



**HAL**  
open science

## EM2C - Laboratoire énergétique, moléculaire, macroscopique et combustion

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. EM2C - Laboratoire énergétique, moléculaire, macroscopique et combustion. 2009, École centrale des arts et manufactures. hceres-02033064

**HAL Id: hceres-02033064**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02033064v1>**

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 d'évaluation

Unité de recherche :

Laboratoire d'Energétique Moléculaire et  
Macroscopique, Combustion (EM2C) – UPR 288

du CNRS



mars 2009



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

Section des Unités de recherche

# Rapport d'évaluation

Unité de recherche

Laboratoire d'Energétique Moléculaire et  
Macroscopique, Combustion (EM2C) - UPR 288

du CNRS



Le Président  
de l'AERES

Jean-François Dhainaut

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

mars 2009



# Rapport d'évaluation



## L'Unité de recherche :

Nom de l'unité : Laboratoire d'Energétique Moléculaire et Macroscopique, Combustion (EM2C)

Label demandé : UPR

N° si renouvellement : 288

Nom du directeur : M. Nasser DARABIHA

## Etablissements et organismes de rattachement :

CNRS

## Université ou école principale :

Ecole Centrale Paris

## Dates de la visite :

10 - 11 décembre 2008

# Membres du comité d'évaluation



## Président :

M. Michel LÉBOUCHE, INPL Nancy

## Experts :

M. Philippe DE GOEY, Eindhoven University of Technologie

M. Vincent PUECH, LPGP Université Paris-Sud

Mme Astrid LAMBRECHT, Université Paris 6

M. Charles-Henri BRUNEAU, Université Bordeaux I

M. Paul KUENTZMANN, ONERA Chatillon

M. Geoff SEARBY, IRPHE Université Marseille

M. Gilles LERONDEL, Institut Charles Delaunay

M. Michel CAZALENS, SNECMA Moissy Cramayel

## Expert(s) représentant des comités d'évaluation des personnels (CNU, CoNRS, CSS INSERM, représentant INRA, INRIA, IRD...) :

Mme Armelle VARDELLE, représentante du CNU

Mme Pascale DESGROUX, représentant du CoNRS

# Observateurs

## Délégué scientifique de l'AERES :

M. Alain MERLEN

## Représentant de l'université ou école, établissement principal :

M. Jean-Hubert SCHMITT, Ecole Centrale Paris

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

Mme Béatrice BISCANS, Chargée de Mission ST2I CNRS



# Rapport d'évaluation



## 1 • Présentation succincte de l'unité

Le laboratoire d'Energétique Moléculaire et Macroscopique, Combustion : EM2C, est une unité propre du CNRS (UPR 288), hébergée dans les locaux de l'Ecole Centrale de Paris et très présente dans la vie scientifique de cette Ecole.

Son effectif comprend (référence au 15/10/2008) : 12 enseignants-chercheurs, 8 chercheurs du CNRS, 3 ingénieurs de recherche, 15 autres ITA et ITARF, personnels permanents du laboratoire et 37 chercheurs non permanents dont 32 doctorants, 4 post-doctorants et un invité.

Parmi les chercheurs et enseignants-chercheurs permanents, 11 sont Docteurs d'Etat ou titulaires d'une HDR et 6 bénéficient d'une prime d'encadrement doctoral et de recherche. Tous sont publiants.

44 thèses de Doctorat ont été soutenues entre janvier 2004 et août 2008, soit en moyenne 10 par an. La durée moyenne des thèses est de 4 ans, ce qui est un peu long ; un seul doctorant n'est pas allé jusqu'au terme de sa thèse.

Tous les doctorants bénéficient d'un financement pendant la durée de leur thèse.

## 2 • Déroulement de l'évaluation

La visite s'est déroulée sur une journée et demie.

La première demi-journée a été consacrée à l'audition du directeur en exercice du laboratoire accompagné de la directrice adjointe, à la visite des installations de recherche des équipes « nano » et « plasma » et aux exposés de ces équipes, suivis de discussions. L'ensemble des échanges était ouvert à tous les membres du laboratoire.

La seconde demi-journée a été consacrée aux équipes « physique des transferts » et « combustion » : visite des installations, exposés et discussions.

Une heure a été consacrée à l'examen de la fédération de recherche « transferts de chaleur et de masse en Ile de France ».

La troisième demi-journée a été consacrée à l'audition des représentants du personnel : chercheurs et enseignants-chercheurs, doctorants, ITA et ITARF, puis à un entretien avec les tutelles : Ecole Centrale de Paris et CNRS (délégué régional et département ST2I), enfin à une audition du directeur en exercice accompagné de la directrice pressentie pour le prochain contrat quadriennal (à partir de janvier 2010).

L'accueil, très chaleureux, une organisation sans faille, ont permis des échanges très ouverts avec tous. Les documents mis à la disposition des experts étaient très complets, les exposés d'excellente qualité et les visites ont permis de se rendre compte de la qualité exceptionnelle des installations de recherche dont dispose le laboratoire et de la remarquable compétence des personnels qui utilisent ces installations.

## 3 • Analyse globale de l'unité, de son évolution et de son positionnement local, régional et européen

Le laboratoire EM2C centre son activité sur 5 domaines de recherche :

- La combustion, pour laquelle les thèmes développés sont l'étude expérimentale et le contrôle des écoulements réactifs, la combustion turbulente, l'analyse et la caractérisation des mécanismes



fondamentaux, la simulation numérique haute performance de la combustion et plus généralement des problèmes multi-échelles en thermomécanique des fluides réactifs.

- Les mathématiques appliquées à la combustion et aux phénomènes de transfert. Ce domaine, transversal aux activités du laboratoire, est néanmoins largement tourné vers les problèmes de combustion et intégré à cette équipe combustion, la plus importante du laboratoire.
- La physique des transferts ; les thèmes développés sont ici la modélisation du transfert radiatif dans les gaz et les plasmas, les transferts couplés en 3D, dans les fluides et milieux poreux, et plus récemment la modélisation des phénomènes de transfert dans les milieux poreux.
- Les plasmas et en particulier les études fondamentales des mécanismes physico-chimiques qui prennent place dans les plasmas à pression atmosphérique. L'attention est notamment focalisée sur la combustion assistée par plasma.
- La nano-optique et le transfert de chaleur à l'échelle nanoscopique.

