application et aux problèmes complexes. Ce choix ce justifie par la volonté de rester cohérent entre pré- et post-test, c'est-à-dire de proposer des problèmes de même niveau. En effet, proposer des problèmes de découverte n'a pas d'intérêt dans notre cas, il ne s'agit pas ici d'aborder une notion mais d'évaluer le niveau des élèves ; pour ce qui est des problèmes de recherche, il aurait été intéressant d'en proposer, mais puisqu'il s'agit d'évaluer le niveau des élèves avant et après des séances de jeu, il aurait fallu proposer des problèmes de recherche de niveau équivalent au pré-test et au post-test pour ne pas biaiser les résultats, ce qui s'avérait très délicat. Proposer des problèmes de recherche aurait été possible si l'on avait disposé d'un groupe témoin, et l'on aurait alors pu mesurer l'impact du jeu dans l'amélioration des compétences en résolution de problèmes par rapport à un groupe n'ayant pas pratiqué le jeu. Mais dans notre cas, les problèmes d'application et les problèmes complexes ont donc été retenus. Toujours dans le but de proposer deux tests de même niveau, la classification de Vergnaud, exposée dans la première

partie, a été utilisée pour proposer des problèmes de même type et donc de même difficulté aux deux tests, ce que l'on retrouve dans le tableau suivant.

n° du problème	classe de problème	type de problème	catégorie de problème	donnée recherchée
1	application	additif	composition d'état	un état
2	application	multiplicatif	proportionnalité simple	la valeur d'une part (partition)
3	application	Additif	transformation d'état	l'état initial (avec transformation négative)
4	application	multiplicatif	proportionnalité double (produit cartésien de deux ensembles)	le tout (le produit)
5	application	multiplicatif	proportionnalité simple	le nombre de parts (quotition)
6	application	additif	composition de transformations	une transformation (négative, connaissant l'autre transformation positive et la transformation globale négative)
7	complexe	multiplicatif / additif	proportionnalité simple / transformation d'une relation	la valeur d'un nombre donné de parts / la relation finale (avec relation initiale négative et transformation positive)
8	complexe	additif	transformations multiples d'état	l'état initial (avec transformations négatives et positives)
9	application	multiplicatif	proportionnalité double (configuration rectangulaire)	le tout (le produit)
10	application	additif	comparaison d'état	la comparaison (positive)

Tableau 1 – Types de problèmes proposés au pré-test et au post-test

Les deux séances de test ont duré 40 minutes, elles ont été réalisées à une semaine d'intervalle, toutes deux en fin de journée après une séance d'EPS, dans le but de mettre les élèves dans les mêmes conditions pour les deux tests. Lors des

séances, les feuilles ont été distribuées et la consigne a été explicitée : il s'agissait de résoudre le maximum de problèmes présentés. Toute réponse devait être justifiée, que ce soit par un calcul, un schéma, ou toute autre méthode du choix des élèves, une réponse sans justification étant considérée comme nulle. Je ne suis ensuite pas intervenu pendant les tests pour ne pas favoriser un élève au détriment d'un autre, ce qui aurait faussé les résultats. Le post-test a donc été immédiat. Il aurait également été intéressant de faire un post-test quelques semaines plus tard pour voir si les compétences éventuellement développées par les élèves s'étaient stabilisées, mais je n'ai pas eu la possibilité de le faire.

b – Les séances de jeu

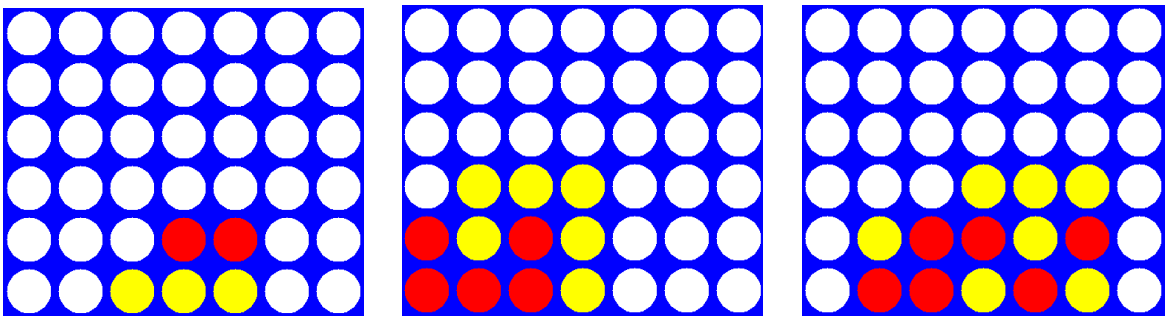
Entre le pré-test et le post-test, ont eu lieu trois séances de jeu d'une durée de trente minutes chacune. Lors de ces trois séances, trois jeux de stratégie différents ont été proposés : Puissance 4, Reversi et Master-Mind, jeux d'opposition à deux joueurs présentés notamment dans la revue *Les jeux et les mathématiques* de l'APMEP évoquée précédemment. J'ai choisi de proposer trois « vrais » jeux que l'on trouve dans le commerce pour montrer leur éventuelle utilité, plutôt que des jeux pédagogiques créés pour servir un objectif particulier, comme par exemple les jeux créés par D. Faradji évoqués précédemment, ou encore la « course à n » qui a fait l'objet de beaucoup de recherches (notamment des mémoires d'étudiants en IUFM) et qui peut servir à aborder la division euclidienne. J'ai également choisi des jeux d'opposition plutôt que des jeux de coopération comme la tour de Hanoï, car ces jeux ont également été l'objet de nombre de recherches. Enfin, j'ai choisi des jeux avec un espace de recherche complexe (en référence aux travaux de J.-F. Richard évoqués dans la première partie) plutôt que des jeux comme le morpion où les jeux de Nim (certains sont d'ailleurs équivalents à la « course à n ») qui ont un espace de recherche plus simple et qui peuvent donc lasser plus rapidement. Les trois jeux sélectionnés sont présentés ici.

Le Puissance 4 est un jeu inventé par Howard Hexler. Le nom du jeu est une marque déposée par les éditions MB (Milton-Bradley) qui appartiennent à la société Hasbro. Il est constitué d'une grille verticale de 7 colonnes et 6 lignes, soit 42 cases. Chaque joueur dispose de 21 pions d'une couleur, jaune pour l'un et rouge pour

l’autre le plus souvent. Chacun son tour, les joueurs placent un pion dans la colonne de leur choix. La grille étant verticale, chaque pion joué tombe jusqu’à la position la plus basse possible dans la colonne en question. Le but du jeu est d’être le premier à aligner 4 pions de sa couleur, de manière verticale, horizontale ou en diagonale. Il faut donc jouer ses pions en essayant de les aligner, sans oublier de faire attention aux pions de son adversaire.

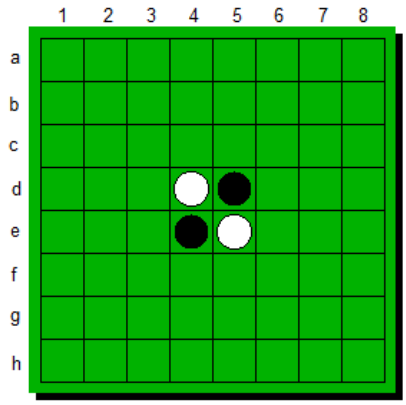
Une partie de Puissance 4 : ici, le joueur aux pions rouges remporte la partie
(diagonale de 4 pions rouges sur la droite de la grille)

Il existe une solution exacte à ce jeu, c’est-à-dire une manière de jouer qui permet au joueur commençant la partie de gagner à coup sûr. Mais cet algorithme est trop complexe pour être étudié ici. En revanche, il y a des stratégies gagnantes plus abordables (qui sont apparues pendant les séances de jeu) : elles consistent à tendre des pièges à son adversaire en créant des menaces multiples, c’est-à-dire des alignements de 3 pions que l’adversaire ne pourra bloquer avec un seul pion. L’exemple le plus simple est un alignement horizontal de 3 pions avec les deux extrémités libres : l’adversaire ne pourra bloquer les deux extrémités, et le joueur pourra alors gagner la partie. L’autre méthode consiste à créer deux alignements de 3 pions de telle sorte que les 2 pions manquants soient situés l’un au dessus de l’autre : l’adversaire pourra bloquer le premier alignement, mais le premier joueur gagnera la partie en jouant dans la même colonne. Les schémas ci-dessous illustrent ces stratégies.



Sur ces trois schémas, c'est au joueur rouge de jouer, mais le joueur jaune est gagnant. Sur le premier schéma, le joueur rouge ne peut bloquer les deux extrémités de l'alignement des 3 pions jaunes. Sur le second, le joueur jaune a deux alignements de 3 pions (horizontalement et verticalement) : il faudrait que le joueur rouge joue à la fois dans la première colonne et dans la quatrième, ce qui n'est pas possible. Sur le troisième schéma, le joueur rouge est obligé de jouer dans la troisième colonne pour bloquer l'alignement horizontal ; le joueur jaune pourra alors jouer dans la même colonne et réussira à aligner 4 pions en diagonale.

Le Reversi, inventé par Lewis Waterman et John Mollet, est aujourd'hui un jeu libre de droits. Les parties jouées ont suivi les règles d'Othello, variante du Reversi inventée par Goro Hasegawa et propriété des éditions Lansay. Le jeu est constitué d'un damier unicolore carré de 64 cases. Les deux joueurs disposent de 64 pions réversibles, noirs d'un côté et blancs de l'autre. Au début du jeu, la situation est telle que présentée dans le schéma suivant.

