

SUJETS TER 2021-2022

Licence mécanique

Une grande autonomie de l'étudiant est demandée car l'encadrement usuel est généralement d'une heure par semaine.

Sujet A : Programmation d'un élément fini panneau gonflable. (Rabah Bouzidi)

Nombre d'étudiants : 1

Il s'agit de programmer un élément fini 3D représentatif d'un panneau gonflable. C'est un prisme à base triangulaire ayant 6 nœuds. La formulation est déjà faite. L'étudiant est en charge de programmer la formulation dans un environnement tel que Matlab, Excel, python ou tout autre environnement de calcul.

La résolution est menée par minimisation de l'énergie potentielle totale.

Prérequis : Cours EF, cours de méthode numérique

Contenu : EF, Programmation

Sujet B: Etude d'un procédé énergétique de valorisation des déchets (Emma Berrich)

Nombre d'étudiants : 1

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

- 1- des déchets de tomates, des déchets de grignons d'olives et des déchets palmiers,
- 2- déchets plastiques et des déchets Tetra Pak

L'étude serait réalisée sur Excel et Matlab.

Tout d'abord, une étude bibliographique récente portant sur les procédés énergétiques de type pyrolyseurs-condenseurs, de production des carburants à partir des déchets (déchets de tomates, de grignons d'olives, déchets palmiers, déchets plastiques et de Tetrapack) serait réalisée. L'objectif est de comparer ces procédés énergétiques selon :

- 1- les températures maximales de production,
- 2- les débits d'azote,
- 3- les additifs ajoutés au déchet,
- 4- les taux de production du carburant,
- 5- les caractéristiques de ces carburants.

Ensuite, une comparaison aux procédés classiques et aux carburants commercialisés selon ces critères serait réalisée. Enfin, la modélisation et le traitement de données expérimentales d'une série d'expériences de valorisation énergétique des déchets seront effectués. L'objectif est de déterminer la durée de dégradation thermique de ces déchets, les intervalles de températures correspondants et de calculer leurs énergies d'activation.

Prérequis : Etude bibliographique, Analyse de données, Modélisation

Contenu : Procédé énergétique, température, énergie, modélisation, Excel, Matlab

Sujet C : Identification de profils NACA dans le logiciel Funambule (Marc François)

Nombre d'étudiants : 1

Le logiciel Funambule utilise la méthode de corrélation d'images virtuelles [1] pour identifier, avec une précision sub-pixel, le contour d'un objet. Cette précision est atteinte grâce à l'utilisation d'une courbe paramétrique pour décrire le bord, qui sert de contrainte au sens mathématique.

Une des applications possibles est, dans le domaine de la rétro-ingénierie, d'identifier les profils d'aile de vieux appareils, avions ou hélicoptères, pour lesquels les profils ont été créés soit à la main soit à l'aide de logiciels disparus. L'enjeu est important notamment dans le cadre de la réparation de ces appareils, qui peuvent nécessiter de recréer des moules.

Les profils d'aile sont définis par des courbes paramétriques [2]. De ce fait, Funambule peut théoriquement identifier directement le profil théorique depuis une simple photographie du profil d'aile. Une version d'essai, pour le profil symétrique NACA00XX. Le travail demandé est :

0 se familiariser avec Funambule, la VIC et les profils NACA

1 programmer la description simultanée de l'intrados et de l'extrados pour 00XX

2 programmer des profils NACA plus complexes (série 4 ou 5)

3 tester cela sur des images de synthèse (telle que celle qui est présentée) ou réelles

La tâche 2 nécessitera de trouver les équations NACA (internet, BU). La tâche 3 pourra nécessiter d'aller prendre ou d'obtenir des photos de profils depuis des industriels ou des musées.

Contact : M. François

[1] François, M.. Uncertainty of the virtual image correlation method. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 123(18) :4367–4390 (2022).

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/NACA_airfoil

Prérequis : Programmation, Matlab

Contenu : Bibliographie, Programmation

Sujet D : Equations de mouvement linéarisées (Anh LE VAN)

Nombre d'étudiants : 1

Un système discret est composé de solides rigides, par opposition à un système continu qui lui est composé de corps déformables. Il a un nombre fini de degrés de liberté et son mouvement est régi, après linéarisation, par une équation différentielle en temps de la forme $M\ddot{u} + N\dot{u} + Ku = 0$, où u désigne le vecteur des déplacements, M la matrice masse, K la matrice raideur (symétrique *ou non*) et N la matrice d'amortissement (symétrique) ou la matrice gyroscopique (antisymétrique).

On s'intéresse dans ce projet au phénomène de l'instabilité qui peut se produire sous certaines conditions de chargement et qui provoque des déplacements non bornés du système (à distinguer de la résonance qui correspond aussi à de grandes amplitudes). Le tristement célèbre pont de Tacoma est un exemple de structure qui s'effondre à cause de l'instabilité et qui peut être modélisée en première approximation par un système discret.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Pont_du_détroit_de_Tacoma_\(1940\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pont_du_détroit_de_Tacoma_(1940))

Le flottement d'une aile d'avion est un autre type d'instabilité (instabilité aéroélastique), rencontrée en aéronautique et provoquée par l'interaction entre le mouvement de l'aile et l'écoulement de l'air autour de l'aile.

