

Deux expériences de classe inversée et travail de groupe en formation d'ingénieurs

A. COLLAINÉ^a

a. LPMT/ENSISA, 11 rue Werner, 68093 Mulhouse Cedex - anne.collaine@uha.fr

Résumé :

Suite à différents constats faits au cours de ces dernières années, la nécessité d'un changement de pédagogie s'est imposée à moi. En conséquence de quoi, j'ai décidé de tenter l'aventure de la classe inversée. Cet article présente tout d'abord le contexte et explique ce qui a motivé mon choix de tester la classe inversée. Après une rapide présentation des concepts « théoriques » de la classe inversée, le détail de deux expériences menées à l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs Sud Alsace est présenté. Je développe tout d'abord la manière dont j'ai construit ma pédagogie en classe inversée et les principes de mise en œuvre et d'organisation que j'ai choisis. Puis, sont décrites les deux expériences menées, l'une en formation d'ingénieur initiale sous statut d'étudiant et l'autre en formation d'ingénieurs par alternance. Pour terminer, un bilan présente les succès et les ratés de ces expériences. Je finis sur les évolutions à venir.

Abstract :

After making different observations, I decided to change the pedagogy and to test the "Flipped Classroom". In the first part of this article, I describe the context and explain why I decided to test the Flipped Classroom. After this, I define the theoretical concepts of the Flipped Classroom. Hence, I present the details of the experience and the chosen organizational principles I have done at ENSISA. In this part, I explain first how was constructed my Flipped Classroom pedagogy; then, I describe the two experiments in two different classes (master degree). To conclude, I present a balance of the experiences and give the evolution I want to make for the next year.

Mots clefs : classe inversée, pédagogie, formation d'ingénieurs

1 Contexte et objectifs

Enseignante depuis plus de 20 années à l'Université de Mulhouse dans le domaine de la fabrication mécanique, d'abord en tant que PRAG puis en tant que Maître de Conférences, j'ai eu plusieurs fois l'occasion de m'interroger sur la « pédagogie idéale » pour des étudiants en Licence, Master ou Formations d'ingénieurs.

A mes débuts, un schéma classique constitué de cours magistraux (CM) suivis de travaux dirigés (TD) et parfois de travaux pratiques (TP) était systématiquement appliqué, la classe étant découpée en

groupes en fonction des effectifs. Au fur et à mesure du temps, d'autres alternatives ont été mises en pratique : réalisation de projets ([1], [2]), apprentissages de bases dans les TP puis théorisation via des CM et des TD, implication des étudiants dans la partie « cours » en leur faisant faire des exposés (sorte de « classe renversée »), le soucis étant de varier les méthodes pour intéresser davantage les étudiants... pour autant la majorité de mes enseignements sont restés dans le schéma classique CM=>TD=>TP.

Depuis quelques années la pédagogie dans les écoles d'ingénieurs évolue pour s'adapter aux étudiants d'aujourd'hui, l'objectif étant d'engager davantage les apprenants dans leur apprentissage [3]. Devenue responsable de la formation d'ingénieurs en Mécanique de l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs Sud Alsace, j'ai été interpellée par mes collègues enseignants et ai pu moi-même constater les difficultés croissantes de nos étudiants à savoir :

- prérequis en sciences et technologies non acquis,
- difficultés de concentration en particulier pendant les CM,
- manque de motivation,
- manque de travail personnel.

Ces difficultés ont un impact sur les apprentissages et les résultats des étudiants mais aussi sur la motivation de l'enseignant qui n'arrive plus à les mobiliser.

En parallèle, nous avons dû réfléchir à la diminution des volumes horaires tout en essayant de maintenir les mêmes objectifs de formation. C'est pourquoi, j'ai décidé de proposer à mes collègues la pratique de la classe inversée et de me lancer à titre personnel dans l'aventure.

2 Principes théoriques de la classe inversée

Apparue en Amérique du nord courant des années 2000, la classe inversée y est aujourd'hui un mode de pédagogie fortement développé (l'article de H. Dufour parle de 15000 membres recensés en 2013 sur un forum dédié [4]). En France, les premières expériences de classe inversée remontent à quelques années seulement et ont concernés essentiellement le collège. Aujourd'hui, les expériences sont nombreuses en collèges et lycées et commencent à voir le jour à l'université.

Des différents articles et documents consacrés à la classe inversée que j'ai pu consulter, une définition simple qui met en évidence les principaux concepts est la suivante : « *La classe inversée consiste comme son nom l'indique à inverser le concept traditionnel de la classe : cours magistral ou cours magistral déguisé en cours dialogué en classe et exercices à la maison. Avec la classe inversée, les élèves sont mis en activité en classe, le travail à la maison se concentre sur la partie magistrale, par l'apport de connaissances pures au travers de ressources variées* »[5]. Cette définition peut être complétée par la description organisationnelle que propose Audrey Miller : « *La classe inversée typique se déroule ainsi : toute la partie magistrale est dispensée de façon électronique (capsules vidéo, lectures, visites virtuelles, etc.) et le temps de classe est consacré au travail d'équipe, aux discussions et aux activités d'apprentissage actives.* » [6].

Ces définitions sont résumées par le schéma de la Figure 1 issue d'un site internet dédié à la classe inversée [7].

