



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

Groupe de recherche 'Milieux fluides, réactifs, multiphasiques'

A large, decorative swirl graphic at the bottom of the page, mirroring the style of the LEMTA logo. It consists of multiple overlapping, curved lines in shades of blue, green, yellow, orange, and red, creating a sense of motion and fluidity.

LEMTA
2, avenue de la Forêt de Haye - B.P. 160
54504 VANDOEUVRE CEDEX - FRANCE
Tél : 03 83 59 59 59 - Fax : 03 83 59 55 51



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

FI-1. Intitulé : Étude de la dispersion de particules non sphériques en écoulement turbulent

Encadrants : *Anne Tanière, Mohammed Khalij (ESSTIN), 03.83.68.50.83.*
anne.taniere@essstin.uhp-nancy.fr, mohamed.khalij@essstin.uhp-nancy.fr

Domaines : Mécanique des Fluides , Modélisation et simulation Numérique (Fluent)

Descriptif : Sujet de Master conduisant à une thèse: Dans les méthodes de prédiction d'écoulements diphasiques gaz-solide dispersés, l'hypothèse généralement admise consiste à considérer les particules sphériques. Toutefois, dans la réalité les particules peuvent avoir des origines très diverses (activités industrielles, combustion, incinération, transports...) et donc des morphologies et des granulométries très variées. Cette diversité morphologique entraîne un comportement de la phase dispersée différent de celui observé dans le cas de particules sphériques, en particulier pour ce qui concerne leur dispersion en écoulement turbulent. L'objectif de ce travail est d'étudier la dispersion turbulente de particules non sphériques. Un travail amont a déjà été effectué par nos propres soins en donnant des forces hydrodynamiques prenant en compte une certaine non sphéricité. Cette première démarche ne demande qu'à être vérifiée, validée et confirmée par un travail de master.



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

FI-2. Intitulé : Etude du transfert de chaleur lors de l'impact d'un jet et spray sur une surface mobile – efficacité du refroidissement

LABORATOIRE D'ACCUEIL :

PAGE WEB :

LEMTA, 2 avenue de la forêt de Haye, BP 160, 54504 Vandoeuvre-lès-Nancy

<http://www.lemta.fr>

Encadrement : Michel Gradeck, Michel Lebouché

NATURE DU TRAVAIL : Modélisation et Expérience

RESUME :

En laminage à chaud, la température de la tôle est de l'ordre de 800-900°C et celle-ci doit être refroidie suivant un chemin thermique très précis jusqu'à des températures de l'ordre de 400°C. Le refroidissement est actuellement assuré par des rampes de jets d'eau impactant la tôle en défilement. Le transfert thermique résulte de phénomènes d'ébullition convective contrôlés par de multiples paramètres (essentiellement vitesse et température de la bande, vitesse et température du jet d'eau). Si des sprays sont utilisés au lieu de jets d'eau, on peut améliorer l'homogénéité de température au cours du refroidissement et améliorer son efficacité. L'utilisation d'un spray introduit des paramètres supplémentaires (granulométrie, vitesse des gouttes, distribution,...) dans le control du process, et bien entendu, l'influence des paramètres doivent être pris en compte pour modéliser le refroidissement.

Objectif du travail

L'objectif de ce travail est de quantifier les transferts thermiques en fonction des paramètres imposés. Sur une installation expérimentale existant, on estimera le transfert de chaleur entre un jet plan (ou un spray) impactant une surface à haute température et animée d'une vitesse de translation. Il s'agira de comparer l'efficacité relative du refroidissement par spray et du refroidissement par jet. Pour cela on travaillera au même débit pour le jet et pour le spray et on fera varier la vitesse de défilement (i.e. vitesse de rotation du cylindre chauffé).

Dans le cas d'un jet, on comprend l'influence de la vitesse de la paroi sur les transferts de chaleur mais dans le cas d'un spray, aucune étude n'a encore été menée et le champ d'étude reste donc totalement vierge.

Remarques : possibilité de poursuite en thèse

COOPERATIONS EXTERIEURES :

ArcelorMittal R&D, Université d'Alberta (Canada)

LEMTA

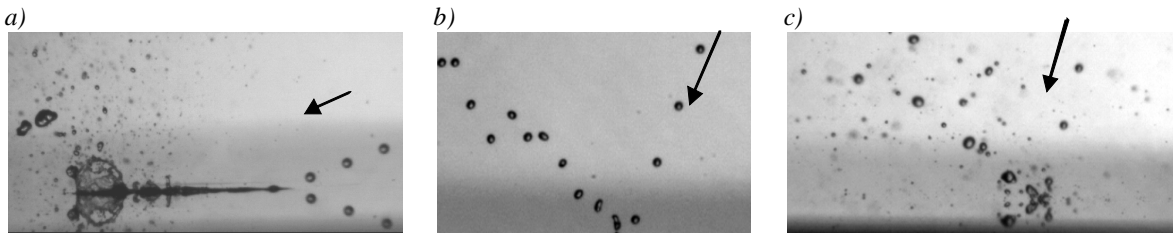
2, avenue de la Forêt de Haye - B.P. 160

54504 VANDOEUVRE CEDEX - FRANCE

Tél : 03 83 59 59 59 - Fax : 03 83 59 55 51

FI-3. Intitulé : Etude du transfert de chaleur lors de l'impact d'une goutte sur une surface portée à haute température**LABORATOIRE D'ACCUEIL :**LEMMA, 2 avenue de la forêt de Haye, BP 160,
54504 Vandoeuvre-lès-Nancy**PAGE WEB :**<http://www.lemta.fr>**Encadrement : Michel Gradeck, Michel Lebouché****NATURE DU TRAVAIL : Modélisation et Expérience****RESUME :**

La physique de l'impact d'une goutte sur une paroi chauffée est complexe et dépend principalement du régime d'impact. De nombreux paramètres interviennent comme la vitesse, le diamètre de la goutte, les propriétés physiques du liquide. Il faut également prendre en considération la rugosité, la mouillabilité et la température de la paroi. Selon les cas, la goutte peut se déposer et/ou rebondir avec ou sans formation de gouttelettes secondaires. Lorsqu'on considère un spray, la complexité des phénomènes croît encore : selon le temps et la distance qui séparent les impacts, un film liquide d'épaisseur variable peut être généré. Les régimes d'impact des gouttes sur cette paroi mouillée diffèrent alors radicalement par rapport à une paroi sèche.



