



HAL
open science

Le problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages des notions mathématiques

Gabriel Simi

► **To cite this version:**

Gabriel Simi. Le problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages des notions mathématiques. Education. 2018. dumas-02112209

HAL Id: dumas-02112209

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02112209>

Submitted on 22 Sep 2020

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

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

Année universitaire 2017-2018

Diplôme Universitaire

Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Second degré

Parcours : Mathématiques - DU

Le problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages des notions mathématiques

Présenté par Gabriel SIMI

Première partie rédigée en collaboration avec Simon CARRIERE

Écrit scientifique réflexif encadré par Hervé GAUSSIÉ

1. Introduction

Depuis plusieurs années, des programmes internationaux - comme par exemple le programme PISA en 2006 (*Program for International Student Assessment*) - ont pointé l'apparente faiblesse des élèves français dans les domaines scientifiques. La discipline des mathématiques apparaîtrait particulièrement impactée, avec des élèves français rapidement mis en difficulté lors de la remobilisation d'acquis en dehors du contexte d'apprentissage, par exemple pour résoudre un problème en lien avec une situation de la vie courante. Face à ces résultats très mitigés, les méthodes d'apprentissage ont changé, avec la mise en place depuis 2007 d'un socle commun de connaissances et de compétences et d'une évaluation par compétences. Une grille de référence permet alors de vérifier les acquis attendus à l'issue de chaque classe. Cette notion de compétences est toujours au cœur du nouveau socle commun de compétences et de culture mis en place depuis 2016, et dont les grilles de références peuvent être trouvées sur le site Eduscol. La notion de compétence a ainsi pris aujourd'hui une place importante dans de nombreux référentiels européens de formation.

La difficulté des élèves français à remobiliser des acquis en dehors de contextes guidés d'apprentissage a été mentionnée précédemment. Pour pallier cette difficulté, le socle commun de compétences et de cultures ainsi que les programmes en mathématiques mettent en avant l'utilisation de problèmes dans l'enseignement, en particulier les problèmes ouverts. L'objectif est ainsi de permettre aux élèves de développer leur esprit d'initiative et de recherche et leur capacité de remobilisation et de contextualisation de compétences acquises.

Suite au constat des difficultés rencontrées par les élèves dans le domaine des mathématiques, nous nous sommes intéressés à l'utilisation du problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages. Plus particulièrement, nous avons étudié l'influence du problème ouvert utilisé à la fois en début de séquence, pour introduire une notion, et en fin de séquence pour évaluer l'efficacité des apprentissages. Utilisé en début de séquence, le problème ouvert avait pour objectif de provoquer un questionnement chez l'élève en lui faisant se rendre compte qu'une notion lui manquait pour résoudre des situations mathématiques. Le professeur tentait alors de capitaliser sur ce questionnement de l'élève pour fournir un apprentissage plus en rapport avec ses attentes. La difficulté d'évaluation de l'efficacité de ce type d'apprentissage est rapidement apparue, et il a fallu trouver des moyens d'évaluation venant à la fois du professeur et des élèves pour analyser les différents points de vue.

Pour réaliser cette étude du problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages, un premier travail de recherche bibliographique a été effectué afin de définir clairement le principe du problème ouvert et des différents types de motivation. Différentes expérimentations ont ensuite été réalisées puis analysées pour évaluer leur efficacité. Enfin, un retour réflexif a été effectué pour conclure le travail de ce mémoire.

2. Etude bibliographique

2.1. Problème ouvert : définition, objectifs et utilisation en mathématiques

En didactique des mathématiques, le terme de problème ouvert « renvoie à un problème de recherche par les élèves qui ne les engage pas à une méthode spécifique de solution. Ce n'est pas un problème de routine quotidienne de la classe. C'est plutôt un problème inhabituel pour lequel l'élève ne dispose d'aucune procédure de résolution éprouvée » (*Kosyvas, 2010*). En psychologie cognitive, les problèmes peuvent être classés selon deux grandes catégories : bien définis, ou mal définis. Les problèmes ouverts ou mal définis sont alors caractérisés par des questions ou des données qui ne sont

pas claires ou insuffisantes (*Silver, 1995*). La notion particulière du problème ouvert peut ainsi être expliquée de la manière suivante : dans les problèmes ouverts, la question est formulée avec clarté seulement du point de vue grammatical-rédactionnel. Cependant, il existe au niveau sémantique une ambiguïté (*Kosyvas, 2010*). Cette ambiguïté ne signifie pas que le problème est vague, mais qu'il peut exister plusieurs méthodes d'approche pour résoudre le problème, et même plusieurs solutions.

Dans le domaine des mathématiques, le problème ouvert peut être utilisé à deux fins distinctes : comme moyen d'apprentissage, et comme moyen d'approfondissement de compétences. Dans le premier cas, le problème joue le rôle de mobile à l'apprentissage : la situation problème dans laquelle est placée l'élève développe son activité et sa motivation (*Champagnol, 1974*). Engagé et impliqué dans la résolution du problème, l'élève est alors supposé être un demandeur actif de connaissances. Cette méthode d'apprentissage permet d'éviter l'attitude passive de l'élève lors de méthodes plus traditionnelles d'apprentissage. Dans le cas de l'utilisation du problème comme moyen d'approfondissement de compétences, l'accent est mis sur la capacité de l'élève à mettre en place une démarche scientifique et réflexive permettant de décomposer le problème en sous-problèmes. Pour cela, la partie rédactionnelle du problème pourra par exemple être volontairement allongée afin de développer l'aptitude des élèves à identifier les informations importantes de l'énoncé. Le problème pourra par ailleurs faire appel à des compétences vues dans une séquence plus tôt dans l'année, afin de demander à l'élève un travail important de remobilisation.

2.2. L'utilisation du problème ouvert par les élèves et par les enseignants

Quel que soit le type de problème ouvert proposé à une classe (problème en situation d'apprentissage ou d'approfondissement), le travail de l'enseignant ne peut pas se limiter à la présentation adéquate du problème et à l'évaluation du travail des élèves une fois la séance terminée. Pour assurer la réussite du problème ouvert (i.e., le bon apprentissage des concepts par les élèves), l'enseignant doit prévoir des moments d'intervention. Ces types d'intervention sont appelées « régulations interactives », elles se réalisent « à chaud » pendant que les élèves sont en activité (*Demonty et al., 2014a*). La mise en œuvre de telles régulations interactives nécessite que l'enseignant décide en cours d'activité du type d'intervention à privilégier. Ces dernières doivent être choisies de façon adéquate pour ne pas déconstruire les processus de résolution mis en œuvre par les élèves au stade de leur réflexion.

Comme décrit par *Demonty et al., (2014a)*, l'utilisation adéquate de régulations interactives par le professeur relève « de la connaissance pédagogique du contenu : il s'agit de connaissances qui envisagent la manière dont les matières s'articulent en vue de s'adapter aux divers intérêts et habilités des élèves. Il semblerait cependant qu'une telle connaissance fasse défaut à une proportion importante de professeurs, empêchant de ce fait le développement des compétences attendues chez les élèves. Face à cet état de fait, des auteurs tels que *Demonty et al., (2014a et b)* et *Fagnant et al., (2014)* ont étudié différentes situations d'utilisation du problème ouvert dans des classes et ont proposé des pistes d'amélioration de l'utilisation de la régulation interactive. Nous listons ici les principales, que nous tâcherons de mettre en place lors de notre propre travail d'expérimentation.

- Une des premières remarques apportées par *Demonty et al., (2014a)* souligne l'importance du travail en groupe pour la réalisation de problèmes ouverts. Il apparaît ainsi que la mise en commun par groupe de quelques élèves après un premier temps personnel de réflexion permet de favoriser les démarches autorégulatrices.
- L'observation simultanée des interactions dans les différents groupes d'élèves, tant chez ceux qui réussissent que ceux qui échouent, permet de révéler les démarches des élèves et de mettre le

doigt sur les difficultés qu'ils rencontrent (*Demonty et al., 2014a*). Cette étape d'observation est indispensable avant de tenter d'offrir des « indices » au groupe d'élèves pour les aider à la résolution du problème.

- Bien que favorisant les démarches autorégulatrices, le travail en groupe ne permet parfois pas d'améliorer l'apprentissage des différents concepts du fait d'un manque de structuration du groupe (certains élèves du groupe réalisant plus que les autres, sans leur expliquer leur raisonnement). Une solution consisterait alors à répartir des rôles au sein du groupe ou en donnant à un élève la responsabilité d'un indice (*Demonty et al., 2014a*).
- *Demonty & Fagnant., 2014b ; Fagnant et al., (2014)* ont également pu observer que les interventions du professeur anticipent parfois certaines difficultés rencontrées par les élèves face aux sous-problèmes à résoudre. Ces démarches – plus ou moins directives - ont pour conséquence « d'empêcher que certaines erreurs potentielles ne soient érigées en objet de discussion ». Ces erreurs ou difficultés rencontrées par les élèves sont pourtant indispensables dans leur processus d'apprentissage afin de leur permettre des résolutions plus efficaces des problèmes proposés. Ces constatations soulignent l'importance du moment choisi par le professeur pour apporter des indices afin de ne pas court-circuiter les processus de résolution des élèves. Le professeur doit proposer aux élèves un guidage le plus ouvert possible qui s'appuie sur une confrontation des démarches des élèves lors de phases d'observation par le professeur.

Ayant analysé la notion de problème ouvert ainsi que les difficultés rencontrées par le professeur pour permettre l'acquisition par les élèves des compétences attendues, nous allons nous intéresser aux apports du problème ouvert dans la motivation et l'esprit d'initiative des élèves.

2.3. L'apport de la motivation dans l'apprentissage

La motivation de l'élève est un élément crucial lors de l'apprentissage des notions mathématiques, et ce à plusieurs niveaux.

Il existe plusieurs formes de motivation (*Sarrazin & Trouilloud, 2006*):

- La motivation intrinsèque, quand l'élève réalise une action pour la satisfaction qu'elle lui procure en elle-même et non pour les éventuelles conséquences qui en découlent. La motivation intrinsèque peut être déclenchée en éveillant un sentiment de curiosité ou de défi via la tâche proposée.
- La motivation extrinsèque apparaît quant à elle lorsque l'action est réalisée dans le but d'atteindre un certain résultat. Cela peut être obtenir une récompense ou une bonne note, ou par peur d'une punition en cas de mauvaise note. L'apprentissage ici n'est pas le but en soi mais seulement un moyen pour obtenir ce que l'élève désire. On parle aussi de motivation « instrumentale ». Cette forme de motivation peut donner à l'élève un sentiment de frustration et de contrainte.

