



**HAL**  
open science

# LEMTA - Laboratoire d'énergétique et de mécanique théorique et appliquée

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LEMTA - Laboratoire d'énergétique et de mécanique théorique et appliquée. 2012, Université de Lorraine, Centre national de la recherche scientifique - CNRS. hceres-02030367

**HAL Id: hceres-02030367**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02030367>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Rapport de l'AERES sur  
l'unité :

Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique

LEMTA

sous tutelle des  
établissements et organismes :

Université de Lorraine

CNRS



Janvier 2012



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

---

Section des Unités  
de recherche

*Le Directeur*

**Pierre Glaudes**

---



## Unité

Nom de l'unité :	Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliquée
Acronyme de l'unité :	LEMTA
Label demandé :	UMR
N° actuel :	7563
Nom du directeur (2009-2012) :	M. Fabrice LEMOINE
Nom du porteur de projet (2013-2017) :	M. Fabrice LEMOINE

## Membres du comité d'experts

Président : M. Michel LANCE, Lyon

Experts :

- M. Abdelhak AMBARI, Angers
- M. Jean-Luc BATTAGLIA, Bordeaux
- M. Ahmed BENALLAL, Cachan
- M<sup>me</sup> Valérie DEPLANO, Aix-Marseille
- M. Karl JOULAIN, Poitiers (représentant du CoNRS)
- M. Jean-Jacques MARIGO, Palaiseau
- M. Philippe MARTY, Grenoble (représentant du CNU)
- M. Gilles PERRIN, Saclay
- M. A.K.M. TAYLOR, Londres
- M. Stéphane ZALESKI, Paris



# | Représentants présents lors de la visite

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Hassan PEERHOSSAINI

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Pierre ARCHAMNAULT, VP CS INPL

M<sup>me</sup> Elisabeth PAYAN, Délégation Centre Est CNRS

M. Pierre MUTZENHARDT, VP CS Université Henri-Poincaré

M. Denis VEYNANTE, CNRS INSIS



# Rapport

## 1 • Introduction

### Date et déroulement de la visite :

La visite du LEMTA par le comité d'experts s'est déroulée les 9 et 10 janvier 2012, dans les locaux de l'unité. Le comité tient à féliciter le personnel du laboratoire pour l'excellente organisation de ces deux journées, la qualité de son accueil et la bonne ambiance dans laquelle cette évaluation s'est effectuée. L'emploi du temps, très chargé, a été parfaitement respecté, ce qui a permis aux membres du comité d'assister à des exposés de qualité, de visualiser des expériences et des équipements très intéressants, et plus généralement d'interagir efficacement avec toutes les composantes de l'Unité et ses tutelles.

### Historique et localisation géographique de l'unité et description synthétique de son domaine et de ses activités :

Le LEMTA a été créé en 1973 et associé au CNRS en 1976. Au cours des années, il a fédéré l'ensemble des équipes nancéennes travaillant dans le domaine de la mécanique et de la thermique. Ces regroupements conduisent actuellement à une localisation sur un site principal, l'ENSEM sur le plateau de Brabois à Vandoeuvre, qui accueille les trois-quarts des personnels, et trois sites satellites situés sur les campus de l'ESSTIN et de la Faculté de Sciences, à Nancy, et de l'INSIC à Saint-Dié. Le laboratoire conduit des recherches en mécanique des fluides, mécanique des solides, énergétique et transferts. Les applications de ces travaux se retrouvent majoritairement dans le domaine de l'énergie.

### Equipe de Direction :

L'équipe de direction est constituée du directeur de l'unité (M. F. LEMOINE), du directeur-adjoint (M. B. ANTOINE) et de la secrétaire générale (M<sup>me</sup> E. LANG). Elle est assistée d'un conseil de direction.



Effectifs de l'unité :

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet **
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs	62	65	62
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC	8	8	8
<b>N3</b> : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs	4	4	3
<b>N4</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*	18	17	
<b>N5</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	3		
<b>N6</b> : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	12		
<b>N7</b> : Doctorants	55		
<b>N8</b> : Thèses soutenues	66		
<b>N9</b> : Nombre d'HDR soutenues	5		
<b>N10</b> : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	41	41	
<b>TOTAL N1 à N7</b>	<b>162</b>	<b>94</b>	<b>73</b>

\* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.

\*\* Nombre de producteurs de la période 2008-2011 qui seront présents en 2013-2017.

Définition et téléchargement des critères :

<http://www.aeres-evaluation.fr/Evaluation/Evaluation-des-unites-de-recherche/Principes-d-evaluation>.



## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité :

Le LEMTA présente un spectre large de compétences, dont le principal dénominateur commun est la thématique de l'énergie. Le laboratoire est très bien positionné dans ce domaine et jouit à juste titre d'une forte reconnaissance, tant par la communauté scientifique que par le monde industriel. Les recherches du laboratoire donnent lieu à une production scientifique d'excellente qualité, et offrent un très bon équilibre entre recherche amont et valorisation. Le laboratoire a réorganisé ses activités de recherche en trois groupes bien équilibrés, qui possèdent chacun des domaines d'excellence à forte visibilité. Il a su prendre des risques importants en développant des plateformes technologiques et expérimentales remarquables. Le laboratoire se trouve au cœur de toutes les opérations importantes de structuration régionale, en matière de recherche ou de formation. Le comité d'experts a été très favorablement impressionné par la qualité et la quantité des recherches, le dynamisme de tous les personnels, et la bonne ambiance générale de ce laboratoire.

### Points forts et opportunités :

Le LEMTA regroupe des équipes qui couvrent un champ vaste de compétences disciplinaires, de la mécanique des fluides et des solides à l'énergétique, en passant par les transferts, les matériaux et la biomécanique, avec des forces reconnues tant en théorie qu'en expérience et en modélisation. Cette diversité, bien que délicate à gérer, est une richesse du laboratoire, qui lui permet de mobiliser les forces nécessaires pour aborder des problèmes pluridisciplinaires ambitieux. Sa réorganisation en trois groupes de recherche bien équilibrés lui permet d'avoir la masse critique nécessaire pour ses projets scientifiques. Le LEMTA s'est doté de plateformes expérimentales exceptionnelles, en particulier au niveau des moyens de diagnostics, qui le positionnent très bien dans la compétition internationale. Le travail de resserrement nécessaire des thématiques a été mené avec courage et réalisme, en dégagant quelques domaines forts de l'unité, dans lesquels elle a déjà ou peut espérer à court terme le leadership. Le LEMTA est particulièrement bien inséré dans son environnement local et occupe une place privilégiée dans la communauté nancéenne, dans l'enseignement, la recherche et la valorisation. Il joue réellement un rôle moteur au sein de la fédération J. Villermaux, et à ce titre est en première ligne pour animer la pluridisciplinarité à l'échelle régionale.

### Points à améliorer et risques :

La richesse thématique du laboratoire peut aussi être source de dispersion. La réorganisation en trois grandes équipes donne une bonne cohérence à l'ensemble, mais les synergies au sein d'un même groupe ne sont pas suffisamment apparentes. De même pour les opérations scientifiques, qui recouvrent assez largement le contour des anciennes équipes. Le LEMTA est un acteur incontournable de la communauté nationale en sciences pour l'Ingénieur, mais son rayonnement et son attractivité à l'international peuvent encore être améliorés, et le laboratoire possède tous les atouts pour cela. Le LEMTA a su saisir les occasions qui se présentaient à lui pour se doter d'équipements de tout premier plan, qui en contrepartie risquent de mobiliser beaucoup de ressources humaines. Il a beaucoup investi dans le développement de ses capacités de caractérisation, qui devront obligatoirement être accompagnées par une démarche d'analyse physique et de modélisation, pour les mettre efficacement au service d'ambitions scientifiques à la hauteur des moyens mis en œuvre. Il convient aussi de ne pas minimiser le risque inhérent aux plateformes expérimentales performantes qui est d'alimenter une activité de service trop importante associée aux sollicitations des équipes universitaires ou industrielles. Le LEMTA devra enfin veiller à ne pas perdre, au gré des départs à la retraite, les compétences disciplinaires qui lui sont indispensables dans son positionnement scientifique.