Suite à la nomination de ses cadres de recherche dans d'autres établissements, l'équipe nano-optique nanothermique a quitté le laboratoire en septembre 2008 ; son activité passée sera néanmoins examinée et le problème du devenir de ce thème de recherche au sein d'EM2C sera évoqué.

Le laboratoire est d'importance numérique moyenne. Entre 2001 et 2008, le nombre de chercheurs et enseignants-chercheurs permanents s'est accru, progressivement, de 20 à 26 pour retomber à 20 après le départ de l'équipe nano. Le nombre d'ITA et d'ITARF demeure constant.

Compte-tenu de la place remarquable du laboratoire dans le concert international et des charges scientifiques qui en résultent, un accroissement du nombre de permanents dans les toutes prochaines années paraît tout à fait opportun.

La politique de recrutement de spécialistes des mathématiques, d'abord pour la simulation numérique en combustion, puis pour un apport scientifique transversal, couvrant l'ensemble des thématiques du laboratoire, s'est révélée extrêmement bénéfique ; le laboratoire EM2C est en effet un des rares laboratoires, au niveau mondial, à présenter simultanément des résultats expérimentaux et des simulations numériques, d'égale qualité, dans des situations complexes représentatives des futures applications industrielles. C'est une performance exceptionnelle. Les experts ont souligné la grande qualité des installations expérimentales et des moyens de diagnostic dont peut disposer le laboratoire. Les évolutions ambitieuses en cours exigeront un accroissement du nombre d'expérimentateurs.

Le laboratoire est vraiment au niveau de l'excellence, tant par sa production scientifique que par son rayonnement.

Le nombre des publications dans des revues internationales à comité de lecture augmente régulièrement ; il est passé de 1,5 publications par permanent et par an en moyenne sur les 30 dernières années à 1,7 sur les 4 dernières années ; il en est de même (1,5 à 1,7) pour les interventions dans des congrès internationaux représentatifs avec actes et comités de lecture ; c'est un indicateur très positif. Le nombre élevé de conférences invitées dans les congrès et colloques d'audience internationale est une autre preuve de la renommée du laboratoire.

Dans le domaine de la formation, EM2C joue un rôle majeur dans les enseignements à l'Ecole Centrale, dans les 3 années et en particulier dans 2 options fondamentales de 3<sup>ème</sup> année : « Mécanique Aéronautique Energie » et « Physique Appliquée ». Il est également responsable et support scientifique de deux masters recherche : « Energie, Aéronautique et Spatial » et « Matière, Structures Fluides, Rayonnement ».

Il joue un rôle important dans l'Ecole Doctorale Sciences de l'Ingénieur de l'Ecole Centrale de Paris. Son implication dans la formation doctorale est donc notable, et d'excellent niveau scientifique : environ 10 thèses soutenues par an, en légère régression dans le temps ; une chute sensible a été enregistrée en 2006, partiellement comblée par la suite ; elle est liée à une forte exigence de niveau mais aussi à de réelles difficultés de recrutement qui doivent interpeller le laboratoire sur sa politique de prospection et de motivation de jeunes talents ; 20% des doctorants sont issus de l'ECP, 65% d'une Ecole d'Ingénieurs, 15% d'universités françaises et 20% d'universités étrangères. L'attractivité du laboratoire pourrait être mieux valorisée.

Les docteurs formés au laboratoire EM2C trouvent un emploi sans difficulté, les 2/3 dans l'industrie et 1/3 dans le monde académique.



Le laboratoire a su développer des relations scientifiques denses et variées, aux niveaux national et international, tant avec le monde académique qu'avec le monde industriel. Son rayonnement est à cet égard tout à fait remarquable :

- Participation à la fédération de recherche francilienne « Transferts de Chaleur et de Masse », à plusieurs GDR importants, à des projets exploratoires du CNRS.
- Participation à de nombreux projets de l'Agence Nationale de la Recherche (à 20 projets), pour lesquels il est souvent coordinateur ; c'est un indicateur de qualité significatif.
- Participation à de nombreux consortiums du PCRD, de l'ESA, où il occupe une place importante.
- Développement de nombreuses relations scientifiques avec le monde académique, en France bien entendu mais aussi avec de prestigieuses universités étrangères (USA, Royaume-Uni, Allemagne, Japon...).
- EM2C, laboratoire du CNRS, développe des partenariats suivis avec la plupart des organismes de Recherche de son domaine, notamment l'ONERA, le CNES, le CEA, l'IRSN...
- Ses relations avec le monde industriel sont nombreuses, approfondies et pérennes. Il est en partenariat avec les principaux groupes industriels français dans les domaines de l'aéronautique, de l'espace et de l'énergie. L'ensemble de ses contrats, y compris ceux de l'ANR, représente la moitié des ressources hors salaires du laboratoire. La part des contrats industriels (120 k€ en 2007) représente 15% de ces 50% auxquels il faut ajouter 215k€ de contrats signés par CRSA ; il apparaît d'ailleurs qu'une redistribution a lieu depuis 2005, des contrats industriels directs vers les contrats ANR. Quoiqu'il en soit, le laboratoire EM2C a véritablement établi des relations de confiance avec le monde industriel.

Notons cependant que, curieusement, la capacité d'innovation d'EM2C, qui est incontestable, ne conduit qu'à un nombre faible de brevets ; ceci doit être un sujet de réflexion pour le laboratoire.

Il faut également souligner qu'EM2C est très présent dans les instances nationales et internationales, témoignage de son rayonnement et de sa crédibilité : un membre des Académies des Sciences et des Technologies, une déléguée scientifique à l'Agence d'Evaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur, un directeur scientifique adjoint au CNRS, des membres du Conseil National des Universités et du Comité National du CNRS, des membres des « boards of editors » de plusieurs revues internationales et de comités scientifiques de grands congrès internationaux, des experts à la Commission Européenne...

## 4 • Analyse équipe par équipe et par projet

### Evaluation de l'équipe Combustion

L'axe Combustion est structuré par 4 thèmes directement centrés sur les problématiques génériques de la combustion auxquelles vient se greffer un thème transversal en Mathématiques appliquées. Dans chaque thème, l'équipe a généré des contributions majeures au regard de l'avancée des connaissances scientifiques. Cela se traduit par de nombreuses publications dans les meilleures revues de la spécialité qui témoignent de l'excellence de l'équipe et de reconnaissance au meilleur niveau mondial (Combustion and Flame, Proceedings of the Combustion Institute, Journal of Computational Physics, Journal of Turbulence). L'activité contractuelle et la participation aux différentes actions collaboratives et de réseaux sont assez exceptionnelles.