La motivation extrinsèque n'est cependant pas nécessairement néfaste à l'apprentissage. Un élève qui travaille dur pour intégrer une bonne école est sous l'influence d'une motivation extrinsèque, mais c'est bien par choix qu'il s'engage. Cette distinction a été étudiée dans les études de *Deci & Ryan (2004)* sur la théorie de l'autodétermination.

Un élève est en situation d'autodétermination quand l'activité est réalisée de manière spontanée, par un choix libre. A l'inverse, la motivation est non autodéterminée lorsque la réalisation de l'activité répond à une pression externe (pression des parents, contraintes matérielles, sociales...) ou interne (sentiment de culpabilité ou de honte par exemple). Dans ce cas, l'implication de l'élève cesse dès l'instant où la pression diminue.

Dans ce modèle, la motivation intrinsèque représente le plus haut niveau de motivation autodéterminée. A l'opposée, l'a-motivation, le sentiment de résignation et de ne plus percevoir le lien entre leurs actions et leurs résultats est le plus haut niveau de non autodétermination.

Des études (*Barbeau 1993, Deci & Ryan, 2004*) tendent à indiquer qu'un haut niveau d'autodétermination entraîne des conséquences éducatives positives en classe (meilleure ambiance de classe, meilleures performances, plaisir au travail, etc...). A l'inverse, un faible niveau d'autodétermination entraîne des conséquences éducatives négatives (abandon, faible implication, faibles performances, etc...).

Dès lors, il s'agit de déterminer les facteurs permettant d'obtenir cette forme de motivation en classe.

La motivation d'un élève peut être évaluée selon trois grands critères (*Barbeau, 1993*): son engagement cognitif, sa participation et sa persistance.

L'engagement cognitif se définit comme la qualité et le niveau d'effort fourni par l'élève pour résoudre le problème proposé. Un tel élève cherche à trouver des façons de contrer les difficultés rencontrées et de réussir. Il est conscient qu'il est, en grande partie, responsable de son rendement et va chercher à mettre en place plusieurs stratégies autorégulatrices : stratégies métacognitives, stratégies cognitives, stratégies affectives et stratégies de gestion.

- Les stratégies métacognitives sont celles utilisées pour évaluer sa façon de penser, d'apprendre et de fonctionner. Un élève qui utilise de manière efficace de telles stratégies va chercher à identifier précisément les objectifs à atteindre, il va évaluer l'état de ses connaissances pour savoir si ces objectifs sont réalisables ou non, et dans ce dernier cas, va chercher l'information nécessaire pour progresser. Il est persistant dans sa tâche et n'abandonne pas au premier obstacle. Il comprend que l'erreur fait partie de l'apprentissage et sait utiliser ses erreurs et celles des autres.
- Les stratégies cognitives sont celles utilisées pour faciliter le processus d'apprentissage et ainsi favoriser l'acquisition des nouvelles connaissances. Les stratégies de répétition, de généralisation ou d'automatisation d'une procédure en font partie et sont le signe d'une stratégie cognitive efficace mise en place par l'élève.
- Les stratégies affectives sont des stratégies autorégulatrices que l'élève met en place pour créer un climat psychologique favorable pour l'apprentissage qui permet de maintenir sa concentration et se concentrer sur les aspects importants de la tâche à accomplir. Cela se

manifeste en particulier par les comportements suivants : se parler à soi-même, se récompenser lorsqu'un palier est atteint dans la réalisation de la tâche en cours, et maintenir un sentiment de contrôle tout au long du travail.

- Enfin, les stratégies de gestion portent sur l'organisation et la gestion de l'environnement de travail. Ce sont des techniques qui permettent de gérer les conditions de travail (lieu propice, horaire, etc.) et les ressources disponibles. Ces stratégies sont fortement influencées par la perception par l'élève de la tâche à accomplir, selon l'importance qu'il accorde à sa réalisation.

La participation et la persistance sont fortement liées à l'engagement cognitif de l'élève. Un élève qui participe fera preuve d'une plus grande écoute en classe et n'hésitera pas à poser des questions pour approfondir sa compréhension des notions. Un tel élève fera souvent preuve d'initiative et d'ouverture d'esprit pour essayer de progresser. Ce facteur est déterminant pour le succès scolaire. Pour réussir, l'élève doit avoir décidé de s'investir dans le processus d'apprentissage. La persistance dans la tâche scolaire se mesure quant à elle sur la durée. Un élève qui n'abandonne pas devant la première difficulté et qui consacre le temps nécessaire pour réaliser de manière adéquate ses travaux fait preuve de persistance, qui est une bonne manifestation de motivation.

Maintenant que l'apport de la motivation dans l'apprentissage a été discuté et que les moyens d'évaluation de cette motivation, nous allons nous intéresser à l'utilité éventuelle du problème ouvert comme moyen de motivation des élèves.

2.4. Le problème ouvert, un moyen de motivation pour l'apprentissage des élèves ?

Les travaux de *Ryan et Deci (2004)* ont identifié trois besoins qui sont à la base de la motivation dans le domaine scolaire.

- Le besoin de compétences. L'élève doit avoir le sentiment de contrôler les éléments nécessaires à sa réussite, et d'utiliser ses connaissances avec efficacité. Une aide peut être nécessaire, mais il est important que l'élève se sente capable de réaliser la tâche qu'on lui propose. S'il se sent dépassé par le problème, il y a de fortes chances qu'il ne se lance pas spontanément dans sa résolution.
- Le besoin d'autonomie. Un élève qui effectue ses propres choix, qui est maître de ses décisions sans subir de pression externe, aura tendance à faire preuve d'une motivation beaucoup plus autodéterminée que s'il se contente de suivre une démarche ou une méthode imposée.
- Le besoin de proximité sociale. L'élève, en particulier durant l'adolescence, a besoin de sentir son travail valorisé par une personne significative pour lui. Cela peut être un camarade de classe ou l'enseignant lui-même si la relation avec l'élève le permet. Inversement, un élève qui

ne prête pas ou peu de valeur pour le jugement de l'enseignant se lancera beaucoup moins spontanément dans les tâches que celui-ci lui propose.

Le problème ouvert semble alors remplir en grande partie les différents besoins cités ci-dessus. En effet, celui-ci consiste en une activité de recherche menée par les élèves, et la liberté offerte permet d'ancrer le problème dans un contexte plus réel, plus « crédible » aux yeux des élèves. La résolution du problème permet alors aux élèves d'utiliser les compétences qu'ils ont acquises dans un cadre qui leur semble plus significatif, et qui donne donc de la valeur au résultat. La valeur de leur travail est d'autant plus renforcée par le défi que constitue le problème ouvert, par opposition à un exercice trop directif.

L'absence de directives claires sur la marche à suivre va également permettre à l'élève de prendre des initiatives, de proposer une méthode de résolution (peut être différente de celle d'un autre élève) qu'il aura choisie. Cela permet à l'élève de se responsabiliser et de favoriser son implication dans la tâche.

Enfin, proposer de réaliser un problème ouvert en groupe permet de favoriser les interactions et la collaboration entre les élèves. Les groupes peuvent être réalisés par niveau, ou par affinité, l'objectif étant que les élèves ressentent du plaisir à travailler ensemble et ne se sentent pas seuls ou démunis face à la tâche qui leur est proposée.

En plus de ces différents aspects, l'absence de note, de pression compétitive et de directives autoritaires permettent de se débarrasser de nombreux facteurs de motivation extrinsèque classique du secondaire, qui sont autant de facteurs ressentis par les élèves comme contrôlant leur comportement, et donc diminuant la part de motivation intrinsèque.

2.5. Problématique

Dans un contexte difficile où les élèves français semblent en perte de vitesse dans les domaines scientifiques, en particulier en mathématiques, redonner aux élèves le goût de l'apprentissage et surtout le sens des concepts enseignés semble être une priorité. Dans cette optique, l'utilisation du problème ouvert paraît être un vecteur propice au développement de la motivation des élèves. L'ancrage des notions mathématiques dans une problématique « réelle », l'absence de consignes trop directives permettant la prise d'initiative, et le travail de groupe facilitant les interactions entre élèves sont tout autant de caractéristiques du problème ouvert qui peuvent faire naître en l'élève ces sentiments de curiosité et de défi si nécessaires au développement de la motivation intrinsèque.

Dans la suite de ce mémoire, nous proposons d'étudier l'apport du problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages des notions mathématiques. Plusieurs expérimentations ont été réalisées sur des classes de collège (deux classes de Quatrième) et de lycée (deux classes de Seconde) afin d'étudier l'influence du problème ouvert à deux stades distincts du processus d'apprentissage des élèves : au début, et à la fin d'une séquence.

Pour chacune des classes étudiées, un premier problème ouvert, court, a été proposé en début de séquence de cours. Ce premier problème ouvert sert à introduire une nouvelle notion mathématique inconnue des élèves, l'objectif étant de laisser les groupes identifier la notion « clé » sans laquelle il ne leur est pas possible de résoudre le problème. Grâce à cette introduction par le problème ouvert et à la recherche des élèves de la notion « clé », nous nous attendons à ce que le professeur puisse enseigner par la suite ladite notion en apportant aux élèves beaucoup plus de sens aux concepts mathématiques. Pour évaluer l'efficacité de cette approche, le même problème a ensuite été posé aux élèves une fois la notion « clé » expliquée, afin d'étudier leur progression.

Enfin, un second problème ouvert, plus complexe, a été proposé en fin de séquence. Ce second problème nécessite l'utilisation de la même notion mathématique présentée en début de séquence, et peut même demander l'utilisation d'autres notions vues plus tôt dans l'année. Il sert ici de moyen d'approfondissement des connaissances, et permet d'étudier le concept enseigné dans un autre cas concret. L'objectif est alors d'évaluer la capacité des élèves à remettre en perspective les notions apprises, afin de les adapter à des situations variées. Par ailleurs, et comme décrit dans la partie 3 de cette étude bibliographique, ce second problème situé en fin de séquence permet d'évaluer l'évolution sur la durée de la motivation de l'élève.

Par cette démarche de l'utilisation du problème ouvert en début et en fin de séquence, nous chercherons donc dans ce mémoire à répondre à la question suivante : le problème ouvert en mathématiques est-il un moyen efficace de motivation aux apprentissages ?