### Recommandations :

Les trois grandes équipes LEMTA couvrent un vaste champ de recherches, menées à un très bon niveau par de petits groupes dynamiques de personnes constitués par affinités ou par des raisons historiques. La politique de mise en cohérence de ces actions voulue par la direction est légitime et à poursuivre. La structuration proposée pour le projet en axes scientifiques transversaux (Métrologie en milieux complexes, Modélisation multiphysique multiéchelle, Transferts couplés en milieux complexes), est intéressante mais revêt un caractère un peu artificiel sans une animation forte au sein de ces axes, et surtout sans l'adhésion active des briques de base sur lesquelles ils reposent, à savoir les équipes effectives. Le comité d'experts renouvelle sa recommandation d'instaurer au sein du LEMTA une instance de réflexion et de coordination, qui peut prendre la forme d'un conseil scientifique interne à l'unité, et qui aiderait grandement le laboratoire à concilier son positionnement et sa cohérence scientifique avec ses réalités de terrain.



Le comité d'experts s'interroge sur le devenir des recherches en mécanique des fluides au LEMTA. Il s'agit d'un domaine dans lequel le laboratoire a toujours eu une bonne visibilité, et qui est très présent dans les défis que souhaite relever l'unité. La disparition de l'hydrodynamique et la place assez discrète donnée aux activités en multiphasique dans le projet, associées aux départs prévisibles dans les années à venir, laissent craindre pour la pérennité de cette discipline au LEMTA. Celle-ci ne saurait jouer le rôle transversal que le laboratoire attend d'elle sans garder ses domaines d'excellence reconnus dans la communauté nationale de la mécanique des fluides.

La qualité des recherches menées au LEMTA mérite une meilleure reconnaissance internationale. Le LEMTA est conscient de cette nécessité, et le comité d'experts appuie les mesures proposées dans le projet. Une réflexion sur la politique de relations internationales est à mener, pour concentrer les efforts et les moyens sur un nombre limité de partenariats stratégiques.

Le LEMTA peut être légitimement fier de ses plateformes expérimentales et les a mises largement en avant lors de la visite. Le comité d'experts a moins perçu l'effort d'interprétation physique, ce qui n'était peut-être qu'un effet de présentation. Néanmoins il recommande une vigilance particulière sur ce point. Le LEMTA jusqu'à présent a toujours su utiliser à son profit ses compétences en caractérisation, mais son rôle central dans la structuration de la recherche régionale et les sollicitations associées peuvent conduire à hypertrophier cette activité au détriment des autres compétences du laboratoire.



### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Les recherches menées au LEMTA sont bien ciblées, tant en terme d'enjeux scientifiques que des retombées socio-économiques. C'est un des rares laboratoires universitaires français qui se positionne clairement dans le domaine de l'énergie en développant les compétences amont nécessaires et en maîtrisant l'approche système. Le LEMTA a parié sur certaines technologies futures, comme la pile à combustible, qui mobilise des moyens importants. Seul l'avenir dira si cette prise de risques paiera, mais on peut affirmer que le LEMTA est devenu en peu d'années une référence dans ce domaine. Le LEMTA développe des recherches très originales sur la caractérisation et les écoulements de fluides complexes, sur les milieux poreux, le rayonnement. C'est un laboratoire phare depuis longtemps dans le domaine de la thermique et des transferts. Il a développé des domaines scientifiques originaux et très intéressants, comme les feux de forêts, la caractérisation et la modélisation du comportement des tissus vivants. Il a su s'équiper en moyens de mesures performants, comme l'IRM, mais aussi inventer de nouvelles méthodes de caractérisation, au meilleur niveau international. La production scientifique globale du laboratoire est importante sur la période, avec 309 articles dans des journaux à comité de lecture, 256 communications avec actes dans des congrès internationaux et 122 nationaux. Le taux de production moyen brut sur les 4 ans est de 1,1 article/an par chercheur ou enseignant-chercheur, soit 2 par ETP, et montre une bonne progression en 2010 et 2011. Il subsiste néanmoins encore quelques disparités entre les équipes. La politique de publication du LEMTA encourage les revues à plus forts facteurs d'impact, il faudra sans doute quelques années avant d'en mesurer l'effet sur le nombre de citations. Cependant, le nombre de journaux différents ciblés est très grand (plus de 150), et le laboratoire gagnerait sans doute à viser de préférence, en termes de publication, les quelques revues phares des disciplines qu'il représente. Le nombre de brevets est assez faible (4 sur la période) malgré des activités sur l'énergie et les piles à combustible qui devraient donner lieu à une importante valorisation. Une soixantaine de thèses ont été soutenues, d'une durée moyenne de 3 ans et 5 mois, dans la moyenne nationale pour la discipline. Le nombre de non-produisants est très faible (3 sur 74), soit un taux de publiants de 96% qui situe le LEMTA dans la fourchette haute des laboratoires de sa communauté scientifique.

#### Appréciation sur l'intégration de l'unité dans son environnement :

L'activité de valorisation au LEMTA est une tradition ancienne et se maintient à un niveau excellent. Le LEMTA est engagé dans de nombreux partenariats industriels, dont certains de grande ampleur et inscrits dans le long terme (avec ArcelorMittal et AIR Liquide notamment). Le laboratoire a également une forte implication dans le bassin économique lorrain. Le LEMTA mène une politique très dynamique vis-à-vis des programmes de l'ANR, avec un taux de réussite qui reste élevé : 12 projets retenus sur la période, dont 5 pilotés par le laboratoire. Il émarge également aux principaux programmes nationaux sur l'énergie (Programme énergie du CNRS, ADEME, PREDIT...). Le LEMTA a obtenu également des financements importants du CPER, ce qui lui a permis de développer des plateformes expérimentales nouvelles, en IRM et sur les incendies en particulier. Enfin, le LEMTA est un membre très actif de l'Institut Carnot ICEEL, qui a été renouvelé, et a fait preuve d'un grand dynamisme dans la réponse aux Investissements d'avenir.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'unité de recherche :

Le LEMTA entretient de nombreuses relations avec des équipes étrangères, qui donnent régulièrement lieu à des publications communes. Ces coopérations apparaissent assez diffuses géographiquement, sans point d'ancrage institutionnel fort, comme un LIA. Le nombre de visiteurs étrangers est important (une quinzaine par an) et corrélé aux nombreux liens internationaux tissés par les membres du laboratoire. En revanche, le nombre de visiteurs à forte visibilité internationale est assez limité dans la période considérée. On peut noter que le recrutement des maîtres de conférences et chargés de recherche est essentiellement externe à Nancy. La proportion d'étudiants de thèse étrangers est forte (48 sur 61 sur la période). Globalement, le laboratoire est attractif, mais n'a que peu de relations formalisées avec les grandes universités européennes, américaines ou asiatiques. La participation à des contrats européens est faible, mais la situation semble conjoncturelle et évolue favorablement. En termes de rayonnement, le LEMTA est très visible à l'échelle régionale et nationale, il participe à un grand nombre de réseaux (8 GDR) et de programmes nationaux, avec de grands organismes de recherche (CEA, ONERA, IFPEN...). L'unité a organisé ou co-organisé une douzaine de rencontres scientifiques dans la période. Plusieurs membres du LEMTA sont impliqués dans les instances nationales (CNU, AERES, ANR...) ou ont eu d'importantes fonctions au MENSUR. Quelques membres du LEMTA ont une bonne visibilité internationale, et sont régulièrement invités dans des conférences internationales (une vingtaine entre 2007 et 2010). Néanmoins, le laboratoire a encore une marge de progression quant à son rayonnement international, peut-être à travers une politique plus ciblée de ses coopérations étrangères, une augmentation du nombre de post-doctorants en provenance des grandes universités, et l'invitation régulière de personnalités scientifiques de haut niveau.