Exemple d'interactions (a : déposition d'un film liquide bouillonnant, b : rebond, c : éclatement)

Objectif du travail

L'**objectif de ce travail est de quantifier les transferts thermiques** à la paroi dans le cas d'un train de gouttes monodispersées sur des surfaces de nature différente (dont la mouillabilité est différente). Le régime d'impact sera observé à l'aide d'une caméra rapide. On pourra ainsi établir une relation a posteriori entre le régime d'impact et les flux estimés, déterminer dans quelle mesure ces derniers sont influencés par le régime d'impact (rebond, éclatement, déposition d'un film) ainsi que par les phénomènes d'interactions entre gouttes voisines (dans le cas d'injecteur multitrou). Rares sont les techniques de mesures applicables à ce type de problème. L'utilisation de thermocouples est délicate car le flux de chaleur à l'intérieur de l'échantillon est transitoire, bi ou tridimensionnel. Dans le cadre de ce stage, le flux de chaleur dans l'échantillon sera estimé grâce à une méthode de conduction inverse associant des mesures par thermographie infrarouge et des modèles de conduction inverse. La mesure de la température de la phase liquide faisant appel à l'imagerie de fluorescence induite par laser sera réalisée dans le cadre d'un autre stage.

Remarques : possibilité de poursuite en thèse

COOPERATIONS EXTERIEURES :

ArcelorMittal R&D, Université d'Alberta (Canada)



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

FI-4. Intitulé : Transfert de chaleur et de masse associés à une réaction de micro-encapsulation – application au cas d'un échangeur multifonctionnel

LABORATOIRE D'ACCUEIL :

PAGE WEB :

LEMTA, 2 avenue de la forêt de Haye, BP 160, <http://www.lemta.fr>
54504 Vandoeuvre-lès-Nancy

Encadrement : Michel Gradeck, Michel Lebouché

NATURE DU TRAVAIL : Modélisation et Expérience

RESUME : Ce stage s'inscrit dans le projet de recherche « Echangeurs multifonctionnels » du programme ENERGIE du CNRS. La tendance globale dans les procédés industriels demeure l'amélioration de l'efficacité énergétique, une production propre, un impact réduit sur l'environnement, une sécurité maximale, des installations plus compactes et multifonctionnelles. Ces préoccupations industrielles sont sources de motivation pour créer des connaissances nouvelles en transferts thermiques dans les procédés et dans les systèmes qui reposent sur le couplage de la physique, de la mécanique des fluides et de la thermique en présence de réaction chimique. Un autre objectif est d'améliorer la sélectivité, de réaliser des produits à très haute valeur ajoutée et de réduire les produits secondaires non désirés. Les travaux dans ce domaine doivent aboutir à des innovations qui se concrétisent par la conception et la réalisation de « micro-échangeurs multifonctionnels à haute valeur ajoutée ». Au cours de l'élaboration d'un produit, un certain nombre d'opérations unitaires sont effectuées. Ces opérations sont: mélange, réaction, transfert thermique, séparation. Actuellement, la plupart des opérations sont réalisées dans des appareils séparés. Le principe d'un échangeur multifonctionnel est de combiner au moins deux opérations de base au sein du même appareil. On citera par exemple les échangeurs-réacteurs (échange de chaleur + réaction chimique). La combinaison de plusieurs fonctions au sein d'un même équipement permet d'augmenter l'efficacité énergétique, de réduire la taille des appareils et de réduire les inventaires en fluide, ce qui permet un meilleur contrôle du procédé et réduit les impacts environnementaux en cas de défaillance. L'échangeur multifonctionnel constitue une rupture technologique, notamment par le fait que certaines opérations qui sont actuellement réalisées en discontinu pourraient l'être en continu.

L'objectif de ce stage est, dans une géométrie simplifiée représentative d'un canal de microréacteur ($e = 50-100\mu\text{m}$), de caractériser l'écoulement et les transferts de chaleur et de masse liés à une réaction modèle de micro-encapsulation. Pour cela, on utilisera la méthode polarographique qui a fait ses preuves en milieu confiné et se prête désormais à la miniaturisation (d'autres techniques seront envisagées ultérieurement, FIL, IR,...). Elle permet de caractériser le frottement pariétal, de détecter les phases et de mesurer les coefficients d'échange. Dans un premier temps, il sera nécessaire de calibrer la méthode car, dans son application classique, la concentration et la température sont supposées constantes alors que dans une réaction d'encapsulation, la température et la concentration vont évoluer en fonction de l'état d'avancement de la réaction. On travaillera donc sur des fluides modèles représentatifs. Ensuite, une étude paramétrique du transfert de chaleur et de masse concernant une réaction d'encapsulation modèle sera menée. A cette fin, on utilisera des microthermocouples afin de mesurer la température pariétale en cours de réaction. Ces données sont en effet nécessaires afin de pouvoir optimiser la réaction (contrôle de la température d'encapsulation).

Une poursuite en thèse pourra être envisagée.

COOPERATIONS EXTERIEURES : GRETh-CEA (Grenoble), LTN (Nantes), LGC (Toulouse)

LEMTA

2, avenue de la Forêt de Haye - B.P. 160
54504 VANDOEUVRE CEDEX - FRANCE

Tél : 03 83 59 59 59 - Fax : 03 83 59 55 51

FI-5. Intitulé : Mesures de champ de déplacement dans un milieu granulaire par interférométrie de speckle

Lieu du stage : sur le site de Brabois du LEMTA (Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée) : <http://www.lemta.fr>
LEMTA, avenue de la Forêt de Haye
BP 160 • F-54504 Vandœuvre lès Nancy

Encadrants : Sébastien Kiesgen (Sebastien.Kiesgen@ensem.inpl-nancy.fr) et Laurent Farge (Laurent.Farge@ensem.inpl-nancy.fr). Téléphone : 03 83 59 56 02

Nature du travail : principalement expérimental, comportement mécanique des milieux granulaires.

Descriptif :

A l'heure actuelle, l'interférométrie de speckle (Référence 1) est une technique qui est couramment utilisée en mécanique du solide pour obtenir des mesures de champ de déplacements (Figure 1) ou de déformations (Figure 2).

L'objectif de ce stage est de déterminer le potentiel de l'interférométrie de speckle pour réaliser des mesures de champ de déformations pour des milieux granulaires, soumis à de faibles sollicitations mécaniques. On notera qu'il ne s'agit pas d'étudier le comportement individuel des grains mais de mesurer localement un déplacement d'ensemble.

Le travail est avant tout expérimental. La première étape consistera à mettre en place le dispositif expérimental :

- Réalisation du montage optique
- Réalisation du dispositif de mise en charge.