Pour répondre à cette question, nous nous concentrerons sur trois aspects. Tout d'abord, nous décrirons le déroulement des séances de réalisation des problèmes ouverts en détaillant le travail des groupes d'élèves. Ensuite, nous analyserons les résultats de deux questionnaires proposés aux élèves en fin de chaque séquence. Ces questionnaires auront pour objectif de recueillir le point de vue des élèves sur le problème ouvert dans le cadre de l'apprentissage de la séquence. Par ailleurs, l'utilisation de deux questionnaires, l'un au terme de la première séquence (théorème de Pythagore) et l'autre au terme de la seconde séquence (Espace et volumes) permettra d'évaluer une éventuelle évolution du ressenti des élèves sur l'utilisation du problème ouvert. Enfin, nous analyserons les résultats des élèves au deux devoirs surveillés de fin de séquence afin d'étudier une éventuelle influence de l'utilisation du problème ouvert par rapport aux autres séquences proposées dans l'année.

Rappelons par ailleurs que la présente étude de l'apport du problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages n'échappe pas aux problématiques habituelles des moyens d'évaluation qualitative et quantitative des expérimentations effectuées. Ainsi, afin de permettre le développement d'une motivation intrinsèque chez les élèves et de ne pas biaiser l'étude, les problèmes ouverts proposés n'ont pas été notés. Comme dit précédemment dans l'étude bibliographique, l'absence de note permet de se débarrasser de nombreux facteurs de motivation extrinsèque classique, qui sont autant de facteurs ressentis par les élèves comme contrôlant leur comportement, et donc diminuant la part de motivation intrinsèque. Pour évaluer l'éventuel apport du problème ouvert dans l'apprentissage des élèves.

La suite de ce mémoire s'articule en trois grandes parties. La première s'intéresse à l'étude à priori des problèmes ouverts proposés aux classes de Quatrième et de Seconde dont nous avons la charge. Dans cette partie, nous décrivons les exercices, et nous précisons en quoi ces derniers sont susceptibles de permettre un développement de la motivation intrinsèque des élèves. Dans la seconde partie, nous analysons le déroulement des séances d'utilisation des problèmes ouverts, les compositions des élèves, et les réponses aux questionnaires de fin de séquence. Enfin, nous dressons sous la forme de discussion un bilan de ces expérimentations et émettons des perspectives liées à ces travaux.

3. Expérimentations : études à priori

Remarque préliminaire : du fait des modalités d'organisation des mémoires à l'ESPE et du rendu individuel demandé, seules apparaîtront ici les expérimentations effectuées dans ma classe de 2^{de} du lycée L'oiselet à Bourgoin-Jallieu (Isère). Les expérimentations réalisées par Simon CARRIERE avec sa classe de quatrièmes sont analysées dans son propre mémoire. Une analyse combinée de nos expérimentations est cependant réalisée dans la partie Discussion de nos deux mémoires.

Deux séquences du programme ont été choisies pour étudier l'influence du problème ouvert sur la motivation et l'apprentissage des élèves de seconde : une séquence sur la résolution d'équations, et une séquence sur les probabilités. Dans la première, nous allons aborder en particulier dans le cadre des problèmes ouverts la notion de produit nul. Dans la seconde, c'est l'utilisation d'arbres pondérés et la notion de simulation qui sera mise en avant dans les expériences. Nous décrivons ici les problèmes ouverts posés aux élèves dans le cadre des expérimentations de notre étude.

3.1 Le problème des cinq champs

Enoncé :

Problème ouvert – Champs et héritages

Problème 1 :

Un père partage ses 4 terrains entre ses deux fils.

Les champs sont carrés.

Le côté du plus petit champ est deux mètres plus petit que celui du troisième

Le côté du troisième champ est un mètre plus petit que celui du second

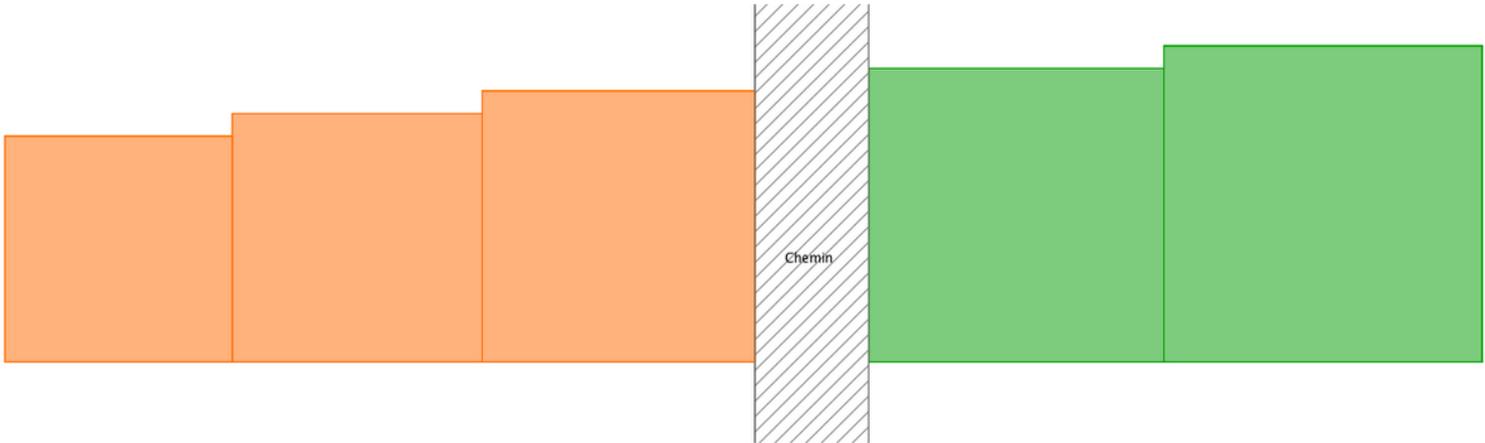
Le côté du second champ est un mètre plus petit que celui du premier

Déterminer le côté de chaque champ sachant que le partage a été équitable



Problème 2 :

- Un père partage ses 5 terrains entre ses deux fils.
- Les cinq champs représentés ont pour côté des entiers consécutifs.
- Déterminer le côté de chacun de ces carrés sachant que le partage a été équitable.



Analyse à priori :

Ce problème a pour objectif d'introduire la notion d'équation du second degré en proposant aux élèves un problème qui amène à résoudre une équation du second degré alors qu'ils n'ont pas encore les connaissances nécessaires pour cela.

Le problème est divisé en deux parties. Dans le premier problème, les carrés de l'équation s'annulent et on retrouve une équation du premier degré que les élèves sont capables de résoudre. Le but de ce problème initial est de proposer aux élèves un énoncé où la difficulté principale est de modéliser correctement l'énoncé et de mener le calcul en utilisant les identités remarquables. Le second problème est volontairement très proche du premier, mais cette fois-ci, l'équation finale est une équation du second degré, et les élèves ne pourront pas appliquer les méthodes de résolutions du collège. L'objectif ici est de piquer leur curiosité en leur présentant un problème semblable à un problème qu'ils viennent de résoudre, qu'ils peuvent modéliser, mais dont la dernière étape de résolution reste inaccessible.

Dans cette séquence, je m'attends à rencontrer deux problèmes principaux. En premier, la modélisation du problème. L'énoncé ne comporte aucune légende sur les figures, ce sera aux élèves d'introduire l'inconnue x , et de tirer de l'énoncé les liens entre les différentes longueurs des côtés. La remédiation pour ce problème est de faire travailler les élèves par groupes de quatre afin de favoriser la réactivation de la notion d'inconnue. Si cela ne suffit pas, le professeur sera très attentif en début de séquence pour que les groupes ne soient pas bloqués trop longtemps sur l'analyse de l'énoncé. La seconde difficulté prévue est le calcul littéral. Ce problème fait appel à plusieurs reprises aux identités remarquables qui sont très mal maîtrisées par les élèves de seconde. La remédiation pour cette difficulté est de proposer aux élèves de revenir à la définition du carré et d'utiliser la double distributivité, bien mieux maîtrisée, pour effectuer le calcul. Un formulaire sur les identités remarquables sera malgré tout distribué lors du cours sur les équations.

Le travail sera réalisé par groupe de quatre pour éviter que les élèves ne se sentent trop démunis face à un problème plus complexe que d'habitude et favoriser la réactivation des connaissances de collège sur les équations. Chaque groupe devra produire un compte rendu détaillant les raisonnements et les calculs ainsi que les choix de modélisation.

➤ Grille de référence :

Pratiquer une démarche scientifique ou technologique	Les capacités à évaluer une situation	Les indicateurs de réussite
<ul style="list-style-type: none">• Calculer• Reasonner, argumenter, démontrer.• Présenter la démarche suivie, les résultats obtenus, communiquer à l'aide d'un langage adapté.	<ul style="list-style-type: none">• Organiser les informations pour les utiliser.• S'engager dans une démarche.• Choisir un mode adapté pour présenter le résultat de sa démarche.	<ul style="list-style-type: none">• L'élève traduit les informations sur un schéma• L'élève mène à bien un calcul (utilisation des règles du calcul littéral).

➤ Support et ressource de travail :

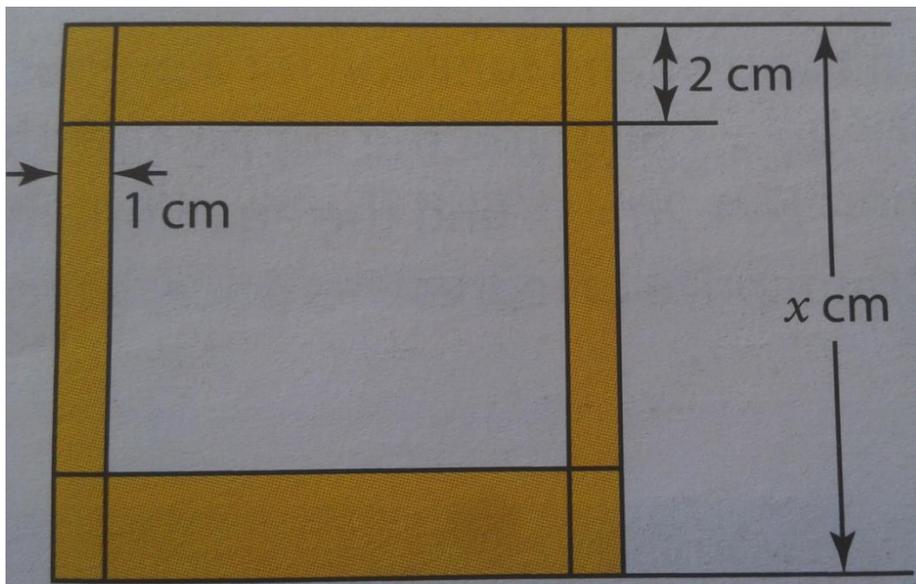
- Document de l'énoncé
- Calculatrice

3.2 Le problème de la carte de vœux

Enoncé :

On souhaite imprimer une carte carrée. On nomme x la mesure en cm d'un côté de la carte.

