CLASSE INVERSEE POUR INTRODUIRE LES SUITES NUMERIQUES : UNE EXPERIENCE EN PREMIERE ANNEE UNIVERSITAIRE

BRIDOUX[1*] Stéphanie

Résumé – Dans cette communication, nous présentons une expérience de classe inversée en première année universitaire qui mène à des constats négatifs du point de vue de l'enseignant. Pour le didacticien, cette expérience montre cependant l'intérêt d'étudier les moments de cours, et l'analyse des questions posées par les étudiants après avoir visionné la vidéo du cours permet de plus de réfléchir à une organisation plus positive de ce type d'expérience.

Mots-clefs : classe inversée, capsules, moments de cours, proximités discursives, suites numériques

Abstract – In this contribution, we present a flipped classroom experiment in first year university that leads to negative results for the teacher. However, for the didactic researcher, this experiment shows the importance of studying the telling moments of knowledge exposure and the analysis of the questions asked by students after watching the video leads to rethink a more positive organization of this kind of experiment.

Keywords: flipped classroom, video clips, telling moments of knowledge exposure, discursive proximities, numerical sequences

I. PROBLEMATIQUE

Plusieurs rapports internationaux (European Schoolnet[2] ou CBMS[3] par exemple) préconisent l'intégration de pratiques innovantes (classe inversée, utilisation des clickers,…) dans l'enseignement des sciences et des mathématiques pour rendre les étudiants davantage acteurs de leurs apprentissages. Selon Dumont et Berthiaume (2016), les méthodes d'enseignement de type transmissif ne sont d'ailleurs plus adaptées au public actuel. Cependant, force est de constater que l'organisation classique « cours magistraux – travaux dirigés » reste prédominante dans l'enseignement universitaire belge. Dans cette communication, nous nous intéressons à la pratique de la classe inversée dans l'enseignement universitaire. Cette pédagogie consiste à faire travailler le cours aux étudiants à la maison par le biais de documents ou de vidéos (capsules) pour consacrer le temps en classe à faire des exercices. L'inversion de la nature des activités d'apprentissage par rapport à un cours classique aurait pour effets positifs de mieux respecter les rythmes individuels et de rendre les étudiants plus autonomes. Des exemples positifs sont en effet décrits dans plusieurs recherches (Braun, Bremser, Duval, Lockwood & White, 2017 ; Love, Hodge, Grandgenett & Swift, 2014).

Nous décrivons ici une expérience de classe inversée organisée en 2015 en première année universitaire dans un de nos cours de mathématiques pour des étudiants en informatique. Celle-ci visait le tout premier chapitre du cours qui traite des suites numériques. Précisons d'emblée qu'il s'agissait d'une première expérience de ce type de pédagogie à la fois pour l'enseignant-chercheur que nous sommes et pour ses 31 étudiants.

Plusieurs raisons nous ont poussée à expérimenter la classe inversée. Tout d'abord, cette pratique prend de l'ampleur dans l'enseignement secondaire belge. Les enseignants ont accès à des formations sur cette thématique, ce qui signifie que les étudiants qui entreront à l'université dans les prochaines années sont susceptibles d'avoir été formés avec cette pédagogie. Nous nous sommes donc demandé ce qu'ils retireront d'une séance de cours magistral à l'université de plus d'une heure alors qu'ils auront été habitués à prendre

---

1 [*] LDAR (EA4434) UMONS – Belgique – stephanie.bridoux@umons.ac.be
2 http://www.eun.org/resources/country-reports
3 http://www.cbmsweb.org/Statements/Active_Learning_Statement.pdf

connaissance du cours avec des capsules dont la durée est en général de l'ordre de 10 minutes. D'autre part, beaucoup de notions enseignées en première année d'université, en analyse et en algèbre linéaire notamment, sont des notions formalisatrices, unificatrices et généralisatrices (notions FUG, au sens de Robert, 1998). Ces notions introduisent de la généralité en unifiant des connaissances antérieures grâce à un nouveau formalisme. Ces notions sont souvent difficiles à introduire avec un problème où elles apparaitraient comme l'outil optimal de résolution. De plus, le caractère formalisateur de ces notions est tel qu'il est souvent difficile d'en comprendre instantanément le sens. Il y a donc un intérêt à essayer d'apprécier comment les étudiants peuvent donner du sens à ces notions et ce qu'ils retirent d'un cours qu'ils apprennent en visionnant une capsule seuls.

