Évaluation de la recherche

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

Laboratoire commun de métrologie LNE-LCM

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Conservatoire national des arts et métiers – Cnam

Laboratoire national de métrologie et d'essais - LNE

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2023-2024
VAGUE D

Rapport publié le 15/05/2024

Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur

Au nom du comité d'experts :

Jean-Christophe Batsale, 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, maitre 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. Jean-Christophe Batsale, Ensam Talence
Experts :	M. Roland Bremond, UGE - université Gustave Eiffel M. Christophe Finot, université Bourgogne Franche-Comté - UBFC (représentant du CNU) M. Éric Gaffet, CNRS Nancy M. Jürgen Hartmann, Technical university of Applied Sciences Würzburg - Schweinfurt, Allemagne Mme Sandrine Pavy, CNRS Palaiseau (personnel d'appui à la recherche) M. Michael Stock, Bureau International des Poids et Mesures - BIPM Sèvres

REPRÉSENTANT DU HCÉRES

M. Lounès Tadrist

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

Mme Maguelonne Chambon, LNE
M. Stephane Lefebvre, Cnam
Mme Sandrine Guerin, Cnam
M.Tarek Raïssi, Cnam

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire Commun de Métrologie
- Acronyme : LNE-LCM
- Label et numéro : EA 2367
- Nombre d'équipes : 6 équipes
- Composition de l'équipe de direction : M. Gaël Obein (co-directeur) / M. Jean-Rémy Filtz (co-directeur)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies
ST5 Sciences pour l'ingénieur

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

La thématique scientifique de l'unité est la métrologie primaire pour les grandeurs de la mécanique, de la thermique et de la photonique.

Pour ces grandeurs, le laboratoire commun de métrologie (LNE-LCM) développe et entretient des bancs de mesure ou des artefacts qui permettent la réalisation et le maintien des étalons nationaux au plus haut niveau d'exactitude.

Il conçoit et exploite également d'autres bancs permettant le transfert des références nationales vers l'industrie avec des incertitudes aussi réduites que possible.

Il garantit la validité des références nationales en participant ou en pilotant des comparaisons internationales menées sous l'égide de la métrologie mondiale (BIPM) ou européenne (Euramet).

Enfin, il développe, en collaboration avec d'autres laboratoires nationaux de métrologie, ou grâce à des collaborations industrielles, de nouveaux concepts ou de nouveaux moyens de mesure qui permettent de préfigurer et d'anticiper les besoins industriels dans le domaine de la métrologie.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Le laboratoire commun de métrologie (LNE-LCM) a été créé en 2008 suite à un audit en 2007 sur la métrologie française recommandant le rapprochement entre les thématiques amont traitées au Conservatoire National des Arts et Métiers (Cnam) et les thématiques aval traitées au Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE). Le LNE-LCM est devenu opérationnel en 2010 suite à l'évaluation de l'AERES. Il a été évalué une première fois par l'AERES en février 2013 puis par le Hcéres en 2018.

Le laboratoire est localisé sur trois sites de la région Île-de-France : le siège du LNE (Paris 15e), le site du LNE à Trappes (78) et le site du Cnam à Saint-Denis (93).

- Le siège site historique du LNE, 1 rue Gaston Boissier, Paris 15e, abrite également l'équipe dimensionnelle et une partie de l'équipe MGA (masse, masse volumique, pression, vide, débit, force) ;
- Le site du LNE dans la zone de Trappes-Élancourt, comprenant les équipes PTM, nanométrologie, une partie de l'équipe photonique et une partie de l'équipe MGA (acoustique et vibrations) ;
- Le site du Cnam à La Plaine Saint-Denis, où sont regroupées les activités de l'équipe température et une partie de l'équipe photonique (mesure de l'apparence).
- Les agents du laboratoire exercent leur activité sur l'un des trois sites, indépendamment de leur appartenance à tel ou tel établissement.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

L'environnement de recherche principal du LNE-LCM est celui de la métrologie mondiale, coordonnée par le Comité International des Poids et Mesures (CIPM), la métrologie européenne, coordonnée par l'association Euramet, et la métrologie Française (MF), coordonnée par la Direction de la Recherche Scientifique et Technique (DRST) du LNE.

L'unité est en interaction avec le tissu industriel en raison de son rôle en matière de maintien et de traçabilité des références.

En 2022, le LNE-LCM a rejoint le réseau francilien QuanTIP qui a été labellisé DIM (Domaine d'Intérêt Majeur pour

la région Île-de-France) pour la période 2022-2026 et dont l'objectif est de développer des technologies applicatives et d'accélérer le transfert de technologies quantiques vers l'industrie en fédérant toutes les forces franciliennes de la thématique.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	3
Maitres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	5
Chargés de recherche et assimilés	29
Personnels d'appui à la recherche	49
Sous-total personnels permanents en activité	**89**
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	14
Post-doctorants	0
Doctorants	11
Sous-total personnels non permanents en activité	**26**
Total personnels	**115**

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
LNE	0	34	28
Cnam	6	0	21
Total personnels	**6**	**34**	**49**

AVIS GLOBAL

Le Laboratoire commun de métrologie LNE-LCM est une unité de recherche reconnue nationalement et internationalement. Elle contribue au rayonnement de la France dans le domaine de la métrologie des grandeurs de la mécanique, de la thermique et de la photonique.

Ses objectifs sont fixés par la métrologie française et européenne. Ils impliquent des interactions industrielles qui s'accompagnent d'un ressourcement scientifique original. Ses ressources matérielles et instrumentales sont remarquables ; elles sont le support d'une excellente production scientifique qui non seulement produit des publications de qualité, mais aussi conforte sa position dans les inter-comparaisons internationales (90 % des inter comparaisons du Bureau International des Poids et Mesures - BIPM) et la reconnaissance de ses plateformes.

Le fonctionnement et la structuration de l'unité est convenable avec une bonne entente du personnel malgré la dispersion géographique, avec une prédominance du LNE à Trappes et Paris et du Cnam à Saint-Denis et une différence de statut des deux tutelles (LNE : Epic et Cnam : EPST). Le conseil d'unité nouvellement créé n'est pas constitué de membres élus. La représentativité de ce conseil est déséquilibrée (majorité de représentants Cnam). Le comité de direction qui constitue l'équipe de direction scientifique a peu de moyens pour conduire une politique scientifique d'unité qui repose usuellement sur des actions transverses entre les équipes, sur la mise en place d'un fonds d'amorçage, sur la mutualisation de moyens, par exemple.

La fragilité de l'unité porte en très grande partie sur les ressources humaines. Une pyramide des âges défavorable et un potentiel d'encadrement scientifique limité (faible nombre de HDR et d'enseignants-chercheurs) constituent une préoccupation. Les relations avec les milieux universitaires sont trop distantes. Il en résulte un trop faible recrutement de doctorants. Le manque d'attractivité vis-à-vis des doctorants est accentué

par un faible sentiment d'appartenance à l'unité LNE-LCM.

Le personnel fait globalement face à une charge voire une surcharge de travail et de responsabilités importantes dont le comité ressent les limites. Pour les quelques enseignants-chercheurs du Cnam, les charges d'enseignements et de responsabilités sont considérables. Le nombre de projets européens notamment, à gérer, rajoute des tâches administratives assurées uniquement par les chercheurs.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Recommandation sur les produits et activités de la recherche

L'effort porté sur la production scientifique a été poursuivi par la qualité des résultats et des journaux (la revue : « metrologia » est la plus représentative), mais aussi par des inter comparaisons internationales où l'unité se place à un très haut niveau dans un grand nombre de thématiques. La durée des thèses a été réduite mais pas de façon significative (actuellement 42 mois contre 44 mois lors de la précédente évaluation).

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

La recommandation concernant la mise en place d'un conseil de laboratoire incluant les personnels du LNE et du Cnam a été prise en compte, mais seulement partiellement ; il existe bien un conseil d'unité mais constitué d'une majorité de personnels Cnam et sans modalités d'élection claires et décidées par l'ensemble de l'unité. L'organisation et le fonctionnement restent propres à chacun des établissements Cnam et LNE, notamment en ce qui concerne les problématiques liées à l'hygiène et sécurité, les règlements intérieurs, la gestion des contrats et la gestion des ressources humaines. Cependant, des procédures communes existent et une entente a été trouvée (rassemblement de compétences par sites en évitant les mises en concurrence, partage des tâches au sein de l'équipe de direction, discussion et entraide lors d'investissements, etc.).

La prise de conscience que l'animation scientifique et sociale de l'unité est un processus de communication qui doit embarquer les trois sites du laboratoire est réelle. Des rencontres informelles sont envisagées pour les doctorants. La période du Covid a contraint à la mise en place de réunions par visioconférences. L'intérêt de ce format de réunions pour réduire la distance entre les sites ne fait plus de doute dans l'unité. Ces sujets relatifs à l'animation scientifique constituent une préoccupation de l'équipe de direction.

La recommandation concernant la création d'un statut de chercheur pour les personnels du LNE a été suivie. Il est cependant toujours difficile de distinguer l'activité de prestation de l'activité de recherche. L'existence de « prestations de recherche » montre bien que les prestations alimentent les sujets de recherche tout en étant source de contacts avec les besoins industriels.

Recommandation sur les perspectives scientifiques à cinq ans et la faisabilité du projet

La recommandation concernant une analyse des risques technique et financier sur l'ensemble des thématiques proposées afin d'établir des priorités stratégiques a été prise en compte. Cependant, il a parfois été difficile de prévoir les départs de personnels (2 départs dans l'équipe nanométrologie, par exemple).

La recommandation de détailler une feuille de route pour chacune des thématiques proposées est explicitée dans les trajectoires de chaque équipe.

La recommandation concernant l'adéquation des thématiques proposées aux priorités de la Métrologie Française et de l'Union européenne est parfaitement respectée au vu des nombreux projets qui ont rencontré le succès aux AAP nationaux et internationaux.

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 clairs car largement discutés dans le cadre de la métrologie française et de la métrologie européenne (Euramet) et ressourcés par les nombreuses relations industrielles de l'unité.

La direction scientifique de l'unité (comité de direction) se borne à l'arbitrage des projets, elle n'intervient pas dans l'impulsion d'actions transverses, la gestion d'un fonds commun pour cibler ou amorcer des investissements lourds, mutualiser des équipements, etc.

La très large palette de thèmes et le cloisonnement par équipe fragilisent l'unité au vu du faible potentiel en encadrement scientifique et en personnels académiques.

Appréciation sur les ressources de l'unité

Les ressources matérielles et les investissements de l'unité sont très importants (environ 5 M€/an). Ces budgets résultent des très nombreuses réussites aux AAP nationaux et européens. Les locaux sont de grande qualité sur les trois sites. Notamment, le site de Saint-Denis sera renforcé par de nouvelles infrastructures dont pourra bénéficier l'unité.

En revanche, les ressources humaines sont fragiles tant pour les personnels permanents que pour les doctorants, forces vives de la recherche. Le manque de cadres HDR ne permet pas de développer des relations d'ampleur avec le milieu académique et accroitre le nombre de doctorants, pour développer une recherche amont, ou s'engager dans la formation doctorale. Ce point est particulièrement sensible pour les équipes Photonique, Nanométrologie et Mesure de Propriétés Thermophysiques.

Le personnel a intégré la dispersion géographique et les disparités de statuts de façon remarquable. La bonne ambiance générale de l'unité en témoigne.