La structuration de l'axe Combustion paraît parfaitement adaptée d'une part au besoin de développement personnel et de visibilité des jeunes chercheurs au travers d'opportunités spécifiques et d'autre part au déploiement d'une stratégie de recherche ambitieuse et bien identifiée dans chacun des thèmes. On aurait pu craindre que s'installe une certaine étanchéité voire une forme de compétition entre ces thèmes. Ce n'est manifestement pas le cas et il est remarquable de constater que la diffusion et l'intégration des connaissances au sein de l'équipe Combustion dans son ensemble se fait, semble-t-il, naturellement. Il faudra donc veiller particulièrement à préserver « l'ambiance » régnant au sein de cette équipe, instaurée pour beaucoup par une personnalité de premier plan, tant par sa stature scientifique que par ses qualités humaines exceptionnelles.

Il est également remarquable de constater que le processus d'élaboration de la stratégie scientifique ne se déroule pas sans interactions avec le monde industriel. Ce processus est étayé par un double questionnement



spontané tendant d'une part, à s'enquérir de la pertinence et de la représentativité des travaux envisagés par rapport à la problématique de la conception et du développement des foyers de combustion aéronautiques et d'autre part, à informer régulièrement le correspondant industriel d'avancées scientifiques nouvelles, pour identifier les opportunités qui pourraient y être attachées. Ce processus pourrait être systématisé sous une forme qui reste à définir et pourrait ainsi conduire à augmenter significativement le nombre de brevets du laboratoire et l'impact de ses travaux sur la technologie des systèmes de combustion aéronautiques.

L'arrivée des mathématiciens en octobre 2003 et en janvier 2005 correspond au début de la période couverte par le rapport d'activité. On voit clairement la volonté de ces chercheurs de s'intégrer dans le laboratoire par les nombreuses recherches concrétisées dans l'axe combustion. La modélisation et la simulation numérique d'écoulements diphasiques ont fait l'objet de plusieurs réalisations de qualité, dont la comparaison des méthodes multi-fluides Eulérienne et Lagrangienne pour simuler la dispersion d'un brouillard de gouttes dans un jet excité est un bel exemple. On voit là tout l'intérêt de la collaboration des mathématiciens avec leurs collègues des sciences de l'ingénieur. En effet, la confrontation des expériences et des simulations numériques pour capturer la dynamique des brouillards de gouttes dans les écoulements tourbillonnaires constitue un ensemble exceptionnel, sur le plan de la réalisation expérimentale comme des simulations numériques. On aurait pu craindre que les mathématiciens aient tendance à être aspirés par leurs collègues très nombreux du laboratoire MAS, mais ils semblent avoir établi un très bon équilibre entre leur appartenance disciplinaire et celle du laboratoire. Il est vrai qu'ils ont à EM2C la possibilité de simuler de nombreux problèmes intéressants et de comparer leurs résultats avec les expériences sur place. Leur contribution est sans conteste d'un très bon niveau international. Elle dépasse le cadre de l'axe combustion pour s'étendre à l'ensemble des activités du laboratoire.

L'équipe « combustion » de l'unité EM2C est bien une équipe exceptionnelle, qui se situe au premier niveau mondial dans les domaines de la dynamique des flammes, de la combustion dans les turbomachines et dans les moteurs fusées. L'équipe a su monter des installations expérimentales de qualité qui s'échelonnent depuis les « petites » expériences de laboratoire jusqu'aux bancs de combustion turbulente de taille semi-industrielle. Elle est le principal exploitant du banc « MASCOTE » de l'ONERA (60 bar, 1 MW en combustion cryotechnique), et projette de monter un banc de combustion pressurisée dans les locaux de l'ECP. Elle a également contribué à faire avancer les techniques de diagnostic optique en combustion. En collaboration étroite avec le CERFACS, elle met en œuvre des simulations numériques LES en parallèle avec les mesures expérimentales, pour faire progresser la compréhension des phénomènes en jeu dans les foyers de combustion.

Il convient cependant de veiller à ce que ce dynamisme ne nuise pas au développement harmonieux de l'ensemble du laboratoire. Il y a des signes qui interrogent : l'équipe combustion a bénéficié de 5 postes en 5 ans, l'équipe physique des transferts de 2 postes et l'équipe plasma de 0 postes (cette dernière bénéficiera toutefois d'un recrutement en 2009) ; l'équipe combustion bénéficie par ailleurs de 2,5 postes d'IR sur les 3 postes d'IR du laboratoire.

A ce sujet, le thème commun « stabilisation de flamme par plasma », présenté par l'équipe plasma est particulièrement intéressant ; il doit être poursuivi en étroite concertation entre les deux équipes. Le thème transverse « couplage entre transferts radiatifs et dynamique de flamme » est un sujet complexe sur lequel il existe peu de connaissances, et qui mérite d'être encouragé. Il est cependant étonnant que l'équipe combustion semble développer ce thème en externe avec l'École des Mines d'Albi, tandis que l'équipe transferts radiatifs (physique des transferts) collabore avec ONERA-DEFA. Un rapprochement entre les deux équipes sur ce sujet est tout à fait souhaitable.

Si les partenariats bâtis au niveau national le sont à partir des axes d'excellence des participants, au niveau international, cela n'est pas aussi clair. Il semble que le laboratoire gagnerait à définir sa politique de coopération internationale sur la synergie des compétences et expertises réciproques. Un tel positionnement serait de nature à renforcer encore davantage le rayonnement, l'attractivité et l'excellence de l'équipe.

Attention : face à l'ampleur des projets, le nombre de chercheurs « expérimentaux » pourrait s'avérer trop faible. Certaines installations sont de grande ampleur (MASCOTTE, banc de combustion turbulente, projet de flamme haute pression). Un rapprochement avec l'équipe plasma par rapport au savoir faire en diagnostics spectroscopiques serait très bénéfique.

#### Evaluation de l'équipe Plasmas Hors-Equilibre

L'équipe Plasmas Hors-Equilibre est une jeune équipe du laboratoire EM2C (création en 2003) qui a su compenser la faiblesse de ses effectifs (1 professeur, 1 chargé de recherche, 0,5 ingénieur de recherche) par une politique très dynamique de collaboration et de recrutement de personnel temporaire de très bon niveau.



