



HAL
open science

LPP - Laboratoire de physique des plasmas

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LPP - Laboratoire de physique des plasmas. 2014, École polytechnique - X, Centre national de la recherche scientifique - CNRS, Université Paris-Sud, Université Pierre et Marie Curie - UPMC. hceres-02032839

HAL Id: hceres-02032839

<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02032839v1>

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

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire de Physique des Plasmas

LPP

sous tutelle des
établissements et organismes :

École Polytechnique

Université Paris 6 - Pierre et Marie Curie

Université Paris-Sud

Centre National de la Recherche Scientifique – CNRS



Novembre 2013



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

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3
novembre 2006¹,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section
des unités de recherche

Au nom du comité d'experts,

- M. Jean-Pierre BOEUF, président du
comité

¹ Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).



Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité : Laboratoire de Physique des Plasmas

Acronyme de l'unité : LPP

Label demandé : UMR

N° actuel : UMR 7648

Nom du directeur (2013-2014) : M^{me} Laurence REZEAU

Nom du porteur de projet (2015-2019) : M. Pascal CHABERT

Membres du comité d'experts

Président : M. Jean-Pierre BOEUF, Laplace - Université Paul Sabatier, Toulouse

Experts :

- M^{me} Carine BRIAND, LESIA, OBSPM, Meudon
- M. Ambrogio FASOLI, EPFL, Lausanne, Suisse
- M. François FORME, CESR, Toulouse (représentant du CNU)
- M. Khaled HASSOUNI, LSPM, Université Paris 13 - Villetaneuse (représentant du CoNRS)
- M. Robin KAISER, INLN, Université de Nice

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Jean-Pierre BRANCHER



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

M. Etienne AUGE, Université Paris-Sud

M. Philippe CAVELIER, CNRS-DR5

M. Paul INDELICATO, UPMC

M. Pierre LEGRAIN (représentant de l'École Doctorale (EDX))

M. Patrick LE QUERE, École Polytechnique

M. Reynald PAIN, UPMC

M. François PAJOT, CNRS-INSU

M^{me} Marie-Yvonne PERRIN, CNRS-INSIS



1 • Introduction

Historique et localisation géographique de l'unité

Le Laboratoire de Physique des Plasmas, LPP, créé au 1er Janvier 2009, est le résultat de la fusion du LPTP, Laboratoire de Physique et Technologie des Plasmas, et d'une partie du CETP, Centre d'étude et des Environnements Terrestre et Planétaires.

A sa création, le laboratoire était sur 3 sites : École Polytechnique (le site de l'ex LPTP), et les sites de Vélizy (site de l'ex CETP) et de St Maur des Fossés. Le site de Vélizy a été fermé en 2010 et le personnel et les expériences de Vélizy se sont installés à Polytechnique et à St Maur (pour une minorité). L'installation à Polytechnique a été faite moyennant de gros travaux d'aménagement (construction de mezzanines dans la moitié des locaux). Le déménagement et les travaux ont sensiblement pénalisé le travail des équipes car des expériences ont dû être arrêtées, mais cela s'est peu senti sur la production scientifique du laboratoire. Ce réaménagement n'a cependant pas libéré suffisamment de place puisque que des expériences sont encore installées dans des « Algécos » sur le parking du laboratoire. Le redéploiement n'est pas terminé puisqu'il est prévu qu'une partie du laboratoire se retrouve sur le campus Jussieu après fermeture du site de St Maur (cette opération a pris du retard et est prévue pour début 2015).

Les activités de l'ex LPTP se déclinaient au sein de quatre équipes : « Instabilités, transport et turbulence en tokamaks », « Plasmas radiofréquence en gaz moléculaires », « Plasmas magnétisés à haute densité d'énergie », et « Plasmas environnement énergie ». Ces activités se retrouvent actuellement redistribuées sur 3 équipes du LPP (les deux équipes concernées par les plasmas froids ont fusionné) : « Plasmas de fusion par confinement magnétique », « Plasmas froids » et « Plasmas chauds impulsionnels ». La quatrième équipe du LPP, l'équipe « Plasmas spatiaux » est le résultat de la fusion des équipes « Ondes dans les Plasmas Naturels » et « Électrodynamique des Milieux ionisés » du CETP. A noter qu'une 5^{ème} équipe, « Théorie des plasmas thermonucléaires et naturels » était présente à la création du LPP. Cette équipe n'existe plus et ses membres ont rejoint les équipes « Plasmas de fusion par confinement magnétique » et « Plasmas spatiaux ».

Équipe de direction

Du 1^{er} Janvier 2009 au 31 Juillet 2012 :

Directeur : M. Antoine ROUSSEAU ; Directrice Adjointe : M^{me} Laurence REZEAU.

Depuis le 1er Juillet 2012 :

Directrice : M^{me} Laurence REZEAU, Directeur Adjoint : M. Pascal CHABERT.

Nomenclature AERES :

ST5 (Sciences pour l'Ingénieur SPI).



Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	7	7
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	23	20
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	27	28
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	1
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	8	
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	8	
TOTAL N1 à N6	74	56

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	20	
Thèses soutenues	20	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	26	
Nombre d'HDR soutenues	4	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	19	16



2 • Appréciation sur l'unité

Avis global sur l'unité

L'objectif du LPP de réunir des activités recouvrant toute la physique des plasmas, des plasmas chauds aux plasmas froids, des plasmas astrophysiques aux plasmas de laboratoire, de la physique fondamentale aux applications, est ambitieux mais parfaitement cohérent. Il doit permettre le rapprochement de communautés qui travaillent sur des bases physiques communes mais qui, paradoxalement, interagissent peu. Le laboratoire et sa direction ont fourni des efforts considérables pour réaliser sur le plan pratique (redéploiement des équipes, adaptation des locaux) cet objectif. Les équipes devraient être stabilisées sur 2 sites (École Polytechnique et campus Jussieu) début 2015.

Le laboratoire est actuellement structuré en quatre équipes : « Plasmas de fusion par confinement magnétique », « Plasmas froids », « Plasmas denses impulsifs », « Plasmas spatiaux ». Sur le plan scientifique, les équipes sont parfaitement intégrées dans les communautés nationale et internationale. Leurs travaux se situent à un niveau d'excellence internationale, sont publiés dans les meilleures revues et donnent lieu à de nombreuses conférences invitées. Chacune des équipes, dans sa spécialité, interagit fortement avec les environnements académique et socio-économique.

Le LPP est appelé à devenir un laboratoire phare de la physique des plasmas et à réaliser son ambition pertinente et justifiée de donner de la visibilité à la physique des plasmas en tant que telle. Un grand pas a été franchi dans cette direction avec la création du laboratoire et le succès du regroupement des équipes. Le pas suivant sera décisif car, au-delà du simple affichage, il faudra créer une véritable synergie et faire en sorte que les équipes dont les objectifs propres et les interactions avec le milieu extérieur sont très différents arrivent à définir et poursuivre des objectifs scientifiques communs.

Points forts et possibilités liées au contexte

La réunion au sein d'un même laboratoire de spécialistes de haut niveau des principales thématiques de la physique des plasmas (plasmas de fusion par confinement magnétique, plasmas froids, plasmas spatiaux) est exceptionnelle et sera un atout incontestable du LPP s'il sait en tirer profit en créant des synergies sur les plans théorie/modélisation/expérience et en jouant sur l'aspect attractif que peut représenter la physique des plasmas dans son ensemble pour des jeunes en formation. Le LPP a une opportunité de s'établir au niveau international (en tout cas européen) comme un des rares exemples d'intégration des différents aspects de la physique des plasmas dans la même unité.

Chacune des équipes a des points forts spécifiques, liés à sa spécialité. Le laboratoire a su renforcer l'équipe « fusion par confinement magnétique » par des recrutements de qualité. Ces recrutements, ainsi que le rôle important de l'équipe dans l'organisation de la recherche académique en fusion magnétique en France confèrent au laboratoire une position de force dans ce domaine. L'équipe « plasmas froids » est particulièrement dynamique et attractive avec un positionnement au premier plan sur plusieurs thématiques, un niveau élevé de publications, un très fort rayonnement international et un excellent équilibre entre recherche fondamentale et recherche finalisée. L'équipe « plasmas spatiaux » est impliquée dans un grand nombre de missions spatiales majeures de la discipline. L'équipe « Plasmas denses impulsifs » possède une expertise très pointue et reconnue dans le domaine des hautes puissances pulsées.

