

# Pédagogie renouvelée pour des cursus d'ingénierie à l'université

Emmanuelle Jacquet<sup>1</sup>, Bernard Gaume<sup>1</sup>, Yves Gaillard<sup>1</sup>, Eric Descourvières<sup>1</sup>, Pascale Marange<sup>2</sup>, Bertrand Aigle<sup>2</sup>,  
Nathalie Leblond Bourget<sup>2</sup>, Gérard Dupuis<sup>1</sup>, Christophe Gallon<sup>1</sup>  
emmanuelle.jacquet@univ-fcomte.fr (Auteur correspondant)

Adresses : 1 : Université de Franche-Comté - UFR Sciences et Techniques - Département Mécanique et Génie  
Mécanique, Besançon 25030, France

2 : Université de Lorraine- UFR Sciences et Technologies, Vandœuvre-lès-Nancy, F-54506, France

## RESUME :

Dans l'industrie autant que dans les laboratoires de recherche, résoudre un problème scientifique est sans doute l'une des missions les plus importantes de l'ingénieur et c'est celle à laquelle les formations en sciences pour l'ingénieur préparent. C'est aussi l'une des plus riches car elle fait appel à un grand nombre d'acquis différents qui doivent être mobilisés simultanément. Forts de ce constat, plusieurs enseignants ont suivi en 2013 une formation à l'apprentissage actif conduite par l'Université de Louvain dans le cadre de la mise en place des Cursus Master en Ingénierie du réseau FIGURE et ont souhaité la mettre en application. L'intégration des acquis est envisagée au travers de plusieurs expériences d'enseignement qui sont relatées dans cet article. Le point commun à l'ensemble des exemples proposés réside dans le fait que l'étudiant est l'acteur essentiel de sa formation : il apprend en faisant, il apprend ce qu'il ne maîtrise pas encore mais qu'il sait devoir acquérir, il construit son propre parcours. Cet apprentissage actif vise à améliorer l'enseignement trop souvent cloisonné et subi par les étudiants. Les stratégies de cet apprentissage cherchent à renforcer la motivation individuelle, à augmenter le temps de travail personnel de l'étudiant, à inciter l'étudiant à prendre conscience de ses lacunes, à questionner ses professeurs. Les expériences relatées ont été conduites à titre expérimental dans certains modules de Cursus Master en Ingénierie à l'Université de Franche-Comté, en partenariat avec l'Université de Lorraine, également membre du réseau FIGURE. Elles sont présentées et analysées pour être améliorées et étendues à d'autres modules de formation. L'évaluation des acquis est utilisée, puis comparée avec la méthode dite "classique" et elle fait apparaître deux remarques contradictoires : L'étudiant s'investit davantage, il comprend, synthétise et restitue son apprentissage de façon plus mature mais il n'est pas à l'abri de passer à côté de notions importantes et utiles à sa formation. L'équipe enseignante s'oriente vers une intervention individualisée et adaptée aux questionnements de l'étudiant qu'elle suit tout au long de son parcours.

**Mots clés :** dispositif pédagogique, apprentissage actif, évaluation participative.

## 1 INTRODUCTION

Dans le but d'améliorer l'apprentissage des étudiants et d'augmenter par là même le plaisir de transmettre, plusieurs enseignants ont opéré une transformation de fond de leurs méthodes pédagogiques. Le principe de base est la mise en place de l'apprentissage actif des apprenants dans le cadre d'un alignement Acquis d'apprentissage/Compétences – Evaluation – Autoévaluation – Pédagogie. Cet alignement consiste à définir au préalable et de façon intelligible pour tous les objectifs attendus de la formation, les acquis d'apprentissage et leurs niveaux respectifs suivant une taxonomie donnée, les modes d'évaluation et la pédagogie adaptés. L'étudiant est alors associé au processus d'apprentissage à travers une démarche réflexive appuyée par une grille d'autoévaluation fournie par l'équipe enseignante. Il peut ainsi estimer le travail à fournir pour atteindre les objectifs d'apprentissage et faire un retour continu sur les moyens et la pédagogie utilisés.

Les expériences menées par plusieurs enseignants sur trois volets de l'alignement sont présentées dans cet article : la première porte sur la pédagogie active et concerne un module d'énergétique; la seconde porte sur l'évaluation participative associant l'évalua-

tion et l'auto-évaluation, dans un module de mécanique des systèmes indéformables.

## 2 METHODE PEDAGOGIQUE - APPRENTISSAGE PAR OBJECTIFS

A partir de l'identification des objectifs d'apprentissage de la formation, les principes essentiels de la méthode pédagogique sont repris ci-dessous :

### 2.1 Objectifs d'apprentissage (ou objectifs pédagogiques)

Une unité d'enseignement (ou module) construite pour permettre à l'étudiant d'acquérir une compétence doit être déclinée en liste d'objectifs d'apprentissage clairs et détaillés. Ils sont réalistes, mesurables, atteignables dans un laps de temps donné. L'étudiant s'engage dans la formation avec ces objectifs.