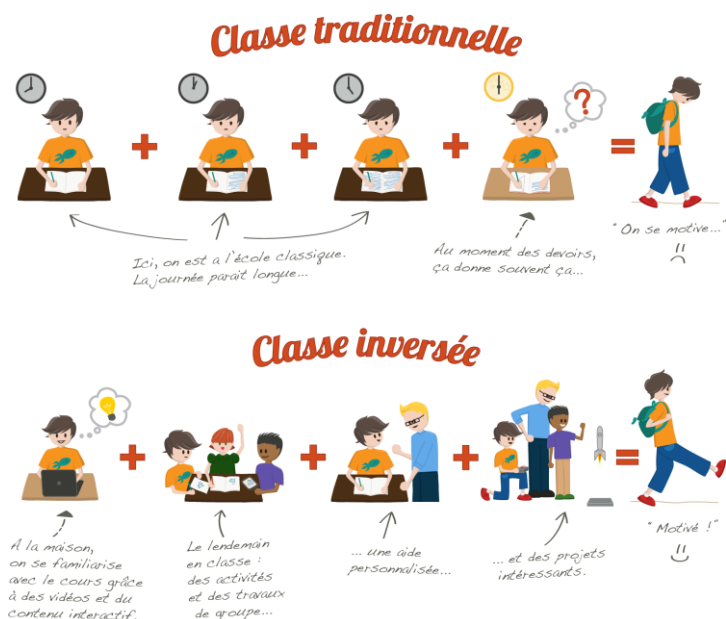


Figure 1 : classe traditionnelle et classe inversée

Afin d'être le plus efficace possible, différents conseils peuvent être trouvés dans la littérature[6]. On peut citer sans pour autant être exhaustif :

- varier les ressources (et ne pas se contenter de capsules vidéos),
- proposer un travail actif en classe ne consistant pas en de simples TD,
- utiliser une configuration de la salle différente de la configuration classique (utilisation d'îlots ...).

Enfin, la pratique de la classe inversée peut être « gradée ». Ainsi, dans la forme la plus simple de classe inversée, chaque apprenant peut apprendre en autonomie à son rythme les notions de base et les séances en présentiel consistent en la réalisation de la même activité par tous. Dans une forme plus élaborée, la pratique de la classe inversée peut être combinée à l'utilisation de « plans de travail » permettant à l'élève/l'étudiant d'avancer à son rythme y compris pendant les séances en classe et avec pratique d'apprentissage qu'il choisit [4]. Enfin, la classe inversée telle qu'initialement imaginée peut être hybridée avec d'autres méthodes pour aboutir à une super classe inversée (dite de niveau 3)[8]. Dans cette version plus élaborée, le temps et la distance sont les deux axes d'évolution de la pédagogie et la classe inversée passe par 4 étapes. Ainsi, l'apprenant passe successivement de *l'expérience concrète* (à distance) à *l'observation réfléchie* (en présentiel) puis à *la conceptualisation abstraite* (à distance) pour finir à *l'expérimentation active* (en présentiel). De la sorte les apprenants sont davantage actifs dans la phase de conceptualisation puisque les 2 étapes préliminaires lui en ont montré l'intérêt. Cette méthode permet aussi de toucher à tous les styles d'apprentissages et garantit ainsi une meilleure efficacité.

Quelle que soit la forme employée, des avantages communs à la classe inversée sont cités. A la faveur des apprenants sont mis en évidence : la pédagogie différenciée, l'amélioration du degré d'autonomie, l'ambiance de travail, la motivation, l'acquisition effective des compétences. Du point de vue des formateurs et des formations, la classe inversée permet parfois un gain de temps, valorise le travail de l'enseignant et améliore sa motivation.

3 Expériences menées

3.1. Choix des enseignements pratiqués en classe inversée

J'ai choisi d'appliquer la classe inversée dans le cadre de différents enseignements de deux formations d'ingénieurs. Ces enseignements sont dans mon cœur de métier (issu de l'agrégation de génie mécanique), dans des disciplines techniques. J'interviens dans ces enseignements depuis de nombreuses années et ai donc beaucoup de recul. De plus, je dispose de polycopiés de cours, de diaporamas, de nombreux travaux dirigés et sujets d'examens. Enfin, ce sont des enseignements pour lesquels les connaissances dispensées –et en conséquence les compétences des étudiants - ont diminué au fur à mesure des années et ceci pour différentes raisons : volumes horaires en baisse, prérequis de moins en moins maîtrisés, quantité de travail personnel des étudiants vraisemblablement en baisse.

3.2. Ma version de la classe inversée

3.2.1. Construction de la progression

J'ai systématiquement construit la progression en partant des objectifs généraux (défini dans le syllabus de la formation) et en passant par les trois étapes suivantes (Figure 2) :



Figure 2 : étapes de construction de la progression

- Définition des prérequis à rappeler et à tester :

Comme les objectifs généraux, les prérequis figurent dans le syllabus de la formation. Force fut de constater lors des années antérieures que la grande majorité des étudiants abordaient l'enseignement avec un déficit de connaissances important. Pour palier cela, j'ai listé les prérequis fondamentaux et ai mis à disposition sur Moodle (notre plateforme pédagogique numérique) des supports rappelant ces prérequis ainsi qu'un QCM d'entraînement permettant aux étudiants de tester leurs connaissances par rapport à ces prérequis.

- Définition des objectifs intermédiaires :

Dans la pédagogie traditionnelle, des exercices complets portant sur les objectifs terminaux étaient réalisés après avoir traité tout le cours. Dans le cadre de la classe inversée, cela n'est plus possible puisqu'il faut étaler les apprentissages au fur et à mesure de l'avancement des séances. En conséquence, les objectifs globaux ont été scindés en différents objectifs intermédiaires, chacun d'entre eux étant dans la mesure du possible indépendant des autres.

- Construction des séquences :

Chaque objectif intermédiaire (ou éventuellement deux objectifs intermédiaires) a donné lieu à la construction d'une séquence. Une séquence inclut systématiquement une partie auto-apprentissage de savoirs de base et une ou plusieurs séances en présentiel permettant de réaliser différentes exercices pratiques (Figure 3). Les séances en présentiel sont également l'occasion de répondre aux questions et de réaliser les évaluations.

