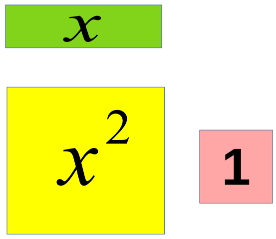


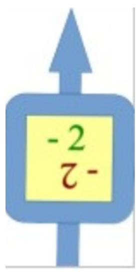
Mieux intégrer les élèves en grande difficulté

Bonus de piste Bleue (1 point):
*Pour chaque question, **indiquer uniqu***
correspondante, sans aucun détail ni auc

Question	
Résoudre l'équation : 5x = 45	
Résoudre l'équation : 2y + 3 = 17	

Quelques outils (activités, manipulations, jeux) adaptés et testés dans nos classes

Ratio	Fraction	Fraction	Diagramme
2 : 3	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{5}$	



Octobre 2024

9 782857 280842

Auteurs : P. Aubry, F. Goreaud, G. Guillot,
C. Le Bihan, L. Messiaen, G. Monterrin, R. Texier-Picard

https://irem.univ-rennes.fr/

Ce fascicule a été rédigé par le groupe de recherche formation : « Quelles mathématiques pour les élèves en grande difficulté ? », suite au travail de recherche effectué à l'IREM de Rennes sur la période 2021 – 2024. Les membres de ce groupes sont :

Pascale Aubry, collège la Roche aux Fées, Retiers

François Goreaud, lycée Jean Guéhenno de Fougères (co-responsable)

Gaëlle Guillot, lycée Anita Conti, Bruz

Christine Le Bihan, lycée Joliot-Curie, Rennes

Laure Messiaen, collège Mathurin Méheut, Melesse

Gwénola Monterrin, collège la Roche aux Fées, Retiers

Rozenn Texier-Picard, ENS Rennes, Bruz (co-responsable)

Octobre 2024

ISBN : 978-2-85728-084-2

9 782857 280842

Table des matières

Résumé

Dans la plupart de nos classes, en collège, lycée, ou à l'université, nous rencontrons un nombre de plus en plus important d'élèves en situation d'échec ou de grande difficulté, qui ne parviennent pas à suivre le cours et le programme de leur classe, et qui risquent au moins de perdre leur temps et au pire de perturber le cours.

Au sein d'un groupe IREM de Rennes, nous avons réfléchi à des outils, méthodes, approches qui pourraient permettre de proposer une alternative à ces élèves, en leur faisant « faire des mathématiques » autrement et sur des notions qui seraient plus dans leur zone proximale de développement, sans pour autant accaparer tout le temps de l'enseignant qui doit aussi pouvoir s'occuper du reste de la classe.

Le groupe s'est focalisé en particulier sur les difficultés liées au calcul littéral, même si beaucoup d'outils peuvent être adaptés à d'autres thématiques.

Dans ce fascicule, nous illustrons sur quelques exemples testés dans nos classes comment des outils existants sont susceptibles d'être adaptés aux élèves en grande difficulté. Les outils testés sont :

- des jeux de formes différentes, en particulier des jeux de cartes
- des cartes flash
- des tuiles algébriques
- des plans de travail
- des évaluations adaptées.

Des versions numériques de certains outils (cartes flash, tuiles) ont également été testées, mais plutôt pour un travail complémentaire hors la classe, car l'utilisation en classe de ces outils par les élèves pose des contraintes souvent complexes.

Certains de ces outils sont également disponibles dans le fichier en annexe de ce fascicule.

Mots-clefs

mathématiques, enseignement, pédagogie, échec scolaire, élèves en difficulté, différenciation, individualisation, personnalisation, inclusion, zone proximale de développement, mémoire, manipulation, motivation, coopération, autonomie, îlots, cartes flash, tuiles algébriques, jeux, cartes, plan de travail, évaluation, collège, lycée, université.

1. Introduction

1.1. Un constat partagé : de plus en plus d'élèves en grande difficulté

Dans la plupart de nos classes nous rencontrons un nombre de plus en plus important d'élèves en situation de difficulté et grande difficulté.

Il est difficile de quantifier cette évolution, en tout cas à notre échelle, mais elle fait également écho avec les mauvais résultats de la France dans les tests internationaux comme le test PISA (Bernigole *et al.*, 2023, Pommiers, 2023). Difficile également de déterminer les causes de ce phénomène, qui sont sûrement multiples : on entend par exemple régulièrement évoquer en salle des professeurs la trop grande hétérogénéité des classes, la fin des redoublements, les impacts des écrans et téléphones portables à la maison et en classe au lycée (les collèges étant encore relativement épargnés), les réformes successives, la perte de motivation des élèves, et l'impact récent mais qui semble important et durable de la période covid.

Au collège, on trouve plus souvent des situations difficiles concernant en particulier des élèves allophones, des élèves en attente d'une place en dispositif adapté, des situations de grande détresse sociale. Une partie de ces élèves partent ensuite en voie professionnelle, ce qui peut expliquer qu'on en rencontre moins au lycée général et technologique ou à l'université.

Au lycée, la nouvelle réforme du bac entraîne des difficultés particulières. En filière technologique, où on trouve beaucoup d'élèves ayant des difficultés avec les mathématiques, la notation pour le bac par contrôle continu entraîne de nouvelles contraintes. Dans ce contexte, il est difficile d'adapter les évaluations au niveau des élèves et d'en faire une source de motivation. Par ailleurs en filière technologique les compromis nécessaires à la mise en place d'un programme commun ont rendu ce programme parfois très éloigné des domaines d'application.

En BTS apparaît une difficulté spécifique qui vient de la présence, dans une même classe, d'élèves issus de Bac pro et d'élèves de filières générales et technologiques. Les premiers ont des manques importants en mathématiques et sont souvent complètement perdus par rapport à des programmes exigeants. Par ailleurs, parfois les programmes semblent très éloignés des réalités rencontrées dans leur domaine d'application.

A l'université, on retrouve en L1 une très grande diversité de niveaux qui oblige à trier plusieurs catégories d'élèves, de façon à pouvoir apporter une aide spécifiques aux élèves en difficulté mais jugés « rattrapables » (envoyés en catégorie « oui si », avec des cours de soutien et remise à niveau). Cette grande diversité entraîne un fort taux d'échec dès la première année à l'université, d'autant que, avec la nouvelle version du bac comportant une part importante de contrôle continu, les élèves ne sont pas vraiment préparés à passer des examens.

On peut également s'interroger sur la persistance des inégalités sociales dans les difficultés que les élèves peuvent avoir, notamment en mathématiques, que ce soit au collège, au lycée ou à l'université (Perronet, 2021). Certaines études montrent même que ces inégalités s'accroissent depuis quelques années (Altinok & Diebolt, 2023 ; Lecherbonnier, 2023). Comment dès lors mettre en place un enseignement plus égalitaire ?

1.2. Élèves en grande difficulté : des situations très variées

Nous avons toutes et tous croisé un jour dans nos classes des élèves en grande difficulté ou en échec[1], parfois perdus, parfois décrocheurs, parfois démotivés, parfois perturbateurs, parfois éteints, pour qui visiblement le cours de mathématiques n'était pas ou plus accessible. Derrière cette expression "élèves en grande difficulté" se cache en réalité une très grande variété de situations. Voici quelques exemples rencontrés dans nos classes[2] :

Amanda vient au lycée en fauteuil et ne peut pas parler. Elle a besoin d'une aide constante, mais son AESH n'est présente que la moitié du temps… Elle est volontaire et aime écouter le cours de mathématiques, mais ne peut ni interagir ni prendre des notes.

À 16 ans Bernardo est encore en classe de quatrième, il ne vient pas souvent au collège car il a d'autres préoccupations, en particulier en ce moment son frère est recherché par la police… alors en cours il a du mal à se concentrer.

Camilla vient d'arriver en France, comme elle ne parle pas bien français on l'a mise au collège alors qu'elle était en seconde dans son pays. Elle comprenait bien les maths là-bas, mais ici avec la langue ce n'est pas facile de suivre.

Pour David, l'école a toujours été difficile, il a l'impression de ne rien comprendre, et à la maison personne ne peut l'aider. Pour ne pas passer pour un idiot, il s'arrange pour faire rire la classe en faisant le pitre. Et puis comme dit son père, l'école de toute façon ça ne sert à rien.

Ewen est étudiant en licence. D'origine modeste, il fait des livraisons le soir et le week-end pour pouvoir financer ses études, ce qui lui laisse peu de temps pour le travail personnel. À la fatigue des journées de cours à l'université s'ajoute la fatigue des soirées de travail. En cours, il a du mal à rester concentré ; le rythme est trop rapide pour lui et il décroche.

Faustine a toujours réussi à l'école sans travailler… le collège, c'était plutôt simple, et en général même si elle ne savait pas la leçon, elle se débrouillait "au talent". Il y a tellement de choses plus cools à faire à la maison que des devoirs ! Elle a une vie sociale sur les

[1] Connac (2012), reprenant Meirieu (1987), propose de distinguer le cas des élèves en situation de difficulté (qui essayent mais ne réussissent pas à entrer dans un apprentissage) de celui des élèves en situation d'échec (qui ne fournissent pas d'effort, refusent de rentrer dans l'apprentissage, baissent les bras, voire décrochent). Pour simplifier nous utiliserons ici de façon générale l'expression "élève en grande difficulté".

[2] Les prénoms ont bien sûr été modifiés.

réseaux, elle ne voit pas pourquoi elle devrait passer du temps sur le cours de maths ! De toute façon, elle ne voit pas à quoi ça pourrait lui servir…

Grégory a un important retard intellectuel, mais n'a pas pu trouver de place en IME. Vu son âge il a été mis dans une classe de sixième, mais il ne sait pas reconnaître les lettres et les chiffres… Dans cette classe, il se sent complètement perdu, et l'enseignant n'a pas le temps de s'occuper de lui.

Au-delà des cas particuliers, variés et attachants, comment caractériser ces situations ? Il nous semble pertinent de distinguer :

- Des situations qui ne dépendent pas du système scolaire, mais sont le résultat d'un environnement personnel défavorable : situation personnelle difficile, problèmes de santé, absence de soutien ou d'aide à l'extérieur de l'école, etc. Ces élèves ont souvent tout simplement d'autres préoccupations que le cours.
- Des situations qui résultent des limites des capacités des élèves concernés : élèves qui ont des troubles de l'apprentissage, reconnus ou pas, accompagnés d'AESH ou pas. Certains peuvent avoir des difficultés pour tout ce qui est conceptuel ou abstrait, d'autres pour la mémorisation, d'autres pour la compréhension des énoncés. On peut aussi citer dans cette catégorie les élèves allophones, qui sont limités par leurs difficultés à comprendre le français. Précisons que ces limites ne sont pas nécessairement irrémédiables, mais elles génèrent chez les élèves concernés de grandes difficultés en comparaison au reste de la classe.
- Des situations liées au parcours d'apprentissage des années précédentes : des élèves qui ont un retard, des lacunes, des blocages, un manque de méthode, parfois depuis de nombreuses années. Certains ont accumulé tellement de lacunes qu'ils n'ont pas les concepts de base nécessaires pour comprendre le cours ou les énoncés. Par exemple, sans représentation mentale de ce qu'est une fonction, il est impossible même avec du travail et de la bonne volonté de réussir des exercices de dérivation. Pour ces élèves, la zone proximale de développement (au sens de Vygotsky, voir paragraphe 2.1) se situe très en deçà du programme officiel de la classe.

Pour tous ces élèves, la motivation, la curiosité, l'ambition, le goût de l'effort, l'estime de soi sont souvent fragilisés et parfois anéantis, et c'est encore plus vrai pour les élèves qui cumulent plusieurs de ces sources de difficultés. Dans la formation “Psychologie pour les enseignants” (Ramus *et al.*, 2021), Franck Ramus précise qu'en général le décrochage scolaire est un phénomène multifactoriel, qui résulte de difficultés d'apprentissage, mais aussi du rejet de l'ordre scolaire, et de difficultés à s'insérer dans la classe et dans le cadre familial.

Face à ces situations de plus en plus fréquentes, les enseignants peuvent à juste titre se trouver démunis, et dans l'incapacité d'assurer la réussite de tous pourtant prônée par notre système scolaire. Nous n'avons hélas pas de solution miracle pour résoudre toutes ces difficultés ! Il nous semble d'ailleurs important de souligner que certaines situations ne peuvent pas être solutionnées par l'enseignant qui a, en même temps, la charge d'une classe entière, et ce quelle que soit sa bonne volonté. Elles nécessitent d'abord une prise en charge extérieure, un travail d'accompagnement par un AESH ou un éducateur, une amélioration de la situation personnelle...

Sachons donc aussi entendre et défendre nos limites, de façon à pouvoir concentrer notre énergie sur les situations pour lesquelles des progrès sont envisageables. Lorsque c'est le cas, certains outils, certaines activités, certaines méthodes peuvent parfois aider des élèves en grande difficulté à reprendre pied, ou en tout cas leur permettre de « faire des mathématiques » de façon positive.

1.3. Objectif de ce fascicule

Dans ce fascicule, nous souhaitons présenter quelques exemples d'outils existants (activités, jeux, méthodes) que nous avons essayé d'adapter pour mieux prendre en compte les élèves en grande difficulté ou en échec au sein de la classe.

Ce travail est la conclusion d'un groupe de recherche formation de l'IREM de Rennes, « quelles mathématiques pour les élèves en grande difficulté ? », dans lequel nous avons testé pendant 3 ans plusieurs outils, activités, méthodes pour amener ces élèves à « faire des mathématiques » malgré leurs difficultés, et parfois leur manque de motivation.

Dans notre travail d'exploration, nous avons élaboré le cahier des charges suivant :

- nous intéresser particulièrement à des notions-clefs du programme de mathématiques pouvant induire des blocages et des lacunes assez tôt dans la scolarité, comme l'utilisation de nombres sous forme fractionnaire, ou l'utilisation des lettres dans le calcul algébrique ;
- proposer des activités motivantes, notamment des jeux (voir paragraphes 5 et 6);
- favoriser la manipulation d'objets réels, première étape du triptyque “manipuler verbaliser abstraire”, facilitant la création de représentations mentales (voir paragraphe 2.3) ;
- favoriser des outils qui ne surchargent pas l'enseignant, et ne l'accaparent pas pour un élève au détriment du reste de la classe ;
- proposer aux élèves en grande difficulté des activités adaptées mais sans les stigmatiser ;
- dans l'idéal, intégrer ces activités dans le fonctionnement normal de la classe ;
- prendre en compte au même titre toute l'hétérogénéité de niveau des élèves de la classe.

Dans les pages qui suivent, après quelques repères théoriques, vous trouverez des exemples d'utilisation et d'adaptation de cartes flash, de tuiles algébriques, de jeux, de plans de travail et d'évaluations différenciées. Certains de ces outils sont également disponibles dans le fichier en annexe de ce fascicule.

Dans chaque cas, nous présentons d'abord l'outil initial dont nous sommes partis, puis les modifications et adaptations que nous avons testées pour faciliter leur usage par les élèves en grande difficulté, au sein de la classe. Nous présentons également quelques observations de leur mise en œuvre, puis des pistes d'amélioration.

Ces exemples ne constituent bien sûr pas des solutions clef en main. Chaque situation d'élève et de classe est différente, et ce qui fonctionne pour certains ne fonctionnera pas forcément pour d'autres. Nous espérons toutefois que les réflexions que nous avons pu tirer de ces expérimentations pourront être utiles, source de motivation et d'inspiration pour les collègues concernés.

2. Quelques repères théoriques

Nous présentons ici très brièvement quatre notions qui nous ont accompagnées dans nos réflexions et nos expérimentations, et nous semblent tout particulièrement pertinentes quand on s'intéresse aux élèves en grande difficulté : la zone proximale de développement, le fonctionnement de la mémoire, l'importance de la manipulation et le fonctionnement de la motivation.

2.1. La zone proximale de développement

La notion de zone proximale de développement[3] apporte un éclairage intéressant sur l'hétérogénéité des vitesses et des capacités d'apprentissage de nouveaux objets mathématiques qu'on peut mesurer dans nos classes.

Le terme "zone proximale de développement" a été proposé par Lev Vygotski, psychologue et pédagogue russe (1896 - 1934) qui s'est intéressé au développement de l'enfant. Il préconisait en particulier une approche historico-culturelle, c'est-à-dire qu'il insistait sur le rôle essentiel du contexte et des interactions sociales dans le développement des processus mentaux chez l'enfant (il s'opposait ainsi à l'approche cognitiviste de Piaget, pour qui le développement de l'enfant était avant tout un processus interne, indépendant des facteurs de l'environnement, et qui passe par les mêmes étapes pour tous les enfants).

Pour Vygotsky, l'acquisition de nouvelles connaissances résulte de l'interaction entre le développement de l'enfant (à la fois sur le plan organique, la maturation du cerveau, et sur le plan de la personnalité), et les situations d'apprentissage (qui dépendent de l'environnement culturel et des interactions). Ainsi, à un moment donné, chaque enfant a :

- un niveau de développement actuel : c'est la somme des choses qu'il peut faire seul, en autonomie ;
- un niveau de développement potentiel : ce qu'il est capable de faire avec de l'aide, c'est-à-dire dans le cadre d'une interaction sociale (avec sa famille, ses amis, ses enseignants) ;
- et bien sûr des choses qu'il ne peut pas encore faire, même avec de l'aide.

Pour un élève donné, à un moment donné, on appelle Zone Proximale de Développement (ZPD) l'ensemble des choses qu'il est capable de faire avec de l'aide. La ZPD évolue donc avec le temps, et varie bien sûr d'un élève à l'autre au sein de la classe.

[3] La partie sur la notion de Zone Proximale de Développement a été rédigée à partir du cours de psychologie du développement de Gaïd Le Maner-Idrissi (2009).

Sur l'exemple de la Figure 1 (ci-après), on comprend que de nouvelles notions vues en cours ne pourront être assimilées que si elles sont dans la ZPD. Dans une classe hétérogène, même avec de la bonne volonté, les élèves les plus en difficulté risquent d'être dépassés par les notions étudiées en cours tout simplement parce que leur ZPD n'a pas encore atteint ces notions. Ainsi, tant qu'elle reste bloquée par le calcul algébrique, une élève comme Annabelle ne sera pas capable de maîtriser la notion de fonction. Si elle est sérieuse, elle fera de son mieux pour noter le cours le plus proprement possible et recopier la correction des exercices. Ses amies auront beau essayer de lui expliquer comment calculer une image ou un antécédent, on l'entendra dire « dès qu'il y a des lettres je n'y comprends rien ». Si elle n'a pas une occasion de retravailler les bases du calcul algébrique pour dépasser ce point de blocage, il y a de grands risques qu'elle reste en marge du cours toute l'année.

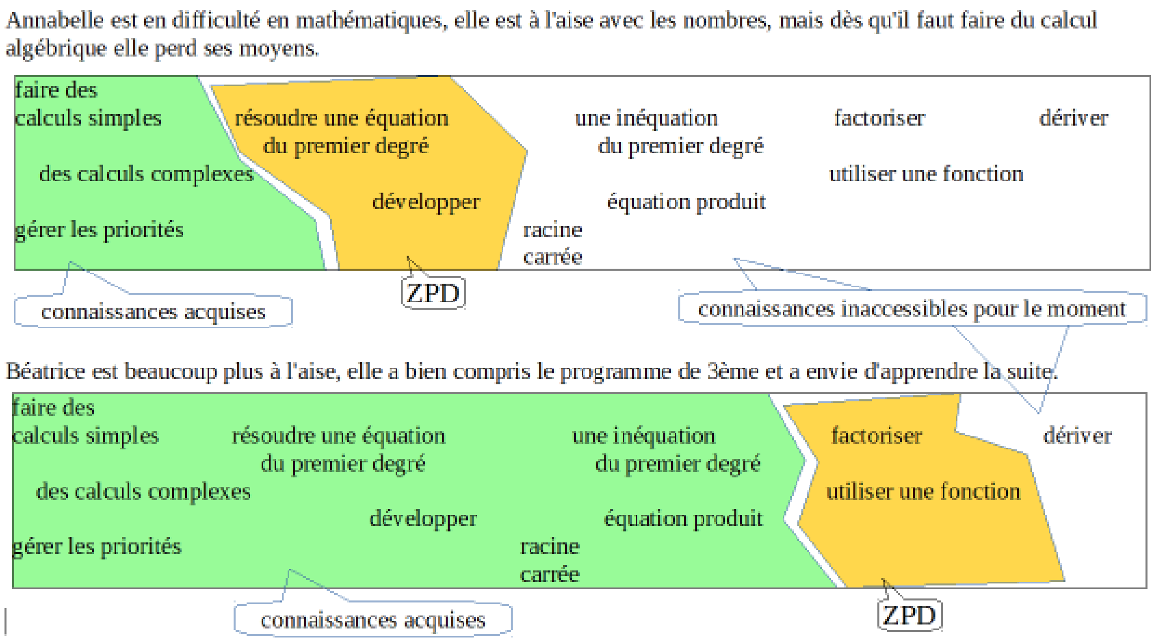


Figure 1: Dans une même classe de seconde, Annabelle et Béatrice n'ont pas les mêmes acquis (à gauche, en vert) ni la même ZPD (au milieu, en jaune).

Jérôme Bruner (1915 - 2016) a pris la suite des travaux de Vygotski, et s'est en particulier intéressé au rôle de l'adulte dans l'apprentissage. Il a développé notamment le concept d'étayage : le processus mis en place par un adulte pour orienter et aider un enfant à se développer. L'enseignant par exemple met en place une posture d'étayage tutelle, où en tant qu'expert il organise l'environnement de l'enfant en phase d'apprentissage pour l'aider à construire de nouveaux savoirs. C'est l'essentiel de notre travail pédagogique : choix de la progression, structuration du cours, choix des activités, des exemples, des exercices, des démonstrations, des corrections, réponses aux questions, stimulation, encouragements, motivation, évaluations formatives, etc...

Bruner insiste en particulier sur le fait que, pour qu'une tutelle soit efficace, elle doit solliciter l'enfant dans sa Zone Proximale de Développement, c'est-à-dire lui proposer des actions de difficulté juste supérieure à ce qu'il sait déjà bien faire tout seul.

Dans une classe hétérogène, cela implique qu'il faudrait pouvoir proposer des activités différentes aux élèves selon leur ZPD. Pour les élèves en grande difficulté, cela peut nécessiter de revenir sur des notions des années précédentes, quitte à ne pas suivre le programme. C'est notamment ce que nous avons essayé de faire avec l'utilisation de plans de travail différenciés (voir paragraphe 7).

2.2. A propos de la mémoire

En tant qu'enseignant, nous savons qu'il ne suffit pas qu'un élève écoute, ou même comprenne une notion un jour donné pour qu'il la maîtrise : il faut également qu'il la mette en pratique suffisamment régulièrement pour l'acquérir de façon durable. La mémorisation[4] joue donc un rôle essentiel dans le processus d'apprentissage. Nous présentons ici brièvement deux points qui nous ont semblé pertinents pour mieux comprendre les éventuelles difficultés de nos élèves : la notion de mémoire à court et long terme, et la notion d'oubli.

En psychologie cognitive, on distingue en général deux types principaux de mémoire (Ramus *et al.*, 2021) : la mémoire de travail (ou mémoire à court terme), qui sert à mémoriser de façon temporaire les informations en provenance de nos perceptions afin de pouvoir les analyser ; et la mémoire à long terme qui permet un stockage plus long des informations jugées pertinentes : c'est là où sont stockées nos connaissances, nos compétences, nos souvenirs.

La mémoire de travail a une capacité très limitée (quelques informations) et une durée de mémorisation très courte (quelques secondes) : au moment où un élève voit pour la première fois une notion, il est donc nécessaire qu'elle soit placée dans la mémoire à long terme… sinon on risque de se trouver dans la situation où l'information “rentre par une oreille et ressort par l'autre”. Or, pour cela il faut que l'élève soit suffisamment concentré pour porter son attention sur les informations transmises, et que ces informations soient jugées suffisamment pertinentes ou intéressantes pour être retenues. On comprend mieux pourquoi des élèves avec des difficultés de concentration, des troubles de l'attention, ou qui ne voient pas l'intérêt du cours, ont du mal à retenir les informations rencontrées la veille, et parfois sont même persuadés qu'ils ne les ont jamais vues.

Il ne suffit malheureusement pas qu'une notion soit stockée en mémoire à long terme pour qu'elle y reste définitivement : la plupart des informations stockées sont en effet progressivement oubliées si elles ne sont pas régulièrement utilisées. La courbe de l'oubli d'Ebbinghaus (Figure 2) indique de quelle façon les informations sont oubliées si on ne cherche pas volontairement à les garder en mémoire. Elle illustre également comment des remobilisations régulières permettent de prolonger la mémorisation.

D'après plusieurs études, une notion qui ne sera pas revue le lendemain aura été en partie oubliée et continuera à être oubliée de plus en plus les jours suivants (la quasi-totalité au bout de deux jours). D'après le fascicule « Apprendre à étudier plus efficacement #4 : Boîte à outils des révisions » de l'université de Strasbourg (2020), « La courbe de l'oubli indique également que si on révise à nouveau un sujet qui n'est pas déjà

[4] La partie sur la mémorisation a été rédigée principalement à partir du MOOC “La psychologie pour les enseignants” dirigé par Franck Ramus (2021) et disponible sur https://www.fun-mooc.fr/fr/

totalement oublié, cela permet de réactiver le souvenir en mémoire et donc de le consolider ; il sera alors oublié plus lentement. Vous pourrez ainsi allonger progressivement le temps entre chaque période de révisions. ». C'est cette méthode que nous avons utilisée avec les cartes flash (paragraphe 3).

Dans la formation "Psychologie pour les enseignants", Franck Ramus présente également comment l'utilisation régulière d'évaluations formatives et de feedbacks favorise la mémorisation à long terme (Ramus *et al.* 2021).

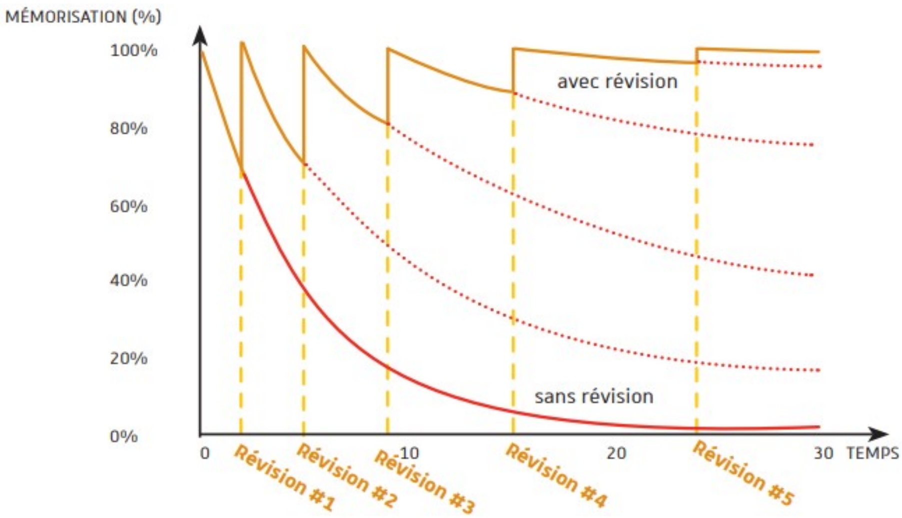


Figure 2: Courbe de l'oubli d'Ebbinghaus, d'après Université de Strasbourg (2020)

2.3. L'importance de la manipulation

Nous utilisons ici le terme "Manipulation" pour décrire toutes les situations pédagogiques où on propose aux élèves de manipuler un support physique - objets, cartes, dés, pièces, solides - lors d'une première phase d'apprentissage.