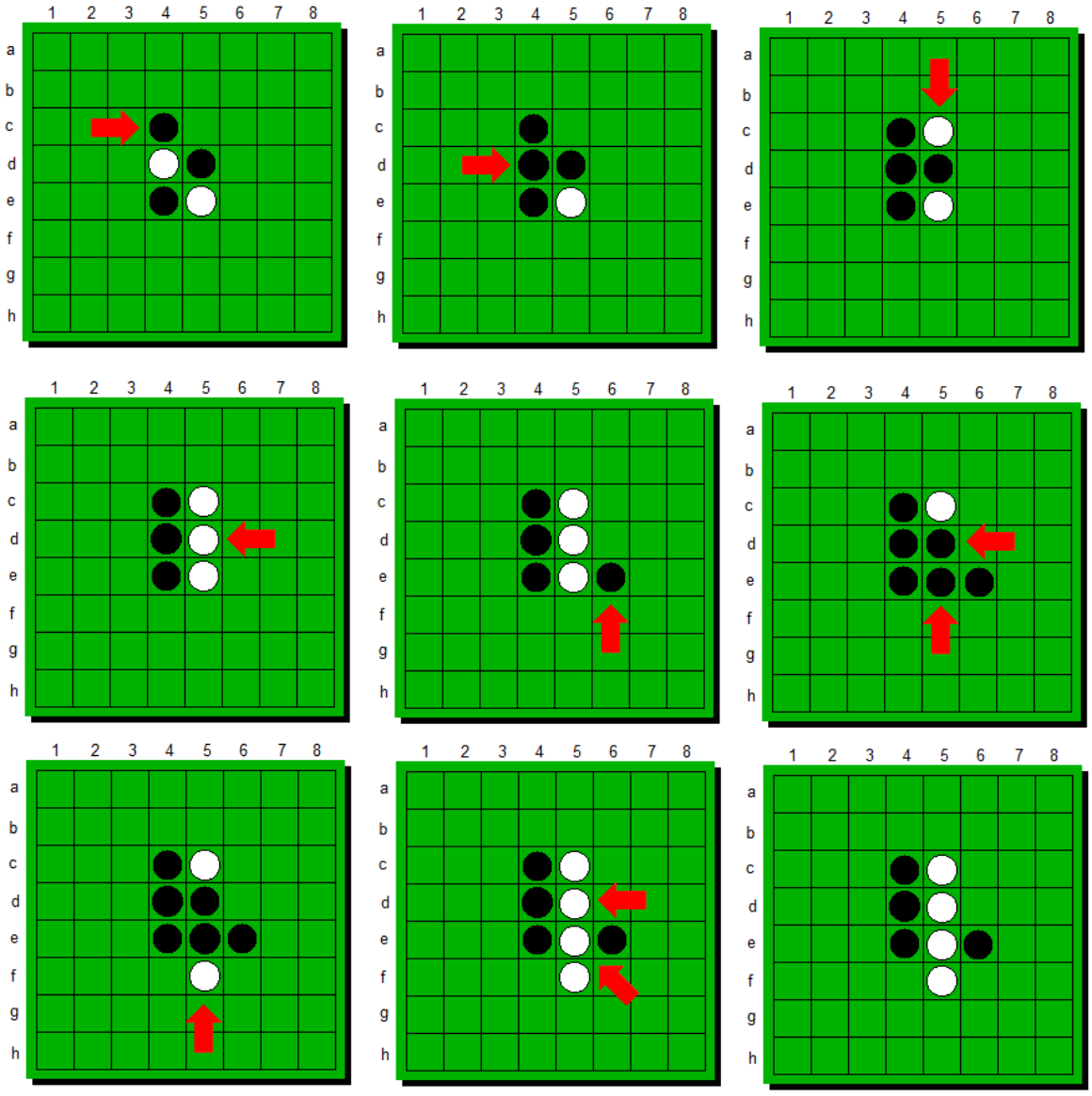


Une partie de Reversi : position de départ

Tour à tour, les joueurs jouent un pion de leur couleur dans le but de retourner au moins un pion de la couleur adverse. Si un joueur ne peut retourner de pion, il passe son tour. Si aucun des joueurs ne peut jouer ou si toutes les cases du damier sont occupées, la partie s'arrête et on compte les pions de chaque couleur. Le

vainqueur est celui qui a le plus grand nombre de pions de sa couleur à la fin de la partie.

Pour retourner un ou plusieurs pions de la couleur adverse, il faut poser son pion de manière à encadrer directement (c'est-à-dire sans case libre entre les pions) un pion ou un alignement consécutif de pions de la couleur adverse, par le pion immédiatement joué et un autre pion de sa couleur déjà posé. Encadrer signifie ici familièrement « prendre en sandwich ». Cet encadrement peut se faire de manière horizontale, verticale, ou en diagonale. Ainsi, sur le dessin précédent, noir peut jouer en c4 ou d3 et retourner le pion blanc en d4, ou jouer en e6 ou f5 et retourner le pion blanc en e5. Voici quelques schémas expliqués pour aider à comprendre la règle.



Sur le premier schéma, noir joue en c4. Il retourne donc le pion blanc en d4, qui est encadré verticalement par le pion noir en e4 et le pion qu'il vient de poser en c4 (deuxième schéma). Sur le troisième schéma, blanc choisit de jouer en c5 : le pion noir en d5 est encadré verticalement par le pion blanc en e5 et le pion immédiatement joué en c5, il est donc retourné (quatrième schéma). Sur le schéma suivant, noir joue en e6 : le pion blanc en e5 est encadré horizontalement, le pion blanc en d5 est encadré sur la diagonale par noir en c4 et le pion joué en e6, ces deux pions sont donc retournés (sixième schéma). Sur le septième, blanc joue en f5. Les pions noirs en d5 et e5 sont directement encadrés, ils sont donc retournés (huitième schéma). Sur le dernier schéma, noir peut jouer en b6 et retourner c5 sur la diagonale, jouer en c6 et retourner c5 (horizontalement) et d5 (en diagonale), jouer en d6 et retourner d5, jouer en f6 et retourner e5, ou encore jouer en g6 ou g4 et retourner f5. Et ainsi de suite…

Les règles sont difficiles à expliquer de cette manière, mais on comprend très vite le mécanisme en situation de jeu.

Pour ce jeu, il n'existe à priori pas de solution exacte. Néanmoins, il y a des cases à prendre importantes qui permettent très souvent de gagner, ce dont certains élèves se sont aperçus : il s'agit des côtés, qui sont plus difficiles à encadrer que les autres cases car on ne peut le faire que dans une dimension (horizontale ou verticale selon le côté), et encore plus les coins, qui ne peuvent pas être encadrés et donc pas être retournés. Une fois les côtés pris, ces pions sont stratégiquement très intéressants car ils permettent d'en retourner beaucoup très souvent. Quant aux coins, puisqu'il est important de les prendre, il faut donc éviter de jouer dans les trois cases les juxtaposant : cela donnerait l'opportunité à l'adversaire de les prendre. De plus, avoir beaucoup de pions de sa couleur sur le damier en début de partie n'est pas gage de réussite, bien au contraire dans la plupart des parties : l'adversaire a alors beaucoup de possibilités pour jouer, contrairement au joueur qui a beaucoup de pions de sa couleur sur le plateau.

Le Master-Mind, inventé par Marco Meirovitz et édité par Hasbro, est selon l'APMEP « le jeu de logique par excellence.[1] » Le jeu est constitué d'un plateau perforé d'un certain nombre de lignes (selon les éditions, 10 à 12 lignes) de 4 trous pouvant accueillir des pions de couleur, comme présenté ci-dessous. Ce jeu se joue également à deux. L'un des joueurs, le « codificateur », doit choisir un code matérialisé par 4 pions de couleur que l'autre joueur ne peut voir (en bas sur la photo suivante). L'autre joueur, le « décodeur », doit proposer des combinaisons dans le

[1] A.P.M.E.P., Association des Professeurs Mathématiques de l'Enseignement Public. *Jeux 1 : Les jeux et les mathématiques.*

but de retrouver le code. Il s'agit d'un jeu dissymétrique dans la mesure où le « décodeur » a un rôle actif puisqu'il doit retrouver la bonne combinaison, alors que le « codificateur » a un rôle passif : il doit choisir un code, et ensuite donner des indications au « décodeur » en fonction des combinaisons que ce dernier propose.

Le jeu Master-Mind

En bas de la photo, on trouve la combinaison choisie par le « codificateur ».Sur la première ligne en haut de la photo, le « décodeur » propose la combinaison jaune-jaune-bleu-bleu. *Juste à droite de cette ligne, on voit une fiche blanche : le « codificateur » indique au « décodeur » via cette fiche qu'il a proposé un pion de la bonne couleur, mais que ce pion est mal placé (le pion bleu, mais le « décodeur » ne sait pas de quel pion il s'agit). La deuxième ligne est la deuxième combinaison proposée. A côté, une fiche rouge (qui peut aussi être noire selon les éditions du jeu) indique un pion bien placé (le rouge), et un mal placé (le violet). En fonction de ces indications, le « décodeur » continue de proposer des combinaisons tant qu'il reste des lignes, jusqu'à trouver la combinaison gagnante. Ici, il a trouvé la bonne combinaison au sixième essai : les 4 fiches rouges indiquent que les 4 couleurs sont au bon endroit. Si le « décodeur » ne trouve pas la combinaison avant la dernière ligne, la manche est remportée par le « codificateur ». Ensuite, les rôles sont échangés. Les deux fiches sur la colonne de gauche servent uniquement à compter les points des deux joueurs.*

Selon l'APMEP, ce jeu permet de développer l'esprit logique, et il permet d'aider les enfants à apprendre à raisonner si on les met face aux contradictions de leurs propositions. Pour ce jeu, il existe un algorithme qui permet de gagner à tous les coups dans la position du « décodeur », mais il est très complexe. Pour gagner, il est nécessaire d'analyser correctement les indications du « décodeur » et de faire des propositions qui permettent d'obtenir le maximum d'informations.

Ces trois jeux permettent donc aux élèves d'apprendre à construire des stratégies, en leur apprenant par exemple à ne pas toujours suivre la même idée mais en explorant toutes les possibilités offertes.

Lors des séances de jeu, j'ai pris le parti de laisser les élèves choisir leur adversaire, le seul impératif étant de garder le même adversaire pour les trois séances de jeu. Ce choix a été motivé d'une part par le fait de ne pas « gâcher » le plaisir de jouer en imposant un partenaire éventuellement non souhaité, et d'autre part par les travaux, évoqués en première partie, de C. Sorsana notamment, qui a montré que dans le cadre d'un travail en coopération (même s'il ne s'agit pas ici de coopération mais d'opposition), les dyades « affines », c'est-à-dire celles où les partenaires se sont choisis mutuellement, obtiennent de meilleurs résultats que les dyades « non affines »[1].

Tous les élèves n'ont pas joué au même jeu en même temps ni dans le même ordre du fait des conditions matérielles. En effet, j'ai pu me procurer trois exemplaires de chaque jeu, ce qui permet au maximum à 18 élèves de jouer en même temps (pour une classe de 28 élèves) mais pas au même jeu. En conséquence, j'ai partagé la classe en deux demi-groupes : un demi-groupe étant en situation de jeu avec moi durant 30 minutes, soit 14 élèves, pendant que l'autre moitié de la classe était en autonomie sur un autre travail sans rapport. Ensuite, les deux groupes changeaient. Chaque binôme d'élèves a donc pu essayer les trois jeux pendant des durées équivalentes, mais pas dans le même ordre. Cet ordre pourrait éventuellement avoir un effet sur les performances lors du post-test, mais la condition n'a pas été testée car elle présente à mon sens peu d'intérêt.

Pendant les situations de jeu, je suis passé de binômes en binômes en essayant d'observer au mieux les comportements de chacun, les échanges que les deux élèves pouvaient avoir en jouant, et en leur demandant de verbaliser autant que possible leur(s) manière(s) de jouer, leur(s) stratégie(s). Enfin, je leur ai demandé d'écrire quelques lignes après chaque séance de jeu sur le déroulement des parties (parties équilibrées ou non, nombre de parties gagnées, stratégies mises en place, échanges entre les deux, l'un a-t-il aidé l'autre, etc).

Voyons maintenant les résultats.

[1] SORSANA, Christine. *« Affinités enfantines et co-résolution de la tour de Hanoï ».* - Revue internationale de psychologie sociale.

II – Résultats et interprétations

Pour analyser les résultats, les données ont évidemment été anonymées. Mais avant d'évoquer les résultats, un point m'a posé problème : les erreurs de calcul.

1 – Prise en compte des erreurs de calcul

Par erreur de calcul, j'entends une procédure de résolution correcte, mais une mauvaise réponse finale, due à un calcul mal exécuté ou une erreur de comptage. Voici un exemple pour mieux comprendre avec le premier problème du pré-test.

