



**HAL**  
open science

## Institut P' - Recherche et ingénierie en matériaux, mécanique et énergétique

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. Institut P' - Recherche et ingénierie en matériaux, mécanique et énergétique. 2011, Centre national de la recherche scientifique - CNRS, Université de Poitiers, École nationale supérieure de mécanique et d'aérotechnique - ISAE-ENSMA. hceres-02030768

**HAL Id: hceres-02030768**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02030768>**

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 :

Institut PPRIMME

sous tutelle des  
établissements et organismes :

CNRS

Université de Poitiers

ENSMA

Novembre 2010



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

Section des Unités de recherche

## Rapport de l'AERES sur l'unité :

Institut PPRIMME

sous tutelle des  
établissements et organismes :

CNRS

Université de Poitiers

ENSMA

Le Président de l'AERES

Didier Houssin

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

Pierre Glorieux

Novembre 2010



# Unité

Nom de l'unité : PPRIMME

Label demandé : UPR

N° si renouvellement : 3346

Nom du directeur : M. Jean Paul BONNET

# Membres du comité d'experts

## Président :

M. Michel LÉBOUCHE

## Experts :

M. Michel TRINITE, CORIA, Rouen

M. Christian LEXCELLENT, FEMTO, Besançon, représentant le CNU

M. Gilles FLAMANT, PROMES, Perpignan, représentant le CoNRS

M. Innocent MUTABAZI, LOMC, Le Havre

Mme Dominique BAILLIS, CETHIL, Lyon

M. Jean François SACCADERA, CETHIL, Lyon

M. Jean-Claude BOYER, LamCos, Lyon

M. Alain JACQUES, Mines, Nancy

M. Thierry BARRIERE, FEMTO, Besançon

M. Michel PROVANSAL, IRPHE, Marseille

M. Tudor BALAN, Arts et Métiers ParisTech, Centre de Metz

Mme Marion MARTINY, Université de Metz

M. Christian MOYNE, LEMTA, Nancy

M. Claude CAMBON, LMFA-Lyon

M. Jean-Noel GENCE, LMFA, Lyon

M. AbdelKader MOJTABI, IMFT, Toulouse

M. Uwe EHRENNSTEIN, IRPHE, Marseille

M. Joel EYMERY, CEA

M. Olivier SIMONIN, IMFT, Toulouse

M. Bernard CROSET, INSP, Paris

M. Olivier COUTIER, ENSAM, Lille

Mme Pascale DOMINGO, CORIA, Rouen

M. Remy HERGOTT, CNES, 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. Jean Pierre GESSON, Président de l'université de Poitiers

M. Olivier BONNEAU, VP recherche de l'université de Poitiers

M. Yves BERTRAND, UFR Sciences Fondamentales et Appliquées de l'université de Poitiers

M. Bernard LEGUBE, Directeur de l'ENSI Poitiers, université de Poitiers

M. Francis COTTET, Directeur de l'ENSMA

M. Jean-Michel LEGER, observateur au titre du Conseil scientifique de l'Université

Mme Denis VEYNANTE, DAS, INSIS-CNRS

M. Dominique LEGUILLON, Chargé de Mission, INSIS-CNRS

M. Giancarlo FAINI, DAS, INP-CNRS

M. Patrice SOULLIE, Administrateur Délégué DR CNRS



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite de l'Institut Pprime en vue de l'évaluation de son activité scientifique et de son projet, s'est déroulée du mardi 23 novembre 2010 à 8h30 au jeudi 25 novembre 2010 à 13h30.

Le premier jour, après une présentation générale de l'UPR par son directeur, le comité s'est réparti en deux groupes : A « solides » et B « fluides ».

Le premier groupe a entendu les rapports d'activités du « LMS », du « LPMP » et du « PHYMAT » suivis de discussions.

Le groupe B a entendu les rapports d'activités du « LEA », du « LET » et du « LCD » suivis de discussions.

Une séance plénière a alors été consacrée à la synthèse de ces bilans et à une discussion générale.

L'après-midi a été consacrée en séance plénière, aux projets des trois départements nouvellement constitués, suivis de discussions et, pendant la dernière heure, à la présentation et à la discussion du projet Pprime.

La seconde journée a d'abord été consacrée à des visites par groupes A et B, très bien organisées et qui ont remarquablement illustré les activités expérimentales dans les 3 départements. Ces visites ont duré deux heures et ont été suivies d'exposés scientifiques précis par groupes sur des thèmes particulièrement représentatifs de l'activité de l'unité (pendant 2 heures), suivis d'exposés en assemblée plénière sur les actions inter départements (pendant 45 minutes) et d'une discussion générale d'une durée d'1 heure.

Enfin, le comité a reçu les représentants des personnels, administratifs, techniques, enseignants chercheurs et chercheurs, doctorants et post-doctorants, pendant près de 2 heures au total.

La dernière demi journée s'est tenue sur le site du CEAT, ce qui a permis la visite de la plate-forme technologique, qui comporte des moyens d'essais lourds, remarquables voire exceptionnels (banc Martel). Le comité a rencontré les tutelles (Université de Poitiers, ENSMA, CNRS) pendant une heure, puis a eu un ultime entretien d'une heure avec le Comité de Direction de Pprime. Il s'est ensuite réuni à huis-clos pendant 2 heures pour préparer son rapport.

Ces deux journées et demie ont été remarquablement organisées, très denses, les entretiens ayant été bien préparés et constructifs. Les membres du comité de visite ont disposé de documents de très bonne qualité, rapports préalables et copie des diapositives de tous les exposés et présentations. Ils ont reçu les réponses appropriées à toutes leurs demandes d'informations complémentaires.

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

L'Institut Pprime, Unité Propre de Recherche du CNRS n° 3346, conventionnée avec l'Université de Poitiers et avec l'Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique a été créé au 1er Janvier 2010. Il doit donc être considéré comme étant en phase de construction. Il est issu du regroupement de 5 Unités Mixtes de Recherche et 1 Unité Propre de Recherche du CNRS ayant un passé et une personnalité affirmés :

- Le Laboratoire de Physique des Matériaux « PHYMAT », UMR 6630, rattaché à l'Institut de Physique.
- Le Laboratoire de Physique et Mécanique des Matériaux « LMPM », UMR 6617, rattaché à l'Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes, INSIS



Ces deux Unités forment un Département de « Physique et Mécanique des Matériaux » au sein de l'Institut Pprime.

- Le Laboratoire d'Etudes Aérodynamique « LEA » UMR 6609
- Le Laboratoire d'Etudes Thermiques « LET », UMR 6608
- Le Laboratoire de Combustion et Détonique « LCD », UPR 9028.

Ces trois Unités, rattachées à l'INSIS du CNRS constituent un second Département : « Fluides, Thermique, Combustion », au sein de l'Institut Pprime.

- Le Laboratoire de Mécanique des Solides « LMS », UMR 6610, rattaché à l'INSIS du CNRS, qui constitue à lui seul le troisième Département de l'Institut Pprime : « Génie Mécanique et Systèmes Complexes ».

Cette Unité de Recherche Propre du CNRS, qui regroupe l'ensemble de l'activité scientifique en Sciences pour l'Ingénieur du site de Poitiers, associée à une composante physique de grande qualité, est logiquement rattachée à l'Institut INSIS du CNRS. La création de l'unité Pprime avait été précédée par la création d'une fédération Pprime en 2006, reconnue par le CNRS en 2007. Ce regroupement, ambitieux et complexe à mettre en œuvre, donne incontestablement au site de Poitiers une visibilité nationale dans le domaine des sciences pour l'ingénieur associées à la physique, qui justifie pleinement l'effort entrepris.

L'Institut regroupe : 167 enseignants-chercheurs, 44 chercheurs essentiellement du CNRS, 50 ITA, 55 IATOS et 164 Doctorants, soit au total 480 personnes, réparties comme suit entre les trois départements :

- Physique et Mécanique des Matériaux : 150
- Fluides, Thermique, Combustion : 259
- Génie Mécanique et Systèmes Complexes : 71.

Il existe un déséquilibre net entre les trois départements qui pose une véritable question pour le troisième. Il convient d'ajouter à cet inventaire des ressources humaines, les personnels accueillis à titre temporaire :

- 28 ITA/IATOS présents en CDD, pour des durées de 7 à 28 mois
- En moyenne (sur 4 ans) 15 ATER/Post-Doctorants, 13 visiteurs et 20 stagiaires par an.

L'Institut Pprime constitue le 6ème pôle français en Sciences pour l'Ingénieur. Il dispose d'une superficie de 36.000m<sup>2</sup>, mais répartis sur 6 sites.

L'Institut Pprime est donc une très grosse unité de recherche, issue de laboratoires anciens et reconnus, dont la nouvelle organisation devra prendre en compte l'héritage du passé. Fort heureusement, la cohérence et la complémentarité des 6 unités mères étaient grandes.

Sur le plan scientifique, l'énumération des 14 axes de recherche issus des 21 équipes de l'organisation antérieure donne une bonne description des domaines couverts par Pprime :

- A1 Films minces et matériaux nanostructurés
- A2 Défauts et plasticité des matériaux
- A3 Endommagement et durabilité des matériaux et des structures

Au sein du département D1 qui étudie les relations entre la microstructure, les défauts et les propriétés physiques et mécaniques des matériaux ;

- A4 Hydrodynamique et écoulement environnementaux
- A5 Aérodynamique, turbulence, acoustique et contrôle
- A6 Convection, optimisation, systèmes et transferts
- A7 Structures de flammes et combustion turbulente
- A8 Combustion hétérogène et milieux poreux
- A9 Electro-fluido-dynamique
- A10 Thermique aux nano échelles et rayonnement
- A11 Détonique



Au sein du département D2 qui assure un continuum dans l'étude des écoulements et des transferts associés, en milieu réactif ou non ;

- A12 Mécanique des interfaces lubrifiées
- A13 Robotique, biomécanique-sport-santé
- A14 Photomécanique et analyse expérimentale en mécanique des solides

Au sein du département D3, qui appréhende le comportement mécanique des structures et des systèmes complexes par une approche intégrée.

La transversalité à l'intérieur des départements apparaît clairement à l'examen des axes, sauf pour le département D3 qui est un peu plus hétéroclite.

La transversalité entre les départements est assurée par des groupes transversaux :

- Métrologies optiques et couplées
- Conditions extrêmes et couplages multiphysiques
- Mécanique des interfaces

On constate effectivement une réelle volonté de développer les synergies au sein de l'unité.

- **Equipe de Direction :**

M. Jean-Paul BONNET, Directeur de Recherche au CNRS, est directeur de l'UPR 3346 depuis sa création en janvier 2010. C'est lui qui a amené le projet à maturité, à partir de la fédération Pprime des 6 unités et qui anime la phase de construction 2010/2011. Il est assisté de deux directeurs adjoints : José MENDEZ (DR CNRS, INSIS) et Philippe GOUDEAU (DR CNRS, INP). Le premier conseil du laboratoire vient d'être élu.

- **Effectifs de l'unité (sur la base du dossier déposé à l'AERES) :**

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	160	152
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	42	40
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaire 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	15+63	12
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	102,5	101,5
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	28	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	168	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	113	104



## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité:

L'institut Pprime est une très grosse unité de recherche, Unité Propre du CNRS, qui résulte du regroupement récent de 5 Unités Mixtes et une Unité Propre, ayant chacune une longue histoire et une personnalité affirmée.

Cette opération ambitieuse donne à Pprime une grande visibilité dans le paysage scientifique national et une réelle crédibilité et attractivité à l'international. Très bien implanté dans les domaines des transports, en particulier l'aérospatial et de l'énergie, ayant su rapprocher la physique fondamentale et les sciences pour l'ingénieur, Pprime dispose de techniques et plateformes expérimentales exceptionnelles, mais aussi de vraies compétences en modélisation et simulation numérique, ce qui lui permet d'être performant dans les appels à projets nationaux et internationaux. L'institut développe des relations contractuelles denses et durables avec la plupart des grands groupes industriels de ses domaines d'intervention.

Sa production scientifique est très bonne, qualitativement et quantitativement. Elle est souvent originale et fait référence dans certains domaines.

La formation à la recherche et par la recherche y est de grande qualité ; elle reste quantitativement perfectible.

Pprime est soucieux de valoriser ses recherches en développant des relations institutionnelles avec ses partenaires publics et privés ; il pourra accroître sans difficulté le nombre de ses brevets et surtout de ses licences.

Très bien implanté régionalement, l'institut Pprime est le grand laboratoire du site de Poitiers ; son rayonnement est déjà considérable.

L'opération « Institut Pprime » est en passe de réussir, grâce au charisme de son directeur, à la qualité de l'équipe de direction, à l'enthousiasme des membres du laboratoire et au soutien de ses tutelles. Les deux années à venir seront décisives pour confirmer cette impression. Il faudra toutefois que Pprime mette en oeuvre une politique des ressources humaines inventive pour maintenir son socle de compétences.

- Points forts et opportunités :

- La réunion des 6 anciennes unités dans un institut coordonné constitue un potentiel exceptionnel, pluridisciplinaire et donne à Pprime une grande visibilité et une grande attractivité ;
- La maîtrise de techniques expérimentales particulièrement performantes, l'existence de moyens d'essais lourds, parfois uniques, la convergence expérimentation fine-modélisation-simulation numérique, bien maîtrisée, constituent une force et une réelle opportunité pour l'avenir ;
- La production scientifique est très bonne, quantitativement et qualitativement, sur des thématiques souvent originales ;
- L'institut sait concilier l'excellence disciplinaire et la recherche aux interfaces ;
- L'institut développe des relations industrielles denses et durables, susceptibles de consolidations institutionnelles ;
- L'institut est très présent dans les différents réseaux nationaux et est moteur dans la politique scientifique de sa région ;
- L'institut est bien soutenu par ses tutelles et ses collectivités territoriales ;
- Le projet de Pprime est ambitieux, parfois à risque, mais crédible.

- Points à améliorer et risques :

- Pprime doit s'attendre à une érosion du nombre de ses ITA/IATOS et probablement de ses chercheurs lors du renouvellement des générations. Il y a un risque de disparition de compétences, en particulier en combustion et détonique.



- Les dispositifs expérimentaux lourds, très coûteux en moyens financiers et humains, peuvent provoquer une certaine faiblesse si les bonnes décisions d'opportunité ne sont pas prises au bon moment.
- Des progrès sont possibles sur les flux de docteurs et sur la promotion de la propriété intellectuelle (brevets et licences).
- Le département D3 est en net déséquilibre par rapport aux deux autres ; il apparaît fragile et sa cohérence peut être améliorée.
- Il ne faut pas minimiser les risques générés par la mise en place d'une structure de la taille de l'institut Pprime, même si les chances de succès paraissent grandes.

