

# MODELE DE PRESENTATION DU PROJET

## SITUATION ACTUELLE DU PROJET:

Intitulé du PNR

Code du Projet (Réservé à l'administration)

SCIENCES FONDAMENTALES

Nouveau projet :

Projet reformulé:  (Joindre une copie de la notification de l'avis de reformulation)

### 1.1. Domiciliation du projet

Laboratoire de Mécanique et Structures (LMS), Université 8 mai 1945 Guelma

### 1.2. Identification du projet

#### 1.2.1- Nature de la recherche

Fondamentale  Appliquée  Développement  Formation

Titre du projet :	<b>Homogénéisation des Equations de Reynolds Newtonienne et Non Newtonienne : Application à la résolution des problèmes des écoulements de films minces visqueux compressibles et incompressibles entre parois rugueuses.</b>
Acronyme du projet :	<b>HER3N</b>
Intitulé du thème :	<b>Thème 4: Hydrodynamique</b>
Intitulé de l'axe :	<b>Axe 4: Mécanique des fluides et énergétique</b>
Intitulé du domaine :	<b>Domaine 3: Physique</b>
Mots-clés (12 max)	<b>Tribologie/Lubrification fluide/ Contact hydrodynamique/ Rugosité de surface/ Rhéologie/ Fluide à couple de contrainte/ Méthode d'homogénéisation/Méthode déterministe/Méthode stochastique/Méthode des différences finies/ Méthode des éléments finis/Milieus continus de V. K. Stokes.</b>
Durée estimée du projet	<b>24 mois</b>

#### 1.2.2 Résumé du projet (250 mots)

La plupart des modèles de contacts lubrifiés, rencontrés dans les éléments de machines industrielles tels que les paliers fluides, les butées fluides, les roulements, les engrenages et les garnitures d'étanchéité, sont basés sur plusieurs hypothèses parmi lesquelles les surfaces formant ces contacts sont parfaitement lisses et le lubrifiant s'écoulant entre ces surfaces possède un comportement newtonien. Cependant, il a été montré que pour des contacts lubrifiés par exemple à l'aide des huiles dopées (huiles multigrades) et fonctionnant dans des conditions sévères (charges et vitesses élevées), ces hypothèses sont mises en défaut. Sur le plan industriel, la prise en compte de la

texture et de la topographie réelle des surfaces formant les contacts, et le comportement rhéologique plus complexe du lubrifiant est indispensable tant pour une bonne prédiction des performances que pour une estimation précise de la durée de vie d'un contact hydrodynamique. L'étude proposée dans le cadre de ce projet constitue une étape vers une meilleure connaissance du comportement des contacts rugueux lubrifiés par des fluides à rhéologie complexe dont le comportement est non newtonien. Elle est basée sur l'application du processus d'homogénéisation à l'équation de base de la lubrification connue sous le nom d'équation de Reynolds modifiée obtenue à partir des équations de mouvement d'un fluide polaire incompressible de V. K. Stokes en vue de prendre en considération les couples de contrainte dus à la présence des additifs de viscosité dans le lubrifiant.

L'introduction des variables locales et le développement multi-échelle de la pression hydrodynamique conduit à l'écriture d'un système de quatre équations aux dérivées partielles gouvernant un problème local et un problème global dont les solutions sont les fonctions périodiques et la pression homogénéisée. La connaissance de ces solutions permettra de déterminer les performances du contact, à savoir : la portance du film, la puissance dissipée, le débit de fuite, le nombre de frottement, etc.

Les études de simulation seront effectuées en considérant quatre formes de rugosités (transversales, longitudinales, isotropes et anisotropes) distribuées de façon périodique sur les surfaces, et différentes valeurs du paramètre de couple de contrainte représentant physiquement la longueur de la chaîne moléculaire du polymère incorporé dans le lubrifiant (huile dopée).

L'extension de cette approche au cas des contacts lubrifiés par des lubrifiants gazeux tel que l'air qui sont des fluides compressibles sera aussi envisagée.

### 1.3. Problématique du projet

#### Sommaire (250 mots)

Un système mécanique est constitué d'un ensemble de pièces liées entre elles qui sont en mouvement les unes par rapport aux autres. Ces pièces sont séparées partiellement ou complètement par un film lubrifiant facilement cisailable afin d'éviter une usure trop rapide ou un risque de grippage.

Les pièces mécaniques manufacturées sont limitées par des surfaces qui ne sont jamais conformes à celles géométriquement idéales représentées sur les dessins de définition et de fabrication. En effet, elles présentent des défauts de nature géométrique et physico-chimique résultant du procédé de

fabrication utilisé et du matériau constituant ces pièces. Ces défauts ou irrégularités géométriques se classent conventionnellement sous six numéros d'ordre. Parmi ces défauts, les défauts de forme et de rugosité, qui sont dus principalement aux vibrations relatives entre l'outil et la pièce usinées ainsi qu'à la rigidité de la machine outil, sont les plus intéressants du point de vue tribologique.

La détermination théorique des performances d'un contact lubrifié dépend entre autres, d'une caractérisation rigoureuse des surfaces formant le contact et d'une modélisation aussi fidèle que possible du comportement rhéologique du lubrifiant surtout lorsque les conditions de fonctionnement du contact sont sévères (charge et vitesse élevées). A cette fin, le modèle mathématique établi par Osborne Reynolds en 1886 représenté par une équation aux dérivées partielles connue communément sous le nom de l'équation de Reynolds permet de prévoir le comportement des contacts lubrifiés. La résolution de cette équation permet de déterminer le champ de pression dans un contact lubrifié et ainsi ses caractéristiques de fonctionnement, à savoir : la capacité de charge, le débit, la puissance dissipée, le nombre de frottement, etc.