On réalisera ensuite un travail d'analyse et d'optimisation pour évaluer l'intérêt de l'interférométrie de speckle au regard de l'application considérée. On pourra notamment étudier l'influence de la mise en charge, de la géométrie du milieu, de la taille des grains, de la compacité ou de la force inter-grains.

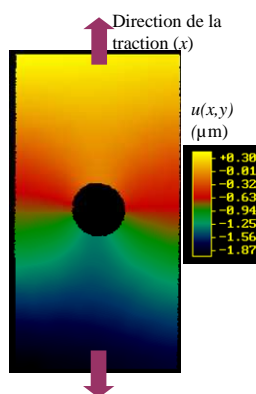


Figure 1 Cartographie du déplacement à la surface d'une plaque percée en acier soumise à un effort de traction dans le domaine élastique.

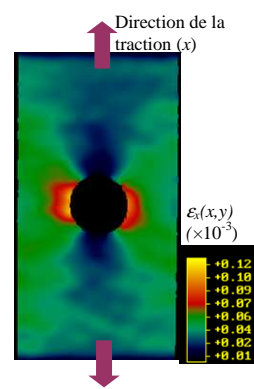


Figure 2 Cartographie de la déformation obtenue à partir du champ de déplacement précédent. On notera la concentration de la déformation au voisinage du trou.

Référence 1 RASTOGI P.K., Measurement of static surface displacements, derivatives of displacements and 3D surface shapes- Examples of applications to Non destructive testing, In P.K. Rastogi, Editor, *Digital Speckle Pattern Interferometry and Related Techniques*, John Wiley & sons, Chichester (2001).

FI-6. Intitulé : Modélisation d'un injecteur tourbillonnant à pression constante (« Pressure Swirl Atomizer »)

Contacts : Nicolas Rimbert MCF ESSTIN Dept GEMMES nicolas.rimbert@esstin.uhp-nancy.fr
Guillaume Castanet CR CNRS LEMTA guillaume.castanet@ensem.inpl-nancy.fr

Compétences : Mécanique des fluides expérimentale, numérique et théorique

Ce projet se situe dans le prolongement d'études préexistantes. On a modélisé (Fig. 1 et 2)) de façon précise un injecteur de Chaudière de marque Danfoss. On cherche maintenant à étudier l'écoulement au sein et au dehors de la buse d'injection dans différents régimes de fonctionnement (cf. Fig.3). La modélisation est faite avec le logiciel CATIA et les simulations avec le logiciel FLUENT.

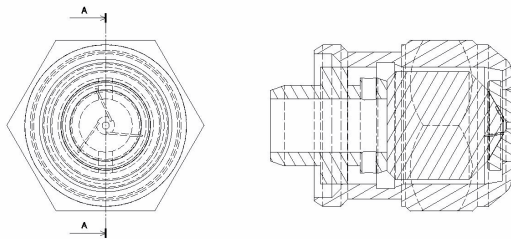


Figure 3: mise en plan de l'injecteur

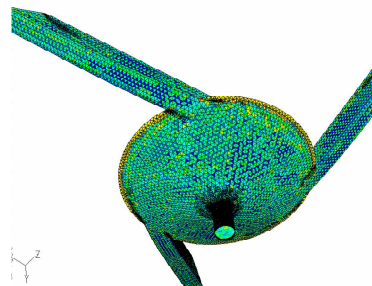


Figure 4: géométrie de la buse d'injection

Dans un deuxième temps, on envisage de modifier le dispositif expérimental représenté figure 4 afin d'élargir sa plage de fonctionnement. On cherche en particulier à atteindre la pression nominale d'utilisation de l'injecteur (autour de 15 bar) et le fameux régime d'atomisation où le liquide se désintègre dès la sortie de l'injecteur.

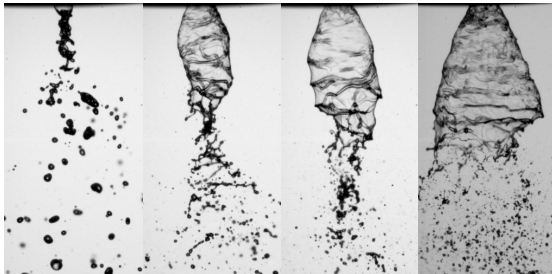


Figure 5: Evolution de la nappe en sortie de l'injecteur (resp de gauche à droite : 1bar, « tige » ; 3 bar, « bulbe » ; 4 bar, « oignon » ; 6,4 bar « tulipe »)

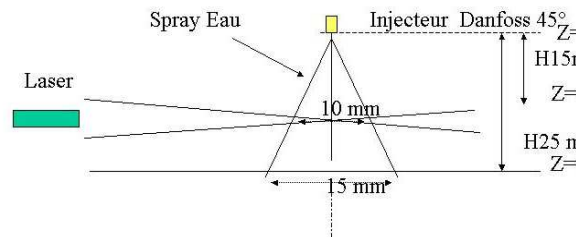


Figure 6: schéma du dispositif expérimental

En fonction des besoins et/ou des compétences de l'étudiants, il est donc possible d'orienter le travail suivant une approche plutôt modélisation ou plutôt expérimentale. (Expériences avec une caméra rapide ou un PDA sous réserve de disponibilité).

Enfin dans un troisième temps et dans l'éventualité d'une poursuite en thèse sur le sujet, on pourra se consacrer à l'étude des instabilités de la nappe tourbillonnaire ainsi qu'au couplage entre la pulvérisation de cette dernière et la turbulence, d'une part créée dans l'injecteur mais également induite par le jet dans l'air environnant.



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

FI-7. Intitulé : *Modélisation et simulation des écoulements de fluides complexes.*

Encadrants : *Olivier Botella (tel : 03 83 59 56 75, olivier.botella@ensem.inpl-nancy.fr), et Christophe Baravian. LEMTA, site de Brabois.*

Domaines : Fluides – Numérique et Modélisation.