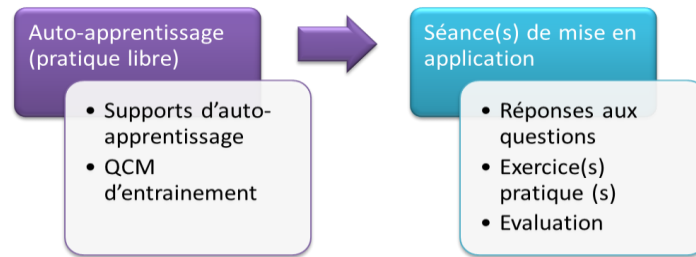


Figure 3 : étapes d'une séquence

Pour la partie auto-apprentissage, j'ai mis à disposition sur Moodle différents supports (extraits de polycopiés de cours, livres Moodle, vidéos, ...) ainsi qu'un QCM d'entraînement. Chaque QCM peut être réalisé autant de fois que souhaité par l'étudiant. Pour chaque question des feedbacks sont proposés. Le QCM est noté en %, la note retenue étant toujours la meilleure de toutes les tentatives. Les notes des QCM d'entraînement ne sont pas prises en compte dans l'évaluation des étudiants, le but étant de leur permettre d'estimer où ils en sont dans leurs apprentissages. Toutefois une « note de passage » égale à 70% est appliquée. Ce n'est qu'un indicateur visuel dont le but est d'accroître la motivation des étudiants.

Les séances en présentiel avaient pour but :

- d'éclaircir les points d'ombre en répondant aux questions,
- de réaliser des exercices pratiques,
- d'évaluer les savoirs et compétences.

Les documents associés aux séances en présentiel ont également été mis à disposition sur Moodle afin que les étudiants puissent disposer de toutes les ressources en numérique. Enfin, à l'issue de certaines séances, des éléments de correction ont été mis à disposition mais ceci n'a pas été systématique.

D'un point de vue pratique, la mise à disposition sur Moodle des supports, QCM d'entraînement et divers documents pour la mise en application a été faite au fur et à mesure de l'avancement de l'enseignement.

3.2.2. Organisation initialement choisie

J'ai choisi d'appliquer les principes organisationnels listés ci-après.

- Utilisation quasi-systématique de l'outil informatique en séance (Moodle à disposition, utilisation d'Excel ou de Word dans les exercices pratiques ...).
- Tous les exercices pratiques ont été faits sur la même thématique (même pièce mécanique) de manière à faciliter la compréhension et ne pas ajouter aux difficultés liées aux objectifs, d'autres difficultés.
- Travail en séance en constituant des groupes de 2 ou 3 étudiants.
- Pas d'explications collectives (sauf exceptionnellement).
- Pas de correction collective au tableau ni d'éléments de correction mis sur Moodle (sauf exceptionnellement).

La conséquence de l'organisation choisie est que mon rôle a consisté à aider les étudiants en passant de groupe en groupe en fonction des points de blocage. Ceci était bien différent des séances classiques de TD dans lesquelles les étudiants cherchaient les réponses quelques instants et je faisais la correction au tableau.

3.2.3. Mise en œuvre

Chaque enseignement a démarré par une présentation d'une ½ heure environ –en dehors du volume horaire de la maquette d'enseignement. Cette présentation a permis de donner aux étudiants les objectifs de l'enseignement ainsi que les explications sur la classe inversée et la manière dont je souhaitais la pratiquer. Elle a également été l'occasion de distribuer le travail pour la première séance ; ainsi les étudiants ont eu pour consigne de vérifier leurs connaissances par rapport aux prérequis et le cas échéant y remédier et d'apprendre les savoirs de bases de la première séquence.

Lors de chaque séance en présentiel, les activités ont été les suivantes :

- ✓ Réponses aux questions relativement aux apprentissages en autonomie et/ou à la séance précédente (chaque séance).
- ✓ QCM ou minitest d'évaluation sur l'acquisition des savoirs de base (parfois).
- ✓ Distribution des apprentissages pour la séance suivante (le cas échéant).
- ✓ Mise en pratique dans le cadre de la réalisation d'un exercice pratique.

3.3. Cas 1 : expérience en 3^{ème} année de formation d'ingénieurs en Mécanique

Le premier cas est celui de l'enseignement d'une matière intitulée « Ingénierie de fabrication » et dispensée de manière optionnelle aux étudiants de 3^{ème} année de formation d'ingénieurs en spécialité Mécanique. Ces étudiants avaient déjà eu un enseignement en classe inversée, deux ans auparavant.

Le volume horaire initial est de 10hCM et 10hTD, évaluation comprise. Dans le cadre de la classe inversée, ce volume horaire a été remplacé par 20hTD. Cette matière fait partie de l'UE optionnelle Génie Mécanique Avancé et participe principalement à l'acquisition de la compétence « proposer une solution dans le cadre de la conception d'un système complexe ». Les objectifs généraux du cours affichés dans le syllabus 2015 sont :

- ✓ Optimiser les conditions de coupe par rapport au coût ou au temps,
- ✓ Calculer les cotes de fabrication.

Cet enseignement est séparé en deux parties l'une portant sur le premier objectif, l'autre sur le second. En conséquence j'ai construit une classe inversée sur chaque partie indépendamment.

Les séances ont été programmées à raison d'une séance par semaine ce qui a permis aux étudiants d'avoir du temps entre chaque séance.

▪ Détail de la partie 1

Cette partie a été traitée sur 13h (6 séances de 2h + une évaluation terminale de 1h)

Les prérequis à tester ont été divisés en quatre chapitres présentés sous la forme d'un livre Moodle. Comme vous pouvez le voir dans l'extrait ci-dessous (Figure 4), le support proposé n'est qu'un maigre résumé des notions, le but étant clairement de ne pas noyer les étudiants mais de faire un résumé des points fondamentaux. Pour avoir plus de détail, les étudiants peuvent se référer aux enseignements antérieurs.