On veut laisser sur celle-ci une marge de 2cm en haut et en bas et une marge de 1cm à gauche et à droite.



Quelle longueur doit faire la carte pour que l'aire de la partie blanche soit égale à 168cm^2 ?

Analyse à priori :

L'objectif de ce second problème était de présenter aux élèves un problème d'une difficulté sensiblement équivalente au premier mais qu'ils puissent résoudre totalement en utilisant les connaissances acquises lors du chapitre.

Par rapport à la première séance de problème ouvert, plusieurs changements ont lieu :

- Le problème est un peu plus « scolaire », la question posée est précise et ne peut pas être sujet à interprétation.
- Il n'y a qu'un seul problème et non deux à difficulté croissante comme la fois précédente, ceci dans le but d'éviter l'abandon de certains élèves à mi-parcours qui s'estiment satisfaits lorsque le premier problème est résolu et ratent donc le cœur de l'exercice, situé dans le second énoncé.
- La figure fournie avec l'exercice est directement codée avec les éléments de l'énoncé pour que tous les élèves puissent démarrer immédiatement les recherches.
- Plusieurs indices sont préparés à l'avance et les groupes peuvent venir les demander librement s'ils en ressentent le besoin, l'objectif étant qu'aucun groupe ne reste bloqué trop longtemps et ne se démotive, tout en conservant une certaine autonomie pour chaque groupe.

Le problème choisi est encore une fois un problème d'aire, ce choix est motivé pour faire écho au premier problème ouvert et ainsi rassurer les élèves en leur proposant un exercice proche d'un problème déjà résolu.

➤ Grille de référence :

Pratiquer une démarche scientifique ou technologique	Les capacités à évaluer une situation	Les indicateurs de réussite
<ul style="list-style-type: none">• Calculer• Raisonner, argumenter, démontrer.• Présenter la démarche suivie, les résultats obtenus, communiquer à l'aide d'un langage adapté.	<ul style="list-style-type: none">• Organiser les informations pour les utiliser.• S'engager dans une démarche.• Choisir un mode adapté pour présenter le résultat de sa démarche.	<ul style="list-style-type: none">• L'élève traduit les informations sur un schéma• L'élève mène à bien un calcul

➤ Support et ressource de travail :

- Document de l'énoncé
- Calculatrice

3.3 Problème du lièvre et de la tortue

Enoncé :

Le jeu du lièvre et de la tortue :

	1	2	3	4	5	6
						
						

Règles du jeu :

On lance un dé à 6 faces (non truqué). Si le dé fait 6, le lièvre avance de 6 cases, sinon, c'est la tortue qui avance d'une case. Le premier arrivé à la case 6 remporte la partie.

Si on vous propose de jouer à ce jeu, quel animal choisiriez-vous ?

Analyse à priori :

Après avoir analysé les questionnaires distribués à l'issue des deux premières expérimentations, j'ai décidé de profiter des possibilités offertes par le chapitre sur les probabilités pour proposer aux élèves des expériences plus ludiques et plus éloignées problèmes de math « classiques ».

L'objectif de ce problème est de présenter aux élèves une situation simple, mais pour laquelle les calculs de probabilité ne viennent pas immédiatement.

Pour cette séance j'ai prévu de diriger un peu plus l'expérience en amenant les élèves à formuler des conjectures puis à en débattre en classe. Pour cela, la séance est découpée en quatre temps :

- 5 minutes pour lire le sujet, et se faire une première opinion.
- 20 minutes durant lesquels les élèves choisissent le personnage qui leur paraît avantageux, en argumentant éventuellement sur le choix. Les élèves débattent ensuite sur les arguments proposés.
- 10 minutes de test, durant lesquelles les élèves jouent des parties afin d'obtenir un échantillon aussi grand que possible.
- 15 minutes de mise en commun des résultats, d'analyse et de réflexion sur la meilleure manière de démontrer la conjecture ainsi amenée.

La plupart des élèves ont déjà une bonne intuition concernant les probabilités, mais certains points restent malgré tout assez obscurs, en particulier la notion d'indépendance des expériences. Le but est

donc de débattre en classe sur ces notions via l'exercice, et voir ce qui peut être utilisé dans le cours, et ce qui ne fonctionne pas.

Dans une moindre mesure, l'objectif « bonus » de cette expérience est d'amener les élèves à relier le fait de devoir tester un grand nombre de fois pour obtenir une valeur approchée de la probabilité avec la notion d'algorithme, puis à créer un algorithme permettant de simuler l'expérience du lièvre et de la tortue, que nous implémenterons lors d'un TP informatique.

➤ Grille de référence :

Pratiquer une démarche scientifique ou technologique	Les capacités à évaluer une situation	Les indicateurs de réussite
<ul style="list-style-type: none"> • Raisonner, argumenter, démontrer. • Présenter la démarche suivie, les résultats obtenus, communiquer à l'aide d'un langage adapté. 	<ul style="list-style-type: none"> • Organiser les informations pour les utiliser. • S'engager dans une démarche. • Communiquer une information • Argumenter un résultat 	<ul style="list-style-type: none"> • L'élève réalise une simulation et note les résultats pertinents • L'élève participe activement à l'activité et aux débats

➤ Support et ressource de travail :

- Document de l'énoncé
- Calculatrice
- Pions
- Dés à 6 faces

3.4 Problème de Monty Hall

Enoncé

Lors d'une émission télé, un candidat se retrouve devant trois portes fermées. Derrière l'une d'elles se trouve une voiture, et derrière les deux autres, une chèvre. Seul le présentateur connaît la porte derrière laquelle se cache la voiture.

Le candidat choisit la porte numéro 3. Après quelques secondes, le présentateur s'approche des portes, et ouvre... la porte numéro 1, derrière laquelle se trouvait une chèvre. Après avoir félicité le candidat de ne pas avoir choisi cette porte, il lui demande s'il souhaite modifier son choix et ouvrir la porte numéro 2.

Que feriez-vous à la place du candidat ?

Analyse à priori :

Ce problème a été proposé comme clôture du chapitre sur les probabilités. L'objectif est de proposer aux élèves un problème au résultat contre intuitif mais que leur nouvelles connaissances en probabilité leur permettra de résoudre. Le problème proposé est donc le problème de Monty-Hall, qui met en scène un jeu télévisé dans lequel le candidat doit choisir une porte parmi trois pour essayer de trouver le gros lot.

Comme la précédente séance de problème ouvert s'est mieux déroulées que celles sur l'algèbre, j'ai décidé de diriger une nouvelle fois un peu plus la séance. Je découpe donc une nouvelle fois la séance en cinq temps :

- 5 minutes de lecture du sujet
- 10 minutes durant lesquelles les élèves proposent un raisonnement. Les idées et les affirmations sont notées au tableau et débattues.
- 10 minutes de test durant lesquelles les élèves jouent des parties et notent les résultats obtenus selon qu'ils aient choisi de changer de porte ou non
- 15 minutes de collecte des résultats. On réalise alors que changer ou non porte a bien une influence. On discute à nouveau les affirmations écrites au tableau, puis s'ensuit une discussion sur la démarche à suivre pour prouver le résultat obtenu par l'expérience.
- 10 minutes pour rédiger la preuve de l'expérience via un arbre pondéré.

Le résultat qui semble le plus évident est que le choix de changer ou non de porte n'a pas d'importance. Je m'attends à ce que la plus grande partie de la classe soit de cet avis. Les élèves pourront ensuite tester eux même le jeu par binôme, l'un jouant le rôle du candidat, l'autre celui du présentateur. J'ai préparé à l'avance des cartons chèvres et voitures, pour que les élèves puissent tester à plusieurs reprises.

Contrairement au jeu du lièvre et de la tortue, où il suffit de noter qui gagne à chaque partie, la collecte des données n'est pas évidente à réaliser ici. En effet, il faut séparer les cas de succès après changement de porte et les cas de succès sans changement de porte. Il faudra donc bien préciser pendant la phase 2 les modalités de l'expérimentation avant de lancer les élèves.

Avant d'aborder la séance, les élèves ont globalement maîtrisé la notion d'arbre pondéré, je m'attends donc à ce que l'outil soit proposé pour résoudre le problème. De même, comme j'ai beaucoup insisté en classe sur la simulation des expériences pour obtenir les probabilités, certains élèves pourront réaliser l'algorithme simulant l'expérience. Cette solution est également correcte et les élèves disposent de tous les outils nécessaires pour la mettre en place

➤ Grille de référence :

Pratiquer une démarche scientifique ou technologique	Les capacités à évaluer une situation	Les indicateurs de réussite
<ul style="list-style-type: none"> • Calculer • Reasonner, argumenter, démontrer. • Présenter la démarche suivie, les résultats obtenus, communiquer à l'aide d'un langage adapté. 	<ul style="list-style-type: none"> • Organiser les informations pour les utiliser. • S'engager dans une démarche. • Communiquer une information • Argumenter un résultat 	<ul style="list-style-type: none"> • L'élève réalise une simulation et note les résultats pertinents • L'élève participe activement à l'activité et aux débats

➤ Support et ressource de travail :

- Document de l'énoncé
- Calculatrice
- Pièces de jeu en carton

4. Expérimentation : analyse des séances

4.1 Problème des cinq champs

Déroulement de la séance :

L'expérience s'est déroulée par groupe de quatre. Les élèves ont été un peu décontenancés par ce format car je ne les avais pas avertis en avance sur le déroulement du nouveau chapitre. Un peu de temps a été également perdu en début d'heure pour placer les tables dans une configuration de travail pour quatre, mais n'ayant pas accès à la salle avant l'heure, ceci était inévitable. Si possible, j'essayerai la prochaine fois de faire l'expérimentation dans une salle libre pendant l'heure précédente pour ne pas créer plus d'agitation et économiser de précieuses minutes.

Les élèves ont formé des groupes par affinité, sans choix imposés, et ont commencé à lire le sujet, très vite, le volume commence à monter et je dois à plusieurs reprises intervenir pour demander aux élèves de baisser d'un ton. Si la plupart des groupes travaillent sur le problème, quelques uns profitent de cette séance beaucoup moins cadrée que les autres pour discuter et ne prêtent que peu ou pas d'attention à l'exercice. Un groupe en particulier m'a posé problème et a refusé de travailler tout au long de la séance. Interrogé sur leur manque d'activité, leur réponse a été « ça ne sert à rien, on ne comprend pas ». Cependant, malgré des précisions sur l'énoncé et des indices, le groupe (qui se compose d'élèves capables de résoudre le premier énoncé) ne s'intéressera pas du tout à l'activité.

