

# Les "Etudes Encadrées", une approche innovante pour la compétence « résoudre un problème complexe »

Pierre STEPHAN<sup>1</sup>, François STEPHAN<sup>2</sup>, Cathel ZITZMANN<sup>2</sup>  
[pierre.stephan@univ-tlse2.fr](mailto:pierre.stephan@univ-tlse2.fr), [francois.stephan@epf.fr](mailto:francois.stephan@epf.fr), [cathel.zitzmann@epf.fr](mailto:cathel.zitzmann@epf.fr)

<sup>1</sup> INSPé Toulouse Occitanie-Pyrénées

<sup>2</sup> EPF Ecole d'ingénieur.e.s\_Montpellier

**Résumé.** La compétence « Résoudre un problème complexe » est une compétence essentielle dans les formations d'ingénieurs. Dans la plupart des formations, la mobilisation de cette compétence intervient régulièrement dans des projets en fin de cursus ou dans des disciplines telles que les mathématiques. L'EPF Ecole d'ingénieurs a mis en place il y a quelques années une activité pédagogique originale que nous appelons « Etudes Encadrées » qui permet de travailler sur cette compétence « Résolution d'un problème complexe » dès la première année d'études supérieures et dans la majorité des modules de formation. Cet article présente ce concept et analyse le ressenti des étudiants pour cette nouvelle modalité d'apprentissage.

**Mots-clés :** Compétence, Résolution de problème, Ingénieur, Motivation

## Introduction

Parmi les compétences fondamentales mises en avant dans les formations d'ingénieurs, la capacité à aborder et à résoudre des problèmes complexes est certainement la plus invoquée.

Les activités pédagogiques qui permettent l'acquisition de cette compétence sont principalement les enseignements de Mathématiques (discipline) et les activités de projet (modalité pédagogique). Les premiers sont réputés pour apporter aux étudiants des capacités de raisonnement, des qualités d'analyse, et des aptitudes à ne pas se décourager face à la difficulté d'un problème. Les projets ou activités d'apprentissage par problème sont des activités proposées sur des temps longs qui permettent davantage l'acquisition d'une démarche. Dans les écoles d'ingénieurs, ces projets sont principalement abordés dans les dernières années d'études.

A l'heure d'internet et d'un accès grandement facilité à la connaissance, on pourrait s'attendre à ce que cette capacité à résoudre des problèmes fasse l'objet d'une attention toute particulière. On constate au contraire que l'enseignement scientifique et technique a peu évolué dans l'enseignement supérieur aussi bien sur les contenus que sur la forme. Les approches privilégiées y sont déductives et le travail dirigé sert principalement à mettre en application ce qui a été vu en cours. Lors de la grande majorité des exercices d'application, les modélisations sont données parfois même sans contextualisation ainsi que l'ensemble des paramètres strictement utiles à la résolution. Par ailleurs, le questionnement proposé indique le chemin à suivre pour répondre aux questions posées, et laisse peu de place à une prise de décision, à un choix de modélisation ou à une démarche de résolution.

L'EPF Ecole d'ingénieurs a mis en place il y a quelques années une activité pédagogique originale que nous appelons « Etudes Encadrées » qui permet de travailler sur cette compétence « Résoudre un problème complexe » dès la première année d'études supérieures et dans la majorité des modules de formation. Nous nous proposons ici de définir le concept d'études encadrées, de montrer comment il peut constituer une des réponses à cet enjeu et d'analyser comment ce nouveau format est ressenti par les étudiants.

## Le concept d'études encadrées

### *Description*

Les séances d'"Etudes Encadrées" (EE) s'inscrivent dans un processus d'apprentissage pour chaque module de formation dans les disciplines scientifiques et techniques. En regard des séances de cours et de séances de travaux dirigés, les « Etudes Encadrées » sont au nombre de deux ou trois par module. Elles consistent à faire travailler les étudiants en groupe sur un problème réel. Les séances peuvent durer entre 2 heures et 3 heures. Les groupes sont constitués de deux à quatre étudiants selon la durée de la

séance (plus la séance est courte, plus le nombre d'étudiants doit être limité).

Les « Etudes Encadrées » s'inspirent des méthodes d'Apprentissage Par Problème (APP) et contribuent à apprendre à : savoir poser un problème (à partir d'un problème « mal posé »), savoir mobiliser ses connaissances et en rechercher d'autres (apprendre à apprendre), se projeter dans son futur métier d'ingénieur.