MECA_GMA_S9_Ingénierie de fabrication

Retour à 'Prérequis'

Ce qu'il vous faut maîtriser si vous voulez pouvoir apprendre sereinement la coupe et l'optimisation des conditions de coupe

Les outils

Caractéristiques des plaquettes de tournage (voir cours d'industrialisation de 2A)

- Forme de la plaquette : carrée, losange (35, 55 et 80°), ronde, triangle, trigone => angle de plaquette
- Rayon de bec r_c (mm) : 0,1, 0,2, 0,4, 0,8, 1,2, 1,6 mm sont les valeurs standard

Désignation des plaquettes de tournage : CNMG 12 04 12 - PF

C : caractérise la forme de la plaquette

12 : longueur d'arête

12 : rayon de bec =1.2 mm

Position de la plaquette sur le porte-plaquette : elle est caractérisée par un angle de référence entre l'arête et une direction préférentielle d'usinage. Cet angle après pour un exemple : porte-plaquette ayant un angle de référence de 95° et utilisant des plaquettes de type C (losange à 80°).

Figure 4 : livre Moodle proposé en guise de résumé des prérequis

Cette partie du cours a été scindée en 3 séquences réparties sur 6 séances, hors évaluation terminale. La progression pédagogique est décrite dans le tableau ci-dessous (Tableau 1). Si j'avais dès le démarrage une idée précise de ce que je souhaitais traiter comme exercices pratiques, je ne savais pas quel temps chaque exercice prendrait compte tenu de la nouvelle organisation. Je pensais traiter un exercice par séance. Au final un exercice initialement imaginé n'a pas été traité. 5 exercices pratiques se sont donc étalés sur 6 séances.

Séquence		Exercice pratique		
n°	Objectifs intermédiaires	n°	Travail effectué	
1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Connaître les principes de la formation du copeau et les paramètres intervenant ✓ Déterminer l'influence des paramètres de coupe sur l'état de surface, les vibrations et la durée de vie des outils 	TD 1	Définition des données constructeur (recherche dans le catalogue numérique et construction d'un document personnel) et détermination des paramètres du modèle de durée de vie (à partir d'un tableur)	Séance 1
2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Déterminer les efforts et la puissance de coupe en tournage et fraisage en fonction des paramètres de coupe 	TD 21	Sur la base des données du TD1 (tournage), mise en place du modèle d'efforts et calcul de la puissance et étude de l'évolution des efforts et de la puissance en fonction des plages possibles de paramètres (à partir d'un tableur)	Séance 2
		TD 22	Dans le cas d'une situation de fraisage, étude de l'évolution des efforts et de la puissance en fonction des plages possibles de paramètres (utilisation d'un tableur)	Séance 3
3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Choisir un outil et des paramètres de coupe répondant à un critère donné 	TD 31	Sur la base des données du TD1 et des résultats du TD21, choix et optimisation des conditions de coupe	Séance 4
		TD 32	Choix des paramètres de base pour différentes plaquettes, comparaison des solutions en termes de temps et de coût puis choix de la solution (calculs via tableur)	Séance 5
				Séance 6

Tableau 1 : progression pédagogique de la partie 1

- Détail de la partie 2

Cette partie a été traitée sur 7h (3 séances de 2h + 1h d'évaluation terminale). Elle a été décomposée en 2 séquences, la première étant prévue sur une séance et la seconde sur 2 séances.

- Evaluation

Durant l'enseignement, seulement 2 QCM d'évaluation des savoirs de base ont été réalisés (séance 2 et séance 4). Pour le reste, l'évaluation s'est faite partie par partie. Pour la partie 1, l'évaluation a été faite par un devoir comportant une partie individuelle sur les calculs de base, réalisée sur table et une partie traitée en binôme sur Excel permettant de traiter un cas d'optimisation. La 2^{ème} partie du cours a été évaluée de manière individuelle par un devoir sur table. La moyenne de l'étudiant a été obtenue par la moyenne des deux évaluations et en y ajoutant un bonus en fonction des résultats des QCM.

Si sur l'ensemble des 10 séances, je n'ai pas réalisé plus de QCM, c'est que j'ai clairement ressenti l'intérêt des étudiants et n'ai pas eu besoin de les « motiver » par l'évaluation.

3.4. Cas 2 : expérience en 2^{ème} année de formation d'ingénieurs par alternance en Génie Industriel

Le deuxième cas est celui de l'enseignement d'une matière intitulée « Industrialisation » et dispensée aux apprentis de 2^{ème} année de formation d'ingénieurs en spécialité Génie Industriel dont le programme présente des points de recouvrement avec le programme du cas 1. Ces étudiants n'ont jamais travaillé en classe inversée. Le volume horaire initial est de 26hCM et 12hTD, évaluations comprises. S'agissant d'un enseignement dans une promotion n'ayant jamais plus de 20 étudiants, l'organisation CM/TD n'est pas figée, le passage du CM aux TD et réciproquement se faisant au fur et à mesure de l'avancement. L'objectif général de ce cours est « définir l'ensemble des éléments nécessaires à la fabrication d'une pièce par usinage par enlèvement de copeaux compte tenu des critères imposés par le contexte industriel (cout, qualité, quantité et délai) ».

Cet enseignement est scindé en trois parties. La première, portant sur l'élaboration des processus, est traitée depuis longtemps en mélangeant « cours » et exemples et fonctionne plutôt bien car il y a beaucoup d'interactions avec les apprentis. C'est pourquoi je ne l'ai pas traitée en classe inversée cette année. Les parties 2 et 3 concernent le choix des outils et des conditions de coupe. Le volume horaire dévolu à ces deux parties était théoriquement de 16h, dont seulement 8h d'exercices. Mais la première partie posant souvent problème, les 16h prévues se réduisaient souvent à 10 ou 12h (ce fut le cas les 3 dernières années). Dans le cadre de la classe inversée, j'ai consacré 13h à ces 2 parties et ai pu traiter des applications plus variées.

