

Développer le goût des mathématiques en s'appuyant sur la diversité des étudiants

Jeanne Parmentier & Institut Villebon - Georges Charpak, bat 490 rue Hector Berlioz, 91160 Orsay, jeanne.parmenier@villebon-charpak.fr

Jean Lécureux & Laboratoire de Mathématiques d'Orsay, Univ. Paris-Sud, CNRS, Université Paris-Saclay, 91405 Orsay, jean.lecureux@math.u-psud.fr

Tony Février & Institut Villebon - Georges Charpak, bat 490 rue Hector Berlioz, 91160 Orsay, tony.fevrier62@gmail.fr

Résumé

Comment gérer l'hétérogénéité d'une classe de mathématiques en aidant les étudiants à développer leur plaisir au travail ? Parce que nous accueillons au sein d'une même classe des bacheliers généraux et technologiques aux niveaux très variés, nous avons mis en place une série de méthodes pédagogiques qui permettent de respecter l'altérité des apprenants tout en restant dans un cadre formel éducatif. Nous présentons ici l'ensemble de méthodes utilisées ainsi que leur impact sur la motivation et le plaisir des étudiants lors du cours de mathématiques du premier semestre (S1) de première année de licence (L1) à l'Institut Villebon - *Georges Charpak*.

Summary

How can we handle heterogeneity in a mathematics course, while encouraging students to cultivate the enjoyment of mathematics ? As we welcome, within a unique classroom, students with different backgrounds and very diverse levels of skill, we are led to set up a series of pedagogical methods which allow us to respect the diversity of the students, while maintaining a formal educative frame. We present in this note the methods that we have used, as well as their impact on the motivation and enjoyment of the students, during the first semester of the first year at the Institut Villebon - *Georges Charpak*.

Mots-clés (maximum 5)

Hétérogénéité, coopération, plaisir, mathématiques

1. Contexte

1.1. Les étudiants

L'institut Villebon – Georges Charpak a été créé par ParisTech, l'Université Paris Descartes, l'Université Paris-Sud, l'Université Paris-Saclay et la Fondation ParisTech. Il a été labellisé Initiative d'Excellence en Formations Innovantes en mars 2012 (IDEFI IVICA : 11-IDFI-0026) et est soutenu par l'Initiative d'Excellence Paris-Saclay (IDEX Paris-Saclay : 11-IDEX-0003). L'institut Villebon - *Georges Charpak* accueille chaque année environ 35 nouveaux étudiants recrutés sur motivation et critères sociaux pour suivre une licence généraliste “Sciences et Technologies”. Chaque promotion est marquée par une importante hétérogénéité : 40% des étudiants sont des bacheliers technologiques, 70% des boursiers, 10% en situation de handicap déclaré (principalement dyslexie)...

Pour une partie de ces étudiants, les mathématiques sont perçues comme une discipline classante scolairement. Alors que certains étudiants ont accumulé des lacunes et un blocage depuis le collège, d'autres étudiants ont suivi une spécialité mathématiques en Terminale S et ont le potentiel pour intégrer de bonnes formations de master ou d'ingénieur après la licence.

Pour donner à tous les étudiants une chance de lever leur autocensure et de révéler un éventuel potentiel, nous avons essayé de faire évoluer le format des séances et de repenser la pédagogie en cherchant des systèmes respectueux de l'altérité des étudiants.

1.2. Le programme des cours

Le programme de mathématiques a évolué au cours des années car nous nous sommes rendu compte qu'il fallait, avant de commencer à aborder les enseignements classiques de licence, remédier aux lacunes anciennes que les étudiants possèdent parfois depuis de nombreuses années. Le premier semestre en mathématiques balaie donc un grand nombre de notions, d'un niveau allant du collège à la L1, dans le but de donner rapidement des outils techniques nécessaires pour suivre les cours dans d'autres disciplines. Sans pouvoir être exhaustif, il s'agit de combler les lacunes les plus handicapantes. Afin de ne pas enfermer les étudiants

dans leurs représentations, nous avons pris le parti de ne pas faire de groupe de niveau. Les étudiants ayant des besoins très différents, il a donc fallu repenser la pédagogie pour essayer de résoudre ce casse-tête et permettre à chacun de trouver sa place, en respectant l'altérité de chacun. Nous avons ainsi cherché à mettre en place plusieurs méthodes afin de donner de la liberté aux étudiants et leur offrir une chance d'apprendre à leur rythme et à leur manière au sein de notre cours.

