



**HAL**  
open science

## LCM - Laboratoire commun de métrologie LNE-CNAM

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LCM - Laboratoire commun de métrologie LNE-CNAM. 2013, Conservatoire national des arts et métiers - CNAM. hceres-02031966

**HAL Id: hceres-02031966**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02031966v1>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



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

Section des Unités de recherche

Evaluation de l'AERES sur l'unité :  
Laboratoire Commun de Métrologie  
LCM  
sous tutelle des  
établissements et organismes :  
Conservatoire National des Arts et Métiers  
Laboratoire National d'Essais





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

Section des Unités de recherche

Le Président de l'AERES

**Didier Houssin**

Section des Unités  
de recherche

*Le Directeur*

**Pierre Glaudes**



# Notation

À l'issue des visites de la campagne d'évaluation 2012-2013, les présidents des comités d'experts, réunis par groupes disciplinaires, ont procédé à la notation des unités de recherche relevant de leur groupe (et, le cas échéant, des équipes internes de ces unités). Cette notation (A+, A, B, C) a porté sur chacun des six critères définis par l'AERES.

NN (non noté) associé à un critère indique que celui-ci est sans objet pour le cas particulier de cette unité ou de cette équipe.

**Critère 1 - C1** : Production et qualité scientifiques ;

**Critère 2 - C2** : Rayonnement et attractivité académique ;

**Critère 3 - C3** : Interaction avec l'environnement social, économique et culturel ;

**Critère 4 - C4** : Organisation et vie de l'unité (ou de l'équipe) ;

**Critère 5 - C5** : Implication dans la formation par la recherche ;

**Critère 6 - C6** : Stratégie et projet à cinq ans.

Dans le cadre de cette notation, l'unité de recherche concernée par ce rapport et ses équipes internes ont obtenu les notes suivantes :

- Notation de l'unité : **Laboratoire Commun de Métrologie LNE-CNAM**

C1	C2	C3	C4	C5	C6
B	A+	A+	A	B	A

- Notation de l'équipe : **Pôle Mécanique**

C1	C2	C3	C4	C5	C6
B	A+	A+	A	B	A

- Notation de l'équipe : **Pôle Thermique**

C1	C2	C3	C4	C5	C6
A	A+	A+	A	B	A

- Notation de l'équipe : **Pôle métrologie photonique et métrologie de l'énergie**

C1	C2	C3	C4	C5	C6
B	A+	A+	A	B	A

- Notation de l'équipe : **Pôle Projet « balance du watt »**

C1	C2	C3	C4	C5	C6
B	A+	A+	A	B	A



# Rapport d'évaluation

Nom de l'unité :	Laboratoire Commun de Métrologie LNE-CNAM
Acronyme de l'unité :	LCM
Label demandé :	EA
N° actuel :	EA 2367
Nom du directeur (2012-2013) :	M. Marc HIMBERT
Nom du porteur de projet (2014-2018) :	M. Marc HIMBERT

## Membres du comité d'experts

Président :	M. Jean-Christophe BASTALE, ENSAM- Bordeaux
Experts :	M. Richard DAVIS, BIPM, Sèvres
	M <sup>me</sup> Eduarda FILIPE, LCM, Caparica, Portugal
	M. Eric FREYSZ, Université de Bordeaux 1, Bordeaux
	M. Jean-Marc LINARES, Aix-Marseille Université, Aix en Provence (représentant du CNU)
	M <sup>me</sup> Maria Luisa RASTELLO, INRIM, Turin, Italie

### Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Hassan PEERHOSSAINI

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

M. Antoine BEVORT, Président du Conseil Scientifique du CNAM  
M<sup>me</sup> Clotilde FERROUD, Directrice de la Recherche du CNAM  
M. Jean-Luc LAURENT, Directeur Général du LNE



## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le Laboratoire Commun de Métrologie (LCM, EA2367) est issu de la réunion d'équipes du LNE et du CNAM formant initialement un des quatre laboratoires nationaux de métrologie, sous l'appellation LNE-INM/CNAM. Une convention de partenariat a été signée en 2008 entre le CNAM et le LNE pour donner lieu à un laboratoire commun. Créé en 2010, le LCM regroupe des personnels CNAM et LNE sur des thématiques de la métrologie française communes aux deux laboratoires : mécanique, thermique, énergie et projet balance du watt. Ce laboratoire est réparti sur 3 sites : site du CNAM à Saint-Denis (93), site du LNE (Paris 15ème) et site du LNE à Trappes (78). La structuration et l'évolution de ce laboratoire récemment créé font l'objet des principales recommandations de ce rapport.