La particularité des « Etudes Encadrées » réside principalement dans la forme du travail demandé. L'énoncé se réduit à la présentation d'un contexte d'étude et à une problématique technique à résoudre, le problème pouvant être potentiellement « mal » posé, ou « partiellement » posé. La démarche de résolution et les connaissances nécessaires à mobiliser ne sont pas explicitées et les étudiants peuvent être amenés à mobiliser des connaissances d'autres matières (ce qui permet de créer du lien dans les apprentissages). L'exemple ci-dessous permet d'appréhender les différences entre les deux modèles d'activité (Travail Dirigé et Etude Encadrée) sur un problème donné en résistance des matériaux. Le premier énoncé correspond à un texte de TD standard (Annexe 1 – Exemple de sujet de TD) et le deuxième énoncé correspond à un texte d'Etude Encadrée (

Annexe 2 – Exemple de sujet d'EE) à partir d'un même support d'étude.

Dans le premier cas, l'étudiant apprend à :

- Appliquer une formule ou une loi ;
- Utiliser des notions vues en cours ;
- Mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème ;
- Mener un calcul.

Dans le cas de l'Etude Encadrée, les principaux objectifs sont tout autres :

- Analyser un problème ;
- Poser une modélisation et des hypothèses ;
- Réfléchir et mettre par écrit une démarche de résolution ;
- S'interroger sur les hypothèses et sur les outils à utiliser ;
- Mobiliser ses connaissances pour résoudre un problème.

Pendant la séance, les étudiants peuvent s'appuyer sur les documents de cours, sur les synthèses, ou tout autre support déterminé par l'enseignant ; ils peuvent discuter entre eux et confronter leurs idées ; ils peuvent faire appel à l'enseignant qui répond aux questions, qui aide à lever les verrous, qui recadre les groupes qui s'égarent ou rencontrent des difficultés. Un rapport écrit est rendu par groupe en fin de séance et peut faire partie du dispositif d'évaluation.

Les étapes de la démarche utilisée dans les « Etudes Encadrées » sont synthétisées sur la Figure 1 inspirée par le schéma des étapes de l'apprentissage par problème de l'Instructional Design Australia (IDA, s. d.).



Figure 1 - Etapes de la démarche des « Etudes Encadrées »

### ***Sa place dans le dispositif d'apprentissage***

L'apport des connaissances s'effectue via un cours ou le plus souvent via un dispositif de formation hybride. Les travaux dirigés conduisent à l'application des notions fondamentales. Les « Etudes Encadrées » sont complémentaires et constituent alors des activités de transfert axées sur la résolution de problème.

### ***Sa place dans le cursus de formation***

Ce dispositif est mis en place dans le cycle d'apprentissage, dès la première année post-bac. S'il semble important d'initier très tôt dans le cursus de formation l'apprentissage sur la résolution de problèmes, la modalité des « Etudes Encadrées » peut prendre des formes particulières différentes suivant son positionnement ; en 1ère année, les problématiques posées peuvent être très simples sans conduire à des développements trop importants. Le niveau de complexité peut augmenter progressivement au cours des années de formation. Il est également important de multiplier cette forme d'apprentissage et de le proposer sur l'ensemble des matières scientifiques, mathématiques, physique-chimie, sciences de l'ingénieur, informatique.

Il peut être également pertinent de demander aux étudiants de préparer l'Etude Encadrée en amont de la séance en donnant juste la présentation du support permettant ainsi d'aider à la phase de compréhension du problème posé (fonctionnement d'un système technique, lecture d'un cahier des charges, ...)

### ***Les différents types d'évaluation envisagés***

Le futur ingénieur doit maîtriser les savoirs fondamentaux et la connaissance des lois physiques. Il connaît le vocabulaire scientifique et technique, les grandeurs caractéristiques et leurs unités. Il est capable « sur un coin de table » de résoudre un cas simple, de raisonner par analogie, etc. La validation de ce premier champ de compétences s'opère classiquement au travers de QCM, d'exercices standards, de tests courts.

L'évaluation de la compétence liée à la résolution de problème est beaucoup moins évidente. Dans les disciplines scientifiques, un examen terminal est proposé la plupart du temps mais avec une guidance et un nombre de questions laissant une place très réduite à une réelle analyse.

Nous avons vu que les Etudes Encadrées apportent une réponse sur la capacité à résoudre des problèmes complexes en amont ou en parallèle des projets ou des stages de fin d'études. Si on souhaite évaluer cette compétence relative à la résolution de problème complexe, que doit-on évaluer sur le rendu des étudiants ?

