

## Enseignement interactif dans les amphithéâtres de sciences du L1

### Contexte et résumé de l'initiative

Force est de constater que les cours magistraux en amphithéâtre sont vécus par les étudiants, et les enseignants eux-mêmes, comme une modalité d'enseignement statique, ne laissant pas assez de place à la réflexion et aux échanges (avec l'enseignant ou entre étudiants)<sup>1</sup>. **Or, dans les filières à forts effectifs, et dans un contexte national de massification de l'enseignement supérieur, cette modalité d'enseignement reste nécessaire d'un point de vue économique.** Il convient donc de se saisir des opportunités technologiques nouvelles pour faire évoluer les cours magistraux en amphithéâtres **en allant vers des formes plus interactives d'apprentissage.** L'expérimentation menée à l'université Paul Sabatier en 2014-2015, réalisée dans une démarche de **recherche-action**, vise à renforcer la valeur ajoutée de l'amphithéâtre. Nous avons montré qu'une évolution de la pratique pédagogique permet d'améliorer la réussite des étudiants tout en augmentant l'appréciation que portent ces derniers sur leur cours. Ce projet est le fruit de la rencontre initiale de 4 personnes qui ont cru dans la possibilité de faire autrement et ont mené une action qui trouve tout son sens dans la transition lycée-université.

### Modalités pédagogiques mises en œuvre

"*Teaching is not telling ... learning is not listening*". Cette phrase résume la problématique générale du projet qui a guidé la mise en œuvre des nouvelles modalités pédagogiques. Dans l'expérience décrite ici, **l'enseignant et l'étudiant jouent tous les deux un rôle majeur.** Elle implique d'une part une interaction forte entre les deux parties, et d'autre part entre les étudiants eux-mêmes.

### Concrètement, quels changements dans le cours ?

Bien que le constat de passivité en cours soit un problème identifié de longue date, les solutions généralement proposées pour rendre les étudiants plus actifs ne sont pas toujours aisées à mettre en application dans le contexte universitaire. La raison principale est qu'un amphithéâtre contient un grand nombre d'étudiants et qu'il est donc difficile de les faire participer activement de façon efficiente. La solution pédagogique que nous avons choisie se nomme génériquement "enseignement interactif" (Crouch 2001). **L'enseignement interactif permet de savoir ce que les étudiants savent et d'enseigner ce dont les étudiants ont besoin.** Schématiquement, nous avons utilisé le triptyque "*Think-Pair-Share*", combiné à un outil TICE pour faciliter sa mise en œuvre dans un amphithéâtre. L'outil utilisé dans la cadre de ce projet est un "boîtier spécialisé" de type télécommande, que les étudiants pouvaient utiliser pour répondre aux questions posées par l'enseignant. Plus précisément, dans le cadre de cette pratique pédagogique, les étudiants sont interrogés régulièrement à l'aide de questions à choix multiples pour tester leur compréhension d'un concept abordé en cours. Dans un premier temps, les étudiants réfléchissent par eux-mêmes et répondent à la question (il s'agit de la phase "*Think*"). Ensuite, ils discutent avec leurs voisins pour confronter leur point de vue (phase "*Pair*") et enfin ils revotent à l'issue de la phase de discussion (phase "*Share*"), après avoir éventuellement changé leur réponse lors de la phase de discussion/confrontation<sup>2</sup>. L'effet de la discussion (appelé aussi instruction par les pairs) est fondamental, il permet aux étudiants d'argumenter oralement leur réponse et de se confronter aux arguments de leurs pairs<sup>3</sup>. Pour que cette phase de discussion soit efficiente, elle doit être **un moment d'argumentation et de réfutation.** Il a été montré qu'une telle discussion tend à amener vers la bonne réponse [Smith 2009], et ce même si les étudiants qui discutent entre eux avaient tous une mauvaise réponse initialement.