Le programme scientifique est principalement basé sur l'utilisation de décharges impulsionnelles nanoseconde fonctionnant à fréquence de répétition élevée (DINR). Pour l'étude des plasmas produits par DINR, l'équipe a développé en très peu de temps des outils performants tant sur le plan de la modélisation que sur celui de la mesure des densités d'espèces réactives produites par ces plasmas (diagnostics laser avancés). L'utilisation des DINR a permis d'abaisser de manière significative les limites d'inflammabilité de mélanges pauvres (brevet déposé en collaboration avec PSA), et de stabilité des flammes. Ces études doivent être poursuivies afin d'identifier la nature des processus physiques contrôlant l'assistance plasma: effet de température ou effet des radicaux produits ? La compréhension des processus contrôlant le développement des DINR a permis à l'équipe de générer des décharges diffuses à pression atmosphérique, à des températures de gaz de plus en plus basses, ce qui ouvre des perspectives d'application dans des domaines (traitement de surface et/ou de polluants, biologie) autres que la combustion assistée par plasma, qui est le cœur des activités du laboratoire EM2C. Le savoir faire de l'équipe sur la production et l'utilisation des DINR est unique en France et de ce point de vue, l'ouverture à des thématiques autres que la combustion est parfaitement légitime. Toutefois, eu égard au faible nombre de chercheurs permanents de l'équipe, il faudra veiller à éviter une trop grande dispersion des sujets de recherche. Par ailleurs, l'équipe est à l'origine de la valorisation du logiciel, SPECAIR, mis, via internet à la disposition de la communauté des plasmiciens. Ce logiciel devient un standard pour l'analyse des émissions radiatives des plasmas hors-équilibre et le comité encourage vivement l'équipe à poursuivre le développement de ce logiciel en y ajoutant des émissions d'atomes (argon) ou de molécules (oxygène) couramment présents dans les plasmas hors-équilibre.

L'équipe Plasma du laboratoire EM2C est très bien positionnée dans la communauté nationale et internationale. Avec un taux de publication proche de 3 publications/chercheur/an, la production scientifique de l'équipe est excellente. Il faut souligner que malgré sa petite taille, l'équipe a participé au dépôt d'un des 3 brevets du laboratoire EM2C. Les chercheurs de l'équipe Plasma sont très impliqués dans de nombreuses collaborations nationales (GDR, PEPS, ANR, réseau Plasma Froid, contrats industriels) et internationales (AIAA, NASA, ESA, Stanford, ...). Le nombre significatif de sollicitations pour donner des conférences invitées témoigne de la reconnaissance par les communautés nationale et internationale de l'importance des résultats obtenus par cette jeune équipe. Cette reconnaissance justifie pleinement le souhait du comité de voir l'équipe Plasma d'EM2C se renforcer. De ce point de vue, le comité prend acte avec une grande satisfaction de l'arrivée, prévue en 2009, dans l'équipe d'un nouveau Maître de Conférences de l'Ecole Centrale.

#### Evaluation de l'équipe Nano-thermique et Nano-optique

L'activité de l'équipe a évolué de la thématique générale de l'interaction matière-rayonnement dans le contexte des milieux aléatoires, des surfaces rugueuses et des nano-objets, à celle des transferts de rayonnement et de chaleur aux échelles nanométriques, notamment : nano-optique, plasmonique, conduction nanométrique en y associant une composante expérimentale en microscopie thermique. La qualité scientifique de ces travaux leur vaut une forte reconnaissance tant au plan international par un nombre conséquent de conférences invitées qu'au niveau national par l'implication marquée dans l'animation de la communauté, notamment la participation aux actions ANR et aux GDR. Le nombre total de publications dans des revues à comité de lecture (64) est tout simplement impressionnant. On notera aussi une forte implication dans le master (M2) spécialité « matière et rayonnement ».

La composition de l'équipe a été en constante mutation. La plupart de ses chercheurs ont actuellement rejoint d'autres laboratoires (laboratoire d'Optique Physique à l'ESPCI, ou Institut d'Optique Graduate School) afin d'y développer, dans un environnement plus adapté, les travaux novateurs qui avaient vu le jour dans cette équipe sur les thématiques autour de la nano-optique. Un Directeur de Recherche reviendra en 2010 d'un séjour de longue durée au Japon sur une activité expérimentale en nano-thermique, qui est entretenue actuellement sur place par un étudiant en cotutelle.

#### **Perspectives :**

La partie nano-thermique, la seule restant, apparaît bien en phase avec les autres activités du laboratoire E.M2.C. Elle y a toute sa place. Néanmoins, sa taille est pour l'heure sous critique et il importe de décider quel sera son développement au retour du Directeur de Recherche concerné. Il demeure opportun de conserver dans ce laboratoire une activité reliée à l'aspect nanosciences si cela permet une meilleure appréhension des phénomènes intervenant jusqu'aux échelles nanoscopiques dans la physique de la combustion et plus généralement des transferts thermiques.



## Evaluation de l' équipe Physique des Transferts

Le laboratoire EM2C est réputé pour la qualité de ses travaux sur les modèles avancés de caractérisation des propriétés radiatives et sur les transferts radiatifs eux-mêmes, travaux menés essentiellement dans cette équipe.

L'activité, centrée sur la caractérisation des propriétés radiatives de différents milieux : gaz (avec ou sans particules), plasmas et milieux poreux, positionne l'équipe à l'interface des 2 autres, qui travaillent en combustion et plasma. L'équipe est essentiellement animée par 3 enseignants chercheurs et 3 chercheurs CNRS, très actifs. Depuis fin 2007, l'activité s'est élargie au couplage avec les autres modes de transferts dans les milieux poreux grâce à l'intégration d'un nouveau Professeur, spécialiste de ce domaine. Elle est actuellement déclinée selon trois thèmes :

- Propriétés radiatives des gaz et plasmas
- Propriétés radiatives et transferts radiatifs dans les milieux poreux
- Transferts couplés dans les écoulements.

La démarche scientifique, commune aux 2 premiers thèmes, consiste à développer des modèles de propriétés radiatives à partir d'une prise en compte fine des divers phénomènes physiques à une échelle élémentaire puis à développer des modèles approchés en s'appuyant sur les premiers modèles. Ces derniers sont alors utilisables dans des calculs tridimensionnels de transfert dans des milieux hétérogènes complexes.

Cette démarche confère à l'équipe une position originale de premier plan dans le domaine des transferts radiatifs tant au niveau national qu'au niveau international. Elle s'appuie sur une double expertise, expérimentale et théorique, et a conduit à développer une base de données radiatives exhaustive des plasmas Ar-O-N-C, qui permet à l'équipe de se positionner sur les projets internationaux portant sur les plasmas de rentrées atmosphériques.

