

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

Lafset - Laboratoire du froid et des systèmes
énergétiques et thermiques

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Conservatoire national des arts et métiers -
Cnam

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D

Rapport publié le 11/06/2024



Au nom du comité d'experts :

Vincent Lemort , président du comité

Pour le Hcéres :

Stéphane Le Bouler, président par intérim

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par le président du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

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. Vincent Lemort, université de Liège, Belgique
	M. Jean-Christophe Batsale, Ensam Talence
Experts :	M. François Lanzetta, université de Franche-Comté - UFC (représentant du CNU)
	M. Driss Stitou, CNRS Perpignan (personnel d'appui à la recherche)

REPRÉSENTANTE DU HCÉRES

Mme Francine Fayolle

REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

Mme Sandrine Guérin, Conservatoire national des arts et métiers
M. Stéphane Lefèbvre, Conservatoire national des arts et métiers
M. Tarek Raïssi, Conservatoire national des arts et métiers

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire du froid et des systèmes énergétiques et thermiques
- Acronyme : Lafset
- Label et numéro : EA
- Composition de l'équipe de direction : M. Brice Tréméac (directeur)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST5 Sciences pour l'ingénieur

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Le domaine du froid est défini comme le cœur de métier du Lafset. Cependant, ses activités s'étendent à d'autres systèmes énergétiques (pompes à chaleur, réacteurs nucléaires) en s'intéressant aux aspects thermiques et thermodynamiques.

Les activités de recherche du Lafset sont organisées selon deux thématiques scientifiques : les fluides frigorigènes de remplacement et le développement de méthodologies avancées pour l'étude des systèmes énergétiques. Le premier thème englobe les travaux qui portent sur l'étude du fluide au sein d'un composant (par exemple, un échangeur), au sein d'un système thermique plus vaste (par exemple, une machine frigorifique) et en contact avec un lubrifiant. Au travers du deuxième thème, le Lafset développe des méthodes numériques et statistiques avancées pour le traitement des données (qu'elles soient numériques ou expérimentales), le suivi des performances et l'optimisation (énergétique et économique) de systèmes énergétiques sur des grandes échelles de temps.

Les deux thématiques du laboratoire se déclinent, parfois de manière croisée, en toute une série d'activités de recherche, dont les plus visibles sont l'étude de l'ébullition à basse pression de l'eau (pour une application dans des machines frigorifiques, le refroidissement de composants électroniques ou le nucléaire), l'étude des propriétés des mélanges réfrigérant/lubrifiant, la mesure en ligne de la composition de mélanges de réfrigérants, la distillation cryogénique, les machines à sorption, l'énergétique du bâtiment et le climat urbain

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le Lafset a été créé au moment de la disparition du Laboratoire de Chimie Moléculaire, Génie des Procédés Chimiques et Énergétiques (CMGPCE). La présence d'un laboratoire et d'une équipe au sein desquelles une expertise sur les systèmes thermiques s'est développée est probablement très ancienne au Cnam. Au cours de ces 20 dernières années, la structure de l'organisation de cette équipe, au sein d'une unité plus large, a continuellement évolué. Ainsi l'ESIB (Énergétique des systèmes pour l'industrie et le bâtiment) a intégré pendant de nombreuses années le CMGPCE, unité qui a vu se succéder différentes équipes entrantes et sortantes depuis 2004 : sortie de l'équipe Productique chimique de l'université d'Orléans (2004), intégration de l'équipe Enerfri Cemagref Antony (2008), puis départ de cette équipe Irstea, introduction de l'équipe Transformations chimiques et pharmaceutiques. Ces changements ont chaque fois fait suite à des recommandations à l'issue d'évaluations externes et internes. La disparition du CMGPCE fait suite à la volonté d'intégrer les équipes existantes à d'autres équipes plus proches de leur champs disciplinaires. L'ancienne équipe de l'ESIB a demandé la création d'une équipe en émergence au sein du Cnam en 2019, nommée Lafset. Suite à une expertise selon le modèle du Hcéres en 2021, le Lafset a été labellisé comme équipe d'accueil.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Le Lafset est le seul laboratoire national dédié à l'étude des systèmes frigorifiques à différentes échelles. Il est situé dans les locaux du Conservatoire national des arts et métiers (Cnam) dans le centre de Paris. Son École doctorale de rattachement est Sciences des Métiers de l'Ingénieur (SMI). Les enseignants-chercheurs et les ingénieurs d'étude du Lafset sont impliqués dans des formations du Cnam, telles que les formations de l'IFFI (Institut Français du froid Industriel et du génie climatique) et la formation d'ingénieurs en Énergétique. La formation de l'IFFI est largement reconnue en France dans le domaine de la réfrigération industrielle et commerciale et du génie climatique. Certains membres du Lafset ont suivi ces formations. Le personnel bénéficie d'ailleurs de l'accès aux différentes formations proposées par le Cnam.

Les membres du Lafset sont actifs dans des associations professionnelles ou sociétés savantes à Paris et dans le reste de la France : Institut International du Froid (localisé à Paris), le Groupement pour la recherche sur les échangeurs thermiques (Greth) ou le Salon interprofessionnel du froid et ses applications (SIFA).