### Appréciation sur la gouvernance et la vie de l'unité :

Le laboratoire est très bien organisé, en pôles technique, administratif et financier, et en trois grands groupes de recherche. Ceux-ci regroupent des opérations scientifiques qui recouvrent à la fois des équipes historiques et des activités transversales. On peut saluer l'excellent travail de la direction pour diminuer le foisonnement des thématiques et donner plus de cohérence scientifique à l'ensemble. Le travail qui devait être fait l'a été, même s'il n'a pas été quelquefois sans générer des oppositions. Le bilan fait état de treize équipes, réduites à dix opérations scientifiques, auxquelles s'ajoutent deux actions transverses dans le projet. Les ressources financières de l'unité sont importantes et largement mutualisées. Le mécanisme de cette mutualisation, qui repose sur un fonds de roulement constitué par les ressources contractuelles et récurrentes, est sans doute assez complexe, mais il fonctionne et a permis l'acquisition d'équipements très performants, largement mutualisés eux aussi, il a permis aussi de soutenir des projets émergents ou à risque. Lors des entretiens avec les personnels, le comité d'experts a pu mesurer la forte motivation et l'engagement des agents ITA et BIATOSS dans l'unité. De manière générale la gouvernance de l'unité est très efficace et respectée, et les services du laboratoire constituent une belle organisation au service de la recherche.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

La stratégie du LEMTA au cours des dernières années a été marquée par le développement de plateformes technologiques ou de caractérisation, dont certaines de tout premier plan. Le projet global du laboratoire s'articule assez naturellement autour de ces plateformes, et décline un certain nombre d'actions à court ou moyen termes qui bénéficieront de ces équipements. Un autre aspect, tout aussi logique, du projet est le renforcement des interactions avec les acteurs de la recherche régionale, notamment au sein de la fédération Villermaux. Il manque cependant une vision plus nette des grands enjeux scientifiques, voire des défis technologiques que souhaite aborder le LEMTA dans les prochaines années, avec ou non l'aide de ces outils uniques dont il s'est doté. Les projets des groupes s'inscrivent dans la continuité, sans grandes innovations, et visent à consolider les orientations prises au cours de ce quadriennal. Le laboratoire a effectué une analyse très objective de ses forces et faiblesses et décline une stratégie convaincante pour combler les points faibles en termes d'organisation ou de rayonnement, mais n'aborde pas le champ des compétences scientifiques. Ainsi, il semble clair que les départs prévisibles vont toucher surtout les compétences en théorie et en modélisation du LEMTA, qui malgré de beaux résultats dans le domaine, prend du retard sur la simulation numérique par rapport à ses compétiteurs. De même, la disparition à terme de l'hydrodynamique "classique" au LEMTA, va à l'encontre de la tendance des laboratoires de thermique qui consiste à renforcer cette expertise. Ces choix stratégiques, qui ne sont pas sans conséquences pour le futur paysage scientifique du LEMTA et son positionnement dans la communauté nationale, doivent être mûrement réfléchis. De manière générale, si l'on excepte ces remarques, le projet est conçu avec réalisme, et la politique d'affectation des moyens humains et financiers mis en place dans l'unité ne laisse aucun doute sur sa capacité à le réaliser.

### Appréciation sur l'implication de l'unité dans la formation :

Le LEMTA joue un rôle particulièrement important dans la formation des étudiants. Il accueille 66 enseignants-chercheurs et se trouve naturellement très impliqué dans les formations de l'ENSEM, de l'ESSTIN, de l'UHP, et à un moindre niveau dans les autres écoles d'ingénieurs de la région. Parmi les prises de responsabilités notables par des membres du LEMTA, on note la direction de l'Ecole Doctorale EMMA, la responsabilité d'une mention de master (Mécanique, Energie, Procédés, Produits) et d'un master international, des directions de départements à l'ESSTIN et aux Mines de Nancy, des responsabilités de L3 et M1 à l'UHP. La politique de l'unité vis-à-vis de ses doctorants semble très bien perçue par ceux-ci. Le comité d'experts a ressenti une très bonne ambiance parmi les doctorants, qui se considèrent bien accueillis matériellement, bien intégrés dans le laboratoire et qui participent à son animation scientifique. Les thésards sont tous financés et encouragés à publier et à participer à des congrès. Ils n'ont pas de problème d'insertion professionnelle. Le LEMTA accueille en stage environ 40 étudiants par an de niveau M1 et M2, ce qui demande un investissement remarquable.



## 4 • Analyse équipe par équipe

**Équipe 1 :** Mécanique des Matériaux et Structures

Nom du responsable : M. C. CUNAT

Effectifs

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet **
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs	14	14	12
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC	0	0	0
<b>N3</b> : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs	1	1	1
<b>N4</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*	0	0	
<b>N5</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	0		
<b>N6</b> : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	3		
<b>N7</b> : Doctorants	12		
<b>N8</b> : Thèses soutenues	20		
<b>N9</b> : Nombre d'HDR soutenues	1		
<b>N10</b> : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	9		
<b>TOTAL N1 à N7</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>13</b>

\* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.

\*\* Nombre de producteurs de la période 2008-2011 qui seront présents en 2013-2017.

Définition et téléchargement des critères :

<http://www.aeres-evaluation.fr/Evaluation/Evaluation-des-unites-de-recherche/Principes-d-evaluation>.

### • Appréciations détaillées

Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Le groupe est actuellement constitué de 5 professeurs, d'un professeur émérite, de 9 maîtres de conférences dont 4 sont HDR, d'un chercheur associé et de 12 doctorants. Sur la période d'évaluation, 5 post-doctorants, 4 ATER et 5 visiteurs étrangers ont été accueillis par l'unité. La problématique scientifique du groupe concerne la compréhension et la modélisation multi-échelle et/ou multiphysique du comportement mécanique des matériaux. Le groupe est structuré autour de trois pôles dont les thèmes de recherche sont les suivants :



- 1) *Rhéologie de matériaux nano/micro-structurés : Métrologie/inversion et modélisation multiphysiques.* Ce thème présente un très fort contenu expérimental autour du développement d'une plateforme de métrologie thermo-mécanique incluant des systèmes de vidéo-extensométrie, un imageur infrarouge et un dispositif de diffusion de lumière incohérente polarisée permettant des caractérisations dynamiques in situ et synchrones afin d'étudier les mécanismes de déformation à diverses échelles et ainsi accéder à la modélisation du comportement à travers la thermodynamique et la mécanique statistique.
- 2) *Modélisation du comportement multiphysique des matériaux et des systèmes : matériaux et systèmes adaptatifs et matériaux et structures en conditions extrêmes.* Ici, l'accent est mis sur l'écriture de lois de comportement « macroscopiques » prenant en compte les couplages thermo-mécanique ou électro-mécanique et leur implantation dans des codes de calcul avec les développements d'outils adaptés, sur l'usinage et le calcul à la fatigue.
- 3) *Biomécanique et bioingénierie tissulaire.* Il s'agit ici de développement de matériaux fonctionnels biocompatibles en vue de suppléances des déficiences de tissus natifs (main, tendons, ligaments et cartilage du genou). Au niveau mécanique, l'objectif est de caractériser et de modéliser le comportement mécanique des tissus vivants et des matériaux analogues en se fondant sur l'homogénéisation des milieux périodiques discrète ou continue et la construction de lois de comportement élasto-viscoplastique exprimées dans le cadre de la thermodynamique de la relaxation pour des applications dans le domaine du biomédical ou de la bioingénierie.

Toutes les recherches menées dans le groupe sont pertinentes. Les développements expérimentaux à diverses échelles et leur utilisation sont prometteurs. Les modélisations des matériaux adaptatifs sont des questions très abordées dans la littérature avec de nombreuses applications possibles aux alliages à mémoire de forme et aux céramiques ferro-électriques. Enfin, les recherches en biomécanique sont au cœur des préoccupations de la communauté internationale et comportent de nombreux verrous scientifiques liés à la caractérisation des tissus biologiques, aux développements de modèles de comportement mécanique de ces tissus ainsi qu'à la définition et la conception de biosubstituts fonctionnels.

La production scientifique est très bonne. On relève, sur la période analysée (2007-2011) 97 publications dans les revues internationales (78 sur 2007-2010 et 15 sur 2011) et 18 dans les revues nationales (dont 2 en 2011). Cela donne une moyenne de 2,48 publication/ETP/an. Il faut noter 2 chercheurs non producteurs dans le groupe. Les revues correspondent tout à fait aux compétences des pôles et sont de bonne qualité. À côté de ces publications, il faut ajouter une dizaine de chapitres d'ouvrages et 110 communications avec actes (dont 70 à des manifestations internationales et 40 à des rencontres nationales, 15 indiquées pour l'année 2011), 23 communications sans actes et 3 posters complètent cet état. Par ailleurs, 20 thèses ont été soutenues sur la période 2007-2010.

#### Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

Le groupe a des collaborations académiques et industrielles, régionales et nationales. Il a déposé dans la période d'évaluation 1 brevet. Il a aussi obtenu 3 projets ANR pour un montant total de 351 k€ et disposé d'un volume financier de 108 k€ de contrats industriels. Les recherches menées s'inscrivent en particulier dans le cadre de la Fédération Jacques Villiermaux, le GDR « Comportement mécanique des polymères semi-cristallins », le Projet « Polymères multistructurés à fonctionnalités spécifiques » du CPER 2007-2013, le programme européen EurocoresS3T. La partie biomécanique collabore de façon importante avec le Biopôle de bioingénierie de la faculté de médecine de Nancy.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

Les chercheurs du groupe totalisent 8 conférences invitées dans la période d'évaluation. Le groupe accueille par ailleurs un certain nombre de doctorants mais aussi de chercheurs étrangers et entretient de nombreuses collaborations avec des universités étrangères.

#### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

Comme pour les autres composantes du laboratoire, le projet du groupe est restructuré en opérations scientifiques (OS) qui reprennent les noms des pôles affichés dans le bilan. Le projet est dans la continuité des travaux passés. Le projet du groupe gagnerait à mettre en œuvre plus d'interactions entre ses trois composantes.

Pour la partie Rhéologie de matériaux nano/micro-structurés les objectifs semblent clairs et la démarche utilisée très intéressante. La combinaison de moyens de mesure propres à l'équipe pendant la déformation ou en fin



d'expérience (mesure de champ de déformation, RMN, diffusion de la lumière), et de grands instruments nationaux ne peut qu'être soutenue.

Pour la partie biomécanique, les avancées et les résultats obtenus durant le dernier quadriennal sont les garants de l'ambition du projet proposé. La méthodologie retenue pour le mener à bien est pertinente et fort bien positionnée par rapport à la communauté internationale. Les collaborations développées avec le biopôle renforcent ce positionnement et sont donc à poursuivre. On pourra cependant noter que le projet gagnerait en lisibilité en affichant une thématique générale axée sur la mécanique pour le vivant avec des applications à la bioingénierie, ce qui éviterait de dissocier biomécanique et bioingénierie tissulaire.

Pour la dernière composante, il serait intéressant d'afficher la cohérence entre les diverses actions menées sur le traitement des instabilités (de la transformation métallurgique d'une part ; de la formation de stries sur le copeau d'autre part). Il est possible que la séparation géographique entre Nancy et Saint-Dié additionnée à l'écart statutaire des personnels (présence à Saint-Dié de personnels de l'École des Mines d'Albi) n'aide guère le rapprochement thématique. Enfin, l'utilisation de l'expérimentation dans ce domaine déjà disponible doit être envisagée.

Il existe au LEMTA en général une politique pertinente d'affectation de moyens qu'il faudrait déployer également vers des moyens expérimentaux pour la caractérisation du comportement mécanique des tissus biologiques. Des achats dans ce sens sont prévus à l'horizon 2014. Le groupe dispose cependant de moyens expérimentaux sophistiqués qu'il faudrait utiliser dans toutes ses composantes.

### Conclusion :

L'avis global du comité d'experts est positif. Le groupe conduit des recherches de qualité. Tout comme le LEMTA, l'équipe devra malheureusement s'adapter au départ en retraite de son responsable, qui a beaucoup apporté au laboratoire dans ce domaine. Le comité approuve le choix du nouveau responsable de groupe.

Le groupe développe depuis plus de quinze ans des lois de comportements de polymères fondés sur une théorie thermodynamique de marche vers l'équilibre à l'échelle du Volume Élémentaire Représentatif. De même, il a une bonne maîtrise de la modélisation phénoménologique et micromécanique des comportements multiphysiques et de grandes compétences en caractérisation et modélisation du comportement mécanique de biomatériaux. Dans ce dernier cas, il est très important de conserver et de conforter les liens existants avec les biologistes. Un des risques qu'il faut éviter est la dispersion des thèmes. Pour la partie biomécanique par exemple, il serait judicieux, étant donné le nombre de permanents, de ne pas multiplier les sujets d'applications. Par ailleurs, les modélisations mathématiques des comportements multiphysiques doivent être rapprochées de la communauté internationale des mathématiciens appliqués qui a développé des outils spécifiques pour modéliser et étudier les comportements à énergies non convexes par exemple. Même si des collaborations internationales existent, il conviendrait d'accroître la visibilité internationale du groupe.

Le comité d'experts recommande au futur responsable de veiller à développer des interactions entre les trois opérations scientifiques et de recourir à une stratégie de groupe. En particulier, il est important de préserver et d'amplifier les compétences expérimentales fortes qui existent et de faire en sorte qu'elles soient utilisées par l'ensemble du groupe. De même, pourraient également être encouragées les interfaces avec les recherches menées sur les milieux poreux réalisées dans le groupe 3 pour ce qui concerne la biomécanique.



**Équipe 2 :** Milieux fluides, réactifs, multiphasiques

**Nom du responsable :** M. Cherif NOUAR

**Effectifs**

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet **
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs	28	28	28
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC	4	4	4
<b>N3</b> : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs	1	1	0
<b>N4</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*	0,5	0,5	
<b>N5</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	0		
<b>N6</b> : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	5		
<b>N7</b> : Doctorants	16		
<b>N8</b> : Thèses soutenues	19		
<b>N9</b> : Nombre d'HDR soutenues	3		
<b>N10</b> : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	18	18	
<b>TOTAL N1 à N7</b>	<b>54,5</b>	<b>33,5</b>	<b>32</b>

\* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.

\*\* Nombre de producteurs de la période 2008-2011 qui seront présents en 2013-2017.

Définition et téléchargement des critères :

<http://www.aeres-evaluation.fr/Evaluation/Evaluation-des-unites-de-recherche/Principes-d-evaluation>.

## • Appréciations détaillées

### Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Ce groupe est le plus important du laboratoire en terme de taille, avec 10 professeurs, 1 professeur émérite non produisant, 18 maîtres de conférences dont 5 HDR, 2 CR et 2 DR CNRS, et 16 doctorants. Il couvre un spectre large de recherches, organisé pour le bilan en 5 thématiques plus une activité très marginale en acoustique qui relève plutôt de l'INRS. Les thèmes de recherche sont les suivants :



- Hydrodynamique fondamentale ;
- Feux de forêts ;
- Rhéologie et dynamique des fluides complexes ;
- Écoulements multiphasiques ;
- Transferts de masse et de chaleur dans les sprays.

Le thème hydrodynamique est présent explicitement dans le rapport d'activité mais non dans les opérations scientifiques du projet de recherche du groupe « Milieux fluides, réactifs, multiphasiques ». Les thèmes concernent l'instabilité de Poiseuille-Rayleigh-Bénard dans un fluide de Bingham, la stabilité d'un fluide rhéofluidifiant, l'instabilité de l'interface d'un écoulement en deux couches, l'instabilité d'une flaque de métal, les ondes non linéaires, l'étude expérimentale et numérique de la transition vers la turbulence en conduite cylindrique pour un fluide non-newtonien, l'instabilité interfaciale en repère tournant, la mise en mouvement de solutions d'électrolyte, et le chaos lagrangien. Il s'agit de recherches novatrices en hydrodynamique et mécanique des fluides, sur des thèmes importants comme les instabilités des écoulements de fluides non newtoniens, et qui ont un impact certain, comme en témoigne la grande qualité des revues où les résultats sont publiés (17 articles dans les revues phare de la discipline dont JFM, Phys Fluids, JCP...).

Le thème « Feu de forêts » est un aspect spécialisé et original du laboratoire. Une étude systématique des propriétés géométriques fractales de la végétation impliquée, de la thermodynamique, du rayonnement et de son spectre, des transferts radiatifs a été menée sur le plan expérimental, comme sur celui de la modélisation et du traitement numérique. Des moyens originaux sont mis en œuvre. La production scientifique se fait dans des revues spécialisées et parfois non encore répertoriées à l'exception d'un J. Thermal Sciences. La validation des modèles à l'échelle des feux de forêts réels est problématique pour des raisons évidentes. Des capteurs ad hoc sont donc développés, ce qui a fait l'objet de trois publications. La modélisation mathématique globale, tridimensionnelle, de la propagation du feu a fait l'objet de développements théoriques intéressants, impliquant des modèles modernes d'automates cellulaires ou de percolation et constituant une étape ultérieure par rapport à des modèles classiques de déplacement linéaire.

Les recherches effectuées dans la thématique « Rhéologie et dynamique des fluides complexes » permettent d'étudier le lien entre les mécanismes (changement de conformation ou de structure) prenant place à des échelles micro et mésoscopique et les propriétés rhéologiques macroscopiques de milieux dispersés concentrés ayant des lois de comportement complexes. Celles-ci couvrent un vaste domaine d'applications d'un grand intérêt sur le plan fondamental et appliqué. Elles associent parfaitement la modélisation et les expérimentations originales, parmi lesquelles on peut souligner l'usage intensif des techniques rhéo-physiques de la diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS) aux échelles mésoscopiques. Celles-ci ont recours de plus en plus au rayonnement synchrotron (bien plus intense pour augmenter la transmission au travers du volume de mesure souvent très opaque dans les milieux étudiés). Cette compétence reconnue mondialement renforce la maîtrise par le LEMTA de l'application de la diffusion de la lumière à la rhéologie. Ce projet a permis de créer une dynamique forte qui s'est traduite en termes de publications par une production moyenne de 21 articles et 24 communications en 4 ans (2007-2010), et la soutenance de 9 thèses.