2. Les méthodes

Viau (2004) donne trois conditions pour soutenir la motivation des apprenants : on sait que l'étudiant est motivé s'il "se sent capable de faire ce qu'on lui demande" et "a l'impression qu'il a une certaine part de responsabilité (contrôle) dans le déroulement de ses apprentissages" et "croit qu'il est en grande partie responsable de ses succès comme de ses échecs". Ces conditions semblent incompatibles avec un cours magistral donné à une classe hétérogène.

Nous avons essayé de donner aux étudiants la possibilité de faire des choix et d'agir sur leurs trajectoires d'apprentissages. En effet, si l'on doit uniformiser en choisissant une activité pédagogique unique pour tous les étudiants (explication magistrale, choix d'un exercice ou d'un problème à résoudre), on risque fort d'exclure et d'ennuyer à la fois les étudiants les plus fragiles et les étudiants les plus avancés pour cette activité. Les stratégies présentées ci-dessous ont été développées pour tenter de résoudre ce problème.

2.1. Une liberté de choix sur les formats pédagogiques

L'idée est simple : il s'agit de laisser les étudiants choisir le contenu et surtout le format pédagogique sur lequel ils vont travailler pendant chaque séance. Plutôt que de proposer plusieurs cours/TDs en parallèle avec le même contenu et le même format pédagogique, deux groupes d'enseignement sont programmés en parallèle pour laisser le choix aux étudiants entre deux activités. La première est l'explication magistrale ou correction d'exercices au tableau : le fonctionnement est celui d'un cours ou TD classique où l'enseignant explique au

tableau, corrige des exercices au tableau et répond aux questions. La seconde consiste en du travail en autonomie sur les exercices du TD. Les étudiants cherchent seuls ou à plusieurs pendant que l'enseignant circule pour répondre aux questions, à la demande. Les solutions (sans les explications) sont affichées au tableau pour que les étudiants puissent avancer et que l'enseignant puisse se concentrer sur les explications à donner aux étudiants.

Il ne s'agit a priori pas de rajouter un second enseignant mais de fusionner et réorganiser deux groupes d'étudiants et cela peut se faire sans heures supplémentaires, à heures d'encadrement constantes. Les enseignants se répartissent les rôles en amont. Les étudiants peuvent choisir un groupe ou l'autre au début de chaque séance. Il est également possible de réunir les deux groupes d'enseignement dans une même salle suffisamment grande afin que les étudiants circulent librement d'un format à l'autre en fonction des sujets traités au tableau. Notre expérience montre que chaque activité attire en général une moitié d'étudiants. Les groupes ne sont pas toujours les mêmes et varient en fonction des thèmes et de la difficulté des exercices traités : les élèves peuvent choisir un jour d'écouter une correction et l'autre d'aller chercher des exercices en autonomie.

Etant donné que les notions que nous traitons ont souvent été vues en partie en lycée, ce format constitue la majeure partie de notre enseignement et il n'y a pas de distinction faite entre cours et TD. Même si cela est peu fréquent, nous nous autorisons ponctuellement à revenir à une configuration où tous les étudiants écoutent le cours lorsque cela semblait nécessaire. Nous pensons donc que ce système peut être repris dans les formations qui disposent de cours ou TDs en petits groupes, à condition qu'ils puissent réserver deux salles adjacentes avec deux enseignants volontaires pour essayer ce système simple.

Points forts et limites de la pratique

La motivation des étudiants est accrue. Ils sont plus actifs dans leurs apprentissages dans un format comme dans l'autre. Les étudiants en difficulté ou ceux qui ont bien compris le cours peuvent progresser à leur rythme. Nous verrons dans la seconde partie que les étudiants,

notamment les plus à l'aise, apprécient cette méthode, probablement car elle limite les redites pour eux et leur permet d'être plus autonome dans leur entraînement.

