

# Innovation pédagogique en école d'ingénieur : une expérience de "blended learning" à l'EPF

---

## Les pédagogies dans les écoles d'ingénieurs

Les réflexions sur la pédagogie dans les formations d'ingénieurs sont l'objet d'attention. Depuis les années 90, la définition des compétences attendues et l'analyse croisée avec les programmes et les pédagogies figurent parmi les exigences affichées lors des audits menés par la CTI (Commission des Titres d'Ingénieurs) dans les différentes écoles. Depuis une dizaine d'années, de nombreux travaux ont porté sur l' "approche compétences", et sur sa déclinaison dans les formations d'ingénieurs.

## Peu d'évolutions des pratiques pédagogiques

La constitution, dans ces écoles, de « référentiels de compétences » (recueil des compétences requises pour aborder avec succès le monde professionnel) a-t-elle modifié les pratiques pédagogiques des enseignants ? Claude Maury, alors Délégué Général du CEFI (Comité d'Etudes sur les Formations d'Ingénieurs) rappelait récemment toutes les difficultés et les oppositions à la mise en place de cette approche par les différents acteurs de l'enseignement supérieur, en particulier les enseignants ;

*« Elle (la dimension compétences) conduit à s'interroger sur l'efficience en situation future, ce qui est loin d'aller de soi. Le changement par rapport à nos habitudes mentales est considérable (on peut parler à ce titre de changement de paradigme). Il fait peser sur tous les acteurs de la formation une responsabilité nouvelle, clairement perturbatrice... »*

Pourtant, depuis quelques années, des pratiques nouvelles telles que les formations en APP (Apprentissage par Problèmes), ou des modules de pédagogie mixte (blended learning) sont mises en place. Mais il s'agit dans la majorité des cas, d'initiatives limitées, sous l'impulsion d'équipe d'enseignants isolées, et non d'une approche généralisée à l'ensemble d'une formation.

Le développement du numérique a été un facteur d'évolution de certaines pratiques. Des plateformes ont été mises en place dans les écoles d'ingénieurs. Elles intègrent, pour la plupart, les versions numériques des photocopiés et des documents de cours. Parfois, des vidéos (cours filmés) ou des tests « d'entraînement » sont mis en ligne à l'initiative de quelques enseignants. Cependant, très rarement, ces plateformes numériques constituent une partie intégrante d'un dispositif pédagogique complet. Et les enseignants, dans leur grande majorité, manquent de repères et de formations pour élaborer des scénarii d'apprentissage utilisant ces plateformes. Par ailleurs, ceux qui s'impliquent se heurtent souvent à la nécessité d'un investissement important et très chronophage.

## La pédagogie mixte et ses avantages

Dans les écoles d'ingénieurs, de nombreux modules de formation sont bâtis sur un schéma classique constitué, outre les TP (travaux pratiques), de cours magistraux suivis de séances de TD (travaux dirigés), applications plus ou moins directes des notions vues précédemment lors de ces cours. Pourtant, la passivité des étudiants, notamment en cours magistral, la difficulté à mobiliser leur attention, à leur faire apprendre quelques notions essentielles du cours avant la séance de TD correspondante, sont des symptômes bien connus, hormis l'exception des classes préparatoires composées d'étudiants triés sur le volet et se mobilisant pour des concours. Une pédagogie mixte peut-elle proposer une alternative ? A quelles conditions doit-elle répondre ? Quels en sont les atouts ?

Le « blended learning » ou pédagogie mixte se définit comme une association de séances de formation en présentiel et de périodes de formation à distance. Cette pédagogie s'est développée au début des années 2000, grâce à l'évolution des outils numériques. A partir de 2006, de nombreuses études ont été menées : Etudes comparatives des différents modes d'apprentissage, conditions pour favoriser l'engagement de l'étudiant pour la partie à distance, conception et évaluation des dispositifs de formation mixte, évolution du travail des enseignants, ... Globalement, ces recherches donnent à penser que, lorsqu'elles sont conçues

avec soin, les formations hybrides combinent les meilleures caractéristiques de l'enseignement en classe avec les meilleures caractéristiques de l'apprentissage en ligne [1] [2].

« *Ce qui bat tout, c'est l'enseignement combiné* » Means-2009

« *L'enseignement en ligne enrichit l'enseignement en face à face* » Georges-2010

Le principe de la pédagogie mixte présente des intérêts évidents notamment pour une formation de futurs ingénieurs :