La bonne atmosphère générale du laboratoire et l'enthousiasme toujours présent des équipes à réaliser l'ambition initiale du LPP sont aussi évidemment des points forts du laboratoire.

Points faibles et risques liés au contexte

Les tentatives de créer des synergies scientifiques sur des thématiques transversales (par exemple sur les thèmes de la turbulence, de la simulation et de l'instrumentation identifiés par le laboratoire comme porteurs de collaborations potentielles entre équipes) ont été relativement timides depuis la création du laboratoire. Il est certain que la création de ces synergies demande du temps et que leur développement nécessitera des actions incitatives fortes.



La présence du laboratoire sur deux sites (École Polytechnique et campus de Jussieu de l'UPMC) ne constitue pas en soi un risque majeur et de nombreux laboratoires sont dans cette situation. Il faudra cependant veiller à ce que les chercheurs localisés à Jussieu ne soient pas également isolés sur le plan thématique.

L'équipe « Plasmas chauds impulsifs » se réduira à un chercheur permanent au cours du prochain plan quinquennal en raison de plusieurs départs à la retraite. Le projet de laboratoire ne prévoit pas le maintien de cette thématique au LPP sur le moyen et long terme. Ce choix réaliste du laboratoire conduit quand même à acter une perte de compétences (qui ne va pas dans le sens de la volonté de regrouper au sein du laboratoire tous les aspects de la physique des plasmas).

Le laboratoire dépend de 4 tutelles (École Polytechnique, CNRS, UPMC, université Paris Sud) et demandera son rattachement à un OSU de l'Observatoire de Paris. Ce grand nombre de tutelles ne pose pas de problème insurmontable mais demande une organisation efficace de la direction et des services de gestion du laboratoire et une bonne circulation de l'information.

Recommandations

Le LPP devra mener une politique plus clairement incitative pour favoriser les interactions entre équipes et les synergies sur les thèmes transverses identifiés de la turbulence, de la simulation et de l'instrumentation. Ceci est nécessaire pour renforcer la cohésion du laboratoire et pour que l'ambition de donner de la visibilité à la physique des plasmas ne soit pas réduite à un affichage. Dans ce sens, un objectif que le LPP pourrait se fixer serait que le laboratoire en tant que tel et dans son ensemble occupe sur la scène internationale une place équivalente à celle que chaque équipe occupe individuellement dans son domaine.

Lors de l'implantation d'une partie du LPP à Jussieu, il faudra éviter de diviser les équipes par thématique (par exemple instrumentation sur un site et simulation sur l'autre). Dans ce sens, la volonté de recruter et d'installer un Maître de Conférences en Plasmas froids à l'UPMC affichée par le LPP est soutenue par le comité d'experts à condition que ce chercheur ne reste pas lui-même isolé dans sa thématique à Jussieu.

Le nombre d'enseignants-chercheurs du laboratoire est relativement faible et le laboratoire doit continuer ses efforts pour être présent dans l'offre de formation en physique des plasmas de façon à assurer la promotion de la discipline auprès des jeunes, en cohérence avec l'ambition affichée du laboratoire.

Le comité d'experts soutient le laboratoire dans sa demande d'appartenir à un OSU de l'Observatoire de Paris de façon à permettre le développement de tâches de service, soit dans le cadre des préparations des missions futures, soit dans le cadre de la mise à disposition des données pour la communauté. Le LPP évolue cependant dans un paysage de la recherche très complexe, en partie lié à sa volonté de regrouper dans un même laboratoire des chercheurs travaillant sur des aspects divers de la physique des plasmas : environnement multi-tutelles, multi-sections CNU et CNRS et multi-Idex. Ceci nécessite une excellente organisation de la direction et de la gestion du laboratoire, un bon fonctionnement des différents conseils et commissions du laboratoire et une excellente communication interne.



3 • Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Le LPP fédère des activités de recherche sur différents aspects de la physique des plasmas, organisées en quatre domaines bien définis et quatre équipes :

Équipe 1 : « Plasma de fusion par confinement magnétique »

Équipe 2 : « Plasmas froids »

Équipe 3 : « Plasmas chauds impulsionsnels »

Équipe 4 : « Plasmas spatiaux »

Ces équipes ont une base physique commune évidente, la Physique des Plasmas, ce qui confère une unité scientifique certaine au LPP, mais les objets physiques qu'elles étudient, leurs approches, et leurs interactions avec l'environnement socio-économique sont complètement différents et spécifiques à chacune. Malgré ces différences, le socle de physique de base ainsi que des verrous scientifiques communs (par exemple la turbulence des plasmas magnétisés), et des méthodologies voisines (simulation et méthodes de diagnostics ou instrumentation) rendent totalement pertinent le projet du LPP. L'idée d'un regroupement ou d'une meilleure interaction des communautés plasma est pertinente au-delà du LPP car la diversité des contextes et des applications nuit paradoxalement à la visibilité de ce domaine de la physique.

Les quatre équipes du laboratoire développent des recherches de haut niveau dans leurs domaines respectifs. Le nombre de publications est variable suivant les équipes, très élevé et dans des revues à fort impact pour les équipes « plasmas de fusion » (63 RICL pour 6 permanents publiant, dont 6 Physical Rev. Letters) et « plasmas froids » (93 RICL pour 7 permanents publiant, dont 10 articles dans Applied Phys. Letters). Le nombre de publications est également élevé pour l'équipe « plasmas spatiaux » (189 RICL pour 25 permanents publiant, dont 10 PRL, 2 Sciences, et 2 Nature Physics), et moins important pour l'équipe « plasmas chauds impulsionsnels » (19 RICL pour 4 publiant).

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Les détails sur le rayonnement et l'attractivité académiques sont donnés dans l'analyse par équipe.

D'une manière générale, le niveau d'implication des membres du laboratoire dans des projets nationaux et internationaux est excellent. Parmi les implications décrites dans l'analyse par équipe, on peut noter que les chercheurs de l'équipe « Plasmas froids » sont présents et/ou porteurs dans un nombre important de projets financés par l'ANR, ont des collaborations internationales avec des laboratoires prestigieux et ont su intéresser des entreprises internationales importantes de leur domaine ; la responsable de l'équipe plasma de fusion dirige la Fédération sur la Fusion par Confinement Magnétique et son équipe est fortement impliquée dans des projets Européens (calls EFDA, Virtual Institute de l'Association Helmholtz) ; les membres de l'équipe « Plasmas spatiaux » sont contributeurs à des instruments sur les futures missions spatiales majeures de la discipline et sont impliqués dans de nombreuses structures de recherche nationales ou internationales parmi lesquelles le programme National Soleil Terre (PNST), la Société Française de Physique, les groupes thématiques du CNES, Europlanet, le GIRGEA ; un membre de l'équipe « Plasmas denses impulsionsnels » est expert auprès d'un laboratoire américain prestigieux (Sandia National Labs). Le rayonnement et la notoriété des chercheurs du laboratoire sont également mis en évidence par le nombre élevé de conférences sur invitation (en particulier dans les équipes « Plasmas froids » et « Plasmas de fusion »).

Les enseignants-chercheurs et chercheurs participent activement aux structures des universités de tutelles (Conseils et Comités de Spécialistes), au Conseil National des Universités, ainsi que dans les sections du Comité National du CNRS ou en tant que chargés de mission auprès des DAS du CNRS.

Le laboratoire a joué un rôle central dans l'élaboration du labex Plas@Par et est fortement impliqué dans son pilotage.

Les équipes du laboratoire ont organisé ou participé à l'organisation de conférences internationales dans leurs domaines respectifs et sont membres de comités scientifiques de nombreuses conférences internationales et nationales.



Enfin de nombreux prix ou distinctions honorifiques, détaillés dans l'analyse par équipe, ont été attribués à des membres du laboratoire, chercheurs, ingénieurs, et doctorants.