<https://www.dailymotion.com/video/x16f2io>

Dans ce projet, on suppose d'emblée la forme linéaire de l'équation de mouvement, autrement dit on ne s'occupe pas de la phase de linéarisation des équations.

Plan du travail.

1. Définition de la stabilité ou de l'instabilité d'un mouvement au sens de Liapunov. On s'intéresse à l'instabilité d'un mouvement, puis comme cas particulier celle d'une position d'équilibre.
2. Stabilité de la solution nulle d'un système différentiel d'ordre 2 linéaire homogène à coefficients constants $M\ddot{u} + N\dot{u} + Ku = 0$, sachant que par un simple changement de variable on peut toujours se ramener à l'étude de la solution nulle.
3. Cas du système dit $M - K$, où la matrice N est nulle.
4. Illustration dans le plan complexe du théorème de la stabilité de la solution nulle. Mettre en évidence l'instabilité par divergence et l'instabilité par flottement.
5. Application à la stabilité des équilibres dépendant d'un paramètre de chargement.
6. Etude de quelques exemples d'application.

Pré-requis.

1. Cours de vibrations des systèmes discrets.
2. Cours de mathématiques sur la résolution des systèmes différentiels linéaires.

Bibliographie.

Il existe de nombreux ouvrages traitant de la stabilité des systèmes, linéaires ou non, parmi lesquels on peut citer :

1. M. Manton. Problèmes de mécanique analytique, Vuibert, 1981.
2. J. Ch. Gille, P. Decaulne, M. Pelegrin. Systèmes asservis non linéaires, Tomes 1-3, Dunod, 1975.
3. P. Hagedorn. Non-linear oscillations, Clarendon Press, Oxford, 1981.

4. J.C. Bône. Mécanique Générale. Dunod, 1984.
5. P. Germain. Mécanique, tome II. Ellipses, 1986.
6. P. Brousse. Mécanique analytique. Vuibert Université, 1981.
7. D.R. Merkin. Introduction to the theory of stability. Springer, 1997.
8. P. Bérest. Stabilité des structures. Cours Ecole Polytechnique, 1998.
9. Q.S. Nguyen. Stabilité et mécanique non linéaire. Hermès, 2000.

Projet 100% théorique. Il n'y a pas de calcul numérique.

Sujet E : Conception et réalisation d'un capteur de forces multiaxes (Yann Lecieux)

Nombre d'étudiants : 1

Le sujet concerne la réalisation d'un capteur tridimensionnel de mesure des déformations locales, destiné à être noyé à l'intérieur d'une structure pour déterminer les composantes locales du tenseur de déformation.

Arrière-plan technique :

Les structures qui sont utilisées très couramment en architecture, dans les ouvrages de génie civil subissent des contraintes mécaniques qui peuvent évoluer au cours du temps. L'exercice de ces contraintes provoque des déformations dans le volume de ces structures ce qui peut aboutir à altérer leurs caractéristiques mécaniques. Pour assurer un suivi de ces structures il est nécessaire de pouvoir mesurer l'évolution des déformations qui se produisent dans le volume de ces structures.

L'évolution des déformations des structures et l'estimation des contraintes qui s'exercent sur celles-ci peuvent être suivies par des dispositifs placés sur la surface externe des structures tels que des témoins visuels pour les déformations ou des capteurs mécaniques sensibles à la déformation à la surface de ces structures (FR2855210). La mesure de la déformation à l'intérieur même du volume peut être estimée en intégrant un capteur uniaxial tel qu'une corde optique dans le volume même de la structure (WO2006127034). Ces méthodes cependant ne permettent au mieux de n'estimer qu'une moyenne selon l'axe du capteur des déformations s'exerçant dans le volume surveillé.

Pour améliorer la qualité et la fiabilité de la mesure des contraintes et des déformations s'exerçant localement à l'intérieur d'un volume, l'équipe du GEM a mis au point un capteur tridimensionnel noyé au cœur d'une structure hôte pour mesurer localement les 6 composantes du tenseur de déformation de cette structure. Ce capteur tridimensionnel a fait l'objet d'un brevet (WO2014140496). Il est basé sur le principe de l'utilisation d'un corps d'épreuve de forme ellipsoïdale, et de préférence sphérique en matériau élastique homogène aux propriétés mécaniques connues et destiné à être inclus dans ladite structure hôte. A titre de moyens de mesure de la déformation, WO2014140496 décrit l'utilisation d'une fibre de mesure de déformation attachée à l'intérieur du corps d'épreuve, pour transmettre des déformations du corps d'épreuve à la fibre de

