

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

ICARE - Institut de combustion, aérothermique,
réactivité et environnement

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Université d'Orléans

Centre national de la recherche scientifique -
CNRS

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2022-2023
VAGUE C



Au nom du comité d'experts¹ :

Éric Arquis, Président du comité

Pour le Hcéres² :

Thierry Coulhon, Président

En vertu du décret n° 2021-1536 du 29 novembre 2021 :

1 Les rapports d'évaluation "sont signés par le président du comité". (Article 11, alinéa 2) ;

2 Le président du Hcéres "contresigne les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts et signés par leur président." (Article 8, alinéa 5).

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. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Président : M. Éric Arquis, Bordeaux INP

M. Christophe Dagot, université de Limoges (représentant du CNU)
M. Jean Marie Felio, CNRS Marseille (personnel d'appui à la recherche)

Experts :

M. Gilles Flamant, CNRS Odeillo
M. Pierre-Alexandre Glaude, CNRS Nancy (représentant du CoNRS)
M. Thierry Magin, Institut von Karman, Belgique

REPRÉSENTANTE DU HCÉRES

Mme Françoise Bataille

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Institut de combustion, aérothermique, réactivité, environnement
- Acronyme : ICARE
- Label et numéro : UPR 3021
- Nombre d'équipes : trois équipes
- Composition de l'équipe de direction : M. Philippe Dagaut (DU) et M. Christian Chauveau (DUA)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST5 Sciences pour l'ingénieur

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Les thématiques d'ICARE, Énergie, Environnement, Propulsion & Espace, sont abordées dans trois axes thématiques (dans la terminologie de l'unité) ou « équipes » (dans la terminologie Hcéres) :

E1. Combustion et Systèmes Réactifs (constituée de 5 sous-équipes)

E2. Atmosphère et Environnement (constituée de 1 sous-équipe)

E3. Propulsion Électrique et Rentrées Atmosphériques (constituée de 3 sous-équipes).

Cette structure à trois thématiques est soutenue par les trois plateformes expérimentales d'ICARE, à savoir :

PE1. Installations de combustion haute pression

PE2. Chambres de simulation atmosphérique

PE3. Installations pour la propulsion spatiale par plasmas et pour les écoulements à grande vitesse.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

L'UPR 3021 du CNRS-INSIS, Institut de Combustion, Aérothermique, Réactivité et Environnement – ICARE, a été créée le 1^{er} janvier 2007 par la fusion de deux UPR, le Laboratoire de Combustion et Systèmes Réactifs (LCSR) et le Laboratoire d'Aérothermique, initialement situé sur le plateau de Meudon. ICARE est situé à Orléans dans le campus du CNRS à La Source, à proximité du campus de l'université d'Orléans et du BRGM.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

ICARE fait partie du pôle Énergie, Matériaux, Science de la Terre, Espace de l'université d'Orléans. ICARE intervient dans les labex CAPRYSES « Cinétique chimique et Aérothermodynamique pour des Propulsions et des Systèmes Énergétiques Propres et Sûrs » (ANR-11-LABX-0006) et VOLTAIRE « Geofluids and Volatil elements – Earth, Atmosphere, Interfaces – Resources and Environment » (ANR-10-LABX-100) et MITHYGÈNE « Amélioration de la connaissance du risque hydrogène et de sa gestion en situation d'accident grave » (PIA Recherche en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection). ICARE est également associé à l'équipex « OBS4CLIM ».

ICARE intervient dans les formations de l'Observatoire des Sciences de l'Univers en Région Centre-Val De Loire (OSUC). Le master « Risques et Environnement » est rattaché à l'OSUC. Les promotions M1 et M2 sont de l'ordre de 10 à 20 étudiants. Les étudiants M1 sont accueillis à ICARE pour des projets tutorés dont certains sur la plateforme PRAT de l'ARD PIVOTS (HELIOS).

ICARE porte la « Fédération de Recherche pour l'Innovation et la Transition énergétique » (FITE FR2039). Cette fédération de recherche CNRS est composée des trois unités : PRISME (Orléans et Bourges), GREMI (Orléans et Bourges) et ICARE (Orléans).

ICARE participe à plusieurs GDR, et plusieurs de ses membres assurent des fonctions au sein des comités de pilotage. Des membres des équipes 1 & 3 participent au GDR « Suies », l'équipe 3 participe également au GDR « Emili » et des membres de l'équipe 1 participent au GDR « MFA ».

ICARE contribue à plusieurs ARD (Ambition Recherche Développement, région Centre-Val de Loire) : PIVOTS « Plateformes d'Innovation, de Valorisation et d'Optimisation Technologiques environnementales », MATEX « Multimateriaux en Conditions Extrêmes » et JUNON « recherche numérique sur l'environnement continental ». L'équipe 3 a travaillé avec la SATT Grand Centre pour le dépôt de brevets sur les tuyères propulsives (étude d'antériorité et dépôt) puis avec la structure de valorisation CVALO. Cette équipe participe également au laboratoire commun Oracle qui associe le CNRS-ICARE et la start-up Exotrail dans le domaine de la propulsion plasma. L'équipe 2 est quant à elle impliquée dans les PIA4 du SuperSite Voltaire (labex Voltaire) pour la mesure et au suivi de polluants atmosphériques et associé à l'équipex « OBS4CLIM » 2022.

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2021

Personnels permanents en activité	
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	12
Directeurs de recherche et assimilés	6
Chargés de recherche et assimilés	4
Chercheurs des EPIC et autres organismes, fondations ou entreprises privées	0
Personnels d'appui à la recherche	15
Sous-total personnels permanents en activité	39
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche non permanents	2
Post-doctorants	8
Doctorants	36
Sous-total personnels non permanents en activité	46
Total personnels	85

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2021. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Employeur	EC	C	PAR
CNRS	0	10	15
Université d'Orléans	14	0	0
Total	14	10	15

BUDGET DE L'UNITÉ

Budget récurrent hors masse salariale alloué par les établissements de rattachement (tutelles) (total sur 6 ans)	2 903
Ressources propres obtenues sur appels à projets régionaux (total sur 6 ans des sommes obtenues sur AAP idex, i-site, CPER, collectivités territoriales, etc.)	1 425
Ressources propres obtenues sur appels à projets nationaux (total sur 6 ans des sommes obtenues sur AAP ONR, PIA, ANR, FRM, INCa, etc.)	4 279
Ressources propres obtenues sur appels à projets internationaux (total sur 6 ans des sommes obtenues)	4 247
Ressources issues de la valorisation, du transfert et de la collaboration industrielle (total sur 6 ans des sommes obtenues grâce à des contrats, des brevets, des activités de service, des prestations, etc.)	4 482
Total en k€	22 805

AVIS GLOBAL

L'unité ICARE conduit des actions de recherche excellentes dans ses trois équipes. La qualité, l'originalité et la quantité des travaux qui y sont menés ont permis à l'unité d'être reconnue au plan international comme en témoigne, par exemple, le succès de l'unité aux appels à projets européens (deux projets sélectionnés au programme « *excellent frontier research* », ERC ; 11 projets européens FP7 et H2020 hors FEDER).

Les moyens expérimentaux développés et mis en œuvre par l'unité sont remarquables par leurs caractéristiques originales à l'échelle nationale et internationale. Combinés à l'instrumentation déployée et à l'expertise des personnels, ils constituent indéniablement une force. L'unité est très investie dans les projets du PIA, ICARE est le porteur du labex CAPRYSES et est un partenaire-clé du labex VOLTAIRE d'Orléans.

L'équilibre entre les recherches fondamentales et les recherches appliquées est également assuré, ce qui se traduit par une très bonne voire excellente, dans certains domaines, production scientifique (335 ACL) dans des supports de haut niveau de reconnaissance et de très nombreuses conférences invitées (61).

Le succès aux appels d'offre nationaux est très bon (sept projets financés par l'ANR sont coordonnés par l'unité et un laboratoire commun a été créé avec Exotrail).