Le laboratoire participe activement à la formation pour et par la recherche, avec néanmoins des disparités entre les groupes, liés sans doute aux possibilités plus ou moins importantes d'embauche. Un nombre important de chercheurs post-doctorants est aussi accueilli au sein du laboratoire grâce notamment aux contrats ANR remportés. Là encore des disparités notables existent entre équipes.

Un autre aspect qui pourrait être encouragé au sein du laboratoire : l'accueil de chercheurs étrangers pour des périodes longues. Cet aspect est peu mentionné dans le dossier.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les interactions avec l'environnement socio-économique sont très spécifiques à chaque équipe et sont détaillées dans l'analyse par équipe.

D'une manière générale, on peut noter que chaque équipe interagit fortement avec l'environnement socio-économique : l'équipe « Plasmas spatiaux » est parfaitement intégrée dans les différentes missions spatiales actuelles ou en projet (avec des interactions avec des industriels spécialisés en France et en Europe), l'équipe « Plasmas de fusion » interagit fortement avec le CEA, l'équipe « Plasmas froids » a des interactions fortes avec des partenaires du monde socio-économique concernés par les applications qu'elle développe (microélectronique, propulsion spatiale, applications médicales... ; l'équipe a déposé 7 brevets), l'équipe « Plasmas denses impulsions » travaille en relation étroite avec la DGA et le CEA.

Les chercheurs participent également activement à de multiples opérations de communication vers le grand public.

Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

La logique scientifique du LPP, basée sur le regroupement d'activités liées à la physique des Plasmas, est parfaitement cohérente mais ne simplifie pas les aspects administratifs puisque les activités en question dépendent d'Instituts CNRS différents et de sections différentes du CoNRS ou du CNU et sont rattachées à deux universités et à l'École Polytechnique. L'unité dépend donc de quatre tutelles, sans doute bientôt de cinq (demande de rattachement à l'Observatoire de Paris). De plus, dans le cadre de ses activités spatiales, le laboratoire est en interaction forte avec le CNES si bien qu'un nombre important d'ingénieurs et techniciens du laboratoire qui travaillent sur les aspects « instrumentation » des diverses missions spatiales dans lequel le LPP est impliqué, sont recrutés comme CDD sur des crédits CNES.

Cette structure particulière du laboratoire explique sans doute les difficultés signalées par l'équipe administrative pour la gestion quotidienne du laboratoire. Cette équipe semble cependant en nombre suffisant pour un laboratoire de cette taille, même multi-tutelles, et par rapport à la moyenne des laboratoires. Les doctorants et post-doctorants notent un problème d'organisation et de manque d'information sur les questions administratives qui les concernent. On peut penser qu'une meilleure organisation de l'équipe administrative et plus généralement de la vie du laboratoire devrait aider à résoudre ces problèmes.

Le laboratoire a intégré avec succès et au prix de réaménagements importants (et d'une augmentation de la densité volumique du personnel), une partie de l'équipe « Plasmas spatiaux » dans les locaux du LPP sur le site de l'École Polytechnique. La surface disponible à l'École Polytechnique est cependant insuffisante (des expériences de l'équipe « Plasmas froids » sont sur environ 100 m² d'Algeco sur le parking de l'École Polytechnique) et le laboratoire doit trouver un soutien financier pour réaménager sa salle de bibliothèque en salle d'expériences. Pour ce qui concerne le campus de Jussieu le laboratoire doit encore trouver des fonds (environ 60 k€) pour compléter le financement de la salle blanche.

Des chercheurs du laboratoire ont mis en place des structures d'animation scientifique transversale. Ces démarches vont dans le bon sens mais, pour ce qui concerne le développement d'activités transversales, doivent être accompagnées d'initiatives concrètes, avec notamment un fléchage prioritaire de moyens significatifs de la part de la direction du laboratoire. En effet, et comme évoqué précédemment, la mise en place de liens entre les différentes équipes est une nécessité incontournable et conditionne l'avenir de l'unité.



Enfin le comité d'experts a noté la volonté affirmée de la future équipe de direction d'améliorer l'organisation générale de la vie du laboratoire, qui n'a pas pu être optimisée au cours de la période précédente en raison sans doute de priorités autres (redéploiement, aménagement du laboratoire).

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Le LPP est impliqué dans trois Masters 2 :

- M2 « Plasma : de l'espace au laboratoire » (deux enseignants-chercheurs font partie de l'équipe de direction, 9 membres du laboratoire y enseignent).
- Master National Science de la Fusion (un cours assuré).
- Master Astronomie, Astrophysique et Ingénierie spatiale (deux cours assurés par des membres du LPP).

Des discussions sont en cours pour regrouper les deux premiers masters dans une formation unique en physique des plasmas.

Les membres HDR du LPP sont rattachés à 3 Écoles Doctorales :

- ED n°127 (UPMC) Astronomie et Astrophysique d'Ile de France (2).
- ED n°389 (UPMC) P2MC La Physique de la Particule à la Matière Condensée (6).
- ED n°447 École Doctorale de l'École Polytechnique (EDX) (11).

Cette configuration changera dans le prochain contrat et les membres du LPP pourront être rattachés à l'École Doctorale Ondes et Matière (sans doute appelée à évoluer) ou à l'École Doctorale Interfaces qui devrait résulter de la restructuration de plusieurs ED dont l'EDX.

Une majorité de doctorants est actuellement rattachée à l'École Doctorale de l'École Polytechnique (19 sur 22 au 1er Janvier 2013).

Le LPP compte seulement 7 enseignants-chercheurs répartis sur l'UPMC et Paris Sud, aucun à l'École Polytechnique. Il souhaite renforcer son implantation dans la formation à Polytechnique par la création d'une chaire spatiale. Le faible nombre d'enseignants-chercheurs est pénalisant pour réaliser pleinement l'ambition du laboratoire sur le plan des offres de formation.

Le nombre de doctorants et post-doctorants est réparti de façon inégale entre les équipes avec un déficit certain dans l'équipe « Plasmas spatiaux » (par rapport à la taille de l'équipe).

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet à cinq ans est porté par une nouvelle équipe composée de M. Pascal CHABERT (Directeur) et M^{me} Dominique FONTAINE (Directrice Adjointe). Le conseil de laboratoire a été consulté et a approuvé la proposition de cette nouvelle équipe de direction. Le projet à cinq ans vise à renforcer le positionnement des trois plus grosses équipes du laboratoire sur leurs thématiques respectives, tout en développant des axes transverses et des synergies entre équipes. Ce développement des axes transverses est essentiel pour atteindre les objectifs que se fixe le laboratoire. Certains axes porteurs de transversalité ont été identifiés par le laboratoire et concernent principalement la turbulence plasma, la simulation, et l'instrumentation. La manière de favoriser le développement de ces thématiques transverses n'a cependant pas été clairement définie et le laboratoire doit réfléchir à des actions concrètes pour atteindre cet objectif.

L'implantation du LPP à Jussieu se fera au début du prochain quinquennal. Une des demandes importantes du laboratoire est le recrutement d'un maître de Conférences en Plasmas froids à l'UPMC. Ce recrutement permettrait d'éviter qu'un groupe de chercheurs/ingénieurs de l'équipe Plasmas spatiaux ne se retrouve isolé physiquement et thématiquement sur le site de l'UPMC. Ceci n'est cependant possible que si d'autres chercheurs en Plasmas froids développent des activités sur ce site, ce qui ne semble pas encore bien défini.

Le laboratoire s'inquiète du problème de la visibilité du LPP à l'INSU et pense que son appartenance à un OSU (Observatoire des Sciences de l'Univers) permettrait de réduire ce déficit de visibilité. L'Observatoire de Paris a proposé de devenir tutelle du LPP. Le comité d'experts soutient ce rattachement qui sera globalement positif pour le laboratoire même s'il ne simplifie pas, en rajoutant une tutelle aux quatre autres, les aspects liés à la gestion du LPP.



Le laboratoire souhaite renforcer son implantation dans la formation à Polytechnique et son positionnement sur le « spatial » par la création d'une chaire spatiale et le recrutement d'un enseignant à l'École Polytechnique. L'implication du laboratoire dans cette chaire serait évidemment un atout important pour le LPP. Des démarches dans ce sens sont en cours.