### 2.2 Acquis visés

Un objectif d'apprentissage se décompose en sous-objectifs ou acquis visés. Formaliser ces acquis, c'est trouver les verbes adaptés à la capacité atteinte et préciser le contexte de l'action. Le niveau de l'acquisition peut être décrit classiquement par la taxonomie de

Bloom [1]. Dans ce qui suit, une taxonomie à 5 niveaux a été adoptée :

- Niveau 1 : on sait que ça existe.
- Niveau 2 : on dispose de l'information de base.
- Niveau 3 : on sait tirer parti de cette connaissance pour résoudre ou interpréter des problèmes simples - Un problème est qualifié de simple si tous les indices pour le résoudre sont disponibles d'emblée, si la solution requiert des tâches familières, s'il peut être résolu avec un haut degré de certitude et si les experts s'accordent sur la nature de la solution correcte
- Niveau 4 : même chose pour les problèmes complexes - Un problème est qualifié de complexe si les indices nécessaires à la solution ne sont pas tous disponibles d'emblée, s'il évolue au cours de son investigation, si la solution n'est pas standardisée mais unique, s'il ne peut pas être résolu avec un haut degré de certitude et si les experts sont souvent en désaccord quant la meilleure solution à mettre en œuvre, même quand le problème peut être considéré comme ayant été résolu -
- Niveau 5 : on sait remettre en cause les concepts et les lois de base (capacité critique).

Le niveau est une balise le long du cheminement progressif vers l'acquisition. Pour reprendre l'analogie des jeux de stratégies, tout le monde comprendra que pour acquérir la *compétence* « char » il faudra d'abord la *compétence* « roue », la *compétence* « dressage » ainsi que la *compétence* « travail du bois ». Et ensuite, pour obtenir la *compétence* « cavalerie » il faudra également la *compétence* « dressage » mais à un niveau supérieur, d'où l'intérêt d'une taxonomie.

Dans le cadre d'une approche par compétences, le profil du diplômé est construit progressivement, tout au long du cursus, en intégrant les acquis d'apprentissage. Ceci implique la définition claire de ces acquis au niveau de chaque unité d'enseignement et la mise en cohérence de ces unités dans une dynamique d'équipe pédagogique.

### 2.3 Evaluation

Une description précise des objectifs et acquis visés formalisés en plusieurs niveaux et déclinés en acquis évaluables, acquis évaluables transverses (pour ceux qui concernent plusieurs unités d'enseignement) et acquis auto-évaluables (pour ceux qui ne sont pas évalués par l'enseignant) est indispensable pour concevoir une évaluation cohérente avec les objectifs de la formation. Pour être une mesure objective des acquis, le processus d'évaluation pédagogique passe alors par plusieurs étapes [2] [3]:

- Une évaluation préliminaire (diagnostique) identifiant les acquis de l'étudiant, c'est à dire

ce qu'il sait/ou sait faire juste avant le début de la formation.

- Une (ou plusieurs) évaluation(s) formative(s) utile(s) au cours de la formation pour que l'étudiant mette en place des actions correctives et pour que l'enseignant mette en question éventuellement sa méthode et ainsi l'adapte.
- Une évaluation certificative mesurant le niveau atteint pour tout ou partie des acquis visés. Elle atteste alors que l'étudiant a acquis ou possède une compétence visée.

L'évaluation peut être limitée à une activité, un module isolé ou bien porter sur un ensemble de modules simultanés ou successifs (cas des acquis transverses). L'acquisition s'envisage alors au travers de plusieurs modules et l'évaluation est transverse : un acquis non atteint à l'issue d'un premier module sera revu et re-expérimenté à d'autres moments de la formation permettant son acquisition au rythme de l'étudiant. L'évaluation sort alors de la traditionnelle « *intéro qui n'a rien à voir avec ce qu'on a fait en cours, Madame, Monsieur* ». Le piège classique qui consiste à glisser une formulation un peu différente ou une équation un peu plus compliquée qu'à l'accoutumée ne peut servir qu'à évaluer une compétence bien particulière, celle qui consiste à savoir improviser devant un problème nouveau, adapter son raisonnement. Et encore une fois, cette compétence devra être enseignée avant d'être évaluée. L'évaluation certifie que la notion de "cœur" visée lors d'un enseignement est acquise ou non.

### 2.4 Alignement

Les activités d'apprentissage sont construites en cohérence avec les objectifs d'apprentissage à partir du niveau initial de l'étudiant au début de la formation. Ces activités mènent l'étudiant depuis là où il est jusqu'au niveau de formation visé. La notion d'alignement signifie que l'activité pédagogique mise en place est directement déduite de la construction objectifs visés et évaluation de l'apprentissage.[4]

### 2.5 Evaluation participative

La description des objectifs d'apprentissage en acquis visés et en niveaux d'acquis apporte de la clarté (unecompréhension identique par les personnes qui prennent connaissance de l'acquis visé) et de la cohérence dans la formation. De plus l'acquis visé doit rester atteignable par l'étudiant dans le temps et avec les moyens envisagés. A ces conditions, l'association de l'étudiant au processus d'apprentissage dans son ensemble l'autorise à être acteur de sa formation, à prendre une part active à l'exercice pédagogique, à questionner, et à mettre en œuvre des actions d'amélioration de l'apprentissage. L'étudiant sera in fine plus mature [5].