Dans le domaine de l'énergétique et des transferts thermiques, d'autres unités existent au sein du Cnam :

- Le LCM (Laboratoire commun de métrologie) est une unité dont les tutelles sont le LNE (Laboratoire National d'Essais) et le Cnam. Cette unité comporte au moins deux équipes dans le domaine de la thermique (l'équipe température qui maintient l'échelle internationale de température avec des recherches dans le domaine de la cryogénie et des basses températures) et l'équipe de mesure de propriétés thermophysiques qui effectue des mesures de chaleur spécifique, de conductivité et diffusivité thermique dans une large gamme de températures. L'équipe photonique du LCM est aussi en mesure de faire des mesures thermiques radiatives.

- Le LIFSE (Laboratoire l'Ingénierie des Fluides et Systèmes Énergétiques) est une unité dont les tutelles sont le Cnam et l'ENSAM (École nationale Supérieure d'Arts et Métiers).

Cette unité développe des études complémentaires de celles du Lafset dans le domaine des compresseurs pour les machines frigorifiques. Elle développe aussi de la métrologie dans les domaines des pressions dynamiques (tubes à choc) en lien avec le LNE.

- D'autres unités du Cnam font aussi l'objet de collaborations avec le Lafset : le SATIE (Systèmes électriques au Cnam), Le LMSCC (Acoustique au Cnam), etc.

Le Lafset est aussi en contact (montages de projets, jury de thèses, etc.) avec des unités telles que : CES et CETP à Paris, LEMTA à Nancy, Cethyl à Lyon, Locie à Chambéry, etc.

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2022

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	5
Sous-total personnels permanents en activité	10
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	4
Sous-total personnels non permanents en activité	6
Total personnels	16

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2022. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
Cnam	5	0	5
Total personnels	5	0	5

AVIS GLOBAL

L'unité Lafset porte les activités de recherche autour des systèmes frigorifiques au Cnam. Elle a souvent changé de forme et a subi récemment de nombreux mouvements de personnel. Le Lafset sous sa forme actuelle est une structure récente qui présente un positionnement de ses activités de recherche (le domaine du froid) clair, pertinent et qui permet de facilement l'identifier dans le paysage de la recherche au niveau national et international. Les travaux réalisés par le Lafset sont de très bonne qualité et exploitent en grande partie des équipements expérimentaux originaux et remarquables. La conception, la mise en place et l'opération de tels équipements s'appuient sur le savoir-faire de son personnel d'appui à la recherche.

L'unité est très bien intégrée dans le tissu industriel lié au domaine du froid. Beaucoup de partenaires socio-économiques montrent un intérêt pour les travaux de l'unité et notamment pour les équipements mis à leur

disposition. Cette marque d'intérêt se matérialise par la mise en place de thèses conjointes (dispositifs Cifre) et par des prestations, même si ces dernières ont diminué au cours des trois dernières années. Le peu de diversification dans les modes de financement des thèses pourrait réduire la diversité de la recherche. Aussi, la présence limitée dans les locaux du Cnam d'une partie des doctorants peut nuire à la cohésion de l'équipe et aux échanges en son sein. Enfin, le manque de succès aux appels à projets nationaux et internationaux (ANR, H2020) a probablement contribué à restreindre le champ d'étude de l'équipe et les collaborations transdisciplinaires.

La production scientifique de l'unité est de bonne qualité, mais limitée par la taille de l'équipe et par l'importante charge d'enseignement des enseignants-chercheurs. Des moyens adaptés sont mis en place pour veiller à l'intégrité scientifique. L'unité cherche à développer sa visibilité internationale, au travers de la participation à plusieurs conférences internationales (et à la co-organisation de certaines d'entre elles), l'invitation de chercheurs étrangers et la participation à une Tâche de l'agence internationale de l'énergie IEA. L'unité communique largement vers le grand public sur des thématiques d'intérêt général ou sociétal (vagues de canicules, climatisation). La localisation de ses locaux, à présent spacieux, au centre de Paris peut constituer un atout pour le rayonnement international. L'ensemble du personnel du laboratoire participe à sa gouvernance. Cependant, la taille de l'unité est petite et n'a probablement pas atteint la taille critique pour permettre une diversification des thématiques de recherche et une production scientifique suffisante pour garantir une grande attractivité des collaborateurs (enseignants-chercheurs, doctorants). L'attractivité auprès des futurs doctorants est aussi réduite par le manque d'accès à des masters sous statut étudiant. L'incertitude qui pèse sur l'évolution future du personnel à la suite de départs à la retraite programmés constituent une fragilité de l'unité.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport est issu de la campagne d'évaluation 2017-2018. Cette évaluation concernait le Laboratoire de Chimie Moléculaire, Génie des Procédés Chimiques et Énergétiques (CMGPCE) qui était alors constitué de quatre équipes (Génie des procédés, Énergétique des systèmes pour l'industrie et le bâtiment (ESIB), Turbomachines et moteurs et Chimie moléculaire). Les recommandations formulées spécifiquement pour l'équipe ESIB sont reprises ci-dessous :

Les efforts de publication des travaux doivent être maintenus en insistant sur la valorisation des travaux de thèses ; -Les collaborations internationales doivent être développées :

On note un souci de positionner le Lafset sur la scène internationale : co-organisation du Congrès international du froid en 2023, ou l'accueil de doctorants étrangers en séjours de recherche. Ce positionnement pourrait être certainement davantage renforcé (projets internationaux, etc.).