La nouvelle équipe de direction souhaite renforcer l'importance des instances du laboratoire, augmenter la fréquence des réunions des responsables d'équipe et s'appuyer sur davantage de personnes (« chargés de mission ») pour assurer le suivi des dossiers. Il s'agit là certainement d'une sage décision compte tenu de la complexité du paysage de la recherche dans lequel évolue le laboratoire.

L'ensemble du projet est cohérent et le comité d'experts pense que la nouvelle équipe de direction est capable d'atteindre les objectifs fixés étant entendu que des réflexions approfondies sont encore nécessaires pour définir les actions concrètes à mener pour atteindre les objectifs.



4 • Analyse équipe par équipe

Équipe 1 : Plasmas de fusion par confinement magnétique

Nom du responsable : M^{me} Pascale HENNEQUIN

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	1
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	4	5
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	2	2
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	2	
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
TOTAL N1 à N6	9	8

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	5	
Thèses soutenues	3	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	6	
Nombre d'HDR soutenues		
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	1

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe a su se positionner sur une niche de grande importance pour la physique de la fusion, notamment la mesure et la modélisation de la turbulence au cœur des plasmas de tokamaks. L'équipe s'est développée significativement au cours des dernières années et du point de vue des effectifs expérimentaux, et du côté de la théorie. En particulier, quatre postes ont été pourvus en théorie depuis 2009.



L'équipe a un excellent niveau de publication dans les revues réputées du domaine (63 publications dans des revues internationales dont 6 dans Phys. Rev. Letters pour 5 chercheurs et un enseignant-chercheur dont trois recrutés sur la période et un émérite, et deux ingénieurs de recherche dont un recruté sur la période). Le nombre de conférences sur invitation est élevé (22 sur la période).

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe est fortement impliquée dans la communauté nationale et internationale sur la fusion magnétique et sa responsable joue un rôle central dans l'organisation de la recherche académique nationale sur la fusion magnétique (Fédération FR-FCM, fortes interactions avec le CEA, chargée de mission auprès du CNRS/INSIS de 2006 à 2012).

L'équipe a développé des techniques expérimentales et d'analyses de données à la pointe, basées sur la diffusion des ondes électromagnétiques dans les plasmas, à travers laquelle on peut extraire des informations importantes sur les spectres en fréquence et nombre d'ondes, la vitesse de phase, les longueurs de corrélation et les effets non-locaux des fluctuations du plasma, responsables du transport non-collisionnel et donc limitant la performance des réacteurs à fusion. Ces systèmes sont déployés sur trois machines en Europe, avec des caractéristiques différentes et complémentaires: Tore Supra, au CEA-Cadarache, Asdex-Upgrade à l'IPP Garching, et TCV au CRPP-EPFL Lausanne. Ceci permet d'investiguer et de comparer divers régimes et configurations de plasma et devrait amener à une compréhension plus profonde des mécanismes physiques à la base de la turbulence et du transport, donc suggérer des méthodes pour en contrôler les conséquences.

La présence sur ces trois machines et les résultats de pointe obtenus donnent une grande visibilité internationale à l'équipe, comme en témoigne par exemple la participation à une collaboration de prestige, à travers l'institut Helmholtz sur la réflectométrie dans les tokamaks, à laquelle participent, entre autres, la société Max Planck et l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

Les activités de la partie théorique du groupe ont aussi acquis une carrure internationale, en particulier grâce à une approche innovatrice pour la compréhension des phénomènes complexes de turbulence combinant des modèles simples semi-analytique avec des codes gyro-cinétiques pour l'interprétation des résultats expérimentaux.

Cet effort apporte un autre élément de rayonnement international du groupe, et joue un rôle de catalyseur pour un des axes transversaux sur lesquels la Direction du LPP base sa vision de fédération scientifique du laboratoire.

Un commentaire peut être fait sur le rôle de la machine locale TORIX, qui est utilisée pour des TP d'étudiants ou des thèses, ainsi que comme banc de tests pour des développements de diagnostics. Avec des ressources adéquates, en hardware et personnel, cette machine pourrait être amenée à un niveau nettement supérieur de productivité scientifique, par exemple dans le domaine des structures turbulentes dans des plasmas avec des caractéristiques similaires à ceux du bord des tokamaks, ou dans l'interaction ondes-particules.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les projets de l'équipe ont été soutenus par les financements Euratom-CEA via les appels à projets de la fédération FR-FCM et les 'calls' européens EFDA, ainsi que, sur le plan national, par 4 projets ANR. Elle est partenaire d'un Virtual Institute Allemagne-Suisse-France financé par l'Association Helmholtz.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

La composition démographique de l'équipe est très favorable à une ultérieure progression internationale dans les dix prochaines années, pendant lesquelles il n'y aura aucun départ à la retraite, et pour lesquelles l'équipe a une vision claire des lignes de recherches qu'elle poursuivra.



Conclusion

- *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe « Plasmas de fusion par confinement magnétique » a réussi, par ses recrutements récents à atteindre une taille qui donne au LPP un meilleur équilibre thématique. Elle contribue de manière très positive au rayonnement du laboratoire par ses publications nombreuses et de qualité et ses collaborations nationales et internationales. Le rôle très actif de sa responsable dans la fédération des recherches nationales sur la fusion par confinement magnétique conforte le positionnement de l'équipe sur le plan national et européen.

- *Points faibles et risques liés au contexte :*

Le programme européen de fusion est en train d'être entièrement restructuré. Il sera basé sur un consortium dans lequel le financement des recherches se fera à travers des propositions jugées par des pairs sur une base de qualité et d'adéquation au programme fusion. Pour l'équipe fusion magnétique du LPP ceci représente en partie un risque, car le financement européen, même s'il n'était que partiel, ne sera plus garanti, mais surtout une opportunité, car le système encourage et soutient des efforts collaboratifs comme celui qui est déjà été entamé par l'équipe, et le support financier pourrait augmenter significativement en cas de succès.

- *Recommandations :*

L'équipe doit pouvoir jouer un rôle fédérateur également au sein du laboratoire en poursuivant ses efforts vers le développement d'un axe transverse sur la turbulence plasma.



Équipe 2 : Plasmas froids

Nom du responsable : M. Jean-Paul BOOTH

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	1
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	5	5
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	2	2
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	3	
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
TOTAL N1 à N6	11	8

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	10	
Thèses soutenues	9	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	13	
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	5

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe Plasma Froid du LPP mène des recherches sur des plasmas hors équilibre essentiellement non-thermiques et moléculaires. L'activité de cette équipe distingue deux axes : (i) les plasmas basse et très basse pression et (ii) les plasmas non-thermiques à des pressions autour et au-delà de la pression atmosphérique. Au niveau fondamental, l'équipe se retrouve sur un socle commun qui associe l'étude des phénomènes de dépôt d'énergie électromagnétique, de dynamique des espèces chargées et de réactivité de volume et de surface dans des plasmas moléculaires. L'équipe qui s'appuyait essentiellement sur des approches expérimentales et de modélisation physique commence à utiliser des outils de simulation numérique.



Le premier axe de recherche de l'équipe bénéficie d'une compétence 'historique' sur les plasmas radiofréquences, éventuellement magnétisés, en couplage capacitif ou inductif. L'équipe possède une reconnaissance internationale sur l'étude de ces plasmas, expérimentalement par des caractérisations électriques et des diagnostics laser, ou théoriquement à travers des modèles physiques d'équilibre de la décharge ou de dynamique des espèces chargées. Lors du dernier quinquennal, l'équipe a réalisé un travail remarquable sur le développement de nouveaux concepts d'excitation RF adaptés au dépôt de silicium photovoltaïque et sur l'étude expérimentale et théorique de décharges RF électronégatives dans des gaz halogénés. Elle s'est appuyée sur son expertise sur la dynamique des plasmas électronégatifs pour proposer, développer et étudier un concept original de propulsion plasmique. D'un point de vue fondamental, ces études ont permis une avancée importante dans la compréhension des plasmas ion-ion.

