

Catalogue des projets scientifiques 2A et consignes pour le département *Énergie : Production, Transformation*

Version du 6 septembre 2011

Dans le catalogue, les sujets sont présentés dans un ordre qui importe peu.

Les *soutenances finales* ont toutes eu lieu le mercredi 22 juin en salle 267, suivant le programme ci-dessous. Voyez aussi les consignes données en annexe [A.4](#).

Heure	Groupe	Projet	#	Tuteur(s)
8h30	Ozogul, Smaiti	Caractérisation thermique matériaux anisotropes	1	Souhar, Rémy
9h15	Harchambois, Ventalon	Refroidissement convertisseur	5	Jenny
10h00	Gourlaouen, Woodward	Instabilités de colonnes plasmas	8	Gravier, Jenny, Plaut
11h00	Adatte, Khou	Récupération eaux de bassins d'épandage	2	Dubedout
13h30	Ganthy, Roosees	Imagerie de fronts de flamme	9	Collin
14h15	Beluche, Clément	ACV déchets → biocarburants	6	Sessiecq, Aissani
15h00	Picaud, Sébilleau	Moteur Elsbett et huile végétale	7	Sessiecq, Lubraniecki
16h00	Decroux, Gratpain	Injecteur diesel cavitant	4	Castanet, Fünfschilling, Rimbart
16h45	Jestin, Schmitt, Wu	Séparateur diphasique	3	Hreiz, Lemaître

17h45 - 18h15 : bilan global de la 2A

18h15 : fin de la 2A, pour ce qui concerne le département

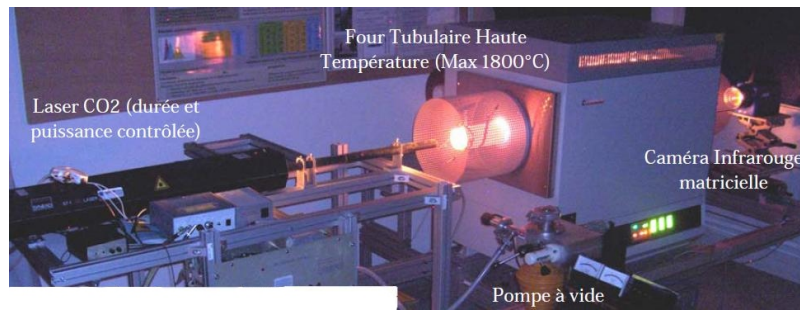
1 Caractérisation thermique locale de matériaux anisotropes par zoom spectral

Tuteurs :

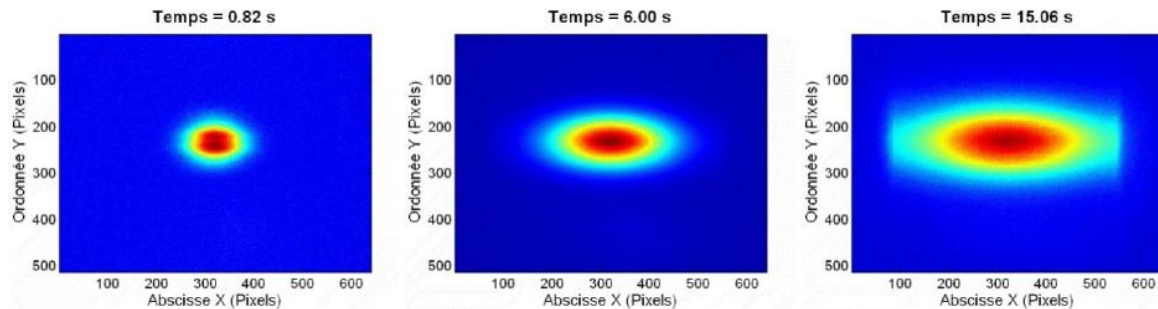
Youssef Souhar, ATER INPL - École des Mines & Benjamin Rémy, maître de conférences INPL
Tél. : 03 83 59 56 18 - Mel : youssef.souhar@ensem.inpl-nancy.fr
LEMTA site ENSEM

Descriptif du sujet :

Pour ITER, des turbo-réacteurs plus compacts pour l'aéronautique ou encore des barrières thermiques pour la rentrée atmosphérique d'engins spatiaux, de nouveaux *matériaux composites* (céramiques isolantes multi-couches) sont sans cesse développés pour supporter des flux thermiques de plus en plus intenses. Il importe de les caractériser à haute température pour en évaluer les performances et les optimiser. Ces matériaux sont souvent anisotropes pour diffuser la chaleur dans le sens du plan (réduction des points chauds) et isolants thermiques dans le sens de l'épaisseur. Dans ce contexte le LEMTA a mis en place un dispositif de *caractérisation thermique de matériaux anisotropes*. Le principe de la mesure est la *méthode « Flash Laser »* présentée sur la figure ci-après. On sollicite en face avant un échantillon initialement à l'équilibre thermique par une excitation impulsionnelle et mesure la variation de température induite en face arrière par thermographie infrarouge. L'échantillon est placé dans un four tunnel asservi en température, de 20°C à 1800°C. Pour éviter les pertes convectives et l'oxydation de certains matériaux, il est possible de faire le vide dans ce four. Une caméra infrarouge rapide est utilisée pour la mesure de température.