#### 1.4. Objectifs du projet

Lister les **objectifs** scientifiques, techniques, technologiques, socio-économiques et/ou socioculturels. (250 mots)

##### **OBJECTIFS SCIENTIFIQUES :**

- Déterminations expérimentales de la topographie des surfaces usinées et de la rhéologie des huiles dopées (nouvelles lois de comportement).
- Proposition d'un modèle mathématique permettant de décrire le comportement des contacts lubrifiés qui prend en considération les défauts de forme et de rugosité des surfaces ainsi que la rhéologie des huiles lubrifiantes contenant des additifs de viscosité.
- Elaboration de programmes de calcul pour l'analyse théorique et numérique des contacts lubrifiés sévères.
- Analyse, description et compréhension des phénomènes tribologiques et rhéologiques rencontrés dans les contacts lubrifiés sévères.
- Etude de l'influence de la rugosité des surfaces et de la rhéologie des huiles lubrifiantes sur les performances des contacts lubrifiés fonctionnant en conditions sévères.
- Mise au point d'un mini-logiciel interactif sur PC d'aide à la conception des paliers et butées lubrifiés par des fluides à rhéologie complexe.
- Organisation des journées d'études sur la Tribologie.
- Participation aux manifestations scientifiques nationales et internationales.
- Publication des résultats obtenus.

### **OBJECTIFS TECHNOLOGIQUES :**

- Permettre à l'industriel de faire un choix de lubrifiant adéquat via sa composition chimique et ses caractéristiques rhéologiques.
- Prédiction de la durée de vie des éléments de machines afin d'optimiser leur exploitation.
- Accroître la fiabilité des mécanismes par le choix d'une texture de surface particulière.
- Amélioration du fonctionnement des mécanismes.
- Etude physico-chimique des lubrifiants en vue de l'optimisation de l'usure des éléments de machines (roulements, engrenages, paliers, etc.).

### **OBJECTIFS ECONOMIQUES :**

- Exploitation à l'échelle industrielle des résultats obtenus pour la formulation de lubrifiants performants (SONATRACH).

### **OBJECTIFS DE FORMATION:**

- Formation et direction d'une équipe de recherche spécialisée en lubrification fluide au sein du Laboratoire de Mécanique et Structures (LMS).
- Participation à la formation graduée et post-graduée et à des manifestations scientifiques et pédagogiques.

## **1.5. Description du projet**

### **1.5-1- Etat des connaissances sur le sujet (500 mots)**

La théorie de lubrification fondée par Osborne Reynolds en 1886 [1] est basée sur plusieurs hypothèses simplificatrices parmi lesquelles les surfaces sont supposées parfaitement lisses et le fluide s'écoulant entre ces surfaces possède un comportement newtonien ; c'est-à-dire les contraintes de cisaillement visqueuses sont proportionnelles aux gradients de vitesse de l'écoulement. Dans la littérature technique, plusieurs investigateurs ont montré que de telles hypothèses sont peu réalistes surtout pour l'étude des contacts sévèrement chargés fonctionnant avec de faibles épaisseurs de film. Les lubrifiants modernes qui se caractérisent par une composition chimique complexe telles que les huiles multigrades incorporent une large variété d'additifs ou dopes. Ils ont pour but essentiel d'améliorer les performances des huiles de base d'origine minérale obtenues à partir du raffinage du pétrole brut. Parmi ces additifs, nous trouvons les additifs améliorants de l'indice de viscosité V. I. (Viscosity Index Improvers) qui entrent à hauteur de 5 à 15% dans la composition chimique du lubrifiant. Plus le VI est élevé meilleur est le comportement de la viscosité du lubrifiant vis-à-vis de la température. Parmi les différents types d'additifs de VI commercialisés, nous distinguons deux grandes familles, à savoir : les polymères d'oléfines, les

polyacrylates et les polyméthacrylates. De part leur concentration élevée, les additifs de viscosité influent d'une manière significative sur le comportement rhéologique du lubrifiant. Ainsi, l'amélioration des performances en température obtenue grâce à l'apport des additifs de viscosité s'est accompagné d'une modification du comportement rhéologique du lubrifiant. Une relation linéaire entre les taux de déformation et les contraintes ne suffit pas alors de décrire le lubrifiant. Son comportement est dénommé d'une manière générale non newtonien.

Les nombreux modèles proposés dans la littérature technique à la suite d'études théoriques et expérimentales mettent en évidence la diversité et la complexité du comportement rhéologique des fluides non newtoniens. Chacun de ces modèles dépend éventuellement de la composition chimique du fluide et des conditions de fonctionnement du mécanisme lubrifié par ce fluide. L'utilisation des modèles à comportement complexe est donc vivement conseillé pour calculer plus correctement les caractéristiques d'un contact lubrifié par des fluides particuliers tels que les huiles lubrifiantes additivées (dopées).

Dans la présente étude, nous avons retenu le modèle de V. K. Stokes pour décrire l'écoulement des lubrifiants dopés dans le contact. Ce modèle, qui tient compte des effets des couples de contrainte dus à la présence des additifs dans le fluide lubrifiant, permet de caractériser le fluide à l'aide de deux constantes physiques qui sont la viscosité dynamique du lubrifiant et une deuxième caractéristique responsable du couple de contrainte dans le fluide.

En régime isotherme, l'application des lois fondamentales de la mécanique des milieux continus de V. K. Stokes, à savoir les lois de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et du moment de la quantité de mouvement à l'étude des écoulements de films minces visqueux entre des parois lisses ou rugueuses permet de dériver une équation aux dérivées partielles linéaire de type elliptique appelée équation de Reynolds modifiée dont l'inconnue principale est la pression. Cette équation qui n'admet pas de solution analytique sera résolue numériquement à l'aide de la méthode des différences finies ou des éléments finis.

Plusieurs méthodes ont été proposées dans la littérature pour l'étude des effets des rugosités de surface sur les performances des contacts hydrodynamiques, à savoir : la méthode stochastique, la méthode déterministe et plus récemment la technique d'homogénéisation. Par comparaison aux modèles stochastiques, les modèles déterministes permettent de prendre en compte de manière plus réaliste la texture et la microtopographie des surfaces dans les études de simulation. Cependant, l'approche déterministe nécessite un espace mémoire important et de grands efforts de calcul car il faut raffiner au maximum le maillage pour pouvoir décrire les plus petites ondulations

de la rugosité.