Les travaux réalisés par l'équipe dans le cadre du second axe de recherche ont pour point commun la recherche et l'optimisation d'une réactivité originale. Ainsi la première thématique dans cet axe est liée à l'étude de la réactivité, en volume et de surface, dans des systèmes complexes associant des décharges à barrières diélectriques et des matériaux: matériaux inertes, tissus vivants, ou liquides. L'équipe a en particulier réalisé des travaux de premier plan sur les mécanismes de surface qui interviennent dans des systèmes plasma-catalyse où le plasma est en interaction avec un oxyde support du catalyseur. La seconde thématique de recherche dans cet axe concerne le développement de décharges impulsives nanosecondes pour des applications en combustion. L'équipe possède une forte compétence dans la production et la caractérisation très fine de ce type de décharges. L'équipe a su en particulier collaborer avec des laboratoires de combustion pour tester et valider des concepts d'allumage assisté par plasma dans des machines à compression rapide.

La dernière thématique de recherche, à l'interface entre les deux axes, concerne le développement et l'étude de microplasmas en cathode creuse (MHCD) pour la production d'espèces actives pour des applications en biologie et médecine. L'équipe a su étendre ses compétences en modélisation physique des décharges basse pression à l'étude des MHCD pour expliquer certains comportements particuliers de ces décharges et optimiser leur fonctionnement.

La production scientifique est excellente aux niveaux quantitatif et qualitatif. L'équipe compte en effet autour de 4,5 publications/ETP-chercheur/an dans les meilleures revues du domaine. On relève en particulier une dizaine de publications dans les *Applied Physics Letters*, ce qui témoigne du caractère innovant des travaux entrepris. Le fort impact des travaux se mesure à travers la cinquantaine de conférences invitées, pour la plupart dans des congrès internationaux de grande audience, données par les membres de l'équipe. On compte également la publication d'un ouvrage général sur les plasmas radiofréquences qui a été bien accueilli par la communauté, d'un *Handbook on combustion* et d'un chapitre d'ouvrage. L'activité de l'équipe est également caractérisée par un fort dynamisme avec plus de 200 participations à des congrès (pour la plupart internationaux).

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe possède un très fort rayonnement à l'international. Elle a bénéficié d'un nombre important de conférences invitées dans des congrès de grande audience sur la quasi-totalité de ses thématiques de recherche. Plusieurs membres de l'équipe ont été présidents de session, organisé ou participé aux comités scientifiques d'un nombre important de conférences internationales de premier plan dans le domaine (ICPIG, GEC, AVS, LAPD, Dry Process, etc).

L'équipe a su construire un réseau international de collaborations suivies comptant des équipes de premier plan dans les disciplines abordées : USA (Berkeley, Princeton, Michigan, Applied Materials), Russie (MSU), Ukraine, Allemagne (INP, Bochum), UK (York, Oxford), etc. L'équipe a participé à plusieurs projets collaboratifs : 1 FP7, 1 Marie Curie, 1 COST, 1 France-Berkeley, etc. Elle a su intéresser des entreprises internationales comme Applied Materials ou ALKO.

L'équipe a joué un rôle important dans la création du Labex Plas@Par. Elle est fortement impliquée dans son comité de pilotage. Un membre de l'équipe est membre du comité de pilotage du réseau plasma Froid de la MRCT.

Les membres de l'équipe sont des experts reconnus et respectés dans leur domaine, ils sont régulièrement sollicités dans des comités d'évaluation ou de recrutement, notamment au niveau international (DFG Kiel-Greifswald, NCPT-Irlande, DOE-USA, Plasma Roadmap).

Plusieurs membres de l'équipe ont reçu des prix ou des distinctions honorifiques, Fellow de l'AVS, William Crookes Prize (ESCAMPIG), etc. Les doctorants de l'équipe ne sont pas en reste puisque 3 doctorants de l'équipe ont reçu des prix dans des congrès internationaux et deux autres le prix de thèse de l'EDX. En outre des start-up émergeant de l'équipe ont reçu plusieurs prix de l'innovation (École Polytechnique, Oseo, GDF-Suez, etc).



L'équipe est clairement très attractive. 2 membres de l'équipe sont des chercheurs recrutés dans des établissements internationaux de haut niveau. L'équipe a accueilli en moyenne 3 post-docs par an sur le dernier quinquennal, au moins 50% de ces post-docs viennent de l'étranger. De même, l'équipe accueille des doctorants venant de l'étranger. L'équipe reçoit régulièrement en visite des chercheurs étrangers de très haut niveau.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Lors du dernier quinquennal, l'équipe s'est beaucoup tournée vers la valorisation de ses travaux de nature fondamentale. Cela s'est traduit par le dépôt de 7 brevets ; et, fait notable, presque tous ces brevets sont licenciés à des entreprises. L'équipe s'est engagée dans plusieurs collaborations suivies avec des entreprises Françaises et internationales, grandes ou de taille modeste, comme par exemple Renault, ALKO, Astrium, Applied Materials.

L'équipe a été à l'origine de trois start-up créées par des jeunes entrepreneurs qui ont fait leur thèse au LPP. Ces entreprises ont reçu plusieurs prix d'innovation et l'une d'entre elles a connu un fort développement.

Lors des dernières années, l'équipe s'est engagée dans une thématique de recherche en plein essor concernant l'application des plasmas à la biologie et à la médecine. L'équipe a su établir des collaborations structurantes avec des grands CHU Parisiens.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'équipe a fait soutenir 10 thèses et 4 autres thèses devraient être soutenues d'ici fin 2013. Trois des doctorants ayant soutenu dans l'équipe sont enseignants-chercheurs (dont deux sur des chaires CNRS), une est Professeure agrégée en école, 3 font des post-docs à l'étranger et 3 travaillent dans le privé (dont 1 à l'international). Il apparaît donc que l'équipe a su former des docteurs de très haut niveau qui ont essaimé dans d'autres unités. Elle a également su essaimer vers l'industrie.

Les chercheurs de l'équipe sont, à une seule exception, tous agents du CNRS ou de l'École Polytechnique. Ils se sont quand même tous efforcés à contribuer aux enseignements dans des formations de master, notamment dans un parcours intitulé 'Plasmas: de L'Espace au Laboratoire'.

L'équipe participe de manière significative à de la formation permanente de personnels techniques de l'industrie ou dans le cadre de réseaux technologiques de la MRCT.

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet scientifique de l'équipe se situe dans la continuité des travaux effectués lors du dernier quinquennal. L'équipe projette de continuer à renforcer son positionnement sur les thématiques où elle occupe actuellement un rôle de leader : décharges radiofréquence, plasmas électronégatifs (ion-ion), réactivité dans les plasmas non thermiques à pression atmosphérique, plasma-catalyse, plasma-combustion.

Ce projet présente par ailleurs des évolutions notables. L'équipe prévoit en effet un enrichissement de ses approches méthodologiques par l'introduction plus affirmée de la modélisation et de la simulation numérique. L'équipe prévoit également de renforcer et d'affirmer son positionnement sur les applications de propulsion spatiale en continuant à améliorer le nouveau concept de propulsion plasmique qu'elle a proposé. L'équipe a ouvert depuis quelques années un axe important de développement de sources à plasma pour le biomédical. Compte tenu du positionnement actuel de l'équipe, et notamment de la qualité du réseau collaboratif qu'elle a su mettre en place dans le milieu médical, cet axe sera probablement amené à se développer de manière importante lors du prochain quinquennal. Enfin, l'équipe envisage le développement d'un axe de recherche sur la valorisation du CO₂ (reformatage au CO₂).

L'équipe a affiché très clairement les demandes de moyens nécessaires à la mise en place des ouvertures qu'elle prévoit dans son projet : accueil de deux chercheurs et d'un enseignant-chercheur.



Conclusion

- **Points forts et possibilités liées au contexte :**

- l'esprit d'originalité (fondamental) et d'innovation (valorisation) qui anime l'équipe ;
- un positionnement au premier plan sur un nombre relativement important de thématiques ;
- la qualité de la production scientifique ;
- le rayonnement et l'attractivité de l'équipe à l'international ;
- un très bon équilibre entre recherche fondamentale et recherche finalisée ;
- une dynamique de groupe avec réel un esprit d'émulation.

- **Points faibles et risques :**

Il est difficile de trouver des points faibles à cette équipe. Il y a sans doute le manque d'enseignants-chercheurs qui ne permet pas à l'équipe d'exprimer tout son potentiel en termes de formation par la recherche et, par là même, la promotion de sa discipline auprès des jeunes. Un deuxième point, peut-être, concerne les liens thématiques avec les autres équipes du LPP. Malgré une implication forte et sans ambiguïté de ses membres dans le projet de laboratoire, cette équipe, de par la nature de ses activités, est sans doute celle qui a le moins de liens thématiques avec les autres équipes du LPP. L'ouverture d'une activité autour de la modélisation numérique, si elle est bien négociée, peut combler ce manque.