Le terme de rapport est sans doute préférable à celui de copies car il inscrit l'étudiant (et son groupe) dans une configuration d'équipe de projet répondant à une demande et revêtant une nécessité de clarté, d'analyse et parfois de propositions. Ce rapport doit donc être compréhensible par un non spécialiste du domaine au moins pour sa partie introductive et sa conclusion. Il doit être agrémenté de figures, de schémas ou plus généralement d'outils de représentation pour aider à la communication. Il doit être structuré et doit permettre au lecteur de ne pas se perdre. Il doit ainsi éviter les développements mathématiques trop lourds en insistant davantage sur les modèles retenus, les hypothèses associées, "sur les résultats obtenus et leurs interprétations. Il doit être rigoureux scientifiquement tant sur le formalisme mathématique que sur les unités.

Il est préconisé d'évaluer les critères suivants :

- Démarche proposée (énoncé du problème, intro / conclusion et analyse des résultats) ;
- Communication / schématisation ;
- Rigueur scientifique ;
- Résultats obtenus.

Il est important que ces critères soient connus des étudiants et fassent l'objet d'une explication claire propre à chaque enseignant et à la discipline concernée.

### ***Le rôle et le positionnement de l'enseignant***

Le positionnement de l'enseignant pendant la séance d'« Etude Encadrée» mérite d'être précisé car il diffère d'une séance classique de Travail Dirigé. Son rôle est actif ; il anime la séance en présentant le problème, puis en passant de groupe en groupe pour répondre aux questions et éventuellement lever au tableau une difficulté qui concerne l'ensemble de la classe. Il conduit le groupe à s'interroger sur le processus de résolution, sur les démarches, sur les outils les plus pertinents. Au travers des consignes métacognitives qu'il apporte pendant la séance, son rôle est essentiel en particulier pour les étudiants en début de cycle d'apprentissage qui découvrent ce type d'activité.

On pourrait associer le rôle de l'enseignant à celui de l'expert qui peut être consulté pendant la séance, qui peut apporter des réponses à des questions précises et correctement formulées, qui peut questionner pour alimenter la réflexion, comme le spécialiste contacté par un ingénieur pour lui apporter une précision sur un projet en cours (Savery, 2015).

Les positionnements évoluent en fonction des enseignants et des matières concernées ; on peut se contenter de répondre aux questions posées par les différents groupes, on peut venir en aide à certains groupes qui s'éloignent trop du problème posé, on peut limiter le nombre de questions posées par groupe pendant la séance.

## **La perception des étudiants**

### ***Contexte de l'étude***

L'étude qui a été menée concerne des étudiants de 1<sup>ère</sup> année, 2<sup>ème</sup> année et 3<sup>ème</sup> année de l'école

d'ingénieur EPF avec une préparation intégrée. Le nombre d'étudiants interrogés est de 198 dont 69 étudiants en 1<sup>ère</sup> année, 72 étudiants en 2<sup>ème</sup> année et 57 étudiants en 3<sup>ème</sup> année. L'étude proposée questionne la motivation liée la tâche d'étude encadrée avec une comparaison entre les différentes promotions d'étudiants et une comparaison entre les étudiants de 3<sup>ème</sup> année déjà familiarisés avec ce format d'activité et les étudiants venant de classes préparatoires.

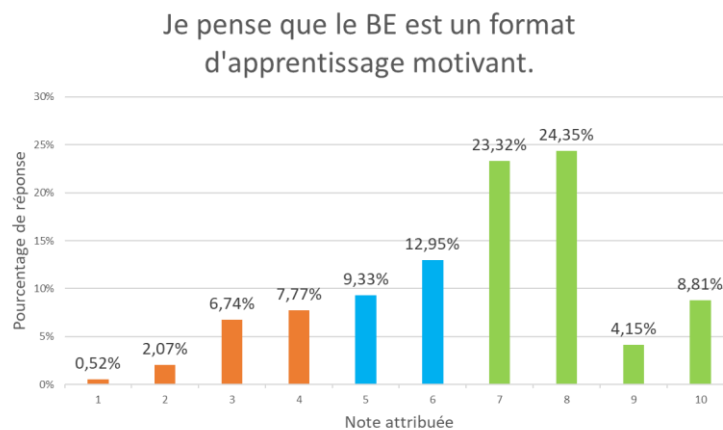
### **Résultats pour l'ensemble des étudiants**

Parmi les dix conditions pour qu'une activité d'apprentissage suscite la motivation (Viau, 2000), l'étude encadrée en valide l'essentiel :

- Elle est significative aux yeux de l'étudiant,
- Elle est diversifiée et s'appuie sur les autres activités,
- Elle représente un défi pour l'étudiant même si parfois le sujet proposé peut s'avérer trop exigeant,
- Elle est authentique car elle s'appuie sur une problématique réelle,
- Elle exige un engagement cognitif de l'étudiant car elle va au-delà de simples applications du cours,
- Elle permet à l'étudiant d'interagir et de collaborer avec les autres étudiants du groupe et même avec l'enseignant,
- Elle a souvent un caractère interdisciplinaire,
- Elle comporte des consignes claires et l'enseignant est à la disposition des différents groupes d'étudiants pour aider à la compréhension du problème posé.