### 3 EVALUATION PARTICIPATIVE

La formation déclinée en objectifs d'apprentissages et acquis visés sert d'appui à la mise en place d'une évaluation à laquelle l'étudiant est intimement associé. La démarche est alors réflexive et dynamique engageant le couple formé de l'équipe enseignante et de l'étudiant.

Le tableau des objectifs croisés (tableau 1) est présenté à titre d'exemple d'une construction cohérente sur l'ensemble d'une formation diplômante en un an. Il met en évidence que plusieurs objectifs pédagogiques seront atteints grâce à différentes unités d'enseignement. Ce tableau est présenté comme un outil indispensable pour mener l'évaluation participative sur l'ensemble d'une formation. Le découpage en niveaux est

une étape subsidiaire qui clarifie les attentes de l'enseignant pour conduire l'étudiant lors de son apprentissage. C'est l'objectif fixé à terme dans la mise en place de Coursus Master en Ingénierie à l'Université de Franche-Comté.

#### 3.1 Contexte

L'expérience d'évaluation participative a été menée au second semestre de la première année de licence (L1S2 CMI Systèmes et structures intelligents), dans le module de mécanique des systèmes indéformables. L'expérience a concerné 45 étudiants répartis en 2 groupes de TD et 3 groupes de TP. Le contenu de l'enseignement a préalablement été formulé sous forme d'acquis visés, avec des verbes d'action clairs et précis.