Cependant, il arrive que des étudiants faibles qui auraient besoin d'une correction choisissent de travailler en autonomie ou que des étudiants sans problème particulier décident d'aller écouter les corrections d'exercices qu'ils ont déjà su faire. Concernant les étudiants les plus faibles, on peut avancer plusieurs hypothèses. Cela peut être parce qu'ils savent qu'ils ne comprendront pas le cours et préfèrent faire peu de choses en les comprenant. Cela peut également être lié au fait que plus un étudiant est en difficulté, moins il est capable d'apprécier son niveau (Kruger & Dunning, 1999). Il est alors utile d'avoir un temps d'échange individuel avec l'étudiant (ce qui est permis dans ce format) car cela permet à l'enseignant d'identifier des points de blocage souvent anciens qui ne sont pas toujours traités dans le cours (révisions de collège). L'étudiant peut se rendre compte après avoir essayé seul qu'il a besoin d'un cours pour avancer et apprendra mieux après avoir été bloqué ou fait des erreurs (Dehaene, 2015).

Dans tous les cas, si rien ne dit qu'ils auraient mieux travaillé si on leur avait imposé un format classique, on peut néanmoins travailler sur la précision du cadre pour améliorer la capacité des étudiants à s'auto-orienter.

2.2. Une évaluation par savoir-faire donnant du temps à tous les apprenants

Tous les étudiants n'apprennent pas au même rythme. Afin de valoriser ceux qui reviennent sur les notions qui leur ont posé des difficultés tout en restant dans un cadre de contrôle continu, nous avons mis en place une évaluation par savoir-faire. Une évaluation hebdomadaire d'une liste de savoir-faire a été mise en place, chaque savoir-faire est testé à plusieurs reprises au cours du semestre. A chaque fois qu'il est évalué, nous reportons si le savoir-faire a été validé ou non. La validation du savoir-faire n'est faite qu'à la fin du semestre, sur la base de toutes les évaluations réalisées par l'élève. Un étudiant en difficulté qui n'a pas réussi à valider un savoir-faire une première fois peut ainsi retravailler la notion et la valider ultérieurement. Cette évaluation au fil du temps est complétée par deux évaluations de fin de semestre, et compte pour 27% la note finale en mathématiques.

2.3. Des cours d'entraînement dédiés au calcul

On sait que pour ancrer durablement un savoir, il faut le répéter régulièrement, quitte à réduire le temps passé en cours à traiter de nouveaux sujets (Karpicke, 2008).

Lors de ce semestre, nous voyons ou revoyons un grand nombre d'outils techniques qui forment la base des techniques utilisées dans les autres disciplines scientifiques. Nous avons pris la décision de consacrer un quart de nos séances à de l'entraînement technique. Le but de ces séances est uniquement de faciliter l'automatisation des outils techniques et la fluidité des calculs. Ces heures sont prises sur le volume horaire prévu initialement. Le but est simplement de rediriger les capacités attentionnelles vers une compétence spécifique (gagner en facilité et stabilité dans les calculs) pour pouvoir dans le reste des cours lever la difficulté technique et se concentrer sur la compréhension des concepts. Le cours est organisé avec une progression en spirale : chaque cours traite de trois ou quatre techniques différentes, et chaque technique est reprise sur plusieurs cours successifs jusqu'à ce que nous observions une amélioration nette de l'aisance avec laquelle les étudiants font les calculs. Contrairement à ce que l'on pourrait anticiper, nous avons observé une forte motivation et implication des étudiants pendant ces cours, qui ressort dans le sondage présenté dans la section suivante. Cela peut provenir du fait que si tout le monde travaille la même notion, chaque étudiant va aller sur un exercice dont il choisit la difficulté. De plus, ce travail d'entraînement est souvent considéré comme du travail personnel ayant lieu en dehors des heures de cours. Or, les étudiants les plus en difficulté ont du mal à structurer leur apprentissage, et peuvent être arrêtés par des notions antérieures non revues en cours. Le fait que cet entraînement soit réalisé en classe et structuré par les enseignants permet aux élèves les plus faibles de bénéficier de la même qualité d'entraînement que les étudiants les plus avancés et les plus autonomes techniquement.

2.4. Des jeux

On sait également que le simple effort de chercher un souvenir est fondateur dans mémorisation scolaire, et que les étudiants ont tendance à sous-estimer l'efficacité de cette méthode simple (Karpicke, 2011).

Puisqu'un certain nombre de jeux de société utilisent de manière active la mémoire à long terme, l'idée est de les détourner pour en ciblant les questions ou activités autour du contenu traité en cours. On peut ainsi détourner des jeux de quizz, faire deviner des concepts à l'aide de dessins, vérifier l'apprentissage de formules en les associant dans des jeux de mémoire proches du Memory ... Les activités de jeux étaient proposés sur des créneaux en dehors des cours et la moitié de la classe venait librement aux quelques séances organisées pendant le semestre.