On suppose en général que cette phase de manipulation aide l'élève à se faire une première représentation mentale de l'objet mathématique correspondant à la situation concrète mise en œuvre. L'action manuelle permet un ancrage physique de cette représentation mentale, qui pour beaucoup d'élèves sera plus solide que la construction abstraite qui suivra. L'apprentissage de la numération est ainsi souvent abordée en primaire à l'aide de supports physiques à manipuler, comme des cubes unité et des barres de dizaine, ou bien des pièces et des billets. De même au collège une première approche des probabilités pourra se faire en manipulant des dés ou des boules de couleur dans une urne.

De nombreux travaux mettent en avant l'importance de la manipulation dans l'apprentissage. Le rapport Villani Torossian (Villani & Torossian, 2018) met en avant une première phase de manipulation dans le cadre du triptyque : « manipulation, verbalisation, abstraction », qu'il recommande de mettre en œuvre dès le plus jeune âge (p. 26). Il motive aussi l'utilisation de matériel à tous âges : « Le vécu expérimental et manipulatoire des élèves favorise l'acquisition des connaissances et leur mémorisation. » (p. 57) ; « Il est alors important d'entretenir et poursuivre autant que possible la manipulation dans la construction des objets mathématiques (au-delà du cycle 3) » (p. 58).

Dans un article de synthèse sur la manipulation, Nicolas Pinel (2019) reprend les éléments du rapport Villani Torossian et précise : « L'importance de manipuler est indiscutable, quel que soit le niveau scolaire : le matériel va servir à modéliser une situation pour faire la transition entre une représentation concrète et une représentation abstraite. »

Si la manipulation d'objets physiques est une pratique pédagogique courante en primaire, on s'aperçoit qu'elle devient moins fréquente au collège, et plus rare au lycée. De nombreuses raisons réduisent en effet les possibilités de faire manipuler nos élèves : manque de temps (il est déjà difficile de "finir le programme" dans les horaires impartis, avec les cours qui sautent et les évaluations de plus en plus nombreuses), manque de matériel (faute de moyens, il faut souvent faire soi-même le matériel, ce qui est très chronophage), manque d'espace de rangement (il faudrait dans l'idéal une même salle de cours et une armoire… ce qui est assez rare). Par ailleurs, au lycée au moins l'utilisation de matériel pour manipuler peut être perçue comme "pas assez sérieuse" par des élèves ou des parents qui souhaitent avant tout se préparer aux épreuves du bac. Les chapitres sont également de plus en plus abstraits, et moins facilement adaptables à des activités de manipulation.

Pourtant selon Thierry Dias (2017), « la dimension expérimentale des mathématiques » est « nécessaire à tous les élèves » et « particulièrement adaptée aux apprentissages de ceux qui sont en difficulté ou qui ont des besoins spécifiques ». Ainsi, pour un élève en grande difficulté, qui se trouve bloqué sur une notion clef incomprise (comme les fractions ou le calcul algébrique), on peut imaginer que le recours à la manipulation pourra enclencher à nouveau le triptyque "manipuler, représenter, abstraire", et lui permettre de dépasser son blocage. C'est pourquoi il nous semble important de pouvoir proposer des activités de manipulation même au collège ou au lycée : c'est ce que nous avons expérimenté avec des jeux (voir paragraphes 5 et 6), mais aussi avec l'utilisation de tuiles algébriques (voir paragraphe 4).

2.4. A propos de la motivation

Comment motiver les élèves[5] ? Voilà une question à laquelle tout enseignant est confronté régulièrement, face à des élèves de moins en moins intéressés par les mathématiques ou par leurs études, et qui trouvent en général en dehors des cours des sources de motivation nombreuses et plus valorisantes comme le sport ou les loisirs, pour ne pas parler de la concurrence déloyale des téléphones portables et des jeux vidéos.

Or la motivation est une clef essentielle pour la mise au travail, mais aussi pour la qualité de l'attention et de la concentration, le sérieux du travail en classe et à la maison, le comportement en cours, ainsi, comme nous l'avons vu au paragraphe 2.2, que pour la mémorisation. Dans la formation "Psychologie pour les enseignants" (Ramus *et al.*, 2021), Franck Ramus présente quelques notions-clefs autour de la motivation et de la métacognition, qui permettent de mieux comprendre ces enjeux et d'adapter nos postures d'enseignants. Il détaille en particulier les postures contre-productives, et propose d'adopter des pratiques qui favorisent la motivation des élèves. Dans ce paragraphe, nous

[5] La partie sur la motivation a été rédigée principalement à partir du MOOC "psychologie pour les enseignants" dirigé par Franck Ramus (2021) et disponible sur https://www.fun-mooc.fr/fr/

reprenons les points qui nous ont paru les plus importants pour le cas des élèves en grande difficulté.

Voici donc pour commencer quelques éléments qui favorisent la motivation des élèves :

- présenter les erreurs comme des éléments normaux et indispensables de l'apprentissage ;
- souligner régulièrement les progrès réalisés ;
- en cas de difficultés donner des outils pour les surmonter ;
- faire preuve de bienveillance ;
- donner envie aux élèves d'être autonomes, de devenir agents de leur apprentissage ;
- pour cela, aider les élèves à clarifier leur objectif immédiat d'apprentissage ;
- proposer des activités variées, avec des consignes précises et un lien explicite avec les objectifs d'apprentissage.

Ces éléments s'appliquent bien sûr à tous les élèves, mais nous voyons combien ils semblent d'autant plus importants que les élèves sont en difficulté. Dans une classe nombreuse, où l'enseignant n'a pas toujours assez de temps pour s'occuper individuellement de chaque élève, il pourrait être bon d'appliquer ces conseils prioritairement aux élèves en grande difficulté, même si ce ne sont pas toujours ceux qui lèvent le plus souvent la main pour demander de l'aide.

Franck Ramus insiste également sur l'importance de donner aux élèves des outils d'autorégulation, qui participent à la motivation. L'autorégulation, c'est la capacité d'un élève à réguler son activité cognitive par lui-même : choisir son niveau de concentration, l'intensité de l'effort, décider de travailler seul ou de demander de l'aide, mais aussi choisir une stratégie pour atteindre son but, être capable de la mettre en œuvre, puis d'évaluer ses résultats et ses progrès. Là encore, on peut imaginer que les élèves les plus à l'aise maîtrisent déjà une certaine forme d'autorégulation, alors que les élèves en grande difficulté ont davantage besoin d'acquérir ces savoir-faire. L'utilisation de plans de travail (voir paragraphe 7) est une des pistes que nous avons testées pour développer l'autonomie des élèves et leur capacité d'autorégulation.

Notons encore que les psychologues distinguent en général deux types de motivations : la motivation intrinsèque et la motivation extrinsèque. La motivation intrinsèque intervient lorsque les élèves ont de l'intérêt pour les apprentissages, que ce soit parce qu'ils aiment cette partie du cours ou parce qu'ils savent qu'ils doivent acquérir ces notions pour pouvoir réaliser leur projet professionnel : dans ces cas de figure l'élève choisit librement de s'investir dans son travail. La motivation extrinsèque intervient lorsque l'élève s'engage dans une activité pour des raisons qui ne dépendent pas directement de lui : faire plaisir à ses parents ou à l'enseignant, décrocher une bonne note, éviter une punition, coller à une image de soi définie par le groupe.

La motivation intrinsèque est la meilleure source de motivation possible, celle qui donnera un investissement de qualité et durable. La motivation extrinsèque génère moins d'attention, moins d’investissement, et dure moins longtemps. Lorsque cela est possible, il est donc préférable d’essayer de cultiver une motivation intrinsèque, en jouant par exemple sur la curiosité, sur les centres d’intérêt des élèves, les défis à relever, et en essayant d’amener progressivement les élèves à découvrir le plaisir d’acquérir de nouvelles compétences ou d’expliquer un exercice ou une notion à leurs camarades. L’utilisation de jeux (paragraphes 5 et 6) peut être une façon d’apporter de la motivation intrinsèque grâce à l’aspect ludique de l’activité.

3. Exemple d'utilisation de cartes flash

Comme nous l'avons vu au paragraphe 2.2, Il est important pour les élèves d'ancrer les différentes notions étudiées dans leur mémoire à long terme. Pour cela, comme le montre la courbe de l'oubli d'Ebbinghaus, il faut pouvoir répéter de façon régulière et sur du long terme ces notions. On appelle cela « la révision espacée ». Les élèves qui ont pris l'habitude de relire leur cours le soir font au moins une fois ce travail de mémorisation, mais il n'est pas toujours effectué par les élèves en grande difficulté et il faut donc les inciter à le faire.

Il existe plusieurs méthodes pour aider les élèves à faire ce travail de mémorisation, et les nouveaux programmes insistent en particulier sur l'apprentissage sous forme d'automatismes d'un bon nombre de notions vues lors des années précédentes. L'enseignant peut par exemple :

- rappeler régulièrement les notions vues lors du dernier cours, par exemple en posant des questions en début d'heure (auxquelles les élèves volontaires pourront répondre)... Cette méthode n'est cependant pas la plus efficace car dans ce cas seuls les élèves interrogés travaillent leur mémoire ;
- proposer des QCM de façon régulière, en utilisant par exemple les ardoises pour répondre, ou divers sites comme Plickers, QCMCam ….
- proposer des questions flash ou des cartes flash (encore appelées cartes double face ou flashcards) : sur une face, il y a une question à laquelle l'élève essaie de répondre avant de regarder la réponse qui figure au verso.

Toutes ces méthodes comportent bien sûr des avantages et des inconvénients. Nous avons choisi d'explorer et de présenter ici la méthode des cartes flash, qui peut être utilisée par les élèves en autonomie et/ou en classe entière. Nous l'avons notamment utilisée en classe comme activité de démarrage de cours en cinquième, quatrième et troisième : une fois par semaine nos élèves commencent le cours de mathématiques en prenant leurs cartes flash.

a) Outil initial

Nous avons plus particulièrement testé le système de Leitner[6]. Cette méthode se base sur la révision espacée et sur la « courbe de l'oubli d'Ebbinghaus ».

Comment procéder ? Les élèves disposent de 4 enveloppes collées dans leur cahier de cours ou sur l'intercalaire du classeur (voir un exemple en Figure 3 ; il faut que ce soit un matériel qu'ils ont toujours en cours) :

[6] https://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_Leitner

- une enveloppe porte l'inscription « J »,
- une enveloppe porte l'inscription « J + 1 jour »,
- une enveloppe porte l'inscription « J + 1 semaine »,
- une enveloppe porte l'inscription « J + 1 mois ».

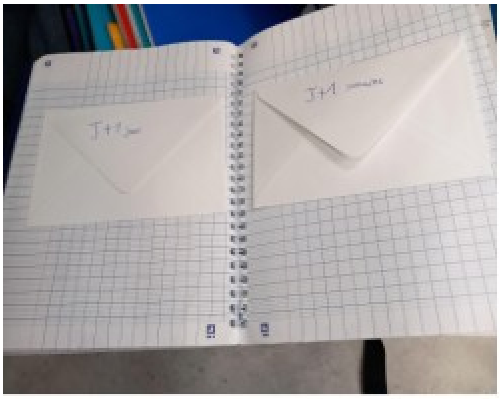



Figure 3: à gauche : le système d'enveloppes dans le cahier de l'élève ; à droite : un élève répond à ses cartes flash.

Le rituel dure 5 à 10 minutes selon les séances (on peut utiliser un *classroomscreen* pour gérer le timing)

1er jour de rituel : les élèves prennent les cartes qui sont dans leur enveloppe J. Sur le temps imparti ils répondent aux questions des cartes, une par une. À la fin du temps imparti, ils mettent les cartes auxquelles ils ont réussi à répondre dans l'enveloppe J + 1 jour et celles auxquelles ils n'ont pas eu le temps de répondre ou auxquelles ils ont mal répondu dans l'enveloppe J.

2ème jour de rituel (le lendemain) (à faire en classe ou à la maison) : les élèves prennent leurs cartes qui sont présentes dans l'enveloppe J + 1 jour et réalisent le même procédé que lors du 1er jour. À la fin du temps imparti, les cartes flash réussies vont dans l'enveloppe J + 1 semaine et les autres dans J.

3ème jour de rituel (une semaine après le 1er jour) : les élèves prennent leurs cartes qui sont présentes dans l'enveloppe J + 1 semaine et réalisent le même procédé que lors du 1er jour. À la fin du temps imparti, les cartes flash réussies vont dans l'enveloppe J + 1 mois et les autres dans J.

4ème jour de rituel (deux semaines après le 1er jour) : les élèves prennent leurs cartes qui sont présentes dans l'enveloppe J et ont de nouvelles cartes. Ils réalisent le même procédé que lors du 1er jour. À la fin du temps imparti, les cartes flash réussies vont dans l'enveloppe J + 1 jour et les autres dans J.

Et ainsi de suite. Le principe est schématisé en Figure 4.

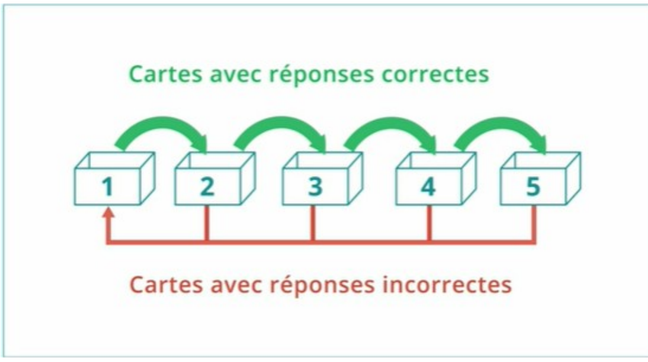


Figure 4: principe du système de Leitner (Ramus *et al.*, 2021)

Dans un premier temps, nous avons créé les cartes via le site mathsmentales.net qui permet de créer des cartes flash avec différents thèmes ; d'autres applications sont citées dans la sitographie. On peut aussi utiliser un logiciel de traitement de texte ou une plateforme de conception graphique en ligne, mais la mise en page des cartes pour l'impression recto-verso nécessite alors un soin particulier …

b) Adaptation aux élèves en grande difficulté (niveau collège et lycée)

Pendant les premières séances, il est important d'être particulièrement attentif aux élèves en grande difficulté et de rester avec eux pendant une partie du temps pour répondre à leurs questions ou réexpliquer certaines notions (parfois une minute, deux voire plus suivant le nombre d'élèves concernés).

Trois stratégies ont été utilisées pour faciliter l'appropriation des cartes flash par les élèves en grande difficulté.

La première stratégie consiste simplement à proposer des cartes adaptées pour ces élèves. Cette adaptation peut consister par exemple en :

- un rappel d'une notion d'un niveau inférieur,
- une question avec une formulation plus simple (par exemple on demande de donner la formule de cosinus pour les élèves en grande difficulté, là où on demande à d'autres de calculer une longueur à partir de cosinus).

Comme ce rituel s'effectue individuellement, cette adaptation se fait sans stigmatiser l'élève concerné, le reste de la classe ne remarquant pas nécessairement que tous n'ont pas les mêmes cartes.

Une deuxième stratégie consiste à proposer aux élèves qui le souhaitent d'utiliser leurs cartes flash comme aide-mémoire pendant certaines évaluations. Pour la plupart des élèves, qui maîtrisent déjà la notion, cela servira plus à les rassurer qu'autre chose, mais pour les élèves en grande difficulté la possibilité de se raccrocher à un exemple qu'ils connaissent peut être d'une très grande aide et apporter un étayage positif.

Enfin, un peu plus tard dans l'année, nous avons mis en œuvre une troisième stratégie, qui consiste à demander aux élèves de créer leurs propres cartes, c'est-à-dire choisir une question et trouver la réponse. Par exemple, nous avons demandé aux élèves de créer cinq cartes sur une notion particulière en travail à la maison ou en tâche finale d'un plan de travail. La Figure 5 présente quelques exemples de productions d'élèves. Bien sûr, il est essentiel de corriger les cartes car il y a souvent beaucoup d'erreurs, que ce soit au collège ou au lycée.

Le fait de demander aux élèves de construire leurs cartes présente plusieurs avantages pour les élèves en grande difficulté :

- ils construisent des cartes à leur niveau, ce qui peut leur procurer un sentiment de réussite,
- c'est une source de motivation pour mieux comprendre une notion,
- en comparant avec leurs camarades, ils peuvent apprendre par mimétisme,
- la correction des cartes nous donne des informations sur les difficultés et erreurs de nos élèves.

Figure 5: Exemples de cartes flash créées par des élèves de quatrième (à gauche) et de seconde (à droite).

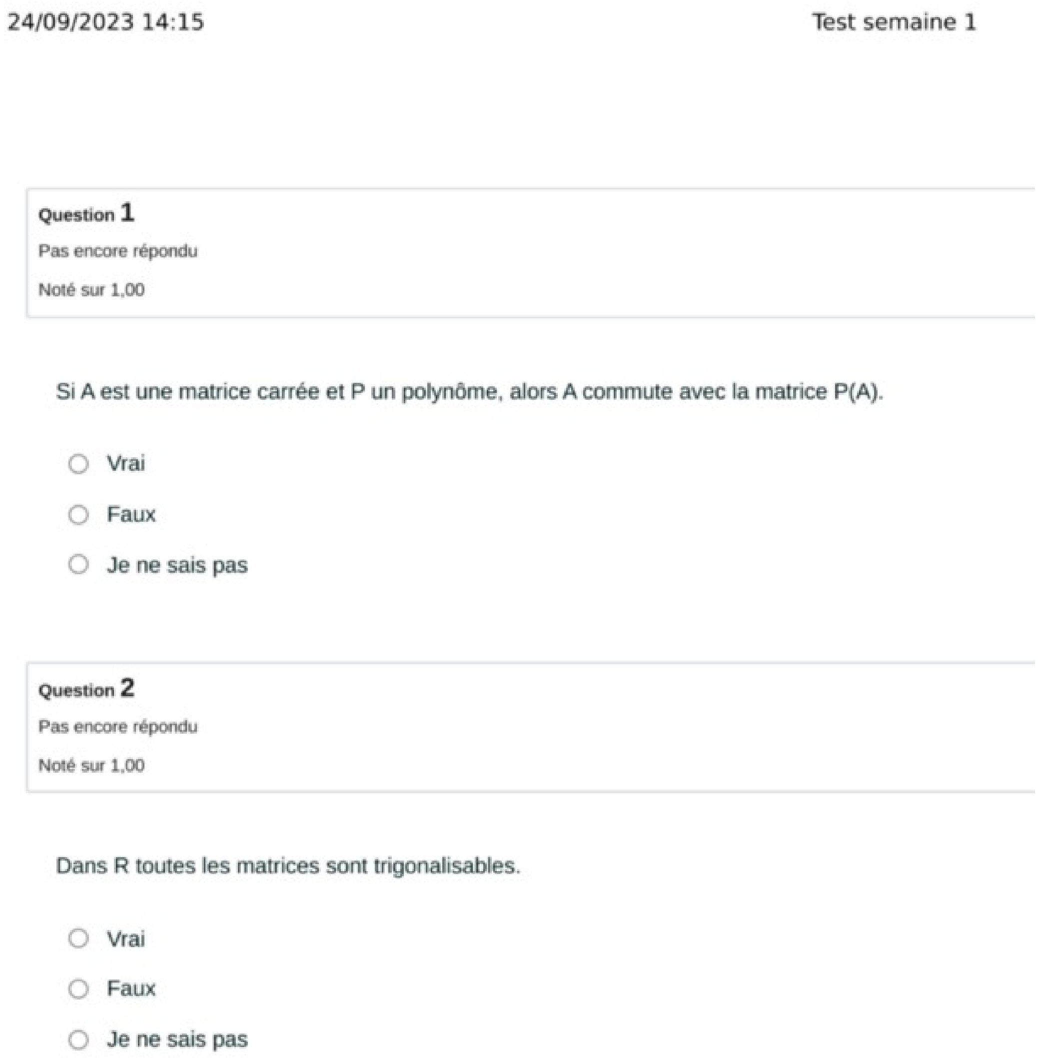
c) Adaptation au public étudiant (niveau licence)

Un outil basé sur ce principe a été proposé au niveau licence 3 dans le cadre de travaux dirigés d'analyse numérique. Cet enseignement porte en particulier sur les méthodes numériques de résolution de systèmes linéaires et nécessite une bonne maîtrise des notions d'algèbre linéaire élémentaire. On observe donc régulièrement sur ce cours des différences fortes entre des étudiants pour qui ces prérequis sont bien intégrés, et qui n'ont pas de difficulté particulière à appréhender ces nouveaux contenus, et ceux qui n'ont pas une maîtrise suffisante des notions de L1 et L2, et peinent donc à acquérir ces nouvelles notions. En pratique, les étudiants suivant cet enseignement sont répartis en trois groupes de travaux dirigés, qui doivent avancer autant que possible au même rythme.

À la différence du collège, le temps didactique en licence de mathématiques est très rapide, les différents chapitres s'enchaînent à un rythme soutenu. L'équipe en charge du module voulait donc trouver un outil pour aider les étudiants à travailler régulièrement les cours et à consolider les savoirs au fur et à mesure de la progression du cours.

Plutôt que de mettre en place des cartes comme en collège, l'équipe a opté pour des quiz en ligne sur l'espace Moodle du cours (voir Figure 6). Chaque semaine, un quiz comportant 10 questions portant sur les notions étudiées dans le cours précédent a été proposé sur Moodle. Les quiz étaient accessibles à tout moment aux étudiants, qui pouvaient répondre à leur rythme aux questions posées. Après avoir répondu à toutes les questions, ils soumettaient leurs réponses, et obtenaient alors un score mais aussi la correction détaillée de chaque question. Le score affiché était purement indicatif et ne comptait pas dans l'évaluation du module, et les étudiants avaient la possibilité de refaire le quiz autant de fois qu'ils le souhaitaient pour améliorer leur résultat.

Les quiz des semaines antérieures restaient disponibles, et, dans l'esprit du système de Leitner, les étudiants ont été invités à refaire régulièrement les quiz précédents pour se remettre en mémoire les notions étudiées.


24/09/2023 14:15 Test semaine 1

Question 1
Pas encore répondu
Noté sur 1,00

Si A est une matrice carrée et P un polynôme, alors A commute avec la matrice P(A).

- Vrai
- Faux
- Je ne sais pas

Question 2
Pas encore répondu
Noté sur 1,00

Dans R toutes les matrices sont trigonalisables.

- Vrai
- Faux
- Je ne sais pas

Figure 6: Le début du quiz proposé en semaine 1.

d) Observations, retours des élèves

Au collège (année 2022-2023 et 2023-2024) (en cinquième, quatrième et troisième)

Sur les différentes classes testées, nous avons pu observer que tous les élèves se souviennent plus facilement des notions de début d'année, y compris les élèves en grande difficulté.

Nous constatons également que cette méthode permet aux élèves en grande difficulté de réviser de manière régulière, même s'il faut encore être avec eux pour le faire.

Certains élèves n'ont pas semblé intéressés par cette méthode lorsqu'elle leur a été proposée. Cependant, nous avons pu noter qu'ils réclamaient des cartes flash l'année suivante, si leur nouvel enseignant n'avait pas cette pratique.

En groupe de TD de licence 3, 42 étudiants (année 2022-2023) :

L’expérience a été menée dans un des trois groupes de TD (groupe plutôt faible) d’un enseignement d’analyse numérique. Dans un premier temps, il a été proposé aux étudiants du groupe de tester les quiz au début d’une séance de travaux dirigés. La séance durant deux heures, l’objectif de l’enseignante était de réserver le premier quart d’heure au quiz, puis de passer aux exercices d’entraînement. En pratique cependant, les étudiants n’avaient pour la plupart pas travaillé leur cours, et le quiz a pris beaucoup plus de temps que prévu. Une majorité d’étudiants étaient en difficulté sur chaque question, et ne parvenaient pas à comprendre les corrections détaillées proposées. L’enseignante a donc pris une bonne heure pour réexpliquer les différentes réponses. Si ce temps a probablement été bénéfique à la compréhension des étudiants, il a créé un écart dans l’avancement de la fiche d’exercices par rapport aux autres groupes.

L’enseignante a donc annoncé aux étudiants qu’ils seraient désormais invités à faire les quiz chez eux avant la séance de travaux dirigés, et à noter les points qu’ils n’avaient pas compris pour que ces points soient retravaillés pendant la séance. Cependant, la semaine suivante, il s’est avéré que seuls trois étudiants sur quarante-deux avaient regardé le quiz proposé, et qu’il s’agissait d’étudiants plutôt à l’aise, de sorte qu’ils n’avaient pas de questions à poser. L’enseignante a alors rappelé au groupe que ces quiz étaient destinés à les aider dans leur apprentissage, et qu’il était important qu’ils les fassent régulièrement. Ce rappel a eu peu d’impact, et semaine après semaine seul un petit nombre d’étudiants utilisait le quiz. Lorsque l’enseignante a interrogé le groupe sur l’intérêt de cet outil, les quelques étudiants qui avaient l’habitude de répondre aux quiz ont signalé que c’était une aide pour eux, et ont demandé que cela soit poursuivi.

À mi-semestre, l’enseignante a également proposé aux étudiants d’imaginer eux-mêmes des questions et réponses, et de les lui envoyer pour faire le prochain quiz. Mais aucun étudiant ne s’est saisi de cette proposition.

Enfin, il est à noter que les étudiants se sont largement saisis de ces quiz dans la semaine de révision avant l’examen. Pour les y inciter, l’équipe pédagogique avait annoncé que l’examen comporterait des questions à choix multiples analogues à celles posées dans les différents quiz. Dès lors, tous les étudiants se sont appuyés sur les différents quiz pour réviser le cours, les refaisant plusieurs fois jusqu’à obtenir des notes satisfaisantes.

Classe de seconde, année 2023-2024, 32 élèves.

Sur le premier trimestre, les élèves ont reçu un premier lot de 12 cartes flash sur les automatismes, puis 4 nouvelles cartes par chapitre. Ils ont pu choisir en autonomie les temps de révision. Au début, les élèves n’étaient pas très à l’aise avec les cartes, plusieurs les perdaient ou ne savaient pas comment les utiliser. Au cours de l’année chacun a pris ses habitudes, et plus d’une dizaine d’élèves les ont utilisées régulièrement. Au troisième trimestre, certains ont créé leurs propres cartes flash, et d’autres élèves les ont recopiées.

