



**HAL**  
open science

## Institut de combustion, aérothermique, réactivité et environnement

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. Institut de combustion, aérothermique, réactivité et environnement. 2011, Centre national de la recherche scientifique - CNRS, Université d'Orléans. hceres-02035248

**HAL Id: hceres-02035248**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02035248>**

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 de Combustion, Aérodynamique, Réactivité et  
Environnement - ICARE

sous tutelle des  
établissements et organismes :

CNRS

Université d'Orléans

Décembre 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 de Combustion, Aérothermique, Réactivité et  
Environnement - ICARE

sous tutelle des  
établissements et organismes :

CNRS

Université d'Orléans

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des unités  
de recherche

Le Directeur

**Pierre Glorieux**

Décembre 2010



## Unité

**Nom de l'unité :** Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité et Environnement

**Label demandé :** UPR CNRS

**N° si renouvellement :** UPR 3021

**Nom du directeur :** M. Iskender GÖKALP

## Membres du comité d'experts

**Président :**

M. Fabrice LEMOINE, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy

**Experts :**

Mme Françoise BAILLOT, Université de Haute Normandie, Rouen

Mme Frédérique BATTIN-LECLERC, CNRS, Nancy

M. David ZEITOUN, Université de Provence, Marseille

M. Rolland BORGHI, Université de Provence, Marseille

M. Gérard LAVERGNE, IASE/ONERA, Toulouse

Mme Pascale DESGROUX, CNRS Lille, représentante du CoCNRS

M. Michel CHAMPION, CNRS Poitiers, représentant du CNU

## Représentants présents lors de la visite

**Délégué scientifique représentant de l'AERES :**

M. Jean-Pierre BRANCHER

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

M. Patrick LEQUERE, Institut INSIS, CNRS

Mme Karine SELLEGRI, CNRS

M. Patrice SOULLIE, Délégué Régional du CNRS

M. Youssoufi TOURE, Président de l'Université d'Orléans

Mme Anne LAVIGNE, Vice-présidente du Conseil Scientifique de l'Université d'Orléans



# Rapport

## 1 • Introduction

- Date et déroulement de la visite :

La visite s'est déroulée les 14 et 15 décembre 2010. Après une présentation générale du bilan et du projet par le Directeur de l'Unité, des exposés détaillés de chacun des groupes thématiques ont été proposés. Une visite des installations expérimentales, pouvant comprendre une présentation des activités a été organisée. Chaque présentation a fait l'objet d'une discussion. Ont suivi des rencontres avec les personnels techniques et administratifs, les représentants du conseil d'unité (cadres A et B, ITA-IATOS et doctorants) puis des tutelles du Laboratoire (Président de l'Université d'Orléans, accompagné de la Vice Présidente du Conseil Scientifique et du Délégué Régional du CNRS). La visite s'est terminée par un nouvel entretien avec le Directeur de l'Unité, puis une réunion du groupe d'experts à huis-clos.

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

Le Laboratoire ICARE est issu de la fusion en 2007 du Laboratoire d'Aérothermique et du LCSR (Laboratoire de Combustion et des Systèmes Réactifs). Le projet de relocalisation du Laboratoire d'Aérothermique de Meudon à Orléans a démarré en 1991 pour être finalisé en 1995.

Aujourd'hui, ICARE est un acteur majeur dans le domaine des systèmes réactifs, possédant des installations expérimentales de premier plan, au niveau national voire mondial pour certaines.

On citera par exemple, un réacteur auto-agité par jets gazeux, différents brûleurs modèles fonctionnant à haute pression, plusieurs tubes à choc, plusieurs chambres de simulation atmosphérique, le moyen national d'essais PIVOINE\_2G dédié à l'étude de la propulsion spatiale par plasmas, plusieurs souffleries hypersoniques dont une atteignant Mach 20 et une soufflerie à plasma hors équilibre.

Les principaux domaines de recherche concernent la transformation chimique de l'énergie, l'environnement, la propulsion et l'espace. Le Laboratoire développe quatre thèmes de recherche principaux :

- Cinétique chimique de la combustion et des systèmes réactifs
- Dynamique de la combustion et des systèmes réactifs
- Réactivité atmosphérique
- Propulsion spatiale et écoulements à grande vitesse

A noter qu'un groupe thématique s'intéresse à l'élaboration de matériaux par procédés CVD. Toutefois, cette activité est définitivement arrêtée du fait d'un départ à la retraite, le seul permanent du groupe restant s'étant réorienté vers la thématique « Dynamique de la combustion et des systèmes réactifs ».

Ces thématiques de recherche s'articulent entre études fondamentales, modélisation, simulations numériques et expériences autour de nombreux partenariats industriels pérennes dans le secteur de l'aéronautique et de l'automobile en particulier et de nombreuses coopérations internationales.

ICARE intervient de manière très significative dans la Fédération de Recherche EPEE (Énergétique, Propulsion, Espace, Environnement), et ce, dans les quatre thématiques de la Fédération : Diagnostics optiques et lasers, Matériaux pour la transformation de l'énergie, Énergie hydrogène et combustion propre et Plasmas pour l'aérodynamique et la rentrée atmosphérique.



- Equipe de Direction :

Le Directeur s'appuie sur un Conseil Scientifique rassemblant les chefs d'équipes et une cellule de coordination technique (composée de deux chargés de missions) qui constitue l'interface entre le Directeur et les services techniques du Laboratoire.

- 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)	15	13
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	11	10
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)	40	2
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	18,05	17,15
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	6	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	20	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	13	11

## 2 • Appréciation sur l'unité

- Avis global sur l'unité :

ICARE est un acteur reconnu nationalement et internationalement dans le domaine des systèmes réactifs et des systèmes propulsifs.

Son positionnement spécifique dans plusieurs domaines assure à ICARE une visibilité internationale, notamment dans le domaine de la cinétique chimique, allant de la combustion (on citera en particulier le domaine de l'oxydation des hydrocarbures) à la réactivité atmosphérique. On soulignera que ICARE développe l'ensemble de la chaîne allant des outils de formulation des carburants jusqu'aux applications moteur. De plus, on peut noter un bon équilibre entre recherches amonts et recherches finalisées.