Le deuxième thème porte sur la caractérisation précise des transferts radiatifs dans les milieux poreux sous la forme de fonctions de distribution cumulées d'extinction, d'absorption et de diffusion à partir de la connaissance statistique de la morphologie du milieu poreux et de ses propriétés radiatives à l'échelle locale. Cette approche a été appliquée à des milieux poreux réels anisotropes (composés éventuellement de phases semi transparentes à l'échelle locale) et est aussi développée pour des milieux poreux à 3 phases. La démarche suivie est ambitieuse et vise à terme à l'établissement d'un formalisme complet pour généraliser l'équation de transfert de rayonnement.

Le dernier thème s'intéresse à coupler les modèles radiatifs avec des modèles d'écoulements généralement turbulents et éventuellement réactifs. Les actions menées portent sur les transferts couplés en plasma et en combustion et sur les transferts rayonnement - convection naturelle. Ce thème assure, en grande part, la transversalité avec les 2 autres axes.

L'équipe prévoit de poursuivre ses activités sans rupture marquante dans les thématiques mais en les élargissant à d'autres conditions (hors équilibre et hautes températures) et aux transferts couplés, avec une thématique émergente sur les transferts en milieux poreux à hautes températures, qui doit être un thème porteur du prochain contrat.

L'équipe est le pivot de la participation d'EM2C à la « fédération francilienne de transfert de chaleur et de masse » et même à l'animation de cette fédération, dont l'objectif est le rapprochement des politiques scientifiques des laboratoires de thermique de l'Île de France. Des axes de recherche ont été définis dans ce nouveau cadre, dont certains reprennent des thèmes existants de l'équipe ( axe 1 : convection turbulente et couplage radiatif ; axe 2 : transfert de chaleur et de masse dans les milieux poreux réels ).

### **Qualité scientifique et production :**

Les résultats ont montré la pertinence de la recherche menée par cette équipe ainsi que sa capacité à répondre aux besoins de la communauté scientifique.

Peu d'équipes internationales présentent un tel ensemble de compétences dans les transferts radiatifs aussi bien dans les milieux dilués que les milieux denses.

L'équipe possède une expertise certaine dans les propriétés radiatives de milieux plasmas.

La recherche est créatrice dans le domaine des transferts radiatifs dans les milieux poreux.



L'équipe a mis en place un réseau de collaborations externes qui renforce son expertise dans le domaine des transferts radiatifs dans les gaz et plasmas

La production scientifique est d'un très bon niveau quoique sensiblement inférieure en quantité à la moyenne du laboratoire.

Les coopérations avec les autres axes du laboratoire, qui sont déjà significatives, devraient pouvoir être renforcées dans le prochain contrat en particulier grâce au développement des activités sur les transferts couplés.

Le recrutement récent, en septembre 2007, d'un spécialiste des transferts en milieu poreux et plus particulièrement de la modélisation et de la simulation numérique des mécanismes de transferts à l'interface fluide-poreux constitue un renfort précieux, qui doit être valorisé au maximum. Des résultats très intéressants ont déjà été obtenus mais il est manifeste qu'il n'y a pas encore une synergie optimale avec les autres membres de l'équipe. La concertation doit prendre de l'ampleur.

#### Rayonnement et attractivité :

Les 3 membres seniors de l'équipe participent activement à des instances nationales et deux d'entre eux s'impliquent fortement dans la diffusion des connaissances dans le domaine des transferts de chaleur et de masse à un niveau international.

L'équipe est bien intégrée (et reconnue) dans les communautés des plasmas et des thermiciens au niveau national et dans celle des thermiciens au niveau international.

L'implication de l'équipe dans des réseaux partenariaux est notable.

Mais l'expertise et le positionnement à l'international devraient se traduire par des exposés invités à l'étranger et dans des congrès (c'est le point faible de l'équipe).

## 5 • Analyse de la vie de l'unité

Il règne une très bonne ambiance au sein du laboratoire et les personnels s'y sentent visiblement bien.

Les doctorants sont particulièrement satisfaits de leur vie scientifique : très bon encadrement, bons rapports avec les ITA, bon soutien logistique, bonne interaction avec les chercheurs. Ils sont encouragés à publier et à participer aux conférences internationales, bénéficient de journées de formation, de participations à des « workshops » et séminaires.

Ils interviennent dans deux séminaires du laboratoire sur les trois ans. L'École Doctorale, très présente, leur apporte 100 heures de formation, obligatoires. Les doctorants se sentent suivis et soutenus dans leur projet professionnel ; il existe une bonne cohésion entre eux.

Les ITA/ITARF considèrent que le bilan de la direction du laboratoire est positif. Ils apprécient beaucoup la politique de mutualisation des moyens, financiers et humains, conduite par la direction ; elle leur paraît constituer un avantage essentiel. Le plan de formation qui leur est proposé est adapté. La charge imposée par la participation aux enseignements est réelle, considérée comme lourde par tous. Les ITA/ITARF sont très sollicités mais volontaires dans l'action. Ils sont plutôt satisfaits des évolutions de carrière actuelles. Ils souhaitent une amélioration du régime des primes exceptionnelles. Ils souhaitent être mentionnés comme co-auteurs dans les publications et communications.

Les chercheurs et enseignants-chercheurs ressentent un bon soutien du laboratoire dans leurs initiatives. Ils sont soucieux d'être présents dans les différents réseaux et apprécient la participation de tous les personnels à leurs actions. Pour eux aussi, la charge liée aux enseignements est lourde. Ils ne s'en plaignent pas mais, joint à de nombreuses responsabilités organisationnelles, cet état exigerait un soutien administratif plus marqué, en nombre. La mutualisation des crédits et des moyens matériels et humains est pour eux très précieuse.

Deux réunions de prospective scientifique ont lieu chaque année ; la politique scientifique du laboratoire s'y élabore. Le point crucial du recrutement des chercheurs et enseignants-chercheurs est discuté en assemblée générale. Les profils de postes sont définis sur les deux critères principaux : recherche et formation.



Compte-tenu de la taille du laboratoire, il apparait aux experts que le fonctionnement par A.G. a atteint ses limites. Le laboratoire doit probablement envisager de prendre ses décisions sur la base de conseils plus restreints, représentatifs.