Dans cette classe, nous avons autorisé les élèves à utiliser les cartes flash comme aide pour les premières évaluations formatives. Les élèves ont beaucoup aimé cette aide, et l’ont réclamée ensuite pour chaque évaluation formative, individuelle ou en îlot (“Monsieur, on pourra utiliser les petites fiches ?”). On observe que si, au final, la plupart des élèves les plus à l’aise n’ont pas eu besoin de les consulter pendant l’évaluation, certains élèves en grande difficulté ont pu y trouver une aide conséquente, et ce en particulier au moment de la lecture de l’énoncé, pour comprendre à quel type d’exercice ou de question l’énoncé faisait référence.

e) Pistes d’amélioration aux niveaux collège et lycée

Une des difficultés pratiques est qu’au fil de l’année, il y a beaucoup de cartes et que certaines d’entre elles sont complètement connues des élèves. Une proposition émanant des élèves est d’en enlever certaines. Par exemple, les cartes qui sont dans l’enveloppe J + 1 mois depuis un long moment pourraient être enlevées à partir d’un certain nombre de réussites. On pourrait par exemple créer une enveloppe J+3 mois qui permettrait que ces cartes réussies soient vues moins souvent. Une autre proposition des élèves serait de créer une enveloppe de « délestage » lorsque la carte a été réussie entre 5 et 10 fois.

Notons que, pour permettre aux élèves de gérer eux-mêmes et sans aide ce système de révision, et notamment de choisir la durée d’espacement entre deux révisions, des applications numériques existent aussi. Une liste de ces applications est donnée dans la sitographie. Toutefois, la pratique ritualisée pendant le temps scolaire et avec des cartes papier nous semble plus profitable au niveau collège-lycée pour développer de bonnes habitudes chez des élèves qui manquent d’autonomie. Ces applications peuvent être indiquées aux élèves en fin d’année scolaire, s’ils veulent continuer de tirer profit de cette pratique pendant les années à venir, quelle que soit la discipline.

f) Pistes d’amélioration au niveau licence

Les étudiants de licence ont eu du mal à se saisir du dispositif de quiz proposé. L’utilisation que la plupart d’entre eux en ont faite, une semaine avant l’examen, n’a probablement pas joué le rôle qui était prévu initialement. En effet, même si les étudiants ont répété les quiz jusqu’à obtenir des scores satisfaisants, on peut se demander s’ils ont réellement compris les notions qui étaient en jeu, ou s’ils ont amélioré leurs scores en mémorisant d’une fois sur l’autre les bonnes réponses, sans nécessairement les comprendre. À la date où ils ont utilisé les quiz, les séances de travaux dirigés étaient terminées, de sorte qu’il n’avait plus la possibilité de poser leurs éventuelles questions à l’enseignante.

On peut s’interroger sur les raisons pour lesquelles ce dispositif n’a pas fonctionné comme prévu, en particulier pour les étudiants en difficulté. Plusieurs pistes peuvent être avancées.

La première explication qui vient à l’esprit est un manque de maturité des étudiants, qui ont attendu l’approche de l’examen pour se mettre au travail. L’équipe pédagogique avait considéré que les étudiants de cet âge étaient suffisamment adultes pour prendre en main leurs apprentissages, et n’a pas voulu mettre en place d’action particulière susceptible de créer une motivation extrinsèque. Toutefois, l’annonce d’un quiz similaire dans le sujet d’examen a clairement été incitative. Une technique pour inciter davantage les étudiants à travailler régulièrement le quiz aurait pu être d’annoncer que les tentatives de réponses, même infructueuses, seraient valorisées dans la note de contrôle continu (par exemple sous la forme de bonus).

De façon plus générale, on peut penser que cette pratique a surpris les étudiants car elle n’est pas habituelle à l’université. Contrairement à ce qui se passe dans le secondaire, les enseignants du supérieur ne voient souvent leurs étudiants que sur une séance par semaine, et pendant un nombre de semaines limité, ce qui rend difficile l’installation de rituels ou d’habitudes de travail. Il pourrait être intéressant et profitable d’échanger avec d’autres collègues enseignant dans la même formation, et d’adopter, pour celles et ceux qui le souhaitent, des pratiques communes de façon à aider les étudiants à s’en saisir.

D’autre part, il est possible que les questions posées dans les quiz, même si elles se voulaient élémentaires, aient été trop difficiles pour les étudiants qui avaient accumulé des lacunes. Cela a pu les décourager et expliquer que les étudiants plus en difficulté n’aient pas poursuivi après la première séance. Une réponse possible serait de proposer, en plus des questions portant sur le cours de L3, des quiz de révision portant sur les savoirs des années antérieures.

4. Exemple d'utilisation de tuiles algébriques

L’utilisation d’une lettre représentant un nombre est un obstacle pour de nombreux élèves, et parfois jusqu’au lycée. Il nous a semblé intéressant d’utiliser les tuiles algébriques pour permettre à certains élèves de mieux comprendre les bases du calcul algébrique, à la fois au collège pour faciliter la première phase d’apprentissage et éviter des difficultés par la suite, ou ultérieurement comme outils de remédiation en troisième ou au lycée.

a) Outil initial

Dans l’essai “Des nombres figurés à la résolution de problèmes” publié sur le site de l’APMEP, Marlène Estève et Sylvain Etienne (2023) présentent en détail le matériel et l’utilisation des tuiles algébriques dans la continuité des nombres rectangles et des modèles en barre.

« Les tuiles sont des rectangles plats » (en papier cartonné ou plastifié, mousse, bois, etc) « représentant l’unité et diverses variables, bifaces, mathématiquement opposées. Les tuiles de type variable ont une longueur égale à l’unité et l’autre qui lui est propre ».

En permettant la manipulation et la visualisation, les tuiles peuvent aider à donner du sens à différentes techniques ou différents problèmes de calcul littéral (voir les exemples d’utilisation ci-après), pour les élèves qui ont du mal à entrer dans l’abstraction.

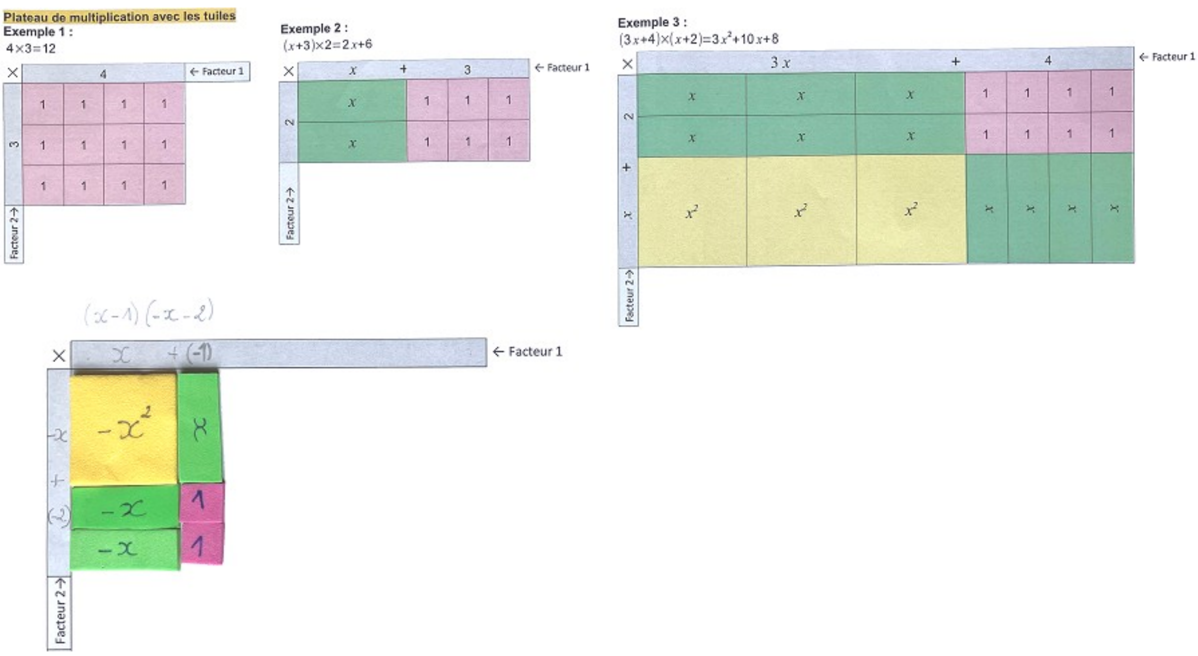


Figure 7: exemple d’utilisation de tuiles algébriques pour le développement

b) Exemples d'utilisation en classe

Avec les tuiles, on a pu tester l'introduction, l'entretien et /ou la remédiation sur :

- la notion d'opposé, la somme, la différence, le produit et le quotient de relatifs ;
- la substitution ;
- la réduction ;
- le développement (Figure 7) et la factorisation ;
- la résolution d'équations (Figure 8)

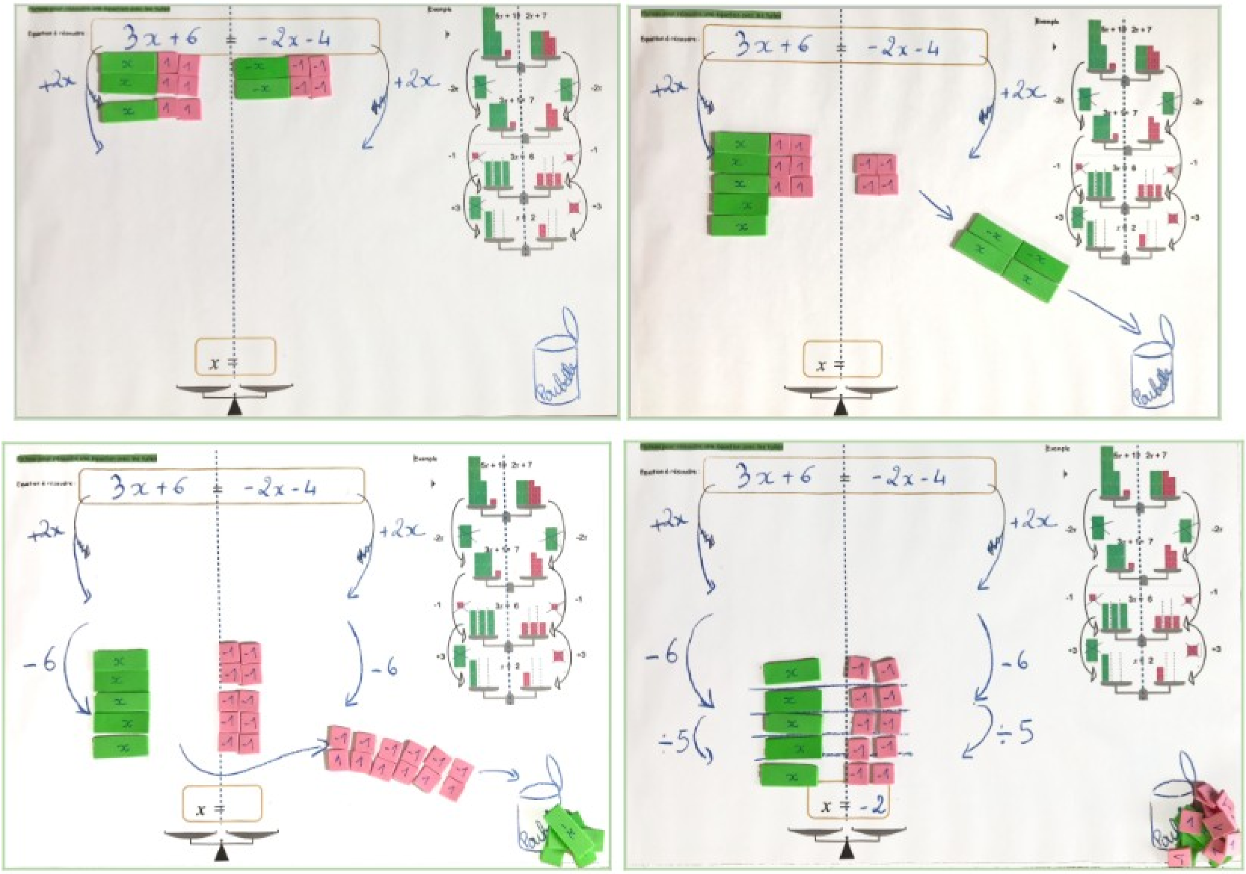


Figure 8: exemple d'utilisation de tuiles algébriques pour résoudre une équation

Le matériel peut accompagner régulièrement la verbalisation :

- lorsqu'il s'agit d'insister sur la différence entre le double et le carré (voir Figure 9 a);
- lors des factorisations usuelles : « Deux *x* moins cinq *x*, en tout des *x* cela en fait moins trois » (voir Figure 9 b) ;
- lorsque, lors de la résolution d'une équation, "on enlève 2*x* de chaque côté" (Figure 9 c).

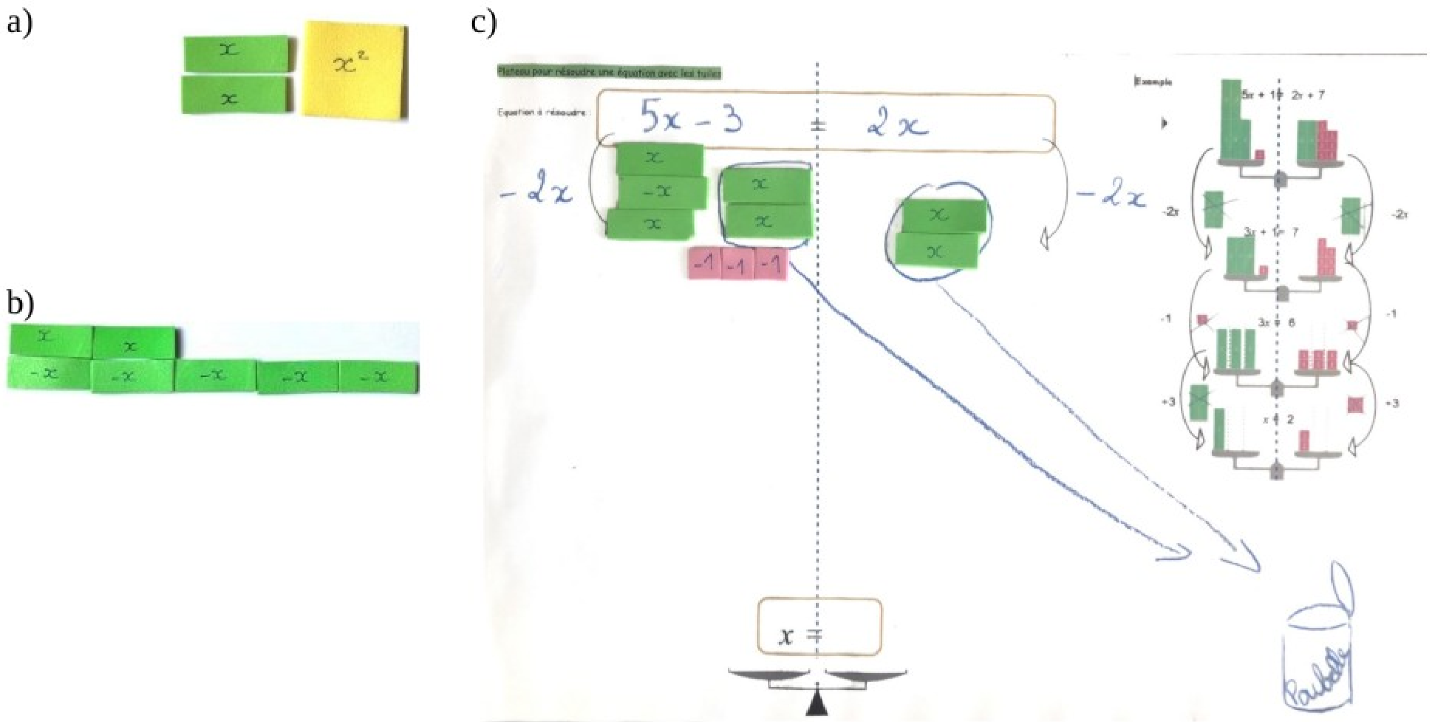


Figure 9 : Exemples d'utilisation de tuiles algébriques.

c) Observations, retours des élèves

<u>En cinquième, deux classes de 30 élèves, classe entière.</u>

Les élèves avaient été initiés aux nombres figurés par les nombres rectangles au préalable.

Les élèves se sont approprié le matériel au cours de plusieurs séances, pour l'addition et la soustraction de relatifs et la distributivité simple. L'utilisation de matériel était imposée à tous et a facilité la compréhension des méthodes d'addition et de soustraction des relatifs.

Plusieurs élèves ont choisi de réutiliser le matériel lors de phases de travail en autonomie et à plusieurs reprises.

<u>En troisième, deux classes de 27 et 30 élèves en demi-groupes.</u>

Ces élèves n'avaient jamais utilisé de tuiles. Certains élèves étaient réticents à manipuler car cela leur rappelait les plus petits niveaux. De plus, il leur paraissait inutile de retravailler les notions de cinquième et quatrième avec les tuiles : "Ça va plus vite quand on écrit directement".

Après une séance laborieuse pour expliquer toutes les utilisations de cinquième et quatrième, les utilisations pour écrire l'opposé d'une expression et pour résoudre une équation ont plus convaincu que le développement et la factorisation.

d) Pistes d’amélioration

Comme pour d’autres outils, l’utilisation des tuiles algébriques est plus efficace si elle se déroule dans un temps long, idéalement depuis la cinquième jusqu’à la fin du collège voire le début du lycée : les élèves pourront plus facilement bénéficier des avantages de la manipulation s’ils connaissent déjà ce matériel.

L’introduction des tuiles algébriques gagne à être progressive, dès la découverte de l’addition de relatifs en cinquième. Utilisée uniquement pour de la remédiation à partir de la troisième, elle est chronophage, en particulier en classe entière. Les premières explications du fonctionnement des tuiles demandent du temps, idéalement au sein de petits groupes. Ce n’est qu’une fois que ce travail de présentation a été fait qu’on peut envisager une utilisation plus ponctuelle, éventuellement pour quelques élèves en grande difficulté.

5. Exemples d'adaptation de jeux

Utiliser des jeux pour faire des mathématiques de façon ludique est une idée qui a été largement explorée depuis longtemps, par de nombreux collègues et notamment dans plusieurs groupes IREM (par exemple : IREM Caen, IREM Lyon, IREM Rennes, APMEP, site de l'académie de Nantes, site de l'académie de Rennes, site la classe de Mallory, voir la sitographie en annexe).

L'utilisation de jeux soulève bien sûr quelques contraintes : la construction du matériel par l'enseignant peut être chronophage ; l'acquisition des règles du jeu par les élèves peut prendre du temps ; l'activité risque d'être bruyante en classe entière ; enfin le niveau de difficulté peut amener les élèves les plus fragiles à se sentir rejetés, il va donc falloir adapter les jeux pour prendre en compte l'ensemble des élèves.

Les jeux présentent toutefois de nombreux avantages. Ils amènent tout d'abord une grande source de motivation pour les élèves. Ils leur permettent aussi de manipuler, oraliser - ce qui peut aider à la création d'images mentales -, faire des choix, bénéficier et participer à l'entraide, se sentir à leur place en étant capables de remplir un objectif au sein d'un groupe. Tous ces avantages justifient, à nos yeux, qu'on essaye de les utiliser en classe à chaque fois que cela est possible.

5.1. Des jeux simples d'association de cartes

Pour limiter les contraintes citées plus haut, nous avons voulu privilégier les pistes suivantes :

- nous concentrer sur des jeux nécessitant peu de matériel, et dans l'idéal seulement quelques cartes ;
- utiliser le même matériel pour différents jeux, afin que les élèves n'aient pas besoin, pour chaque jeu, de redécouvrir du matériel différent ;
- essayer de simplifier les règles ;
- pour un même jeu, proposer des niveaux de difficulté progressifs, qui permettent à chaque élève de jouer à un niveau qui le fera progresser sans se sentir exclu du reste de la classe ;
- laisser les jeux en libre accès dans la classe, et déterminer des temps pendant lesquels les élèves qui le souhaitent peuvent jouer sans que cela soit perçu comme du favoritisme ou un cas exceptionnel.

Avec un même lot de cartes, nous avons exploré différents jeux (Quem’s, mémory, mistigri, rami, jeu de 7 familles, etc) fonctionnant sur un principe commun : associer des cartes de catégories différentes, reliées au même objet mathématique (par exemple, une équation). Ce principe aide les élèves à faire des liens entre différents types de représentations du même objet (par exemple, entre l’équation cartésienne et la représentation graphique d’une droite, entre un pourcentage et une fraction, etc).

a) Outil initial

Pour tester ces pistes dans nos classes, nous sommes partis du jeu de Quem’s tel que proposé par l'académie de Nantes[7]. La règle du jeu est disponible sur ce site.

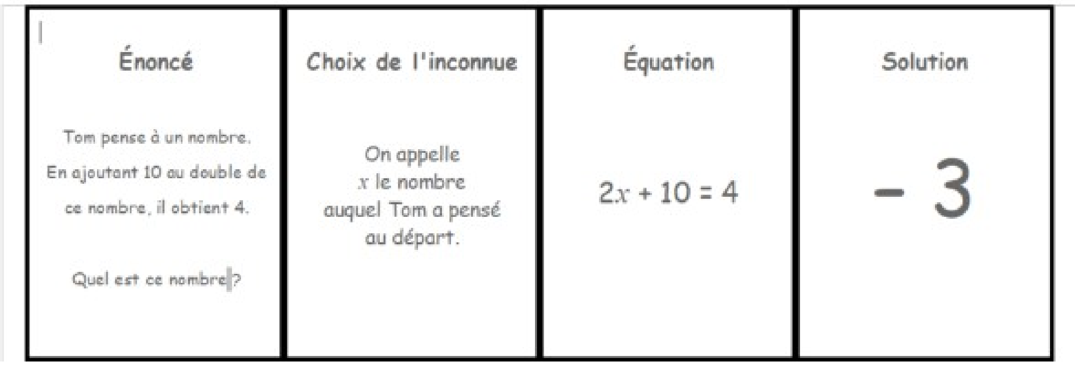


Figure 10: Exemple de cartes du Quem’s des équations.

La Figure 10 présente à titre d’exemple 4 cartes correspondant à une même équation, dans le Quem’s des équations. On voit qu'un des points forts du jeu est d'amener les élèves à mettre en relation des cartes de catégories différentes mais correspondant à un même problème : l'énoncé, l'inconnue, l'équation, la solution. Il peut être utilisé en application directe du cours, pour s’exercer, ou pour retravailler les notions.

b) Adaptation pour intégrer les élèves en grande difficulté

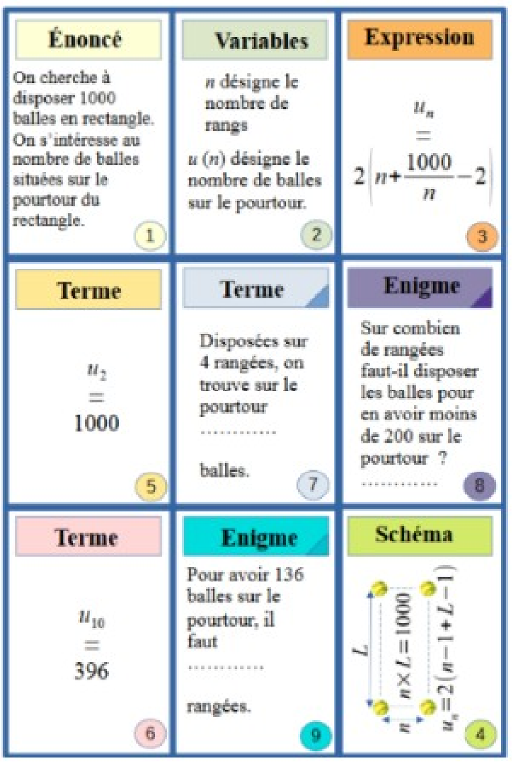
Le Quem’s est un jeu un peu bruyant, et qui favorise les élèves rapides ; on peut également, **avec le même lot de cartes**, jouer à des jeux différents, solitaires ou en groupe : nous avons testé par exemple le mémory, le mistigri, le rami, le jeu des 7 familles. Un élève en grande difficulté peut commencer par se familiariser avec les cartes (et les relations entre cartes de catégories différentes d'une même famille) avec un jeu en solitaire (par exemple un mémory), puis jouer en binôme ou avec plusieurs camarades.

L'avantage de ce type de support est également qu'on peut très facilement le généraliser à de nombreux thèmes. Sur le même principe, nous avons créé ou adapté des cartes sur les thèmes suivants : nombres, évolutions, fonctions, fonctions affines, suites, polynômes de degré 2, en conservant les règles des différents jeux possibles.

En testant différentes cartes, nous avons constaté à quel point il était intéressant de faire figurer sur la carte sa catégorie (dans l'exemple précédent : énoncé, choix de l'inconnue, équation, solution), en particulier pour les élèves les plus en difficulté pour qui ces

7 https://www.pedagogie.ac-nantes.fr/mathematiques/des-maths/jeux-mathematiques/jeux-quems-1168034.kjsp?RH=MATH

différentes catégories ne sont pas évidentes. Nous suggérons donc, lors de la présentation du jeu, de préciser[8] qu'on cherche à mettre ensemble pour chaque famille une carte de chaque catégorie. A ce sujet, des élèves ont suggéré que la catégorie soit rendue plus explicite, par un code couleur et un numéro (Figure 11).



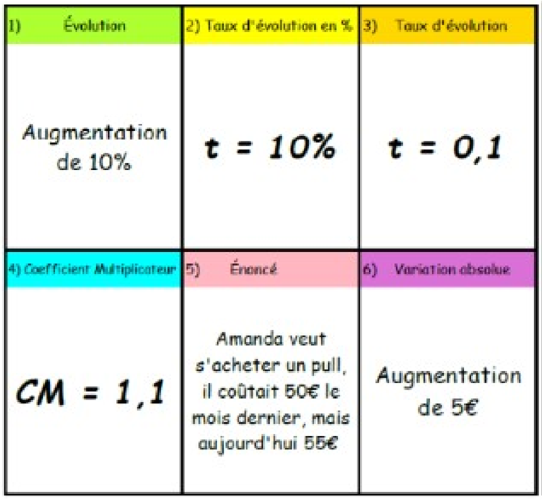


Figure 11: Exemples de cartes pour différents thèmes (suites, évolutions) qui mettent en évidence la catégorie des cartes.

Il est également facile de créer toute une **progressivité de niveaux de difficulté**, en jouant par exemple sur la nature des cartes retenues. Une même famille peut en effet contenir des cartes plus ou moins faciles à identifier : par exemple dans le cas des suites (Figure 11), il peut être facile de relier l'expression (carte 3) avec un terme calculé (carte 5 ou 6), plus difficile de relier l'énoncé avec le schéma, et encore plus difficile d'utiliser les cartes 7 et 9 que l'élève doit compléter avant de les jouer. On peut également jouer sur le nombre de catégories par famille qu'on garde pour le jeu. Par exemple, dans le cas d'un jeu de mémory avec les cartes « évolutions », on a pu proposer 8 niveaux de difficulté croissante, selon qu'on sélectionne les cartes : 1 et 2 ; 2 et 3 ; 3 et 4 ; 5 et 6 ; 1, 2, 3 et 4 ; 1 et 4 ; 1, 5 et 6 ; 1, 4, 5 et 6. On a également pu ajouter des cartes supplémentaires (des “bombes” qui font perdre des points), ou imposer de retourner 3 ou 4 cartes de la même famille au lieu de deux.