Le banc ainsi que la méthode ont été validés sur des matériaux tels le Titane (isotrope) ou encore un Carbone monolithique (anisotrope) par Souhar (2010). Les isothermes non concentriques visibles sur la figure ci-dessous montrent bien le caractère anisotrope du matériau testé.



L'observation des variations du champ température en face arrière permet de remonter par *méthode inverse* aux différentes diffusivités thermiques du matériau. Pour que la mesure soit rapide et précise, l'estimation de paramètres est réalisée à partir d'un *modèle analytique* 3D transitoire obtenu par résolution de l'équation de chaleur par transformation intégrale (Fourier-cosinus en espace et Laplace en temps, cf. Maillat 2000). Ainsi l'estimation est réalisée dans le domaine fréquentiel transformé pour l'espace (FFT-2D) mais dans le domaine temporel. On montre que dans l'espace de Fourier, les transferts de chaleur dans les 3 directions mais aussi les pertes thermiques entre l'échantillon et l'environnement se découplent, ce qui rend la mesure très précise.

Une première partie du projet sera consacrée à une étude bibliographique sur les méthodes spectrales et intégrales. On mettra ensuite en place un *nouveau modèle*. De fait, nous avons rencontré des difficultés pour caractériser des matériaux fortement isolants car la longueur de diffusion thermique associée est faible et l'influence des pertes devient importante même sous vide. Une solution consiste alors à travailler non pas sur tout l'échantillon mais uniquement au voisinage proche de la zone chauffée. Dans ce cas, le modèle analytique actuel ne convient plus et il est nécessaire de définir une *nouvelle transformation intégrale* plus adapté ou « zoom spectral ». La seconde partie de ce travail consistera à valider cette transformation intégrale à partir de *simulations* Matlab ou Mathematica et numériques sur FlexPDE et/ou Comsol Multiphysics. Enfin, une dernière partie sera consacrée à la *validation expérimentale* à température ambiante du modèle proposé. On cherchera également à vérifier si cette méthode est plus précise que la méthode actuelle pour des matériaux conducteurs.

Références :

MAILLET, D., ANDRÉ, S., BATSALE, J. C., DEGIOVANNI, A., & MOYNE, C. 2000 *Thermal Quadrupoles : Solving the Heat Equation through Integral Transforms*. John Wiley & Sons.

SOUHAR, Y., REMY, B. & DEGIOVANNI, A. 2010 High Temperature Facility Under Vacuum for the Thermal Characterization of Anisotropic Materials. *Proc. of the 14th Int. Heat Transfer Conference, Washington DC, USA*.

Élèves ayant choisi ce sujet : Hamdullah Ozogul & Marwane Smaiti.

2 Récupération des eaux de bassins d'épandage

Tuteurs :

Antoine Dubedout, professeur sur chaire

École des Mines de Nancy - Chaire Ingénierie et Innovation

Tél. : 03 83 58 41 16

Mel. : Antoine.Dubedout@mines.inpl-nancy.fr

Michaël Descostes & Vannapha Phrommavanh, ingénieurs

AREVA - Business Group Mines, Research and Development Department

Tour AREVA, 1 place Jean Millet, Paris La Défense

Mels. : Michael.Descostes@areva.com & Vannapha.Phrommavanh@areva.com

Descriptif du sujet :

Ce projet en lien avec AREVA NC concerne l'analyse et l'étude des méthodes possibles pour la *récupération des eaux industrielles des sites miniers au Niger* en milieu désertique.

L'exploitation des sites miniers au Niger en milieu désertique implique l'utilisation des nappes d'eau fossile, tant pour la production que pour l'alimentation en eau potable. Le dénoyage de la mine souterraine de COMINAK génère ainsi des volumes d'eau importants qui sont en partie réutilisés mais dont une fraction non négligeable est perdue par évaporation dans les bassins de rétention. De plus, les effluents de traitement sont traités directement par évaporation également dans des bassins d'épandage de très grandes dimensions. À terme, la construction de bassins d'épandage supplémentaires est prévue pour garantir l'exploitation de l'usine, et entrainera de facto un coût important, tant pendant, qu'après l'exploitation en considérant la réhabilitation. L'optimisation de la gestion de l'eau est un point important en termes d'impact environnemental, surtout dans le contexte climatique régional. Le but de cette *étude* est d'évaluer la *faisabilité technico-économique* de *systèmes de récupération des eaux* par évaporation/condensation au niveau des bassins d'épandage.

Le projet proposé se place dans la continuité du projet de Sarah Noye et Cindy Bitton (2010) ainsi que du stage de Sarah Noye au sein d'AREVA qui s'est déroulé durant l'été 2010. L'objet de l'étude sera décliné en plusieurs parties complémentaires :

- Mettre en place des modèles thermodynamiques des deux systèmes préalablement identifiés l'année dernière (distillateur et condensateur). Une première ébauche a été réalisée dans le cadre du stage de Sarah Noye ;
- Compléter au besoin ces deux systèmes par d'autres solutions identifiées à ce jour ou à identifier ;
- Alimenter les modèles développés par les données météorologiques en cours d'acquisition à proximité des bassins d'évaporation ;
- Identifier la (ou les) solution(s) la (les) plus prometteuse(s) selon une approche technico-économique permettant d'envisager la mise en place en 2012 d'un pilote.