L'activité partenariale est excellente dans plusieurs secteurs clés tels que la combustion propre et la sécurité de celle-ci, la chimie atmosphérique et la propulsion spatiale. Des projets collaboratifs sont menés avec des grands groupes industriels (Air Liquide, Airbus, Total, etc.) et des agences ESA, Cnes, IRSN.

Le foisonnement des sujets, la multiplicité des moyens expérimentaux, s'ils génèrent une activité notée comme remarquable, portent aussi en eux un risque d'éparpillement thématique et de fragilité de fonctionnement. Corrélativement, les ressources humaines tant en personnels chercheurs, enseignants-chercheurs que personnels de soutien à la recherche sont limitées avec des perspectives de diminution.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations faites concernaient essentiellement une poursuite, une consolidation, un renforcement d'une dynamique et d'actions associées, dans la production scientifique, le rayonnement, l'organisation de l'unité, l'attractivité (doctorant en particulier).

L'unité a répondu de manière très exhaustive aux recommandations, en les considérant de manière effective. Par exemple, il a été noté une augmentation sensible du nombre de publications ACL (+13 %), l'obtention de deux ERC (remarquable étant donné la taille de l'équipe), dont une a cependant pris fin en novembre 2016, d'une chaire d'excellence, de nombreux prix nationaux (médailles d'argent et de bronze CNRS, Académie des sciences) et internationaux (*Combustion Institut*, *American Geophysics Union*).

La réponse relative à l'organisation et la vie de l'unité est moins développée, se limitant à l'organisation financière, sans s'attacher à décrire les actions visant à améliorer la cohésion globale des équipes et de l'unité tant au niveau des approches scientifiques qu'humaines.

On trouvera dans les items spécifiques aux équipes de ce rapport les réponses aux recommandations les concernant plus particulièrement.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

Appréciation sur les ressources de l'unité

Les ressources sont bonnes mais fragiles tant au niveau humain que financier. En effet, si la qualité des personnels permet de maintenir le très bon fonctionnement de l'unité, les ressources humaines sont en diminution sur la période avec des départs en détachement et cinq en retraite créant une situation qui devra être gérée à terme, d'autant plus que des fonctionnements spécifiques, reposent sur une ou deux personnes. Les ressources financières récurrentes sont dans la norme nationale. L'unité réussit à obtenir des moyens propres importants nécessaires à l'entretien des bâtiments, semblant très confortables, et des moyens humains en CDD mais qui restent limitants et transitoires.

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Si l'unité s'insère bien dans les orientations et priorités de sa tutelle CNRS au travers des instituts INSIS et INSU, elle ne se donne pas explicitement des objectifs scientifiques propres. Elle a su profiter d'outils du PIA en étant un acteur majeur dans deux labex. Elle valorise ses acquis en matière expérimentale dans des secteurs de pointe par une activité partenariale forte. Les objectifs scientifiques sont donc plutôt pilotés par des choix individuels que collectifs.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le fonctionnement opérationnel de l'unité est basé sur une structure en sous-équipes : l'organisation en trois équipes qui est cohérente, en s'appuyant sur les trois « plateformes », n'est pas encore totalement effective. Conséquemment, le management et le travail restent assez individuels, avec une gouvernance plutôt décentralisée, tant sur l'opérationnel que sur la stratégie et sur la politique scientifique, sans utilisation suffisante d'instances comme le conseil scientifique ou comme un comité de pilotage.

1/ L'unité possède des ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité bénéficie d'un soutien de ses deux tutelles pour assurer actuellement un bon fonctionnement matériel des locaux. Ce soutien « de base » est complété par des moyens propres conséquents issus d'une activité partenariale soutenue (4 482 k€) et de deux labex. L'unité revendique une utilisation forte de ses moyens propres pour l'emploi de personnels en CDD (chercheurs post-docs et ingénieurs de recherche). Les projets institutionnels européens et nationaux permettent également de faire fonctionner de nombreuses installations expérimentales.

Points faibles et risques liés au contexte

Le recours important à des CDD, qui est pratique voire indispensable en période faste, comporte un risque si l'activité génératrice de fonds propres vient à baisser : la pérennité des équipes de recherche, le fonctionnement même d'installations expérimentales seraient menacés.

De même le départ de chercheurs, soit par mutation comme observé dans les dernières années, soit par départs à la retraite dans un horizon proche ou moyen, susceptibles de ne pas être remplacés, fait peser une menace sur le maintien d'un potentiel d'encadrement et de compétences opérationnelles.

2/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques, y compris dans la dimension prospective de sa politique.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité utilise à bon escient son positionnement national grâce aux deux instituts du CNRS auxquels elle est rattachée, INSIS d'une part, INSU d'autre part : énergie et environnement sont en effet des fils rouges porteurs. Ceci se traduit par l'appartenance par exemple à une fédération de recherche CNRS, mais aussi par des succès à des appels d'offre ANR et par l'implication dans plusieurs labex.

Le nombre et la qualité des coopérations internationales conduites de manière équilibrée par les trois équipes sont remarquables. Ils montrent la pertinence et la crédibilité de leurs choix thématiques.

Le comité note aussi une activité partenariale forte, avec des entreprises de dimension locale à internationale dans les domaines applicatifs où l'unité a construit une reconnaissance indéniable.

Enfin, l'unité jouit d'un bon succès aux appels d'offres de la région Centre-Val de Loire, ce qui permet d'apporter des moyens sur les installations expérimentales et d'obtenir des contrats doctoraux.

Points faibles et risques liés au contexte

La part importante de l'activité partenariale, si elle confère une aisance financière appréciable, porte en elle le risque d'une dispersion des forces et d'un pilotage à court terme.

Le fait que l'université d'Orléans ne soit pas dotée d'un idex ou d'EUR rend le l'unité moins visible par rapport à des centres nationaux plus importants.

3/ Le fonctionnement de l'unité est conforme aux réglementations en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement et de protection du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité de recherche a indéniablement une culture (et un type d'activité dominant : l'expérimentation) qui fait que les dimensions sécurité (laser, radioactivité, etc.), hygiène, environnement sont bien intégrées et prises en compte par la direction et les personnels. Des procédures (démarche HRS4R) et formations (dans le cadre d'un PFU, appuyé par la délégation régionale CNRS) sont mises en place pour les appliquer et les faire évoluer (lors de l'acquisition de nouveaux appareils par exemple).

Les activités et compétences de l'unité, les partenariats souvent dans des domaines stratégiques de la défense, du spatial ou de l'énergie, l'ont conduit à assurer la protection du patrimoine scientifique (PPST) et à avoir des relations sécurisées avec les partenaires. En outre, des efforts importants ont été faits pour la sécurité des systèmes informatiques (chiffrement des ordinateurs portables et fixes, pare-feu doublés, antivirus centralisé).

Enfin, il est mentionné des actions visant à prendre en considération l'environnement et l'énergie : collecte et tri des déchets chimiques, collecte de bouteilles plastiques et masques, réduction de la consommation électrique (en cours).

Points faibles et risques liés au contexte

Le départ d'un agent assistant-ingénieur en 2021 a affaibli de manière significative le potentiel en charge d'assurer un niveau de protection en matière informatique.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité

Le rayonnement de l'unité de recherche, très lié à quelques individualités reconnues internationalement, est très bon comme l'indique le nombre de conférences invitées (61), le nombre et la qualité de prix et distinctions (14) ou encore les responsabilités dans des comités éditoriaux de revues. Les équipements, de haute technicité et originaux, contribuent également à l'attractivité et au rayonnement de l'unité (tubes à choc, bombes sphériques, chambre simulation atmosphérique, HELIOS, souffleries, PIVOINE, etc.). Le très bon taux de succès à des appels d'offres européens a pour conséquence un nombre important de co-signatures d'articles et donne donc une place certaine à l'unité dans la communauté scientifique. Le potentiel humain et les moyens matériels sont donc là pour que l'unité ait une attractivité qui pourrait cependant être encore meilleure.