Dans ce contexte, notre problématique de recherche vise à étudier comment la mise en place d'un nouveau dispositif d'apprentissage, ici la classe inversée pour introduire les suites numériques, influence les premiers apprentissages des étudiants et les pratiques de l'enseignant lorsque les étudiants reviennent en classe après écoute de la capsule. Après avoir présenté quelques outils d'analyse sur l'étude des cours magistraux, nous décrivons et analysons notre expérience avec ces outils. Par le biais d'un questionnaire, nous retirons ensuite quelques éléments partiels et limités sur les apprentissages de nos étudiants.

II. L'ETUDE DES MOMENTS DE COURS

Notre inscription dans la Théorie de l'Activité (Vandebrouck, 2008) nous amène à postuler que les activités des élèves sont déterminantes pour leurs apprentissages, même si cela reste partiel. Cependant, notre problématique porte sur les moments où l'enseignant expose des connaissances qui constituent le « cours ». C'est ce que nous appelons des moments d'exposition des connaissances, pendant lesquels les activités des étudiants sont encore moins observables que durant les phases d'exercices où ils sont plus actifs. Nous nous centrons donc dans ce cas sur le discours de l'enseignant pour percevoir ce qui est en jeu, y compris les commentaires qu'il peut ajouter au strict contenu mathématique ou sur le travail mathématique attendu. Précisons notre propos en présentant brièvement les outils utilisés pour mener cette étude. Une présentation détaillée en est donnée dans (Bridoux, Grenier-Boley, Hache & Robert, 2016).

Un moment de cours est l'occasion pour l'enseignant de présenter aux étudiants des concepts (du moins perçus comme tels par l'enseignant) avec des mots, des formules,… au sein d'un certain environnement éventuellement (histoire, commentaires, questions,…) mais en sachant que ce ne sont pas encore des concepts pour les étudiants. Nous voyons ici une analogie avec les notions de « concept image » et de « concept definition » (Tall & Vinner, 1981). Selon ces auteurs, l'enseignant peut en effet jouer un rôle important dans le développement du « concept image » chez l'étudiant car il suggère volontairement ou involontairement des associations que les étudiants pourront s'approprier. Ainsi, l'enjeu des moments de cours est que cela participe aux acquisitions visées. Nous faisons l'hypothèse qu'une des manières développables par les enseignants pour y arriver est de tenir un discours aussi « proche » que possible des connaissances et savoir-faire déjà-là des étudiants, notamment grâce à l'activation de connexions entre ces mots, ces formules, associés à ce qui est visé… et ce qu'ils savent ou ont déjà fait. Pour caractériser ces rapprochements, Robert & Vandebrouck (2014) introduisent la notion de *proximité-en-acte* qui qualifie ce qui, dans les discours ou même dans les décisions des enseignants pendant les déroulements des séances, peut être interprété par les chercheurs comme une tentative de rapprochement avec les élèves. Ces proximités peuvent être d'ordre cognitif ou non, et concernent ou non tous les élèves. Dans (Bridoux et al., 2016), nous avons distingué dans le discours des enseignants trois types de proximités discursives de nature cognitive. Il s'agit de fragments de discours de l'enseignant, éventuellement accompagnés de gestes ostensifs, dont nous supposons qu'ils peuvent[4] contribuer à la compréhension des étudiants. Ces proximités peuvent relever :

- soit de la généralisation d'un exercice qui aboutit à l'expression, la définition, voire la démonstration d'une propriété générale (*proximité ascendante*) ;
- soit de la manière dont on peut utiliser dans un exercice, voire dans une démonstration, une propriété (ou définition) générale (*proximité descendante*) ;
- soit du travail local sur une formule par exemple ou sur le sens d'un théorème, qui n'amène pas de changement de niveau de généralité (*proximités horizontales* plus ou moins générales). De plus, les proximités peuvent être spontanées, ou provoquées par des réponses d'élèves à des questions de l'enseignant, ou bien amorcées par des questions d'élèves.

