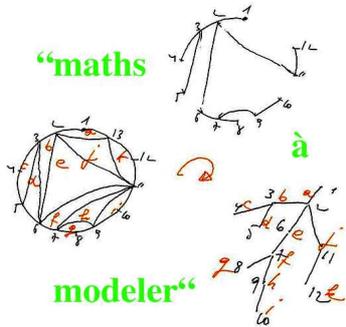


Atelier “Maths à Modeler”

Des situations recherche en Mathématiques Discrètes,
outil de formation et de vulgarisation.

Prakash Countcham Mnacho Echenim Loïc Forest
Julien Moncel* Aude Rondepierre Isabelle Sivignon



Tuteur: Sylvain Gravier, CR CNRS au Laboratoire Leibniz
(IMAG).

Remerciements

Nous remercions tout d'abord Sylvain pour son aide précieuse et ses interventions remarquées lors de la fête de la science et de notre première séance en classe. De même merci à toute l'équipe de « Maths à Modeler » pour son support logistique (jeux, caméra, matériel pour le séminaire). Ensuite, nous remercions Sylvie pour l'intérêt qu'elle a porté à notre projet en nous confiant deux de ces classes pendant quelques heures. Enfin, nous remercions l'équipe du CIES de Grenoble pour nous avoir permis de réaliser cet atelier riche en expériences.

Sommaire

Introduction	1
1 Les jeux	1
1.1 La Chasse à la Bête	2
1.2 Tout Noir-Tout Blanc	4
1.3 Savoirs mathématiques mis en jeu	5
2 Séances en classes	6
2.1 Préparation/Organisation	6
2.2 Déroulement des séances	9
3 Diffusion - Valorisation	14
3.1 Notre projet	14
3.2 Modeler les maths en dehors des écoles et des collèges	16
3.3 Une mission du supérieur vers le primaire et le secondaire?	18
Bilan de l'atelier	18

Introduction

Nous sommes allés animer six séances d'une heure de mathématiques dans deux classes de 5^e du Collège International de Grenoble. Nous avons proposé des jeux mathématiques aux enfants, que nous avons présentés comme étant des casse-têtes. Ces jeux étaient pourvus de supports matériels (plateaux et pions en bois). Les questions mathématiques qui sont derrière ces jeux sont des questions difficiles qui sont en fait des problèmes ouverts de Mathématiques Discrètes.

L'objectif de cette approche est d'amener de façon ludique les élèves vers une démarche de recherche en mathématiques et de les sensibiliser à l'activité scientifique en général. Cet atelier s'inscrit dans le cadre de l'ERTé¹ « Maths à Modeler »², qui vise à répondre à la désaffection croissante vis-à-vis des disciplines scientifiques, permettre une formation au raisonnement et à l'esprit critique et motiver les élèves en difficulté par l'utilisation des situations recherche³.

À la fin du cycle les élèves ont présenté leurs résultats lors d'un séminaire « Maths à Modeler Junior », au laboratoire Leibniz, auquel étaient conviés les parents d'élèves et les membres du laboratoire. À l'issue du séminaire les enfants ont fait jouer les parents, les chercheurs, et les enfants des autres classes au jeu qu'ils avaient étudié.

Dans le cadre de cet atelier, nous avons également animé des stands lors de la manifestation « Remue Ménage » à Echiroles (avril 2004) et à l'occasion de la fête de la science (octobre 2004).

Dans ce document nous relatons notre expérience. Dans la section suivante, nous décrivons brièvement les jeux proposés et nous évoquons les concepts mathématiques mis en jeu. Dans la troisième section nous décrivons la préparation et le déroulement des séances en classe. La section 4 est dédiée aux aspects de vulgarisation et de diffusion liés à cet atelier, et enfin dans la dernière section nous établissons un bilan de cet atelier.

1 Les jeux

Dans cette partie, nous présentons les jeux que nous avons proposé aux classes. Une classe a étudié un seul jeu pendant les six séances.

¹Equipe Recherche Technologie éducation

²Site web : <http://mathsamodeler.net>

³Travail (de préférence en groupe) sur des problèmes facilement abordables issus de la recherche scientifique. Ces problèmes débouchent sur des questions non encore résolues.

1.1 La Chasse à la Bête

1.1.1 Règles du jeu

Pour jouer à ce jeu, il nous faut un *terrain de jeu* (en général un plateau rectangulaire, en bois), des *mines* (des carrés en bois de la taille d'une case du plateau), et une *bête*, qui est une pièce (en bois ou en carton) constituée de plusieurs cases. Le but du jeu est de placer des mines sur le terrain de sorte pour empêcher la bête de se poser, sachant que la bête ne peut pas se poser sur une case occupée par une mine (voir figure 1).