### Équipe de Direction

L'équipe de direction est composée de M. Marc Himbert, CNAM (directeur scientifique) et de M. Lionel Dreux, LNE (directeur opérationnel).

### Nomenclature AERES

ST5 Sciences pour l'ingénieur

### Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014	2014-2018 Nombre de produisants du projet
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	3,5	4	7
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	38	39	25
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	17	22	
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	NC	NC	NC
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	NC	NC	NC
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	1	1
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>61.5</b>	<b>66</b>	<b>33</b>

Taux de producteurs

**73,54 %**



<b>Effectifs de l'unité</b>	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014
Doctorants	16	
Thèses soutenues	14	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité *	NC	
Nombre d'HDR soutenues	1	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	6	6



## 2 • Appréciation sur l'unité

Le Laboratoire Commun de Métrologie (LCM), récemment créé à partir d'équipes du CNAM et du LNE, a choisi de regrouper ses activités scientifiques en 3 équipes : mécanique, thermique et énergie, et photonique sur 3 lieux géographiques (Trappes, Paris 15, Saint-Denis) associés aux 3 thématiques. Seul le projet plus transversal (Balance du Watt) est réalisé partiellement à Saint-Denis et Paris 15, même si les laboratoires principaux sont à Trappes. Le comité d'experts a pu constater le progrès de structuration de l'unité, malgré la difficulté inhérente à 3 sites géographiquement éloignés. Les objectifs scientifiques et organisationnels sont largement atteints (déménagement, relocalisation et remise en service des expérimentations pratiquement terminées, entente et coordination des tutelles pour la gestion financière et la gestion du personnel, conciliation de projets amont en recherche et de prestations aval liées par exemple à la dissémination des étalons vers l'industrie.

La qualité scientifique et le grand potentiel expérimental et instrumental des 4 équipes sont indéniables et ont pu être appréciés lors des visites. Le rayonnement de l'unité au niveau international, grâce à ses succès scientifiques dans le domaine de la métrologie, à sa place dans les intercomparaisons et à son dynamisme de proposition de projets de recherche européens (Joint Research Programs) le place parmi les grands laboratoires de métrologie européens. Le respect des critères académiques de publication dans des revues internationales référencées devrait mettre la production scientifique de l'unité à la hauteur de son rayonnement.

Pour l'avenir, le risque de cloisonnement des pôles et des sites géographiques est raisonnablement surmonté grâce au mélange harmonieux des compétences (mécanique, thermique et optique) et des statuts de personnels (CNAM, LNE) sur chaque site. La poursuite de la construction de l'Unité par la création d'un conseil de laboratoire et d'un règlement intérieur (déjà souhaité lors de l'évaluation AERES de 2010) sont à considérer positivement eu égard des étapes franchies.

### Points forts et possibilités liées au contexte

La visibilité nationale et internationale de l'unité est accrue dans toutes les équipes (mécanique, thermique, énergie/photonique et projet balance du watt). Tous les pôles du LCM, dans le cadre des Laboratoires Nationaux de Métrologie européens et internationaux, participent activement aux Joint Research Projects (JRP) de l'EMRP (European Metrology Research Program) de l'EURAMET (European Association of National Metrology Institutes). Les liens forts avec l'industrie, procurés par l'activité de prestations du LNE, constituent un atout pour l'ensemble de l'unité.

Le comité a pu constater que, malgré les contraintes subies dernièrement (démontage-remontage d'expériences, déménagements, changements administratifs etc.) l'ensemble des personnels adhère toujours fortement au projet de Laboratoire Commun et à l'équipe de direction. Le soutien des tutelles du CNAM et du LNE est avéré (recherche de moyens financiers, nouvelles surfaces, efforts de soutien en personnel), dans un contexte national difficile.