L'activité « Écoulements multiphasiques » concerne principalement l'étude théorique et numérique des écoulements chargés en particules, et l'hydrodynamique de particules solides ou de bulles. Le positionnement des recherches est intéressant, avec des travaux expérimentaux très soignés sur la dynamique des inclusions, des simulations numériques dans l'approche euléro-lagrangienne dans le domaine peu exploré des échelles intermédiaires entre particules browniennes et particules inertielles, des travaux théoriques originaux sur la fragmentation turbulente. Le départ à la retraite d'un senior est une perte certaine pour cette thématique, mais compensée par des jeunes à très fort potentiel. La thématique s'avère très dynamique et produit des publications nombreuses notamment dans des revues de très haut niveau (Int. J. Multiphase Flow, Phys. Rev. E., Phys. Fluids, AIChE...). Elle bénéficie d'une forte valorisation, notamment à travers des partenariats avec ArcelorMittal, EDF et l'INRS. Qui plus est, ces collaborations donnent lieu à d'excellentes publications. Il est quelque peu étonnant que ce point fort ne soit pas mentionné dans l'analyse stratégique du projet.

La thématique « Transferts de masse et de chaleur dans les sprays » rassemble des travaux expérimentaux tout à fait remarquables sur les gouttes de liquide et met en jeu des méthodes de mesures optiques novatrices, qui donnent lieu à de nombreuses publications dans des journaux de très grande qualité. Les interactions sprays-parois, les mesures optiques de température de gouttes, entre autres, sont spécifiques du savoir-faire du LEMTA en la matière, et sont au cœur des préoccupations de nombreuses applications, pour l'automobile, l'aéronautique et la



production d'énergie. Le laboratoire est très bien situé dans ce domaine par rapport à ses compétiteurs et en tire une reconnaissance légitime. Compte tenu de l'importance des sprays dans le monde industriel, il n'est pas surprenant qu'elle s'accompagne d'une bonne valorisation.

En résumé, les thématiques de ce groupe sont toutes d'excellent niveau, et souvent donnent lieu à des travaux très originaux. Cependant, il est difficile d'en identifier les lignes directrices. Les synergies internes sont insuffisamment développées : par exemple entre modèles de fragmentation, simulations numériques et expériences sur les sprays. Le LEMTA manque un peu d'ambition dans ce domaine.

#### Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

L'équipe développe à la fois des thématiques à caractère très fondamental et d'autres plus finalisées, qui donnent lieu à une forte valorisation auprès des industriels. Les sprays sont à la base d'enjeux économiques importants et l'équipe est très bien insérée dans la communauté nationale correspondante. L'étude des feux de forêts est naturellement vouée à un impact sociétal important. Le LEMTA a animé et participe très activement à un GDR sur les feux de forêt. Un projet européen a également été obtenu sur cette activité. L'étude des écoulements des fluides complexes et de la formation des biofilms en eau potable prouve cette volonté d'aborder les grandes problématiques socio-économiques.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

L'équipe publie bien et dans des journaux très sélectifs, mais ses chercheurs restent trop discrets sur la scène internationale : seulement deux conférences invitées internationales pour la période. Elle bénéficie pourtant de collaborations internationales nombreuses, et reçoit des visiteurs renommés. Les activités sur les feux de forêts sont bien reconnues, les études en multiphasique particulière donnent lieu à des échanges avec les meilleures équipes du domaine, en Russie, USA, Pologne, Italie, Pays-Bas. En prenant une part active aux différents projets et notamment 3 ANR dans la même période (2007-2010), l'axe « Rhéologie et dynamique des fluides complexes » est parfaitement identifié dans sa communauté. Cet axe est aussi reconnu pour sa capacité à utiliser des grands instruments (diffusion de rayons X s'appuyant sur l'usage des rayonnements synchrotrons, en collaboration avec différents laboratoires). Le LEMTA a développé dans le cadre de l'ANR ANISO, dont il est porteur, un dispositif Rhéo-SAXS sur la ligne SWING au synchrotron SOLEIL. Les études sur les sprays sont également très visibles, et l'équipe est bien reconnue pour ses méthodes de diagnostic originales.

#### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

Il est surprenant que l'activité hydrodynamique n'apparaisse pas clairement dans le projet. Cependant une activité proche « Stabilité, turbulence et écoulements multiphasiques » est proposée, elle reprend la plupart des thèmes de l'ancienne activité « Hydrodynamique fondamentale ». L'activité multiphasique sera réorientée en partie d'après le projet vers la nanofluidique avec le départ d'un senior et l'arrivée d'un nouveau professeur. Les activités multiphasiques proprement dites occupent une place modeste dans le projet, ce qui est dommage compte tenu des acquis et du potentiel de cette équipe. Globalement, la nouvelle opération scientifique est assez riche, et le projet est bien décrit, mais l'impression générale du comité d'experts est qu'elle regroupe plusieurs activités qui sont un peu marginalisées dans le projet du laboratoire, ou en attente d'extinction.

L'activité « Feu de forêt » est en plein développement, avec la mise en place d'une nouvelle plateforme expérimentale, et avec un programme ambitieux et un potentiel scientifique remarquable. Les risques, notamment l'éloignement des sites d'expérimentation en vraie grandeur, sont relativement faibles comparés à la possibilité d'être le principal ou l'un des principaux centres de référence en France dans ce domaine. Le regroupement de cette activité avec les feux confinés est cohérent, mais les problématiques sont assez différentes, et les synergies, en dehors de la partie rayonnement et de la métrologie, semblent assez limitées. Une interaction avec les sprays et les simulations diphasiques, pour l'aspersion, et l'hydrodynamique pour la stratification serait sans doute judicieux.

La nouvelle stratégie concernant l'affichage de la thématique « Rhéologie et mécanique des milieux complexes » est bien structurante. La réalisation du projet scientifique à moyen ou long terme ne présente aucune difficulté pour ce groupe qui vient d'être doté de 3 MCF et d'un DR, d'autant plus qu'il y a une continuité dans les activités affichées. Il conviendrait de développer un peu plus l'axe modélisation et particulièrement de se risquer dans les simulations mésoscopiques (comme par exemple la méthode de dynamique de particules dissipatives-DPD). Il faudrait également renforcer l'ouverture de l'équipe dans le domaine de la physico-chimie.

L'opération « Transferts dans les fluides » est très cohérente, bien homogène, et bien positionnée par rapport à la communauté internationale. Les diagnostics laser sont un point très fort de ce groupe, qui développe une activité expérimentale de très haute volée.



### Conclusion :

Le groupe contient en germe tous les éléments qui pourraient en faire un pôle d'excellence au niveau international. Son bilan global dans la période est très bon, son activité partenariale et son impact socio-économique excellents. Sa reconnaissance nationale est grande, mais peut sans doute être encore améliorée à l'international. Ce groupe, qui est le plus gros du LEMTA, est aussi le plus hétérogène, et rassemble des personnalités scientifiques fortes et dynamiques dont certaines ont parfois un peu de mal à s'inscrire dans une politique scientifique collective de laboratoire à laquelle elles n'adhèrent pas, avec des risques d'isolement. Le cas de la mécanique des fluides en général est un exemple, et quelles qu'en soient les responsabilités, le LEMTA ferait une erreur en marginalisant cette discipline qui contribue à son image très positive. Le projet n'a pas totalement convaincu le comité d'experts, dans la mesure où en dehors des questions organisationnelles, il n'offre guère d'originalité par rapport au précédent, et surtout n'explore pas suffisamment les synergies offertes par le vaste champ de compétences couvert par le groupe.



**Équipe 3 :** Énergie & Transferts

**Nom du responsable :** M. Denis MAILLET

**Effectifs :**

Effectifs	Nombre au 30/06/2011	Nombre au 01/01/2013	2013-2017 Nombre de produisants du projet **
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs	20	24	20
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC	4	4	4
<b>N3</b> : Autres enseignants-chercheurs et chercheurs	1	0	0
<b>N4</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs titulaires*	5	5	
<b>N5</b> : Ingénieurs, techniciens et personnels administratifs non titulaires*	1		
<b>N6</b> : Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	6		
<b>N7</b> : Doctorants	27		
<b>N8</b> : Thèses soutenues	27		
<b>N9</b> : Nombre d'HDR soutenues	1		
<b>N10</b> : Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	14	13	
<b>TOTAL N1 à N7</b>	<b>64</b>	<b>33</b>	<b>24</b>

\* Si différent, indiquer entre parenthèses les ETP correspondants.