Descriptif court : Le cadre général de l'étude porte sur le développement d'un code de simulation numérique utilisant des méthodes performantes de type « interface-capturing » (méthodes level-set, immersed boundary, AMR) pour l'écoulement de fluides rhéologiquement complexes en configurations d'intérêt pratique (conduites, réacteurs, échangeurs) pour les procédés des industries chimiques, pharmaceutiques, etc. La rhéologie des fluides (incluant les effets non-newtoniens, seuil d'écoulement, forte thermodépendance) est prise en compte par des lois de comportements novatrices issues de la modélisation structurelle développée au LEMTA, et les prédictions du code de calcul sont confrontées aux boucles à essai expérimentales du Laboratoire (notamment Rhéo-PIV et RMN). Plus particulièrement, ce stage concernera la prise en main du code de simulation et la validation de la partie non-newtonienne (pseudoplastique) avec la base de données expérimentale pour une solution de Xanthane dans un réacteur de Couette (thèse de C. Rigal). En fonction de l'avancement du stage, on pourra envisager une prise en compte du couplage viscoélasticité/pseudoplasticité et des comparaisons avec des données de vélocimétrie-RMN.

A large, decorative swirl graphic composed of multiple overlapping, curved lines in various colors including blue, green, yellow, orange, and red, creating a sense of motion and complexity.

LEMTA
2, avenue de la Forêt de Haye - B.P. 160
54504 VANDOEUVRE CEDEX - FRANCE
Tél : 03 83 59 59 59 - Fax : 03 83 59 55 51



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

FI-8. Intitulé : Mélange par utilisation de la magnétohydrodynamique

Encadrants : Gérard Vinsard, Stéphane Dufour et E. Saadjian,
0383595668, gerard.vinsard@ensem.inpl-nancy.fr

Domaines : Fluides et électromagnétisme (magnétohydrodynamiques) – Modélisation et expérimentation

Descriptif court : De grandes quantités d'énergies sont utilisées dans l'industrie pour assurer la fonction de mélange. Il est alors intéressant de réaliser une optimisation énergétique dans ce domaine au moyen de méthodes innovantes, c'est à dire d'accomplir un travail de recherche dont les applications sont susceptibles d'être valorisées.

L'étude se place dans ce cadre. Son objectif est d'estimer l'efficacité de la méthode qui consiste à perturber la position d'un point hyperbolique dans un écoulement de Stokes pour assurer un mélange.

Pour cela un écoulement bidimensionnel stationnaire est considéré, il comporte un point hyperbolique si la vitesse en ce point est nulle et que les lignes de courant au voisinage de ce point sont des hyperboles. Un tel écoulement comporte 4 zones dans chacune desquelles un colorant qui y est placé initialement reste dedans. Il n'y a donc pas de mélange.

Par contre si les forces qui créent cet écoulement stationnaire sont perturbées par de petites forces dépendant elles du temps alors l'écoulement résultant est déstabilisé et la conclusion précédente n'est plus vraie.

Un démonstrateur utilisant des forces de Laplace pour créer l'écoulement stationnaire de base est disponible ainsi d'ailleurs que du matériel annexe permettant de créer sa perturbation. Et un aspect du travail consistera à faire des expérimentations. Mais ces expérimentations doivent répondre à un plan défini qui passe lui-même par l'analyse quantitative du système à partir d'un modèle numérique (pratiquement sous Freefem++).



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

FI-9. Intitulé : Convection de Rayleigh-Bénard pour un fluide rhéofluidifiant

Encadrants : LEMTA

Chérif Nouar (DR CNRS): cherif [.nouar@ensem.inpl-nancy.fr](mailto:nouar@ensem.inpl-nancy.fr)

Cette étude se fera en collaboration avec Emmanuel Plaut (Pr INPL) et Mathieu Jenny (MC INPL), dans le cadre d'un projet ANR intitulé ThIM (Thermoconvective instabilities for microstructured fluids).

Descriptif : Les instabilités thermoconvectives dans une couche horizontale de fluide chauffée par le bas et refroidie par le haut, i.e., le problème de Rayleigh-Bénard est l'un des nombreux systèmes convectifs largement étudiés. La compréhension de ce phénomène est nécessaire dans l'analyse de la dynamique des systèmes à grande échelle tels que ceux rencontrés en atmosphère et dans les océans. À petite échelle, les préoccupations concernent par exemple, la conception de systèmes de refroidissement pour des appareils électroniques. La formation de structures et l'analyse de leur dynamique constitue aussi une autre motivation pour l'étude du problème de Rayleigh-Bénard, en particulier lorsque les non-linéarités deviennent importantes. Comparativement au fluide newtonien, très peu de travaux ont été consacrés aux effets thermo-gravitationnels dans le cas de fluides non-newtoniens, malgré l'importance de ce problème en géophysique, par exemple. En effet, le problème de Rayleigh-Bénard pour des fluides complexes peut être considéré comme un modèle pour comprendre la convection thermique dans le manteau terrestre. La viscosité du manteau terrestre varie non seulement avec la température et la pression mais aussi avec le cisaillement. Etant donné les fortes non-linéarités résultant de la dépendance de la viscosité en fonction du cisaillement, on s'attend à l'émergence de nouvelles structures au voisinage des conditions critiques. L'objectif du stage est d'étudier théoriquement et numériquement les effets thermo-gravitationnelle dans une couche de fluide rhéofluidifiant soumise à un gradient vertical de température. On se limitera au cas bidimensionnel.

A large, decorative graphic at the bottom of the page consists of multiple overlapping, swirling lines in various colors including blue, green, yellow, orange, and red, creating a sense of motion and energy.

LEMTA
2, avenue de la Forêt de Haye - B.P. 160
54504 VANDOEUVRE CEDEX - FRANCE
Tél : 03 83 59 59 59 - Fax : 03 83 59 55 51



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

FI-10. Intitulé : Validation d'un code de simulation numérique directe d'un écoulement chargé en particules solides

Encadrants : *Anne Tanière*, (ESSTIN), 03.83.68.50.83. anne.taniere@essstin.uhp-nancy.fr,
Boris Arcen (ENSIC), 03.83. 17.53.38. boris.arcen@ensic.inpl-nancy.fr

Domaines : Mécanique des Fluides , Modélisation et Simulation numérique

Sujet de Master recherche . Les écoulements gazeux chargés en particules solides sont présents dans de nombreuses applications industrielles (chaudière à charbon pulvérisé, moteur Ariane 5, etc.). Afin de pouvoir développer des codes de calcul pouvant simuler de telles applications industrielles, des études fondamentales (modélisation numérique) s'avèrent plus que nécessaires. C'est dans ce cadre général que s'appuie ce travail de Master recherche. Il s'agit de valider le couplage entre un code de Simulation Numérique Directe et un module permettant de réaliser le suivi lagrangien de particules solides. En effet, la phase fluide est simulée grâce à la version parallélisée du code de calcul de mécanique des fluides développé au sein du département TREFLE à l'Institut de Mécanique et d'Ingénierie de Bordeaux sera utilisé (cf. <http://thetis.enscbp.fr/>). Les mouvements des particules solides sont quant à eux déterminés par un module de suivi lagrangien qui a été intégré récemment par nos soins. Dans un premier temps, il sera nécessaire de valider le suivi lagrangien en effectuant des simulations de la chute de particules dans un fluide visqueux au repos ou en mouvement. De ces simulations, il sera possible d'estimer la précision des simulations en comparant la vitesse de chute des particules donnée par notre code avec des expressions théoriques ou des résultats issus de la littérature. Une fois cette étape terminée, la dispersion de particules solides au sein d'un écoulement turbulent de type canal plan sera simulée. Les résultats obtenus seront comparés aux différentes statistiques que l'on possède déjà afin de valider le couplage des phases fluide et solide que nous avons développé.