Pour d'autres groupes, le problème est encore différent, certains n'ont sincèrement pas réussi à démarrer. L'utilisation de x pour la longueur d'un champ ne leur est pas venue et ils ne savent pas par quel bout prendre le problème. Même après avoir proposé de nommer x la longueur du petit champ, les groupes peinent à déduire la longueur des champs suivants. Un groupe en particulier note a, b, c, d les longueurs et trouve l'équation $a^2+b^2=c^2+d^2$, sans bien sûr pouvoir l'exploiter. J'avais sous-estimé la difficulté que posera la modélisation et la quasi-totalité des groupes a eu besoin d'un coup de pouce pour pouvoir trouver les équations. Cette difficulté a fait perdre beaucoup de temps aux groupes et a eu pour effet de démotiver les groupes les plus en difficulté.

Un second point problématique que je n'avais pas prévu en découpant le problème en deux, est que de nombreux groupes, après avoir peiné à résoudre le problème 1 décident qu'ils en ont fait assez et ne regarde même pas le second problème, qui contient le point clef de l'activité.

Enfin, l'interprétation de la consigne a donné lieu à quelques problèmes. De nombreux groupes ont ainsi cherché à obtenir de périmètres égaux et non des aires. Le problème a été assez simple à résoudre, et ce juste en questionnant les élèves sur leur choix de critère pour le partage équitable. Une consigne plus claire aurait cependant évité une perte de temps non négligeable pour les groupes ayant poussé le calcul assez loin.

Seuls deux groupes (sur les 8) de la classe, ont atteint le point clef du problème 2. Le problème 1 ne leur ayant pas posé de problème, ils ont buté sur l'équation du second degré avant de trouver par tâtonnement la solution $x=-2$. Après une rapide discussion sur le sens de cette solution, celle-ci a été rejeté dans le cadre de la recherche d'une longueur. Le groupe trouve ensuite la solution $x=10$. Cette solution semble plus raisonnable et on se demande si c'est la seule. Les élèves n'ont pas moyen de le prouver pour le moment et la recherche n'ira pas plus loin.

Analyse à posteriori :

La production écrite des élèves a été assez laborieuse, les élèves n'étant pas habitués à ce genre de travail, ils ne savaient pas quoi écrire, quelles étaient les informations pertinentes, ni comment structurer une démonstration.

Concernant la séance en elle-même, les élèves ont été déboussolés en se retrouvant devant un problème comportant aussi peu d'étapes et se sont vite découragés. Le choix du problème, est sans doute également responsable de l'absence d'engouement de la part des élèves.

Le calcul littéral a posé de très gros problèmes à de nombreux élèves, et même ceux habituellement parmi les meilleurs ont eu de sérieux problèmes, en particulier pour le calcul des identités remarquables, et ce, même en utilisant la double distributivité. Cela a été un facteur de ralentissement très important et a empêché les groupes de progresser assez vite pour analyser le second problème. D'un autre côté, l'expérience m'a permis de mesurer l'étendue des lacunes de la classe dans ce domaine et m'a incité à accentuer le travail de remise à niveau sur le calcul littéral.

Enfin, couper le problème en deux n'a pas du tout eu l'effet attendu, en particulier à cause des difficultés que je n'avais pas prévu. Le second problème ouvert de la séquence, sera un peu plus dirigé et un peu plus précis dans ses consignes pour éviter les pertes de temps indésirable.

Lors du cours sur les produits nuls, un retour a été fait sur le problème numéro 2 et l'équation finale à résoudre. Les élèves des groupes les plus avancés ont bien réussi à faire le lien et ont été satisfaits de découvrir une méthode de résolution n'étant pas la recherche au hasard. Le reste de la classe a eu plus de mal à saisir le rapport, n'ayant pas assez avancé dans le problème 2.

4.2 Problème de carte de vœux

Déroulement de l'expérience :

L'expérience s'est à nouveau déroulée par groupe de quatre, et à ma demande, les élèves ont reformé les groupes de l'expérience numéro 1. Les groupes ont un peu plus joué le jeu, sans doute car aucun groupe ne s'est retrouvé bloqué trop longtemps, l'énoncé proposant plus de matière à travailler que le précédent.

Beaucoup d'erreurs sur le calcul de l'aire. Beaucoup de groupes proposent $(x-2)$ et $(x-1)$ comme longueur pour l'aire blanche en oubliant que la carte est rognée des deux côtés. Cette erreur est vite corrigée lorsque les groupes m'appellent pour vérifier leur formule. Mis à part deux groupes composés d'élèves en très grande difficultés, tous les autres groupes parviennent à trouver la formule de l'aire de la partie blanche sans indice supplémentaire, c'est un bon progrès.

La résolution de l'équation a posé plus de problème. Après avoir développé l'expression de l'aire, on obtient l'équation $x^2-6x+8=168$. Arrivé à ce point, deux groupes ont mis l'équation sous la forme $x(x-6)=160$ puis ont trouvé la solution $x=16$ par tâtonnement. Plusieurs autres groupes m'ont expliqué avoir appliqué la méthode consistant à rendre l'équation égale à 0 et ont donc trouvé la forme $x^2-6x-160=0$, mais sans la factorisation adaptée, n'ont pas pu aller plus loin. Après avoir laissé les élèves chercher à leur manière, j'ai distribué l'indice concernant cette partie, à savoir, montrer que $x^2-6x+8=(x-3)^2-1$. Il était prévu que cet indice soit distribué et je n'attendais pas des élèves qu'ils trouvent d'eux même la factorisation.

Une fois cet indice distribué, le développement de l'identité remarquable a posé quelques problèmes, mais sur les quatre membres du groupe, la bonne formule a fini par émerger à chaque table et l'égalité a pu être démontrée.

Une fois l'égalité établie, un dernier problème est arrivé : j'attendais que les élèves reconnaissent la forme a^2-b^2 , ou qu'ils reconnaissent une équation du type $x^2=a^2$ (selon le type de résolution choisie), mais la plupart n'ont pas su reconnaître la forme car ils n'ont pas vu que $169=13^2$, une difficulté que je n'avais pas prévu. Une fois cette égalité inscrite au tableau, la fin de la résolution s'est faite assez correctement avec une petite discussion finale sur le choix de la solution positive dans le cadre de l'étude d'un problème de mesure.

Conclusion de ces deux premières expériences:

Lors du contrôle sur le chapitre, le calcul littéral a posé de gros problèmes aux élèves sur des notions pourtant censées avoir été vu au collège.

La moyenne générale sur le contrôle est de 12, ce qui est dans la moyenne des contrôles réalisés habituellement. Cette moyenne plutôt bonne cache malgré tout de grandes disparités, 12 élèves sont à plus de 15, pour la plupart, ces notes sont celles qu'ils ont habituellement; D'autre part, 6 élèves sont en dessous de 7, pour ces élèves, les séances de problème ouvert ont été très longues et peu productives. Du fait de leurs très fortes lacunes en calcul littéral ils passent totalement à côté de l'exercice et butent sur des difficultés d'ordre technique. C'est avec ces groupes que j'ai passé le plus de temps lors des séances de recherche pour leur expliquer des notions basiques de calcul. Lors des prochaines expérimentations, il faudra soit limiter la phase de recherche et diriger un peu plus l'exercice ; soit proposer à ces élèves de s'intégrer dans des groupes plus à l'aise en surveillant que l'élève participe bien à la recherche.

Toujours concernant le contrôle, il est difficile de se faire un avis sur les progrès des élèves par rapport à la résolution de problèmes : en effet, le contrôle était relativement long. De fait, peu d'élèves ont traité le dernier exercice type problème ouvert guidé. Les quelques élèves ayant atteint l'exercice l'ont pour la plupart résolu entièrement et correctement, mais ces élèves étaient déjà parmi ceux n'ayant pas de difficulté dans le cours. Quelques élèves cependant ont réussi à proposer un début de résolution qui aurait sans doute pu aboutir avec un peu plus de temps.

4.3 Questionnaire de fin de séquence

Description du questionnaire :

Afin d'obtenir un retour des élèves sur l'utilisation du problème ouvert en début et en fin de séquence, un questionnaire leur a été proposé au terme du chapitre sur la résolution d'équations. Les réponses apportées par les élèves constituent alors un support très utile pour évaluer d'une autre manière que le point de vue du professeur leur ressenti. Ce premier questionnaire a été construit de la manière suivante :

- Sept questions courtes avec quatre choix de réponses possibles (Oui, plutôt oui, plutôt non et non)
- Deux questions demandant un retour plus détaillé

Nous détaillons ci-dessous les questions proposées aux élèves, et nous reportons en italique leurs réponses. Pour les questions 1 à 7, les réponses des élèves sont reportées en pourcentages par catégorie.

Question 1 : J'ai trouvé les exercices sur les champs et celui sur la carte de voeux plus intéressants que les exercices proposés d'habitude.

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>21 %</i> | <i>39 %</i> | <i>16 %</i> | <i>24%</i> |

Question 2 : J'ai compris le lien entre le cours et le problème sur les champs

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>61 %</i> | <i>39 %</i> | <i>0 %</i> | <i>0 %</i> |

Question 3 : La consigne des exercices était suffisamment claire

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>25 %</i> | <i>40 %</i> | <i>26 %</i> | <i>9 %</i> |

Question 4 : Est-ce que le fait de ne pas pouvoir résoudre le premier exercice sans connaître les produits nuls vous a motivé à apprendre ensuite le cours ?

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>29 %</i> | <i>54 %</i> | <i>14 %</i> | <i>3 %</i> |

Question 5 : Pour l'exercice avec la carte de voeux j'ai vite trouvé comment utiliser le cours pour résoudre l'exercice une fois l'équation mise sous la bonne forme

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>63 %</i> | <i>27 %</i> | <i>10 %</i> | <i>0 %</i> |

Question 6 : J'ai été content de résoudre un problème plus difficile que d'habitude

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>25 %</i> | <i>34 %</i> | <i>26 %</i> | <i>15 %</i> |

Question 7 : Est-ce que vous voudriez avoir encore de tels exercices pour les prochains chapitres ?

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>35 %</i> | <i>24 %</i> | <i>26 %</i> | <i>15 %</i> |

Question 8 : Qu'est-ce qui vous a plu et qu'est-ce qui ne vous a pas plu dans l'activité ? Donnez deux idées.

- *Points positifs :*
 - *Les élèves aiment travailler en groupe*
 - *Les exercices proposent du challenge*
 - *Ça permet de bien voir comment utiliser la leçon*
- *Points négatifs :*
 - *Certains élèves préfèrent travailler seuls*
 - *Il y a trop de bruit dans la classe*
 - *Le problème est trop difficile / La consigne pas assez claire*
 - *Le problème n'est pas intéressant*

Question 9 : Comment corriger les points négatifs ?