- **Recommandations:**

- Etablir un plan à moyen terme de recrutement précis et rigoureux, qui permette le maintien des compétences qui font la force et l'originalité de Pprime.
- Recréer un vivier de chercheurs en détonique et prospecter à l'international pour favoriser l'arrivée d'un senior du meilleur niveau.
- Etre attentif à l'équilibre et au devenir du département D3, qui doit rester en l'état pour l'instant ; veiller à multiplier les interactions avec D1 et D2 et à renforcer la cohérence scientifique en son sein.
- Conforter les relations industrielles sur le long terme, créer des collaborations institutionnelles (laboratoires mixtes, fidélisations,...) et surveiller le volume de contrats nécessaire au maintien des moyens d'essais lourds.
- Faire évoluer la plate-forme des moyens lourds de recherche avec rigueur, prudence et réalisme et veiller à optimiser les nécessaires moyens d'appui en personnel technique. Cet enjeu est primordial pour l'équilibre de Pprime.
- Mettre rapidement en place les nouvelles structures et veiller à une bonne circulation de l'information à tous les niveaux pendant cette période d'installation de l'institut Pprime.

Il convient de se reporter également aux remarques et recommandations complémentaires relatives aux 3 départements.

- **Données de production :**

(cf. [http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres\\_Identification\\_Ensgts-Chercheurs.pdf](http://www.aeres-evaluation.fr/IMG/pdf/Criteres_Identification_Ensgts-Chercheurs.pdf))

A1 : Nombre de producteurs parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	177
A2 : Nombre de producteurs parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	25
A3 : Taux de producteurs de l'unité $[A1/(N1+N2)]$	0.92
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	18
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	188

### 3 • **Appréciations détaillées :**

- **Appréciation sur la qualité scientifique et la production :**

L'institut Pprime développe ses recherches dans les principaux domaines des sciences pour l'ingénieur, en relation avec la physique des matériaux, sur des thématiques à fort enjeu scientifique et sociétal. Il émerge particulièrement sur les films minces, les matériaux nanostructurés, l'aérodynamique, la turbulence et le contrôle



actif, les phénomènes de transfert dans les écoulements, la nanothermique et le rayonnement, la combustion turbulente. Il est unique en France dans le domaine de la détonique, particulièrement original en électro-fluidodynamique. Il est un pôle d'excellence en tribologie et en métrologie optique. Il convient de se reporter aux commentaires par thématique scientifique. L'institut Pprime offre une large palette de compétences interactives et complémentaires, une maîtrise incontestable dans le domaine expérimental et particulièrement en métrologie, mais aussi en modélisation et simulation numérique, en croissance. A titre d'exemple, Poitiers est un pôle d'excellence en turbulence. Pprime dispose de plateformes d'essais remarquables mais coûteuses, souvent originales, qui constituent autant d'atouts appréciables, mais qu'il conviendra de maintenir, de promouvoir pour certaines.

Les travaux ont généralement un bon impact scientifique, qui bien entendu peut encore être amélioré.

La production scientifique est qualitativement très bonne et abondante ; Pprime publie dans les meilleurs supports internationaux, dans les différents domaines qu'il couvre. Le taux de publiants est de 92%, ce qui est excellent. Sur 4 années Pprime a publié 906 articles dans des revues à comité de lecture soit 1,8 par chercheur permanent (ETP) et par an, 893 actes de congrès internationaux ; la somme des deux, correspond à 3,6 contributions écrites par chercheur permanent et par an. L'Institut est présent dans tous les grands congrès représentatifs des thématiques qui le concernent. On peut ajouter 65 contributions à des ouvrages publiés sur la période de 4 ans. La répartition entre équipes est satisfaisante. Au total, Pprime est à l'origine de 3691 contributions scientifiques, écrites ou orales, vers la communauté scientifique sur les 4 années concernées ; 380 rassemblent des auteurs appartenant à au moins 2 équipes.

C'est un très bon résultat, qui est bien entendu encore perfectible.

- **Appréciation sur le rayonnement, l'attractivité, et l'intégration de l'unité de recherche dans son environnement :**

#### – Le Doctorat à l'institut Pprime

La formation doctorale est assurée par l'Ecole Doctorale SI-MMEA de Poitiers/Limoges/La Rochelle dont l'Institut Pprime constitue le périmètre poitevin.

En 2009, Pprime a recruté 59 doctorants ; il a environ 170 doctorants en formation et le flux de thèses est de 45 thèses par an, pour 104 HDR et 204 permanents susceptibles d'encadrer ou de co-encadrer des thèses. Ce taux d'encadrement, de 0,8, peut être accru. Il semble que le nombre de candidats soit d'abord limité par le nombre de supports financiers disponibles. (23% d'allocations du MESR, 17% de la région, 14% cifre, 6% de BDI, 11% de contrats, 14% de bourses pour étrangers, 4% supports financiers des organismes de recherches, 11% de salariés du public et du privé) ; 70% des doctorants ont un diplôme d'ingénieur et 50% ont obtenu un master en dehors de Poitiers.

L'attractivité de Pprime est donc bonne, mais l'Institut a les moyens de renforcer encore sa contribution à la formation doctorale.

La durée moyenne des thèses est de 3 ans et demi, ce qui est honorable mais pourrait être réduit utilement.

#### – Qualité et pérennité des relations contractuelles

Sur un budget consolidé annuel de 24,6 ME, 5 ME proviennent de ressources contractuelles, soit 20%. Les salaires versés par l'Etat correspondent à 70% du total.

Les contrats avec les entreprises privées représentent 31% de ces ressources contractuelles, les entreprises publiques 23%, l'ANR 29%, l'Europe 6%.

Les transports apportent plus de 60% de ces ressources et l'énergie 20%.

Dans le domaine des transports, on trouve une large domination de la vocation aéronautique de Pprime (55% pour des études en aérodynamique, combustion, thermique, matériaux, tribologie), suivie de l'automobile et du spatial. Dans les domaines du transport et de l'énergie, Pprime est en relation avec la plupart des grands donneurs d'ordre.

Son rayonnement auprès des grands industriels est excellent ; il est dû à la qualité de ses moyens d'essais, à sa maîtrise en instrumentation, bref, à ses compétences confirmées. Les recherches appliquées de Pprime relèvent de



trois grands pôles de compétitivité : MOV'EO (automobile), Aerospace Valley et ASTech (aéronautique et espace). C'est bien entendu le département D2 : « Fluides, Thermique, Combustion » qui a la couverture contractuelle la plus élevée.

Toutefois, compte tenu des gros moyens mis en œuvre, il apparaît que les supports financiers contractuels ne sont pas très élevés et qu'ils pourraient être mieux négociés avec les grands groupes industriels.

Parmi les projets notables, Pprimme prévoit :

- La création d'un club d'industriels,
- L'intégration à un institut Carnot (ONERA ou Xlim),
- La mise en place d'un partenariat plus institutionnel avec l'ONERA.

Le succès de Pprimme dans les appels à projets de l'ANR est remarquable. (37 projets financés entre 2006 et 2009). L'Institut a en outre obtenu une chaire d'excellence ANR pour le projet « TUCOROM ».

En revanche, à l'Europe, Pprimme semble moins performant et n'obtient que 6% de son budget propre. Compte-tenu de sa taille et de ses relations privilégiées avec les plus grandes entreprises des secteurs des transports et de l'énergie, il paraît susceptible d'accroître sa participation aux programmes européens.

Au plan régional, Pprimme est très bien positionné grâce à sa participation forte au contrat de projet Etat-Région, sur l'Axe « Maîtrise des impacts environnementaux des activités humaines » et par le projet « Centre de Technologies Innovantes pour les Transports ».

### – Rayonnement et attractivité, intégration de l'unité dans son environnement

Au plan national, Pprimme a un rayonnement considérable et depuis longtemps. Il est en particulier très présent dans les réseaux CNRS : il participe à 20 Groupements de Recherche dans ses domaines de compétence et en anime 4. Il est présent dans les grands programmes technologiques qui le concernent (aéronautique et espace, aérodynamique et aéroacoustique des véhicules terrestres, micro et nano-technologies, surfaces, contraintes mécaniques, fluides supercritiques...) et a été actif dans l'ACI Energie et le programme « Supersonique » du Ministère de la Recherche.

Il faut rappeler ici que Pprimme est la référence française en détonique.

Au plan international, à côté de sa participation à 5 programmes européens, Pprimme est présent dans deux PICS du CNRS, 5 PRC, 9 PHC (Programmes bilatéraux Hubert Curien). Il est présent dans plusieurs programmes bilatéraux spécifiques, avec les Etats-Unis et l'Amérique du Sud...

Pprimme anime le laboratoire associé « Physique et Mécanique des Fluides » qui regroupe 3 laboratoires argentins et 4 laboratoires français, qui a été inauguré en Mars 2010 à la Faculté d'Ingénierie de Buenos Aires.

Cette politique diversifiée montre que le rayonnement scientifique de Pprimme à l'international est important.

Son attractivité pour les étudiants étrangers est bonne. Rappelons que parmi les doctorants, Pprimme bénéficie de 18 cotutelles de thèse, 5 boursiers Erasmus, 1 Eiffel et encadre 17 étrangers en co-direction de thèse.

Il faut ajouter à cela l'accueil de nombreux chercheurs étrangers pour des durées limitées et une multitude d'échanges informels.

Dans cette activité à l'international, l'Europe occupe une place de choix (50% des cotutelles de thèse, 50% des PHC) mais les relations avec les Etats-Unis sont particulièrement développées, également avec le Canada et le Japon.

Les relations avec les pays émergents s'organisent (PHC avec le Brésil, LIA : Laboratoire International Associé avec l'Argentine), PICS avec la Russie. Il existe enfin des relations institutionnelles avec plusieurs pays en développement.

Le fort rayonnement international de Pprimme est le fruit d'une politique réfléchie.



## – Valorisation des recherches et relations socio-économiques ou culturelles

L'Institut Pprime a le souci de valoriser sa propriété intellectuelle : 12 brevets ont été pris dont 8 achetés par les industriels. La politique de partenariat avec l'industrie et l'intensité des relations contractuelles ont déjà été évoquées, très positivement.

D'une manière générale, Pprime est bien intégré dans son environnement socio-économique et culturel. Il est un acteur fort dans le Contrat de Projet Etat-Région de Poitou-Charente, est en étroite relation avec les diverses collectivités territoriales; sa taille et sa visibilité, sa crédibilité, font de Pprime un acteur régional de référence dans le domaine scientifique.

Pprime est un acteur actif de la communication grand public :

- Intégration forte dans l'Espace Mendès-France, centre de culture scientifique très actif en France ; c'est un membre de Pprime qui en est le président ;
- Organisation du premier salon Aéronautique et Espace «Serotop» par la 3AF en 2008, avec forte implication de Pprime (alors fédération) ;
- Participations régulières aux fêtes de la science et aux actions de sensibilisation des lycéens aux sciences. Pprime entretient l'image de centre d'excellence en aérotechnique de Poitiers ;

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

Pour un institut de cette importance, la pertinence de l'organisation, la qualité de la gouvernance et celle de la communication interne et externe sont essentielles.

Le directeur de l'unité, dont le rôle est primordial et ses deux adjoints sont en train de réussir la transformation d'une somme de 6 unités de recherche fortes et indépendantes, regroupant 21 équipes de recherche, en un institut unique constitué de trois départements, couvrant au total 14 axes de recherche, en préservant l'excellence disciplinaire et en promouvant la recherche aux interfaces.

La nécessaire progressivité d'une telle opération doit beaucoup à la fédération qui a instauré le dialogue entre les laboratoires, a créé des synergies par des actions incitatives, a organisé des forums annuels sur des sujets d'intérêt commun et créé des groupes de travail.

Actuellement, trois départements se sont substitués aux 6 anciens laboratoires, mais la notion de branche rappelle l'existence de ces anciennes structures ; elle disparaîtra à court terme. Les départements D1 «Physique et Mécanique des Matériaux» et D2 «Fluides, Thermique, Combustion» sont d'une grande cohérence et bien équilibrés.

Le département D3 «Génie Mécanique et Systèmes Complexes» qui, rappelons-le, correspond à l'ancienne UMR 6610 : «Laboratoire de Mécanique des Solides» pose plus de questions. Il apparaît numériquement faible à côté des deux autres et son projet scientifique est un peu hétéroclite, même s'il est de qualité. Mais une organisation différente conduirait en particulier à une dispersion de la tribologie entre fluide et solide, préjudiciable à sa cohérence et à sa visibilité et à des rattachements hasardeux des autres axes aux départements D1 et D2. Il semble donc préférable de garder D3 en l'état pour l'instant, en insistant sur la nécessité pour ce département de veiller à sa cohérence interne et de s'impliquer dans des actions transversales avec les deux autres départements chaque fois que possible.

La gouvernance définitive, qui sera en place pour 2012 prévoit un Directeur et son adjoint, les trois directeurs de département (un adjoint pour D1 et deux adjoints pour D2), un responsable administratif, qui constituent le Directoire de l'Institut. Le conseil de laboratoire, déjà constitué, conseille l'équipe de direction et assure la diffusion de l'information. Le conseil scientifique, qui devra être majoritairement constitué de personnalités extérieures, fait des recommandations sur la stratégie scientifique.

Mais il existe également une structure de concertation à l'intérieur de chaque département (conseils des départements et conseils stratégiques des départements).

Compte-tenu de l'importance des moyens techniques de l'Institut, un Directeur Technique de Plateforme sera nommé, accompagné d'un Comité de pilotage et en interaction avec la Direction Centrale et avec les Départements.



Cette gouvernance apparaît comme suffisamment forte pour diriger, suffisamment décentralisée pour être acceptée et susceptible de permettre une diffusion adaptée de l'information dans les deux sens.

Initiative essentielle pour l'appui à la recherche, Pprime a organisé cet appui en réseaux de métiers (informatique et réseaux, ingénierie, électronique, bureau d'études et atelier, administration), ce qui permet une réelle synergie entre les axes et sur tous les sites et rapproche des acteurs qui se connaissaient peu.

Lors des rencontres avec les personnels, techniques, administratifs, chercheurs et post doctorants, enseignants-chercheurs et chercheurs, le Comité a pu constater un niveau de satisfaction élevé, une volonté partagée de réussir cette mutation. Cela n'exclut pas des inquiétudes pour l'avenir, en particulier pour ce qui concerne la pérennité des postes de soutien à la recherche et de chercheurs.