ICARE, face à un départ massif à la retraite de chercheurs et d'ITA CNRS, a su recentrer le périmètre de ses activités sur ses points d'excellence. Il faut néanmoins mentionner que cette vague de départs occasionne pour ICARE une difficulté liée à la pérennisation des compétences scientifiques et techniques, notamment autour d'installations expérimentales uniques, de portée nationale voire européenne.

- Points forts et opportunités :

Les points forts du Laboratoire sont assurément de deux nature :

- une expertise scientifique dans le domaine de la cinétique chimique de la combustion et en particulier de l'oxydation des hydrocarbures. Ces études sont en particulier menées à haute pression, ce qui accroît considérablement le potentiel applicatif de celles-ci, puisqu'on est proche des conditions rencontrées dans les moteurs.



- des moyens d'essais tout-à-fait uniques, très bien maintenus, de premier plan au niveau national, voire international.

Il est clair que le regroupement des équipes « cinétique de la combustion et des systèmes réactifs » et « dynamique de la combustion et des systèmes réactifs » constitue une réelle opportunité d'accroître les interactions entre ces deux domaines, ce qui devrait constituer une compétence quasi-unique dans le paysage national.

De plus, la nouvelle chambre de simulation atmosphérique à irradiation naturelle (HELIOS) est de nature à accroître de manière très significative la visibilité de l'équipe 'réactivité atmosphérique'.

- **Points à améliorer et risques :**

Le manque actuel d'interactions fortes entre les équipes « cinétique de la combustion et des systèmes réactifs » et « dynamique de la combustion et des systèmes réactifs » devrait se solutionner par la fusion des équipes dans le projet proposé.

De plus, ICARE doit faire face à une vague de départ massif à la retraite du personnel chercheur ou ITA, ce qui conduit à de nombreuses difficultés pour pérenniser des installations expérimentales, ainsi que le vivier de compétences scientifiques associées.

Deux équipes au moins semblent sous-critiques en termes d'effectifs : l'équipe 'réactivité atmosphérique' (en dépit du projet HELIOS) et l'équipe en charge des activités liées à la propulsion électrique, ne reposant que sur un seul permanent. L'ensemble des installations expérimentales hypersoniques ne s'appuient que sur un seul ingénieur de recherche, ce qui apparaît comme une situation très fragile.

- **Recommandations:**

L'effort de recentrage des activités d'ICARE sur son périmètre d'excellence doit être poursuivi. On ressent également la nécessité d'anticiper la genèse des nouveaux projets scientifiques, en impliquant très en amont les personnels techniques en particulier.

Il semblerait également nécessaire d'accélérer le rythme de soutenance des HDR, afin de ne pas mettre en péril les possibilités d'encadrement doctoral.

- **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 produisant parmi les chercheurs et enseignants chercheurs référencés en N1 et N2 dans la colonne projet	25
A2 : Nombre de produisant parmi les autres personnels référencés en N3, N4 et N5 dans la colonne projet	2
A3 : Taux de produisant de l'unité [A1/(N1+N2)]	0,96
A4 : Nombre d'HDR soutenues (cf. Formulaire 2.10 du dossier de l'unité)	3
A5 : Nombre de thèses soutenues (cf. Formulaire 2.9 du dossier de l'unité)	35



### 3 • Appréciations détaillées :

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

Les recherches développées par ICARE ciblent principalement trois domaines, la conversion thermochimique de l'énergie, la propulsion et l'environnement.

Ce spectre peut paraître large au vu de la taille assez réduite de l'unité, mais s'articule de manière cohérente autour d'activités de recherche amont, mettant en œuvre de manière bien orchestrée modélisation, simulation numérique et expérimentation, et applications industrielles.

Il faut souligner le caractère pérenne des relations avec différents milieux industriels ou institutions : EDF, GDF, Renault, PSA, Total, Shell, BP, Air Liquide, IFP Energies Nouvelles, CEA, ADEME, AREVA, INERIS, IRSN pour le domaine de l'énergie et l'environnement, SAFRAN, AIRBUS, EADS, MBDA, ROXEL, SNPE, ASTRIUM, CILAS, ESA, CNES, ONERA pour le domaine spatial. Ces relations contractuelles représentent une part forte des ressources de l'unité, atteignant à peu près 40 %.

La production scientifique d'ICARE peut être qualifiée d'excellente, avec une moyenne de 2,36 articles dans des revues internationales à comité de lecture par an et par Equivalent Temps Plein Travaillé (ETPT) sur la période de référence. Cette production se situe dans des revues d'un excellent niveau du domaine. On notera en particulier 14 articles dans Combustion and Flames et 16 dans les Proceedings of the Combustion Institute, les revues phares dans le domaine de la combustion.

Le nombre de thèses soutenues durant la période de référence est important (35) ; en général, les doctorants co-signent les publications, dans les revues internationales à comité de lecture. La durée des thèses est correcte, en moyenne de 3 ans et 4 mois, avec toutefois certaines excédantes 4 années. Le placement des doctorants d'effectue à 40% dans le secteur privé, environ 35 % dans le secteur de la recherche publique en France ou à l'étranger, le reste se trouvant en séjour postdoctoral.

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

ICARE bénéficie d'un fort rayonnement international, ce dans les points d'excellence mentionnés précédemment. Le Laboratoire participe aux grandes manifestations internationales, avec en moyenne 1,25 conférences internationales par an et par chercheur ou enseignant-chercheur. On note également 23 conférences données sur invitation du comité d'organisation durant les quatre dernières années. En outre, ICARE a organisé ou participé à l'organisation une dizaine d'événements internationaux et participe activement au Groupement Français de Combustion (GFC).

De plus, ICARE a accueilli ces trois dernières années, une trentaine de visiteurs étrangers (Professeurs, chercheurs confirmés ou post-doctorants). Les liens forts existant avec la Chine sur la thématique 'Réactivité Atmosphérique' peuvent également être soulignés.

Les chercheurs d'ICARE bénéficient de distinctions de premier plan : une médaille de bronze CNRS (thématique propulsion plasmique), 2 prix de la meilleure thèse du Groupement Français de Combustion. Les membres d'ICARE sont très impliqués dans les activités éditoriales de revues internationales ; on citera l'éditeur de Combustion and Flame et de Proceedings of the Combustion Institute, l'éditeur associé de Combustion Science and Technology. Deux des permanents d'ICARE sont membres du board du Combustion Institute, et un est Président de ILASS-Europe.

