

**E-Learning en résistance des matériaux.
Retour d'expérience sur la formation continue à distance et
généralisation à la formation initiale.**

S. HARIRI, H. Demouveau, S. Panier, M. Vermeulen

Ecole des mines de Douai, 941 rue Charles Bourseul, BP 10838, 59508 Douai, cedex

Résumé:

La Résistance Des Matériaux (RDM) est une matière enseignée dans un très grand nombre de cycles de formations universitaires et d'ingénieurs. Les enseignants affirment en général que leurs étudiants éprouvent des difficultés face aux concepts abordés et face à leur application dans les TD d'une part, dans leur vie d'ingénieur d'autre part.

Pour beaucoup d'étudiants, le bagage technologique est faible voir inexistant ce qui ajoute des obstacles supplémentaires à l'apprentissage de la RDM. En face de ces difficultés pédagogiques, le nombre important d'illustrations de cette matière par des exemples concrets de la vie de tous les jours constitue un apport fondamental. Il nous a semblé important de modifier le dispositif pédagogique de cet enseignement afin de le rendre plus attractif. Ainsi, nous avons commencé un travail de redéfinition du cours autour de l'utilisation de la plate-forme de formation Campus (Moodle). Par exemple, des TD ont été scénarisés et développés avec PowerPoint et le langage VB, et certains sont effectués en ligne, et les documents du cours sont en ligne au format PDF.

Les supports de cours, sont complétés avec des médias : animations, illustrations photographiques et vidéos, exercices, etc. Les TD sont proposés en auto-formation (50%) et sous forme classique (50%). La plupart des sujets abordés concernent des exemples concrets où l'étudiant doit apprendre à modéliser un problème, choisir les bons outils pour sa résolution et analyser la solution trouvée.

Dans cette présentation, nous faisons le bilan de la méthode d'enseignement par E-Learning en RDM pour les formations continues à distance et sur le transfert des acquis à la formation initiale d'ingénieurs.

1) Contenu de l'enseignement :

Cet enseignement est découpé en deux modules : un module de base et un module d'approfondissement.

Le module de base comporte 7 chapitres. Chacun d'entre eux comporte un cours et une série de TD adaptés et scénarisés.

Le module d'approfondissement concerne les problèmes complexes, il est basé majoritairement sur les méthodes énergétiques.

Les résultats attendus sont:

- Une meilleure appropriation des concepts de la résistance des matériaux par les étudiants.
- Les étudiants doivent être capables d'appliquer ces concepts en fonction des situations de TD rencontrées, et à terme dans leur vie d'ingénieur.
- Une re-valorisation de la matière aux yeux de ces derniers.

Volume horaire apprenant (Heure-équivalent-présentiel) :

30 heures/apprenant de cours et 30 heures de TD.

1-1) Contenus thématiques

1. Chapitre I : Statique appliqué à la R.D.M
2. Chapitre II : Hypothèses de la RDM
3. Chapitre III : Traction Compression Cisaillement
4. Chapitre IV : Caractéristiques géométriques des Sections droites.
5. Chapitre V : Torsion uniforme des poutres droites
6. Chapitre VI : Flexion des poutres
7. Chapitre VII : Flambement des poutres droites
8. Chapitre VIII : Méthodes énergétiques

Le premier chapitre est consacré à la statique appliquée à la résistance des matériaux (principe fondamental de la statique, réactions d'appuis, problèmes plans). Ce chapitre permet de revenir sur les notions de base de la mécanique du solide et de classification des torseurs de forces, nécessaires en RDM.

Le chapitre II aborde les notions des champs de contraintes, déformations et déplacements dans un solide déformable. La formulation du problème des poutres est introduite via les hypothèses géométriques et de comportement des matériaux. Ce chapitre se termine par une classification des sollicitations externes et les contraintes associées.

Le comportement élastique linéaire est abordé dans le chapitre III à travers les essais simples (traction-compression, et cisaillement) puis généralisé pour obtenir la loi de Hooke. Afin de sensibiliser les étudiants aux aspects normatifs, les essais sont abordés selon les normes. Les sollicitations de traction, compression et cisaillement sont étudiées et les notions de dimensionnement sont abordées.

Les sollicitations de flexion et de torsion font appel aux notions de caractéristiques géométriques des sections droites. Le chapitre IV est dédié à ces caractéristiques géométriques.

Le chapitre V traite de la torsion des poutres droites, on donne d'abord les principales illustrations de la torsion allant des mécanismes ou machines tournantes aux constructions métalliques. La théorie élémentaire de la torsion des arbres de section circulaire est abordée puis généralisée aux sections quelconques. On s'attache principalement au dimensionnement et vérification des pièces en torsion.