		acquis visés LP Eco-design	UE:											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9 et 10		
UE 1	culture design / culture technique	Réaliser une démarche créative globale en fonction d'une demande répondant à un cahier des charges plus ou moins précis.	*	*		*	*							*
		Mettre en place les éléments 2D graphiques (croquis, schémas, plans, perspectives colorées) et réactionnels permettant la parfaite compréhension de cette dernière.	*	*		*	*							*
		Réaliser les mises en volume (de façon numérique ou physiques) en adéquation avec celle-ci.	*	*		*	*							*
		communiquer avec la communauté scientifique de bureau d'études; vocabulaire du dessin technique, et des liaisons...	*	*		*	*							*
		concevoir à partir d'une analyse fonctionnelle (inventaire des interacteurs, fonctions détaillées par critères, niveaux et flexibilité), initier un FAST.	*	*		*	*							*
		modéliser numériquement un volume ou une surface, un assemblage, avec paramétrage, usage de références (plans, axes, points) et prise en compte d'une arborescence fonctionnelle et par sous-assemblages.	*	*		*	*							*
		simuler numériquement (efforts, vitesse, optique : rendu réaliste photo-vidéo)	*	*		*	*							*
		maîtriser les notions de puissance et énergie.	*	*		*	*							*
		estimer les consommations et économies énergétiques.	*	*		*	*							*
		réfléchir à la conception d'une pièce plastique injectée.	*	*		*	*							*
discuter des procédés de fabrication conventionnels et à commande numérique, prototypage rapide.	*	*		*	*							*		
UE 2	at. artiste	Initier une démarche esthétique liée à l'écologie et l'environnement. Réaliser une œuvre à partir d'une réflexion collective et créative autour d'un savoir-faire artistique.	*	*		*	*						*	
UE 3	Design responsable	Réaliser le bilan environnemental d'un produit/service dans le cadre d'un projet de design responsable. S'interroger sur la nature et la quantité de déchets que son travail de designer induit et les visites de sites dédiés aux déchets incinération, enfouissement recyclage en ont été une illustration.	*	*		*	*						*	
		Adopter comme réflexe celui de l'optimisation de la quantité de matière première, de la quantité d'énergie, d'eau que le produit que je conçois va nécessiter.	*	*		*	*						*	
		Sensibiliser à la notion de développement durable Intégrer la nécessité pour tout projet et pour toute entreprise de réfléchir "global" pour fabriquer "local".	*	*		*	*							*
UE 4	SHS - Psychologie de l'Utilisateur	Estimer l'importance du positionnement des objets et des personnes dans l'espace Connaître les tenants et aboutissants des interactions et de la communication, ainsi que les représentations sociales, stéréotypes, rôles, normes ; l'influence, la manipulation, l'engagement, la persuasion, le changement possible de mentalités...	*	*		*	*						*	
		Manier la créativité en jouant avec le langage et son environnement, tout en intégrant les comportements de consommation et d'usage : simulation d'une table-ronde marketing ; conception d'une exposition dans un espace donné	*	*		*	*							*
		Utiliser des méthodes marketing	*	*		*	*						*	
		Définir les mobiles et freins des usages face à l'achat d'un produit Anticiper les comportements de consommation et d'usage	*	*		*	*							*
		Comprendre les freins (et mobiles) des collectivités et décideurs pour le développement durable Identifier les représentations sociales, stéréotypes, rôles, normes ; l'influence, la manipulation, l'engagement, la persuasion, le changement de mentalités...	*	*		*	*							*
Connaître les principaux mouvements éco-citoyens	*	*		*	*							*		
UE 5	Eco-design	Aborder un client futur avec une méthodologie, permettant une estimation Introduire une démarche Eco-design	*	*		*	*						*	
		Avoir une approche globale de la question posée par le client tant sur une approche d'influence à Long terme que d'applications concrètes Mettre une réflexion marketing dans la démarche créative sur les questions pratiques de usage, différenciation, prix, distribution	*	*		*	*							*
UE 6	Matériaux et perceptions	Intégrer la dimension environnementale dans la démarche d'un projet en design, tout en tenant compte des contraintes fonctionnelles, techniques et économiques.	*	*		*	*						*	
		Proposer une solution eco-design Mettre en oeuvre des solutions d'amélioration suite à l'analyse d'un bilan environnemental seul ou au sein d'un réseau multimédias. Imaginer des produits/services innovants incitant à de nouveaux comportements responsables en tant que designer / prescripteur de tendance	*	*		*	*							*
		Identifier les propriétés physiques et mécaniques à cibler lors du travail de conception / Evaluer ou savoir évaluer les propriétés physiques d'un matériau / Classer selon des critères liés au cdc fonctionnel du produit / Composer son choix en fonction des arguments (techniques, environnementaux, économiques, contextuels...) / développer un argumentaire	*	*		*	*							*
UE 7	Communication	Identifier les caractéristiques acoustiques d'un lieu ou objet / savoir comment agir sur l'identité acoustique du lieu ou de l'objet	*	*		*	*						*	
		Manipuler les outils pour mesurer les différences de rendu sensoriel entre différents matériaux, finitions, fournisseurs/ Identifier les propriétés physiques donnant naissance à des impressions sensorielles	*	*		*	*							*
		Chercher des lieux, BD, sources d'informations pour apprécier les matériaux composites à fibres naturelles ( propriétés, techniques de production, applications) / Polymères /	*	*		*	*							*
		Gérer une relation de face à face avec un interlocuteur/ gérer une relation conflictuelle et parvenir à un processus de négociation / Passer une commande avec un client en utilisant les attitudes adaptées (reformulation, investigation)	*	*		*	*							*
UE 8	Anglais	Gérer un projet avec les outils standards de conduite de projet Mettre en place une méthode de résolution de problème/ Animer un brain storming, un metaplan	*	*		*	*						*	
		Utiliser la réunion Préparer une réunion et de convoquer des participants / Préparer une salle de réunion en fonction de l'objectif / animer / rédiger un compte-rendu des décisions de la réunion	*	*		*	*							*
		repérer l'idée à véhiculer et l'inscrire dans un contexte actuel/ Utiliser les outils graphiques adéquats / mettre en place une recherche graphique cohérente avec un projet	*	*		*	*							*
UE 8	Anglais	Comprendre un message en anglais (texte, discours, dialogue) et produire un message en anglais	*	*		*	*						*	
		comprendre les informations essentielles (orales, écrites) et prendre part à une discussion sur des sujets relatifs à la vie sociale (entretien d'embauche, prise de décision en groupe...)	*	*		*	*							*
		présenter et expliquer un processus de fabrication relatif à son domaine professionnel	*	*		*	*							*
		rédigier, présenter et défendre un projet professionnel	*	*		*	*							*
Appréhender le contenu du TOEIC et aux stratégies nécessaires pour améliorer son score.	*	*		*	*							*		

Tableau 1 : tableau croisé des compétences visées Licence professionnelle Eco-design

Le niveau d'acquisition maximum est de 3 pour ce module. Parmi les éléments de ce mode d'évaluation, il a été donné à l'étudiant une grille d'auto-évaluation afin

qu'il se situe vis-à-vis des pré-requis d'une part et des savoirs et savoirs faire à acquérir d'autre part. Cet outil doit permettre à l'étudiant de solliciter à tout moment

l'équipe enseignante par des questions et de se préparer un programme de travail adapté à ses manques. Cet outil permet aussi à l'équipe enseignante de savoir si son message a été compris ou s'il est nécessaire d'adapter ou de modifier la pédagogie utilisée.

### 3.1.1 Déroulement de l'expérience 1

Le processus d'auto-évaluation s'est déroulé en trois temps. Dans un premier temps, les étudiants ont été informés de l'expérience (comment, pourquoi). Les niveaux d'acquis ont été définis (tableau 2), ainsi que le type d'évaluation utilisé (formative, certificative). Au milieu du semestre, un exercice d'auto-évaluation à faire en dehors des exercices de TD a été distribué ainsi qu'une fiche d'appréciation (tableau 3) précisant les compétences et niveaux à atteindre à cet instant du semestre.

