

Pascal, Bernoulli et Torricelli sont sur un bateau...

N. BOURABAA, J. PELLE, F. BEAUBERT

*Université Polytechnique des Hauts de France, LAMIH UMR CNRS 8201, ENSIAME,
F-59313 Valenciennes, FRANCE*

nachida.bourabaa@uphf.fr, julien.pelle@uphf.fr, francois.beaubert@uphf.fr

Résumé :

La formation classique dont la pédagogie est basée sur une alternance cours/TD/TP n'est plus attractive pour les élèves et devient démotivante pour le corps enseignant. La recherche de nouvelles solutions devient primordiale afin de motiver davantage les apprenants, de les rendre acteurs dans leur apprentissage et de leur faire acquérir des connaissances mieux comprises et plus durablement assimilées. Ce document présente un dispositif mis en place dans le cadre de l'enseignement de la mécanique des fluides pour des élèves de niveau L2 et basé sur l'Apprentissage par Problèmes et par Projets : APP. Le schéma de fonctionnement de ce dispositif, les systèmes d'évaluation et de suivi des élèves sont décrits dans ce papier. Des indicateurs sur la pertinence de cet APP sont également présentés.

Abstract :

Classical training whose pedagogy is based on alternating lectures/tutorials/practicals is no longer attractive for students and becomes not motivating for the teaching staff. The search for new solutions becomes essential in order to motivate the learners and to make them active in their learning. Consequently, it is expected that the acquired knowledge should be better understood and more durably assimilated. This document presents a teaching method used in Fluid Mechanics for students at the L2 level and based on Problem Based Learning (PBL). The operating scheme of this method, the student assessment and monitoring systems are described in this paper. Indicators on the relevance of this method are also presented.

Mots clefs : APP, mécanique des fluides, évaluation formative, pédagogie active.

1 Introduction

L'ENSIAME, École Nationale Supérieure d'Ingénieurs en Informatique Automatique Mécanique Énergétique et Électronique est une école formant les élèves sur cinq spécialités dont trois sous statut étudiant (Mécanique-Énergétique, Mécatronique et l'Informatique et Génie industriel) et deux sous statut apprenti (Génie Industriel et du Génie Électrique et Informatique Industrielle). L'école est actuellement dans un processus de transformation pour devenir INSA Hauts De France.

L'émergence d'une nouvelle pratique pédagogique repose sur deux constats, le premier étant lié au contexte industriel dans les secteurs d'embauche et le second est lié au retour d'expériences des enseignants. Tout d'abord, nous constatons une évolution du milieu industriel pour s'adapter aux

nombreuses contraintes (temporelles, financières, normatives, commerciales, ...), les gammes de produits évoluent rapidement, l'organisation humaine et technique est revue. Un jeune ingénieur peut très vite être confronté à de nombreux interlocuteurs : la démarche projet se rencontre à tous les stades, sa bonne mise en œuvre est donc primordiale. Un premier besoin a donc été identifié : être formé à travailler sur le mode projet en tant que futur cadre tout en s'appropriant de nouvelles capacités techniques.

Par ailleurs, dans une formation classique dont la pédagogie est basée sur une alternance cours/TD/TP, les enseignants constatent que les étudiants ont tendance à être passifs et à ne se mettre réellement au travail qu'à l'approche des examens pour obtenir une note suffisante et non nécessairement pour augmenter leur niveau de connaissances. De plus, la prolifération de documents numériques et leur immédiate disponibilité leur donnent la sensation d'un grand savoir à portée de main ne nécessitant pas de supporter le poids de la pédagogie classique. Cela résulte dans des apprentissages trop superficiels et qui ne sont mémorisés que pour la courte durée des examens mais qui ne sont pas durablement assimilés. Côté enseignant, apparaît la sensation d'être inutile aux étudiants, ce qui est un élément fortement démotivant.

Pour répondre à ces 2 constats, l'ENSIAME transforme petit à petit ses enseignements pour intégrer de la pédagogie dite « active », notamment par le travail d'équipe au sein d'une pédagogie dite « Apprentissage par Problèmes et par Projets » (APP). L'expérience a débuté en juillet 2013 par la formation, en 3 sessions, d'un groupe d'enseignants à l'école et sur la base du volontariat. Elle s'est poursuivie en septembre 2014 par la participation à une semaine complète de formation à l'École Polytechnique de Louvain où ce dispositif est largement décliné.

La suite de ce document décrit le dispositif mis en place depuis septembre 2015 et destiné à des élèves de niveau L2 d'un cursus préparatoire en partenariat avec le groupe INSA [1]. Les objectifs pédagogiques et la planification seront ensuite détaillés. Une attention particulière est accordée au travail préparatoire réalisé par les enseignants et à leur investissement tant du point de vue pédagogique que temporel. Les résultats obtenus et une analyse du dispositif termineront ce document.