mesure. Le capteur de déformation de WO2014140496 est basé sur le problème de l'inclusion d'Eshelby qui propose un cadre théorique complet permettant d'évaluer les déformations d'un milieu hôte (ou matrice) qui existerait dans la matrice en l'absence du capteur, à partir de la mesure du champ de déformation dans la sphère élastique (l'inclusion). WO2014140496 décrit plus particulièrement des capteurs de déformation radiaux basés sur l'assemblage de fibres optiques traversant un corps d'épreuve sphérique. Les capteurs utilisés et mis au point par le Demandeur pour l'invention objet de la demande internationale WO2014140496 sont des réseaux de Bragg fibrés qui ont une longueur active typiquement de l'ordre de 10 mm pour un diamètre de 250 μm . Ils doivent être collés de part et d'autre du réseau de Bragg fibré, typiquement sur une longueur de 15 mm environ. Ainsi, avec la technologie à fibres traversantes, il est pratiquement impossible de réduire le diamètre du corps d'épreuve à moins de 40 mm. Cela interdit de facto l'usage du capteur à toutes les applications au vivant, ou à l'étude de l'écoulement dans les fluides, deux domaines pour lesquels la mesure de déformation multiaxes présente un intérêt majeur.

Afin de remédier à ces inconvénients, un concept alternatif à base de capteurs de déformation a été développé. A la différence du capteur tridimensionnel de WO2014140496, les capteurs de déformation sont assemblés de manière tangentielle, en étant enroulés ou collés à la surface d'une sphère pour mesurer des variations de six périmètres formés par l'intersection entre la sphère (corps d'épreuve du dispositif tridimensionnel) et six plans différents (au sens des plans vectoriels). Avec le dispositif tridimensionnel de mesure selon l'invention, la mesure de la déformation de la sphère corps d'épreuve est réalisée par la mesure des variations des périmètres, et non directement par mesure de déformations à l'aide de capteurs unidirectionnels.

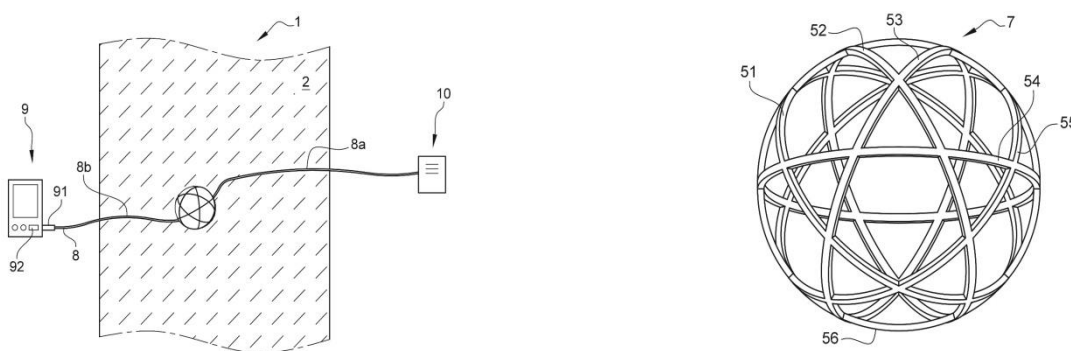


Figure E : Capteur tridimensionnel noyé

Travail demandé :

Votre travail consistera à concevoir et à réaliser en impression 3D le corps d'épreuve du capteur de la figure D. Celui-ci pourra être réalisé en impression 3D (au FABLAB de la faculté par exemple) sur la base de 6 anneaux concentriques. Vous sélectionnerez également des jauges de déformations résistives à coller sur les anneaux concentriques pour mesurer la variation des périmètres.

Prérequis : Technologie

Contenu : Travail bibliographique, CAO, conception

Sujet F : notion de précontrainte dans les structures (Jean Christophe Thomas)

Nombre d'étudiants : 1

Dans cette étude, on s'attachera à faire une étude sur le phénomène de précontraintes dans les matériaux et les structures. Il s'agira dans un premier temps de rechercher des exemples caractéristiques de phénomènes de précontraintes, puis mettre en évidence deux utilisations des précontraintes connues : précontraintes de compression dans le béton (le fameux béton précontraint), et précontraintes de tension dans les fils et les membranes.

L'étude pourra se décomposer de la façon suivante :

- 1) Étude bibliographique sur la précontrainte dans les matériaux et les structures
- 2) Étude bibliographique sur la précontrainte dans les bétons
- 3) Étude sur la précontrainte dans les fils et les câbles, répartition des efforts
- 4) Conception d'un dispositif didactique utilisable en cours mettant en évidence la répartition des efforts dans un dispositif de câbles précontraints
- 5) Conception d'un dispositif didactique utilisable en cours mettant en évidence la répartition des efforts dans un dispositif de poutre gonflable

Prérequis : RDM, élasticité, conception

Contenu : Travail bibliographique, conception, RDM