La phase de discussion, suivie du deuxième vote, n'est mise en œuvre que si le taux de bonne réponse au premier vote n'est ni trop faible, ni trop important. Le schéma de l'annexe 3 résume le déroulement typique d'une séquence de cours interactif. La poursuite du cours est bien sûr conditionnée aux réponses données par les étudiants. Par exemple, si le taux de bonne réponse est important, cela signifie que le concept est globalement assimilé et l'enseignant peut avancer dans son cours. Si au contraire le taux de bonne réponse est plutôt faible, c'est une indication qu'il est pertinent de ralentir un

<sup>1</sup> Voir les données en annexe qui étayent ce constat (largement partagé).

<sup>2</sup> La vidéo réalisée par l'UPS, jointe dans les ressources complémentaires, permet de voir ce que cela donne en situation réelle.

<sup>3</sup> Différentes enquêtes (UPS, UPMC, UJF) montrent d'ailleurs que la discussion est un des éléments les plus appréciés par les étudiants.

peu et de passer davantage de temps sur le concept abordé. **Le cours abordé par l'enseignant devient donc élastique, il s'adapte en temps réel au niveau de compréhension des étudiants.**

### Sur quoi interroger les étudiants pendant le cours ?

L'enseignement interactif a été utilisé pour **travailler les concepts** en amphithéâtres. En effet, le L1 est un moment privilégié pour insister sur des concepts clés, qui, s'ils ne sont pas assimilés dès le début de la formation, seront autant de difficultés potentielles dans la poursuite de la formation<sup>4</sup>. Autant que possible, nous avons utilisé des questions issues de la recherche en pédagogie (voir annexe pour des exemples), et qui ont déjà démontré leur pertinence<sup>5</sup>. Afin de se faire une idée, citons par exemple la question suivante : "*Vous lancez une balle en l'air vers le haut. Pendant que celle-ci est en train de monter, quelles sont les forces qui agissent sur elle ?*". De nombreux étudiants répondent qu'il y a une force vers le haut et une force vers le bas, car les concepts de force et de vitesse ne sont pas clairement distincts dans la tête des étudiants (pour eux, comme pour Aristote, il doit y avoir une force dans le sens du mouvement).

Par ailleurs, nous avons constaté qu'il y avait, pour nos étudiants, une différence entre la compréhension conceptuelle et la réussite aux examens traditionnels. Certains étudiants étaient capables de réussir leurs examens, et donc valider leur UE (Unité d'Enseignement), sans pour autant ressortir avec une compréhension conceptuelle satisfaisante (telle que mesurée par les tests standards internationaux comme le "*Force Concept Inventory*", voir l'annexe pour des détails). Dans l'exemple ci-dessus de la balle, les étudiants sauront éventuellement résoudre un problème de chute libre avec une vitesse initiale verticale, si celui-ci est posé de façon traditionnelle, car ils auront par exemple appris par cœur que  $d^2z/dt^2 = -g$ , sans nécessairement s'interroger sur la nature des forces qui agissent.

### Quelle gestion du temps ?

La mise en place de l'enseignement interactif demande de dégager du temps en amphi, pour laisser la place à la réflexion, pour permettre la discussion entre étudiants, et enfin pour procéder à la remédiation à l'issue de la phase de vote. Les temps nécessaires pour ces différentes phases ont été étudiés [Lasry 2013]. Sur l'ensemble d'un cours, **nous avons évalué qualitativement qu'il faut 10% de temps supplémentaire pour couvrir le même programme qu'auparavant**, après avoir également réorganisé le cours pour en alléger la présentation traditionnelle de son contenu<sup>6</sup>. Lors de la prochaine accréditation, nous tiendrons compte de ce surplus de temps en rajoutant des heures ou en diminuant le contenu total de l'UE de physique.

### Alignement pédagogique

Si la compréhension conceptuelle est jugée importante et présentée comme telle aux étudiants, il est nécessaire d'opérer un alignement pédagogique et d'évaluer les étudiants sur cette compréhension conceptuelle. Cela permet d'éviter l'écueil habituel de l'étudiant : "*Madame (Monsieur), est-ce que ça compte pour l'examen ?*". Pour ce faire, nous avons introduit, dans les trois contrôles continus du semestre, des questions de type "concepts". Ces questions ont représenté environ 15% de la note à chaque contrôle continu.