Référence :

NOYE, S. 2010 *Récupération d'eau par évaporation au Niger - Projet Envir@Mines*. Rapport de stage - Document interne Areva NC.

Élèves ayant choisi ce sujet : Tristan Adatte & Jean-Charles Khou.

3 Étude comparative et optimisation d'un séparateur diphasique

Tuteurs :

Rainier Hreiz, moniteur INPL

Tél. : 03 83 17 56 14 - Mel : Rainier.Hreiz@ensic.inpl-nancy.fr

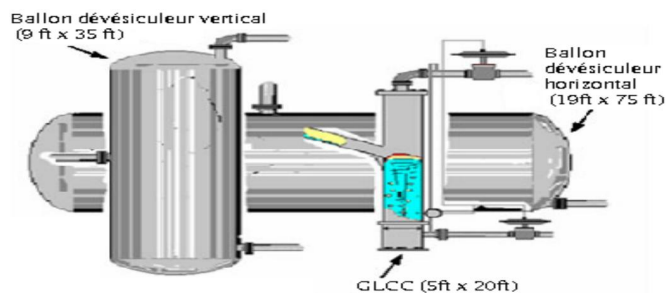
Cécile Lemaître, maître de conférences INPL

Tél. : 03 83 17 50 83 - Mel : Cécile.Lemaitre@ensic.inpl-nancy.fr

LRGP - Sur le site de l'ENSIC, 1 rue Grandville, Nancy

Descriptif du sujet :

Le fait que les *écoulements diphasiques gaz-liquide* jouent un rôle important dans des domaines tels que le nucléaire, le génie chimique et pétrolier, suscite de nombreuses recherches. Dans ce dernier domaine, on a besoin, pour séparer les mélanges pétrole-gaz extraits des puits, de « *séparateurs diphasiques* ». Les séparateurs les plus courants sont les ballons dévésiculeurs, de type gravitaire. Avec l'augmentation du nombre des exploitations pétrolières offshore et l'émergence de technologies de séparation sous-marine, on tend pour des raisons économiques à remplacer ces séparateurs traditionnels par des séparateurs plus compacts. L'un de ces séparateurs de « nouvelle génération » est le '*Gas Liquid Cylindrical Cyclone*' développé par l'Université de Tulsa et Chevron. La figure ci-dessous, tirée de Gomez (1998), donne une idée des tailles requises par un GLCC et deux séparateurs classiques.



Le GLCC est une conduite cylindrique verticale munie d'une entrée tangentielle inclinée située à mi-hauteur, et de deux jambes de sortie respectives en haut et en bas. Du fait que l'alimentation est tangentielle, une vitesse azimutale est donnée à l'écoulement multiphasique. Un tourbillon est créé dans le séparateur, d'où un effet de centrifugation qui s'ajoute à l'effet gravitaire, augmentant l'efficacité de séparation. Le gaz est recueilli par la sortie du haut et le liquide par celle du bas, tant que les débits d'entrée se situent dans certaines limites. Au delà, une certaine quantité de liquide peut s'échapper par la sortie supérieure (Liquid Carry Over) ou du gaz peut être entraîné dans la sortie inférieure (Gas Carry Under). Malgré ses atouts de compacité et faible coût, le GLCC souffre encore d'un manque de maîtrise concernant son dimensionnement, les phénomènes complexes dont il est le siège étant encore mal compris. Dans ce projet, nous proposons d'étudier certains aspects de l'écoulement dans le GLCC, pour en permettre une meilleure caractérisation.

Le projet comportera trois études, bibliographique, expérimentale et numérique¹. La partie *bibliographique* se penchera sur le thème des séparateurs gaz-liquide utilisés dans l'industrie pétrolière, afin de situer le GLCC par rapport aux autres séparateurs, en termes de performances et d'encombrement notamment. La partie *expérimentale* qui s'effectuera sur un pilote fonctionnel du laboratoire LRGP, et la partie *numérique* qu'on réalisera à l'aide du code commercial FLUENT, viseront à mieux comprendre le déclenchement du 'LCO' et du 'GCU'. Par la suite, on pourrait agir sur la géométrie/structure du cyclone, dans le but d'étendre la plage de débits gaz-liquide pour laquelle ce dernier fonctionne correctement.

Référence :

GOMEZ L. E. 1998 A state-of-the-art simulator and field application design of Gas-Liquid Cylindrical Cyclone separators. MSc Thesis, University of Tulsa.

Élèves ayant choisi ce sujet : Rémy Jestin, Lucas Schmitt & Jing Wu.