Les sujets de recherche, même s'ils sont applicatifs, doivent avoir un positionnement scientifique clair : L'étude de l'ébullition à basse pression, la mesure de la composition en ligne des mélanges, et l'étude des propriétés des mélanges réfrigérant-lubrifiant constituent des créneaux scientifiques pertinents autour desquels le Lafset s'est positionné.

Vu le bon partenariat avec le milieu professionnel et les partenaires socio-économiques, des actions autres que les contrats classiques de recherche doivent être envisagées : laboratoire commun, réseau, expertise technique, etc. :

Cette recommandation n'a pas été prise en compte.

La diffusion de la culture scientifique et technologique envers le grand public doit être développée :

Le Lafset communique de façon importante vers le grand public (accueil de collégiens, interview dans des journaux étrangers, émissions de télévision, communications vers le grand public autour de technologies dont l'impact sociétal est important).

L'unité doit s'impliquer dans la formation par la recherche auprès de l'École Doctorale :

On ne note pas d'intervention auprès de l'école doctorale SMI (Sciences et Métiers de l'Ingénieur) qui devrait être l'école doctorale la plus proche de l'unité.

La communication externe, en relation avec celle de l'unité, et la mise en place de procédures visant l'intégrité scientifique doivent être améliorées :

Un responsable «Intégrité Scientifique» a été nommé au Cnam. Des contacts sont en cours.

Des efforts de structuration et de recentrage des thématiques doivent être menés pour éviter un risque de dispersion :

Le Lafset présente ses activités en les regroupant en deux thématiques. Ces thématiques restent malgré tout relativement larges et les activités sont diversifiées et résultent toujours en partie d'un effet d'opportunité (préoccupation des industriels).

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

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

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

Les objectifs scientifiques de l'unité sont clairement centrés sur le domaine de l'efficacité énergétique. Ils visent à améliorer les performances de composants thermiques, optimiser leur intégration dans des systèmes et procédés énergétiques pour en réduire l'impact environnemental. Ces objectifs, essentiellement applicatifs, sont porteurs et en cohérence avec les problématiques industrielles et sociétales liées à la transition énergétique. Cependant, un élargissement des objectifs par des collaborations avec d'autres unités n'a pas pu se concrétiser faute de succès aux AAP nationaux ou internationaux (ANR, projets Horizon Europe, etc.).

Appréciation sur les ressources de l'unité

Les ressources propres sont majoritairement issues des partenariats socio-économiques, montrant une bonne adéquation du profil d'activité de l'unité avec les problématiques industrielles. Cependant la très nette diminution des ressources contractuelles observées durant la seconde période de l'exercice peut constituer un frein dans ses activités de recherche. La multitude d'équipements et de bancs expérimentaux d'excellente qualité démontre également l'engagement et le soutien technique du personnel d'appui à la recherche. L'évolution des ressources humaines constitue un point fragile. L'effectif, qui se réduira prochainement avec des départs en retraite de deux personnels d'appui à la recherche et de deux enseignants-chercheurs, peut devenir un point critique pour le fonctionnement de l'unité. La perte du seul personnel administratif de l'unité est aussi problématique.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

La gestion et l'organisation sont conformes aux réglementations. Le fonctionnement de l'unité favorise l'écoute, la discussion avec l'ensemble des personnels et une participation collective aux orientations stratégiques de l'unité. Au regard de l'importante activité de recherche expérimentale en partenariat avec les acteurs socio-économiques, les actions de sensibilisation à la protection industrielle et à la protection du patrimoine scientifique et technique sont peu présentes. Concernant l'intégrité scientifique, la tutelle Cnam a nommé récemment un référent intégrité scientifique (RIS). Les actions spécifiques à ce sujet sont à venir. Cependant l'unité a mis en place une politique de cahiers de laboratoire, utilise des logiciels anti-plagiat etc.

1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité est bien reconnue pour ses compétences scientifiques et techniques liées à l'étude de fluides de travail et composants pour les procédés frigorifiques. Le positionnement scientifique de l'unité est clair et pertinent vis-à-vis de la demande industrielle, ce qui se traduit par une très forte proportion de dispositifs Cifre (six thèses obtenues durant la période) et de partenariats industriels. Ce positionnement place le Lafset comme leader national sur les thématiques abordées, en particulier l'étude des interactions fluide/huile dans les composants et systèmes frigorifiques. L'unité a développé de nombreux bancs expérimentaux de caractérisation pour la validation de résultats théoriques, et qui doivent permettre de les valoriser.