Acquis visés	Evaluation formative	Evaluation certificative
	contrôle 1	contrôle terminal
Expliciter la démarche de résolution d'un problème de cinématique	*	*
Calculer la vitesse d'un solide		
faire la différence entre la vitesse d'un point et celle d'un solide	*	*
Exprimer la vitesse du centre de gravité (ou d'un autre point) et le vecteur rotation instantané		
Exprimer le vecteur position d'un point du solide dans un repère fixe ou mobile	*	*
Exprimer le vecteur rotation instantané d'une base mobile par rapport à une autre (fixe ou mobile)	*	*
Faire la différence entre repère de calcul et repère de projection	*	*
Utiliser la formule de dérivation d'un vecteur position en passant par un repère intermédiaire	*	*
Calculer la vitesse d'un solide en utilisant la cinématique du solide, la composition des mouvements et la dérivation dans une base mobile		
Ecrire le torseur cinématique d'un solide en un point particulier		*
Calculer la vitesse d'un point d'un solide en utilisant la relation de changement de point		*

Tableau 2: Planning des acquis visés dans le module mécanique des systèmes indéformables LIS2

Un enseignant référent a été désigné par groupe de sept étudiants pour les aider à faire leur auto-évaluation.

Le deuxième temps a eu lieu une quinzaine de jours plus tard. Les étudiants devaient alors envoyer des questions par mail à l'enseignant du module, afin que celui-ci prépare une séance de remédiation, en groupe de TP.

Acquis visés	à atteindre				Mon niveau
	Niveau	Evaluation formative	Evaluation certificative	Niveau	
Expliciter la démarche de résolution d'un problème de cinématique	3	oui			
Calculer la vitesse d'un solide	3				
Faire la différence entre la vitesse d'un point et celle d'un solide	1				
Exprimer la vitesse du centre de gravité (ou d'un autre point) et le vecteur rotation instantané	2				
Calculer la vitesse d'un solide en utilisant la cinématique du solide, la composition des mouvements et la dérivation dans une base mobile	3	oui			
Etablir et exploiter l'équation d'une trajectoire	2				
Calculer l'accélération d'un solide	3				
Faire la différence entre l'accélération d'un point et celle d'un solide	1				
Calculer l'accélération en tenant compte de la rotation	2				
Calculer l'accélération à partir des différents calculs de vitesse	3	oui			
Connaître l'outil mathématique Torseur					
représenter graphiquement les deux éléments de réduction	3				
calculer un moment résultant en un nouveau point	3				
maîtriser la notion d'axe central					
Expliciter la démarche de résolution d'un problème de Statique	3	oui			
Caractériser et exploiter les liaisons entre solides dans un système mécanique	3				
connaître les liaisons usuelles et les différencier des liaisons non-usuelles	3				
schématiser (2D et 3D) et caractériser (géométrie, cinématique, efforts transmissibles) les liaisons usuelles	2				
réaliser un schéma cinématique et l'exploiter pour les calculs cinématiques et dynamiques	3	oui			
Caractériser les efforts transmis entre solides au sein d'un mécanisme	2				
modéliser un système de solides en vue de son étude statique	2				
paramétrer un système de solides en vue de son étude statique	2				
Connaître les propriétés d'un solide soumis à 2 forces	3				
Connaître les propriétés d'un solide soumis à 3 forces	3				
Exploiter les lois de frottement pour l'étude d'un système mécanique	2				
Connaître le phénomène de frottement	1				
reconnaître la nature d'un frottement et choisir la loi correspondante	2	oui			

Tableau 3: fiche d'autoévaluation

Le troisième temps est une séance de remédiation, préparée par l'enseignant en fonction des questions (exercices, maquettes, exemples permettant d'y répondre). Cette séance fut très interactive puisque les étudiants avaient réfléchi au préalable à leurs acquis et non acquis et préparé leurs questions. Cette même action en trois temps a été renouvelée une seconde fois en fin de semestre.

### 3.1.2 Retour d'expérience 1

Les étudiants ont été sollicités pour donner leurs impressions et ressentis sur cette expérience. Le succès de l'auto-évaluation tient au fait qu'un certain nombre d'étudiants ont bien voulu jouer le jeu. Les principaux arguments de succès sont les suivants : les objectifs sont formalisés, cela permet de poser des questions claires, de gagner du temps, de savoir ce qu'il faut travailler, de poser des questions auxquelles l'étudiant n'avait pas pensé et qu'il n'aurait jamais posées. L'échange avec les étudiants, grâce à ce retour sur l'auto-évaluation a permis d'identifier des demandes comme : "donner des références d'ouvrages ou de chapitres d'ouvrages pour chacun des objectifs cités sur la fiche d'auto-évaluation". Des exercices pour chacun des objectifs cités sont demandés également. L'auto-évaluation permet des échanges constructifs avec les étudiants. Les intitulés des objectifs d'apprentissage, s'ils sont clairs pour l'enseignant, ne le sont pas toujours pour l'étudiant. Ils doivent être plus accessibles. Du point de vue de l'enseignant, outre les améliorations citées précédemment, l'affichage clair des objectifs et acquis visés, comme un contrat, l'aide à préparer son évaluation certificative, qui devient très ciblée. Après correction des évaluations certificatives de fin de semestre, il apparaît que l'auto-évaluation des étudiants est plutôt cohérente avec leurs résultats.