La méthode d'homogénéisation dite aussi méthode de moyennisation est une théorie mathématique qui inclut l'étude des équations aux dérivées partielles à coefficients à oscillation rapide. Depuis quelques décennies, cette méthode a été utilisée avec succès pour le traitement des problèmes ayant trait, par exemple, à l'élasticité des milieux anisotropes tels que les matériaux composites. En revanche, cette méthode n'est pas fréquemment utilisée dans le domaine de la tribologie. Récemment, plusieurs auteurs se sont intéressés à l'application du concept d'homogénéisation dans les études de simulation des problèmes de lubrification par fluides compressibles et incompressibles dont le comportement peut être newtonien ou non newtonien. L'approche d'homogénéisation, basée sur un développement multi-échelle de la pression, consiste à réécrire le problème posé en deux autres :

- Un problème local (échelle microscopique) gouverné par 3 équations aux dérivées partielles du second ordre dont les inconnues sont les fonctions périodiques locales.
- Un problème global (échelle macroscopique) régi par une équation aux dérivées partielles dont l'inconnue est la pression homogénéisée supposée nulle sur la frontière du domaine global.

La difficulté majeure de cette technique réside dans le découplage des deux problèmes à partir du problème global. Les coefficients du problème homogénéisé dépendent de la solution locale et ne peuvent être calculés qu'après traitement du problème local. Par comparaison à la méthode déterministe, la technique d'homogénéisation ne nécessite pas de maillages très fins pour prendre en compte l'effet de la rugosité car cette dernière est prise en compte pendant la résolution des problèmes locaux sur la cellule unitaire.

A partir de la recherche bibliographique effectuée sur les différentes méthodes d'analyse, il ressort que la méthode d'homogénéisation s'avère être une alternative intéressante à la méthode déterministe spécifiquement dans le cas de rugosités périodiques car elle ne nécessite qu'une allocation mémoire réduite. De plus, elle présente des résultats plus réalistes comparés à ceux issus des approches stochastiques qui sont généralement basées sur une génération automatique de surfaces gaussiennes ou non gaussiennes.

#### 1.5-2- Méthodologie détaillée (300 mots)

La méthodologie adoptée comprend les étapes suivantes :

**Etape 1 :** Etude bibliographique portant sur la caractérisation et la modélisation des surfaces technologiques (engineering surfaces), les différentes techniques de mesure de la rugosité, les

techniques de mesures rhéologiques (rhéométrie, viscosimétrie, ...), les lois de comportement rhéologique des huiles lubrifiantes proposées dans la littérature ainsi que la description des différentes méthodes d'analyse proposées dans la littérature technique pour l'étude des contacts lubrifiés dont les surfaces sont rugueuses.

#### **Etape 2 :**

- Ecriture des équations fondamentales de la mécanique des milieux continus pour des fluides polaires non newtoniens de V. K. Stokes.
- Dérivation de l'équation de la mécanique des films minces visqueux (équation de Reynolds modifiée) qui va être utilisée au cours de notre étude pour déterminer les caractéristiques d'écoulement de films minces entre parois mobiles.
- Expressions des caractéristiques hydrodynamiques telles que la portance hydrodynamique, le débit de fuite, la force de frottement et la puissance dissipée dans le contact.

#### **Etape 3 :**

- Application du processus d'homogénéisation à l'équation de Reynolds non newtonienne modifiée.
- Ecriture de l'algorithme d'homogénéisation et traitement numérique des équations aux dérivées partielles gouvernant le problème local (échelle microscopique) et le problème global (échelle macroscopique).
- Validation de la technique d'homogénéisation au travers une comparaison des résultats obtenus à partir de cette technique avec ceux issus de l'application de la méthode déterministe classique dans le cas de quatre modèles de rugosités.

#### **Etape 4 :**

- Etude paramétrique afin de déterminer les paramètres influençant les caractéristiques d'un contact lubrifié en conditions dites sévères.
- Traitement graphique et interprétation des résultats.
- Soumission d'articles pour publication & participation aux manifestations scientifiques.

### 1.5-3- Principales références bibliographiques

- [1] Reynolds O. On the theory of lubrication and its application to M. Beauchamp Tower's experiments, Phil. Trans. Roy. Soc. London, A 177, 1886, 157-234.
- [2] Stokes V. K. Couple stresses in fluids, Physics of fluids, Sept. 1966, Vol. 9, 9, 1709-1715.
- [3] M. Jai. Homogenization and two-scale convergence of the compressible Reynolds lubrication equation modelling the flying characteristics of a rough magnetic head over a rough rigid-disk surface. ASME Journal of Tribology, 124, 327–335, 2002.
- [4] M. Kane, B. Bou-Said. Comparison of homogenization and direct techniques for the treatment of roughness in incompressible lubrication. Journal of Tribology, 126(4), 733–737, 2004.
- [5] A. Almqvist, E. K. Essel, L. E. Persson, P. Wall Homogenization of the unstationary incompressible Reynolds equation, Tribology International, 40, 1344-1350, 2007.
- [6] Norme Internationale ISO 4287, 1997, “Spécification Géométrique des Produits (GPS) – État de Surface: Méthode du Profil ; Termes, Définitions et Paramètres d’Etat de Surface”.
- [7] C. Minet, 2009, Lubrification mixte dans les étanchéités dynamiques : application aux garnitures mécaniques d’étanchéité, thèse de Doctorat, Université de Poitiers, France.
- [8] Frêne J., Nicolas D., Degueurce B., Berthe D., Godet M., 1990. Lubrification hydrodynamique – Paliers et Butées”, Eyrolles, Paris.
- [9] M. Kane, 2003, Contribution à l’étude de l’influence de la rugosité et des effets non newtoniens dans les contacts sévères lubrifiés, Thèse de Doctorat, INSA de Lyon, France.
- [10] J. M. Georges, Frottement, usure et lubrification, 2000, CNRS Editions, Eyrolles, ISBN 2-212-05823-3.
- [10] Marchenko V. A., Khruslov E. Ya. Homogenization of partial differential equations, Birkhäuser, Boston 2006.

### 1.6. Impacts attendus

#### Impacts directs et indirects (Scientifiques, socio-économiques, socioculturels)

##### Impacts et retombées scientifiques :

- Le projet proposé est d’actualité et d’un intérêt technologique certain dans la mesure où il génère un apport complémentaire et un progrès dans l’état de l’art. En effet, la plupart des méthodes d’analyse proposées dans la littérature technique sont stochastiques et se basent donc sur des générations automatiques de surfaces et non sur des microtopographies réelles obtenues à l’aide de microscopies optiques ou électroniques. D’autre part, la méthode directe ou déterministe qui exploite les données topographiques réelles des

surfaces technologiques nécessite des maillages très fins, donc des efforts de calcul plus importants ce qui demande des moyens de calculs très sophistiqués (supercalculateurs, ...).