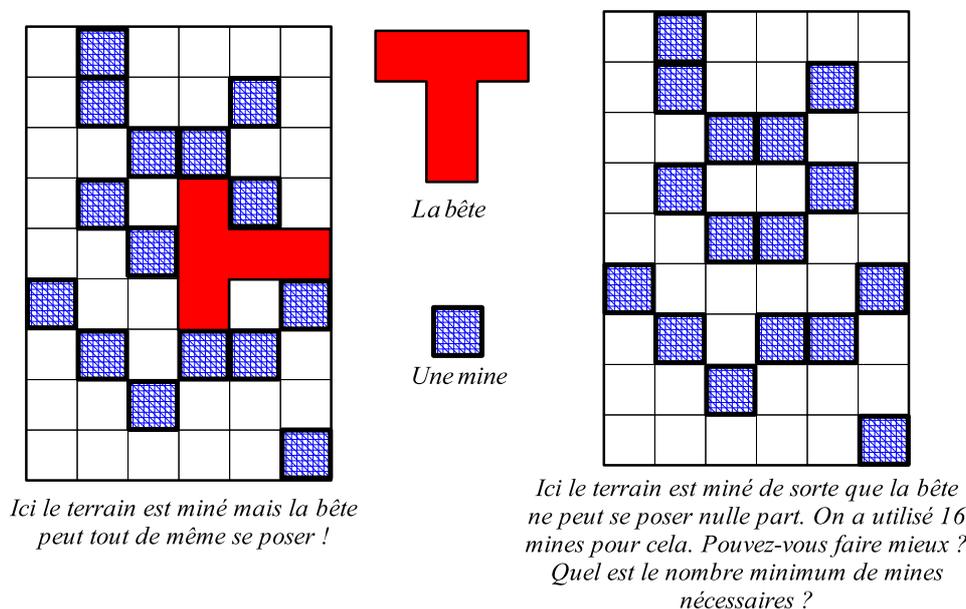


FIG. 1 – Règle du jeu *La Chasse à la Bête*.

Si nous ne donnons pas de restrictions sur le nombre de mines disponibles, ce problème est trivial : il suffit de poser une mine sur chaque case du terrain pour empêcher toute bête de se poser. Ainsi, on demande de trouver le nombre minimum de mines empêchant la bête de se poser.

Pour ce jeu nous avons fait varier deux paramètres : la taille et la forme du terrain de jeu, ainsi que la taille et la forme de la bête.

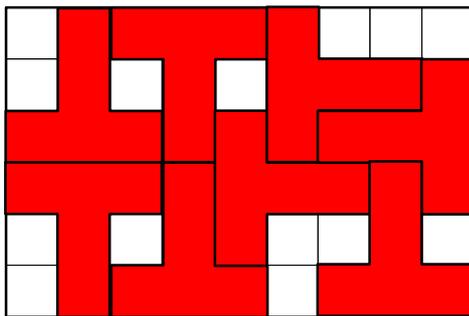
1.1.2 Savoirs mathématiques mis en jeu

De nombreux concepts mathématiques importants se cachent derrière ce jeu. Par exemple, lorsque nous jouons sur des rectangles de hauteur 1 et de longueur indéterminée, les enfants arrivent rapidement à trouver une formule pour le nombre minimum de mines nécessaire pour exclure une bête. Dans

cette activité, on peut dénombrer au moins trois concepts mathématiques importants :

- **abstraction** du n , nombre de cases du rectangle, pour établir une **formule** ;
- preuve par **induction** pour montrer la validité de la formule ;
- distinction des cas **modulo 2, 3 ...** selon la taille de la bête.

L'**argument de pavage** est le concept central qui est mis en avant dans la *Chasse à la Bête*. Cet argument est le suivant : si nous arrivons à poser t bêtes sur le terrain de jeu de sorte qu'aucune case n'est occupée par plus d'une bête, alors il faudra au moins t mines pour empêcher la bête de se poser (voir figure 2). Les enfants sont alors amenés à chercher le nombre maximum de bêtes qui peuvent se poser dans ces conditions. Cet argument nous donne une **borne inférieure** sur le nombre de mines à utiliser, qui est un concept important et pas si facile à comprendre : le fait de pouvoir poser au maximum t^* bêtes sur le terrain ne garantit pas qu'il est possible de chasser la bête avec t^* mines !



On peut poser 8 bêtes sur le terrain de jeu, il faut donc au moins 8 mines pour empêcher la bête de se poser...

FIG. 2 – L'argument de pavage dans le jeu *La Chasse à la Bête*.

En fait, le problème de minimiser le nombre de mines pour chasser la bête et celui de maximiser le nombre de bêtes pouvant se poser sur le plateau sont deux **problèmes duaux** : il s'agit des problèmes d'**empilement** et de **recouvrement**. Les propriétés de cette relation de dualité (le *maximum* de l'un est une borne inférieure du *minimum* de l'autre, ce qui fournit une preuve d'optimalité dans le cas où l'on exhibe un recouvrement de même cardinalité qu'un empilement maximum) sont concrétisées sur le plateau de jeu.

1.2 Tout Noir-Tout Blanc

1.2.1 Présentation du jeu

Personne ne saurait dire précisément qui a conçu ce jeu, mais de l'avis général, il s'agirait d'un électricien dément.

Le principe du jeu est le suivant. Sur un plateau de jeu constitué de cases, il y a des ampoules (représentées ici par des cercles), certaines allumées (cercles blancs), les autres éteintes (cercles grisés) ; c'est la *configuration initiale* (dessin de gauche de la figure 3). Le but du jeu est de passer de cette configuration initiale à la *configuration finale* (dessin de droite de la même figure), en allumant et éteignant certaines ampoules.

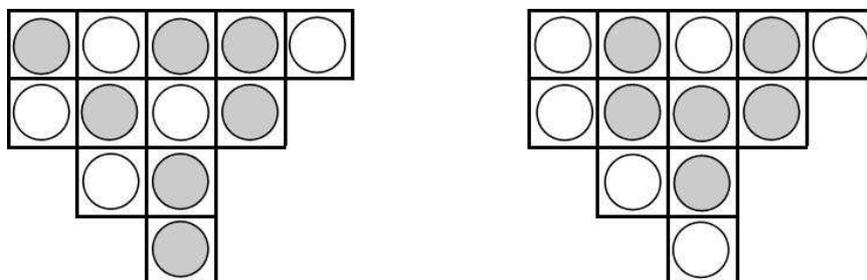


FIG. 3 – Configurations initiale et finale

Chaque ampoule possède un interrupteur qui lui permet de changer d'état (passer d'allumée à éteinte, ou vice-versa) ; le problème est qu'elle est reliée à ses quatre voisines cardinales, qui changent d'état *en même temps qu'elle*. La figure 4 montre donc ce qui se passe quand on éteint l'ampoule située au centre du plateau.