Points faibles et risques liés au contexte

Même si les objectifs scientifiques sont pertinents, la très petite taille de l'unité ne permet pas de couvrir un spectre large de problématiques liées aux machines frigorifiques ou aux pompes à chaleur. L'élargissement du spectre qui pourrait se faire par des collaborations dans le cadre de projets ANR ou Horizon Europe, n'a pas pu se faire (Absence de succès aux AAP nationaux et internationaux).

La valorisation des résultats en termes de brevets est faible au regard du caractère industriel et fortement applicatif des activités de recherche du Lafset.

2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'organisation de l'unité en deux axes thématiques est pertinente au regard de la taille de l'unité et des objectifs scientifiques visés. Les crédits annuels à disposition du laboratoire sont appréciables et d'un ordre de grandeur standard pour sa taille ; hors masse salariale titulaire et CDI, ils sont de 104 k€ en moyenne par an pendant la période avec cependant une baisse très significative au cours de la période 2020-2022. Les ressources propres sont majoritairement issues de partenariats socio-économiques, qui représentent 83 % des ressources propres.

L'évolution des effectifs est positive pendant la période d'évaluation (+1 EC durant la période et un remplacement d'un ingénieur de recherche parti en retraite). La proportion du personnel technique (6 EC / 5

IT) et sa qualité sont une force sur laquelle peut s'appuyer l'unité pour les développements expérimentaux et la maintenance de ses équipements.

L'unité finance également le développement de ses bancs de recherche grâce à un soutien financier du Cnam (150 k€ d'équipements divers pour les plateformes et bancs divers). Les personnels d'appui au nombre de quatre, tous titulaires (2 TECH, 1 IGR et 1 IE) participent ainsi aux activités de recherche et assurent la maintenance des bancs et plateformes.

Les surfaces de l'unité qui étaient faibles (170 m²) vont être doublées lors de la prochaine période par l'adjonction de locaux contigus. Ces ressources en termes de locaux supplémentaires sont une opportunité importante d'extension de l'activité et un soutien fort de la tutelle.

Points faibles et risques liés au contexte

Le Lafset est une unité de petite taille, avec quelques prochains départs en retraite de personnels de recherche (1 PR et 1 PAST) et techniques (1 ADT, 1 Tech et 1 Ass Gestion). Cet effectif critique empêche de diversifier les activités de recherche et d'intensifier les partenariats académiques.

L'unité a subi une baisse importante de ressources durant les dernières années (les ressources globales étaient de 157 k€/an en moyenne de 2017 à 2019 alors qu'elles étaient de 56 k€/an en moyenne de 2020 à 2022).

3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'organisation mensuelle de conseils de laboratoire favorise l'écoute et la discussion avec l'ensemble des personnels. La direction est attentive à ce que les personnels respectent les règles de protection et de sécurité. Le document unique est actualisé annuellement et les personnels suivent régulièrement des formations (nouveaux entrants, hygiène et sécurité, habilitations électriques, manipulation de fluides frigorigènes, risques chimiques...). Une politique de gestion des déchets chimiques est également mise en place. Le Lafset dispose également d'un référent DDRS pour les questions relatives au développement durable. L'unité s'appuie sur un Référent Intégrité Scientifique (RIS) nommé par le Cnam pour sensibiliser le personnel de recherche à l'intégrité scientifique. La protection des données et du patrimoine scientifique est également une préoccupation majeure du Cnam.

Points faibles et risques liés au contexte

Au regard de l'importante activité partenariale avec les acteurs socio-économiques, l'attention portée sur les questions de la protection intellectuelle et industrielle des travaux de recherche applicatifs est insuffisante.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Durant la période, l'unité a subi une restructuration ayant conduit à un recentrage des activités de recherche concernant l'étude des transferts de masse et de chaleur dans les milieux poly-phasiques ou multi-constituants pour fluides frigorigènes de remplacement. Le Lafset articule ses activités autour de la plateforme PropMélange et de deux bancs (BulleBP, CompOnline) ouverts aux industriels. Ces activités participent de l'attractivité de l'unité sur les plans industriels et académiques. Le rayonnement régional et national du Lafset permet d'initier des collaborations internationales. L'implication de l'unité dans l'organisation de congrès (International Congress of Refrigeration ICR 2023 et CIFQ 2022) est bonne, elle renforce l'identité de l'unité. La faible taille de l'unité ne permet pas encore d'être suffisamment attractive au regard de sa restructuration récente et du risque lié aux prochains départs à la retraite de chercheurs et personnels de soutien à la recherche.

- 1/ *L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*
- 2/ *L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*
- 3/ *L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ *L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

L'unité participe aux principaux congrès relevant de ses activités de recherche, notamment International Congress of Refrigeration (ICR). L'unité a été membre du comité d'organisation d'ICR 2023 à Paris et a coorganisé le Colloque International Franco-Québécois XVe CIFQ à Paris en 2022 sur le thème « Villes et transition face aux défis climatiques et énergétiques ». En se positionnant comme leader mondial sur l'ébullition basse pression en canal confiné et sur la mesure de composition de mélanges de fluides frigorigènes, l'unité a engagé des collaborations sous la forme de deux thèses, une avec le DTU (Danemark) et une autre avec l'université de Cheikh Anta Diop (Dakar, Sénégal). Trois recrutements ont été réalisés pendant la période : deux MCF dont un est HDR et un IR permettant ainsi de développer les partenariats internationaux (Espagne, Mexique et Brésil) et avec le CEA Saclay. L'invitation d'un chercheur international (Espagne) a permis d'engager une collaboration entre le Lafset et l'université Rovira i Virgili.