Des exemples sont donnés par la suite. Se pose alors la question de la référence à utiliser pour repérer les éléments importants des cours, qui remplacerait l'analyse *a priori* des tâches proposées effectuée pour les moments d'exercices, et en déduire des occasions de proximités, qui seront tentées ou non, à différents moments des déroulements. Nous nous basons sur l'étude de ce que nous appelons le « relief » de la notion. Cette étude se fait selon trois dimensions imbriquées : épistémologique (nature des notions), curriculaire (institution, programmes) et cognitive (difficultés des élèves). À partir du relief, le chercheur distingue des occasions de proximités (*a priori*) et, dans le discours tenu, des proximités possibles – ou inexistantes (*a posteriori*). Il peut y avoir des proximités possibles imprévues. Toutes restent seulement possibles, nous y insistons, tout comme les activités des élèves d'ailleurs.

En ce qui concerne les capsules, étudiées à différents niveaux d'enseignement (Allard, Asius, Bridoux, Chappet-Pariès, Pilorge & Robert, 2015), les analyses menées ont montré que, sans doute compte tenu de la brièveté visée (moins de 8 minutes), les contenus présentés dans les capsules sont souvent isolés, il n'y a pas de lien avec ce qui précède ni avec ce qui suit. Il y a peu de tentatives de proximités horizontales et celles rencontrées prennent souvent la forme de commentaires ou d'explications sur le développement des calculs ou sur les manipulations algébriques. Enfin, le vocabulaire utilisé est souvent familier et pas toujours rigoureux. Les capsules contiennent donc en général beaucoup d'implicites et d'omissions par rapport à un « vrai » cours. Mais leur utilisation peut sembler motivante et moins ardue pour les élèves que le cours en classe et, argument souvent mis en avant, permet de dégager du temps pour travailler les exercices en classe avec les élèves.

À partir d'éléments de relief relatifs à la description de notre cours, nous montrons ensuite comment l'étude des proximités nous a permis d'analyser le matériel utilisé dans notre expérience (dont une capsule) en comparaison du cours « classique » (ainsi nommé dans toute la suite) que nous donnons traditionnellement et de mieux comprendre ce qui s'est passé en classe après que les étudiants aient visionné la capsule.

III. QUELQUES ELEMENTS DE RELIEF SUR LES SUITES NUMERIQUES

Dans le cours « classique » que nous donnons depuis plusieurs années maintenant, le chapitre sur les suites est peu volumineux (3 heures en cours magistral et 6 heures en travaux dirigés). De plus, les suites ont été étudiées dans l'enseignement secondaire. Cependant, l'aspect fonctionnel de cette notion y est peu mis en évidence. L'accent est mis sur l'étude des suites arithmétiques et géométriques et la monotonie de ces suites est établie sous la forme d'un

4 Cela reste potentiel, nous n'avons pas d'éléments pour vérifier que l'effet présumé a eu lieu.

résultat à retenir en fonction de la raison de la suite. Les définitions sont donc très peu utilisées et il y a peu de liens entre les notions. Dans notre cours, nous verrons que l'enseignant introduit la définition d'une suite numérique en prenant appui sur des exemples de suites donnés par les étudiants pour formaliser petit à petit la notion en termes de fonction. Ces moments sont l'occasion de tenter des proximités ascendantes (en partant d'exemples) accompagnées de proximités horizontales (commentaires sur les dessins par exemple). La représentation graphique d'une suite numérique est aussi abordée. La monotonie d'une suite est ensuite étudiée puis viennent les notions de suite majorée, minorée et bornée. Des liens entre les notions sont démontrés à partir des définitions, comme par exemple le fait qu'une suite positive est minorée par 0 ou le fait qu'une suite constante est à la fois croissante et décroissante. L'enseignant donne également des exemples et des contre-exemples pour toutes les notions. Les phases de démonstrations et de productions d'exemples sont l'occasion de tenter des proximités horizontales, par exemple sur l'utilisation des quantificateurs présents dans les définitions et leur négation. Ce sont sans doute ces aspects qui distinguent les activités mathématiques des étudiants de celles qu'ils ont pu réaliser dans l'enseignement secondaire sur les mêmes notions. Dans notre cours, ce chapitre pose en général peu de difficultés aux étudiants. Une étude détaillée du relief[5] sur les notions visées intégrant de manière plus approfondie les dimensions épistémologique, curriculaire et cognitive est actuellement en cours.