FIG. 4 – Changement d'état des ampoules

C'est donc ce phénomène de *propagation* qui rend le problème non trivial. Par exemple, la figure 5 montre une solution qui permet de passer de la

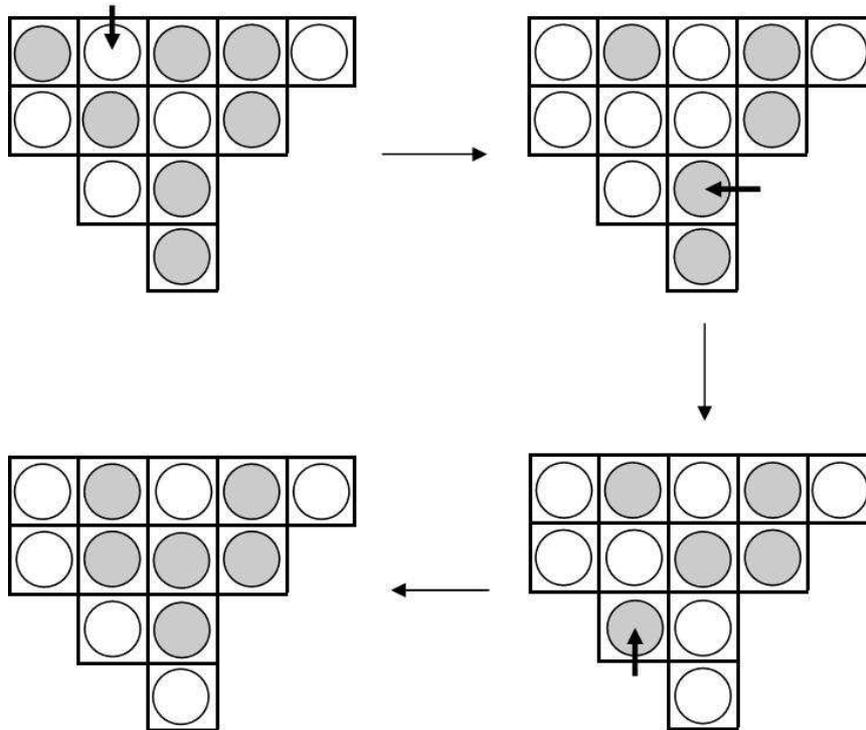


FIG. 5 – Une solution au problème de la Figure 3

configuration initiale à la configuration finale dans la figure 3. Y en a-t-il une autre ?

1.2.2 Simplification du problème

Pour simplifier le problème, nous avons choisi des plateaux de jeux réguliers (des carrés, des rectangles), et demander aux élèves de passer d'une configuration initiale où toutes les ampoules sont éteintes (« tout noir »), à une configuration finale où toutes les ampoules sont allumées (« tout blanc »). Les deux paramètres que nous avons fait varier sont donc la longueur et la largeur du plateau de jeu.

1.3 Savoirs mathématiques mis en jeu

Les principaux concepts qui ressortent de ce jeu sont :

- les **arguments de bornes**, qui permettent de démontrer l'optimalité d'une solution. Les élèves arrivent à des justifications telles que « il faut

au moins allumer tant d'ampoules, puisque chacune modifie l'état d'*au plus* tant d'ampoules » ;

- l'**abstraction du nombre de cases** du plateau de jeu, pour établir une **formule** dans le **cas général**, et utilisation du **modulo** : « si le nombre de colonnes de mon plateau est un multiple de 3, je sais que j'ai une solution en effectuant telles manipulations » ;
- les **arguments de pavage** : « comme je peux paver mon plateau avec cette figure, je sais sans avoir besoin de le vérifier qu'il existe une solution en allumant telles ampoules ».

En général, ces concepts apparaissent aux élèves quand ils jouent sur des plateaux avec un nombre très réduit de lignes (3 au maximum). Ceci est dû au fait que les solutions sont plus simples à trouver, et souvent régulières. Les élèves arrivent donc assez bien à généraliser leurs résultats dans ces cas là.

Évidemment, il y a d'autres concepts moins formels mis en jeu. Le plus important est le problème de la notation : les élèves ont pu se rendre compte de l'importance de cette dernière en faisant évoluer la façon dont ils notaient leurs solutions afin de les rendre les plus concises possible.

2 Séances en classes

2.1 Préparation/Organisation

Rappelons que le but de notre atelier n'est pas de fournir un savoir pré-conçu aux élèves. Au contraire, nos interventions en classe doivent exclusivement donner un cadre où l'enfant puisse développer ses propres réflexions. De ce fait, et c'est toute la difficulté de notre projet, il s'agit d'encadrer les élèves afin de les faire accéder à certains fondements du raisonnement sans pour autant leur donner d'avance les « clés » du problème.

2.1.1 Préparatifs

Avant notre première séance en classe, nous nous sommes donc réunis plusieurs fois pour débattre et préciser l'organisation des séances. Nous avons donc soulevé plusieurs questions : combien de séances ? combien d'élèves par groupes ? comment définir une progression logique des séances ? comment nous organiser pour réussir à faire intuitiver aux élèves les notions que nous avons choisies ? Nous tenions à ce qu'il y ait une réelle progression logique dans les séances pour que les enfants puissent construire leur réflexion sur des résultats intermédiaires. Pour motiver les élèves et valoriser leurs efforts, nous prévoyions d'organiser un séminaire junior au laboratoire Leibniz au

cours duquel les élèves présenteraient leurs résultats et leurs réflexions.