Cependant, le personnel fait globalement face à une charge voire une surcharge de travail et de responsabilités importantes dont le comité ressent les limites.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le fonctionnement de l'unité est convenable, mais perfectible. L'unité s'est doté d'outils pour son fonctionnement. Cependant, ce n'est pas le fonctionnement d'une unité mixte classique. Il présente des défauts : séparation des règlements, réseaux informatiques distincts, comités hygiène et sécurité différents selon les tutelles. Ces incongruités sont liées au fonctionnement dépendant fortement du lieu géographique qui lui-même dépend d'une des deux tutelles (Paris : LNE, Trappes : LNE, Saint-Denis : Cnam), amplifiées par la disparité des statuts des tutelles (LNE : Epic et Cnam : EPST).

Malgré la dispersion géographique, l'unité est bien structurée. La vie interne est sereine et les personnels se sont bien adaptés aux contraintes liées au profil particulier de l'unité.

L'unité s'est doté d'outils de concertation et de décision (conseil de laboratoire, comité de direction) et convoque des assemblées générales régulières. Cependant, l'équilibre des représentations des différentes catégories de personnels n'est pas atteint au conseil de laboratoire.

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

Points forts et possibilités liées au contexte

La politique et le conseil scientifique sont définis en grande partie par l'extérieur de l'unité (métrologie française, métrologie européenne (Euramet), industriels).

La métrologie française (MF) influe sur la politique scientifique de l'unité par ses avis et les dotations financières. La métrologie européenne influe grâce aux programmes EMRP, Empir et EPM discutés dans les réseaux dans lesquels le LNE-LCM est largement inséré. Enfin, les nombreux contacts industriels de l'unité permettent d'anticiper sur les futurs domaines applicatifs.

La direction et la stratégie scientifique de l'unité sont faites en interne par le comité de direction en tenant compte du conseil des trois instances (MF, Euramet, et industriels).

Points faibles et risques liés au contexte

Les orientations scientifiques restent propres à chaque équipe, même si le relationnel entre les différentes équipes et les personnels Cnam ou LNE est excellent. Des efforts de réticulation inter-équipe sont réalisés lorsqu'il s'agit de construire des projets d'investissement importants (réfrigérateur à dilution, par exemple), mais le comité de direction de l'unité a un pouvoir faible pour favoriser les synergies entre les équipes. La direction n'a pas de budget propre qui permettrait de donner du poids aux orientations de ce comité et les investissements lourds restent difficiles à réaliser dans ce contexte.

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

Les ressources matérielles sont excellentes. Le parc d'instruments mis en œuvre est de tout premier ordre. Le mérite de ce point positif revient au dynamisme des équipes qui rencontrent le succès à un grand nombre d'AAP européens et nationaux. La qualité des fonctions supports de l'unité concourt également à celle du parc instrumental. Le nombre de succès aux AAP et le montant de ressources qui en résulte est homogène sur l'ensemble de l'unité.

L'unité est particulièrement dotée en personnels d'appui à la recherche (49 PAR pour 40 personnels chercheurs ou assimilés). Même si ces personnels d'appui n'interviennent pas uniquement dans les activités de recherche, ils constituent un environnement de compétences exceptionnel au service des chercheurs.

Points faibles et risques liés au contexte

Outre la dispersion géographique et une différence de statuts entre les personnels du LNE et les personnels du Cnam, les ressources humaines font l'objet de plusieurs points de vigilance.

L'unité a dû et devra faire face à de nombreux départs de permanents surtout dans les domaines de la photonique, de la thermophysique et de la nano-métrologie. Ces départs s'accompagnent d'une diminution du nombre d'HDR (9 HDR restant au global contre 12 lors de la précédente évaluation). Le nombre de doctorants baisse mécaniquement : un seul doctorant au cours de la période dans les domaines de la thermophysique et de la nano-métrologie.

Le personnel fait globalement face à une charge voire une surcharge de travail et de responsabilités importantes dont on ressent les limites. Les personnels d'appui à la recherche ont des craintes sur le changement de leur lieu d'affectation. La charge d'enseignement et de responsabilités des quelques enseignants-chercheurs du Cnam est considérable. Le grand nombre de projets (européens notamment) à gérer, indispensables pour soutenir les activités de l'unité, rajoutent des tâches administratives assurées uniquement par les chercheurs.

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

On constate que le changement de direction du LNE-LCM s'est déroulé en 2021 de manière très fluide, et qu'il a reçu l'assentiment des personnels. Ceci est largement dû à la coordination et aux qualités d'écoute des directions successives.

Les pratiques organisationnelles de l'unité se sont améliorées.

Suivant les recommandations de la précédente évaluation, un conseil de laboratoire (CL) a été institué (fin 2021). Il est animé par le directeur de l'unité (personnel Cnam) et se réunit périodiquement. Il est constitué des représentants des différentes catégories de personnels, mais uniquement de la tutelle Cnam, et du codirecteur qui représente le LNE. Aucun personnel du LNE, en dehors du codirecteur, n'est présent à ce conseil.

Un comité de direction (équilibré entre LNE et Cnam) se réunit une fois par mois. Ce comité comprend la direction et les responsables d'équipe du LNE-LCM par grands domaines thématiques (mécanique, thermique, radiométrie-photométrie). Chaque responsable d'équipe est chargé de diffuser l'information et les directives lors de réunions avec l'ensemble des catégories de personnels concernés. Ce comité assure une direction scientifique interne de l'unité.

L'unité est sous la tutelle de deux établissements, le Cnam (EPST) et le LNE (EPIC) aux profils scientifiques différents. L'unité est dirigée par deux codirecteurs, l'un du Cnam, l'autre du LNE. C'est également le cas pour toutes les équipes sauf Propriétés thermophysiques des matériaux et Nanométrologie. La gouvernance de l'unité est assurée par le directeur issu du Cnam et le directeur issu du LNE.

Points faibles et risques liés au contexte

La création de différents conseils souligne l'effort consenti pour assurer la cohésion de l'unité alors qu'elle comprend des personnels non seulement d'origines différentes mais aussi basés sur des sites géographiques marqués par une des tutelles (Trappes et Paris : LNE, Saint-Denis : Cnam) ; cependant, il n'existe pas encore de véritable marque « LNE-LCM ». Le conseil d'unité n'est pas constitué de personnels élus appartenant aux deux tutelles. Le déséquilibre du potentiel RH entre tutelles, 2/3 du personnel est du LNE, 1/3 du Cnam ne justifie pas la composition constatée du conseil de laboratoire.

De nombreux segments de la vie de l'unité restent séparés entre les deux tutelles : hygiène et sécurité, règlement intérieur, gestion des contrats, par exemple. Cette séparation induit des dysfonctionnements : l'unité ne dispose pas d'un format uniforme d'adresse mail, certains membres rencontrent des problèmes d'accès à l'un ou l'autre des réseaux informatiques ou à des outils, par exemple.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

Le LNE-LCM est reconnu nationalement et internationalement. Il contribue très fortement, par ses résultats, au rayonnement de la France dans le domaine de la métrologie. Il exerce un leadership mondial sur certains thèmes.

Le sentiment d'appartenance à l'unité LNE-LCM est peu marqué. Un format de signature inhomogène, un site web peu coordonné, une dénomination ou une affiliation changeante de l'unité et des équipes cloisonnées, nuisent à l'attractivité de l'unité.

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

Le LNE-LCM a en charge quatre des sept unités du Système International pour la métrologie française. C'est un laboratoire qui bénéficie d'une grande reconnaissance internationale. Il est fortement impliqué dans les activités liées à l'amélioration du Système International et à la métrologie internationale. Il est effectivement intégré dans les grands réseaux internationaux (l'Euramet et les comités consultatifs du Comité International des Poids et Mesures, dont les comités consultatifs des longueurs, de thermométrie, de la masse et des grandeurs apparentées, de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations, et de photométrie et radiométrie). Les plateformes instrumentales (Carmen, Matis, ConDOR) coordonnées au LNE-LCM sont à elles seules un produit de recherche qui génère des collaborations et conforte ce leadership dans les instances internationales.

L'unité favorise des échanges avec les chercheurs des autres laboratoires nationaux de métrologie et la présence dans les grands congrès internationaux.

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

Même si le LNE-LCM est connu nationalement et internationalement, il n'est pas certain qu'il soit en position d'attirer facilement de futurs doctorants. Les doctorants considèrent leur passage au LNE-LCM de manière positive. Cependant, ils ne semblent pas venir à la métrologie par vocation. L'unité met peu en avant son utilité sur les enjeux importants du développement durable et de la transition énergétique, par exemple. De plus, son potentiel d'encadrement scientifique est faible et peu visible. Le faible nombre d'HDR et de cadres scientifiques, voire d'enseignants-chercheurs (6) limite substantiellement le nombre de doctorats possibles mais aussi les liens avec les universités, la visibilité dans les formations doctorales ou dans les réseaux de type GDR CNRS.

Le LNE-LCM subit une dispersion géographique (3 sites éloignés : Trappes, Saint-Denis et Paris). Non seulement cette dispersion ne favorise pas l'attractivité de l'unité, mais elle ne favorise pas non plus les relations académiques extérieures et les synergies internes.

Malgré les consignes données notamment en conseil de laboratoire pour harmoniser la présentation dans les publications ou sur les sites web, de nombreuses publications ne font pas systématiquement référence au LCM, au LNE ou au Cnam. La même disharmonie est observée avec les sites web. Le nom même de l'unité (on trouve LNE-LCM, LCM, LCM LNE-Cnam) n'est pas fixé. Les membres n'intègrent que peu l'importance de l'affichage d'une véritable unité mixte de recherche.

On observe également un manque de mise en commun des compétences, d'actions transverses ou de projets mutualisés entre les équipes. Le fonctionnement reste cloisonné au niveau des équipes et n'aide pas à voir l'unité comme un ensemble coordonné, homogène et équilibré.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique de l'unité est remarquable du point de vue des résultats obtenus. Au cours de la période, elle se caractérise par une augmentation du nombre de publications. L'ensemble de l'unité concourt à cette activité. En revanche, les publications sont souvent signées de manière non uniforme, elles ne sont pas toujours archivées dans HAL. L'unité ne prend que partiellement en compte les principes de la science ouverte.

La production scientifique de l'unité ne se limite pas aux publications. Le comité souligne que les inter-comparaisons internationales, la production et le maintien de données participent de manière très favorable à la reconnaissance scientifique de l'unité.

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

Le taux de publication est environ d'un article/ETP/an, ce qui est satisfaisant.

Les chercheurs du LNE-LCM ont publié plusieurs articles de qualité dans la meilleure revue de Métrologie (Metrologia). Des revues phares en expérimentation (Measurement Science and Technology, International Journal of Thermophysics, nanomaterials, ultramicroscopy, etc.) ont également accueilli des articles de l'unité, soulignant l'intention louable d'explorer d'autres domaines que celui de la métrologie.

Les publications sont signées souvent par de nombreux auteurs, ce qui homogénéise la production par équipes.

La production scientifique de l'unité ne se limite pas aux publications. Les inter-comparaisons internationales, la production et le maintien de données sont aussi une production très importante du LNE-LCM.

L'intégrité scientifique est une notion bien ancrée chez les métrologues puisque la qualité des données et leur domaine d'incertitude font partie de leur culture de base. Un Responsable de l'Intégrité Scientifique (RIS) a été nommé en 2022.

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

Même si la production scientifique est homogène par équipes, certaines équipes publient plus que d'autres. Les équipes « dimensionnel » et « photonique », par exemple, ne publient pas à la hauteur de leurs réalisations et de leurs compétences.

Le comité regrette que les publications ne soient pas toutes référencées sur HAL, ou un autre site d'archivage ouvert, alors même que les projets européens obligent à cette pratique.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

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

Le laboratoire a su mettre en place une remarquable interaction avec son environnement industriel. Cet environnement ne représente pas que le seul apport financier ; il est source de problématiques de recherche nouvelles. C'est un facteur d'influence des orientations scientifiques de l'unité.