1. Le matériel

Le matériel fourni aux étudiants est constitué d'une vidéo de cours provenant du site Exo7[6](https://www.youtube.com/watch?v=eKWRb_wLczo&index=1&list=PL20E5F69BB88FEDEE) et du polycopié correspondant (http://exo7.emath.fr/cours/ch_suites.pdf). La capsule s'intitule « Suites – partie 1 : définitions » et dure 7'54''. Dans le poly, les trois premières pages portent sur les notions enseignées dans le cours « classique ». La capsule et le poly sont très proches, ils abordent les mêmes notions, présentent les mêmes définitions, propriétés et exemples. Il y a dans la capsule quelques commentaires supplémentaires par rapport au poly mais ceux-ci sont peu nombreux et restent seulement oraux. Comme la capsule et le poly traitent peu d'exemples, nous avons complété ce matériel en rédigeant nous-même une liste d'exercices d'entraînement ainsi que leur correction, telle qu'elle serait attendue par l'enseignant en termes de rigueur mathématique. Ces premières tâches, simples et immédiates, sont précisément des exemples que nous traitons habituellement dans le cours « classique ».

Une première différence entre ce matériel et notre cours donné en amphi est le temps « consacré » au chapitre : de l'ordre de 8 minutes pour la capsule pour environ trois heures de cours magistral alors que les contenus abordés sont identiques. Ce n'est pas la seule différence. La capsule démarre par la définition d'une suite numérique. La définition est lue par l'enseignant. Il présente alors des exemples de suites et des explications sont données à l'oral uniquement sur la manière de calculer les premiers termes des suites. Rien n'est dit sur le fait que chaque relation est bien une fonction, comme le précise la définition. Ainsi, vu ce choix d'introduction, il y a dans la capsule des proximités descendantes possibles mais celles-ci restent très locales et liées à des aspects calculatoires. De plus, elles ne sont pas

5 Des exemples d'études de relief sur les fonctions et les limites sont présentés dans (Bridoux et al., 2016).

6 Ce choix tient au fait que ce site couvre de nombreux contenus enseignés à l'université et a de plus une certaine renommée.

accompagnées de proximités horizontales qui permettraient à l'étudiant de comprendre comment les cas particuliers s'inscrivent effectivement dans le cas général.

Dans le cours « classique », l'enseignant demande aux étudiants de donner des exemples de suites. Il profite ainsi du fait qu'ils en ont déjà rencontrés dans le secondaire. L'enseignant complète cette première liste avec des exemples plus compliqués et amène ensuite l'idée de trouver une formule pour le terme correspondant à un indice donné. La notion de fonction et du domaine associé émergent donc assez naturellement et l'enseignant peut alors construire la définition d'une suite numérique avec les étudiants. Des exemples de relations sont ensuite proposés par l'enseignant et il justifie avec les étudiants s'il s'agit ou non de suites. Il y a donc un travail long de formalisation pour définir la notion de suite durant lequel l'enseignant prend appui sur les connaissances antérieures des étudiants. Ce cheminement est l'occasion de repérer des proximités ascendantes dans le discours de l'enseignant accompagnées de proximités horizontales pour commenter les exemples traités. D'autres différences entre la capsule et le cours « classique » sont décrites dans Allard & al. (2015).

2. Déroulement de l'expérience

Une réunion a été planifiée par l'enseignant avec les étudiants où il leur a expliqué que pour le premier chapitre du cours, ils travailleraient seuls la partie théorique à partir d'un matériel mis à leur disposition sur la plateforme de cours en ligne. Un délai d'une semaine a été donné pour s'approprier le contenu du chapitre. Aucun commentaire sur la manière d'utiliser le matériel proposé n'a été donné par l'enseignant, estimant qu'au deuxième semestre de cours, les étudiants devaient être habitués aux exigences de l'enseignant et avoir développé une certaine autonomie dans le travail personnel. Il a également été spécifié aux étudiants que la séance prévue la semaine suivante serait un TD sur les notions visées. En réalité, l'enseignant a prévu, lors de cette séance de TD, d'être présent[7] et de d'abord demander aux étudiants s'ils ont des questions sur le matériel utilisé. Nous analysons ici une phase du déroulement en classe à partir d'une question posée par les étudiants au début de cette séance :

Question 2 : Dans l'exercice où on montre que (n^2) n'est pas majorée, je n'ai pas compris ce qu'était une suite non majorée. Pouvez-vous réexpliquer ?

