

**Pourquoi cette UE ?**

La modélisation multiphysique et la méthode des éléments finis permettent à travers la simulation d'analyser des propriétés attendues ou non des systèmes mécatroniques.

**Éléments constitutifs de l'UE**

		coefficient
PRISMsym_9_2-1 Méthode EFi		1
PRISMsym_9_2-2 Conception dirigée par les modèles (MBD)		1
Volume d'heures d'enseignement encadré	Volume d'heures de travail personnel	Nombre d'ECTS
52	0	4

Alignement curriculaire

**Parmi les compétences visées par la formation, lesquelles sont développées dans cette UE ?**

-  L'UE ne contribue pas à ce bloc de compétences
-  L'UE contribue à ce bloc de compétences
-  Compétence non adressée dans cette UE
-  Compétence mise en œuvre dans cette UE
-  Compétence enseignée dans cette UE
-  Compétence évaluée dans cette UE
-  Compétence enseignée et évaluée dans cette UE

**Contexte et enjeux de l'enseignement**

La méthode des éléments finis est utilisée pour résoudre numériquement des équations aux dérivées partielles en recherchant des solutions discrètes donnant une image approchée mais fiable de la réalité. Cette méthode s'applique à différents types de problèmes (mécanique, thermique, acoustique...). En ingénierie mécanique et conception de produits, la méthode des éléments finis est essentielle car elle permet de faire du calcul de structures en statique ou en dynamique.

**Prise en compte des dimensions socio-environnementales**

ODD9 - Industrie, innovation et infrastructure

**Prérequis**

Tronc commun 1-L3 : Mécanique des milieux continus, Résistance des matériaux, Eléments finis 1

**Modalités d'enseignement et d'évaluation**

	Nb d'heures
Cours	8
Cours intégré (cours + TD)	
TD	
TP	12
Projets	
Travail en autonomie encadré	
Contrôles et soutenances	
Travail personnel	

**Objectifs pédagogiques**

(à la fin de cet enseignement, l'étudiant sera capable de ...)

Etre capable de modéliser puis résoudre un problème de calcul de structure à l'aide d'un code de calcul.

**Activités**

(CM, TD, TP, projet, sortie terrain, etc. )

L'enseignement est effectué par alternance de cours magistraux et de TD sur ordinateur à l'aide du logiciel ANSYS

**Évaluations et retours faits aux élèves**

(évaluations qui comptent pour la note ou qui permettent à l'étudiant de se situer, corrigés, feedback personnalisé...)

Rapports TP

Notez que :

- en plus des modalités d'évaluation prévues, des évaluations non inscrites à l'emploi du temps pourront également avoir lieu,
- en cas de dysfonctionnement avéré, les évaluations de groupe peuvent-être individualisées.

## Plan de cours

1. Eléments linéiques
2. Elasticité 2D
3. Elasticité 3D

## Ressources et références

**Deprecated:** htmlspecialchars(): Passing null to parameter #1 (\$string) of type string is deprecated in C:\Developpement\syllabus\public\_html\views\syllabus\_template.php on line 297

## Contexte et enjeux de l'enseignement

La modélisation et simulation trouve sa place tout au long du « cycle en V », dans un contexte de développement d'un système. Beaucoup utilisent même le concept de « cycle en double-V », où la branche remontante du V ajoutée est dédiée aux tests virtuels du système – permettant une vérification du design avant la production du prototype physique. Ce cours a pour but d'introduire et démontrer aux étudiants le rôle des modèles virtuels à chaque étape du développement. Un modèle virtuel est aujourd'hui un système en lui-même et évolue tout au long du développement du système. Un ingénieur doit donc comprendre les différents niveaux de fidélités d'un modèle – quand augmenter et réduire le réalisme en fonction du besoin tout en conservant au mieux la continuité digitale. L'étudiant sera aussi initié à la traçabilité du modèle, assurée grâce à la gestion de version et aux tests continus.

## Prise en compte des dimensions socio-environnementales



### Prérequis

Physique générale

## Modalités d'enseignement et d'évaluation

	Nb d'heures
Cours	15
Cours intégré (cours + TD)	
TD	
TP	5
Projets	12
Travail en autonomie encadré	
Contrôles et soutenances	
Travail personnel	

## Objectifs pédagogiques

(à la fin de cet enseignement, l'étudiant sera capable de ...)

Logique de modélisation sur la base des phénomènes physiques souhaités.  
 Modélisation par assemblage v/s code.  
 Différents outils de modélisation, leurs avantages et leurs inconvénients.  
 La simulation, ses innombrables avantages et ses dangers.  
 La gestion de version et tests continus.

## Activités

(CM, TD, TP, projet, sortie terrain, etc. )

Notez que :  
 - en plus des modalités d'évaluation prévues, des évaluations non inscrites à l'emploi du temps pourront également avoir lieu,  
 - en cas de dysfonctionnement avéré, les évaluations de groupe peuvent-être individualisées.

## Évaluations et retours faits aux élèves

(évaluations qui comptent pour la note ou qui permettent à l'étudiant de se situer, corrigés, feedback personnalisé...)

80% sur la base d'un projet + 20% sur la base d'un quizz de notions générales – obligatoirement énoncés en cours (« bonus écoute »). Rapport (x3)  
 Toutes les questions du quizz seront répondues juste après la remise des questionnaires et discutés interactivement avec les étudiants.  
 Le projet fera l'objet d'un travail de révision détaillé. Deux notes seront attribuées : une sur la partie méthodologie et une sur la partie « contenu et résultats ».

## Plan de cours

Dans un premier temps, les notions de bases de la modélisation seront introduites : place des modèles dans le développement d'un système, niveau de fidélité, phénomènes physiques, etc.

Plusieurs domaines physiques seront ensuite présentés (mécanique, électrique, hydraulique, pneumatique, thermique à minima), en rappelant les équations de bases et en mettant l'accent sur les analogies entre domaines.

Différents langages / représentations seront introduites ou rappelées : Bond Graphs, représentation d'état, schéma block, Modelica. Le but étant de donner aux étudiants une vision large des choix de modélisation, les liens entre eux, les avantages et inconvénients de chacun.

Les aspects techniques de la simulation et les « dangers » associés seront introduits. Par exemple, le fonctionnement d'un solveur/intégrateur et les différentes variantes seront discutés mais aussi la précision et la stabilité. Il sera mis en évidence qu'un résultat de simulation peut-être totalement erroné si l'ingénieur ne prête pas attention aux réglages du solveur - indépendamment de la qualité du modèle virtuel.

Une courte introduction à la gestion de version et aux tests continus sera faite (<2h) mais fera partie de la méthode de travail souhaitée lors de la réalisation d'un projet.

Le projet de modélisation et simulation multi-physique se fera par groupe de 3 ou 4. Il inclura toutes les phases de développement d'un système multi-physique et fera appels aux différentes notions discutées en cours. Le projet sera idéalement public et chaque groupe disposera d'un répertoire sur GitHub où les différentes étapes seront tracées grâce aux outils de gestion de versions.

Plusieurs sujets de projets peuvent être considérés, notamment (comme sujet actuel) le développement d'un appareil d'assistance respiratoire.

## Ressources et références

Support de cours, « cheat sheet », modèles utilisés en cours, références d'ouvrages.