- La qualité novatrice du projet réside dans l'application de la méthode d'homogénéisation pour la résolution des problèmes d'écoulements de fluides newtoniens et non newtoniens, compressible et incompressible, entre parois rugueuses car, à notre connaissance, cette méthode est très peu utilisée en aéro ou hydrodynamique. En revanche, la méthode d'homogénéisation trouve une grande application dans le domaine des matériaux anisotropes tels que les composites.

**Impact sur la formation :**

L'impact du projet proposé sur la formation par la recherche réside dans l'implication directe de deux doctorants en qualité de membres de l'équipe de recherche. En outre, ce projet assurera une formation complémentaire des chercheurs impliqués afin d'améliorer leurs connaissances scientifiques tant sur le plan théorique (analyse mathématique, analyse numérique & programmation) que pratique (réalisation de quelques essais & expériences de caractérisation).

**1.7. Planning des tâches / année**

Tâches	semestre 1	semestre 2	semestre 3	semestre 4
1) Recherches bibliographiques sur la caractérisation statistique des surfaces technologiques, les lois rhéologiques des fluides lubrifiants et les méthodes utilisées dans la résolution des problèmes de mécanique des contacts rugueux lubrifiés.	←→			
2) Formulation mathématique du problème de lubrification par fluide non newtonien et homogénéisation de l'équation de Reynolds non newtonienne.		←→		
3) Traitements numériques des équations aux dérivées partielles, validation des programmes de calcul développés et études paramétriques.			←→	

## MODELE DE PRESENTATION DE L'EQUIPE DE RECHERCHE

### 1. Identification du porteur (chef) de projet

Nom & Prénom	LAHMAR Mustapha		
Grade	Professeur		
Spécialité	Génie mécanique		
Statut	Enseignant chercheur(1) <input checked="" type="checkbox"/> Chercheur permanent(2) <input type="checkbox"/> Associé(3) <input type="checkbox"/> Autre(4) <input type="checkbox"/>		
Email	<a href="mailto:mustapha.lahmar@yahoo.fr">mustapha.lahmar@yahoo.fr</a> ; <a href="mailto:lahmar.mustapha@univ-guelma.dz">lahmar.mustapha@univ-guelma.dz</a>		
Adresse professionnelle	Département de génie mécanique, Université 8 mai 1945 Guelma, B.P 401, Guelma 24000, Algérie		
Contacts	Tel : 037200263	Fax : 037207268	GSM : 0771750590
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)		Année	Etablissement
1	Ingénieur d'état en génie mécanique	1987	Institut National de Génie Mécanique (INGM) de Boumerdès
2	DEA en Génie Mécanique (Structures-Robotique & Tribologie)	1988	Laboratoire de Mécanique des Solides Université de Poitiers, France
3	Doctorat Nouvelle Thèse en génie mécanique	1991	Laboratoire de Mécanique des Solides Université de Poitiers, France
Participation à des programmes de recherche ( <i>nationaux, Internationaux, multisectoriels</i> )			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
<b>Analyse statique et dynamique des paliers à gaz.</b> Code: J 0301520090007		<b>2010</b> (Projet en cours)	<b>CNEPRU (MESRS)</b>
<b>Contribution à l'étude des effets de la rugosité des surfaces et de la rhéologie des fluides sur les performances des contacts sévères lubrifiés.</b> Code: J 0301520060015		<b>2007</b> (Projet achevé avec succès)	<b>CNEPRU (MESRS)</b>
<b>Modélisation du comportement élastohydrodynamique (EHD) des revêtements de surface monocouches et multicouches dans les paliers fluides.</b> Code: J2401/03/04/03		<b>2003</b> (Projet finalisé avec succès)	<b>CNEPRU (MESRS)</b>
<b>Logiciel d'aide à la conception des paliers fluides de machines tournantes.</b> - Code: J2401/02/99		<b>2000</b> (Projet finalisé avec succès)	<b>CNEPRU (MESRS)</b>
<b>Amélioration du rendement d'un moteur thermique par le choix d'un système de lubrification optimal.</b> - Code: J2425/03/12/96		<b>1996</b> (Projet finalisé avec succès)	<b>CNEPRU (MESRS)</b>

Lister vos trois derniers travaux les plus importants (recherche/recherche développement)	
1	<b>M. Lahmar</b> , S. Ellagoune, B. Bou-Saïd, Elastohydrodynamic lubrication analysis of a compliant journal bearing considering static and dynamic deformations of the bearing-liner, <b>Journal of Tribology Transactions (American Society of Tribologists and Lubrication Engineers (STLE))</b> , Vol. 53, Issue 3, (2010), pp.349-368, I.S.S.N 1040-2004, Site : <a href="http://www.stle.org">www.stle.org</a>
2	H. Boucherit, <b>M. Lahmar</b> , B. Bou-Saïd, J. Tichy, Comparison of non-Newtonian constitutive laws in hydrodynamic lubrication, <b>Tribology Letters, Springer Netherlands</b> , ISSN 1023-8883, (2010), Vol. 40, pp. 49-57, Site: <a href="http://www.springerlink.com">www.springerlink.com</a>
3	<b>M. Lahmar</b> , B. Bou-Saïd, Couple-stresses effects on the dynamic behavior of connecting-rod bearings in both gasoline and diesel engines, <b>Journal of Tribology Transactions</b> , Vol. 51, Issue 1, (2008), pp. 44-56, I.S.S.N 1040-2004, Site : <a href="http://www.stle.org/2007abstracts/admin/index_2007.cfm">www.stle.org/2007abstracts/admin/index_2007.cfm</a>

Visa du Chef d'établissement  
de rattachement :

Date : 30 octobre 2010

Signature :

## 2. Identification du partenaire socio-économique du projet

Nom & Prénom							
Grade							
Spécialité							
Statut	Enseignant chercheur(1) <input type="checkbox"/> Chercheur permanent(2) <input type="checkbox"/> Associé(3) <input type="checkbox"/> Autre (4) <input type="checkbox"/>						
Email							
Adresse professionnelle							
Contacts	Tel :	Fax :	GSM :				
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)	Année		Etablissement				
1(Lic,M,Ing)							
2(Doct.)							
Participation à des programmes de recherche (nationaux, Internat., Sectoriels)							
Intitulé du Programme		Année		Organisme			
<b>A) Lister vos deux derniers travaux d'intérêt socio-économiques</b>							
1							
2							
<b>B) Autres Projets</b> dans lesquels le partenaire du projet est impliqué							
Intitulé	Ministère concerné	Type de Projet(*)				Durée du projet	Année de démarrage
		A	B	C	D		

(1) Concerne les chercheurs universitaires (université, centre de recherche, école, institut).