Pour un même lot de cartes, on peut donc proposer plusieurs jeux avec à chaque fois une dizaine de niveaux de difficulté.

[8] Notons toutefois que ce n’est pas toujours indispensable, plusieurs jeux (comme anglego et nombrego) ne nécessitent pas de catégorie et n’en sont pas moins intéressants pour les élèves.

c) Observations, retours des élèves

classe de terminale STMG, 18 élèves (grâce à la neige), décembre 2022

* 4 élèves (de niveaux hétérogènes) jouent au rami sur le thème des nombres d'abord, puis des fonctions (familles de 4 cartes à chaque fois). Ils ont bien aimé le thème des nombres, mais ont trouvé le thème des fonctions trop difficile ; ils suggèrent de partir de la courbe comme point de départ de la famille plutôt que de partir de la formule.

* 5 élèves (plutôt avec des facilités mais qui n'avaient pas envie de faire d'efforts) jouent au rami sur le thème des suites. Ils trouvent d'abord le jeu trop facile (seulement 4 cartes simples), puis essayent avec des cartes plus compliquées (cartes à compléter) mais trouvent le jeu trop difficile cette fois. Ils se plaignent en particulier qu'il faut utiliser la calculatrice pour trouver les réponses.

* 5 élèves (plutôt en difficulté) jouent avec les cartes « nombres », d'abord au solitaire puis au mémory. Elles ont bien aimé le principe, ont joué toute l'heure, et ont fait de nombreuses propositions pour améliorer le jeu (couleur, règles, ajout de nouvelles cartes).

classe de première STMG, 20 élèves (grâce à la neige), décembre 2022

* 4 élèves (en grande difficulté) ont joué au rami avec les cartes « nombres », en commençant par recréer les familles une fois avant de jouer. Elles ont été très motivées : « ça nous a permis de comprendre que 20% = 0,2 » ; « moi j'ai mieux compris les intervalles ». Elles ont également fait de nombreuses suggestions d'amélioration du jeu (couleurs, identifier les catégories, modifier les règles)

* 4 autres groupes de 4 élèves ont testé les jeux mais avec moins de motivation.

classe de terminale STMG, 35 élèves, juin 2023

* 2 élèves qui refusent de travailler depuis plusieurs mois et perturbent habituellement le cours prennent les cartes « nombres » et commencent à jouer. Ils ne veulent pas lire les règles, mais jouent « à leur façon » en construisant une pyramide avec des règles de comparaison entre les nombres. Ils semblent plutôt contents de ce jeu.

classe de seconde, groupe de soutien (8 élèves), octobre 2023

* 2 élèves jouent au mémory sur le thème « évolution ». Ce sont plutôt des élèves sérieux, ils ont choisi le niveau de difficulté 6 (carte 1 : évolution et 4 : coefficient multiplicateur). À la fin de la partie ils se disent satisfaits, « ça a permis de mieux comprendre »

* 4 élèves plus en difficulté jouent au mémory des équations, par équipe de 2, en niveau de difficulté 1 (on retient la catégorie équation et la catégorie solution). Ils s'aident de la calculatrice pour vérifier. Ils sont très contents, « ça nous a aidés à comprendre ».

A la fin de la partie les élèves demandent à pouvoir jouer avec des cartes sur le thème développement / factorisation (thème sur lequel nous sommes en train de travailler en cours à ce moment-là).

<u>classe de première tronc commun, 24 élèves, septembre 2023</u> Les jeux sont laissés en libre accès, seuls 2 îlots de 4 élèves décident de jouer. * 4 élèves testent les cartes sur les évolutions, mais refusent de lire les règles : ils veulent jouer « à leur façon ». Ils jouent en fait à une version du jeu de 7 familles, mais au lieu de construire les familles avec des cartes correspondant à une même évolution, ils les construisent en regroupant les cartes par couleur (donc par catégorie). Ils abandonnent assez vite en constatant que cela n'a pas d'intérêt. Ensuite, ils acceptent qu'on leur explique les règles et partent sur un mémory, mais veulent jouer avec toutes les cartes et continuent à faire des paires de couleur. Ils abandonnent à nouveau assez vite. * 4 élèves essayent les cartes « nombres » et commencent par un mémory simple (relier une fraction et sa forme décimale). Ils sont plutôt intéressés, lisent les règles, jouent deux parties.

d) Pistes d'amélioration

L'acquisition et la compréhension des règles du jeu ressort comme un point essentiel de la réussite de ce type d'activité. Or si les jeux sont en libre accès dans la classe, il faut que les élèves connaissent déjà les règles, les acquièrent en autonomie, ou demandent les règles à l'enseignant. On risque sinon d'observer des cas où des élèves inventent leurs propres règles, avec plus ou moins de succès, ou abandonnent le jeu.

Il faut donc a minima prévoir une règle du jeu concise pour l'utilisation en autonomie dans la pochette de jeux mise en libre-service. La réalisation d'un tutoriel comme les “démos” très appréciables qu'on trouve sur le site Jeux2maths de l'IREM de Caen est une piste prometteuse mais coûteuse en temps. L'idéal est d'avoir la possibilité d'expliquer ou réexpliquer les règles en îlot, voire de commencer une partie avec eux, possibilité rare en classe entière mais qui se présente parfois avec la co-animation ou la présence d'un étudiant, d'un AESH.

On peut également envisager de prendre un temps en début d'année pour exposer la règle d'un jeu, mais on ne peut pas explorer tous les jeux en début d'année. Cette approche impose de fabriquer ou d'acheter plusieurs exemplaires de ce jeu (autant que de groupes), souvent 8 en collège, 9 en lycée. Par ailleurs, l'expérience montre que les explications collectives ne sont pas toujours efficaces.

La qualité graphique des cartes, l'usage de couleurs, de dessins, de symboles, de cartes plastifiées, ressort souvent dans les commentaires des élèves comme un critère de motivation. Nous sommes bien sûr contraints par le temps de réalisation des cartes, et la disponibilité d'une plastifieuse. Dans certains établissements, la mise en commun du matériel permet de partager et rentabiliser ces investissements.

En lycée, il semble parfois difficile de susciter l'envie d'utiliser ces jeux. On peut laisser les jeux en libre service, et dans ce cas peut-être est-il utile de rappeler régulièrement que les élèves peuvent les utiliser. On peut également les intégrer dans un plan de travail (voir paragraphe 7), ce qui n'empêche pas d'utiliser ces jeux sur des temps particuliers de classe entière, de groupe réduit, groupe de remédiation…

5.2. Variante : « Affmily » sur les fonctions affines

a) Outil initial

Nous nous sommes inspirés du jeu « Fracmily » du site jeux2maths.fr, conçu par l'IREM de Caen (voir sitographie). Le jeu Fracmily est un jeu d'association, il consiste à reconstituer progressivement des familles. La règle du jeu est similaire à celle présentée au Tableau 1.

Notons que cette règle du jeu présente quelques différences avec celles des jeux d'association de cartes explorés à la section 5.1.

- Tout d'abord, le fait de disposer au départ du jeu les cartes Famille sur la table aide les élèves à visualiser l'ensemble des familles, et donc à regrouper les cartes qui sont apparentées.
- Ensuite, le mode de calcul des scores, une fois qu'il est bien compris des élèves, permet de mettre en place des stratégies pour gagner le plus possible de points. Cela renforce le caractère ludique et peut avoir un effet stimulant sur les élèves. Cela peut aussi permettre différents niveaux de jeu pour que chaque élève tire profit du jeu.

b) Adaptation sur le thème des fonctions affines

Dans cette adaptation, chaque carte famille correspond à une fonction affine, les cartes membres correspondantes sont des représentations de cette fonction (graphe, équation de droite) ou des propriétés (pente, ordonnée à l'origine, etc).

Tableau 1: La règle du jeu Affmily

Objectifs	Travailler les fonctions affines. Associer des cartes MEMBRES à 6 FAMILLES et marquer le plus de points.
Pré-requis	Avoir fait le cours sur les fonctions affines
Durée	15 minutes
Matériel	6 cartes FAMILLES (voir Figure 12), 48 cartes MEMBRES et une feuille de scores. Chaque carte famille correspond à une fonction affine, les cartes membres correspondantes sont des représentations ou des propriétés de cette fonction.
Configuration de la classe	*Pour une première utilisation, il est souhaitable de travailler avec une demi-classe pour que les élèves s'approprient les règles du jeu et que l'enseignant puisse répondre aux questions.* L'enseignant prévoit un jeu pour 3 à 5 élèves disposés en îlots, différents jeux pouvant être proposés.
Description de l'activité	Activité de consolidation de connaissances sur les fonctions affines au lycée. Objectif : associer différentes représentations d'une même fonction.

Règles du jeu	2 à 4 joueurs (ou équipes). Les 6 cartes Familles sont posées face visible au centre de la table. Les cartes Membres sont mélangées. Chaque joueur en reçoit 4 et les place face visible devant lui. Les cartes Membres restantes forment une pioche. Le joueur dont c'est le tour peut poser, s'il le désire, de 1 à 4 cartes Membres en face de la carte Famille correspondante (poser des cartes en face de plusieurs cartes Famille lors d'un même tour n'est pas autorisé). Il pioche alors autant de cartes pour reconstituer une main de quatre. Si, lors de son tour, le joueur ne veut pas poser de cartes, il peut tenter d'échanger une carte avec un de ses adversaires en annonçant les familles qui l'intéressent. Un tel échange va lui permettre d'obtenir plusieurs cartes d'une même famille et donc d'améliorer son score en les posant simultanément. **Exemple** : « J'échange une carte de la FAMILLE "f(x)=3x" avec une carte de la FAMILLE "f(x)=-x+5" ». Si aucun adversaire n'accepte l'échange, le joueur prend une carte sur le dessus de la pioche et se débarrasse d'une de ses cartes en la plaçant sous la pioche. Il ne peut pas poser de cartes après avoir échangé ou pioché. Chaque carte posée sur la table doit être validée par les autres joueurs. Si l'association n'est pas validée, le joueur conserve sa carte et son tour s'arrête. La partie s'arrête lorsque les six familles sont reconstituées. Le joueur qui a le plus de points remporte la partie.
Scores	1 carte posée rapporte 1 point ; 2 cartes posées rapportent 3 points ; 3 cartes posées rapportent 5 points ; 4 cartes posées rapportent 10 points.

FAMILLE $f(x)=3x$	FAMILLE $f(x)=-x+5$	FAMILLE $f(x)=-2x+\frac{1}{3}$
FAMILLE $f(x)=\frac{1}{3}x+1$	FAMILLE $f(x)=3x-2$	FAMILLE $f(x)=-2x+1$

Figure 12: Les cartes famille du jeu Affmily

c) Observations, retours des élèves

Classe de seconde, mars 2023, en demi-classe (17 élèves par groupe)
Le jeu a été testé selon les règles énoncées ci-dessus, chaque demi-classe étant découpée en 5 groupes de 3 ou 4 élèves ; il a permis de refaire le point sur les fonctions affines. Les règles du jeu ont semblé un peu compliquées, les élèves n'ayant pas l'habitude de travailler sous cette forme. Certains groupes n'ont pas été assez sérieux et impliqués. Il était demandé un retour écrit pour inciter les élèves à faire l'activité sérieusement.

d) Pistes d'amélioration

Il est conseillé d'utiliser le jeu en demi-classe.

De plus, pour stimuler la motivation des élèves, il semble utile de leur donner une feuille pour la prise de note, ou a minima une grille pour noter les scores, et d'annoncer qu'on va ramasser cette feuille.

Comme avec tout jeu dont la règle du jeu n'est pas déjà connue des élèves, on peut perdre un peu de temps à expliquer la règle, puis à passer rectifier ce qui n'a pas été compris. Ainsi, la première fois, la stratégie possible pour gagner plus de points en faisant des échanges n'est pas toujours bien intégrée, le comptage des points n'est d'ailleurs pas toujours une motivation pour les élèves. On peut donc laisser cette règle de côté lors de la première utilisation.

L'utilisation répétée de cette règle avec des jeux différents permet aux élèves de profiter pleinement des différentes possibilités de marquer des points et à l'enseignant de perdre moins de temps à expliquer les règles.

5.3. Variante : « Monde des » (inspiré de 7 wonders)

a) Outil initial

Nous nous sommes appuyés sur le travail du groupe Jeux de l'IREM de Rennes (2016-2017) qui a proposé le jeu “Monde des fonctions”[9] en s'inspirant du jeu de société “7 wonders”.

Comme dans le cas des jeux de cartes présentés au 5.1, il s'agit d'amener les élèves à regrouper des cartes d'une même famille. Le déroulement du jeu est expliqué dans le tableau 2 sur l'exemple “Monde des équations différentielles”. La principale différence avec les jeux présentés au paragraphe 5.1 vient de l'utilisation d'un ”plateau monde” (Figure 13 à gauche) qui peut faciliter la recherche des cartes pertinentes. Une autre différence significative vient du mode de partage des cartes : dans ce jeu, chaque élève reçoit au départ un plateau monde qu'il garde pendant toute la partie et un paquet de cartes. Au sein de ce paquet, il choisit la carte qui l'intéresse le plus, la pose, puis donne les cartes restantes du paquet à son voisin, et ainsi de suite jusqu'à épuiser les cartes. Si aucune carte ne l'intéresse, il défausse une carte au centre de la table, qui sera perdue pour tout le monde. Cela permet de choisir soit une stratégie plus compétitive (défausser les cartes qui intéressent d'autres joueurs pour les empêcher de gagner), soit une stratégie coopérative (conserver les cartes qui intéressent d'autres joueurs pour leur permettre de les jouer ensuite). En fin de partie, les cartes retenues sont comparées à une correction, et font gagner un certain nombre de points.

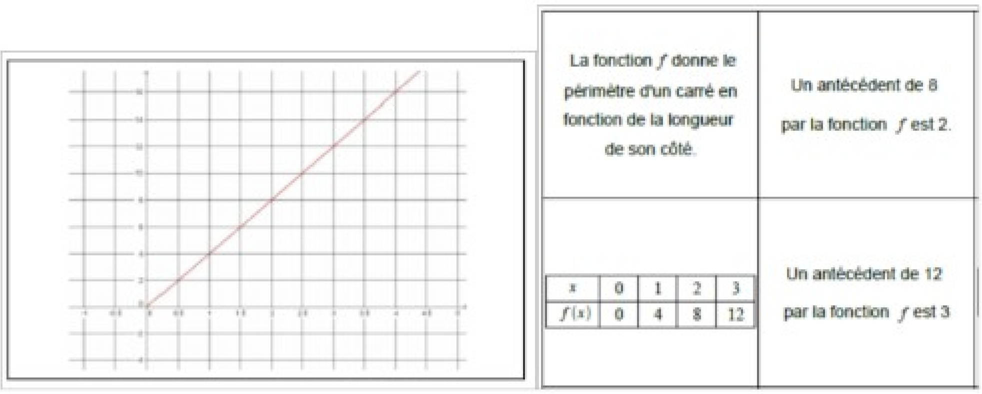


Figure 13: Exemple de plateau de monde et de cartes du jeu “Monde des fonctions”

Le thème du jeu peut bien sûr être facilement modifié en fonction des chapitres en cours mais aussi des enjeux pédagogiques. Nous avons par exemple construit :

- un jeu “Monde des équations différentielles” pour les élèves d'option mathématiques complémentaires en terminale, qui est présenté en Figure 14 et dans le Tableau 2,

---

[9] disponible sur le site : https://ged.univ-rennes1.fr/nuxeo/nxpath/default/default-domain/sections/ufr/UFR%20Mathematiques/Irem/Groupes/Jeux/Mondes-des-fonctions-tro@view_documents;jsessionid=31E2FA71277A065F965B666E520210FB.nuxeo?tabIds=MAIN_TABS%3Adocuments%2C%3A&conversationId=0NXMAIN1

- un jeu “Monde des Patterns” pour le cycle 4 et le lycée, qui est représenté en Figure 15 et qui permet d’aborder différents thèmes (calcul littéral, algorithmique, suites),
- un jeu “Monde des ratios” pour renforcer la compréhension des correspondances entre ratios et écritures fractionnaires au cycle 4, qui est présenté en Figure 16,
- un jeu “Monde des trinômes” pour le lycée (de la seconde à la terminale et même en BTS), non présenté ici.

Tableau 2: Présentation de la version “Monde des équations différentielles”

Objectifs	Travailler les équations différentielles
Pré-requis	Avoir fait le cours sur les équations différentielles
Durée	15 minutes
Matériel	5 plateaux (courbe graphique) + 39 cartes
Configuration de la classe	*Pour une première utilisation, il est souhaitable de travailler avec une demi-classe pour que les élèves s'approprient les règles du jeu et que l'enseignant puisse répondre aux questions.* L'enseignant prévoit un jeu pour 3 à 5 élèves disposés en îlots, différents jeux pouvant être proposés.
Description de l'activité	Activité de consolidation de connaissances sur les équations différentielles en maths complémentaires. Objectif : associer différentes représentations de la solution d'une même équation.
Règles du jeu	2 à 5 joueurs. Chaque joueur pioche au hasard un plateau. Le donneur distribue toutes les cartes. Chaque joueur peut commencer immédiatement à compléter son plateau en y ajoutant une seule carte correspondant à la fonction représentée. Tous les joueurs posent ensuite leur jeu de cartes à droite et récupèrent le jeu de leur voisin de gauche. Ils peuvent de nouveau compléter leur plateau s'ils possèdent une carte correspondante. Dans le cas contraire, ils se défaussent d'une carte au milieu du jeu. La partie se déroule ainsi jusqu'à ce que les joueurs n'aient plus de cartes. Le gagnant est le joueur qui aura posé le plus de cartes pour compléter son plateau. Remarque : Les cartes notées « carte double » permettront aux joueurs qui les possèdent d'obtenir 2 points pour cette carte s'ils sont en possession de la carte tableau de variations correspondant.
Adaptation possible	Les cartes peuvent être introduites progressivement en fonction des notions déjà abordées.

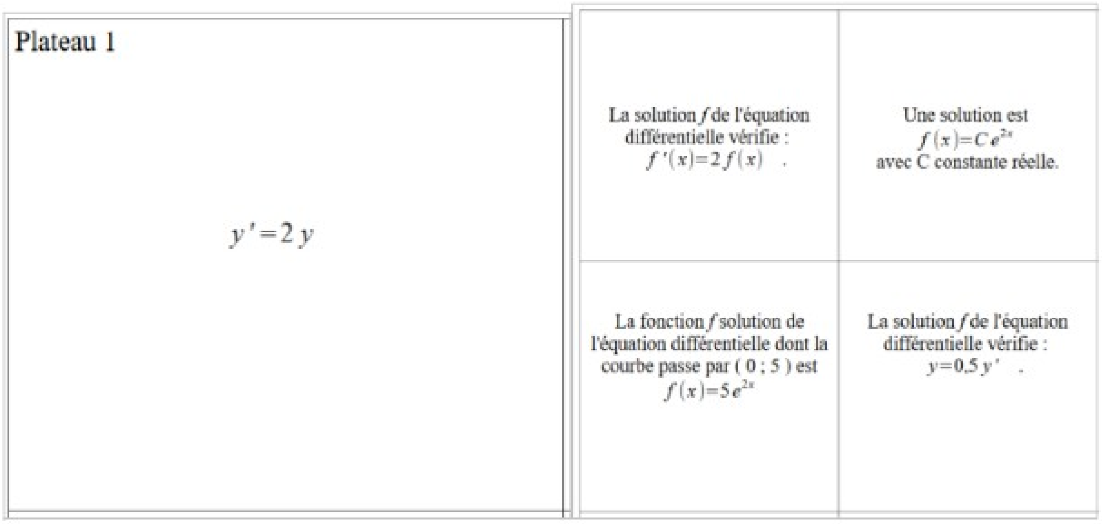


Figure 14: Exemples de plateau et de cartes du “Monde des équations différentielles”

b) Adaptation pour intégrer les élèves en grande difficulté

Le fonctionnement même de ce type de jeux permet déjà de faciliter l’intégration des élèves en grande difficulté. En particulier, comme nous l’avons déjà signalé pour le jeu « Affmily », l’utilisation du “plateau monde” rend le regroupement des cartes d’une même famille plus facile que pour les jeux de la section 5.1. Pour aider davantage les élèves en grande difficulté, nous avons fait figurer sur certains “plateaux monde” les emplacements des cartes de la famille (voir en particulier la Figure 15).

Par ailleurs, grâce au mode de choix des cartes, un élève en grande difficulté pourra dans un premier temps se concentrer sur le choix d’une carte qui le concerne, pendant que des élèves plus à l’aise pourront trouver de l’intérêt à optimiser les scores, par exemple en empêchant l'élève avec le plus de points d’obtenir une bonne carte. Enfin, le rôle important du hasard dans ce jeu, au moment de la distribution des cartes, permet à tous les élèves de connaître des succès.

Nous avons mis en place des stratégies complémentaires pour adapter les jeux à différents niveaux de joueurs, sans stigmatiser les élèves en grande difficulté.

La première stratégie consiste à proposer des familles de cartes et plateaux de difficultés variées, ce qui permet à l’enseignant, en distribuant les plateaux, de s’adapter au niveau des élèves, et en particulier de pouvoir mettre aussi les élèves en grande difficulté en situation de réussite. C’est à la fois avec des familles de « mondes » de niveaux différents et grâce au mode de jeu qui laisse du temps à chacun pour chercher une carte qui lui convienne ou se faire aider que l’on permet à un groupe hétérogène de jouer à un rythme qui convienne à chacun.

Nous avons expérimenté cette stratégie avec le « Monde des patterns » (voir Figure 15). Notons que ce jeu présente plusieurs avantages pour les élèves en grande difficulté :

- l’aspect très visuel des patterns rend l’exercice attractif
- pour mieux appréhender le mécanisme de construction du pattern, les élèves ont la possibilité de reproduire les motifs, soit en manipulant du matériel (bâtonnets ou allumettes), soit en dessinant sur leur cahier

Dans la version que nous avons testée, les plateaux et les cartes sont répartis en trois jeux, l'un ne comportant que des patterns simples, les deux autres étant composés de patterns de niveaux variés. Ainsi, le professeur peut distribuer des jeux différents selon les îlots (avec des plateaux de niveaux homogènes ou hétérogènes) pour tenir compte des niveaux des élèves. Il peut aussi laisser les élèves choisir eux-mêmes le jeu qui leur convient.

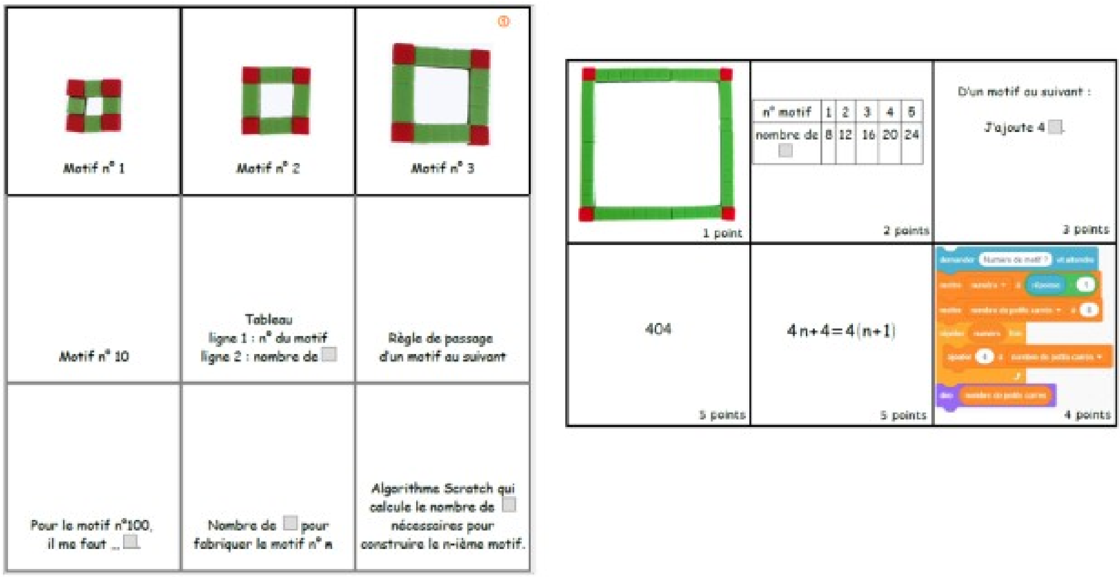


Figure 15: Exemple d'un plateau monde correspondant à un pattern (à gauche), et des cartes correspondantes

Au lieu de jouer sur la difficulté des plateaux, une deuxième stratégie consiste à créer deux familles de cartes pour chaque carte monde. Nous l'avons expérimentée dans le cadre de la création d'un jeu "Monde des ratios". Dans ce jeu, les plateaux sont des cartes "Situation" décrivant une situation concrète ; à chacune de ces situations sont associées deux familles de cartes correspondant à deux niveaux de difficulté différents, comme illustré en Figure 16.

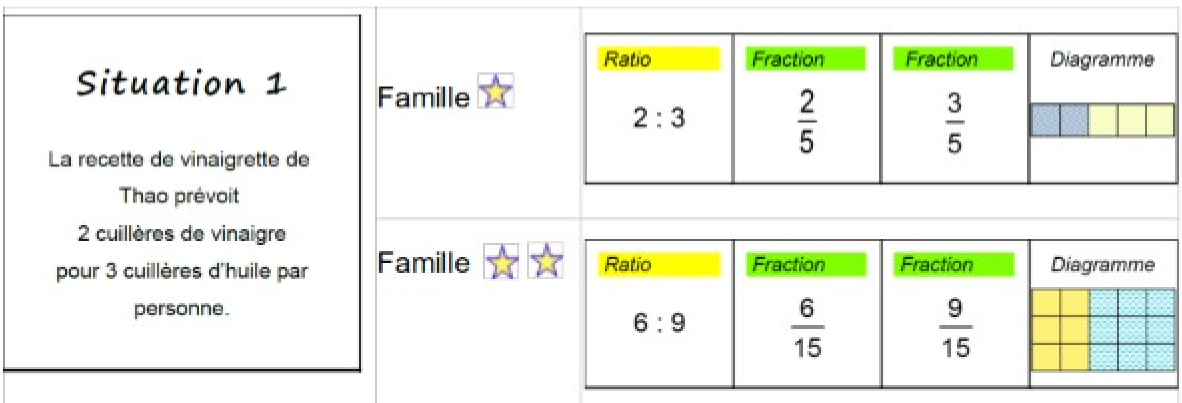


Figure 16: Exemple de monde du jeu "Monde des ratios", avec pour plateau une carte "Situation" et les deux familles de cartes qui lui correspondent.

En fonction du niveau de jeu désiré, l'enseignant peut proposer l'ensemble des cartes pour les élèves les plus à l'aise et ne proposer qu'une partie des cartes pour les élèves moins à l'aise. Il pourra, par exemple, ne proposer que les cartes des familles ☆ pour les élèves les plus en difficulté, en réduisant le nombre de situations (niveau 1). Pour un niveau de jeu intermédiaire (niveau 2), Il pourra conserver toutes les situations mais ne proposer que les cartes des familles ☆. Le niveau 3 se joue avec les deux familles de cartes.