- **Recommandations :**

Le bilan de l'équipe est extrêmement positif et l'équipe sera probablement amenée à se développer de manière importante lors du prochain quinquennal. Il nous semble important que ce développement se fasse de manière harmonieuse et bien maîtrisée. Les recommandations que le comité d'experts souhaite formuler soulignent certains écueils qu'il semble primordial d'éviter dans ce contexte.

L'équipe a un niveau et une qualité d'activité quasi-optimaux. Ceci a été atteint en particulier parce que l'équipe a su se positionner en leader sur trois ou quatre thématiques très fondamentales et qu'elle a su valoriser les travaux réalisés sur ces thématiques dans le cadre de projets de recherche plus finalisée. Il nous semble important que l'équipe garde cette caractéristique et ne se développe pas à « n'importe quel prix ». Il est notamment important que l'équipe réfléchisse de manière collective sur les choix les plus pertinents en termes d'ouvertures thématiques en tenant compte de l'environnement qu'offre le LPP et du contexte local à l'École Polytechnique.

L'équipe prévoit la montée en puissance d'au moins deux grandes thématiques (qui sont déjà démarrées) plasma-médecine et valorisation du CO₂. Il nous semble important que le développement de ces thématiques récentes ne se fasse pas au détriment de thématiques où l'équipe est déjà positionnée en leader. Il nous semble également important que ces développements se fassent de manière coordonnée et harmonieuse au sein de l'équipe.

L'équipe prévoit la mise en place d'une activité de modélisation numérique. Il est important que l'équipe prenne conscience de la diversité des plasmas de décharge qu'elle étudie. Aborder l'ensemble de ces systèmes de décharges par la simulation numérique demanderait des moyens humains importants. Un travail de réflexion avec probablement une définition fine, une hiérarchisation et des choix sur les objectifs scientifiques sera probablement nécessaire. Ce travail de réflexion doit prendre en compte le fait que cette activité simulation numérique peut renforcer le lien thématique entre l'équipe et le reste du laboratoire.



Équipe 3 : Plasmas chauds impulsionnels

Nom du responsable : M. Jean LAROUR

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	2	2
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	2	1
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
TOTAL N1 à N6	4	3

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	2	
Thèses soutenues		
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2



• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe Plasmas chauds Impulsionnels est la plus petite équipe du LPP, avec deux chercheurs CNRS permanents, et deux ingénieurs (dont un s'occupe également à temps partiel du système informatique du laboratoire). Ses activités sont centrées sur les plasmas chauds impulsionnels créés par haute puissance électrique avec applications notamment à la production de rayonnement X intense et à la fusion nucléaire contrôlée (Z-pinch). Une application envisagée plus récemment, et particulièrement intéressante dans le contexte du LPP, est la simulation en laboratoire de chocs astrophysiques (plasma focus). Cette dernière activité ne se fait cependant pas en interne, ce qui aurait pu renforcer les interactions transversales au sein du LPP, mais en collaboration avec le LERMA, dans le cadre du labex Plas@Par. La physique impliquée dans ces études relève de la MHD, de la turbulence, et du transport de rayonnement. L'équipe a une double approche expérimentale et de modélisation. Elle possède une compétence certaine et reconnue dans le domaine des hautes puissances pulsées (collaboration avec la DGA, le CEA, Sandia National Lab., Univ. Nevada Reno, Institut Keldysh à Moscou) et un savoir-faire dans l'utilisation conjointe de dispositifs à hautes puissances pulsées et de lasers de dernière génération laser (collaboration avec le LOA et le LULI).

Malgré la taille modeste de l'équipe, ses membres ont des activités et des publications souvent disjointes. Un des membres de l'équipe a acquis une notoriété internationale dans le monde des machines de haute puissance pulsée avec un concept de multiplicateur de courant dans la charge (« load current multiplier ») appliqué aux machines de type Z-pinch. Ses travaux ont donné lieu à un nombre honorable de publications dans des revues internationales de qualité (une PRL) co-signées avec des collaborateurs Russes et Américains. Les travaux plus récents sur la simulation de chocs astrophysiques ont conduit à un nombre limité de publications. On note également des publications dans le cadre de collaborations avec le LOA sur la formation de plasmas par laser femtoseconde et avec le LULI sur l'accélération laser-plasma. Le nombre total de publications dans des revues internationales de l'équipe est faible : 19 publications dont 3 par une chercheuse dont les publications sont comptées mais qui n'est pas listée comme membre de l'équipe, ce qui fait en tenant compte de cette personne 19 publications pour 4 chercheurs publiant, sur 5 ans.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

L'équipe est bien intégrée et reconnue par la communauté internationale dans le domaine des hautes puissances pulsées, avec des collaborations avec les meilleurs laboratoires de la spécialité. La taille modeste de l'équipe ne lui permet cependant pas de s'affirmer comme un acteur majeur dans le domaine.

Un membre de l'équipe est consultant auprès de Sandia National Labs aux Etats Unis et fait partie du comité international de 2 conférences renommées sur les plasmas de puissance pulsés et les Z-pinches. Le responsable de l'équipe a participé à l'élaboration de la proposition du labex Plas@Par et fait partie de son comité de pilotage. Aucune thèse n'a été soutenue dans l'équipe sur la période et l'équipe n'a pas recruté de chercheurs post-doctorants. Il faut cependant noter que 4 thèses sont en cours, dont 3 devraient être soutenues en 2014.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les activités de l'équipe sont très spécifiques, avec à l'origine un interlocuteur privilégié, la DGA (maintenant le CEA). Dans ce contexte et notamment pour les activités Z-pinch il n'y a aucun doute que l'apport de l'équipe est original et a conduit à des innovations (concept de multiplicateur de courant de charge). L'équipe est d'autre part impliquée de façon plus marginale avec divers partenaires (CEA, ONERA, une PME) dans d'autres projets d'applications des plasmas pulsés : contrôle d'écoulement, traitement de déchets industriels, commutation laser, fracturation pour l'énergie pétrolière.

Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Un membre de l'équipe dispense un cours de génie électrique dans le Master 2 Sciences de la fusion.

4 thèses sont en cours, dont 3 devraient être soutenues en 2014.



Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Les activités actuelles de l'équipe sur l'amélioration des performances des générateurs de puissance pulsée et sur la physique de ces générateurs, ainsi que la simulation de chocs astrophysiques seront poursuivies. Cependant deux départs à la retraite interviendront au cours du prochain quinquennal et il est question que l'Ingénieur de Recherche de l'équipe rejoigne l'équipe plasmas froids. Dans ces conditions, il ne restera qu'un seul chercheur dans cette équipe à la fin du prochain contrat quinquennal, ce qui met en cause la viabilité de l'équipe à moyen terme.

Conclusion

▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe possède une compétence et un savoir-faire de haut niveau dans le domaine des hautes puissances pulsées.

▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Les activités du laboratoire dans ce domaine vont sensiblement diminuer en intensité au cours du prochain quinquennal en raison du départ à la retraite d'un chercheur et d'un ingénieur. Le laboratoire n'affiche pas de volonté de renforcer cette thématique ni de la maintenir à son niveau actuel.

▪ *Recommandations :*

Le LPP devra veiller à ce que le chercheur restant à la fin du prochain contrat, dont les activités sont centrées sur les multiplicateurs de courant de charge et les Z-pinches, ne soit pas isolé au sein du laboratoire et puisse développer ses recherches dans de bonnes conditions et si possible en interagissant avec d'autres membres ou d'autres équipes du LPP.