- *Avoir des consignes plus claires*
- *Avoir plus de temps*

Analyse des réponses :

A la lecture de ce questionnaire, l'objectif ici n'a été qu'à demi atteint. En effet, les élèves n'ont pas été beaucoup plus intéressés par ces exercices que par les exercices classiques. La faute sans doute à des problèmes trop scolaires d'un côté, et pas assez guidés de l'autre, ce qui a eu pour résultat de favoriser les groupes déjà en réussite, qui ont été intéressés par le challenge, mais de laisser de côté les groupes en difficultés ou moins intéressés par la matière. En revanche, le questionnaire laisse apparaître que le point de cours visé par ces activités a été bien compris par la classe qui a apprécié d'avoir un exemple fil rouge pour accompagner la notion, ce que le contrôle n'avait pas vraiment permis vérifier.

Enfin, le travail de groupe a été un facteur positif car les élèves apprécient de pouvoir échanger leurs idées.

4.4 Problème du lièvre et de la tortue

Déroulement de la séance :

La séance se déroule en classe entière, pour obtenir un maximum de résultats lors de la phase de simulation.

Bien que les élèves m'aient indiqué avoir aimé le travail par groupe de quatre, j'ai choisi de garder une configuration de classe classique et de ne former que des binômes. Et dans les faits, l'ambiance est bien plus studieuse que lors des expériences précédentes.

Après quelques minutes, je demande aux élèves de se positionner sur le personnage qui leur semble le plus avantageux. La classe se scinde environ en deux, et quelques élèves me signalent que je n'ai pas prévu de cases pour ceux qui pensent que les deux animaux ont la même chance de gagner.

Ensuite, chaque élève a l'occasion d'expliquer pourquoi il pense que l'animal qu'il a choisi est avantageux, je note au tableau la plupart des arguments.

Un élève qui a voté pour la victoire du lièvre indique que « le lièvre gagnera toujours car si on lance un dé 6 fois, on est sûr que le 6 sortira une fois ». Je m'attendais à ce que ce raisonnement apparaisse et je demande à la classe ce qu'elle pense de cette affirmation. Une seconde élève lui répond que son affirmation est fautive, que le tirage « 2, 2, 3, 4, 5, 4 » est possible. La première ne semble pas tout à fait convaincue, et je propose de remettre à plus tard cette question.

Un élève affirme « qu'il est impossible de dire qui est avantageux car il s'agit d'un jeu de hasard, et donc dont on ne connaît pas le résultat à l'avance ». Cela permet de lancer une discussion sur la notion d'expérience aléatoire et sur la signification de la notion de probabilité.

Enfin, un élève dit qu'il faudrait faire des parties de jeu pour pouvoir répondre à la question. C'est ce que j'attendais d'entendre, l'énoncé comporte un plateau de jeu et j'ai emmené des pions et des dés pour que la classe puisse réaliser l'expérience. Je leur propose donc de tester eux même sur quelques parties.

Après quelques minutes, avant de regrouper les résultats, je demande aux élèves s'ils y en qui souhaitent changer d'avis concernant l'animal avantageux à l'issue de leur expérimentation. 6 tortues passent du côté lièvre et 4 lièvres du côté tortue.

Je regroupe ensuite les résultats table par table. Sur les 16 tables, deux n'ont pas comptabilisé les victoires et les défaites et ont juste joué des parties, et trois ont fait entre une et trois parties avant de se désintéresser du problème. Sur les 11 tables restantes, une dizaine de parties en moyenne ont été réalisées, trois tables ont eu plus de victoires de la tortue et 8 tables plus de victoires du lièvre. Dans un second temps, je somme en bas du tableau tous les résultats confondus, et j'obtiens 41 victoires tortues et 75 victoires du lièvre.

A ce moment-là, la plupart des élèves acceptent que le lièvre est avantageux même s'ils n'ont pas encore de moyen de le prouver, personne n'évoquera les arbres pondérés et je n'insiste pas car j'ai prévu de revenir sur le problème du lièvre plus tard dans la séquence après avoir parlé des arbres pondérés.

Dans cette dernière partie, j'anime beaucoup plus que lors du débat précédent, il est un peu difficile de récupérer l'attention de toute la classe après la séance de dé. J'essaye d'amener les élèves à s'interroger sur les résultats obtenus, pourquoi la tortue l'emporte à certaines tables alors que l'on vient d'affirmer que le lièvre est avantageux ? Quel est le bon nombre de simulations à réaliser pour pouvoir se fier au résultat obtenu ? Et comment réaliser facilement un grand nombre de simulations ?

Un élève voit immédiatement là où je veux en venir, et propose d'écrire un algorithme pour simuler l'expérience. Les quelques minutes restantes de la séance sont consacrées à l'écriture de l'algorithme qui sera implémenté et testé lors d'un TP info ultérieur.

Concernant ce TP d'informatique, il consiste en une initiation aux fonctions, et se termine par le tracé du graphique de la fréquence de victoire du lièvre en fonction du nombre de parties jouées. Les élèves ont été plutôt studieux lors de cette séance, hélas, peu sont arrivés jusqu'à l'exercice final. J'ai donc présenté en classe le graphique final, et si la progression le permet, nous reviendrons en salle informatique terminer cette étude.

Analyse a posteriori :

Ce travail n'a pas donné lieu à un travail écrit ramassé. Malgré cela, l'ambiance a été bien plus studieuse que lors des expérimentations en algèbre. Dans le questionnaire distribué en fin de séquence, la quasi-totalité de élèves indiquent avoir préféré le mode de fonctionnement par discussion en classe plutôt qu'en notant leurs idées sur feuille ramassée. Forcer les élèves à noter le cheminement de leur raisonnement sur feuille a plutôt tendance à brider leur prise d'initiative de peur d'écrire des choses fausses.

L'implication des élèves dans l'expérience s'est également bien ressentie lors des retours faits durant le cours, puis durant le TP d'informatique. Découvrir des méthodes pour résoudre un problème qui les avait intrigués a beaucoup intéressé les élèves.

Choisir un jeu de société comme expérience aléatoire s'est avéré être efficace pour susciter l'intérêt des élèves. Ils ont particulièrement apprécié d'avoir un problème concret et un peu plus éloigné des standards à résoudre.

Parmi les élèves qui se sont moins impliqués dans l'expérience, la remarque qui revient le plus fréquemment est que « ça ne sert à rien ». Des exemples d'application tels que les calculs de probabilités pour fixer les gains dans les jeux d'argent ne les ont pas convaincus de l'intérêt d'une telle étude. Ces élèves sont également frustrés de travailler sur problème sans avoir les outils pour le résoudre. Une élève en grande difficulté dans ma classe m'a signalé qu'elle « n'arrive déjà pas à résoudre les problèmes faciles » et que « ça ne sert à rien de lui en donner des difficiles ». Je constate ici encore fois que le problème ouvert peut avoir un effet opposé à celui recherché en démotivant totalement un élève qui abandonnera si la tâche lui semble insurmontable.

4.5 Problème de Monty Hall

Déroulement de la séance :

Une nouvelle fois, la séance s'est déroulée en classe entière afin d'obtenir le plus grand nombre possible de résultat lors de la phase de simulation

Comme prévu la très grande majorité des élèves s'est prononcé en faveur de l'hypothèse selon laquelle le choix de changer ou non de porte n'a pas d'importance. Certains élèves ont malgré tout supposé que changer de porte aurait une importance mais sans pouvoir préciser laquelle ni argumenter plus leur choix leur intuition étant seulement basée sur le fait que l'exercice ne « pouvait pas être aussi simple que cela ». A noter, un seul élève connaissait déjà cette expérience et le résultat, mais pas la démonstration.

Aucun élève n'a proposé de tester le jeu cette fois ci, les élèves ont semblé moins impliqués dans l'expérience, en partie car la réponse leur semblait évidente et le problème déjà résolu. Ils ne voyaient pas l'intérêt de mener plus loin l'expérimentation. J'ai donc proposé moi-même de leur faire réaliser l'expérience par binôme.

Au moment de définir les modalités de l'expérimentation, les élèves ont encore une fois eu du mal à formuler ce que l'on cherche à étudier. Une élève a fini par proposer la méthode suivante : une moitié de la classe change de porte à chaque fois, l'autre moitié garde toujours la même porte, et les résultats de chaque groupe seront comparés séparément. Après que cette élève a expliqué la procédure à suivre, la classe a été beaucoup plus active. L'objet de la recherche, reformulé par une élève, est apparu plus clairement pour tout le monde.

J'ai demandé aux élèves d'essayer de réaliser une vingtaine de partie, pour qu'au sein de chaque table le résultat se détache un peu plus nettement.

Lors de la phase de mise en commun le groupe modifiant son choix présentait comme attendu un taux de victoire bien plus important. Ceci a eu l'effet escompté sur les élèves qui se sont rendu compte que leur certitude était fausse. Le débat qui a suivi a été assez chaotique, chacun voulant proposer son explication pour le phénomène. Cependant, la plupart des explications ont été assez fantaisistes, les élèves dans leur envie de présenter leurs idées en oubliant d'utiliser les notions vues dans le cours. Il a fallu que je demande aux élèves quel point du cours permettrait d'étudier le déroulement de l'expérience pour que la notion d'arbre soit évoquée.

J'ai donc proposé aux élèves d'essayer de représenter l'expérience sous forme d'un arbre pondéré et d'en déduire la solution du problème.

L'arbre de cette expérience n'étant pas immédiat à réaliser, les élèves ont eu un peu de mal pour le dessiner. Le temps commençant à manquer, j'ai proposé à un élève de venir au tableau présenter son arbre en expliquant sa démarche. Comme de nombreux modèles pouvaient être choisis, le dessin a donné lieu à quelques argumentations jusqu'à ce que toute la classe se déclare satisfaite de la représentation finale.

L'arbre enfin dessiné, l'utilisation des informations a été immédiate pour la quasi majorité qui a retrouvé la probabilité $2/3$ de gain lorsque le candidat change de porte.

Analyse a posteriori :

Cette expérience a été difficile à mettre en route car les élèves ont tout de suite considéré le problème comme résolu, et n'ont pas jugé pertinent de creuser plus en avant. Même les quelques septiques qui soupçonnaient un piège n'y croyaient pas réellement. Cela s'est traduit par un démarrage poussif de la séance qu'il a fallu beaucoup plus animer que la précédente. Cependant, présenter le problème comme simple est au cœur de l'effet recherché, cette étape me semble donc nécessaire pour la réussite de la suite.

L'expérimentation s'est déroulée très convenablement, les élèves du groupe changeant de porte ont réalisé plus vite la non parité de l'expérience et ont semblé plus satisfaits. Le fait de « gagner » le jeu, pourrait donc être un facteur de motivation mineur.