On note la forte implication dans les organismes de certification nationaux et internationaux qui souligne la fiabilité des résultats de l'équipe. Cette implication inscrit également les activités de recherche sur le très long terme.

La principale préoccupation est liée aux ressources humaines : le potentiel RH de nombreuses thématiques est en tension ou le sera dans un futur proche.

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

La nature même de l'activité du LNE-LCM suppose la mise en place d'une solide interaction avec l'environnement et les milieux socio-économiques. On note des relations avec une large palette d'industriels tels que : L'Oréal, Siemens, Arianegroup, Norsonic, Valéo, DGA, CEA, EDF, Renault, Safran, Thalès, Essilor Luxottica. L'unité de recherche possède de nombreux bancs permettant la traçabilité de mesures. L'unité a un rôle clé dans l'accréditation des laboratoires (évaluation de la compétence et de l'impartialité des organismes de certification et de contrôle) par la participation de ses membres aux instances d'évaluation sous l'égide du comité français d'accréditation (Cofrac). Le LNE-LCM participe également aux commissions de normalisation aux niveaux national et international (Afnor, CEN, CIE) ce qui souligne la fiabilité des résultats de l'équipe. Cette implication inscrit également les activités de recherche de l'unité sur le très long terme.

Sur les 26 thèses soutenues ou ayant donné lieu à publication sur la période, treize ont été effectuées dans le cadre de conventions Cifre.

Le LNE-LCM a toujours été impliqué dans des actions de médiation scientifique. Par exemple, elle a produit des articles dans les ouvrages relatifs à l'histoire de la métrologie.

La nouvelle détermination de la constate de Boltzmann et la redéfinition du Kelvin, deux faits marquants de la métrologie, ont fait, par exemple, l'objet de nombreuses communications dans des revues de vulgarisation scientifique. Le LNE-LCM participe régulièrement à des journées portes ouvertes à destination du grand public.

La proximité du musée du Cnam au centre de Paris, et le projet d'implantation des réserves de ce musée à Saint-Denis constituent des opportunités auxquelles le LNE-LCM est un des rares laboratoires à y accéder.

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

Le maintien du rayonnement de l'unité au plus haut niveau repose sur le maintien de ressources humaines en nombre suffisant sur l'ensemble des domaines où l'unité est performante.

De nombreuses thématiques sont en tension (Nanométrologie, Propriétés Thermophysiques, par exemple).

La relation industrielle se matérialise principalement par des demandes de prestations de services. Ces prestations comportent souvent une part d'activité de recherche, mais on constate peu de participations à des

projets industriels de plus grande ampleur sur de grands sujets de société (transition énergétique, développement durable, par exemple), mis à part des travaux sur la fabrication additive et l'industrie du futur.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Au regard de l'activité historique de l'unité qui était basée sur le maintien d'étalons matériels de température, de masse et de longueur, l'unité a su se renouveler et être leader dans la redéfinition et la dématérialisation des unités du Système International. Durant une période de vingt ans, l'unité a acquis des compétences importantes dans le domaine de l'optique, de la thermodynamique et de la physique alors que la mécanique était prépondérante. Ce dynamisme et cette réussite avérés portent la projection scientifique de l'unité et de chaque équipe.

La direction de l'unité a clairement conscience des points d'amélioration et d'attention : décloisonnement des équipes, mise en place d'outils de concertation et d'animation, faiblesse de l'encadrement scientifique, visibilité, suractivité des personnels. Il lui reste à préciser les voies possibles de ces améliorations.

Sur le plan de l'organisation et des moyens, il est prévu de poursuivre les actions visant à améliorer l'opérationnalité du conseil d'unité, à assurer la transversalité des équipes et à mettre en place l'animation scientifique. Plus que de chercher à augmenter le nombre de projets ou le budget propre de l'unité, il est envisagé de recruter un coordinateur de projets (Project Management Officer, PMO) pour soulager l'unité en matière de gestion du portefeuille des projets et d'aider à leur réalisation. Il est attendu un allègement des nombreuses tâches aujourd'hui dévolues aux cadres scientifiques de l'unité.

Les ressources humaines constituent le point de fragilité. Le maintien des compétences au niveau atteint par l'unité est un défi de la période à venir.

Le nombre de titulaires de l'HDR est trop faible : son augmentation est un point clé pour attirer davantage de doctorants. Les doctorants et postdoctorants sont en effet une ressource humaine importante pour maintenir les compétences et prévenir les départs.

Trois thématiques sont envisagées pour introduire de la transversalité scientifique dans l'unité : intelligence artificielle, digitalisation et approches quantiques. Les approches quantiques sont effectives et prometteuses (dans l'équipe température notamment), nul doute qu'elles vont se développer. Les approches basées sur l'intelligence artificielle et la digitalisation manquent encore de consolidation.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

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

L'unité doit poursuivre la construction de ses instances de pilotage (conseil de laboratoire, comité de direction ou conseil scientifique). Il doit notamment doter son conseil de laboratoire de membres élus représentant les différentes catégories de personnels, en équilibrant la représentativité du Cnam et du LNE.

Le comité de direction de l'unité (assimilable à un conseil scientifique de l'unité) devrait se doter de moyens financiers et disposer d'un fonds d'amorçage pour appuyer les orientations scientifiques de l'unité.

Plus précisément, ce comité doit disposer d'un budget propre (par mutualisation d'une part mobilisable des ressources propres de toutes les équipes) pour soutenir les décisions d'investissements lourds et les actions transverses entre équipes qui n'existent pratiquement pas à ce jour. Ce comité doit appuyer l'autorité de la direction de l'unité. Par exemple, le recrutement d'un PMO pour l'ensemble de l'unité pourrait être amorcé partiellement avec les fonds propres à la main de ce comité.

L'unité doit poursuivre la construction d'outils pour pallier sa dispersion géographique : des visioconférences régulières impliquant toutes les catégories de personnels, un séminaire annuel des doctorants qui se tiendrait alternativement sur chacun des sites, un accès facilité aux différents réseaux informatiques, une fluidification des circuits administratifs et financiers constituent un ensemble de pistes à réfléchir.

L'unité doit porter une attention particulière à la surcharge de travail des personnels. Des formations sur ce sujet existent et peuvent être conseillées. Le comité de direction devra être attentif à l'équilibre des charges de travail des personnels pouvant le conduire à revoir ses choix stratégiques. Le projet de recrutement d'un PMO pour alléger les tâches administratives est vivement soutenu par le comité.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

L'attractivité de l'unité est le point clé du développement, sur le long terme, de l'unité.

En premier lieu, un effort doit être porté sur l'encadrement scientifique, si possible par une augmentation du nombre d'enseignants-chercheurs et surtout une augmentation du nombre de titulaires de l'HDR (avec à minima un objectif de 2 titulaires de l'HDR par équipe). Un rapprochement avec le milieu universitaire doit aider dans ce sens. La poursuite et l'amplification des relations entre le site de Trappes et le site de Paris Saclay sont par exemple vivement recommandées.

D'un encadrement scientifique renforcé, il est attendu :
- Une augmentation du nombre de doctorants (un objectif d'au moins doubler le nombre de doctorants semble raisonnable) ;
- Un renforcement de l'animation scientifique ;
- Une présence accrue dans des congrès à plus large spectre (métrologie, mesure, mais aussi instrumentation, physique, par exemple).

La migration vers les technologies quantiques va nécessiter des investissements expérimentaux et humains conséquents, le comité ne peut qu'encourager la participation active au réseau QuanTIP labellisé DIM (Domaine d'Intérêt Majeur pour la région Île-de-France).

Un effort sur la visibilité doit être envisagé en matière de :
- Publications en uniformisant les signatures et en les rendant disponibles dans une archive ouverte ;
- Communication web par amélioration du site de l'unité, ce point étant à relier avec les problématiques d'un réseau commun ou de réseaux informatiques communicants et d'une uniformisation des adresses mails ;
- Charte graphique et de logo portant la « marque » LNE-LCM, créant une identité visuelle et permettant des présentations uniformisées dans les congrès.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

L'objectif de qualité des publications doit être poursuivi, en tenant compte des remarques précédentes (signature uniforme, publications accessibles dans une archive ouverte).

Les résultats d'inter comparaisons sont une spécificité importante de l'unité qui concourt à son rayonnement et son attractivité. Ils pourraient être davantage mis en valeur, par exemple sur les sites web. Il convient de poursuivre cette activité au plus haut niveau.

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

L'unité a des relations remarquables avec le milieu industriel et remplit parfaitement son rôle de transfert et d'écoute des nouvelles thématiques applicatives.

Il serait intéressant d'inscrire de manière plus marquée les activités du LNE-LCM dans les grands défis de la société (transition énergétique, développement durable, industrie du futur).

Un renforcement des activités de médiation est à poursuivre. C'est aussi un facteur d'attractivité.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe 1 : Métrologie dimensionnelle

Nom des responsables : M. José Antonio Salgago / M. Jean-Pierre Wallerand

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'activité de recherche de l'équipe « dimensionnel » est relativement indépendante de ses activités d'étalonnage et de maintien à niveau des références. Les thèmes de recherche de l'équipe sont liés aux priorités définies dans le programme à moyen terme du LNE qui est lui-même inspiré des différents agendas stratégiques qui sont principalement édités par les organes de la métrologie européenne. L'équipe se concentre essentiellement sur le thème « advanced manufacturing » qui inclut les machines-outils et la robotique pour la fabrication industrielle, l'aérospatiale (mesure de grands volumes) et l'ingénierie civile. Ces thèmes sont actuellement en discussion dans le cadre de la mise en place de l'EMN (European Metrology Network) « advanced manufacturing ».

Ces sujets se déclinent en trois axes majeurs de recherche pour l'équipe :
1) La télémétrie et le contrôle de position de robots portant sur la mesure de positions dans de grands volumes – et robotique de positionnement avec pour objectifs de réaliser des instruments de mesure de positionnement innovants.
2) La caractérisation des écarts de forme sur des surfaces canoniques et complexes avec pour objectifs de développer des chaines métrologiques complètes traçables.
3) La fabrication additive (FA) avec pour objectif de progresser sur la caractérisation métrologique des méthodes d'évaluation non-destructives (END) les plus performantes.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

En préambule, il convient de souligner que les recommandations du précédent rapport concernent aujourd'hui les équipes Dimensionnel et MGA, qui constituaient le « Pôle Métrologie mécanique » durant la période précédente.

Remarque 1 : « L'attractivité de l'équipe est perfectible, tant envers les étudiants de second cycle qu'au niveau des jeunes chercheurs ou chercheurs invités. En outre, la question se pose de savoir si l'équipe sera capable de maintenir un tel niveau de production scientifique si les ressources humaines et financières continuent de diminuer d'année en année ».

L'attractivité de l'équipe reste perfectible notamment sur le recrutement de doctorants (3 au total au cours de la période), de post-doctorants ou de chercheurs invités malgré les nombreux projets européens menés par l'équipe. La production scientifique est restée stable, et les ressources n'ont pas augmenté. Concernant le personnel, l'effectif n'a pas évolué significativement pendant la période et n'est pas censé évoluer pendant la prochaine période.

Remarque 2 : « L'unité de recherche n'a à son actif aucun laboratoire commun ou création de jeune-pousse (start-up) sur la période 2012 à mi-2017. Il n'y a eu en cinq ans que deux dépôts de brevets ce qui est faible au regard des thématiques applicatives de l'équipe et de ses contacts réguliers avec le tissu industriel national ».

La politique du laboratoire est plutôt d'aller vers la science ouverte. Par ailleurs, l'équipe interagit directement avec l'industrie dans le domaine de la robotique de positionnement de précision et de la fabrication additive. Pour la robotique, un partenariat fort avec l'entreprise Symétrie existe déjà et se prolongera avec le laboratoire commun NanoLab qui court jusqu'en 2027.