En concertation avec l'enseignante de mathématiques des deux classes de 5^e et avec l'accord du proviseur du collège, nous disposons de 5 séances en classe d'une heure et d'une séance de plus consacrée au séminaire. Nous avons également obtenu des autorisations auprès du proviseur et des parents d'élèves pour filmer les enfants au cours des séances et du séminaire⁴.

D'un point de vue matériel, le groupe « Maths à Modeler » possède déjà de très nombreux plateaux de jeu (grilles pouvant servir aux deux jeux que nous avons choisis) de différentes tailles ainsi que des pièces de formes variées servant de « bêtes ». Nous disposons de plus de quelques pions bicolores pour le jeu *Tout noir-Tout blanc*, mais pas en nombre suffisant pour le nombre d'élèves que nous allons encadrer. Nous avons donc acheté (grâce aux fonds de Maths à Modeler) des jetons unicolores, puis organisé des séances de peinture de ces pions pour que les élèves puissent jouer.



2.1.2 Organisation en classe

D'un point de vue pratique, nous avons décidé que trois moniteurs interviendraient dans chaque classe. Les élèves seront regroupés par quatre ou cinq, pour un total de cinq ou six groupes par classe. De plus, chaque classe s'intéressera à un jeu seulement. La classe ayant les effectifs les plus élevés jouera à la *Chasse à la bête* puisque ce jeu a déjà été testé en classe par le groupe « Maths à Modeler ». L'autre classe qui ne compte que 18 élèves jouera à *Tout noir-Tout blanc*, jeu qui n'a jamais été testé dans ce contexte.

2.1.3 Planning des séances

Voici le résultat de nos réflexions et le planning des séances tel qu'il était prévu au départ :

Séance 1 : À la découverte du jeu. L'objectif de cette première séance est double : dans un premier temps, prendre contact avec les enfants et former les groupes. Dans un second temps, manipuler et se familiariser avec le jeu. Nous insistons sur l'importance de prendre des notes tout au long des

⁴la vidéo est disponible en ligne à l'adresse : <http://www.mathsamodeler.net/>

séances en vue du séminaire final, présenté comme l'enjeu des recherches.

Chasse à la Bête Il s'agit tout d'abord de présenter le problème au tableau dans le cas d'un territoire complexe et d'une bête non triviale. Le problème étant compliqué, les élèves se ramènent à un territoire carré 8×8 . Ensuite chaque groupe choisit (et éventuellement invente) plusieurs bêtes à tester.

Tout Noir-Tout Blanc Nous choisissons, comme pour l'autre jeu, de présenter le problème au tableau, en jouant avec des ampoules éteintes/éclairées sur une grille quelconque avec des configurations initiales et finales quelconques. Comme le jeu ainsi présenté est compliqué, les élèves se ramènent aux configurations « tout noir » et « tout blanc » sur une grille 5×5 dans un premier temps. La solution à ce problème reste compliquée, et cela permet de leur faire toucher du doigt la difficulté intrinsèque du jeu qui leur est proposé. À la mi-séance, les élèves se ramènent à une grille carrée de plus petite taille.

Séance 2 : De la nécessité d'une preuve et de notations.

Chasse à la Bête On simplifie encore le problème en se ramenant à un échiquier 5×5 . Cette fois-ci, les bêtes sont « imposées » : nous proposons aux élèves successivement quatre bêtes : le carré simple, le domino, le trimino droit puis le trimino coudé. Nous distribuons à chaque groupe plusieurs bêtes identiques pour qu'ils prennent l'initiative de paver l'échiquier.

Le but de cette séance est vraiment de faire douter l'enfant pour l'inciter à faire des preuves. À chaque fois que l'enfant propose une solution, se pose la question : « Peut-on faire mieux ? et sinon, pourquoi ? ». Nous prévoyons également d'amorcer des généralisations des jeux à des échiquiers de taille $n \times n$.

Tout Noir-Tout Blanc Un des premiers problèmes qui survient lorsque l'on s'intéresse au jeu *Tout noir-Tout blanc* est la notation : comment noter les solutions que l'on trouve de manière simple ? Le but de cette deuxième séance est donc de les faire réfléchir à ce problème, en leur faisant résoudre les cas des grilles 2×2 , 3×3 et 4×4 . La question de l'importance de l'ordre dans lequel les coups sont joués intervient aussi à ce moment-là.

Séance 3 : Preuves et solutions.

Chasse à la Bête Dans cette séance, nous continuons le travail amorcé à la précédente. Puis nous introduisons différents territoires abstraits : grille $1 \times n$, $2 \times n$,... L'objectif essentiel est d'amener chacun des groupes à paver l'échiquier et à construire des preuves d'optimalité.

Tout Noir-Tout Blanc Comme pour l'autre jeu, nous prévoyons de travailler sur la construction de preuves d'optimalité (notamment sur la grille 4×4). Nous élargissons de plus les types de grilles étudiées en introduisant des grilles de la forme $1 \times n$, $2 \times n$, où l'abstraction introduite par la variable n est un point délicat. L'objectif de cette étude est alors de les faire réfléchir à une « formule » permettant de calculer le nombre optimal de coups à jouer pour une grille donnée.

Séance 4 : Fin des recherches et préparation du séminaire. Cette séance est partagée en deux phases : tout d'abord, les élèves terminent leurs recherches. Ensuite, nous distribuons le matériel (transparents et feutres). Nous avons au préalable réfléchi à un plan de l'exposé final, ainsi chaque groupe s'en voit attribuer une partie à réaliser (sous la direction de l'un d'entre nous).

Séance 5 : Elaboration des transparents. Cette séance est entièrement consacrée à la réalisation des transparents. Dès que ceux-ci sont prêts, nous organisons une répétition générale.

Séance 6 : Le séminaire. Chaque classe expose le résultat de ses recherches aux autres classes, aux parents et aux chercheurs présents. Ensuite tous sont invités à tester les jeux par eux-mêmes.