ICARE participe à des programmes de l'ANR, même si la part de ceux-ci dans les ressources globales d'ICARE reste modeste (entre 10 et 15 %). La même remarque peut être formulée pour les projets européens, même si un nombre significatif est actuellement au stade de la soumission.

Sur le plan national, notons des implications dans le Programme Interdisciplinaire Energie du CNRS, dans les programmes de l'INSU et une participation à plusieurs GDR (Propulsion à plasma dans l'espace, Micropesanteur fondamentale et appliquée, pour citer les principaux).

ICARE est bien ancré dans son contexte local, avec une participation importante au CPER dans la thématique 'Nouvelles Energies' via la Fédération de Recherche EPEE, aux appels d'offre de la Région Centre, amplifiés par les



fonds FEDER. Les activités d'ICARE sont soutenues par plusieurs Pôles de Compétitivité dont Aerospace Valley, les pôles présents en Région Centre n'entrant pas dans le champ thématique d'ICARE. De même, ICARE est impliqué dans l'Observatoire des Sciences de l'Univers du Centre (OSUC) par l'intermédiaire de l'équipe 'réactivité atmosphérique'. De plus, ICARE est partenaire de deux projets de LABEX portés par l'Université d'Orléans.

- **Appréciation sur la stratégie, la gouvernance et la vie de l'unité :**

Le Laboratoire est bien structuré avec des services généraux efficaces et bien organisés. Le degré de mutualisation des ressources financières est faible et les équipes semblent indépendantes de ce point de vue.

La gouvernance actuelle est bien acceptée de tout le monde et ne semble pas poser de problèmes : les questions d'ordre général sont abordées au Conseil de Laboratoire, les questions d'ordre scientifique étant traitées en amont lors des Conseils Scientifiques.

La communication interne est d'un niveau satisfaisant : des séminaires internes sont organisés ainsi qu'une journée des doctorants.

Les enseignants-chercheurs d'ICARE sont impliqués dans la direction des formations de l'Université et les instances de gouvernance de celle-ci, avec en général de lourdes charges. ICARE sera l'un des piliers du futur Institut 'Energie et Matériaux', outil de structuration scientifique de l'Université. On sent néanmoins que le statut d'UPR du Laboratoire constitue un frein pour le dialogue avec l'Université, notamment pour assurer la pérennisation de certains personnels ou compétences clef du Laboratoire, par des Contrats à Durée Déterminée notamment, les ressources financières étant assurées au Laboratoire.

Se posera également à terme le problème de la direction d'ICARE. L'actuel Directeur accepte d'effectuer un second mandat mais souhaite passer le témoin au futur Directeur à mi-mandat. Le fort engagement des membres d'ICARE dans leurs activités de recherche rend une solution interne difficile.

- **Appréciation sur le projet :**

Les activités du Laboratoire seront recentrées autour de trois groupes thématiques :

- 1- Combustion et systèmes réactifs
- 2- Atmosphère et environnement
- 3- Propulsion spatiale.

Le projet est basé sur la continuité des thèmes forts du Laboratoire. La fusion des équipes 'cinétique chimique de la combustion et des systèmes réactifs' et 'dynamique de la combustion et des systèmes réactifs' en un groupe thématique 'combustion et systèmes réactifs' semble très pertinente et devrait fortement accroître les interactions entre ces deux domaines et faire de ces activités un ensemble lisible et cohérent. Le déséquilibre numérique très fort entre ce groupe et les deux autres ne semble pas poser de problèmes majeurs. Par ailleurs, les activités liées au dépôt chimique (CVD) sont arrêtées de manière définitive.

ICARE sait également ouvrir de nouvelles voies de recherche tout à fait pertinentes. On notera en particulier la combustion à hautes pressions des combustibles liquides et gazeux, la production d'hydrogène par des procédés innovants, l'oxycombustion dans le cadre de la nouvelle équipe combustion. D'autres études sont plutôt de nature exploratoire, comme l'effet des champs magnétiques sur la combustion. Les orientations prises par le groupe thématique 'atmosphère et environnement' semblent également très prometteuses. On citera à titre d'exemple, la chimie hétérogène appliquée aux surfaces dépolluantes, ou encore le développement de la plateforme expérimentale d'études des processus chimiques atmosphériques (HELIOS).

Le groupe 'propulsion spatiale' mettra l'accent sur trois axes : propulsion électrique, écoulements à grande vitesse et propulsion chimique (notamment en s'intéressant aux problèmes posés par les moteurs à détonation continue). Toutefois, on peut s'interroger sur la faiblesse numérique de cette équipe, en charge d'installations expérimentales de première importance. Il est dommage que la partie « écoulements à grande vitesse » ait disparu de l'intitulé du groupe, ce qui semble peu pertinent vis-à-vis des activités présentées.



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

Groupe thématique « Cinétique chimique de la combustion et des systèmes réactifs »

- Responsable : M. P. DAGAUT
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (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)	6	
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	3	
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	11	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1	
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	4	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	7	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	5	

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Le groupe « Cinétique Chimique de la combustion et des systèmes réactifs » d'ICARE comporte 5,25 ETPT dont 4 titulaires de l'HDR. Cette équipe vise à améliorer la compréhension chimique des processus de combustion avec comme but appliqué l'optimisation de la formulation des carburants et la réduction des émissions de polluants. Les études portent sur un vaste domaine de pression, de température et de richesse. Notons les liens existant entre cette activité et le Laboratoire de Mécanique et Energétique, faisant partie de l'Institut PRISME, équipe d'accueil de l'Université d'Orléans.

Dans la structure actuelle d'ICARE, l'activité « Cinétique Chimique de la combustion » est répartie sur 3 équipes :

- l'équipe « Oxydation des hydrocarbures »
- l'équipe « Structure de flammes »
- l'équipe « Ondes de choc »

Globalement, le niveau de production scientifique en termes d'articles dans des revues à comité de lecture est très bon, puisque le taux de publication est d'environ 3,5 articles/an et par ETPT sur la période de référence. Le nombre de thèses soutenues est de 9 durant la période de référence, auquel il faut ajouter 7 thèses en cours.

Si on s'en tient à la liste des publications, il semble y avoir assez peu de travaux en commun entre ces trois équipes : 4 articles dans des revues internationales à comité de lecture sur un total de 75 pour cette activité. Notons que les activités des équipes « Oxydation des hydrocarbures » et « Ondes de choc » sont soutenues par des collaborations industrielles de longue durée, par exemple avec l'IFP ou TOTAL.