Outre la partie prérequis, j'ai mis en place sur Moodle cinq séquences réparties sur 6,5 séances.

La planification est particulière en formation par alternance puisque les apprenants sont présents à l'école 15 jours puis en entreprise pendant 15 jours. Les séquences/séances de classe inversée se sont déroulées sur 3 alternances, le nombre de séances allant de 2 à 4 par alternance ce qui fait un rythme irrégulier avec des périodes de « creux » et des périodes chargées.

Trois QCM/mini tests d'évaluation ont été réalisés sur les 6,5 séances. Ces séances se sont terminées par un contrôle de 2h permettant l'évaluation des parties 2 et 3 traitées en classe inversée. Deux autres contrôles avaient été réalisés sur la partie 1.

Comme dans le cas 1, les QCM d'évaluation ont permis de bonifier la moyenne.

3.5. Bilan des deux expériences

Le bilan présenté ci-après s'appuie sur :

- les résultats des étudiants,
- des échanges informels avec les étudiants,
- mon propre ressenti,
- quelques statistiques issues de la plateforme Moodle,
- les réponses au questionnaire d'évaluation de l'enseignement rempli par les étudiants à la fin de l'enseignement.

Le questionnaire d'évaluation de l'enseignement est un questionnaire comportant 11 questions plus une partie permettant l'ajout de remarques personnelles (Tableau 2). Ce questionnaire a été construit sur la base d'un questionnaire proposé par des spécialistes à chaque enseignant pour évaluer son enseignement (de manière non obligatoire, une partie systématique d'évaluation de l'enseignement étant réalisée par UE). Afin de biaiser le moins possible les résultats, j'ai modifié à minima le questionnaire de base. A savoir :

- la question 5 relative à la démarche pédagogique a été complétée par le terme « classe inversée »,
- une question concernant la disponibilité de l'enseignant a été supprimée et remplacée par une question sur la méthode de travail (question 6),
- une question permettant de comparer la quantité de travail fournie a été ajoutée (question 10).

Question 1	Selon vous, les objectifs et le programme ont été clairement définis et expliqués ?
Question 2	Selon vous, les objectifs et le contenu annoncés ont été respectés ?
Question 3	L'importance de cet enseignement pour votre formation vous apparaît-elle clairement ?
Question 4	Votre niveau de compétences initial vous semble-t-il adapté au contenu de cet enseignement ?
Etes-vous satisfait de :	
Question 5	La démarche pédagogique mise en place (classe inversée) ?
Question 6	La méthode de travail employée en séance (travail de groupe) ?
Question 7	Les supports de cours et documents fournis ?
Question 8	L'enchaînement et la chronologie des séances ?
Question 9	Combien d'heures de travail personnel, en moyenne et par semaine, avez-vous fourni pour cet enseignement ?
Question 10	Pensez-vous avoir fourni plus de travail personnel que si une démarche pédagogique classique (Cours + TD) avait été utilisée ?
Question 11	Le mode d'évaluation des compétences proposé pour cet enseignement vous paraît-il approprié ?

Tableau 2 : questions du questionnaire d'évaluation de l'enseignement proposé aux étudiants

Afin d'être certaine d'avoir un maximum de réponses, j'ai imposé à chaque promotion de répondre au questionnaire -en garantissant l'anonymat- lors d'une séance ayant lieu après la fin de l'enseignement. Un étudiant était absent dans chaque promotion le jour de l'évaluation, j'ai ainsi obtenu 25 réponses dans le cas 1 (formation initiale en 3^{ème} année Mécanique), 17 dans le cas 2 (formation par apprentissage en 2^{ème} année en Génie Industriel).

Dans la suite est présenté le bilan de ces deux expériences en terme d'amélioration des résultats, de quantité de travail et de motivation mais aussi en présentant les ratés et les points positifs non imaginés initialement.

✓ **La classe inversée a-t-elle permis l'amélioration des résultats des apprenants ?**

Le Tableau 3 présente les résultats obtenus sur les trois dernières années de formation dans les 2 cas présentés, la classe inversée n'ayant été mise en pratique qu'en 2016-2017.

	Cas 1 : 3A Méca			Cas 2 : 2A Génie Industriel		
	2016-2017	2015-2016	2014-2015	2016-2017	2015-2016	2014-2015
Nombre d'étudiants	26	23	19	18	13	13
Moyenne	14,9	11,6	12,0	12,2	14,0	13,0
Ecart-type	2,4	2,7	3,9	2,6	2,1	2,2
Note mini	7,9	4,3	1,9	6,9	9,3	7,6
Note maxi	18,4	16,4	18,1	16,9	17,2	15,7
Nb < 10	1	5	5	3	1	1

Tableau 3 : comparaison des résultats obtenus sur les 3 dernières années

Dans le cas 1 (3A Méca), les résultats sont clairement meilleurs puisque la moyenne est augmentée de plus de 2 points par rapport aux deux années précédentes, l'écart type a la valeur la plus basse, les notes minimales et maximales sont plus élevées et le nombre d'étudiants ayant moins de 10 est très faible (1 sur 26).

Dans le cas 2 (2A Génie Industriel), les résultats sont moins bons, quel que soit l'indicateur. Pour autant ce n'est pas un effet négatif de la classe inversée puisque ces résultats sont moins bons sur toutes les parties du cours (pour rappel : partie 1 réalisée comme les autres années – parties 2 et 3 réalisées en classe inversée)

On ne peut donc conclure à une amélioration systématique des résultats des étudiants dans le cadre de la classe inversée.