(2) Concerne les chercheurs permanents (centre, unité, institut de recherche)

(3) Concerne les chercheurs associés (établissement de rattachement où le chef du projet exerce les fonctions de chercheur associé).

(4) Préciser la fonction des personnels administratifs (cadre supérieur, fonctionnaire supérieur, etc.

(\*) Cocher la case correspondante :

A : Projet par voie d'avis d'appel à proposition de projets (PNR.).

B : Projet de recherche universitaire relevant de la CNEPRU.

C : Projet de recherche sectorielle relevant des centres et unités de recherche sous tutelle du MESRS et hors MESRS.

D : Projet de coopération.

Visa du Chef d'établissement  
de rattachement :

Date : 30 octobre 2010

Signature :

### 3. Chercheurs impliqués dans le projet (une fiche par chercheur)

Nom & Prénom	<b>ELLAGOUNE Salah</b>		
Grade	<b>Maître de Conférences, classe A</b>		
Spécialité	<b>Construction Mécanique</b>		
Statut	Enseignant chercheur(1) <input checked="" type="checkbox"/> Chercheur permanent(2) <input type="checkbox"/> Associé(3) <input type="checkbox"/> <b>Autre (4)</b> <input type="checkbox"/>		
Email	<a href="mailto:ellagounes@yahoo.fr">ellagounes@yahoo.fr</a> ; <a href="mailto:ellagoune.salah@univ-guelma.dz">ellagoune.salah@univ-guelma.dz</a>		
Adresse professionnelle	Département de génie mécanique, Université 8 mai 1945 Guelma, B.P 401, Guelma 24000, Algérie		
Contacts tel :	Tel : 037207152	Fax :	GSM :0661362308
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)		Année	Etablissement
1	<b>Ingénieur d'état en construction mécanique</b>	<b>1983</b>	<b>Université de Annaba</b>
2	<b>Diplôme des études Approfondies (D.E.A) en Mécanique</b>	<b>1984</b>	<b>Université Claude Bernard &amp; INSA de Lyon, France</b>
3	<b>Docteur-Ingénieur en Mécanique</b>	<b>1987</b>	<b>INSA de Lyon, France</b>
4	<b>Habilitation Universitaire en Mécanique</b>	<b>2008</b>	<b>Université de Guelma</b>
Participation à des programmes de recherche			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
<b>Etude du plissement d'une plaque et simulation par éléments finis d'un essai d'emboutissage avec implémentation d'un modèle de plasticité dans le code de calcul. Code : J2401/03/01/03</b>		<b>2003 (Projet finalisé avec succès)</b>	<b>CNEPRU</b>
<b>Simulation numérique du retour élastique lors du pliage d'une tôle. Code : J2425/03/01/92</b>		<b>1992 (Projet finalisé avec succès)</b>	<b>CNEPRU</b>
A) Lister vos deux derniers travaux les plus importants			
1	M. Lahmar, <b>S. Ellagoune</b> , B. Bou-Saïd, Elastohydrodynamic lubrication analysis of a compliant journal bearing considering static and dynamic deformations of the bearing-liner, Journal of Tribology Transactions (American Society of Tribologists and Lubrication Engineers (STLE)), Vol. 53, Issue 3, (2010), pp.349-368, I.S.S.N 1040-2004, <a href="http://www.stle.org">Site :www.stle.org</a>		
2	B. Bou-Saïd, M. Lahmar, <b>S. Ellagoune</b> , Elastohydrodynamic lubrication analysis of a compliant journal bearing considering static and dynamic deformations of the surface coating », ASME/STLE Intl Joint Tribology Conference, Paper IJTC2007-44463 San Diego (USA), 22-24 oct. 2007.		
B) Lister les autres projets dans lesquels le chercheur est impliqué			
1	<b>Analyse statique et dynamique des paliers à gaz. Code: J 0301520090007</b>		
2	<b>Etude théorique et expérimentale du comportement et de l'endommagement des matériaux composites. Code : J 0301520060008</b>		
C) <b>Tâches affectées au chercheur</b> (à mentionner clairement):			
1	Recherche bibliographique sur la caractérisation statistique des surfaces technologiques		
2	Etablissement des équations de la lubrification hydrodynamique par fluide non newtonien		
3	Homogénéisation de l'équation de Reynolds non newtonienne & traitement numérique		

Visa du Chef d'établissement  
de rattachement :

Date : 30 octobre 2010  
Signature :