Les conditions qui ne nous semblent pas respectées sont celles liées au temps : l'étude encadrée s'effectuant sur une période de 2h souvent insuffisante pour un travail de groupe et au choix : le sujet et le type de rendu sont les mêmes pour tous les étudiants.

A la question « je pense que l'Etude Encadrée est un format d'apprentissage motivant », sur une échelle de 1 à 10, seulement 17% donnent une réponse inférieure ou égale à 4 et plus de 60% donnent une réponse supérieure ou égale à 7 (Figure 2). Globalement, on constate que l'étude encadrée motive la majorité des étudiants.



**Figure 2 - Résultats associés à la motivation**

La motivation à l'apprentissage a fait l'objet d'études récentes suivant tous une approche sociocognitive, considérant que la motivation de l'étudiant est principalement influencée par ses perceptions. Pour mesurer la motivation des étudiants pour réaliser la tâche liée à l'Etude Encadrée, nous nous appuyons sur un certain nombre de déterminants (Viau et al., 2004).

### **Le sentiment d'utilité de la tâche demandée**

La valeur d'une activité fait référence à l'utilité perçue de celle-ci et aux buts poursuivis par l'étudiant. Confronté à une activité d'apprentissage, l'étudiant peut poursuivre des buts d'apprentissage (j'y accorde de l'importance dans ma formation) et/ou des buts de performances à plus long terme (l'activité est utile pour mon futur métier d'ingénieur) (Wentzel & Asher, 1995).

En milieu universitaire ou en école d'ingénieur, tout en souhaitant que les activités soient intéressantes,

les étudiants désirent surtout qu’elles leur soient utiles pour acquérir les compétences nécessaires à l’exercice de leur future profession.

Aux questions « je pense que l’Etude Encadrée est un format d’apprentissage important dans ma formation » et « je pense que l’Etude Encadrée est un apprentissage utile pour le futur métier d’ingénieur », les réponses sont très positives avec 69% au-delà de 7 pour ce qui concerne le sentiment d’importance et 81% au-delà de 7 pour ce qui concerne l’utilité (Figure 3). Plus du quart des étudiants pensent même que l’activité est parfaitement adaptée à leur futur métier en attribuant la note maximale.

Le nombre d’étudiants pas ou peu convaincus par l’importance de l’Etude Encadrée dans la formation et par son utilité est très faible.

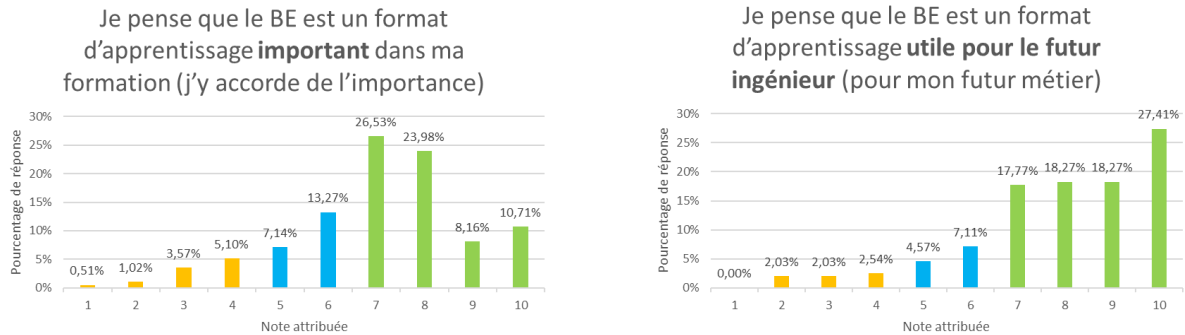


Figure 3 - Résultats associés à l'utilité de la tâche

### Le sentiment de capacité face à la tâche demandée

Avant de se lancer dans une tâche, il faut se sentir capable de la mener à bien. Au niveau universitaire, la perception de ses compétences dans une activité est positivement liée à l'engagement cognitif (Pintrich, 1999; Pintrich & Schunk, 2002). Le processus de perception de compétence d'un étudiant est accentué lorsqu'on lui demande d'effectuer des activités qu'il n'est pas sûr de réussir (Viau, 1994). Ainsi, ayant souvent réussi leurs études secondaires dans un contexte d'enseignement traditionnel, les étudiants en école d'ingénieur peuvent être amenés à se questionner sur leur compétence à apprendre lorsqu'ils sont confrontés à des activités pédagogiques innovantes avec des objectifs et des modes de fonctionnement qui leur sont inconnus.