2.2 Déroulement des séances

Après ces plusieurs semaines de préparation, arrive enfin le moment de la mise en pratique.

Les premières séances.

La première séance est forcément un événement puisque nous l'avons attendue depuis longtemps et surtout puisqu'elle nous a permis de connaître nos élèves. Le premier contact est toujours important, il conditionne beaucoup la suite. Il s'agit de la première rencontre entre nous les moniteurs, et les élèves de 5^e mais aussi de la découverte des jeux mathématiques pour les élèves. Pour aider les élèves à se familiariser avec ces jeux, nous les avons présentés

comme prévu en les mettant en scène. Nous avons par exemple parlé de chasser une bête constituée d'un ensemble de cases avec des cartouches (ou des mines) d'une case. Les élèves ont été répartis en plusieurs groupes. Chaque groupe comprenant entre 4 et 6 élèves qui manipulent sur le même support. Nous avons incité les élèves à se construire une bête pour ensuite la chasser. Dans le cas du jeu *Tout noir-Tout blanc* les élèves ont pu tenter de trouver la solution du problème 5×5 . Ils peuvent ainsi commencer à connaître le jeu et comprendre par la manipulation les problématiques qui leur sont proposées. C'est le temps des premières questions et nous commençons alors à discuter avec eux sur les jeux.

Les élèves ont été naturellement intéressés par le jeu proposé. Il est évident qu'une grande partie de cet intérêt vient du changement par rapport à leur cours de mathématiques « traditionnel ». Ils sont aussi attirés par la mise en forme ludique du problème. Le revers de la médaille de l'aspect « jeu » est que certains élèves changent de jeu et échafaudent des constructions. Comme nous étions au moins trois moniteurs par séance, nous arrivions à suivre régulièrement l'avancée des différents groupes. Cet accompagnement permanent nous a notamment permis d'essayer de recentrer le débat lorsque certains élèves s'éparpillaient trop longtemps. L'enseignante nous a également bien aidés à maintenir les élèves concentrés.

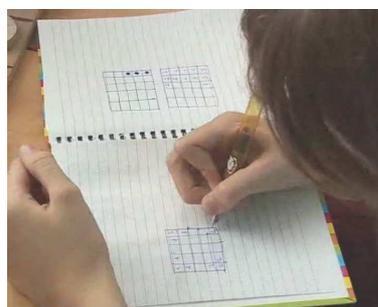


Ces jeux peuvent engendrer des problèmes relationnels entre les enfants. Il s'agit déjà de former des groupes par affinités. Ceci ne fut pas très compliqué à part pour quelques élèves en particulier qui ne se sentaient pas très bien dans un groupe. Nous avons alors procédé à des changements. Une fois la constitution des groupes stabilisée, les problèmes viennent surtout de la capacité des membres du groupe à travailler ensemble. Comme chaque groupe ne possède qu'un jeu, les élèves sont parfois mal organisés dans leur travail, ce qui peut entraîner des tensions. Par exemple, on a vu des élèves balayer le plateau de jeu qu'un de leur camarade s'efforçait à remplir sous prétexte qu'il pensait avoir soudainement trouvé la solution.

Les jeux proposés avaient un intérêt particulier au niveau de l'organisation du travail. En effet, on a demandé aux élèves de bien réfléchir à comment noter leurs progressions et leurs résultats. La façon de noter mérite une réflexion. Dans le cas du jeu *Tout noir-Tout blanc*, les élèves ont en général com-

mencé par noter leurs solutions en dessinant toutes les étapes en intégralité, c'est-à-dire en représentant à chaque nouveau coup joué la nouvelle configuration du plateau. Ils constatent par la suite que l'ordre des coups n'a pas d'importance et qu'on peut représenter une solution par un seul échiquier où l'on marque l'emplacement des coups à jouer. Ils prennent aussi conscience progressivement de l'utilité de prendre des notes pour justement éviter les « balayages intempestifs » ou les répétitions multiples de la même expérience. Il a cependant fallu insister plusieurs fois pour que les élèves prennent bien des notes en vu du séminaire.

Lorsque « notre première sonnerie » retentit, nous sommes étonnés d'être déjà arrivés au terme de cette première séance. Le temps s'écoule très vite, nous devons le prendre en compte pour la suite de nos interventions puisque nous avons eu une première approche du rythme des élèves. Nous nous sommes aussi rendu compte de la nécessité de maintenir des réunions régulièrement pour



pouvoir faire le point sur chaque séance et préparer la prochaine intervention. Nous avons ainsi préparé les séances en nous appuyant sur le planning prévisionnel établi avant le début de nos interventions mais en essayant aussi d'adapter les contenus en fonction des enseignements issus de nos interventions pratiques. Nous avons ainsi par exemple constaté assez rapidement que certains groupes avançaient nettement plus vite que d'autres. Comme nous étions nombreux à intervenir, il a été possible d'adapter le programme selon les groupes. Le programme que nous avons établi prévoyait plutôt une avancée groupée de la classe sur les différentes notions mais nos réunions entre les séances nous ont permis d'adapter nos exigences par rapport aux réactions des élèves. Nous avons préféré que les groupes moins rapides intègrent moins de choses mais correctement. En plus de l'adaptation du programme, il fut nécessaire d'essayer d'adapter aussi notre discours en fonction des groupes pour maintenir au mieux la motivation des élèves. Ceci est particulièrement vrai lorsqu'il s'agit de répondre aux questions des élèves concernant des demandes d'indications. La difficulté est d'arriver à trouver le bon compris entre les laisser chercher le plus possible et ne pas les décourager.