### 3. Chercheurs impliqués dans le projet (une fiche par chercheur)

Nom & Prénom	<b>BOU-SAID Benyebka</b>		
Grade	<b>Maître de Conférences (HDR)</b>		
Spécialité	<b>Génie mécanique</b>		
Statut	Enseignant chercheur(1) <input checked="" type="checkbox"/> Chercheur permanent(2) <input type="checkbox"/> Associé(3) <input type="checkbox"/> <b>Autre (4)</b> <input type="checkbox"/>		
Email	<a href="mailto:Benyebka.bou-said@insa-lyon.fr">Benyebka.bou-said@insa-lyon.fr</a>		
Adresse professionnelle	<b>Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Structures (LaMCoS), Université de Lyon, UMR 5259, Bâtiment Jean d'Alembert, 20 avenue Albert Einstein, Villeurbanne 69621, Lyon, France</b>		
Contacts tel :	Tel : 06 11 98 67 00	Fax :	GSM :
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)		Année	Etablissement
1	<b>Ingénieur Génie Mécanique Développement</b>	<b>1981</b>	<b>INSA Lyon</b>
2	<b>DEA en Mécanique</b>	<b>1981</b>	<b>INSA Lyon</b>
3	<b>Thèse de Doctorat en Génie Mécanique</b>	<b>1985</b>	<b>INSA Lyon</b>
4	<b>Habilitation à Diriger des Recherches</b>	<b>1993</b>	<b>INSA Lyon</b>
Participation à des programmes de recherche			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
<b>Dynamique de ligne d'arbre de soufflerie</b>		<b>2005</b>	<b>CETIM/ONERA</b>
<b>Paliers amortisseurs</b>		<b>2004</b>	<b>SNECMA</b>
<b>Caractérisation des paliers à feuilles : Expérience-théorie.</b>		<b>2001</b>	<b>Microturbo</b>
A) Lister vos deux derniers travaux les plus importants			
1	H. Boucherit, M. Lahmar, <b>B. Bou-Saïd</b> , J. Tichy, Comparison of non-Newtonian constitutive laws in hydrodynamic lubrication, <b>Tribology Letters</b> , Springer Netherlands, ISSN 1023-8883, (2010), Vol. 40, pp. 49-57, Site: <a href="http://www.springerlink.com">www.springerlink.com</a>		
2	M. Lahmar, <b>B. Bou-Saïd</b> , Couple-stresses effects on the dynamic behavior of connecting-rod bearings in both gasoline and diesel engines, <b>Journal of Tribology Transactions</b> , Vol. 51, Issue 1, (2008), pp. 44-56, I.S.S.N 1040-2004, Site : <a href="http://www.stle.org/2007abstracts/admin/index_2007.cfm">www.stle.org/2007abstracts/admin/index_2007.cfm</a>		
B) Lister les autres projets dans lesquels le chercheur est impliqué			
1	<b>Analyse statique et dynamique des paliers à gaz.</b> Code: J 0301520090007		
2	<b>Biomécanique du Vivant</b>		
C) Tâches affectées au chercheur (à mentionner clairement):			
1	Recherche bibliographique approfondie sur les méthodes d'analyse des contacts rugueux proposées dans la littérature technique.		
2	Application de la méthode d'homogénéisation à l'équation de Reynolds compressible non linéaire.		
3	Traitement et interprétation des résultats obtenus par le modèle développé.		

Visa du Chef d'établissement  
de rattachement :

Date : 30 octobre 2010  
Signature :

### 3. Chercheurs impliqués dans le projet (une fiche par chercheur)

Nom & Prénom	<b>BOUCHERIT Hamid</b>		
Grade	<b>Maître de Conférences, classe B</b>		
Spécialité	<b>Construction mécanique</b>		
Statut	Enseignant chercheur(1) <input checked="" type="checkbox"/> Chercheur permanent(2) <input type="checkbox"/> Associé(3) <input type="checkbox"/> Autre (4) <input type="checkbox"/>		
Email	<b>bouchrit_f@yahoo.fr</b>		
Adresse professionnelle	<b>Département de génie mécanique, Université 8 mai 1945 Guelma, B.P 401, Guelma 24000, Algérie</b>		
Contacts tel :	Tel :	Fax : 037 20 72 68	GSM : 0661281378
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)		Année	Etablissement
1	<b>Ingénieur d'état en construction mécanique</b>	<b>1988</b>	<b>Université de Guelma</b>
2	<b>Magister en construction, productique et énergétique mécanique</b>	<b>2003</b>	<b>Université de Guelma</b>
3	<b>Doctorat</b>	<b>2009</b>	<b>Université de Guelma</b>
Participation à des programmes de recherche			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
<b>Analyse statique et dynamique des paliers à gaz.</b> Code: J 0301520090007		<b>2010</b> (Projet en cours)	<b>CNEPRU (MESRS)</b>
<b>Contribution à l'étude des effets de la rugosité des surfaces et de la rhéologie des fluides sur les performances des contacts sévères lubrifiés.</b> Code: J 0301520060015		<b>2007</b> (Projet achevé avec succès)	<b>CNEPRU (MESRS)</b>
A) Lister vos deux derniers travaux les plus importants			
1	<b>H. Boucherit</b> , M. Lahmar, B. Bou-Saïd, J. Tichy, Comparison of non-Newtonian constitutive laws in hydrodynamic lubrication, <b>Tribology Letters</b> , Springer Netherlands, ISSN 1023-8883, (2010), Vol. 40, pp. 49-57, Site: <a href="http://www.springerlink.com">www.springerlink.com</a>		
2	<b>H. Boucherit</b> , M. Lahmar, B. Bou-Saïd, Misalignment effects on steady-state and dynamic behaviour of compliant journal bearings lubricated with couple-stress fluids, <b>Journal of Lubrication Science</b> , Vol. 20, (2008), pp. 241-268, John Wiley Editor, Site: <a href="http://www.interscience.wiley.com">www.interscience.wiley.com</a>		
B) Lister les autres projets dans lesquels le chercheur est impliqué			
C) Tâches affectées au chercheur (à mentionner clairement):			
1	Recherche bibliographique sur les lois de comportement rhéologique des huiles dopées.		
2	Discrétisation des équations aux dérivées partielles locales et globales par la méthode des différences finies.		
3	Application des méthodes itératives de Gauss-Seidel et du gradient conjugué à la résolution des systèmes d'équations résultant de la discrétisation.		