La question de l'engagement de l'étudiant dans l'Etude Encadrée donne des résultats très positifs avec plus de 75% des étudiants donnant une réponse supérieure ou égale à 7 (Figure 4). Ils sont moins de 10% à donner une réponse inférieure ou égale à 4, considérant que l'Etude Encadrée n'est pas ou peu engageante.

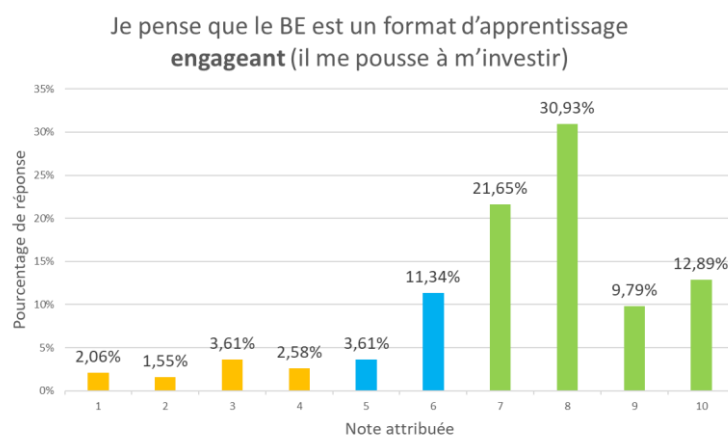
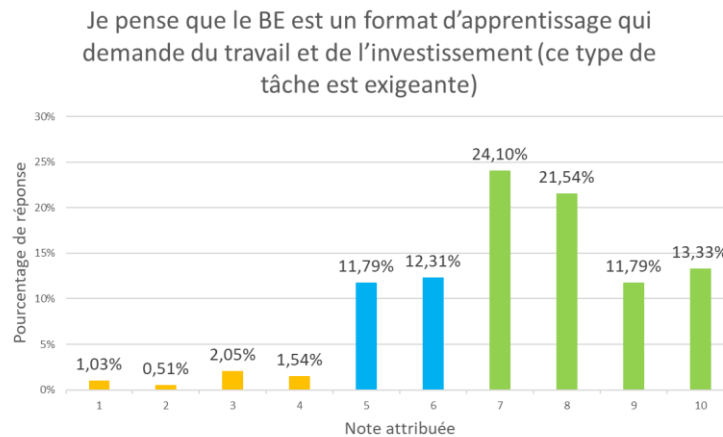


Figure 4 - Résultats associés à l'engagement

### Le sentiment de défi

Une nouvelle activité pédagogique telle que l'Etude Encadrée cible une plus grande prise en charge par les étudiants de leur apprentissage qui suscite chez eux une plus grande motivation si la tâche demandée

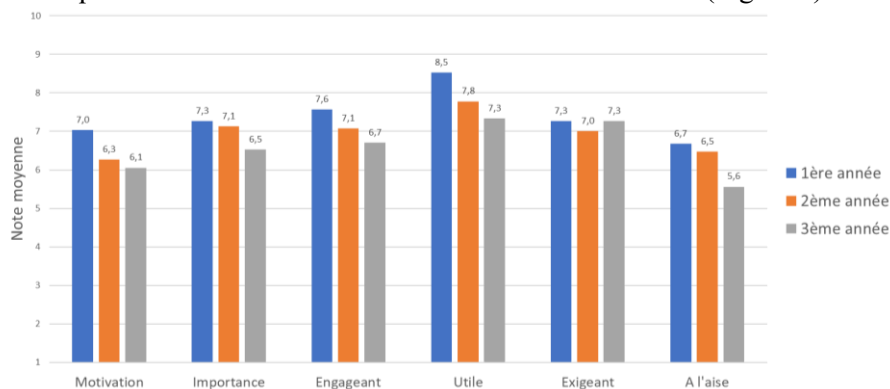
n'est pas trop exigeante. Cette perception de défi mesurée à travers la question « je pense que l'Etude Encadrée est un format d'apprentissage exigeant », les réponses sont très fortement positives puisque seuls 5% de réponses se situent inférieures ou égales à 4 et 70% sont supérieures à 7 (Figure 5).



**Figure 5 - Résultats associés au défi**

### Résultats comparatifs et analyse

La comparaison des résultats obtenus en fonction du positionnement de l'étudiant dans le cursus de formation montre que la perception liée à la motivation s'estompe au fil des années entre la 1<sup>ère</sup> année d'école qui correspond à la première année d'étude post BAC et la 3<sup>ème</sup> année d'école. Les écarts sont significatifs sur les questions liées au sentiment d'utilité et de motivation (Figure 6).