Si tous les groupes sont, lors des premières séances, volontiers prêts à persévérer, ce n'est plus le cas aux alentours de la troisième ou de la quatrième séance. Ceci est dû à un effet de lassitude : le jeu n'est plus pour eux une découverte et ils ont l'impression qu'on leur demande de refaire tou-

jours un peu la même chose. Le cap de la troisième séance est un peu délicat puisqu'en plus de devoir maintenir l'intérêt des élèves, la difficulté de leurs tâches augmente. Ils doivent en effet commencer à vraiment démontrer certains résultats sans se contenter de simplement manipuler et de s'arrêter à des « on voit bien que... » ou des « ben c'est comme ça ! ». Certains groupes appréhendent cette augmentation de la difficulté sans le moindre découragement alors que d'autres ont plus ou moins tendance à attendre que le temps passe. D'une manière générale, nous avons voulu stopper les dynamiques de découragement en distillant les indications plus rapidement à certains. Les groupes les plus passionnés ont pu aller assez loin dans les raisonnements, jusqu'à établir des formules sur le nombre de coups à jouer pour *Tout noir-Tout blanc* ou sur le nombre de mines à disposer pour la *Chasse à la bête* en fonction de la taille d'un échiquier d'une ligne. La difficulté de nos interventions sur la fin fût d'arriver à satisfaire les groupes qui en demandaient toujours plus et à préserver l'attention de ceux qui peinaient davantage.

Les dernières séances.

L'approche du séminaire final vint modifier quelque peu le déroulement habituel des séances. Les dernières séances ont requis une mobilisation toute particulière. Les réunions de préparation furent plus longues puisque nous avons dû réfléchir précisément à la composition de la présentation de chaque groupe pour le séminaire. Nous avons donc élaboré les plans des exposés, fait des cro-



quis des transparents, et affecté les différentes parties aux groupes selon leurs affinités avec le sujet à traiter. Nous avons également établi un programme de travail spécifique pour chaque groupe en fonction de la présentation. Nous avons de plus décidé de faire au moins une répétition générale de l'exposé lors de la toute dernière séance. Pour pouvoir réaliser tout ce que nous avons prévu, nous avons conclu à la nécessité d'avoir un moniteur par groupe d'élèves. Les dernières séances pour chaque classe furent ainsi encadrées par au moins 4 ou 5 moniteurs. Le fonctionnement à un moniteur par groupe a permis de capter de nouveau l'entière attention des élèves pour terminer les dernières recherches et se focaliser sur le nouveau but : préparer le fameux séminaire.

L'exercice de préparation des transparents a été réalisé avec une extrême application : les élèves ont vraiment eu à coeur de produire de jolis transparents pour présenter leur travail à tout le monde. Cette nouvelle manipulation pratique les a vraiment tous mobilisés, même ceux qui se sentaient de moins en moins concernés par les jeux. Chaque moniteur a réparti à chaque membre de son groupe les thèmes des transparents. Les élèves ont pour la plupart préféré réaliser un brouillon avant de se lancer dans la réalisation définitive à coup de feutres indélébiles. Chaque élève avait donc une tâche bien spécifique à accomplir. Ils devaient ensuite chercher comment expliquer le contenu de leur(s) transparent(s) en vue de leur passage à l'oral. Certains, un peu inquiets, ont voulu tout de suite écrire leurs phrases pour être sûr de ne pas les oublier. D'autres ont préféré retenir une phrase dans leur tête. Tous se sont ensuite adressés à nous plutôt naturellement pour savoir si leurs phrases étaient « bien ». Nous avons juste eu le temps pour chaque groupe de terminer la dernière séance par une répétition générale. Nous indiquions alors à nos élèves lorsque c'était leur tour. Certains étaient déjà un peu stressés à l'idée de prendre la parole devant la classe. Certains de ceux qui avaient voulu se passer d'écrire leurs phrases ont eu quelques difficultés à retrouver ce qu'ils voulaient dire. Cependant, en moyenne nos élèves s'en sortent bien. Ceux qui ne se sentent pas très sûr d'eux viennent nous voir à la fin de la dernière séance pour répéter encore une fois leur discours.

Le séminaire.

Nous arrivons alors à l'ultime étape, celle du séminaire au laboratoire Leibniz. Nous allons chercher les enfants au collège pour ensuite les accompagner au laboratoire. Nous en profitons pour discuter un peu avec eux pour les mettre à l'aise. Ils arrivent dans la grande salle du séminaire un petit peu nerveux. Pour le passage de chaque classe, nous les accompagnons pour les avertir de leurs passages. Ils sont surpris lorsqu'à la fin de leur séminaire, comme pour tout séminaire qui se respecte, le responsable de la session (Sylvain Gravier) demande à l'assemblée s'il y a des questions. Si la majorité des élèves interrogés fut largement déconcertée puisqu'ils devaient alors improviser leurs textes, quelques-uns ont remarquablement répondu, avec sérénité et assurance. Les élèves sont rassurés après leur passage, ils ont tous réussi à s'exprimer correctement.

Une fois le séminaire achevé, l'ensemble des acteurs et des spectateurs étaient invités à un « brunch » que nous avons organisé dans la cafétéria du laboratoire. Nous avons aussi disposé des tables et des jeux pour que les élèves puissent se montrer mutuellement leurs jeux. Certains enfants ont aussi eu la possibilité de montrer fièrement leurs résultats à leurs parents. Ainsi s'achève notre intervention avec nos classes de 5^e que nous ramenons au collège.



3 Diffusion - Valorisation

La question de la diffusion et de la valorisation peut tout d'abord se poser pour notre projet de monitorat en lui-même. Mais nous pouvons aussi nous interroger sur notre participation à la valorisation de l'activité « Maths à Modeler », qui englobe des projets comme le nôtre.