2.5. Le tutorat

Grâce au soutien de plusieurs écoles partenaires (Ecole Polytechnique - Université Paris Saclay, Institut d'Optique Graduate School, Télécom ParisTech et ENS Paris-Saclay), les étudiants bénéficient d'un tutorat à raison d'1h30 par semaine, par petit groupe (3 max), avec un tuteur référent qui reste le même tout au long de l'année. Ils peuvent ainsi intensifier le travail de remédiation de façon personnalisée.

3. Statistiques

Un questionnaire leur a été distribué en décembre afin d'évaluer l'impact de ces méthodes sur leur apprentissage avec un intérêt tout particulier sur leur ressenti. Ont-ils plus de plaisir à travailler ? Quelle méthode leur apporte le plus de motivation et de plaisir?

3.1. Les étudiants ont plus de plaisir

Nous avons demandé aux étudiants de déclarer le plaisir qu'ils avaient à faire des mathématiques avant l'arrivée en licence et au moment de la rédaction de l'article (début décembre 2016) sur une échelle de 1 à 6 (1= pas du tout, 6 = tout à fait). Les résultats sont représentés en annexe (Figure 1). Avant notre enseignement, le plaisir moyen déclaré est de 3.3 ± 1.4 . Après notre enseignement, il passe à 4.7 ± 0.9 . L'écart type s'est donc resserré et on observe que cette variation concerne tous les élèves. Cela s'explique en partie par le fait que tous les élèves, même les plus faibles, déclarent un plaisir supérieur à 3 sur une échelle de

1 à 6, et que beaucoup d'étudiants sont proches du plafond (66% sont à 5 ou 6 sur une échelle de 1 à 6).

La structure mise en place ne semble pas s'adresser à un groupe d'élève au détriment d'un autre (groupe de niveau, filière d'origine...). Après l'intervention, sur une échelle de 1 à 6, la progression moyenne en plaisir est de + 1.38 sur une échelle de 1 à 6). 69% ont plus de plaisir ($\Delta = + 1.96$ sur une échelle de 1 à 6), 24% ont autant de plaisir qu'avant (ces élèves sont tous dans la première moitié de classe), 7% ont un peu moins de plaisir (-1).

Les étudiants ont par ailleurs tous l'impression d'avoir acquis des compétences pendant le cours sur une échelle de 1 à 10 (1=pas du tout, 10 = plus que je n'en ai jamais rêvé) les étudiants répondent avec une moyenne de 6.6 ± 1.4 . Leurs réponses ne sont pas corrélées avec leurs notes en mathématiques ($r = -0.09$).

3.2. L'impact déclaré des méthodes pédagogiques

Quand on interroge les étudiants sur ce qui les ont fait le plus progresser, ceux-ci mettent principalement en avant ce qui a trait aux méthodes pédagogiques employées : avoir le choix entre deux formats pédagogiques, une évaluation par savoir-faire sur laquelle ils peuvent progresser pendant tout le semestre, et un cours dédié aux techniques de calcul, devant le tutorat, les jeux et les locaux (voir Figure 2 en annexe).

Les méthodes qui ont contribué à la motivation des étudiants dépendent de leur niveau (Figure 3) : les étudiants les plus en difficulté disent profiter principalement du tutorat (40%) et de l'évaluation par savoir-faire (40%). L'évaluation par savoir-faire est également plébiscitée par les étudiants de milieu de classe (45,5%), avant le fait d'avoir le cours dédié au calcul et le choix deux activités (27, 3% chaque). Les meilleurs élèves sont principalement motivés par la possibilité de choisir leurs activités pédagogiques (55,6%)

3.3. Les étudiants pensent que la diversité les font progresser

Les étudiants estiment majoritairement que le fait que les étudiants aient un niveau différent les aide à progresser (Figure 4 en annexe). Les commentaires qualitatifs liés à cette question

renvoient principalement aux bénéfices liés au fait de réexpliquer ce que l'on a compris, ainsi qu'à se sentir moins seul face à des situations de blocage où on ne sait pas comment résoudre un problème.

4. Conclusion

Le fait d'avoir une classe très hétérogène nous a motivés à mettre en place des structures pédagogiques nouvelles susceptibles de respecter cette altérité. Ces choix nous semblent avoir amélioré l'atmosphère en classe : les étudiants semblent motivés et épanouis, ce qui est en accord avec le retour qu'ils font par leur réponse-au questionnaire de mi-semester.

