

Plate-forme interactive au service des grandes populations d'étudiants suivant un cours de physique

Pierre-Xavier Marique, Maryse Hoebeke

Département de Physique, Université de Liège, Liège, Belgique
pxmarique@ulg.ac.be, m.hoebeke@ulg.ac.be

Abstract. Dans le cadre de projets de lutte contre l'échec en bachelier, le LabSET et des enseignants du Département de Physique de l'Université de Liège ont développé un dispositif en ligne d'entraînement à la résolution de problèmes en physique. Un premier test a été organisé en mars 2012 afin d'évaluer l'efficacité du système mais également d'identifier les processus cognitifs mobilisés dans la résolution d'un problème de physique posant le plus de difficultés aux étudiants. L'analyse de la congruence entre ces difficultés et ce que les étudiants considèrent comme problématique a également été menée. Dans le cadre d'un décret réorganisant les études de médecine en Fédération Wallonie-Bruxelles de Belgique mis en application en septembre 2012, une liste abondante de prérequis a été introduite. La création d'une plate-forme en ligne complète a été la réponse apportée afin d'aider le plus efficacement possible les étudiants. Celle-ci s'inscrit dans la lignée du test réalisé en mars 2012.

Keywords: e-learning, plate-forme, physique, résolution de problèmes, processus cognitifs.

Introduction et problématique.

Depuis plusieurs années, des rapports montrent que de trop nombreux étudiants échouent lors des examens des cours scientifiques dans le cadre des études supérieures qu'ils entament. En conséquence, plusieurs projets ont été engagés dans le but de favoriser la réussite en première année de bachelier. Notamment, l'Académie Wallonie-Europe a mis en place différentes mesures de remédiation pour lutter contre l'échec (Parmentier, 2011). En particulier, un projet visant à créer un outil en ligne grâce auquel les étudiants peuvent s'entraîner à la résolution de problèmes en physique a vu le jour en 2007 à l'Université de Liège (Belgique) dans le cadre d'une collaboration entre le Département de Physique et le Laboratoire de Soutien à l'Enseignement par la Télématique (LABSet).

Ce dispositif en ligne poursuit un double but : récolter des données qui permettront de mieux comprendre les difficultés rencontrées par les étudiants et les causes d'échecs, et permettre aux étudiants d'apprendre à résoudre des problèmes de manière progressive. Une fois le premier objectif atteint, des pistes de remédiations précises pourront être fournies aux équipes pédagogiques en charge des cours concernés. Ces analyses devraient notamment répondre aux questions suivantes : Les étudiants comprennent-ils correctement l'énoncé d'un problème ? Savent-ils identifier les données pertinentes ou choisir le modèle à appliquer adapté à la situation donnée ?

Le second objectif du dispositif est de servir d'outil d'apprentissage aux étudiants. Ils pourront l'utiliser dans le but d'identifier leurs lacunes et d'y remédier de manière progressive et à leur propre rythme afin d'améliorer leurs performances en résolution de problèmes lors de l'examen. Un lien entre travail en ligne et résultats à l'examen devrait alors pouvoir être mis en évidence si l'entraînement proposé par cet outil est efficace, en référence aux objectifs et compétences liés au cours.

Le dispositif

Cet outil de remédiation a été développé sur la plateforme d'apprentissage en ligne Blackboard 9.1 mise à disposition par l'Université de Liège (ULg) pour tous les étudiants et enseignants de l'institution. Cette plateforme présente un grand nombre de fonctions, notamment la conception d'évaluations complexes automatisées, alliant différents formats de questions, mise à disposition de ressources de formats variés, outils d'échange privés et publics entre enseignants et étudiants, outils de travail collaboratif, agenda en ligne, etc.

Une approche progressive en difficulté de la résolution de problèmes a été proposée aux étudiants. Premièrement, un niveau de difficulté a été attribué à chaque problème proposé. Le niveau 1 correspond aux problèmes les plus simples, le niveau 4 aux problèmes les plus complexes. L'attribution du niveau est basée sur 4 critères subjectifs¹ : l'abstraction, la réflexion, la mixité et les mathématiques. Deuxièmement, deux méthodes de résolution de problème ont été mises en place dans le dispositif : la résolution guidée et la résolution libre.

