

Une expérience de classe inversée à Paris-Est

LUC CHEVALIER, PIERRE-JÉRÔME ADJEDJ^[1] ET PÉDAGINNOV

Dans le cadre des « Initiatives d'excellence en formations innovantes » du programme des Investissements d'avenir, plusieurs projets liés à l'innovation pédagogique sont en cours au sein de la communauté d'universités et d'établissements Université Paris-Est. PédagInnov fait partie de ces projets. Son objectif est de créer un cadre d'échange et de réflexion sur des expériences de classe inversée menées auprès de filières, matières, publics et effectifs différents.

Conformément aux expériences pionnières de Jonathan Bergmann et Aaron Sams ou encore de Salman Khan, les expériences de classe inversée menées au sein de PédagInnov (voir en encadré) intègrent pour la plupart des moyens multimédias et notamment la vidéo dans les ressources fournies aux étudiants. Loin d'être une fin en soi, ces ressources répondent à un besoin précis dans les matières concernées. Ainsi, pour le cours de mécanique des solides déformables de la formation Génie mécanique, le professeur a développé des « capsules » de connaissances sur les déformations de structure qui nécessitent une visualisation de cette notion. Il en va de même pour l'enseignement sur les images de synthèse de la formation Image, multimédia audiovisuel et communication, où le professeur développe des ressources vidéo indispensables pour la compréhension du cours, et pour les cours de fondations en Génie civil, de dramaturgie des jeux vidéo, de conception mécanique des systèmes à engrenages, pour lesquels l'aspect cinématique est incontournable. Le soutien d'IDEA (voir en encadré) a

Mots-clés
démarche pédagogique, évaluation, postbac, réseau

permis d'ores et déjà la mise en place de classes inversées dans le cadre de plusieurs formations à l'Upem (université Paris-Est Marne-la-Vallée), à l'École des ponts et chaussées (ENPC École des ponts ParisTech) et à l'Upec (université Paris-Est Créteil Val-de-Marne).

Un constat, une opportunité

Le constat

L'offre de formations proposée aux étudiants au sortir du bac s'est considérablement enrichie au cours des deux dernières décennies. Le bac en poche, les étudiants les plus réceptifs à un enseignement traditionnel, généralement ceux qui ont de bons résultats, continueront sur la voie classique et tenteront les classes préparatoires, où ils pourront absorber les quantités de notions que les enseignants pourront mettre à leur disposition. Les autres, plus attirés par des cursus alliant la théorie et la pratique, tenteront un DUT ou un BTS, plus en conformité avec leurs attentes, puis une proportion importante d'entre eux seront aptes à intégrer une école d'ingénieurs, formation exigeante qui nécessite une implication personnelle importante.

Pour ces étudiants-ci, l'enseignement traditionnel se révèle parfois inadapté. Une habitude précoce de l'imédiateté, due notamment à l'usage

des technologies de l'information, a frappé d'obsolescence le « bon vieux temps » où l'élève était attentif et le professeur reconnu et respecté pour son savoir. À partir de ce constat, il paraît sensé de préférer à la déploration de ce « bon vieux temps » la recherche de solutions pour proposer aux publics actuels et futurs des solutions pertinentes ■.

Les constatations des enseignants sur le comportement des élèves convergent : faible participation active au regard des attentes, peu d'attention en classe, un travail personnel d'apprentissage insuffisant entre deux séances... Il en résulte logiquement une acquisition superficielle des connaissances, insuffisante pour acquérir un savoir-faire et une compétence à l'issue du cursus.

Rentabilité faible des séances en classe

À l'Esipe, école supérieure d'ingénieurs de l'université Paris-Est Marne-la-Vallée, qui accueille à 75 % des jeunes en formation d'ingénieurs par apprentissage, cette constatation est encore amplifiée par le fait que, la voie de l'apprentissage n'ayant pas, en France, très bonne presse, les « meilleurs » étudiants ne s'y précipitent pas. En conséquence, les étudiants eux-mêmes pensent qu'on peut y réussir sans travailler... Par quel miracle, l'histoire ne le dit pas ! Ce phénomène est cristallisé par le volume horaire de formation (1 800 heures sur trois ans) que les apprentis ingénieurs doivent subir sur moins de six mois, au lieu de neuf dans un cursus sous statut étudiant.

Néanmoins, les échanges avec des collègues enseignant dans des cursus de licence, de master ou de formation

[1] Respectivement : professeur des universités et directeur de l'école supérieure d'ingénieurs de l'université Paris-Est Marne-la-Vallée (Esipe) ; auteur, metteur en scène, formateur, enseignant dans la filière Imac de l'Esipe. Courriel : luc.chevalier@u-pem.fr.



© BENOÎT MAZINGUE

■ **Beaucoup d'élèves, même en formation d'ingénieurs, n'ont pas encore réalisé qu'on tire de l'école ce qu'on y apporte comme effort.** Heureusement, une fois cela compris, beaucoup ont une attitude plus positive que celle décrite ici...

d'ingénieurs sous statut étudiant ont permis de constater que leurs observations sont très semblables. Même à l'ENPC, au recrutement très sélectif, l'implication des étudiants dans le processus d'apprentissage n'est pas toujours à la hauteur des attentes des enseignants. La direction de l'ENPC s'étant engagée à offrir « une formation plus innovante sur le plan pédagogique » dans le cadre de la réforme de la formation des ingénieurs annoncée récemment, des professeurs de mathématiques enseignant l'analyse spectrale se sont joints au groupe PédagInnov.

Le postulat de la classe inversée se situe à rebours de la démarche consistant à combler les lacunes par la mise en place d'heures d'enseigne-

ment, de soutien, de rattrapage, de convergence ou de mise à niveau. En effet, comment imaginer qu'un jeune sortant par exemple d'un DUT où il aurait suivi 90 heures d'un cours de mécanique pourrait, s'il n'en a pas retenu ou compris les bases, combler ses lacunes en 4 heures, 8 heures ou même 32 heures de remise à niveau, quelle que soit la qualité de l'enseignant ?

Notre démarche de classe inversée repose au contraire sur une proposition « économe » en heures d'enseignement, misant sur la participation active des apprenants. Pour « rentabiliser » les heures de formation, quelle meilleure solution que d'impliquer l'élève en lui donnant l'envie (le cas échéant en le forçant) à s'intéresser

au contenu ? En somme, plutôt que de céder à la tentation de la déploration et d'évoquer « la baisse du niveau général », nous choisissons de réfléchir à la façon dont on pourrait solliciter plus et mieux les savoirs préalables et l'énergie des apprenants.

Accès aux connaissances instantané et gratuit

Aujourd'hui le savoir est accessible d'un seul clic ; alors, exit les profs ? L'Internet et les moyens technologiques à notre disposition, PC, tablettes, smartphones, changent notre relation à la connaissance, accessible partout, tout le temps et gratuitement. Elle se met à jour sur des espaces collaboratifs, tels que Wikipédia, rendant caduques, jusqu'à un certain degré,

livres et manuels... L'enseignant ne peut donc plus se contenter de venir devant son public pour apporter des connaissances en suivant un ordre logique, un cheminement de pensée rigoureux et démonstratif. Le risque est grand de lasser les élèves par des démonstrations longues et complexes alors que Google a déjà trouvé 25 sites où le résultat principal est encadré et prêt à l'emploi.