Une demande forte émane des chercheurs en terme de recrutement (AI ou IE en informatique-réseaux, AI en soutien expérimental), ainsi qu'un accroissement des surfaces de recherche disponibles, pour permettre la mise en place des nouvelles installations expérimentales. Cette demande entre en correspondance avec l'appréciation du comité sur les problèmes posés par la mise en place de nouvelles installations lourdes.

La rencontre avec les tutelles a permis d'apprécier la volonté du CNRS de maintenir son soutien et celle de l'école centrale faire de EM2C un point d'appui efficace pour sa politique scientifique dans le domaine stratégique de l'Energie.

Ceci s'est concrétisé par le recrutement récent d'un Professeur et d'un Maître de Conférences. Il bénéficiera également de l'ouverture d'un poste de Maître de Conférences en 2009 pour l'équipe plasmas.

Le comité attire néanmoins l'attention des tutelles sur le devenir de la nano-thermique qui repose sur un seul chercheur actuellement en détachement au Japon. Son maintien au sein d'EM2C ne peut se faire que dans l'équipe « Physique des Transferts », mais le transfert dans un autre laboratoire de l'Ecole, ou à l'extérieur doit aussi être envisagé.

Le dernier entretien avec l'équipe de direction a permis de préciser les orientations. Les grands axes de recherche des trois équipes seront maintenus et approfondis. Des projets sont mis en œuvre pour rapprocher les trois équipes. La direction a conscience de la nécessité, pour l'équipe « Physique des Transferts », de conforter l'intégration du nouveau Professeur spécialiste des milieux poreux. La convergence Rayonnement-Plasmas- Combustion peut également progresser. La mise en place d'une plate-forme expérimentale pour l'étude de la combustion sous haute pression est pour le laboratoire un enjeu fort. Il veillera à favoriser également l'émergence de nouveaux projets, sans dispersion.

La direction projette la mise en place d'un conseil scientifique du laboratoire où interviendront une ou deux personnalités extérieures ; c'est une heureuse initiative.

## 6 • Conclusions

### - Points forts :

- Le laboratoire travaille sur des problèmes stratégiques où il fait référence, dans le domaine clé de l'Energie.
- Sa production scientifique est de très grande qualité, abondante et en progression. Tous les chercheurs et enseignants-chercheurs sont publiants.
- La formation doctorale est d'excellente qualité et l'appui aux enseignements de l'Ecole Centrale et aux masters Recherche très performant.
- Les recrutements de personnel permanent sont de grande qualité et se sont révélés très positifs, en particulier dans le domaine des mathématiques.
- Le laboratoire dispose de moyens expérimentaux et d'une maîtrise de ces moyens tout à fait exceptionnels.
- Un point fort incontestable est la remarquable articulation expérimentation-modélisation-simulation numérique ainsi que l'équilibre entre recherche de base et applications industrielles.
- Le laboratoire est très ouvert vers l'extérieur et son rayonnement scientifique est exceptionnel. Il participe à de nombreux GDR, à des réseaux internationaux. Ses relations avec de nombreuses universités en Europe et hors Europe lui confèrent une véritable visibilité internationale.



- Ses relations avec le monde industriel sont denses et efficaces. Il est partenaire privilégié des grands groupes industriels français de son domaine. Son partenariat est également très actif avec les grands organismes publics de recherche.
- Il pratique la mutualisation des moyens financiers, expérimentaux et humains avec une grande efficacité et avec des conséquences très positives pour tous les personnels ; il consacre une part importante de ses moyens financiers aux investissements (38%).

- Points à améliorer :

- Compte-tenu des fortes relations d'EM2C avec le monde industriel, une politique de valorisation des résultats doit être mise en œuvre en vue de la prise de brevets ou de la protection des logiciels.
- Le flux de doctorants n'est pas à la hauteur de l'attractivité du laboratoire.
- EM2C doit veiller au développement harmonieux de toutes ses composantes et peut encore améliorer les interactions entre elles.
- Compte-tenu de sa taille, le laboratoire doit sans doute améliorer sa structuration pour la prise de décisions stratégiques, notamment pour les recrutements.

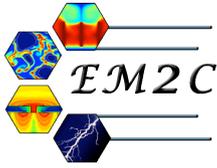
- Recommandations :

- Mettre effectivement en place le Conseil Scientifique du laboratoire.
- Veiller au meilleur équilibre possible entre les trois équipes, sans remettre en cause la place prééminente de la combustion. Renforcer l'équipe « Plasma » qui est sous-critique.
- Mettre en œuvre des projets susceptibles de rapprocher les trois équipes et de valoriser au mieux leurs compétences complémentaires.
- Veiller à un bon équilibre entre la politique ambitieuse de mise en œuvre de plateformes expérimentales et les compétences techniques qu'elle induit. Le laboratoire risque de manquer d'expérimentateurs.
- Veiller à une bonne intégration du thème « milieux poreux » dans l'équipe « Physique des Transferts », à la meilleure valorisation possible de cette compétence dans le contexte du laboratoire.
- Rester attentif au devenir de la nano-thermique, sachant que l'échéance n'est pas immédiate et que la décision devra respecter les grands équilibres scientifiques du laboratoire.

Le directeur du laboratoire EM2C doit être félicité pour la qualité de sa gouvernance. Il apparaît que la transition vers la nouvelle direction en 2010 s'effectue dans les meilleures conditions.

Les points à améliorer et les recommandations ne remettent évidemment pas en cause la performance exceptionnelle du laboratoire EM2C, référence internationale dans ses domaines de compétence.

Note de l'unité	Qualité scientifique et production	Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement	Stratégie, gouvernance et vie du laboratoire	Appréciation du projet
A+	A+	A+	A	A+



## Commentaires du laboratoire EM2C, UPR 288 sur le pré-rapport du Comité d'Experts de l'AERES

Nous tenons à remercier le Comité de Visite de l'AERES pour le temps qu'ils ont consacré à notre laboratoire, pour leur évaluation très favorable de nos activités, ainsi que pour tous les commentaires et recommandations qui vont nous permettre de mieux piloter notre unité au cours de la prochaine période. Vous trouverez ci-dessous quelques remarques, corrections et commentaires sur le pré-rapport. Ces remarques sont regroupées en deux parties (réponses aux questions de fond, et quelques corrections factuelles), et de façon séquentielle dans l'ordre adopté pour ce pré-rapport.