- Elle permet de renforcer l'autonomie dans la mesure où les étudiants participent à l'organisation temporelle de la formation. Ils peuvent s'entraîner, identifier leurs points forts et leurs points faibles, effectuer des exercices complémentaires ou des autotests, échanger sur des difficultés via des forums, demander des compléments sur des prérequis, etc... Cette autonomie de l'étudiant permet également de renforcer le statut de l'erreur ("*Encourager la conception de l'erreur comme inhérente à l'apprentissage*" [3]) ; il peut se tromper, relire une partie de cours, identifier la difficulté, recommencer, ... sans se sentir en échec.
- Elle rend l'étudiant acteur de la planification de ses apprentissages. Il est amené à travailler de façon continue avec malgré tout certaines contraintes liées à la programmation des séances en face à face (un équilibre doit être trouvé à la fois pour laisser suffisamment de temps d'autoformation mais également pour assurer un rythme d'alternance entre ces périodes d'autoformation et les séances en face à face)
- Elle permet d'identifier les difficultés des étudiants et de personnaliser les parcours, l'enseignant pouvant visualiser les "profils" des étudiants avec les erreurs récurrentes et proposer des remédiations personnalisées. L'enseignant peut également proposer des ressources permettant d'aller plus loin dans les notions abordées (pour les étudiants les plus performants) et de créer des liens entre disciplines.
- Elle permet également de centrer les séances en présentiel sur des processus d'apprentissage de conceptualisation et de procéduralisation pour déboucher ensuite sur la résolution de problèmes, les processus de type "automatisation" pouvant être abordés en autonomie [3].

### **Un projet novateur d'une école d'ingénieur**

L'EPF, école d'ingénieur généraliste, a souhaité mettre en place, pour son enseignement de Mécanique, une approche pédagogique originale en « *blended learning* », prenant appui sur une plateforme numérique Moodle. Cette formation s'est adossée sur le programme dispensé auparavant en Mécanique des systèmes en 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> année avec les compétences associées. Le dispositif propose une stratégie pédagogique alternant séances en présentiel et autoformation à distance via une plateforme numérique.

### **Les objectifs de ce projet**

La volonté de l'EPF de développer et de mettre en place une formation en *blended learning* poursuit plusieurs objectifs :

- Limiter la part de cours magistraux jugés peu efficaces,
- Développer l'autonomie chez l'étudiant en favorisant une prise de conscience sur les notions acquises ou en voie d'acquisition,
- Rendre les séances de TD plus opérantes avec des étudiants ayant déjà travaillé en amont sur les notions à mobiliser,
- Familiariser progressivement les étudiants à la résolution de problèmes avec un travail par groupe sur des problèmes techniques réels pour lesquels le questionnement est volontairement très court (la démarche n'est pas suggérée ni imposée par l'énoncé, mais fait l'objet de la réflexion).

Outre les points cités ci-dessus, un autre avantage est directement lié à l'organisation « *multi sites* » de la formation de l'EPF, dispensée conjointement sur 3 sites en France. En effet, ce dispositif pédagogique permet de faciliter la coordination entre les différents enseignants en mettant à disposition des supports

communs et des pratiques pédagogiques réflexives. Les séances de cours magistraux, dont l'efficacité est dépendante de la motivation des étudiants et des qualités oratoires de l'enseignant, étant très limitées en volume, une plus grande homogénéité des compétences acquises par les étudiants sur les différents sites est attendue.

### Le dispositif pédagogique

La démarche d'élaboration du dispositif impose d'identifier en amont très clairement les objectifs de formation puis de détailler ces objectifs en faisant émerger les différents formats de connaissances associés et leur niveau de complexité. En fonction, la stratégie d'alternance des séances peut être mise en place (figure1). Comme nous l'avons souligné, les connaissances de type automatisme qui demande une répétition des tâches sont parfaitement adaptées à un travail en autonomie (par exemple, l'identification des liaisons élémentaires et la connaissance de la forme des actions transmissibles pour les liaisons parfaites). Il en est de même pour des connaissances conceptuelles ou procédurales dont le niveau de complexité est simple (par exemple, la détermination d'une force avec l'équation de la résultante lorsque le solide est soumis à trois forces concourantes dont deux sont connues).

### Le type et le contenu des séances en présentiel

Les séances en présentiel sont de 4 types :