Malgré le désordre qui a eu lieu lors du débat qui a suivi la mise en commun des résultats, l'attitude des élèves envers le problème a été très positive puisqu'une curiosité sincère les animait pour comprendre ce qui les avait trompés dans ce problème d'apparence simple. Faire expérimenter le faux aux élèves pour leur présenter le vrai a donc été un moyen efficace de susciter l'intérêt des élèves qui ont été très actifs lors de la dernière partie consacrée à la démonstration du problème.

Enfin, à l'issue de ces expérimentations, j'observe très régulièrement de la part de certains élèves une recherche de mon approbation. Pouvoir me montrer qu'ils ont réussi à résoudre l'exercice est clairement très important pour eux. Ce sont des élèves avec lesquels j'entretiens généralement de bonnes relations, et qui cherchent autant que possible à se présenter à moi sous un jour favorable. Ces problèmes ouverts sont pour eux une occasion de montrer à l'enseignant qu'ils ont compris mieux que les autres et été plus astucieux.

4.6 Questionnaire de fin de séquence

Description du questionnaire :

Comme pour la première séquence, un questionnaire a été proposé aux élèves au terme de la séquence sur les probabilités. Là encore, l'objectif était de récolter l'avis des élèves afin de connaître leur ressenti sur l'utilisation du problème ouvert dans le cadre de leur apprentissage. Ce deuxième questionnaire a par ailleurs eu un objectif supplémentaire par rapport au premier : évaluer une éventuelle évolution de l'avis des élèves par rapport à la première séquence. Ce second questionnaire a été construit de façon similaire au premier, avec :

- Six questions courtes avec quatre choix de réponses possibles (Oui, plutôt oui, plutôt non et non)
- Trois questions demandant un retour plus détaillé, dont une demandant aux élèves s'ils ont vu une évolution entre les deux séquences.

Nous détaillons ci-dessous les questions proposées aux élèves, et nous reportons en italique leurs réponses. Pour les questions 1 à 6, les réponses des élèves sont reportées en pourcentages par catégorie.

Question 1 : Est-ce que les deux problèmes (celui sur le lièvre et la tortue, et celui sur l'émission télévisée) étaient plus intéressants que les exercices proposés habituellement ?

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>75 %</i> | <i>16 %</i> | <i>9 %</i> | <i>0 %</i> |

Question 2 : J'ai compris le lien entre le cours et le problème sur le jeu du lièvre et de la tortue, c'est-à-dire l'utilisation des arbres pondérés pour la résolution de problèmes.

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>72 %</i> | <i>22 %</i> | <i>6 %</i> | <i>0 %</i> |

Question 3 : Est-ce que le fait de ne pas pouvoir résoudre le premier exercice sans connaître la notion d'arbre pondérés vous a motivé pour apprendre ensuite le cours ?

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>65 %</i> | <i>27 %</i> | <i>15 %</i> | <i>3 %</i> |

Question 4 : La consigne des exercices était suffisamment claire.

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>85 %</i> | <i>12 %</i> | <i>0 %</i> | <i>3 %</i> |

Question 5 : Pour l'exercice sur le présentateur télé, j'ai vite trouvé comment utiliser le cours pour résoudre l'exercice (représenter sous forme d'arbre la situation pour calculer une probabilité).

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| <i>60 %</i> | <i>25 %</i> | <i>15 %</i> | <i>0 %</i> |

Question 6 : J'ai été content de résoudre un problème plus difficile que d'habitude

- | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Plutôt oui | <input type="checkbox"/> Plutôt non | <input type="checkbox"/> Non |
| 78 % | 11 % | 5 % | 6 % |

Question 7 : Qu'est-ce qui vous a plu et qu'est-ce qui ne vous a pas plu dans ces nouvelles activités ?
Donnez deux idées.

- *Points positifs :*
 - *Les débats en classe sont intéressants*
 - *Les exercices sont plus intéressants*
 - *C'est bien d'avoir le même exemple tout le long du cours*
- *Points négatifs :*
 - *C'est trop difficile*
 - *Il y a trop de bruit*

Question 8 : Comment corriger les points négatifs ?

- *Avoir des consignes plus claires*
- *Avoir plus de temps pour résoudre l'exercice*

Question 9 : Est-ce que vous trouvez que quelque chose a changé entre les problèmes du chapitre sur les équations et ceux du chapitre sur les probabilités? (Meilleure organisation du groupe ? plus d'habitude de travailler sur des problèmes ?)

- *C'est mieux organisé que la première fois*
- *Problèmes beaucoup plus intéressants*
- *On a pu vraiment tester et chercher nous même*

Analyse des réponses :

A la lecture de ce questionnaire, on voit apparaître deux choses :

Premièrement, les élèves ont beaucoup plus apprécié cette expérimentation que la précédente, sans doute car les probabilités permettent de réaliser des expériences beaucoup plus ludiques, mais aussi, d'après les questionnaires, car les séances étaient plus dirigées.

Deuxièmement, les élèves ont été plutôt intéressés par la leçon, toujours d'après le questionnaire, et ils ont apprécié d'avoir une expérience « fil rouge » à laquelle se référer tout au long du chapitre.

Les élèves indiquent également qu'ils ont beaucoup apprécié de pouvoir expérimenter eux même et de proposer des raisonnements, choses qu'ils n'avaient pas eu l'impression de pouvoir faire durant les problèmes sur les équations.

5. Discussion

Dans cette partie du mémoire, nous analysons de façon combinée les expérimentations réalisées dans nos classes de seconde et de quatrième. Les points communs sont listés d'une part, et les différences notables d'autre part. Nous rappelons ici que les classes analysées n'étant pas de même niveau, l'analyse des points communs et des différences entre nos expérimentations sera forcément limitée. Nous tâcherons tout de même de lister quelques points communs et différences qui nous semblent indépendants de cette distinction.

Plusieurs points communs ont pu être retirés de l'analyse commune de nos expérimentations. Tout d'abord, le travail de groupe semble avoir été plébiscité par les élèves qui ont souligné l'apport d'une réflexion commune et d'aides prodiguées par certains membres lorsque le besoin s'en fait sentir. Les questionnaires distribués par ailleurs aux élèves ont permis d'évaluer l'influence du problème ouvert proposé en début de séquence pour introduire une nouvelle notion mathématique. Il apparaît ainsi que dans toutes les classes, et même si une frustration a pu s'installer chez certains élèves, la majorité d'entre eux semble avoir compris l'utilité de ce problème pour motiver leur apprentissage par la suite. Notons enfin qu'à la fois dans les classes de seconde et de quatrième, une nette différence a pu être remarquée entre la première série d'expérimentation et la seconde, avec un retour des élèves plus positif dans la seconde, ainsi qu'un rendu écrit de leur part de meilleure qualité. Ces observations s'expliquent certainement à la fois par une meilleure maîtrise du professeur pour réaliser des séances de travail en groupe, mais également par une meilleure maîtrise des élèves pour travailler dans de telles conditions.

Une différence principale a également été notée entre les expérimentations de M. Simi et M. Carrière. Celle-ci réside au niveau des modalités d'organisation des expérimentations. Par exemple, M. Simi a réalisé à plusieurs reprises ses expérimentations en salle informatique, ce qui peut modifier l'organisation du travail de groupe (nombre d'élèves par poste, possibilité ou non de se réunir par groupes de 4 élèves ou non dans la classe, etc...). Enfin, notons également qu'au-delà de la différence de niveaux des classes étudiées, les thèmes choisis pour réaliser les expérimentations ont également différents, avec la géométrie pour les classes de quatrième (théorème de Pythagore et Volumes), et les probabilités et équations pour la classe de seconde.

Au travers de ces problèmes ouverts, nous avons donc souhaité étudier l'impact positif de la motivation des élèves sur l'apprentissage des notions, et nous avons cherché à savoir si le problème ouvert constitue un bon outil pour susciter cette motivation. En proposant deux problèmes en début et fin de séquences, nous avons cherché à générer un questionnement chez l'élève, qui lui donnerait envie d'acquérir les notions manquantes, puis une confirmation en lui proposant de mettre en application les connaissances acquises.

Qu'apporte la motivation à l'apprentissage ?

Les expériences menées en classes tendent à montrer qu'un élève motivé est effectivement plus efficace dans son processus d'apprentissage. Cela se caractérise en particulier par une plus grande attention en classe lorsque l'on aborde les thèmes en rapport avec les problèmes étudiés. Les élèves qui se sont intéressés au problème font également preuve de beaucoup plus d'autonomie et de bonne volonté, il n'est pas nécessaire de les pousser au travail, car ils cherchent spontanément à mettre en application les connaissances qu'ils ont acquises. On a également observé chez certains élèves une motivation issue de la volonté d'impressionner ses camarades ou son enseignant en résolvant un problème plus difficile que la moyenne. Comme pour les précédents, ces élèves sont particulièrement impliqués dans le travail et font preuve de beaucoup de ténacité devant la difficulté. Enfin, un troisième type de motivation a été observé, en particulier dans la classe de seconde, il s'agit de celle

créé par le challenge mathématique offert par les problèmes. Les élèves animés par cette motivation sont en général des élèves pour qui les mathématiques ne posent pas de difficultés et qui apprécient de résoudre des jeux et énigmes de nombres. Leur proposer un problème hors de leur portée, chose qu'ils n'ont pas l'habitude de rencontrer, les rend particulièrement tenace sur la tâche, et s'ils n'ont pas trouvé la solution, à être particulièrement attentif lors de l'explication de la méthode de résolution.

Le problème ouvert est-il un bon outil de motivation des élèves ?

La réponse à cette question est plus mitigée. Dans les deux expériences, nous avons, et les élèves également, relevé un niveau de bruit plus élevé que celui habituellement constaté en classe. Et bien que la plupart des groupes soit bruyant à cause des échanges d'idées ayant lieu à la table, ce bruit a été une gêne pour la concentration de certains élèves. Pour d'autres groupes, ce niveau sonore plus élevé et le travail moins encadré que d'habitude les a incités à attendre que la séance se passe et ils n'ont absolument pas été motivés pour tenter de résoudre les problèmes proposés. En revanche, pour la plupart des élèves, proposer un travail de groupe s'est avéré être un bon facteur de motivation, les élèves faisant preuve de beaucoup plus de ténacité pour résoudre le problème que s'ils avaient été seuls. Le cadre de travail est donc un facteur plutôt positif concernant la motivation de l'élève, mais il faut bien faire attention à maintenir une ambiance studieuse.

