



**HAL**  
open science

## Mettre à portée d'apprentis les méthodes de résolution par éléments finis : alignement pédagogique, évaluation par les pairs, classe inversée et analyse d'enseignement

Rébecca Bonnaire, Nathalie Veuillez, Louis Adam

### ► To cite this version:

Rébecca Bonnaire, Nathalie Veuillez, Louis Adam. Mettre à portée d'apprentis les méthodes de résolution par éléments finis : alignement pédagogique, évaluation par les pairs, classe inversée et analyse d'enseignement. *PedagoTICE*, Nov 2017, Toulouse, France. hal-01901717

**HAL Id: hal-01901717**

**<https://hal.science/hal-01901717>**

Submitted on 23 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Mettre à portée d'apprentis les méthodes de résolution par éléments finis : alignement pédagogique, évaluation par les pairs, classe inversée et analyse d'enseignement

Rébecca Bonnaire  
Enseignant-chercheur  
Ecole des Mines d'Albi-Carmaux  
rebecca.bonnaire@mines-albi.fr

Nathalie Veuillez  
Ingénieure & conseiller pédagogique  
Ecole des Mines d'Albi-Carmaux  
nathalie.veuillez@mines-albi.fr

Louis Adam  
Enseignant & conseiller pédagogique  
Ecole des Mines d'Albi-Carmaux  
louis.adam@mines-albi.fr

## RESUME

*Mines Albi-Carmaux, école de l'Institut Mines Télécom, forme des ingénieurs à la fois sous statut étudiant et sous statut d'apprenti. La formation sous statut d'apprenti se déroule intégralement en enseignement hybride, présentiel pour les  $\frac{3}{4}$  et à distance pour le  $\frac{1}{4}$  restant. Dans cette filière, l'enseignement des "Méthodes de Résolution par Eléments Finis" a lieu en dernière année (M2), et s'adresse en "transversal" aux trois options de la filière : les réactions de ces élèves, qui viennent de secteurs d'activité très différents, sont pour le moins "contrastées", ce qui est un des points à prendre en compte dans la conception même du scénario de l'enseignement. Pour cette première année, l'enseignante a conçu un parcours associant composantes théoriques, mises en application dans le contexte des différentes options, et évaluation par les pairs via la plateforme Moodle. En se basant sur les retours d'une analyse approfondie réalisée avec les conseillers pédagogiques de l'établissement, un nouveau scénario est en cours d'élaboration, associant classe inversée, renforcement de l'usage des outils numériques (Quiz, Screencast...) tout en conservant ceux existants. L'utilisation des outils numériques devra également permettre d'individualiser la progression au regard du public très diversifié. Enfin, la refonte de ce cours a fait l'objet d'un financement "Bonus Idéfi Défi Diversités".*

*Mots-clés : formation hybride, évaluation par les pairs, analyse de l'enseignement, bonus Idéfi Défi Diversité*

## 1. Introduction

Mines Albi-Carmaux, école de l'Institut Mines Télécom forme des ingénieurs à la fois sous statut étudiant et sous statut d'apprenti. La filière sous statut d'apprenti se déroule entièrement en formation hybride : dans chaque cours, entre  $\frac{1}{8}$  et  $\frac{1}{2}$  des heures de formation s'effectuent à distance, en asynchrone, depuis le site de l'entreprise des apprentis. Il s'agit bien d'heures d'enseignement, qui sont dégagées chaque semaine pour que l'apprenti avance dans sa formation académique. Le cours "Méthodes de résolution par éléments finis" dont il est question ici s'insère dans ce cadre et dans cette logique. Ce ne sera donc pas une surprise pour les élèves d'avoir à effectuer un travail conséquent "à distance".

Enfin, à mentionner : ce cours bénéficie d'une approche nouvelle cette année, grâce à une nouvelle enseignante qui a bénéficié d'un financement "Bonus Défi Diversités" pour pouvoir effectuer une refonte complète du scénario du cours.

## 2. Contexte et problématique de départ

C'est en dernière année de la filière par apprentissage (M2) que se place l'enseignement des « Méthodes de résolution par éléments finis ». Il concerne entre 40 et 50 apprentis par an, répartis en trois options : industrie pharmaceutique et services, systèmes énergétiques et matériaux pour le bâtiment et l'aménagement durables, industrie manufacturière mécanique et aéronautique.

Les objectifs d'apprentissage de l'enseignement fournis par l'établissement sont :

- Comprendre et maîtriser la mise en données (définir la géométrie, le maillage, les conditions aux limites) et l'analyse des résultats (déplacement, contraintes) d'un calcul de structures thermo-élastique par la méthode des éléments finis.
- Employer une démarche de conception de produit en bureau d'étude et d'un développement de procédé en bureau des méthodes par l'initiation à l'utilisation de logiciels de simulation numérique linéaire.
- Appliquer ces méthodes à un modèle de structure simple.