On peut toujours arguer que la formule sans la présentation de son origine n'est qu'un ersatz de connaissance, et que la mise en application pourrait tomber à côté de la plaque... Mais mille erreurs ne feraient pas renoncer les apprenants actuels, qui sont nés la même année que la mise à disposition de l'Internet pour le grand public : nous sommes face à des problématiques comportementales qui dépassent très largement le cadre de l'enseignement et relèvent de ce que Bernard Stiegler appelle la « destruction de l'attention ». Plutôt que de persévérer dans un combat d'arrière-garde perdu d'avance, il paraît préférable de prendre acte de ce bouleversement majeur dans le rapport au savoir et à l'information, et de questionner en conséquence les pratiques d'enseignement. L'objectif est à la fois de mettre l'élève face aux limites de la recherche non encadrée et d'inclure le potentiel de l'immédiateté dans la démarche d'enseignement.

Cela implique que le professeur se fasse reconnaître aujourd'hui pour d'autres qualités que son seul savoir : il doit devenir un promoteur de problèmes pratiques, un animateur de débat, un accompagnateur dans les processus d'apprentissage. La classe inversée autorise ce changement de point de vue, elle aide l'enseignant à se repositionner en le faisant s'interroger sur le processus d'acquisition de connaissances. Ce n'est pas la moindre de ses vertus.

L'opportunité : l'initiative IDEA

Deux éléments concomitants se trouvent au point de départ du projet PédagInnov. Tout d'abord, une préoccupation récurrente et partagée par de nombreux enseignants : « Comment impli-

	Démarche « classique »	Classe inversée
Apport de connaissances		
Apprentissage		

2 La démarche de classe inversée

quer davantage les élèves passifs en cours dans le processus d'apprentissage ? » (« tout en assurant néanmoins un apport de connaissances structurées », ajouterait l'enseignant dubitatif quant à l'approche par problème !). Ensuite, un témoignage de Marcel Lebrun sur la classe inversée dans le cadre d'un appel à projets IDEA au sein de la communauté d'universités et établissements (ComUE) Université Paris-Est (UPE).

Cet appel à projets propose des moyens pour développer des innovations pédagogiques autour des quatre items du sigle IDEA : individualisation, diversification, évaluation et accompagnement. Des moyens financiers notamment, permettant de développer les ressources nécessaires à la mise en place des méthodes pédagogiques en question. IDEA vise à une transformation progressive de l'accueil, de la formation, de l'évaluation et de l'accompagnement à l'insertion ou la réinsertion. Son ambition est de proposer une offre de formations innovantes adaptée à tous, y compris aux profils d'étudiant moins « classiques » (adultes en reprise d'études, étudiants internationaux, étudiants salariés...), d'améliorer la qualité des enseignements et de faciliter l'accès aux études et à la réussite tout au long de la vie. Le projet PédagInnov, qui s'inscrit dans ce cadre, est centré sur le principe de la classe inversée (*flipped classroom*).

Ainsi, plusieurs enseignants volontaires de l'Upem, l'ENPC et l'Upec ont décidé de mettre en œuvre ce principe de la classe inversée dans le contexte de l'enseignement supérieur et de com-

parer leurs expériences respectives. Sur la base du constat évoqué plus haut (faible participation active, insuffisance du travail personnel, faiblesse de l'acquisition des connaissances et faible rentabilité des séances en présentiel), le projet s'est construit autour d'un objectif prioritaire : l'optimisation du temps de cours en présentiel et l'implication des étudiants dans leur formation, pour améliorer la qualité de l'apprentissage et la réussite des étudiants.

Un principe, des déclinaisons

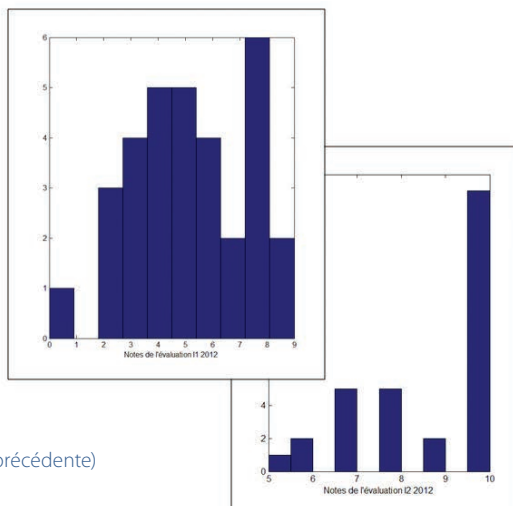
Le principe de la classe inversée

Le principe de base, le « cours magistral inversé », est pratiqué par un grand nombre d'enseignants sans qu'ils mettent forcément un nom dessus. En effet, à partir du moment où un professeur propose aux élèves de se préparer à la séance en classe en travaillant à l'avance sur le livre ou sur des exercices préparatoires, il s'inscrit dans une démarche inversée. Et la méthode fonctionne... avec un public d'élèves motivés qui savent pourquoi ils sont en classe. Autant dire que cela ne concerne qu'une petite partie des effectifs : trop souvent, le travail préparatoire n'est pas fait, ou l'est trop superficiellement. Dans ce cas, la préparation est sans effet réel sur l'attention en classe.

Le développement des technologies de l'information et de la communication (TIC) permet de mettre en place des ressources sous des formes plus variées (podcasts audio ou vidéo, diaporamas...), voire interactives (questionnaires de compréhension, lien vers des ressources associées...). Le pre-



- 1^{re} évaluation (/10)
 - Moyenne 5,2 (3,5)
 - Écart-type 2,3 (1,7)
- 2^e évaluation (/10)
 - Moyenne 8,75
 - Écart-type 1,55



(En bleu, les résultats de l'année précédente)

3 La comparaison entre les résultats en classe inversée (en noir) et les résultats en cours « classique » (en bleu entre parenthèses) à la première évaluation parle d'elle-même. À la deuxième, on note un vrai travail de préparation (8,75/10), et on identifie bien les décrocheurs

mier avantage de ces dispositifs est leur côté « fun » (pour reprendre un mot qui compte pour les apprenants actuels) – diversité des formats, possibilités multiples de consultation (ordinateur, tablette...). Pour peu que les contenus soient sur une plate-forme d'e-learning telle que Moodle (c'est le cas pour l'UPE), le suivi du travail des élèves sera facilité par la possibilité de savoir qui a accompli ou non les tâches demandées... avant même que la séance en présentiel ne commence.

Pour mesurer l'efficacité d'une telle approche, prenons l'exemple de la promotion de 1^{re} année de Génie mécanique de l'Esipe de l'année 2011-2012. On considère en premier lieu les résultats d'une évaluation ponctuelle de 20 minutes en début de la séance $n + 1$, après une séance n de 4 heures durant laquelle le professeur a présenté des concepts assez simples amenés progressivement avec moult exemples et exercices. Le professeur a prévenu en fin de séance qu'il a la réputation de faire des « interros surprises ». Bilan : la moyenne de l'évaluation, notée sur 10, est de 3,5, avec un écart-type de 1,7. Ce résultat témoigne d'une belle homogénéité en ce qui concerne le manque d'attention en classe et de travail d'apprentissage.

Inverser la classe, c'est inverser le processus, à plusieurs niveaux **2**. Dans une démarche traditionnelle, l'apport

de connaissances est mené en classe par le professeur, au tableau (avec ou sans photocopiés, avec ou sans projection de planches), les concepts étant généralement illustrés dans un second temps par des exercices d'application, éventuellement réalisés hors la classe, entre deux séances. Dans la classe inversée, l'apport de connaissances est réalisé hors la classe dans un temps plus ou moins contraint mais aménageable par l'étudiant, ce qui lui permet de revenir plusieurs fois sur une même notion, de chercher de nouvelles ressources, de valider une première fois sa compréhension en répondant à un quiz. Le cours en face à face sert alors à poser des questions auxquelles l'enseignant répond. Cette inversion des rôles change tout : dans l'enseignement traditionnel, l'enseignant pose des questions pour valider la compréhension sur les points qu'il pense clés, questions auxquelles seuls les plus actifs (souvent ceux qui ont le mieux compris) répondront. Dans la classe inversée, chaque apprenant soumettra des questions ou commentaires sur les points qui posent encore problème après la phase d'apprentissage en autonomie. On se donne ainsi toutes les chances d'explorer plus à fond le sujet traité. En d'autres termes, cela revient à passer d'une stratégie de contrôle de la compréhension à une stratégie d'approfondissement.