## 4 DEVENEZ EXPERT EN ENERGETIQUE

Une deuxième expérience a été menée au niveau des activités pédagogiques mises en place dans une Unité d'Enseignement.

### 4.1 Contexte de l'activité

Une équipe pédagogique constituée depuis 2012 a décidé de remettre en question ses méthodes d'enseignement: difficile en effet de se satisfaire des résultats d'un enseignement d'énergétique quand à la fin du module les copies trahissent un bachotage et un manque de compréhension des principales notions abordées, alors que des pédagogies alternatives sont vantées et tentantes. L'unité d'enseignement concerne la troisième année de licence. C'est un module de 30 heures au premier semestre. Il concerne 25 étudiants. Les objectifs pédagogiques sont présentés dans le tableau 4.

Objectifs d'apprentissage	ACT. argon	ACT. Glaçon	cc1 (20mn)	ACT. Patinoire	cc2 (sout.)	cc3 (1h30)
Identifier un système et son milieu extérieur	*	*	*	*	*	*
Choisir les variables d'un système	*	*	*	*	*	*
Evaluer les quantités d'énergie qu'un système échange avec son milieu extérieur		*	*	*	*	*
Traduire l'équilibre d'un système (ex. PV=nRT)	*	*	*	*	*	*
Traduire le principe de conservation		*	*	*	*	*
identifier les différents types de transformations (adiabatique, isobare...)		*	*	*	*	*
Identifier les différents modes de transfert de chaleur			*	*	*	*
Analyser et Résoudre analytiquement un problème simple	*	*		*	*	*
Utiliser des fonctions et potentiels thermodynamique						
Identifier les différents types de machines thermiques				*	*	*
Emettre ou critiquer des hypothèses pour simplifier un problème réel			*	*	*	*
Calculer le rendement d'une machine thermique idéale				*		
Mesurer les écarts idéal-réel				*		
Optimiser et dimensionner une solution réelle				*		
Résoudre numériquement un problème bien défini	*	*		*	*	*
Estimer et manipuler les unités	*	*		*	*	*
exposé des résultats	*	*		*	*	*
travail de groupe	*	*		*	*	*
synthèse des résultats				*	*	*
Présentation préparée (soutenance orale)				*	*	*
Critiquer ( de façon constructive) un travail fait par d'autres					*	*
Prendre la parole					*	*

Tableau 4 : Matrice des objectifs du module et des activités.

En plus des objectifs de la discipline, des objectifs transversaux à plusieurs disciplines (en grisé dans le tableau) apparaissent et sont clairement identifiés.

## 4.2 Activité

L'activité proposée dans ce cadre a consisté en un jeu de rôle avec élus, et propriétaires de terrains (chaufferie, patinoire, incinérateur), où les étudiants peuvent jouer le rôle d'experts en énergétique, de promoteurs immobiliers (scientifiques) ou de décideurs de collectivités. Lors d'une séance ouverte réunissant l'ensemble des participants, le lieu d'implantation d'une piscine municipale doit être décidé. Seuls les arguments énergétiques sont acceptés en incluant l'analyse des déplacements de population. Un rapport technique de chaque site est à la disposition des étudiants, ceux-ci ont la possibilité de visiter les installations réelles. Les étudiants sont répartis en 4 groupes : un groupe "mairie" et trois groupes "propriétaires" avides d'arguments pour défendre l'avantage de leur terrain. Dans chaque groupe, un rôle spécifique est attribué à chaque étudiant (animateur, secrétaire chargé du compte-rendu du travail du groupe, gardien du temps et scribe chargé de garder trace de toute la production du groupe). Dans chaque groupe, il s'agit d'analyser les atouts énergétiques du terrain et ceux des terrains des concurrents. Dans le groupe "mairie", il faut analyser tous les terrains. Toutes les informations techniques ne sont pas fournies tant que les questions ne sont pas posées. Simultanément à ce travail de projet, des séances de cours dits de remédiation et restructuration sont proposées. Les séances de groupe sont utiles pour mettre en commun les idées de chacun et se répartir les tâches. Les questions posées en groupe sont systématiquement reformulées pour inciter l'étudiant à pousser sa réflexion plus loin. Il est guidé vers des références précises d'ouvrage. En cours, par contre, l'enseignant s'ef-

force de répondre aux questions explicitement et encourage les questions de préférence quelques heures avant le cours. Lors des séances en groupe, le timing est extrêmement détaillé; ce qui aide à garder un dynamisme tout au long de la séance. A chaque étape minutée, des livrables précis sont demandés. Les étudiants se livrent à la fin de l'activité à un débat dans lequel les "propriétaires terriens" défendent les arguments en leur faveur et se sont armés pour contredire les arguments de leurs concurrents et la "mairie" arbitre et décide.