### **Contextes d'apprentissage et de formation**

L'expérimentation quantitative a été menée dans le cadre de l'UE de physique 1 du L1 SFA (Sciences fondamentales et Appliquées). Cette UE est obligatoire et suivie par tous les étudiants (1049 étudiants en 2014/2015). Il s'agit d'une UE de 6 ECTS, qui couvre l'introduction à la mécanique et à l'électricité. Cette UE contient 18h de cours en amphi, d'une durée de 1h30 chacun, ainsi que 30h de TD et 12h de TP. Le L1 est une cible de choix pour repenser sa pédagogie car il correspond à la transition lycée-université, une priorité pour toute université. **L'amphithéâtre est l'espace de transition**

<sup>4</sup> voir en annexe un exemple d'évolution de la compréhension conceptuelle au cours du temps avec des enseignements traditionnels.

<sup>5</sup> Le plus délicat étant souvent de s'assurer que les distracteurs (les mauvaises réponses) correspondent à des raisonnements faux mais récurrents chez les étudiants (souvent il s'agit de préconceptions).

<sup>6</sup> Notons quand même qu'à temps de présentiel constant, l'enseignement interactif est tout de même plus efficace qu'un cours traditionnel, et ce quelque soit l'outil de mesure utilisé.

**pédagogique entre le secondaire et le supérieur, c'est le moment où l'élève devient progressivement étudiant.**

Enfin, cette UE regroupe à la fois des étudiants désirant continuer vers la physique, la mécanique ou les disciplines des sciences de l'ingénieur, et des étudiants peu motivés par la physique car désirant s'orienter vers l'informatique ou les mathématiques (près de 2/3 des étudiants). **Dans ce contexte, il est tout à fait pertinent de repenser son cours pour le rendre motivant pour tous.**

### **Implication de l'équipe pédagogique et de la gouvernance**

L'équipe pédagogique s'est fortement investie pour mettre en œuvre ce projet dans les meilleures conditions. En particulier, nous avons opté pour une approche de type recherche-action, afin de mettre en œuvre des méthodes éprouvées et d'en mesurer les effets de façon quantitative (au-delà de l'accumulation d'anecdotes). Les enseignants d'amphi qui ont introduit une dose d'interactivité dans leur amphi ont été formés, pendant une demi-journée, à la méthode pédagogique et aux aspects techniques liés à l'utilisation du boîtier de vote. Par ailleurs, une formation organisée par le Centre de Développement de la Pédagogie (CDP) sur l'"amphi interactif" a été proposée au printemps 2014, quelques mois avant le début de l'expérimentation. **Nous étions tous prêts et formés avant de commencer ce projet.**

Pour autant, les enseignants qui ont pratiqué l'enseignement interactif ont adapté la démarche à leur propre expérience du cours en amphi, en posant plus ou moins de questions, parfois en début de cours, parfois en fin de cours, parfois de temps en temps tout au long du cours. Une expérience d'amphi inversé a également été menée (voir l'annexe). Le nombre moyen de questions par cours s'est échelonné entre 5 et 20, selon les amphis (le maximum étant pour l'amphi inversé). Dans tous les cas, **les enseignants impliqués ont dû repenser leur cours en profondeur ainsi que leur posture d'enseignant.** Nous avons également mis en ligne des devoirs maison (non obligatoires mais bonifiant), construit des transparents de cours communs à tous les enseignants et disponibles aux étudiants sur la plateforme Moodle, fournit des liens vers des cours en ligne (en français et en anglais), fournit un lien vers un livre de référence sur lequel s'appuie le cours<sup>7</sup>. Ainsi, l'équipe pédagogique a fourni, en ligne et en complément du cours, une grande quantité de ressources pédagogiques pour les étudiants.