Sur un parking, il y a des voitures et des camions. Il y a 57 véhicules sur ce parking, dont 39 voitures. Combien y a-t-il de camions ?

Pour résoudre ce problème, un élève a posé la soustraction 57-39, ce qui est une procédure (experte) correcte car le résultat de l'opération, 18, amène la bonne réponse, à savoir le nombre de camions. Mais cet élève a fait une erreur de calcul dans la soustraction et a trouvé 12 camions.

Devant le nombre important d'erreurs de calcul (voir tableau 2 page suivante), je me suis donc demandé si je devais considérer que le problème était résolu si la procédure de résolution mise en œuvre convenait, ou si le problème n'était pas résolu car la réponse finale n'était pas celle attendue, en dépit d'un raisonnement correct. En général, les enseignants distinguent plusieurs cas pour la correction, de même que le font les évaluations nationales[1] :

- la réponse donnée est celle attendue ;
- la réussite à la question est partielle et sans erreur (en général, pour la résolution de problème, la réponse est juste mais il manque l'unité) ;
- la réussite est partielle mais avec erreur (une procédure de résolution qui convient, mais avec une erreur de calcul par exemple) ;
- les autres réponses, autrement dit des réponses fausses ;
- l'absence de réponse.

[1] Ministère de l'Education Nationale. Evaluation Nationale des acquis des élèves en CM2, livret de l'enseignant.

Dans notre cas, puisqu'il s'agit de mesurer une évolution des élèves entre pré- et post-test, corriger de la sorte parait difficile : il apparait plus clair de distinguer uniquement deux cas, problème résolu ou non résolu.

Après réflexion, j'ai donc décidé de considérer un problème comme résolu uniquement si la réponse apportée par l'élève est celle attendue (et qu'elle est justifiée bien sur). Cependant, il faut quand même à mon avis distinguer le cas d'un élève qui a mis en œuvre une procédure de résolution correcte mais avec une erreur de calcul, et un élève qui a mis en œuvre une procédure ne convenant pas. En conséquence, lorsque cela apporte des informations utiles, j'évoquerais également les résultats des élèves en ne tenant pas compte des erreurs de calcul (c'est-à-dire en considérant qu'un problème est résolu si la procédure de résolution convient, sans tenir compte des erreurs de calcul).

	pré-test	post-test	sur les deux tests
Nombre d'élèves ayant fait au moins une erreur de calcul	15	17	23
Nombre d'erreurs de calcul	20	20	40

Tableau 2 – Les erreurs de calcul

Sur ce tableau, on peut voir que sur les 28 élèves de cette classe, 23 ont commis au moins une erreur de calcul à l'un des tests, ce qui représente plus de 80% des élèves. A chacun des tests, 20 erreurs de calcul ont été recensées. Ce nombre étant identique pour les deux tests, on peut déjà remarquer que la prise ou non en compte des erreurs de calcul n'aura pas d'incidence sur l'évolution de la moyenne générale de la classe entre ces deux tests.

Nombre d'erreurs de calcul sur les deux tests	0	1	2	3	4	5	6
Nombre d'élèves	5	12	8	2	0	0	1

Tableaux 3 – Erreurs de calcul et nombre d'élèves

Dans le tableau 3, on peut remarquer que la majorité des élèves ayant fait des erreurs de calcul sur au moins l'un des deux tests n'en a fait qu'une. Au pré-test, sur

les 15 élèves ayant fait des erreurs de calcul, 12 n'en ont fait qu'une ; au post-test, 15 élèves ont fait une seule erreur de calcul sur les 17 qui en ont fait. Aucun élève n'a fait plus de 3 erreurs de calcul par test. Par contre, nous avons le cas d'un élève qui a fait 3 erreurs à chacun des tests, ce qui porte son nombre d'erreurs à 6. (Par ailleurs, l'élève en question souffre d'une surdité partielle et est appareillé. Coïncidence ? Je ne suis pas en mesure de répondre à cette question, mais il m'apparait intéressant de souligner ce point.)

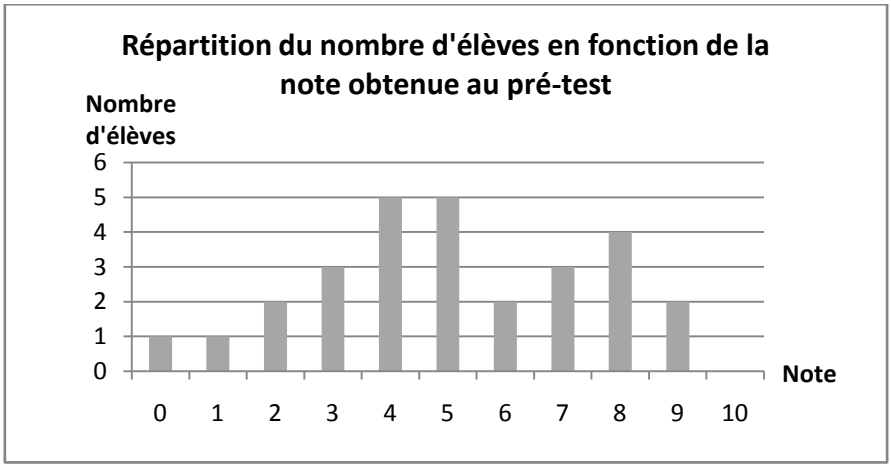
On trouvera en annexe le nombre d'erreurs de calcul commis par chaque élève à chacun des deux tests et au total (annexe E).

2 – Analyse globale et individuelle

Comme expliqué dans juste avant, j'ai noté les pré-tests en ne tenant pas compte des erreurs de calcul : un problème est résolu si la réponse fournie est celle attendue. La note correspond au nombre de problèmes résolus : j'ai compté un point par problème résolu, indépendamment de la difficulté de chaque problème. Elle est donc sur 10 points. Aucun demi-point n'a été accordé pour un problème à moitié résolu. On retrouve les notes des élèves au pré-test dans le tableau suivant et l'histogramme associé (en annexe F, les notes des élèves au pré- et post-test).

Note au pré-test	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre d'élèves	1	1	2	3	5	5	2	3	4	2	0

Tableau 4 – Note des élèves au pré-test

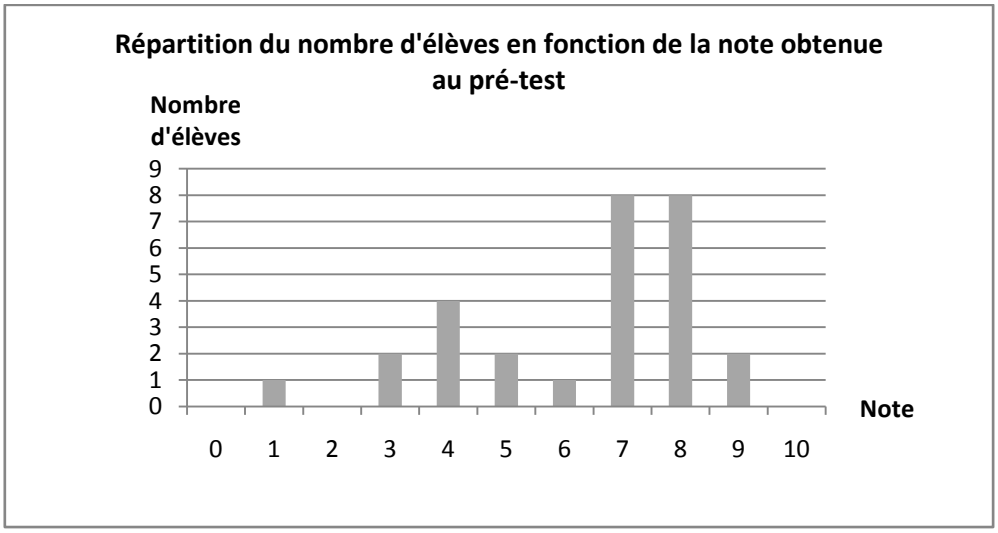


Les notes sont inégalement réparties. La moyenne des notes est légèrement supérieure à la moyenne, elle est de 5,07. La médiane est à 5, et l'écart type de 2,4 points. On peut noter que seul un élève n'a réussi à résoudre aucun problème, et qu'aucun élève n'a réussi à tous les résoudre. En particulier, un problème n'a été résolu par aucun élève (le problème n°6, composition de transformations).

Voici maintenant les résultats du post-test, notés de la même manière que le pré-test.

Note au post-test	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre d'élèves	0	1	0	2	4	2	1	8	8	2	0

Tableau 5 – Note des élèves au post-test



L'histogramme nous montre une amélioration des résultats, avec notamment 8 élèves ayant résolu sept problèmes, et autant en ayant résolu huit. Contrairement au pré-test, tous les élèves ont réussi à résoudre au moins un problème : si on excepte l'élève qui n'en a résolu qu'un seul (il s'agit de l'élève qui n'avait résolu aucun problème au pré-test), tous ont réussi au moins trois problèmes. En revanche, comme au post-test, aucun n'élève n'a résolu les dix problèmes, mais deux élèves ont réussi le problème n°6 de composition de transformations. La moyenne des notes du post-test est de 6,32, elle est supérieure de 1,25 point à la moyenne du pré-test. La médiane est passée de 5 à 7 sur 10, et l'écart type s'est légèrement réduit à 2,1, ce qui signifie un léger resserrement des notes autour de la moyenne générale.

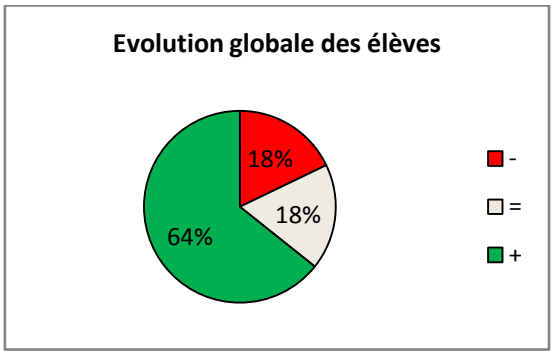
Si l'on est plus indulgent dans la notation et que les erreurs de calcul ne sont pas pénalisées, la moyenne des scores au pré-test est de 5,79. Elle passe à 7,04 au post-test, soit la même évolution (prévisible, puisqu'il y a autant d'erreurs de calcul au pré-test qu'au post-test) de +1,25. La médiane quant à elle passe dans ce cas de 5,5 à 7,5. Enfin, l'écart type se réduit aussi dans ce deuxième cas, il passe de 2,4 à 1,9.

On peut donc déjà supposer une utilité certaine du jeu de stratégie en classe dans le cadre de la résolution de problème, puisque la moyenne générale et la médiane ont augmenté de façon significative. Voyons maintenant ces résultats de manière un peu plus individuelle.

Le tableau suivant et son diagramme circulaire associé présentent l'évolution des notes entre pré-test et post-test, c'est-à-dire le nombre d'élèves qui ont régressé, le nombre d'élèves qui ont stagné, et le nombre d'élèves qui ont progressé.