- Une séance introductive pour expliquer le dispositif pédagogique et les attendus (objectifs de formation, évaluation). Elle permet également de donner la structure de la plateforme, les outils de communication étudiants/étudiants étudiants/enseignants, les modalités de suivi, etc... Enfin, elle permet de présenter l'architecture du cours, la structure et la composition du polycopié de cours et le déroulement des séances.
- Des séances en classe entière, en nombre limité, pendant lesquelles l'enseignant ne présente plus son cours de façon linéaire mais s'attache à présenter des synthèses reprenant ce qu'il faut avoir retenu d'un chapitre en termes de savoirs fondamentaux et en termes de savoirs méthodologiques. Il y associe également des compléments sur les difficultés rencontrées en fonction des exercices effectués par les étudiants sur la plateforme lorsque ces difficultés concernent une majorité d'étudiants.
- Des séances de Travaux Dirigés (TD) souvent associées à des tests courts sur des savoirs fondamentaux. Ces séances commencent systématiquement par une phase participative avec des questions réponses sur la partie de cours concernée. Les savoirs nécessaires pour effectuer les exercices proposés peuvent alors rester affichés pendant la séance. Pendant ces séances de TD, le travail en petit groupe est privilégié avec des étudiants placés en îlots. Les exercices s'appuient sur une mise en situation même courte (pour éviter le parasitage) mais qui familiarise les étudiants au passage réel/modèle, à la formulation d'hypothèses et à l'interprétation de résultats, ce qui constitue une première étape pour conduire les étudiants à résoudre des problèmes.
- Des séances de "Devoirs Encadrés" (DE) pendant lesquelles les étudiants travaillent en groupe sur un problème réel. La démarche de résolution et les connaissances à mobiliser ne sont pas explicitées dans l'énoncé. Ces séances ont lieu à la fin d'un chapitre (par exemple le chapitre "Principe fondamental de la dynamique") et conduisent les étudiants par groupe à mobiliser les connaissances vues précédemment pour résoudre un problème. Ils peuvent s'appuyer sur les documents de cours, sur les synthèses, ...; ils peuvent discuter entre eux et confronter leurs idées ; ils peuvent faire appel à l'enseignant qui répond aux questions, qui aide à lever les verrous, qui recadre les groupes qui s'égarer ou qui ont des difficultés. Un rapport écrit est rendu par groupe en fin de séance et fait partie du dispositif d'évaluation.

### Les outils et les périodes d'autoformation

Entre chaque séance en présentiel, des périodes plus ou moins longues d'autoformation sont organisées via une plateforme pédagogique "Moodle". On y trouve :

- Des vidéos dédiées courtes (ne dépassant pas 5 minutes) et centrées sur une notion essentielle (Figure 2). La vidéo peut concerner l'explication d'un principe (par exemple les équations vectorielles du principe fondamental de la dynamique). Elle peut présenter une démarche d'application (par exemple la démarche d'application du principe fondamental de la dynamique qui est systématique). Elle peut concerner une technique de résolution (par exemple la résolution d'un problème de statique en utilisant la statique graphique). Elle peut présenter des outils mathématiques à maîtriser (par exemple le produit scalaire et le produit vectoriel entre vecteurs de base). Elle peut simuler une expérience et présenter ses conséquences (par exemple sur le frottement ou sur les phénomènes d'équilibrage (Figure 2)). Elle peut présenter une nouvelle grandeur et son sens physique (par exemple le moment d'inertie d'un solide par rapport à un axe)
- En regard de ces vidéos, des autotests dédiés permettent à l'étudiant de s'assurer qu'il a bien compris les notions présentées dans la vidéo. Ces autotests "souvent simples" renvoient à la lecture de la vidéo correspondante.
- Des autotests basés sur des exercices standards. Ici, la mise en situation est inexistante ou réduite au minimum, l'objectif étant d'appliquer une formule (par exemple somme des forces extérieures appliquées à un solide égale vecteur nul pour le PFS) ou une technique de détermination (calcul du moment d'une force par rapport à un point dans le cas d'un problème plan et dans le cas d'un problème spatial). Ces autotests pour être efficaces nécessitent un ou plusieurs feedbacks pour que l'étudiant ne soit pas découragé, qu'il comprenne pourquoi il n'a pas réussi et qu'il surmonte la difficulté.
- Des ressources complémentaires mises à la disposition des étudiants. Ces ressources correspondent à des synthèses (tableau des liaisons, démarche d'application d'un principe fondamental sous forme d'organigramme) ou à des résultats (Tableau des matrices d'inertie de solides élémentaires); Mais elles peuvent aussi être élaborées par l'enseignant suite à une demande spécifique (comment aborder un problème de dynamique, comment dériver un vecteur de base)

### Les modalités d'évaluation

Des modalités d'évaluation viennent compléter l'ensemble du dispositif avec deux grands axes. Le premier concerne le pari de supprimer le devoir individuel sur table en temps limité en fin de module. Ce type d'évaluation qui s'apparente à celui des concours aux grandes écoles s'appuie sur des sujets assez calculatoires dans lesquels la réflexion sur la modélisation est souvent limitée avec une multiplication des questions permettant une correction plus aisée. Dans son format, ce type de travail correspond assez peu au travail demandé au futur ingénieur (une guidance développée, pas ou peu de ressources, un temps limité).

Le deuxième axe s'appuie sur l'intérêt de multiplier les modes d'évaluation comme le souligne Musial et al. [3] en prenant en compte l'importance des formats de connaissances. Le dispositif proposé permet trois types d'évaluation :

- Une première évaluation via les autotests effectués par les étudiants. Ces autotests concernent comme nous l'avons vu des savoirs fondamentaux (définition, unités d'une grandeur, hypothèses d'une loi) ou des exercices d'application directe (figure3). Ces autotests sont effectués en autonomie et l'étudiant peut se faire aider.
- La deuxième évaluation est organisée sous forme de tests individuels en début de séance de TD (tous les deux TD). Les attendus sont donnés en amont via la plateforme. Ces tests peuvent reprendre exactement des questions des autotests concernés par les savoirs attendus ou concerner une notion fondamentale présentée dans une vidéo. Ces tests concernent des savoir-faire peu complexes ou des connaissances spécifiques.
- La troisième évaluation s'appuie sur le travail de groupe proposé régulièrement au cours du module. En général, au minimum trois travaux de groupe sont organisés par module.

