

## Qualité diagnostique et efficacité d'un dispositif en ligne entraînement à la résolution de problèmes complexes de physique

Pierre-Xavier Marique, Maud Jacquet, François Georges, Maryse Hoebeke & Marianne Poumay

### 1. Introduction.

Dans le courant des années 2000, différents rapports ont mis en évidence un échec massif des apprenants engagés dans des études supérieures lors des examens des cours scientifiques, particulièrement dans le cadre des cours de physique. Différents projets ont été mis en place en Fédération Wallonie-Bruxelles en Belgique afin de contrer ce phénomène. Ces projets ont vu le jour dans le cadre du programme « Aide à la réussite en première année de bachelier » financé par l'Académie Universitaire Wallonie-Europe (AUWE). Ce programme a pour but de développer différentes mesures de remédiation pour lutter contre l'échec (Parmentier, 2011). Parmi celles-ci, un projet, fruit d'une collaboration entre le Laboratoire de Soutien à l'Enseignement par la Télématic (LabSET) et le Département de Physique de l'Université de Liège a, dès 2007, permis de créer un outil en ligne d'entraînement à la résolution de problèmes complexes en physique. Ce projet poursuivait deux buts : fournir aux étudiants un outil leur donnant la possibilité de s'entraîner plus efficacement à la résolution de problèmes complexes en physique en vue de l'examen, ainsi que permettre à l'équipe pédagogique en charge de ce public d'étudiants d'identifier les lacunes et difficultés couramment rencontrées par les étudiants. Cela devait permettre par la suite, d'orienter de manière adéquate les remédiations proposées aux étudiants.

### 2. Présentation du dispositif.

Le dispositif a été imaginé en deux parties : la première, appelée « Résolution guidée », permet à l'apprenant de résoudre un problème en répondant à une série de questions. Un découpage d'une résolution classique de problèmes basé sur les processus cognitifs de Bloom est proposé. L'étudiant est ainsi invité à se poser différentes questions cruciales afin de résoudre correctement le problème soumis. Cette première méthode doit fournir à l'apprenant les armes pour, *in fine*, être capable de résoudre seul un problème complexe de physique. La seconde partie met l'étudiant en situation d'examen puisque, dans ce cas, seul l'énoncé lui est fourni.

#### 2.1. Résolution guidée.

Cette méthode d'entraînement à la résolution de problèmes guide l'étudiant pas à pas dans la résolution du problème qu'il aborde. Ce type de résolution est composé de dix questions, dont huit sont directement liées à la résolution du problème et deux sont des questions de métacognition invitant l'apprenant à évaluer son travail et à identifier les étapes du processus qui lui ont posé le plus de difficultés. Les huit étapes de résolution sont réparties en trois blocs, correspondant chacun à un processus cognitif de Bloom. L'identification des principaux processus cognitifs intervenant dans la résolution d'un problème de physique est le fruit d'une réflexion commune entre des pédagogues et des experts-matière du département de physique. Les processus identifiés de cette manière sont les suivants :

- la compréhension, à l'œuvre lors de la lecture de l'énoncé et permettant l'identification de l'objet de la demande ;
- l'analyse, c'est-à-dire planifier les étapes de la résolution, identifier les données pertinentes dans l'énoncé et déterminer les modèles vus au cours qui interviendront dans la résolution du problème ;
- l'application, permettant la mise en pratique des concepts en référence au problème donné.

Le bloc « compréhension » n'est constitué que d'une seule question visant à vérifier que l'apprenant a bien compris la situation décrite par l'énoncé du problème.

Le bloc « analyse » comprend quatre questions successives liées à la mise en ordre du chemin de résolution (quelles étapes je vais devoir réaliser et dans quel ordre), au choix du(des) modèle(s) à appliquer, à(aux) formule(s) (provenant de ces modèles) à utiliser et à la détermination des informations utiles issues de l'énoncé et fournies de manière explicite ou implicite.