3.1 Notre projet

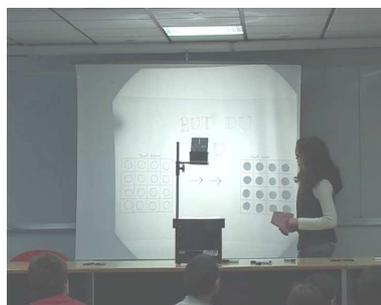
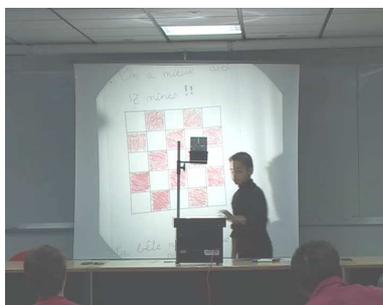
Nous avons passé la plupart du temps de notre projet de monitorat soit entre nous pour des réunions, soit avec les classes de 5^e. Nous avons cependant aussi dédié une partie de notre temps à des activités permettant une certaine visibilité de notre action pour l'extérieur. Déjà, l'organisation du séminaire final a permis une présentation des travaux devant les parents et les chercheurs du laboratoire Leibniz qui ont souhaité venir. L'utilisation du site internet de « Maths à Modeler » nous a donné la possibilité de publier sur le web certains résultats de notre projet.

3.1.1 Séminaire au laboratoire

Pour motiver les enfants, nous leur avons fixé comme objectif une présentation au Laboratoire Leibniz. Ce séminaire a bénéficié de la même préparation et de la même forme qu'un séminaire scientifique traditionnel, excepté le fait que les enfants sont les orateurs. Le public était donc composé :

- des enfants des deux classes encadrées (l'une ne connaissant pas le sujet de l'autre) ;
- des enfants d'une autre classe de 5^e (du collège Montessori), ayant travaillé sur un autre jeu de « Maths à Modeler », le solitaire ;
- les enseignants et les parents d'élèves qui étaient disponibles au moment de la présentation ;
- des chercheurs du laboratoire.

Quoiqu'il en soit, la salle de conférence n'avait jamais été aussi remplie.



Ce séminaire met en jeu d'autres compétences en plus des savoirs mathématiques abordés pendant les séances. Tout d'abord, il s'agit sans doute de la première présentation publique de ces enfants, qui de plus est filmée ! Les enfants ont donc pu appliquer des techniques de présentation testées pendant les séances de préparation, à savoir utiliser un rétroprojecteur, poser le transparent dans le bon sens, ne pas se mettre en face de la lumière, faire face au public, et parler tout en montrant des choses sur le transparent.

Ensuite, il a fallu que les enfants maîtrisent leur stress, car il n'est pas du tout évident à l'âge de douze ans de faire une présentation dans un laboratoire de recherche, devant des personnes que l'on ne connaît pas. Nous n'avons pas été jusqu'à leur apprendre des techniques de respiration, mais nous avons dû les rassurer assez régulièrement.

Les puristes des présentations trouveront sans doute des choses à redire, mais en ce qui nous concerne, l'objectif a été atteint. En effet, chaque élève a su s'exprimer correctement pendant l'exposé et malgré le grand nombre d'intervenants, la présentation de chaque jeu avec les résultats obtenus a été très largement compréhensible.

3.1.2 Stands de présentation

À la fin du séminaire, toujours dans le laboratoire, les enfants animèrent des stands, à la manière de la fête de la science, pour que leurs camarades des autres classes et les parents d'élèves puissent mettre en pratique les jeux présentés au cours des exposés.

Ils ont pu ainsi apprécier le travail des autres enfants par la pratique, en manipulant. Les enfants, après avoir été les orateurs de la matinée sont à ce moment-là en quelque sorte les acteurs de la diffusion scientifique.

3.1.3 Site Internet

Pour assurer une certaine pérennité de leur travail, nous avons écrit une page Web où sont accessibles leur transparents (<http://www-leibniz.imag.fr/MAM/journees/SeminaireMAMJunior.html>).

Sur cette même page se trouvent des montages vidéos de leurs exposés, qui peuvent intéresser les élèves ainsi que leur famille, mais également des didacticiens ou le CIES... Le site permet ainsi d'archiver les documents produits dans le cadre de notre projet de monitorat et de les laisser visibles.

3.1.4 Journée « Maths à Modeler »

Le responsable de cet atelier, J. Moncel, a eu l'occasion de présenter notre activité aux membres de l'ERTé « Maths à Modeler », lors de la Journée « Maths à Modeler » du 12 Novembre 2004⁵. Les **aspects didactiques** du jeu *Chasse à la Bête* ont été discutés dans un exposé d'une vingtaine de minutes. Par aspects didactiques on entend : savoirs mathématiques émergeant de l'activité ludique, et façons qu'ont eu les enfants de les appréhender. Cet exposé présentait l'ensemble des questions mathématiques que nous avons rencontrées lors des séances en classe ainsi que les arguments que nous avaient proposé les enfants. Lorsque leurs arguments étaient faux, ils étaient bien souvent l'expression de difficultés conceptuelles que nous n'avions pas anticipé. L'exposé a été très apprécié par les auditeurs, qui ont posé de nombreuses questions.

3.2 Modeler les maths en dehors des écoles et des collèges

L'animation dans le collège était certes notre activité principale, mais cela ne nous a pas empêché de participer à d'autres événements, permettant également la diffusion des activités de « Maths à Modeler ». Citons :

3.2.1 Les pionniers

Au mois d'avril 2004, des moniteurs ont participé aux Pionniers à la butte d'Échirolle. Pendant une semaine, des élèves de classe de primaire sont venus dans un gymnase aménagé avec un certain nombre de stand d'activités mathématiques. Comme les élèves se déplacent en libre service de stand en stand, il faut être à la fois capable d'expliquer rapidement et de manière

⁵On peut retrouver le programme de cette Journée sur le site de l'ERTé « Maths à Modeler » : http://www-leibniz.imag.fr/MAM/journees/journee_2.php

compréhensible un jeu de recherche, et en parallèle d'aiguiller d'autres enfants qui connaissent déjà les règles du jeu, mais qui bloquent pour trouver des solutions.