\*\* Nombre de producteurs de la période 2008-2011 qui seront présents en 2013-2017.

Définition et téléchargement des critères :

<http://www.aeres-evaluation.fr/Evaluation/Evaluation-des-unites-de-recherche/Principes-d-evaluation>.

## • Appréciations détaillées

Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Le groupe « Énergie et transferts » développe des recherches selon 4 thèmes :

- Caractérisation thermique des matériaux et méthodes inverses ;
- Transferts radiatifs ;
- Transferts en milieux poreux ;
- Piles à Combustible et systèmes.



Les travaux sont globalement de bon niveau et donnent lieu à des publications régulières (149 RCL sur 5 ans, soit  $149/14,2 \text{ ETP}/5 = 2,1 \text{ RCL}/\text{ETP}/\text{an}$  en moyenne) à un rythme comparable au reste du laboratoire. Sur la période évaluée, les activités du thème « Caractérisation » ont concerné les matériaux super-isolants (aérogels) ainsi que la mesure de diffusivité thermique dans des matériaux anisotropes et à haute température (1400°C). L'utilisation de techniques inverses a aussi été mise en œuvre pour l'identification de sources dans des problèmes de diffusion de polluants, ainsi que pour l'identification de modèles thermiques de systèmes aéronautiques. La production de ce thème semble un peu moins élevée que celle du reste du groupe. Le thème relatif aux transferts radiatifs considère principalement les échanges en milieu semi-transparent. Depuis quelques années, au prix d'une prise de risques importante, les transferts de chaleur aux nano-échelles sont étudiés. Cette équipe a un très bon taux de produits. La recherche produite est de qualité et donne lieu à une production substantielle et de qualité dans de bonnes revues mais l'équipe souffre d'un manque de reconnaissance au plan international (peu de citations et d'invitations). Le comité d'experts lui recommande d'être plus présente dans les conférences internationales afin de rattraper ce manque de notoriété. Il l'encourage à continuer à publier dans des revues à spectre plus large comme les revues de physique et d'optique.

Le thème « Milieux poreux » se subdivise en deux équipes, « Milieux poreux déformables » et « Écoulements en milieux poreux ». Les deux équipes ont une bonne production scientifique sur des sujets riches possédant un impact important. L'équipe « Milieux poreux déformables » accueille quatre personnes du laboratoire LAEGO dans la nouvelle contractualisation. L'équipe « Écoulements en milieux poreux », plus récente, est constituée de chercheurs établis depuis longtemps au LEMTA, et de chercheurs arrivés plus récemment. La qualité et le dynamisme des chercheurs de ce thème sont attestés, outre le contenu scientifique indéniable, par leurs collaborations internationales et leur taux de citation. Les deux équipes ont des composantes de modélisation importantes. Comme ces équipes en sont certainement conscientes, le mot-clé « milieux poreux » recouvre une grande diversité de problématiques physiques, mathématiques et d'ingénierie. Cette diversité constitue une richesse pour le laboratoire qu'il importe de préserver.

Les travaux de l'équipe « Piles à combustible » sont tournés vers les piles à hydrogène de basse température (PEMFC) et sont parmi les plus avancés en France sur le plan universitaire. Bien que fortement technologique, la recherche fournie est de bon niveau. Le bilan de la période évaluée fait apparaître des travaux sur les systèmes énergétiques, plus dispersés que les précédents et qui seront arrêtés par la suite.

#### Appréciation sur l'intégration de l'équipe dans son environnement :

Les recherches du groupe « Énergie et Transferts » sont, dans leur ensemble, proches des applications.

Plusieurs projets de caractérisation de matériaux sont réalisés en partenariat avec le milieu industriel (ce qui a d'ailleurs conduit au dépôt d'un brevet international) dans le domaine des super-isolants et les systèmes aéronautiques. 3 projets ANR ont été réalisés sur la période évaluée et on note également une participation au réseau verrier Lorrain.

L'équipe « Rayonnement » s'est notamment distinguée dans la caractérisation de matériaux et procédés verriers, par la mise au point de différents dispositifs de spectroscopie pour la mesure des propriétés optiques. Sur cette thématique, l'équipe a collaboré avec Thalès et a obtenu une ANR (pilotée par l'équipe) en collaboration avec les sociétés Daum et Baccarat.

L'activité liée aux piles à combustible est très fortement soutenue par l'industrie (Air liquide principalement mais aussi Hélio). Il est un peu surprenant de ne pas noter plus de brevets alors que ce type de recherche appliquée devrait justement donner lieu à de la propriété Industrielle. Les relations contractuelles semblent solides et apporter un financement de poids (1,4 Meuros pour le groupe « Énergie » dans son ensemble soit environ les 2/3 du LEMTA). Un manque de moyens financiers est toutefois souligné du fait du coût important de la manipulation de l'hydrogène.

L'activité « Milieux poreux » obtient des financements externes satisfaisants, notamment avec TOTAL pour la simulation de réservoir, et a donné lieu à un brevet.

Plusieurs membres du groupe « Énergie » sont impliqués fortement dans l'enseignement (responsabilité du master Mécanique, Énergie, Procédés, Produits direction de l'École Doctorale Énergie mécanique et matériaux, responsabilité de filière à l'ENSEM, ...). Plusieurs membres du groupe « Poreux » le sont également.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité de l'équipe de recherche :

Le groupe est très impliqué dans les programmes nationaux : participation à des GDR (ACCORT, NANO) et aux réseaux (METTI de la SFT, GAT Habitat). Un de ses membres pilote la Fédération de recherche Jacques Villiermaux.



La participation aux programmes européens n'apparaît pas et il semble que les relations internationales soient assez limitées (on remarque toutefois une collaboration avec l'Université de 3 Rivières à Québec et West Virginia aux USA, et l'implication dans le JTI Hydrogène).

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans :

Le projet du groupe se situe globalement dans la continuité des travaux présentés dans le bilan.

Le projet de recherche lié à la caractérisation des matériaux s'articule autour des thématiques suivantes : méthodes inverses et outils spécifiques de caractérisation, hautes températures et isolants thermiques, thermique aux nano-échelles. Ces projets s'intègrent dans la continuité des travaux précédents mais les axes de recherche spécifiques sont clairement identifiés. Notons le projet METHER qui vise à l'émergence d'une plate-forme de métrologie thermique d'envergure nationale. Cela nécessitera la mise en réseau de 4 laboratoires (IUSTI, LEMTA, LTN et I2M) en collaboration avec le Laboratoire National d'Essais (LNE).

Concernant la partie rayonnement en milieu semi-transparent, le projet est très crédible et l'expertise numérique de l'équipe va être exploitée. De nouvelles thématiques émergent comme le bio-rayonnement à travers la modélisation et la simulation numérique des interactions rayonnement/tissus biologiques. Des travaux de mesures d'émissivité spectrale et de températures multispectrales vont être développés avec la mise au point de techniques d'inversion. Ceci sera effectué sur la plateforme « Métrologie thermique à hautes températures ». Concernant la thermique aux nanoéchelles, une partie des travaux portera sur le transport de phonons pour lequel l'expertise de l'équipe fondée sur l'utilisation d'une méthode de Monte-Carlo développée en son sein est importante. Cette expertise va se renforcer en améliorant cette technique par des collaborations visant à modéliser le couplage électrons/phonons et la diffusion des phonons par les défauts. Étant donné l'expertise de l'équipe sur la simulation des équations de transport, le projet est très crédible. En revanche, on ne note pas de projet expérimental concernant le transport de phonons. Le projet sur le rayonnement de champ proche comporte un aspect théorique et expérimental. L'aspect simulation est très bien engagé et est très prometteur. La diffusion par des pointes est encore mal connue et essentielle pour la compréhension des images en optique de champ proche. Un moyen de prise en compte de l'interface dans les simulations devra être réfléchi. L'aspect expérimental, novateur à Nancy et beaucoup plus risqué, est en attente de résultats. Des collaborations avec l'équipe de l'ESPCI sur le sujet sont peut-être à envisager.