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

En s'appuyant sur une expertise expérimentale bien rodée sur l'utilisation du réacteur auto-agité par jets gazeux à haute pression, l'activité de l'équipe « Oxydation des hydrocarbures » se traduit par une production scientifique tout-à-fait impressionnante. De plus, la reconnaissance internationale de son leader se traduit en particulier par son rôle d'éditeur pour les « Proceedings of the Combustion Institute » (vol. 32 et 33) et tout récemment du journal « Combustion & Flame », la revue de référence dans le domaine de la combustion.

Le groupe recrute environ 2/3 de ses doctorants localement et les autres au niveau national. On notera également un doctorant issu du Polytechnique de Milan. En outre, l'équipe a accueilli un visiteur étranger.

Le groupe a participé ou participe à 6 programmes de l'ANR, un programme européen (Alphabird) et un programme dans le cadre du pôle de compétitivité 'Aerospace Valley', concernant les carburants alternatifs pour l'aéronautique.

- **Appréciation sur le projet :**

Dans la nouvelle structure envisagée, l'activité « Cinétique Chimique » va être regroupée avec l'activité « Dynamique de la combustion » ce qui devrait faciliter des synergies entre ces deux thématiques complémentaires dans le domaine de la combustion. Notons que des collaborations entre ces activités sont déjà apparues durant la période actuelle. Dans la continuité des travaux actuels, les projets proposés plus particulièrement pour l'activité « Cinétique Chimique » devraient certainement conduire à des résultats scientifiques intéressants dans le domaine de la combustion des carburants liquides ou gazeux, en particulier à haute pression, le domaine d'excellence de l'équipe.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Le groupe a un fort potentiel scientifique, utilisant des moyens expérimentaux de grande qualité et originaux, avec une spécificité concernant les études à haute pression. Le groupe est reconnu internationalement dans son domaine.

- Points forts et opportunités :

Grâce à une utilisation pertinente du réacteur auto-agité par jets gazeux à haute pression, la thématique « Oxydation des hydrocarbures » bénéficie d'un rayonnement scientifique indiscutable.

Forte d'une expertise reconnue dans le domaine des études cinétiques en tube à onde de choc, l'activité de l'équipe « ondes de choc » se traduit par une production scientifique de bon niveau. Cette équipe développe des travaux tout-à-fait novateurs dans le domaine de la détection et de la caractérisation des suies en tube à onde de choc. Le comité a apprécié le fait que cette équipe possède un montage unique en France pour le suivi des atomes O et H en tube à onde de choc par spectroscopie d'absorption résonnante atomique.

- Points à améliorer et risques :

Historiquement à la pointe dans le domaine de l'étude des structures de flammes pré mélangées, l'équipe « Structure de flammes » a beaucoup perdu avec le départ à la retraite de C. VOVELLE, ce qui se traduit par une relativement faible production scientifique.

Par ailleurs, le comité encourage que le montage original ARAS permettant le suivi des atomes O et H en tube à onde de choc par spectroscopie d'absorption résonnante atomique soit davantage utilisé.

- Recommandations :

Généralement, le comité recommande d'éviter de creuser un déséquilibre entre l'activité contractuelle à but appliqué autour de la thématique 'onde de choc' et l'activité de recherche plus fondamentale en amont.



Le comité a cependant apprécié les efforts et la prise de risque autour de l'activité 'structure des flammes' pour la mise au point d'un montage expérimental novateur de brûleur à contre-courant à haute pression avec accès optique et recommande que le Laboratoire soutienne particulièrement cette équipe en reconstruction.

### Groupe thématique « Réactivité atmosphérique »

- Responsable : M. W. MELLOUKI

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	0	0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	3	3
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	7	1
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	0
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	1	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	4	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	3	3

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

L'équipe est composée de 4 chercheurs CNRS permanents dont un en situation d'éméritat et d'une chercheuse contractuelle publiante. Trois chercheurs dépendent de la section 10, un de la section 19 et 3 sont titulaires d'une HDR.

Les domaines de recherches concernent :

- la dégradation atmosphérique de composés volatils et semi-volatils, la formation d'aérosols secondaires
- les interactions gaz-surface en lien avec les activités de dépollution
- les réactions influençant la capacité oxydante de la troposphère
- les mesures terrain et inter calibrations : calibration d'instruments nationaux ayant pour vocation la réalisation de campagne de mesure grâce aux chambres de simulation. Il faut ajouter la mesure sur le terrain de radicaux peroxy, HONO, NOx, O<sub>3</sub> en site urbain (dont Shanghai).

L'ensemble des activités menées sur ces 4 thèmes est de très bonne qualité avec un très bon niveau de publications, correspondant à environ 2,6 articles dans des revues internationales à comité de lecture par ETPT et par an, sur la période de références. La majorité des publications est réalisée en collaboration avec des équipes nationales ou internationales ce qui témoigne de l'excellent rayonnement de cette équipe.

Sur le plan expérimental, l'équipe dispose de différents réacteurs adaptés à l'étude cinétique de réactions atmosphériques (réacteurs à écoulement en phase gazeuse, réacteurs à aérosols, cellules de photolyse et d'absorption), couplés à une instrumentation de type spectrométrie de masse, fluorescence induite par laser, absorption UV-visible, etc. Un des éléments importants de visibilité de cette équipe est son investissement dans la mise en place de chambres de simulation atmosphérique (CSA), à irradiation naturelle ou simulée. La plus impressionnante de celles-ci, HELIOS, est en phase de construction : il s'agira de la 1ère plate-forme nationale d'étude des processus photochimiques de l'atmosphère et de la 3ème plate-forme de cette envergure en Europe.



Le nombre de thèses soutenues est de 4 durant la période de référence, auquel il faut ajouter une thèse en cours, ce qui peut paraître quelques-peu modeste.

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

L'équipe est fortement impliquée par ailleurs dans des programmes avec l'INSU et des contrats européens (Eurochamp 1 et 2, SCOUT, PHTOPAQ). Les activités sont cohérentes, très bien structurées et s'intègrent dans l'Observatoire des Sciences de l'Univers du Centre (OSUC). On relève aussi la participation à deux programmes de l'ANR, plusieurs programmes du Ministère de l'Ecologie et du Développement durable et de l'ADEME.