Le bloc « application » demande à l'apprenant de fournir une solution au problème en passant par trois étapes d'application, à savoir l'action d'isoler la variable à déterminer, de trouver sa valeur numérique afin de répondre à la question du problème et de lui associer des unités.

A la fin de ce processus de résolution, deux questions de métacognition sont posées à l'étudiant. La première lui propose d'estimer la cohérence de la réponse qu'il vient de fournir. La seconde lui demande d'identifier la (les) question(s) qui lui a(ont) posé des

difficultés. Cette réflexion sur le produit et sur le processus permet à l'étudiant de prendre du recul et de réfléchir aux difficultés qu'il rencontre et d'ainsi réguler sa façon d'apprendre et en conséquence, d'ajuster ses actions pour progresser, l'objectif étant d'augmenter l'efficacité des apprentissages (Zimmerman, 2002).

La réussite dans la résolution d'un problème de physique en première année de bachelier nécessite inévitablement la mobilisation et la combinaison adéquate de ces trois processus cognitifs. Un échec dans l'un de ces processus entraîne des difficultés majeures pour l'ensemble de la démarche. Par exemple, un manque de compréhension implique nécessairement un échec de l'analyse. De même, un échec de l'analyse ne permettra pas aux étudiants d'appliquer les bons modèles et les bonnes formules pour résoudre le problème.

A l'issue de chacune des questions de compréhension et d'analyse, un feedback est immédiatement fourni à l'étudiant. Celui-ci a pour but d'aider l'étudiant à identifier ses difficultés, notamment quelle(s) étape(s) de la résolution lui pose(nt) souvent des difficultés, et à ajuster sa résolution (Nicol, 2009a, 2009b). Cela permet donc d'éviter qu'un étudiant reste bloqué dans la résolution et qu'il puisse ainsi avancer et travailler les étapes ultérieures. Ces feedbacks riches en informations peuvent se présenter sous la forme d'un texte expliquant comment il fallait résoudre la question précédente et quelles sont les erreurs typiques, d'une image reprenant un schéma de la situation décrite par l'énoncé, d'une vidéo montrant un assistant résoudre cette partie du problème ou encore d'une animation illustrant la résolution.

N° Q	Intitulé de la question	Type	Points
<b>BLOC I : COMPREHENSION</b>			
1	Compréhension de l'énoncé Feedback 1	QRM	15
<b>BLOC II : ANALYSE</b>			
2	Mise en ordre du chemin de résolution Feedback 2	Appariement	20
3	Détermination du(des) modèle(s) à appliquer Feedback 3	QRM	10
4	Détermination de la(des) formule(s) à utiliser Feedback 4	QRM	10
5	Détermination des informations utiles Feedback 5	QRM	10
<b>BLOC III : APPLICATION</b>			
6	Application de la(des) formule(s) à la situation	QCM	15
7	Réponse numérique	QCM	10
8	Unité	Texte à trou	10
<b>BLOC IV : METACOGNITION</b>			
9	Réflexion sur le produit Feedback 6, 7, 8	Echelle de Likert	0
10	Réflexion sur le processus	QRM	0

Total = 100

Tableau 1 : Résolution guidée

## 2.2. Résolution libre.

Le deuxième type de résolution de problèmes proposé aux étudiants au sein du dispositif les place en situation d'examen. Ils reçoivent donc uniquement un énoncé et une demande de solution. Cela représente une tâche beaucoup plus complexe pour l'apprenant étant donné qu'aucune aide, aucun accompagnement n'est cette fois fourni. Cette méthode a pour objectif de permettre à l'étudiant de prendre du recul par rapport à son apprentissage et d'essayer d'aborder seul la résolution de problèmes. Il doit planifier les différentes actions à mener et identifier les différents modèles et informations à exploiter dans sa résolution. L'étudiant est invité à fournir à l'équipe pédagogique, via la plate-forme, une solution sous le format électronique qu'il souhaite (.doc, .pdf, .ppt, .jpg, ...). Il peut donc par exemple réaliser un diaporama powerpoint de sa résolution ou encore, simplement l'écrire sur une feuille de papier, la scanner et l'envoyer.

