

# Développer et mobiliser les connaissances sur le choix de matériaux en mécanique

N. MARTIN<sup>a</sup>, D. MERCIER<sup>b</sup>

a. Granta Design – Ansys inc. [nicolas.martin@grantadesign.com](mailto:nicolas.martin@grantadesign.com)

b. Granta Design – Ansys inc. [david.mercier@grantadesign.com](mailto:david.mercier@grantadesign.com)

**Mots clefs : mécanique, matériaux, pédagogie active, enseignement par projet**

## Résumé :

*L'ingénierie automobile, l'aéronautique, le génie civil, l'éco-conception, la bio-ingénierie... la mécanique et les matériaux sont au cœur de toutes ces thématiques enseignées. Comprendre les matériaux, leur utilisation en mécanique, la manière dont ils sont mis en forme et leurs influences sur les caractéristiques d'ingénierie, de coût et d'impact environnementale d'un produit est essentiel.*

*Plusieurs approches pédagogiques ont fait leurs preuves pour développer et mobiliser les connaissances et sont de plus en plus utilisées en pratique dans des cursus en ingénierie, dont en mécanique.*

*Granta Design, entité issue du département d'ingénierie de l'université de Cambridge, soutient l'enseignement des matériaux pour l'ingénierie mécanique depuis plus de 25 ans. Cette intervention proposera une vue d'ensemble des ressources que nous développons dans ce but, destinées à tous les niveaux de l'enseignement supérieur.*

## 1 Introduction

La nouvelle génération de main d'œuvre en mécanique est confrontée à la diversification des compétences demandées par l'industrie. Celui qui développe le produit de demain doit maîtriser des itérations alliant connaissances des matériaux et de leurs comportements mécaniques, simulations pour l'optimisation et la validation de conception, ainsi que des choix d'approvisionnement matière en accord avec la législation et les objectifs de développement durable [1].

Une des difficultés à former sur ce sujet réside dans son caractère multidisciplinaire. Faire appel à la résolution de problèmes par une approche système permet d'y subvenir. Cependant, il est primordial de trouver un compromis entre l'approfondissement nécessaire pour les différentes disciplines des sciences des matériaux, le maintien de l'attractivité auprès des étudiants et la pertinence de la formation en fonction des attentes des industries. Trois aspects peuvent contribuer à cet équilibre :

- la transmission de notions à l'aide de messages visuels clairs et concis ;
- la structuration de l'enseignement autour d'une pédagogie active ;
- l'approfondissement grâce un enseignement par projet sur des problèmes réels [2].

## 2 Evolution de l'enseignement en ingénierie

Certaines universités en Europe et dans le monde remettent en question le format des cursus d'ingénierie : un des points de discussion est de reformuler les programmes pour enseigner aux élèves comment formuler des problèmes et les résoudre, plutôt qu'enseigner des solutions très techniques et spécialisées. Nous avons pu constater cette tendance au fil des années au sein de la communauté sur l'enseignement des matériaux dans laquelle nous sommes impliqués [3] : le cursus en ingénierie de demain doit être multidisciplinaire, contextuel et en lien avec l'industrie.

Dans cette présentation nous évoquerons certaines des ressources développées par Granta Design [4] pour mobiliser les étudiants sur des problématiques variées [5] et accompagner les enseignants dans cette évolution : des outils interactifs pour la science des matériaux, le choix de matériaux en ingénierie mécanique ainsi que des études de cas propices à l'enseignement par projet.

### 2.1 Illustrer des notions à l'aide de graphiques

Pour beaucoup l'information imagée est plus favorable à la rétention : les outils graphiques sont d'excellents visuels pour poser les fondamentaux en sciences. Nos ressources encouragent les étudiants à explorer et comprendre l'importance des familles de matériaux, leur abondance et leurs propriétés. Les graphiques prêts à l'emploi ou leur création à partir de 50 propriétés disponibles sont de très bons compléments pédagogiques pour identifier des tendances et les mettre en relation. Cela réduit les risques de mauvaise prise en main des notions de conception, comme la différence entre rigidité et limite élastique, ou permet de comprendre l'évolution des relations structures-matériaux-procédés-propriétés mécaniques sur des sous-ensembles de matériaux présélectionnés (figure 1).

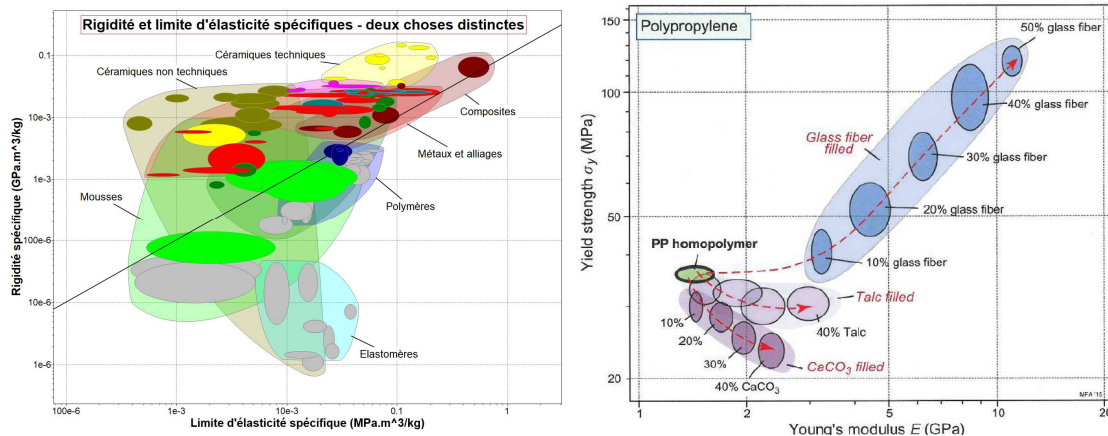


Figure 1 : 2 exemples de graphiques de propriétés mécaniques de matériaux [6]