Le cadre de l'enseignement est hybride : il comprend sept séances de 3h30 en présentiel et une séance à distance de la même durée. Le choix du découpage des séances en terme de méthode d'apprentissage (Cours, TD, TP, Projet, classe inversée,...) est laissé libre à la volonté de l'équipe pédagogique.

Les méthodes de résolution par éléments finis sont un enseignement jugé difficile par ce public d'apprentis : leurs formations d'origine (divers DUT, des élèves en double diplôme pharmacien-ingénieur...) sont moins focalisées sur les mathématiques que nos publics "étudiants" (issus de CPGE), et ils appréhendent les disciplines très "matheuses". Et, deuxième élément à prendre en compte, le fait que l'enseignement soit commun aux trois options crée un public très hétérogène, de par la vision qu'ils ont de leurs futurs champs professionnels : les "mécaniciens" rencontrent déjà cette discipline dans leurs entreprises, mais les "génie pharmaceutique" sont souvent en rejet de cette thématique considérée comme "inutile".

L'enseignante s'est vue confier ce cours pour la première fois cette année ; les années précédentes, malgré différentes approches, les difficultés avaient été nombreuses. Elle a donc décidé de remettre l'ouvrage sur le métier, et d'engager un chantier de re-conception qui doit porter sur au moins 2 années scolaires, pour à terme, trouver une solution efficace pour amener tous les apprentis à répondre aux objectifs d'apprentissage.

Au cours de l'année scolaire 2016-2017, un important travail de réaligement des objectifs pédagogiques a été mis en place. Celui-ci passe notamment par l'utilisation de pédagogies actives liées au numérique, via la plateforme moodle de l'école. Enfin, les conseillers pédagogiques de l'établissement ont été sollicités pour mesurer les impacts des approches mises en œuvre, et participer à l'orientation des cours pour les prochaines années.

### **3. Cadre méthodologique de mise en œuvre**

Afin de redéployer l'enseignement, la démarche suivante avait été définie entre l'enseignante et les conseillers pédagogiques :

1 - La première année scolaire (celle qui vient de s'écouler), il a été choisi de tester des méthodes avec les apprentis afin d'avoir une vision plus précise de leurs besoins, de leurs attentes et de leurs niveaux. Ainsi, au cours de cette année d'enseignement, des cours magistraux et des travaux pratiques, de durée plus ou moins importante, ont été faits ; des études de cas spécifiques à chaque option ont été mises au point. Une séance à distance, proposée à la fin de la période, a permis de faire le bilan des compétences acquises au cours de l'enseignement et de préparer l'examen final.

2 - Lors de la séance à distance, moodle et l'évaluation par les pairs ont été sollicités : à partir d'un mini-projet intégrateur, permettant de balayer toutes les composantes vues précédemment, l'enseignante a proposé une évaluation entre pairs organisée sur moodle. L'objectif était triple : permettre à l'enseignante de vérifier l'acquisition des méthodes et notions vues pendant le cours ; permettre aux élèves de s'entraîner sur un sujet proche de celui de l'évaluation finale ; et également, leur permettre de prendre conscience de leurs compétences et de renforcer leur confiance, par le "regard croisé" qu'ils avaient à porter sur les travaux de leurs camarades.

3 - A la fin de cette année scolaire, les conseillers pédagogiques ont organisé une "analyse approfondie" du cours, et l'ont proposée à l'ensemble des apprentis. 40 apprentis sur 42 ont répondu au questionnaire. A partir de cette analyse (encore en cours de traitement), des solutions vont émerger et seront mises en place pour l'année scolaire 2017-2018. L'efficacité de ces solutions sera de nouveau testée par une analyse approfondie. Les résultats de cette nouvelle analyse permettront de continuer à faire évoluer l'enseignement jusqu'à répondre à l'objectif fixé.

### **4. Résultats et pistes à développer pour l'année 2**

L'analyse approfondie effectuée cette année, encore en traitement, permet d'ores et déjà de dégager les points suivants :

- Le regard sur l'enseignement est effectivement très différent selon les options : il va du quasi-rejet à ... une demande d'aller plus loin. Les élèves de l'option "génie pharmaceutique" ont beaucoup plus de mal à s'impliquer, et à sortir d'un a priori négatif ; les "industrie mécanique" ont des avis finalement assez disparates ; et, plus surprenant au premier abord, ce sont les élèves de l'option "systèmes énergétiques et bâtiment" qui ont le mieux réagi... mais ils avaient en parallèle un enseignement de résistance des matériaux qui venait donner du sens à l'appel aux "Méthodes par les éléments finis".
- La composante « théorique » du cours semble globalement complexe, difficilement accessible. Les apprentis ont du mal à rattacher la théorie à la pratique.
- Les apprentis consacrent peu de temps à cet enseignement, qui leur semble pourtant difficile.
- L'alternance des méthodes (cours, travaux pratiques) est appréciée.
- La séquence à distance a un intérêt majeur dans l'enseignement, en faisant la synthèse des éléments vus au cours de l'enseignement. Ils indiquent également des bénéfices liés à la situation d'évaluation entre pairs.
- Des demandes sont faites pour avoir des démarches pas à pas de découverte du logiciel de simulation utilisé au cours de l'enseignement.
- ... et finalement, certains élèves en "génie pharmaceutique" avouent : « mais ça peut même s'appliquer dans notre contexte ».