La résolution guidée correspond au découpage de la résolution d'un problème en 10 questions. En pratique, ce type de résolution est constitué d'un énoncé de problème et de dix questions guidant l'étudiant vers la solution finale. Huit de ces dix questions ont été

¹ Ces critères ont été définis par l'équipe pédagogique. Le niveau de chaque problème est évalué par différents membres de l'équipe.

établies en référence aux processus cognitifs de Bloom (Bloom, 1956) impliqués dans la résolution de problèmes. La construction de ce canevas est le fruit d'une collaboration entre différents pédagogues et physiciens de l'ULg. Trois processus cognitifs principaux mobilisés dans la résolution de problèmes ont ainsi été identifiés : la compréhension (lecture de l'énoncé et identification de la question), l'analyse (planification des étapes à réaliser, identification des modèles et des formules à utiliser, identification des informations utiles) et l'application (application des différentes formules choisies précédemment et réponse numérique).

L'étudiant doit nécessairement maîtriser ces trois processus et les combiner efficacement pour parvenir à la réponse unique au problème posé. En effet, un manque de compréhension de l'énoncé impliquera nécessairement un échec de l'analyse. De même, une mauvaise analyse ne permettra pas aux étudiants d'appliquer les bons modèles et les bonnes formules aux données spécifiques d'un problème pour le résoudre.

Comme le montre le tableau suivant (Table 1), le processus de compréhension est composé d'une seule question, tandis que les processus d'analyse et d'application comportent respectivement 4 et 3 questions. Le format de question utilisé varie (QCM, QRM, QROC, appariement, ...) mais permet systématiquement une notation directe (ne nécessitant pas l'intervention de l'enseignant). Une note sur 100 est délivrée une fois la solution soumise par l'étudiant. Chacune des huit questions de la résolution à proprement parler ne rapporte pas le même nombre de points à l'étudiant. En effet, il a été décidé lors de la construction du canevas d'accorder une importance plus grande à la compréhension de l'énoncé (15 points), à la mise en ordre du chemin de résolution (20 points) et à l'application de formule(s) à la situation (15 points). Les autres questions rapportent chacune 10 points.

P.C.	N°Q	Intitulé de la question	Type	Points
COM	1	Compréhension de l'énoncé	QRM	10
		<i>Feedback 1</i>		
ANALYSE	2	Mise en ordre du chemin de résolution	Appariement	20
		<i>Feedback 2</i>		
	3	Détermination du(des) modèle(s) à appliquer	QRM	10
		<i>Feedback 3</i>		
	4	Détermination de la(des) formule(s) à utiliser	QRM	10
		<i>Feedback 4</i>		
APPLIC	5	Détermination des informations utiles	QRM	10
		<i>Feedback 5</i>		
	6	Application de la(des) formule(s) à la situation	QCM	10
	7	Réponse numérique	QCM	10
	8	Unité	Texte à trou	10
METAC	9	Réflexion sur le produit	Echelle de Likert	0
		<i>Feedback 6, 7, 8</i>		
	10	Réflexion sur le processus	QRM	0

Table 1. Structure de la résolution guide.

A l'issue de ces 8 questions liées directement à la résolution du problème, deux questions de métacognition sont posées à l'étudiant. Elles ont pour but d'aider l'étudiant à s'autoévaluer. La première consiste à demander à l'étudiant d'évaluer la cohérence de sa réponse sur une échelle de Likert. La seconde lui demande d'identifier les différentes étapes

qui lui ont posé problème lors de sa résolution. Évaluer sa production lui permettra de réguler sa façon d'apprendre et donc d'ajuster ses actions afin de progresser. Cela devrait augmenter l'efficacité des apprentissages (Zimmerman, 2002).