Début de la solution proposée dans le corrigé : La suite (n^2)est minorée par 0 car c'est une suite positive. Elle n'est pas majorée, c'est-à-dire $\forall m \in \mathbb{R}, \exists n \in \mathbb{N}, n^2 > m.$

L'enseignant demande d'abord aux étudiants ce qu'est une suite majorée avant d'aborder la négation de la définition correspondante. Pour ce faire, il leur suggère de l'expliquer « avec leurs mots », il n'attend donc pas dans un premier temps la définition formelle mais bien la représentation intuitive que les étudiants ont pu se construire avec le matériel. Cette démarche est totalement différente de celle du cours « classique » où l'enseignant part d'une caractérisation intuitive et montre que ce type de représentation est en général insuffisant pour justifier un argument. Cela conduit les étudiants à la nécessité de formaliser le concept. Ici, celui-ci a été formalisé dans le poly et la vidéo et il faut revenir à une représentation intuitive. Ceci va amener l'enseignant à introduire la représentation graphique d'une suite, élément qui n'est pas introduit dans le poly et la vidéo. Pourtant, des suites y sont représentées graphiquement sans explication pour illustrer la notion de suite majorée et expliquer l'idée de « pallier » évoquée dans la vidéo. L'enseignant est confronté à une véritable déstructuration de l'ordre qu'il suit habituellement et ce sont d'autres proximités qui sont actionnées.

7 Le titulaire d'un cours n'est en général pas présent pendant les TD puisque ceux-ci sont assurés par un doctorant.

Cette première partie de la séance consacrée à répondre aux questions des étudiants a duré environ une heure et est détaillée dans (Allard & al., 2015). L'enseignant propose ensuite un exercice classique qui consiste à donner une liste de suites et à en demander le domaine et les premiers éléments. Les étudiants ont travaillé seuls pendant une quinzaine de minutes. L'enseignant s'engage alors dans la correction au tableau à partir d'un travail collectif avec les étudiants. Par un jeu de petites questions, il en profite pour aller un peu plus loin pour certaines suites en demandant si elles sont croissantes ou non, en évoquant des liens possibles entre la croissance et le caractère majoré d'une suite ou encore de produire d'autres exemples. Les questions de l'enseignant, bien que restant seulement orales, provoquent des sous-activités chez les étudiants liées à la reconnaissance des définitions et à des mises en relation entre les notions. Il est alors frappant pour l'enseignant de constater que les étudiants ne sont pas capables de produire d'autres exemples que ceux rencontrés dans le matériel et un nombre important d'étudiants pensent qu'une suite croissante ne peut pas être majorée. Des compléments sur le cours théorique sont de nouveau ajoutés ici par l'enseignant.

Ainsi, durant cette séance, des difficultés récurrentes et peu présentes dans le cours « classique » sont repérées par l'enseignant : le fait qu'une suite est une fonction est absent chez un grand nombre d'étudiants, les notations ne sont pas du tout installées (oubli des parenthèses pour écrire une suite), le répertoire d'exemples que les étudiants se sont construits est très pauvre et des conceptions erronées sont présentes chez beaucoup d'étudiants. De plus, l'enseignant a été amené à reprendre une grande partie du cours « classique » mais dans un ordre différent et en allant probablement moins loin dans les liens tissés habituellement puisqu'il s'agissait d'apporter des réponses précises aux questions des étudiants. Ce moment de cours « forcé » par les questions des étudiants a donc été complètement déstructuré par rapport au cours « classique ». Toutefois, l'analyse de ce déroulement montre la présence de nouvelles proximités dans le discours de l'enseignant par rapport au cours « classique ». Celles-ci sont initiées par les questions des étudiants, l'élément nouveau étant un besoin de clarification provoqué par les étudiants. Elles visent donc à lever toute une série d'implicites (insister sur le sens d'une notion, construire un lien non développé dans la capsule). En ce sens, l'étude des proximités permet d'apprécier l'intérêt des interactions avec les étudiants et montre bien qu'il y a des implicites que les étudiants ne peuvent pas lever seuls.

De notre point de vue d'enseignant, cette manière de procéder pour ce chapitre n'a pas du tout favorisé l'autonomie des étudiants. Ils semblent ne pas être allés au-delà de ce qui est écrit ou dit dans le matériel, contrairement à ce qui est favorisé dans le cours « classique » (trouver de nouveaux exemples, contre-exemples, utiliser les quantificateurs, tisser des liens,…) par le discours de l'enseignant. Néanmoins, pour mieux comprendre ce que les étudiants ont acquis durant l'expérience, un questionnaire leur a été proposé au début de la séance suivante.