Visa du Chef d'établissement  
de rattachement :

Date : 30 octobre 2010  
Signature :

### 3. Chercheurs impliqués dans le projet (une fiche par chercheur)

Nom & Prénom	<b>MOUASSA AHCENE</b>		
Grade	<b>Maître Assistant, classe A</b>		
Spécialité	<b>Construction mécanique</b>		
Statut	Enseignant chercheur(1) <input checked="" type="checkbox"/> Chercheur permanent(2) <input type="checkbox"/> Associé(3) <input type="checkbox"/> Doctorant <input checked="" type="checkbox"/>		
Email	<a href="mailto:amouassa@yahoo.fr">amouassa@yahoo.fr</a>		
Adresse professionnelle	Département de génie mécanique, Université 8 mai 1945 Guelma, B.P 401, Guelma 24000, Algérie		
Contacts tel :	Tel : /	Fax: /	GSM: /
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)	Année	Etablissement	
1	<b>Ingénieur d'état en construction mécanique</b>	<b>1982</b>	<b>Université de Annaba</b>
2	<b>Magister en construction mécanique</b>	<b>1997</b>	<b>Université de Annaba</b>
Participation à des programmes de recherche			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
A) Lister vos deux derniers travaux les plus importants			
1	<b>A. Mouassa, M. Lahmar, B. Bou-Saïd</b> , Application of the homogenization method to study the combined effects of surface roughness and lubricant rheology on the behaviour of a hydrodynamic contact, <i>Mécanique &amp; Industries</i> , ISSN, (2010), EDP Sciences, I.S.S.N 1296-2139, Site : <a href="http://www.mecanique-industries.org">http://www.mecanique-industries.org</a>		
2	<b>B. Bou-Saïd, M. Lahmar, A. Mouassa</b> , Effects of surface roughness and lubricant rheology on hydrodynamic contact performances using homogenization method, <i>STLE/ASME International Joint Tribology Conference</i> , October 17-21, 2010, San Francisco, CA (USA).		
B) Lister les autres projets dans lesquels le chercheur est impliqué			
1	<b>Analyse statique et dynamique des paliers à gaz.</b> Code: J 0301520090007		
C) Tâches affectées au chercheur (à mentionner clairement):			
1	Etude bibliographique sur les différentes techniques utilisées pour la mesure des rugosités et la détermination de la topographie des surfaces réelles.		
2	Caractérisation des huiles industrielles dopées (rhéométrie, viscosimétrie)		
3	Etude des effets non newtoniens sur le comportement des contacts rugueux.		

Visa du Chef d'établissement  
de rattachement :

Date : 30 octobre 2010  
Signature :

### 3. Chercheurs impliqués dans le projet (une fiche par chercheur)

Nom & Prénom	<b>BENSOUILAH Hamza</b>		
Grade	<b>Maître Assistant, classe B</b>		
Spécialité	<b>Construction mécanique</b>		
Statut	Enseignant chercheur(1) <input checked="" type="checkbox"/> Chercheur permanent(2) <input type="checkbox"/> Associé(3) <input type="checkbox"/> Doctorant <input checked="" type="checkbox"/>		
Email	<a href="mailto:hamzabensouilah@yahoo.fr">hamzabensouilah@yahoo.fr</a>		
Adresse professionnelle	<b>Département de génie mécanique, Université 8 mai 1945 Guelma, B.P 401, Guelma 24000, Algérie</b>		
Contacts tel :	Tel :	Fax :	GSM : 0779459631
Diplômes Obtenus (Graduation, Post-Graduation)		Année	Etablissement
1	<b>Ingénieur d'état en construction mécanique</b>	<b>2004</b>	<b>Université de Guelma</b>
2	<b>Magister en mécanique</b>	<b>2006</b>	<b>Université de Annaba</b>
Participation à des programmes de recherche			
Intitulé du Programme		Année	Organisme
A) Lister vos deux derniers travaux les plus importants			
1	<b>H. Bensouilah</b> , M. Lahmar, B. Bou-Saïd, Etude statique et dynamique des paliers aérodynamiques radiaux, 2 <sup>ème</sup> Congrès de mécanique, Université de Constatntine, 7-8 avril 2008.		
2			
B) Lister les autres projets dans lesquels le chercheur est impliqué			
1	<b>Analyse statique et dynamique des paliers à gaz.</b> Code: J0301520090007		
C) <b>Tâches affectées au chercheur</b> (à mentionner clairement):			
1	Recherche bibliographique sur les différents paliers à gaz utilisés pour le guidage des rotors de micro-machines tournantes (MEMS)		
2	Dérivation de l'équation de Reynolds compressible non linéaire en régimes laminaire et turbulents pour un gaz parfait.		
3	Homogénéisation de l'équation de Reynolds compressible.		

Visa du Chef d'établissement  
de rattachement :

Date : 30 octobre 2010

Signature :

#### 4. Composante de l'équipe de recherche

*(Tableau anonyme : six personnes au maximum dont 3 chercheurs confirmés. Inscrire le responsable du projet en début de liste, ne pas inscrire de nom, ni l'intitulé de l'établissement de rattachement)*

Grade universitaire ou scientifique	Dernier diplôme obtenu	Tâche principale affectée dans le projet	Emargement
1- Professeur	Doctorat Nouvelle Thèse	Coordination des travaux	
2- MC, classe A	Habilitation Universitaire	Recherches bibliographiques & Formulation mathématique du problème d'écoulements de fluides incompressibles non newtoniens.	
2- MC, HDR	HDR	Homogénéisation des équations de Reynolds compressible et incompressible & découplage des EDPs	
4- MC, classe B	Doctorat	Traitements numériques des EDPs locales et globales & Programmation Comparaison des solutions déterministes & homogénéisées pour différentes formes de rugosités (longitudinales, transversales, isotropes & anisotropes)	
5- MA, classe A Doctorant	Magister	Traitements graphiques & interprétation des résultats de l'étude paramétrique dans le cas des écoulements incompressibles (isovolumes).	
6- MA, classe B Doctorant	Magister	Traitements graphiques & interprétation des résultats de l'étude paramétrique dans le cas des écoulements compressibles (gaz)	

*-Ne pas inscrire dans ce tableau les noms des membres de l'équipe, ni leurs établissements de rattachement.*

*-Indiquer en tête de liste les informations relatives au porteur (chef) de projet.*

#### 5. Equipements scientifiques disponibles

5.1- Matériel existant pouvant être utilisé dans l'exécution du projet		
Nature	Localisation	Observations

5.2 – Matériel et Mobilier de Bureau à acquérir pour l'exécution du projet			
Nature	Montant en DA	Destination	Observations

*Détailler la liste des matériels et mobiliers dont les montants sont mentionnés dans l'annexe financière.*

