

Projets du parcours Recherche 2A et consignes pour le département *Énergie & Fluides*

Version du 30 mai 2017

Les modalités générales du parcours Recherche de Mines Nancy sont définies sur la fiche

<https://wikidocs.univ-lorraine.fr/display/minesnancyfcm/PARCOURS+RECHERCHE> .

Les élèves seront en projet Recherche environ 23 vendredis, du 23 septembre au 3 juin. À ces créneaux s'ajoutent à partir de fin novembre une à deux demi-journées par semaine, à savoir, les créneaux de projet du département. Cependant, sur les créneaux du vendredi, ils doivent suivre quelques formations. Sur l'emploi du temps, voyez la section 2 de la page 2A du département <http://energie.mines-nancy.univ-lorraine.fr/2A> .

En ce qui concerne É&F, deux élèves traitent chacun un sujet, présenté ci-après (ordre indifférent).

Comme *rendu final* de projet, on souhaite autant que possible un *article*, rédigé par l'élève sous la direction des tuteurs, soumis à une revue ou à un congrès, au format « article » : au moins 4 pages, pas de « résumé » ou « résumé étendu ». Si un tel article est disponible, veuillez le transmettre à Mathieu Jenny et aux tuteurs au plus tard le **vendredi 9 juin à 15h**, sous forme électronique, au format PDF, par mel. Si jamais un tel article n'était pas disponible, ou, en sus de l'article, sur demande des tuteurs, l'élève rédigera un *rapport scientifique de projet*, comme celui demandé pour les élèves en binôme en parcours Artem, cf. <http://energie.mines-nancy.univ-lorraine.fr/2A/ProjetsME2-1617.pdf>, avec les mêmes consignes ; ce rapport sera transmis à M. Jenny et aux tuteurs au plus tard le **vendredi 9 juin à 15h**.

Des *soutenances flash* auront lieu le **1^{er} juin**, et des *soutenances en département* **jeudi 15 juin** **salle P208**, suivant ce programme :

1^{ère} session présidée par M. Jenny :

Heure	Élève	Sujet	Tuteurs présents
8h45	Mieuguem	1 Comportement instationnaire d'une PAC	Mainka & Lottin
9h30	Paulin	2 Écoulements de Taylor-Couette de fluides thixotropes	Jenny

Fin vers 12h

2^{ème} session présidée par E. Plaut :

Heure	Élèves	Sujet	Tuteurs présents
10h30	Million & Sahabi	A Gel thermoélastique représentant un fluide à seuil en cellule RB	Nouar & Rahouadj
11h20	Bendahou & Loux	A Impacts de la construct ^o & rénovat ^o de postes source	Oudin & Sessiecq

3^{ème} session présidée par E. Plaut :

Heure	Élèves	Sujet	Tuteurs présents
14h00	Kadiri & Semblat	A Échangeur de chaleur bitube en régime instationnaire	Kheiri
14h45	Bignon & Pierson	A Métrologie de barrières thermiques microstructurées	Schick
15h40	Jourdain de Muizon & Danouf	A Films d'eau pour la protection incendie	Mehaddi & Collin
16h20	El Jazouli, Machrafi & Sanquer	A Modèle $k - \epsilon$ d'écoulements turbulents en canal	Plaut

Vers 17h20, évaluation pédagogique globale de la 2A, puis jus de fruits - Fin vers 18h

Ci-dessus le programme complet des soutenances est donné, puisqu'on demande à tous les élèves d'assister à toutes les soutenances¹.

Vous préparerez un exposé oral de 25 minutes, basé sur une *présentation* vidéo PPT ou PDF, présentant de façon *scientifique* le contexte et le sujet du projet, le travail effectué, enfin, quelques conclusions et perspectives. Vous évoquerez la valorisation faite de votre projet : article ou rapport. Après votre soutenance vous serez soumis à une séance de questions - réponses de la part de vos tuteurs et de M. Jenny.