**Figure 6 - Résultats moyens en fonction de l'année de formation**

Ce résultat peut surprendre dans la mesure où on pouvait penser que la prise de conscience de la pertinence d'être confronté à la résolution de problèmes complexes augmenterait avec les années d'étude et une meilleure connaissance des attendus du métier d'ingénieur. En 1<sup>ère</sup> année, les moyennes sont très hautes comme on peut le constater sur les graphiques. Face à une tâche nouvelle, avec un accompagnement de l'enseignant, les étudiants sont davantage motivés par l'activité d'Etude Encadrée. La légère baisse au fil des années peut avoir plusieurs explications ; la première liée à une certaine routine et donc une banalisation de la tâche proposée. L'Etude Encadrée devient peu à peu une activité qui perd de son originalité pour l'étudiant. La deuxième explication peut venir du dispositif d'évaluation souvent mal vécu par certains étudiants qui considèrent que le tirage aléatoire des groupes peut avoir une incidence importante sur la note obtenue. Enfin, dans les années supérieures, d'autres dispositifs d'apprentissage tels que les projets, plus proche d'une situation authentique, prennent une part plus importante dans la formation.

Concernant la comparaison des perceptions entre les étudiants issus de BAC S et les étudiants issus de BAC STI2D, les résultats sont très similaires même s'il est difficile de conclure étant donné le faible nombre du groupe « STI2D ».

Le plus gros écart concerne la question de l'importance accordée à la tâche. Le parcours spécifique des

étudiants issus d'un BAC STI2D intégrant un suivi personnalisé et davantage d'activités de projet et de groupe peut expliquer ce léger écart (Figure 7).

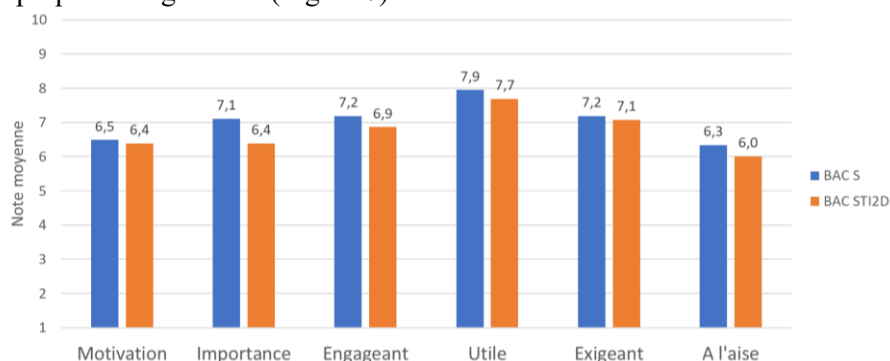


Figure 7 – Résultats moyens en fonction du Bac obtenu

Concernant la comparaison entre les perceptions des étudiants de 3<sup>ème</sup> année venant de classes préparatoires et ceux ayant suivi une préparation intégrée au sein de l'école et donc déjà familiarisés avec la tâche proposée, les résultats sont assez contrastés (Figure 8). Les étudiants issus de classes préparatoires considèrent l'Etude Encadrée légèrement plus motivante mais l'écart reste cependant faible. Ils sont par ailleurs moins nombreux à considérer que ce format d'apprentissage les aide à résoudre des problèmes complexes et plus nombreux à considérer que la tâche demandée est exigeante. Ces deux résultats peuvent sembler contradictoires mais ils peuvent s'expliquer par la particularité des sujets posés en classes préparatoires pour la préparation aux concours d'entrée aux grandes écoles, souvent très longs, avec des développements mathématiques complexes et un nombre de questions conséquent. Une perception plus faible liée à l'efficacité à résoudre des problèmes complexes n'est pas surprenante car la complexité perçue par l'étudiant n'est pas de même nature pour les deux types de tâche (pour l'Etude Encadrée, la complexité est principalement liée à la difficulté de poser le problème et de choisir un plan d'action pour le résoudre). En comparaison, les étudiants de classes préparatoires trouvent l'Etude Encadrée plus exigeante due sans doute à la nouveauté du format d'apprentissage et à sa particularité.