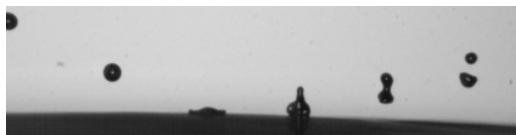
FI-11. Intitulé : *Mesure de la température de gouttes impactant une paroi chaude*

Encadrants : Guillaume Castanet (03 83 59 56 46)
Fabrice Lemoine (03 83 59 57 32)
Pierre Dunand (03 83 59 57 10)
ENSEM, 2 avenue de la Forêt de Haye BP160
54504 Vandoeuvre-les-Nancy Cedex

Domaines: Thermique et Fluide - Expérimental

Les phénomènes d'impact de gouttes sur des parois chaudes sont présents dans un grand nombre d'applications industrielles telles que les systèmes de refroidissement. Le refroidissement par un spray consiste à pulvériser sur une surface chaude un liquide qui s'évapore. L'efficacité de ce refroidissement est particulièrement élevée du fait de l'énergie prélevée par le changement d'état liquide-vapeur. Cependant, les phénomènes de transfert lors de l'impact des gouttes sont assez méconnus bien qu'ils aient une réelle influence sur les contraintes thermiques au niveau de la surface. L'étude de ces phénomènes est fort complexe du fait du grand nombre de paramètres mis en jeu. Selon les conditions d'impacts (vitesse et taille des gouttes, nature du liquide, température de paroi, angle d'incidence, rugosité, ...) différents régimes d'impacts peuvent être observés : rebond, éclatement, dépôt d'un film liquide. Le but de ces recherches est d'optimiser le refroidissement par spray afin de le rendre plus homogène tout en limitant sa consommation en eau.

Le sujet proposé porte sur l'étude, à l'aide de techniques expérimentales, de l'impact d'un train de gouttes monodisperse sur une surface chauffée par induction électromagnétique. La température des gouttes et donc leur échauffement en paroi sera mesurée par fluorescence induite par laser à deux couleurs. L'objectif de ce stage est d'améliorer la sensibilité de cette technique de mesure en utilisant un couple de traceurs fluorescents inédits. Les spectres d'émission de ces traceurs présentent une dépendance très différente à la température dans le liquide et sont suffisamment décalés pour que les interactions mutuelles entre les bandes spectrales de détection de chacun des deux traceurs demeurent limitées. En outre, on disposera également d'une caméra rapide pour visualiser les impacts.



a) *Impact avec rebond*



b) *Impact avec éclatement*

Impact d'un train de gouttes sur une paroi chaude.



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

Groupe de recherche 'Energie et Transferts'

A large, decorative swirl graphic at the bottom of the page, mirroring the style of the LEMTA logo. It consists of multiple overlapping, curved lines in shades of blue, green, yellow, orange, and red, creating a sense of motion and energy.

LEMTA
2, avenue de la Forêt de Haye - B.P. 160
54504 VANDOEUVRE CEDEX - FRANCE
Tél : 03 83 59 59 59 - Fax : 03 83 59 55 51



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

En-1. Intitulé : Ecoulement d'une "goutte" en milieu poreux

Encadrants : Christian MOYNE et Didier STEMMELLEN

LEMTA-ENSEM

2 avenue de la Forêt de Haye

54504 VANDOEUVRE

Christian.Moyne@ensem.inpl-nancy.fr tel : 03-83-59-56-13

Didier.Stemmelen@ensem.inpl-nancy.fr tel : 03-83-59-56-11

Domaines : Hydrodynamique en milieu poreux – Modélisation et expérimentation

Descriptif court :

Si l'on prend une goutte de liquide en mouvement relatif par rapport à de l'air en écoulement à vitesse uniforme, le liquide va être entraîné à la surface de la goutte par frottement visqueux. A l'intérieur de la goutte, vont exister deux vortex hémisphériques tournant en sens contraire l'un de l'autre.

L'idée du projet est de reprendre cette analyse en milieu poreux avec une zone approximativement sphérique du milieu poreux saturée en liquide (goutte) entourée d'une zone de gaz en écoulement. Si la loi de Darcy (vitesse simplement proportionnelle au gradient de pression) est supposée décrire de façon moyenne l'hydrodynamique, il est très facile de se convaincre qu'il ne peut pas y avoir de rotation au sein de la zone liquide qui doit alors se déplacer à peu près par translation uniforme. Aussi, si l'on veut autoriser un mouvement de rotation dans la goutte dû à l'entraînement par l'écoulement d'air autour de cette goutte, il faut ajouter au modèle de Darcy un terme complémentaire dit terme de Brinkman.

L'Imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire dont dispose le LEMTA à la Faculté des Sciences permet de visualiser les écoulements en milieux poreux et d'en mesurer les vitesses. En confrontant réflexion théorique et expérimentation, il s'agira d'analyser le mouvement de la goutte et de contribuer ainsi à un vif débat sur l'importance du terme de Brinkman qui agite la communauté des milieux poreux depuis longtemps.

LEMTA

2, avenue de la Forêt de Haye - B.P. 160

54504 VANDOEUVRE CEDEX - FRANCE

Tél : 03 83 59 59 59 - Fax : 03 83 59 55 51



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

En-2. Intitulé : Analyse par IRM du déplacement de 2 liquides non-miscibles en milieu poreux

Encadrants Didier STEMMELEN
03 83 59 56 11
didier.stemmelen@ensem.inpl-nancy.fr

et Sébastien LECLERC
03 83 68 43 59
sebastien.leclerc@crm2.uhp-nancy.fr

Laboratoire LEMTA
2, avenue de la forêt de Haye
54 504 VANDOEUVRE-LES-NANCY

Domaines Hydrodynamique en milieu poreux – Expérimentation – Utilisation d'un imageur IRM
Il s'agit d'un travail de nature expérimentale mais la prise en main de l'imageur nécessite quelques notions en informatique et traitement du signal.