1/ L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et contribue à la construction de l'espace européen de la recherche.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le rayonnement de l'unité se traduit par un fort taux de conférences invitées (61) de ses membres dans des manifestations internationales réputées.

De même des permanents d'ICARE se sont vus confier l'organisation de congrès internationaux (5) ainsi que des responsabilités éditoriales de publications qui font autorité dans diverses spécialités (en combustion notamment). Il est fait appel également aux membres de l'unité pour des missions d'expertises auprès d'institutions nationales (agence ministérielle, collectivités territoriales) et internationales (ERC-UE, Chinese Academy of Sciences).

On note également que de nombreux prix nationaux (médailles CNRS, Académie des Sciences) et internationaux (*Award, Medals et Fellowships : American Geophysical Union, Combustion Institute, etc.*) ont été décernés à quelques membres éminents de l'unité.

Enfin, en relation avec les invitations de chercheurs extérieurs et au succès aux appels d'offre européens notamment, le nombre de co-publications est important (environ une centaine).

Points faibles et risques liés au contexte

Les quelques points faibles, mais non critiques, relevés sont relatifs tout d'abord au nombre relativement faible de manifestations organisées par l'unité sur son site (mais ceci est à évaluer par rapport à la taille de l'unité cf. capacité opérationnelle et par sa localisation géographique cf. voisinage de grands centres).

De même, à part pour la thématique Combustion qui elle est très présente, on relève une présence qui pourrait être plus marquée des cadres de l'unité de recherche dans des sociétés savantes étrangères.

Enfin, les expertises effectuées par les membres de l'unité sont essentiellement nationales et chinoises, on s'attendrait à en voir davantage effectuées pour des institutions européennes.

2/ L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accueil des personnels.

Points forts et possibilités liées au contexte

La renommée de l'unité de recherche, ses affiliations CNRS et les thématiques d'avenir qui y sont abordées sont autant d'atouts pour être attractif. L'unité de recherche offre de bonnes conditions d'accueil aux permanents recrutés ainsi qu'aux doctorants grâce à des locaux spacieux et modernes et des équipements expérimentaux de pointe. Le succès aux appels d'offre nationaux et européens, la conclusion d'accords de partenariats nombreux et bien dotés confèrent également une certaine aisance financière qui donne des moyens pour les missions, l'acquisition de matériels, les réalisations de dispositifs expérimentaux en sous-traitance.

L'unité a réussi, dans un contexte que l'on sait difficile, à recruter un chercheur CNRS chargé de recherche sur un concours ouvert en section 19 alors que l'unité est rattachée à la section 10, ainsi qu'un maître de conférences en section 60, après un post-doc effectué dans l'unité. Une dotation d'installation (10 k€) est prévue pour les nouveaux arrivants permanents.

Une preuve d'attractivité est également donnée par un nombre important (22, concentrés sur les équipes E1 et E2) de chercheurs étrangers invités issus d'établissements prestigieux (USA et Canada : Universities of Colorado, Illinois, Argonne, Manitoba, Queens, UE : Karlsruhe, Norvège, Bristol, Italie, etc.).

Points faibles et risques liés au contexte

L'unité pâtit d'une situation géographique un peu délicate, cf. proximité avec le pôle Île-de-France, ce qui la met en compétition avec celui-ci en termes de rayonnement et de richesse de l'écosystème (universitaire). La dimension ville moyenne d'Orléans, si elle présente d'indéniables avantages en termes de qualité de vie, de relationnel facilité par la taille humaine du site et de l'unité, peut dissuader la venue d'éléments extérieurs. De la même façon, le fait que l'université d'Orléans ne dispose pas de label, idex ou I-Site prive de certains moyens ou peut être perçu négativement pour l'image que s'en font des extérieurs.

Enfin, ceci étant lié également à la taille de la tutelle universitaire et des fortes contraintes budgétaires qui lui sont imposées, le nombre de postes en création qu'ils soient enseignants-chercheurs ou personnels d'appui à la recherche est très faible à nul, de même les promotions sont très rares et peuvent inciter à des départs de personnels de grande qualité pourtant très heureux dans leur affectation à l'ICARE. La situation financière de l'université devrait s'améliorer.

3/ L'unité est attractive par la reconnaissance que lui confèrent ses succès à des appels à projets compétitifs.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité a été retenue dans la période d'évaluation dans 17 projets européens (programmes H2020 SPACE et EURATOM, ERC, FEDER), irriguant assez uniformément les trois équipes (E1 : 4, E2 : 7, E3 : 6). Au niveau national, le taux de succès à l'ANR est également très bon : quatre pour l'équipe E1, un pour E2, deux pour E3. De même, et de manière importante, l'unité profite de financements conséquents de la part de la région Centre-Val de Loire grâce à des appels à projets (APR, ARD) pour du matériel, des contrats doctoraux (4), ou grâce à des fonds FEDER (gros équipements, 2), là aussi bien distribués sur les trois équipes. Enfin, l'unité est partenaire, voire leader pour l'un d'entre eux, de quatre programmes du PIA (labex) concernant les deux équipes E1 et E2.

Points faibles et risques liés au contexte

Le comité ne relève pas de points faibles particuliers.

4/ L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences technologiques.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité possède de très nombreux dispositifs expérimentaux, originaux, couvrant harmonieusement (en rapport avec leur taille) les trois équipes de recherche (24 pour E1, 6 pour E2, 3 pour E3) c'est-à-dire dans le domaine de la combustion « classique » et originale, de la chimie environnementale et de la propulsion électrique. Les domaines d'application de ces dispositifs sont également parfaitement en prise avec les grands défis sociétaux

que sont l'énergie, la pollution et le spatial. Ce sont des atouts indéniables pour l'unité qui lui permettent d'avoir des succès, individuels et collectifs aux appels d'offre nationaux (ANR) et internationaux (ERC), mais aussi de faire une offre de compétences et de prestations à des partenaires fidèles (PIVOINE). L'attractivité procurée par les moyens expérimentaux et les compétences associées se manifeste aussi par le nombre (22) et la qualité des visiteurs invités étrangers.

Points faibles et risques liés au contexte

Le point faible est une conséquence d'un point mentionné plus haut comme fort : le grand nombre et la haute technicité, voire en matière de sécurité d'utilisation (laser, hautes énergies, haute pression, etc.) des dispositifs expérimentaux nécessitent des investissements importants en maintenance normale (chiffrée à plusieurs dizaines de k€) et exceptionnelle (pannes) et surtout en personnels techniques qualifiés et réactifs pour répondre à la demande à la fois interne (doctorants) et externe (partenaires institutionnels et industriels). Or, le comité constate que, pour la plupart des installations, celles-ci ne reposent que sur une ou deux personnes, de statut ingénieur ou enseignant-chercheur, ces derniers ayant par ailleurs une charge d'enseignement et administrative.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique globale de l'unité est excellente, tant par la quantité (ratio de 10 pour deux équipes E1 et E3 jusqu'à 25 pour E2) que par la qualité des supports. Elle est bien répartie entre les trois équipes thématiques et entre les personnels de recherche. Ceci s'explique bien sûr par le dynamisme historique de l'unité et les thématiques très porteuses mais aussi par le statut majoritaire des personnels (chercheurs CNRS). L'unité a également fait un effort marqué pour l'open access, la part d'articles en accès libre passant de 36 % à 84 % dernièrement, ce qui est très positif.

1 / La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.

Points forts et possibilités liées au contexte

La production scientifique des différentes équipes est d'un très bon niveau, quantitativement comme qualitativement. Vu les différences thématiques entre les équipes, les supports de publication sont très différents mais correspondent tous à des revues faisant autorités dans leur domaine. Le comité sélectionne les plus marquantes ci-dessous, reprenant ce qui est développé dans l'analyse faite plus loin par équipe.