Au-delà des enseignants, qui sont les premiers acteurs, différentes personnes et structures de l'université ont joué un rôle essentiel dans la réalisation de ce projet. En premier lieu, les responsables du L1 et les départements d'enseignement, qui ont validé toutes les étapes du projet. Le Centre de développement de la Pédagogie a accompagné le projet depuis le début, et participé à l'observation des enseignants lors de leur pratique (méthodologie COPUS, voir l'annexe). Enfin, l'université a déployé des moyens humains conséquents au Département Évaluation et Pilotage (DEP) pour analyser statistiquement les résultats de ce projet.

### **Dimension stratégique du projet (stratégie d'implication et de soutien aux étudiants)**

Ce projet a un caractère stratégique car **il peut permettre d'améliorer l'image de l'université, en particulier celle de ses amphithéâtres, auprès des élèves du secondaire.** Une étude récente [Watkins 2013] a même montré que de telles pratiques pédagogiques permettaient d'améliorer sensiblement le taux de poursuite dans les études scientifiques. Par un suivi de cohorte, nous espérons, pouvoir mettre en évidence un tel effet dans le contexte universitaire français. Ainsi, ce projet peut être un des éléments permettant d'augmenter l'attractivité de nos formations.

### **Inscription dans la politique d'établissement ou de site**

L'innovation pédagogique fait partie des priorités de l'université Paul Sabatier, qui a la formation à cœur, ainsi que de la faculté des sciences et d'ingénierie (FSI). Pour accompagner ce projet et l'inscrire dans sa politique, la FSI a répondu à un appel à projets de l'IDEX "innovation en licence" et obtenu un financement permettant de donner une dimension supplémentaire au projet d'enseignement interactif. Ce financement a permis d'acheter du matériel pour mettre en place l'enseignement interactif à très grande échelle, et surtout a permis de financer une ressource humaine dont les missions ont permis une

<sup>7</sup> L'accès à ce livre de référence pouvait se faire en ligne à l'aide de la plateforme ScholarVox : <http://univ-toulouse.scholarvox.com/>

accélération consécutive du projet et un soutien fort aux enseignants. Au niveau de la COMUE, les résultats positifs obtenus dans le cadre du projet présenté ici ont donné lieu cette année à un autre projet IDEX qui vise à propager cette méthode dans les écoles d'ingénieurs du site toulousain (Toulouse-Ingénierie). **Ainsi, grâce à ce projet, c'est tout le site toulousain qui s'est mis à renforcer l'interactivité de ses formations.**

L'année 2016 verra la mise en place de la nouvelle accréditation, avec une offre de formation largement remaniée, surtout en L1. Dans le cadre de cette réforme, la question du coût de la formation est cruciale. Conserver les amphis, voire les réintroduire (comme par exemple en math en L1<sup>8</sup>), tout en leur redonnant de la valeur ajoutée, s'inscrit donc naturellement dans la politique de l'université. En particulier, certaines UE nouvelles du L1 exploiteront assez largement l'enseignement interactif<sup>9</sup>.

### Dispositif d'évaluation du projet pour en mesurer les effets et le faire évoluer

Un effort et un soin particulier ont été apportés à l'évaluation quantitative du dispositif pédagogique mis en place. Le nombre conséquent d'étudiants impliqués dans l'expérimentation (N=1049) nous a permis de déployer une analyse statistique. Afin de disposer d'éléments de comparaison, nous avons divisé la promotion en deux groupes : le groupe interactif, regroupant 589 étudiants répartis sur 4 sections (4 enseignants d'amphi) et le groupe traditionnel, regroupant 460 étudiants sur 3 sections. Les analyses figurant dans l'annexe montrent que ces deux groupes sont statistiquement homogènes<sup>10</sup> sauf pour leur fraction garçon/fille. De nombreux détails sur l'analyse statistique et la gestion des différents biais figurent en annexe et permettent de dégager une conclusion claire : **l'amphi interactif, ça marche !** [Freeman 2014, Deslauriers 2011, Smith 2011].