À l'issue de chaque question², un feedback textuel, imagé ou multimédia (animation powerpoint avec son ou vidéo) est proposé aux étudiants. Ils peuvent dès lors vérifier l'exactitude de leurs réponses, identifier leurs difficultés mais également persévérer dans la résolution (Nicol, 2009a, 2009b). Un étudiant qui ne répondrait pas correctement à une question peut corriger ses erreurs, adapter ses actions et poursuivre la résolution du problème.

Après s'être suffisamment entraîné à la résolution guidée et après avoir acquis la maîtrise des différentes étapes d'une résolution type, les étudiants ont la possibilité d'élever le niveau de difficulté en réalisant des problèmes de résolution libre. Dans ce type de résolution, seul l'énoncé du problème est fourni à l'étudiant, qui se retrouve donc en condition d'examen. Il est livré à lui-même et doit donc, entre autre, planifier ses actions seul. Après avoir fourni sa solution (sous le format qu'il souhaite), l'étudiant est invité à répondre à une question portant sur la cohérence de sa solution. À la suite de cela, l'étudiant reçoit un feedback multimédia illustrant la résolution complète du problème effectuée par un enseignant. Une attention particulière a été portée à l'aspect didactique des feedbacks. En proposant des films réalisés sur tablette montrant un assistant en train de résoudre le problème, la mise en place d'un apprentissage vicariant est visé (Bandura, 1980), permettant à l'étudiant d'apprendre en voyant quelqu'un d'autre faire.

Afin d'augmenter l'efficacité des apprentissages et de favoriser l'autonomie des étudiants, nous avons renforcé l'activité métacognitive en intégrant dans le dispositif un journal de bord dans lequel les étudiants sont invités à communiquer leur analyse des difficultés rencontrées lors de la résolution. Cet outil a pour but d'aider les étudiants à prendre conscience de leurs difficultés et de les inciter à une réflexion sur la démarche intellectuelle qu'ils mettent en œuvre lors de la résolution. Ce journal n'est visible que par l'auteur et l'équipe pédagogique. Sur la base des commentaires écrits par l'étudiant, les membres de l'équipe pédagogique peuvent alors préparer au mieux un rendez-vous de remédiation.

Analyse – Méthodologie

En mars 2012, un test du dispositif a été réalisé. 6 problèmes de mécanique des fluides, 3 problèmes de résolution guidée et 3 de résolution libre, ont été mis à disposition des étudiants inscrits en première année de bachelier en médecine et dentisterie durant les deux derniers mois avant leur examen de physique. La participation des étudiants à ce test s'est faite sur base volontaire, même si différents éléments ont été mis en place pour inciter les étudiants à participer. Ils étaient invités à résoudre ces différents problèmes en dehors des heures de cours prévues à l'horaire en complément ou en remplacement partiel du travail habituel effectué à domicile.

Les analyses postérieures à ce test sont réalisées grâce aux traces, enregistrées automatiquement sur la plate-forme en ligne, des tentatives de chacun des étudiants. Les scores complets (total et question par question) de chaque étudiant à l'examen ont également été examinés.

² Hormis à l'issue des questions 6, 7, 8. Les feedbacks de ces questions sont fournis après la première question de métacognition (question N°9) afin de laisser l'opportunité à l'étudiant de réfléchir à la cohérence de la solution qu'il propose.

Sujets

Lors de l'année académique 2011-2012, 980 étudiants étaient inscrits en première année de bachelier en médecine ou dentisterie (765 en médecine et 215 en dentisterie). Seuls 876 d'entre eux ont présenté l'examen de physique de la session de juin. Notre étude reposera donc sur ces 876 sujets.

Résultats

Cette étude tente de répondre aux questions suivantes :

Quel est le processus cognitif posant le plus de difficulté aux étudiants lors de la résolution de problèmes ? Sont-ils conscients des processus cognitifs ou des étapes de résolution qui sont le moins bien réussis ?

L'analyse des réponses fournies par les étudiants aux différentes questions de chacune de leurs tentatives aux 3 problèmes de résolution guidée a permis de déterminer le processus cognitif le moins bien maîtrisé et les questions posant le plus de difficultés aux étudiants (Table 2.).