## 4.3 Retour d'expérience 2

Des groupes se sont constitués. Chaque étudiant a choisi un rôle dans le groupe. Quelques difficultés d'assiduité se sont très vite réglées d'elles-mêmes par la présence du groupe. La motivation a été très forte dès le début de l'activité. Très rapidement, l'expérience de certains a propulsé un groupe très en avant alors que d'autres groupes ont eu plus de mal à démarrer. Le rôle de l'enseignant au cours du travail du groupe consistait à interroger sur les notions comprises, mal comprises ou ignorées, à inciter à s'organiser pour tenir compte des délais entre deux séances avec l'enseignant. Les objectifs d'apprentissage ont été rappelés et confrontés aux activités menées. L'un des points clés du succès de cette activité repose sur le fait que l'équipe pédagogique a partagé l'activité (le face à face pédagogique a été fait en double encadrement). L'implication des enseignants a été augmentée. Le cadrage du problème doit être très précis pour éviter le risque de laisser des étudiants inactifs. Les voies multiples employées par les étudiants pour résoudre le problème suscitent parfois des questions inattendues auxquelles il faut se préparer et prévoir comment amener l'étudiant à répondre lui-même à sa propre question. Les pistes scientifiques proposées par l'étudiant sont parfois originales et l'enseignant doit pouvoir le suivre dans cette voie ou bien le ré-aiguiller à temps. La maîtrise de la discipline est donc indispensable mais aussi l'adéquation de l'activité avec les objectifs d'apprentissage visés et les livrables attendus dans le respect du cadrage temporel. Le livret spécifique étudiant est donc construit conjointement avec le livret enseignant et balise le parcours. Ci-dessous ce livret (tableau 5).

L'organisation de séances intermédiaires de remédiation assure à l'étudiant qu'il ne fait pas fausse route et permet à l'enseignant d'apporter des actions correctives si des éléments utiles n'ont pas retenu l'attention des étudiants. Les savoirs et savoirs-faire du groupe mobilisés par l'activité prennent toute leur importance mais nécessitent d'être confirmés individuellement. Le travail de groupe sert en principe à reformuler le problème posé, à organiser les besoins d'apprentissage de l'étudiant, à l'inciter à fournir un travail pour que le groupe avance et à synthétiser ses nouvelles compétences. Cependant la réalité est parfois plus fade quand l'investissement n'est pas homogène au sein du groupe. Le niveau d'acquisition alors atteint par cer-

tains peut être plus décevant que dans une méthode dite "classique". C'est pourquoi le cadrage du travail de groupe est essentiel, la motivation pourra être renforcée à l'avenir par la mise en place d'une évaluation participative à l'image de ce qui est décrit plus haut.

## 5 CONCLUSION

Les expériences menées concernent différents volets du principe d'alignement pédagogique : le découpage d'un objectif d'apprentissage en acquis visés et niveaux d'acquis, et une activité ludique accompagnant les étudiants en groupe dans un travail individuel encadré.

Ce fut des expériences positives car elles ont permis de constituer des équipes pédagogiques au sein desquelles l'échange porte sur un même processus pédagogique, amenant ainsi un regard critique et constructif des choix proposés. Elles ont changé le regard de l'étudiant sur le sujet traité. Elles ont permis de motiver certains étudiants sur le point de démissionner, elles ont autorisé des questions de fond qui n'étaient jamais posées, elles ont mis en lumière la force du groupe pour initier une réflexion et rendre efficace un apprentissage. Elles ont conduit l'étudiant à mesurer la marge de progression attendue et ont balisé son chemin. La clarté de la formulation des objectifs pédagogiques aide l'étudiant à se préparer à ce qu'on attend de lui. Les niveaux explicités détaillent ce qui constitue son apprentissage et le contenu de la formation. La prochaine étape est une intégration de ce processus sur l'ensemble du Coursus Master en Ingénierie.

## 6 REMERCIEMENTS

L'évolution de ces enseignements a démarré par une formation à l'apprentissage par problèmes organisée par le réseau Figure et dispensée par F2AL (Spin Off de l'Université Catholique de Louvain).

Les auteurs tiennent à associer à ces remerciements l'ensemble de l'équipe pédagogique de la licence professionnelle éco-design ; en effet toute l'équipe a largement contribué à la construction du tableau croisé qui a servi d'illustration dans cet article.

Enfin, l'évolution de nos pratiques pédagogiques a été impulsée par la conviction et le souci inconditionnel de perfectionnement de Lamine Boubakar (Université de Franche-Comté).