Les enseignants chercheurs souhaitent être mieux informés, en temps réel, des décisions prises pour l'évolution de Pprime et les personnels administratifs s'interrogent sur les conséquences de la future délégation globale de gestion. On constate un souhait général de clarification et de mise en place rapide des nouvelles structures.

Au cours de l'entretien avec les tutelles, CNRS (principal) associé à l'Université de Poitiers et à l'ENSMA, le comité a constaté un soutien total de celles-ci et une convergence de vues exemplaire. Pprime est une opération phare de l'Université de Poitiers et de L'ENSMA. Cette structuration donne une visibilité nationale très forte à une part importante de la recherche du site (80% à l'ENSMA), renforce les masters, favorise les formations pluridisciplinaires. Les tutelles sont favorables au regroupement sur le Futuroscope (plateformes et formations).

Le CNRS, qui a donné un poste de secrétaire général à Pprime et un DR en 2009, soutien très fortement l'opération.

Il considère que le dialogue entre tutelles est bon. La convention d'association sera bientôt signée.

Il s'interroge sur la viabilité de D3 et souhaite un plan de renouvellement du personnel pour la détonique.

Il faut s'attendre, pour l'avenir, à une décroissance du nombre d'ITA CNRS.

Pour ce qui concerne les enseignants-chercheurs, les postes actifs en recherche ne seront pas redéployés.

En conclusion, Pprime peut voir l'avenir très positivement s'il formule clairement ses besoins et priorités.

### – L'offre de formation de Pprime

C'est un aspect essentiel de l'activité de l'institut, d'autant plus qu'il est candidat au label « Laboratoire d'Excellence ». Pprime est impliqué, par ses 152 enseignants-chercheurs, dans les enseignements de l'ENSMA, dans ceux de l'ENSIP, Ecole d'Ingénieurs interne à l'Université de Poitiers, dans plusieurs Masters de la Faculté des Sciences Fondamentales et Appliquées de l'Université de Poitiers : « Recherche et Développement en Mécanique » et « Physique des Matériaux » à titre principal et appuient des Masters plus technologiques : « Conception en Mécanique, « Génie des Systèmes Industriels et Génie Electrique », « Matériaux-Management de Projets et Qualité », « Energies Renouvelables ».

Il intervient fortement dans le Master « Management des risques industriels et environnementaux » à l'IRIAF sur le site de Niort et en Faculté des Sciences du Sport à Poitiers (Ingénierie de la rééducation, du handicap et de la performance motrice). Enfin, il intervient dans les IUT de Poitiers, de Niort et d'Angoulême (DUT et Licence Professionnelle).

L'Institut Pprime prend en charge l'ensemble des formations en Ingénierie du site élargi de Poitiers.

### – Les ressources humaines de Pprime

Le regroupement des personnels de 5 UMR et 1 UPR constitue un potentiel humain impressionnant.

160 enseignants-chercheurs dont 76 HDR (les 3/4 rattachés à l'Université de Poitiers et 1/4 à l'ENSMA) et 42 chercheurs du CNRS dont 28 HDR, 55 IATOS des établissements universitaires et 50 ITA du CNRS. Mais les flux constatés montrent une érosion, plus marquée chez les ITA/IATOS. Cette tendance devrait se confirmer, en particulier pour les ITA/IATOS et peut-être pour les chercheurs. Plusieurs approchent de l'âge de la retraite. La



politique de recrutement doit donc être précise si Pprimme veut assurer le renouvellement des compétences. En particulier, la combustion et la détonique vont perdre des personnels de très haut niveau qui seront difficiles à remplacer. En détonique, Pprimme doit reconstituer un vivier de jeunes chercheurs et enseignants-chercheurs, par recrutements sur profils plus larges associés à une formation interne ou par recrutements de spécialistes à l'étranger.

- **Appréciation sur la stratégie et le projet :**

- **Le CEAT :**

Parmi les moyens techniques importants de Pprimme, le CEAT, sur le site de Biard, est une plateforme d'équipements lourds, exceptionnels en France dans le milieu universitaire. Site sécurisé, il rassemble les moyens lourds nécessaires à l'aérodynamique, à la combustion et à la détonique, partiellement à la tribologie. Le CEAT intègre Pprimme et devient donc un élément marquant de sa stratégie ; il constitue un atout considérable pour l'institut, mais devra être géré avec lucidité sous peine de devenir une faiblesse. En effet, ces installations sont coûteuses en maintenance, en jouvence et en personnel d'appui et certaines sont vieillissantes. Cette plateforme ne peut vivre que si l'institut dispose d'un volume important de contrats de recherche. Une politique programmatique à long terme est donc essentielle et l'optimisation des moyens humains affectés une nécessité, dans le cadre du support recherche de D2 notamment.

Le regroupement des moyens techniques sur le site du Futuroscope peut être une solution, mais elle sera très coûteuse, sur le long terme.

- **Les projets-phares de Pprimme :**

L'évaluation des 3 départements (et des 14 axes) commente les multiples projets scientifiques à l'échelle des groupes de recherche. Mais plus globalement, l'institut met en avant des grands projets :

- Un plan d'investissements d'avenir, Equipement d'excellence centré sur les bancs d'essai de haute technologie pour l'étude des nouveaux systèmes de propulsion aérospatiale : PROPAERO. Ce projet, élaboré en concertation avec l'ENSMA et l'Université de Poitiers, a reçu le soutien des grands groupes et organismes de la propulsion aérospatiale et des collectivités territoriales. Le coût total approche les 20 M€. Il peut être considéré comme une jouvence et un transfert de la plateforme CEAT sur le site du Futuroscope. C'est un beau projet, coûteux, qui exigera des moyens importants, personnel et financement, au long cours et qui donc exige prudence et lucidité pour son dimensionnement définitif.
- La participation à l'EQUIPEX « ROBOTEX », déposé par le CNRS et intitulé « Réseau national de plateformes robotiques d'excellence » ; il regroupe 14 laboratoires partenaires. Ce projet confortera l'axe RoBioss, sur la robotique humanoïde et la préhension dextre.
- Pprimme a déposé un projet de « Laboratoire d'Excellence », parfaitement justifié, porté par l'Université de Poitiers, en partenariat avec l'ENSMA et le CNRS. Il est centré sur une dizaine d'actions ciblées en matériaux, écoulements et transferts et contrôle des écoulements.

L'objectif est d'accroître le rayonnement international de Pprimme et de renforcer son attractivité. Des actions de type « Hôtel à projets » sont prévues.

Pprimme est déjà un laboratoire d'excellence avant l'heure.

- Il faut enfin mentionner la mise en place de partenariats institutionnels, laboratoire commun avec le CETIM (D3 + D1), fidélisation avec SAFRAN/SNECMA, partenariat spécifique avec l'ONERA.

Tous ces projets, en cours ou à venir, sont le témoignage de l'ouverture et de la crédibilité de Pprimme.

La politique d'affectation des moyens est évidemment en cours d'évolution au sein de l'institut. Initialement centrée sur les UMR, elle s'est orientée dès la création de la fédération vers des projets transversaux, les moyens de calcul communs, les moyens expérimentaux et singulièrement les grands équipements, spécifiques ou communs. L'affectation s'oriente maintenant vers les axes et les départements, avec une attention soutenue aux moyens communs. Cela est particulièrement marqué pour le financement des projets d'investissement d'avenir, equipex et labex.



La nouvelle politique d'affectation des moyens sera surtout à évaluer à l'issue de la prochaine période contractuelle.

Pour ce qui concerne la prise de risques et l'originalité, on verra dans l'évaluation détaillée au niveau des axes et des départements que la culture du risque existe bien et que nombre d'axes ont une activité scientifique marquée par l'originalité.

A l'échelle de Pprime, la création de cet institut montre à quel point les membres de l'unité sont prêts à prendre des risques lorsque l'enjeu est à la hauteur.

## 4 • Analyse équipe par équipe et/ou par projet

### 4.1 - Département D1 : Physique et Mécanique des Matériaux

Le département D1 se caractérise par une grande complémentarité entre les communautés SPI-mécanique et Physique. Ce qui permet de s'intéresser à des problèmes appliqués et parfois de mettre à profit des approches plus fondamentales.

Les moyens expérimentaux sont nombreux et vont de l'élaboration aux mesures mécaniques, en passant par les caractérisations et cela à plusieurs échelles de grandeur. Ils sont bien renforcés par des capacités de simulations analytiques et numériques.

L'essentiel sera de trouver les synergies au sein de l'Institut pour définir et résoudre les problèmes de mécanique à fort impact. Jusqu'à présent, l'essentiel de l'activité du département D1 se centre sur des problèmes de métallurgie, mais ces études pourraient couvrir plus largement d'autres familles de matériaux.

- **Qualité scientifique et production**

L'investigation est cohérente au niveau de l'échelle : elle va du micro pour les films minces (voire du nano : défauts et plasticité) au macro : endommagement et durabilité. Le choix délibéré de lier l'étude de la microstructure aux propriétés physiques et mécaniques est tout à fait actuel dans la science des matériaux, nationale et internationale.

Continuum entre des études très fondamentales et plus appliquées.

Souci de marier l'expérience, le numérique et la théorie.

La production scientifique de l'ancien laboratoire PHYMAT est bonne avec des publications dans des revues à fort impact. Pour l'ancien laboratoire LMPM, il faudrait poursuivre les efforts de publier d'avantage dans les journaux généralistes et ainsi améliorer la mise en valeur des résultats du laboratoire.

- **Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement**

Le département est très bien intégré dans la région Poitou-Charentes.

Grande diversité de programmes, de projets ANR blancs ou thématiques et de collaborations contractuelles.

Organisation de divers symposiums dans des congrès internationaux (par exemple European Material Research Society Meeting, conférence internationale extended defect in semiconductors ...) et des journées thématiques.

De nombreuses collaborations nationales et internationales.



- **Appréciation de la stratégie scientifique et du projet**

Le projet se décline entre autre, en actions transverses qui ont une très grande cohérence scientifique et qui fédèrent les différents axes et opérations du département. Trois activités transverses concernant le comportement des matériaux métalliques impliquant les 3 axes et 3 GT interdépartementaux.

Il y a une démarche commune aux chercheurs : établir les relations qui existent entre la microstructure/les défauts et les propriétés physiques/mécaniques des matériaux par une approche à la fois expérimentale, théorique et numérique.

- **Points forts :**

- Bon taux de publication, dans de bonnes revues ; constance ;
- Cohérence thématique avec un spectre large de compétences ; équipes reconnaissables par leurs thématiques fortes (mécanismes de la plasticité, irradiation, couches minces, endommagement, durabilité) ;
- Equilibre expérimental / théorie / numérique, avec une bonne profondeur dans les trois ;
- Activité très importante de construction de montages expérimentaux ;
- A3 : Très forte activité contractuelle / ANR, partenariats industriels suivis (grands groupes). Pour A2 : ANR, mais surtout soutien de base Ministère, CNRS, région ;
- Maturité et réalisme du projet, concentration des efforts sur des thèmes choisis ;
- Anticipation des départs en retraite, collaboration entre générations lors du passage. Cela n'est pas vrai partout ; il y a danger du côté de A2 (CNRS).

- **Points faibles :**

- Peu de publications dans de revues de toute première notoriété sauf pour A2 (PR, PRI, PhilMag...) ;
- Certains chercheurs à fort rayonnement international quitteront l'équipe dans les prochaines années ; la relève est solidement en place, mais doit encore faire ses preuves et parvenir au même niveau de notoriété.

- **Suggestions :**

- Viser plus régulièrement des publications de tout premier rang ;
- Préserver le « temps de recherche » devant le danger d'augmentation des tâches administratives et d'enseignement ;
- Lors des évolutions thématiques et de personnels en cours, continuer les efforts de « singularisation » de l'axe au niveau national / international ;

Bien que l'axe A3 soit plus orienté « mécanique », des synergies sont possibles entre axes sur des aspects fondamentaux de certains sujets « appliqués ».

## **Axe A1 - Films minces et matériaux nanostructurés**

L'axe A1 résulte de la fusion en presque totalité des équipes E1 et E3 du laboratoire PHYMAT. Il comprend 26 membres répartis de façon équilibrée sur deux opérations. Ce regroupement cohérent s'articule autour des films minces, de leur croissance et des relations entre leur structure et leurs propriétés physiques et mécaniques.

- **Qualité scientifique et production**

La production scientifique est régulière, conséquente et de bon niveau : 2,2 publications par an et par équivalent temps plein dont un nombre significatif dans des grandes revues (Phys. Rev. Lett., Phys. Rev. B et E, Appl. Phys. Lett., Langmuir). Tous les membres sont publiants et trois membres ont passé leur HDR ces quatre dernières années. L'équipe a de très grandes compétences en techniques de croissance, d'élaboration et de caractérisation des films minces. Sa capacité à étudier par des méthodes expérimentales, analytiques et numériques les propriétés



élasto-plastiques des films minces à l'échelle micro- et nanoscopique est rare tant nationalement qu'internationalement et elle lui a permis de développer des machines de sollicitation installées sous rayonnement synchrotron qui sont utiles à la communauté scientifique française.

- Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

Cet axe bénéficie d'une bonne reconnaissance nationale et internationale. Il a obtenu 6 projets ANR dans les quatre dernières années avec des partenaires académiques et industriels. Il a organisé des colloques nationaux et des symposiums dans des congrès internationaux. Sa compétence en rayonnement synchrotron est reconnue par la participation de ses membres à des comités de revue. Le nombre de doctorants est allé en croissant pour atteindre aujourd'hui le ratio satisfaisant de 17 thésards pour 25 permanents. La participation conséquente au CoNRS doit être notée. L'équipe devra à l'avenir veiller à utiliser son attractivité pour se renforcer en chercheurs CNRS.

- Appréciation du projet

Le regroupement des deux équipes E1 et E3 est tout à fait pertinent. Il réunit en un même axe la maîtrise de très nombreuses méthodes de croissance, modification, caractérisation et analyse des films minces. Dans les deux opérations, la culture spécifique de PHYMAX sur les propriétés mécaniques des films minces est utilisée. Elle devrait permettre l'utilisation optimale du nouveau microscope de champ proche dédié à l'observation in situ des surfaces sous contrainte. L'attention portée aux propriétés mécaniques est un élément unifiant du département et doit permettre à l'axe de se distinguer de la vive concurrence existant en croissance des matériaux. Enfin, grâce à ses compétences en croissance, l'axe 1 joue un rôle central dans l'action transverse sur les phases MAX qui est un thème riche d'applications.