Une question de métacognition est ensuite posée à l'étudiant. Elle porte sur la cohérence de sa réponse.

L'apprenant reçoit en retour un feedback complet lui permettant d'évaluer ses actions et d'ajuster son raisonnement si nécessaire. Une attention particulière a été portée à l'aspect didactique des feedbacks. En proposant par exemple des films réalisés sur tablette montrant un assistant en train de résoudre le problème, la mise en place d'un apprentissage vicariant est visée (Bandura, 1980), permettant à l'étudiant d'apprendre en voyant quelqu'un d'autre faire. Dans cette capsule vidéo, l'enseignant veille, par exemple, à faire les liens entre les différents éléments théoriques vu au cours et la manière de les appliquer dans la résolution du problème.

## Axe 3 : Évaluation dans l'enseignement supérieur

Le but de ce dispositif est donc d'entraîner progressivement l'étudiant à la résolution de problèmes. Si l'étudiant se sait éprouver des difficultés particulières à une ou plusieurs étapes d'une résolution type, il lui est conseillé de commencer son travail par des problèmes de résolution guidée. Une fois qu'il se considère apte à franchir l'étape supplémentaire, il peut alors se placer, grâce aux problèmes en résolution libre, dans des conditions similaires à celles de l'examen. Cependant, si un étudiant pense détenir les compétences intervenant dans la résolution de problèmes, il peut opter directement pour les problèmes en résolution libre, sans passer par l'entraînement et l'accompagnement proposé en résolution guidée. En effet, tous les problèmes disponibles sur la plateforme sont directement accessibles.

### 3. Participation et satisfaction :

Deux expériences ont été réalisées au cours de l'année académique 2011-2012.

#### 3.1. Première expérience : décembre 2011

Une première expérience, dans laquelle quatre problèmes de mécanique en résolution guidée étaient proposés aux étudiants, s'est tenue en décembre 2011, durant les deux dernières semaines de cours précédant les congés d'hiver et la session d'examen. 360 étudiants ont réalisé au moins un des problèmes proposés, soit 41,4 % de la population totale (N = 876). 201 étudiants ont tenté de résoudre l'ensemble des problèmes mis à leur disposition, soit 22,9 % de la population totale et 55,8 % de la population ayant travaillé en ligne.

176 étudiants ont répondu à l'enquête de satisfaction que nous leur avons proposée. Cela représente 48,9 % des étudiants ayant participé à l'expérience (N = 360). 88 % d'entre eux ont trouvé le dispositif utile pour travailler, 67 % ont jugé utile le découpage des problèmes et 91 % considèrent les feedbacks immédiats utiles pour la résolution. Certains étudiants nous ont fait part, à l'occasion de cette enquête de satisfaction, du fait qu'ils étaient dérangés par l'absence de répétition explicite des différentes propositions des QCM et QRM dans les feedbacks. Nous avons corrigé cela avant la seconde expérience. Plusieurs participants nous demandaient également de maximiser le nombre de schémas et d'animations présents dans les feedbacks. Nous avons tenté de répondre au maximum à leurs souhaits.

#### 3.2. Seconde expérience : mars 2012

La seconde expérience comprenait six problèmes de mécanique des fluides, trois problèmes en résolution guidée et trois en résolution libre. Elle a été réalisée entre mars et mai 2012, soit durant les deux mois compris entre le dernier cours de mécanique des fluides et l'examen de fin d'année. 329 étudiants ont essayé de résoudre au moins un problème en ligne. Cela représente un taux de participation de 37,6 % (N = 876). Parmi ceux-ci, 156 ont tenté de résoudre l'ensemble des problèmes, soit 17,8 % de la population totale et 47,4 % de la population ayant travaillé en ligne.