% réussite		Problème 1		Problème 2		Problème 3	
Compréhension	Compréhension de l'énoncé	67,8	57,2	83,4	78,3	76	65,8
Analyse	Chemin de résolution	6,6	4,9	51,6	49,3	1,3	2,2
	Modèle(s) à appliquer	9,8		59		14,7	
	Formule(s) à appliquer	20,4		44,7		52,9	
	Informations utiles	6,6		56,7		8,9	
Application	Application des formules	9,5	25,6	48,4	52,1	20,4	39,1
	Réponse numérique	32,5		42,4		44	
	Unités de la réponse	52,3		88,9		72	

Table 2. Taux de réussite des questions de la résolution guidée. Les scores des processus sont calculés uniquement sur les tentatives valides et terminées. Les scores des questions sont calculés sur toutes les tentatives, terminées ou non.

Dans ce tableau, la première colonne pour chacun des problèmes indique le taux de réussite des différentes questions des problèmes de résolution guidée. La seconde colonne indique le taux de réussite pour chacun des processus cognitifs entrant en compte dans ces résolutions. Pour obtenir ce second score, nous n'avons considéré que les tentatives valides et terminées, à savoir celles pour lesquelles une réponse a été fournie à l'unique question du bloc « Compréhension », à au moins deux questions du bloc « Analyse » et à au moins deux questions du bloc « Application ». En effet, nous considérons que le processus de résolution se doit d'être continu. Autrement dit, ne pas répondre à la majorité des questions d'analyse ne peut pas permettre de résoudre les questions d'application.

Nous pouvons constater que l'analyse est, de loin, le processus cognitif le moins bien maîtrisé par les étudiants. De faibles résultats peuvent également être observés dans le processus d'application. Cela peut paraître logique puisque si l'analyse du problème est erronée, l'application ne peut qu'être difficile.

Les questions relatives à la mise en ordre du chemin de résolution, à la détermination du ou des modèles physiques et à la détermination des informations utiles sont généralement très nettement ratées. Les étudiants semblent donc éprouver des difficultés à planifier leurs actions et identifier ce qui leur sera utile pour résoudre un problème malgré le fait que la résolution guidée aide les étudiants dans cette démarche puisque, pour chaque question, une série de propositions leur est fournie.

Cependant, l'analyse des réponses fournies aux questions de métacognition montre que les étudiants sont globalement conscients de ces difficultés.

Un lien entre travail en ligne et performances à l'examen peut-il être établi ?

Dans le cadre de ces analyses, nous avons choisi deux populations distinctes d'étudiants : ceux ayant réalisé les 6 problèmes, que nous appellerons « étudiants ayant travaillé en ligne », et ceux n'en ayant réalisé aucun, que nous appellerons « étudiants n'ayant pas travaillé en ligne ». 17,8 % appartiennent à la première population (N = 156) et 62,5 % à la seconde (N = 547). Les étudiants ayant réalisé 1, 2, 3, 4 ou 5 problèmes différents n'ont donc pas été considérés.

Les analyses ont été effectuées sur la base d'une comparaison des notes à la partie « problèmes » de l'examen, au problème de mécanique des fluides et aux examens des autres matières scientifiques entre les étudiants des deux groupes sélectionnés. Les différentes analyses montrent une dépendance entre travail en ligne et performances à l'examen, que ce soit à la partie « problèmes » ou spécifiquement au problème de mécanique des fluides. Cependant, une dépendance entre travail en ligne et performances aux examens des autres matières scientifiques est également observée. Il est donc probable que des caractéristiques propres aux individus telles que la persévérance, l'assimilation ou encore le niveau de départ interviennent dans leur réussite toute matière confondue. Il est donc difficile d'établir que le dispositif a un impact sur la réussite à l'examen. Nous ne pouvons cependant pas conclure à une absence d'impact. Le dispositif doit donc être vu comme une ressource supplémentaire offerte aux étudiants les plus motivés ou conscients de leurs propres difficultés et voyant dans cet outil une possibilité d'y remédier. Il sera donc primordial de mieux communiquer à l'avenir sur les outils mis à la disposition des étudiants afin d'augmenter l'impact du système.