## Axe A2 – Physique des Défauts et Plasticité (PDP)

L'axe PDP regroupe des chercheurs CNRS (4 ETP) et 10 EC de l'Université. Il correspond à l'une des activités « historiques » du PhyMat : l'étude des défauts dans les semiconducteurs : mécanismes fondamentaux de la plasticité (élargi à des systèmes plus complexes tels que les composites filaires CuNb, les quasicristaux, et les phases MAX ou de taille nanométrique : nucléation en surface des dislocations), et défauts d'implantation dans Si, Ge, et SiC, avec ici aussi une ouverture vers les phases MAX. Les approches combinent expérimentation (essais mécaniques sous pression de confinement, MET...), calculs ab initio et modélisation numérique. L'approche est résolument fondamentale, ce qui conduit l'équipe à rechercher ses financements essentiellement auprès des bailleurs publics (Ministère, CNRS, Région, ANR).

- Qualité scientifique et production

Les membres seniors de l'axe PDP sont des spécialistes internationalement reconnus de leur domaine et les plus jeunes ont su développer des sujets personnels originaux. Tous sont publiants, et ont une production de bon niveau, en quantité (2,5 ACL/ETP/an), et surtout dans les revues de référence de la spécialité (PRB, PRI, JAP, API, Phil. Mag., PSS, Acta Mat...).

- Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

Les chercheurs et enseignants chercheurs de l'axe ont établi des collaborations avec des équipes étrangères européennes et non européennes : USA (MIT, LNBL), Suisse (PSI), Russie (AS). Les EC sont fortement impliqués dans les tâches administratives liées à l'enseignement (Mastères, licences, IUT...) Les étudiants en Thèse (11 sur quatre ans) sont majoritairement issus de l'Université de Poitiers, mais aussi de Rennes, Lille ou Toulouse (INSA). Après leur thèse, ils se tournent majoritairement vers l'Enseignement Supérieur et le CNRS.

- Appréciation du projet

Les projets de recherche proposés s'appuient logiquement sur les points forts de l'axe (mécanismes élémentaires de la plasticité et extension aux composites et phases MAX). L'évolution vers l'étude des nano objets (micropiliers, fils, mais aussi cavités nucléées après irradiation) devrait bénéficier des compétences expérimentales et en simulation des membres de l'axe et doit être encouragée. Cependant, ce type d'études fait l'objet d'une vive



concurrence vis-à-vis de laquelle il est important de se distinguer. Le point fort est la position incontournable de l'équipe dans son domaine de spécialité, avec une bonne intégration internationale, et une bonne production scientifique en quantité et en qualité. Les évolutions thématiques sont à poursuivre. Attention, les choix thématiques (pertinents) entraînent une dépendance dangereuse aux financements publics. Le renouvellement des cadres CNRS devrait faire l'objet d'une attention particulière.

### Axe A3 - Endommagement et durabilité (ENDO)

L'axe A3 résulte d'une restructuration de l'ancien LMPM. Il est décliné en deux opérations différenciées par les matériaux étudiés (métalliques / composites) et les poids respectifs des développements expérimentaux / numériques, mais avec une unité thématique autour de l'endommagement et de la durabilité des matériaux. Son rapprochement avec l'ancien PHYMAT au sein du Département 1 est également très cohérent scientifiquement. Dans cette période de restructuration, cet axe a connu un renouvellement important de ses effectifs (départs en retraite / recrutements), utilisé comme une opportunité pour renforcer des thématiques jugées porteuses, équilibrer les volets expérimental-théorique-numérique de ses activités, donner corps à des collaborations inter-laboratoires précédentes etc.

- **Qualité scientifique et production**

L'axe A3 affiche une production scientifique conséquente et de bon niveau, avec un taux moyen d'environ 1,5 publication de rang A par ETP et par an (si l'on retire les proceedings de conférences). On compte de manière transitoire deux MCF et un CR non-publiants ; mais la production scientifique de cet axe est vouée à s'accroître à court terme. Des publications de bon niveau sont produites dans les deux opérations de recherche de l'axe. On pourrait attendre de cet axe, à moyen terme, une progression des publications dans des revues de tout premier rang.

- **Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement**

Cet axe bénéficie d'une bonne reconnaissance nationale et internationale, due au rayonnement de ses personnalités scientifiques marquantes et à la cohérence et qualité scientifique de ses travaux d'ensemble. Cela s'est traduit par des recrutements de MCF/CR extérieurs provenant de laboratoires réputés, ou encore par un taux de contrats ANR et industriels tout à fait notable au sein de l'institut (>60k€/ETP/an) - qui est le résultat d'une politique scientifique volontaire et un support important du projet. Le maintien voire l'accroissement du niveau de rayonnement et reconnaissance internationale fait partie des challenges de l'équipe d'animation en cours d'émergence.

- **Appréciation du projet**

On constate au niveau de l'axe A3 une réflexion approfondie sur les orientations scientifiques en anticipation du changement de générations, en associant aux décisions de nouveaux animateurs scientifiques destinés à prendre le relais. Ainsi, les recrutements / promotions / investissements ont suivi une logique scientifique qui apparaît comme partagée et convaincante, visant l'optimisation des forces en interne et la recherche de tailles critiques - choix importants dont la pertinence pourra être démontrée dans les prochaines années. Le projet scientifique de l'axe A3 est réaliste, cohérent avec les domaines de notoriété et les forces disponibles, bien intégré dans le projet scientifique de l'institut, et vise à assurer la pérennisation / le renforcement des partenariats industriels.

## 4.2 - Département D2 : Fluides, Thermique, Combustion

Le Département D2 s'appuie sur environ la moitié de l'effectif des Enseignants Chercheurs, des Chercheurs et des Doctorants de la nouvelle Unité PPrimme. C'est une émanation directe du regroupement des anciens laboratoires, le Laboratoire d'Etudes Aérodynamiques (LEA), le Laboratoire d'Etudes Thermiques (LET) et le Laboratoire de Combustion et Détonique (LCD). Il fédère un ensemble important de compétences dans les domaines de la mécanique des fluides, de l'aérodynamique, des transferts de chaleur incluant une approche système, de la combustion (homogène et hétérogène) et de la détonation, et de la physique des transferts appliqués aux phénomènes électriques dans les fluides.



Les approches sont à la fois très fondamentales en s'appuyant sur les programmes nationaux, et internationaux et largement tournées vers les applications et la valorisation avec des liens forts avec les industriels du domaine spatial, de l'aéronautique, des transports terrestres, de l'énergie et de l'environnement.

Trois grands domaines sont développés en transversal pour l'ensemble du Département en forte interaction avec les autres départements :

- La modélisation et la simulation numérique avec des moyens de calcul qui s'appuient sur des équipements propres et sur les grands centres de calcul intensif ;
- L'approche expérimentale et les outils d'analyses avancés associés. Les diagnostics optiques ont été développés en commun depuis plusieurs années, ce qui donne une excellente visibilité aux équipes ;
- Le contrôle des écoulements et des transferts. C'est un domaine développé plus récemment où le LEA était déjà un laboratoire de référence.

Ce domaine du contrôle associé à celui des écoulements turbulents réactifs ou non est abordé transversalement à l'ensemble du Département D2.

A partir des thématiques des anciennes Unités, 8 Axes ont été redéfinis :

- A4 : Hydrodynamique et écoulements Environnementaux (ex LEA) ;
- A5 : Aérodynamique, turbulence, acoustique et Contrôle (ex LEA) ;
- A6 : Convection, Optimisation, Systèmes (Ex LET) ;
- A7 : Structure des Flammes et Combustion Turbulente (ex LCD) ;
- A8 : Combustion Hétérogène et Milieux Poreux (ex LCD) ;
- A9 : Electro-Fluido-Dynamique (ex LEA) ;
- A10 : Thermique aux Nano-échelles et Rayonnement (ex LET) ;
- A11 : Détonique (ex LCD).

Ce redécoupage apparaît logique et est le résultat de larges discussions.

La stratégie scientifique de fond est développée dans chacun de ces axes, les détails sont présentés plus loin.

Le Département D2 s'appuie sur des équipements scientifiques lourds visant à se rapprocher des situations réelles. Pour le moment ces équipements sont implantés au CEAT mais un projet ambitieux (dans le cadre d'Equipex) prévoit leur extension et leur réimplantation sur le site du Futuroscope. Cela contribuerait à renforcer la visibilité du Département et de l'ensemble de Pprime en permettant d'élargir encore le champ d'action en allant jusqu'aux démonstrateurs.

Bien que la stratégie scientifique reste une prérogative de chacun des Axes qui mettent en place leur propre gouvernance, la gouvernance du Département a pour rôle d'assurer la cohérence de l'ensemble et aussi d'arbitrer le recrutement de nouveaux chercheurs ou la redistribution des postes d'enseignants. Le mode de fonctionnement de cette gouvernance est encore à affiner.

## • Conclusions et recommandations :

Le Département D2 a un rôle majeur dans la mise en place de la nouvelle Unité, non seulement parce qu'il est le plus important en nombre, mais aussi parce qu'il est animé par des jeunes chercheurs particulièrement dynamiques qui ont su insuffler un certain enthousiasme et une adhésion de l'ensemble des personnels de Pprime.

Le Département bénéficie de domaines très visibles, parfois uniques en France comme celui de la Détonique ou très en pointe comme celui de l'Incendie.

Cependant, la gouvernance devra faire face à des départs en retraite qui n'ont pas toujours été suffisamment anticipés et elle sera amenée à faire des choix drastiques lors des futurs recrutements.

Par ailleurs ce Département est fortement concerné par la réimplantation et le développement du CEAT sur le site du Futuroscope. Il est indispensable qu'une réflexion de fond soit engagée avec les Tutelles sur les statuts et le



mode de gestion de ces équipements. En particulier cela requiert des personnels techniques permanents dont les postes doivent être gérés dans le temps de façon appropriée.

Le bilan est présenté à partir de la configuration initiale des laboratoires et les projets sont analysés dans le cadre des nouveaux axes de Pprimme.

## Laboratoire d'Etudes Aérodynamiques

Le Laboratoire d'Etudes Aérodynamiques regroupait en 2008 huit chercheurs du CNRS et 45 enseignants chercheurs soit un équivalent de 30,5 chercheurs à plein temps. Il était structuré sur la base de cinq opérations de recherche : Turbulence, Analyse, Modélisation et Contrôle (E6), Hydrodynamique et Ecoulements Environnementaux (E7), Acoustique et Aéroacoustique(E8), Dynamique et Transferts Instationnaires (E 9), Electrofluidodynamique (E10). Deux de ces opérations (E7 et E10) se retrouvent comme axes (A4, A9) du projet scientifique. Les équipes E6, E8, E9 ont des thèmes voisins de ceux développés dans le projet de l'axe A5 ATAC « Aérodynamique, Turbulence, Acoustique & Contrôle ». Le bilan détaillé donne 249 publications dans des revues de rang A soit un ratio voisin de 2 publications par chercheur équivalent temps plein et par an. On peut remarquer que le nombre de publications est très élevé pour l'équipe E10, en liaison avec son dynamisme propre et son champ d'activité où elle est pionnière ; il est vrai que les publications IEEE sortent probablement plus régulièrement. En faisant abstraction des publications de cette équipe, on retrouve 158 publications pour 25 ETP soit un rapport peu différent d'autres laboratoires. Les journaux de mécanique des fluides sont prédominants (Exp. In Fluids, PoF, JFM -les articles pourraient être plus nombreux dans JFM avec des documents de moins de 10 pages (fast track)- puis J. of Electrostatics, IEEE Transactions on Industry Applications, Acta Acustica et JOSA.

Le LEA est bien reconnu au plan national dans les GDR Turbulence, Contrôle des Décollements, Thermoacoustique à travers huit projets ANR en partenariat avec 5 pôles de compétitivité ou des échanges privilégiés avec l'Onera (prévus à nouveau dans OPERA) ou le CNES.

En outre, le contrôle des écoulements et des transferts constitue un axe transversal dans le nouveau département D2 en bénéficiant de l'arrivée récente de directeurs de recherche et en s'ouvrant à la combustion et aux transferts thermiques. La taille des axes semble suffisante pour permettre de développer efficacement l'ensemble de ces thématiques en prenant en compte divers champs de compétences. Comme le montrent les analyses détaillées des axes A4, A5, A9, l'activité expérimentale sera encore très importante et bénéficiera de moyens d'essais et de métrologie de haut niveau scientifique en liaison avec des modélisations et des analyses théoriques ou simulations numériques bien développées. Dans le détail, le projet scientifique risque de pâtir encore quelque temps de la dispersion sur quatre sites différents pour l'essentiel sur le Futuroscope et sur le site de Biard.

### • Conclusions et recommandations :

#### – Points forts :

Bonne activité scientifique marquée par un taux remarquable de 2 publications/ ETP an. Les trois axes devraient jouer un rôle moteur et d'entraînement pour le dynamisme du département D2 et de l'ensemble du laboratoire.

#### – Points faibles :

- Zéro chercheur du CNRS dans les axes A4 et A9.
- Dispersion géographique.



- Appréciation détaillée de différents axes centrés sur le LEA initial

## Axe A4 – Hydrodynamique, Ecoulements environnementaux

L'axe A4 du département D2 est issu très clairement de l'ancienne opération de recherche du même nom du LEA, pilotée lors du dernier quadriennal par S. HUBERSON et S. JARNY. Il faut noter que la constitution de cette opération faisait suite à une recommandation du comité scientifique du CNRS en 2006, et résulte donc du rapprochement d'opérations intitulées respectivement « Rhéologie » et « Aéro-hydrodynamique ». La motivation principale de ce rapprochement était la taille sous-critique atteinte à l'époque par les deux opérations.

Les deux thèmes de recherche développés au sein des deux opérations se retrouvent aujourd'hui encore très distinctement aussi bien dans le bilan scientifique de la période 2006-2010 que dans le projet scientifique présenté par l'axe A4. Il est indiqué clairement dans le bilan que les travaux effectués depuis quatre ans relèvent essentiellement des politiques scientifiques menées par les deux anciennes opérations, avec peu de rapprochement concret pour l'instant. Il est clair en revanche que les deux thèmes de recherche se retrouvent sur un certain nombre d'applications comme les écoulements fluviaux ou marins, et le nom du nouvel axe apparaît tout à fait approprié. De plus, les deux thèmes de recherche se rejoignent fortement en ce qui concerne l'utilisation et éventuellement le développement de méthodes de mesures originales souvent optiques, ainsi que dans la mise en œuvre de simulations numériques dans des configurations de fluides complexes qui requièrent des techniques et des modélisations spécifiques. Il se confirme donc que le rapprochement des deux activités « rhéologie » et « hydrodynamique » a un sens et doit pouvoir donner lieu à une démarche scientifique commune sur de nombreux points.