### Une évolution nécessaire du travail de l'enseignant

## Dans l'élaboration des ressources pédagogiques

L'élaboration puis la mise en œuvre d'un tel dispositif pédagogique conduit l'enseignant à faire évoluer ses pratiques. Comme nous l'avons vu, l'articulation des périodes de formation n'est pas un simple empilage de séances mais demande une réelle réflexion en amont sur les connaissances fondamentales, sur leur type (connaissances procédurales, connaissances conceptuelles, automatismes, ...), sur leur contenu et sur leur niveau de complexité. C'est la déclinaison fine des objectifs de formation et des difficultés attendues qui permettent d'élaborer des vidéos ciblées puis les autotests. Pour les séances de TD, les exercices sont proposés à partir d'une situation-problème, la connaissance abordée permettant de résoudre le problème posé. Enfin, les travaux de groupe s'appuient sur des énoncés où le questionnement est réduit à son minimum. L'élaboration de toutes ces ressources demande un travail conséquent et doit idéalement être le fruit d'un travail d'équipe. On peut cependant noter que ce mode d'apprentissage ne bouleverse pas la réflexion de l'enseignant liée à l'élaboration d'une séquence d'apprentissage. Ce travail de préparation complexe ne dépend pas directement du mode d'apprentissage mais la richesse de la pédagogie mixte offre des outils supplémentaires et permet alors à l'enseignant d'étendre le champ des dispositifs pédagogiques qu'il peut mobiliser.

## Dans la mise en œuvre et le suivi de la formation

Le positionnement de l'enseignant pendant les séances en présentiel évolue par rapport à un enseignement dit "traditionnel" même si ces évolutions ne sont pas forcément liées à la pédagogie mixte.

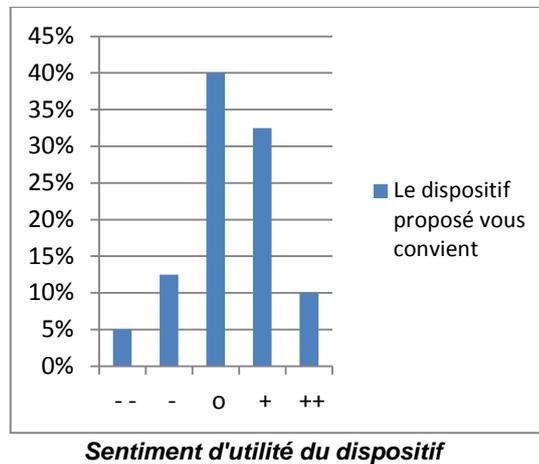
- ✓ Pendant les séances magistrales, l'enseignant ne dispense pas son cours. Il fait émerger ce qui est fondamental et s'appuie sur le suivi à distance pour identifier les points à développer.
- ✓ Lors des devoirs encadrés, il anime la séance en présentant le problème, puis en passant de groupe en groupe pour répondre aux questions et éventuellement lever au tableau une difficulté qui concerne l'ensemble de la classe. Il conduit le groupe à s'interroger sur le processus de résolution, sur les démarches, sur les outils les plus pertinents, ... Là, au travers des consignes métacognitives qu'il apporte pendant la séance, son rôle est essentiel en particulier pour les étudiants en début de cycle d'apprentissage qui découvrent ce type d'activité.

Enfin, le dispositif permet un accompagnement des étudiants très efficace par l'intermédiaire du suivi personnalisé sur la plateforme. Ce suivi doit être régulier car il permet à l'enseignant d'adapter les séances et de proposer des remédiations sous différentes formes (exercices supplémentaires en TD, mis en avant d'un point particulier en cours, documents ressources à disposition et/ou autotests supplémentaires). Il lui permet également d'identifier très vite les étudiants en difficulté et de leur proposer un parcours spécifique (Figure 4). L'indice de facilité indique le pourcentage d'étudiants ayant réussi la question et l'efficacité discriminatoire indique dans quelle mesure la question permet de discriminer les bons étudiants des moins bons compte tenu de la difficulté de la question (un pourcentage au-delà de 30% est conseillé).