Un chercheur de l'unité a effectué un séjour scientifique à l'université américaine de Beyrouth (AUB). Sur la période, deux keynotes ont été présentées dans des congrès internationaux (25th International Congress of Refrigeration, IIR, 2019 Montréal et 6th IIR International conference on sustainability and the cold chain 2020, Nantes).

L'unité est également présente au sein du conseil scientifique de la Société Française de Thermique SFT, elle est membre de la Task 65 de l'IEA, membre de deux commissions recherche de l'association française du froid, deux chercheurs étant également l'un président et l'autre administrateur du Greth.

Le Cnam alloue une somme de 6 k€ à tout enseignant-chercheur recruté lui permettant ainsi de démarrer ses activités de recherche. Une partie de la marge financière sur les contrats industriels est investie pour le développement des activités de recherche. De la même façon, un MCF a bénéficié d'un allègement de sa charge administrative afin de préparer son HDR. Tout nouvel arrivant est intégré au conseil de laboratoire.

Les références de la production scientifique de l'unité sont intégralement disponibles sur un serveur HAL géré par un membre de l'unité et dont le déploiement par le Cnam pour ses unités de recherche a été initié en 2019. L'unité a déployé via le Cnam en fin de période évaluée une charte éthique. L'unité incite les chercheurs à collaborer avec d'autres unités de recherche du Cnam. Ceci se traduit par le démarrage de collaborations avec le SATIE (refroidissement des composants électroniques) et avec ESYCOM (traitement de bases de données relatives aux consommations électriques et de climatisation de la ville de Paris).

L'unité est reconnue dans ses domaines de compétences liés au changement de phase et aux systèmes énergétiques. L'unité mène principalement des activités de recherche partenariales. Elle a été porteur du projet ADEME GEB (accompagnement de la société PlutonDG), et partenaire d'un autre (2APACHI)

L'unité a recentré ses activités de recherche autour de deux thématiques scientifiques : les fluides frigorigènes de remplacement et le développement de méthodologies avancées. Elle maintient et développe trois équipements de recherche performants (banc expérimental BullBP, banc expérimental CompOnLine, plateforme expérimentale PropMelange) permettant d'accroître la reconnaissance nationale et internationale. L'unité finance également le développement de ses bancs de recherche avec un soutien financier du Cnam (150 k€ d'équipements divers pour les plateformes et bancs divers). Les personnels d'appui au nombre de quatre, tous titulaires (2 TECH, 1 IGR et 1 IE) participent ainsi aux activités de recherche et assurent la maintenance des bancs et plateformes.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

L'unité a subi, durant la période, une réorganisation importante ayant nécessité le recentrage d'activités autour du changement de phase et des systèmes thermiques. Les activités de recherche sont portées principalement par des enseignants-chercheurs dont la charge d'enseignement importante (250 h complémentaires autorisées par l'établissement Cnam) freine le déploiement d'activités de recherche académiques nationales et internationales (encore faibles).

Même si l'unité affecte une partie de la dotation financière récurrente à la maintenance des plateformes expérimentales, elle semble assurer la jouvence de ses équipements majoritairement à partir du soutien financier unique du Cnam.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique est de bonne qualité, mais encore faible en quantité. Elle couvre des champs thématiques recentrés sur la thermique, les transferts de chaleur et de masse, le froid. Le versement des publications sur la base HAL du CNRS est encouragé.

- 1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.*
- 2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.*
- 3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La création du Lafset durant la période a conduit l'unité à mener une politique volontariste vis-à-vis de la production scientifique en publiant dans des journaux de qualité sur des domaines fondamentaux du transfert de chaleur et de matière (IJHMT par exemple), de l'énergétique du bâtiment (Energy and Buildings) ou des systèmes thermiques (Applied thermal engineering). Au cours de la période 2019-2022, la production globale (articles et communications) moyenne est de 2,6/ETP/an. La présence des chercheurs dans des congrès nationaux et internationaux accroît la visibilité de l'unité (1,8 COM/ETP/an en moyenne pendant la période 2017-2022). La production d'articles de l'unité au cours de la période 2017-2022 est quant à elle de 0,8 ACL/ETP/an. Cette production est en augmentation (elle passe à presque une ACL/ETP/an pendant la période 2019-2022).

En termes de contenu, la production scientifique est variée (les journaux sélectionnés pour publier les résultats l'attestent : Energy and Buildings, International Journal of Heat and Mass Transfer, Applied Thermal Engineering ou International journal of refrigeration). La production reflète à la fois l'approche multi-échelle et la combinaison entre approche numérique et expérimentale.