21 étudiants ayant participé à cette expérience ont répondu à l'enquête de satisfaction. Cela représente un taux de participation de 6,4 % (N = 329). Parmi eux, 95 % ont trouvé le dispositif utile pour travailler, 78 % ont jugé utile le découpage des problèmes, 85 % considèrent les feedbacks immédiats utiles pour la résolution et 94 % ont apprécié la qualité des feedbacks (qui leur ont permis d'identifier leurs difficultés).

### 4. Analyses et résultats

L'analyse des traces des différentes tentatives de résolution réalisées par les étudiants a montré que le processus cognitif le moins bien maîtrisé était l'analyse. Les questions posant le plus de difficultés aux étudiants sont : la mise en ordre du chemin de résolution, le choix du(des) modèle(s) et la détermination des informations utiles.

Les étudiants ayant travaillé en ligne obtiennent de meilleurs résultats à l'examen de physique.

Les résultats complets de ces analyses font l'objet d'un article à paraître (Marique et al.).

### 5. Conclusions et perspectives

Le dispositif présenté semble satisfaire les étudiants. Différentes remarques émises lors de la première expérience ont été prises en compte et ont permis de réguler l'outil. Ces régulations ont plu aux étudiants. Suite à cette expérience, de nombreux problèmes tant en résolution guidée qu'en résolution libre ont été conçus amenant le total des problèmes disponibles à plus de septante. De plus, une augmentation considérable du nombre de feedbacks animés a été opérée.

Par ailleurs, étant donné les résultats des premières analyses, notamment en ce qui concerne le processus cognitif le moins maîtrisé et les étapes posant le plus de difficultés aux étudiants, l'équipe pédagogique a pu ajuster l'organisation des remédiations ainsi que sa manière d'enseigner lors des séances d'exercices prévues à l'horaire.

Ce dispositif a notamment été intégré dans un cours en ligne complet comprenant également les notes relatives aux cours théoriques donnés en amphithéâtre, une batterie de tests formatifs permettant un entraînement complet à l'examen et différents exercices visant à mieux appréhender la matière (vidéos à commenter, questions de réflexion postées sur un forum, ...). Nous avons à cette occasion tenté d'améliorer considérablement la communication faite aux étudiants concernant l'ensemble des dispositifs d'apprentissage présents sur la plate-forme. Cette nouvelle plate-forme espère rencontrer les objectifs suivants. D'abord, elle doit être un outil d'apprentissage performant accessible à tout moment et n'importe où. De plus, elle doit être modulable et personnalisable étant donné la diversité des profils des étudiants auxquels elle s'adresse. Enfin, elle servira à l'équipe pédagogique de laboratoire où la récolte des données permettra de mieux comprendre l'échec et de perfectionner le soutien pédagogique apporté aux étudiants (Marique, 2014).

**Références :**

Bandura, A. (1980). L'apprentissage social. *Mardaga*, Bruxelles

Bloom, B. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I : The Cognitive Domain*. David McKay, New York.

Marique, P.-X. (2014). Plate-forme interactive au service des grandes populations d'étudiants suivant un cours de physique. Actes – présenté à la *Conférence TICE*, Béziers, 2014.

Nicol, D. (2009). 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.

Nicol, D. (2009). Transforming assessment and feedback : Enhancing integration and empowerment, [http://www.enhancementthemes.ac.uk/documents/firstyear/First\\_Year\\_Transforming\\_Assess.pdf](http://www.enhancementthemes.ac.uk/documents/firstyear/First_Year_Transforming_Assess.pdf) (12/06/ 2011).

Parmentier, Ph. (2011). 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.

Zimmerman, B. (2002). Efficacité perçue et autorégulation des apprentissages durant les études : une vision cyclique. in P. Carré & A. Moisan (Eds), *La formation autodirigée*. Editions L'Harmattan, Paris.