## Des modes d'apprentissages différents pour les étudiants

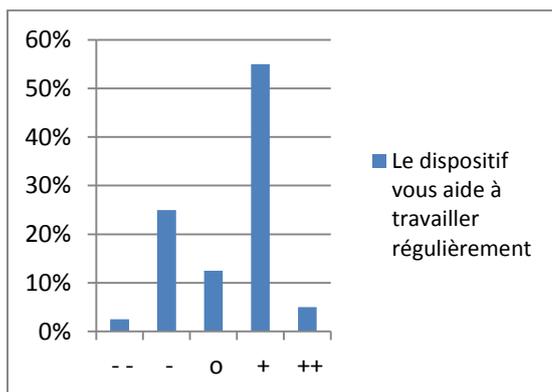
Le changement est tout aussi important pour les étudiants. Peu habitués à travailler en autonomie, en ayant à disposition un certain nombre de ressources, les étudiants ont besoin d'être accompagnés sur ces nouvelles modalités d'apprentissages. La mise à disposition des ressources pédagogiques et des autotests doit être structurée et la réactivité de l'enseignant doit être bonne lorsqu'une difficulté est identifiée via la plate-forme (même si les séances en présentiel permettent également d'y répondre).

Pour les étudiants interrogés sur ce nouveau dispositif (environ 60 étudiants de 1<sup>ère</sup> année), le dispositif mis en place convient à la grande majorité (83%) même s'il reste des réticences liées principalement à l'utilisation des outils informatiques pour travailler.

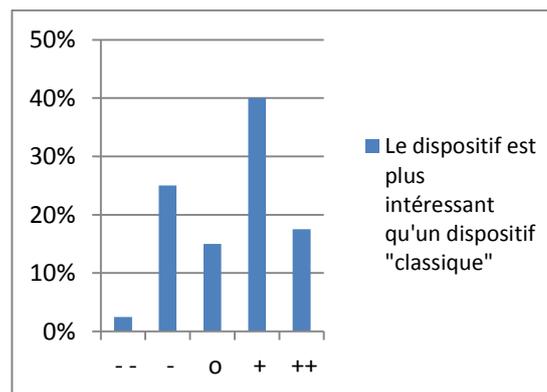


Pour la grande majorité des étudiants (73%), le dispositif aide à travailler plus régulièrement ce qui est un résultat attendu. Ces résultats correspondent à une formation de 1<sup>ère</sup> année où la contrainte liée aux autotests n'était pas forte (on pourrait par exemple exiger que pour tous les autotests en ligne, chaque étudiant ait au moins 60% de bonnes réponses avec des dates imposées, ce qui imposerait à l'étudiant de se connecter).

Enfin, 25% des étudiants pensent que le dispositif n'est pas vraiment plus intéressant qu'un parcours classique et près de 60% pensent que le dispositif est plus intéressant voire beaucoup plus intéressant (17%).



Régularité des apprentissages



Intérêt des apprentissages pour l'étudiant

Les résultats montrent qu'il n'y a pas de méthode miracle. Lorsque l'enseignant demande à l'étudiant de travailler, que ce soit via une plateforme pédagogique ou sur papier, il faut fournir un effort, se concentrer, buter sur des problèmes, ... Si la nouveauté du mode d'apprentissage peut séduire certains étudiants dans un premier temps, cela ne dure jamais très longtemps.

Par contre, ce nouveau mode d'apprentissage doit encourager l'enseignant à s'interroger sur "comment motiver les étudiants?". Le dispositif de pédagogie mixte tente au travers des exercices de TD et des DE proposés de montrer l'utilité des connaissances abordées. La variété des autotests proposés tente de diversifier les tâches (réponses calculées, choix multiples, degrés de difficulté progressifs, ...). Mais le retour de certains étudiants met en évidence la difficulté de proposer des exercices en lignes avec à la fois un degré de défi raisonnable et des feedbacks suffisamment nombreux pour susciter la motivation.

Indépendamment de l'élaboration des activités pédagogiques, les résultats du sondage et les réunions bilan font émerger principalement trois obstacles aux pédagogies mixtes :

- Le manque de temps d'assimilation pour certains étudiants pendant les phases d'autoformation.
- Le conservatisme des étudiants. De nombreux étudiants ont pour repère une pédagogie traditionnelle, et semblent démunis lorsqu'il leur est proposé ce nouveau mode d'apprentissage qui requiert une nouvelle organisation, de l'autonomie, l'utilisation de nouveaux outils. Cet obstacle peut être atténué par des explications claires et précises sur la structure de la formation.
- La nécessité de définir des objectifs précis et de mettre à disposition des éléments de synthèse (en particulier en début de cycle). Les étudiants ont un cours « papier » auquel se référer mais

éprouvent plus de difficulté à identifier ce qui est important (savoirs et démarches). Un effort supplémentaire d'explication et d'aide à l'étudiant pour comprendre les objectifs de cours semble nécessaire.

Une analyse plus fine des résultats du sondage montre que le dispositif de pédagogie mixte semble convenir principalement aux étudiants que l'on peut qualifier de standard, c'est-à-dire ni très à l'aise ni en grande difficulté. Une moitié environ des très bons étudiants y voit plutôt une contrainte car ils ont l'habitude d'écouter en amphi et de s'appuyer sur le polycopié de cours pendant les séances de TD et de travail de groupe. Les étudiants en difficulté ou peu travailleurs ne s'y retrouvent pas tous et une partie d'entre eux "baissent les bras".