### 5. Annexe financière : Budget et postes de dépenses prévisionnels (exprimés en DA)

<i>Intitulés des postes de dépenses par année</i>	<b>1<sup>ère</sup></b>	<b>2<sup>ème</sup></b>
Frais de séjour scientifique et de déplacement à l'étranger	<b>500.000</b>	<b>500.000</b>
Frais de séjour scientifique et de déplacement en Algérie	/	<b>100.000</b>
Frais d'organisation de rencontres scientifiques	/	/
Honoraires des enquêteurs	/	/
Honoraires des guides	/	/
Frais de travaux et de prestations	/	/
Matériels et instruments scientifiques	/	/
Matériel informatique	<b>200.000</b>	/
Matériels d'expérience (animaux, végétaux, etc.)	/	/
Mobilier de bureau et de laboratoire	/	/
Entretien et réparation	/	/
Produits chimiques	/	/
Produits consommables	<b>50.000</b>	/
Composants électroniques, mécaniques et audio- visuels	/	/
Accessoires et consommables informatiques	<b>50.000</b>	<b>50.000</b>
Papeterie et fournitures de bureau	<b>10.000</b>	<b>20.000</b>
Périodiques	/	/
Ouvrages et documentation scientifiques et techniques	/	/
Logiciels	/	<b>10.000</b>
Impression et Edition	/	<b>10.000</b>
Affranchissements Postaux	/	/
Communications téléphoniques, Fax, Internet	/	/
Droits de douanes, Assurances	/	/
Carburant	/	/
<b>TOTAL DES CREDITS OUVERTS :</b>	<b>810.000 ,00</b>	<b>690.000,00</b>

**Remarque :** Les besoins financiers en devises doivent être exprimés en Dinars Algériens, après conversion au taux de change en cours.

## ATTESTATION DE DOMICILIATION DU PROJET

Nous soussignés, membres de l'équipe de recherche impliqués dans l'exécution du projet de recherche intitulé :

**Homogénéisation des équations de Reynolds newtonienne et non newtonienne : Application à la résolution des problèmes des écoulements de films minces visqueux compressibles et incompressibles entre parois rugueuses.**

attestons que le projet cité ci-dessus a été présenté sous l'égide de <sup>(1)</sup> :

**Laboratoire de Mécanique et Structures (LMS) de l'Université 08 Mai 1945 Guelma**

avec notre consentement.

Nous attestons de notre accord pour sa domiciliation au sein de l'organisme pilote désigné par la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique pour assurer le suivi de l'exécution du projet suscité.

A Guelma, le 30 octobre 2010

Membres de l'équipe de recherche intervenant dans l'exécution du projet :

Noms et prénoms	Signatures
Pr. LAHMAR Mustapha	
Dr. ELLAGOUNE Salah	
Dr. BOU-SAID Benyebka	
Dr. BOUCHERIT Hamid	
M. MOUASSA Ahcene	
M. BENSOUILAH Hamza	

(1) Indiquer l'intitulé de l'établissement de rattachement du responsable du projet ou de l'établissement où ce dernier exerce des fonctions de chercheur associé.

**ATTESTATION D'ACCEPTATION**  
**des modalités de soumission et d'exécution de projet**

Nous soussignés, membres de l'équipe de recherche impliqués dans l'exécution du projet de recherche intitulé :

**Homogénéisation des équations de Reynolds newtonienne et non newtonienne : Application à la résolution des problèmes des écoulements de films minces visqueux compressibles et incompressibles entre parois rugueuses.**

Soumis dans le cadre de l'avis d'appel à propositions de projets de recherche lancé par la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique, et relatif au Programme National de Recherche (PNR) :

Intitulé PNR :	<b>SCIENCES FONDAMENTALES</b>
Domaine :	<b>Domaine3 : Physique</b>
Axe :	<b>Axe 4 : Mécanique des fluides et énergétique</b>
Thème :	<b>Thème 4 : Hydrodynamique</b>

attestons que nous ne sommes pas impliqués dans un autre projet en cours d'exécution dans le cadre des avis d'appels relatifs au Programme National de Recherche.

Confirmons Mr, ~~Mme, Melle~~ : **Dr. LAHMAR Mustapha, Professeur à l'université de Guelma**

dans sa qualité de responsable du projet jusqu'à la fin de la durée de ce dernier, sauf cas de force majeure. Nous attestons par ailleurs de notre disponibilité à participer à l'exécution du projet conformément à la réglementation en vigueur durant toute la durée qui lui est impartie.

A Guelma, le 30 octobre 2010

Membres de l'équipe de recherche intervenant dans l'exécution du projet :

Noms et prénoms	Signatures
Pr. LAHMAR Mustapha	
Dr. ELLAGOUNE Salah	
Dr. BOU-SAID Benyebka	
Dr. BOUCHERIT Hamid	
M. MOUASSA Ahcene	
M. BENSOUILAH Hamza	

(1) Indiquer l'intitulé de l'établissement de rattachement du responsable du projet ou de l'établissement où ce dernier exerce des fonctions de chercheur associé.

**ATTESTATION DE DEPOT**  
**de projet de recherche dans le cadre des PNR**

Je soussigné :

Pr. LAHMAR Mustapha

Fonction :

Enseignant-Chercheur

Atteste du dépôt, sous ma direction, du projet de recherche intitulé :

**Homogénéisation des équations de Reynolds newtonienne et non newtonienne : Application à la résolution des problèmes des écoulements de films minces visqueux compressibles et incompressibles entre parois rugueuses.**

dans le cadre du programme national de recherche (PNR) suivant :

Intitulé PNR :	<b>SCIENCES FONDAMENTALES</b>
Domaine :	<b>Domaine3 : Physique</b>
Axe :	<b>Axe 4 : Mécanique des fluides et énergétique</b>
Thème :	<b>Thème 4 : Hydrodynamique</b>

Membres de l'équipe de recherche intervenant dans l'exécution du projet :

Noms et prénoms	Signatures
Pr. LAHMAR Mustapha	
Dr. ELLAGOUNE Salah	
Dr. BOU-SAID Benyebka	
Dr. BOUCHERIT Hamid	
M. MOUASSA Ahcene	
M. BENSOUILAH Hamza	

Cette attestation a été délivrée pour servir et faire valoir ce que de droit.

A Guelma, Le 30 octobre 2010