Phases et étapes	Tâches	Commentaires complémentaires / pistes possibles	Liens attendus:
Phase 1 Séance "Mairie" 90min	1: 5mn	organisation le groupe	renvoie à la déf. Du scribe, secrétaire, animateur, gestionnaire du temps.
	2: 5mn	Distribution des rôles	Eviter animateur ou scribe au plus avancé, répartition inégale?
	3: 10mn	Lecture de l'énoncé du problème	S'assurer que chacun a compris l'énoncé du problème - piste du DD - schéma des sites et entrants sortants - nommer les quantités - conventions reformulées.
	4: 3 mn	Choix des groupes (Mairie et terrains)	redistribuer autrement que chaque groupe vers les mêmes choses pas forcément avec le même rôle.
	5: 40 mn	Recherche de pistes pour traiter le problème (échanges d'énergie, prise en compte des déplacements, prise en compte des matériaux...)	Faire souligner les mots-clés du problème: système - échange thermique - travail - machine thermique - puissance - rendement / Proposer des questions auxquelles il faudra trouver des réponses plus loin.
	6: 15 mn	Définition des objectifs d'apprentissage	Premier ppe - machines diéthermes - solutions technologiques - COP?
	7: 10 mn	Etablissement d'un Plan d'action - signature d'un engagement d'entrer dans l'activité APP	tous doivent travailler si compétences visées. Tous vont apporter au groupe une vision différente du problème pour faire avancer la résolution / répartir le travail ou appeler les pistes de travail / Recevoir ensemble les documents utiles et les pistes suivies.
Phase 2 Travail individuel	8: 5-6 h	Apprentissage individuel Réaliser le plan d'action établi au point 7	
Phase 3 Séance "Inventaires" 90min	9: 1h	Réponse aux questions et distribution des documents si document de travail suffisamment précis	inventorier ce qui a été appris et compris / inventaire de ce qui reste à approfondir / feuilleter questions et réponses. Reformuler et passer à trouver aux mêmes les réponses.
Phase 4 Travail individuel et en groupe	10: 3-4 h	corriger et compléter le document de travail contenant: le bilan énergétique des déplacements, le bilan énergétique du site piscine, le rendement de la machine thermique fonctionnant entre la piscine et le site considéré	
Phase 5 Séance "tour" 90min	11: 5 mn	réorganisation du groupe	
	12: 60 mn	Valider les apprentissages, les solutions, les livrables, finaliser le travail effectué	inventorier ce qui a été appris, compris, vu des événements approfondissements possibles. Revoir les questions posées (éventuellement restées sans réponse) Réponses au groupe / autre méthode?
	13: 15 mn	Faire le bilan du travail en groupe	Avis sur le fonctionnement et l'apport du groupe, les liens à améliorer
	14: 10 mn	Faire le bilan des apprentissages	Rélier les concepts aux objectifs pédagogiques / Bilan des apprentissages individuels en répondant aux questions individuelles / Inclure à préparer des questions pour parfaire la compréhension
Phase 6 Séance "Mairie"	12: 3h	débat entre les consultants représentants des différents sites, de la mairie et un expert thermique.	récompense - montrer de quoi vous êtes capables - pédagogie et rigueur sont indispensables - sachez vous vendre - Donnez confiance - essayez d'être exhaustifs, terre à terre - en présence SMS.
	12.1 30 mn	Présentation des livrables et argumentaires en faveur du site représenté et utiles à la mairie (consultants terrains prévus) ou bien utiles à la mairie (consultant mairie)	synthèse à présenter à l'autre groupe.
	12.2 15 mn	Présentation des questions concernant les autres sites (consultants terrains prévus)	interaction avec les autres groupes -
	12.3 15mn	Proposition d'une analyse de la solution optimale (consultant mairie)	Choix d'une méthode objective - critères d'évaluation du choix optimal - pénalité pris en compte

Tableau 5 : Livret enseignant - cadrage correspondant au livret étudiant.

## 7 BIBLIOGRAPHIE

- [1] B. Bloom, M. Englehart, E. Furst, W. Hill and D. Krathwohl, "Taxonomy of educational objectives. Handbook 1 : Cognitive domain.", *New York: NY:McKay, 1956.*
- [2] F.-M. Gerard, "Evaluer des compétences : guide pratique", *Bruxelles : De Boeck, 2009.*
- [3] G. De Vecchi, "Evaluer sans dévaluer et évaluer les compétences", *Paris : Hachette Education, 2011.*
- [4] J. Pellegrino, N. Chudowsky et R. Glaser, "Knowing What Students Know : The Science and Design of Educational Assessment", *National Research Council (USA): Board on Testing and Assessment, Center for Education, 2001.*
- [5] C. Doyon et R. Juneau, "Faire participer l'élève à l'évaluation de ses apprentissages", *Lyon: Chronique sociale, 1996.*