Pour les niveaux 1 et 2, un monde est complet lorsqu'une famille complète (4 cartes en tout) est bien associée à la situation qui lui correspond. Pour le niveau 3, un monde est complet lorsque les deux familles des deux niveaux sont complètes (8 cartes en tout) et bien associées à la situation correspondante.

À la fin du jeu, chaque joueur compte les ☆ au dos des cartes posées sur ses cartes « Situation » puis il soustrait le nombre de ☆ au dos des cartes qu'il lui reste dans les mains. Pour chaque famille complète, le joueur récupère un bonus de une ☆. Le gagnant est le joueur qui totalise le plus de ☆.

c) Observations, retours des élèves

En troisième, mai 2023, deux groupes de 11 élèves, février 2024, quatre groupes de 13 à 15 élèves

Le jeu "Monde des patterns" a duré environ 20 minutes, la règle du jeu étant déjà connue.

Certains groupes ont souhaité faire une deuxième partie.

Les élèves ont eu besoin d'explications complémentaires sur ce qui était attendu dans chaque case, ou sur la manière de savoir si une carte convenait ou pas, mais ensuite ont pu être autonomes.

Quelques élèves ont manipulé des bâtonnets pour mieux comprendre le procédé de construction du pattern d'un motif au suivant.

Classe de seconde, mai 2024, deux groupes de 15 ou 16 élèves

Les élèves ont joué en îlots de 4 au jeu "Monde des patterns" pendant 50 minutes. Selon les groupes, ils ont eu le temps de faire 3 à 5 parties.

Les élèves ont d'eux-mêmes décidé de commencer par le niveau de difficulté 1 ou 2 selon leurs facilités en mathématiques, et la plupart des groupes ont voulu passer au niveau de difficulté suivant après une première partie.

Plusieurs élèves se sont aidés d'un dessin. De façon générale, la plupart des îlots ont joué dans un esprit de coopération.

Le jeu a beaucoup plu, les élèves ont dit trouver agréable de jouer ensemble ("ça change des cours", "pourquoi on ne fait pas ça plus souvent", et ont tout particulièrement apprécié la qualité de réalisation du jeu (cartes en couleur, dos décoré de motifs, cartes et plateau plastifiés). Exemple de bilans écrits en fin d'heure : "Nouvelle méthode de mémorisation", "apprendre les maths de manière ludique", "beaucoup de façons d'expliquer un truc".

Enfin un élève qui connaissait déjà le jeu de société "7 wonders" a été déçu par la simplification des règles par rapport à l'original. Il a suggéré qu'on puisse ajouter dans le "Monde des patterns" des règles supplémentaires, notamment des armées pour attaquer ses voisins (c'était visiblement ce qu'il aimait le plus dans "7wonders" !).

Terminale, option mathématiques complémentaires, 2023-2024 (25 élèves) Mise en place du jeu “Monde des équations différentielles” avec pour objectif de retravailler les notions et s'exercer. Les élèves ont travaillé en binôme avec l’objectif de compléter ensemble les plateaux, avec des règles adaptées par rapport au jeu initial, détaillées ci-dessous. **Règles modifiées :** Par groupe de deux, les élèves disposent les plateaux sur la table. Les autres cartes sont disposées dans une pioche. Les élèves prennent carte par carte et échangent sur la solution à trouver et à relier au bon plateau. L'exercice a plu. Les élèves échangent beaucoup. Ils examinent les solutions proposées et les valident ou pas. Les groupes ne vont pas à la même vitesse. Il est donc conseillé d’inclure cet exercice dans un ensemble de tâches pour gérer les rythmes différents selon les groupes.

d) Pistes d’amélioration

Nous présentons ici les améliorations successives apportées au jeu « monde des ratios ».

- Pour prévenir la difficulté des daltoniens à distinguer certaines couleurs, nous avons texturé une couleur sur deux, ce qui rend également le jeu imprimable en noir et blanc.
- Nous avons permuté les deux nombres de certains ratios pour que ce ne soit pas toujours le plus petit nombre en premier, afin d’éviter que les élèves prennent cela comme une règle.
- Nous avons formulé les différentes situations pour que leurs énoncés soient conformes aux énoncés d’exercices rencontrés au DNB.
- Nous avons choisi les différents prénoms des situations pour surtout ne pas induire de stéréotype de genre et privilégier la diversité culturelle.
- D’autres pistes d’amélioration ont pu être suggérées par les élèves eux-mêmes.
- Certains élèves (plutôt à l’aise) ont trouvé le jeu « Monde des patterns » un peu trop facile, et suggèrent d’ajouter des cartes “pièges”, c'est-à-dire des cartes qui ne vont sur aucun plateau. Deux élèves ont demandé s' il était possible de créer un niveau 4.
- Des élèves plutôt en difficulté ont trouvé difficile de comprendre certaines cartes ou certains énoncés du jeu « Monde des patterns ». Dans ce cas, nous avons pu suggérer aux élèves qui le souhaitent de faire une première partie en ayant sous les yeux le corrigé de leur plateau, ce qui leur permet de se familiariser avec le jeu.
- Certains élèves ont été frustrés de voir plusieurs cartes qui les concernaient défaussées par leurs adversaires, et proposent une version du jeu sans défausse, où un élève qui n’a pas trouvé de carte intéressante se contente de passer à son voisin la totalité des cartes. On peut alors proposer d’utiliser la règle des jeux de familles de “fracmily” présentée en 5.2.

6. Construire de nouveaux jeux

6.1. Morpion des fonctions affines

a) Concept initial

L'objectif principal du jeu est d'associer l'expression d'une fonction affine, sa représentation graphique, son tableau ou son sens de variation, son tableau de signes et une ou deux cartes “complémentaires” de points appartenant à la représentation graphique.

Le jeu comporte six familles de cartes, correspondant à six fonctions affines différentes. Chaque famille est composée de 6 cartes. Elle comporte obligatoirement :

- une expression de la fonction affine ;
- un tableau de valeurs ;
- un tableau de signes ;
- une représentation graphique.

Elle peut comporter aussi :

- un tableau de variations ou un sens de variations ;
- une ou deux cartes de couleur contenant un point bleu appartenant à la représentation graphique.

Ces cartes peuvent être remplacées par des tableaux de valeurs ou des cartes du style f(a) = b. Un exemple d'une famille est présenté en Figure 17. Notons qu'en réalité toutes les cartes ont le même format rectangulaire, mais les formats ont été modifiés ici pour améliorer la lisibilité.

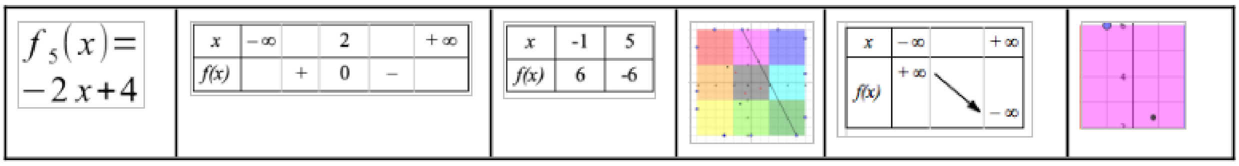


Figure 17: La famille des cartes associées à la fonction f_5.

Un plateau (Figure 18) sert de support et d'aide pour la constitution des “familles” :

- au recto sont représentées graphiquement toutes les fonctions affines du paquet de jeu ;
- au verso n'apparaissent que des points particuliers de ces représentations.

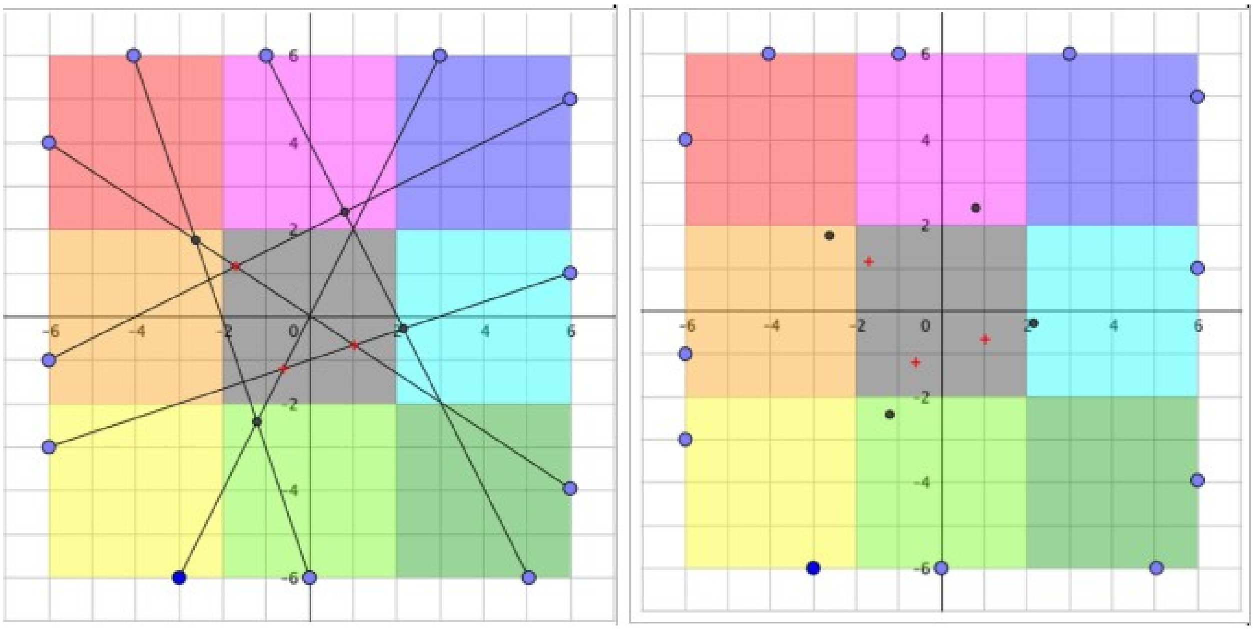


Figure 18: Le plateau de jeu (recto et verso)

Les élèves jouent “les uns contre les autres” selon la règle suivante :

- les cartes sont mélangées puis distribuées entre les joueurs ;
- un premier joueur “actif” est désigné et les tours se déroulent ainsi :
    - si le joueur a une famille complète, il peut la poser sur le plateau ;
    - sinon il passe une carte à son voisin qui devient le joueur “actif”.

Le joueur qui a le plus de familles en fin de jeu a gagné.

Initialement, la règle incorporait l’idée d’un jeu de morpion sous-jacent :

- les familles constituées pouvant être posées sur une des cases contenant un de leur “point bleu” ;
- le joueur qui pouvait ainsi aligner le premier 3 familles gagnait d’office.

Trop compliquée à mettre en œuvre pour une première utilisation, cette partie de la règle a été rapidement abandonnée.

b) Adaptation pour intégrer les élèves en grande difficulté

Les élèves sont invités, dans un premier temps, à jouer collaborativement pour reconstruire les familles, en étalant toutes les cartes faces visibles sur la table.

Les élèves peuvent adapter la règle s’ils le souhaitent : par exemple, ne distribuer que 6 cartes au démarrage et garder une pioche …

Dans un second temps, ils peuvent refaire une partie en mode compétitif.

c) Exemples d'utilisation en classe

L'activité a été proposée en classe entière (BTS et première) ainsi qu'en demi-groupe (seconde). Le jeu était décliné en 8 plateaux différents ; les élèves ont été répartis en quatre à sept groupes de 3 à 4 élèves (selon l'effectif), chaque groupe travaillant avec un jeu différent des autres tables.

Laissés sans plus d'indications que la consigne de reconstituer des familles, les élèves sont tentés de regrouper des cartes de même apparence : les *f(x)* ensemble, les représentations graphiques ensemble, etc.

Pour s'aider, ils choisissent systématiquement le côté du plateau qui contient les représentations graphiques et non celui qui ne contient que les points.

À l'issue de la partie, collaborative ou "en compétition", chaque élève est amené à compléter une feuille réponse. Cette feuille a pris différents aspects suivant les classes à qui elle s'adressait et suivant le thème lié dans la progression ; par exemple :

- en seconde (voir Figure 19) :
    - thème fonction affine : caractéristiques (variations et signes) des fonctions affines présentes dans le jeu ;
    - thème droites et intersections : équations des droites et détermination par le calcul des coordonnées des points d'intersection de certaines d'entre elles (points noirs visibles sur le plateau).
- en première, en BTS, dans le cadre de révisions : équations de droites ; classer les fonctions affines suivant leurs caractéristiques (variations et signes) et intersections des droites.

Un bilan collectif a été proposé à une classe de 1STMG pour institutionnaliser la démarche et garder trace de la correction. Comme chacun des sept groupes d'élèves avait travaillé avec un plateau de jeu différent, le bilan a été fait pour tous les groupes avec le huitième plateau, qui n'avait pas été distribué au cours de la séance de jeu. Une fiche-bilan était proposée (voir Figure 20).

Sur cette fiche, les élèves étaient invités à relier (par des flèches ou par des numéros) les différents éléments d'une même famille. La question du sens de variation des fonctions était amenée par le professeur afin de faire émerger de la discussion la relation entre sens de variation et signe du coefficient directeur. Les élèves étaient ensuite incités à émettre une conjecture sur l'enchaînement des signes dans les tableaux de signes. Cette activité-bilan a permis de construire le cours de synthèse sur les fonctions affines.

d) Pistes d'amélioration

Pour simplifier le jeu, les cartes de couleur contenant un point bleu appartenant à la représentation graphique peuvent être remplacées par des cartes du style *f(a) = b.*

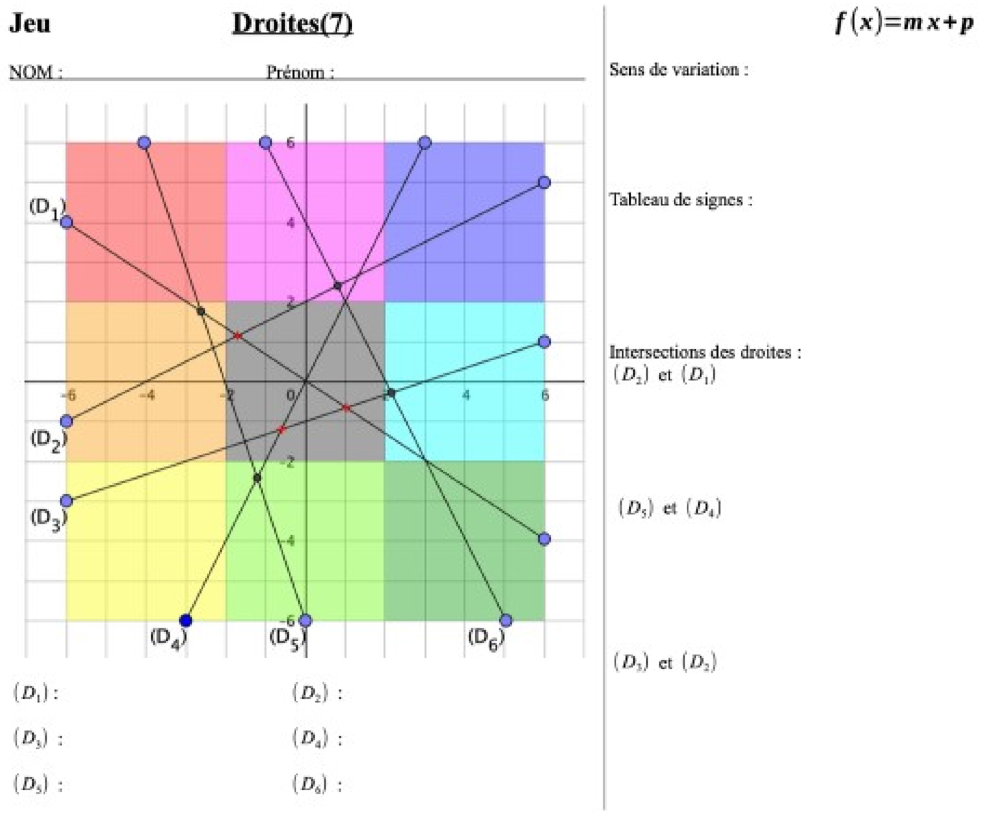
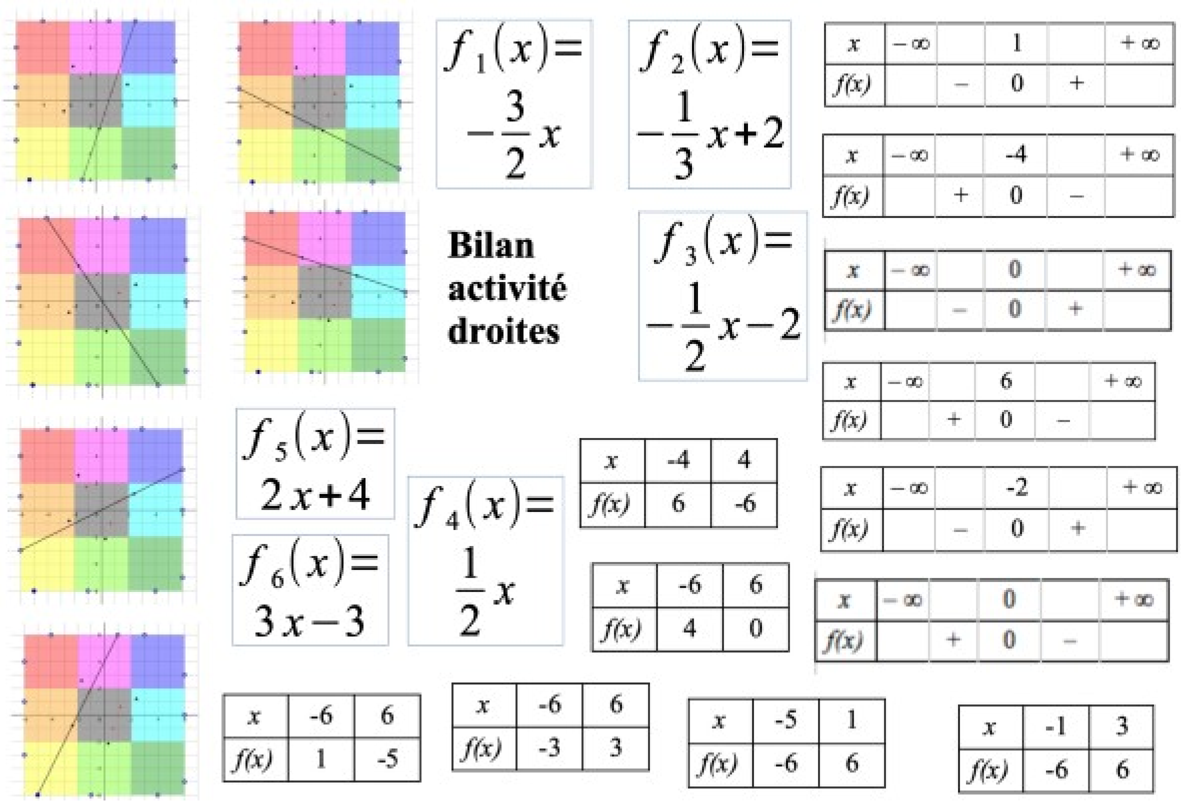


Figure 19: La feuille à compléter à l'issue du jeu (niveau seconde)



x	$-\infty$		1		$+\infty$
f(x)		−	0	+	

x	$-\infty$		-4		$+\infty$
f(x)		+	0	−	

x	$-\infty$		0		$+\infty$
f(x)		−	0	+	

x	$-\infty$		6		$+\infty$
f(x)		+	0	−	

x	$-\infty$		-2		$+\infty$
f(x)		−	0	+	

x	$-\infty$		0		$+\infty$
f(x)		+	0	−	

x	-4	4
f(x)	6	-6

x	-6	6
f(x)	4	0

x	-6	6
f(x)	1	-5

x	-6	6
f(x)	-3	3

x	-5	1
f(x)	-6	6

x	-1	3
f(x)	-6	6

Figure 20: La feuille à compléter à l’issue du jeu (niveau 1STMG)

6.2. Exemple du jeu “Fonctions à la carte“

a) Concept initial

Le matériel présenté dans ce paragraphe a été initié dans le cadre d’une formation MOOC-eFan Maths en 2019 en collaboration avec Jean-Michel Briand et Fabien Vergniaud. L’objectif pédagogique était de travailler sur la relation entre enchaînements d’opérations et expression d’une fonction, de la troisième au lycée.

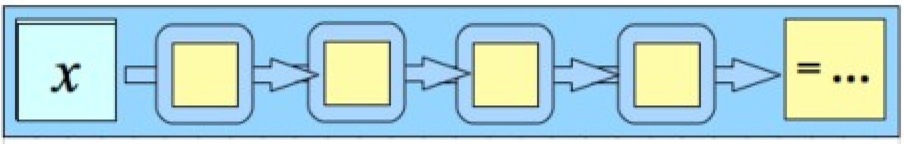
Les activités proposées sont à base de cartes. Elles ont été testées avec des élèves de seconde ainsi que des élèves de première année de BTS. Une fiche présentant la règle du jeu leur était distribuée (voir Figure 21).

Règle du jeu :

1. Prendre une piste et poser une carte “x” sur la case de gauche.
2. Tirer au hasard 4 cartes dans la pioche des “opérateurs” et les positionner sur la piste.
3. Proposer une expression correspondant à l’enchaînement des opérations.
4. Comparer les expressions trouvées dans le groupe et utiliser la calculatrice pour départager les “bonnes” des “mauvaises”. (au besoin, demander un « coup de pouce » au professeur)
5. Valider l’expression avec le programme Python. (demander le mode d'emploi au professeur)
6. Appeler le professeur pour la validation « finale ». Les bonnes expressions rapportent 1 point.
7. Recommencer à partir du 2, de façon à produire trois expressions en tout.

Zone réponse : Reproduire ci-dessous les pistes “jouées”, les expressions proposées et les validations.

Tour de jeu n°1 :



expression proposée : validation :

Figure 21: Fiche distribuée pour présenter le jeu “Fonctions à la carte”

Dans un premier temps, l’idée était que les élèves créent des fonctions par enchaînement d’opérations et établissent l’expression correspondante. Pour chaque groupe d’élèves, 4 opérateurs sont tirés au hasard (voir un exemple en Figure 22) et, à l’issue du temps imparti pour la recherche, les élèves comparent leurs productions et les valident ou non à l’aide d’outils numériques (calculatrice, geogebra, programme python conçu par Fabien Vergniaud en utilisant le module symPy (https://www.sympy.org/fr/)).

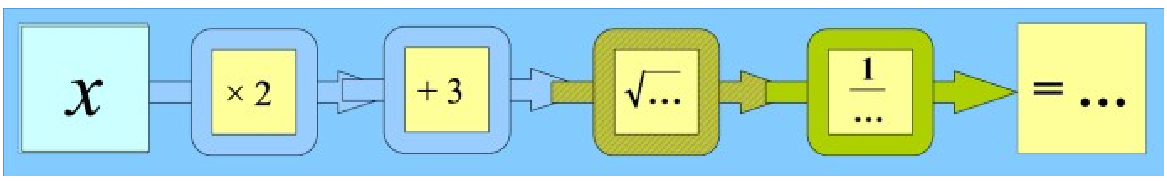


Figure 22: Exemple possible de tirage

Le même matériel peut ensuite servir à travailler la notion d’antécédents et les équations de la façon suivante :

- un nombre (préalablement choisi par le professeur) d'opérateurs de base sont piochés au hasard et une carte « valeur » est mise en bout de file (voir un exemple en Figure 23) ;
- les joueurs doivent retrouver « au plus vite » le ou les antécédents de cette valeur par la fonction constituée de l'enchaînement des cartes opérateurs.

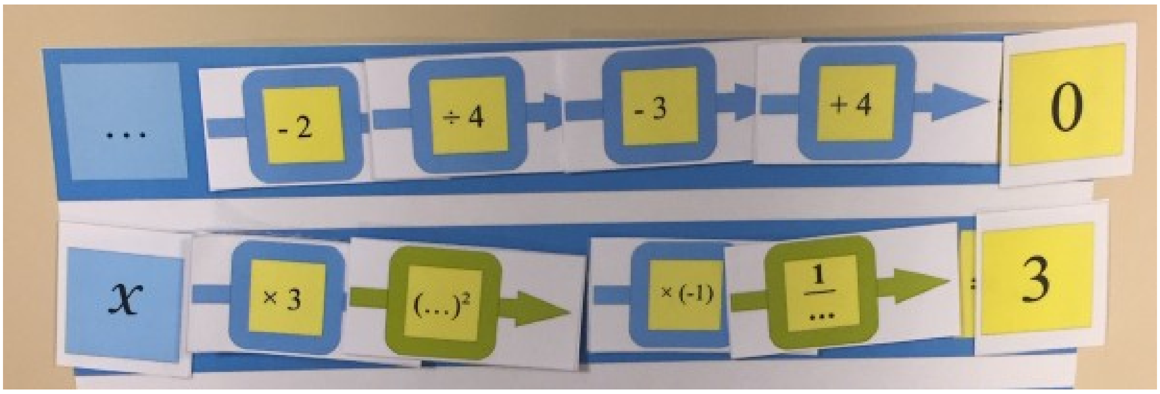


Figure 23: Utilisation du matériel pour résoudre une équation

b) Adaptation pour intégrer les élèves en grande difficulté

Pour aider à la résolution des équations, les cartes sont recto-verso et constituées d’opérateurs “réciproques” (Figure 24). Le logiciel Aplusix (https://aplusix.org/) peut permettre de valider les démarches de résolution d'équations.

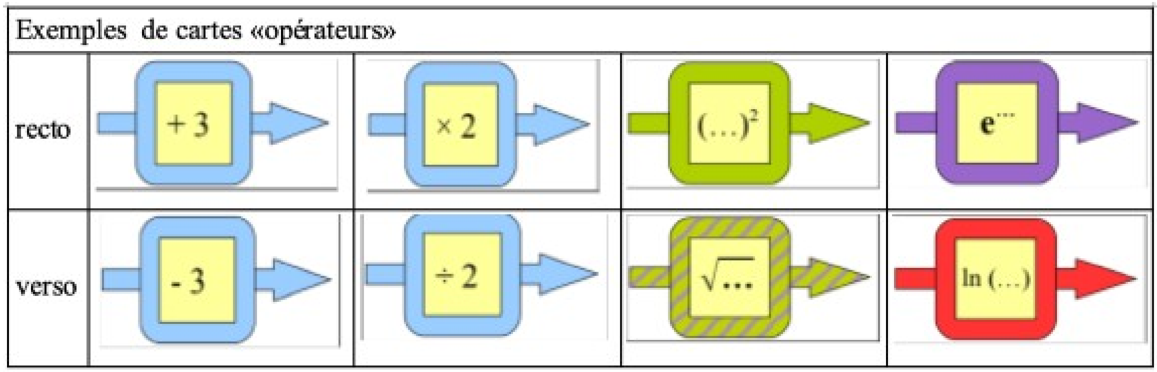


Figure 24: Exemples de cartes “opérateurs” avec leur réciproque au verso

Les cartes « opérateurs » ont des couleurs qui font référence aux niveaux scolaires où apparaissent les “opérateurs”. On peut dans un premier temps proposer aux élèves en grande difficulté de se limiter aux opérateurs de base (“cartes bleues”) et n’en sélectionner qu’un. Les élèves peuvent le faire fonctionner avec des valeurs numériques avant de passer à l’utilisation de la lettre. Une fois bien compris le principe avec une seule “carte bleue”, les élèves peuvent reprendre le procédé avec deux “cartes bleues” de domaines différents (« + - » et « × ÷ »), puis avec des cartes d’autres couleurs.

c) Observations, retours des élèves

Classe de seconde, année 2022-2023

Lors de la première expérimentation en classe de seconde, les élèves d'un bon niveau n'ont pas rencontré de souci particulier pour élaborer les expressions.

