

Sujet A : (R.Bouzidi) Programmation d'un code de calcul éléments finis.

Nombre d'étudiants : 2

Le stage consiste à écrire un code de calcul par élément fini dans un langage avancé : c#, c++, ou python. Le but est de réfléchir sur la structure du code de calcul en termes de gestion de données et de procédures. Les éléments à programmer sont les barres, poutres, 2D ou 3D et triangles 2D en déformation planes, contrainte planes et axisymétrie.

Requis : éléments finis, Matlab ou tout autre moyen de calcul numérique.

Contenu : Théorique et calcul numérique par Matlab.

Sujet B : (R.Bouzidi) Modélisation théorique et numérique d'un saut à l'élastique.

Nombre d'étudiants : 1

Le stage consiste à formuler l'élément fini barre 2D (voir 3D) en dynamique par les équations de Lagrange. L'étudiant doit ensuite programmer, dans un langage de son choix, le problème ainsi discrétiser pour simuler un saut à l'élastique d'une personne. L'élément fini barre est utilisé pour modéliser l'élastique supposé pesant.

Requis : éléments finis, Matlab ou tout autre moyen de calcul numérique.

Contenu : Théorique et calcul numérique.

Sujet C : Conversion d'une imprimante 3D en une plateforme d'essais structurels à vocation pédagogique - conception/réalisation d'un module instrumenté permettant l'application d'un effort ponctuel précis (R.Clerc)

Nombre d'étudiants : 1

L'enseignement pratique de la mécanique des structures aux étudiants de Licence 1 SPI est un des objectifs de la nouvelle UE d'initiation au Génie Civil. A cette fin, deux actions ont été mises en oeuvre cette année : (i) l'élaboration de TP basés sur l'utilisation de kits de structures (molamodel) ; (ii) le lancement de la conception d'une plateforme d'essais structurels adaptée à ces kits, dérivée d'une imprimante 3D (prusa3D).

Le choix de partir d'une imprimante 3D pour concevoir la plateforme d'essai est motivé par plusieurs facteurs :

- les coûts doivent être maîtrisés ;
- la masse des kits de structure est limitée ;
- la plateforme doit permettre de simuler des sollicitations sismiques (translation de la table d'impression sur un axe, sur laquelle les kits structures seront disposés) ;
- la plateforme doit permettre de simuler des sollicitations statiques sur les kits de structures, via le mouvement du support de la tête d'impression sur les deux autres axes.

L'objectif du stage est de concevoir et de réaliser une solution permettant de satisfaire ce dernier point du cahier des charges. Plus précisément, le stagiaire aura donc pour mission de :

- concevoir un module adaptable à la tête de l'imprimante permettant d'appliquer un effort ponctuel ;
- sélectionner un capteur d'effort adéquat puis l'intégrer au module ;
- réaliser l'ensemble module + capteur (via impression 3D) ;
- créer un programme de commande en effort des déplacements du module.

Le stagiaire pourra pour cela bénéficier des outils du Fablab de l'UFR S&T.

Bibliographie:

- 1 rapport de Projet d'Initiation à la Recherche d'étudiants de M2 Génie Civil : Conversion d'une imprimante 3D en une plateforme d'essais structurels à vocation pédagogique - simulation de sollicitations harmoniques du sol.

Requis : Modélisation 3D, Catia

Contenu : Conception mécanique, instrumentation, fabrication additive, programmation Arduino

Sujet D : Modélisation de la diffusion du courant électrique dans un milieu immergé : Applications à des poutres instrumentées au port de La Turballe. (W.Karam - Y.Lecieux)

Nombre d'étudiants : 1

La Tomographie de Résistivité Electrique (TRE) est une méthode non destructive largement utilisée pour évaluer l'état de santé des structures en béton, notamment pour détecter la présence d'ions chlorures. Cette technique permet de caractériser le milieu sondé en analysant sa résistivité électrique, laquelle peut être affectée par divers facteurs tels que la structure porale interne, la température et l'humidité. Cependant, les conditions de mesure ne sont généralement pas idéales, avec des perturbations de différentes natures et des effets tridimensionnels. De plus, les paramètres environnementaux, comme la température, les structures environnantes et l'immersion, peuvent exercer une influence significative, complexifiant ainsi l'analyse des données. Le laboratoire GeM dispose de plusieurs ensembles de données réelles de TRE, collectées lors de projets de recherche récents, notamment sur des poutres partiellement immergées au Port de La Turballe (Figure 2). Ces données acquises in situ nécessitent des traitements et des analyses approfondis, en prenant en compte toutes les conditions limites et les sources potentielles de biais.