Cela redessine le rôle de l'enseignant qui, de passeur « descendant », devient chef d'orchestre. Garant de la partition globale, il va faire converger en les articulant les contributions de chacun, par la discussion ou le débat. Il pourra compter dans cette démarche de structuration des connaissances sur l'attention du plus grand nombre, dans la mesure où une proportion plus grande aura effectué le travail d'apprentissage. Combiné avec des exercices d'application adaptés, ce travail de structuration dynamique permet à chaque étudiant de dessiner un parcours de compréhension personnalisé, rendant possible un véritable saut cognitif. L'apprentissage réalisé peut être contrôlé sans attendre l'évaluation finale. Si l'on reprend l'exemple du cours de Génie mécanique évoqué plus haut, l'année suivante, en classe inversée, on obtient un réel gain, de 1,7 point, sur la moyenne à la première évaluation, réalisée dans les mêmes conditions que l'année précédente **3**.

Bénéfices attendus : plus de participation, appropriation, responsabilisation

Les bénéfices attendus de cette méthode sont multiples. Tout d'abord, l'apprentissage imposé *en amont* de la séance supprime le caractère hasardeux de l'apprentissage *après* la séance.

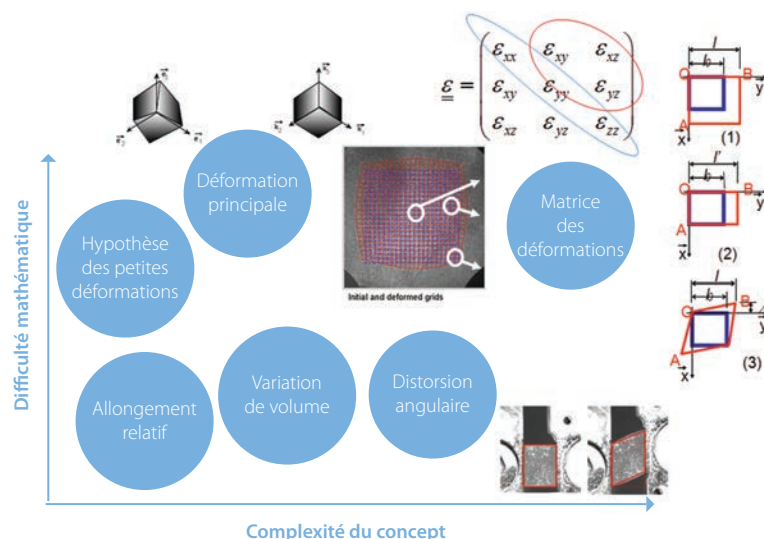
Cela favorise en premier lieu la participation active. Il faut néanmoins noter que l'inversion en tant que telle ne suffit pas à garantir mécaniquement que le travail sera fait : l'influence de l'enseignant dans cette étape est déterminante. Comme pour un cours traditionnel (plus encore peut-être), les règles doivent être clairement énoncées, et le professeur présent à distance par les moyens à sa disposition (courriel, ou forums et chats dans le cas d'une plate-forme d'e-learning). Dans ce cas, l'enseignant aura toutes les chances d'obtenir l'adhésion d'une majorité d'étudiants. Si l'on reprend l'exemple du cours de mécanique des solides déformables, 11 apprentis sur

23 (48 %) ont rendu le travail préparatoire des 6 séances la première année (cours traditionnel) ; ce chiffre passe à 18 apprentis sur 23 (78 %) en classe inversée (on considère comme participants ceux qui ont rendu au moins 5 travaux préparatoires sur 6) ; 4 apprentis ont eu 2 faiblesses sur 6 travaux, ce qui est beaucoup, et un seul n'a rendu que 2 travaux (cet apprenti a d'ailleurs quitté le cursus avant la fin de l'année). La progression est très nette d'une année sur l'autre.

Le deuxième bénéfice, découlant du premier, est relatif à l'appropriation du cours. Même l'élève le moins attentif, dès lors qu'il a réalisé le travail préparatoire, sera plus réceptif aux explications et illustrations du professeur, notamment pour ce qui concerne les notions sur lesquelles il aura lui-même buté. Il aura par conséquent plus de chances d'articuler les connaissances. Les capacités de l'enseignant à rendre vivant et dynamique le débat en classe, à faire participer les élèves à la construction d'une synthèse sont un plus, mais c'est bien la bonne exécution de ce travail préparatoire qui est déterminante.

Le troisième bénéfice attendu, qui découle de l'autonomie accordée aux étudiants, c'est la responsabilisation. Autre conséquence positive, la stimulation des démarches de coapprentissage. Le partage de questions et de commentaires lors de la séance présente est déjà en soi une forme de coapprentissage, du fait que où les interrogations sont mises en commun et que l'enseignant peut éventuellement pousser les étudiants à répondre eux-mêmes aux questions de leurs camarades, en complétant et corrigeant si besoin. Mais des démarches de coapprentissage peuvent également être initiées en amont de la séance dans le cas d'une plate-forme d'e-learning, par exemple au moyen de forums dédiés.

Mais ces bénéfices se limitent au cours concerné, et la prise de conscience des effets positifs d'un travail régulier n'est pas « contagieuse » : on ne note pas d'amélioration particulière pour les mêmes étudiants dans les matières enseignées de manière traditionnelle. Chassez le naturel...



4 Structuration des notions du jour par une présentation synthétique des points clés de la leçon dans un graphe « Complexité mécanique versus difficulté mathématique »

Mise en place de la méthode : structuration des contenus et préparation de ressources

Mettre en place ce type d'enseignement nécessite un travail de préparation classique des contenus, c'est-à-dire des compétences que l'enseignant possède déjà : découpage des séances, liste des notions à faire acquérir, exemples supports, application et évaluation de l'acquisition des notions transmises, proposition de travail de remédiation et d'entraînement pour ceux qui ne les ont pas acquises 4.

C'est sur la nature du découpage que les choses changent en classe inversée : il est capital de bien jauger la quantité de notions nouvelles que les étudiants pourront assimiler ainsi que la durée de la préparation qui pourra être demandée. C'est là qu'intervient un délicat travail d'équilibrage entre tâches préparatoires et séances présentes. Pour mieux évaluer ce qui peut être demandé aux étudiants, prenons en référence la quantité « officielle » de travail devant être fournie en théorie par un étudiant.