Les ressources humaines de l'ancienne opération peuvent sembler relativement hétérogènes au regard du bilan : 5 non-publiants sur 11 enseignants-chercheurs représentait un niveau critique pour l'équipe, malgré un rythme de publication particulièrement élevé pour les membres publiants. Ce point a très notablement évolué aujourd'hui à travers le passage à la nouvelle organisation, notamment grâce au recrutement de plusieurs maîtres de conférences à fort potentiel. On peut être tout à fait confiant aujourd'hui quant à la capacité de l'axe A4 à mener des actions scientifiques ambitieuses et donnant lieu à des publications de bon niveau.

Le projet scientifique de l'axe A4, même s'il reste bâti sur la dualité « rhéologie » et « hydrodynamique », présente une bonne cohérence. L'apparition d'un troisième thème « transport » semble pertinente, en particulier parce qu'il associe clairement des compétences qui relèvent des deux premiers. On peut noter de façon générale l'apparition d'applications nouvelles liées au renouvellement partiel de l'équipe, et qui dénotent un réel dynamisme. On peut sans doute s'interroger sur la cohérence de certains thèmes avec la thématique générale de l'équipe : on pense par exemple à l'étude des écoulements en rotation, centrée sur la problématique des éoliennes, qui apparaît en décalage avec les autres applications. Les prochaines années permettront de mieux cerner les activités réellement émergentes.

On peut regretter au sein de cet axe l'absence d'un chargé de recherche du CNRS. Il semble primordial de chercher à mettre en place au cours des prochaines années des recrutements de ce type, afin d'étoffer le potentiel de recherche de l'équipe. Il est également inquiétant, dans une équipe qui se caractérise par une forte activité expérimentale, de ne pas disposer de personnel technique et/ou d'ingénieur d'étude dédié.

- Conclusions et recommandations :

### – Points Forts :

Cohérence du projet scientifique, renouvellement de l'équipe avec l'entrée de maîtres de conférences à fort potentiel, activité scientifique soutenue de la part des publiants.

### – Points faibles :

- Absence de personnel CNRS, absence de personnel technique,
- Suggestions : Préparer le recrutement d'un CR.



## Axe A5 – Aérodynamique, Turbulence, Acoustique & Contrôle

L'axe est issu de la fusion de 3 opérations du LEA, à savoir TAMCo (Turbulence Analyse Modélisation et Contrôle), AA (Acoustique et Aéroacoustique) ainsi que DTI (Dynamique Tourbillonnaire Instationnaire). Partant des actions qui ont été menées lors de la période quadriennale qui s'achève, il est en effet judicieux de faire apparaître dans la présentation du projet un tronc commun avec 3 thèmes : la modélisation de la turbulence et de l'acoustique induite, l'identification des structures turbulentes, le contrôle des écoulements et stabilité. Ce tronc commun s'appuie sur la modélisation numérique ainsi que l'expérimentation, les thèmes plus spécifiques étant l'aérodynamique instationnaire, l'aérodynamique compressible ainsi que l'acoustique et la propagation guidée. L'axe regroupe 9 chercheurs du CNRS et 21 enseignants-chercheurs qui sont presque tous (à 90 %) publiants selon les critères de l'AERES.

### Thèmes « Turbulence, Modélisation & Acoustique induite et identification de structures turbulentes » :

La modélisation numérique de la turbulence est abordée avec cohérence. La gamme des outils, depuis la DNS, LES jusqu'au RANS, en passant par les hybrides RANS-LES, pour utiliser la nomenclature conventionnelle, se retrouve dans beaucoup d'autres unités qui abordent ce thème, mais on peut noter ici des points originaux et une structuration des approches. En acoustique externe, la caractérisation des sources acoustiques dans les écoulements turbulents cisailés libres et les écoulements en présence de parois est abordée. Des outils basés sur le filtrage dans le domaine fréquence-nombre d'onde ont été développés et utilisés pour caractériser le champ proche de jets turbulents. Les études sont menées en étroite liaison avec l'expérimentation : la plateforme technologique du CEAT dispose notamment d'une installation « bruit & vent » et d'une grande soufflerie supersonique, pour des études portant sur l'interaction choc-couche limite. Ces activités font l'objet de plusieurs contrats ANR (BruitAéro, DIB, JESSICA ...) et elles s'inscrivent par exemple dans le projet européen Wallturb. La thématique de l'identification de structures était déjà clairement affichée et reconnue au LEA. On peut noter ici la décomposition en modes POD, mais la gamme s'est largement diversifiée depuis, la présentation du projet en la matière s'apparentant cependant quelque peu à un catalogue.

### Thème « Contrôle des écoulements et stabilité » :

La thématique du contrôle traverse l'ensemble des activités du Département D2. Elle fait l'objet d'un groupe thématique et elle a donné lieu récemment aux recrutements d'un CR et d'un DR du CNRS internationalement reconnus. Un des défis que compte relever l'équipe est le contrôle en boucle fermée et un aspect intimement lié est alors la réduction de modèles, faisant appel à des approches du type POD, à la stabilité globale, ou encore à des techniques plus particulières comme la « finite time thermodynamics ». L'équipe possède indéniablement une grande expertise et maîtrise de ces techniques : il faudra cependant montrer la pertinence, pour des écoulements réels, et des stratégies de contrôle, développées à partir de configurations modèles. Les exemples de contrôle rétroactif qui ont déjà été mis en œuvre sont certainement prometteurs à cet égard. L'activité s'appuie sur de nombreux programmes en cours comme les projets ANR DIB et CORMORED, ainsi que des projets européens (OPENAIR et PLASMAERO).

### Les thèmes applicatifs :

Le projet fait l'inventaire des configurations d'écoulement auxquelles s'appliquent les recherches plus en amont développées à travers des thématiques du tronc commun. On peut noter les écoulements décollés, faisant l'objet d'une collaboration pérenne avec PSA Peugeot-Citroën. Une autre action, combinant simulation numérique et expérience en cuve d'eau, porte sur la mise au point d'engins volants d'observation non pilotés de petite taille (MAV), dans le cadre de la thématique aérodynamique instationnaire.

En ce qui concerne l'aérodynamique compressible, chocs et turbulence, on relève les jets supersoniques avec les problématiques liées à l'hypermélange et à la vectorisation. Le projet évoque l'adaptation à cet effet de bancs expérimentaux existants, voire la conception d'une soufflerie transsonique (pour des écoulements autour de géométries profilées). Des sujets très variés d'aéroacoustique en guide (exemple du turbospeech) sont abordés dans le cadre du thème acoustique et propagation guidée. L'acoustique interne est développée en collaboration avec l'équipe de combustion turbulente (CT), utilisant le banc de combustion ORACLES.



- Conclusions et recommandations :

Un point fort de l'axe est indéniablement la forte imbrication expériences/calculs numériques. L'aéroacoustique bénéficie des progrès réalisés en métrologie, de la multiplicité des expérimentations et de leur inventivité, de la variété des approches de modélisation et des développements numériques qui ont été entrepris. Les coopérations en acoustique se sont établies avec plusieurs universités américaines et européennes.

Trois manifestations internationales ont été organisées au titre de l'acoustique, dans la période de 2006 - 2009. Le thème de la turbulence s'appuie sur une grande maîtrise de la simulation directe et de la modélisation numérique, par une équipe clairement reconnue en la matière. Le rayonnement de cette activité est illustré notamment par le nouveau master Poitiers/Lille et la pérennisation de l'Ecole d'été sur la turbulence compressible. Le thème du contrôle traverse l'ensemble de l'axe et il est en plein essor. Cette activité donnera sans doute lieu au développement d'actionneurs spécifiques et à des brevets ; il est judicieux de la faire apparaître au niveau de l'ensemble du département D2 et plus généralement de l'Institut. D'une manière générale, les contrats passés avec les industriels, et les multiples actions ou coopérations engagées dans le cadre de programmes nationaux ou européens prouvent que les recherches répondent bien à des besoins actuels. La production scientifique de l'axe est bonne, proche d'une centaine de publications dans des revues avec comité de lecture durant la période 2006-2010 (pour les 3 opérations du LEA dont l'axe est issu).

Le fait d'avoir recours à un large éventail de méthodes d'analyse (traitement du signal, POD, ondelettes etc.) appliquées à des expériences inédites est certainement novateur, mais les objectifs devraient systématiquement inclure l'interprétation physique des résultats ou l'analyse de leur portée. Il est prévu que l'axe ATAC concentre les compétences, les méthodes et les moyens d'équipes qui travaillent sur des problèmes très proches et interdépendants, notamment : la métrologie moderne, les méthodes numériques, les méthodes mathématiques et les moyens d'essais - dont les moyens lourds (MARTEL, EOLE). Il faut désormais y ajouter le calcul intensif.

## Axe A9 - Electro-Fluido-Dynamique

L'axe « Electro-fluido-dynamique » s'intéresse aux travaux de recherche à l'interface entre l'électrodynamique et l'hydrodynamique, plus précisément à la génération d'un écoulement d'un fluide soumis à un champ électrique ou à la génération de charges électriques induite par l'écoulement d'un fluide. Cet axe est porté par 11 enseignants-chercheurs issus essentiellement de la section 63 du CNU et occupe une place particulière au sein d'une équipe d'aérodynamique de par les applications sur le contrôle des couches limites par le champ électrique. Aucun chercheur CNRS ne participe aux travaux de cet axe. En 2009, 14 doctorants ont travaillé dans cet axe (5 en codirection avec les laboratoires étrangers).

Cet axe est particulièrement original par : son caractère interdisciplinaire à l'interface entre l'électrodynamique et la mécanique des fluides ; sa méthodologie expérimentale (complétée par quelques simulations) avec une instrumentation électrique de très bonne qualité (alimentations et générateurs haute tension, pico-ampèremètres électromètres,...) ; la qualité de ses partenariats avec le monde industriel. Les principaux thèmes étudiés sont le contrôle des écoulements aérodynamiques par actionneurs plasmas, le contrôle des écoulements liquides par actions sur les charges surfaciques ou volumiques, l'électrisation par écoulement et l'électrocinétique des écoulements diphasiques. Diverses applications ont été mises en œuvre, comme le recollement d'une couche limite sur un profil par actionneur plasma, l'amélioration de la pulvérisation d'une nappe liquide par application d'un champ électrique, la caractérisation des risques électrostatiques dans le milieu industriel dus à l'électrisation par courant d'air ou par effet triboélectrique.

Le dynamisme des chercheurs impliqués dans cet axe est manifeste par le taux de publication en forte croissance depuis 2006 atteignant aujourd'hui une moyenne bien supérieure à celle de tout le département D2 (même si l'on constate la présence de deux enseignants-chercheurs sans publication sur la période du contrat quadriennal). On note 17 thèses soutenues dont 3 en codirection étrangère.

Le rayonnement de cet axe se voit à travers de nombre de conférences invitées (17 sur 4 ans), la forte implication dans des projets nationaux (INCa, ANR), dans le volume de contrats avec les grands groupes industriels (SNECMA, AIRBUS, EDF, RENAULT, PSA,...), dans la présence dans trois projets européens et dans des programmes internationaux (projet CNRS-CONICET avec l'Argentine, la direction du laboratoire international avec l'Argentine et un PHC-TASSILI avec l'Algérie), par la capacité d'invitation d'un grand nombre de chercheurs étrangers totalisant 34 mois



sur 4 ans. Certains enseignants-chercheurs impliqués dans cet axe jouissent d'une forte reconnaissance internationale (3 prix J. Melcher du meilleur article IEEE, fort taux de citation de certains articles...).

Les enseignants-chercheurs de cet axe sont fortement impliqués dans des responsabilités pédagogiques au sein de l'UFR des Sciences Fondamentales et Appliquées de l'Université de Poitiers, en particulier la gestion du département EEA, la création et la gestion d'un Master international avec l'Argentine.

Dans le projet 2012-2015, trois nouveaux enseignants-chercheurs (2 issus de la 62ème section et 1 issu de la 60ème) viendront rejoindre cet axe. En plus des thèmes développés précédemment, un nouveau thème est mis en avant à savoir l'électrofluidique des électrolytes afin de mieux contrôler la distribution de courant électrique dans des systèmes électrochimiques qui pourront conduire à plusieurs applications industrielles comme le traitement et la protection électrique des surfaces ou les piles à combustible.

- **Conclusions et recommandations :**

Les travaux menés sur cet axe sont originaux et quasi-uniqes en France et en Europe. La production scientifique est très bonne, la nature des revues pourrait être un peu plus diversifiée en visant des revues à forte audience aérodynamique. La forte implication dans des projets nationaux et internationaux témoigne du dynamisme de cet axe. En plus de son attractivité internationale (visiteurs étrangers et chercheurs post-doc), l'axe s'est avéré attractif y compris au sein de l'unité Pprime. Le projet scientifique proposé dans le nouveau contrat est fort crédible et l'électrofluidodynamique constitue une niche scientifique sur laquelle l'Unité Pprime doit pouvoir s'appuyer pour affirmer son originalité, si elle consent à y mettre un peu plus de moyens humains pour pallier au futur départ à la retraite de l'un des professeurs porteur de l'axe. Il faudrait envisager, par exemple, le recrutement d'un chercheur du CNRS.

## Laboratoire d'Etudes Thermiques

Le Laboratoire d'Etudes Thermiques (LET) regroupait, en fin 2009, 5 chercheurs du CNRS et 17 enseignants-chercheurs (ce qui équivaut à 13,5 chercheurs à temps plein), bénéficiant de l'appui de 8 ITA et de 4 IATOS. Il accueillait en moyenne une vingtaine de doctorants. Il dispose d'un ensemble de moyens techniques et expérimentaux couvrant assez bien la plupart de ses thématiques. Certains de ses équipements sont originaux et même uniques. Ses ressources hors salaires ont été en moyenne annuelle de 900 k€ HT (avec une progression -ou pointe- à 1.500 k€ en 2009), dont la moitié venant de programmes nationaux, un quart de contrats industriels, le quart restant provenant des crédits de base et de soutiens à l'équipement nationaux et régionaux. Ces chiffres dénotent une bonne attractivité du LET vis-à-vis du secteur aval et sa capacité à se procurer des ressources compatibles avec le développement de ses activités.