3.2.2 La fête de la science en octobre 2004

Pendant la fête de la science, les moniteurs de l'atelier « Maths à Modeler » ont prêté main forte à l'équipe permanente.

Ainsi, certains ont été jusqu'à la Verpillère pour montrer à des enfants comment on peut faire de la recherche en mathématiques. Le stand accueille chaque heure une classe d'école primaire de la Verpillère, puis cette même classe se dirige vers d'autres stands à caractère scientifique. Là encore, les enfants découvrent les jeux de « Maths à Modeler ». Ce n'était pas une journée perdue, car le soir, certains enfants se sont trouvés une vocation de chercheur.

Nous avons aussi participé à l'animation de la fête de la science organisée sur le campus, à la Maison Jean Kuntzmann. Cette fois-ci, le public était majoritairement lycéen et universitaire. Les jeux s'adaptent parfaitement quel que soit le public. Encore un exemple : à la fin de la journée ce sont des doctorants et des chercheurs qui se sont cassé la tête sur les jeux.



Lors de cette journée les jeux étaient présents sous la forme traditionnelle (en bois) et aussi sous forme de jeu vidéo⁶, installés sur deux PC. On remarque que les étudiants et lycéens préfèrent généralement la forme traditionnelle à la forme virtuelle contrairement à ce qu'on pensait. Avec la forme traditionnelle, les élèves peuvent davantage manipuler et réfléchir en groupe. Pendant cette journée, les classes de lycée arrivaient accompagnées de leur enseignant de mathématiques ou de physique. Les enseignants se prennent souvent au jeu, en tout cas ceux qui acceptent de risquer d'être en situation de *ne pas savoir faire* devant leurs élèves. Tous montrent un réel intérêt pour notre stand tout comme l'enseignante de mathématiques des classes de 5^e du collège international qui avait soutenu notre projet. Tout ceci porte à croire que les enseignants du primaire et du secondaire ainsi que les élèves sont demandeurs d'expériences pédagogiques nouvelles. Ce nouveau regard peut émaner notamment de la recherche qui a sans doute là une mission envers le primaire et le secondaire. Ce thème fut traité cette année par le congrès « Le goût des sciences ».

⁶« Les 7 Énigmes de K'stêt ». Auteurs : Sylvain Gravier et Charles Payan. Edité par *Génération 5*.

3.3 Une mission du supérieur vers le primaire et le secondaire ?

C'est pendant la période de nos interventions et tout près du collège international (curieuses coïncidences) que s'est tenu le congrès intitulé « Le goût des sciences », organisé par la CCSTI de Grenoble. Le thème principal du congrès était de s'interroger sur la désaffection des jeunes vis-à-vis des études scientifiques. Les propos furent illustrés par de nombreux témoignages d'actions régionales et européennes menées dans des écoles, collèges et lycées. Ces actions étaient souvent élaborées par des chercheurs ou des enseignants chercheurs. Notre tuteur, Sylvain Gravier, y a d'ailleurs présenté les activités de « Maths à Modeler ».

Au sortir de ce séminaire, il apparaît évident que les chercheurs ont un rôle à jouer dans l'enseignement des sciences avant le bac, en apportant un autre regard. Un tel congrès permet de valoriser les actions déjà entreprises. On reste impressionné par la volonté des acteurs (chercheurs, enseignants, élèves, ...) pour de tels projets. La grande difficulté restante est sans doute de coordonner toutes ces bonnes initiatives en les rendant plus visibles par une meilleure diffusion, chaque action présentée dans ce séminaire apparaissant nettement indépendante de toute autre. Une intégration de l'information générée par les expériences existantes permettrait une réutilisation matérielle et/ou conceptuelle. Ceci permettrait de résoudre en partie l'un des freins de ce type de projet : le manque de temps des chercheurs.

Bilan de l'atelier

L'objectif de nos interventions dans les deux classes de 5^e était principalement d'initier nos jeunes élèves à la recherche. À travers le jeu, nous avons voulu les guider vers une démarche scientifique. Bien entendu, chaque enfant évolue à son rythme et nos interventions n'ont certainement pas eu le même « impact » sur chacun. Par exemple, pour les deux jeux auxquels nous nous sommes intéressés, certains enfants réussissaient sans difficulté à appréhender l'abstraction du n dans le cas d'un échiquier $1 \times n$. D'autres préféraient choisir des valeurs successives de n pour se faire une idée du problème. Cependant l'important n'est pas là. Quelque soit le savoir ou les facilités de chacun, premier de la classe ou pas, nous voulions qu'ils découvrent que, tous, étaient capables d'avoir une démarche logique et constructive. Et c'est sans doute un point clé de notre atelier.

Dans cette perspective, voici trois points qui nous ont semblés essentiels pour l'organisation d'une telle activité :

- préparation poussée des séances pour avoir un fil directeur dans notre propre démarche. Le temps s'écoule vraiment très vite dans une classe, d'où l'importance d'homogénéiser nos discours pour pouvoir ensuite se consacrer entièrement aux élèves ;
- bilan systématique après chaque séance pour faire le point sur l'avancement des différents groupes et réadapter notre discours en conséquence ;
- pour le séminaire, préparer les exposés des élèves transparent par transparent avant de les faire travailler dessus. Des collégiens ne sont pas encore assez autonomes pour ce genre d'exercice, et il est nécessaire de les guider pas à pas.