### 1 ● Présentation succincte de l'unité

- sur la durée moyenne des thèses,

La durée moyenne des thèses, calculée précisément selon le tableau des pages 44 et 45 du rapport d'activité, est de 3 ans et 5 mois et non de 4 ans comme indiqué dans le rapport (voir également le tableau extrait du rapport d'activité en bas de ce texte).

Il est utile de préciser que si quelques thèses sont soutenues après une durée supérieure à 41 mois, cela est le plus souvent dû au fait que beaucoup de doctorants sont recrutés avant la soutenance de leur thèse. Les doctorants n'attendent pas la fin de leur travail pour rechercher un emploi. Si on tient compte de cet aspect, la durée effective des thèses est alors de l'ordre de 38 mois mais les tableaux ne reflètent pas bien cette réalité.

### 3 ● Analyse globale de l'unité, de son évolution et de son positionnement local, régional et européen

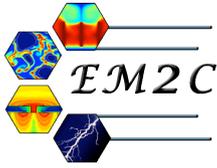
- concernant la physique des transferts (l'un des 5 domaines de recherche),

Les transferts couplés en 3D concernent à la fois les fluides et les milieux poreux. Remplacer « plus spécifiquement dans les milieux denses » par « dans les fluides et milieux poreux ».

- concernant la « chute sensible du nombre de thèse soutenues en 2006 »,

Le tableau de la page 47 ne fait pas apparaître les glissements entre les années. Certaines thèses sont soutenues à la fin d'une année d'autres au tout début de l'année suivante. C'est ce qui s'est passé en 2005 où plusieurs thèses qui auraient dû être soutenues à l'automne 2004 l'ont été en janvier tandis que la plupart de celles se terminant à l'automne l'ont été avant la fin de l'année, générant un pic de soutenance en 2005.

Comme indiqué dans le pré-rapport, le nombre moyen de doctorants par chercheur en permanence est de 1,7, soit 3,09 doctorants par HDR (11). Les chercheurs HDR sont donc proches de la limite de capacité d'encadrement mais il est vrai que l'effort d'encadrement n'est pas également réparti. Il serait peut-être plus juste de dire qu'il faudrait encore augmenter l'attractivité de certains thèmes.



- concernant « le nombre faible de brevets »,  
Les thématiques de recherche du laboratoire, qui sont situées en amont à un niveau fondamental, ne sont pas bien adaptées au dépôt de brevets. Les activités sont ciblées pour une bonne part sur la compréhension des phénomènes physiques et leur modélisation, tout en étant en lien fort avec des applications industrielles. Au travers de ces applications, elles peuvent occasionnellement conduire au dépôt de brevets par les industriels. Le laboratoire n'a pas vocation à déposer des logiciels mais il cherche plutôt à élaborer des modèles et des éléments intégrables dans des logiciels existants largement partagés par la communauté scientifique ou utilisés par les industriels.

#### 4 ● Analyse équipe par équipe et par projet

##### a- Equipe combustion :

- concernant « l'évolution des équipes »,

L'équipe combustion a en effet bénéficié de 5 postes en 5 ans, mais pendant la même période, l'équipe a perdu 2 de ses membres (décès d'un DR2 et départ à la retraite d'un professeur). Un membre de cette équipe est devenu Directeur Scientifique Adjoint à l'Institut ST2I du CNRS, un autre de ses membres joue un rôle important au niveau national.

Il faut également préciser qu'un poste de professeur a été accordé à la suite de la nomination de Sébastien Candel à l'IUF. Ce poste a permis le recrutement de Marc Massot en janvier 2005.

Enfin, l'un des 5 postes résulte du concours CR1 du CNRS et correspond à un recrutement sur projet scientifique. En définitive, l'axe combustion n'a bénéficié que de deux postes frais. Pendant cette période, deux postes frais ont été obtenus pour l'axe Physique des transferts, dont un des chercheurs a pris des responsabilités au sein de l'AERES, et un poste a été promis à l'axe plasma. On peut donc considérer que l'ensemble des axes du laboratoire s'est développé de façon harmonieuse.

- concernant « le partenariat international »,

L'équipe combustion a des projets en cours avec le DLR, Astrium et l'Université de Munich (Allemagne), l'US Air Force (Philips labs), l'Université Penn State (Vigor Yang), Iowa State (Prof. Rodney Fox). Elle est doublement impliquée dans un projet européen (KIAI). Les relations avec le Japon et en particulier la JAXA sont maintenant bien ancrées. Compte tenu des activités intenses au niveau national, il ne sera pas raisonnable de charger cette équipe par d'autres activités internationales.

##### b- Equipe nano-thermique :

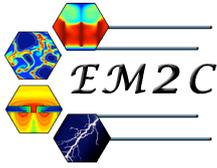
- concernant « participations aux ANR et GDR »,

Plus que des participations, l'équipe est porteuse de projets ANR et à l'origine de la création et de l'animation d'un GDR.

#### 6 ● Conclusions

- concernant les points à améliorer,

i- L'unité se propose d'inciter les chercheurs à déposer un plus grand nombre de brevets tout en notant que ses thématiques de recherche ne se prêtent pas très bien à ce type d'activité. Les activités de recherche sont cependant menées en lien fort avec les



applications industrielles et peuvent conduire à des brevets chez les partenaires. L'unité considère aussi que le système mis en place pour aider les chercheurs dans la protection de leurs inventions pourrait être plus efficace et plus réactif.

ii- La protection des logiciels est difficilement envisageable pour notre laboratoire. En effet, nous ne développons pas de logiciels mais des modèles intégrables dans les logiciels développés par ailleurs et largement partagés par la communauté scientifique ou par les partenaires industriels.

iii- Le flux de doctorants pourrait peut être augmenter mais nous observons que le nombre moyen de doctorants par chercheur, comme indiqué dans le pré-rapport, est en permanence de 1,7. Ce chiffre correspond à 3,09 thèses par HDR, ce qui est proche de la limite des capacités d'encadrement de l'unité (avec cependant une charge d'encadrement qui n'est pas uniformément répartie).

## Quelques corrections factuelles

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

Mme Béatrice BISCANS est Chargée de Mission ST2I du CNRS

### 3 ● Analyse globale de l'unité, de son évolution et de son positionnement local, régional et européen

- concernant la part des contrats industriels en 2007,  
Au chiffre de 120 k€, il faut rajouter le montant de 215 k€ des contrats signés par CRSA (voir le tableau page 60 du rapport d'activité).