Le LET est implanté sur deux sites distants de 15 kilomètres : l'ENSMA /Futuroscope regroupant 14/22 des chercheurs et enseignants-chercheurs, ainsi que la quasi-totalité des ITA/IATOS, et l'ENSIP, sur le campus sciences Est, avec 8 enseignants-chercheurs et un seul technicien à 40%. Cette partition géographique, qui n'est pas récente, est liée à une volonté de maintenir une recherche en thermique sur le site de l'ENSIP. Malgré cette dispersion, le LET a su maintenir au fil des années sa cohésion, ce qui est à inscrire au crédit de sa direction. Mais c'est sans doute l'une des difficultés majeures à surmonter, dont il conviendra d'examiner le traitement dans la future organisation.

Le LET était structuré sur la base de trois axes de recherche : Convection (E11), Systèmes et Optimisation (E12) et Physique des Transferts (E13), sur lesquels on reviendra plus en détail à propos de l'analyse de leur transition vers les nouveaux axes.

La production scientifique du LET a été globalement bonne, avoisinant les 1,5 ACL/ETC/an, majoritairement dans des revues de rang A, mais inégalement répartie sur ses composantes, ce ratio étant de l'ordre de 2 pour E13, 1,25 pour E12, et seulement 0,8 pour E11. En ce qui concerne les actes de congrès, la moyenne globale a été de 2,4 par an et par équivalent chercheur à temps plein. 29 thèses ont été soutenues pendant la période 2006-2010. Cette répartition inégale de la production est à corréliser avec les départs à la retraite ou en détachement d'un DR et de cinq professeurs, insuffisamment remplacés, ce qui a visiblement affaibli l'encadrement et l'animation des axes concernés.



- Conclusions et recommandations :

- Points forts :

- Bonne activité scientifique globale malgré une répartition inégale entre les axes. Des savoir faire reconnus qui doteront le nouveau département D2 d'une composante thermique bénéficiant d'une bonne lisibilité et qui a la capacité d'y acquérir une position de premier rang. Quelques recrutements récents d'EC de valeur (4 MC entre 2009 et 2010).

- Points faibles :

- Faiblesse de l'encadrement A, malgré la promotion récente au rang de professeurs de deux MC, et du nombre de chercheurs CNRS (en outre il n'y a plus de DR). Problème de la dispersion géographique toujours à régler, notamment au niveau du partage des ressources ITA/IATOS. Il faudrait aussi éviter que la nouvelle organisation, du fait de la disparition du LET, ajoute une perte de lisibilité et de cohésion des axes détenteurs de la culture thermique mais que, bien au contraire, celle-ci puisse diffuser au sein des autres axes, comme la combustion notamment.

- Appréciation détaillée des différents axes centrés sur le LET initial

### Axe A6 – Convection, Optimisation, Systèmes (COST)

L'Axe COST est issu du regroupement des Axes E11 Convection et E12 Systèmes et Optimisation de l'ancien LET. Dans le cadre de la structuration et des regroupements des équipes au sein de Pprimme, le LET est passé d'une organisation avec 3 axes à une organisation autour de 2 axes tout en pérennisant les thématiques Convection, Analyse Système et Optimisation qui ont fait sa réputation.

Les activités en Convection portent sur le développement de connaissances sur les phénomènes de convection naturelle et mixte, principalement en cavité, mais aussi en espace ouvert (jets impactants notamment). Ces activités sont soutenues par une forte expertise en méthodes expérimentales fines (mesure de vitesses, températures et flux) qui constituent l'un des savoir faire originaux et reconnus de ce groupe qui a conçu et réalisé, pour les études de la convection naturelle, une cellule de 4m de hauteur, unique en Europe. Ces travaux sont complétés par de la simulation numérique par approches DNS et LES. Le groupe est bien intégré dans des programmes de recherche induisant des partenariats nationaux dans les domaines de la thermique du bâtiment, de l'aéronautique, du refroidissement de moteurs électriques, et il est également engagé dans des recherches contractuelles en direct avec des entreprises. L'ensemble de son activité et son implication dans l'animation d'un GDR et d'un GAT du PIE du CNRS, ainsi que dans l'organisation d'un congrès SFT, sont autant d'éléments de rayonnement de ce groupe au plan national.

Son effectif sur la période 2006-2010 était de 5 ETC, avec un taux de production moyen de 0.8 ACL/ETC/an. Le principal handicap de ce groupe a été le départ à la retraite de ses deux seuls seniors, 1DR et 1PR, ce qui a indéniablement affaibli l'encadrement et nuit à la dynamique, mais cela devrait être corrigé dans le cadre du regroupement thématique au sein de D2. On note en outre la présence dans ce groupe de plusieurs éléments que l'on peut qualifier de « peu publiants », avec des ratios de l'ordre 0.25 ACL/ETC/an. Certains sont encore jeunes et potentiellement capables d'avoir une activité de recherche plus productive.

Les Systèmes et Optimisation sont indéniablement des activités fortes et reconnues de COST, avec un objectif de compréhension des mécanismes de transfert et de contrôle thermique, principalement à des interfaces solide/fluide. Elles étaient soutenues, pendant 2006-2010, par un effectif de 6 ETC, avec un taux de production moyen de 1,25 ACL/ETC/an. Ce groupe développe, par voie surtout expérimentale, des connaissances très utiles sur le comportement thermo-hydraulique de systèmes diphasiques, caloducs tournants et oscillants, boucles à pompage capillaire, permettant le refroidissement de composants électriques et électroniques. Les techniques d'optimisation par réduction de modèle et mise en œuvre de méthodes inverses, permettant l'identification de paramètres thermophysiques et la commande optimale par retour d'état, sont une autre activité forte de ce groupe, partagée entre la modélisation et une métrologie thermique spécifique, concrétisée sur démonstrateurs. Cette activité était complétée par une expertise en méthodes électrochimiques dont les acteurs (2 EC) rejoignent désormais l'axe A-9 : EFD. Il convient de souligner l'implication du groupe dans des programmes hydrogène et pile à combustible en partenariat avec de grands opérateurs nationaux : Air Liquide, OSEO, CEA.



Sur l'ensemble de l'Axe COST, le taux de production moyen avoisine 1 ACL/ETC/an. Les activités reposent sur des savoir-faire reconnus, débouchant sur la création de connaissances utiles à de nombreux secteurs économiques: bâtiment, énergie, transports, industries électriques. Cela confère une bonne lisibilité à COST, qui devrait encore s'accroître si cet Axe met à profit la nouvelle organisation au sein de D2 et des synergies potentielles avec d'autres axes, notamment en feux-incendie, contrôle thermique, etc.. Le handicap lié au départ des seniors et à un détachement devrait être partiellement compensé par l'émergence de deux professeurs récemment promus et la présence dans cet axe de ressources humaines encore jeunes avec un fort potentiel de progression.

Les EC du projet sont affectés en enseignement à l'ENSMA (6), à l'IUT (2) et à l'ENSIP (1).

- **Conclusions et recommandations :**

- **Points forts**

- Thématiques scientifiques porteuses, savoir-faire reconnu, synergies potentielles avec les autres axes, nouvelle géométrie de COST venant renforcer la bonne cohérence scientifique du projet.

- **Points faibles**

- Remplacement des départs de seniors et «peu publiants» à remettre dans une dynamique de publication.
  - Suggestion : préparer un recrutement de DR ou de CR.

## **Axe A10 – Thermique aux Nano-échelles et Rayonnement (TNR)**

L'Axe TNR est issu de l'Axe Physique des Transferts de l'ancien LET avec peu de changements dans sa composition et son champ thématique qui porte sur les transferts radiatifs et conductifs aux nano-échelles, ainsi que les transferts radiatifs aux échelles micro/macrosopiques et leurs couplages. Il s'agit d'activités reposant majoritairement sur des analyses théoriques et de la modélisation numérique. Deux opérations de l'ancien axe (convection naturelle sous influence de champ magnétique extérieur et transferts dans un réacteur à décharge à barrière diélectrique) n'ont pas été reconduites dans TNR, au bénéfice de la cohérence thématique du nouvel axe.

Ainsi, dans le projet, l'activité de TNR est répartie sur trois opérations :

- 1- Les nanotransferts portent principalement sur l'étude des mécanismes de rayonnement de champ proche et la conception de sources thermiques cohérentes quasi diffuses-isotropes, avec des émissivités proches de l'unité à des fréquences choisies, dans un objectif de conversion thermo-photovoltaïque performante. Un résultat important déjà acquis par l'équipe est la conception théorique de sources très performantes constituées d'une bicouche Ge-SiC ou de multicouches Ag-Si, par optimisation de l'agencement des couches. Il s'agit là d'une activité très prometteuse, concrétisée par une production scientifique soutenue et d'excellent niveau qui confère à ce groupe une très bonne visibilité internationale.
- 2- Concernant la conduction aux nano-échelles il s'agit d'une activité initialement axée sur la modélisation de la conductivité de nano-objets par les méthodes de résolution de l'équation du transfert radiatif (ETR), activité désormais complétée par le développement de moyens expérimentaux de caractérisation de matériaux nano-structurés. Une expérience de pompe-sonde, en cours de mise au point, utilisant un laser à impulsions femto-seconde, fournit déjà des informations qualitatives sur la relaxation de tels matériaux et devrait à terme donner accès aux résistances de contact entre leurs constituants.
- 3- La modélisation des transferts radiatifs couplés est une autre activité originale reconnue de cette équipe portant sur le développement de méthodes numériques de résolution de l'ETR adaptées à des géométries complexes (meshless notamment) et au couplage conducto- et convecto-radiatif. Dans le cadre d'un partenariat avec une équipe américaine (Webb) dont un chercheur invité séjourne à l'ENSMA, des méthodes de modélisation du rayonnement dans les gaz ont été développées utilisant des modèles spectraux d'ordre faible, visant à aborder les couplages radiatifs-convectifs.

L'activité transfert radiatif est complétée par une thématique portant sur le transfert en milieu dense optiquement complexe (milieux curvilignes, indice de réfraction variable ou anisotrope). Il s'agit de modélisations souvent complexes, susceptibles de déboucher sur des méthodes de diagnostic non intrusif d'objets semi-transparents. Cette thématique donne lieu à une production régulière.



- Conclusions et recommandations :

- Points forts :

Globalement l'équipe est composée d'éléments de valeur dont un certain nombre de jeunes prometteurs. L'activité de TNR est d'un très bon niveau qualitatif et quantitatif, sur des sujets porteurs où l'équipe est reconnue internationalement, avec une production remarquable, avoisinant en moyenne les 2 ACL/ ETC/an. L'équipe bénéficie d'un très bon rayonnement international ce dont témoignent le nombre de visiteurs étrangers séjournant au laboratoire et la participation de certains membres de l'équipe à l'organisation et aux comités scientifiques de grandes manifestations internationales de la spécialité et également à des comités éditoriaux de publications réputées dans le domaine.

- Points faibles :

Ce qui manque le plus actuellement, pour conforter les travaux de TNR, notamment dans le rayonnement de champ proche, est l'aspect expérimental. Il conviendrait en particulier de réaliser, en nouant au besoin des collaborations, des démonstrateurs pour les concepts de sources et de systèmes de couplage thermo-photovoltaïque. D'autres équipes sont actives depuis longtemps dans le rayonnement de champ proche. Dans un secteur qui relève aussi des sciences de l'ingénieur, une originalité serait de ne pas se limiter à une position « théoriciens de nanotechnologies », mais aussi de démontrer la réalité des concepts. Un corollaire de cet aspect théorique des activités de TNR est une participation relativement faible à des partenariats industriels, peut-être encore prématurés sur les thématiques abordées. On aimerait également voir le rayonnement de cette équipe conforté par des conférences invitées internationales. Mais l'équipe a beaucoup de potentialités et par là certainement de capacité à progresser.

## LCD – Laboratoire de Combustion et Détonique

Le laboratoire regroupait à l'établissement du bilan, 14 chercheurs CNRS, 17 enseignants-chercheurs et 17 ITA et IATOS. Une vingtaine de doctorants sont également recensés. En quatre ans le nombre global de thèses soutenues a été de 31. Ce qui fait une moyenne de 0.42 thèse/chercheur habilité à diriger des recherches/an. Le taux de publication est bon (1,76 ACL par an et par équivalent chercheur). De plus, il est complété par une forte implication dans la recherche appliquée et des relations avec le milieu industriel. Les ressources propres du LCD sont à 65% abondés par des contrats industriels. Les ressources totales sont autour de 1.000 k€ HT par an, hors salaire, les ressources propres représentant environ la moitié.

L'implantation géographique est essentiellement sur les sites de l'ENSMA et du CEAT où des installations de grandes tailles et uniques en France sont présentes tout particulièrement pour l'activité détonique.

Le nombre d'ITA et IATOS rattachés à ses équipes de recherche reste important, même s'il sera fortement érodé par les départs en retraite dans un avenir proche.

Le LCD a un rôle important dans la structuration de la recherche en France dans son domaine, en étant leader dans l'organisation de grands colloques internationaux à Poitiers (ICDERS en 2007, TSFP en 2013) ou en participant à de nombreuses écoles thématiques et projets ANR. De nombreux chercheurs étrangers invités ou post-doctorants (10 à 15 par an) sont venus faire un séjour dans les équipes, témoignant ainsi de l'attractivité et de la reconnaissance de ce laboratoire au niveau international.

La restructuration du laboratoire pour son intégration dans Pprime a été anticipée et la quasi-intégralité de l'ancien LCD se retrouve sur les axes A7, A8 et A11 décrits plus loin. Les projets de recherche proposés par ces axes se trouvent donc naturellement dans la suite des activités du LCD. Seule l'activité diphasique du LCD n'est plus retrouvée.

On notera que le nombre de doctorants apparaît un peu faible par rapport au nombre de chercheurs HDR. La production scientifique, si elle est sur l'ensemble bonne, comporte néanmoins de fortes disparités entre les chercheurs. Certains, publiant beaucoup, masquent l'activité beaucoup plus faible d'autres. La restructuration du laboratoire devrait permettre de revitaliser les activités de recherche de tous.



- Conclusion et recommandations :

- Points forts :

L'activité de recherche est soutenue, de qualité et maintient une relation forte avec le milieu industriel et les problèmes sociétaux (sécurité des sites industriels, sécurité incendie). La restructuration en 3 axes a été anticipée depuis 2006 et l'intégration dans le D2 de Pprime' est naturelle. Cette intégration permet de renforcer les liens tant expérimentaux qu'en modélisation, avec les composantes plus strictement aérodynamiques. Paradoxalement, les départs à la retraite et l'arrivée de chercheurs jeunes obligent à renouveler les thématiques et les collaborations et peuvent ainsi insuffler une nouvelle vitalité.