Descriptif court

L'Imagerie par Résonance Magnétique nucléaire (IRM) permet de faire des mesures non-intrusives (cartographie 3D) de la concentration de noyaux d'hydrogène en phase liquide dans un milieu poreux. Ces noyaux d'hydrogène peuvent appartenir à des molécules d'eau ou à d'autres liquides (huile par exemple).

Nous souhaitons regarder la possibilité de faire simultanément par IRM des mesures de concentration de deux liquides non miscibles dans un milieu poreux (typiquement un mélange eau-huile). On examinera la possibilité d'obtenir un signal RMN relatif à la quantité d'eau et un autre relatif à la quantité d'huile.

On effectuera ensuite la vélocimétrie IRM des écoulements dans le milieu poreux. La question est de savoir s'il est possible de mesurer la vitesse de chacun des liquides présents dans le milieu poreux.

Un équipement d'IRM, dédié aux applications en sciences de l'ingénieur, est disponible au Service Commun de RMN de la Faculté des Sciences (UHP). Il a déjà été utilisé dans des conditions similaires pour observer le mélange de deux fluides miscibles dans un lit de billes.

Ce sujet est d'un intérêt fondamental dans le domaine de la récupération du pétrole.



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

En-3. Intitulé : Simulation du rayonnement infrarouge à travers un tissu biologique.

Tuteurs : **Fatmir ASLLANAJ**, Chargé de recherche CNRS HDR au LEMTA
☎ : 03 83 59 55 26 ; e-mail : Fatmir.Asllanaj@lemta.uhp-nancy.fr

Sébastien FUMERON, Maître de conférences au LEMTA
☎ : 03 83 68 43 19 ; e-mail : Sebastien.Fumeron@lemta.uhp-nancy.fr

Domaines : Thermique - Numérique

Descriptif court :

Dans le domaine de l'imagerie médicale, la nécessité d'un diagnostic précoce des tumeurs cancéreuses constitue un enjeu fondamental tant sur le plan thérapeutique qu'économique. D'un point de vue radiatif, les tissus biologiques sont absorbants dans l'infrarouge (du fait de la présence d'hémoglobine et de leur teneur en eau). De plus leur hétérogénéité leur confère un caractère très diffusant. Par ailleurs, les études cliniques des tumeurs cancéreuses montrent des modifications des propriétés thermo-optiques des milieux affectés par rapport aux tissus sains. Aussi, on peut envisager d'utiliser ces changements pour discriminer tissu sain et tissu cancéreux en utilisant un rayonnement infrarouge [1,2].

Le travail proposé porte sur la simulation numérique d'un rayonnement émergent d'un milieu semi-transparent représentant un tissu biologique soumis à une excitation lumineuse appropriée. Différents problèmes pourront être abordés:

- la modélisation d'une tumeur développée (milieu sain dans lequel se trouve une inclusion circulaire représentant une agglomération de cellules cancéreuses).
- le processus de cancérisation (mélange statistique de cellules saines et cancéreuses).

Afin de représenter les propriétés radiatives du tissu, le stagiaire s'appuiera sur des données existantes de la littérature [1,2]. Pour mener à bien le travail, le stagiaire disposera d'un code radiatif performant développé au laboratoire [3]. Quelques développements et adaptations du code, notamment aux interfaces entre deux milieux de propriétés radiatives différentes, seront toutefois nécessaires pour réaliser les simulations numériques.

Bibliographie

1. VV Tuchin. Tissue optics: light scattering methods and instruments for medical diagnosis. Second ed. Washington: Bellingham: SPIE Press; 2007.
2. C. Bordier, Diffusion de la lumière par des tissus biologiques : Étude expérimentale et modélisation par l'équation de transfert radiatif vectorielle, Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, 2007.
3. F. Asllanaj and S. Fumeron, Computational method for biological tissue optics based on the time-dependent two-dimensional radiative transfer equation, Journal of Biomedical Optics, 2011 (in revision).



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

En-4. Intitulé : Identification des propriétés des flammes à partir de leur rayonnement dans l'infrarouge

Encadrants : A. Collin (anthony.collin@ensem.inpl-nancy.fr)
P. Boulet (pascal.boulet@lemta.uhp-nancy.fr)

Domaine : Feux : modélisation, simulation

Descriptif : le rayonnement des flammes est moteur dans la propagation d'un feu, pourtant on maîtrise encore très mal la modélisation de ce phénomène. Le LEMTA dispose de résultats expérimentaux obtenus par spectromètre et caméra infrarouge sur des flammes de différentes échelles : flammes de laboratoire et de tunnel à feux sur divers type de combustibles (paille, litières d'aiguilles de pins, buissons, PMMA,...).

Une analyse de ces données permettrait de caractériser ces flammes : flux émis, niveaux de température, concentration en suies et en espèces type CO, CO₂, H₂O,...

La méthode prévue consistera en une inversion des données à l'aide de modèles de rayonnement et d'un algorithme génétique. Des premières tentatives ont montré les potentialités de la méthode et les outils sont disponibles dans l'équipe *Feux*. Les résultats attendus sont sans équivalent dans l'ensemble de la communauté feux!

Une analyse bibliographique préliminaire permettra de préciser les méthodes les plus adaptées, puis l'essentiel du travail sera axé autour de la modélisation, de la simulation et de l'analyse des données.

Collaboration avec l'équipe Feux de Marseille.

Selon les opportunités, le stagiaire participera également aux expérimentations en cours au LEMTA dans le domaine feux de forêts et feux de compartiments.



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

En-5. Intitulé : Optimisation d'une cascade moteurs

Encadrants : Feidt Michel lemta ense3 03 83 59 57 34 michel.feidt@ensem.inpl-nancy.fr

Domaines : Thermique - Fluides – Modélisation- Numérique

Descriptif court :

Il s'agit, partant de la thèse de B.CULLEN soutenue à Dublin Irlande, de reprendre pour le prolonger, le modèle thermodynamique de la cascade moteur de OTTO - moteur de STIRLING, de façon à optimiser le couplage et le dimensionnement des moteurs en vue d'une énergie mécanique maximale.

Ce travail se situe dans le cadre de la collaboration tripartite entre l'Université de Dublin, l'Université Polytechnique de Bucarest (Roumanie) et l'Université Henri Poincaré de Nancy.