✓ **La classe inversée a-t-elle eu une influence sur la quantité de travail fournie par les apprenants ?**

La question 9 de l'évaluation des enseignements demande aux étudiants « *Combien d'heures de travail personnel, en moyenne et par semaine, avez-vous fourni pour cet enseignement ?* » et leur propose de répondre sur la base de 4 « valeurs ». Les réponses obtenues à cette question sont présentées sur le graphique de la Figure 5. On y voit clairement que la grande majorité des étudiants (21 sur 33) ont travaillé plus d'une heure par semaine sur cet enseignement. Cela peut paraître peu, mais pour avoir réalisé régulièrement des entretiens individuels avec les étudiants de la formation en Mécanique, je sais que c'est plus que ce qui se fait en règle générale par la grande majorité d'entre eux. Ce point est d'ailleurs confirmé par le graphique de la Figure 6 qui représente la réponse à la question 10 de l'évaluation « *Pensez-vous avoir fourni plus de travail personnel que si une démarche pédagogique classique (Cours + TD) avait été utilisée ?* ».

Un autre indicateur lié au travail personnel des étudiants est celui du nombre de consultations du cours Moodle. Même si certains documents (photocopiés) ont été distribués sous forme papier, les étudiants ont utilisé Moodle pour les documents complémentaires et les QCM d'entraînement. Le graphique de la Figure 7 représente le relevé des consultations Moodle (en nombre) dans le cas de l'enseignement du cas 1. Les options de Moodle étant limitées, la figure fait apparaître les consultations des étudiants en bleu mais aussi les consultations des enseignants (en rouge) et le total (en noir). La courbe bleue montre différents pics : celui du 22 janvier correspond à l'examen de la partie 2 du cours. L'examen de la partie 1 a eu lieu le 22 novembre, le pic du 27 novembre ne correspond donc pas à cet examen. Même si le nombre de consultations ne peut pas être directement

corrélé au temps de travail, ce graphique fait apparaître un travail régulier sur la base des 4 séquences définies.

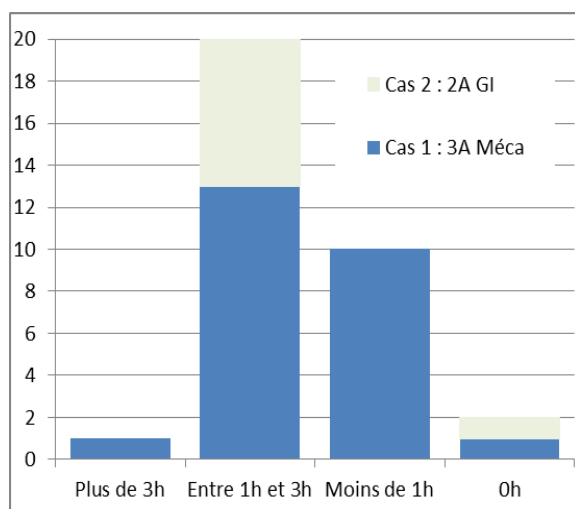


Figure 5 : temps de travail personnel hebdomadaire estimé par les apprenants

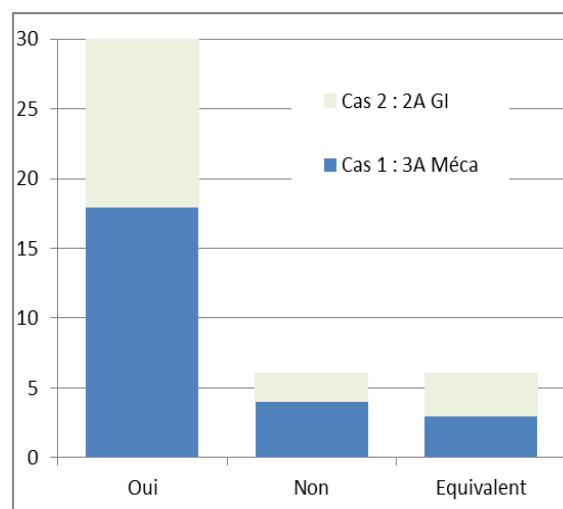


Figure 6 : comparaison du temps de travail personnel avec ou sans classe inversée

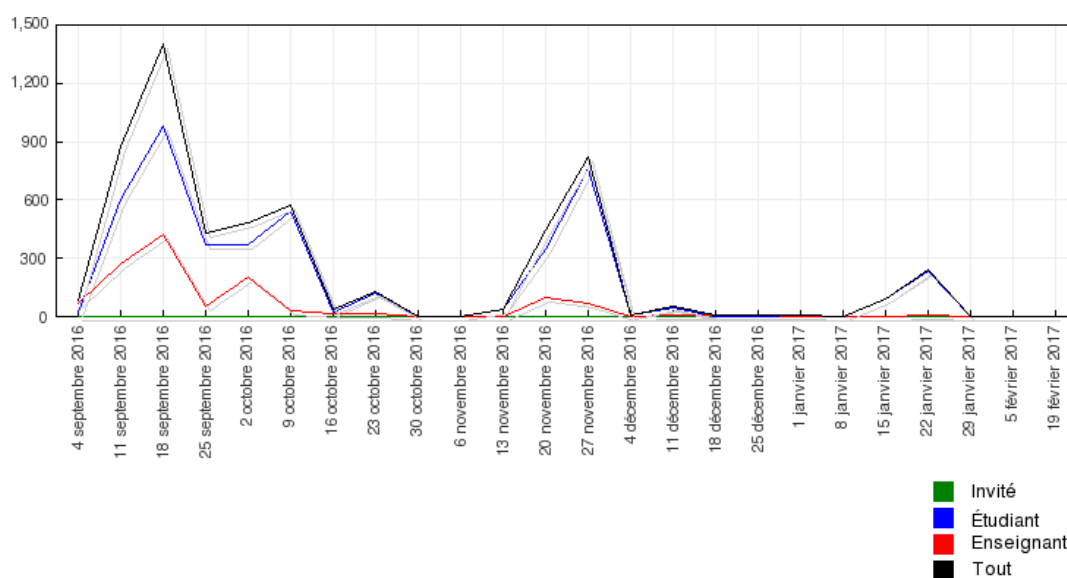


Figure 7 : Nombre de consultations du cours Moodle

✓ Quelle est la satisfaction des apprenants par rapport à la classe inversée ?