Il y a lieu de souligner la forte attractivité du LCD pour les chercheurs étrangers qui y viennent en grand nombre.

- Points faibles :

Les 3 axes sont concernés par le problème du renouvellement des chercheurs partant en retraite et doivent anticiper le transfert des compétences. Ce besoin est particulièrement marqué pour l'axe Détonique qui est le plus touché par les départs. Ce problème est d'autant plus préoccupant que le positionnement de Poitiers sur la détonique est unique en France. Si des priorités doivent être établies, il semble donc essentiel de privilégier cette thématique.

- Appréciation détaillée des différents axes centrés sur le LCD initial

## Axe A7 – Structure des flammes et combustion turbulente

L'axe « Structure des flammes et combustion turbulente » est déjà présent dans le bilan du laboratoire suite à une restructuration du LCD en 2008 (E14). Le projet s'inscrit donc en parfaite continuité de l'activité passée.

Cet axe regroupe une dizaine de chercheurs et a accueilli 3 chercheurs invités pendant le dernier quadriennal (2 russes et un japonais).

Le bilan s'articule autour de 8 thèmes :

- Allumage, extinction, propriétés électriques des flammes ;
- Combustion en milieu désordonné ;
- Couplage entre acoustiques et flammes de pré-mélanges gazeux ;
- Dynamique non-linéaire des flammes minces ;
- Combustion turbulente des prémélanges parfaits et imparfaits ;
- Influence des fluctuations de température sur la combustion homogène dans des enceintes fermées ;
- Combustion dans des écoulements à grande vitesse ;
- Combustion des brouillards et milieux diphasiques.

Ces thèmes recouvrent des activités de modélisation et de simulation numérique de la combustion, ainsi que des études expérimentales. Les aspects théoriques sont fortement présents mais sans négliger les collaborations avec l'industrie semblant respecter un équilibre sain entre ces deux types d'activité. La présence au sein du même axe d'expérimentateurs et de modélisateurs apparaît comme structurante, permettant des actions de recherche communes en particulier autour des bancs ORACLES et VESTALES.

Le taux de publications de l'axe est satisfaisant et assez souvent dans des revues de bon niveau comme Combustion and Flame ou Combustion Theory and Modeling. Les collaborations tant au niveau national qu'international sont présentes. Trois brevets ont été déposés. Les chercheurs de l'axe sont impliqués dans l'organisation de conférences internationales à Poitiers (ICDERS en 2007, TSFP en 2013) et dans des écoles thématiques.

On notera néanmoins la forte dispersion des activités par rapport au nombre de chercheurs : 5 en modélisation de la combustion (dont un non-publiant), 3 en expérimental (dont un non-publiant) et un en cinétique chimique. Il faut aussi remarquer que 2 chercheurs en modélisation de la combustion partiront en retraite d'ici cinq ans. Une



chercheuse est actuellement en congé parental. Ces départs s'ils ne sont pas anticipés fragiliseront la dynamique de l'axe.

Le projet est dans la continuité des thèmes cités précédemment, seul l'aspect diphasique n'est pas repris dans le projet. L'accent est mis sur (i) la dynamique et la modélisation des flammes prémélangées, (ii) l'allumage et la propagation des flammes dans des cavités et (iii) l'allumage et la stabilisation de la combustion non prémélangée en écoulement rapide. Les actions de recherche sont toujours menées en privilégiant une synergie entre les compétences expérimentales et modélisation (théorie et simulation numérique). Cet axe ne développe pas son propre outil de simulation numérique mais préfère plutôt des collaborations autour de logiciels préexistants (Flow3d, N3S-natur, Saturne).

Le projet propose une ouverture plus grande vers la simulation aux grandes échelles et une collaboration sur la combustion supersonique entre les axes 7 et 5 (« Aérodynamique, turbulence et contrôle ») est déjà en cours qui permettra de partager des compétences en simulation d'écoulements supersoniques. Cette volonté de collaboration interne au département D2, fait l'objet d'un thème transversal « Ecoulements turbulents inertes ou réactifs » structurant les interactions entre les chercheurs des thématiques aérodynamique et combustion turbulente et permettant de renforcer l'approche multi-physique des écoulements. Ce thème transversal devra également appuyer le passage au calcul intensif de l'Axe 7.

- Conclusions recommandations :

- Points forts :

- La modélisation de la combustion turbulente dans les approches RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) en particulier pour les flammes de prémélange, l'étude analytique de la combustion et des approches expérimentales originales pour la combustion à haute-pression ou pour étudier le couplage flamme/acoustique.
    - Les dispositifs expérimentaux sont importants et originaux. Même si le nombre de chercheurs est en baisse, le renouvellement est déjà bien amorcé et la moyenne d'âge faible peut se révéler un atout.
    - Les compétences de l'axe 7 sont bien établies à la fois en modélisation et en expérimental.

- Points faibles :

- L'équipe est de taille réduite, elle devra veiller à ne pas trop se disperser afin de conserver une activité de recherche pointue et de haut niveau.
    - Le rapprochement, déjà engagé, des chercheurs orientés vers la simulation numérique avec ceux des l'axe 5 ne peut qu'être bénéfique et est encouragée.

## Axe A8 – Combustion hétérogène - Milieux poreux

Cet axe est la continuation de l'équipe E15 du LCD (née du regroupement en cours de contrat quadriennal des deux axes "Combustion des solides - Flammes de diffusion" et "Transferts en milieux poreux - Jets diphasiques") qui possédait le même intitulé. Elle correspond à une approche globale de la "science du feu" qui a constitué une forte spécificité du LCD et qui a vocation (hors la ligne "jets diphasiques") à être poursuivie dans Pprime.

La majorité des études concerne les phénomènes de combustion hétérogène (de solides ou de liquides), ou plus généralement des processus réactifs multiphasiques. Les domaines d'application sont : la sécurité incendie (phénoménologie des feux notamment en espace confiné, compréhension de certains aspects des flammes de diffusion, maîtrise des feux) ; l'optimisation de la combustion en situation industrielle (avec comme objectif la réduction des polluants) ; enfin, la thématique des "milieux poreux" portant sur tous les aspects des transferts en milieux poreux, bien que contenue dans cet axe, ne peut se résumer au seul aspect "combustion".

La production scientifique est satisfaisante. En se limitant strictement aux quatre années calendaires 2006-2009, le groupe a produit 68 articles dans des revues internationales à comité de lecture : soit 1,13 par personne physique.



Le groupe maintient de nombreuses collaborations industrielles (CEA, AREVA, EDF, CSTB, LNE, Air Liquide), participe à divers GDR du CNRS, a obtenu une ANR "Jeunes Chercheurs" 2007-11 et est le coordinateur d'un projet européen concernant le feu et la survie des passagers dans les avions de nouvelle génération.

Trois départs à la retraite (dont un éméritat) ont eu lieu dans les quatre dernières années (2006-09) et n'ont été compensés par aucun recrutement. Vu l'intérêt des thématiques développées et le savoir-faire de l'équipe concernée, un effort de renouvellement de cet axe devrait donc être entrepris.

Le projet 2012-2015 est centré autour de cinq thématiques dans la continuité du travail de l'équipe : sécurité incendie ; dégradation thermique ; nouveaux régimes de combustion dans les foyers et turbines industriels ; analyse des cycles de vie (ACV) des systèmes de combustion ; milieux poreux.

- **Conclusions et recommandations :**

- **Points forts :**

- Activité traditionnelle bien centrée autour de thématiques liées aux feux, d'intérêt sociétal évident et susceptibles de générer des études à différentes échelles ;
- L'activité « milieux poreux » rattachée à ce groupe qui est excellente devrait davantage diffuser dans l'ensemble Pprime et surtout pas se limiter à la combustion en milieux poreux.

- **Points faibles :**

- Fonctionnement un peu routinier avec un manque d'un projet d'envergure porteur ;
- Une politique plus volontariste notamment en termes de recrutement est nécessaire si l'on souhaite maintenir l'activité du groupe au meilleur niveau ;

Risques : La thématique liée aux feux reste un point fort du laboratoire malgré les départs en retraite, elle doit rester bien visible dans le cadre de la nouvelle structuration. L'activité sur les milieux poreux doit garder son originalité.

## Axe A11 - Détonique

L'axe « Détonique » (ancienne appellation « détonations ») était une spécificité du LCD unique en France et reste un axe fort du nouveau Département D2 (A11). Il s'appuie sur le travail d'une dizaine de chercheurs et enseignants chercheurs et bénéficie de la présence de nombreux invités étrangers.

L'activité est présentée dans le bilan suivant 5 axes thématiques :

- Dynamique des structures et des détonations ;
- Processus transitoires (accélération des flammes et transition déflagration- détonation) ;
- Détonation et propulsion ;
- Explosions ;
- Ondes choc dans les solides.

Ce dernier thème a rejoint le Département D1 depuis la création de Pprime.

Le taux de publications pour ce groupe est de bon niveau et dans des revues reconnues dans le domaine comme Combustion Science and Technology, Journal of Physics D, Physical Review .... On peut noter sa présence régulière dans les grands congrès internationaux du domaine et son implication pour leur organisation (ICDERS notamment). On remarquera aussi la participation à 5 brevets.

Cet axe repose à la base sur l'étude du couplage entre hydrodynamique et cinétique chimique qui conduit aux détonations ; Les phénomènes ont le plus souvent un caractère transitoire et sont alors d'une importance majeure dans le domaine de la sécurité industrielle. Une application originale concerne aussi la propulsion par détonation, en particulier, la propulsion par détonation rotative qui a donné lieu à la mise en place d'un démonstrateur avec une chambre annulaire cylindrique. Le domaine des explosions est abordé pour des mélanges de tous genres (gazeux, à suspension de particules ou d'aérosols...), cela reste un point fort du groupe.



La propagation d'ondes de chocs dans les matériaux, et qui concerne 2 chercheurs CNRS, est plus orientée maintenant vers le comportement des matériaux, ce qui justifie pleinement le transfert de cette activité dans le département D1.

Tous les travaux sont abordés d'un point de vue théorique et expérimental.

La notoriété de ce groupe est incontestablement attestée par les nombreuses collaborations internationales qui sont engagées : la Russie, les Etats-Unis (Livermore), le Canada, l'Inde, la Chine. Toutes ces collaborations donnent lieu à l'accueil de chercheurs ou à des projets de recherche concertés.

Cette notoriété a aussi des retombées importantes au niveau des collaborations industrielles, notamment dans le domaine de la propulsion et de l'énergie. Elle conduit aussi à une consultation pour expertises des accidents qui relèvent du domaine des explosions comme AZF. Un démonstrateur d'un scénario probable de l'accident d'AZF a d'ailleurs été mis au point et est particulièrement pertinent et spectaculaire.

Le projet est orienté dans la logique de la continuité et reste axé sur les phénomènes physicochimiques associés aux détonations, aux déflagrations rapides et aux explosions chimiques dans tous les milieux réactifs. Le laboratoire dispose pour cela des installations expérimentales nécessaires aussi bien sur la plate forme du CEAT que dans les locaux de l'ENSMA.

- **Conclusions recommandations :**

- **Points forts :**

- Positionnement unique en France et notoriété internationale accompagnée de nombreux séjours de chercheurs étrangers. Cependant cette situation de leader a occulté en partie le problème du vieillissement des chercheurs et des départs à la retraite des personnes clés.

- **Points faibles :**

- Les remplacements et recrutements n'ont pas permis d'anticiper et la situation aujourd'hui est assez préoccupante. A la fin du prochain quadriennal, seulement 4 chercheurs et un IR resteront présents si aucun recrutement n'a lieu.

- Les compétences en détonique du laboratoire Pprime sont reconnues uniques et les Etablissements ont clairement exprimé leur volonté de les préserver. Les départs n'ayant pas été suffisamment anticipés, le Comité recommande, d'une part de tout mettre en œuvre pour recruter un chercheur confirmé au travers des nombreuses relations internationales du groupe et d'autre part, d'envisager des collaborations avec le groupe combustion pour une approche en modélisation qui pourrait être commune pour ce qui concerne les propagations de flamme.

### 4.3 - Département D3 : Génie Mécanique et Systèmes Complexes

Ce département est l'héritier du Laboratoire de Mécanique des Solides associé au CNRS depuis 1970. Il a muté en « axes : l'axe 12 autour de la mécanique des interfaces lubrifiées TRIBOLUB ; l'axe 13 autour des mécanismes et de la robotique, de la biomécanique et du mouvement sportif ROBIOSS ; l'axe 14 autour de la photomécanique PEM.

Ces activités pouvaient être qualifiées d'historiques, menées alors par des leaders charismatiques. Une action de rénovation ou d'évolution a été entreprise avec succès.

Les activités de ce département se situent plutôt dans le domaine du génie mécanique ou de la mécanique expérimentale ce qui rend ses travaux de recherche plutôt appliqués et sous-entend de nombreuses relations contractuelles.

A noter que pour des raisons historiques, tous les enseignants chercheurs appartiennent à l'université de Poitiers (+ 3 chercheurs CNRS).



- **Qualité scientifique et production**

- Mise en place de plateformes expérimentales performantes : bancs Balafre au CEAT, palier à air au Futuroscope ou Megapascale à l'IUT d'Angoulême ; installation pour le « geste sportif ».
- Expertise dans le traitement du comportement mécanique des structures et des systèmes complexes.

Analyse expérimentale des contraintes. Ce sont des techniques non intrusives qui sont tout à fait utiles aux départements D1 et D2

- Production scientifique au dessus de la moyenne malgré les aléas des expérimentations.
- Participation à l'organisation de nombreux congrès internationaux dont récemment ICEM 14 (400 participants) sur la mécanique expérimentale.

- **Rayonnement, attractivité et intégration dans l'environnement**

- Robioss travaille en partenariat avec de nombreuses fédérations olympiques afin d'améliorer le mouvement sportif donc la performance (contrat CNRS/INSEP signée en janvier 2010).
- Equipes expertes en frottement, lubrification, usures. Ainsi, elles peuvent apporter des solutions expérimentales, théoriques et numériques à des secteurs clés tels que l'automobile, l'énergie, l'aéronautique et l'aérospatial (contrats avec SNECMA, EDF, Renault, Peugeot, AREVA).
- L'expertise de JOINTLUB a entraîné la création du laboratoire LERDED, laboratoire commun avec le CETIM.
- L'équipe PEM prend toute sa place dans « les mesures de champ », activité de recherche de niveau international; elle est une des pionnières du GDR associé.