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

En-6. Intitulé : Analyse de sensibilité des propriétés radiatives d'un tissu biologique.

Domaine : Thermique - Numérique

Tuteurs : **Fatmir ASLLANAJ**, Chargé de recherche CNRS HDR au LEMTA
☎ : 03 83 59 55 26 ; e-mail : Fatmir.Asllanaj@lemta.uhp-nancy.fr

Denis Maillet, Professeur INPL, LEMTA
☎ : 03 83 59 56 06 ; e-mail : denis.maillet@ensem.inpl-nancy.fr

Résumé :

La reconstruction d'image en tomographie optique consiste à estimer la distribution spatiale de différents coefficients radiatifs (absorption, diffusion ...) permettant la différenciation entre les régions saines et les régions affectées d'un tissu biologique. Cette reconstruction est établie à partir du rayonnement rétrodiffusé, mesuré à la surface du milieu biologique excité par un rayonnement collimaté ultrabref. Les tissus biologiques se comportent comme des milieux semi-transparents [1]. On dispose au laboratoire d'un code 2D Fortran résolvant l'équation du transfert radiatif instationnaire dans les tissus biologiques [2]. Le travail proposé porte sur la possibilité d'utiliser la réponse radiative du milieu pour:

- 1) détecter les régions affectées ;
- 2) quantifier les paramètres radiatifs associés aux régions non saines.

Le travail portera donc sur le rayonnement en milieu semitransparent, le contrôle non destructif et les techniques inverses, notamment d'étude de la sensibilité de la réponse du modèle aux paramètres recherchés [3].

Bibliographie

- [1] VV Tuchin. Tissue optics: light scattering methods and instruments for medical diagnosis. Second ed. Washington: Bellingham: SPIE Press; 2007.
- [2] F. Asllanaj and S. Fumeron, Computational method for biological tissue optics based on the time-dependent two-dimensional radiative transfer equation, Journal of Biomedical Optics, 2011 (in revision).
- [3] D. Petit, D. Maillet, Techniques inverses et estimation de paramètres, Editeur : Techniques de l'Ingénieur, thème : Sciences Fondamentales, base : Physique-Chimie, rubrique : Mathématiques pour la physique, dossiers AF 4515, pp. 1- 18, et AF 4516, pp. 1-24, Paris, janvier 2008.



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

En-7. Intitulé : Impact de prétraitements thermiques sur les propriétés de membranes polymères pour l'application Pile à Combustible.

Encadrants Jean-Christophe PERRIN
03 83 59 55 86
jean-christophe.perrin@ensem.inpl-nancy.fr

et Feina XU
03 83 59 55 59
Feina.Xu@ensem.inpl-nancy.fr

Laboratoire LEMTA
2, avenue de la forêt de Haye
54 504 VANDOEUVRE-LES-NANCY

Domaines Physico-chimie des Polymères – Travail de nature expérimentale.

Descriptif : La membrane polymère constitue le cœur de la pile à combustible de type H_2/O_2 et ses propriétés sont étroitement liées au fonctionnement global du système. Au sein de l'équipe « Pile » du laboratoire LEMTA nous nous intéressons à la caractérisation de certaines propriétés importantes de ces membranes, telles que leur sorption en eau, leur structure et leur capacité à transporter l'eau et les ions.

Il est connu dans la littérature que l'eau adsorbée dans les membranes de type Nafion (il s'agit du polymère le plus utilisé, et donc le plus étudié dans le cadre de l'application pile à combustible) est constituée de deux populations, plus ou moins liées à la matrice polymère. Les molécules les plus liées constituent l'eau dite « résiduelle » [1], c'est-à-dire de l'eau extrêmement difficile à retirer de la membrane, même à température relativement importante et pendant des durées longues. La quantité d'eau résiduelle est un paramètre mal connu, peu mesuré, mais pourtant important pour décrire et donc mieux comprendre les propriétés de la membrane.

Lors de ce stage nous proposons d'utiliser plusieurs méthodes analytiques afin d'étudier l'influence des conditions de séchage (température, durée..) sur la quantité d'eau résiduelle dans les membranes Nafion. Pour cela, l'étudiant(e) mettra en œuvre, puis utilisera des protocoles expérimentaux utilisant la résonance magnétique nucléaire (RMN), l'analyse thermogravimétrique (ATG) et des méthodes de pesée. Le second objectif du stage résidera dans la mesure des paramètres de sorption et de transport (conductivité ionique, diffusion de l'eau) de membranes ayant subi un séchage à une température supérieure à leur température de transition vitreuse (T_g). Ce recuit thermique est connu en effet pour modifier la cristallinité du polymère et influencer sa capacité de sorption et sa conductivité ionique [2].

[1] L. Maldonado, J.-C. Perrin, J. Dillet and O. Lottin, Characterization of Polymer Electrolyte Nafion Membranes: Influence of Temperature, Heat Treatment and Drying Protocol on Sorption and Transport Properties. *Journal of Membrane Science*, in press.

[2] J. E., Hensley *et al.*, The effects of thermal annealing on commercial Nafion[®] membranes *Journal of membrane Science*, 298, 1-2, 2007.



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

En-8. Intitulé : Modélisation et mesure du rayonnement en champ proche au voisinage d'objets nanostructurés

Encadrants Pr David LACROIX et Dr Gilles PARENT

Email et téléphone : David.Lacroix@lemta.uhp-nancy.fr, tél. 03 83 68 46 88 ;

Gilles.Parent@lemta.uhp-nancy.fr, tél. 03 83 68 43 64

LEMMA, Faculté des Sciences et Technologies, BP 70239, 54506 Vandœuvre les Nancy cedex

Collaboration avec les équipes du GDR Nanothermique

Domaines Modélisation, Simulations numériques, Expériences

Descriptif : Depuis une dizaine d'années les communautés scientifiques du rayonnement et de la physique de la matière condensée se sont rapprochées autour de projets visant à la compréhension des mécanismes d'interaction entre le rayonnement et la matière aux très petites échelles d'espace et de temps. De nombreux travaux exploratoires sur la synthèse, la caractérisation et la fonctionnalisation de nouveaux matériaux nano-structurés ont ainsi émergé.

Au LEMTA, au sein de l'équipe de Gérard Jeandel, nous développons des actions de recherche dans ce domaine depuis 2005. Les travaux entrepris portent en particulier sur la modélisation, la simulation et la mesure du rayonnement thermique au voisinage d'objets diffusants. La principale application concerne la réalisation de dispositifs de mesure fonctionnant dans l'infrarouge avec une résolution sub-micrométrique (Apertureless SNOM), c'est-à-dire en deçà de la limite de Rayleigh (qui stipule que la résolution spatiale d'un objet observé est de l'ordre de la longueur d'onde de la lumière qui l'éclaire, cf. Fig.1).