Remarque 3 : « On note que l'équipe E3 n'a aucun lien avec certains pôles thématiques, pôles de compétitivité ou associations professionnelles en lien direct avec ses thèmes de recherche. »

Pour la fabrication additive l'équipe est maintenant très impliquée dans la plateforme de fabrication additive « AFH » sur le plateau de Saclay car le LNE est membre fondateur de cette plateforme. Elle est donc en contact avec des acteurs industriels et académiques. D'autre part, sur ce thème, l'équipe a été impliquée dans le projet FUI « I am sure » et le projet partenarial « Canalsafe ». L'équipe est également en lien étroit avec la Cofrend (confédération française pour les essais non destructifs) par la participation aux groupes de travail « fabrication additive », « Tomographie » et « intelligence artificielle ». L'équipe a été également membre de l'alliance pour l'industrie du futur (AIF).

Remarque 4 : « La durée moyenne des thèses de l'équipe est de 43,7 mois ; cette moyenne est bien supérieure à la durée attendue d'une thèse en 36 mois ».

Les thèses soutenues durant la période ont eu une durée respective de 37, 39, 38 et 41 mois. Une des thèses très expérimentales a été très affectée par la pandémie et a été soutenue en 50 mois. Même en intégrant cette thèse clairement hors délai, la moyenne est de 41 mois. Une thèse a débuté en octobre 2020 et devrait être soutenue en décembre 2023. Les efforts réalisés par les encadrants ont porté leurs fruits.

Remarque 5 : « La dispersion de l'équipe sur plusieurs sites est un frein à son organisation et à son bon fonctionnement ».

La dispersion des équipes est beaucoup moins importante que par le passé. En effet, toutes les activités ont été regroupées sur le site du LNE Paris sauf les activités en acoustique et vibrations (2 personnes) et le projet « mg électrique ».

Remarque 6 : « On regrette l'absence d'analyse de risque et de priorisation entre les nombreuses thématiques de recherche proposées ».

Du fait de l'intégration du projet scientifique de l'équipe dans celui de la MF, les analyses de risques technique et financier sont réalisées au niveau du comité scientifique mécanique qui s'assure que chaque projet pourra aller à son terme. Il dégage par ailleurs des priorités sur les thématiques de recherche à suivre notamment pour les appels à projets européens. Les thématiques de l'équipe sont donc en adéquation avec les priorités de la MF et d'Euramet.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	2
Chargés de recherche et assimilés	3
Personnels d'appui à la recherche	6
Sous-total personnels permanents en activité	**13**
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	0
Doctorants	3
Sous-total personnels non permanents en activité	**4**
Total personnels	**17**

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe produit des instruments et des méthodes de mesure performants dans des domaines très ciblés (très longues distances, robotique de positionnement, fabrication additive, etc.). Elle entretient pour cela un solide réseau national et international, académique et industriel (CERN, université de Valence, Alliance pour l'Industrie du Futur). Ceci lui permet de rencontrer de nombreux succès aux AAP compétitifs (7 projets européens dont deux coordonnés) et de faire des investissements importants dans des locaux regroupés et de qualité.

L'équipe comporte un nombre important de HDR (quatre HDR) en comparaison des autres équipes du LNE-LCM. Cependant, elle n'a encadré qu'un faible nombre de doctorants durant la période (trois doctorants).

La production scientifique est de bonne qualité, mais le nombre de publications pourrait être plus élevé. Les travaux publiés sont surtout liés à des résultats applicatifs (mesure de grandes distances avec bonne précision, robots câbles). L'équipe ne présente pas d'avancées majeures sur le plan des recherches amont de ce domaine.

L'équipe est attractive car le domaine est proche de préoccupations émergeantes dans l'industrie (robotique notamment). Cet effort de resituer les problématiques de la métrologie parmi des préoccupations plus applicatives participe d'un bon effort de visibilité au bénéfice des jeunes futurs doctorants.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe dispose de ressources importantes grâce à sa participation à de nombreux projets. Le bilan fait apparaitre sept projets européens du programme Empir dont deux coordonnés par des membres de l'équipe. Ces projets fédèrent jusqu'à une vingtaine de laboratoires.

L'équipe est maintenant très majoritairement regroupée sur le site de Paris. Elle dispose de locaux bien adaptés à son activité avec de nombreux équipements. Par exemple, une salle de grande dimension a été spécialement aménagée pour l'activité de mesure de position dans de grands volumes et celle de mesure de forme.

L'équipe présente de nombreux points forts d'attractivité. Elle participe à des réseaux collaboratifs structurants nationaux et internationaux. Elle a des relations avec des organismes aussi variés que le Cern, l'IGN, de grands sites universitaires (Saclay, université de Valence). Elle accueille des collègues internationaux (accueil pour inter comparaisons dans le cadre du projet LaVA et équipe internationale de photogrammétrie dans le cadre du projet DynaMITE). Les thématiques sont très liées à des préoccupations industrielles actuelles (robotique, fabrication additive).

La production scientifique est stable et pourrait être plus élevée. L'équipe a publié 24 articles dans des revues à comité de lecture pendant la période 2017-2022 et dans la majorité des cas en premier auteur. La production est relativement bien répartie entre les trois thématiques de l'équipe (télémétrie, mesures de forme et fabrication additive). Les revues sont soit orientées vers la mesure (Review of scientific instruments, Sensors, Measurement science and technology, Precision engineering, etc.) ou directement vers les applications industrielles (Welding in the world, Additive manufacturing). La faible quantité de publications ramenée aux effectifs de l'équipe (17 personnes) est à mettre en regard d'une forte activité de création d'instruments de haut niveau. On peut citer la conception, la réalisation et la caractérisation de deux instruments de mesure innovants pour la mesure de grandes distances dans l'air (plusieurs kilomètres, avec des incertitudes meilleures que le millimètre), la réalisation d'une Machine primaire pour la mesure de cylindricité (NanoCyl) ou des systèmes de positionnement de robots.

Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe ne présente pas d'avancées majeures sur le plan des recherches amont de ce domaine et est focalisée sur des problématiques appliquées.

Un nombre important de collaborations mobilise des locaux de tiers (notamment industriels), ce qui peut affecter la cohésion de l'équipe.

Si, au contraire de beaucoup d'équipes du LNE-LCM, le nombre d'HDR est important (quatre HDR dans la période), le nombre de doctorants est faible (trois durant la période).

On n'observe pas de relations avec les autres équipes du LNE-LCM sous forme d'actions transverses ou de mutualisations d'instruments ou d'appareillages, alors que les thématiques sont proches de la photonique, des mesures de masse ou masse-volumique, de la thermique, par exemple.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe consiste le plus souvent à poursuivre les projets déjà lancés (mesure de grandes distances dans l'air, système de mesure de position dans de grands volumes, Contrôle de position de robots, Fabrication additive) avec pour objectif d'atteindre les meilleures performances en termes d'incertitude. Les objectifs sont ambitieux (nouvelles mesures de distance terre-satellites, instrumentation du plus grand robot-câble d'Europe fonctionnant dans un espace de 10mx10mx10m, contrôle en quasi-temps réel du déplacement de robots de grandes dimensions avec une incertitude meilleure que 100 µm, par exemple).

Ces travaux embarquent la poursuite de collaborations académiques nationales et internationales de haut niveau (Cern, université de Valence (Espagne), l'observatoire de la Côte d'Azur, campus de Saclay, etc.). Il est également envisagé d'impliquer des collaborations industrielles importantes (Alliance Industrie du Futur (AIF), labcom Nanolab, nombreuses PME -Symetrie, Geomnia, Ideko-, par exemple). On peut aussi citer l'implication récente à la Cofrend et en normalisation (ASTM, ISO) dans les domaines de l'industrie du futur.

L'équipe privilégie principalement le développement de méthodes de mesure optique sans contact (mesure dimensionnelle optique appliquée à la robotique dans le labcom Nanolab, mesure de rugosité de surface par imagerie 3D sans contact, Contrôle Non-Destructif par tomographie X, par exemple).

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'augmentation du nombre de doctorants dans l'équipe est à envisager fortement. Au-delà de l'augmentation de la production scientifique, il est attendu une évolution du champ des compétences de l'équipe.

La trajectoire de l'équipe comporte de nombreux thèmes qui sont dans la continuité des travaux précédents (mesure de grandes distances dans l'air, système de mesure de position dans de grands volumes, Contrôle de position de robots, Fabrication additive, par exemple). L'évolution thématique de l'équipe semble de plus en plus passer par la mesure sans contact avec un poids important des méthodes optiques. Cette évolution pourrait être davantage formalisée pour exprimer les besoins de compétences à long terme.

On observe peu de croisements thématiques avec les autres équipes. Une réflexion sur la mise en place d'actions transverses avec des équipes aux compétences proches (photonique) ou complémentaires dans des domaines de la fabrication additive (Température, Propriétés thermophysiques des Matériaux, par exemple) pourrait être envisagée.

La poursuite et l'amplification des relations avec des sites académiques sont vivement encouragées. Les liens avec le site de Saclay, par exemple, sont à étendre à l'ensemble de l'unité.

Équipe 2 : Température

Nom des responsables : Mme Ismahane Didialaoui / M. Mohamed Sadli

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe Température est en charge des références de température dans la gamme 8 mK à 3200 K. L'équipe réalise et diffuse le Kelvin sur toute la plage de température, en utilisant différentes technologies : techniques cryogéniques, thermométrie de contact et thermométrie à rayonnement. L'équipe applique la nouvelle définition du Kelvin pour réaliser la température thermodynamique. Elle participe également à l'effort international visant à déterminer la différence entre la température thermodynamique et l'échelle internationale de température EIT-90. L'équipe développe de nouveaux capteurs de température basés sur des cristaux opto-mécaniques à l'échelle nanométrique comme le thermomètre auto-étalonné pour une large plage de températures. Elle développe également de nouveaux thermomètres de métrologie quantique. Elle applique son expérience sur les résonateurs micro-ondes pour développer de nouveaux systèmes de mesure de la pression et de l'humidité.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Recommandations concernant les produits et activités de recherche

Comme déjà mentionné dans le rapport précédent, l'équipe Température a une longue tradition d'excellence, notamment dans le domaine des mesures à haute température. À la suite des recommandations, elle a continué à publier ses résultats dans Metrologia et dans l'International Journal of Thermophysics. L'équipe continue également à participer à des conférences pertinentes, bien que la situation particulière liée au Covid 19 ait entravé la tenue de nombre de ces conférences. De plus, l'équipe Température a commencé à superviser au moins trois thèses.

Recommandations concernant l'organisation et la vie de l'équipe

Comme le reste du laboratoire, l'équipe doit poursuivre ses activités d'animation à travers des séminaires internes et externes.

Recommandations concernant les perspectives scientifiques pour les cinq prochaines années et la faisabilité du projet

L'équipe Température a développé des collaborations scientifiques avec l'Inrim en Italie et l'Académie chinoise des sciences, répondant ainsi à l'une des recommandations énoncées dans le dernier rapport.

La collaboration interne et entre équipe est un point d'amélioration. En particulier, une collaboration avec le groupe PTM serait à bénéfice réciproque, car les propriétés thermophysiques sont importantes pour les mesures de température et elles sont généralement déterminées par des mesures de chaleur et de température.

Comme recommandé, l'équipe a communiqué sur la contribution de la métrologie française à la redéfinition du Kelvin en participant à une exposition sur le Système International à la Fête de la science annuelle et à plusieurs communications.