L'équipe recrute ses doctorants majoritairement en local ; on peut également noter la présence d'un doctorant chinois. Les membres de l'équipe ont fait l'objet d'invitations dans 6 conférences internationales, ont co-présidé plusieurs conférences ou workshops importants du domaine, notamment dans le cadre de relations soutenues avec la Chine.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet proposé s'inscrit essentiellement dans la continuité de l'existant, ce qui est parfaitement justifié compte tenu de l'activité reconnue de cette équipe. Par ailleurs, la mise en place de la CSA HELIOS devrait contribuer à augmenter le rayonnement de l'équipe et certainement à améliorer son attractivité pour le recrutement de doctorants. La viabilité du projet est également certainement liée à la capacité à recruter du personnel technique.

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

L'équipe peut être qualifiée d'excellente. En dépit de sa petite taille, l'équipe 'Réactivité Atmosphérique' d'ICARE fait partie des leaders tant au niveau national que international.

- Points forts et opportunités :

La complémentarité entre la modélisation des réactions atmosphériques et les chambres de simulation atmosphérique et réacteurs très instrumentés est probablement le point fort du groupe. En outre, le groupe est très bien impliqué dans les projets européens du domaine.

- Points à améliorer et risques :

Il sera nécessaire de veiller à maintenir un nombre significatif de thèses, notamment en améliorant l'attractivité de l'équipe pour recruter des doctorants.

Pour le projet, l'effectif « publiant » passe à 4 et à court terme à 3, la taille l'équipe risque donc d'être sous-critique.

- Recommandations :

La gestion technique des chambres de simulation atmosphérique et notamment de la nouvelle chambre HELIOS, en construction, nécessite le recrutement à court terme d'un ingénieur statutaire.



## Groupe thématique « Dynamique de la combustion et des systèmes réactifs »

- Responsable : M. I. GÖKALP

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	3	
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	3	
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	12	
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	3	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	

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

Ce groupe, qui comporte 5,5 ETPT, dont deux sont titulaires d'une HDR, rassemble les activités d'ICARE dans le domaine de la combustion en écoulements, suivant trois thématiques : combustion derrière les ondes de choc, interaction flamme-champ magnétique et étude des flammes (laminaires et turbulentes).

Les publications sont de très bon niveau, mais réparties de façon inégale. Globalement, on compte environ 2,3 articles dans des revues internationales à comité de lecture par ETPT et par an, sur la période de référence. Cependant, ce chiffre est à prendre avec précaution, par le fait que les publications du sous groupe « ondes de choc » relèvent plutôt du groupe thématique « cinétique ». Notons qu'en ce qui concerne le sous groupe « combustion et turbulence » le taux de production est excellent. Par ailleurs, des contributions régulières au Symposium International de Combustion du Combustion Institute témoignent de la reconnaissance du groupe par la communauté. Le nombre de thèses soutenues durant la période de référence est de 14 auquel il faut ajouter 3 en cours.

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

Les collaborations avec les communautés nationale et internationale sur les thématiques affichées (dynamique des flammes laminaires et turbulentes, accélération et transition flamme - détonation, combustion de l'hydrogène et nouveau carburants, ...), sont nombreuses, même si elles ne sont pas toujours explicitement formulées dans le rapport d'activité.

Le groupe recrute la moitié de ses doctorants localement, les autres étant partagés entre le niveau national et international.

Le groupe participe activement à plusieurs GDR : on notera les travaux remarquables sur l'évaporation de gouttes et de réseaux de gouttes en microgravité s'inscrivant dans le GDR CNES-CNRS 'Phénomènes de transport en microgravité', ainsi que les travaux correspondant au GDR Franco-Italien sur l'hydrogène.

Les recherches sont en général très bien soutenues par le monde industriel et économique, le secteur de l'aéronautique et de l'espace (CNES, ONERA, ROXEL, MBDA, SNPE), du nucléaire (IRSN, AREVA). Les membres du groupe ont participé à 3 projets ANR et un projet européen a été coordonné (AFTUR).



- **Appréciation sur le projet :**

Il est clair que la grande spécificité d'ICARE dans le domaine de la combustion est son expertise dans les recherches concernant la cinétique chimique, et ceci pour des gammes très larges de température (réacteur homogène, flamme, détonation), de pression et de combustibles (hydrogène, hydrocarbures, nouveaux carburants issus de la biomasse ou de synthèse). Celle-ci intervient partout dans les études sur les tubes à chocs, les effets de la cinétique sur la structure des flammes ou des détonations, la combustion des liquides ou des solides, les nouveaux carburants. L'évolution récente du Laboratoire ne fait que confirmer cette spécificité. La proposition faite de réunir l'ensemble des forces travaillant sur la combustion en un seul groupe paraît donc parfaitement justifiée et doit être soutenue, car elle ne peut que favoriser davantage les échanges entre les études concernant les aspects cinétiques et celles sur les aspects dynamiques (flammes et détonations) des systèmes réactifs.

Ainsi, le décompte des effectifs, après fusion des équipes 'Cinétique' et 'Dynamique' sera le suivant :

	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	10
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	6
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	1
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	1
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6

- **Conclusion :**

- Avis global sur l'équipe :

Le groupe est très actif dans de multiples domaines couvrant un spectre scientifique assez large avec une production scientifique importante et de nombreuses collaborations internationales et un niveau d'activité contractuelle important.

- Points forts et opportunités :

Le groupe dispose d'un remarquable parc d'installations expérimentales (tubes à chocs, tube à détonation, installation pour l'étude des flammes sous haute pression, bombe sphérique pour l'étude des flammes en expansion, générateur de champ magnétique, ...), et d'un ensemble remarquable de méthodes de diagnostics des milieux réactifs. Les études, principalement expérimentales, sont nombreuses. On note en particulier, les points d'excellence suivants :

- La combustion en tube à choc
- L'accélération des flammes de prémélange et la transition vers le régime de détonation
- La structure des flammes laminaires et turbulentes sous haute pression, avec comme objectif les applications aux moteurs de l'aéronautique.
- La combustion diphasique gouttes gaz y compris dans des conditions de microgravité, et particules solides gaz (particules d'aluminium)



– Points à améliorer et risques :

Tenant compte de la réduction des effectifs, il faudra veiller à ce que l'augmentation du nombre de projets induits par les collaborations avec l'industrie ou les organismes extérieurs ne se fasse pas au détriment des thèmes scientifiques fondamentaux qui font que le Laboratoire est aujourd'hui reconnu comme incontournable dans les communautés nationale et internationale de la combustion.