2 Les objectifs du dispositif pédagogique

Le cadre de cette étude concerne l'enseignement de la mécanique des fluides aux élèves de niveau L2. En plus des difficultés évoquées dans la première section, la mécanique des fluides présente des aspects supplémentaires difficiles à assimiler pour les élèves : formalisme mathématique, écoulements aléatoires, turbulence, modélisations diversifiées, ... Les acquis d'apprentissage non techniques visés sont :

- le sens de l'analyse d'un problème scientifique et technique,
- l'intégration dans une organisation en l'animant et en la faisant évoluer,
- l'esprit d'équipe et les capacités organisationnelles au sein d'une équipe,
- les capacités à communiquer en interne et en externe,
- l'auto-questionnement sur les croyances « a priori » et l'auto-évaluation de leurs apprentissages.

D'un point de vue technique et scientifique, les objectifs d'apprentissage sont :

- différencier les différents états thermodynamiques : solide/liquide/gazeux,
- définir la signification et le rôle des propriétés d'un fluide,
- décider des hypothèses simplificatrices pertinentes permettant de caractériser un écoulement à partir de situations concrètes en mécanique des fluides,

- modéliser un problème concret et simple de mécanique des fluides à partir des lois de l'hydrostatique et de la relation de Bernoulli,
- calculer les efforts exercés par les fluides sur des parois,
- déterminer des vitesses et/ou des pressions et/ou des temps de vidange.

Un contenu de cours en lien avec ces objectifs a été défini et le mode de fonctionnement est détaillé dans la section suivante.

3 Organisation du dispositif pédagogique

Le principe pédagogique à la base de ce type d'apprentissage est que la réponse au problème est moins importante que le chemin suivi pour y accéder [2, 3]. L'enseignant confronte les élèves à ce qu'ils croient savoir ou ne pas savoir mais ne donne jamais les réponses aux questions des élèves. L'échange au sein des groupes est alors favorisé pour faire émerger toutes les idées. Charge au groupe de vérifier ensuite celles qui sont bonnes ou mauvaises. Petit à petit, par élimination, le chemin vers la solution se dégage.

Sur la durée d'un semestre (S3), une même situation-problème, situation qui éveille l'intérêt et dont la réponse est ouverte, est présentée à des groupes de 4 à 6 élèves se destinant à intégrer les différentes spécialités du cycle ingénieur. L'apprentissage s'enchaîne avec une alternance de séances APP tutorées puis libres et de cours/TD qui n'ont lieu qu'après que les élèves aient cherché à comprendre et assimiler les notions par eux-mêmes.

Chaque élève reçoit un livret décrivant le planning des séances, le fonctionnement idéal d'un groupe, la situation-problème à traiter, les critères d'évaluation des présentations devant jury (évaluation certificative), formulaires d'auto-évaluation (évaluation formative) et formulaires d'évaluation du travail de groupe (évaluation formative).

Le schéma de fonctionnement général est présenté sur la figure 1. Chaque créneau a une durée de 3 heures et a lieu une fois par semaine. Le schéma est répété sur la durée du semestre avec des objectifs partiels pour chaque enchaînement. Il est à noter que chaque groupe a besoin d'un espace de travail pour les séances en équipe.

La séance « Aller » a pour objectif d'analyser le problème posé, d'identifier des tâches à accomplir et de les organiser. A l'issue de cette séance, chaque élève sait quel apprentissage il doit réaliser. L'objectif de la séance « Retour » est de rendre compte, non pas de la solution au problème posé, mais des apprentissages personnels réalisés. La solution au problème n'est qu'un bonus. Ces deux séances se font en présence de tuteurs enseignants. La séance non tutorée est réservée aux apprentissages individuels.

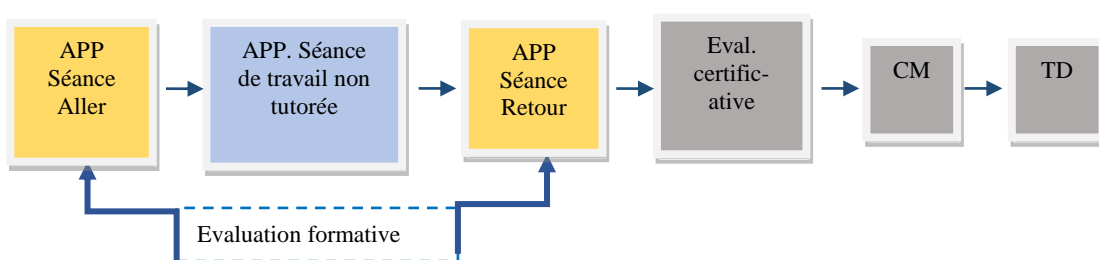


Figure 1. Schéma de fonctionnement

L'évaluation formative est une évaluation non notée, destinée à faire un point personnel sur les apprentissages réalisés. Elle permet de mettre en évidence ce qui semble acquis et ce qui mérite d'être approfondi. Elle est réalisée et évaluée par chaque élève plusieurs fois au cours d'un enchaînement.