Équipe 4 : Plasmas spatiaux

Nom du responsable : M. Patrick CANU

Effectifs

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
N1 : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	5	5
N2 : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	12	8
N3 : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	8	7
N4 : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1	1
N5 : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	5	
N6 : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	4	
TOTAL N1 à N6	35	21

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	5	
Thèses soutenues	8	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	7	
Nombre d'HDR soutenues	2	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	11	8

• Appréciations détaillées

Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'équipe « Plasma Spatiaux » participe activement à l'exploitation scientifique des missions spatiales CLUSTER, CASSINI et THEMIS pour l'étude des processus physiques des plasmas de la magnétosphère terrestre (turbulence, rôle des ondes basses fréquence dans les échanges d'énergie, reconnexion magnétique). En plus de cette activité liée aux données, l'équipe a développé une compétence reconnue internationalement en matière de simulation numérique notamment à travers des codes PIC (reconnexion magnétique, choc non collisionnel, modélisation des environnements plasma des petites planètes, processus fondamentaux dans les plasmas naturels).



L'équipe a ainsi publié 189 articles dans des revues internationales de rang A (dont 10 PRL, 2 Sciences et 2 dans Nature Physics), et 71 compte-rendus suite à des conférences invitées dans des colloques internationaux. La production scientifique globale est sans doute satisfaisante. On peut néanmoins encourager les membres de l'équipe à accroître le taux de publication en premier auteur, reflétant ainsi mieux leur implication forte dans les études.

Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Les chercheurs de l'équipe sont reconnus pour leur savoir-faire instrumental en matière de mesure de champ magnétique basse fréquence (fluxmètre) et de spectrométrie des électrons. Ils sont contributeurs à des instruments sur les futures missions majeures de la discipline : Bepi-Colombo (ESA-JAXA), Solar Orbiter (ESA), Solar Probe Plus et JUICE (NASA).

Des membres du groupe ont reçu des distinctions tant scientifiques que techniques ("Team Achievement Award" par l'International Academy of Astronautics (IAA); prix René Pellat pour des travaux de thèse ; prix jeune chercheur de la SF2A; prix de l'ESA "Extraordinary Scientific Contribution", le Cristal du CNRS).

Le groupe est porteur d'une « ANR-jeune chercheur » et dans de nombreuses structures de recherche nationales ou internationales parmi lesquelles le Programme National Soleil Terre (PNST), la Société Française de Physique, les groupes thématiques du CNES, Europlanet, le GIRGEA. Les chercheurs sont appelés pour leur expertise dans des structures internationales (Swedish Research Council, NASA). L'équipe est directement impliquée dans le labex Plas@par.

Les enseignants-chercheurs participent activement aux structures des universités de tutelles (conseils et Comités de Spécialistes) ainsi qu'au Conseil National des Universités (CNU 34).

L'équipe spatiale a participé à l'organisation de colloques majeurs et certains membres sont régulièrement appelés à être présidents de sessions dans les grands colloques internationaux de la discipline.

Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Le domaine spatial n'est pas traditionnellement un grand pourvoyeur de brevets. Le groupe a cependant réussi à soumettre deux brevets sur les capteurs de champ magnétique.

Plus traditionnellement, l'implication des chercheurs en astronomie dans les activités vers le grand public est importante. Les chercheurs du LPP participent eux aussi très activement à des actions de vulgarisation à travers des conférences et l'organisation de stands lors de manifestations nationales (fête de la science, nuit des chercheurs, année mondiale de l'astrophysique).

Un membre de l'équipe est très impliqué dans des écoles de Météorologie de l'Espace à destination des étudiants et chercheurs en Afrique.

Appréciation sur l'organisation et la vie de l'équipe

L'équipe « Plasma Spatiaux » a dû se restructurer profondément à la création du LPP, une partie de ses anciens membres partant vers un autre laboratoire. Cependant, la cohésion du groupe autour des thématiques-phare (turbulence, simulations numériques des plasmas spatiaux à grandes et petites échelles) a permis de maintenir une activité scientifique de qualité.

L'organisation des équipes entre les deux sites de Saint-Maur et de Palaiseau a été imposée par la disponibilité des salles d'instrumentation. Des moyens de travail à distance ont été mis à disposition ainsi que des réunions régulières sur l'un ou l'autre des sites.

L'un des membres du groupe est toujours à la direction du laboratoire. Des chercheurs participent également aux conseils mis en place au laboratoire.



Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

L'équipe « Plasma Spatiaux » était composée sur la période 2009-2013 de 6 CR, 7 DR, 2 MdC, 2PR et 1 astronome. L'équipe a accueilli 8 doctorants, 6 thèses sont actuellement en cours. Parmi les huit thèses soutenues, cinq ont trouvé des postes dans le privé, deux sont repartis dans leur pays d'origine et un est actuellement en post-doc.

On peut noter que le nombre de doctorants et post-doctorants est faible pour une équipe de cette taille.

L'équipe a pris une part active dans la définition de l'option « Plasma : de l'espace au laboratoire » du M2 « Ondes et Matière » (université Paris Sud). Sur le plan international, un membre de l'équipe est fortement impliqué dans un programme de formation avec les pays en voie de développement (Afrique et Asie).

Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet à 5 ans s'inscrit dans la continuité des travaux actuels tant du point de vue développement instrumental que sur les thèmes scientifiques. Du point de vue instrumental, le premier objectif de l'équipe est d'honorer ses engagements dans la fourniture de 'hardware' pour les missions spatiales. Le second objectif est de maintenir un niveau de R&D correct pour pouvoir répondre aux futurs appels d'offre des grandes agences internationales.

L'autre partie de la prospective concerne l'exploitation scientifique des données de missions déjà en vol telles que CLUSTER, THEMIS et Cassini. A partir de 2015, cette exploitation des données se verra renforcée par l'apport de la mission MMS qui, conjointement à CLUSTER et THEMIS, donnera un jeu de données alliant hautes résolutions temporelles et spatiales. Pour la partie plus théorique de la recherche menée dans le groupe spatial, les perspectives s'orientent vers des thèmes transverses aux différents groupes du LPP telle que la turbulence et la simulation.

L'ouverture vers les autres domaines plasmas du laboratoire sera poursuivie notamment via les aspects turbulence et simulation.

Conclusion

▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

L'équipe « Plasmas Spatiaux » est impliquée dans toutes les missions spatiales majeures de la discipline (MMS, Solar Orbiter, Solar Probe). En dépit de plannings très tendus, une part raisonnable est maintenue pour de la R&D dans le domaine des spectromètres de masse et des fluxmètres. Ceci est indispensable pour maintenir la présence de l'équipe dans de futurs appels d'offre internationaux.

Les développements numériques accompagnent les aspects traitements de données, donnant ainsi une grande cohérence scientifique. Les travaux sur la turbulence et la reconnexion magnétique sont particulièrement reconnus.

▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Le départ en retraite d'un nombre important de cadres de rang A de l'équipe, scientifiques jouant un rôle majeur au niveau international, doit être anticipé de façon à garder une place importante dans les instances internationales. Le rôle de leader dans la discipline qui a été celui du CETP doit se poursuivre au sein du LPP tant du point de vue instrumental que sur les travaux scientifiques. L'avenir de la thématique 'modélisation des environnements plasmas des petites planètes' semble incertain, ce qui peut paraître paradoxal compte tenu de l'implication instrumentale dans Bepi-Colombo.

Le nombre réduit de doctorants poursuivant dans le domaine de la recherche après la thèse pourrait être un écueil, à terme, les recrutements dépendant des formations d'autres laboratoires. Le nombre de post-docs accueillis paraît un peu faible compte tenu de la taille de l'équipe (5 post-doc pour une équipe de 18 chercheurs, majoritairement CNRS).



▪ *Recommandations :*

- accroître l'offre en termes de doctorants et de post-doctorants pour maintenir une activité importante tant du point de vue instrumentale que purement scientifique et pour assurer la transmission des savoirs et savoir-faire ;
- le lien entre les équipes du site de Palaiseau et de Jussieu devra être fortement maintenu afin de ne pas couper l'équipe en deux ('instrumentalistes' d'un côté et 'simulateurs' de l'autre) ;
- le comité d'experts soutient la demande d'appartenir à l'OSU de l'observatoire de Paris de façon à permettre le développement de tâches de service, soit dans le cadre des préparations des missions futures, soit dans le cadre de la mise à disposition des données pour la communauté.