Ces résultats préliminaires sont biaisés par la taille faible de l'échantillon. Par ailleurs, chaque méthode participe à une atmosphère plus globale qui est essentielle dans le bien-être des étudiants et qui est difficile à saisir : on ne sait donc pas si une méthode prise seule et transférée dans un autre contexte aurait un impact sur l'apprentissage. Des discussions sont en cours avec d'autres formations afin de choisir une méthode donnée (probablement les TDs différenciés) et la tester sur un public classique afin de mesurer son impact et savoir si elle est aussi efficace dans un autre contexte.

Références bibliographiques

Dehaene, S. (3 février 2015). Fondements cognitifs des apprentissages scolaires. Cours du collège de France. Retrieved from <https://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/course-2015-02-03-09h30.htm>

Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2008). The Critical Importance of Retrieval for Learning. *Science*, 319(5865), 966-968. <https://doi.org/10.1126/science.1152408>

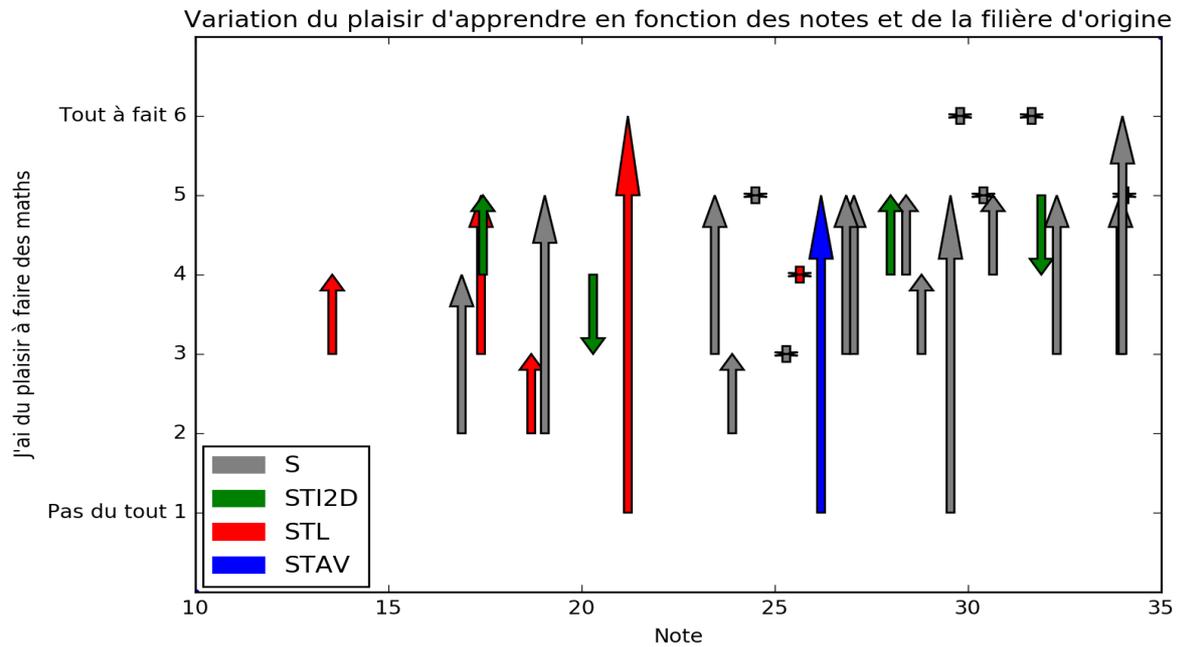
Karpicke, J. D., & Blunt, J. R. (2011). Retrieval Practice Produces More Learning than Elaborative Studying with Concept Mapping. *Science*, 331(6018), 772-775.

<https://doi.org/10.1126/science.1199327>

Kruger, J., & Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1121–1134. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.77.6.1121>

Viau, R. (2004). La motivation : condition au plaisir d'apprendre et d'enseigner en contexte scolaire. Présenté à 3e congrès des chercheurs en Éducation, Bruxelles. Consulté [sur le site de Patrick Dagnaud](#)

Annexe



Dans cette figure, les flèches représentent la variation ressentie dans le plaisir à faire des mathématiques : le bout plat de la flèche représente la réponse à la question "Avant, j'aimais les maths..." et la pointe de la flèche représente la réponse à la question "Maintenant j'aime les maths..."