1. Ces trois parties ne seront pas forcément, en fonction des évolutions du projet, d'égale importance.

4 Simulation numérique et physique d'un injecteur diesel cavitant

Tuteurs :

Nicolas Rimbert, maître de conférences UHP - LEMTA site ESSTIN

Tél. : 03 83 68 50 81 - Mel : Nicolas.Rimbert@esstin.uhp-nancy.fr

Guillaume Castanet, chargé de recherche CNRS - LEMTA site ENSEM

Tél. : 03 83 59 56 46 - Mel : Guillaume.Castanet@ensem.inpl-nancy.fr

Web : <http://perso.ensem.inpl-nancy.fr/Guillaume.Castanet>

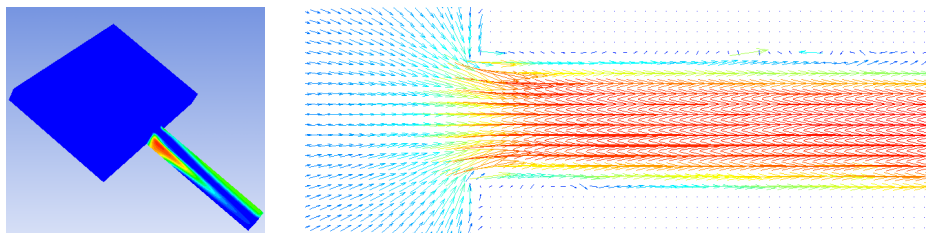
Denis Fünfschilling, chargé de recherche CNRS

LRGP - Sur le site de l'ENSIC, 1 rue Grandville, Nancy

Tél. : 03 83 17 53 46 - Mel : Denis.Funfschilling@ensic.inpl-nancy.fr

Descriptif du sujet :

Ce projet se situe dans le cadre d'un projet émergent du LEMTA et du LRGP initié par les groupes *Fluides et Énergie* du LEMTA et *Systèmes Polyphasiques* du LRGP. Les injecteurs diesel actuels utilisent des pressions de plus en plus élevées, jusqu'à 2000 bars, afin d'atomiser finement le combustible dans la chambre de combustion. Le fluide injecté, en déséquilibre thermodynamique, peut littéralement bouillir de l'intérieur (*'flashing'*), ce qui affecte fortement le régime d'atomisation. D'autre part, le carburant peut également être déchiré mécaniquement dans l'injecteur donnant lieu à des poches de vapeurs. Ce phénomène appelé *cavitation* peut conduire à une irrégularité du débit injecté et à un endommagement de l'injecteur par implosion des cavités ainsi formées. L'objectif de ce projet, dans la continuité d'un projet donné en 2009-2010, consiste à développer des *maquettes numériques et physiques* servant à améliorer la compréhension de ces phénomènes, par exemple celle de l'« effet thermodynamique » de chute de température associée à la cavitation (l'évaporation consomme de l'énergie). On s'est intéressé dans un premier temps à l'écoulement au sein de l'injecteur. Comme il est difficile de conserver tous les nombres adimensionnels (nombre de Reynolds, nombre de cavitation, etc.) on a développé une maquette à une échelle proche de 1. Le trou d'injection ayant un diamètre de l'ordre de 300 μm , cela nous amène dans le domaine de la *microfluidique*. Le fluide retenu est le pentane en raison de son faible point d'ébullition. Afin de pouvoir effectuer aisément des mesures, on a décidé de s'affranchir de la géométrie réelle de l'injecteur pour développer une maquette plane à deux dimensions proche d'une lame de microscope. Les mesures développées sont des mesures de μPIV (Vélocimétrie par Imagerie de Particules, figure de droite ci-dessous) et de LIF (Fluorescence Induite par Laser, la technique existe au laboratoire mais n'a pas été encore utilisée dans le cas présent) pour obtenir les champs de concentration et de température. Enfin les bulles de cavitation peuvent être visualisées par ombroscopie et caméra rapide.



Il s'agira de conforter les résultats déjà obtenus en développant plus particulièrement les techniques de μPIV et de mesure de température par Fluorescence Induite par Laser. Pour ce faire des études préliminaires ont montrées que la taille de la maquette doit être augmentée. Une maquette plus grande ayant déjà été réalisée, on pourra comparer les résultats obtenus avec les résultats de calculs obtenus grâce au logiciel FLUENT, et tester ainsi différents modèles de cavitation (tel celui de la figure de gauche ci-dessus, où l'on visionne la concentration en vapeur, les zones rouges indiquant de fortes concentrations). On pourra également jouer sur la taille de la maquette pour trouver les conditions optimales de cavitation. D'autre part, éventuellement, la forme du dispositif pourra être modifiée à l'aide d'un logiciel de CAD, CATIA.

Élèves ayant choisi ce sujet : Benoît Decroux & Vital Gratpain.

5 Modélisation du refroidissement d'un convertisseur

Tuteurs :

Mathieu Jenny, maître de conférences INPL

LEMTA site ENSEM

Tél. : 03 83 59 57 12 - Web : <http://perso.ensem.inpl-nancy.fr/Mathieu.Jenny>

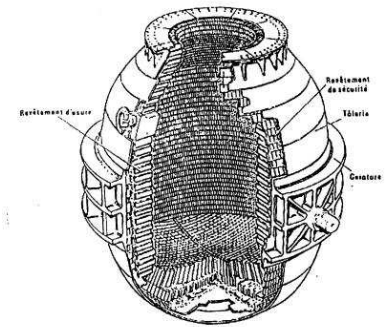
Jean-Baptiste Piot, ingénieur

ARCELOR MITTAL, site de Dunkerque, Rue du Comte Jean, BP 2508, 59381 Dunkerque Cedex