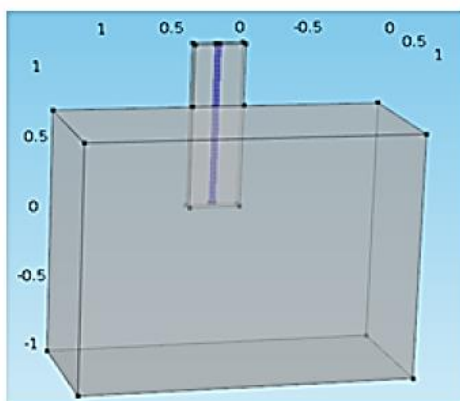


Figure 1| Modélisation d'une poutre instrumentée partiellement immergée (Comsol Multiphysics)



Figure 2 Poutres instrumentées par des capteurs de résistivités électriques et installées au port de La Turballe

Objectifs et orientations possibles du stage : Le fil conducteur du stage consiste à modéliser l'effet de l'immersion sur les mesures de TRE. Après une étude bibliographique de durée limitée, l'étudiant-e tentera de

modéliser un milieu immergé et d'identifier les conditions limites induites par cette immersion. Selon les aspirations de l'étudiant-e, le stage pourra ensuite se dérouler en suivant les étapes suivantes :

- Prendre en main l'utilisation du logiciel commercial (Comsol Multiphysics).
- Modéliser une poutre similaire à celle observée au port de La Turballe (Sans immersion).
- Réaliser une modélisation paramétrique afin de déterminer l'influence de l'immersion partielle et totale de la poutre instrumentée (Figure 1).
- Appliquer les résultats de la modélisation pour corriger les données réelles acquises in situ.

Requis : CAO, EF, Programmation

Contenu : Théorique et calcul numérique.

Sujet E : Relation résistivité électrique et taux de chlorure dans le béton (Y.Lecieux)

Nombre d'étudiants : 1

Les infrastructures portuaires en béton sont destinées à assurer leurs fonctions pendant une longue période de service (100 ans) alors qu'elles sont exposées à des conditions sévères (environnement et chargement) et qu'elles sont souvent très sensibles aux dégradations. Stratégiques pour les exploitants qui évoluent dans un marché extrêmement concurrentiel, leur conception et leur maintenance doivent être optimales. Dans ce cadre, l'institut de Recherche en Mécanique et Génie Civil de Nantes a équipé plusieurs quais en construction de capteurs de résistivité ; de sondes de mesure d'humidité et de sondes de température Pt 100 . Ces capteurs sont destinés à mesurer les évolutions du béton liées au vieillissement de l'ouvrage, notamment l'évolution de la résistivité électrique du béton liée à la pénétration des ions chlorures.:

<https://doi.org/10.3390/jmse7040084>

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.152>

Les chlorures sont responsables de la corrosion des armatures en béton armée. Puisque le taux de chlorure ne se mesure pas directement sans recourir à des tests destructifs, c'est la résistivité électrique du béton qui est mesurée. L'ambition est désormais de passer de la cartographie de résistivité à une cartographie des ions chlorures in-situ avec un système multi-capteurs.

Une possibilité pour obtenir le lien entre résistivité et chlorure est d'effectuer systématiquement des essais de qualification du couple résistivité-béton pour obtenir la probabilité de détection d'un seuil de chlorures donné en réponse à la mesure d'une diminution de résistivité du béton.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10589759.2015.1029476>

Ce n'est toutefois pas une approche viable dans le contexte d'une utilisation à grande échelle des systèmes de contrôle de santé SHM. L'enjeu est de limiter le nombre d'expérimentations nécessaires à qualifier un béton particulier.

En ce sens, une alternative est d'identifier un modèle prédictif du taux de chlorures en s'appuyant sur des bases de données liant taux d'humidité, taux de chlorure et résistivité électrique. L'objectif sera de construire des modèles pertinents du taux de chlorures à partir de données incomplètes par des techniques d'apprentissage de modèle multiparamétriques.