Les échanges informels réalisés avec les étudiants dans le cadre des séances m'ont globalement donné l'impression que la pédagogie et la méthode de travail employées convenaient à la majorité d'entre eux. Ceci a été confirmé par les réponses aux questions 5 et 6 enregistrées lors de l'évaluation de l'enseignement (*Etes-vous satisfait de la démarche pédagogique mise en place (classe inversée) ? - Etes-vous satisfait de la méthode de travail employée en séance (travail de groupe) ?*). Les graphiques ci-après (Figure 8 et Figure 9) montrent que 40 apprenants sur 42 (soit 95,2%) sont *très satisfaits* ou *satisfaits* de la démarche pédagogique ainsi que de la méthode de travail, sans qu'il y ait d'écart entre les deux cas.

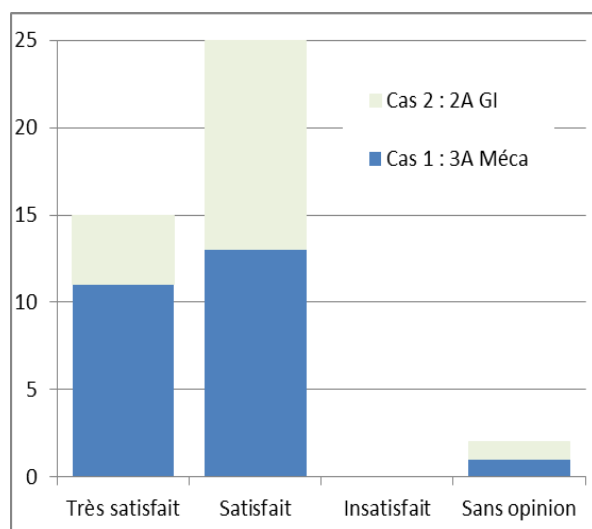


Figure 8 : ressenti sur la démarche pédagogique

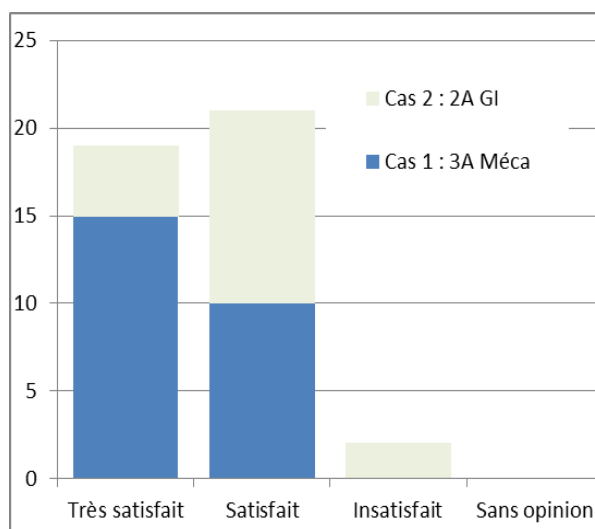


Figure 9 : ressenti sur la méthode de travail

L'évaluation de l'enseignement comportait également une partie libre dans laquelle chaque étudiant pouvait faire tout type de remarque. 13 étudiants sur 25 dans le cas 1 ont apporté des remarques complémentaires ; 10 remarques réaffirmaient ce ressenti en précisant parfois pourquoi cette méthode a plu. Ont notamment été cités le fait de traiter beaucoup d'exercices, le fait d'être « actif » pendant l'apprentissage du cours et le fait de ne pas accumuler de retard dans les apprentissages. Dans la formation par alternance (cas 2), 9 apprentis sur 17 ont complété l'évaluation par des commentaires. Pour 7 d'entre eux, le commentaire a consisté à plébisciter le principe de la classe inversée.

✓ Qu'est ce qui n'a pas bien fonctionné ?

Même si les indicateurs sont plutôt très bons, l'évaluation de l'enseignement a permis de dégager également des points négatifs qui peuvent être source d'amélioration. Le premier point négatif est celui de la planification des séances. Dans le cas 1, un seul étudiant était « *très satisfait* » de l'enchaînement et de la chronologie des séances (question 8), 19 étaient *satisfaits*, 5 étaient *insatisfaits*. De plus, la nécessité d'avoir des séances régulièrement planifiées a été citée plusieurs fois dans les remarques libres.

Certains étudiants ont également évoqué le souhait d'être évalué pour le travail fait en séance en groupe (cas 2 uniquement) et d'avoir une correction systématique.

Enfin, certains ont relevé des problèmes ponctuels ; ainsi en 3A méca, la 1^{ère} séance de la 2^{ème} partie n'a pas du tout fonctionné car le support d'autoapprentissage n'était pas adapté (fond mal expliqué). Les étudiants n'ont pas réussi à faire le lien entre ce qu'ils ont appris et le travail demandé en séance. Il a fallu beaucoup d'explications et une séance supplémentaire pour arriver à avancer sur ce travail. Compte tenu de la vitesse de travail de chacun, quelques groupes n'arrivaient pas toujours à finir le travail en séance et se trouvaient frustrés de ce fait.

✓ Et du point de vue de l'enseignant ?

Convaincue dès le départ de l'intérêt de la méthode, la pratique de la classe inversée dans ces deux situations n'a fait que me conforter dans mon opinion, bien que j'aie eu affaire à deux publics très différents.