– Recommandations :

Sur le plan des thématiques récemment abordées par le Laboratoire, il faut aussi signaler des études sur les nouveaux carburants, de synthèse ou issus de la biomasse, thématiques à soutenir.

Le groupe « Ondes de choc », pour lequel la cinétique chimique joue un rôle prédominant, semble de fait plus proche de l'activité du groupe thématique « cinétique chimique de combustion » et ses publications se font d'ailleurs principalement en collaboration avec ce groupe (à l'exception de deux). Ce dernier point démontre l'aspect relativement artificiel du découpage actuel du Laboratoire et milite en faveur de la fusion des équipes 'cinétique' et 'dynamique'.

### Groupe thématique « Propulsion spatiale et Ecoulements à grande vitesse »

- Responsable : M. S. MAZOUFFRE

	Dans le bilan	Dans le projet
N1 : Nombre d'enseignants-chercheurs (cf. Formulaire 2.1 du dossier de l'unité)	4	3
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	1	1
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	6	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	3	3
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	1	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	7	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	1

- Appréciation sur la qualité scientifique et la production :

Ce groupe, qui comporte 3,25 ETPT, dont 2 sont titulaires d'une HDR, rassemble deux orientations thématiques : la propulsion spatiale (électrique et chimique) et les écoulements à grande vitesse (et haute enthalpie).

Le taux de publication du groupe est très bon, puisqu'il avoisine 2,6 articles dans des revues internationales à comité de lecture par ETPT et par an, sur la période de référence.

La thématique consacrée à la propulsion électrique ne repose que sur un seul chercheur CNRS. La production scientifique dans ce domaine est excellente, on compte 24 articles dans des revues internationales à comité de lecture durant la période de référence. Par ailleurs, on peut dénombrer une dizaine d'articles sur les autres domaines.



Une autre activité, liée à la propulsion chimique, concerne la propulsion par onde de détonation (CDWE). Le travail est de très bonne qualité, même s'il ne concerne qu'une activité de modélisation et de simulation numérique. Notons qu'il existe des débouchés qui intéressent des acteurs industriels français et européens.

Les travaux concernant les écoulements à grandes vitesses sont basés sur des souffleries à faible pression (plateforme FAST) d'une part, et d'autre part, sur des travaux de modélisation et de simulation numérique. Les travaux sont très bons et basés sur un savoir faire remarquable. Les souffleries, que l'on ne peut pas qualifier d'installations lourdes, occupent une place unique en France, voire en Europe.

Le nombre de thèses soutenues durant la période de référence est de 6, auquel il faut ajouter 7 thèses en cours.

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

Les coopérations internationales autour de la thématique propulsion spatiale sont nombreuses et cohérentes. La thématique est manifestement très attractive et permet un recrutement important de doctorants, post-doctorants étrangers y compris venant d'institutions prestigieuses. La reconnaissance du leader de cette équipe a été consacrée par une médaille de bronze du CNRS en 2008 et un prix du meilleur papier scientifique attribué par l'Electric Rocket Society.

Les recherches sont menées autour du moyen national d'essai PIVOINE\_2G, dédié à l'étude des moteurs électriques à plasma de type propulseur à effet Hall, qui trouve ses ressources de fonctionnement par l'intermédiaire du GDR 'Propulsion plasmique', associant le CNRS, le CNES et SNECMA. Des moyens d'essais de taille plus modeste permettent une compréhension des phénomènes physiques fondamentaux liés à la propulsion plasmique.

La recherche sur les écoulements à grande vitesse se fait principalement autour du transport hypersonique et des écoulements de rentrée de capsules dans différentes atmosphères (Terre, Mars, Titan), à partir de moyens expérimentaux du Laboratoire ou de développement de codes numériques. Ces études sont menées en coopération avec les acteurs majeurs du domaine. Plus précisément, on peut citer :

- l'étude de la transition laminaire-turbulent sur l'avant corps d'un véhicule hypersonique en relation avec le LEA (Institut PPRIME, Poitiers), MBDA France et l'ITAM à Novossibirsk,
- la simulation numérique d'écoulements complexes supersoniques turbulents et réactifs,
- l'étude du plasma en déséquilibre thermique en compression à l'aval d'une onde de choc dans les écoulements de rentrée, en forte détente ainsi que son utilisation pour le contrôle des écoulements,
- l'étude numérique et expérimentale du contrôle de la poussée dans une tuyère par injection de jets secondaires dans le jet primaire supersonique, en collaboration avec le LEEM de l'Université d'Ivry et le CNES. Cette thématique s'appuie sur des moyens expérimentaux de qualité rassemblés dans la plateforme FAST (Facilities for Aérodynamique and Supersonique Technologies) et dont la responsabilité est assurée par un seul ingénieur de recherche CNRS.

Le groupe s'appuie sur une forte dynamique de relations industrielles avec les grands groupes du domaine, SNECMA, EADS, SNPE, MBDA et ASTRIUM et participe aux projets de la Fédération EPEE, notamment sur l'action 'palmas pour l'aérodynamique et la rentrée atmosphérique'.

On peut relever la participation du groupe à deux programmes de l'ANR et à deux programmes européens de type INTAS.

De manière globale, le groupe recrute environ la moitié de ses doctorants localement, la seconde moitié étant partagée en un recrutement national et international.

- **Appréciation sur le projet :**

Le projet se situe dans la continuité de l'existant. Il vise, dans le domaine de la propulsion électrique, à améliorer la compréhension physique des propulseurs à effet Hall, notamment en s'intéressant aux lois d'échelles. Le développement de solutions innovantes dans le domaine (nouvelles architectures, combustibles alternatifs) semble aussi tout à fait cohérent.



Le terme 'écoulement à grande vitesse' a disparu de l'intitulé du groupe, ce qui n'est pas cohérent avec le projet proposé. Il s'agira des performances aérodynamiques des véhicules hypersoniques, le contrôle des écoulements supersoniques. Dans le domaine de la propulsion chimique, le groupe poursuivra son investissement dans le domaine des moteurs à onde de détonation.