La recommandation de soumettre davantage de demandes de brevet n'a pas été suivie. L'équipe privilégie l'approche d'une science collaborative, notamment imposée par les projets européens.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	13
Sous-total personnels permanents en activité	**16**

Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	4
Post-doctorants	0
Doctorants	3
Sous-total personnels non permanents en activité	**7**
Total personnels	**23**

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Le niveau de cette équipe est remarquable compte tenu de sa productivité scientifique et de sa reconnaissance au niveau international. L'équipe Température est aujourd'hui leader européen dans la mesure des températures les plus basses et les plus élevées en termes d'incertitude. L'attractivité est excellente du fait de sa position de leader et des collaborations internationales mises en place (Italie, Chine, Inde). L'équipe contribue au développement du domaine par son activité de pointe sur la détermination de la constante de Boltzmann et l'exploration de nouvelles façons de mesurer la température. Les travaux à basse température pourraient relever de la réglementation ZRR, ce qui pourrait limiter la collaboration avec la Chine.

L'équipe présente un bon équilibre entre les personnels du LNE et du Cnam, ce qui est cohérent avec l'esprit du laboratoire mixte. Il sera difficile de conserver la position de leader avec des ressources humaines limitées, accentuées par de potentiels départs à la retraite.

Points forts et possibilités liées au contexte

La force du groupe température réside particulièrement dans le domaine des mesures de température absolue, où il a contribué de manière significative à la détermination de la constante de Boltzmann avec la meilleure mesure au monde et à la détermination de la température thermodynamique de points fixes à haute température. Elle a également mis en œuvre des méthodes de mesures de température thermodynamique relative sur toute la plage de température (thermométrie des gaz à indice de réfraction monopression, thermométrie acoustique des gaz « rapide », méthode radiométrique relative par points fixes haute température). Il mène également des recherches fondamentales dans les domaines des ondes micro-ondes et ultrasonores liées aux mesures de température. Ces développements trouveront des applications supplémentaires : établir la traçabilité de la pression et de l'humidité (concentration de vapeur d'eau), définir à nouveau le Kelvin et améliorer la précision de sa mesure grâce à des mesures de fréquences de hautes précisions dans la gamme des micro-ondes. L'équipe température collabore avec l'équipe MGA sur ces sujets.

Un autre domaine est le développement d'un thermomètre primaire quantique sur puce basé sur le concept innovant de cristal opto-mécanique à l'échelle nanométrique, en particulier pour construire une infrastructure d'hydrogène.

Grâce à ce travail fondamental novateur et très réussi, le groupe Température a publié un nombre important d'articles qui ont été très bien repris.

La stratégie globale de l'équipe est en accord avec le plan stratégique du CCT (Comité Consultatif de Thermométrie) et les objectifs d'Euramet (European Association of National Metrology institutes). Des membres de l'équipe température participent à ces comités. La pertinence de la participation à des projets européens et l'avancement des projets sont examinés par le comité scientifique compétent de la métrologie française.

Le groupe Température dispose d'un personnel hautement qualifié, composé principalement d'ingénieurs de recherche. Pour compenser les ressources humaines et financières limitées, le groupe a établi des collaborations avec l'Inrim et l'Académie chinoise des sciences. Elle entretient d'intenses collaborations avec d'autres instituts dans le cadre de projets européens, de groupes de travail et de collaborations bilatérales, conduisant à un nombre important de publications et de revues de haut niveau.

Plusieurs scientifiques invités ont été accueillis grâce à des bourses de mobilité de recherche dans le cadre de projets européens, soulignant la reconnaissance internationale conférée aux activités de recherche de l'équipe.

L'équipe participe à la Fête de la science annuelle et aux activités pédagogiques du Cnam et du LNE.

Points faibles et risques liés au contexte

Les principaux efforts de l'équipe se situent dans le domaine de la recherche fondamentale pour améliorer les mesures de température, notamment pour la nouvelle définition du Kelvin. L'un des risques est que l'application industrielle et, plus généralement, pratique de la mesure de la température pour l'industrie et la société, ne soit pas suffisamment prise en compte. Nous recommandons que – outre le travail fondamental – davantage d'efforts soient consacrés à la mise en œuvre des nouvelles méthodes dans l'industrie et la société. Cela devrait également inclure l'organisation d'ateliers industriels et la participation aux travaux de normalisation correspondants.

L'équipe manque de techniciens et la plupart des personnes disponibles consacrent plus de la moitié de leur temps aux étalonnages. Cela entrave le développement des travaux de recherche et détourne les ingénieurs de recherche vers des tâches plus techniques. Plusieurs membres du personnel prendront leur retraite au cours de la prochaine période. Pour maintenir la position actuelle de leader dans le domaine de la métrologie de la température, une réflexion sur les profils à recruter sur la stratégie de recrutement est à engager.

L'investissement en équipement est limité, mais il est au moins en partie compensé par la création de deux laboratoires partagés avec l'Inrim et l'Académie chinoise des sciences (CAS).

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les travaux futurs de l'équipe sont cohérents avec les plans stratégiques du CCT et d'Euramet et les orientations soutenues par la Métrologie Française. Le LNE-LCM est aujourd'hui le leader européen de la mesure des températures les plus hautes et les plus basses. L'objectif principal est de maintenir, voire d'améliorer cette position en obtenant les investissements nécessaires et en renforçant les équipes de recherche.

Pour atteindre cet objectif, il est prévu d'exploiter pleinement les possibilités offertes par la nouvelle définition du Kelvin en transférant la température thermodynamique à l'utilisateur final. Cela devrait conduire à des incertitudes comparables, voire inférieures (en particulier pour les températures très basses et très élevées), à celles actuellement basées sur l'EIT-90.

L'équipe mettra à profit son expertise en contribuant à des projets liés aux défis sociétaux et scientifiques, principalement à travers la participation à des projets collaboratifs européens et à des réseaux de métrologie. Un autre sujet important sera le développement de moyens de traçabilité in situ des mesures de température qui deviendront nécessaires pour les futures fabrications avancées.

Les travaux et les projets de l'équipe Température sont d'une grande pertinence scientifique, industrielle et sociétale et garantissent à l'équipe de conserver son rôle de leader dans la métrologie de la température mondiale. Cependant, le groupe doit maintenir ses ressources humaines en engageant une réflexion sur la stratégie de recrutement à mettre en place, et établir des liens plus étroits avec les praticiens de l'industrie et de la société.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Établir des liens plus étroits avec les praticiens de l'industrie et de la société.

Maintenir les ressources humaines et planifier les futurs recrutements afin d'éviter une perte de compétences.

Se rapprocher du monde universitaire.

Consolider le rôle de leader en établissant davantage de collaborations avec d'autres instituts nationaux de métrologie ou avec des institutions académiques pertinentes.

Équipe 3 : Masses et Grandeurs Apparentées (MGA)

Nom des responsables : M. Pierre Otal / M. Zaccaria Silvestri

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Pour donner suite à la redéfinition du kilogramme en 2019, l'équipe MGA a établi de nouveaux schémas de dissémination pour réduire les incertitudes et répondre aux besoins industriels. Ainsi, l'équipe développe de nouvelles techniques pour réaliser directement de faibles masses au niveau du milligramme et en dessous. D'autres projets visent à réduire les incertitudes de la masse volumique d'un étalon de masse ou encore à réaliser de nouvelles références de vide et de pression dans la gamme de pressions entre un pascal et quelques kilopascals. En acoustique, l'équipe travaille à une méthode d'étalonnage des microphones dans les infrasons ainsi qu'à l'amélioration de la traçabilité des pressions acoustiques au Système international. Outre ces activités de développement, une part importante des activités concerne des prestations de raccordement.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le découpage thématique de l'unité a évolué. L'équipe MGA était préalablement un élément constitutif du pôle « Métrologie Mécanique » avec l'équipe Dimensionnel. Globalement, les recommandations de la précédente évaluation ont été prises en compte et les points faibles ont été améliorés. La durée moyenne des thèses a été réduite de 43,7 mois à 41 mois, malgré les difficultés liées à la pandémie. La dispersion de l'équipe sur différents sites est moins importante que par le passé. Néanmoins, deux personnes restent à Trappes séparées des autres, basées à Paris. Les thématiques proposées sont en adéquation avec les priorités de la métrologie française et les projets européens. Les analyses de risques technique et financier sont réalisées au niveau du comité scientifique mécanique de la métrologie française.

Une seule demande de brevet est en cours. La politique de l'unité d'aller vers la science ouverte est en ligne avec les exigences des projets européens. Le nombre de publications dans les revues à comité de lecture (32 dont 14 en premier auteur) est adéquat considérant que les prestations de service prennent une place importante dans la charge de travail de l'équipe.

L'attractivité de l'équipe reste perfectible notamment concernant le recrutement des doctorants, de postdoctorants et de chercheurs invités. Les efforts de réseautage avec le milieu universitaire régional se poursuivent.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	7
Personnels d'appui à la recherche	12
Sous-total personnels permanents en activité	**20**
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	0
Doctorants	1
Sous-total personnels non permanents en activité	**2**
Total personnels	**22**

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'activité de l'équipe MGA est en phase avec les attendus d'un laboratoire de métrologie de haut niveau. Elle est pleinement alignée avec les objectifs de la métrologie française et internationale en exploitant les possibilités liées à la nouvelle définition du kg et en répondant aux besoins des industriels.

La production scientifique est correcte. Elle est aussi liée à la création d'instruments originaux comme la balance à force optique avec lévitation magnétique. Dans le domaine acoustique, l'équipe a répondu au manque de traçabilité des infrasons en dessous de 2 Hz, souligné par le Comité Consultatif pour l'Acoustique, les Ultrasons et les Vibrations (CCAUV).

Si l'équipe a une bonne image auprès des autres laboratoires nationaux des grands pays de métrologie (PTB en Allemagne, NPL en Angleterre, NIST aux États-Unis, etc.), son attractivité pour les doctorants est faible.

La faiblesse de l'encadrement scientifique (un seul titulaire de l'HDR dans l'équipe) est un frein au déploiement de l'activité de formation par la recherche.

Les collaborations avec l'industrie pour développer de la recherche partenariale sont faibles.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe, composée de treize ingénieurs (dont 1 contractuel), un seul enseignant-chercheur HDR et un doctorant, est une équipe bien structurée autour de trois thématiques claires et qui possède de larges compétences transverses. Le départ en retraite de trois permanents entre 2019 et 2022 a été quasi compensé par le recrutement de deux permanents et d'un contractuel, en attente d'un éventuel renouvellement de poste permanent.

Le personnel est impliqué dans les instances métrologiques mondiales (CCM, CCAUV), des comités techniques d'Euramet (TC-M, TC-F et TC-AUV) et le Conseil Scientifique Mécanique de la Métrologie Française ce qui permet d'aligner les projets de l'équipe avec les besoins nationaux et les rapports stratégiques internationaux.

Les projets visant à la réalisation directe des faibles masses exploitent les possibilités offertes par la nouvelle définition du kilogramme et sont cohérents avec la stratégie du CCM. Les projets visant à améliorer les incertitudes pour les pressions intermédiaires et l'étalonnage des microphones dans le domaine des infrasons correspondent aux besoins industriels et scientifiques.

L'équipe MGA collabore avec l'équipe de la balance de Kibble du LNE, responsable de la réalisation de la nouvelle définition du kilogramme. Dans une récente comparaison internationale des réalisations du kilogramme, le LNE-LCM avec le LNE était parmi les sept laboratoires nationaux de métrologie qui ont participé avec une balance de Kibble. En tant que participant à cette comparaison, le LNE-LCM a un accès direct à la « valeur de consensus » du kilogramme qui est actuellement la référence internationale pour la dissémination du kilogramme.