IV. LES PREMIERS APPRENTISSAGES DES ETUDIANTS

La durée du travail sur le questionnaire proposé à l'issue de la reprise du cours est de 30 minutes. Ce questionnaire contient principalement des tâches d'entrainement : représenter graphiquement une suite, étudier la croissance d'une suite, donner une définition. Il y a aussi une question portant sur les liens entre les notions. Nous sommes consciente que ceux-ci ont été peu travaillés dans le cours visionné (ou lu) (contrairement au cours « classique ») et qu'en ce sens il ne s'agit pas d'un questionnaire basique mais, comme nous l'avons expliqué, la capacité à tisser des liens et à produire des exemples est une compétence attendue de l'enseignant et fait partie de la « philosophie » des cours de mathématiques suivis par les étudiants depuis leur entrée à l'université. C'est donc l'occasion de tester si ce réflexe est installé chez les étudiants lorsque cela n'est pas rappelé par l'enseignant. L'énoncé de cette question est le suivant :

Les affirmations suivantes sont-elles vraies ou fausses ? Justifiez votre réponse.

- *Une suite peut être à la fois croissante et décroissante.*
- *Toute suite croissante n'est pas bornée.*
- *Toute suite minorée ne peut pas être décroissante.*
- *Il existe une suite qui est à la fois majorée par 1 et par 2.*
- *Toute suite minorée par 1 est aussi minorée par 2.*

Le dépouillement des copies révèle que les définitions utilisées par les étudiants dans leurs réponses sont souvent erronées et formulées de manière intuitive avec des mots du langage courant. Les quantificateurs en sont aussi presque toujours absents. Nombreux sont aussi les étudiants qui confondent les expressions « à la fois croissante et décroissante » et « ni croissante ni décroissante ». La production d'exemples pose elle aussi des difficultés : plusieurs étudiants pensent que la suite $\left(\frac{-1}{n}\right)_{n\geq 1}$ est bornée[8] par -1, que la suite $(n)_{n\in N}$ est constante ou que la suite $(2^n)_{n\in N}$ est bornée. Enfin, les justifications sont peu présentes et celles qui sont données sont incomplètes ou restent intuitives. Ces erreurs sont d'autant plus frappantes qu'elles ne sont, dans notre souvenir, jamais apparues dans le cours « classique ».

Le questionnaire contenait également des questions plus générales pour mieux comprendre comment les étudiants avaient travaillé avec le matériel qui leur a été fourni. Nous leur avons notamment demandé combien de temps ils ont passé sur chaque support. La réponse majoritairement donnée est « de l'ordre de 15 minutes » (rappelons que la capsule dure environ 7 minutes). La question se pose donc de savoir si le travail se réduit à la simple écoute de la vidéo et si les étudiants ont pris des notes, d'autant qu'ils complètent souvent leur réponse avec des propos tels que « *j'ai lu deux fois le poly* » ou « *j'ai regardé deux fois la vidéo* ».

Nous avons également recueilli l'avis des étudiants sur ce mode d'enseignement. Nous leur avons donc demandé, sous la forme d'une question ouverte, de dégager les points positifs et les points négatifs de l'expérience. Ainsi, pour les aspects positifs, 32% des étudiants ont apprécié de pouvoir apprendre par eux-mêmes, 42% y ont trouvé une liberté d'organisation que ne permet pas forcément le cours « classique ». Ils l'expriment par exemple sous la forme « on peut regarder la vidéo quand on veut » et 19% ont apprécié la possibilité de pouvoir revenir plusieurs fois sur un support. Ces étudiants estiment avoir mieux compris le cours en travaillant de cette manière. Il nous semble important de dire ici que ces réponses ont été apportées par les étudiants faibles, qui sont déjà en difficulté dans les autres cours de mathématiques, donnés au premier semestre et qui servent de base au cours visé dans cette expérience. Nous redoutons donc que cette manière de procéder leur donne une vision erronée de la qualité et de la profondeur de leur compréhension du cours. Les points négatifs qui ont été relevés par les étudiants dans cette expérience sont les suivants : 61% des étudiants regrettent le manque d'interaction avec l'enseignant car ils apprécient de pouvoir poser des questions et échanger avec celui-ci pendant le cours. 16% pensent que ce type de pédagogie fonctionnerait moins bien sur un sujet plus compliqué que celui choisi ici. Enfin, 19% des étudiants ont trouvé qu'ils étaient plus distraits que pendant le cours « classique ». Ils ont par exemple tendance à faire autre chose en même temps qu'ils visionnent la capsule. Il est frappant de remarquer que ces arguments sont donnés par les bons étudiants.