Parmi les autres, nombre d'entre eux cherchent à fournir « un résultat » qui pour eux est forcément numérique ; la présence du *x* en début de ligne leur est en fait inutile et ils effectuent les opérations uniquement à partir des opérateurs ; même avec une indication du professeur « on cherche une formule avec un x dedans », il n'y a pas d'évolution ; le seul « déblocage » est alors de faire « étape par étape » en cachant tous les opérateurs sauf le premier puis en « révélant » les opérateurs un à un. La présence du « = ... » en bout de ligne a induit d'autres erreurs d'interprétation : un élève a, par exemple, voulu résoudre « = 0 » dès le démarrage.

Il faut noter aussi que des élèves ont « par chance » tiré uniquement des opérateurs + et - : la difficulté de l'exercice s'en est trouvée très modifiée.

Le programme python proposé en validation (Figure 25) présente le double avantage de pouvoir proposer l'expression finale mais aussi de pouvoir demander d'afficher les expressions intermédiaires. Par contre, il fournit des expressions « développées-réduites » mais est-ce finalement un tort ? Dans une version pas à pas, cela force les élèves à réfléchir et éventuellement à développer puis réduire l'expression qu'ils ont construite.

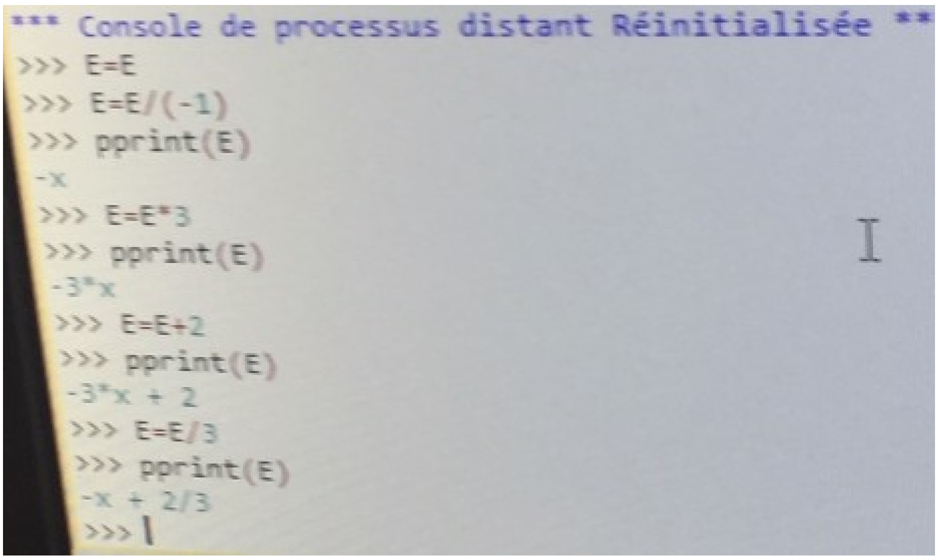
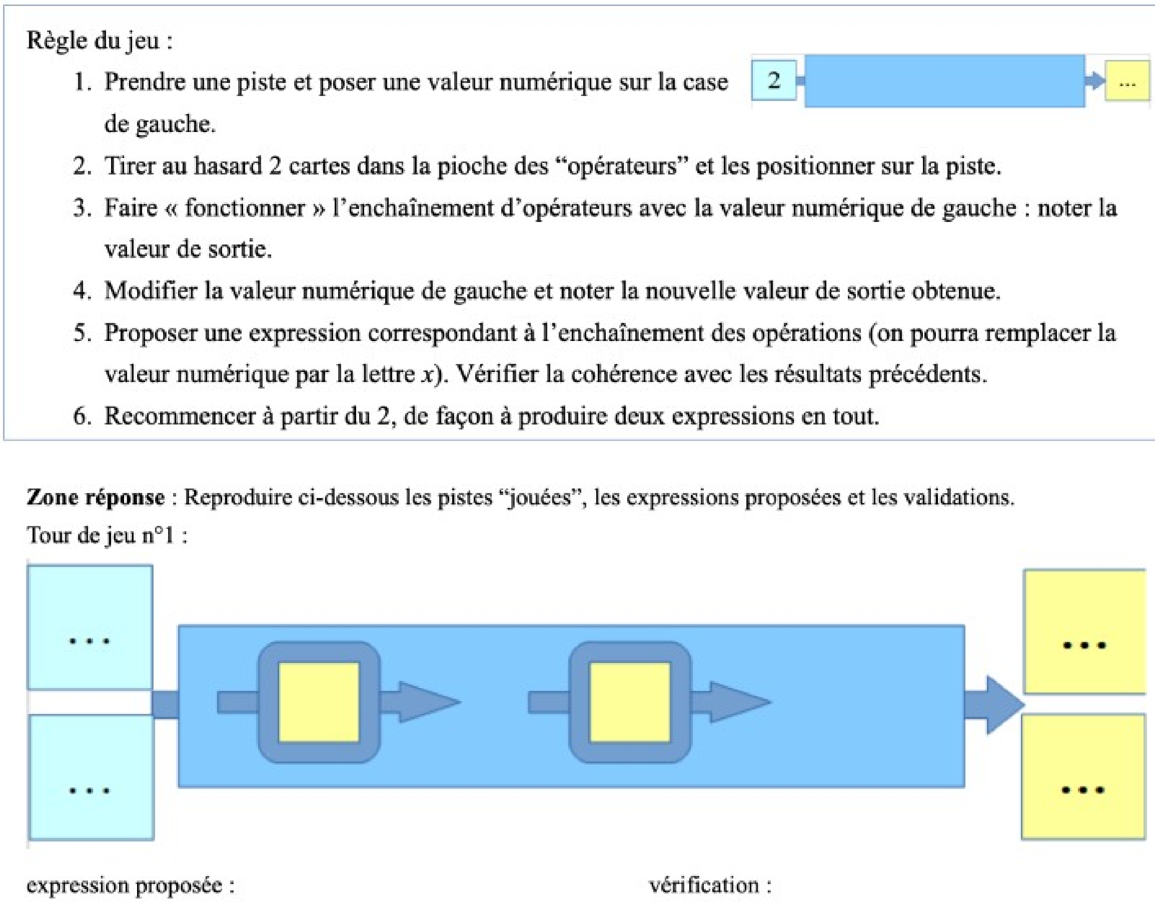


Figure 25: Exemple d'utilisation par un élève
la ligne E = E ne sert à rien et n'était pas sur le mode d'emploi.

Classe de seconde, année 2022-2023

Devant les difficultés rencontrées par la majorité des élèves, une deuxième expérimentation a été faite avec une activité plus progressive : augmentation progressive du nombre d'opérateurs impliqués (2 au démarrage) ; utilisation de valeurs numériques pour faire fonctionner les opérateurs avant de passer à la construction de l'expression (voir Figure 26).

Pour créer une expression « qui a un intérêt » (c'est à dire qui joue sur la nécessité de parenthèses) il faut éviter les enchaînements qui n’utilisent que des opérations de la « même famille » et donc séparer les opérateurs de type « + - » et de type « × ÷ » en deux pioches différentes. La calculatrice sert dans la partie confrontation des expressions proposées par les élèves : elle permet aux élèves, d'une part, d'alléger le travail de « calcul mental » pour les calculs d'image (notamment si on rajoute des fractions) et, d’autre part, de traiter l'expression finale comme fonction avec possibilité d'utiliser le tableau de valeurs et/ou le graphique suivant l'activité proposée avec les expressions créées. Cependant, si les élèves n'utilisent pas le mode pas à pas lors du calcul des images, elle ne permettra pas de corriger les erreurs de parenthèses.


Règle du jeu :

1. Prendre une piste et poser une valeur numérique sur la case de gauche.
2. Tirer au hasard 2 cartes dans la pioche des “opérateurs” et les positionner sur la piste.
3. Faire « fonctionner » l’enchaînement d’opérateurs avec la valeur numérique de gauche : noter la valeur de sortie.
4. Modifier la valeur numérique de gauche et noter la nouvelle valeur de sortie obtenue.
5. Proposer une expression correspondant à l’enchaînement des opérations (on pourra remplacer la valeur numérique par la lettre *x*). Vérifier la cohérence avec les résultats précédents.
6. Recommencer à partir du 2, de façon à produire deux expressions en tout.

Zone réponse : Reproduire ci-dessous les pistes “jouées”, les expressions proposées et les validations.

Tour de jeu n°1 :

expression proposée : vérification :

Figure 26: Variante du jeu pour une activité plus progressive

d) Pistes d’amélioration

- Une autre utilisation imaginée mais non testée en classe est d’utiliser la fonction construite avec les opérateurs pour trouver, grâce à la calculatrice, son graphe, son tableau de valeurs, ses extrema (max ; min) et éventuellement ses variations.
- Une autre version des opérateurs “réciproques” a été testée afin de permettre aux joueurs d’un îlot qui voient la piste “à l’envers” de mieux lire les cartes et aussi de prendre en compte le sens de la flèche (voir Figure 27, en haut). Si ce format restait encore lisible pour les fonctions, il le devenait beaucoup moins pour les opérateurs

de base confrontés au souci du sens de la flèche pour le positionnement du symbole d'opération. En particulier, en Figure 27 l'opérateur de la multiplication par 2 peut se lire aisément dans les deux sens (rouge et vert), mais pour l'opérateur réciproque, la lecture de droite à gauche (en vert) pose problème.

- Des flèches "verticales" permettraient de pallier à ce défaut (voir Figure 27, en bas).

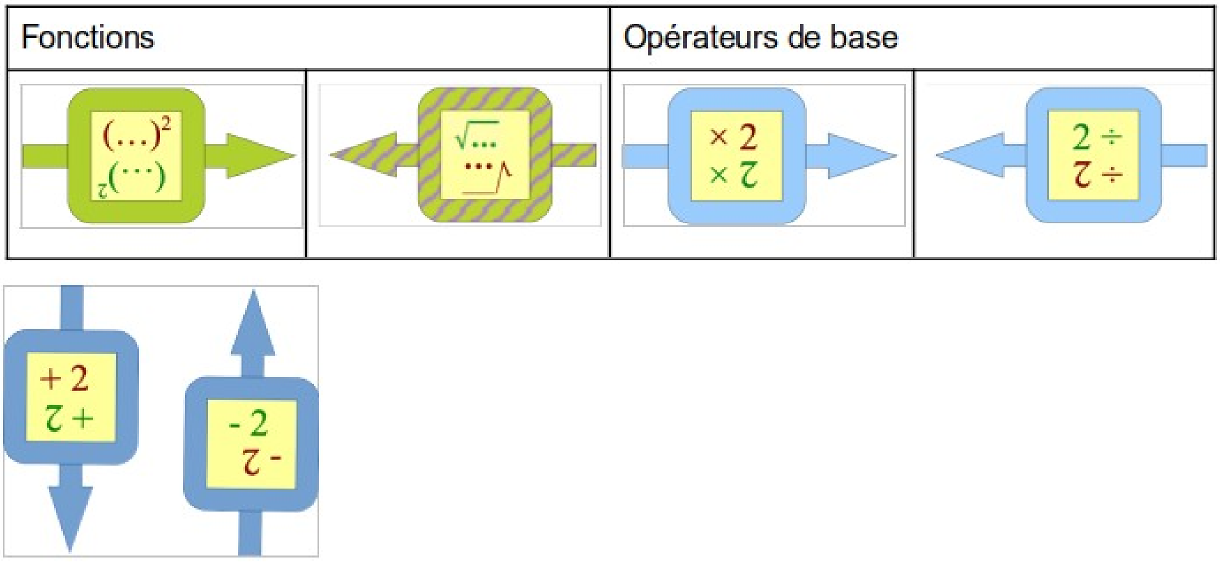


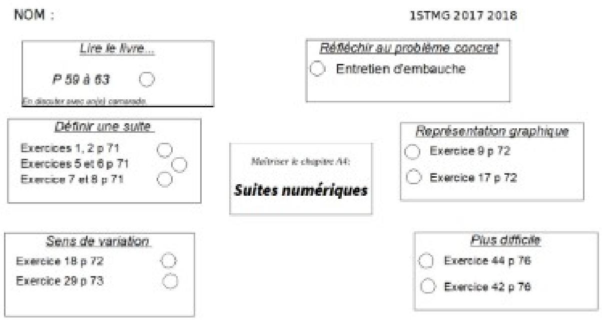
Figure 27: Autres versions des cartes fonction et opérateur

7. Exemples d'utilisation de plans de travail différenciés

Le plan de travail est un outil utilisé depuis longtemps, notamment en primaire (et a priori mis en place au départ par Hélène Parkhust en 1917 dans le cadre du plan Dalton) pour détailler à chaque élève la liste des activités qu'il doit faire pendant un temps donné : journée, semaine, séquence, etc. Au sein de l'IREM de Rennes, nous avons notamment étudié son utilisation en mathématiques dans le cadre de la méthode de classe accompagnée (Coughlin, 2015; Grandval *et al.*, 2020; Goreaud *et al.*, 2021). Le plan de travail est une façon de développer l'autonomie des élèves, en leur laissant la liberté de décider comment organiser et planifier leur travail sur la période concernée. Il permet aussi la personnalisation des apprentissages (Connac, 2012).

a) Outil initial

Plusieurs d'entre nous utilisent de façon régulière des plans de travail avec leurs classes. Il s'agit de programmes de travail listant différentes tâches à réaliser en autonomie, et pour lesquelles des corrigés sont consultables par les élèves lorsqu'ils ont terminé la tâche. Les contraintes de temps et de photocopies nous amènent généralement à distribuer à tous les élèves un même plan de travail, ce qui limite la personnalisation des tâches. On peut cependant, sur un même plan de travail, indiquer les niveaux de difficulté des différents exercices, ce qui permet aux élèves de choisir en priorité des tâches plus ou moins difficiles selon leur niveau de maîtrise d'un chapitre, ou leur objectif de progression (voir Figure 28).



Objectif	Travail	Fait	Vérifié
Se préparer et réviser			
	Lire le livre pages 68 à 69		--------
	Lire la synthèse du cours ci-jointe		--------
Probabilités conditionnelles			
	Réussir l'activité de découverte A		
**	Refaire le QCM p 64		
	WIMS : feuille "révisions de probabilités"		--------
*	Lire l'exemple 2.1 P 68		--------
**	Réussir les exercices 8 et 9 p 84		
***	Réussir l'exercice 10 p 84		
	WIMS : feuille "probabilités conditionnelles"		--------

Figure 28: deux exemples de plan de travail en 1STMG. À gauche un plan de travail unique pour le chapitre des suites, à droite un plan de travail sur les probabilités, qui précise le niveau de difficulté des exercices (de "sans étoile" : facile à "*" : difficile).**

b) Adaptation pour intégrer les élèves en grande difficulté

Le plan de travail ayant été développé à l'origine justement pour permettre une personnalisation des apprentissages, il est en théorie assez facile d'adapter son utilisation en classe pour prendre en compte les hétérogénéités de niveaux, notamment les élèves en grande difficulté. Il suffit pour cela de donner des plans de travail différents selon le niveau (ou la zone proximale de développement) de chaque élève.

Dans l'idéal, on pourrait imaginer comme en primaire un plan de travail personnel adapté à chaque élève. Hélas, nous nous heurtons à de fortes contraintes : d'abord le manque de temps pour préparer 35 plans de travail différents, avec les corrigés correspondants. D'autre part, notre moindre connaissance des spécificités de chacun de nos élèves, que nous voyons assez peu en comparaison de nos collègues du primaire.

Une façon de faire plus réaliste, que nous avons testée en classe, est de proposer aux élèves 4 niveaux de difficulté, et donc 4 plans de travail (voir Figure 29). **La piste bleue** propose des exercices de base sur le chapitre en cours, elle est pensée pour des élèves qui visent, sur ce chapitre, des notes autour de 10/20. Notre cible prioritaire est ici les élèves avec quelques difficultés, que nous voulons rassurer et consolider sur les notions les plus simples d'un chapitre en évitant de leur demander des exercices trop difficiles, en dehors de leur zone proximale de développement, et qui pourraient les amener à décrocher. L'expérience montre que cette piste bleue convient aussi aux élèves peu motivés qui ne souhaitent faire que le minimum d'efforts : en leur proposant des exercices simples, on les canalise et on évite parfois qu'ils attendent la fin du cours sans travailler ou en perturbant leurs camarades. **La piste rouge** s'adresse à des élèves plus à l'aise qui souhaitent comprendre la totalité d'un chapitre, et qui visent plutôt une note entre 14 et 16. Elle propose peu d'exercices de base, et plus d'exercices plus complexes et d'applications. En classe de seconde par exemple, c'est la piste proposée *a priori* aux élèves qui souhaitent choisir la spécialité mathématiques. **La piste noire** quant à elle s'adresse aux excellents élèves qui sont prêts à s'investir davantage pour maîtriser une notion dans ses moindres détails, elle se concentre donc sur des exercices plus difficiles. Ces trois pistes suffisent en général pour proposer un plan de travail différencié qui convient à la grande majorité des élèves de la classe.

Restent toutefois les élèves en grande difficulté qui, on l'a vu, sont parfois bloqués sur des notions vues plusieurs années en arrière. Pour ces élèves, nous pouvons proposer un plan de travail de **piste verte**, qui ne porte pas forcément sur le chapitre en cours mais plutôt sur une des notions où ils sont restés bloqués. Cela signifie que ces élèves ne travailleront peut-être pas sur le chapitre en cours, mais d'un autre côté les forcer à chercher des exercices sur un chapitre qui leur semble incompréhensible ne les aurait pas forcément aidés. Le fait que chaque élève doive choisir une piste de couleur permet de faire en sorte que les élèves à qui nous proposons des pistes vertes ne soient pas trop stigmatisés. Par contre, l'enseignant doit gérer les demandes des élèves en vérifiant que la piste verte ne soit pas demandée par des élèves qui n'en ont pas besoin mais cherchent à éviter les efforts.

1STMG : semaines 40 - Piste Bleue

Plan de travail à finir pour le 9/10/22

Rappel : pour les exercices, je dois d'abord cocher la case ***"Fait"*** *après la recherche, puis la case* ***"Vérifié"*** *après la vérification / correction.*

Objectif	Travail	Fait	Vérifié
A chaque début de cours			
	Je m'installe et je sors mes affaires en silence		--------
	Je note et cherche l'automatisme au tableau		--------
Routine quotidienne			
	Je range mon cahier et je colle les feuilles		--------
	Je lis et relis les fiches de formules, je demande à quelqu'un de me faire réciter		-------- --------
	Chaque soir sur mon cahier : un trait, la date, et je cherche au moins un exercice		-------- --------
Se préparer pour le chapitre 2			
	Chercher les tests "entretien d'embauche"		
	Réussir le QCM p 10		
	Lire le livre pages 11 à 13		--------

1STMG : semaines 40 41 et 42 - Piste Rouge

Plan de travail à finir pour le 21/10/22

Objectif	Travail	Fait	Vérifié
Apprendre par cœur les formules			
	Je lis et relis les fiches de formules		--------
	Je demande à un.e camarade de me faire réciter		--------
Se préparer			
	Réussir le QCM p 10		
	Lire le livre pages 11 à 17		--------
	Lire la synthèse du cours		--------
	regarder la vidéo d'Yvan Monka : "Calculer les premiers termes d'une suite (1) - Première"		-------- --------
Définir une suite			
	feuille d'exercices STI 1N7 1A		
	Réussir les exercices 8 et 9 p 26		
	Réussir les exercices 12 et 16 p 27		
	Réussir l'exercice 13 p 27		

1STMG : semaines 40 41 et 42 - Piste Noire

Plan de travail à finir pour le 21/10/22

Objectif	Travail	Fait	Vérifié
Se préparer			
	Réussir le QCM p 10		
	Lire le livre pages 11 à 17		--------
	Lire la synthèse du cours		--------
	regarder la vidéo d'Yvan Monka : "Calculer les premiers termes d'une suite (1) - Première"		-------- --------
Définir une suite, représentation, sens de variation			
	Réussir les exercices 8 et 9 p 26		
	Réussir les exercices 12 et 16 p 27		
	Réussir les exercices 24 et 26 p 29		
	Réussir les exercices 13 et 18 p 27		
	WIMS : "définir une suite" et "représentation..."		--------
	Se renseigner sur la suite de Fibonnaci		--------
Maîtriser la définition d'une suite arithmétique			
	Réussir les activités "Suites B" et "Suites C"		
	Chercher l'activité 3.1. p 14		
	Réussir les exercices 37, 38 p 30		
	* Réussir l'exercice 34 ou 35 p 30		
	Lire l'activité 3.2. p 15		
	Réussir les exercices 39, 40 p 31		

Nom : **classe :**

Savoir calculer avec des lettres

exercices de piste verte

pour mieux comprendre et maîtriser les bases

Ces feuilles d'exercices permettent de revenir sur les expressions algébriques, quand il faut calculer avec des lettres qui représentent des nombres qu'on ne connaît pas et qui peuvent varier, comme dans les formules ou dans les équations.

Objectifs du chapitre : à la fin de ce chapitre, je dois :

Compétence	auto évaluation
Savoir utiliser des lettres pour représenter des nombres	
Pouvoir développer, simplifier, factoriser	
Savoir résoudre une équation du premier degré	

Plan de travail

Objectif	Travail	Fait	Vérifié
maîtriser les expressions algébriques			
	chercher l'activité "Pourquoi utiliser des lettres ?"		
	lire la fiche "Développements - Factorisation"		
	réussir la feuille 5N2 3A		
	réussir la feuille 3N1 activité 1		
	réussir la feuille 3N1 2A		
	sur WIMS dans l'onglet "chapitre 1" faire la feuille "calculer avec des lettres"		-------- --------
savoir résoudre une équation			

Figure 29: En 1STMG, extraits de plans de travail de piste bleue, rouge et noire pour un chapitre sur les suites, et d'un plan de travail de piste verte sur le calcul littéral à destination des élèves en grande difficulté.

c) Observations, retours des élèves

classe de première STMG, 31 élèves, octobre 2022

Pour le chapitre sur les suites, 10 élèves ont demandé la piste bleue, 19 la piste rouge, et 2 la piste noire.

Sur les 10 élèves qui ont choisi la piste bleue, on trouve 4 élèves en difficulté, et 6 élèves qui depuis le début de l'année présentent des problèmes de comportement et un refus de travailler. Toutefois, en venant les stimuler régulièrement on arrive à ce qu'ils cherchent une partie des exercices de la piste bleue.

Un élève en très grande difficulté a mal réagi en début d'année quand l'enseignant lui a proposé une piste verte. Depuis, il demande systématiquement la piste rouge, mais en général n'arrive à faire aucun des exercices. Cet élève a également posé de gros problèmes de comportement dans la classe tout au long de l'année : il est dans le déni de ses difficultés et cherche des stratégies pour masquer son incompréhension du cours, en particulier en passant son temps à faire le clown au lieu de travailler. C'est un exemple de situation sur laquelle nos efforts de différenciation n'ont pas fonctionné.

classe de seconde, 32 élèves, septembre 2023 puis mars 2024

En tout début d'année, cette classe a d'abord reçu un plan de travail identique pour tous, afin de s'approprier l'outil « plan de travail » avant de complexifier les choses avec les différentes pistes.

Sur les deux premiers chapitres, le plan de travail proposait aux élèves « si je ne comprends pas les exercices, je demande la piste verte » et « si je trouve les exercices trop faciles, je demande la piste noire ». Cela a permis à 3 puis 2 élèves de passer du temps sur une piste verte (rappels de calcul, puis calculer avec des lettres), et à 4 élèves de tester des exercices plus difficiles de piste noire sur la résolution de systèmes d'équations et les équations du second degré.

Au mois de mars, dans cette même classe, les élèves sont maintenant habitués à choisir leur piste en début de chapitre. Pour gagner du temps, un même plan de travail est distribué aux élèves, mais devant chaque ligne de tâche on précise à quelle(s) piste(s) elle appartient. Les élèves commencent en général par entourer / surligner les lignes qui les concernent.

classe de terminale STMG, 24 élèves, octobre 2022

Pour le chapitre sur les suites arithmétiques et géométriques, 19 élèves ont demandé la piste bleue, 12 la piste rouge, et aucun la piste noire. 7 élèves ont en réalité demandé deux plans de travail, bleu et rouge, afin de pouvoir « tester » la piste rouge et se rabattre sur la piste bleue en cas de difficulté.

La plupart des élèves de cette classe pourtant difficile apprécient le fonctionnement en plan de travail, et tout particulièrement les temps d'autonomie que cela leur laisse. Les élèves choisissent en général leur piste par groupe d'affinité ou de voisinage dans la classe, de façon à travailler ensemble sur les mêmes exercices. Cette émulation amène régulièrement des élèves moyennement motivés à se mettre au travail d'eux mêmes pour accompagner leurs camarades sur un exercice. Beaucoup d'élèves sont fiers de cocher les cases « fait » et « vérifié » sur leur plan de travail, et certains utilisent des couleurs différentes (vert, orange, rouge) selon leur degré de compréhension des notions.

Dans cette classe, deux élèves sont en marge : ils ne travaillent absolument pas, sont en rejet de l'école et des adultes depuis visiblement assez longtemps. Ils ne sont pas assez motivés pour accepter de travailler ne serait-ce qu'un peu, et refusent régulièrement les propositions de piste verte. Ils n'apportent ni cahier, ni papier, ni calculatrice. Leur bavardage et leurs comportements inappropriés dérangent régulièrement la classe. Sur ces élèves, le plan de travail différencié ne fonctionne pas, leur rejet du système scolaire est trop fort. Par contre, ponctuellement, ils ont pu accepter des activités de jeux qui les ont amenés à « faire des maths » sans s'en rendre compte (cf. paragraphe 5.1).

d) Pistes d’amélioration

Si **l'utilisation de plusieurs plans de travail** (pistes verte, bleue, rouge et noire) permet effectivement une meilleure personnalisation du travail demandé, cela reste une pratique très chronophage et très gourmande en photocopies... car on ne sait pas forcément à l'avance quelle piste les élèves vont choisir, et il faut anticiper des changements de piste en cours de route. Il semble donc plus facile d'avoir un plan de travail principal qui correspond par exemple aux pistes bleues, rouges et noires, et sur lequel pour chaque tâche on précise quelles sont les pistes concernées. Cette méthode présente en outre l'avantage d'amener les élèves à s'approprier leur plan de travail en tout début de chapitre en entourant ou en surlignant les exercices qui les concernent.