### 2.2 Favoriser une pédagogie active dans les cours introductoires

L'utilisation optimale de la matière est partie intégrante de la conception mécanique, cependant enseigner les notions nécessaires de sciences des matériaux n'est pas évident dans les premières années universitaires puisque la thématique est très vaste et les élèves parfois peu motivés pour ce sujet en cursus mécanique. Nous avons mis l'accent ces dernières années sur des outils et documents qui favorisent une pédagogie active et qui stimulent la découverte.

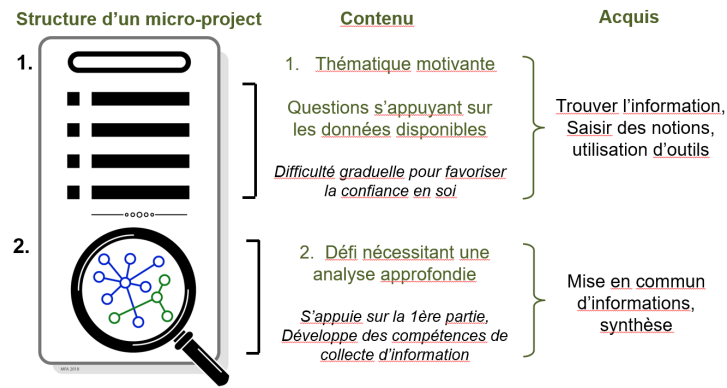


Figure 2 : schéma de la structure des micro-projets

Par exemple nos micro-projets sont construits pour des séances d'une heure en cours d'introduction aux sciences des matériaux pour la mécanique : ceux-ci portent sur des thématiques motivantes pour les élèves telles que "Les boucliers des Vikings" (pour aborder les matériaux naturels et la ténacité) ou "Qu'a une coquille d'œuf de spéciale ?" (pour aborder dureté et rigidité des matériaux). Leur structure est schématisée sur la figure 2 : dans une première partie, une succession de questions guidées de difficulté croissante permet de chercher des informations, saisir des notions et utiliser des outils. La seconde partie porte sur une question ouverte et a pour but l'approfondissement, où l'autonomie et la synthèse sont sollicitées.

### 2.3 Enseigner par projet : vers une approche système

Notre plateforme offre plusieurs sujets d'études de cas industriels de choix de matériaux en conception mécanique, en lien avec des produits réels. L'enseignant s'en inspire pour proposer des projets de longue durée et accède à une solution détaillée. Là encore, la structure des documents met l'accent sur des acquis d'apprentissage tels que la formulation de problèmes complexes et la prise de décision.

Les élèves mettent en pratique la définition de critères à partir du cahier des charges, le classement des priorités de conception, la transposition d'équations mécaniques en indices de performance et la collecte de données fiables. Les projets confrontent rapidement les élèves à des objectifs en conflit, ce qui laisse place à des discussions avec les décisionnaires et la prise de conscience de l'importance de pouvoir mettre en place et justifier des méthodologies de compromis.

Pour aller plus loin, certains de nos sujets portent sur des problématiques d'ingénierie plus ouvertes en lien au développement durable. Là, l'enjeu est d'amener les groupes d'étudiants en dehors de leur zone de confort et d'intégrer des critères environnementaux, sociétaux, géo-économique et de chaîne d'approvisionnement lors de la proposition de solution en ingénierie. L'apprenant se prépare ainsi mieux aux défis systémiques de l'ingénierie de demain.

## 3 Conclusion

Nous avons ici discuté de l'évolution de l'enseignement des matériaux en ingénierie mécanique et présenté quelques contributions de Granta Design pour l'accompagner. Ces modes d'enseignement sont favorables à la résolution de problèmes transverses et multidisciplinaires, mais posent des questions sur le volume horaire qu'il reste pour approfondir les fondamentaux. Cela signifie-t-il que l'important est d'enseigner à apprendre et de favoriser la curiosité, pour que l'étudiant poursuive son

développement personnel au gré des besoins de sa carrière ? Par ailleurs les auteurs seraient curieux d'échanger sur l'impact de la digitalisation de l'industrie sur l'enseignement de l'ingénierie mécanique de demain.

## Références

- [1] Ashby, M. F. (2015). Materials and Sustainable Development, Oxford: Butterworth Heinemann
- [2] C. E. Hmelo-Silver, H. S. Barrows, Goals and Strategies of a Problem-Based Learning: A Process Analysis, Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 1(2006)
- [3] 9<sup>th</sup> materials education symposium report, 2017, <https://www.materials-education.com/2017/cambridge/IMES17Report.pdf>
- [4] Education Hub, Granta Design <https://grantadesign.com/education/teachingresources/>
- [5] C. Fredriksson, Problem Based Teaching vs Problem Based Learning with CES EduPack, Proceedings of International joint conference on the learner in engineering education. (2015)
- [6] CES EduPack software, Granta Design Limited, Cambridge, UK, 2019 (www.grantadesign.com)