La production scientifique de l'équipe 1 en termes de publications est excellente par la quantité (plus de 180 articles), par la qualité des revues, parmi les meilleures de la spécialité pour plus de 50 % des articles (*Combust. Flame, Proc. Combust. Inst., Energy&Fuels, Fuel*) et par l'originalité et la pertinence des résultats publiés. Ces publications, très citées, s'appuient sur les dispositifs expérimentaux originaux bien reconnus de l'équipe au niveau international. 75 % des articles sont d'ailleurs produits en collaboration, en majorité à l'international avec des équipes renommées en Europe, Amérique du Nord et Chine. Aux articles s'ajoutent trois ouvrages, des chapitres d'ouvrages (2), de nombreux actes de congrès internationaux (23) et autres présentations à des congrès (160).

Le taux de publication de l'équipe 2 (une centaine pendant la période) rapporté au nombre de chercheurs et enseignants-chercheurs est excellent (environ 6 articles/an/chercheur en moyenne pour 4 chercheurs en 4 ans), dans des journaux regroupant les thèmes de l'équipe (Atmosphère, environnement et chimie physique). Elles sont fortement collaboratives (60 % avec des équipes internationales). La très grande majorité est en open access. Enfin, l'équipe revendique une quarantaine de participation à des colloques, soit une dizaine par permanent. On notera une publication collaborative des données.

Les publications de l'équipe 3 paraissent dans des supports de très bonne qualité (*Experiments in Fluids, Aerospace Science and Technology, Acta Astronautica, Journal of Propulsion and Power, Physics of Plasmas, Plasma Sources Science and Technology, Journal of Applied Physics, Journal of Physics D: Applied Physics*).

Points faibles et risques liés au contexte

On ne note pas de point particulier sur la qualité des publications de l'ensemble de l'unité.

2/ La production scientifique est proportionnée au potentiel de recherche de l'unité et répartie entre ses personnels.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le taux de publication global par chercheur de l'unité est excellent, allant selon les équipes de six jusqu'à dix (détaillé ci-dessous). Les personnels techniques, les doctorants sont également associés significativement aux publications.

Le taux de publication de l'équipe 1 est excellent avec une moyenne de 10 par chercheur ou enseignant-chercheur pendant la période, soit environ trois articles par an et par permanent. Les ingénieurs, personnels temporaires et doctorants contribuent à la production.

On note une certaine disparité de publication chez les membres de l'équipe 2 liée certainement à la spécificité du sujet ou à leur date d'arrivée dans l'équipe. Il est noté que les personnels techniques sont associés aux travaux. 34 % associent un doctorant dont 2/3 en premier auteur.

Le taux de publication annuel de l'équipe est de bon niveau avec 8,7 pour les articles et de huit pour les comptes rendus, soit environ 1,4 article par an et par chercheur ou par enseignant-chercheur permanent.

Points faibles et risques liés au contexte

Il y a une grande disparité entre les membres de l'équipe 1 dans les taux de publication, allant de plus de soixante publications à une au cours de la période.

De même, l'équipe 2 présente une certaine disparité de publication chez ses membres ; ceci étant lié certainement à la spécificité du sujet ou à une nomination récente.

3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le commentaire est valable pour l'ensemble des trois équipes : la production scientifique de l'unité répond aux directives du CNRS pour les sciences ouvertes, tous les articles et actes de congrès sont déposés sous HAL.

Points faibles et risques liés au contexte

Pas de points faibles relevés.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

L'unité se distingue très positivement par une interaction importante avec l'environnement socio-économique, que ce soit des entreprises industrielles de taille variée (Total, Air Liquide, etc.), régionales (RCVL) ou nationales, les organismes étatiques (Cnes, CEA, Onera, Andra, etc.) et les organisations internationales (programmes H2020, ESA, DLR, etc.). Les thématiques abordées par l'unité étant d'intérêt économique, sociétal (environnement, énergie), voire stratégique (nucléaire, espace), l'apport de l'unité est donc très appréciable pour l'ensemble de la société. Certains sujets donnent lieu à une communication grand public (combustion poudres métalliques) ou à une participation à des commissions d'expertise (risque Hydrogène) et l'unité y contribue donc de manière tout à fait significative.

1/ L'unité se distingue par la qualité de ses interactions non-académiques.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité se positionne historiquement sur des secteurs porteurs applicatifs, intéressant donc de nombreux acteurs industriels et institutionnels.

Par exemple, le positionnement de l'équipe 1 sur de nombreux aspects des processus de combustion (efficacité énergétique, polluants, sécurité, ressources décarbonées ou renouvelables) lui a permis d'établir des liens pérennes avec des organismes nationaux (CEA, Cnes, Ifpen, Ineris, IRSN, Onera, etc.) et de nombreux industriels (Air Liquide, MBDA, Stellantis, Thales, Total, etc.). Les relations sont dans la majorité des cas des collaborations de recherche qui visent à répondre aux grands enjeux environnementaux et sociaux-économiques actuels. Ceci passe par exemple par la décarbonation de l'industrie (sécurité hydrogène) et des transports avec l'utilisation de combustibles de synthèses (e-fuels pour l'aéronautique), métalliques (transport spatial et terrestre), dihydrogène ou ammoniac. Six thèses ont été ainsi financées par le dispositif Cifre ou directement par l'industrie.

De même, les thématiques que développe l'équipe 2 lui permettent de fortes interactions avec les non-académiques, notamment grâce à ces connaissances méthodologique et expérimentales et au travers de la plateforme Hélios ou du SuperSite Voltaire. Ainsi, elle a développé des études avec Air Liquide et Schneider Électrique, sur le forçage radiatif de composés fluorés.

La surveillance de la qualité de l'air de la métropole au travers du site Voltaire et du réseau Lig'air a permis le développement d'actions avec les acteurs locaux.

Certains membres de l'équipe participent au PRSE (plan national de prévention des risques pour la santé), au CoDERST (Conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques) et au conseil scientifique de la COP (Conférences des parties) régionale. Enfin, l'équipe a mis en exergue ses actions auprès du grand public lors d'actions telles que l'organisation d'une conférence sur le climat et l'atmosphère.

Pour l'équipe 3 (accès à l'Espace ou aux hautes altitudes, propulsion des lanceurs et véhicules spatiaux, problématique des débris) elle a des compétences qui suscitent un intérêt notable des industriels et des agences de défense et du spatial. L'équipe a ainsi établi de nombreuses collaborations industrielles avec ORANO, MBDA, Airbus, Ariane Group, Safran, Exotrail, Comat, Enpulsion, etc. Elle est à l'origine de la création du laboratoire commun ORACLE (créé fin 2018) qui associe l'équipe Propulsion Électrique d'ICARE et la start-up Exotrail. Cette start-up s'est développée rapidement et est devenue en cinq ans l'un des leaders de la propulsion électrique en Europe.

Points faibles et risques liés au contexte

Les contraintes et mutations actuelles, notamment dans le secteur des transports terrestres, peuvent remettre en cause les orientations scientifiques des acteurs non-académiques (industriels, collectivités, etc.).

Les collaborations non-académiques sont souvent le fruit de relations personnelles de chercheurs, ce qui peut être un handicap pour leur pérennisation.

2/ L'unité développe des produits à destination du monde socio-économique.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les recherches de l'unité sont essentiellement axées sur une compréhension fondamentale des phénomènes, les applications relevant plus des partenaires sociaux-économiques, le développement de « produits » (logiciels, appareils spécifiques, etc.) est donc moins dans ses objectifs et sa culture. Deux brevets ont cependant été déposés pendant la période. Les membres ont également participé à des missions d'expertises en France et à l'international par exemple dans le domaine de la sécurité nucléaire pour l'équipe 1 et de l'énergie, l'environnement pour l'équipe 2.