Figure 1. Variation du plaisir d'apprendre des étudiants en fonction de leur note et de leur filière d'origine

"Je pense que ce qui m'a fait le plus progresser en mathématiques est :"

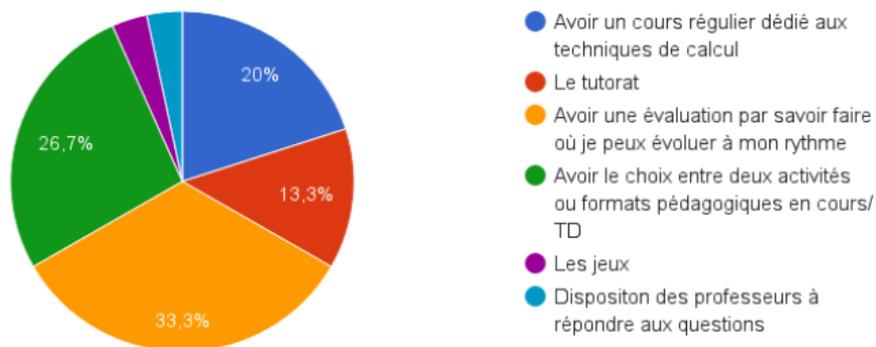


Figure 2 : Pratique perçue comme la plus efficace par les étudiants

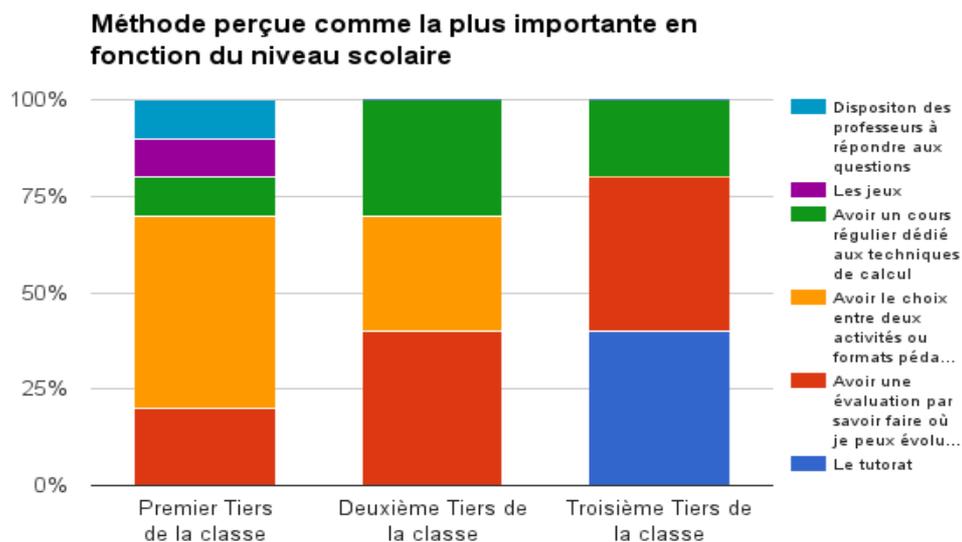


Figure 3: Méthode perçue comme la plus importante en fonction du niveau scolaire des étudiants

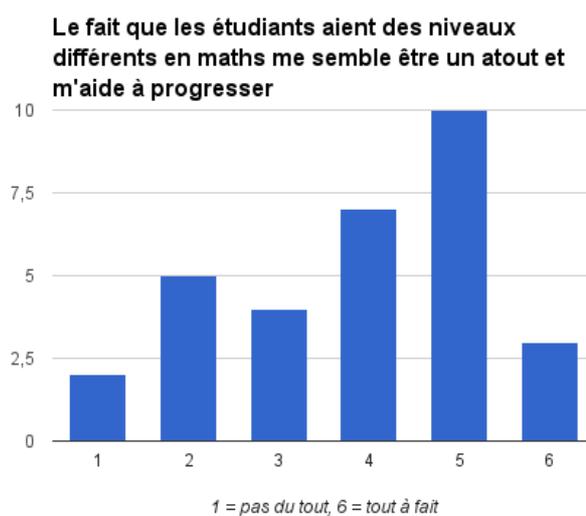


Figure 4: Ressenti des étudiants quant à l'impact de la diversité sur leurs apprentissages