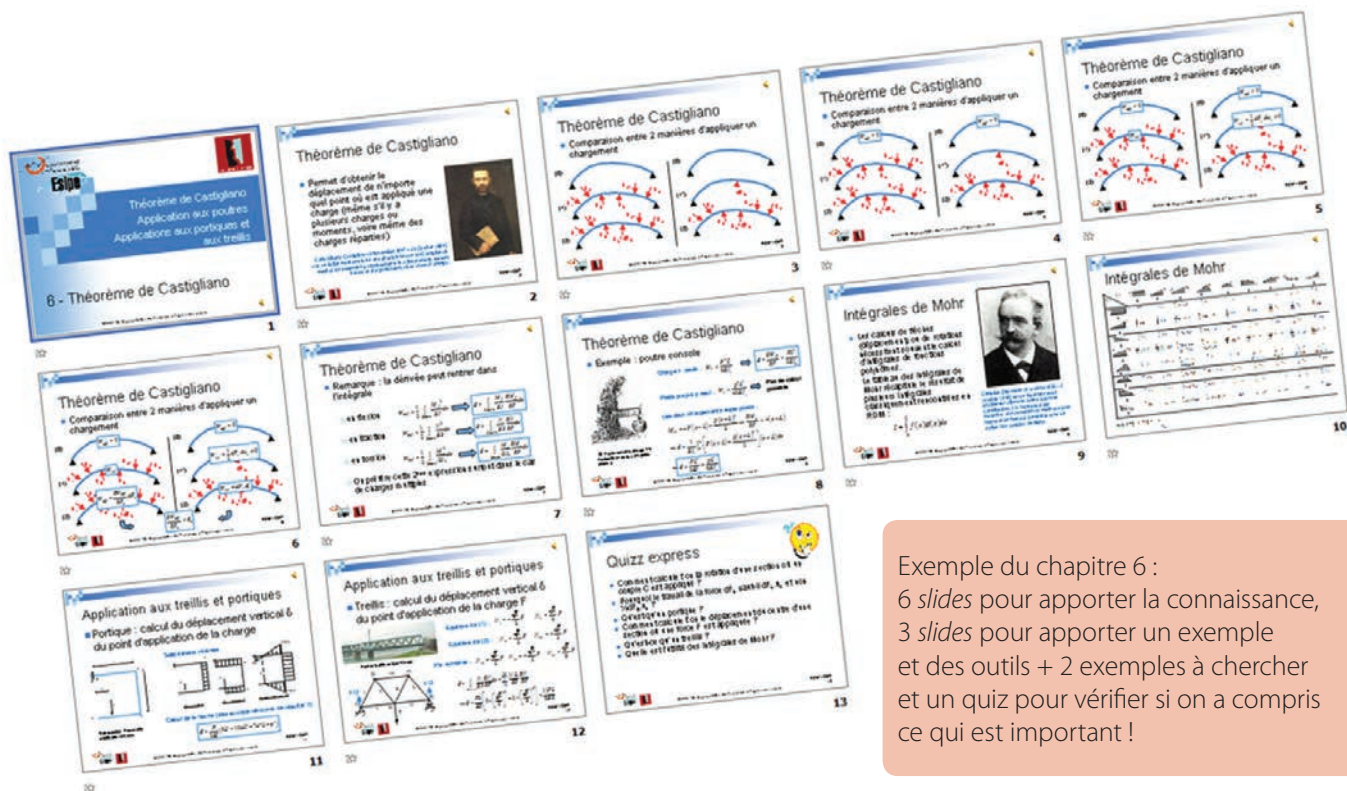
Le système de crédits européens ECTS a été mis en place sur la base d'un temps de travail global de l'ordre de 1 800 heures par an : à titre de comparaison, c'est à peu de chose près le temps de travail d'un salarié à 35 heures par semaine. Ainsi, un étudiant en cursus d'ingénieur avec environ 800 heures d'enseignement

programmé en 1^{re} année (un peu moins les deux suivantes à cause des stages) doit théoriquement fournir environ 1 000 heures de travail personnel en dehors des cours. Un étudiant de licence, avec 600 heures de cours par an, devra fournir pour sa part environ 1 200 heures de travail personnel. Donc, le travail personnel pour cette population oscille suivant les cursus entre 1,25 et 2 fois le temps de présence en cours.

La situation est différente en ce qui concerne les formations d'ingénieurs en apprentissage : en effet, l'étudiant se trouvant en entreprise la moitié du temps, il n'est donc tenu de consacrer, suivant la même règle des 1 800 heures, que 900 heures au travail académique : si son volume de cours est de 600 heures comme le recommande la CTI (Commission des titres d'ingénieur), la part du travail personnel sera de 300 heures, soit une demi-heure de préparation pour chaque heure de face-à-face pédagogique. Le taux chute donc à 0,5 fois le temps de présence en cours. Il est nécessaire d'avoir ces repères à l'esprit au moment de concevoir les ressources en classe inversée.

Différentes déclinaisons dans les cursus de l'UPE

La démarche de dialogue et d'échange au sein du groupe PédagInnov, si elle vise à produire une synthèse des



Exemple du chapitre 6 :
6 slides pour apporter la connaissance,
3 slides pour apporter un exemple
et des outils + 2 exemples à chercher
et un quiz pour vérifier si on a compris
ce qui est important !

5 Une série de planches pour présenter les connaissances de la séance du jour en Génie mécanique 2^e année

diverses expériences, autorise et même encourage, en marge des expériences appliquant la méthode stricto sensu, diverses déclinaisons et adaptations.

Applications stricto-sensu de la méthode

Mécanique des solides déformables / structures à base de poutres (Génie mécanique/Esipe)
Deux cours en classe inversée ont été menés cette année par Luc Chevalier : le cours de mécanique des solides déformables en 1^{re} année, déjà concerné l'année passée, et pour la première fois le cours de structures à base de poutres en 2^e année. Ces cours plutôt théoriques traitent de la déformation des solides sous l'effet d'efforts, le cours de 2^e année abordant plus particulièrement les solides allongés, dont la géométrie permet la mise en place d'une théorie simplifiée souvent appelée « résistance des matériaux ». Réalisée en binôme avec Yun Mei Luo, maître de conférences à l'Upem, la partie « travaux d'application » se fait, suivant les effectifs, avec un ou deux enseignants. Dans les deux cas, la séquence pédagogique se déploie comme suit :

- Une séance introductive présentant les objectifs du cours, le concept de cours magistral inversé, la séquence pédagogique, les compétences à atteindre et le découpage du cours en séquences de 4 heures.
- Des séances de 4 heures qui se déroulent en cinq phases :
 - ① Envoi des ressources avec quiz à J - 7
 - ② Retour des résultats du quiz et des commentaires à J - 2
 - ③ Correction commentée du quiz et structuration des connaissances le jour J
 - ④ Travaux d'application le jour J
 - ⑤ Évaluation rapide le jour J

À l'issue des évaluations, des exercices complémentaires sont proposés aux étudiants qui n'ont pas réussi le travail. Des commentaires sont faits sur les exercices retournés au professeur. Un examen final est envisagé, et reprend tout ce qui a été vu lors des séances de synthèse et en travaux dirigés.
Avec les étudiants de 1^{re} année, les ressources proposées sont une évolution des planches PowerPoint

qui servaient de support au cours magistral sous sa forme classique, qu'il était nécessaire de rendre « auto-suffisantes » pour introduire les concepts abordés. Chaque série de planches, réparties entre les différentes séances, était systématiquement liée à un quiz. Dans la phase préparatoire, les échanges entre étudiants et professeur s'effectuaient par messagerie électronique.
Avec les étudiants de 2^e année, les ressources proposées sont des planches PowerPoint du même type que celles de 1^{re} année, enrichies de commentaires audio. Chaque planche est « racontée » par le professeur et le chargé de TD, qui présentent le contenu, discutent des difficultés et subtilités, proposent de faire telle ou telle action avant de « tourner la page » **5**.
Le tout est déposé sur Moodle, la plate-forme d'e-learning accessible aux étudiants sur l'environnement numérique de travail (ENT). Pour l'année à venir, il est prévu de créer des podcasts vidéo à partir de ces planches. Ils seront réalisés au moyen d'Adobe Presenter, outil disponible sur la plate-forme de podcasting de l'UPE.



6 Ressources et sondage pour le cours de dramaturgie des jeux vidéo

Pour les séances elles-mêmes, l'ensemble des exercices et applications ont été répartis en deux catégories : ceux strictement ciblés sur les notions à acquérir au cours de la séance d'une part, ceux nécessitant l'utilisation des séances antérieures d'autre part, qui seront à faire plutôt en fin de TD.