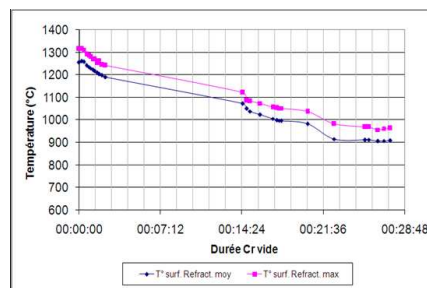
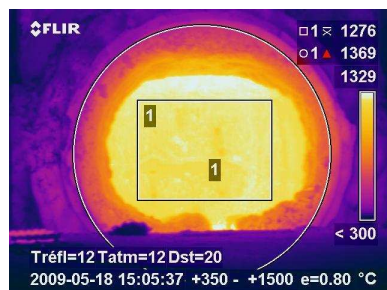
Mel : jean-baptiste.piot@arcelormittal.com

Descriptif du sujet :

La *fonte liquide* produite par les hauts fourneaux est *convertie en acier* par soufflage d'oxygène dans un convertisseur (schéma ci-contre). Il s'agit là d'une opération complexe, que l'on tend de plus en plus à automatiser. Afin d'obtenir la qualité d'acier voulue, il faut opérer à une température précise. Après le soufflage, le convertisseur bascule et l'acier liquide est évacué. Suit alors une phase de refroidissement avant qu'un nouveau chargement soit effectué. *Modéliser les pertes thermiques du convertisseur* pendant cette phase permettra de mieux contrôler la température au départ du chargement suivant.



En effet la température du bain métallique dépend des réactions d'oxydation exothermiques, des matières minérales ajoutées pour la constitution du laitier (chaux, dolomie, mousseuses, qui ont besoin d'énergie pour se liquéfier) et enfin de celle du convertisseur en début de charge. Un calcul préalable permet de déterminer la quantité de ferrailles à enfourner, l'ajustement thermique fin étant réalisé avec du minerai de fer ou du ferro-silicium. Afin de réaliser cet ajustement, un modèle thermique a été développé chez ArcelorMittal. Cependant, ce dernier prévoit mal le refroidissement du convertisseur entre deux charges. Pendant l'année 2009-2010, un *modèle thermique* simplifié 1D avec une paroi homogène a été développé lors d'un projet 2A. Les résultats sont prometteurs, notamment en ce qui concerne le diagnostic d'usure des briques réfractaires. Cependant, les parois étant constituées à l'extérieur par de l'acier et à l'intérieur par des briques réfractaire, l'hypothèse de l'homogénéité est peut-être abusive du fait de l'instationnarité. Dans ce projet, on développera un nouveau *modèle thermique* 1D avec des *parois en double couche*, acier et réfractaire. Comme les températures sont élevées, on distinguera les pertes par rayonnement et les pertes par conduction à travers les briques réfractaires. On fera l'étude du refroidissement du convertisseur à partir de mesures in-situ fournies par ArcelorMittal (température interne en fonction du temps, voir les figures ci-dessous) et on comparera les résultats avec ceux du modèle simple couche. Les mesures permettront de déterminer la résistance thermique du réfractaire et la quantité de chaleur perdue par rayonnement en ajustant le modèle sur les mesures.



Références :

DELANDRE, P. & LEPRÊTRE, J.-B. 2010 Modélisation du refroidissement d'un convertisseur. *Rapport de projet 2A ENSMN*.

VACCARI CARDOSO J. A. 2009 Caractérisation et modélisation des pertes thermiques du convertisseur, *Rapport de stage de fin d'études de l'ENSMN*.

Élèves ayant choisi ce sujet : Stéphanie Harchambois & Séverine Ventalon.

6 Analyse de cycle de vie de la valorisation de déchets par synthèse de biocarburants

Tuteurs :

Philippe Sessiecq, maître de conférences INPL

IJL, bureau 115b aux Mines

Tél. : 03 83 58 42 15 - Mel : Philippe.Sessiecq@mines.inpl-nancy.fr

Lynda Aissani, ingénieur

CEMAGREF de Rennes

Tél. : 02 23 48 21 47 - Mel : Lynda.Aissani@cemagref.fr

Descriptif du sujet :

Le contexte réglementaire et politique incite fortement au développement des *biocarburants* dans le domaine des transports au cours des 10 prochaines années. Après une première phase d'engouement, les biocarburants dits de première génération, issus de cultures vivrières, font aujourd'hui l'objet de polémiques. Un bilan environnemental discutable leur est reproché.

Des incitations fiscales et la hausse du prix du pétrole pourraient par contre, et ce de façon rapide, contribuer à rendre intéressante la *valorisation énergétique d'une partie de la matière organique des déchets ménagers sous une forme mixte*, éthanol + méthane, plutôt que sous forme de méthane exclusivement. C'est pourquoi le CEMAGREF étudie les stratégies de couplage d'une étape de fermentation alcoolique de déchets avec une stabilisation du résidu par méthanogénèse.

Dans ce projet on réalisera une *évaluation environnementale* basée sur la méthodologie d'*analyse du cycle de vie* afin de pouvoir *comparer différentes filières de valorisation de déchets ménagers* : éthanol uniquement, méthane uniquement, couplage éthanol/méthane, couplage méthane/H₂. Ce projet comprendra les étapes suivantes :

- réalisation d'un schéma de flux des procédés envisagés ;
- transcription en termes d'analyse de cycle de vie ;
- réalisation de l'analyse de cycle de vie sous le logiciel GaBi ;
- analyse comparative des résultats.