Les élèves en grande difficulté ont besoin de plans de travail spécifiques, adaptés à leur situation, et qui leur proposent des tâches dans leur zone proximale de développement. Dans l'idéal, il faudrait donc préparer des plans de travail pour la plupart des notions antérieures susceptibles de créer des blocages. C'est un gros travail, mais c'est aussi un investissement sur le long terme car de tels documents devraient pouvoir servir tous les ans.

Reste la difficulté à proposer ces plans de travail spécifiques sans stigmatiser, et surtout en réussissant à motiver les jeunes en grande difficulté, qui sont souvent aussi en rejet du système scolaire, ou avec une estime d'eux mêmes trop faible pour vouloir s'investir dans un travail de remédiation. Nous touchons une des limites de notre travail d'enseignant, et il nous faut sûrement accepter que nos tentatives pour les motiver ne soient pas toujours suffisantes.

Notons enfin que quelques élèves très scolaires ont du mal à s'habituer à ce mode de fonctionnement, et ne savent pas forcément comment choisir quel exercice faire. Comme ce sont souvent les élèves les plus timides, un accompagnement de proximité est nécessaire pour les amener à prendre confiance et à gagner en autonomie.

8. Exemples d'évaluations différenciées

8.1. Évaluation différenciée : pourquoi est-ce si difficile ?

La question de l'évaluation des élèves est un incontournable de toute réflexion sur nos pratiques pédagogiques. Les évaluations rythment en général l'année scolaire, et sont souvent une source de motivation pour le travail des élèves (cf. paragraphe 2.4), et en particulier pour la mémorisation des savoirs. Les programmes officiels nous invitent à diversifier largement les formes et les modalités des évaluations (en classe ou à la maison, individuelles ou collectives, notées ou évaluées par compétences, etc...).

Pour l'enseignant, les évaluations devraient pouvoir être des outils pédagogiques comme les autres, choisis pour répondre à différents objectifs : faire un bilan des acquis avant de commencer un chapitre (évaluations diagnostiques), faire progresser les élèves dans leurs apprentissages (évaluations formatives), estimer à un instant donné le niveau de progression de chaque élève (évaluations sommatives), mais aussi réguler le travail à la maison, se préparer à l'oral, travailler la mémorisation, se préparer aux épreuves d'examens, et pourquoi pas gérer l'hétérogénéité de la classe.

Ainsi, dans un monde idéal, nous aimerions pouvoir proposer des évaluations différenciées : par exemple lors d'un même créneau d'évaluation proposer un sujet difficile mais motivant aux élèves qui maîtrisent bien le cours, un sujet facile pour que les élèves en grande difficulté puissent montrer leurs progrès, et un sujet médian pour le reste de la classe. Finalement cela reviendrait à proposer des sujets en adéquation avec la progression de chaque élève. Malgré la charge de travail supplémentaire que cela pourrait représenter pour l'enseignant, une telle démarche serait à la fois valorisante pour tous les élèves et cohérente avec une dynamique de cours différenciée.

Malheureusement plusieurs contraintes qui s'imposent aux enseignants rendent de telles évaluations différenciées hautement risquées.

Même si les évaluations sont source de motivation, elles sont aussi source de stress pour les élèves, et parfois porteuses d'enjeux familiaux qui dépassent nos objectifs pédagogiques. Les élèves comme les parents accordent souvent plus d'importance aux notes que les enseignants. Les notes obtenues sont souvent scrutées, disséquées, et de plus en plus souvent remises en cause par des parents parfois envahisseurs ou pressants. La comparaison des notes entre élèves d'une même classe est fréquente, mais on assiste aussi à une généralisation de la comparaison des moyennes entre groupes d'élèves ou entre enseignants, surtout depuis la destruction du groupe « classe » par la réforme du lycée (et bientôt les groupes de niveau au collège).

Les enseignants se retrouvent donc de plus en plus souvent à devoir se justifier sur le choix d'un énoncé, la pertinence d'un barème, les coefficients utilisés, le quart de point en plus ou en moins. Dans ce contexte, la mise en place des évaluations différenciées risque d'être interprétée comme une injustice par plusieurs parents, à moins d'un réel travail d'explication en amont, et de garanties pour l'équité de la notation.

À cela s'ajoute le problème des implications des notes, et en particulier des « moyennes trimestrielles » pour l'avenir des élèves, qu'il s'agisse des appréciations sur le bulletin, des décisions de passage ou d'orientation, ou de la moulinette Parcoursup. Toutes ces implications considèrent implicitement que les notes permettent de « classer » les élèves, non seulement dans la classe mais aussi pour Parcoursup entre classes et même entre établissements. Nous savons pourtant que ce n'est pas pertinent, au moins de façon évidente entre classes et entre établissements. La mise en place d'évaluations différenciées remettrait également en cause la valeur des notes pour classer les élèves d'une même classe, ce qui à nouveau pourrait être perçu comme un manque d'équité, et poser des problèmes par exemple en termes d'orientation. Prenons un exemple : imaginons que nous ayons dans une classe de seconde un élève en grande difficulté auquel nous proposons des évaluations plus simples. Notre objectif étant de valoriser ses efforts et ses progrès, il obtiendra peut-être des notes satisfaisantes, mettons autour de 12 sur 20, alors qu'il aurait peut-être obtenu 4 ou 5 sur 20 avec l'énoncé proposé au reste de la classe. Lors du conseil de classe, nous pourrions difficilement refuser une orientation vers une spécialité mathématiques à un élève avec 12 de moyenne, même si nous savons que cet élève n'a pas le niveau pour suivre.

Cette contrainte s'exprime de façon encore plus forte avec la généralisation du contrôle continu pour le brevet (compétences) comme pour le bac (moyenne annuelle en première ou en terminale technologique). Une pression d'autant plus grande pèse alors sur les épaules de l'enseignant pour assurer une équité de la notation entre élèves, et les récents plans locaux d'évaluation restreignent notre liberté d'usage des évaluations comme outils pédagogiques.

Pour éviter ces écueils, on peut envisager deux solutions. Une première possibilité, si on veut vraiment proposer des énoncés adaptés au niveau de l'élève, est de proposer des évaluations non notées, ou auxquelles on affecte des coefficients tellement bas que ces notes n'impacteront que très peu la moyenne. Libéré de la pression des notes, l'enseignant retrouve une grande liberté dans le mode d'évaluation. Nous avons ainsi pu tester avec succès une évaluation par les pairs en utilisant le système du Rallye coach (voir paragraphe 8.2).

Une autre possibilité est de proposer à tous le même énoncé (l'équité est respectée), tout en incluant dans l'énoncé-même la possibilité de choisir une partie des exercices parmi des exercices de difficultés variées. Pour éviter que tous les élèves prennent les exercices les plus faciles, on peut imaginer que les exercices les plus difficiles rapportent plus de points. L'équité générale étant respectée, ces évaluations peuvent être comptabilisées dans la moyenne, ce qui permet de conserver l'aspect motivationnel. Nous développons un exemple de cette solution dans le paragraphe 8.3.

8.2. Utiliser un Rallye coach

a) Outil initial

L'activité Rallye coach (Kagan, 2013) se développe progressivement dans nos classes depuis quelques années, et permet de favoriser une approche plus coopérative de l'apprentissage (Démézet & Morvan, 2024).

Nous l'utilisons ici pour une évaluation entre pairs. Le principe est que dans un premier temps (Aller), l'élève A résout un problème pendant que l'élève B (qui joue ici le rôle de coach) observe et écoute, aide et évalue l'élève A. L'élève B dispose du corrigé et d'un tableau de progression. Dans un deuxième temps (Retour), on inverse les rôles avec un autre problème très proche du premier (qui porte sur le même thème et les mêmes compétences).

b) Utilisation en classe

Nous avons proposé ces rallyes coach en classe entière, en cinquième et en troisième. Un exemple d'énoncé Aller et Retour pour la classe de troisième est proposé en Figures 30 et 31). Les élèves se sont majoritairement mis en binôme avec leur voisin. Les classes ayant l'habitude de fonctionner en plan de travail, chaque binôme a pu prendre le temps dont il avait besoin pour le rallye coach, puis retourner au plan de travail.

c) Observations, retours des élèves

Exemple en troisième, 30 élèves, septembre 2023 (thème arithmétique), 55 min. Tous les élèves se sont engagés dans le travail de recherche comme dans le travail de coach en respectant les règles données : évaluer objectivement, aider le plus justement possible, en donnant des indices, en posant des questions pour ne pas révéler trop vite la solution, ne pas faire à la place de l'élève. Les élèves en grande difficulté ont eu à cœur de résoudre leur exercice avec une aide minimale. Les élèves ont tous résolu leur problème. L'élève se sentant le plus à l'aise pouvait résoudre le premier problème, l'autre élève avait ensuite moins de questions puisqu'il avait pu étudier le corrigé du premier problème. Les coachs inoccupés pendant la recherche de leur élève et les binômes ayant terminé avançaient leur plan de travail.

Classe de cinquième, 30 élèves, juin 2023 (thème pourcentage d'un nombre), 55 min. La modélisation n'était pas acquise pour tous. Quelques binômes ont eu besoin de toute la séance pour enchaîner les 2 problèmes. Ceux qui avaient fini bien avant la fin de la séance ont avancé leur plan de travail. La résolution du problème comme l'évaluation ont été faites sérieusement et honnêtement par tous avec très peu de corrections à faire sur l'évaluation.

Coach : (Aller) Prénom :_____________ **Prénom élève :**___________

Je coache :
- j'observe
- J'écoute
- Je vérifie
- Je guide si besoin
- J'encourage

Enoncé coach: Exercice du fleuriste (issu de Myriade 3e 2021 p 47)
Un fleuriste a 120 roses et 380 tulipes en stock dans son magasin.
Pour la fête des mères, il décide de former des bouquets avec des roses et des tulipes, de façon à ce que tous les bouquets soient identiques et que toutes les fleurs soient utilisées. Combien de bouquets peut-il faire au maximum ? Quelle est alors la composition d'un bouquet ?

Tableaux de progrès :

Chercher : (Lire, comprendre l'énoncé, et commencer à écrire : un schéma, un calcul, une phrase...)

Débutant	Fragile	Confirmé	Expert
L'élève dit « je ne comprends rien » et attend qu'on lui explique l'énoncé.	L'élève **a besoin de plusieurs aides** pour repérer les éléments importants et comprendre la consigne	L'élève a besoin d'un seul conseil ou indice important pour démarrer sa recherche	L'élève se lance seul sur une piste de recherche adaptée au problème

Communiquer: (Expliquer avec les bons calculs, et le vocabulaire adéquats)

Débutant	Fragile	Confirmé	Expert
L'élève ne rédige pas ses réponses : n'explique pas, ni par des calculs, ni avec des mots	L'élève rédige peu ses réponses et les méthodes sont à peine expliquées.	Une explication manque ou quelques explications sont Incomplètes ou mal formulées	Tout est expliqué, y compris pourquoi le nombre maximum correspond au pgcd.

Correction

1ere étape (longue): comprendre qu'il faut trouver un diviseur commun voire le plus grand diviseur commun à 120 et 380 puis le chercher

Méthode 1 : L'élève tâtonne (fait des essais)

Méthode 2 : L'élève fait la liste des diviseurs de 120 et 380
(1;2;3;4;5;6;8 ;10;12;15 ;20;24;30;40;60;120 et 1;2;4;5;10;19;20;38;76 ;95 ;190 ;380)

Méthode 3 : l'élève utilise la décomposition en facteurs premiers
$120=2\times2\times2\times3\times5$ et $380=2\times2\times5\times19$, le pgcd de 120 et 380 est $2\times2\times5=20$

2e étape : **Répondre aux questions**

Le fleuriste veut faire un maximum de bouquets. Le plus grand diviseur commun à 120 et 380 est 20, le fleuriste devra donc faire 20 bouquets.
$120=20\times6$ et $380=20\times19$. Chaque bouquet comportera 6 roses et 19 tulipes.

✂---

Elève :(Aller) Prénom : _____________ **Prénom coach :** ___________

Enoncé élève: Exercice du fleuriste (issu de Myriade 3e 2021 p 47)
Un fleuriste a 120 roses et 380 tulipes en stock dans son magasin. Pour la fête des mères, il décide de former des bouquets avec des roses et des tulipes, de façon à ce que tous les bouquets soient identiques et que toutes les fleurs soient utilisées.
Combien de bouquets peut-il faire au maximum ?
Quelle est alors la composition d'un bouquet ?

Figure 30: Rallye-coach - Exercice « Aller » en classe de troisième

Coach : (Retour) Prénom :______________ **Prénom élève :**____________

Je coache :
- j'observe
- J'écoute
- Je vérifie
- Je guide si besoin
- J'encourage

Enoncé coach: Exercice du vide grenier (issu de Myriade 3ᵉ 2021 p 51)
Léa a retrouvé dans son coffre une collection de 44 toupies Beyblade et 66 cartes Pokemon. Elle souhaite les vendre lors du vide-grenier de sa ville. Pour cela, elle aimerait former des lots identiques avec des toupies et des cartes en utilisant toutes les toupies et toutes les cartes.
Combien de lots peut-elle faire au maximum ?
Quelle est alors la composition d'un lot ?

Tableaux de progrès :

Chercher : (Lire, comprendre l'énoncé, et commencer à écrire : un schéma, un calcul, une phrase...)

Débutant	Fragile	Confirmé	Expert
L'élève dit « je ne comprends rien » et attend qu'on lui explique l'énoncé.	L'élève **a besoin de plusieurs aides** pour repérer les éléments importants et comprendre la consigne	L'élève a besoin d'un seul conseil ou indice important pour démarrer sa recherche	L'élève se lance seul sur une piste de recherche adaptée au problème

Communiquer: (Expliquer avec les bons calculs, et le vocabulaire adéquats)

Débutant	Fragile	Confirmé	Expert
L'élève ne rédige pas ses réponses : n'explique pas, ni par des calculs, ni avec des mots	L'élève rédige peu ses réponses et les méthodes sont à peine expliquées.	Une explication manque ou quelques explications sont Incomplètes ou mal formulées	Tout est expliqué, y compris pourquoi le nombre maximum correspond au pgcd.

Correction

1ere étape (longue): comprendre qu'il faut trouver un diviseur commun voire le plus grand diviseur commun à 44 et 66 puis le chercher

Méthode 1 : L'élève tâtonne (fait des essais)

Méthode 2 : L'élève fait la liste des diviseurs de 44 et 66. (1;2;4;11;22;44 et 1;2;3;6;11;22;33;66)

Méthode 3 : l'élève utilise la décomposition en facteurs premiers

$44=2\times2\times11$ et $66=2\times3\times11$, le pgcd de 44 et 66 est $2\times11=22$

2ᵉ étape : Répondre aux questions

Léa veut faire un maximum de lots. Le plus grand diviseur commun à 44 et 66 est 22, Léa devra donc faire 22 lots.

$44=22\times2$ et $66=22\times3$. Chaque lot comportera 2 toupies et 3 cartes.

✂---

Elève :(Retour) Prénom : ______________ **Prénom coach :** ____________

Enoncé élève: Exercice du vide grenier (issu de Myriade 3ᵉ 2021 p 51)

Léa a retrouvé dans son coffre une collection de 44 toupies Beyblade et 66 cartes Pokemon. Elle souhaite les vendre lors du vide-grenier de sa ville. Pour cela, elle aimerait former des lots identiques avec des toupies et des cartes en utilisant toutes les toupies et toutes les cartes.

Combien de lots peut-elle faire au maximum ?

Quelle est alors la composition d'un lot ?

Figure 31: Rallye-coach - Exercice « Retour » en classe de troisième

d) Pistes d'amélioration

Si dans un binôme on identifie un élève plus en difficulté, il peut être pertinent de lui proposer de prendre en premier le rôle de coach. Il sera plus à l'aise pour faire le deuxième exercice après avoir vu son camarade résoudre le premier. Il est même possible de proposer à la classe de se répartir ainsi les rôles : celui qui se sent le plus à l'aise prend le rôle d'élève en premier.

L'élève coach n'est en général pas très occupé au début de la phase de recherche de son camarade, il est souhaitable qu'une activité simple soit prévue en parallèle.

Enfin, pour les élèves en grande difficulté, on pourrait envisager de proposer un énoncé plus facile que celui de son binôme, ou que le professeur intervienne dans le binôme en aidant le coach.

Il est préférable de demander au coach de donner des indications sur les aides ou corrections fournies à l'élève, de manière à mieux comprendre et contrôler l'évaluation faite par le coach.

8.3. Proposer des exercices bonus différenciés

Nous présentons ici un exemple d'exercices bonus différenciés, qui permet d'adapter une évaluation au niveau des élèves tout en respectant l'équité.

a) Outil initial

La grande hétérogénéité de nombreuses classes amène souvent, pendant les évaluations, au constat suivant : alors que certains élèves (en général les élèves de niveau moyen) n'ont pas toujours assez de temps pour finir leur évaluation, une partie de la classe a terminé bien avant la fin : les « meilleurs » élèves après avoir tout fait, les élèves les plus en difficulté parce qu'il y a très peu de questions auxquelles ils peuvent répondre. Il n'est pas rare, dans nos classes, de voir certains élèves dormir en fin de contrôle, d'autres demander l'autorisation de lire ou de s'avancer sur leur travail personnel.

Pour répondre à cette situation, il est possible d'utiliser l'astuce de l'exercice bonus (voir Figure 32) : ajouter dans l'énoncé un (ou plusieurs) exercices bonus, hors barème, pour occuper les élèves qui auraient fini avant les autres. Pour motiver les élèves, on peut offrir un petit nombre de points supplémentaires aux élèves qui l'auront réussi, mais il est usuel qu'il rapporte moins de points que les autres exercices, afin que cela ne soit pas une façon déguisée de rallonger l'énoncé. Enfin, c'est aussi l'occasion d'explorer des exercices plus difficiles, ou originaux, voire des énigmes ou des jeux comme un sudoku. Les élèves apprécient souvent ces exercices bonus, au risque parfois d'y passer trop de temps avant d'avoir fini l'évaluation principale. Toutefois, c'est une démarche qui en général favorise plus les meilleurs élèves que les élèves en grande difficulté.

<u>Question Bonus (1 point):</u> (à faire seulement lorsque tout le reste est fini)

Écrire les nombres entiers de 1 à 15 dans les cercles et les rectangles, de telle sorte que chaque nombre écrit dans un rectangle soit égal à la différence des deux nombres écrits dans les deux cercles les plus proches.

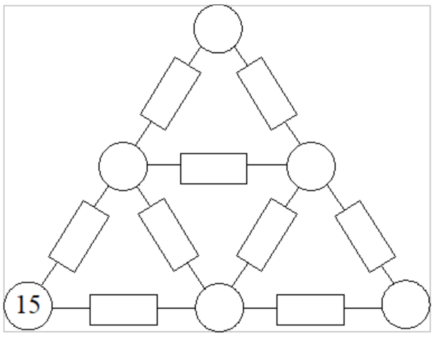


Figure 32 : Exemple d'exercice bonus en fin d'évaluation en seconde

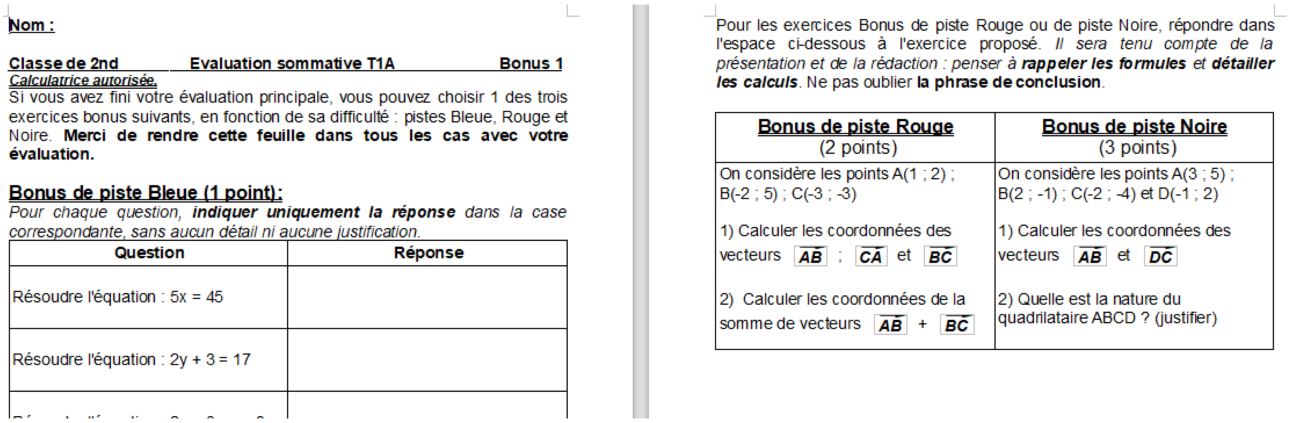
b) Adaptation pour intégrer les élèves en grande difficulté

Pour prendre en compte la diversité de niveaux des élèves dans l'évaluation tout en préservant l'équité, nous avons proposé un exercice bonus différencié en fin d'évaluation (voir Figure 33). Le principe est simple : quand un élève a « fini », c'est à dire quand il a répondu à toutes les questions possibles pour lui et qu'il est prêt à rendre sa copie, il peut demander un nouvel énoncé avec 3 exercices proposés, de difficultés croissantes : un exercice facile de « piste bleue », qui peut rapporter un point bonus, un exercice de « piste rouge » qui peut rapporter deux points bonus, et un exercice plus difficile de « piste noire » qui peut rapporter 3 points. La piste bleue comporte 10 questions d'automatismes, où aucune rédaction n'est demandée. Les exercices de piste rouge et noire sont inspirés d'exercices du livre proposés aux élèves dans leur plan de travail. L'élève doit choisir quelle couleur de piste il veut traiter. Au cas où il en essaye deux, seule celle qui lui rapporte le plus de points sera retenue.

Les classes dans lesquelles nous avons testé ce dispositif fonctionnent depuis le début de l'année selon le principe de la classe accompagnée (Goreaud *et al.*, 2021). En outre, les élèves sont habitués à une pédagogie différenciée, et choisissent pour chaque chapitre de suivre une piste bleue, rouge ou noire selon leur niveau et leur motivation (voir paragraphe 7). En plus de plusieurs évaluations formatives individuelles ou en groupe, les élèves ont une ou deux fois par trimestre une évaluation sommative, qui porte sur tous les chapitres vus depuis le début de l'année. Elle dure une heure, et les élèves ont en général 3 exercices à résoudre. Le nombre de questions est calqué sur les exemples des E3C[10] fournis par le ministère pour les classes de première technologique. En général pour ces évaluations, peu d'élèves ont besoin de l'heure entière : quelques élèves en grande difficulté arrêtent de travailler au bout de 15 minutes environ (puis en général dorment), et plusieurs très bons élèves ont fini au bout de 30 à 35 minutes.

C'est dans le cadre de cette évaluation sommative que nous avons proposé des exercices bonus diversifiés, en expliquant toujours à l'avance le principe aux élèves.

[10] Les E3C sont les épreuves communes de contrôles continus mises en place en 2020 suite à la réforme du Baccalauréat de 2018, pour remplacer les épreuves finales de mathématiques en séries technologiques. Le principe était que les élèves devaient être évalués sur des sujets issus d'une base nationale de sujets auxquels ils pouvaient accéder à l'avance pour s'entraîner. Cette base de sujets permet de donner un cadre sur le niveau de difficulté attendu. Les E3C ont été abandonnées en 2021 et remplacées par la moyenne annuelle de l'élève. Les sujets restent disponibles sur : https://www.education.gouv.fr/reussir-au-lycee/bns#BNS%2FBac%20Technologique%2FMath%C3%A9matiques



Nom :

Classe de 2nd **Evaluation sommative T1A** **Bonus 1**

Calculatrice autorisée.

Si vous avez fini votre évaluation principale, vous pouvez choisir 1 des trois exercices bonus suivants, en fonction de sa difficulté : pistes Bleue, Rouge et Noire. **Merci de rendre cette feuille dans tous les cas avec votre évaluation.**

Bonus de piste Bleue (1 point):

Pour chaque question, ***indiquer uniquement la réponse*** *dans la case correspondante, sans aucun détail ni aucune justification.*

Question	Réponse
Résoudre l'équation : 5x = 45	
Résoudre l'équation : 2y + 3 = 17	

Pour les exercices Bonus de piste Rouge ou de piste Noire, répondre dans l'espace ci-dessous à l'exercice proposé. *Il sera tenu compte de la présentation et de la rédaction : penser à* ***rappeler les formules*** *et* ***détailler les calculs***. Ne pas oublier **la phrase de conclusion**.

Bonus de piste Rouge (2 points)	**Bonus de piste Noire** (3 points)
On considère les points A(1 ; 2) ; B(-2 ; 5) ; C(-3 ; -3) 1) Calculer les coordonnées des vecteurs $\overrightarrow{AB}$; $\overrightarrow{CA}$ et $\overrightarrow{BC}$ 2) Calculer les coordonnées de la somme de vecteurs $\overrightarrow{AB}$ + $\overrightarrow{BC}$	On considère les points A(3 ; 5) ; B(2 ; -1) ; C(-2 ; -4) et D(-1 ; 2) 1) Calculer les coordonnées des vecteurs $\overrightarrow{AB}$ et $\overrightarrow{DC}$ 2) Quelle est la nature du quadrilataire ABCD ? (justifier)

Figure 33: Exemple d'exercices bonus différenciés proposés à la fin d'un DS en seconde (la piste bleue comporte 10 questions).

c) Observations, retours des élèves

classe de seconde générale, 32 élèves, octobre 2023

C'était la première évaluation sommative de l'année, dans une classe plutôt motivée bien que faible et hétérogène. Les modalités de l'évaluation et des exercices bonus ont été discutées avec les élèves en amont.

Au bout de 25 minutes environ quelques élèves, plutôt des élèves en grande difficulté, ont demandé à rendre leur copie. Tous ont voulu prendre l'énoncé supplémentaire avec les exercices bonus.

Au final, 26 élèves ont rendu un exercice bonus. La plupart (21 élèves, y compris des élèves de niveau moyen et bon) avaient choisi la piste bleue, qui demandait moins d'efforts. Un seul élève avait choisi la piste rouge, et 4 la piste noire. En moyenne, ces exercices bonus leur ont permis d'améliorer leur note de 0,6 points sur 20. Les notes variaient entre 3 et 19,2 sur 20, avec une moyenne de classe de 9,27/20.

Les élèves se sont tous dits satisfaits de ce fonctionnement, et l'ont redemandé pour les autres évaluations sommatives. Aucun problème d'équité n'a été soulevé.

classe de première STMG, 34 élèves, mai 2023

Expérience proposée aux élèves pour la dernière évaluation sommative de l'année, dans une classe très faible, assez difficile et peu motivée, avec notamment 7 à 8 élèves en grande difficulté et présentant des problèmes de comportement.

Comme souvent dans cette classe, plusieurs élèves ont rendu leur copie assez vite, faute de pouvoir répondre aux questions. La plupart ont accepté l'énoncé supplémentaire avec les exercices bonus.

Au final, 27 élèves ont rendu un exercice bonus. 21 ont choisi la piste bleue, qui demandait moins d'effort. 6 élèves ont choisi la piste rouge, et aucun la piste noire. En moyenne, ces exercices bonus leur ont permis d'améliorer leur note de 0,5 points sur 20. Les notes variaient entre 0 et 14,25 sur 20, avec une moyenne de classe de 6,6/20.