Evolution	-	=	+
Nombre d'élèves	5	5	18
Pourcentage	18	18	64

Tableau 6 – Evolution globale des élèves entre pré-test et post-test

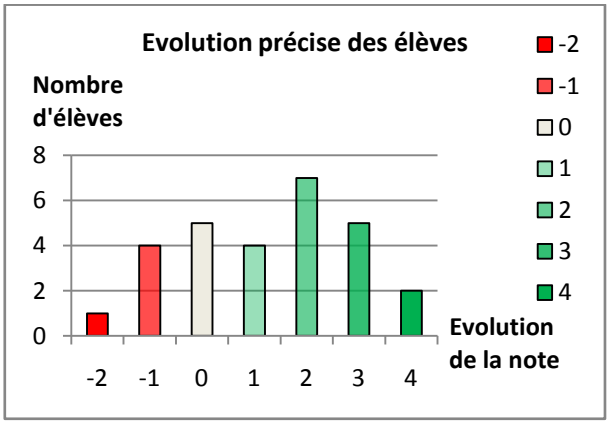


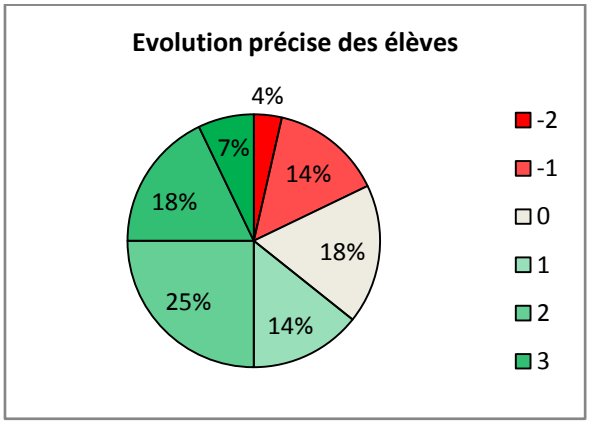
On peut voir ici qu'approximativement les deux tiers des élèves ont obtenu une meilleure note au post-test qu'au pré-test, et que parmi le tiers restant, la moitié a régressé et l'autre moitié a stagné. Si l'on ne pénalise pas les erreurs de calcul, seulement trois élèves au lieu de cinq ont obtenu une note inférieure au post-test soit 11%, 61% (soit un élève de moins) ont obtenu une meilleure note au post-test, et

28% ont stagné. Le tableau suivant présente l'évolution des notes des élèves de manière plus détaillée.

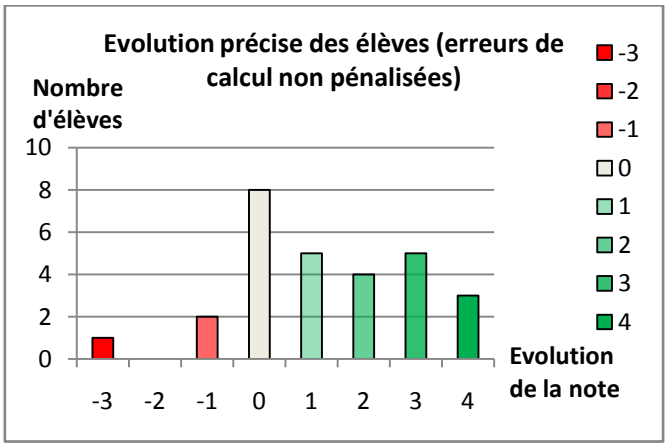
Evolution	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
Nombre d'élèves	1	4	5	4	7	5	2
Pourcentage	4	14	18	14	25	18	7

Tableau 6 – Evolution précise des élèves entre pré-test et post-test





Ces graphiques montrent d'abord l'amplitude de l'évolution des notes des élèves : un élève a perdu 2 points au post-test, alors que deux élèves ont réussi à en gagner 4. La plus grande part des élèves, soit un quart, a gagné 2 points entre pré- et post-test. Ensuite, 18% des élèves ont soit stagné soit gagné 3 points. En ne tenant pas compte des erreurs de calcul, l'évolution des notes s'étend de -3 pour le même élève qui a perdu 2 points si on pénalise les erreurs de calcul, à +4 également. Dans ce cas, les progrès sont répartis de manière plus égale, comme le montre l'histogramme suivant.



Ces analyses montrent ainsi que les trois séances où les élèves ont pu jouer à des jeux de stratégies leur ont permis de progresser dans la résolution de problèmes. Il semblerait donc que les compétences mises en œuvre dans le cadre du jeu de stratégie, c'est-à-dire la sélection d'informations, l'interprétation, et les compétences relatives à la recherche d'une solution, c'est-à-dire la formulation d'hypothèses et leur vérification qui reposent sur l'anticipation, la planification et l'adaptation, ont évolué de manière positive et ont pu être réinvesties dans le cadre de la résolution de problèmes.

3 – Analyse par groupes de niveau

Afin de tester l'hypothèse « plus le niveau d'un élève en résolution de problèmes est faible, plus le jeu peut avoir un impact important et positif sur d'éventuels progrès », nous avons ici partagé l'effectif en trois groupes de niveaux selon les performances lors du pré-test. Ainsi, un élève ayant obtenu une note inférieure à 3 sur 10 (3 compris) est considéré comme ayant un niveau non satisfaisant (groupe C). Un élève dont la note est comprise entre 4 et 6 a un niveau moyen (groupe B). Enfin, un élève ayant résolu au moins 7 problèmes a un niveau considéré comme satisfaisant (groupe A). Le découpage a été fait de la sorte dans le but d'avoir trois groupes relativement homogènes. Ce partage en groupes de niveau permettra d'évaluer de façon plus intéressante l'évolution de chacun des élèves : un élève qui a résolu un problème de plus au post-test qu'au pré-test a fait des progrès, mais ces progrès ne sont pas significatifs pour l'élève qui est passé d'aucun problème résolu au pré-test à un au post-test par exemple. Le tableau 7 donne l'effectif de chaque groupe de niveau aux deux tests. On trouvera en annexe G le groupe de niveau auquel chaque élève appartient et son évolution entre les deux tests.

Groupe de niveau	C	B	A
Effectif au pré test	7	12	9
Effectif au post test	3	7	18

Tableau 7 – Effectif de chacun des groupes de niveau aux deux tests

Ce tableau montre que le nombre d'élèves appartenant aux groupes B et C a diminué de façon significative au post-test, alors que l'effectif du groupe A a doublé : presque les deux tiers des élèves de cette classe ont atteint un niveau satisfaisant au post-test. Si on néglige les erreurs de calcul, les effectifs de chaque groupe sont sensiblement les mêmes avec trivialement moins de membres dans le groupe C : il passe de 4 élèves à 1, le groupe B de 14 à 8 élèves, et le groupe A de 10 à 19. Pour compléter ce tableau, il est nécessaire de voir combien d'élèves ont progressé, combien ont stagné et combien ont régressé (tableau 8).

Evolution	↘	➡	↗
Nombre d'élèves	2	12	14
Pourcentage	7	43	50

Tableau 8 – Changement de groupes de niveau entre pré- et post-test

Dans les tableaux précédents, les flèches indiquent respectivement une régression, une stagnation et une progression. On voit dans le tableau 8 que seulement 2 élèves ont rejoint un groupe de niveau inférieur au post-test, 14 ont rejoint un groupe de niveau supérieur, soit la moitié des élèves, et 12 sont restés dans leur groupe de niveau initial. Les effectifs sans tenir compte des erreurs de calcul sont respectivement de 1, 14 et 13. Ces chiffres sont donc sensiblement les mêmes, mais ils montrent tout de même que dans ce cas-là, seul un élève sur les 28 a régressé. Voyons ces évolutions de manière plus détaillée.

Evolution	↘			➡			↗		
Groupe de niveau pré-test	B	A	A	C	B	A	C	C	B
Groupe de niveau post-test	C	B	C	C	B	A	B	A	A
Nombre d'élèves	1	1	0	2	2	8	4	1	9
Pourcentage	3,6	3,6	0	7,1	7,1	28,6	14,3	3,6	32,1
Total	2 / 7 %			12 / 43 %			14 / 50 %		

Tableau 9 – Changement de groupes de niveau entre pré- et post-test selon le groupe initial

Ce tableau, plus détaillé que le précédent, nous montre qu'aucun élève n'est passé du groupe A au groupe C, les deux régressions sont celles d'élèves ayant perdu un niveau (du groupe B au groupe C et du groupe A au groupe B). Parmi les douze stagnations, on note que huit sont celles d'élèves qui étaient déjà dans le groupe A et qui ne pouvaient donc prétendre à progresser. Enfin, au niveau des progressions, on remarque qu'un élève a réussi à passer du groupe C au groupe A, 4 sont passés du groupe C au groupe B, et 9 du groupe B au groupe A. Si on excuse les erreurs de calcul, le seul élève ayant perdu un niveau est passé du groupe A au groupe B, un seul élève a stagné dans le groupe C, 4 sont restés dans le groupe B, et aucun élève n'est passé du groupe C au groupe A. Les chiffres sont donc encore sensiblement les mêmes.

Groupe de niveau pré-test	C			B			A		
Evolution	➡	↗	↗	↘	➡	↗	↘	↘	➡
Groupe de niveau post-test	C	B	A	C	B	A	C	B	A
Nombre d'élèves	2	4	1	1	2	9	0	1	8
Pourcentage du groupe initial	28,6	57,1	14,3	8,3	16,7	75	0	11,1	88,9
Pourcentage de l'effectif total	7,1	14,3	3,6	3,6	7,1	32,1	0	3,6	28,6

Tableau 10 – Changements à l'intérieur de chaque groupe de niveau

Les principales informations à tirer de ce tableau sont au niveau des progressions : 75% des élèves du groupe B au pré-test ont progressé et sont passés dans le groupe A, ce qui représente 32% des élèves de la classe, alors que 71,4% des élèves du groupe C ont progressé (57,1% vers le groupe B et 14,3% vers le groupe A), ce qui représente 17,9% de l'effectif de la classe. Sans tenir compte des erreurs de calcul, 3 élèves sur les 4 du groupe C ont progressé (soit 75% du groupe C), et 10 sur les 14 du groupe B (soit 71,4% des membres du groupe B). Par rapport à l'effectif total, il y a donc plus d'élèves de niveau moyen qui ont progressé que d'élèves de niveau non satisfaisant, ce qui peut s'expliquer par le nombre plus important d'élèves de niveau moyen que d'élèves de niveau non satisfaisant au pré-

test. Mais dans chacun de ces deux groupes, les tendances, bien que proches l'une de l'autre, s'inversent selon le fait que l'on tienne compte ou non des erreurs de calcul.

En conséquence, nous ne pouvons conclure quant à l'hypothèse d'un lien entre le niveau d'un élève en résolution de problèmes et l'impact du jeu sur l'évolution de son niveau. Si le jeu est très utilisé par les réseaux d'aide pour les élèves ayant des difficultés, il parait donc dans notre cas être tout autant utile pour des élèves d'un niveau moyen.

Ces résultats viennent cependant confirmer que la pratique de jeux de stratégies a permis à un nombre significatif d'élèves de progresser (ici, la moitié des élèves de la classe a rejoint un groupe de niveau supérieur au post-test).

4 – Analyse selon les dyades et les interactions

Comme expliqué précédemment, j'ai décidé de laisser aux élèves le choix de leur adversaire : ils ont donc tous choisi quelqu'un en fonction de leurs affinités, le choix étant réciproque entre les deux élèves. Aucun élève n'a choisi un adversaire en fonction de son niveau supposé parce qu'il pensait pouvoir gagner plus souvent. Le tableau 11 montre la composition des 14 dyades (ou binômes) en fonction des niveaux des deux élèves, niveaux définis de la même manière que dans la partie précédente. On retrouvera en annexe H les scores individuels de chaque élève en fonction de la dyade à laquelle il a appartenu.