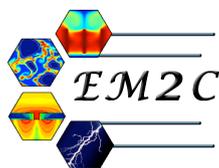
### 4 ● Analyse équipe par équipe et par projet

- Equipe Plasmas hors équilibre:
- concernant « le code SPECAIR »,  
L'équipe est à l'origine de la valorisation du logiciel, SPECAIR, en le mettant via internet à la disposition de la communauté des plasmiciens.

### 5 ● Analyse de la vie de l'unité

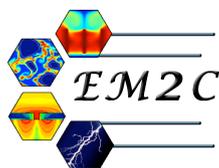
- concernant les recrutements récents,  
Nous avons bien recruté un professeur mais aussi un Maître de Conférence et non un « contractuel » comme indiqué dans le pré-rapport

Nasser DARABIHA  
Directeur du laboratoire



**Durée des thèses :**

NOM	PRÉNOM	AXE	FINANCEMENT	DEBUT	FIN	NB MOIS
DE LA CRUZ GARCIA	Marta	C	ADEME	oct-01	janv-05	40
LECANU	Michael	C	MESR	oct-01	janv-05	40
RIBERT	Guillaume	C	CIFRE	oct-01	janv-05	40
FAYOUX	Amélie	C	CIFRE	déc-01	mai-05	42
COURTOIS**	Raphael	C	ONERA	oct-01	juin-05	43
EMBOUAZA	Mohamed	C	CIFRE	oct-01	juil-05	46
DIOC	Nathalie	C	U.E.	sept-02	nov-05	39
RICHECOEUR	Franck	C	BDI	déc-03	nov-06	36
SINGLA	Ghislain	C	BDI	oct-02	nov-05	37
AUGÉ	Micheline	C	IFP	oct-02	déc-05	38
DUFOUR**	Guillaume	C	Toulouse 3	oct-02	déc-05	38
GHEDHAIFI	Weeded	C	CIFRE	oct-02	mai-06	43
GALLEY	David	C	CIFRE	oct-02	sept-06	48
BIRBAUD	Anne-Laure	C	MESR	oct-03	déc-06	39
DUGUÉ**	Vincent	C	CIFRE	déc-03	avr-07	41
GUILBAUD**	Alexandre	R	MESR-P6	oct-04	déc-07	39
NOIRAY	Nicolas	C	DGA	oct-04	déc-07	39
GONCALVES DOS SANTOS	Rogério	C	Gouv. Brésil	avr-04	janv-08	40
VESSILER**	Cédric	C	IFP	sept-04	févr-08	42
BARBOSA	Séverine	C	DGA	oct-05	2008*	
BETBEDER	Elodie	C	CIFRE	oct-05	2008*	
DE CHAISEMARTIN	Stéphane	C	DGA/BDI	oct-05	2008*	
DEVILLERS**	Robin	C	IFP	oct-05	2008*	
FICHET**	Vincent	C	EDF	oct-05	2008*	
MICHEL**	J.-Baptiste	C	IFP	oct-05	2008*	
TRAN	Nicolas	C	Fond. EADS	oct-05	2008*	
TRUEBA	Antonio	C	CIFRE	mars-04	2008*	
ZHANG	Jin	C	MESR	oct-05	2008*	
DUCHAINE	Patrick	C	MESR	déc-06	2009*	
MAZAS	Antoine	C	CIFRE	oct-06	2009*	
MERY	Yoann	C	BDI	déc-06	2009*	
PONS	Laetitia	C	CNES	févr-06	2009*	
VICQUELIN	Ronan	C	CIFRE	déc-06	2009*	
YOSHIKAWA	Itaru	C	Gouv. Japon	déc-06	2009*	
KAH	Damien	C	CIFRE	avr-07	2010*	
PALIES	Paul	C	MESR	oct-07	2010*	
LAMRAOUI	Amar	C	FRAE	déc-07	2010*	



LAROCHE	Marine	N	DGA	oct-02	nov-05	37
PIERRAT	Romain	N	U.E.	janv-05	oct-07	34
CHAPUIS	P.-Olivier	N	MESR	sept-04	déc-07	40
RONCALI**	Emilie	N	CIFRE	nov-05	juil-08	34
ARNOLD	Christophe	N	DGA	janv-05	2008*	
LE XUAN**	Loc	N	Cachan	oct-05	2008*	
VELVE- CASQUILLAS**	Guilhem	N	MESR-P11	oct-05	2008*	
BOFFETY	Matthieu	N	U.E.	avr-06	2009*	
CHALOPIN	Yann	N	MESR	oct-06	2009*	
NOSAL	Samuel	N	DGA	oct-06	2009*	
BERA	Chandan	N	DGA	oct-07	2010*	
VASSANT	Simon	N	RégionCnano	oct-07	2010*	
PLAYEZ**	Mickael	P	VKI	nov-05	juin-06	44
BENABID***	Nail	P	MESR	oct-05	févr-07	
ELIAS**	P.-Quentin	P	ONERA	nov-03	avr-07	42
PAI	David	P	ECP	mars-04	janv-08	46
PILLA	Guillaume	P	BDI	oct-04	janv-08	40
BERARD	Philippe	P	DGA	oct-04	juil-08	46
CELESTIN	Sébastien	P	MESR	oct-05	2008*	
ABBATE**	Sarah	P	ONERA	janv-07	2010*	
KADDOURI	Farah	P	MESR	oct-07	2010*	
ZEGHONDY	Barbar	R	MESR	oct-02	nov-05	37
ROUX**	Patrick	R	MESR-P6	oct-02	déc-05	38
AVILA**	Sébastien	R	ONERA	oct-02	déc-06	51
HIRATA**	S.C.	R	MESR-P6	oct-03	févr-07	41
BABOU	Yacine	R	MESR/P11	oct-03	juil-07	46
CHALOPIN**	Elie	R	IRSN	avr-04	févr-08	46
PAUTRIZEL**	J.-Baptiste	R	ONERA	oct-03	2008*	
BENEY	Arnaud	R	MESR	oct-04	2008*	
KAHHALI	Nicolas	R	CIFRE	mars-05	2008*	
LAMET	Jean-Michel	R	ONERA	mars-06	2009*	
DAVIOT**	Ronan	R	CEA/CFR	nov-06	2009*	
DEPRAZ	Sébastien	R	ONERA	nov-07	2010*	
CHAHLAFI**	Miloud	R	IRSN	janv-08	2011*	
Nb de THÈSES SOUTENUES ENTRE 2005 ET 2008						34
DURÉE MOYENNE D'UNE THESE, MOIS						40,94