---

8 Une suite $(x_n)_{n\geq 0}$ est bornée si $\exists C > 0, \forall n \in N, |x_n| \leq C$. Une suite ne peut donc pas être bornée par1

V. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

En tant qu'enseignante, notre première réaction au terme de l'expérience décrite ici a été un sentiment de déception principalement lié au fait que de voir que des réflexes que nous tentons de développer chez nos étudiants depuis le début de l'année dans nos propres cours ne s'étaient pas « naturellement » transposés dans le contexte de la classe inversée. En tant que chercheur, l'expérience montre qu'en l'absence d'un contrat, les étudiants ne savent pas tout seuls bénéficier des capsules. Il nous semble donc nécessaire de passer du temps à leur montrer comment travailler à la maison avec ce matériel, en les incitant par exemple à prendre des notes de manière à rester actifs pendant le visionnage de la capsule ou en rappelant que le fait d'apprendre le cours avec une capsule ne modifie pas les exigences de l'enseignant dans les productions des étudiants.

L'analyse du déroulement en classe révèle tout de même un aspect positif de l'expérience, à savoir la présence des questions posées par les étudiants, qui permet selon nous d'entrevoir une utilisation plus « positive » des capsules. D'après nous, une manière appropriée de penser le cours pourrait être de faire le cours « classique » et de donner ensuite la capsule à visionner, comme nous l'avons suggéré ci-dessus. Au retour en amphi, il y aurait peut-être ainsi un renouvellement des occasions de proximités ascendantes qui aurait un effet positif sur les difficultés observées ici.

Nous sommes bien entendu consciente que cette expérience reste très limitée puisque nous nous sommes restreinte à analyser la partie « cours ». Nous ne pouvons donc pas savoir si certaines difficultés observées dans l'expérience seraient surmontées par les étudiants durant les TD, en fonction des tâches proposées et des proximités développées. Aussi, on peut se demander si le fait d'enseigner régulièrement en classe inversée ne permet pas de dépasser certains constats négatifs relatés ici. Par exemple, Love & al. (2014) ont enseigné en classe inversée dans un cours complet d'algèbre linéaire et ils expliquent que les performances des étudiants aux évaluations se sont améliorées au fur et à mesure de l'expérience et des chapitres étudiés. Notre expérience a donc des limites évidentes qui amènent à minorer ces premiers constats négatifs tout en ouvrant la voie à des perspectives positives pour la renouveler.

REFERENCES

Allard C., Asius L., Bridoux S., Chappet-Pariès M., Pilorge F. & Robert A. (2016) Quelques réflexions sur les moments d'exposition des connaissances et les capsules pour des classes inversées. *Cahier du Laboratoire de Didactique André Revuz*, 16, Université Paris Diderot.

Braun B., Bremser P., Duval Art M., Lockwood E. & White D. (2017) What Does Active Learning Mean For Mathematicians? *Notices for AMS*, 64(2)**,** 125-129.

Bridoux S., Grenier-Boley N., Hache C. & Robert A. (2016) Les moments d'exposition des connaissances en mathématiques ; analyses et exemples. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, 21, 187-234.

Dumont A., Berthiaume D. (2016) *La pédagogie inversée, Enseigner autrement dans le supérieur avec la classe inversée.* De Boeck Supérieur.

Love B., Hodge A., Grandgenett N. & Swift A. (2014) Student learning and perceptions in a flipped linear algebra course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology,* 45(3), 317-324.

Robert A. (1998) Outils d'analyses des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherches en Didactique des Mathématiques,* 18(2), 139-190.

Robert A., Vandebrouck F. (2014) Proximités-en-acte mises en jeu en classe par les enseignants du secondaire et ZPD des élèves : analyses de séances sur des tâches complexes. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 34(2-3), 239-285.

Tall D., Vinner S. (1981) Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educational Studies in Mathematics,* 12, 151-169.

Vandebrouck F. (Dir.) (2008) *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants.* Toulouse : Octarès.