Le projet du groupe « Pile à combustible » s'inscrit également dans la continuité de l'existant :

- interprétation des spectres d'impédance pour accéder aux paramètres des piles ;
- utilisation renforcée de la RMN ;
- effort de caractérisation des membranes et des électrodes.

On note sa participation au projet H2E piloté par Air liquide jusqu'en 2014.

### Conclusion :

L'équipe « Caractérisation » est dans une dynamique de recherche très positive au regard des projets développés durant ces 4 dernières années. Son implication dans la promotion des méthodes inverses appliquées à l'identification des propriétés thermiques de matériaux au niveau national et International (groupe METTI lié à la SFT) participe au rayonnement scientifique de l'équipe. Pour ce qui concerne les perspectives, la visibilité des activités pourrait être améliorée, notamment sur l'aspect caractérisation multi-échelles par un rapprochement avec les activités de l'équipe travaillant sur le transfert de chaleur aux nano-échelles. En particulier, ces activités, beaucoup plus récentes au laboratoire, pourraient bénéficier de l'expertise du groupe de caractérisation sur les méthodes inverses et la métrologie thermique.

L'équipe « Rayonnement » est d'un très bon niveau et se situe sans conteste au niveau international. Elle doit renforcer sa notoriété et possède un important potentiel. Un recrutement dans cette équipe modeste en effectif est à envisager. L'équipe doit participer davantage à des colloques internationaux pour faire remarquer ses travaux et tenter d'inviter des chercheurs étrangers dans le domaine de la nanothermique, sa reconnaissance étant encore trop faible. Toujours dans ce domaine, la partie expérimentale est à renforcer. Attention cependant à ne pas développer des études trop risquées.

L'équipe « Piles à combustible » est très dynamique et originale au plan national, très bien placée au plan mondial. Elle possède une expérience solide dans les PEMFC et de fortes compétences technologiques. On peut s'interroger sur la dépendance de la recherche menée envers une technologie dont l'avenir n'est nullement garanti.



De même, la dépendance partenariale avec Air liquide est forte et, bien qu'apportant un financement confortable, ne donne pas lieu à des brevets, malgré l'implication d'un nombre important d'enseignants-chercheurs.

L'activité « poreux » est d'un haut niveau scientifique, pertinente par rapport aux applications et engagée dans des actions nationales et internationales.

Au niveau du groupe « Énergie » dans son ensemble, le départ prochain de l'un des seniors vers d'autres activités sera une perte. Son rôle fédérateur sera certainement regretté par tous.



## 5 • Notation

À l'issue des visites de la campagne d'évaluation 2011-2012, les présidents des comités d'experts, réunis par groupes disciplinaires, ont procédé à la notation des unités de recherche relevant de leur groupe (et, le cas échéant, des équipes internes de ces unités).

Cette notation (A+, A, B, C) a porté sur chacun des quatre critères définis par l'AERES. Elle a été accompagnée d'une appréciation d'ensemble.

Dans le cadre de cette notation, l'unité de recherche concernée par ce rapport (et, le cas échéant ses équipes internes) a (ont) obtenu l'appréciation d'ensemble et les notes suivantes :

### Appréciation d'ensemble de l'unité LEMTA :

Unité dont le rayonnement est excellent. La production, l'organisation, l'animation et le projet sont très bons.

#### Tableau de notation :

<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
Qualité scientifique et production.	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement.	Gouvernance et vie du laboratoire.	Stratégie et projet scientifique.
<b>A</b>	<b>A+</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

### Appréciation d'ensemble de l'équipe Mécanique des Matériaux et Structures :

Équipe dont la production et le projet sont très bons. Le rayonnement est bon mais pourrait être amélioré.

#### Tableau de notation :

<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
Qualité scientifique et production.	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement.	Gouvernance et vie du laboratoire.	Stratégie et projet scientifique.
<b>A</b>	<b>B</b>	-	<b>A</b>

### Appréciation d'ensemble de l'équipe Milieux fluides, réactifs, multiphasiques :

Équipe dont la production et le rayonnement sont excellents. Le projet est bon mais pourrait être amélioré.

#### Tableau de notation :

<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
Qualité scientifique et production.	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement.	Gouvernance et vie du laboratoire.	Stratégie et projet scientifique.
<b>A+</b>	<b>A+</b>	-	<b>B</b>



Appréciation d'ensemble de l'équipe Energie & Transferts :

Équipe dont la production et le projet sont très bons. Le rayonnement est excellent.

Tableau de notation :

<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
Qualité scientifique et production.	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement.	Gouvernance et vie du laboratoire.	Stratégie et projet scientifique.
<b>A</b>	<b>A+</b>	-	<b>A</b>



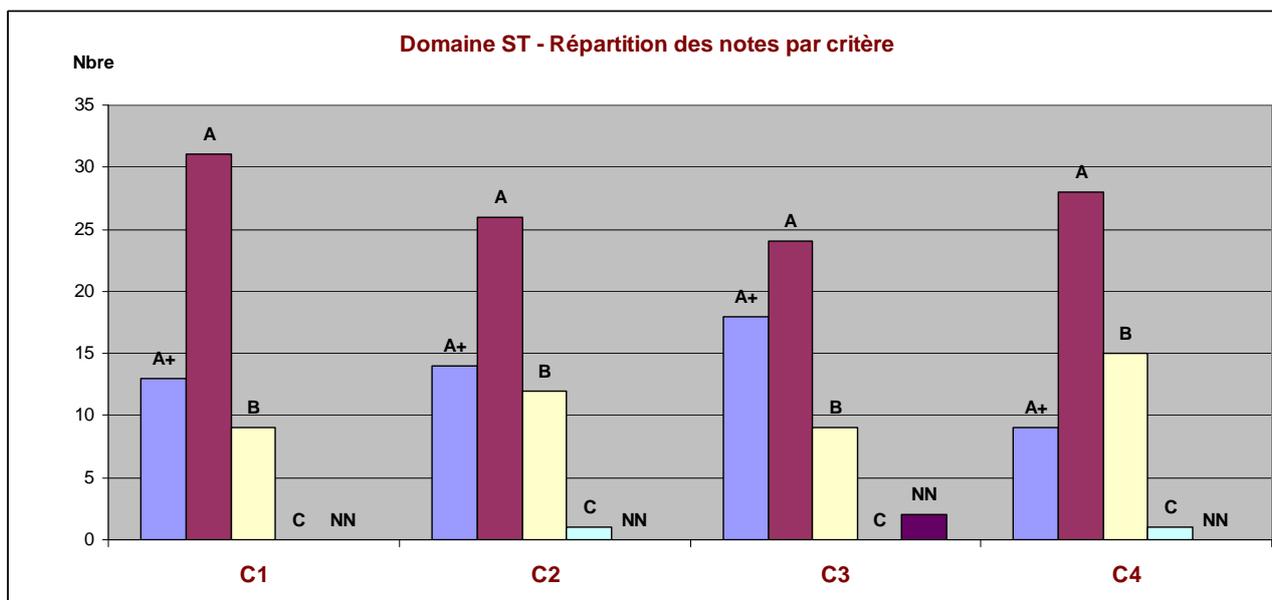
## 6 • Statistiques par domaine : ST au 10/05/2012

### Notes

Critères	C1	C2	C3	C4
	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Gouvernance et vie du laboratoire	Stratégie et projet scientifique
A+	13	14	18	9
A	31	26	24	28
B	9	12	9	15
C	-	1	-	1
Non noté	-	-	2	-

### Pourcentages

Critères	C1	C2	C3	C4
	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Gouvernance et vie du laboratoire	Stratégie et projet scientifique
A+	25%	26%	34%	17%
A	58%	49%	45%	53%
B	17%	23%	17%	28%
C	-	2%	-	2%
Non noté	-	-	4%	-





## 7 • Observations générales des tutelles

L'Administrateur Provisoire  
Jean-Pierre Finance

à

Monsieur Pierre GLORIEUX  
Directeur de la section des unités de l'AERES  
20 rue Vivienne  
75002 PARIS

Objet : rapport d'évaluation de l'UMR LEMTA  
Référence du document : C2013-EV-0542493S-S2PUR130004663-RT

Monsieur le Directeur,

Vous m'avez transmis le 19 mars dernier le rapport d'évaluation de l'UMR « Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (LEMTA) » et je vous en remercie.

Je vous prie de trouver ci-dessous les éléments de réponse de Monsieur F. Lemoine, directeur de l'unité. Denis Veynante, Directeur adjoint scientifique de l'INSIS du CNRS, établissement cotutelle de cette structure, et Philippe Piéri, Délégué Régional Centre-Est du CNRS, n'ont pas de remarque particulière à formuler sur le rapport AERES du LEMTA – UMR CNRS UL 7563.