L'équipe MGA collabore étroitement avec l'équipe Dimensionnel et interagit avec l'équipe Température pour le développement des références de pression basées sur une définition thermodynamique ainsi qu'avec le CEA-DAM et le laboratoire d'acoustique de l'université du Maine (LAUM) dans le domaine de l'acoustique.

Le rayonnement de l'équipe MGA résulte en partie de sa participation à six projets européens sur des thématiques très variées (de la mesure de faibles masses, volume et masse volumique, à la mesure de pression sous vide et de débit gazeux en passant par l'acoustique aux basses fréquences).

La production scientifique de 2017 à 2022 s'élève à une trentaine d'articles dans des revues à comité de lecture, dont quatorze en tant que premier auteur. Une demande de brevet est en cours.

Les ressources financières proviennent principalement de la métrologie française pour les équipements. Bien que limitées pour les gros équipements, elles permettent tout de même à l'équipe d'être innovante et dynamique dans ses projets de recherche.

L'équipe intervient dans les formations dédiées aux laboratoires et aux industriels, proposées par le LNE et les formations diplômantes d'ingénieur en alternance au Cnam. L'équipe participe tous les ans à la fête de la science avec des ateliers ou des visites des laboratoires.

Points faibles et risques liés au contexte

Le point faible essentiel concerne le manque de personnel, en particulier de techniciens affectés à la recherche. C'est un frein au déploiement des projets de développement. Les ingénieurs de recherche sont ainsi mobilisés pour effectuer des tâches très techniques. La recherche en viscosimétrie a été arrêtée en raison du sous-effectif et d'un départ en retraite. Même s'il est globalement adéquat, le financement par la Métrologie Française est limité pour les gros investissements.

La thématique acoustique et vibrations repose sur deux personnels basés à Trappes et éloignés du pôle parisien ce qui perturbe la cohésion de l'équipe. Néanmoins, des réunions sont organisées au niveau du pôle mécanique (MGA et dimensionnel). En raison des spécificités disciplinaires, la parité de genre est loin d'être respectée.

Le laboratoire bénéficie d'une bonne image auprès des laboratoires nationaux de métrologie d'autres pays. Cependant, au-delà de la communauté de la métrologie, son attractivité est faible.

Le nombre de communications dans les congrès (13 présentations et 7 posters) est relativement faible par rapport aux autres équipes et au potentiel de l'équipe.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe consiste le plus souvent à poursuivre des projets en continuité des thèmes de la période précédente (dissémination du kilogramme, étalons de pression, débitmétrie des gaz, faibles masses, etc.). Cependant, la réflexion sur les moyens surtout humains envisagés n'est pas convaincante vu la variété des thématiques.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe doit faire face à des défis similaires à ceux rencontrés par les autres équipes du LNE-LCM. Ainsi, l'attractivité devrait être améliorée afin d'établir plus de coopérations avec des laboratoires académiques et non-académiques et afin d'attirer plus de doctorants et de postdoctorants. Une augmentation du nombre de permanents disposant d'une HDR, actuellement seulement deux, pourrait aider à atteindre cet objectif.

Le nombre de communications dans les congrès est relativement faible par rapport aux autres équipes et gagnerait à être augmenté. L'équipe pourrait améliorer la visibilité de ses recherches en publiant plus souvent en accès ouvert et en adoptant systématiquement une affiliation des auteurs cohérente avec une politique définie au niveau de l'unité.

Un espace web facilement trouvable et présentant les différents projets de recherche contribuerait à améliorer la visibilité. Une communication sur les remarquables travaux menés autour de la balance de Kibble permettrait de valoriser les recherches de l'équipe.

Il convient également d'ajuster l'activité au potentiel RH envisageable et donc d'établir une priorisation des projets.

Équipe 4 : Propriétés Thermophysiques des Matériaux (PTM)

Nom du responsable : M. Bruno Hay

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Cette équipe développe des thématiques relatives à la mesure de propriétés thermophysiques des matériaux (transport de chaleur, calorimétriques et radiatives). Des mesures de diffusivité thermique sont développées avec des dispositifs de type flash, complétés par des dispositifs de plaques chaudes et de calorimétrie pour les mesures de conductivité thermique, chaleur massique et enthalpie de fusion. Les mesures radiatives spectrales et directionnelles ou globales (totales hémisphériques) sont assurées par des bancs spécifiques en étudiant des surfaces isothermes. L'effort est porté dans ce domaine sur l'amélioration de la précision des mesures. Enfin, de manière plus récente, des études relatives à la mesure de conductivité thermique aux petites échelles avec des microscopes thermiques ont été mises en œuvre et font l'objet de collaborations avec des laboratoires académiques.

Dans le domaine des propriétés de transport et de calorimétrie, l'équipe poursuit l'objectif d'élargir les gammes de température d'étude, notamment vers les très hautes températures (une méthode flash à 3 000°C a été développée et validée durant la période avec le meilleur niveau d'incertitude international, un calorimètre à ces mêmes niveaux de température est en projet).

Si ces méthodes ne font pas l'objet de lourds développements théoriques, elles nécessitent un réel savoir-faire technologique et une très bonne connaissance des matériaux.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du rapport précédent ne correspondent pas à la structuration de l'unité. Les points importants soulignés précédemment concernaient les ressources humaines (attractivité vis-à-vis des doctorants, durée moyenne des thèses, faible nombre de titulaires de l'HDR, diminution des ressources humaines).

La situation a peu évolué (voire empiré) par rapport à la précédente évaluation. Le nombre d'HDR est resté faible, un seul doctorant a été encadré (thèse débutée en mars 2021 dans le domaine des mesures thermiques aux petites échelles). L'équipe est en tension au point de vue des ressources humaines : la pyramide des âges lui est défavorable (moyenne d'âge des chercheurs de 51 ans).

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	6
Personnels d'appui à la recherche	3
Sous-total personnels permanents en activité	**10**
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	1
Sous-total personnels non permanents en activité	**1**
Total personnels	**11**

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe « Propriétés thermophysiques des matériaux » a une excellente production scientifique reliée à la plateforme Matis qui effectue des mesures aux très hautes températures, pratiquement uniques au monde avec ce degré de précision.

L'équipe peut répondre à la demande industrielle grâce à des moyens instrumentaux très modulaires qui témoignent d'une excellente organisation.

L'implication dans les mesures relatives aux propriétés des matériaux hétérogènes aux petites échelles est nouvelle et importante.

Le point de fragilité de cette équipe est relatif aux ressources humaines (surcharge de travail des personnels, nombreux départs en retraite dans les 3 ans). L'attractivité est faible vis-à-vis des doctorants : un seul doctorant a été accueilli dans l'équipe qui ne dispose que d'un seul titulaire de l'HDR.

Les relations académiques (hors thématique des mesures aux petites échelles) et avec les autres équipes du LNE-LCM, température et photonique notamment sont faibles.

Points forts et possibilités liées au contexte

Le point fort de cette équipe est incontestablement la plateforme Matis qui se projette vers des mesures de diffusivité thermique et bientôt de calorimétrie dans les très hautes températures. Cette plateforme est modulaire, permet de rapidement changer de configuration et assure à l'équipe une production de données précises dans des domaines peu abordés par les autres laboratoires nationaux. L'activité répond à un fort besoin industriel (domaine des matériaux pour l'industrie aéronautique ou aérospatiale, matériaux composites, par exemple).

Cette équipe a une forte interaction avec des réseaux nationaux de type GDR (TherMatHT, Name) dans le domaine des matériaux et des hautes températures. Elle est aussi sollicitée par des organismes internationaux comme le NIST (National Institute of Standards and Technology).

La reconnaissance des travaux est avérée (International Journal of Thermophysics, prix 2023 du Ared Cezairliyan Best Paper Award, prix de la recherche du LNE).

L'équipe est coordonnatrice de projets européens tels que Hi Trace et Emirim.

L'implication dans les mesures relatives aux propriétés des matériaux hétérogènes aux petites échelles est nouvelle et d'ampleur. Elle bénéficie de contacts académiques (une thèse co-encadrée avec le Cethil-Lyon).

Points faibles et risques liés au contexte

Le point faible est incontestablement lié à la faiblesse de l'encadrement scientifique (un seul titulaire de l'HDR) dont résulte un faible nombre de doctorants (une seule thèse lancée dans le domaine des mesures aux petites échelles).

Les relations avec l'équipe Température semblent peu actives alors que les domaines sont très proches et que ces équipes pourraient profiter de leurs compétences réciproques. La mesure d'enthalpie de fusion est par exemple un point crucial pour la caractérisation d'eutectiques métal-carbone pour élaborer des points fixes aux hautes températures.

La thématique de mesure de propriétés radiatives ne se développe pas en synergie avec l'équipe photonique, alors que les mesures de BRDF nécessitent des approches similaires hormis les différences de longueurs d'onde infrarouge-visible.

La pyramide des âges est défavorable ; la moyenne d'âge des chercheurs et des ingénieurs s'établit à 51 ans. Les compétences interdisciplinaires (transferts conductif et radiatif, matériaux, calorimétrie, petites échelles) sont souvent portées par une seule personne. Par exemple, le départ en retraite prochain d'un personnel clé pour la thématique transfert radiatif est préoccupant.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe est en grande partie tournée vers l'élargissement de la gamme de températures des mesures par la plateforme Matis qui assure la réputation de l'équipe. Cet objectif est parfaitement accessible puisqu'il suffira souvent de transposer les modes de chauffage sur des instruments existants et maitrisés (par exemple calorimétrie à chute coordonnée avec le four Haute Température de la méthode flash).

Les mesures radiatives semblent avoir un avenir plus incertain à cause du départ en retraite du seul expert du domaine sur le site de Trappes.

Des interactions avec les autres équipes du LNE-LCM ne semblent pas envisagées.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Il convient d'augmenter le nombre de HDR de cette équipe et d'amplifier les relations académiques de manière à augmenter en parallèle le nombre de doctorants. Le lancement de sujets de thèse dans des domaines plus théoriques de la métrologie de propriétés thermophysiques pourrait renforcer l'équipe. La révolution des méthodes de mesure de température par des méthodes optiques doit par exemple profiter à la mesure de propriétés thermophysiques.

De manière générale, les relations avec les autres équipes du LNE-LCM devraient aider à remédier en partie aux difficultés des ressources humaines (les mesures relatives aux propriétés radiatives surtout directionnelles et spectrales pourraient faire l'objet de transpositions de méthodes avec l'équipe photonique, les mesures aux hautes températures gagneraient à communiquer avec l'équipe température).

Les relations industrielles sont soutenues surtout sous forme de prestations de mesure effectuées en laboratoire dans des conditions de température difficiles à atteindre dans le contexte de la mesure. Un rapprochement avec des besoins industriels de mesure sur les chaines de fabrication (hub de fabrication additive de Saclay, par exemple en lien avec l'équipe Dimensionnel du LNE-LCM) pourrait permettre d'envisager des méthodologies plus applicatives en milieu industriel.

Équipe 5 : Nanométrologie

Nom du responsable : M. Nicolas Feltin

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe développe des méthodes de mesures traçables pour caractériser des nanomatériaux (NMs). Les principales thématiques concernent : (1) la traçabilité des mesures dimensionnelles à l'échelle du nm par le développement d'un instrument de référence (mAFM) et de méthodes de mesures traçables de la taille de nanoparticules (NPs) ; (2) la métrologie hybride combinant AFM-SEM pour la mesure innovante de la taille en 3D ; (3) la métrologie des NPs en milieux complexes (environnement, biologie ou produit fini) ; (4) la métrologie corrélative permettant de caractériser plusieurs propriétés (électriques, thermiques mécaniques structurales, chimiques) par l'utilisation combinée de microscopes à sonde locale (SPM) associés à la spectroscopie Raman et à la microscopie électronique à balayage (SEM), sur un nano-objet (NO) unique.

