

Au vu du contexte sanitaire lié à la propagation du coronavirus, les modalités d'organisation et d'évaluation des unités d'enseignement ont pu, dans différentes situations, être adaptées ; ces éventuelles nouvelles modalités ont été -ou seront- communiquées par les enseignant-es aux étudiant-es.

5 crédits

30.0 h + 30.0 h

Q2



Cette unité d'enseignement n'est pas dispensée cette année académique !

Langue d'enseignement	Français
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Préalables	<p>Ce cours suppose acquises les notions élémentaires en simulation numérique, notamment la maîtrise des méthodes numériques de base et de leurs principes sous-jacents (stabilité, précision, convergence, ...) ainsi qu'une initiation à la résolution d'équations aux dérivées partielles (EDP) par différences finies telles qu'enseignées dans les cours LEPL1104.</p> <p><i>Le(s) prérequis de cette Unité d'enseignement (UE) sont précisés à la fin de cette fiche, en regard des programmes/formations qui proposent cette UE.</i></p>
Thèmes abordés	<p>L'objectif général du cours est l'introduction de la méthode des éléments finis pour résoudre des problèmes qui se posent dans les différentes disciplines de l'ingénieur : électromagnétisme, mécanique des structures et des fluides, applications biomédicales... Les applications concerneront donc toutes les disciplines de l'ingénieur.</p> <p>Le contenu du cours comporte principalement trois aspects :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les concepts de base de la technique des éléments finis; - l'introduction au fondement mathématique des éléments finis : calcul des variations; - l'implémentation efficace et complète d'un problème dans un langage compilé : C.
Acquis d'apprentissage	<p>A l'issue de cet enseignement, les étudiants seront aptes à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - devenir ultérieurement des utilisateurs avertis des outils informatiques de simulation numérique par éléments finis dans les différentes disciplines de l'ingénierie; - prendre conscience des problèmes numériques qui peuvent se poser lors de cette utilisation. En particulier, l'accent est mis sur l'analyse des critères qui permettent de choisir la méthode la plus adaptée et d'estimer la validité des résultats produits par l'ordinateur; - choisir une méthode en tenant compte d'exigences de précision et de complexité; - comprendre la méthode des éléments finis; - réaliser un petit programme C implémentant la résolution complète d'un problème par la méthode des éléments finis dans les différentes disciplines de l'ingénierie; - certifier et valider le résultat de la simulation ainsi obtenue. <p>Eu égard au référentiel AA du programme « Bachelier en Sciences de l'Ingénieur, orientation ingénieur civil », ce cours contribue au développement, à l'acquisition et à l'évaluation des acquis d'apprentissage suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - AA 1.1, 1.2 - AA 2.2, 2.3, 2.4, 2.6, 2.7 - AA 3.1, 3.2, 3.3 - AA 4.1, 4.4 <p>-----</p> <p><i>La contribution de cette UE au développement et à la maîtrise des compétences et acquis du (des) programme(s) est accessible à la fin de cette fiche, dans la partie « Programmes/formations proposant cette unité d'enseignement (UE) ».</i></p>
Modes d'évaluation des acquis des étudiants	<p>En raison de la crise du COVID-19, les informations de cette rubrique sont particulièrement susceptibles d'être modifiées.</p> <p>Examen écrit avec un formulaire.</p> <p>L'évaluation continue (homeworks) intervient pour 1/3 de la note finale.</p> <p>Le projet final intervient pour 1/3 de la note finale.</p>
Contenu	<p>Comment résoudre numériquement les équations aux dérivées partielles qui apparaissent dans les différentes disciplines de l'ingénieur ? Le calcul scientifique est une démarche qui permet d'obtenir une solution approchée pour ces problèmes. Ce cours a pour objet d'introduire le principe et la mise en oeuvre d'une des méthodes les plus populaires : les éléments finis.</p>

Le cours présente une méthodologie générale et une approche unifiée qui conduit progressivement d'exemples élémentaires jusqu'aux applications majeures de la méthode. La démarche met l'accent sur l'aspect multidisciplinaire entre le calcul algébrique, l'analyse mathématique et la mise en oeuvre informatique.

- Interpolation d'une fonction sur un maillage non structuré;
- Eléments finis pour des équations elliptiques : formulations faible et discrète, structures de données fondamentales;
- Théorie de la meilleure approximation : initiation à la théorie des distributions, espaces de Sobolev, théorème de Lax-Milgram, lemme de Céa, estimations d'erreur a priori et a posteriori;
- Génération de maillages : triangulation de Delaunay, initiation à la géométrie numérique;
- Eléments finis pour des problèmes d'advection/diffusion : méthodes de Petrov-Galerkin;
- Techniques de résolution des grands systèmes linéaires générés par la méthode : solveurs bandes, technique frontale et méthode des gradients conjugués;
- Analyse dynamique et modale.

La démarche proposée sera largement transversale pour toutes les disciplines en utilisant des exemples génériques et variés. L'intérêt de tous les étudiants sera stimulé lors de la réalisation du programme final qu'ils réaliseront. En fonction de sa sensibilité, chaque étudiant pourra développer davantage l'une ou l'autre thématique : l'accent pourra donc porter sur l'architecture générale de l'implémentation, sur l'optimisation

des performances du code, sur l'analyse des propriétés numériques de la méthode implémentée, sur la visualisation graphique des résultats ou sur des applications distinctes. A titre d'exemple, l'application finale

pourrait être la simulation de l'électromagnétisme, la propagation d'ondes acoustiques, la propagation d'un tsunami ou la vibration d'une structure composée de treillis métalliques...

Une interaction éventuelle avec les projets disciplinaires donnés pendant le même quadrimestre pourrait aussi être envisagée.

Faculté ou entité en charge:

EPL

Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)				
Intitulé du programme	Sigle	Crédits	Prérequis	Acquis d'apprentissage
Bachelier en sciences de l'ingénieur, orientation ingénieur civil	FSA1BA	5	LEPL1104	