Ce projet serait l'occasion de s'initier à l'analyse du cycle de vie, outil moderne d'analyse des impacts environnementaux, sur l'étude de problèmes concrets d'une grande actualité.

Nota Bene :

Des échanges pourront avoir lieu concernant les procédés envisagés avec des personnes étudiant ces procédés sur le site du CEMAGREF à Anthony, à savoir Théodore Bouchez (ingénieur) et Charlotte Richard (doctorante).

Élèves ayant choisi ce sujet : Jean-Michel Beluche & Marlien Clément.

7 Moteur Elsbett et huile végétale

Tuteurs :

Philippe Sessiecq, maître de conférences INPL

IJL, bureau 115b aux Mines

Tél. : 03 83 58 42 15 - Mel : Philippe.Sessiecq@mines.inpl-nancy.fr

Yves Lubraniecki, chargé de mission

Conseil Général de Meurthe et Moselle

Tél. : 06 60 77 63 77 - Mel : ylubra@yahoo.fr

Descriptif du sujet :

Le *moteur Elsbett* (ou Elko engine), inventé par Ludwig Elsbett en 1979 fonctionne, entre autre, avec de l'*huile végétale pure*, qui constitue un *biocarburant* de fabrication plutôt aisée. Dans les années 1980, une voiture de la marque Mercedes-Benz équipée d'un moteur Elsbett a démontré que la technologie Elsbett était performante sur le plan du rendement énergétique. Le « secret » du moteur Elsbett tient dans sa température de fonctionnement qui est beaucoup plus élevée que celle d'un diesel rapide classique. Cette haute température de fonctionnement est de l'ordre de 700°C.

Dans ce projet, on établira :

- un état de l'art sur les cycles thermodynamiques des moteurs ;
- à partir des données de la littérature, une étude sur la technologie du moteur Elsbett ;
- des préconisations d'améliorations au vu de l'évolution technologique qui a eut lieu dans le domaine des moteurs depuis 1979 ;
- des conclusions sur le bien fondé du couple moteur Elsbett / huile ;
- une pré-étude de fabrication de ce moteur.

Nota Bene :

Un projet de réalisation concrète de ce moteur pourrait se monter avec un groupe d'étudiants du site de Châlons des Arts et Métiers ParisTech.

Élèves ayant choisi ce sujet : Manuel Picaud & Frédéric Sébilleau.

Projet lauréat du 1^{er} prix du Développement Durable ECOFI 2011

8 Instabilités de Rayleigh-Taylor et Kelvin-Helmholtz en plasma cylindrique magnétisé : modèle à 2 fluides

Tuteurs :

Mathieu Jenny, maître de conférence INPL & Emmanuel Plaut, professeur INPL

LEMMA site ENSEM

Tél. : 03 83 59 57 12 - Web : <http://perso.ensem.inpl-nancy.fr/Mathieu.Jenny>

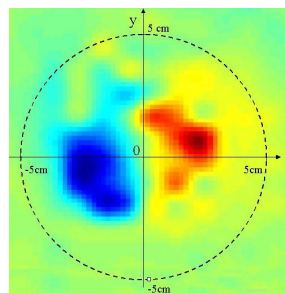
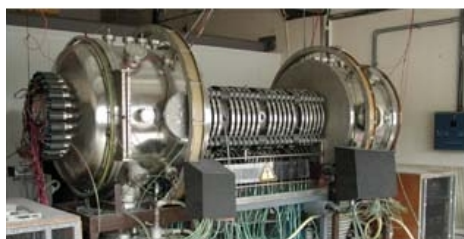
Étienne Gravier, maître de conférence UHP

IJL site Faculté des Sciences

Tél. : 03 83 68 49 21 - Mel. : Etienne.Gravier@ijl.nancy-universite.fr

Descriptif du sujet :

Les *colonnes plasma magnétisées* sont des « tubes à plasmas » que l'on place dans un système de bobines créant un champ magnétique intense, dirigé dans la direction de l'axe de la colonne. Ce champ confine le plasma. Ce principe de confinement est utilisé dans les tokamaks (par exemple ITER), machines dans lesquelles l'objectif est la production d'énergie grâce aux réactions de fusion de noyaux d'hydrogène. Bien entendu, la géométrie torique d'un tokamak ainsi que la haute température du plasma engendrent des phénomènes non reproductibles dans une machine cylindrique. Pourtant, le plasma contenu dans une colonne cylindrique montre des *instabilités* pouvant avoir des propriétés communes avec celles observées en tokamak, et donc très étudiées. Une colonne de ce type, « MIRABELLE », existe à l'IJL, comme le montre la photographie de gauche ci-dessous.