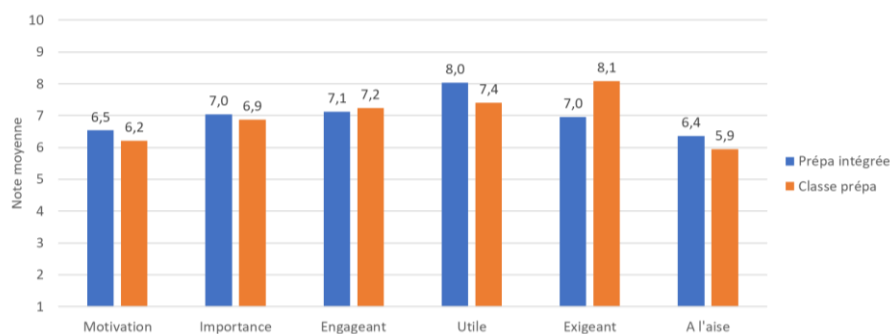


Figure 8 - Résultats moyens en fonction du parcours

## Conclusion

Les « Etudes Encadrées » sont un dispositif pédagogique innovant qui permet d'appréhender la compétence « Résoudre un problème complexe ». Les résultats de l'enquête montrent que ce dispositif pédagogique est tout à fait accepté par les étudiants de Bac+1 à Bac+3 quel que soit leur parcours d'origine. Un léger phénomène d'usure apparaît sur le sentiment d'utilité et de motivation des étudiants au fil de leurs années d'études, même si ces deux indicateurs affichent des résultats supérieurs à 7 (sur une échelle de 1 à 10). La pertinence du dispositif pédagogique est ainsi mieux perçue et mieux comprise par les étudiants à Bac+1/Bac+2.

Des entretiens réalisés auprès d'étudiants indiquent que le fait d'associer une évaluation à cette modalité d'apprentissage altère son appréciation et son ressenti. Une étude pourrait porter sur les modalités d'évaluation, évaluation portée fortement sur la qualité de la démarche et la rigueur scientifique. Afin de renforcer le sentiment de contrôlabilité de l'étudiant lors de l'évaluation qui serait mise en place, il



serait intéressant de laisser à l'étudiant le choix de la discipline ou de l'Etude Encadrée sur laquelle il souhaite être évalué, dans la mesure où les compétences acquises sont transversales et ne sont pas liées directement au champ disciplinaire.

Une réflexion sur la posture de l'enseignant et sur sa perception lors de la mise en place de cette activité pourrait également être menée.

## **Bibliographie**

- IDA. (s. d.). *Applying Problem Based Learning (PBL)*. Consulté 6 octobre 2022, à l'adresse <https://instructionaldesign.com.au/pbl/>
- Pintrich, P. R. (1999). The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*, 31(6), 459-470. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00015-4](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00015-4)
- Pintrich, P. R., & Schunk, D. H. (2002). *Motivation in education : Theory, research, and applications*. Prentice Hall.
- Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning : Definitions and distinctions. *Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows*, 9(2), 5-15.
- Viau, R. (2000). Des conditions à respecter pour susciter la motivation des élèves. *Correspondance*, 5(3), 2-4.
- Viau, R., Joly, J., & Bédard, D. (2004). La motivation des étudiants en formation des maîtres à l'égard d'activités pédagogiques innovatrices. *Revue des sciences de l'éducation*, 30(1), 163-176.
- Wentzel, K. R., & Asher, S. R. (1995). The academic lives of neglected, rejected, popular, and controversial children. *Child development*, 66(3), 754-763.

## Annexes

### Annexe 1 – Exemple de sujet de TD

## TD - Résistance des matériaux

### PRESENTATION

On considère un élément d'une grille de parking à ressort modélisable par une poutre de longueur  $L$  encadrée à chaque extrémité A et D et soumise à une force  $F$  en son milieu.

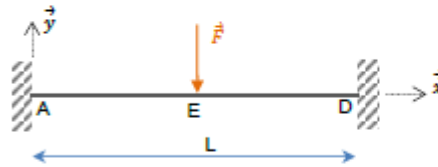
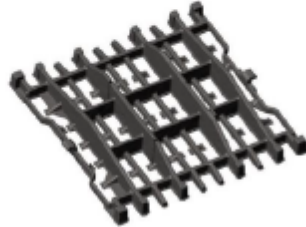


Figure 1 : 1<sup>er</sup> modèle d'étude

Il s'agit de déterminer la force  $F$  à appliquer pour provoquer un déplacement de 3mm puis de vérifier la résistance de la poutre.

On donne les caractéristiques de la poutre :

Longueur  $L= 362\text{mm}$  , Module d'élasticité  $E=160000\text{Mpa}$  , Limite élastique  $Re=450\text{Mpa}$

La section est constante de largeur  $b=18\text{mm}$  et de hauteur  $h=8\text{mm}$

### QUESTIONS

#### 1<sup>er</sup> modèle d'étude

**Question 1 :** Déterminer le degré d'hyperstaticité de la poutre ainsi modélisée.

**Question 2 :** En utilisant les symétries et en faisant l'hypothèse que les forces suivant  $\vec{x}$  sont nulles, montrer que le problème peut se ramener à un problème hyperstatique avec une seule inconnue.