#### Quelle méthodologie d'évaluation ?

---

Le dispositif a été évalué selon 3 critères (prédéfinis en amont du projet) :

1. *Compréhension conceptuelle* - nous pensons que la compréhension conceptuelle est importante et nous avons en partie mis en place le dispositif pour travailler ces concepts. Pour mesurer le niveau de compréhension conceptuelle, nous avons demandé aux étudiants de répondre à un QCM issu de la recherche et utilisé au niveau international pour évaluer la compréhension conceptuelle de la mécanique. Ce QCM a été donné deux fois, en début et en fin de semestre<sup>11</sup>, afin de mesurer la progression des étudiants.
2. *Réussite à l'UE* - comparaison des résultats aux différents contrôles continus et aux TP.
3. *Satisfaction des étudiants* - questionnaire d'évaluation de l'UE pour déterminer comment les étudiants s'approprient la méthode.

#### Quels résultats ?

---

Les résultats saillants qui ont été obtenus sont rappelés ci-après, en précisant à chaque fois le niveau de significativité ("p-value") ainsi que l'ampleur de l'effet, caractérisé en comparant l'écart entre les groupes interactif et traditionnel à l'écart type  $\sigma$  du groupe traditionnel ("effect size"). Un résultat est très significatif si la p-value est inférieur à 1%. Comme élément de comparaison, il est souvent admis qu'un professeur particulier produit un effet de  $0,8\sigma$  [VanLehn 2011]<sup>12</sup>.

1. En ce qui concerne la compréhension conceptuelle, nous avons constaté que les étudiants du groupe interactif **progressaient trois fois plus vite** que les étudiants du groupe traditionnel. Au final, le groupe interactif termine en fin de semestre avec un score de 52,2% tandis que le groupe traditionnel termine à 43,6%. C'est donc une amélioration de 20%, et cette différence est statistiquement très significative, avec une p-value < 0,1%. Comparé à l'écart type  $\sigma$ , cela

<sup>8</sup> Une expérience est actuellement menée dans le L1 en math pour déterminer si l'introduction d'un amphi de math, en lieu et place des cours-TD intégrés, permet d'améliorer la réussite des étudiants pour un coût plus faible.

<sup>9</sup> Comme par exemple l'UE optionnelle "lumière et couleur" de L1, qui exploitera cette modalité pédagogique.

<sup>10</sup> Nous avons considéré les caractéristiques sociodémographiques, le profil scolaire antérieur, le choix dans APB, le profil universitaire, le score au test de positionnement à l'entrée à l'université etc... Voir l'annexe pour davantage de détails.

<sup>11</sup> La note à ces QCM ne comptait pas pour la note de l'UE, mais le fait d'y participer permettait d'obtenir deux points bonus sur la note finale à l'UE (sur 100 points).

<sup>12</sup> Il faut comprendre cette phrase de la façon suivante : la différence de réussite entre un groupe d'étudiants avec tuteur et un autre groupe d'étudiants équivalents, mais sans tuteur, est égale à 0,8 fois l'écart type du groupe d'étudiants sans tuteur.

correspond à un effet de  $0,48\sigma$ . C'est inférieur au professeur particulier, mais supérieur à ce que produit un site d'entraînement en ligne (qui produit typiquement  $0,31\sigma$ ). La raison est que l'étudiant bénéficie, en amphi, d'un feedback plus pertinent et peut apprendre de ses pairs lors des phases de discussion.

2. En ce qui concerne la réussite aux contrôles continus et donc le taux de succès à l'UE, nous avons constaté que le groupe interactif avait un **taux de validation de l'UE 50% supérieur** à celui du groupe traditionnel (p-value = 0,2%). Cela provient d'une différence sur les notes aux contrôles continus de l'ordre de 1 point, soit un effet de  $0,26\sigma$ .
3. Enfin, nous avons demandé aux étudiants s'ils recommanderaient cette UE aux futurs étudiants. Sur une échelle de Likert de 1 à 5, **le score du groupe interactif est 12% meilleur que celui du groupe traditionnel**. Le résultat est significatif, avec une p-value de 0,3% et un effet de  $0,5\sigma$ .