Si on élargit la notion de « produits » à l'humain, on peut noter que les doctorants formés dans l'unité poursuivent pour une grande part d'entre eux leur carrière en entreprise.

Points faibles et risques liés au contexte

L'utilisation du moyen national d'essai PIVOINE_2G à plus de 85 % par Safran AE peut constituer un frein au développement de recherches propres et de collaborations plus larges.

De manière générale, le coût de la maintenance et de la jouvence des moyens d'essais est un poids important pour l'unité et peut handicaper sa capacité d'initiative et d'innovation à destination du monde socio-économique si cette dimension est mal prise en compte dans les projets.

3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les trois équipes de l'unité manifestent une volonté de communication vers le grand public, que ce soit dans la presse écrite généraliste (*Usine Nouvelle, le Monde*) ou spécialisée (*Air et Cosmos*), la participation à des manifestations classiques, institutionnelles (Fête de la Science) ou plus originales (exposition au Palais de la Découverte sur la Propulsion Plasma) et à destination de public jeune (« La Main à la Pâte ») ou moins jeune. Enfin l'équipe a mis en exergue ses actions auprès du grand public lors d'actions telles que l'organisation d'une conférence sur le climat et l'atmosphère.

Points faibles et risques liés au contexte

Il n'y a pas vraiment de stratégie globale de communication et valorisation non-académique. Il s'agit plutôt d'occasions qui sont saisies. L'utilisation de diffusion de l'information dans les réseaux sociaux n'est pas non plus une volonté.

L'identification de l'unité par le grand public et de ses activités, à un niveau national, se doit, au dire même de ses membres, d'être développée.

Compte tenu des thèmes de recherche de l'équipe 3, une présence plus grande sur le web et les réseaux sociaux permettrait de la rendre plus visible.

C - RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

Recommandations concernant le domaine 1 : Profil, ressources et organisation de l'unité

R1 - Le positionnement thématique de l'unité est pertinent, néanmoins une réflexion devrait être menée sur les choix stratégiques et les priorités pour les prochaines années. Le projet doit être repensé de manière plus globale, avec des objectifs clairs et réalistes par rapport au contexte (diminution des ressources humaines). La mise en place d'un comité de pilotage afin de mieux coordonner les conseils d'unité et le conseil scientifique serait une bonne chose.

Il conviendrait de mettre en place une organisation améliorant la cohérence et la transversalité thématique de l'unité. Il serait bien de développer l'animation scientifique et la dynamique scientifique collective. Dans ce contexte, le rôle du conseil scientifique devrait être renforcé et la procédure de désignation de son animateur à clarifier.

R2 - Il conviendrait de veiller à accompagner au mieux les personnels dans leurs démarches de promotion : pour les enseignants-chercheurs (soutien auprès de l'université d'Orléans pour le fléchage de postes, la récupération de « chapeau » de professeurs d'université) comme pour les personnels d'appui à la recherche (veiller à la spécialisation des profils et au positionnement dans l'organigramme fonctionnel entre les services généraux et les affectations à des équipes ou plateformes spécifiques).

R3 - L'articulation équipes/sous-équipes est à clarifier. Le morcellement des équipes qui peuvent se réduire à un permanent par sous-équipe devrait être réduit et les interactions entre équipes promues (de même que les interactions entre sous-équipes dans les équipes).

R4 - Il est recommandé de promouvoir un ou des outils de simulation communs entre axes.

R5 - Il faudrait renforcer l'implication dans les instances et les relations avec l'université d'Orléans.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

R6 - Il serait bien d'utiliser le réseau international tissé grâce aux succès dans le programme ERC et autres programmes européens pour faire émerger plus de candidatures de valeur aux concours CNRS.

R7 - Malgré la reconnaissance internationale de l'excellence des recherches menées à ICARE et l'accueil d'un nombre impressionnant de chercheurs invités, l'unité peine à attirer et à retenir de nouveaux membres permanents. Une politique volontariste de soutien, d'intégration aux équipes en place et de collaboration renforcée entre les chercheurs et enseignants-chercheurs doit permettre d'inverser une tendance qui affaiblit l'unité sur le long terme.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

R8 - Il faudrait maintenir le bon taux et la qualité de publications.

Recommandations concernant le domaine 4 : Inscription des activités de recherche dans la société

R9 - L'activité partenariale, si elle reste maîtrisée, doit être maintenue, en la focalisant sur des axes stratégiques.

R10 - La communication avec la jeunesse, le grand public, les représentants de la société civile, déjà bien abordée, mérite d'être poursuivie et organisée au niveau de l'unité.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe 1 : Combustion & Systèmes Réactifs

Nom de la responsable : Mme Nabiha Chaumeix

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe Combustion & Systèmes Réactifs développe des recherches pour une combustion efficace, propre et sûre. Les études de cinétique chimique, mécanique des fluides réactifs et transfert thermique visent à comprendre et modéliser les voies de consommation des réactifs, de formation des polluants (suie, NOx, etc.) et la dynamique des flammes, qui peuvent être multiphasiques ou en interaction avec l'écoulement. Ces travaux s'appliquent aux combustibles gazeux, liquides et solides, pour proposer de nouveaux carburants reformulés, décarbonés (hydrogène, ammoniac, métaux) ou de synthèse pour les propulsions terrestres et aéronautiques et la production d'énergie, mais aussi à la valorisation thermochimique de la biomasse et à la sécurité des procédés, notamment le risque hydrogène.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport notait l'effort de convergence entre les membres des anciennes thématiques de cinétique chimique et de dynamique des flammes réunis dans l'équipe E1 et encourageait à persévérer dans cette voie. Ce rapprochement s'est poursuivi, comme en attestent 15 ACL mais surtout les travaux communs sur la détermination des vitesses laminaires de flammes et la combustion en micro-canaux qui a été l'occasion d'une thèse.

Le comité s'inquiétait de la pyramide des âges de l'équipe et de l'évolution à court terme des effectifs. Force est de constater qu'aucun recrutement récent n'est venu renforcer le groupe, et qu'au contraire des départs ont eu lieu. L'âge moyen des chercheurs CNRS atteint 56 ans, et celui de l'ensemble des chercheurs et enseignants-chercheurs est de 51 ans. Le départ en retraite dans les années qui viennent de plusieurs personnes très actives et productives reste la principale source de fragilité de l'équipe.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE

Personnels permanents en activité	
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	9
Directeurs de recherche et assimilés	3
Chargés de recherche et assimilés	1
Chercheurs des EPIC et autres organismes, fondations ou entreprises privées	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	15
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche non permanents	0
Post-doctorants	7
Doctorants	24
Sous-total personnels non permanents en activité	31
Total personnels	46

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe est un pôle incontournable de la communauté française de la combustion. La qualité, la quantité et l'originalité de ses résultats scientifiques lui ont procuré une importante et remarquable reconnaissance internationale. Les recherches menées sont bien orientées vers les nouveaux enjeux de la discipline. Le départ prévisible d'éléments moteurs et la multiplicité des sujets représentent un risque majeur dans les prochaines années.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les objectifs scientifiques de l'équipe sont au cœur des enjeux actuels des transitions énergétique et écologique, pour une production d'énergie et des transports propres, efficaces, sûrs, décarbonés, utilisant des sources renouvelables comme la biomasse. Le groupe est le plus nombreux d'ICARE avec des chercheurs et enseignants-chercheurs très investis qui disposent de bonnes conditions matérielles.

L'équipe jouit d'une reconnaissance internationale de premier plan, comme en témoignent les distinctions (1 médaille d'or et deux *fellows* du Combustion Institute, médaille d'argent du CNRS, prix national de la transition énergétique), les conférences invitées (39) et l'accueil de nombreux chercheurs invités (15) issus d'instituts renommés. L'implication dans les activités éditoriales et la présidence de sociétés savantes internationales (*Combustion Institute*, ICDERS) confirment cette appréciation.