En tant que tutelle du laboratoire nous n'avons pas de remarque particulière à émettre sur le rapport du Comité d'évaluation. Nous prenons bonne note de ses recommandations qui nous semblent tout à fait recevables à ce jour.

Je vous prie d'agréer, cher collègue, l'expression de mes sentiments distingués.

L'Administrateur Provisoire



Jean-Pierre Finance

## Rapport de l'AERES sur le LEMTA – UMR 7563 – Janvier 2012

### Réponse du Directeur du LEMTA

Le LEMTA souhaite formuler les observations suivantes :

#### Remarques générales :

D'une manière générale, le Laboratoire a apprécié les remarques formulées dans la partie générale de l'évaluation.

Le Laboratoire, bien que conscient des difficultés et des limites de l'analyse groupe par groupe, est nettement plus réservé quant aux conclusions de l'analyse menée pour chacun des groupes de recherche, qui comporte de multiples inexactitudes, omissions et points de focalisation sur certains domaines, alors que d'autres sont traités de manière très ou trop brève. Le LEMTA souhaite attirer l'attention sur ce point, car le document relatif aux équipes n'est pas toujours suffisamment équilibré pour donner une image fidèle du Laboratoire.

#### Remarques spécifiques sur l'appréciation sur l'unité :

Le comité d'experts s'interroge de manière répétitive sur l'avenir des recherches en mécanique des fluides au LEMTA.

Le LEMTA n'est pas totalement d'accord avec l'analyse formulée et souhaite mentionner en réponse les deux éléments suivants :

- La majorité des forces en hydrodynamique se trouve aujourd'hui sur le thème concernant l'influence du comportement rhéologique d'un fluide complexe sur les mécanismes d'instabilité et de transition vers la turbulence (13 articles sur le sujet durant les 5 dernières années). Il est donc normal que l'essentiel du projet soit orienté sur ce dernier point.
- Ce dernier thème comporte à l'heure actuelle plusieurs permanents, auxquels vient de s'ajouter le recrutement d'un jeune MCF début 2012.

Par ailleurs, le thème portant sur l'hydrodynamique des fluides complexes bénéficie du recrutement d'un MCF en 2012 sur la simulation numérique des écoulements de fluides complexes.

Le thème lié au calcul de champs électriques et magnétiques dans les fluides faiblement conducteurs en mouvement a été intégré dans une action transverse portant sur l'intensification des transferts et le mélange, où les compétences en mécanique des fluides sont fortement valorisées.

Le LEMTA souhaite également faire remarquer que le fort investissement matériel et humain réalisé autour de l'action « IRM pour l'ingénierie » arrive à son terme en avril 2012. Cette plateforme de recherche très performante pourra ainsi être valorisée très fortement dans les différentes opérations de recherche du LEMTA : hydrodynamique et transferts en milieux poreux, mécanique des fluides complexes.

### **Remarques portant sur l'évaluation spécifique des groupes de recherche :**

#### **Groupe de recherche « Mécaniques des matériaux et des structures »**

Le paragraphe concernant les activités de l'opération scientifique « Mécanique des matériaux et des systèmes adaptatifs ; structures en conditions extrêmes » semble quelque peu réducteur, les activités semblant limitées à la transformation métallurgique et la formation des copeaux. Les travaux portent également sur le développement de lois de comportement fortement non linéaires multi-échelle et multi-physique décrivant des mécanismes de déformations inélastiques et des couplages thermomécaniques et électromécaniques. Ces lois sont introduites dans des codes éléments finis afin d'étudier des problèmes d'ingénierie dans le domaine du développement d'applications en matériaux adaptatifs et également dans la mise en forme des matériaux par usinage, par formage incrémental, etc.

Le Laboratoire est conscient de l'impression de séparation des activités concernant le comportement multi-physique des matériaux et systèmes adaptatifs et celles liées au comportement multi-physique des structures en conditions extrêmes. Un projet commun a bel et bien été formulé, mais les équipes sont conscientes que sa mise en œuvre nécessitera du temps et les résultats d'une telle démarche seront à apprécier lors de la prochaine évaluation.

Il est à noter que l'opération scientifique « Rhéologie des matériaux nano/micro-structurés » combine effectivement de nombreux moyens de mesures in-situ, comme ceci est écrit dans le rapport. Toutefois la RMN ne fait pas partie de ces techniques ; en revanche, il conviendrait d'ajouter la thermographie infrarouge.

#### **Groupe de recherche « Milieux fluides, réactifs, multiphasiques »**

En ce qui concerne les différents aspects liés à l'hydrodynamique, les remarques formulées sont identiques à celles déjà formulées plus haut.

En ce qui concerne les activités liées à la simulation numérique des écoulements multiphasiques, un jeune professeur, disposant d'une forte expérience internationale a été recruté sur ce thème. En outre, il est porteur d'une nouvelle thématique portant sur les écoulements dans les nano-films.

Concernant l'activité sur les feux de forêt, et contrairement à ce qui est écrit dans le rapport, la production scientifique s'est faite dans plusieurs revues parfaitement connues et répertoriées telles que International Journal of Thermal Science, Numerical Heat Transfer, Measurement Science and Technology, Combustion Science and Technology.

Comme clairement mentionné dans le rapport d'expertise, le LEMTA affiche un fort potentiel dans le domaine de la rhéologie et la mécanique des fluides complexes. Cette thématique va bénéficier du recrutement d'un maître de conférences en 2012. La thématique portant sur l'influence du comportement rhéologique sur la transition vers la turbulence s'est vue dotée d'un maître de conférences en janvier 2012. Il est donc inexact d'écrire que le groupe vient d'être doté de 3 MCF et d'un DR.

Concernant le rayonnement international du groupe, le comité a noté positivement des échanges internationaux avec la Pologne, l'Italie, les USA et les Pays Bas dans le domaine des écoulements multiphasiques. Il faut noter que des coopérations internationales bien établies et reconnues existent également avec l'Université de Colombie Britannique (Canada) dans le cadre d'un Programme International de Coopération Scientifique (PICS) soutenu par le CNRS et l'Université de Brighton (UK).

#### **Groupe de recherche « Energie et transferts »**

Dans le rayonnement international du groupe « Energie et transferts », des collaborations avec l'Université de 3 Rivières à Québec et West Virginia aux USA, ainsi que l'implication dans le JTI Hydrogène sont mentionnées. Il conviendrait également de mentionner la collaboration avec Los Alamos National Laboratory (USA) dans le domaine de la pile à combustible.

Il est inexact d'écrire que la production liée au thème de la caractérisation thermique est un peu moins élevée que celle du reste du groupe. Ce thème, porté par quatre enseignants-chercheurs et un ingénieur de recherche CNRS, a conduit à 31 articles dans des revues internationales à comité de lecture en 5 ans, ce qui correspond à 2,48 RCL/ETP/an, ce qui est dans la moyenne du groupe.

Dans la même lignée, concernant le thème « transferts radiatifs », la remarque « cette équipe a un très bon taux de produisant » semble inopportune. En effet, comme noté dans le rapport, l'ensemble des permanents du groupe de recherche « Energie et transferts » est produisant.

Par ailleurs, le brevet pris en commun avec la société Total est à mettre au crédit du groupe développant les méthodes de caractérisation et non au crédit des chercheurs du domaine des milieux poreux.

Le chiffrage du budget contractuel de l'activité « pile à combustible » donne une idée fautive de la situation. Le chiffre de 1,4 million d'euros correspond au budget approximatif de cette thématique pour cinq ans, une partie importante provenant du contrat OSEO-Air-Liquide. La phrase « soit environ les 2/3 du LEMTA » qui suit n'a donc pas de sens dans ce contexte.

Le LEMTA a conscience que le développement de la technologie liée à la pile à combustible est un pari sur l'avenir.

Cependant, le LEMTA tient à souligner l'effort de recherche fondamentale et technologique très important réalisé sur cette thématique dans de nombreux pays industrialisés : Allemagne, Espagne, Italie pour l'Europe, USA, Canada et Japon pour le reste du monde.

Par ailleurs, les recherches menées dans le domaine des transferts électrochimiques sont suffisamment amont pour trouver des applications dans des domaines connexes : batteries, supercapacités par exemple.

Vandoeuvre, le 02 avril 2012



Fabrice LEMOINE  
Directeur du LEMTA – UMR 7563