Satisfaction des étudiants

Une étude de la satisfaction des étudiants a été réalisée la fin du processus. 176 étudiants ont rempli le questionnaire. Voici les tendances qui se dégagent :

Pour 88% des étudiants, l'espace proposé est utile pour le travail en physique, ainsi que le découpage des problèmes en étapes de résolution (67%). Les feedback immédiats fournis à l'issue de chaque question sont importants pour la résolution (91%).

Développements ultérieurs et perspectives

Le Décret du 23 mars 2012 réorganisant les études du secteur de la santé en Fédération Wallonie-Bruxelles de Belgique prévoit notamment l'introduction d'une liste imposante de prérequis aux études de médecine en biologie, chimie, mathématiques et physique. La liste de ces prérequis dans ces différentes matières a été basée sur les savoirs et les compétences terminales que les élèves sont censés maîtriser au terme des études secondaires dans les filières scientifiques (appelées « sciences générales »).

Constatant que les futurs étudiants de la section médecine ne maîtrisaient pas l'ensemble des prérequis, il était nécessaire de mettre en place un système de remédiation grâce auquel les étudiants allaient pouvoir travailler certains éléments de matière en fonction de leurs lacunes respectives. Pour cette raison et étant donné l'importante population étudiante auquel il était destiné (environ 800 individus), il nous a paru adéquat de créer pour cela un espace en ligne complet, à savoir constitué d'éléments de théorie, de problèmes suivant les deux types de résolution décrits ci-avant et d'outils interactifs et de collaboration. Suite aux conclusions du test effectué en mars 2012, il nous a semblé important de communiquer précisément aux étudiants le contenu du dispositif et le but de celui-ci. Il a également été nécessaire de les conseiller sur l'utilisation qu'ils pourraient en faire afin que l'outil corresponde au mieux à leurs besoins et puisse les aider à remédier à leurs difficultés propres. En effet, chaque étudiant arrive à l'université avec son propre parcours, ses propres connaissances, ses propres difficultés. L'équipe pédagogique doit donc répondre à des demandes individuelles. Cependant, étant donné le nombre d'étudiants inscrits, cela relève de l'impossible. La plate-forme en ligne est dès lors l'outil adéquat puisqu'il est modulable et personnalisable automatiquement en fonction du travail de l'étudiant. Il reste alors à convaincre l'étudiant que la première étape d'une remédiation efficace est la réflexion et l'identification de ses propres difficultés. L'équipe pédagogique travaille activement en ce sens tant lors des séances de cours prévues à l'horaire que lors des rendez-vous de remédiations que les étudiants ont la possibilité de demander.

Cet outil de remédiation a également été développé sur la plateforme d'apprentissage en ligne Blackboard 9.1 mise à disposition par l'ULg. Il contient 3 parties principales : l'une consacrée aux prérequis, une partie servant de support au cours donné en amphithéâtre, appelée « nouvelle matière » et, enfin, une série d'outils interactifs et de collaboration.

Ce cours est composé de différents éléments.

Une série de notes de théorie portant tant sur les prérequis que sur la nouvelle matière y sont disponibles. Des fiches reprenant les concepts-clés sont proposées pour chaque chapitre.

Des problèmes, tant de résolution guidée que de résolution libre sont disponibles pour les étudiants tant dans la partie « prérequis » que pour la « nouvelle matière ». Actuellement, le dispositif compte plus de 70 problèmes de résolution guidée et une trentaine de résolution libre. Plus de la moitié d'entre eux disposent de feedbacks multimédia.