Vu le nombre de projets proposés, la taille de l'équipe étant plus que sous-critique, il sera nécessaire de mener ces projets dans une dynamique de coopérations avec d'autres laboratoires, notamment pour le développement de moyens diagnostics non intrusifs.

- Conclusion :

- Avis global sur l'équipe :

Le groupe bénéficie d'une forte attractivité et dispose d'une production scientifique de très bon niveau. Il semble à même, en dépit d'un effectif réduit, de maintenir ces installations expérimentales tout à fait uniques et de premier plan.

- Points forts et opportunités :

Le point fort de l'équipe est assurément la thématique liée à la propulsion spatiale, qui bénéficie d'une forte reconnaissance internationale. Un second point fort concerne la simulation numérique d'écoulements complexes à haute enthalpie, visant notamment l'application à des moteurs à onde de détonation.

- Points à améliorer et risques :

La taille du groupe est sous critique. La partie propulsion électrique ne repose que sur un seul chercheur CNRS, le banc PIVOINE\_2G sur un seul ingénieur de recherche CNRS.

L'ensemble des installations expérimentales concernant les écoulements à grande vitesse ne repose que sur un seul ingénieur de recherche, ce qui fragilise la pérennité de ces installations tout à fait uniques.

Le manque de personnels techniques constitue un réel risque pour cette thématique.

La pérennité des financements du banc PIVOINE 2\_G dépend fortement du GDR, qui devrait être remplacé à l'avenir par un GIS.

Il semble également important de mutualiser les compétences fondamentales autour de la détonation au niveau du laboratoire et d'une manière plus large en introduisant les compétences présentes à l'Institut PPRIME (Poitiers), sources d'applications notamment sur le moteur à onde de détonation continue.

- Recommandations :

Il semble indispensable de renforcer le potentiel humain du groupe, tant du point de vue chercheur que du point de vue du personnel technique.

Des réseaux de coopération doivent être tissés :

- autour de la problématique de la détonation, et en particulier la transition détonation-déflagration. Ces activités pourraient se structurer autour d'un GDR (associant PPRIME, Poitiers) couvrant les problématiques fondamentales jusqu'au projet de démonstrateur de moteur à onde de détonation continue.
- autour de la problématique des écoulements à grande vitesse, notamment avec l'IUSTI (Marseille).

De plus, le projet semble faire disparaître la thématique 'écoulement à grande vitesse'. La lecture du dossier démontre que l'on retrouve dans le projet, l'utilisation de la plateforme FAST qui regroupe des moyens expérimentaux performants couplés à de la modélisation numérique. Le Laboratoire ICARE devrait mieux se positionner sur cette thématique, compte tenu de ses compétences.



**Groupe thématique** « Dépôt chimique en phase vapeur et procédés inductifs pour l'élaboration de matériaux »

- Responsable : M. L. VANDELBULCKE
- Effectifs de l'équipe ou affectés au projet (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)		0
N2 : Nombre de chercheurs des EPST ou EPIC (cf. Formulaire 2.3 du dossier de l'unité)	1	0
N3 : Nombre d'autres enseignants-chercheurs et chercheurs y compris chercheurs post-doctorants (cf. Formulaires 2.2, 2.4 et 2.7 du dossier de l'unité)	0	0
N4 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs titulaires (cf. Formulaire 2.5 du dossier de l'unité)	0	0
N5 : Nombre d'ingénieurs, techniciens et de personnels administratifs non titulaires (cf. Formulaire 2.6 du dossier de l'unité)	0	
N6 : Nombre de doctorants (cf. Formulaire 2.8 du dossier de l'unité)	0	
N7 : Nombre de personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	

Les activités de cette équipe ont pris fin en août 2010, suite au départ à la retraite de L. VANDENBULCKE. Les activités du seul Maître de Conférences affecté à cette thématique ont été ré-orientées vers l'équipe 'structure des flammes' depuis 2008.

La production scientifique peut se chiffrer par 11 articles dans des revues internationales, soit environ 1,8 articles par an et par ETPT sur la période de référence. De plus, un brevet national (avec extension PCT) et un brevet européen ont été déposés durant la période de référence. Une thèse a été soutenue pendant la même période.



## Notation

Intitulé UR / équipe	C1	C2	C3	C4	Note globale
UPR3021 - Institut de combustion, aérothermique, réactivité et environnement	A+	A+	A+	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



Directeur : Iskender GÖKALP

## Réponse au pré-rapport AERES pour ICARE (UPR3021 du CNRS)

L'ensemble du personnel de l'unité ICARE (UPR3021 du CNRS) tient tout d'abord à exprimer ses remerciements pour le rapport détaillé et très pertinent préparé par le Comité d'Evaluation de l'AERES. Nous transmettons dans ce document les observations de l'Unité en suivant le plan adopté dans le pré-rapport.

### Analyse globale de l'Unité

Nous trouvons que **les points forts d'ICARE** et sa place nationale et internationale dans ses domaines de compétences sont bien identifiés dans le rapport.

Le rapport a aussi bien relevé qu'ICARE est confronté depuis plusieurs années à la réduction de ses effectifs (chercheurs et personnel technique et administratif) suite à des départs massifs à la retraite. Malgré la richesse de ses expertises et de ses installations et les multiples sollicitations contractuelles, ICARE a entamé durant la période en évaluation un important effort de structuration et de focalisation sur certains de ses domaines d'excellence. Cet effort de restructuration est également relevé dans le rapport.

Cependant, nous pensons que nous sommes arrivés aujourd'hui à un point critique où toute réduction supplémentaire du périmètre de nos activités serait au détriment du potentiel de recherche français, en particulier dans la période présente où les expertises et installations d'ICARE sont constamment sollicitées. Par conséquent nous apprécions grandement les remarques du rapport mettant l'accent sur la nécessité de renforcer le potentiel humain d'ICARE par des recrutements de chercheurs et d'ingénieurs CNRS ainsi que par le soutien accru de l'Université d'Orléans.

Comme recommandé dans le rapport, ICARE continuera à approfondir sa restructuration pour augmenter son efficacité organisationnelle et pour renforcer les interactions entre ses expertises. Ces efforts largement consentis durant la période d'évaluation, seront poursuivis dans le futur par la fusion des thématiques cinétique et dynamique de la combustion et des systèmes réactifs. Nous apprécions que le Comité d'Evaluation nous conforte dans ce choix.