Dramaturgie des jeux vidéo / expression-écriture (Imac/Esipe)

Pierre-Jérôme Adjedj, auteur et metteur en scène, intervient en Imac (Image, multimédia, audiovisuel, communication). Les deux matières enseignées aux étudiants de 1^{re} année entrent dans le champ des matières dites artistiques (par contraste avec les matières « scientifiques »), et sont déployées sur un semestre complet (12 semaines). Pour cette année, neuf cours en présentiel étaient programmés, les trois autres semaines, réparties dans le semestre, permettant de donner plus de temps pour le travail à distance.

L'objectif du cours d'expression-écriture est d'aborder les questions liées à l'écriture et au langage, tant à travers l'analyse de textes existants que par des exercices pratiques d'écriture. Le but à atteindre est de permettre à ces

étudiants, dont la plupart présentent un profil scientifique, de dépasser leurs propres appréhensions et inhibitions face à l'écrit, en prenant conscience à la fois de l'importance de celui-ci comme véhicule de la pensée et de leurs propres capacités d'expression.

Le cours de dramaturgie des jeux vidéo propose de s'interroger, en faisant intervenir des notions de dramaturgie comparée mais également de sociologie, de psychologie ou encore de philosophie, sur le potentiel du jeu vidéo en tant que moyen d'expression 6. Avec les étudiants, dont une grande partie sont forcément au fait des jeux vidéo, est menée une réflexion sur la façon dont le jeu peut, à l'instar des autres arts narratifs, être porteur de sens et nourrir des processus émotionnels complexes.

Ces matières pouvant mobiliser dans une grande mesure les savoirs préalables des apprenants (notamment sur le sujet du jeu vidéo !), l'utilisation de la classe inversée a paru s'appliquer naturellement. Le débat et la réflexion collective ayant une grande place dans ces enseignements, l'idée était de chercher à développer une dynamique nouvelle aboutissant à ce qu'on pourrait appeler la « démocratie pédagogique ». Tout en définissant claire-

ment la position et les responsabilités de chacun (enseignant et apprenants), il s'agissait d'initier des processus de coconstruction et de coapprentissage à même de créer un fonctionnement plus horizontal, favorisant l'autonomie des étudiants et améliorant sensiblement la quantité de connaissances partagées. Afin de pousser plus loin ce principe de démocratie pédagogique, il était proposé régulièrement aux étudiants (au moyen de questionnaires sur la plate-forme numérique), d'évaluer, sur la base du volontariat, la qualité des ressources sur la forme et sur le fond. On notera que le taux de participation à ces sondages s'établissait systématiquement autour des 30 %. Dans les faits, la démarche de classe inversée (préparation en amont et questions en face à face) a été un peu transformée, dans la mesure où une partie notable des exercices étaient réalisés en amont de la séance et discutés en cours.

Le résultat « brut » (les notes et l'évaluation de la masse de travail fournie) est plutôt satisfaisant, puisqu'une proportion plus grande d'étudiants effectuaient le travail à distance, et que le nombre d'élèves ne réalisant que partiellement le travail était très faible. À titre d'exemple, les travaux intermédiaires en expression-écriture, présentés comme obligatoires mais non notés, ont été effectués par un pourcentage d'étudiants variant de 89 à 96 % ! Mais, paradoxalement, la grande autonomie accordée aux étudiants (à laquelle ils adhèrent spontanément en début de semestre) crée un effet indésirable : certains manifestent leur désappointement en affirmant, par exemple, qu'ils ont l'impression « de ne rien apprendre », ou encore qu'ils ne voient pas le lien entre les différents travaux effectués. Cette résistance, au-delà du caractère perfectible de la structuration des processus, semble clairement s'expliquer par une insuffisance de processus « ostensiblement » descendants. Ce que l'étudiant comprend par lui-même du fait des ressources et des processus proposés par le professeur, il pense qu'il le savait déjà ! Même si ces résistances reposent



en grande partie sur des représentations fausses qu'il faut amender, il paraît nécessaire de renforcer la « démonstration visible » des processus proposés.

Fondations et ouvrages de soutènement (Génie civil/Esipe)

Vincent Pensée, responsable de la filière Génie civil de l'Esipe, filière d'ingénieurs en apprentissage, a été amené à prendre en charge le cours de fondations et d'ouvrages de soutènement de 2^e année dans un délai très court. Comme ce cours s'inscrit dans la continuité du cours de mécanique des sols qu'il assurait déjà, il a décidé de l'inclure dans l'expérimentation de classe inversée. Pour cette expérimentation, et compte tenu du délai très court, il a décidé de se passer des outils en ligne, qui représentent une contrainte et une charge de travail supplémentaires.

Les apprentis ont été sollicités pour ce cours en amont de leur retour en séquence académique. Pour contribuer à l'intégration de la formation en alternance, il était demandé aux apprentis de choisir et lire un rapport d'études géotechniques. La demande était accompagnée d'un guide de lecture - questionnaire à renvoyer avant le début du cours. Une synthèse a été présentée lors de la première séance en classe. Il leur était demandé d'envoyer (si possible) le rapport lu, ce qui a permis d'enrichir la base d'études de cas de l'enseignant.

Dès la première séance a été présenté aux apprentis le principe général du cours. Il est basé sur trois éléments :

● Documents venant de l'enseignant et exercices

Les documents de cours sont centrés sur les aspects scientifiques et calculatoires du cours. Pour cette partie, c'est le principe de base de la classe inversée qui a été retenu : envoi d'un document (PDF) accompagné d'un guide de lecture (questionnaire d'autoévaluation) et travail autour d'exercices pendant la séance après avoir répondu aux interrogations sur le document transmis.



7 Sujet du projet de synthèse en fondations et ouvrages de soutènement

● Exposés avec groupe garant

Les aspects technologiques et réglementaires sont apportés par les étudiants sous forme d'exposés. Pour optimiser la participation, une idée présentée par Marcel Lebrun a été retenue, celle d'affecter un « groupe garant » au groupe exposant (3 étudiants pour chaque groupe). Le groupe exposant présente le thème qui lui est affecté, le groupe garant prépare cinq questions, à remettre à l'enseignant avant l'exposé, qui concernant des savoirs de base sur le sujet. Il aura bien entendu préparé un support contenant les réponses à ces cinq questions.

Les thèmes d'exposés ont été envoyés avant le début du cours : il était demandé aux élèves de se positionner sur deux sujets possibles en justifiant leurs choix (par l'expérience professionnelle, par exemple). Le calendrier des exposés et le choix des groupes ont été fixés dès la première séance.

● Projet de synthèse

La dernière séance a été consacrée à la rédaction d'un rapport d'étude géotechnique en phase d'étude préalable sous forme de jeu de rôle. Il s'agissait du projet « virtuel » de construction de l'Esipe sur le terrain entre le boulevard Copernic et l'ENPC 7. Si le projet est virtuel, les données sont réelles (ou presque), issues de l'étude menée pour la construction du bâtiment Bienvenue.

Globalement, une séance de 4 heures comportait une synthèse des questions sur le document transmis, faisant le lien éventuel avec les exercices à venir lors d'une séance d'activités qui reprendrait les éléments de cours au fur et à mesure, et un ou plusieurs exposés.