La flexion étant la sollicitation maîtresse en RDM est abordée au chapitre VI. Elle est déclinée en flexion pure, flexion simple et flexion composée. L'analyse des contraintes et des déformations ainsi que leurs distributions sont étudiées pour chaque cas. Les outils de dimensionnement et de vérification sont donnés.

Pour les structures constituées de barres ou de poutres élancées, le phénomène de flambement ou d'instabilité élastique peut représenter un risque de ruine important. Le chapitre VI est consacré à l'étude du flambement.

A ce stade de l'apprentissage, les notions principales (ou de base) sont données. L'étudiant a acquis les notions de base de la RDM et il est capable de traiter les cas simples de dimensionnement des poutres. Les outils abordés à ce stade ne permettent pas de résoudre facilement les problèmes de structures complexes ou avec des degrés d'hyperstaticité élevés.

Les méthodes de résolution des problèmes hyperstatiques et les méthodes énergétiques constituent le module d'approfondissement (chapitre VIII).

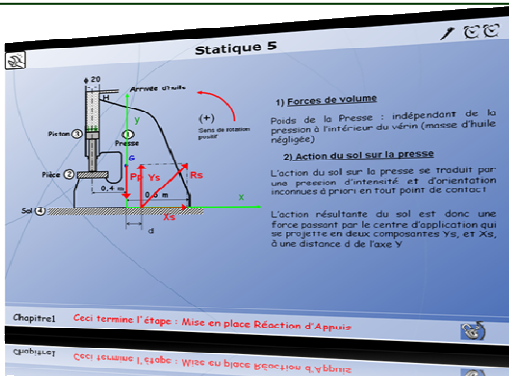
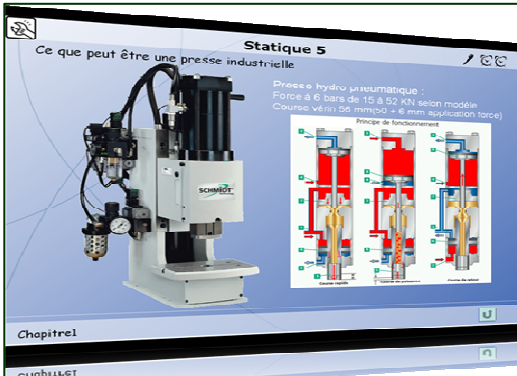
2) Choix pédagogiques

Le cours est découpé en unités pédagogiques faciles à agencer et organiser. Ces unités reprendront les exigences scénaristiques du modèle OpaleSup 3.06 (découpage en activités, puis en contenu).

Ces unités sont constituées en fonction de la difficulté des concepts abordés d'une part, du temps passé en moyenne par un étudiant d'autre part.

Enfin les médias sont disponibles et utilisables indépendamment du support de cours. De même les TD sont incorporés à tout le dispositif du cours en ligne.

L'apprentissage par la pratique des travaux dirigés est privilégié, l'étudiant a à sa disposition un grand nombre d'exercices de difficulté croissante. On profite des exemples de travaux dirigés pour revenir autant que possible sur des notions de technologie en générale et qui font souvent défaut dans la plupart des formations post baccalauréat. Dans l'exemple ci-dessous, qui concerne un exercice de base de statique, on part d'une presse industrielle, ceci permet d'aborder rapidement son principe de fonctionnement mais aussi de donner quelques notions sur les vérins simple et double effets.... Lorsqu'on passe à la modélisation, l'étudiant fait plus facilement le lien avec des structures réelles, ce qui à notre avis, facilite l'assimilation et l'utilisation de cet enseignement. Pour chaque chapitre un ou plusieurs exemples de TD sont basés sur le même principe.



Exemple de vue de TD

2-1) Dispositif et scénario pédagogique pour la formation continue à distance.

Les Ecoles des Mines de Douai et d'Alès proposent un cycle de formation continue diplômante depuis plus de trente ans ce qui traduit leur volonté de participer à la promotion sociale. A la fin des années 90 les modalités et la durée de ce type de formation ont changé. La durée de financement pour l'étudiant est ramenée à un an au lieu de deux, limitant de fait la durée de formation en école à un an.

Pour tenir compte de cette nouvelle situation, en 1999, les écoles des Mines d'Albi, Alès, Douai ou Nantes se sont associées pour mettre en place un nouveau projet de formation pour partie à distance et pour partie en école.

Le pilotage du projet a proposé la création de **communautés d'enseignants inter-écoles** pour chaque groupe de matières. La définition des contenus a été produite par chacun de ces groupes. Cette structuration en communautés thématiques inter-écoles a été un des facteurs de succès et d'adhésion à ce projet. Dans ce projet, la résistance des matériaux fait partie du module de mécanique comprenant aussi la mécanique des fluides et la mécanique analytique.