Pendant la période évaluée, l'unité s'est appuyée sur des usages internes concernant l'intégrité et l'éthique étant donnée l'absence de politique d'établissement jusqu'en 2021. Cependant, le Cnam a récemment amélioré ses pratiques : nomination d'une référente déontologue en 2021, d'un référent intégrité en 2022, puis mise en place au début de l'année 2023 d'une campagne de sensibilisation de tous les personnels impliqués dans des activités de recherche. Le conseil de laboratoire conduit la politique de diffusion des connaissances et a initié l'usage de cahiers de laboratoire étant donné la part importante de travaux expérimentaux et partenariaux. Les articles scientifiques sont déposés sur HAL conformément à la politique d'usage du Cnam et les données et les codes sources sont systématiquement archivés sur un serveur partagé de l'unité.

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Le manque de diversité dans les modes de financement des thèses (principalement des dispositifs Cifre) pourrait réduire la liberté et la diversité de la recherche.

Les doctorants bénéficiant des dispositifs Cifre ne sont pas toujours présents dans le laboratoire, ce qui réduit les interactions au sein de l'unité.

Les actions mises en œuvre qui contribuent à la prise de risque en termes de thématique de recherche n'apparaissent pas clairement.

L'équipe ne propose pas de codes de simulation en open-source (grâce à des outils comme GitHub), ce qui limite sa visibilité.

Le nombre de publications scientifiques dans des journaux semble encore limité en comparaison avec des laboratoires similaires et pourrait certainement être augmenté. Les mouvements de personnel (départ de chercheurs expérimentés et arrivée de nouveaux chercheurs qui ne peuvent peut-être pas publier rapidement sous la bannière du Lafset) peuvent expliquer cette situation.

Réduire le nombre de publications dans des actes de conférence au profit des articles de journaux, comme le suggère l'équipe, pourrait nuire au rayonnement international de l'équipe. Participer à des conférences et écrire des articles de journaux n'est certainement pas inconciliable et sont deux moyens distincts qui contribuent au rayonnement scientifique de l'unité. Il faudrait peut-être privilégier les conférences qui établissent des accords avec des éditeurs (l'article de conférence est étendu pour être soumis dans un journal).

Il existe un déséquilibre de publications entre les deux thèmes (44 pour le thème 1 -Fluides frigorigènes et 29 pour le thème 2-Systèmes énergétiques). Les charges d'enseignement et les responsabilités administratives au Cnam sont lourdes et ralentissent l'activité de recherche et la production scientifique. La politique de signature des articles par les personnels d'appui à la recherche doit être formalisée.

L'établissement n'a nommé que récemment un Référent Intégrité Scientifique. La gestion des données et les bonnes pratiques sont donc pour l'instant déléguées aux seuls chercheurs de l'unité. L'uniformisation de ces pratiques concernant l'intégrité, l'éthique et la science ouverte est à venir.

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 a une très bonne connexion avec les acteurs industriels, dans des domaines variés (industrie, bâtiments, transports,...).

Le contact industriel est facilité par les formations par apprentissage qui sont le fer de lance du Cnam.

Un point de fragilité est lié à une baisse importante des activités partenariales au cours des trois dernières années (environ divisée par trois), alors que c'est la seule ressource de l'unité en dehors de la dotation de base octroyée par la tutelle.

Les communications vers le grand public sont importantes (accueil de collégiens, articles dans le New York Times, etc.).

- 1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*
- 2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*
- 3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

L'unité a de nombreuses connexions et contrats avec des industriels (Air liquide, Groupe Atlantic, Manaslu, Liebherr, Danfoss...). Ces entreprises sont de tailles et d'objectifs variés (industrie, bâtiment, transports...) dans le domaine du froid. Les ressources relatives à cette activité partenariale constituent l'essentiel des ressources de l'unité (en moyenne 93 k€/an pour 107 k€ de ressources globales par an).

Cette activité partenariale est aussi visible par le nombre de dispositifs Cifre (six thèses obtenues durant la période).

L'unité est active dans les réseaux industriels relatifs à la thématique du froid : comité de pilotage du SIFA Salon Interprofessionnel du froid et ses applications, comité de rédaction de la RGF (Revue générale du froid) et comité d'experts des Techniques de l'Ingénieur. Elle est aussi entre-autres administrateur du Greth.

L'implication dans les enseignements renforce aussi ce réseau par les retours des anciens élèves (2 PAST anciens élèves).

Enfin les communications vers le grand public sont importantes (accueil de collégiens, article dans le New York Times, émission de télévision sur France 24, communication grand public sur l'utilisation de la climatisation dans les Dom-Tom, etc.).

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Les activités et les contrats industriels sont en forte baisse au cours des trois dernières années (en moyenne 143 k€/an durant les trois premières années et 42 k€/an durant les trois dernières années).

Le nombre important de dispositifs Cifre cache souvent une recherche effectuée chez l'industriel, avec peu de présence au sein de l'unité. Cela nuit à la cohésion et à la coordination des recherches.