Des déclinaisons

Analyse spectrale (ENPC)

Chercheur à l'École des ponts, Gabriel Stoltz enseigne depuis trois ans l'analyse spectrale (13 séances de 3 heures) en 2^e année, dans la filière Ingénierie mathématique et informatique. Il s'agit d'un cours de mathématiques fondamentales, concentré sur la transformée de Fourier et la théorie des opérateurs. Il est dispensé à un horaire très tardif, le mercredi après-midi de 16h15 à 19h30, de début octobre à fin février. Pour la première fois, Gabriel Stoltz coenseignait avec Virginie Ehrlicher, une autre chercheuse de l'ENPC. Un des objectifs principaux de Gabriel Stoltz était la formation de sa collègue aux techniques de la classe inversée. Pour ce faire, ils ont mené plusieurs séances à deux, Gabriel Stoltz servant de « coach » en situation.

Après quelques tâtonnements et de nombreuses discussions avec des collègues, notamment dans le cadre des réunions du groupe de travail Pédagogique d'IDEA, un certain nombre de principes ont été retenus.

Durant l'été précédent a été rédigé un syllabus décrivant les objectifs de la matière enseignée, l'organisation du travail en séance et hors séance, les moyens de contacter les enseignants, un descriptif précis du contenu de toutes les séances, et un petit questionnaire d'évaluation des prérequis. Ce syllabus a permis de gagner de manière notable en efficacité sur la préparation des séances, que ce soit pour les enseignants ou pour les étudiants.

Les étudiants reçoivent à la première séance un polycopié à trous comportant les définitions, les résultats principaux ainsi que de très nombreux exercices de deux catégories : démonstration des résultats donnés, ou applications desdits résultats.

Une séance typique commence par la réponse aux questions des étudiants sur les pages du polycopié qu'ils doivent lire d'une semaine à l'autre (ces questions étaient nombreuses cette année, car motivées par une lecture fine et exigeante du polycopié à trous). Un quiz surprise (4 questions de cours) peut éventuellement être proposé, corrigé sur place par les enseignants et rendu en séance. On procède ensuite en groupes de 3 ou 4 étudiants à la résolution des exercices du jour ; une correction complète et une rédaction modèle sont mises en ligne le soir même par les enseignants, afin que les étudiants puissent les travailler pour la semaine suivante.

Certaines séances (3 ou 4 sur le semestre) prévoient un moment de restructuration où l'enseignant prend de 20 à 30 minutes pour redessiner la structure des contenus du cours et résumer quelques points de méthodes importants vus de manière pratique dans les séances précédentes. L'objectif d'une telle restructuration est d'éviter de laisser les étudiants dans le flou que pourrait leur procurer une lecture séquentielle du polycopié, sans vision globale. À deux reprises également, il a été demandé aux étudiants de préparer un QCM sur le contenu du cours, en partant du principe qu'il est plus dur de poser une bonne question que d'y répondre !

Synthèse d'image (Imac/Esipe)

Venceslas Biri enseigne la synthèse d'image en 1^{re} année de la filière d'ingénieurs Imac, la seule de l'Esipe qui ne soit pas en apprentissage. Il a expérimenté la classe inversée sous une forme légèrement dérivée pour les besoins de cet enseignement. Il y a dans ce cours deux parties assez différentes : une partie mathématique d'abord, indispensable pour comprendre le fonctionnement des algorithmes et de la 3D en général ; une partie théorique ensuite, sur les trois composantes rendu, modélisation et animation (l'aspect modélisation a été privilégié, le rendu étant abordé à nouveau en 2^e et en 3^e année, et l'animation l'étant peu faute de temps). On a donc deux parties avec des dynamiques différentes : la première partie, plus « applicative » avec des concepts mathématiques à retenir, convient bien au cours magistral inversé. La seconde partie est plus théorique, plus orientée « culture générale ».

On notera que ce cours s'appuie également sur 12 × 2 heures de TD (TP machine), où un certain nombre de concepts de programmation en 3D sont abordés, plutôt orientés sur le rendu, et utilisant de temps à autre des notions mathématiques. Mais, globalement, les TD restent dissociés du cours magistral.

La séquence pédagogique comprend :

- Une séance introductive présentant les objectifs du cours, le concept de cours magistral inversé, les attentes de l'enseignant, la séquence pédagogique, puis l'état de l'art dans le domaine de la synthèse d'images ;
- Une séance sur le rendu, plutôt une séance de culture générale autour des deux principales méthodes de rendu des images de synthèse ;
- Trois séances sur les mathématiques se terminant par une interrogation *sans document* portant sur les notions mathématiques abordées dans le cours ;
- Sept séances sur la modélisation et l'animation, également une partie théorique, orientée culture générale.

À partir des séances de modélisation et d'animation, les étudiants travaillent sur un mini-projet de modélisation 3D. Un examen final est parfois envisagé ; il reprend alors tout ce qui a été vu en cours magistral, mais aussi en TD.

La partie transmissive est réalisée sous forme de capsules vidéo, dont la longueur est perfectible (de 7 min à un peu moins de 20 min pour les plus longues). Ces vidéos sont des captures d'un fichier PowerPoint sur lequel l'enseignant peut dessiner (en utilisant une fonctionnalité native de PowerPoint). Les diapositives sont également mises à disposition, mais seulement vers la fin de l'année. La totalité des ressources est déposée sur Moodle.

Pour les séances elles-mêmes, l'enseignant a dû créer un ensemble non négligeable d'ateliers, d'exercices et de séances d'échange autour des différents concepts. Cette partie était réalisée intégralement sur papier.

Les attentes, les pièges à éviter

Communiquer sur la méthode et les attendus

La plus grosse difficulté rencontrée par presque tous les participants se situe au niveau de l'adhésion des élèves au concept. Souvent habitués à suivre un enseignement descendant sans implication effective et à mener un travail d'apprentissage superficiel, beaucoup d'entre eux rechignent à effectuer le travail préparatoire, et ne sont pas opérationnels lors de l'application en classe. De ce point de vue, le concept est clivant, et peut accentuer les écarts entre les meilleurs et les moins performants. Les deux leviers permettant de résoudre en partie ces problèmes sont d'une part le contrôle du travail que permettent les plateformes telles que Moodle, et d'autre part une communication préalable soignée pour bien expliquer l'intérêt de la méthode et ses bénéfices pour l'élève. Entre pédagogie et contrôle, il y a un subtil équilibre à trouver.

Autre difficulté, l'analyse des retours sur le travail préparatoire en vue des échanges et de la structuration. Le nombre de documents à consulter



Grille d'auto évaluation

Liste de compétences
"Mécanique des solides déformables"

- A : je connais la notion, je sais la reconnaître et l'utiliser dans un problème
- B : je connais la notion, je sais l'utiliser sur un exemple donné
- C : je connais la notion, je ne sais pas l'utiliser
- D : je ne connais pas la notion

		A	B	C	D
C1.1	Interpréter et manipuler les composantes d'une matrice de déformation.				
C1.2	Rechercher des directions principales de déformation.				
C1.3	Calculer une matrice des déformations à partir d'un champ de déplacement				
C2.1	Interpréter et manipuler les composantes d'une matrice des contraintes.				
C2.2	Vérifier l'équilibre local d'un volume élémentaire.				
C2.3	Exprimer les conditions limites en effort localement et globalement sur une surface				

Remplir cette fiche d'auto évaluation. Pour chaque compétence, rédiger un paragraphe qui apporte la preuve de l'acquisition de la compétence visée.