5 • Déroulement de la visite

Dates de la visite : 26 et 27 novembre 2013

Début : 26 novembre 2013 à 9h30

Fin : 27 novembre 2013 à 17h

Lieu de la visite

Institution : École Polytechnique

Adresse : Route de Saclay, Palaiseau

Déroulement ou programme de visite

L'évaluation du LPP, Laboratoire de Physique des Plasmas, s'est déroulée sur deux jours, les 26 et 27 novembre 2013 sur le site de l'École Polytechnique. Le planning prévisionnel a été bien suivi dans l'ensemble. La visite a débuté le 26 novembre par une réunion à huis-clos du comité d'experts, suivie par une présentation du bilan du laboratoire par sa directrice, puis par des présentations des bilans des quatre équipes du laboratoire par leurs responsables. Les présentations étaient très claires et synthétiques et ont pu être suivies de questions du comité d'experts. Le comité d'experts a ensuite rencontré les représentants des chercheurs et enseignants-chercheurs. La première journée s'est terminée par une visite des installations expérimentales (des personnels de St Maur travaillant sur l'instrumentation de missions spatiales ont pu également présenter leurs activités). La journée du 27 novembre a débuté par une première délibération à huis-clos du comité d'experts suivie de rencontres avec les personnels ITA, puis les doctorants, post-doctorants et CDD du laboratoire. Elle s'est poursuivie par la présentation du projet par le futur directeur, puis par un entretien avec le directeur de l'École Doctorale de l'X (EDX), puis avec les représentants des tutelles. Le comité d'experts a ensuite rencontré les deux équipes de direction (période écoulée et prochain plan quinquennal) avant une dernière délibération à huis-clos.

La visite s'est déroulée dans de très bonnes conditions et dans une excellente atmosphère générale.

Planning détaillé de la visite du LPP (26-27 novembre 2013)

26 novembre 2013

09h30 - 09h45 :	Café d'accueil
09h45 - 10h15 :	Réunion à huis-clos du comité d'experts
10h15 - 11h15 :	Bilan du laboratoire, direction et conseil de laboratoire
11h15 - 11h45 :	Bilan Équipe Plasmas chauds impulsions
11h45 - 12h45 :	Bilan Équipe Plasmas spatiaux
12h45 - 14h00 :	Pause repas
14h00 - 14h45 :	Bilan Équipe Plasmas de fusion par confinement magnétique
14h45 - 15h30 :	Bilan Équipe Plasmas froids
15h30 - 16h00 :	Pause
16h00 - 16h30 :	Rencontre avec les chercheurs et enseignant-chercheurs
16h30 - 18h00 :	Visite du laboratoire

Dîner au restaurant près de Palaiseau



27 novembre 2013

09h30 - 10h00 : Première délibération à huis-clos du comité d'experts
10h00 - 10h30 : Rencontre avec les personnels ITA
10h30 - 11h00 : Rencontre avec les doctorants, post-doctorants et CDD
11h00 - 11h15 : Pause café
11h15 - 12h00 : Présentation du projet
12h00 - 13h15 : Pause repas
13h15 - 13h30 : Entretien avec M. Pierre LEGRAIN, directeur de l'EDX
13h30 - 14h30 : Entretien avec les tutelles
14h30 - 15h : Entretien final avec l'équipe de direction
15h00 - 16h30 : Dernière délibération du comité d'experts à huis-clos
Fin de la visite



6 • Observations générales des tutelles



Patrick Le Quéré
Directeur adjoint de l'Enseignement et de la Recherche

Madame Nathalie Dospital
Déléguée Administrative
Section des unités
AERES
20 rue Vivienne
75002 PARIS

Objet : Evaluation AERES du LPP – UMR 7648
Référence : DAER /LL/14 – n° 57
PJ : Réponse au rapport d'évaluation du LPP- S2PUR150007896 - 004647

Palaiseau, le 26 février 2014.

Chère Madame,

Je vous prie de trouver ci-joint les remarques qu'a suscitées le rapport du comité d'évaluation et que le LPP souhaiterait voir prises en compte dans la version finale du rapport.

En tant que co-tutelle du LPP, nous n'avons pas de commentaire particulier à faire, autre que vous faire savoir que nous avons été très sensibles à la qualité du rapport, et vous prions de remercier en notre nom l'ensemble des membres du comité pour le temps qu'ils ont consacré à cette évaluation.

En vous souhaitant bonne réception de la présente, je vous prie de croire, Chère Madame, à l'assurance de mes meilleures salutations.

Patrick Le Quéré
*Directeur adjoint de l'Enseignement et
de la Recherche*

Référence : Rapport AERES E2015-EV-0911568K-S2PUR150007896-004647-RT

24 février 2014

La direction et le personnel du LPP remercient les membres du comité de visite pour le temps qu'ils nous ont consacré et pour le rapport qui en résulte. Ce rapport est conforme pour l'essentiel aux échanges que nous avons eus pendant la visite. Nous souhaitons apporter quelques précisions sur certains points que nous n'avons peut-être pas assez explicités pendant la visite.

Concernant l'implantation du laboratoire à Jussieu : il n'y a pas vraiment de risque de séparation entre les activités instrumentales qui seraient sur un site et les activités numériques sur l'autre. En réalité, aucun des deux sites n'est en mesure d'accueillir toutes les activités expérimentales du LPP. A Jussieu sera installée en priorité la partie détecteurs de particules de l'équipe Plasmas spatiaux (installée actuellement à Saint-Maur), alors que l'équipe capteurs magnétiques restera à Palaiseau. En ce qui concerne l'équipe Plasmas froids, les choses ont un peu évolué et une collaboration est en train de démarrer avec un laboratoire de la Faculté d'ingénierie. Ceci devrait conduire à installer à Jussieu la partie plasmas froids-médecine, avec au minimum un chercheur, un doctorant et le maître de conférences quand il sera là. Par ailleurs les activités de simulation numérique sont en partie portées par les enseignants-chercheurs UPMC, mais en partie seulement. Des moyens de calculs devraient être installés à Jussieu mais l'activité scientifique restera fortement implantée à Palaiseau.

En ce qui concerne l'équipe Plasmas Chauds Impulsionnels, on ne peut nier la perte de compétences qui va résulter de la disparition de l'équipe au terme du contrat. Néanmoins elle est à relativiser car le chercheur restant est formé aux techniques de la puissance pulsée et des diagnostics associés. Il est aussi expert en simulation numérique (simulation numérique MHD 3D radiative). Il a donc de claires opportunités d'interactions futures, en interne au laboratoire ou en externe, interactions que nous allons encourager.

Le comité soutient la demande du LPP de rattachement à l'Observatoire de Paris, ce qui nous satisfait pleinement. Mais on peut préciser que le but premier de ce rattachement est la reconnaissance des tâches de service qui sont déjà effectuées par les membres de l'équipe Plasmas spatiaux (avant le développement de nouvelles). Ces tâches sont assurées pour l'essentiel par des chercheurs CNRS, qui sont de ce fait pénalisés dans leur travail de recherche et leur taux de publication en premier auteur. En ce qui concerne les publications, on peut mentionner que la revue *PRL* est une référence pour une partie des activités du laboratoire, mais clairement pas pour les travaux d'analyse de données de l'équipe Plasmas spatiaux, où ce sont plutôt les revues *Annales Geophysicae* et *Journal of Geophysical Research* qui sont en pointe.



Laurence Rezeau, directrice du LPP



Pascal Chabert, directeur-adjoint

Le Président de l'Université Paris-Sud

à

Monsieur Pierre GLAUDES
Directeur de la section des unités de recherche
AERES
20, rue Vivienne
75002 Paris

Orsay, le 25 février 2014

N/Réf. : 25/14/JB/LM/AL

Objet : Rapport d'évaluation d'unité de recherche
N° S2PUR150007896

Monsieur le Directeur,

Vous m'avez transmis le 7 février dernier, le rapport d'évaluation de l'unité de recherche Laboratoire de Physique des Plasmas – n° S2PUR150007896 et je vous en remercie.

L'université se réjouit de l'appréciation portée par le Comité sur cette unité et prend bonne note de ses suggestions.

Les points à améliorer seront discutés avec les autres tutelles et Madame Laurence REZEAU, directrice de l'unité, dans un esprit constructif.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de ma sincère considération.

Jacques BITTOUN
Président



PRÉSIDENCE
Bâtiment 300
91405 ORSAY cedex