Elle obtient des financements importants dans des appels d'offres compétitifs au niveau européen (*ERC Advanced*, *ERC-Starting*, un projet H2020), comme au niveau national avec quatre projets soutenus par l'ANR et la participation au labex CAPRYSSSE et au PIA MYTHYGÈNE. Elle bénéficie du soutien de la région Centre-Val de Loire au travers de douze projets, abondés pour certains par le FEDER.

Ces financements permettent de développer et d'entretenir un parc expérimental fourni et original. Les dispositifs sont souvent uniques en Europe, tels que les tubes à onde de choc « single pulse » ou miniaturisés à haute fréquence couplé à une détection avec lumière synchrotron, les réacteurs auto-agités par jets gazeux avec analyse par spectroscopie de masse Orbitrap, les enceintes d'accélération de flamme ENACCEF, les enceintes haute pression pour l'étude de dynamique des flammes comme OPTIPRIME, ou les brûleurs stabilisés pour la combustion de particules métalliques.

La production de l'équipe est du meilleur niveau international en qualité comme en volume, sur les aspects expérimentaux et en modélisation. Au cours de la période, 181 ACL ont été publiées en majorité dans les meilleurs journaux (*Combust Flame*, *Proc Combust Inst*). Ces articles ont un fort impact et présentent des avancées originales dans le domaine de la combustion de basse température, de la formation des HAP et des suies, de la combustion des métaux, de la dynamique des flammes sous pression ou de la valorisation de la biomasse. Les trois quarts des publications sont issus de collaborations, dont une majorité à l'international avec des équipes reconnues.

Les thèmes de recherche de l'équipe l'amènent à entretenir des relations suivies avec les organismes nationaux (CEA, Cnes, Ifpen, IRSN, Onera, etc.) et le secteur industriel dans les domaines pétroliers, automobiles, aéronautiques ou nucléaires, qui assurent un transfert rapide des recherches fondamentales du groupe (TRL 1-3), et des sources de financement (3 thèses, contrats de collaboration). L'implication dans la diffusion vers le grand public, les élèves et étudiants assure à l'équipe une bonne reconnaissance locale.

Points faibles et risques liés au contexte

Un des principaux défis dans les prochaines années est le départ de plusieurs chercheurs confirmés de l'équipe, alors que la pyramide des âges est peu favorable et qu'il y a un déficit marqué de jeunes chercheurs ou enseignants-chercheurs. Une difficulté à soutenir l'ensemble des thèmes de recherches risque d'apparaître, alors même que de nouvelles compétences complémentaires enrichiraient l'équipe, par exemple en modélisation.

La multiplicité des thèmes abordés et la très grande variété des dispositifs expérimentaux associés sont une richesse de l'équipe qui est fragilisée par des effectifs décroissants et le recours à des personnels techniques ou des chercheurs sous contrat à durée déterminée. Le maintien des connaissances spécifiques et des compétences pourra être fragilisé en cas de départ.

Les transformations des secteurs énergétiques et des transports peuvent amener à devoir redéfinir les thématiques prioritaires des recherches en combustion. Certaines thématiques comme la chimie de l'auto-inflammation à basse température, un des points fort de l'équipe, devient par exemple moins critique par rapport à la chimie de nouveaux carburants comme l'hydrogène ou l'ammoniac.

L'équipe présente une grande diversité de profils et certaines thématiques sont assez cloisonnées. Ainsi, plusieurs groupes affichent des thématiques autour de la cinétique chimique, de la biomasse ou des biocarburants, sans que des liens ne semblent se développer.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Si toutes les thématiques actuelles sont pertinentes et productives, leur maintien est conditionné à des recrutements nécessaires pour contrebalancer les départs à venir, comme chercheurs CNRS ou enseignants-chercheurs. On profitera si possible des recrutements pour bien définir les axes prioritaires de la politique scientifique.

Un renforcement de l'animation et des actions de cohésion sont nécessaires au sein de l'équipe, qui ne pourront qu'améliorer l'attractivité auprès de candidats au recrutement ou de chercheurs en mutation.

Au-delà des caractérisations expérimentales, il serait important de définir les priorités et les questions scientifiques spécifiques posées par les thématiques nouvelles (carburants décarbonés, H₂, NH₃, e-fuel, etc.). Le grand nombre de dispositifs expérimentaux, en croissance, rapporté aux moyens humains appelle aussi une réflexion stratégique, au risque de suractivité des personnes.

Équipe 2 : Atmosphère et Environnement

Nom du responsable : M. Abdelwahid Mellouki

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe est structurée autour de la thématique « atmosphère » avec des approches de mécanistique réactionnelle fondées sur l'expérimentation, s'appuyant à la fois sur des outils spécifiques et d'envergure mondiale (Helios) jusqu'à des outils de modélisation (dispersion des polluants). L'équipe a abordé les processus liés à la qualité de l'air et à sa perturbation anthropique ou climatique, tels que la réactivité de composés anthropogéniques et biogéniques, la chimie des radicaux nitrates et les interactions avec les COV jusqu'à la simulation de la chimie réactionnelle dans les panaches volcaniques.

L'équipe bénéficie du site sur qualité de l'air de la métropole pour des évaluations *in situ* et a engrangé sous forme de base de données partagées les données relatives à la réactivité des COV.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La première remarque était relative à l'âge moyen « critique » des deux directeurs de recherche et de la chargée de recherche (CR) de l'équipe. L'arrivée en 2020 d'un nouveau CR au sein de cette équipe, âgé d'une quarantaine d'année, permet d'assurer une certaine pérennisation de l'activité notamment dans le maintien du leadership international de cette thématique.

La deuxième remarque porte sur la collaboration avec le LPCE, laboratoire CNRS orléanais dont certaines des thématiques de l'équipe Environnement Atmosphérique et Planétologie recouvrent certains axes d'ICARE : atmosphère terrestre, pollution anthropique, aérosols. Il est effectivement fait état de collaboration avec cette équipe notamment dans un des thèmes du projet (panache volcanique) mais sans beaucoup de détail. La mise en œuvre effective d'une collaboration n'a pas été détaillée (une école de printemps) mais des publications communes sont référencées associant LPC2E, ICARE, OSUC.

La troisième remarque portait sur la valorisation des travaux et résultats en cinétique chimique d'intérêt à basse température. L'équipe a une très forte activité de publication avec 6 ACL /ETP/an.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE

Personnels permanents en activité	
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	2
Chercheurs des EPIC et autres organismes, fondations ou entreprises privées	0
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	4
Sous-total personnels non permanents en activité	5
Total personnels	10

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe a maintenu son niveau d'excellence dans ses sujets de recherche. Elle a développé des approches expérimentales uniques (Hélios, outils analytiques pointus) et des compétences spécifiques dans l'étude de la réactivité de molécules dans l'atmosphère pour lesquelles elle est reconnue au niveau européen et a un taux de publication excellent (6 ACL /ETP/an). Malgré un effectif toujours faible (2 DR, 2 CR), ses activités restent diversifiées, très collaboratives (contrats européens, base de données), partenariales (surveillance de l'air) et sociétales (pollutions, pesticides, changement climatique).

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe dispose d'un équipement expérimental unique en France (3 en Europe), la chambre de simulation atmosphérique à irradiation naturelle Helios, de grand volume (90 m³) associée à un laboratoire d'analyse, source de collaboration internationale et de potentialités expérimentales, accueillant également sur le site des équipes non-académiques.

La production scientifique est excellente en quantité et en qualité. Le nombre pendant la période est de 102 ACL soit un taux de 6 ACL/ETP/an avec une bonne implication des doctorants et des personnels de soutien. L'originalité des recherches et la fiabilité des résultats expérimentaux sont démontrées par des outils uniques (chambre Helios unique en France et un parc analytique de pointe). L'équipe a produit des résultats expérimentaux de qualité, intégrés dans l'IR ACTRIS (infrastructure de recherche européenne distribuée), partagés au sein de base de données communautaires compilant les données existantes sur la réactivité des COV (Composés organiques volatils) avec les oxydants atmosphériques pour la communauté du secteur.