8 À partir de la grille d'autoévaluation, l'élève peut objectivement mesurer s'il est prêt pour le contrôle final. Plutôt que de porter des croix dans les cases, il est possible de multiplier les colonnes pour suivre l'évolution au cours du temps et d'indiquer A, B, C ou D directement dans la case



9 Grille du haut, pour chaque question, un taux de réussite de 0 à 1 et en 1^{re} ligne les points de barème pour la question. Exemple : Q1 est notée sur 1,5 point, l'élève de la 5^e ligne a parfaitement réussi la question, il a un taux de 1, et ce (1 x 1,5) vient s'ajouter à son total des points pour obtenir la note sur 20. Grille du bas, la moyenne des taux de réussite de toutes les questions des interrogations et des contrôles permet d'évaluer le pourcentage de maîtrise de la compétence et d'en déduire la lettre appréciation

(proportionnel à l'effectif), de formats divers, est important, ce qui constitue une charge de travail qui s'ajoute à celle, déjà considérable, que demande la création des ressources. Pouvoir s'appuyer sur les fonctionnalités de la plate-forme Moodle et préparer des

questionnaires ou des quiz à remplir en ligne, c'est une aide incontestable au dépouillement des retours, mais cela a un prix en temps de travail.

Enfin, le suivi individualisé lors des périodes d'application en classe (TD) mobilise beaucoup plus l'enseignant

qu'une animation de TD avec commentaires, correction et passage éventuel d'élèves au tableau. Un effectif trop important peut frustrer les élèves « bloqués », qui doivent patienter longuement avant que l'enseignant soit disponible : animer ces séances à deux est indispensable (1 enseignant pour 15 au maximum) pour une réelle efficacité du concept.

Éviter le décrochage, tester les prérequis

Cette méthode, aussi performante soit-elle pour mettre le plus grand nombre au travail, ne produit jamais d'effets positifs sur 100 % des élèves de la classe. Quand bien même une forte proportion réalise le travail préalable, nous n'avons aucune assurance sur la qualité de ce dernier ; il y a toujours des possibilités de le bâcler. Nous sommes fondés à penser que ceux qui ne s'impliquent pas décrochent encore plus vite que lors d'un enseignement traditionnel. Mais c'est aussi que l'enseignant s'en rend compte plus rapidement, bien en amont du contrôle terminal ! Sans une vigilance particulière de l'enseignant, les écarts se creusent entre le cœur de la classe qui progresse et ceux qui restent derrière : certains ne sont pas prêts à faire l'effort nécessaire pour prendre en main leur formation, et d'autres n'y arrivent pas faute de prérequis suffisants.

Il est donc nécessaire de tester ces prérequis et de proposer des travaux préliminaires de mise à niveau, afin de s'assurer qu'aucun élève ayant la volonté d'accomplir le travail ne décroche faute de connaissances suffisantes ou de compétences méthodologiques. On notera que ces travaux préliminaires ne peuvent se substituer aux cours des années précédentes : là encore, il s'agit d'aider l'étudiant tout en l'incitant à faire preuve d'autonomie, en prenant en charge une partie de sa remise à niveau, par exemple en reprenant ses cours des années passées. Le contrat entre l'étudiant et l'enseignant, fixant les responsabilités de chacun, doit être extrêmement clair sur ce point.

Les organisations mises en place

Le projet

C'est à partir des expériences de classe inversée menées par Marcel Lebrun, spécialiste en technologies de l'éducation, et présentées lors d'un séminaire d'IDEA (Individualisation, diversification, évaluation et accompagnement), qu'une équipe pédagogique de l'Esipe, l'école supérieure d'ingénieurs de l'université Paris-Est Marne-la-Vallée (Upem), face au constat d'un enseignement de moins en moins adapté aux étudiants du supérieur, s'est lancée dans cette aventure pour enseigner et apprendre différemment. L'équipe, menée par son directeur Luc Chevalier, a ainsi créé le projet PédagInnov en collaboration avec IDEA pour ouvrir cette initiative à d'autres membres de la communauté d'universités et établissements (ComUE) Université Paris-Est (UPE) : l'ENPC École des ponts ParisTech et l'université Paris-Est Créteil Val-de-Marne (Upec).

IDEA

Lauréat de l'appel à projets « Initiatives d'excellence en formations innovantes » (Idefi) du programme des Investissements d'avenir, IDEA encourage le développement de projets d'innovation pédagogique destinés à améliorer la réussite et l'intégration de tous les publics.

IDEA implique huit établissements membres de l'Université Paris-Est : l'Upec, l'Upem, l'ENPC, l'école des ingénieurs de la Ville de Paris, l'École spéciale des travaux publics, du bâtiment et de l'industrie, l'ESIEE Paris, l'École nationale supérieure d'architecture de la ville et des territoires à Marne-la-Vallée et l'École nationale vétérinaire d'Alfort. Porté par la communauté Université Paris-Est, IDEA bénéficie d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche (ANR) au titre du programme des Investissements d'avenir.

<http://idea.univ-paris-est.fr/>

PédagInnov

L'objectif commun avec le projet PédagInnov est de créer un cadre d'échange et de réflexion sur des expériences de classe inversée menées auprès de filières, matières, publics et effectifs différents. Il s'agit également de diffuser les résultats auprès de la communauté pédagogique par des publications et des journées de formation ouvertes à tous les membres de l'Université Paris-Est et au niveau national, notamment grâce au réseau des Idefi.

<http://idea.univ-paris-est.fr/fr/projets-lances/document-1558.html>

Responsable du projet : Luc Chevalier, professeur des universités et directeur de l'Esipe

Collaboration : ComUE UPE, Esipe, ENPC

Financement : Idefi IDEA

Outre Luc Chevalier, le groupe PédagInnov est actuellement constitué de :

Pierre-Jérôme Adjedj, auteur, metteur en scène, formateur, enseignant dans la filière Imac de l'Esipe

Gabriel Stoltz, ingénieur en chef des ponts, eaux et forêts, chercheur à l'ENPC

Benoît Jacquet-Faucillon, professeur agrégé de mécanique, directeur de la filière mécanique de l'Esipe

Venceslas Biri, professeur des universités à l'Upem, chargé de mission « innovations pédagogiques »

Vincent Pensée, Françoise Utheza, Élie Favier, Étienne Duris, maîtres de conférences à l'Upem, respectivement en génie civil, énergétique, mécanique, informatique, tous enseignant à l'Esipe

Michaël Maschek, professeur associé à temps partiel à l'Upem

Grilles de compétences, autoévaluation

Dans le même ordre d'idées, offrir aux étudiants les moyens de mesurer eux-mêmes leur taux de réussite ou de compréhension de l'enseignement proposé permet de contribuer fortement à les responsabiliser. L'enseignant peut proposer aux étudiants une grille d'autoévaluation basée sur une liste des compétences à atteindre, telle que celle présentée en **■**. Cette grille étant donnée avant l'évaluation écrite, l'élève est invité à la compléter pour savoir s'il est prêt. L'enseignant peut demander en sus que la grille soit déposée dans la copie afin de pouvoir analyser la corrélation entre les résultats de l'autoévaluation et le résultat effectif.

L'expérience montre que l'élève a la plupart du temps une vision assez juste de son niveau, l'évaluation de l'enseignant correspondant généralement à la sienne. Lorsque que l'on constate une différence, c'est le plus souvent l'élève qui est le plus sévère. Ce travail d'évaluation par compétences est intéressant pour organiser le travail de remédiation, mais il faut noter que c'est une tâche extrêmement chronophage pour l'enseignant.

L'idéal serait d'automatiser le remplissage des grilles, par exemple à partir de la correction des évaluations régulières faites durant les différentes séances et l'évaluation finale, pourvu qu'on procède à une correction électronique des copies. Ainsi, en mécanique des solides, l'enseignant corrige les copies en reportant systématiquement un pourcentage de réussite pour chaque question, sanctionné par une valeur de 0 (réponse absente ou fautive) à 1 (réponse parfaite) en passant par tous les intermédiaires en cas de réponse partielle, incomplète ou manquant de rigueur. Suivant la longueur et la difficulté de la question, un nombre de points de barème lui est affecté, que l'on multiplie par le taux de réussite pour avoir le nombre de points que l'élève récolte à cette question **■**.