Différents outils interactifs et de collaborations ont également vu le jour. Par exemple, les étudiants peuvent poser, sur différents forums (un par matière), des questions sur des éléments de matière qu'ils ne comprendraient pas. Leurs pairs peuvent y répondre. L'équipe pédagogique joue alors un double rôle : superviseur d'une part en avalisant ou corrigeant le cas échéant les réponses fournies par les étudiants, et animateur d'autre part, en postant des questions de réflexion afin de susciter la curiosité des étudiants et de les inciter à utiliser les différentes ressources mises à leur disposition.

En outre, le journal de bord a été conservé avec un objectif d'efficacité accrue. En effet, bien que les étudiants soient encouragés à mener une réflexion sur leur apprentissage, un

manque de communication autour de cette activité et une absence de suite possible aux fruits de leur réflexion peut enrayer quelque peu l'impact potentiel du système sur l'apprentissage.

Même si l'utilisation majoritaire de ce dispositif se fait en parallèle aux séances de cours prévues, nous avons intégré différentes activités d'apprentissage qui se trouvent exclusivement sur la plate-forme. Par exemple, à la fin de chacun des chapitres, outre les questions de réflexion postées par l'équipe pédagogique sur les différents forums du cours, les étudiants ont la possibilité de présenter des tests formatifs constitués de questions issues des examens des années précédentes³ qu'ils peuvent résoudre dans des conditions similaires à celles de l'examen. En effet, le fait que ces questions soient issues des examens des années précédentes garantit la similitude des niveaux de difficulté des tests formatifs et des examens. De plus, les étudiants ont un temps limité pour résoudre le test. Le rapport « nombre de questions à résoudre par heure » est équivalent aux conditions d'examen. Des tests généraux seront bientôt réalisés. Ils auront pour but de donner à l'étudiant une évaluation de son niveau de maîtrise de la globalité du cours.

Enfin, de manière régulière, des vidéos muettes sont postées par l'équipe pédagogique sur le dispositif en ligne. Les étudiants sont alors invités à commenter et à décrire par écrit l'expérience qu'ils viennent de visionner. Au terme du laps de temps qui leur est octroyé pour compléter cette tâche, l'équipe pédagogique sélectionne différents extraits issues des productions étudiantes. Ces extraits sont alors proposés aux apprenants sous forme de propositions « vrai ou faux ». Dans le cas où ces derniers considèrent qu'une proposition est erronée, il leur est demandé de la corriger. Un test composé de QCM conclut la séquence d'apprentissage comprenant cette vidéo d'expérience. Une vidéo « solution » est alors postée par l'enseignant.

Au fil des ans, cette plate-forme est passée d'un statut de ressources supplémentaires offertes aux étudiants à un rôle de dénominateur commun de toutes les activités du cours. Il est donc important d'inciter les étudiants à l'utiliser et à la considérer de cette manière.

³ Les questions des tests formatifs consacrés aux prérequis proviennent des examens datant d'avant la réforme, donc au moment où la matière faisant partie des prérequis à l'heure actuelle était encore vue au cours à l'époque.

Références :

1. Bandura, A.: L'apprentissage social. Mardaga, Bruxelles (1980)
2. Bloom, B.: Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I : The Cognitive Domain. David McKay, New York (1956)
3. Means, M., et al.: Evaluation of Evidence-based Practices in Online Learning : A Meta-analysis and review of Online-learning Studies. U.S. Department of Education, Washington (3020)
4. Nicol, D.: Assessment for learner self-regulation: Enhancing achievement in the first year using learning technologies. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 34(3), pp 335-352 (2009)
5. Nicol, D.: Transforming assessment and feedback : Enhancing integration and empowerment, http://www.enhancementthemes.ac.uk/documents/firstyear/First_Year_Transforming_Assess.pdf (12/06/ 2011)
6. Parmentier, Ph.: Recherches et actions en faveur de la réussite en première année universitaire. Vingt ans de collaboration dans la Commission « Réussite » du Conseil Interuniversitaire de la Communauté Française de Belgique. CIUF, Bruxelles (2011)
7. Zimmerman, B. :Efficacité perçue et autorégulation des apprentissages durant les études : une vision cyclique. P. Carré & A. Moisan Eds, la formation autodirigée. Editions L'Harmattan, Paris (2002)