## **Conclusion**

Depuis quelques années, l'enseignant, en écoles d'ingénieurs comme ailleurs, voit son environnement évoluer considérablement. Des outils numériques ont fait leur apparition, et les pédagogies mixtes font désormais partie de ces nouveaux dispositifs pédagogiques à sa disposition.

L'expérience menée à l'EPF montre l'intérêt d'une réflexion approfondie sur ces nouveaux modes d'apprentissage :

D'une part, une réflexion sur l'implication des différents acteurs : Comment accompagner les enseignants dans l'utilisation de ces nouvelles pratiques et comment les former ? Comment aider l'étudiant à appréhender ces nouveaux dispositifs d'apprentissage ?

D'autre part, une réflexion sur les modalités pédagogiques propres à ce nouveau type de formation : Comment organiser les périodes de formations ? Comment articuler le travail en ligne et les séances en face à face ? Comment gérer la personnalisation des parcours ? Comment conduire les étudiants à acquérir des compétences relatives à la résolution de problème ? Etc...

Toutes ces questions ne trouveront pas de réponses immédiates et « prêtes à l'emploi ». En revanche, elles obligent la communauté enseignante à un travail d'analyse et à une collaboration réflexive soutenue.

Mais l'intérêt du blended learning en école d'ingénieurs va bien au-delà des apprentissages "disciplinaires". Il conduit l'étudiant à apprendre à planifier son temps de travail avec le sentiment d'une meilleure maîtrise ou d'un meilleur contrôle, avec des opportunités de collaborations et de réflexions accrues. Elle développe une forme d'autonomie et prépare le futur ingénieur à travailler dans un environnement numérique où la connaissance sera en grande partie accessible, et où il devra constamment se l'approprier et la mobiliser collectivement. L'expérience menée est prometteuse et sera développée progressivement à d'autres champs disciplinaires.

**[1]** Means B., Toyama Y., Robert M., Bakia M., Jones K., *Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies*. 2009. Washington, DC: US Department of Education, 2009.

**[2]** Georges-Walker L., Keeffe M., *Self-determined blended learning: a case study of blended learning design*. Higher Education Research and Development, Vol. 29, February 2010.

**[3]** Musial M., Pradere F., Tricot A., *"Comment concevoir un enseignement?"* Guides pratiques "former et se former". Ed. De boeck.

C4  
SYNTHESE  
STATIQUE 1  
1h30

Objectifs :

Définir la notion d'action mécanique et les modèles associés

- Modélisation locale et modélisation globale
- Modélisation d'une action à distance et d'une action de liaison (liaisons parfaites hypothèses associées)

PERIODE D'AUTO  
FORMATION

Objectifs :

Caractériser la force exercée par un ressort

Passer d'un modèle local au modèle global

Connaître la modélisation des actions mécaniques de liaison 3D

Connaître la modélisation des actions mécaniques de liaison (problème plan)

Calculer le moment d'une force par rapport à un point dans le plan

Calculer le moment d'une force par rapport à un point dans l'espace

Statique – modélisation des actions mécaniques

**3 synthèses**

**3 vidéos**

**7 autotests**

TD6  
MODELISATION DES  
ACTIONS  
MECANIQUES

Attendus du test :

Connaître les actions transmissibles d'une liaison parfaite

Objectifs :

Savoir isoler un solide ou un ensemble de solides et effectuer un BAM extérieures.

Savoir modéliser ces actions mécaniques en utilisant des outils adaptés

Statique – Actions mécaniques de liaison

**Test3**

C5  
SYNTHESE  
STATIQUE 2  
1h30

Objectifs :

Enoncé du PFS –

A partir d'un exemple simple, mise en place de la démarche de résolution

Différents outils de résolution des équations du PFS

PERIODE D'AUTO  
FORMATION

Objectifs :

Appliquer l'équation de la résultante pour déterminer des forces

Appliquer l'équation des moments dans le plan pour déterminer des forces

Statique – Application du PFS dans des cas simples

**1 synthèse**

**2 vidéos**

**2 autotests**

TD7  
PFS  
CAS D'UN SEUL  
SOLIDE

Attendus du test :

Connaître l'énoncé du PFS – Application dans un cas simple

Objectifs :

Savoir appliquer le PFS dans le cas d'un seul solide

Statique – PFS cas élémentaire

**Test3**

PERIODE D'AUTO  
FORMATION

Objectifs :  
Connaître la traduction graphique du PFS dans le cas d'un solide ou d'un ensemble de solides soumis à deux ou trois forces

Statique graphique

1 vidéo  
1 autotest

TD8  
PFS  
CAS D'UN  
ENSEMBLE DE  
SOLIDES

Objectifs :  
Savoir appliquer le PFS dans le cas d'un problème plan pour un ensemble de solides (choix de l'isolement)