Les évaluations certificatives consistent en 2 présentations orales par groupe devant un jury. Il est à noter que le jury choisit, au moment de la présentation, la personne qui présente de même que celle qui répond aux questions. Un examen individuel écrit est organisé chaque demi-semester. Cette évaluation est destinée à sanctionner un niveau d'apprentissage.

Chaque élève réalise également, en fin d'APP, une évaluation individuelle du travail en groupe. L'équipe doit ensuite réaliser une évaluation commune avec comme objectif d'arriver à un consensus. Le but de cette phase est d'évaluer 6 points clés liés au fonctionnement du groupe : la production, l'ambiance et le climat de travail, l'organisation du travail, l'implication de chaque membre, la relation avec le tuteur et la relation à la situation problème. Des questions ouvertes sur les points ayant le plus et le moins fonctionnés ainsi qu'un retour sur leur expérience (*si c'était à refaire : ce qu'il faut développer, ce qu'il faut éviter, ...*) complètent cette évaluation.

4 Rôle et investissement de l'enseignant

Le rôle de l'enseignant qui devient tuteur est foncièrement différent de son rôle dans une approche classique. Il n'est plus là pour dispenser un savoir mais pour jouer le rôle d'un guide incitant les élèves à aller plus loin sans toutefois donner la solution ni dispenser un cours. Cette situation n'est en effet pas aisée à tenir, le tuteur a une tendance naturelle à vouloir expliquer et donner la solution, position complètement contre-productive et qui va à l'encontre d'apprentissages durables. L'enseignant doit se remettre en question constamment et repousser sa tendance à revenir à une posture plus classique, somme toute également plus confortable.

La mise en place d'un dispositif APP demande beaucoup plus de travail et d'investissement que ceux nécessaires au montage d'un cours classique. L'élaboration de situations-problèmes attractives permettant d'acquérir les savoirs et les compétences souhaités et surtout plus durables nécessitent des réflexions et des recherches plus poussées. A cet effort, il ne faut pas oublier celui de la rédaction des évaluations formatives en adéquation avec les apprentissages visés, ainsi que celles du livret destiné aux élèves.

Un dispositif APP nécessite également plus de moyens humains. Dans un enseignement classique un seul enseignant est en général nécessaire pour un cours magistral et un par groupe de TD. Dans un APP, un tuteur ne peut suivre que 2 ou 3 groupes d'élèves afin de maintenir une bonne qualité d'échange avec ces groupes, il nécessite donc plus de moyens humains pour le suivi en séances tutorées et mobilise l'ensemble des intervenants pour les présentations orales. A titre d'exemple, l'utilisation de l'APP pour une groupe de 60 élèves fait augmenter le volume horaire de 54 heures par rapport à un enseignement classique et ce uniquement en présentiel.

A cela il faut rajouter le temps nécessaire à la réflexion sur le contenu, la rédaction des documents et la structuration des séances. De plus, l'ensemble de ce travail doit se faire en coordination avec l'ensemble des intervenants. Nous estimons ce temps à un mois de travail pour chacun des 3 intervenants et dans lequel la part de réflexion est la plus importante.

5 Analyse des résultats et du comportement

Ce dispositif a été mis en place depuis la rentrée de septembre 2015 et a été utilisé pour un nombre total de 160 élèves de niveau L2. Les groupes sont composés aléatoirement par les tuteurs enseignants et doivent durer tout le long du semestre. Un retour d'expérience est résumé dans les points ci-après aussi bien pour les élèves que pour les enseignants.

Côté élèves, on observe :

- une appropriation des problèmes posés,
- un intérêt particulier à la situation-problème,
- un travail plus assidu ce qui dénote une motivation en hausse.

Néanmoins, quelques points négatifs sont également à souligner :

- une implication disparate au sein des groupes. Situation plus ou moins bien gérée selon les équipes, certains élèves estiment que la durée des APP est trop longue et veulent retrouver plus de cours/TD classiques.

Côté enseignants :

- l'implication des élèves a contribué à la motivation des enseignants,
- par contre des différences majeures ont été observées entre les évaluations écrites individuelles et les évaluations orales par groupe.

Ces différences qui n'ont pas pu être détectées en temps réel peuvent avoir plusieurs explications :

- le stress et le manque de concentration lié à l'examen écrit et à sa durée très faible comparée à celle réservée au développement de l'APP,
- le niveau en mathématiques. En effet, nous nous rendons compte que les principales sources d'erreurs dans les réponses écrites proviennent de l'utilisation des mathématiques dans certains développements aussi bien en statique qu'en dynamique des fluides et ce malgré la simplicité de mise en œuvre exigée à ce niveau d'enseignement.