Une analyse du risque et des ressources en regard du nombre de projets de partenariats industriels est peu visible. L'exercice est difficile vu les incertitudes sur l'évolution des effectifs de l'unité à moyen terme.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Le Lafset a développé et entretient une identité qui permet un positionnement clair dans le paysage de la recherche en France et à l'étranger. Le cœur des activités se situe au niveau de l'étude des systèmes frigorifiques sans pour autant écarter l'étude des systèmes thermiques au sens large.

L'unité fait face à des menaces, mais aussi bénéficie d'opportunités.

En termes de personnel la plus grande menace qui pèse sur l'unité dans les années à venir est le départ à la retraite de deux techniciens qui font partie des piliers de l'activité (en grande partie expérimentale) de l'unité. À ce jour, aucune décision n'est connue quant à leur remplacement. Différents scénarii ont été considérés (0, 1 ou 2 renouvellements de postes), ce qui limite la visibilité de l'équipe. Il y a un risque de devoir externaliser ou répartir en interne certaines tâches des techniciens. Au-delà de ces deux départs, le poste de secrétaire administrative a été perdu. Aussi, aucune certitude n'est acquise quant au renouvellement du poste de professeur laissé vacant par le départ à la retraite d'un professeur titulaire de chaire. Une grande incertitude pèse donc sur l'évolution du personnel et peut impacter la stratégie scientifique.

En termes de locaux le Lafset a l'opportunité de doubler sa surface dans le bâtiment existant, en plein centre de Paris. Étant donné les avantages (surtout en termes de visibilité, comme l'organisation de réunions ou colloques) d'être dans le centre de Paris, il semble peu pertinent de délocaliser le laboratoire (ce scénario serait tôt ou tard évoqué s'il était question d'associer les activités du Lafset à celles d'autres équipes parisiennes).

En termes d'activités de recherche, dans les années à venir le Lafset souhaite maintenir les thématiques de recherche en cours, à savoir l'étude des « nouveaux » fluides frigorigènes et le développement d'outils numériques avancés. L'unité ne semble pas vouloir explorer de nouvelles thématiques. Aussi le développement des activités autour du refroidissement dans des applications nucléaires n'est pas mis en évidence, alors que ces activités occupent actuellement une place non négligeable dans l'équipe (2 thèses de doctorat en cours).

En termes d'attractivité le Lafset manque d'attractivité lors du recrutement de collaborateurs. Parmi les causes, on peut certainement identifier l'importante charge d'enseignement de ses membres, la petite taille de l'unité, sa création récente, et les récents mouvements de personnel. Ce manque d'attractivité affecte la production scientifique ce qui contribue à diminuer la notoriété de l'équipe. Augmenter le nombre de doctorants semble important. Mais un des freins est certainement le peu de contacts avec des étudiants de master présentant des bons profils pour entamer des doctorats.

Par ailleurs, le fait d'être une petite structure peut limiter l'attractivité envers les entreprises, qui cherchent à limiter les risques.

Enfin, même si les membres du Lafset ne sont pas impliqués dans des masters sous statut étudiant (mais bien en formation continue), ils sont en contact avec de nombreux étudiants qui peuvent à terme faire partie du personnel d'appui à la recherche (notamment des étudiants avec une formation de frigoriste). Aussi la gestion des bancs d'essais de l'unité bénéficie de la présence des étudiants (maintien de plusieurs bancs en ordre de marche).

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

Au regard du profil de l'unité, fortement engagée dans des collaborations industrielles avec une activité expérimentale importante, les ressources humaines notamment d'appui à la recherche, comportent un point de fragilité. Le comité recommande d'anticiper les prochains départs à la retraite de personnels techniques clés pour renforcer l'activité expérimentale de l'unité.

Étant donné les risques qui pèsent sur l'équipe en termes de personnels et afin d'accroître son attractivité en atteignant une taille critique, il semble pertinent que le Lafset s'associe à une autre structure. Plusieurs pistes ont été identifiées par le comité et devraient être examinées. Une première piste est une association avec le Lifse, qui comprend trois enseignants-chercheurs du Cnam et qui mène des activités de recherche complémentaires dans le domaine de la thermique, voire parfois redondantes. Une seconde piste est une fusion avec le LCM, qui pourrait lui-même bénéficier d'un plus grand nombre d'HDR. Dans cette seconde piste, de nouvelles métrologies pourraient être développées, ainsi que des moyens pour les contrôler en température. Si fusion il y a, on sera attentif à maintenir l'identité de l'équipe sur l'étude des systèmes frigorifiques et à veiller à ce qu'elle ne soit pas absorbée et effacée dans une structure plus large.

Les partenariats de recherche académiques de type ANR ou H2020 mériteraient d'être davantage développés au regard des thématiques scientifiques abordées.