1. Les soutenances d'élèves en parcours Artem sont indiquées avec un **A**.

1 Modélisation du comportement instationnaire d'une pile à combustible PEMFC en déficit d'alimentation en air et/ou hydrogène

Tuteurs : Julia Mainka, MC UL Olivier Lottin, PR UL
 03 83 59 55 81 03 83 59 56 12
 julia.mainka@univ-lorraine.fr olivier.lottin@univ-lorraine.fr
 LEMTA site ENSEM, Vandœuvre-lès-Nancy

Descriptif du sujet :

L'*hydrogène*, considéré comme un potentiel *troisième vecteur énergétique* aux côtés de l'électricité et du gaz naturel, fait l'objet de nombreux projets nationaux et internationaux ces dernières années. Dans le contexte de la *transition énergétique*, le développement d'une « *filière hydrogène énergie* » est l'objectif de plusieurs projets joignant la recherche et l'industrie dans le cadre du PACTE Lorraine et du dossier I-Site « Lorraine Université d'excellence ».

La reconversion de l'énergie chimique de l'hydrogène en énergie électrique est réalisée par l'intermédiaire d'une *pile à combustible* (PAC), le plus souvent de type PEMFC ('Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells') fonctionnant à l'hydrogène pur et ne rejetant (localement) que de l'eau. Ce projet s'insère dans les travaux du groupe de recherche « Énergie » du LEMTA sur l'amélioration des performances et de la durée de vie des PEMFC.

L'objectif est d'analyser le *comportement instationnaire de ces piles* pendant les phases d'augmentation de l'intensité (charge) avec des déficits en alimentation air et/ou hydrogène. Pour pallier le temps de réponse du dispositif d'alimentation des gaz par rapport aux variations de charge, les PAC sont souvent associées à des composants électrochimiques de stockage de type supercondensateurs ou supercapacités. L'étude expérimentale de cette hybridation PEMFC-Supercapacité fait objet du projet ANR/ASTRID SUPERCAPAC. Ce *travail de modélisation* vise donc à compléter les données expérimentales obtenues dans le cadre de l'ANR afin de mieux les interpréter. On prendra notamment en compte le transport des réactifs au sein des différents composants d'une PAC : canaux de distribution, couches de diffusion, électrodes, ... pour réaliser un modèle basé sur les équations de conservation de la masse et des charges, afin d'obtenir la réponse en tension de la cellule. La résolution des équations différentielles et aux dérivées partielles obtenues sera réalisée sous Matlab.

Élève ayant choisi ce sujet : Alex Mieuguem.

2 Étude numérique d'écoulements de Taylor-Couette de fluides thixotropes

Tuteur :

Mathieu Jenny, MC UL

03 83 59 57 12

mathieu.jenny@univ-lorraine.fr

LEMMA site ENSEM, Vandœuvre-lès-Nancy

Descriptif du sujet :

Les *fluides non newtoniens* se rencontrent fréquemment dans l'industrie, dans l'alimentation, en géoscience et plus simplement dans la vie quotidienne. Ces fluides suivent une loi de comportement où la contrainte dépend non linéairement du taux de déformation, contrairement aux fluides newtoniens. Ceci est dû au couplage entre l'*organisation de la structure interne du fluide* à l'échelle microscopique et l'écoulement. Lorsque le temps de réorganisation interne sous la contrainte de l'écoulement est du même ordre de grandeur que l'échelle de temps qui caractérise l'écoulement, on dit que le fluide est *thixotrope*. Cette propriété peut être mise en évidence par l'évolution temporelle des caractéristiques rhéologiques du fluide, comme par exemple sa viscosité apparente. Afin de décrire la dynamique interne des fluides thixotropes, certains *modèles* utilisent un *paramètre de structure*, champ scalaire dont l'évolution rend compte de l'état de structuration interne du fluide. Ce type d'approche continue est suffisamment efficace pour décrire des écoulements complexes. Ainsi, ces modèles permettent d'envisager de calculer des écoulements tels que ceux rencontrés dans des situations concrètes (procédés industriel, avalanche, ...). Malheureusement, leur validité n'est pas, à ce jour, encore bien établie.

Pour s'attaquer à cette problématique, on développera un code de calcul avec Freefem++ (Hecht 2012) dans une configuration d'écoulement de référence 2D voir 3D. L'étude portera sur des écoulements entre deux cylindres coaxiaux, le cylindre intérieur tournant (fig. 1a). Cette configuration dite de *Taylor-Couette* est très largement étudiée depuis les travaux en fluides newtoniens de Taylor (1923). Ce type d'écoulement cisailé est aussi bien adaptée à l'étude du comportement des fluides non newtoniens. En outre, cette géométrie est utilisée dans les procédés industriels comme réacteur pour la polymérisation, pour l'optimisation de mélange de fluides complexes en vue de transfert de masse et de chaleur et même pour l'extraction de radioéléments par dissolution et mélange. La *transition vers la turbulence* conduit à des écoulements instationnaires et complexes, ce qui améliore l'opération de transfert dans ces procédés. Cependant, les régimes de transition vers la turbulence en fluides complexes sont moins bien connus que ceux en fluides newtoniens.