Les élèves ont exprimé des retours mitigés, certains étaient déçus que les exercices bonus n'aient pas compté davantage dans la note finale. Néanmoins les élèves étaient plutôt contents d'être occupés plus longtemps, et il y a eu moins d'élèves inoccupés pendant la fin de l'évaluation.

classe de terminale STMG, 25 élèves, avril 2023

Expérience proposée aux élèves pour la première évaluation sommative du troisième trimestre, dans une classe très hétérogène, globalement assez faible, comportant 8 élèves présentant des problèmes de comportement et une absence de travail.

Comme souvent dans cette classe, plusieurs élèves ont rendu leur copie assez vite, faute de pouvoir répondre aux questions. Quelques-uns ont refusé l'énoncé supplémentaire et ont préféré dormir, mais les autres ont joué le jeu.

Au final, 18 élèves ont rendu un exercice bonus. 15 ont choisi la piste bleue, qui demandait moins d'effort. 2 élèves ont choisi la piste rouge, et 1 la piste noire. En moyenne, ces exercices bonus leur ont permis d'améliorer leur note de 0,4 points sur 20.

Les élèves étaient globalement contents du principe d'exercices bonus, mais les ont trouvés trop difficiles.

d) Pistes d'amélioration

Lors des expérimentations en classe, les exercices bonus ont été plutôt bien accueillis, et ont relativement bien joué leur rôle d'occuper les élèves jusqu'à la fin de l'heure.

Il est par contre un peu décevant de constater que beaucoup d'élèves de bon niveau, qui auraient facilement pu choisir l'exercice de piste rouge, ont préféré prendre les automatismes de piste bleue, sûrement attirés par la facilité. Peut-être faudrait-il un plus grand écart de points entre les deux exercices bonus pour motiver les élèves à faire un effort ? Ou bien peut-être faudrait-il tester, en piste rouge également, des questions ne nécessitant pas de rédaction ?

On a pu néanmoins observer que plusieurs élèves en grande difficulté ont rendu une copie blanche, même pour les automatismes de piste bleue. Il serait donc sûrement utile, pour ces élèves en particulier, de préparer des exercices encore plus simples de « piste verte », reprenant par exemple des calculs simples de début de collège. Se poserait cependant à nouveau la question de l'équité mais aussi de la stigmatisation : si on propose cet exercice à tout le monde, il risque d'être choisi par des élèves qui n'en ont pas besoin ; si on le propose seulement à quelques élèves, ceux-ci se retrouveront stigmatisés.

9. Discussion et Conclusion

Confrontés à un nombre croissant d'élèves en échec ou en grande difficulté dans nos classes, nous avons apprécié de pouvoir prendre du temps, dans le cadre d'un groupe de recherche formation de l'IREM de Rennes, pour confronter nos expériences, tester et adapter différents outils, réfléchir ensemble à des éléments qui permettraient de mieux intégrer ces élèves à notre enseignement. Nous avons eu à cœur de favoriser l'utilisation d'outils existants, en cherchant les meilleures adaptations pour les élèves en grande difficulté.

Dans ce fascicule, nous avons présenté plusieurs de ces outils que nous avons expérimentés dans nos classes[11]. Face à la grande diversité des difficultés rencontrées par nos élèves, il n'y a bien sûr pas de solution miracle : chaque cas est unique, et c'est la richesse de notre métier que de chercher, pour chaque situation, la solution qui nous semble la plus adaptée - ou parfois la moins mauvaise. Depuis quelques années, nous voyons hélas augmenter à la fois le nombre d'élèves concernés et la quantité de travail qui s'accumule sur les épaules des enseignants, si bien que le temps et l'énergie manquent souvent pour pouvoir faire sereinement ce travail à destination des élèves en grande difficulté. Nous espérons que les quelques exemples, réflexions ou recommandations présentés ici pourront simplifier en partie la tâche de nos collègues.

Ne pas chercher à en faire trop (le mieux est parfois l'ennemi du bien !)

Dans la relation d'aide que nous essayons de créer pour mieux intégrer les élèves en grande difficulté, il faut être deux : il faut que l'élève que nous identifions comme susceptible d'avoir besoin d'aide soit prêt à la recevoir. Ce n'est pas toujours le cas, il est donc important, avant de se lancer dans ce travail, d'identifier les facteurs qui pourraient faire blocage : par exemple une situation personnelle trop difficile à la maison qui interdit momentanément toute implication scolaire, la peur d'être stigmatisé, une opposition systématique aux adultes ou au système scolaire, le refus d'interagir avec tel ou tel élève, etc. Peut-être dans certains cas sera-t-il préférable d'attendre que la situation change avant de proposer une aide. Peut-être suffira-t-il parfois de dire qu'une aide est possible en laissant l'élève se manifester quand il sera prêt. Peut-être nous faudra-t-il parfois mesurer et accepter que la situation dépasse nos compétences et notre mission. Dans cette relation d'aide, nous ne devons pas non plus oublier nos propres besoins et limites, sans quoi nous risquons de nous épuiser, et d'être ensuite beaucoup moins disponibles pour cet élève comme pour les autres.

[11] Certains de ces outils sont disponibles dans le fichier en annexe de ce fascicule.

Dans un contexte un peu différent, G. Corneau (2003) a proposé un « kit de survie » (p. 195), comportant des questions que nous pourrions adapter à notre contexte de la façon suivante : « Cet élève souhaite-t-il être aidé ? Qu'est ce qu'il attend de moi au juste ? Quels outils puis-je lui proposer ? Est-ce que j'ai le temps et l'énergie pour l'aider en plus du travail avec le reste de la classe ? »

Anticiper un fonctionnement de classe facilitant.

Certains choix faits dès la rentrée dans le fonctionnement habituel de la classe peuvent faciliter le travail ultérieur d'intégration d'élèves en grande difficulté.

Ainsi, il sera plus facile de proposer occasionnellement aux élèves qui en ont besoin des activités spécifiques, plus simples, portant peut-être sur des notions vues lors des années précédentes, sans que cela soit considéré comme un traitement de faveur ou soit vécu comme stigmatisant si on a pris l'habitude d'avoir dans la classe des moments pour des activités différenciées et de favoriser le travail en autonomie. Nous avons par exemple testé avec succès l'utilisation des plans de travail différenciés correspondant à plusieurs niveaux de difficulté. Les activités ritualisées de type « automatismes » ou « cartes flash » peuvent également être l'occasion d'une différenciation efficace.

D'autre part, nous avons pu observer qu'un fonctionnement de classe qui favorise l’entraide et la collaboration plutôt que la compétition facilite également très naturellement l'intégration des élèves en grande difficulté. Le fonctionnement en îlot en est un très bon exemple : au sein de son groupe d'amis, un élève en grande difficulté recevra l'aide de ses pairs et aura plus de motivation pour travailler avec eux que tout seul. Il nous faudra toutefois veiller à ce que la dynamique de l’îlot n'amène pas les élèves à choisir la procrastination ou le bavardage, par exemple en donnant des notes ou des bonus d'îlot, ou en proposant des évaluations par îlot. C'est ce que propose notamment la méthode des îlots bonifiés (Rivoire, 2013). Il nous semble important de noter ici que, dans nos classes, les îlots ont d'autant mieux fonctionné et permis l'entraide que les élèves ont pu choisir eux-mêmes leur composition. Bien sûr l'enseignant doit garder la possibilité de séparer des élèves trop bavards, mais des îlots imposés constitués uniquement sur des critères de niveau des élèves (que ce soit pour obtenir des groupes homogènes ou au contraire répartir des meilleurs élèves dans l'espoir qu'ils apportent une aide) risquent de méconnaître la réalité des amitiés entre élèves, et de créer des îlots qui ne fonctionnent pas (Ramus *et al.* 2021).

Motiver par le jeu

L'utilisation et l'adaptation de jeux nous a semblé une piste très intéressante, que nous avons abondamment illustrée dans ce fascicule. Nous avons pu vérifier que les activités autour de jeux sont un puissant vecteur de motivation pour la plupart des élèves, et tout particulièrement pour les élèves en grande difficulté : outre le plaisir de jouer qui est très largement partagé, une activité autour d'un jeu apporte à ces élèves un changement de rythme bienvenu dans des journées chargées, une plus grande liberté (notamment de parole), la promesse d'un moment partagé avec les amis et la possibilité de quitter le rôle de « celui qui ne comprend rien ». Même si la plupart des élèves ne voient pas l'aspect pédagogique du jeu, l'apprentissage se fait quand même, et il n'est pas rare qu'à la fin d'un jeu un élève vienne nous dire qu'il a enfin compris telle notion.

Nous pouvons imaginer plusieurs éléments qui, dans le jeu, vont venir faciliter cet apprentissage. D'abord le contexte globalement agréable du jeu, et les interactions positives avec les pairs peuvent avoir pour effet la levée d'un blocage de type auto-sabotage (le fameux « de toute façon je suis nul » de certains élèves qui refusent les aides plus classiques), rendant ainsi à nouveau l'esprit disponible pour revisiter une notion mal comprise. Ensuite, la manipulation (de cartes, tuiles, dés, jetons...) offre des possibilités d'apprentissage qui mobilisent d'autres compétences et peuvent convenir davantage à certains élèves que des approches plus scolaires de type cours et exercices. Enfin, l'observation des stratégies des autres joueurs, les échanges, les conseils, permettent également aux élèves les plus faibles d'apprendre entre pairs, par mimétisme, processus souvent plus efficace que l'apprentissage vertical du professeur aux élèves.

Pour la plupart des jeux, il est assez facile d'adapter le niveau pour les élèves en grande difficulté, soit en utilisant des jeux prévus pour des élèves plus jeunes, soit en adaptant les règles, soit en modifiant le matériel (par exemple en enlevant des cartes) : c'est ce que font la plupart des parents avec leurs enfants ou directement les éditeurs de jeux de société qui proposent des versions pour différentes tranches d'âge, les élèves sont donc déjà habitués à cette méthode ! On pourra aisément avoir un jeu commun pour la classe, mais adaptable en termes de niveau selon les joueurs. De la même façon, un même jeu peut facilement être utilisé pour traiter différentes notions, au prix néanmoins d'une adaptation du matériel.

Nous avons observé avec nos élèves que l'acquisition des règles d'un jeu est une étape clef, pas toujours facile, qui mérite qu'on s'y attarde. Il est essentiel d’expliquer (et parfois montrer) le fonctionnement du jeu avant de donner le matériel, car la plupart des élèves ne sont pas prêts à faire l’effort de lire des règles écrites avant de jouer. Nous avons observé des groupes qui inventaient des règles au fur et à mesure qu’ils découvraient le matériel : cela peut être un exercice intéressant, mais qui risque souvent d’amener le groupe à abandonner le jeu, ou à s’éloigner de notre objectif pédagogique. L’idéal serait de pouvoir prendre le temps d’expliquer les règles au sein de chaque îlot ou groupe d’élèves juste avant de jouer, mais ce n’est pas toujours possible. Nous conseillons une présentation générale en classe, avec par exemple un diaporama, un visualiseur, ou un créateur de contenu de type genially[12], puis des rappels par îlot à la demande. La création de vidéos explicatives semble aussi une piste très intéressante, mais également très chronophage. Certains tutoriels vidéo existent déjà (Jeux2maths, jeux du commerce). On pourrait aussi envisager de former pour chaque jeu quelques élèves “référents” qui pourraient ensuite transmettre leur expertise à leurs camarades.

Enfin, nous souhaitons insister sur l'importance de la qualité des finitions d'un jeu : utilisation de couleurs, de motifs et dessins, plastification des cartes et des plateaux de jeu... Ce qui pour nous peut sembler un détail (et surtout une grande quantité de travail !) se révèle en réalité essentiel aux yeux des élèves, qui rappelons-le ne sont pas motivés comme nous par l'aspect pédagogique du jeu, mais par l'aspect ludique et la possibilité de passer un bon moment entre amis. Nous avons pu observer par exemple comment nos

[12] https://genially.com/fr/

élèves pouvaient être complètement démotivés par un jeu de rami sur les suites utilisant des cartes imprimées en noir et blanc sur du papier simple, mais captivés par le jeu « le Monde des patterns » faisant travailler les mêmes compétences avec du matériel en couleur, plastifié, et avec des dessins.

S'aider autant que possible des bonnes conditions matérielles.

Les conditions matérielles à notre disposition jouent (hélas) un rôle essentiel dans la facilité de mise en œuvre, et donc dans la réussite de ces outils... et leur absence peut être un frein important. Il est évident par exemple qu'il est plus facile de faire travailler les élèves en îlot quand le cours a lieu dans une salle déjà installée en îlots. Il est plus facile de proposer des jeux, et en particulier des jeux portant sur des thèmes variés et avec des niveaux de difficulté variés si nos cours ont lieu tout le temps dans une même salle avec une armoire où ranger le matériel. Il est plus facile de créer des jeux de qualité si on a accès à une imprimante couleur et à une plastifieuse. Une armoire peut aussi grandement nous faciliter la vie si on souhaite utiliser des plans de travail ou des évaluations différenciées, ou plus généralement toute méthode de différenciation qui rime presque toujours avec une augmentation conséquente du nombre de photocopies. Enfin, bien sûr, il est plus facile d'intégrer des élèves en grande difficulté dans une classe à faible effectif.

Malheureusement ces conditions optimales qu'on aimerait être la norme sont rarement réunies dans un même établissement, et nous sommes plus souvent en situation de changer de salle à chaque cours, d'enseigner dans des salles en format « autobus », sans armoire, à des classes de 36 élèves et dans un établissement sans photocopieuse couleur ni plastifieuse.

Pour autant, connaître les conditions optimales à atteindre peut aider à améliorer la situation d'une année sur l'autre. Lors de la discussion en CA de la répartition de nombre d'heures par niveau et par discipline, la présence récurrente d'élèves en grande difficulté dans vos classes peut être utilisée comme argument pour demander des dédoublements ou des classes à effectifs plus réduits. La présentation à la direction de votre projet pédagogique pour intégrer ces élèves en grande difficulté finira peut-être par vous permettre d'obtenir une salle en îlots, voire une armoire ! Parfois, discuter avec vos collègues de langue peut aussi faciliter l'accès à ces salles. Enfin, en présentant l'avantage des jeux pédagogiques vous devriez pouvoir faire acheter à l'établissement une plastifieuse, et peut-être obtenir le droit d'utiliser avec parcimonie l'imprimante couleur de la direction. Courage et longueur de temps font plus que force ni que rage... Et en attendant ce graal, ne vous interdisez pas de temps en temps, quand vous êtes en forme, d'apporter dans votre sac à dos vos jeux bricolés maison et de demander aux élèves de déplacer les tables pour faire des îlots !

Adapter également nos évaluations ? Attention, sujet sensible.

Pour avoir une démarche cohérente, nous aimerions parfois pouvoir aussi adapter nos évaluations, pour qu'elles permettent d'évaluer les progrès réalisés par chacun à son rythme, y compris pour les élèves en grande difficulté, plutôt que d'évaluer chez tous les mêmes compétences au même moment. Dans ce fascicule nous proposons une analyse des nombreuses difficultés posées par ce sujet d'autant plus sensible que les évaluations ne servent pas seulement à l'enseignant, mais sont devenues un enjeu important pour l'orientation ainsi que pour l'obtention du brevet et du bac. Il est essentiel de prendre en compte ces éléments avant de se lancer dans d'éventuelles évaluations différenciées.

Néanmoins, les expériences que nous avons pu mettre en place dans nos classes, que ce soit en utilisant la méthode du rallye coach ou en proposant des exercices bonus différenciés, ont plutôt bien fonctionné.

Et l'informatique alors ?

Bien que nous les utilisions avec nos classes, nous avons choisi, dans ce fascicule, de ne mentionner que brièvement la question des outils sur ordinateur. Il existe certes de nombreux logiciels, de nombreux sites internet, exerciseurs en ligne, cours interactifs, et outils d'intelligence artificielle qui proposent des outils très performants pour aider les élèves quel que soit leur niveau. L'utilisation de ces outils offre matière à de nombreux fascicules à venir. Pour autant, ils nous semblent aussi apporter plusieurs limites qui pourraient être particulièrement gênantes pour aider des élèves en grande difficulté.

La première de ces limites est l'accès au matériel. Tous nos établissements ne sont pas forcément aussi richement dotés de salles informatiques ou de chariots numériques (dont l'usage n'est pas toujours facile !), et la possibilité de les utiliser tient parfois du parcours du combattant... avant même de se retrouver confronté aux élèves qui ont oublié leur mot de passe, leur identifiant, ou aux postes sans souris, en panne, au clavier inversé, etc. De telles conditions d'utilisation risquent de nous accaparer, ne nous laissant que peu de temps pour initier un travail spécifique avec les élèves en grande difficulté.

Le fait de devoir programmer une séance particulière en salle informatique rend également difficile un fonctionnement plus autonome ou en îlot : il faut donc prévoir un temps sur les ordinateurs pour tout le monde en même temps, et chambouler le plan de classe. Pour éviter cela on pourrait aussi envisager de réserver un chariot numérique en n'utilisant qu'un ou deux ordinateurs pour quelques élèves concernés, mais ceux-ci pourraient alors se sentir stigmatisés.

Il est parfois plus facile, et plus intéressant, de demander aux élèves d'utiliser ces outils pour des travaux à la maison, et cela fonctionne en général très bien avec la majorité des élèves... Hélas, c'est justement bien souvent pour les élèves en grande difficulté que cette modalité ne fonctionne pas : pas ou peu d'ordinateur, de connexion, de motivation, d'aide disponible, et parfois une envie de jouer plutôt que de travailler quand on est devant un écran.

Conclusion

Ce fascicule IREM ne propose pas de solution miracle pour les élèves en échec ou en grande difficulté, nous espérons par contre avoir présenté des pistes de réflexion intéressantes pour donner à chacun l'envie de tester et de s'approprier différents outils pour mieux intégrer ces élèves à notre enseignement : anticiper un fonctionnement de classe facilitant, proposer des jeux, tester des activités en îlot, utiliser un plan de travail, faire réaliser des cartes flash, utiliser des tuiles algébriques, et pourquoi pas tester un rallye coach ou une évaluation différenciée. Ce tour d’horizon n’est bien sûr pas exhaustif, et il pourra peut-être vous inspirer d’autres pratiques tout aussi pertinentes.

Ces réflexions pourront également être utiles pour argumenter une demande de moyens matériels adaptés : classe en îlot, armoire de rangement, photocopies couleur, plastifieuse. La discussion et le partage des tâches au sein d'un groupe de collègues pourront vous être précieux.

C'est maintenant à vous de tester dans vos classes, d'adapter, d'améliorer des outils pour mieux intégrer les élèves en grande difficulté. En vous invitant à respecter vos limites dans cette mission exaltante, nous vous souhaitons beaucoup de joie dans vos expériences pédagogiques.

10. Références bibliographiques

Altinok, N., & Diebolt, C. (2023, 12 décembre). Enquête PISA : derrière la baisse de niveau, une hausse des inégalités scolaires ? *The conversation*. https://theconversation.com/enquete-pisa-derriere-la-baisse-de-niveau-une-hausse-des-inegalites-scolaires-219242

Bernigole V., Fernandez A., Loi M., & Salles F. (2023). PISA 2022 : la France ne fait pas exception à la baisse généralisée des performances en culture mathématique dans l'OCDE, *Note d'Information* n° 23.48, DEPP. https://doi.org/10.48464/ni-23-48

Connac, S. (2012). *La personnalisation des apprentissages. Agir face à l'hétérogénéité, à l'école, au collège.* ESF Éditeur. Paris. 256 pp.

Corneau, G. (2003). *Victime des autres, bourreau de soi-même.* J'ai lu, 383 pp.

Coughlin, A. (2015, 16 novembre). *Let learn !* [Conférence TEDx]. https://www.youtube.com/watch?v=MhG97kNw1c0

Démézet, E. ,Morvan, G. (2024). Un RallyCoach avec les élèves ? APMEP *Au fil des maths*, N° 553 septembre 2024, 52-58.

Dias, T. (2017). *Manipuler et expérimenter en mathématiques* (Nouvelle édition 2017). Magnard, 160 pp.

Esteve, M., & Etienne, S. (2023, mai). Des nombres figurés à la résolution de problèmes : quelques règles d'utilisation du matériel en mathématiques. *APMEP, ressources.* 112 pp. https://www.apmep.fr/IMG/pdf/2021_06_20_Nombres_figures_vers_RDP_v1_0.pdf

Goreaud, F., Le Bihan, C., Messiaen, L., Morvan, G., Picard, M., Rezé, N., Robert, S., & Virrion, A. (2021). Classe accompagnée en mathématiques. Changer les postures pour stimuler l'autonomie et la motivation des élèves. *Brochure de l'IREM de Rennes,* 42 pp. https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/IRN/IRN21001/IRN21001.pdf

Grandval, C., Le Douarin, B., Le Kervern, M., Lebaud, M-P., Monterrin, G., Quarez, R., & Rolland, F. (2020). Travailler avec un plan de travail au collège. *Brochure de l'IREM de Rennes*, 74 pp. https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/RN/IRN20001/IRN20001.pdf

Kagan, S. (2013). *Kagan Cooperative Learning Structures.* Kagan Publishing, San Clemente, CA.

Lecherbonnier, S. (2023, 19 septembre). L'origine sociale creuse les inégalités à chaque étape de la scolarité. *Le Monde*. https://www.lemonde.fr/societe/article/2023/09/19/l-origine-sociale-creuse-les-inegalites-a-chaque-etape-de-la-scolarite_6189999_3224.html

Le Maner-Idrissi, G. (2009). Cours de psychologie du développement, Licence 2 de psychologie, SUED - Université Rennes 2. 20 pp.

Meirieu, P. (1987). *Apprendre… oui, mais comment.* ESF Éditeur. 192 pp.

Perronnet, C. (2021). *La bosse des maths n'existe pas. Rétablir l'égalité des chances dans les matières scientifiques.* Autrement. 272 pp.

Pinel, N. (2019). La manipulation dans l'enseignement des mathématiques. APMEP *Au fil des maths*. 532. 19 juin 2019, https://afdm.apmep.fr/rubriques/opinions/la-manipulation-dans-lenseignement-des-mathematiques/

Pommiers E. (2023, 5 décembre). PISA 2022 : une baisse sans précédent des résultats des élèves français, comme partout ailleurs dans le sillage du Covid-19. *Le Monde.* https://www.lemonde.fr/societe/article/2023/12/05/pisa-2022-une-baisse-sans-precedent-des-resultats-des-eleves-francais-comme-partout-ailleurs-dans-le-sillage-du-covid-19_6203983_3224.html

Ramus, F., Proust, J., & Parmentier, J.-F. (2021). MOOC La psychologie pour les enseignants. https://www.fun-mooc.fr/fr

Rivoire, M. (2013). *Travailler en îlots bonifiés pour la réussite de tous*. Génération 5. 205 pp.

Université de Strasbourg. (2020). Apprendre à étudier plus efficacement #4 : Boite à outils des révisions. 37 pp.
https://idip.unistra.fr/wp-content/uploads/2022/05/4_Livret_Re%CC%81visions.pdf

Villani, C., & Torossian, C. (2018). *21 mesures pour l'enseignement des mathématiques.* Ministère de l'éducation nationale. 96 pp.

11. Sitographie

a) Cartes flash

- Quelques sites ou applications pour créer des cartes flash : https://mathsmentales.net, https://quizlet.com/fr, https://mnemosyne- proj.org, https://apps.ankiweb.net
- Fascicule expliquant la démarche de révisions (université de Strasbourg) https://idip.unistra.fr/wp-content/uploads/2022/05/4_Livret_Re%CC%81visions.pdf
- Pour suivre la formation “la psychologie pour les enseignants” https://www.fun-mooc.fr/fr/

b) Jeux

- Ressources du groupe de recherche IREM de Caen-Normandie Jeux2maths https://jeux2maths.fr
- Ressources du groupe de recherche IREM de Rennes https://irem.univ-rennes.fr/jeux
- Ressources académiques de l’académie de Nantes https://www.pedagogie.ac-nantes.fr/mathematiques/des-maths/jeux-mathematiques/
- Ressources académiques de l’académie de Rennes https://pedagogie.ac-rennes.fr
- Ressources du site de Mallory Monhard PE https://laclassedemallory.net/

c) Patterns et Tuiles

- Guide Résolution de problèmes au cycle 4 https://eduscol.education.fr/document/13132/download?attachment
- Ressource académique (Nice) sur l’usage des Patterns https://www.pedagogie.ac-nice.fr/mathematiques/plan-mathematiques-un-exemple-dactivite-autour-des-patterns/
- Article de Claire Piolti-Lamorthe dans Au fil des Maths https://afdm.apmep.fr/rubriques/opinions/des-patterns-dans-les-classes/#r11
- Ressource académique (Nice) sur l’usage des tuiles algébriques https://www.pedagogie.ac-nice.fr/mathematiques/plan-mathematiques-usage-des-tuiles-algebriques-pour-mieux-apprehender-le-calcul-litteral/
- Manipulation de tuiles en ligne : mathigon.org
- Activités de Karine Bethenod sur Planète maths http://www.ac-grenoble.fr/maths/ (avec le mot-clé : Tuile)

Dans la plupart de nos classes, en collège, lycée, ou à l'université, nous rencontrons un nombre de plus en plus important d'élèves en situation d'échec ou de grande difficulté, qui ne parviennent pas à suivre le cours et le programme de leur classe, et qui risquent au moins de perdre leur temps et au pire de perturber le cours.

Au sein d'un groupe IREM de Rennes, nous avons réfléchi à des outils, méthodes, approches qui pourraient permettre de proposer une alternative à ces élèves, en leur faisant « faire des mathématiques » autrement et sur des notions qui seraient plus dans leur zone proximale de développement, sans pour autant accaparer tout le temps de l'enseignant qui doit aussi pouvoir s'occuper du reste de la classe.

Le groupe s'est focalisé en particulier sur les difficultés liées au calcul littéral, même si beaucoup d'outils peuvent être adaptés à d'autres thématiques.

Dans ce fascicule, nous illustrons sur quelques exemples testés dans nos classes comment des outils existants sont susceptibles d'être adaptés aux élèves en grande difficulté. Les outils testés sont : des jeux de formes différentes, en particulier des jeux de cartes, des cartes flash, des tuiles algébriques, des plans de travail, des évaluations adaptées.

Des versions numériques de certains outils (cartes flash, tuiles) ont également été testées, mais plutôt pour un travail complémentaire hors la classe, car l'utilisation en classe de ces outils par les élèves pose des contraintes souvent complexes.

Certains de ces outils sont également disponibles dans le fichier en annexe de ce fascicule.

Mots-clefs

mathématiques, enseignement, pédagogie, échec scolaire, élèves en difficulté, différenciation, individualisation, personnalisation, inclusion, zone proximale de développement, mémoire, manipulation, motivation, coopération, autonomie, îlots, cartes flash, tuiles algébriques, jeux, cartes, plan de travail, évaluation, collège, lycée, université.

ISBN : 978-2-85728-084-2

9 782857 280842