Au vu de l'importante activité partenariale avec les acteurs socio-économiques, une attention particulière doit être portée sur les questions de la protection intellectuelle et industrielle des travaux de recherche. Le comité invite à sensibiliser ses personnels à ce sujet.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

Au vu de la faible taille actuelle de l'équipe et par suite des différentes restructurations, le comité encourage l'unité à concentrer ses activités sur les thématiques liées aux fluides et aux transferts thermiques avec changement de phase, et au froid afin de renforcer et de dynamiser le positionnement et la cohérence scientifiques. Le comité recommande de renforcer la participation et le portage de projets européens et ANR. Si le contexte industriel constitue une excellente opportunité de développer des activités scientifiques appliquées, le comité encourage l'équipe à renforcer ses collaborations académiques nationales et internationales. L'accueil de postdoctorants financés par des Marie-Curie Fellowships pourrait être envisagé. Le développement de partenariats institutionnalisés avec des collègues et des universités étrangères pourrait être engagé par des candidatures aux Partenariats Hubert-Curien. L'attention doit être soutenue concernant la sécurisation des personnels enseignants-chercheurs et d'appui à la recherche en position de retraite. Le comité insiste également sur le risque de perte de savoir-faire dû aux prochains départs à la retraite de personnels d'appui à la recherche et d'enseignants-chercheurs.

Le comité encourage à augmenter les contacts avec les étudiants de master présentant des bons profils pour des recrutements en doctorat. Plusieurs pistes pourraient être étudiées : créer un master (M1-M2 orienté recherche) sous statut étudiant au Cnam, participer au master proposé aux Mines de Paris (en proposant un cours sur les techniques frigorifiques) ou s'intégrer davantage aux masters proposés à l'ENSAM. Par ailleurs, le Lafset doit continuer à solliciter des contrats doctoraux de l'École Doctorale (ED), sollicitations qui ont déjà été couronnées de succès malgré le peu de financements disponibles.

Le Lafset pourrait exploiter sa position exceptionnelle dans les locaux du Cnam au centre de Paris pour augmenter sa visibilité et notoriété en organisant davantage d'évènements de nature scientifique (conférences, réunions scientifiques, etc.).

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Le comité encourage l'unité à cibler encore davantage les revues et conférences internationales de premier plan. En ce qui concerne les revues, le comité recommande de privilégier la publication d'articles dans l'« International Journal of Refrigeration » qui est la revue qui fait autorité au sein de la communauté des frigoristes.

Le comité recommande de suivre la politique du Cnam, récemment mise en place, en ce qui concerne l'intégrité, l'éthique et la Science Ouverte.

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

En proportion de sa taille, l'unité a une bonne connexion avec le milieu industriel dans des thématiques de recherche liées à l'efficacité des procédés et composants frigorifiques, thématique en adéquation avec la demande sociétale de transition énergétique. Elle est encouragée à poursuivre ses actions au travers des formations par apprentissage qui constituent une des forces de l'unité.

Une analyse de la baisse de contrats industriels au cours des trois dernières années est nécessaire. Cette analyse doit amener à affiner la stratégie scientifique.

Des projets partenariaux collaboratifs avec d'autres unités de recherche présentant des compétences complémentaires permettraient d'aborder des problématiques industrielles à plus large spectre.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATE

Début : 13 février 2024 à 8h00

Fin : 13 février 2024 à 18h00

Entretiens réalisés en présentiel et en distanciel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

08h15-08h30	Présentation de l'évaluation par la conseillère scientifique
08h30-09h30	Bilan de l'unité (présentation 30mn + 30mn de discussion)
09h30-10h30	Trajectoire de l'unité (Présentation 30mn + 30mn de discussion)
10h30-11h00	Pause
11h00-12h30	Visite des installations
12h30-14h00	Repas
14h00-14h30	Entretien avec les PAR
14h30-15h00	Entretien avec les doctorants
15h00-15h30	pause
15h30-16h00	Entretien avec les chercheurs/EC
16h00-16h30	Entretien avec la tutelle (Cnam)
16h30-17h00	Entretien avec la direction de l'unité
17h00-18h30	Débriefing du comité à huis clos

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Evaluation HCERES
de l'unité Lafset - Laboratoire du froid et des systèmes énergétiques et
thermiques

Réponse du Cnam
Observations de portée générale

Objet : Rapport de l'HCERES pour l'unité « Laboratoire du froid et des systèmes énergétiques et thermiques », Lafset -

Le Conservatoire national des arts et métiers a pris connaissance du rapport d'évaluation de l'unité Lafset. Au nom de l'unité de recherche, il remercie vivement le comité d'experts pour la très grande qualité de son travail, la pertinence des observations et des recommandations contenues dans le rapport. Il se félicite de l'évaluation positive de l'unité qui souligne la pertinence et la qualité des activités de recherche, des moyens expérimentaux et la richesse des partenariats industriels. Le Cnam soutiendra l'unité afin de répondre aux recommandations exprimées par le comité d'experts et a conscience de la nécessité de maintenir le soutien en personnels d'appui voire de le renforcer notamment au niveau du secrétariat.

La direction de l'unité a pris connaissance du rapport d'évaluation du HCERES la concernant et remercie le comité pour ses observations et ses recommandations constructives et pertinentes. Elle n'a pas d'observations à formuler

L'adjoint de l'Administratrice générale
en charge de la recherche



Stéphane Lefebvre

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)