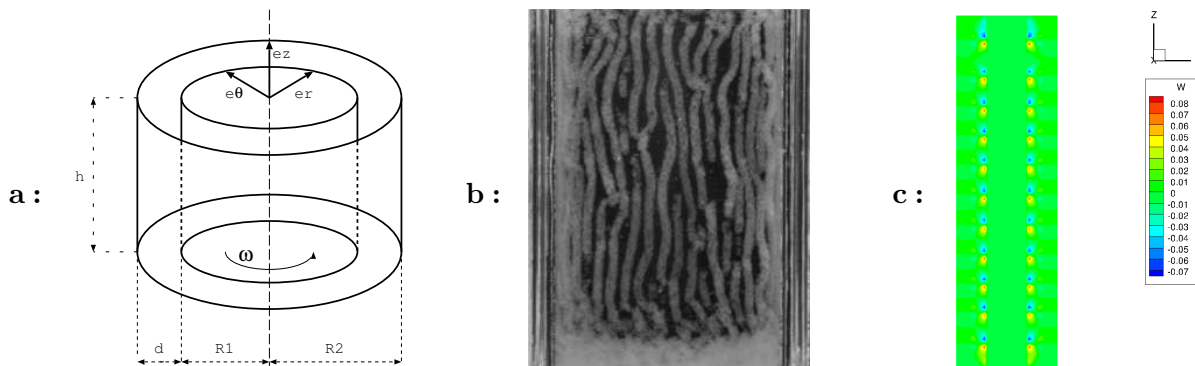


Fig. 1 – **a** : Configuration de Taylor-Couette. **b** : Structuration d'une solution de 0,4% de nano-fibres de cellulose (présentation de Haavisto et al. en 2012 au 4^{ème} Workshop ERCOFTAC SIG43). **c** : Visualisation de vitesse axiale, dans le cas d'un fluide rhéofluidifiant, obtenue avec le code LS-STAG du Lemta.

En régime instationnaire justement, le couplage entre microstructure et écoulement est une problématique importante dans la description rhéologique des fluides thixotropes dont la dynamique microscopique évolue suivant le temps caractéristique de l'écoulement (micelles géantes, émulsions, suspensions de nano-fibres, cf. fig. 1b). Une corrélation entre l'anisotropie à l'échelle microscopique et l'apparition des rouleaux convectifs de Taylor a par exemple été récemment mise en évidence (Philippe et al. 2012), qui suggère une modification de la nature de l'écoulement sous l'effet de la structuration microscopique du fluide.

On étudiera numériquement la première étape de la transition vers la turbulence, menant normalement, via une instabilité, à des rouleaux, en *fluide rhéofluidifiant thixotrope* décrit pas le *modèle de Houska* dans une version simplifiée sans contrainte seuil. Un code de simulation numérique directe (DNS) sous Freefem++ sera développé. Le comportement des fluides thixotropes sera comparé à celui des fluides simplement rhéofluidifiants pour mettre en évidence l'*influence de la thixotropie*. En fonction de l'avancée du travail et des désirs de l'élève, on pourra étudier ce qui se passe au-dessus du premier seuil, et aller vers des calculs 3D. On pourra aussi envisager d'implanter des calculs sur le cluster du CC ERMIONE.

Références :

- HECHT, F. 2012 New development in Freefem++. *J. Numer. Math.* **20**, 251-265.
- HOUSKA, M. 1981 Engineering aspects of the rheology of thixotropic liquids. *PhD thesis*, Czech Technical University, Prague.
- PHILIPPE A.M., BARAVIAN C., JENNY M., MENEAU F. & MICHOT L.J. 2012 Taylor-Couette instability in anisotropic clay suspensions measured using small-angle X-ray scattering. *Phys. Rev. Lett.* **108**, 254501.
- TAYLOR, G. I. 1923 Stability of a viscous liquid contained between two rotating cylinders. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*

Élève ayant choisi ce sujet : Anaïs Paulin.