La qualité des papiers est d'un excellent niveau dans le domaine, collaborative (doctorants et personnel de soutien). 47 ACL ont été publiés dans des journaux très reconnus par la communauté, la majorité dans des revues consacrées à l'atmosphère (16) à l'environnement et à la chimie physique (13) reflétant parfaitement l'activité de l'équipe.

L'équipe mène une forte activité partenariale à plusieurs échelles, en s'appuyant fréquemment sur la plateforme Hélios, dans le cadre de programmes européens, au sein de groupes d'experts internationaux (évaluation et recommandation des paramètres cinétiques pour la modélisation, dans les collaborations industrielles (*Trans National Access*)). De même, dans les actions vers le grand public ou les collectivités, on note l'organisation de visites du site par les élèves d'établissements scolaires, la surveillance de l'air avec la métropole orléanaise, le partenariat avec Le Studium et l'organisation d'une conférence emblématique sur le climat, qualité de l'air et santé : quelles actions pour demain.

Les travaux de l'équipe s'inscrivent globalement et sur plusieurs items dans les problématiques des changements globaux et de la transition écologique en s'intéressant à la composante atmosphère de l'environnement et aux impacts des activités humaines sur la qualité de l'air et des conséquences induites au travers d'une forte activité expérimentale au service de la compréhension des systèmes physico-chimiques et réactionnels.

Points faibles et risques liés au contexte

La taille réduite de l'équipe et la forte activité de ses membres, portés par un directeur d'équipe impliqué dans la plupart des actions (contractuelles, de valorisation, de gestion, réseau) peut nuire à une politique d'attractivité au niveau national, notamment dans le maintien des réseaux scientifiques et dans le recrutement de chercheurs et de doctorants. Un nouveau chercheur a été recruté pendant la période ce qui permet de conforter l'équipe. Cependant, la stratégie de remplacement des deux directeurs de recherche, qui ont le même âge et pourront revendiquer à terme leur droit à la retraite, se doit d'être mise en place. De même, l'équipe souffre d'un manque de soutien technique, à la fois pour le plateau expérimental mais surtout pour la pérennisation de la plateforme Helios.

La position de l'unité dans une petite région, très proche de Paris et des grands centres de recherche du sud parisien, dans une université de taille moyenne est à la fois un avantage et un inconvénient.

La production scientifique, importante et de qualité, est cependant déséquilibrée dans sa répartition entre les quatre membres de l'unité (nombre d'ACL durant les 4 années de la période d'évaluation respectivement pour chacun d'eux : 73/23/27/8) justifiée par la nature des travaux, mais qui pourrait être rééquilibré.

La proximité de l'unité LPC2E, et notamment de l'équipe Environnement atmosphérique et planétologie pourrait être considérée comme concurrentielle si elle n'est pas mise à profit par des collaborations.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe a un effectif encore limité malgré la nomination d'un nouveau chercheur à fort potentiel. La perspective de départ à la retraite des deux directeurs de recherche, dont le responsable de l'équipe, doit être prise en considération dans la stratégie à long terme de pérennisation, d'une part, et de développement, d'autre part. Un rapprochement thématique avec le Laboratoire de Physique et de Chimie de l'Environnement et de l'Espace d'Orléans pourrait être une piste de réflexion avec l'établissement de passerelles thématiques (le changement climatique par exemple) pour en faire un point focal de référence régional, national et international.

La plateforme est un outil exceptionnel qui nécessiterait un personnel spécifique afin d'assurer son fonctionnement et sa maintenance.

L'équipe propose un grand nombre de thématiques diverses et variées liées à ses compétences, à son savoir-faire et aux méthodologies proposées. Pour assurer son attractivité, notamment si le remplacement des départs s'avère effectif, le resserrement des sujets devra être discuté dans le cadre d'une stratégie scientifique d'équipe.

Équipe 3 : Propulsion & Rentrées Atmosphériques

Nom du responsable : M. Stéphane Mazouffre

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe « Propulsion Spatiale et Écoulements à Grande Vitesse » est constituée de deux sous-groupes : FAST (*Facilities for Aerothermodynamics & Supersonic Technologies*) et PE (Propulsion Électrique). Le premier consacre ses recherches aux problèmes d'aérothermodynamique dans le domaine spatial et le second développe des travaux dans le domaine de la propulsion spatiale à plasma.

FAST étudie les écoulements raréfiés hypersoniques et à haute enthalpie avec deux domaines présentant un fort intérêt sociétal et stratégique (défense) : le développement des nouveaux vecteurs de vol hypersonique et la rentrée des débris spatiaux qui s'inscrit dans le cadre de la dépollution des orbites basses.

PE étudie les systèmes propulsifs performants à partir de plasmas magnétisés. Ses efforts de recherche portent sur les phénomènes de transport atomiques, ioniques et électroniques dans les décharges plasmas magnétisées telles que les sources en champs E×B et les tuyères magnétiques. Des moyens de diagnostic optique sont développés.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La qualité et l'originalité des moyens d'essais uniques disponibles dans l'unité et, en particulier, ceux opérés par l'équipe, ont été fortement valorisées grâce à de nombreuses collaborations industrielles et académiques, et la création d'un laboratoire commun (ORACLE). Enfin, l'équipe bénéficie d'un fort soutien du labex CAPRYSES qui a aussi favorisé des collaborations nouvelles avec PRISME et le GREMI. Deux thèses codirigées entre ces deux unités sont en cours.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE

Personnels permanents en activité	
Professeurs et assimilés	0
Maîtres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	1
Chercheurs des EPIC et autres organismes, fondations ou entreprises privées	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche non permanents	2
Post-doctorants	0
Doctorants	8
Sous-total personnels non permanents en activité	10
Total personnels	15

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Les recherches de l'équipe concernant les rentrées atmosphériques, les vols hypersoniques à haute altitude, la propulsion spatiale chimique et la propulsion électrique des satellites et des sondes sont remarquables. Elles mettent en œuvre des moyens expérimentaux exceptionnels par l'ampleur des paramètres explorés et la qualité des diagnostics associés. Les résultats originaux obtenus sont publiés dans des revues de haut niveau et les membres de l'équipe sont reconnus internationalement.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe dispose de moyens expérimentaux exceptionnels dont certains sont uniques en Europe. MARHy et PHEDRA sont des souffleries originales qui offrent la possibilité d'étudier des écoulements raréfiés supersoniques et hypersoniques froids (jusqu'à Mach 20) et à haute enthalpie (état plasma). La soufflerie MARHy est la seule soufflerie hypersonique raréfiée en France. Au niveau européen, seule une autre soufflerie au DLR en Allemagne possède des caractéristiques similaires. La soufflerie EDITH permet de travailler à plus haute pression et surtout, fait rare, de simuler avec une grande fidélité et une grande précision des variations d'altitude sans variation du débit d'entrée. Les expériences menées sur les tuyères propulsives sont donc particulièrement proches des conditions réelles.

Concernant le vol de planeurs hypersoniques et la rentrée atmosphérique des débris spatiaux, l'équipe est la seule en Europe à pouvoir établir des bases des données expérimentales pour des conditions hypersoniques et à haute altitude permettant la validation et l'amélioration des codes numériques (agences, CEA/CESTA, Onera, MBDA, équipes scientifiques françaises et européennes).

Les travaux en propulsion électrique pour les satellites sont principalement réalisés avec le moyen d'essais national PIVOINE-2G et dans la chambre à pompage cryogénique NExET. PIVOINE-2G permet de mettre en œuvre, d'étudier et d'améliorer des moteurs électriques à plasma de type à effet Hall. Les gammes de puissance et de taille de propulseurs couvertes sont parmi les plus larges en Europe. Les principaux axes d'étude sont les nouvelles architectures de propulseurs, la micro-propulsion, les phénomènes de transport et les nouveaux ergols. Aucun autre laboratoire européen ne couvre un tel ensemble.