- **Stratégie scientifique et projet du département**

- Le renforcement des complémentarités à travers la restructuration de l'ex LMS, ce qui est le fruit d'une longue réflexion.
- L'originalité scientifique réside dans un triptyque associant la conception de modèles, testés à l'aide de plateformes expérimentales innovantes et associés à des processus de validation.
- D3 devient une structure d'adossement : interface université/industrie du sport (structure labellisée Centre de Ressources Technologiques).
- A noter 3 collaborations intra-départementales et 2 interdépartementales, dont l'une focalisée sur les interfaces et l'autre sur les métrologies optiques.

- **Points forts**

- Très forte expertise en bancs d'essais spécialisés complexes sur composants réels ;
- Pluridisciplinarité ;
- Très forte activité contractuelle avec des grandes entreprises (A12) ;
- Visibilité nationale et internationale, nombreuses collaborations avec des partenaires industriels régionaux, nationaux et internationaux (tout D3) ;
- Actions fortes de transfert de technologie (tout D3) ;
- 4 brevets déposés de 2006 à 2009 (A13) ;
- Utilité de l'analyse expérimentale des contraintes (A14) comme outil pour tout l'institut Pprime.

- **Points faibles**

- Absence de mixage du personnel ;
- Pyramide des âges préoccupante ;
- Fin des 2 projets ANR en 2011 (A13) ;



- Durée moyenne de thèse : 4,5 ans (A13) ;
- Pas de soutenance d'HDR et donc peu d'habilités (A13) ;
- Faible encadrement en personnel technique d'appui à la recherche (tout D3) ;
- Peu de contrats ANR, la majorité du financement est contractuelle ;
- Equipements d'essais et personnels sur trois sites ;
- Trop fortes implications des enseignant-chercheurs dans les tâches administratives et collectives (A13).

## Axe 12 – Mécanique des Interfaces Lubrifiées, TRIBOLUB

- **Qualité scientifique et production**

L'axe A12 « Mécanique des interfaces lubrifiées » dénommé TRIBOLUB regroupe 15 enseignants-chercheurs de l'Université de Poitiers et 2 chercheurs CNRS. La production scientifique dans des revues internationales du type ASME est en moyenne supérieure à 20 articles par an avec un chiffre équivalent en communications à des congrès internationaux.

Cet axe regroupe trois équipes de recherche : JOINTLUB, ECOLUB, et TURBOTRIB autour d'installations classiques en tribologie et de dispositifs expérimentaux originaux et complexes : le banc Balafre au CEAT, le banc palier à air sur le site du Futuroscope, et le banc Megapascale sur le site de l'IUT d'Angoulême. Ces installations d'essais sophistiquées ont été développées pour l'étude de composants réels de moteurs, turbines, compresseurs, et pompes en relation avec des industriels des secteurs de l'automobile, de l'énergie, de l'aéronautique, et de l'aérospatiale. Cette activité expérimentale, originale aux niveaux national et international, est couplée au développement de la modélisation des phénomènes tribologiques réels nécessitant une approche multidisciplinaire regroupant la mécanique des fluides, la mécanique des contacts, la mécanique des solides, la thermique, et la science des matériaux. Ces travaux théoriques sont concrétisés par la mise au point de logiciels spécialisés permettant la simulation numérique du comportement des composants étudiés, après identification avec les couplages entre la thermo-élasto-hydro-dynamique, les transferts thermiques, la turbulence dans les écoulements, l'élasticité des structures et leur comportement dynamique. La qualité des travaux produits est au minimum de niveau européen.

- **Rayonnement, attractivité, et intégration dans l'environnement**

Les équipes de cet axe organisent un congrès international tous les deux ans et un atelier international annuel avec EDF. Durant les quatre dernières années, elles ont participé à l'organisation de plus d'une douzaine de congrès internationaux. L'expertise de son équipe JOINTLUB a entraîné la création du laboratoire LERDED commun avec le CETIM. Cette recherche appliquée à des problèmes industriels de technologie avancée est financée par une très forte activité contractuelle avec notamment SNECMA, EDF, Renault, Peugeot, Areva parmi un panel de 20 partenaires environ. Les enseignants-chercheurs de cette équipe sont éditeurs associés du Journal of Tribology de l'ASME ainsi que de l'International Journal of Surface Science and Engineering, et d'Advances in Tribology.

- **Stratégie scientifique et projet du département**

Dans la perspective des économies d'énergie et de l'utilisation écologique des machines, ces équipes expertes en frottement, lubrification, et usure se proposent d'apporter des réponses par leurs approches multidisciplinaires associant l'expérimentation fine sur de nouveaux composants réels et la modélisation numérique non linéaire, ainsi que par des collaborations avec les équipes de Mécanique des Fluides et de Physique des Matériaux des départements D2 et D1. Les bancs d'essais actuels sont en cours d'évolution pour traiter expérimentalement de nouvelles problématiques et des approches multi-physiques et multi-échelles sont prévues grâce aux possibilités locales de calcul numérique intensif. Les projets envisagés sont extrêmement complexes sur le plan expérimental comme sur les plans de la théorie et de la simulation et doivent répondre à des avancées dans les technologies clefs des industries de l'automobile, de l'énergie, de l'aéronautique et de l'aérospatial.



- **Points forts :**

- Très forte expertise en bancs d'essais spécialisés complexes sur composants réels. Pluridisciplinarité.
- Très forte activité contractuelle avec des grandes entreprises : SNECMA, EDF, Renault, Peugeot, Areva. Production scientifique au dessus de la moyenne malgré les aléas des expérimentations sur bancs semi-industriels.

- **Points faibles :**

- Faible encadrement en personnel technique d'appui à la recherche. Peu de contrats ANR, la majorité du financement est contractuelle. Equipements d'essais et personnels sur trois sites.
- Pyramide des âges préoccupante et absence de mixage des personnels de l'université de Poitiers et de l'ENSMA.

### Axe 13 – RoBioSS (Robotique – Biomécanique – Sport – Santé)

L'axe 13 résulte du regroupement de 2 des 5 équipes du LMS (Laboratoire de Mécanique des Solides) : E19 (Mécanismes et Robotique) et E21 (Mécanique du geste sportif). Cette nouvelle organisation est parfaitement cohérente et est dictée par une parfaite convergence scientifique dans les domaines de la dynamique des systèmes et de la synthèse optimale du mouvement. Ce rapprochement avait été initié par des collaborations préalables : 4 publications communes et 4 thèses co-encadrées.

Deux Professeurs des Universités, 8 MCF (dont 1 HDR et 1 émérite), 1,5 IR et 6 doctorants en date du dépôt du dossier appartiennent à cet axe dont la problématique est l'étude de la coordination des mouvements des systèmes multi-corps, en intégrant les concepts propres à la robotique et à la biomécanique du mouvement.

- **Qualité scientifique et production**

La production scientifique a connu une pointe en 2007 mais s'essouffle un peu depuis. Tous les enseignant-chercheurs de l'équipe sont publiants mais à des échelles diverses (publications de bon niveau et références de la spécialité).

- **Rayonnement et attractivité**

Tout d'abord, cet axe s'inscrit dans les directives du CNRS qui tendent à impliquer de telles équipes dans la démarche de l'amélioration de la performance sportive, en relation avec les fédérations françaises olympiques. Le groupe travaille en partenariat avec de nombreuses fédérations olympiques, ce qui place RoBioSS au premier plan dans le cadre de la convention CNRS/INSEP signée en janvier 2010. Cet axe est reconnu nationalement et internationalement. Plusieurs manifestations ont été organisées par l'équipe : GDR robotique, Journées Nationales de la Recherche en Robotique, journées thématiques de la Société de Biomécanique, journées nationales de la recherche humanoïdes... En 2011 RoBioSS organisera le symposium « Sport, Measure and Simulation ». Collaborations internationales : Australie, Canada, Grande Bretagne, Italie, Maroc, Tunisie, Mexique...

- **Outils et moyens**

2 plateaux techniques (l'un dédié à la capture du mouvement et l'autre concernant la préhension versatile et la manipulation dextre, plateforme de manipulation mettant en œuvre plusieurs robots d'architectures différentes équipés de mains robotiques).

- **Points forts :**

- Visibilité nationale et internationale, nombreuses collaborations avec des partenaires industriels régionaux, nationaux et internationaux.
- Actions fortes de transfert de technologie.
- 4 brevets déposés de 2006 à 2009.



- Points faibles :

- Tous les enseignants-chercheurs sont personnels universitaires : aucun chercheur du CNRS, aucun enseignant-chercheur de l'ENSMA.
- Fin des 2 contrats ANR en 2011
- Durée moyenne des thèses : 4,5 ans
- Pas de soutenance d' HDR et donc peu d'habilités.

- Recommandations :

- Forte implication des enseignants-chercheurs dans les tâches administratives et collectives.
- L'âge moyen des 3 HDR (2 PU et 1 MCF) est de 52 ans, l'âge moyen des MCF : 35 ans. On pressent un problème de dynamisme réel de l'équipe. L'équipe prévoit cependant la soutenance de 2-3 HDR dans les 4 ans. Il faut vraiment anticiper la succession des HDR.
- Equipe avec un fort potentiel scientifique et une forte reconnaissance dans le domaine ; il faut préserver cet acquis.

## Axe A14 – Photomécanique et Analyse expérimentale en Mécanique des Solides (PEM)

L'axe A14 rattaché au département D3 regroupe un effectif de 3 PR, 3 MCF et un CR du CNRS, renforcé par un professeur émérite. L'ensemble des 7 enseignants-chercheurs sont tous personnels de l'université de Poitiers, 4 sont titulaires d'une HDR. Un IE du CNRS réalise le suivi technique. Les travaux scientifiques se déclinent en deux axes liés et complémentaires pour l'étude de structures de géométries complexes avec des matériaux hétérogènes, afin de déterminer leurs comportements mécaniques 3D: la Photomécanique et l'Analyse Expérimentale en Mécanique des Solides. Les originalités et les points forts résident dans la complémentarité des développements numériques et expérimentaux adaptés aux échelles micro et nano, pour quantifier les lois de comportement avec des applications originales et de qualité, en robotique, en tribologie et en biomécanique ...

- Qualité scientifique et production

L'axe A14 affiche une production scientifique de 19 publications de rang A avec un taux moyen de 1,3 publications par ETP et par an, complété par 44 communications (ACTI + ACTN). Il est à noter une baisse significative de production scientifique en 2009, qui semble repartir à la hausse en 2010. Le nombre de doctorants est croissant au fil des années et varie de 3 à 5 avec une soutenance de thèse par an. La durée moyenne des thèses est de 3 à 4 ans, avec une très bonne insertion des diplômés, largement publiants. Trois docteurs sont devenus enseignants-chercheurs en France et à l'étranger. Une HDR a été soutenue en 2006, ayant conduit à une intégration sur un poste PR au sein du même axe.

- Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

Cet axe bénéficie d'une reconnaissance nationale et internationale. Plusieurs membres assurent le pilotage du GT1 du GDR 2519 du CNRS, assurant ainsi d'avoir une visibilité nationale. Les méthodes développées ont été élargies et appliquées au sein du département D3, ainsi qu'à d'autres départements de Pprime. Des travaux de qualité ont aussi été menés avec différents laboratoires français. Plusieurs collaborations internationales ont été établies puis renforcées avec l'accueil de 5 enseignants-chercheurs et chercheurs issus de 4 universités étrangères. Ces collaborations sont en outre liées à la soutenance d'une thèse en cotutelle. Par ailleurs, le laboratoire a organisé la conférence ICEM14 (International Conferences on Experimental Mechanics, Poitiers, 2010) qui a regroupé 400 participants renforçant ainsi la visibilité internationale de l'axe.

- Appréciation du projet

Actuellement, l'équipe s'est largement impliquée dans un projet ANR « Vive 3D » porté par le LEA, ainsi que dans la rédaction de plusieurs projets ANR. Ses thématiques sont bien présentes dans le projet LABEX déposé par



l'institut, avec l'objectif de mettre en place des mesures volumiques résolues en temps (M4D) pour les solides et fluides. Si ces projets aboutissent, ils permettront des avancés spectaculaires dans l'identification des lois de comportement, grâce aux informations issues de tomographies rayon X, optique et acoustique. Le comité recommande que cet axe PEM reste au sein du département D3.



## Notation

Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
UPR3346 - Institut P' : Recherche et Ingénierie en Matériaux, Mécanique et Energétique	A	A+	A+	A+	A+
<i>Physique et mécanique des matériaux</i>	A	A	Non noté	A+	A
<i>Fluides, thermique et combustion</i>	A	A+	Non noté	A+	A+
<i>Génie mécanique et systèmes complexes</i>	A	A	Non noté	A	A

C1 - Qualité scientifique et production

C2 - Rayonnement et attractivité, intégration dans l'environnement

C3 - Gouvernance et vie du laboratoire

C4 - Stratégie et projet scientifique

## Statistiques de notes globales par domaines scientifiques

(État au 06/05/2011)

### Sciences et Technologies

Note globale	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	Total
A+	6	9	12	8	12	11	58
A	11	17	7	19	11	20	85
B	5	5	4	10	17	8	49
C	2	1	2				5
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>197</b>
A+	25,0%	28,1%	48,0%	21,6%	30,0%	28,2%	29,4%
A	45,8%	53,1%	28,0%	51,4%	27,5%	51,3%	43,1%
B	20,8%	15,6%	16,0%	27,0%	42,5%	20,5%	24,9%
C	8,3%	3,1%	8,0%				2,5%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>						

## Intitulés des domaines scientifiques

### Sciences et Technologies

ST1 - Mathématiques

ST2 - Physique

ST3 - Sciences de la terre et de l'univers

ST4 - Chimie

ST5 - Sciences pour l'ingénieur

ST6 - Sciences et technologies de l'information et de la communication

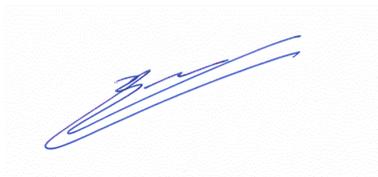
Nous venons de recevoir le rapport AERES de l'Institut Pprime. Ce rapport de très grande qualité met en évidence l'excellence scientifique de ce laboratoire.

La construction de Pprime a été un événement majeur de la vie de notre établissement, l'évaluation AERES renforce notre souhait d'investir encore vers cette thématique en Physique et Sciences pour l'Ingénieur.

Par ailleurs, Jean-Paul Bonnet, Directeur de l'UPR a fait part d'un certain nombre de corrections auxquelles nous nous associons.

Nous restons à la disposition de l'AERES pour toute information complémentaire.

Je vous prie d'agréer, l'expression de mes meilleurs sentiments.



Olivier BONNEAU  
Vice Président Recherche