Un champ électrique radial peut être imposé au plasma. La force de Lorentz en $\bar{\mathbf{v}} \wedge \bar{\mathbf{B}}$ ne peut compenser la force de Coulomb induite qu'à condition qu'une rotation azimutale du plasma existe, proportionnelle au champ électrique radial. Comme le plasma est plus dense au centre de la colonne, une *instabilité centrifuge de Rayleigh-Taylor* peut se développer. Selon la forme de la dépendance du champ électrique radial en fonction du rayon, un cisaillement de vitesse azimutale peut exister, qui peut créer des *instabilités de Kelvin-Helmholtz*. De telles instabilités ont été observées dans la machine MIRABELLE, comme le montre l'image de droite ci-dessus². Un aspect important de ces instabilités est qu'elles sont en première approximation quasi 2D, la dépendance axiale ne jouant pas un rôle important. On propose de développer un *modèle à deux fluides*, ions et électrons, de ces instabilités, d'en faire l'*analyse linéaire de stabilité*, puis d'effectuer des *simulations numériques non linéaires* pour étudier leur saturation et/ou des situations faiblement turbulentes. Le modèle sera 2D, négligeant toute dépendance axiale.

Ce projet serait l'occasion de s'initier à la physique des plasmas, aux théories d'instabilité et à la problématique de la transition vers la turbulence, avec aussi un aspect numérique important. Une démonstration de la machine MIRABELLE en fonctionnement sera donnée aux élèves.

Références :

GRAVIER, É., BROCHARD, F., BONHOMME, G., PIERRE, T. & BRIANÇON, J. L. 2004 Low-frequency instabilities in a laboratory magnetized plasma column. *Phys. of Plasmas* **11**, 529-537.

RAX, J. M. 2005 *Physique des plasmas*. Dunod.

Élèves ayant choisi ce sujet : Guillaume Gourlaouen & Henry Woodward.

2. On représente des niveaux de potentiel électrique fluctuant (la moyenne a été soustraite) mesurés avec des sondes dites de Langmuir ; cette figure est une version en fausses couleurs de la figure 10 de Gravier et al. (2004).

9 Localisation d'un front de flamme par imagerie

Tuteur :

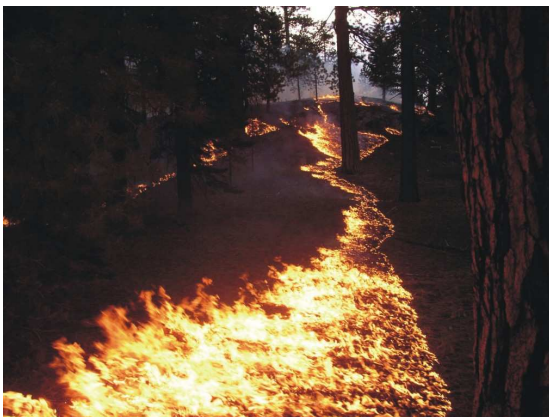
Anthony Collin
LEMTA (site ENSEM)
Tél. : 03 83 59 55 55
Mel : anthony.collin@ensem.inpl-nancy.fr
Web : <http://perso.ensem.inpl-nancy.fr/Anthony.Collin>

Descriptif du sujet :

Dans le groupe *Milieus fluides, réactifs, multiphasiques* du LEMTA, une équipe s'intéresse depuis plus d'une dizaine d'année à comprendre et à modéliser le comportement des **feux de végétation** afin d'aider les pompiers à déployer au mieux leurs moyens de lutte. Dans ce cadre, une plateforme « *Feux* » va être mise en place en 2011-2012 sur le site INPL de la Bouzule, qui permettra des expérimentations sur des feux de végétation à échelle réduite.

Il importe lors des essais qui auront lieu, ou aussi lors de la surveillance d'incendies, d'être capable de **déterminer expérimentalement la position du front de flamme** et son épaisseur. Les moyens métrologiques existants sont nombreux : technique filaire, imagerie dans le visible, . . . Avant de s'engager sur la mise en place de moyens expérimentaux, le LEMTA souhaiterait réaliser une prospection sur l'ensemble de ces techniques métrologiques avant de faire un choix.

Dans ce projet on se penchera sur les techniques par **imagerie dans le domaine du visible**. Il s'agit de développer et de programmer des algorithmes permettant à partir de photos du type de celles présentées ci-dessous (à gauche incendie de litière, à droite photo prise sur la table à feu de l'institut PRISME) de localiser le front de flamme dans un repère physique de l'espace tridimensionnel, en estimant aussi l'incertitude sur sa position.



Il faudra bien entendu prendre en compte les effets de perspective et de « prise de vue ». On pourra commencer par une étude bibliographique (voir par exemple les travaux de Pastor et al. 2006). Des tests pourront aussi être faits sur des « mires » que prépareront les élèves. Enfin on testera le logiciel développé sur des films obtenus par l'institut PRISME (institut Pluridisciplinaire de Recherche en Ingénierie des Systèmes, Mécanique et Energétique), sur le site de Bourges.

Référence :

PASTOR, E., ÀGUEDA, A., ANDRADE-CETTO, J. et al. 2006 Computing the rate of spread of linear flame fronts by thermal image processing. *Fire Safety Journal* **41**, 569-579.

Élèves ayant choisi ce sujet : Vincent Ganthy & Lossi Rooses.

A Annexes : consignes

A.1 Consignes générales

Les projets doivent comporter un cœur scientifique correspondant au moins à 50% du travail effectué. Ce cœur scientifique doit constituer en un travail de modélisation et/ou un travail expérimental. Il peut s'insérer dans (être complété par) l'étude d'un problème industriel, une étude bibliographique, une étude technico-économique, etc... La thématique doit être celle de l'énergie au sens large. Une visite de site et-ou des moyens spécifiques pourront être financés par le département.