Dans ce cadre, la thèse de J. Muller soutenue en septembre 2011, le soutien par l'ANR d'un projet jeunes chercheurs et l'arrivée d'un post-doctorant nous ont permis d'avancer sur plusieurs points (numériques et expérimentaux). Le sujet que nous proposons vise à approfondir certains d'entre eux.

Sujet proposé : Le travail proposé comporte deux volets. Le premier est dédié au développement et à l'amélioration de modèles permettant de simuler le rayonnement de champ proche émis par des nanostructures. Actuellement, les outils dont nous disposons ont été développés et validés dans le cadre de la thèse de J. Muller. Ils sont basés sur la FDTD (Finite Domain Time Domain) qui est une technique de résolution des équations de Maxwell. Avec ce sujet de M2R la modélisation des champs électromagnétiques thermiques, qui trouvent leurs origines dans les fluctuations de courant dues à l'agitation thermique, est envisagée. Ces champs sont principalement formés d'ondes de surface (ondes évanescentes). L'existence et la description de ces ondes sont actuellement bien maîtrisées dans le cas de structures simples, notamment dans le cas d'une surface plane infinie ou éventuellement d'un réseau. Mais cela n'est plus le cas lorsqu'on considère des structures complexes et plus encore si l'on souhaite décrire l'interaction de ces champs avec la pointe d'un microscope de champ proche utilisé pour étudier expérimentalement le rayonnement thermique à proximité des structures. Cette modélisation est un des points clés pour mieux comprendre les phénomènes observés, pour optimiser l'outil expérimental et apporter des solutions techniques dédiées à l'imagerie infrarouge à haute résolution. Pour cette étude le candidat recruté bénéficiera de l'expertise de J. Muller qui continue à développer le code de calcul.

D'autre part, l'étudiant pourra mettre à l'épreuve les modèles et simulations développés en utilisant les dispositifs de mesure à disposition au laboratoire (microscope en champ proche construit autour d'un AFM – figure 2 ci-dessous) et chez différents collègues du GDR (dispositifs de microscopie thermique variés). Pour cette tâche, il bénéficiera de l'appui d'un collègue post-doctorant qui a été recruté cette année et dont la mission scientifique est d'optimiser le fonctionnement du dispositif expérimental à notre disposition.

Selon les aptitudes ou les préférences du candidat l'accent pourra être mis sur les aspects plutôt expérimentaux ou plutôt numériques.

LEMMA

2, avenue de la Forêt de Haye - B.P. 160

54504 VANDOEUVRE CEDEX - FRANCE

Tél : 03 83 59 59 59 - Fax : 03 83 59 55 51

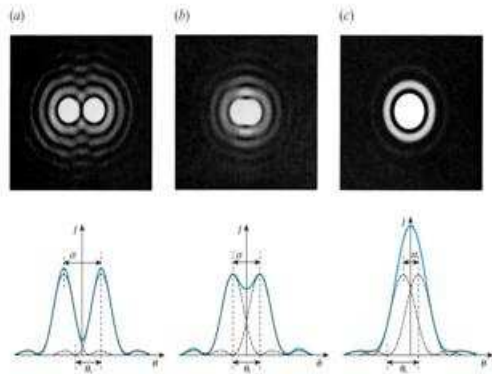


Figure 1 : Critère de Rayleigh

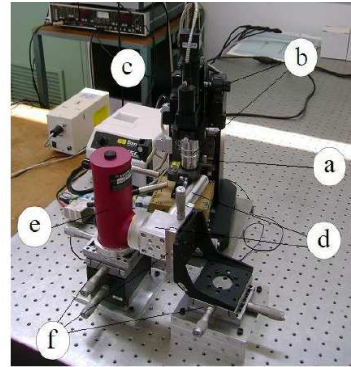


Figure 2 : Microscope développé au laboratoire

Perspectives : Le sujet proposé s'inscrit dans une thématique soutenue par le laboratoire et dans la continuité d'un premier travail de thèse. La poursuite de ces travaux dans le cadre d'une thèse de doctorat est clairement envisagée.

Mots clés : Rayonnement de champ proche, nanostructure, FDTD, microscopie champ proche.



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

Groupe de recherche 'Mécanique des Matériaux et Structures'

A large, decorative swirl graphic in the bottom left corner, mirroring the colors and style of the LEMTA logo. It consists of multiple overlapping, curved lines in shades of blue, green, yellow, orange, and red, creating a sense of motion and energy.

LEMTA
2, avenue de la Forêt de Haye - B.P. 160
54504 VANDOEUVRE CEDEX - FRANCE
Tél : 03 83 59 59 59 - Fax : 03 83 59 55 51



Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique
Théorique et Appliquée - UMR 7563

Sol-1. Intitulé : Modèles et simulation de la croissance de milieux solides

Encadrants : GANGHOFFER Jean-François. LEMTA, ENSEM.

Mail : jean-francois.Ganghoffer@ensem.inpl-nancy.fr

Domaines : Mécanique du solide

Aspects abordés : Modélisation et Numérique

Descriptif court : on considère la situation de milieux solides (représentant des tissus biologiques) siège d'une évolution suite à des phénomènes de croissance liés à l'apport de nutriments. La croissance se traduit par un changement de forme et de topologie (création de domaines de phase 'durs au sein du tissu), ces deux phénomènes pouvant se produire de façon indépendante. Pour un os en cours de minéralisation, on observe ainsi un changement de forme appelé remodelage. Il s'agira de façon générale de développer des modèles de croissance dans le cadre de la mécanique des milieux continus et d'effectuer des simulations de la croissance pour des cas modèles (élasticité linéaire, géométrie 2D ou axisymétrique), avec un logiciel de calcul approprié (Matlab ou MAPLE ou Mathematica). On profitera en particulier des acquis et de l'expérience du groupe en termes de modélisation de la croissance.

A large, decorative graphic consisting of multiple overlapping, swirling lines in various colors (blue, green, yellow, orange, red, grey) that create a sense of motion and depth, resembling a stylized vortex or a series of concentric, irregular circles.

LEMTA
2, avenue de la Forêt de Haye - B.P. 160
54504 VANDOEUVRE CEDEX - FRANCE
Tél : 03 83 59 59 59 - Fax : 03 83 59 55 51