L'objectif du stage est :

- 1) de recenser les articles scientifiques contenant des résultats d'essais exploitables pour constituer des bases de données (composition du béton, procédé de vibration, taux d'humidité, température et résistivités connues) ;
- 2) définir un format de base de données orientée machine learning ;
- 3) Identifier des logiciels de machine Learning open source, ou accessibles à la faculté des sciences ;
- 4) Si le temps, le permet, effectuer des tests.

Requis : Anglais, Méthodes numériques

Contenu : Etude bibliographique (80%), Programmation (20 %).

Sujet F : Analyse de données de monitoring d'une structure portuaire soumise à un chargement cyclique (F. Schoefs et Y. Lecieux)

Nombre d'étudiants : 2

Les structures en mer sont soumises à des chargements cycliques variés. Pour les structures de grandes dimensions comme les quais ou les éoliennes en mer, il est parfois complexe de développer des modèles permettant une bonne représentation des contraintes locales à cause de la non linéarité de certains comportements (liaison au sol, ...), de la complexité de liaisons (semi-rigides) et du rôle des conditions de mise en œuvre. Il faut ajouter à cela les incertitudes sur les matériaux.

Associés, le monitoring et le chargement cyclique permettent d'améliorer ces modèles. Ils permettent en effet de capter l'information au cœur de la matière et localement avec des chargements variés.

C'est pourquoi l'université de Nantes a instrumenté le grand quai EMR en 2017 et mesure les déformations en différentes sections de poutres. L'avantage est que le chargement provient de la marée dont le niveau est mesuré par ailleurs et de la température, qui est mesurée au cœur

L'objectif du stage est :

- de prendre en main les données et de vérifier leur cohérence ;
- de distinguer les différents effets : température et marée et de faire le lien avec un modèle de section de poutre.
- de définir une méthode de traitement de ces effets grâce aux mesures de température et de marée.
- de construire un modèle portique de manière à mettre en œuvre ces hypothèses et les tester.

Bibliographie :

- 4 articles sur le monitoring et de la conception des quais, des rapports et des tableurs Excel des stages précédents.

Requis : Matlab, Programmation

Contenu : Analyse expérimentale et calcul numérique par Matlab.

Sujet G: Poutre chargée en flexion par un liquide (M. François)

Nombre d'étudiants : 1

Une poutre élastique de module d'Young E , de longueur L et de section rectangulaire d'aire S et de moment quadratique I , est chargée en flexion par un fluide incompressible de densité ρ agissant sur sa surface supérieure. Elle repose sur deux appuis simples à ses extrémités. On vous demande de trouver le déplacement vertical $v(x)$ en tout point, en statique. Vous devez ensuite discuter de l'existence et du domaine de validité de la solution que vous avez trouvée ainsi que de sa stabilité.

Quelques exemples : verser plus de liquide entraîne-t-il une flèche plus grande ou la ruine de la structure ? Votre solution est-elle valable avec moins de liquide ? Que se passe-t-il si l'on verse progressivement le liquide ?

Attention, ce problème a l'air simple mais il n'est pas trivial. Si une résolution purement analytique est, comme toujours, la plus appréciée car la plus générale, il vous est aussi possible de travailler sur une solution semi-analytique voire purement numérique. Mais, dans ces derniers cas, il convient de faire attention à la généralité des résultats ! Vous pouvez comparer les solutions si vous avez plusieurs approches, ou encore procéder à des expériences si vous voulez. Il vous appartient bien sûr de préciser les hypothèses que vous utiliserez. Une fois le problème résolu, vous pouvez aussi vous donner des valeurs pour traiter un exemple concret (ou plusieurs).

La rédaction doit être extrêmement soignée, au niveau de celle d'un cours. Pensez à être complet, précis et concis. À l'opposé, le verbiage et les répétitions sont à éviter. Les figures doivent être soignées. Vous avez à votre disposition la B.U. et tout internet, I.A. comprises mais vos cours de RdM et de Mathématique de la Faculté des Sciences, vous seront d'un meilleur secours !