Grâce à cet ensemble de moyens expérimentaux et à leurs dispositifs de diagnostic associés (en particulier des diagnostics optiques tels que la spectroscopie laser et la diffusion laser), les travaux sur les écoulements raréfiés et le contrôle d'écoulement par plasmas sont très originaux.

Le taux de publication annuel de l'équipe est de très bon niveau avec 8,7 pour les articles et de 8 pour les comptes rendus, soit environ 1,4 ACL/ETP/an. Les publications paraissent dans des supports de très bonne qualité (*Experiments in Fluids*, *Aerospace Science and Technology*, *Acta Astronautica*, *Journal of Propulsion and Power*, *Physics of Plasmas*, *Plasma Sources Science and Technology*, *Journal of Applied Physics*, *Journal of Physics D: Applied Physics*).

L'équipe a établi de nombreuses collaborations industrielles avec ORANO, MBDA, Airbus, Ariane Group, Safran, Exotrail, Comat, Enpulsion, etc. Elle est à l'origine de la création du laboratoire commun ORACLE (créé fin 2018) qui associe l'équipe propulsion électrique d'ICARE et la start-up Exotrail. La start-up Exotrail s'est développée rapidement et est devenue en cinq ans l'un des leaders de la propulsion électrique en Europe.

Points faibles et risques liés au contexte

Bien que l'équipe 3 collabore avec des équipes de spécialistes de la simulation numérique (Laplace, Stanford, etc.), ses recherches, essentiellement expérimentales, gagneraient en amplitude par le développement de compétences en modélisation et simulation numérique.

L'utilisation du moyen national d'essai PIVOINE_2G à plus de 85 % par Safran AE peut constituer un frein au développement de recherches propres et de collaborations plus larges.

La variété et l'ampleur des recherches menées avec des moyens d'essais lourds sont à la limite des capacités de l'équipe qui dispose de moyens humains limités (8 permanents).

Le coût de la maintenance et la jouvence des moyens d'essais sont un poids important pour l'équipe et peuvent handicaper sa capacité d'initiative et d'innovation.

Le départ d'un membre de l'équipe constitue une cause d'affaiblissement du potentiel de recherche et de déstabilisation de son activité dans les domaines des plasmas froids.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Compte tenu de la quantité et de la qualité des données expérimentales mesurées dans les domaines supersoniques et hypersoniques, le comité recommande qu'une réflexion soit menée, d'une part, sur l'ouverture d'une partie de ces données à la communauté scientifique et, d'autre part, à la définition d'une stratégie de valorisation par la comparaison avec les résultats de modèles et de simulations numériques réalisés en interne (en complément des collaborations existantes avec le CEA CESTA).

En ce qui concerne les études sur la propulsion duale, le comité incite l'équipe 3 à se rapprocher de l'équipe 1 afin de définir des thèmes potentiels de collaboration.

Le comité recommande à l'équipe de veiller à un équilibre des publications entre les différentes activités.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 16 janvier 2023 à 13h30

Fin : 17 janvier 2023 à 16h30

Entretiens réalisés en distanciel (grèves)

PROGRAMME DES ENTRETIENS

16 janvier 2023

13h30-14h00	Réunion du comité à huis clos
14h00-15h00	Bilan du laboratoire (30' présentation + 30' discussion)
15h00-16h30	Bilan des équipes et perspectives : <ul style="list-style-type: none">• Équipe Combustion & Systèmes Réactifs• Équipe Atmosphère & Environnement• Équipe Propulsion Spatiale & Écoulements à Grande Vitesse
16h30-16h45	« Pause-café » virtuelle
16h45-18h30	Visite du laboratoire (virtuelle)
18h30-19h00	Premier débriefing du comité à huis clos

17 janvier 2023

08h45-09h30	Présentation projet du laboratoire (20' présentation + 25' discussion)
09h30-10h00	Entretien avec le personnel enseignant-chercheur [15 participants]
10h00-10h30	Entretien avec le personnel d'appui à la recherche [10 participants]
10h30-11h00	Entretien avec les doctorants et post-doctorants [20 participants]
11h00-11h15	« Pause-café »
11h15-11h45	Entretien avec les tutelles, CNRS (DAS et DR) et université d'Orléans (VP)
11h45-13h00	Pause repas
13h00-14h30	Entretien avec l'équipe porteur de projet DU et DU-adjoint
14h30-16h30	Second débriefing du comité à huis clos

POINTS PARTICULIERS À MENTIONNER

À noter un bel effort, réussi, de la part de l'unité pour - en urgence - passer d'une vraie visite à une visite virtuelle à cause des grèves qui ont affecté les transports. En particulier, la présentation des installations expérimentales par film, mobilisant de manière égale chercheurs, enseignants-chercheurs, personnels techniques, doctorants, a été bien conduite et a été très appréciée et appréciée par le comité.

Le format distanciel imposé par les circonstances n'est cependant pas optimal pour les échanges avec les personnels, même si, là aussi, leur participation était importante en nombre et en qualité de dialogue.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Le Président

Tél : 02 38 49 47 48 - secretariat.cabinet@univ-orleans.fr

Références à rappeler : EB/SF/24

Affaire suivie par : Pascal BONNET

☎ 02 38 49 25 50 ✉ vp.cr@univ-orleans.fr

Haut conseil de l'évaluation de la recherche et
de l'enseignement supérieur (Hcéres)
Monsieur Éric SAINT-AMAN
Directeur du département d'évaluation
de la recherche
2 rue Albert Einstein
75013 PARIS

Monsieur le directeur,

L'université d'Orléans souhaite remercier l'ensemble des membres des différents comités d'évaluation du Hcéres, conseillers scientifiques et comités d'experts, pour le temps consacré à l'expertise des bilans des laboratoires de recherche et des fédérations.

Lors des échanges entre les différents comités et les directions des laboratoires, il a été mentionné à plusieurs reprises l'absence d'augmentation des dotations des laboratoires.

Il est important ici de souligner que l'université d'Orléans a traversé de très graves difficultés financières lors du dernier contrat quinquennal (2016-2022) et en particulier la mise en œuvre d'un Plan de Retour à l'Equilibre (PRE) à la demande du Ministère pour faire face à une trésorerie négative (2016).

Par ailleurs, sur la même période, l'université a vécu une hausse de ses effectifs étudiants de plus de 25% alors que sa dotation n'a évolué que de 0,5% par an en moyenne.

Cette situation n'a effectivement pas permis une augmentation du budget consacré à la recherche sur cette période.

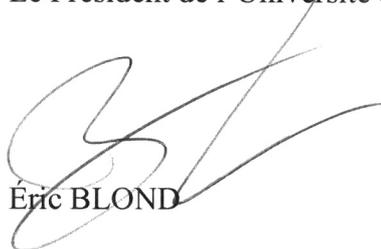
.../...

En outre, cette difficulté financière a également eu un impact sur les recrutements de nouveaux personnels en appui de la recherche, et seuls les départs en retraite ont pu être renouvelés systématiquement.

La situation est assainie depuis 2020 et il est important de noter que les dotations des laboratoires de recherche ont depuis augmenté et que de nouveaux postes de personnels en appui à la recherche ont été créés dans certains laboratoires lors des campagnes 2021 et 2022. Cette dynamique sera maintenue dans les prochaines années.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le directeur, l'expression de ma considération distinguée.

Le Président de l'Université d'Orléans

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Eric BLOND', written over the printed name.

Eric BLOND

Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

Évaluation des universités et des écoles

Évaluation des unités de recherche

Évaluation des formations

Évaluation des organismes nationaux de recherche

Évaluation et accréditation internationales



2 rue Albert Einstein
75013 Paris, France
T. 33 (0)1 55 55 60 10

hceres.fr

[@Hceres_](https://twitter.com/Hceres_)

[Hcéres](https://www.youtube.com/Hceres)