L'équipe dispose de la plateforme Carmen pour une caractérisation métrologique et l'identification des nano-objets.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'exposé de la prise en compte des recommandations du précédent rapport ne figure pas spécifiquement dans le document d'autoévaluation. Cependant, la recommandation 8 (portant sur une analyse de risque technique et financière sur l'ensemble des thématiques proposées afin d'établir des priorités, anticipant notamment une réduction potentielle des ressources humaines et financières, comme celle subie entre 2012 et 2017) reste d'actualité pour l'équipe nanométrologie. En 2021, l'équipe nanométrologie était constituée de quatre chercheurs (à parité de genre), d'une doctorante, et de trois collaborateurs chargés des prestations (1 ingénieur, 1 technicienne et 1 technicien). En raison de deux départs, l'équipe de recherche s'est depuis réduite à deux chercheuses et à une doctorante. Il est espéré que les recrutements seront bientôt engagés. Les personnels qui ont quitté l'équipe constituaient les ressources clés de certaines activités. Leur départ s'est accompagné d'une suspension, voire de l'arrêt, de ces activités (arrêt de l'AFM métrologique et des prestations relatives aux mesures couplées AFM-SEM).

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	0
Maitres de conférences et assimilés	0
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	2
Personnels d'appui à la recherche	2
Sous-total personnels permanents en activité	**5**
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	0
Doctorants	1
Sous-total personnels non permanents en activité	**2**
Total personnels	**7**

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe a une excellente production scientifique en quantité et en qualité. L'équipe développe des recherches amont et transfère ses compétences vers l'industrie et la société.

L'implication socio-économique est très forte. Elle repose sur des relations avec des industries nationales et internationales, avec les agences de sécurité sanitaire et avec les associations de normalisation.

Le développement technique est un marqueur de l'activité de l'équipe. Par l'association de deux techniques (AFM et SEM), elle accède à la taille 3D des nanoparticules. Cette thématique est un fort enjeu industriel, sanitaire et environnemental.

Une synergie s'est établie entre les collaborateurs impliqués dans les activités de prestations et ceux engagés dans la recherche. Les sujets de recherche se nourrissent des besoins industriels et viennent en retour proposer des approches innovantes pour réaliser les prestations.

Les équipements et les locaux permettent la réalisation des études dans des conditions optimales.

Même si l'équipe a connu un essor extrêmement rapide, sa taille actuelle est sous critique pour répondre au volume d'activités et de collaborations qu'elle déploie. Le maintien du parc très important d'instruments de caractérisation nécessaires aux études, l'exploitation des résultats et la forte attente des partenaires requièrent une stabilité des personnels.

L'équipe ne dispose que d'une seule personne titulaire d'une HDR dans ses effectifs ce qui limite l'encadrement doctoral.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe Nanométrologie est composée de physiciens, de chimistes et de physico-chimistes, ce qui témoigne d'une pluridisciplinarité importante. Le développement de l'instrument de référence national pour la traçabilité des mesures dimensionnelles à l'échelle du nanomètre (mAFM) a nécessité des compétences complémentaires en mécanique, en électronique, en optique, en informatique et en thermique. Les connaissances en physico-chimie et dans le domaine des matériaux de certains collaborateurs ont permis de mieux comprendre les phénomènes nano spécifiques apparaissant lors des processus de mesurages, alors que les chimistes ont proposé des protocoles originaux de préparation d'échantillon.

Le bilan bibliométrique de l'équipe nanométrologie est très bon. La plateforme Carmen, qui a longtemps été en développement, arrive maintenant à maturité et a été exploitée à plein durant la période par l'équipe elle-même, mais également par des collaborateurs. La production scientifique qui en découle est conséquente.

Une synergie s'est établie entre les collaborateurs impliqués dans les activités de prestations et ceux engagés dans la recherche : les sujets de recherche se nourrissent des besoins industriels et viennent en retour proposer des approches innovantes pour réaliser les prestations.

La plateforme Carmen est ouverte à des collaborations industrielles et académiques. Elle dispose de nombreux instruments de caractérisation récents dans les domaines de la métrologie dimensionnelle, des propriétés de surface et des propriétés chimiques. Cette plateforme est accréditée Cofrac concernant les mesures de hauteurs de nanoparticule par AFM, de diamètres et de forme par SEM et concernant les mesures tridimensionnelles par métrologie hybride.

Des collaborations sont engagées avec les sociétés Formulaction qui produisent le Turbiscan pour la mesure de « dispersibilité » des nanoparticules et avec Oxford autour du détecteur EBSD pour une mesure de la structure cristalline des nanoparticules.

L'activité de nanométrologie bénéficie de locaux de hautes performances : 150 m^2 de salles blanches (ISO 6-8) avec un environnement contrôlé (température, hygrométrie, vibrations). La plateforme sera, à terme, constituée de l'AFM métrologique, de deux SEM, d'un spectromètre Raman, d'un SThM. Les nouvelles salles blanches accueilleront les techniques de diffusion de la lumière (DLS, SMLS, DRX, BET, zétamétrie). Les équipements et les locaux permettent la réalisation des études dans des conditions optimales.

Points faibles et risques liés au contexte

Le manque de personnels consécutif à des départs et l'incertitude quant à leurs remplacements constitue la principale faiblesse de l'équipe.

S'appuyant sur des appareils de haute technicité pour la mise en œuvre et sur une expertise fine pour l'exploitation des mesures, des activités majeures, lancées par du personnel ayant quitté le LNE-LCM sans être remplacé, ont dû être arrêtées. Ainsi, l'AFM métrologique, qui a fait l'objet de trois thèses en dix ans et qui a été conçu par un chercheur de l'unité, est aujourd'hui opérationnelle. Ce chercheur a quitté le laboratoire en 2021 et n'a pas été remplacé. Par ailleurs, des travaux d'agrandissement des salles blanches ont conduit à un arrêt momentané de l'instrument. L'activité de prestation d'étalonnages des AFM et SEM est donc aujourd'hui suspendue.

Concernant la métrologie hybride combinant AFM et SEM, la méthode a été transférée vers les industriels. Elle fait l'objet d'une accréditation Cofrac depuis l'établissement des différents bilans d'incertitudes. Cette activité était pilotée par un autre chercheur qui a également quitté le laboratoire en 2023 sans être remplacé à ce jour. Cette situation fragilise le développement de cette thématique.

La métrologie des nanoparticules en milieux complexes est un sujet vaste et l'équipe a fait le choix de se concentrer sur des techniques innovantes comme le Saxs. Elle aborde également l'étude des nanoplastiques. Cette activité importante n'est prise en charge que par une seule personne.

L'équipe ne dispose que d'une seule personne titulaire d'une HDR dans ses effectifs ce qui limite l'encadrement doctoral.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe de Nanométrologie vise à maintenir les efforts concernant la métrologie hybride combinant AFM et SEM que certains industriels ont déjà intégrée dans leur processus de surveillance de production et qui a fait l'objet d'un Audit Cofrac.

L'approche de métrologie corrélative en est encore à ses balbutiements et une thèse de doctorat vient de débuter sur le sujet. Pour le moment, cette approche est mise en œuvre uniquement sur du graphène et de l'oxyde de graphène mais une fois la preuve de concept acquise, elle pourra être testée sur des nanodispositifs. Des systèmes de repositionnement permettront de mesurer exactement les mêmes zones avec plusieurs types de microscopie locale (SThM, AFM, SEM, SMM - Scanning Microwave Microscope- C-AFM - conductive – AFM) ou détecteurs (EDX, EBSD, Raman).

L'équipe de Nanométrologie souhaite lancer un nouveau sujet de recherche concernant l'approche nommée Single Particle Metrology. En effet, les détecteurs actuels de plus en plus performants et disposant de résolutions spatiales de plus en plus petites permettent d'obtenir des informations au sein d'une particule unique. L'équipe a fait récemment l'acquisition d'un détecteur EDX (Oxford, Ultim Extrem) qui répond à ces caractéristiques. À court terme, le laboratoire sera équipé d'un détecteur EBSD (Oxford) permettant de différentier les différentes phases cristallines d'une population de nanoparticules avec une discrimination particule par particule. La volonté de caractériser des mélanges de plusieurs familles de nanoparticules justifie le développement de cette nouvelle approche. Mais les informations locales ne suffisent pas, il faudra aussi développer des logiciels afin d'être capable d'intégrer les résultats obtenus sur des centaines de nanoparticules.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Il est nécessaire de consolider la participation de l'équipe dans le domaine de la nanométrologie au niveau européen.

L'équipe de taille sous critique devra accroitre ses effectifs au regard des objectifs très ambitieux affichés. Ces objectifs répondent à des besoins stratégiques clairement analysés pour la France et sa compétitivité industrielle.

Il faudra veiller à encourager au moins une soutenance d'HDR pour amplifier l'activité de formation par la recherche.

Équipe 6 : Photonique

Nom des responsables : M. Jimmy Dubard / M. Gaël Obein

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe photonique réalise, améliore et dissémine les références primaires ou secondaires nationales pour les grandeurs de la radiométrie, de la photométrie et de la spectrophotométrie. En complément du maintien à niveau des bancs de mesures et des prestations d'étalonnage, son activité de recherche en métrologie s'articule autour de quatre thématiques développées pour répondre à des besoins scientifiques, industriels ou sociétaux : Amélioration et extension des références de radiométrie, Métrologie de l'énergie photovoltaïque, Métrologie de l'apparence et enfin photométrie par imageur. Sur ces différents aspects, de nouveaux outils métrologiques modernes, indépendants et traçables sont proposés et discutés ensuite dans les instances nationales ou internationales.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Par rapport à la précédente évaluation, le périmètre du « Pôle métrologie photonique et de l'énergie » a évolué pour se scinder en trois équipes distinctes. Les recommandations émises lors du précédent rapport ont été dans la mesure du possible prises en compte.

Le financement d'origine européenne demeure toujours la part essentielle des ressources de l'équipe qui montre année après année sa capacité à décrocher de nouveaux financements. Les ressources propres obtenues sur appels à projets internationaux ont ainsi augmenté de 60 % au cours de la période. À titre comparatif, les ressources issues de contrats industriels sont plus de deux fois inférieures et reposent surtout sur de nombreuses prestations ou consulting de l'ordre de la dizaine de milliers d'euros avec des industriels très variés ou des collectivités territoriales. La valorisation de la propriété intellectuelle sous forme de brevets est absente.

Suivant la recommandation du précédent rapport, la durée des thèses s'est sensiblement réduite et un dialogue constructif a été mis en place avec l'école doctorale. Avec désormais trois personnes titulaires de l'HDR, l'encadrement doctoral s'est sensiblement renforcé.

L'équipe reste pour des raisons historiques répartie sur deux sites distincts, sans forcément une politique d'animation scientifique intra-équipe volontariste. La cohérence thématique sur chaque site est forte.

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

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maitres de conférences et assimilés	1
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	9
Personnels d'appui à la recherche	10
Sous-total personnels permanents en activité	**22**
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	0
Doctorants	1
Sous-total personnels non permanents en activité	**3**
Total personnels	**25**

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe photonique développe une recherche reconnue aux échelles nationale et internationale. Elle est extrêmement impliquée dans différentes instances nationales et internationales du domaine ainsi que dans la coordination de plusieurs projets européens, source principale de ses financements, notamment dans le domaine de la métrologie de l'apparence.

En complément de ses missions premières et exigeantes de maintien de la référence métrologique qu'est la candela, ses objectifs intègrent les besoins industriels et sociétaux, par exemple, sur le sujet émergeant de la photométrie par imagerie ou le photovoltaïque. L'effort de publication dans des journaux scientifiques se poursuit.