A partir de ce premier constat, il a été décidé d'enrichir l'approche : (i) mise en place de cours inversé, (ii) prise en main didacticiel du logiciel de simulation, (iii) réalisation d'un projet intégrateur "fil rouge" tout au long du module. La séance à distance ne changera pas à la vue de son adéquation entre les attentes, les besoins et les résultats obtenus à cette séance. Enfin, une évaluation par les pairs, qui permet à chacun de faire le point sur ces connaissances et prendre du recul continuera à être utilisée pour évaluer la séance à distance.

#### **4.1. Classes inversées**

Afin de faciliter l'apprentissage de la théorie des méthodes de résolution par éléments finis, il est proposé de rendre actif cet apprentissage par l'utilisation de classe inversée. Une semaine avant chaque séance, les apprentis auront des documents à lire ou à regarder afin d'aborder les points théoriques souhaités. Ils auront ensuite en début de chaque séance une heure pour discuter des points qu'ils ont vu en groupe de quatre, comportant des apprentis de différentes options.

La réalisation d'un quiz sur la plateforme Moodle, par équipe, permettra une auto-évaluation de leur compréhension des principaux points théoriques du cours. L'équipe enseignante sera ainsi en mesure d'adapter et individualiser le contenu du restant de la séance.

La première séance sera un peu particulière, les apprentis n'ayant pas eu le temps de préparer une classe inversée. La première heure de l'enseignement sera donc consacrée à des recherches sur les applications possibles de ces méthodes. Pour cela, de nouveau par groupe de quatre, chaque étudiant devra partager son expérience en

entreprise afin de déterminer dans quels services et sur quelles applications la méthode peut être utilisée. Après ce partage, qui peut être très rapide suivant les expériences de chacun, les apprentis auront des articles sur des applications des méthodes qui seront vues dans le cours. La fin de cette première heure sera consacrée à un échange des différents groupes sur ce qu'ils ont pu trouver comme applications. L'objectif de cette première heure est de faire réfléchir, dès le début de l'enseignement, à l'utilité de ces méthodes dans leur future pratique et ainsi de contextualiser l'enseignement.

#### **4.2. Prise en main didacticiel du logiciel de simulation**

La prise en main du logiciel de simulation reste un enjeu important, car ce logiciel est utilisé tout le long de l'enseignement. La simple réalisation d'un tutoriel fourni par le fabricant ne suffit pas, comme l'a démontré l'analyse approfondie du cours.

Il est alors proposé de réaliser un didacticiel utilisant le screencast pour permettre à chacun de prendre en main le logiciel à sa vitesse.

Afin de s'assurer de la bonne compréhension des étapes réalisées en suivant le didacticiel, il est proposé de mettre en place des points étapes. Ces points seront fait par une question auxquels les étudiants devront répondre sur le module Quiz de la plateforme Moodle.

#### **4.3. Réalisation d'un projet**

Au lieu de réaliser une série de travaux pratiques, dont chaque sujet à une application différente, il est proposé de réaliser un projet guidé pour lequel l'application reste la même. Chaque séance permet de faire avancer le projet en complexifiant le problème posé. Ce projet durera de la deuxième à la septième séance. Les apprentis travailleront en groupe de quatre, par option, afin de leur permettre d'appréhender les méthodes de résolution par éléments finis sur une application qui concerne leur domaine.

A la fin de la cinquième séance, il sera demandé aux apprentis de se mélanger dans les groupes afin de travailler sur les ressemblances et les différences entre leurs trois applications de projet correspondant aux trois options de leur filière. Ce temps d'échange doit permettre aux étudiants de constater que bien que l'application soit différente, les méthodes sont exactement les mêmes, voire que les modélisations se ressemblent fortement. Après cette séance de partage, les groupes de projet pourront choisir de continuer sur la même application ou non.

### **5. Conclusions et perspectives**

Cette année scolaire a été utilisée pour faire le bilan du ressenti des apprentis sur la version actuelle de l'enseignement, tout en introduisant quelques nouveautés.

Ceci a permis de mettre en place un nouveau cheminement pédagogique pour l'année prochaine, avec l'utilisation accrue du numérique (quiz, screencast) afin de permettre l'individualisation du parcours de chaque apprenti.