Type de dyade	Homogènes						Hétérogènes					
Composition de la dyade	A	A	B	B	C	C	A	B	A	C	B	C
Nombre de dyades	1		2		0		4		3		4	
Total	3						11					

Tableau 11 – Composition des dyades

Les dyades ayant été constituées par les élèves en fonction de leurs affinités, nous ne disposons pas de tous les types de dyades possibles, et elles sont en

nombre inégal. Nous avons donc 3 dyades homogènes, c'est-à-dire des dyades pour lesquelles les deux élèves sont de même niveau (niveau défini par les notes du pré-test), sans aucune dyade avec deux élèves de niveau non satisfaisant, et 11 dyades hétérogènes, donc composées de deux élèves de niveaux différents. Nous évoquerons d'abord les dyades homogènes, puis les dyades hétérogènes.

Les deux élèves composant la dyade A-A, *Mp* et *Er*[1] ont joué des parties de bon niveau et équilibrées, mettant en place les stratégies gagnantes décrites précédemment dans la présentation des jeux pour le Puissance 4 et le Reversi, et trouvant souvent la combinaison de l'autre joueur au Master-Mind. Sans surprise, ces deux élèves sont restés au niveau A au post-test. Si on ne tient pas compte des erreurs de calcul, le niveau de ces deux élèves ne changent ni au pré-test, ni au post-test.

Les deux dyades de niveau B-B ont connu des évolutions différentes. La première, composée de *Ja* et *No*, a vu *Ja* rester au niveau B au post-test, alors que *No* est passé au niveau A (que l'on prenne en compte les erreurs de calcul ou pas). Les parties ont été un peu moins intéressantes que pour la première dyade, notamment à cause de *Ja* qui s'est montré très peu enthousiaste à l'idée de jouer (quel que soit le jeu), en dépit du fait que *No* a essayé plusieurs fois de le motiver. Au final, *No* a souvent gagné les parties jouées, aidé en cela par le peu d'intérêt manifesté par *Ja*, ce qui peut expliquer son absence de progrès, mais qui n'a pas empêché *No* d'obtenir un meilleur score au post-test qu'au pré-test.

Les deux élèves *Cd* et *Ya*, qui composent la seconde dyade homogène B-B, ont également montré peu d'intérêt au fait de jouer. Les parties étaient équilibrées mais d'un faible niveau, les deux élèves jouant souvent au hasard, avec toutefois un peu plus d'entrain sur le Puissance 4 où *Cd* a gagné plus souvent que son adversaire en mettant quelques fois en place des stratégies gagnantes. Au niveau des interactions, il y a eu très peu d'échanges entre ces deux élèves, du moins très peu d'échanges concernant les situations de jeu. Au post-test, *Cd* s'est maintenu dans le groupe B alors que *Ya* a régressé vers le groupe C. L'interprétation faite pour la dyade précédente est valable pour celle-ci également : peu d'intérêt pour les

[1] Nous rappelons ici que les données ont été anonymées : les noms des élèves ont donc été transformés sous la forme de deux lettres.

séances de jeu semble provoquer une absence de progrès en résolution de problèmes, voire une régression. On peut compléter cette interprétation par les performances de ces deux élèves sans pénaliser les erreurs de calcul : tous deux de niveau B au pré-test, *Ya* a stagné dans ce groupe alors que *Cd* a progressé pour atteindre le niveau A. On peut alors dire que malgré le manque d'intérêt, le fait de chercher à gagner en réfléchissant à des stratégies gagnantes a permis à *Cd* de progresser.

Passons maintenant aux dyades hétérogènes. Parmi les 4 dyades de niveau A-B, on peut faire la même analyse pour deux d'entre elles : les dyades *La – Al* et *Lc – Oc*. Ces quatre élèves, selon leurs propres dires, ont été motivés par une activité qui sort de l'ordinaire à l'intérieur de la classe et ont pris du plaisir à jouer. Dans ces deux dyades, les élèves de niveau A (*La* et *Lc*) avaient aussi un meilleur niveau dans les parties jouées que leur adversaire de niveau B (*Al* et *Oc*). Ils ont adopté un rôle de tuteur auprès de l'autre élève en lui donnant des conseils, en l'aidant parfois à jouer, à ne pas perdre, mais aussi de leur point de vue dans le but de faire durer la partie ou de la rendre plus intéressante. Des stratégies gagnantes sont apparues, d'abord chez l'élève de niveau A, puis aussi quelques fois chez leurs adversaires respectifs. Au départ déséquilibrées, les parties se sont ainsi équilibrées au fur et à mesure. Ces quatre élèves se souciaient très peu de qui allait finir vainqueur. Au post-test, les deux élèves de niveau B sont passés au niveau A, les deux autres sont restés au niveau A (que l'on prenne ou non en compte les erreurs de calcul).

Une autre dyade A-B, respectivement *Si* et *Jl*, a connu la même évolution : *Si* est resté dans le groupe de niveau A au post-test, alors que *Jl* a progressé en résolution de problèmes et a rejoint le groupe de niveau A (de même, que l'on tienne compte ou non des erreurs de calcul). Pourtant, dans cette dyade, *Si* n'a pas adopté un rôle de tuteur. Au début de chaque séance, *Si* gagnait plus souvent que *Jl*. A la fin de chaque partie, il lui expliquait comment il avait joué, quelle stratégie il avait mise en place : peu à peu, *Jl* s'est approprié ces stratégies et a parfois réussi à les mettre en place, et il s'est moins souvent fait piéger (pour le Puissance 4 et le Reversi). Au Master-Mind, *Jl* a réussi à trouver le code de *Si* plus fréquemment en fin de séance qu'en début de séance, grâce notamment aux « relectures » à deux de chaque partie (relectures faisant intervenir ce type de remarques : « si j'ai mis une fiche blanche ici,

cela veut dire que la couleur n'est pas à la bonne place, donc le pion ne peut pas être ici. » etc.)

Pour la dernière dyade de niveau A-B, composée de *Jo* et *En*, l'évolution est plus surprenante : *Jo*, A au pré-test, est passé dans le groupe de niveau B, alors que *En*, B au pré-test, a progressé vers le groupe A. Les parties jouées étaient assez équilibrées, avec toutefois un avantage pour *En* quel que soit le jeu. *En* a notamment profité de la naïveté de *Jo* pendant les parties de Puissance 4 et de Reversi, en lui faisant croire explicitement qu'il allait jouer à tel endroit au prochain coup pour faire diversion, et sa technique a souvent fonctionné. Le fait de perdre plus souvent que son adversaire, ainsi que la naïveté dont il a fait preuve, peuvent peut-être expliquer la régression de *Jo*. A l'inverse, on peut supposer que la progression de *En* a un lien direct avec sa ruse et sa débrouillardise. On peut toutefois modérer cette interprétation par le fait que si l'on ne tient pas compte des erreurs de calcul, *En* avait déjà un niveau A au pré-test : il n'a donc pas progressé dans ce cas-là.

Pour ce qui est des 4 dyades de niveau B-C, des progrès ont été constatés chez au moins l'un des deux élèves dans chaque dyade. Pour la première, composée de *Mm* (B) et *Ma* (C), c'est très souvent *Mm* qui a gagné. Sans prendre un rôle de tuteur, ce dernier a souvent cherché à aider *Ma* en lui expliquant comment il avait fait pour gagner, les stratégies mises en place (parfois des stratégies gagnantes), mais seulement en fin de parties en guise de débriefing. De son côté, *Ma* a régulièrement joué au hasard au Puissance 4 ; au Master-Mind, il avait tendance à chercher la position exacte de chaque pion un à la fois, ce qui ne l'a jamais amené à trouver la bonne combinaison ; au Reversi, il a joué presque tous ses coups en fonction du nombre de pions adverses qu'il pouvait retourner (ce qui n'est pas une stratégie gagnante dans la plupart des parties comme expliqué précédemment). Malgré les défaites, il n'a jamais essayé de changer de stratégie. Au post-test, *Mm* a atteint le niveau A, *Ma* est resté au niveau C. On peut expliquer la stagnation de *Ma* par le fait qu'il n'a jamais changé de stratégie, restant sur son idée malgré son inefficacité (puisqu'il perdait), ou se contentant de jouer au hasard. Il n'y a pas eu d'évolution dans sa manière de jouer, pas plus qu'il n'y en a eu en résolution de problème. Le constat est aussi valable si l'on ne tient pas compte des erreurs de calcul.

Pour deux des dyades B-C, celles composées respectivement par *Ow* et *Jt* d'une part, et *Gw* et *Cv* d'autre part, les parties jouées étaient d'un bon niveau. L'élève de niveau B avait tendance à gagner plus de parties que l'élève de niveau C, mais ce dernier se défendait plutôt bien et cherchait lui aussi à piéger son adversaire (y compris au Master-Mind où lors d'une partie, *Jt*, en position de « codificateur », a triché et n'a mis que 3 pions au lieu de 4 dans sa combinaison pour faire perdre *Ow*, ce que ce dernier a bien pris). On note également beaucoup d'échanges relatifs aux parties jouées dans ces deux dyades, les deux élèves faisant souvent des remarques du type « tu ne devrais pas jouer comme cela… » Au post-test, ces 4 élèves ont tous progressé d'un niveau. Sans prendre en compte les erreurs de calcul, *Cv* a un niveau B au lieu de C au pré-test : la dyade *Gw – Cv* est donc une dyade homogène dans ce cas. Au post-test, les progrès de *Gw* restent les mêmes, tandis que *Cv* a stagné au niveau B.

Les deux élèves de la dernière dyade B-C, *In* et *Ag*, ont joué uniquement dans le but de s'amuser, voire de passer le temps, sans accorder aucune importance au nom du vainqueur. Quelques stratégies gagnantes sont apparues de chaque côté, mais le plus souvent involontairement, les deux élèves ayant admis jouer la plupart du temps au hasard. Pour une raison que je ne m'explique pas si ce n'est le plaisir de faire une activité inhabituelle en classe, les deux élèves ont atteint le niveau A au post-test. En ne tenant pas compte des erreurs de calcul, la progression est moins importante car *Ag* part d'un niveau B et nous avons alors à faire à une dyade homogène, mais les deux atteignent tout de même le niveau A.

Il nous reste 3 dyades très hétérogènes : les dyades A-C. Deux d'entre elles, *Ml – Me* et *Th – Lk*, se sont comportées sensiblement de la même manière. Au sein de chacune de ces dyades, l'élève de niveau A avait également un niveau supérieur dans les parties jouées, et a adopté un rôle de tuteur auprès de l'autre élève (de la même manière que pour les deux premières dyades A-B évoquées). Ceci a entrainé des parties de plus en plus équilibrées, les deux élèves de niveau C arrivant peu à peu eux aussi à mettre en place des stratégies gagnantes. Au post-test, les deux élèves de niveau A se sont maintenus à ce niveau, et les deux élèves de niveau C ont progressé pour atteindre le niveau B. Ces résultats ne changent pas si l'on ne pénalise pas les erreurs de calcul.