A l'heure actuelle, après 7 sessions, trois écoles (Albi, Alès et Douai) proposent cette formation. Il s'agit d'une formation d'ingénieur de deux ans, comme l'impose la Commission du Titre d'Ingénieur ; mais dont le premier semestre académique, mis en commun entre écoles, se déroule à distance sur une durée de un an. Cet enseignement à distance, compatible avec une activité salariée, est suivi d'une année à plein temps dans l'école de l'étudiant, puis d'un semestre de projet de fin d'étude. Le volet « enseignement à distance » est donc équivalent à un semestre à plein temps, pour un volume horaire supérieur à 600 h.

Les outils informatiques pour la partie formation par internet englobent une plateforme pédagogique (supports des cours, organisation globale de la formation, communication par forum, remises de devoirs), des messageries individuelles. Pour les travaux dirigés en ligne, on utilise l'outil de conférence web. D'autres moyens de communication sont utilisés pour des besoins spécifiques.

L'enseignement de la résistance des matériaux est assuré par une équipe de trois enseignants. Des outils spécifiques à cette formation ont été mis au point et sont à la disposition de l'apprenant via la plateforme. L'enseignement est découpé en leçons, chaque leçon propose le cours et une partie des travaux dirigés en ligne. Pour chaque leçon on propose une séance de travaux dirigés adaptés avec un tuteur le soir (de 20h30 à 22h30). Les groupes de TD sont constitués d'une dizaine d'étudiants chacun. La séance est découpée en deux parties :

La première partie le tuteur fait le rappel par audio des notions principales à retenir sur le chapitre et répond aux questions des apprenants.

Une deuxième partie traite des exercices ou exemples de base suivie d'une séance de TD dite classique où on demande aux apprenants de réfléchir et de proposer des solutions aux exercices proposés. Les séances de TD sont enregistrées et mise à disposition des étudiants sur le forum, ce qui leur permet de revenir à tout moment sur les parties qui les intéressent.

Des devoirs sont proposés et corrigés, l'enseignement est sanctionné par un devoir surveillé lors des rassemblements de la promotion.

2-2) Dispositif et scénario pédagogique pour la formation initiale.

Riche de cette expérience d'enseignement à distance et en s'inspirant d'une expérience d'E-Learning en mécanique des fluides à l'Ecole des mines de Douai, nous avons transféré ce savoir faire à la formation initiale. Un forum avec tous les outils nécessaires à la formation initiale en résistance des matériaux est mis à la disposition des élèves. Les élèves y trouvent les cours (polycopiés et sous format PP animés), les énoncés des travaux dirigés.

Pour les travaux dirigés, une séance sur deux est réalisée en présentiel, l'autre en E-Learning avec un tuteur. Pour la séance en E-Learning, les élèves peuvent soit suivre en direct la séance, dans ce cas ils ont l'aide du tuteur en cas de besoin, soit de travailler seuls en E-Learning. Pour les cours, à partir de la rentrée prochaine on adoptera le scénario pédagogique basé sur une alternance d'activités en auto apprentissage et en présentiel. L'enseignement sera découpé en module, avec en début de chaque module un amphithéâtre obligatoire présentant le contenu du module et les notions fondamentales. Le fonctionnement et l'utilisation de la plateforme pédagogique sera harmonisé avec celui des autres enseignements en E-Learning. Pour la RDM, en plus des ressources pédagogiques classiques, les étudiants ont accès via la plateforme à des documents techniques spécifiques à la matière. Les travaux dirigés en ligne sont tous avec corrigés et commentés, l'étudiant a plusieurs choix pour s'auto former, par exemple il peut choisir l'option avec la résolution complète du problème ou bien celles qui donnent seulement le cheminement vers cette solution.

L'évaluation des connaissances restera dans un premier temps sous forme classique de devoirs surveillés. Les travaux pratiques de RDM seront maintenus sous forme classique.

3) Conclusion:

Cette expérience montre ce que peut être l'apport de l'utilisation des outils du E-Learning à l'acquisition d'une matière fondamentale pour les ingénieurs et universitaires. Ces apports permettent incontestablement à combler les manques de la formation technologique et aident à l'acquisition et la compréhension de notions souvent abstraites.

La difficulté face à un enseignement de niveau ingénieur à distance est rendu possible grâce à la méthode retenue, et suite aux résultats obtenus cette méthode est adaptée à la formation initiale en école d'ingénieur.

Remerciements

Les auteurs remercient la tutelle des Ecoles des Mines pour le financement de ce projet. Ils remercient également tous les collègues des Ecoles des Mines ayant contribué à ce projet.

References

Présentation de la Formation Continue Diplômante à distance : <http://fcd.ema.fr>
Le pilotage pédagogique au cœur de 7 sessions de formation d'ingénieur à distance par internet. J. P. Veuillez, A. Johannet, L. Mignano -IFG4-
E-Learning en mécanique des fluides. Retour d'expérience, analyse et apport d'une pédagogie innovante. J-L Wojkiewicz, M. Vermeulen CFM 2009.