Que ce soit pour l'avis des étudiants ou pour la compréhension conceptuelle, les chiffres se sont encore améliorés cette année, ce qui montre que nous continuons à progresser. Enfin, le résultat le plus important est finalement la **croissance importante du nombre d'enseignants qui désirent essayer l'enseignement interactif** dans leur cours. Dans le cadre de l'UE de physique 1, tous les enseignants ont décidé, suite à cette expérimentation, de mettre une dose d'interactivité dans leur amphi. La transformation pédagogique ne peut être menée que par les enseignants eux-mêmes.

### Perspectives de transférabilité de la démarche

La transférabilité de la méthodologie mise en œuvre dans l'UE de physique dans d'autres UE, qu'elles soient scientifiques ou non, est déjà une réalité démontrée dans les universités américaines. Aujourd'hui, c'est plus de 25 enseignants qui sont engagés dans cette démarche suite à ce projet, avec des expérimentations menées dans des amphithéâtres de chimie et de mathématique en L1, mais également dans des amphithéâtres d'informatique et de biologie (en L1 et en L2). Une réflexion est même en cours pour évaluer sa pertinence dans des cours d'anglais. Le plus difficile est de trouver des ressources pédagogiques réellement pertinentes<sup>13</sup>.

Enfin, cette méthode se transfère aisément en dehors des amphis universitaires. La méthode se développe fortement à Toulouse, que ce soit dans les établissements du secondaire (collèges et lycées) ou dans les écoles d'ingénieurs<sup>14</sup>, qui se sont emparés de cette pratique.

### Lisibilité et communication de la démarche

L'idée de communiquer sur ce projet a fait partie des priorités dès le début du projet, et ce afin de préparer au plus tôt le point le plus difficile dans un projet d'innovation pédagogique : **le passage à l'échelle et la pérennisation, c'est-à-dire la transformation d'une initiative personnelle et ponctuelle en une action structurante et soutenue à grande échelle**. Pour cela, diverses actions de communication ont été mises en œuvre :

- i) *Communication interne* : articles dans les lettres internes (de la faculté des sciences, de l'université), article de presse (educpro<sup>15</sup>), organisation d'une conférence pédagogique par la faculté des sciences (filmée<sup>16</sup>), formations ponctuelles (>10), que ce soit pour des enseignants ou des structures de l'université (laboratoires, COMUE, départements etc...).
- ii) *Communication externe* : réalisation d'une vidéo présentant le projet<sup>17</sup>, communication vers les élèves du secondaire via les Journées Portes Ouvertes, interventions lors de forum de lycée, intervention vers des collègues du secondaire (collège, lycée, prépa). Enfin, nous avons présenté cette méthode au groupe des formateurs de math et de physique de l'académie.
- iii) *Articles et conférences* : notre approche scientifique et quantitative nous permet de communiquer via des articles de recherche et par des participations à des conférences. Nous avons ainsi participé, sur projet, à 4 conférences et produit 2 proceedings, un chapitre de livre, et soumis un article (en phase de correction avant acceptation définitive).

<sup>13</sup> Le plus délicat est de proposer des distracteurs pertinents. Il faut pour cela croiser littérature de recherche et expérience personnelle.

<sup>14</sup> Dont l'UPSSITECH, avec plus de 20 enseignants intéressés.

<sup>15</sup> <http://www.letudiant.fr/educpros/actualite/toulouse-3-experimente-de-l-enseignement-par-les-pairs.html>

<sup>16</sup> [http://www.fsi.univ-tlse3.fr/enseignements-interactifs-607852.kjsp?RH=ACC\\_FSI&RF=1450085755527](http://www.fsi.univ-tlse3.fr/enseignements-interactifs-607852.kjsp?RH=ACC_FSI&RF=1450085755527)

<sup>17</sup> <http://www.fsi-toulouse.fr/videos/enseignement-interactif.mp4>