PERIODE D'AUTO  
FORMATION

Objectifs :  
Mettre en œuvre une stratégie d'isolement dans des cas relativement simples

Résolution d'un problème  
de statique

1 vidéo  
Sujets et corrections à  
disposition

DEVOIR ENCADRE  
STATIQUE

Objectifs :  
Savoir mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème de statique

Figure 1 : extrait du dispositif de 1<sup>ère</sup> année

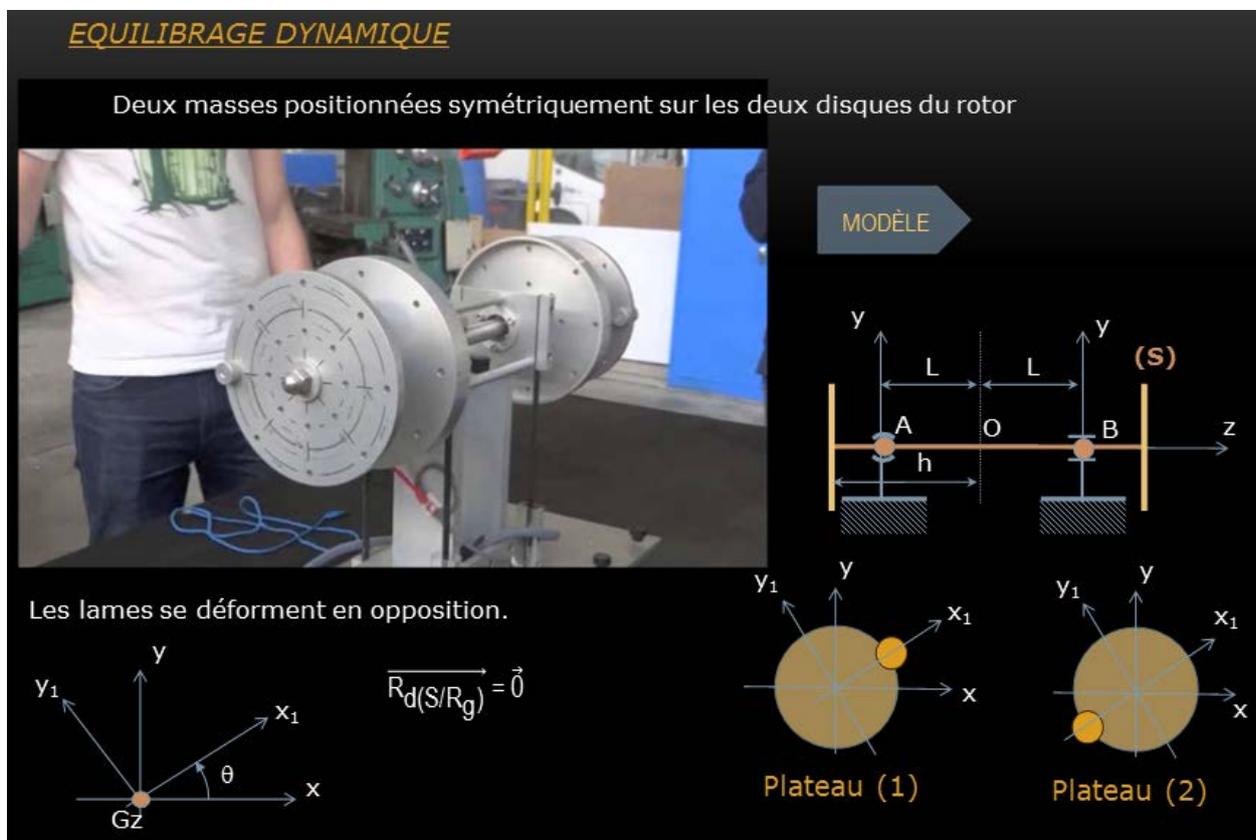
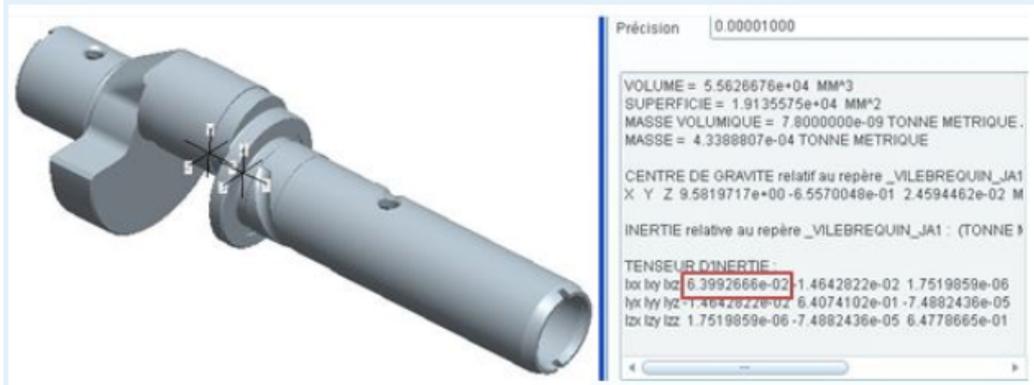


Figure 2 : image extraite d'une vidéo sur l'équilibrage

Un logiciel CAO donne les caractéristiques de masse d'un vilebrequin en rotation autour d'un axe Ox. Le repère relatif au vilebrequin est noté Oxyz. Les coordonnées du centre de gravité et le tenseur d'inertie (matrice d'inertie) sont donnés sur le fichier dans ce repère.