Les ressources humaines, indispensables pour maintenir les quatre thématiques scientifiques au meilleur niveau, sont fragiles et avec un encadrement scientifique (trois HDR pour une vingtaine de permanents) qui n'est pas à la hauteur des ambitions scientifiques de l'équipe.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe photonique est une équipe dépassant la vingtaine de permanents qui est structurée de manière équilibrée et complémentaire sur deux sites et entre les deux tutelles. Son implication dans les projets européens et des contrats industriels lui permet de dégager des ressources propres augmentant régulièrement.

La participation aux instances nationales et internationales de la métrologie est significative, avec, par exemple, une implication forte dans le Comité Consultatif en Photométrie-Radiométrie (CCP-R) et dans l'Association Française de l'Éclairage (AFE) dont elle assure la présidence. Elle est associée à divers exercices de comparaison de référence. Elle participe activement aux organismes de normalisation, notamment la Commission Internationale de l'Éclairage - CIE (secrétariat de la Division 2, « physical measurement of light and radiation »), et intervient auprès de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire – Anses ou du Cofrac.

L'équipe peut s'enorgueillir d'opérer des dispositifs parmi les plus remarquables au monde qui peuvent pour certains se comparer à ceux du National Institute of Standards and Technology (USA). Le gonio-spectrophotomètre ConDOR se distingue ainsi par ses performances. Le savoir-faire sur la radiométrie laser de forte puissance est tout aussi remarquable. Ce rayonnement international se traduit également par la participation régulière aux programmes de financement européens. Ces ressources se sont accrues au cours de la période écoulée. Concernant la métrologie de l'apparence, l'expertise du personnel lui assure un rôle de leader européen.

L'équipe est très engagée sur des problématiques industrielles et sociétales, ce qui se manifeste par un nombre significatif de contrats industriels, par des projets menés pour des collectivités territoriales et par les liens tissés avec les organismes de normalisation ou de recommandations. Pour répondre à ces demandes, l'équipe a su s'engager sur des thématiques de recherche plus émergeantes, en pariant par exemple sur la photométrie par imagerie. Elle a également développé une activité de formation à destination des industriels et a organisé différents séminaires sur ses spécialités.

Le personnel est encouragé à monter en compétences et les acquis sont reconnus par des promotions avec le passage des fonctions de technicien à celles d'ingénieur. Le maintien du savoir-faire est une problématique anticipée avec vigilance.

Points faibles et risques liés au contexte

Le nombre de grandeurs métrologiques à maintenir est important (Candela, spectrophotomètre primaire, nouvelles quantités pour la mesure de l'apparence, métrologie pour le photovoltaïque, métrologie dans l'UV, etc.), ce qui mobilise une force de travail conséquente au sein de l'équipe. En effet, il s'agit ici de la mission première confiée au laboratoire et cela consomme aussi bien des moyens financiers qu'humains qui se révèlent moins disponibles de la recherche amont. Le nombre de doctorants (4 au cours de la période considérée) ou de postdoctorants qui pourraient se consacrer totalement à la recherche amont demeure limité. Trois membres de l'équipe disposent pourtant de l'habilitation à diriger les recherches. À noter que des leaders de l'équipe sont proches de la retraite ou jouent un rôle important dans le pilotage de l'unité. Le maintien du potentiel effectif en termes de RH au plus haut niveau de compétences est une des conditions du maintien de la

capacité, aujourd'hui constatée, à obtenir des ressources financières propres à la mesure des ambitions de l'équipe.

La production scientifique en termes de publications (13 publications au cours de la période, dont 8 en position stratégique, dans des journaux reconnus de la discipline) est relativement décevante au regard de la taille de l'équipe, du nombre de projets menés et du succès rencontrés par certaines plateformes expérimentales. Ce bilan très mesuré peut être expliqué par le très faible nombre d'enseignants-chercheurs de l'équipe dont l'un est très engagé dans les tâches de pilotage de la recherche. En revanche, l'équipe se déploie dans des conférences, des ateliers ou des formations dans lesquelles un nombre conséquent de personnels de l'équipe interviennent. À noter qu'en 2023, un effort en matière de production scientifique a été consenti de façon visible. Cette dynamique positive doit se poursuivre et doit impliquer toutes les thématiques de l'équipe.

En photométrie, des équipements remarquables permettent de maintenir et de disséminer les références nationales. Dans le domaine de l'apparence visuelle, des équipements uniques ont été développés. Toutefois le laboratoire ne maitrise qu'une partie de la chaine, puisque les compétences en psychophysique sont limitées.

Comme pour les autres équipes réparties sur deux sites, les interactions entre le personnel LNE et le personnel Cnam doivent être renforcées en mettant en place une politique d'animation scientifique plus volontariste. L'interaction repose pour l'instant principalement sur la participation à des projets communs.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe photonique pour la période à venir s'inscrit dans la continuité des recherches engagées. Il est visé le maintien du rôle, joué par l'équipe, de référence nationale dans les domaines de radiométrie, de la photométrie et de la spectrophotométrie. Grâce à la stabilité de l'effectif et à une politique d'anticipation en matière de transmission du savoir-faire, l'équipe continuera à développer ses points forts qui s'inscrivent dans les différentes feuilles de route européennes et nationales. Munie de plusieurs financements européens en cours, elle est d'ores et déjà impliquée dans plusieurs consortiums internationaux pour des normalisations et des comparaisons de nouvelles sources de référence. La volonté affichée de répondre à des besoins sociétaux et industriels est confirmée. L'équipe souhaite également tenir compte des enjeux émergeants dans le monde du numérique concernant la métrologie de l'apparence. La thématique de la métrologie de l'énergie photovoltaïque doit encore être précisée. L'ensemble des activités de recherche reste dépendant du succès aux appels à projets, notamment européens. Il est donc essentiel pour son bon fonctionnement que le potentiel RH effectif en recherche soit maintenu.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe photonique doit poursuivre son effort sur les thématiques les plus porteuses qui lui assurent sa visibilité. Une participation régulière aux programmes européens y concourra. Dans le contexte d'un potentiel RH contraint et de l'ampleur des missions cœur sur les étalons radiométriques, photométriques et spectrométriques, le choix de recentrer les activités de recherche sur trois thématiques plutôt que quatre pourrait être discuté à moyen terme.

Même si ce n'est pas explicite dans les priorités affichées de l'unité, la poursuite de l'effort récemment entamé en matière de publication scientifique dans les journaux internationaux est recommandée. La consolidation de l'expertise remarquable de l'équipe en constitue un des enjeux.

Hors contrats industriels, les sources de financements proviennent exclusivement des programmes européens. Il pourrait sembler pertinent d'identifier au niveau national des laboratoires en mesure d'apporter des compétences complémentaires pouvant conduire au dépôt de réponses à des AAP nationaux. Par exemple, pour réunir les compétences en photométrie et en psychophysique, l'équipe pourrait soit s'appuyer sur la CIE, soit fédérer les laboratoires nationaux capables de contribuer à la définition des références.

Une politique d'animation scientifique intra-équipe entre les deux sites et le personnel des deux tutelles est à mettre en place. De plus, le bilan recherche de l'équipe pourrait être renforcé en améliorant l'attractivité vis-à-vis des doctorants.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 4 décembre 2023 à 11h30

Fin : 6 décembre 2023 à 14h00

Entretiens réalisés en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

Lundi 4 décembre 2023 - LNE Trappes (78)

11h30	Accueil des membres de l'unité
12h00	Pause déjeuner et réunion du comité à huis clos
13h15	Connexion
13h20	Introduction de la visite par le CS du Hcéres
13h30	Présentation du bilan par le directeur
14h30	Pause
14h40	Présentation des équipes 1, 2, 3
16h10	Pause
16h15	Visite plateformes expérimentales
17h45	Fin de la visite à Trappes et départ Paris

Mardi 5 décembre 2023 - LNE Paris (15ème)

08h00	Accueil - café
08h15	Présentation des équipes 4, 5, 6
09h45	Pause
09h50	Visites plateformes expérimentales
11h20	Rencontre avec les personnels administratifs et techniques
12h10	Pause déjeuner et réunion du comité à huis clos
13h45	Rencontre avec les doctorants et postdoctorants
15h30	Pause
15h35	Rencontre avec les EC et C
16h30	Pause
16h35	Réunion du comité avec l'équipe porteuse du projet
17h15	Réunion comité huis clos
18h45	Fin de la visite à Saint-Denis

Mercredi 6 décembre 2023 - Paris - Cnam Saint-Denis (93)

08h00	Accueil des membres de l'unité
08h15	Réunion du comité avec les représentants des tutelles Cnam - LNE
09h00	Visites plateformes expérimentales
10h00	Réunion du comité à huis clos : par groupe puis en session plénière
12h30	Repas - programme finalisation du rapport
14h00	Fin de l'entretien - départ des experts

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES

Évaluation HCERES
du Laboratoire commun de métrologie LNE-LCM

Réponse du Cnam et du LNE
Observations de portée générale

Objet : Rapport de l'HCERES pour le Laboratoire commun de métrologie LNE-LCM

Le Conservatoire national des arts et métiers (Cnam) et Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) ont pris connaissance du rapport d'évaluation du Laboratoire Commun de Métrologie (LNE-LCM). Ils remercient vivement le comité d'experts pour la qualité de son travail, la pertinence des observations et des recommandations contenues dans le rapport.
Ils se félicitent de l'évaluation extrêmement positive de l'unité notamment de l'excellence de ses travaux, de son excellente production scientifique et de son rôle majeur dans les inter-comparaisons internationales, mais aussi de l'excellence relevée de ses plateformes scientifiques et de ses interactions industrielles.
Les deux tutelles ont parfaitement conscience des soutiens nécessaires de leur part et des points d'amélioration que souligne le rapport : ressourcement, amélioration de l'encadrement scientifique et notamment d'un nombre plus important d'HDR qui permettra d'accueillir de plus nombreux doctorants mais aussi permettra une plus grande harmonisation des pratiques au sein du laboratoire et un renforcement des interactions entre les différentes équipes du laboratoire.

Les objectifs de recherche en métrologie sont fixés par la métrologie française et dans un cadre européen très fort ce qui incite à de nouvelles collaborations académiques au-delà de nos frontières et participe au rayonnement du laboratoire. Pour diminuer l'impact administratif des projets européens sur l'activité des chercheurs, des solutions de mutualisation ont été étudiées et commencent à être déployées pour éviter une surcharge trop importante.

Une politique scientifique existe avec la mise en œuvre de plan à moyen termes pour l'ensemble de la métrologie française, mais en effet nous notons l'importance de pouvoir créer plus de synergie au sein du laboratoire et de consolider les acquis.

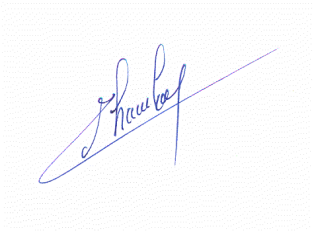
L'équipe de direction va veiller à poursuivre le rapprochement avec d'autres universités, la préoccupation sur le nombre de doctorants étant une de nos priorités actuelles.

Les deux tutelles ont toute confiance dans l'équipe de direction actuelle pour améliorer l'organisation, la vie et les échanges au sein du laboratoire et mettront tout en œuvre pour soutenir et renforcer les capacités de l'unité à se développer.

L'équipe de direction de l'unité a pris connaissance du rapport d'évaluation HCERES la concernant et remercie le comité d'experts pour ses observations, ses recommandations constructives et le travail important fourni. Le rapport sera précieux pour le laboratoire.

Encore tous nos remerciements pour cette évaluation.

La Directrice de la recherche scientifique et technologique



Maguelonne Chambon

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

Évaluation • Recherche • Enseignement supérieur
Hcéres

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

hceres.fr @Hceres_ Hcéres