Dans la dernière dyade de niveau A-C, composée de *Md* et *El*, très peu d'échanges ont eu lieu, les deux élèves se contentant de jouer « sérieusement », c'est-à-dire dans le but de gagner le plus de parties possible. Les parties jouées étaient d'un bon niveau et plutôt équilibrées. Au post-test, aucun de ces deux élèves n'a progressé ou régressé. Si on ne tient pas compte des erreurs de calcul, *El* avait un niveau B au pré-test, qu'il a gardé au post-test (il s'agit de l'élève qui a fait 3 erreurs de calcul à chacun des tests).

En conclusion de cette partie, on peut donc dire que les effets du jeu ont été différents selon les dyades, presqu'indépendamment du niveau de chaque membre des dyades. On peut tout de même remarquer que globalement, le jeu a eu plus d'effets positifs sur la résolution de problèmes dans les dyades hétérogènes que dans les dyades homogènes. Ce constat est à tempérer et à adapter à chaque dyade : plus que le niveau, c'est surtout le comportement des élèves au sein de leur dyade qui semble déterminer d'éventuels progrès. Même s'il s'agissait d'une activité d'opposition et non de coopération, le fait d'aider l'élève supposé plus faible a souvent été profitable à cet élève, mais aussi à l'élève aidant si celui-ci pouvait progresser. Quant aux parties plus équilibrées, la multiplicité des échanges semble également être bénéfique aux deux élèves.

Ceci confirme les résultats obtenus par C. Sorsana évoqués dans la première partie : les élèves ayant coopéré dans le cadre d'une tâche à effectuer par deux obtiennent de meilleurs résultats en réinvestissement. De plus, les progrès effectués par l'élève « aidant » s'accordent avec l'existence d'un « effet tuteur » évoqué par A. Baudrit qui cite Perret-Clermont dans l'article *Interactions sociales et apprentissages scolaires,* c'est-à-dire « le bénéfice personnel qu'un enfant peut tirer d'un enseignement qu'il donne lui-même à ses camarades.[1] »

De plus, le constat effectué par A. Baudrit suite à ses expériences sur l'apprentissage d'une technique de la multiplication à deux, à savoir que « les régressions semblent être dues à non-engagement des participants dans l'activité collective[2] », permet ici d'expliquer les régressions et certaines stagnations constatées : aucun des élèves montrant peu d'intérêt quant aux situations de jeu n'a progressé.

[1] BAUDRIT, Alain. *« Interactions sociales et apprentissages scolaires : étude ethnographique d'une activité mathématique ».* Psychologie et éducation, n°17.
[2] BAUDRIT, Alain. *Apprendre à deux : études psychosociales de situations dyadiques.*

5 – Discussion

Il semblerait donc que le jeu ait permis des progrès chez les élèves. En effet, la moyenne de la classe a augmenté de 1,25 point, la médiane de 2 points, et les notes se sont légèrement resserrées. Cette amélioration des résultats s'est manifestée aussi bien chez les élèves ayant un faible niveau, que chez ceux ayant un niveau moyen. Enfin, l'étude du comportement des élèves au sein de leur dyade pendant les situations de jeu montre qu'un engagement modéré dans l'activité coïncide avec une absence de progrès en résolution de problèmes, voire une régression ; à l'inverse, un engagement réel dans l'activité semble être source de progrès.

Malgré les progrès constatés, ces résultats peuvent être discutés.

D'abord, on peut évoquer la taille de l'échantillon : cette expérimentation a été faite avec seulement 28 élèves. Il peut donc paraitre présomptueux de tirer des conclusions générales sur l'effet du jeu en résolution de problèmes à partir d'un échantillon réduit de 28 élèves.

De plus, en ce qui concerne l'étude de chaque dyade, cette étude aurait été plus complète si l'on avait disposé de tous les types de dyades (homogènes A-A, B-B et C-C, hétérogènes A-B, B-C et A-C) et en nombre égal, ce qui n'a pas été le cas ici.

Enfin, il aurait été intéressant de disposer d'un échantillon témoin, dont les élèves auraient passé les mêmes tests mais sans effectuer les séances de jeu, afin de mesurer l'impact d'un éventuel « effet entrainement », qui pourrait expliquer certains progrès que l'on n'explique pas vraiment dans notre cas (exemple de la dyade *In – Ag* : les élèves avaient pour niveaux respectifs B et C au pré-test, et ont atteint tous les deux le niveau A au post-test, alors que le déroulement des séances de jeu ne permet pas d'interpréter ce qui a permis ces progrès).

Conclusion

La résolution de problèmes numériques est un exercice difficile mettant en jeu plusieurs compétences. Au vu de la place centrale qu'elle occupe dans les programmes de mathématiques de l'école élémentaire et plus particulièrement du cycle 3, j'ai été amené à me demander comment améliorer les performances des élèves dans ce domaine. Je me suis alors intéressé au jeu et plus particulièrement au jeu de stratégie. En effet, la pratique de jeux de stratégies présente des similitudes avec l'activité de résolution de problèmes, notamment au niveau des compétences mises en jeu dans les deux cas.

J'ai donc, dans le cadre de ce travail, testé les performances d'élèves d'une classe de CM2 en résolution de problèmes avant et après des séances de jeu. Il en ressort que le niveau global de la classe a sensiblement augmenté, la très grande majorité des élèves ayant progressé. Pour ce qui est des élèves les plus en difficulté, cette étude n'a pas permis de montrer que le jeu avait un impact plus important sur l'évolution de leurs performances que sur celles d'élèves de niveau moyen. Enfin, l'étude des interactions entre élèves lors des situations de jeu a montré que l'engagement dans l'activité est essentiel aux progrès des élèves, et que de multiples échanges favorisent ces progrès.

Néanmoins, il parait évident que le jeu seul n'est pas une solution miracle : la résolution de problèmes doit faire l'objet d'un apprentissage particulier, dans lequel l'intervention du jeu peut être très intéressante et bénéfique pour les élèves. L'une des difficultés de cette activité de résolution est la compréhension de l'énoncé du problème, qui n'a pas été évoquée dans ce travail. On sait notamment, grâce aux travaux des psychologues P. Wason d'une part, R. Griggs et J. Cox d'autre part, qu'un problème décrivant une situation concrète est mieux résolu qu'un problème décrivant une situation plus abstraite ou moins familière. Ceci a été démontré grâce au problème des quatre cartes de Wason, et à la version plus concrète de ce problème proposée par Griggs et Cox, version gardant une structure logique rigoureusement identique, beaucoup plus souvent résolue que le problème de Wason. Un travail en lien avec l'étude de la langue pourrait alors peut-être lui aussi permettre aux élèves de mieux s'approprier et de mieux comprendre les problèmes proposés, et donc entrainer des progrès chez les élèves en résolution de problèmes...

Bibliographie

Monographies

A.P.M.E.P., Association de Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public. *Jeux 1 : Les jeux et les mathématiques.* Paris : A.P.M.E.P., 1982.

BAUDRIT, Alain. *Apprendre à deux : études psychosociales de situations dyadiques.* Paris : Presses universitaires de France, 1997.

BLOCH, Henriette, DEPRET, Eric, GALLO, Alain, [et al.]. *Dictionnaire fondamental de la psychologie (A-K).* Paris : Larousse, 1997.

CAILLOIS, Roger. *Les jeux et les hommes : le masque et le vertige.* Paris : Gallimard, 1958.

CHAMPY, Philippe, ETEVE, Christiane. *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation.* Paris : Nathan, 1994.

CHARNAY, Roland, COMBIER, Georges, DUSSUC, Marie-Paule, [et al.]. *Cap Maths, CM2 : le guide des activités.* Paris : Hatier, 2004.

CHATEAU, Jean. *L'enfant et le jeu.* Paris : Scarabée, 1985.

De GRANDMONT, Nicole. *Pédagogie du jeu : jouer pour apprendre.* Bruxelles : De Boeck & Larcier S.A., 1997.

GAMO, Sylvie. *Résolution de problèmes – Cycle 3.* Paris : Bordas / VUEF, 2001.

GILLY, Michel, ROUX Jean-Paul, TROGNON Alain. *Apprendre dans l'interaction : analyse des médiations sémiotiques.* Nancy : Presses universitaires de Nancy, 1999. Chapitre 5, Stratégies socio-cognitives dans la résolution de la tour de Hanoï. SORSANA, Christine.

HUIZINGA, Johan (traduit du néerlandais par SERESIA Cécile). *Homo Ludens. Essai sur la fonction sociale du jeu.* Paris : Gallimard, 1951.

I.N.R.P., Institut National de Recherche Pédagogique, équipe ERMEL. *Apprentissages numériques et résolution de problèmes, cycle des approfondissements, CM2.* Paris : Hatier, 2001.

RICHARD, Jean-François. *Les activités mentales, de l'interprétation de l'information à l'action.* Paris : Armand Colin, 2004.

SORSANA, Christine. *Psychologie des interactions sociocognitives.* Paris : Armand Colin, 1999.

VERGNAUD, Gérard. *L'enfant, la mathématique et la réalité.* Berne : Peter Lang, 1981.

YAÏCHE, Alain, MARCANGELLI, Antoine, PENSO, Eric, [et al.]. *Comment enseigner les mathématiques au cycle 3.* Paris : Hachette livre, 2005.

Articles de revues

AYME, Yvana. *« Le jeu en classe : point(s) d'interrogation(s) ».* Les Cahiers Pédagogiques, n°448, décembre 2006.

AYME, Yvana. *« Entretien avec Didier Faradji : Calcul mental et stratégie – Une mine d'émotions et d'énergie intellectuelle ».* Les Cahiers Pédagogiques, n°448, décembre 2006.

FERRERONS, Monique. *« Comprendre le commerce mondial ».* Les Cahiers Pédagogiques, n°448, décembre 2006.

BAUDRIT, Alain. *« Interactions sociales et apprentissages scolaires : étude ethnographique d'une activité mathématique ».* Psychologie & éducation, n°17, juin 1994. Publication de l'AFPS, Association Française des Psychologues Scolaires.

SORSANA, Christine, *« Affinités enfantines et co-résolution de la tour de Hanoï ».* Revue internationale de psychologie sociale, tome 10, n°1, janvier – juin 1997. Grenoble : Presses universitaires de Grenoble, 1997.

Documents officiels

Ministère de l'Education Nationale. Bulletin Officiel n°3 du 19 juin 2008.

Ministère de l'Education Nationale. Bulletin Officiel n°1 Hors série du 14 février 2002.

Ministère de l'Education Nationale. Document d'application des programmes 2002, *Les problèmes pour chercher.*

Ministère de l'Education Nationale. Evaluation nationale des acquis des élèves en CM2, janvier 2011, livret de l'enseignant.

Ministère de l'Education Nationale. Socle commun des connaissances et des compétences.