En dépit de ces résultats nuancés, nous avons essayé d'établir des indicateurs permettant d'évaluer la pertinence de cet APP.

La première comparaison est faite sur les résultats obtenus en mécanique des fluides en première année du cycle ingénieur (niveau L3). On compare ces résultats entre le groupe de L2 ayant suivi l'APP (38 élèves) et un groupe de 58 élèves issus d'une L2 CPGE PC ayant suivi un enseignement classique de mécanique des fluides sur un contenu équivalent. Nous pouvons remarquer que le groupe APP obtient des notes plus élevées que les élèves issus de PC (+9%) et que la moyenne du groupe APP est généralement plus élevée que celle de toute la promotion (+9%). Quant à l'écart-type, il reste plus faible pour le groupe APP comparé au groupe PC (-25 %). Cet écart est également plus faible si on compare le groupe APP à tout le reste de la promotion (-13%).

La deuxième comparaison est faite sur un enseignement de « référence » de niveau L3 autre que la mécanique des fluides et qui n'est pas enseigné en L2. Les notes obtenues par le groupe APP sont légèrement supérieures à celles des élèves issus de PC (+4 %) et elles sont comparables à celles de tous les autres élèves. L'écart type dans cet enseignement est du même ordre de grandeur quelle que soit l'origine des élèves.

En comparant les résultats entre les deux enseignements pour les groupes APP et PC, l'écart sur la moyenne en mécanique des fluides est plus grand de 5 % , en faveur du premier groupe, comparé à l'écart sur le cours de référence. L'écart-type a quant à lui diminué de 25 % pour le groupe APP.

L'examen de ces résultats permet de tirer les conclusions suivantes :

- le groupe APP semble légèrement meilleur que le groupe PC sur l'enseignement de référence,
- pour l'enseignement de mécanique des fluides, la différence de niveau est augmentée par rapport aux PC, elle peut être attribuée au fonctionnement APP. Les connaissances sont-elles mieux ancrées, mieux comprises, plus durables ?
- pour l'enseignement de mécanique des fluides, l'écart-type est encore plus faible que pour l'enseignement de référence, ce qui tend à conforter l'idée que le fonctionnement en APP par groupe (qui a eu lieu dans cette matière uniquement) homogénéise les connaissances entre les membres du groupe.
- l'écart-type pour le groupe APP reste faible quelle que soit la matière. Nous pouvons nous demander si l'influence du fonctionnement en groupe en APP tend à homogénéiser les niveaux même au-delà de la matière concernée. Ont-ils étendu le mode de réflexion par groupe acquis en APP de mécanique des fluides à d'autres enseignements ?

6 Conclusion

Le dispositif APP décrit dans cette proposition constitue une expérience enrichissante qui a permis de développer une autre forme de contact avec les élèves, de les impliquer et de leur donner envie de travailler une matière, et enfin de remotiver les enseignants. Néanmoins, un APP demande beaucoup plus de travail et d'investissement pour l'élaboration de situations problèmes attractives permettant d'acquérir du savoir et des compétences plus durables. Il nécessite également plus de moyens humains pour le suivi en séances tutorées.

Des écarts significatifs sont mesurés entre les étudiants ayant suivi cet enseignement actif et ceux qui ont suivi un enseignement classique. Ces écarts montrent notamment que le dispositif mis en place semble répondre aux objectifs fixés en terme d'apprentissage plus durable.

Des améliorations du dispositif sont cependant envisagées dans l'avenir comme par exemple mieux adapter la durée de l'APP, trouver un outil pour mieux détecter les problèmes d'apprentissage et faciliter l'implication de chaque membre au sein d'un groupe. Nous mettrons également en place un dispositif permettant de vérifier leurs connaissances en mathématiques utilisées en mécanique des fluides ainsi qu'un formulaire de remise à niveau.

Références

- [1] Bourabaa N. , Pellé J., Dupont S., Bernier D., Beaubert F.(2017). Et si Pascal rencontrait Bernoulli, comment concilieraient ils la génération actuelle avec un apprentissage durable ? 5^e colloque Pédagogie et Formation du Groupe INSA. Lyon 30 et 31 mars 2017.
- [2] Raucant B. & Vander Borgh C. (Eds.) (2006). Etre enseignant : Magister ou metteur en scène ? Bruxelles : De Boeck.
- [3] Raucant B., Milgrom E., Bourret B., Hernandez, A., Romano C. (2010). Guide pratique pour une pédagogie active: les APP... Apprentissage par Problèmes et par Projets. Coédité par l'INSA Toulouse et l'École Polytechnique de Louvain. ISBN : 978-2-87649-059-B.