Requis : Résistance des matériaux, méthodes numériques, éléments finis

Contenu : Calculs analytiques (50%)- Calcul numérique

Sujet H : Hyperstaticité dans les structures (J.C.Thomas)

Nombre d'étudiants : 1

Ce travail est basé sur la notion d'hyperstaticité dans les structures. Il s'agit de faire une bibliographie sur toutes les méthodes utilisées pour résoudre des problèmes hyperstatiques en RDM, en détaillant les notions d'hyperstaticité externe et interne et trouver des exemples emblématiques.

Les développements analytiques simples seront complétés par une approche par EF en 2D, à minima par écrit, mais un code serait le bienvenu (Programmation Matlab/Octave)

Requis : RDM, éléments finis

Contenu : Calculs analytiques - Programmation MATLAB

Sujet I : Dispositif vibratoire (J.C.Thomas)**Nombre d'étudiants : 1**

Ce travail est basé sur la notion de résonance dans les structures ; IL s'agit de concevoir une structure simple mise en mouvement par un dispositif à définir, pour mettre en évidence la notion de résonance en démonstrateur de cours. Les structures pourront être fabriquées à partir de dispositifs didactiques disponibles au laboratoire. Les éléments de mise en mouvement seront à définir entièrement. Une comparaison théorie expérience est attendue à la fin.

Requis : RDM, éléments finis**Contenu** : Calculs analytiques - Expérimental

Sujet J : Etude comparative des performances d'un moteur à combustion interne fonctionnant en utilisant des carburants produits à partir de procédés énergétiques de valorisation de déchets (E.Berrich).**Nombre d'étudiants : 1 ou 2 (binôme)**

Il s'agit d'une étude de traitement de données expérimentales d'une série d'expériences de procédés de valorisation énergétique des déchets à savoir :

- 1- des déchets de grignons d'olives et des déchets palmiers,
- 2- des déchets plastiques et des pneus usés
- 3- des déchets de mélanges de grignons d'olives et de plastiques

L'étude serait réalisée sur Excel et/ou Matlab. Tout d'abord, des comparaisons des carburants produits serait réalisées : des courbes superposées pour les gaz produits et pour les carburants produits en fonction des températures, des débits et du temps seront à tracer et à comparer pour tous les déchets utilisés. L'objectif est de comparer ces procédés énergétiques selon : le type de déchet, la température, les additifs ajoutés au déchet, les taux de production du carburant, les caractéristiques de ces carburants.

Ensuite, une étude de comparaison des performances d'un moteur à combustion interne fonctionnant avec ces carburants produits serait réalisée. Il faut tracer les courbes de performances du moteur et ses gaz d'échappement et ses particules de suie pour tous les déchets utilisés afin de pouvoir les comparer.

Requis : Programmation, Thermodynamique**Contenu** : Analyse de données

Sujet K: Identification de paramètres matériaux ou de sollicitations (V.Rey)**Nombre d'étudiants : 1 ou 2 (binôme)**

L'identification est la démarche de détermination d'une sollicitation ou d'une grandeur caractéristique d'un système à partir de données et de mesures et dans le cadre d'un modèle. On distingue généralement le problème direct du problème inverse. L'identification est un cas de problème inverse.

Contrairement à la plupart des problèmes directs, les problèmes inverses sont généralement mal posés. La conséquence est soit une perte d'existence de solution, soit une perte d'unicité de solution, soit une perte de stabilité de réponse vis-à-vis des petites erreurs. Il s'agit donc de problèmes plus difficiles à résoudre. De plus, les techniques expérimentales et capteurs n'étant jamais parfaits, les mesures acquises peuvent être bruitées et alors entacher le résultat de l'identification.

L'objectif de ce projet est d'identifier des paramètres matériau ou sollicitations sur des exemples issus de la mécanique.

Tout au long de ce projet, les caractéristiques des problèmes inverses seront exposées et traitées sur des exemples. La première partie a pour objectif d'illustrer les problématiques de l'identification sur des problèmes de type poutre et pouvant donc se traiter à la main. La deuxième partie du projet est l'identification de paramètres matériau. Pour cela, un code éléments finis 1D devra être créé. Il sera utilisé ensuite comme solveur direct dans la mise en œuvre de l'identification. Enfin, le projet pourra être complété par de l'identification dans d'autres cadres mécaniques (2D, différents modèles, ..) ou par la mise en place de techniques de régularisation.

Requis : Méthodes numériques, éléments finis

Contenu : Etude bibliographique, Programmation