Ressources numériques

Larousse. *Encyclopédie collaborative et dictionnaires gratuits en ligne* [en ligne]. 2012. [consulté le 2 juin 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.larousse.fr

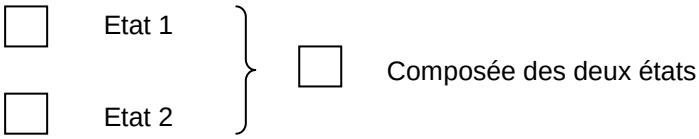
Form@pex, le site de la pédagogie explicite. *Les textes officiels depuis 1968* [en ligne]. Mise à jour le 3 mai 2012. [consulté le 2 juin 2012]. Disponible à l'adresse : http://www.formapex.com/france/550-les-textes-officiels-depuis-1968

Annexes

Annexe A – Classification des problèmes de type additif selon G. Vergnaud

Dans les schémas suivants, □ représente un état, ○ représente une transformation ou une relation positive ou négative, et l'information en majuscule est celle à chercher, celle qui fait l'objet du problème.

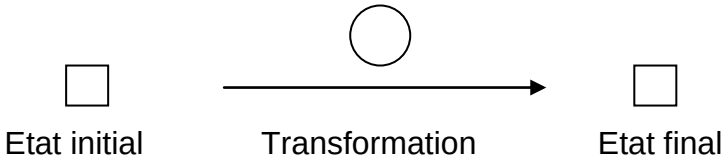
- La composition d'états : deux états se composent pour donner un troisième état.



Exemple *: Dans une classe, il y a 15 filles* (état 1) *et 12 garçons* (état 2). *Il y a en tout 27 élèves dans cette classe* (composée des deux états).

Selon la valeur à chercher dans le problème, on peut distinguer deux types de questions relatives à cette catégorie de problèmes : recherche de l'un des états, ou recherche de la composée des deux états.

- La transformation d'état : une transformation opère sur un état initial pour donner un état final. Le problème consiste à rechercher la valeur de l'état initial (si on connait les valeurs de la transformation et de l'état final), ou la valeur de la transformation qui peut être négative ou positive (si on connait les valeurs des états initial et final), ou encore la valeur de l'état final (si on connait les valeurs de l'état initial et celle de la transformation).

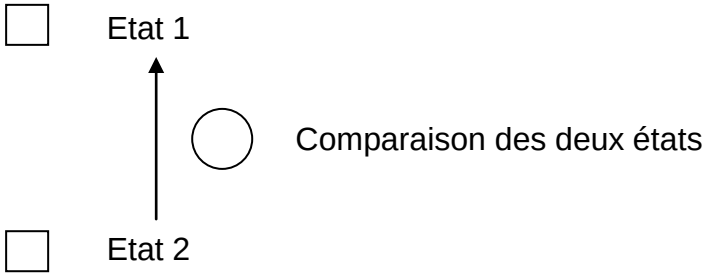


Exemple : *Avant la récréation, Audrey avait 15 billes* (état initial). *Elle en a gagné 6 pendant la récréation* (transformation, positive ici). *Elle en a maintenant 21* (état final).

Selon la valeur manquante que l'on cherche, on peut imaginer six types de questions pour ce problème.

	Recherche de l'état final	Recherche de la transformation	Recherche de l'état initial
Transformation positive	$e_i \xrightarrow{t^+} E_F$	$e_i \xrightarrow{T^+} e_f$	$E_I \xrightarrow{t^+} e_f$
Transformation négative	$e_i \xrightarrow{t^-} E_F$	$e_i \xrightarrow{T^-} e_f$	$E_I \xrightarrow{t^-} e_f$

- La comparaison d'états : on quantifie l'écart entre deux états.

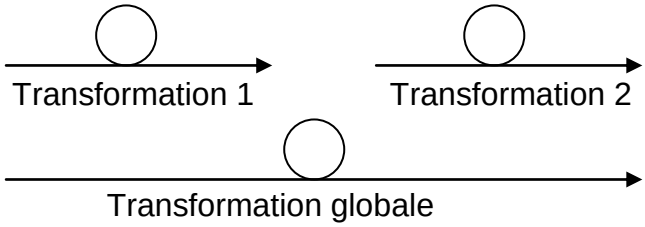


Exemple : *William a 12 billes* (état 1), *Charly en a 19* (état 2). *Charly a 7 billes de plus que William* (comparaison des deux états).

Là encore, six types de questions relatives à cette catégorie de problèmes peuvent être proposés en fonction de l'information cherchée.

	Recherche de l'état 1	Recherche de la comparaison	Recherche de l'état 2
Comparaison positive	$E_1 \xrightarrow{c^+} e_2$	$e_1 \xrightarrow{C^+} e_2$	$e_1 \xrightarrow{c^+} E_2$
Comparaison négative	$E_1 \xrightarrow{c^-} e_2$	$e_1 \xrightarrow{C^-} e_2$	$e_1 \xrightarrow{c^-} E_2$

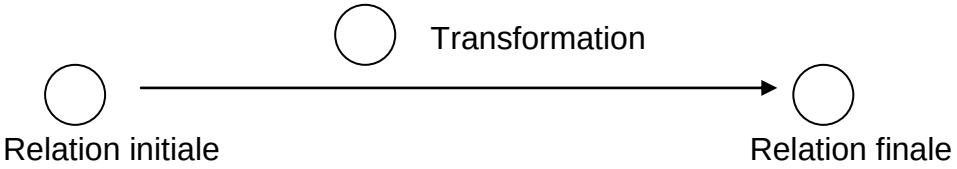
- La composition de transformations : deux transformations se composent pour en donner une troisième. On ne connait pas la valeur des états initial, intermédiaire et final.



Exemple : *Jérôme a perdu 6 billes à la récréation ce matin* (transformation 1). *A la récréation de cet après-midi, il en a gagné 13* (transformation 2). *Sur toute la journée, il en a gagné 7* (transformation globale).

Pour ce type de problèmes, un grand nombre de questions peut être posé. Elles dépendent de ce qui est cherché (transformation globale ou l'une des deux transformations), du signe des transformations (négatives ou positives, de même sens ou de sens contraire), et de la valeur absolue de chaque transformation si elles ne sont pas de même sens.

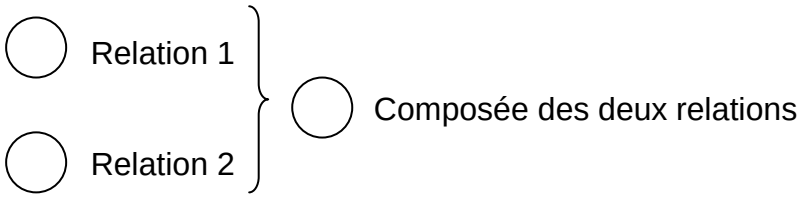
- La transformation d'une relation : une transformation opère sur une relation pour en donner une nouvelle.



Exemple : *Anis doit 17 euros à Jordan* (Relation initiale). *Il lui rend 10 euros* (transformation). *Il lui doit maintenant encore 7 euros* (Relation finale).

Pour cette catégorie de problèmes, la question va porter sur la recherche de la valeur d'une relation connaissant la valeur de l'autre relation et celle de la transformation, ou sur la recherche de la valeur de la transformation connaissant les valeurs des deux relations. Encore une fois, on a une grande variété de questions possibles selon le signe de la transformation, celui des relations qui peuvent être de signes contraires, et selon la valeur absolue des relations si elles sont de signes contraires.

- La composition de relations : deux relations se composent pour donner une nouvelle relation.



Exemple : *Romain doit 14 euros à Xavier, mais Xavier lui en doit 5. Romain doit donc 9 euros à Xavier.*

Le problème portera ici sur la valeur de la composée des relations connaissant les valeurs des deux relations, ou sur la valeur de l'une des relations connaissant et la valeur de l'autre et celle de la composée.

Cette dernière catégorie de problème est selon l'auteur de la classification proche des quatrième et cinquième catégories, la composition de transformations et la transformation d'une relation. Mais selon lui, « la différence entre état et transformation justifie […] qu'on en fasse une catégorie à part.[1] », en particulier parce que les transformations ont lieu dans un ordre temporel, ce qui n'est pas le cas des relations.

[1] VERGNAUD, Gérard. *L'enfant, la mathématique et la réalité.*

Annexe B – Classification des problèmes de type multiplicatif selon G. Vergnaud

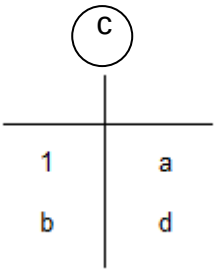
Dans les schémas suivants, □ représente un état, ○ représente une transformation ou une relation positive ou négative, et l'information en majuscule est celle à chercher, celle qui fait l'objet du problème.

- La comparaison multiplicative de grandeurs : cette catégorie ressemble à la comparaison d'état des problèmes additifs. La différence, importante, est qu'on ne va pas quantifier l'écart entre les deux états mais trouver le rapport entre les deux grandeurs.

Exemple : *Julie a six billes* (état 1). *Simon en a 18* (état 2). *Il en a 3 fois plus que Julie* (rapport entre les deux états).

Le problème peut porter sur la recherche du rapport entre les deux états si on connait leurs valeurs, ou sur la recherche de la valeur de l'un des deux états connaissant la valeur de l'autre et la valeur du rapport entre les deux états.

- La proportionnalité simple : il s'agit d'une relation entre deux grandeurs, par exemple entre un nombre d'objets et son prix. Il est possible que ce type de problèmes mette en jeu un coefficient de proportionnalité, mais ce n'est pas forcément le cas. On schématise ce type de problème par un tableau de proportionnalité.



Exemple : *Marjorie achète 4* (= b) *kilogrammes de bananes à 3* (= a) *euros le kilogramme. Elle paie donc 12* (= d) *euros.*

La question du problème peut porter sur la valeur d'une part c'est-à-dire la partition (a), le nombre de parts c'est-à dire la quotition (b), ou la valeur (d) d'un certain nombre de parts (b) connaissant également la valeur d'une part (a). Si on ne connait pas la valeur d'une part (le chiffre 1 n'apparait alors pas dans le tableau), la question peut alors porter sur le coefficient de proportionnalité (c).

- La proportionnalité simple composée : il s'agit ici de deux relations entre des grandeurs. Un schéma n'apporterait pas plus d'informations.

Exemple : *Dans l'immeuble de Nathalie, l'escalier comporte 18 marches entre chaque étage. Elle habite au 3^{e} étage* (elle descend donc 54 marches à chaque fois qu'elle sort de chez elle : relation 1). *Si elle sort 4 fois de chez elle dans la journée, elle descendra 216 marches* (relation 2 entre le nombre de marches qu'elle descend et le nombre de fois où elle les descend).

- La proportionnalité double : catégorie de problèmes difficile à distinguer de la précédente, elle diffère par le fait que l'on recherche une grandeur-produit en partant de deux domaines de grandeurs indépendants.

Exemple : *Dans un hôtel, une chambre coûte 17 euros par personne et par nuit. La famille d'Aurélien, qui comporte 7 membres, passe 5 jours dans cet hôtel. Si chacun prend une chambre, la famille paiera 595 euros.*

Il existe deux cas particuliers à cette catégorie de problèmes.

- Le produit cartésien de deux ensembles.

Exemple : *Philippe possède 5 tee-shirts et 3 pantalons. Il peut ainsi s'habiller de 15 manières différentes.*

- Les configurations rectangulaires.

Exemple : *Une tablette de chocolat comporte 4 carrés dans une dimension et 7 dans l'autre. Il y a donc 28 carrés de chocolat sur cette tablette.*

Annexe C – Pré-test proposé aux élèves

Les élèves avaient la place de répondre sur la feuille.