Ajoutons que d'ores et déjà ces efforts commencent à donner leurs fruits tant par le soutien du CNRS (un poste d'ingénieur vient d'être ouvert au concours externe pour renforcer l'équipe PIVOINE) que par la mise en place en interne d'une stratégie de recrutement partagée par tous (priorité de recrutement d'un CR en Propulsion Electrique & d'un IR pour la nouvelle installation HELIOS). Nous pensons que les remarques pertinentes du rapport devraient nous

aider à mieux convaincre nos tutelles de l'urgence à renforcer l'ensemble des thématiques et des plateformes expérimentales d'ICARE.

Nous entendons aussi la recommandation faite pour mieux impliquer les personnels techniques et administratifs dans la genèse et la mise en place de nouveaux projets. De même, ICARE considère comme une priorité essentielle l'accélération du rythme de soutenance des HDR. D'ailleurs, depuis la visite par le comité d'évaluation, une nouvelle inscription pour la préparation du diplôme HDR a été autorisée par l'Université d'Orléans pour un maître de conférences. Le directeur d'ICARE veillera tout particulièrement à l'accélération de ce rythme.

### **Analyse des groupes thématiques**

#### *Cinétique chimique de la combustion et des systèmes réactifs*

#### *Dynamique de la combustion et de systèmes réactifs*

Le fort potentiel scientifique de ces deux thématiques est relevé dans le rapport et leur fusion proposée par l'Unité est fortement encouragée. Nous pensons en effet que cette fusion permettra de renforcer les interactions tant entre les équipes spécialisées en cinétique chimique qu'entre les expertises cinétique et dynamique de la combustion d'ICARE. De même, elle permettra de bien mettre en évidence la globalité des collaborations d'ICARE dans le domaine de la combustion avec ses partenaires locaux comme l'institut PRISME de l'Université d'Orléans et ses autres partenaires de recherche et industriels. Elle permettra aussi de mieux équilibrer ses efforts entre recherches de base et contractuelles et de dégager des forces pour des collaborations internes notamment avec le groupe thématique « propulsion spatiale et écoulements à grande vitesse » par exemple dans le domaine des détonations. Enfin elle permettra de continuer à soutenir l'équipe sur la structure des flammes (qui a perdu deux chercheurs confirmés, C. Vovelle et J-L Delfau, dans la période en évaluation) et l'action sur combustion et champs magnétiques, ainsi que de mieux intégrer les capacités uniques de l'installation ARAS dans les projets de la thématique. Toutefois, un renforcement en personnel technique et de recherche nous apparaît indispensable pour stabiliser voire renforcer l'activité de la thématique puisque plusieurs départs à la retraite sont encore à venir.

#### *Réactivité atmosphérique*

L'excellence de ce groupe thématique et son rayonnement national et international sont relevés dans le rapport, ainsi que la richesse de ses installations, la complémentarité des démarches mises en œuvre et son investissement dans la chambre de simulation atmosphérique HELIOS dont la réalisation est en cours. Nous remercions le Comité d'Evaluation pour son analyse pertinente sur le rôle de leader joué par cette équipe d'ICARE dans plusieurs actions nationales et internationales.

L'importance et la diversité des actions menées par l'équipe nécessitent son renforcement à divers niveaux. Tout d'abord, d'une façon prioritaire, un ingénieur de recherche doit être recruté pour prendre en charge ses installations et notamment HELIOS. Nous prendrons appui sur les encouragements du rapport pour susciter le soutien des trois instituts du CNRS dont dépend ICARE (INSIS, INSU et INEE) pour ce recrutement. De même, la labellisation du

**ICARE** Institut de Combustion, Aérodynamique Réactivité et Environnement – upr n°3021

Directeur : Iskender GÖKALP

LABEX Voltaire porté par l'Université d'Orléans et l'OSUC et où émergent aussi les activités en réactivité atmosphérique d'ICARE devraient nous aider dans cette tâche. A terme l'équipe devrait aussi être renforcée par des recrutements en chercheurs ou enseignants-chercheurs. Nous souhaitons également l'appui de l'Université d'Orléans pour renforcer cette équipe, aujourd'hui constituée uniquement de chercheurs CNRS. Grâce à ces soutiens, mais surtout au dynamisme de l'équipe, le nombre de ses doctorants devrait naturellement augmenter. Signalons que l'équipe encadre aujourd'hui 3 doctorants.

#### *Propulsion spatiale et écoulements à grande vitesse*

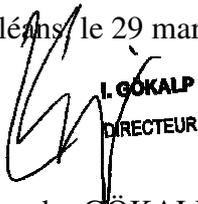
L'originalité et souvent l'unicité des études poursuivies dans ce groupe thématique sont relevées dans le rapport. Elles sont soutenues par des installations de grande envergure et par des études numériques avancées, notamment dans les domaines de la combustion supersonique, la propulsion par ondes de détonation et la transition laminaire-turbulente de couches limites en écoulement hypersoniques. La reconnaissance nationale et internationale de l'équipe « propulsion électrique » est aussi notée à juste titre.

Le rapport regrette la disparition de la référence aux écoulements à grandes vitesses dans l'intitulé de ce groupe thématique qui avait été ramené à la « propulsion spatiale » par souci de simplicité. Nous reprendrons l'intitulé de la thématique comme il l'était dans la période en évaluation.

La faiblesse numérique de ce groupe, tant en termes de chercheurs que d'ingénieurs et ce tant pour les aspects expérimentaux que numériques est un fait réel et limitant pour son développement et la pleine utilisation de son potentiel technique. Comme il a été mentionné plus haut, nous espérons pouvoir régler les problèmes liés aux activités sur la propulsion électrique en 2011. Les études sur les écoulements à grande vitesse nécessitent un renforcement en chercheur pour qu'ICARE se positionne au mieux dans cette thématique. Nous entendons aussi les recommandations concernant le renforcement des coopérations avec les centres de recherche français comme l'IUSTI et l'Institut Pprime, mais aussi l'ONERA. Notons aussi que ces coopérations existent déjà en partie mais demandent à être formalisées et renforcées.

*En conclusion*, nous remercions à nouveau le Comité d'Evaluation pour la pertinence de son analyse et nous nous engageons à nous servir de ses recommandations pour consolider ICARE durablement.

Orléans, le 29 mars 2011



I. GÖKALP  
DIRECTEUR

Iskender GÖKALP  
Directeur d'ICARE (UPR3021)