**Question 3 :** En utilisant le principe de superposition, déterminer l'inconnue hyperstatique puis les actions mécaniques de liaison en A et D.

**Question 4 :** Déterminer les efforts intérieurs dans la poutre et tracer les diagrammes correspondants. Déduire la section la plus sollicitée et la nature de la sollicitation.

**Question 5 :** Déterminer alors la contrainte maximale et trouver la valeur de  $F$  en traduisant le critère de résistance.

#### 2<sup>ème</sup> modèle d'étude

On suppose la partie (BC) de la poutre indéformable (section 20mm x 8mm)

On donne  $a=72\text{mm}$  et  $b=220\text{mm}$

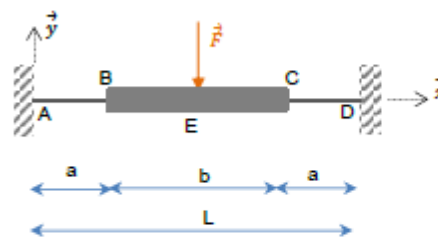


Figure 2 : 2<sup>ème</sup> modèle d'étude

**Question 6 :** Rechercher une analogie entre le premier modèle et le deuxième modèle.

**Question 7 :** En vous appuyant sur les résultats du 1<sup>er</sup> modèle, trouver la nouvelle valeur de  $F$ .

**Question 8 :** Que peut-on dire des résultats obtenus en regard du problème réel.

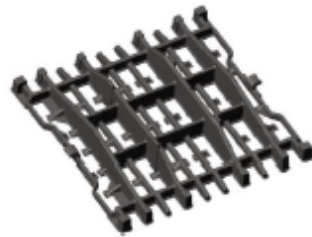
Figure 9 - Exemple sujet de TD – RDM

## Etude encadrée - Résistance des matériaux

### Documents et notes de cours autorisés

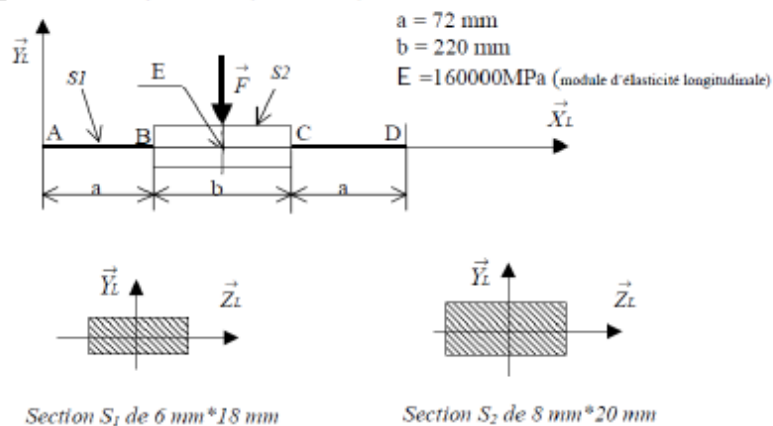
#### PRESENTATION

La grille de parking à ressort PR500 est un produit manufacturé constitué de deux pièces métalliques: une grille et un cadre. La grille ferme le cadre, celui-ci réalisant l'interface avec la chaussée. La grille doit se déformer pour assurer un maintien en position sécurisé sur le cadre tout en conservant une bonne résistance au passage des véhicules. Une valeur de déplacement de 3mm est préconisée par le fabricant. Plusieurs modèles peuvent être retenus pour déterminer le comportement prévisible d'une lame de la grille :



**Premier modèle :** La structure ABCD est modélisée par une poutre de section constante S1 (la section S2 de BC est supposée identique à S1) encastée aux deux extrémités A et D et soumise à une charge localisée  $\vec{F}$  appliquée en son milieu E.

**Second modèle :** l'élément de poutre BC (section S2) est considéré indéformable.



Matériau : Fonte EN GJS 1200-3 (les caractéristiques sont à rechercher)

#### PROBLEME A RESOUDRE :

Déterminer la valeur de  $\vec{F}$  pour la grille de parking en considérant un petit déplacement de 3 mm du point E pour les deux modèles retenus  
Vérifier la résistance de la grille pour cette condition limite de chargement

*Remarque :* On traitera le problème en s'appuyant sur les deux modèles proposés et on analysera les résultats obtenus. On pourra éventuellement proposer d'autres modèles plus pertinents.

Critère d'évaluation :

- La présentation de la démarche retenue
- La clarté des modèles utilisés (schémas et représentations)
- La cohérence et la justesse des résultats obtenus (les expressions littérales seront définies avant les applications numériques)
- La conclusion sur la valeur réelle de l'effort

Figure 10 - Exemple de sujet d'Etude Encadrée - RDM