Des petits problèmes… (1)

Résous les problèmes suivants. Toute réponse doit être justifiée (par un calcul ou un dessin ou toute autre méthode de ton choix).

- Sur un parking, il y a des voitures et des camions. Il y a 57 véhicules sur ce parking, dont 39 voitures. Combien y a-t-il de camions ?

- Un électricien a acheté 90 mètres de câble. Il a payé 270 euros. Combien coûte un mètre de câble ?

- Au jeu de l'oie, Karim lance son dé et recule de 5 cases. Il se retrouve sur la case 28. De quelle case est-il parti ?

- Loïc a 4 tee-shirts et 3 pantalons différents. De combien de manières différentes peut-il s'habiller avec un pantalon et un tee-shirt ?

- Un fermier qui élève des poules emballe les œufs par boîte de 6. Combien de boîtes remplit-il avec 84 œufs ?

- A la récréation de ce matin, Cécile a gagné 15 billes. Elle a rejoué aux billes à la récréation de l'après-midi. Sur toute la journée, elle a perdu 28 billes. Que s'est-il passé l'après-midi ?

- Une ramette de papier coûte 6 euros. Le directeur d'une école en achète 13. Il donne un billet de 100 euros au vendeur. Combien lui rend le vendeur ?

- Un bus part du dépôt. Au premier arrêt, 5 personnes montent. Au second arrêt, 2 personnes descendent, 13 montent. Au troisième arrêt, 11 personnes montent et 8 descendent. Au quatrième arrêt, 9 personnes montent, 12 descendent. Combien y a-t-il de personnes dans le bus avant le cinquième arrêt ?

- Un maraîcher a planté 50 rangées de 8 salades. Combien a-t-il planté de salades ?

- Frédéric a 72 billes et Marie en a 46. Combien Frédéric a-t-il de billes de plus que Marie ?

Annexe D – Post-test proposé aux élèves

Comme au pré-test, les élèves avaient la place de répondre sur la feuille.

Des petits problèmes… (2)

Résous les problèmes suivants. Toute réponse doit être justifiée (par un calcul ou un dessin ou toute autre méthode de ton choix).

- Dans un pot bouquet, il y a des roses et des tulipes. Il y a 43 fleurs dans ce bouquet, dont 27 roses. Combien y a-t-il de tulipes ?

- Un jardinier a acheté 19 sacs de graines. Il a dépensé 76 euros. Combien coûte un sac de graines ?

- A la récréation, Romain a perdu 7 billes. Il en a maintenant 18. Combien de billes avait-il avant la récréation ?

- Un restaurant propose 5 plats et 3 desserts différents. Sans manger d'entrée, combien de menus différents je peux composer ?

- Dans une bibliothèque, on peut mettre 8 livres par étagères. Combien faut-il d'étagères pour ranger les 96 nouveaux livres que la bibliothèque vient d'acheter ?

- Dans une bibliothèque, 17 livres ont été rendus le matin. A la fin de journée, il a 43 livres de moins dans la bibliothèque. Que s'est-il passé l'après-midi ?

- Un CD coûte 15 euros. Un amateur de musique en achète 6. Il donne un billet de 100 euros au vendeur. Combien lui rend le vendeur ?

- Un train part de la gare de Bordeaux avec 13 passagers à son bord. A la gare d'Angoulême, 2 personnes descendent et 15 montent. Arrivé à Poitiers, 8 personnes

descendent, 6 montent. A Tours, 19 personnes montent à bord du train, 7 en descendent. A l'avant dernière gare, celle d'Orléans, 11 personnes descendent du train, alors que 18 y montent. Combien de personnes descendront à la gare de Paris-Austerlitz, terminus de la ligne ?

- Un jardinier a planté 30 rangées de 8 jonquilles. Combien a-t-il planté de jonquilles ?

- Paul a 68 ans et Jérôme en a 39. De combien d'année Paul est-il plus vieux que Jérôme ?

Annexe E – Nombre d'erreurs de calcul commises par chaque élève

Elève	Nombre d'erreurs de calcul au pré-test	Nombre d'erreurs de calcul au post-test	Nombre total d'erreurs de calcul
La	0	0	0
Jl	0	0	0
Ma	0	1	1
Jo	1	0	1
En	3	0	3
Gw	0	0	0
Ml	0	1	1
Ya	1	2	3
Si	1	0	1
Th	1	1	2
Al	1	1	2
Mp	1	1	2
Cd	0	1	1
Er	1	1	2
Ja	0	1	1
No	1	1	2
Oc	1	1	2
Ag	2	0	2
Lk	0	1	1
In	1	1	2
Me	0	1	1
Cv	1	0	1
Jt	1	0	1
El	3	3	6
Ow	0	0	0
Lc	0	1	1
Mm	0	1	1
Md	0	0	0
Total	20	20	40
Moyenne	0,7	0,7	1,4

Annexe F – Notes des élèves au pré-test et au post-test, avec et sans prise en compte des erreurs de calcul

Erreurs de calcul pénalisées

Elève	Note pré-test	Note post-test	Evolution
La	9	9	0
Jl	6	8	+2
Ma	0	1	+1
Jo	7	5	-2
En	5	7	+2
Gw	6	7	+1
Ml	8	7	-1
Ya	4	3	-1
Si	7	9	+2
Th	8	7	-1
Al	5	8	+3
Mp	7	8	+1
Cd	4	6	+2
Er	8	8	0
Ja	5	5	0
No	4	7	+3
Oc	4	8	+4
Ag	3	7	+4
Lk	2	4	+2
In	4	7	+3
Me	1	4	+3
Cv	3	4	+1
Jt	2	4	+2
El	3	3	0
Ow	5	7	+2
Lc	9	8	-1
Mm	5	8	+3
Md	8	8	0
Moyenne	5,07	6,32	+1,25
Médiane	5	7	+2

Erreurs de calcul non pénalisées

Elève	Note pré-test	Note post-test	Evolution
La	9	9	0
Jl	6	8	+2
Ma	0	2	+2
Jo	8	5	-3
En	8	7	-1
Gw	6	7	+1
Ml	8	8	0
Ya	5	5	0
Si	8	9	+1
Th	9	8	-1
Al	6	9	+3
Mp	8	9	+1
Cd	4	7	+3
Er	9	9	0
Ja	5	6	+1
No	5	8	+3
Oc	5	9	+4
Ag	5	7	+2
Lk	2	5	+3
In	5	8	+3
Me	1	5	+4
Cv	4	4	0
Jt	3	4	+1
El	6	6	0
Ow	5	7	+2
Lc	9	9	0
Mm	5	9	+4
Md	8	8	0
Moyenne	5,79	7,04	+1,25
Médiane	5,5	7,5	+2

Annexe G – Niveau de chaque élève et évolution entre les deux tests

Erreurs de calcul pénalisées

Elève	Note pré-test	Note post-test	Evolution
La	9	9	→
Jl	6	8	↗
Ma	0	1	→
Jo	7	5	↘
En	5	7	↗
Gw	6	7	↗
Ml	8	7	→
Ya	4	3	↘
Si	7	9	→
Th	8	7	→
Al	5	8	↗
Mp	7	8	→
Cd	4	6	→
Er	8	8	→
Ja	5	5	→
No	4	7	↗
Oc	4	8	↗
Ag	3	7	↗
Lk	2	4	↗
In	4	7	↗
Me	1	4	↗
Cv	3	4	↗
Jt	2	4	↗
El	3	3	→
Ow	5	7	↗
Lc	9	8	→
Mm	5	8	↗
Md	8	8	→

Erreurs de calcul non pénalisées

Elève	Note pré-test	Note post-test	Evolution
La	9	9	→
Jl	6	8	↗
Ma	0	2	→
Jo	8	5	↘
En	8	7	→
Gw	6	7	↗
Ml	8	8	→
Ya	5	5	→
Si	8	9	→
Th	9	8	→
Al	6	9	↗
Mp	8	9	→
Cd	4	7	↗
Er	9	9	→
Ja	5	6	→
No	5	8	↗
Oc	5	9	↗
Ag	5	7	↗
Lk	2	5	↗
In	5	8	↗
Me	1	5	↗
Cv	4	4	→
Jt	3	4	↗
El	6	6	→
Ow	5	7	↗
Lc	9	9	→
Mm	5	9	↗
Md	8	8	→

Annexe H – Notes des élèves en fonction de la dyade à laquelle ils ont appartenus

Erreurs de calcul non pénalisées

Type de dyade	Niveau de la dyade au pré-test	Elèves	Note au pré-test	Note au post-test
Homogène	A	Mp	7	8
	A	Er	8	8
	B	Ja	5	5
	B	No	4	7
	B	Cd	4	6
	B	Ya	4	3
Hétérogène	A	La	9	9
	B	Al	5	8
	A	Lc	9	8
	B	Oc	4	8
	A	Si	7	9
	B	Jl	6	8
	A	Jo	7	5
	B	En	5	7
	B	Mm	5	8
	C	Ma	0	1
	B	Ow	5	7
	C	Jt	2	4
	B	Gw	6	7
	C	Cv	3	4
	B	Ag	3	7
	C	In	4	7
	A	Ml	8	7
	C	Me	1	4
	A	Th	8	7
	C	Lk	2	4
	A	Md	8	8
	C	El	3	3

Marc TIBURCE

Le jeu en classe peut-il aider à la résolution de problèmes mathématiques ?

Résumé :

La résolution de problèmes est au centre des programmes de mathématiques de l'école élémentaire, et plus particulièrement ceux du cycle des approfondissements : il s'agit donc d'un enjeu important de l'enseignement des mathématiques.

Dans ce travail de recherche, nous nous sommes intéressés au jeu, en se demandant si la pratique de jeux de stratégie en classe pouvait permettre des progrès chez les élèves en résolution de problèmes.

Après des apports théoriques sur le jeu et son utilisation en classe d'une part, et sur la résolution de problèmes dans le cadre scolaire d'autre part, ce mémoire rend compte des expérimentations faites dans une classe de CM2. Entre deux séances de résolution de problèmes numériques, les élèves de cette classe ont été invités à jouer à trois jeux de stratégies que l'on trouve dans le commerce : Puissance 4, Reversi et Master-Mind.

L'analyse des résultats a permis de montrer que le jeu avait eu un effet positif sur les performances des élèves en résolution de problèmes, les résultats après les séances de jeu étant supérieurs à ceux d'avant les séances de jeu.

Mots clés : problèmes numériques, résolution, jeu, stratégie.

Can game in class help resolving mathematical problems ?

Sumary

Resolving problems is the principal activity in mathematics programs of elementary school, especially for the last classes : so it is an important issue of the teaching of mathematics.

In this research work, we took an interest in the game, wondering if playing strategy games in class could enable pupils to progress in resolving problems.

After theoretical contributions about game and its use in class firstly, and about resolving problems in school secondly, this work reports experiments done in a 5^{th} grade class. Between two sessions of resolving problems, pupils of this class were invited to play three strategy games we can find in commerce : Connect 4, Reversi and Master-Mind.

The analysis of the results demonstrated that game had positive effects on pupils' performance in resolving problems, because results after game sessions were better than results before game sessions.

Keywords : numerical problems, resolving, game, strategy.