À partir de là, il est aisé de calculer le taux de réussite global à une compétence donnée en faisant la moyenne

des taux de réussite de toutes les questions qui traitent de cette compétence, que ce soit aux évaluations intermédiaires ou aux évaluations finales des examens ou contrôles. Avec un test du type « si le pourcentage est supérieur à 75 %, alors indiquer A », etc., on peut reconstituer une grille d'évaluation dont la pertinence et l'intérêt sont bien supérieurs à ceux d'une simple moyenne sur 20. D'ailleurs, l'étape intermédiaire des notes pourrait être purement et simplement supprimée, et un enseignement uniquement validé par le nombre de compétences atteintes par rapport au nombre de compétences visées.

Des points positifs...

Les évaluations des enseignements le confirment, la majorité des expériences se sont bien passées, et ont emporté globalement l'adhésion des apprentis. On observe une implication plus forte et une meilleure acquisition des « notions du cours du jour ». En mécanique, par rapport aux mêmes évaluations ponctuelles sur 10 points, on note une augmentation de l'ordre de 2 points de la moyenne de la classe. L'impact est moins net quand il s'agit de l'examen, qui mobilise non seulement l'acquisition de la connaissance ponctuelle, mais aussi une vue d'ensemble cohérente de l'ensemble du cours.

Parmi les points positifs, attendus ou non, on peut relever ceux-ci :

- L'investissement des étudiants est réel. Les enseignants sont même surpris de la richesse des travaux réalisés et de la qualité des échanges ;

- L'expérimentation permet à l'enseignant de réfléchir *formellement* à la mise en évidence des liens entre cours et expérience professionnelle des apprenants. Le fait de se baser systématiquement sur leurs connaissances et expériences préalables contribue nettement à la réussite de l'expérimentation ;

- La présentation formelle des objectifs du cours, de son fonctionnement et d'un calendrier précis lors de la première séance est très appréciée par les étudiants, qui savent où ils vont.

Il reste cependant des points à améliorer, notamment des faiblesses liées



à des questions d'organisation et au manque de temps, par exemple l'absence d'évaluation à chaque séance et des délais d'envoi de documents pas toujours respectés. D'autre part, l'utilisation de la plate-forme Moodle apparaît vite nécessaire pour le dépôt et le partage des exposés.

La démarche devrait être associée à des séances en mode projet pour améliorer la compréhension globale. Cela a été tenté sur le cours de dramaturgie des jeux vidéo, avec un impact très positif... mais également une limite, comme on le verra.

... et d'autres qui le sont moins

Toutes les expérimentations n'ont pas connu le même succès.

Françoise Uthéza enseigne à l'Esipe la thermodynamique en 2^e année de la filière Génie mécanique (GM2) et en 3^e année de la filière Maintenance et fiabilité (MF3) ; les comportements et les résultats y furent bien différents.

En MF3, l'expérimentation s'est déroulée en deux temps : une séance introductive, où l'enseignante passait une heure à évaluer oralement les connaissances des étudiants, suivie d'une discussion autour d'un support fourni, où elle traitait, durant une heure également, une série d'exercices simples avec un diagramme en support pour visualiser au maximum un problème type de thermodynamique. Cette proposition a très mal fonctionné, puisque les apprentis, qui ont très peu participé, se sont posés la question « Où est le cours ? ».

Puis l'enseignante a cherché à cadrer le mode de fonctionnement par l'envoi d'un courriel à chaque étudiant, avec un lien d'une quinzaine de pages sur les bases de la thermodynamique. Conformément à la procédure de classe inversée, le document était à lire, et les apprentis devaient poser des questions pour la semaine suivante... Cette fois ce fut la révolution : « trop de travail », « pas habitué à faire ça », « on n'a pas ouvert le lien », « quelle drôle d'idée de faire ça »... ! L'enseignante a insisté, et proposé un exercice à faire pour le cours suivant. Le bilan en fut sévère : exercice non fait, ambiance en classe désagréable,

et la sempiternelle ritournelle « Où est le cours ? »...

Avec les GM2, l'expérimentation a été menée sur la même base, à quelques détails près. Le volume horaire était inférieur pour une même somme de compétences à acquérir, mais, l'enseignement se situant à la suite d'un autre cours de thermodynamique, les élèves étaient déjà familiarisés avec le sujet. En conséquence, le temps d'évaluation des connaissances n'était pas nécessaire. Un photocopie a été distribué pour revoir les acquis, avant de passer directement à des études de cas. Un travail a été effectué en classe entière sur les problématiques supposées acquises, puis un autre en demi-groupe sur les nouvelles notions. En demi-classe, des petits groupes imposés de 4 ou 5 élèves travaillaient sur une étude de cas durant quatre heures. Il n'y a pas eu de correction complète au tableau, mais des notes de cours sur des notions non acquises, si nécessaire.

Dans ce second cas, les élèves ont vraiment joué le jeu : inquiets de ne pas avoir une « vraie correction », ils l'ont demandée à l'enseignante, qui a choisi de ne pas la distribuer, mais d'annoter directement sur leur feuille ce qui pouvait manquer.

Une telle différence entre deux publics assez semblables a priori peut s'expliquer par le fait que les GM2 étaient déjà familiers et de la classe inversée et de la matière enseignée. Or, un des carburants de la résistance à la classe inversée est, pour partie au moins, la peur de ne pas y arriver. De ce constat, nous déduisons en premier lieu qu'il est fortement conseillé d'initier les pédagogies innovantes au plus tôt dans le cursus des ingénieurs, dès la 1^{re} année !

Se pose également la question de savoir si la recherche et la lecture de documents par soi-même constituent une méthode adéquate pour des élèves qui découvrent une discipline. Ne faut-il pas proposer des ressources plus ludiques telles que des vidéos, des présentations PowerPoint sonorisées, plutôt que des photocopies ? Le type de support proposé pour les ressources est un élément d'attractivité de la méthode.

Dernier point, qui revient de manière centrale dans les différentes expériences qui sont menées, il est impératif de soigner le lancement de la séquence : si les élèves n'adhèrent pas dès le début, cela entraîne un rejet qui risque d'être définitif. Difficile alors d'atteindre les objectifs pédagogiques fixés.

Combiner classe inversée et projets de synthèse

Les constats que le groupe peut faire au bout d'une première année d'expérimentation, ce sont une participation des élèves globalement en hausse, un travail d'enseignement plus intéressant et interactif, une réussite aux évaluations ponctuelles bien meilleure, mais qui ne s'étend pas à l'examen final. Il semble également qu'une application trop cloisonnée de la méthode ne facilite pas une vision globale de la discipline.

A contrario, les collègues qui ont travaillé davantage en mode projet constatent une meilleure vision d'ensemble, mais qui reste plus superficielle, et une moindre maîtrise des connaissances qui sous-tendent la discipline.

Ces observations forgent notre conviction quant à la pertinence d'un enseignement mixant, avec une proportion optimale à trouver, les capsules de connaissances élémentaires avec un travail de synthèse qui améliorera la vision globale.

En voyant plus loin encore dans le développement du projet, il paraît possible voire indispensable de développer, dans l'optique d'une approche par compétences, des synergies entre les matières. En effet, il paraît vraisemblable qu'un catalogue partagé de capsules de connaissances pouvant servir à différentes matières puisse être constitué. À partir de là, des ponts seraient à créer pour initier des projets pluridisciplinaires. Cette approche mêlerait séances disciplinaires et projets de synthèse pluridisciplinaires. Toute la difficulté serait une fois de plus de trouver la bonne combinaison et de gérer le temps de travail de telle façon qu'il puisse être assumé aussi bien par les enseignants que par les étudiants. ■