Concernant le premier problème, supposé éveiller la curiosité des élèves pour le cours concerné, les résultats sont plutôt positifs. Les retours de questionnaire montrent que les élèves sont curieux de connaître la notion manquante pour résoudre le problème. Durant le cours, nous avons constaté une attention plus soutenue de la part des élèves lorsque l'on reparle du problème et qu'on le replace dans le cadre du cours. De plus pour les élèves de seconde, il a été possible de modéliser les problèmes dans le cadre de l'apprentissage de Python et Geogebra. Ces séances ont été très positives et il n'a pas été nécessaire de pousser les élèves pour qu'ils réalisent ces travaux. Proposer un fil rouge au chapitre, un problème qui puisse servir de point de référence semble donc avoir un effet très positif sur la motivation de l'élève, qui voit immédiatement à quoi vont servir, et comment appliquer les outils qui lui sont présentés.

On note cependant que certains élèves se sont retrouvés complètement déboussolés par le cadre de travail. Leur proposer un problème plus difficile et moins guidé que d'habitude ne les a pas motivés, bien au contraire. Découragés d'avance, ils ont rejeté le problème en bloc et cette expérience a plutôt été un facteur d'inquiétude pour la suite du cours que de motivation. Après réflexion, nous avons estimé que ceci provenait de deux facteurs : le rendu d'un travail écrit, bien qu'il soit bien précisé qu'il ne sera pas évalué, bloque les élèves dans la rédaction de leur démarche car ils ont peur d'écrire quelque chose de faux. Ceci pourrait sans doute être corrigé en habituant plus les élèves à ce genre de travail et en leur faisant réaliser que le faux peut être un bon moyen pour l'apprentissage du vrai. Le second facteur négatif est dans la présentation même du problème. Annoncer qu'un travail sera plus difficile à des élèves déjà en difficulté est un fort facteur de découragement et incite les élèves à abandonner alors qu'ils sont capables de produire les premières étapes du raisonnement.

Le second problème, supposé conforter les élèves et leur proposer une application de leurs connaissances a eu un effet globalement positif conformément à l'effet attendu. Dans ces expériences, nous avons constaté une nette progression dans la résolution des problèmes ainsi que dans les procédures de recherche. Ces expériences, qui sont bien plus souvent conclusives pour les groupes sont donc également plus satisfaisantes pour les élèves. L'ambiance de classe plus studieuse lors de ces expérimentations et les résultats des QCM tendent à conforter ce sentiment.

Quelles sont les limites et perspectives de cette étude ?

L'étude menée lors de ce mémoire, bien qu'elle ait permis de tirer quelques conclusions, est limitée par sa faible durée dans le temps. En effet, sur deux chapitres, il est difficile de noter des différences significatives dans le comportement des élèves et les résultats aux tests écrits. De plus, en tant que jeunes enseignants, et n'ayant pas de classe de référence, il est difficile d'affirmer que les éléments relevés sont liés à la pratique du problème ouvert plutôt qu'aux chapitres en eux même, plus ou moins attractifs pour les élèves, à la présentation du cours ou à d'autres facteurs extérieurs. Il faudrait pour pouvoir affiner cette étude, reconduire l'expérience sur le plus long terme mais également ne pas la proposer dans certaines classes afin de pouvoir mener des comparaisons plus précises des changements induits par cette pratique.

Contrairement à ce que nous avons lu dans les textes, mettre les élèves en autonomie n'a pas eu l'effet de motivation attendu, on le voit en particulier lors des retours de QCM qui sont nombreux à signaler un manque de clarté dans les consignes et souhaiteraient avoir des exercices plus guidés. Ces deux caractéristiques propres au problème ouvert semblent donc être un facteur plus bloquant que motivant pour les élèves. Ceci s'explique en partie par la nouveauté de l'exercice. Les élèves ne sont pas habitués à travailler de cette manière et ont pu être déboussolé. Il serait encore une fois plus pertinent de prolonger cette expérimentation dans la durée pour supprimer le facteur de la nouveauté et ainsi pouvoir mesurer plus en détail l'importance de l'autonomie laissée aux élèves.

Enfin, l'étude a permis de relever que les élèves apprécient particulièrement lorsque l'on poursuit une expérience dans le temps et qu'on s'y réfère au fur et à mesure de l'avancée du chapitre. Les retours de questionnaire, particulièrement en quatrième, montrent qu'il est important de proposer un problème en lien avec le réel, ou mieux encore, avec le quotidien des élèves. Il semble donc parfaitement envisageable de proposer aux élèves des expériences pluridisciplinaire qui permettraient de faire le lien entre les différentes matières et avec le réel.

6. Conclusion

A l'issue des expérimentations réalisées dans le cadre de cet écrit scientifique réflexif, l'utilisation du problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages semble avoir été un apport positif pour les séquences présentées aux classes de 4^e et Seconde dont nous avons la charge. Plus particulièrement, l'utilisation du problème ouvert à la fois en début et en fin de séquence a permis au professeur d'ajouter davantage de sens aux apprentissages lors des séances d'institutionnalisation, permettant de ce fait à l'élève de mieux se rendre compte de l'évolution de son apprentissage au cours de la séquence. Malgré ces observations positives, cette étude reste cependant limitée à la fois par le faible nombre de séquences ayant servi pour les expérimentations, de même que par le nombre limité d'élèves ayant réalisé les problèmes. Les premières conclusions dressées au terme de cette étude pourront donc être confirmées en élargissant le panel de séquences étudiés, de même qu'en faisant participer un nombre plus important de classes de niveaux différents. La généralisation du problème ouvert comme apprentissage et approfondissement de notions mathématiques pourra par ailleurs permettre d'habituer et conforter les élèves sur l'utilisation de ce type d'exercices.

Références

- Champagnol, R. (1974). *Aperçu sur la pédagogie de l'apprentissage par résolution de problèmes*. Revue française de pédagogie.
- D., B. (1993). *La motivation scolaire*. Pédagogie Collégiale, Vol.7 N°1.
- Demonty, I. D. (2014a). *Analyse des régulations interactives entre élèves lors de la résolution d'un problème mathématique en groupe*. Cahiers des Sciences de l'Education - Université de Liège.
- Demonty, I. F. (2014b). *Tâches complexes en mathématiques : difficultés des élèves et exploitations collectives en classe*. Education et francophonie.
- E., R. R. (2004). *Self determination theory: a dialectic framework for understanding socio cultural influences on student motivations*.
- Fagnant, A. D. (2014). *Interactions entre élèves et phase de correction collective face à une tâche complexe de mathématiques : facteurs susceptibles de soutenir les apprentissages ou prothèses externes pour résoudre*. Universités de Liège et du Luxembourg.
- Kosyvas, G. (2010). *Problèmes ouverts : Notion, catégorie, difficultés*. Annales de didactique et de sciences cognitives - IREM de Strasbourg.
- Sarrazin, T. (2004). *Climat motivationnel instauré par l'enseignant et implication des élèves en classe : l'état des recherches*.
- Silver, E. A. (1995). *The nature and use of open problems in mathematics education: mathematical and pedagogical perspectives*. International reviews on mathematical education.

Année universitaire 2017-2018

DU Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Second degré

Parcours : Mathématiques

Titre de l'écrit scientifique réflexif : Le problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages des notions mathématiques

Auteur : Gabriel SIMI

Résumé :

Face aux difficultés des élèves français à remobiliser en dehors de contextes habituels d'apprentissage les notions mathématiques acquises, la mise en place d'outils permettant de pallier ces difficultés apparaît de plus en plus nécessaire. Le problème ouvert, dont le principe renvoie à un problème de recherche par les élèves qui ne les engage pas à une méthode spécifique de solution, fait partie de ces outils qui sont aujourd'hui utilisés de façon croissante par les enseignants en mathématiques. Dans cette étude, nous nous sommes interrogés sur l'utilisation du problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages des notions mathématiques. Pour tenter de répondre à cette problématique, plusieurs expérimentations ont été effectuées dans deux classes de 4^e et deux classes de Seconde. Les expérimentations ont été réalisées à deux reprises lors de deux séquences d'apprentissage, chaque fois avec un problème ouvert proposé en début de séquence pour provoquer un questionnement chez l'élève, et un problème ouvert proposé en fin de séquence pour évaluer l'apprentissage de l'élève sur la séquence. En se basant à la fois sur une description des séances d'expérimentation, sur l'analyse des copies d'élèves, et sur les réponses des élèves à un questionnaire, plusieurs résultats et perspectives peuvent être dressés. Tout d'abord, les élèves semblent motivés par les modalités d'organisation du travail au problème ouvert (en groupe), qui leur permet de confronter / expliquer leurs idées. De même, les élèves semblent plébisciter l'utilisation de problèmes ouverts traitant de sujet concrets leur permettant de mieux comprendre l'utilité de l'apprentissage de certaines notions mathématiques. Une fois cette « contextualisation » effectuée, les élèves apparaissent davantage moteur de leur apprentissage. Les conclusions dressées par cette étude restent cependant à vérifier, principalement du fait du nombre limité de classes ayant participé aux expérimentations (deux classes de 4^e et deux classes de Seconde).

Mots clés : problème ouvert, motivation, apprentissage, approfondissement

Année universitaire 2017-2018

DU Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Second degré

Parcours : Mathématiques

Titre de l'écrit scientifique réflexif : Le problème ouvert comme moyen de motivation aux apprentissages des notions mathématiques

Auteur : Gabriel SIMI

Abstract:

Faced with the difficulties of French students in mobilizing acquired mathematical concepts outside usual learning contexts, the implementation of tools to overcome these difficulties is becoming more and more necessary. The open problem, the principle of which refers to a problem of research by students that does not engage them to a specific method of solution, is one of those tools that are now used increasingly by mathematics teachers. In this study, we questioned the use of the open problem as a motivation for learning mathematical concepts. In order to try to answer to this problematic, several experiments were realized in two classes of 4th (French middle school) and 2 classes of Second (French high school). The experiments were carried out twice during two learning sequences, each time with an open problem proposed at the beginning of the sequence to induce a questioning in the student mind, and an open problem proposed at the end of the sequence to evaluate the learning of the student on the sequence. Based on a description of the experimentation sessions, the analysis of student copies, and student answers to a survey, several results and perspectives can be developed. First of all, the students seem motivated by the organization of the open problem work carried out during these experiments (in groups), which allowed them to confront / explain their ideas. Similarly, the students seem to favor the use of open problems dealing with concrete subjects allowing them to better understand the usefulness in learning certain mathematical concepts. Once this "contextualization" is done, the students appear to be the motor of their learning. The conclusions drawn by this study, however, remain to be verified, mainly because of the limited number of classes that participated in the experiments (two classes of 4th and two classes of Seconde).

Keywords: open problem, motivation, learning, deepening