En troisième année de formation d'ingénieurs (cas 1), j'ai clairement senti l'intérêt des étudiants dès le début. Tout au long de l'enseignement, ils se sont montrés intéressés et appliqués et constructifs. Certains que je connaissais comme étant traditionnellement désintéressés sans pour autant perturber le

cours, se sont révélés et réveillés par cette pratique. C'est l'effet combiné de la classe inversée et du travail de groupe avec l'informatique qui a permis d'obtenir l'intérêt optimum. Sans classe inversée, je n'aurais pu utiliser l'outil informatique et le travail de groupe pour réaliser les optimisations et l'ensemble aurait perdu de son intérêt. Sans utilisation de l'outil informatique et sans travail de groupe, le travail pratique aurait vite été trouvé rébarbatif par les étudiants, la répétition des calculs n'étant pas intéressante. Les résultats traduisent le ressenti positif que j'ai eu tout au long de l'enseignement. Le travail personnel a été fait de manière régulière et le travail en séance s'est fait de manière efficace et concentrée.

Dans le cas 2, cela n'a pas été aussi simple, les étudiants étant particulièrement dispersés. J'avais déjà observé ce point lors de la première partie de l'enseignement et malheureusement la classe inversée n'a rien arrangé. Pour autant, le dérangement n'étant que le fait de quelques « perturbateurs », la méthode a permis aux autres de travailler plutôt tranquillement ce qui n'était pas le cas dans la première partie du cours où la classe était régulièrement arrêtée pour des problèmes de discipline. Un autre point est que la promotion n'a pas forcément joué le jeu ; les apprentis ont peu travaillé sans doute faute de temps entre les séances mais aussi pour certains par manque d'intérêt, la matière étant plus éloignée de leurs préoccupations. Le système de QCM d'entraînement a été détourné par les étudiants du fait des feedbacks qui donnaient les explications précises. Certains, au lieu de travailler avec les supports puis tester leurs connaissances par les QCM d'entraînement n'ont faits que les QCM d'entraînement.

✓ Ce qui n'avait pas été anticipé

Un dernier point à évoquer et qui n'était pas cité dans les articles lus, c'est le fait de travailler sur des compétences autres que celles initialement envisagées.

Ainsi la pratique de la classe inversée appliquées dans ces 2 cas a également permis aux étudiants d'améliorer leurs compétences en bureautique et particulièrement dans l'utilisation d'Excel mais aussi dans la capacité à travailler en groupe, évaluer la qualité d'un travail ...

Outre des compétences métier, des compétences du domaine des soft-kills ont ainsi été entraînées.

4 Conclusion et perspectives

Ces deux expériences de classe inversée ont été enrichissantes à plusieurs titres : elles ont tout d'abord permis de mettre les étudiants dans une bonne dynamique et de me redonner par la même une motivation importante ; de plus, ces expériences sont la preuve qu'on peut faire acquérir des compétences à des étudiants en formation universitaire en dehors du cadre stricte CM/TD/TP et de la pratique de projets. La classe inversée telle qu'elle a été pratiquée permet de maîtriser les contenus (comme c'est classiquement le cas en CM/TD), tout en travaillant davantage sur de la pratique et en utilisant des méthodes rendant le travail plus ludique et intéressant.

Même si le bilan est très positif, des améliorations me paraissent aujourd'hui indispensables. J'envisage d'ores et déjà quatre pistes d'amélioration. Tout d'abord il convient d'améliorer/compléter les supports d'auto-apprentissage en particulier certains photocopiés qui ne sont pas assez explicatifs pour la classe inversée. La deuxième piste d'amélioration est la planification : une meilleure régularité dans l'espacement des séances favoriserait sans doute l'apprentissage. En troisième lieu, j'aimerais mettre en place un système de suivi sur Moodle avec des badges valorisant effectivement le travail en dehors des séances, le but étant d'accroître la motivation. Enfin le dernier point envisagé pour la suite est de compléter les QCM d'entraînement et de revoir les feedbacks de sorte qu'ils ne rendent pas inutile l'apprentissage via les supports.

Remerciements

Je souhaite adresser mes plus vifs remerciements à la D-NUM (Direction du Numérique) de l'UHA (Université de Haute-Alsace) et en particulier à Alain Bolli pour m'avoir aidée à la réalisation de vidéos utiles à mon enseignement et pour toutes les réponses aux questions posées sur l'utilisation de Moodle.

En second lieu, je tiens à remercier mon collègue Yann Hietter qui teste sans rechigner tous les QCM que je mets en ligne afin de limiter les coquilles.

Enfin, je remercie Marc Weisser et le SUP (Service Universitaire de Pédagogie) de l'UHA qui m'ont fourni diverses pistes de réflexion sur la classe inversée.

Références

- [1] Y. Hietter, M. Turlonias, A. Collaine, A. Hoffmann, et D. Mathieu, « Formation par projet de la CAO à la réalisation en filière mécanique de l'ENSISA », présenté à 20^{ème} Congrès Français de Mécanique, Besançon, 2011.
- [2] A. Collaine, « Formation par étude de cas industriel en industrialisation de produits mécaniques en filière système de production de l'ENSISA », présenté à 20^{ème} Congrès Français de Mécanique, Besançon, 2011.
- [3] C. Maillard, « Ecole d'ingénieurs : révolutions pédagogiques en cours - A quand la fin des cours magistraux », *L'Usine Nouvelle*, n° 3503, p. 28-33, au 22 février-2017.
- [4] H. Dufour, « La classe inversée », *Technologie n°193*, p. 44-47, oct-2014.
- [5] D. Bouchillon, « La classe inversée, bilan d'une expérience ». juillet-2013.
- [6] A. Miller, « Faire ses premiers pas vers la classe inversée », *Dossier conjoint Infobourg-Carrefour Education*, mai-2013.
- [7] <http://www.classeinversee.com/> .
- [8] M. Lebrun, « Essai de modélisation et de systémisation du concept de Classes inversées. » Blog de Marcel, janv-2016.