Ces projets seront présentés aux élèves le 11 octobre entre 15h15 et 17h salle 364 de l'école. Les élèves devront former 8 binômes et 1 trinôme. Dans chacun de ces 9 groupes de projets un responsable enverra un mel à E. Plaut avant mercredi 13 soir pour donner la composition du groupe et 3 choix de projets classés, avec une argumentation/motivation de ces choix. Les projets seront affectés rapidement par E. Plaut, avec éventuellement de derniers arbitrages le 18 octobre. Ils démarreront le 18 octobre. Les créneaux de projets seront alors les lundi après-midi après 15h, puis les mardi matin au second semestre. Une journée entière sera consacrée aux projets lors de la semaine départementale, qui aura lieu du lundi 28 mars au vendredi 1^{er} avril 2011.

A.2 Initiation à la recherche bibliographique

Une initiation à la *recherche bibliographique scientifique*³ sera donnée les lundis 8 et 15 novembre de 15h15 à 16h15 par Florence Labied et Sylviane Kinzelin au SCD de l'école. Les groupes de projets se répartiront entre ces 2 créneaux de façon équilibrée, en accord avec les tuteurs, qui communiqueront le choix du créneau à Emmanuel Plaut le 18 octobre par mel.

A.3 Consignes concernant les rapports et soutenances à mi-parcours

Un *mini rapport de projet à mi-parcours*, constituant une toute première ébauche du rapport final, sera remis à Emmanuel Plaut et aux tuteurs le lundi 7 mars matin au plus tard⁴. Ce rapport sera constitué de 3 à 4 feuilles recto seul :

- 1 page de couverture présentant le titre du projet, les élèves concernés, les tuteurs, leurs laboratoires et logos ; si le projet est en lien avec une entreprise, le nom du tuteur entreprise et son logo ;
- 1 à 2 pages de présentation du sujet (contexte, problématique, travaux déjà réalisés et publiés dans la littérature) citant des références bibliographiques ;
- 1 page listant ces références bibliographiques.

Cette bibliographie doit être étoffée par rapport à celle fournie par les tuteurs dans les descriptifs de sujets. Pour la présenter, vous suivrez au moins dans ses grandes lignes la norme ISO 690, rappelées sur le site web du SCD de l'INPL, sur le [lien suivant](#). Vous pourrez aussi vous inspirer de la façon avec laquelle Emmanuel Plaut présente les bibliographies de ses photocopiés⁵. On vous recommande de consulter, dans l'onglet « Formation et guides » du [site web du SCD de l'INPL](#), le guide pratique « Gérer et générer une bibliographie ».

Les *soutenances à mi-parcours* prendront la forme d'exposés de 15 minutes, suivis de quelques questions de la part d'un jury, et seront fixées soit le 8 soit le 15 mars. On vous demande de préparer une présentation vidéo sur le contexte et le sujet du projet, le travail déjà effectué, et ce qui reste à faire. Veillez à partager le temps de parole à égalité entre plusieurs élèves impliqués dans le même projet. Le but

3. Recherche dans des bases de données scientifiques, etc...

4. Emmanuel Plaut sera présent dans son bureau jusqu'à 12h pour cela ; vous lui remettrez une version *imprimée* de votre rapport.

5. Une variante de la norme ISO 690 dans laquelle l'année de publication, considérée d'une grande importance, est placée plus tôt, juste après les noms des auteurs. Notez que l'utilitaire bibtex couplé à latex peut vous aider, cf. www.mines.inpl-nancy.fr/emmanuel.plaut/latex.

est d'une part un exercice pédagogique de communication scientifique, d'autre part de faire le point sur l'avancement des projets, afin de détecter et corriger d'éventuels problèmes. Les élèves assisteront à toutes les soutenances du jour de la leur.

A.4 Consignes concernant les rapports et soutenances finales

Un *rapport de projet* imprimé sera transmis au jury (le ou les tuteurs + Emmanuel Plaut) au plus tard le **vendredi 17 juin**⁶. Ce rapport de type scientifique fera 20 à 30 pages hors annexes, 30 à 60 pages avec annexes⁷. Il devra comporter une bibliographie référencée dans le corps du texte. Il est recommandé que ce rapport comporte au moins une annexe.

Les *soutenances orales finales*, basées sur une présentation vidéo de 30 minutes⁸, devant l'ensemble de la promotion du département, suivie de 10 minutes environ de questions par un jury, seront programmées le **mercredi 22 juin**. Ces soutenances de type scientifique devront présenter le contexte et la motivation du projet, puis l'ensemble du travail réalisé pendant l'année⁹, et enfin des conclusions et perspectives.

6. En ce qui concerne Emmanuel Plaut : je serai présent dans mon bureau aux Mines vendredi 17 juin de 14h à 18h30.

7. Sauf pour le groupe constitué de 3 élèves, qui devra viser 30 à 40 pages hors annexes, 40 à 80 pages avec annexes.

8. Sauf pour le groupe constitué de 3 élèves, qui bénéficiera de 40 minutes.

9. Sans faire référence aux soutenances à mi-parcours.