A quoi correspond la valeur encadrée ?

Veillez choisir au moins une réponse :

- au moment d'inertie autour de l'axe Gx
- au produit d'inertie autour de l'axe Ox
- au moment d'inertie autour de l'axe Ox
- au moment d'inertie autour de l'axe Oz

Figure 3 : extrait d'un autotest "Matrice d'inertie"

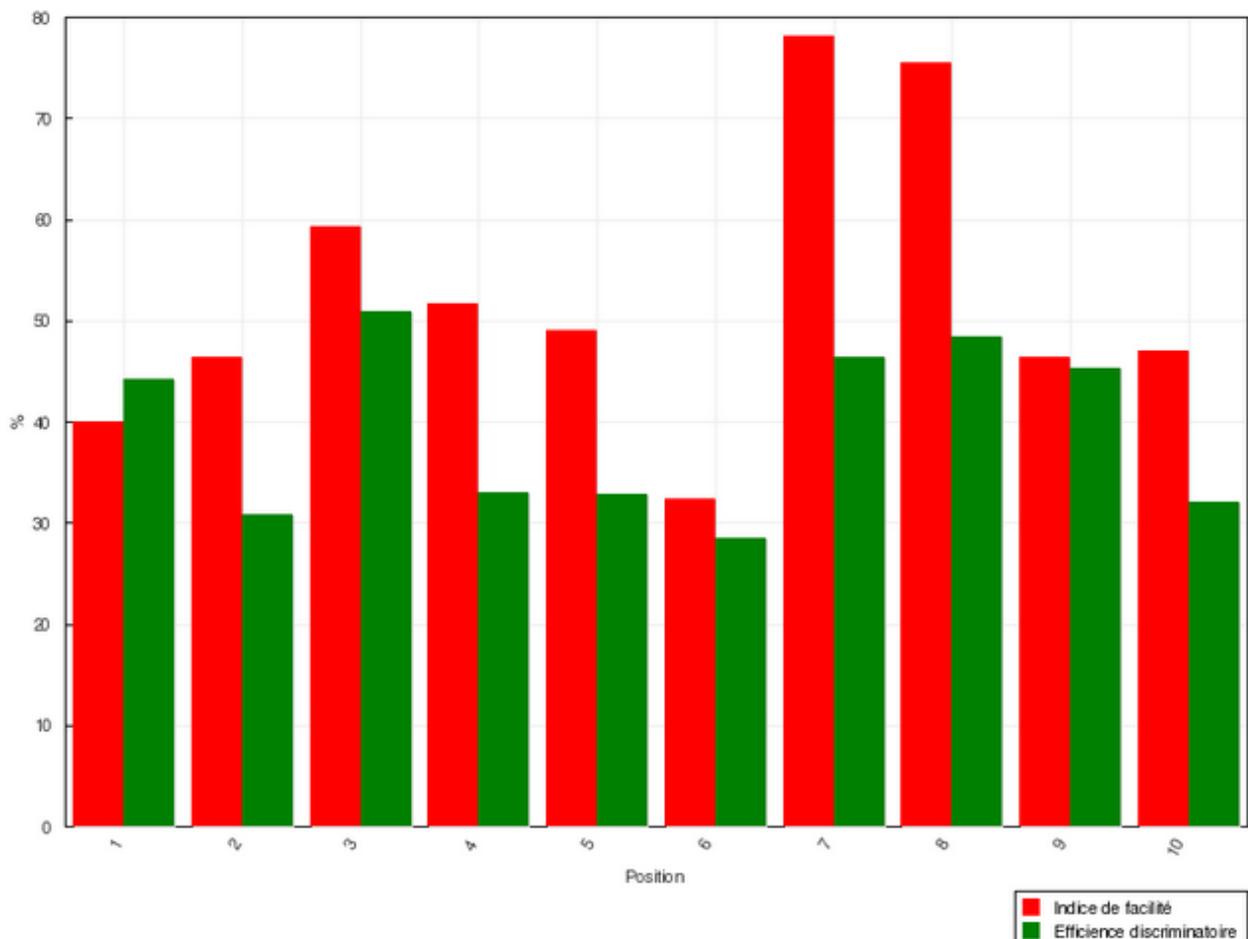


Figure 4 : analyse d'un autotest