L'environnement universitaire parisien et national (CNAM associé au PRES HESAM, collaboration avec de nombreux sites universitaires nationaux, participation récente à l'Ecole Doctorale Mines-Paristech, possibilité future de relations avec des équipes universitaires dans les JRP) présente un potentiel de synergies très important.





## Points à améliorer et risques liés au contexte

Les points à améliorer résident dans l'affichage et la production scientifique de l'Unité.

Le taux de publications est globalement faible alors que l'activité scientifique est indéniable (participation à des congrès et publications dans des revues non-référencées). Même si cela peut s'expliquer par les différences de statuts et les nombreux engagements à temps partiel, la répartition de chercheurs produisant dans l'unité n'est pas uniforme.

En termes de visibilité, un site web du LCM ou des informations sur le LCM sont très difficiles à trouver. Il est aussi très difficile de comprendre, sur le web et pour un non-initié, les interactions entre CNAM et LNE en relation avec ce Laboratoire Commun.

Ceci peut être une des raisons de la faible attraction de jeunes doctorants.

Une accentuation du manque (déjà grand) de cadres confirmés pour l'encadrement de recherche (uniquement 6 HDR pour un total de 41,15 Equivalents Temps Pleins) amplifierait ce phénomène, d'autant que la durée des thèses est souvent supérieure à 3 ans (10 sur 14 soutenues).

## Recommandations

Le comité a bien noté les efforts d'organisation et de fusion des équipes dans une étape transitoire difficile. Il est maintenant important de donner à l'unité les moyens de publication scientifique et d'affichage à la hauteur de la qualité des personnels et des outils mis en œuvre.

Une politique privilégiant les publications dans des revues internationales référencées plutôt que dans des actes de conférences doit être menée. Quelques pistes peuvent être données (porter La Revue Française de Métrologie à un niveau de référencement international, publier d'abord un article en revue référencée avant toute autre publication en communication ou rapport, informer les personnels des règles bibliométriques internationales mesurant l'impact des publications).

La dispersion des activités des personnels (recherche, gestion de projets, prestations industrielles...) pourrait être diminuée par la distinction entre un statut de personnel associé aux travaux de recherche de l'unité et un statut de personnel permanent de recherche, avec une reconnaissance des tâches de gestion de projets (JRP, mais aussi projets industriels) différente des tâches liées à la production scientifique.

Il convient de donner une importance particulière au statut de cadre Habilité à Diriger des Recherches de manière à amplifier les interactions avec le milieu universitaire (favoriser le recrutement de doctorants, participer activement et clairement à une Ecole Doctorale).

Le soutien des tutelles peut aussi être utilisé pour mettre en valeur la production scientifique de l'unité. Un site web accessible par les portails des deux établissements, montrant clairement l'activité du LCM, des références de publications scientifiques et l'organigramme devrait être mis en place.



### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

La production de l'unité est soutenue par des grands projets ambitieux avec prise de risque importante au plan instrumental : balance du watt, constante de Boltzmann (expérience acoustique et spectroscopique). Ces projets démontrent le dynamisme, la qualité scientifique du laboratoire et son ambition à rester compétitif dans les enjeux de métrologie au plan international.

Le bilan de la production scientifique du LCM (EA2367) pour la période 2007 à 2012 est de : 168 articles dans des revues référencées. Ce bilan traduit un taux de publication de 0,817 par équivalent temps plein et par an. Même si ce bilan est globalement positif, il traduit de fortes disparités entre équipes et entre personnels d'une même équipe (voir exposé détaillé par équipe). Ceci s'explique par le contexte de cette unité où les tâches amont (projets de recherche) et aval (prestations industrielles) sont intimement liées. Néanmoins, un effort de publication dans les revues internationales à comité de lecture référencées doit être entrepris car cette production n'est pas le reflet de la qualité des travaux et des résultats obtenus.

Dans le domaine de la métrologie, la qualité et la reconnaissance des travaux développés sont aussi appréciables par d'autres critères que la seule publication scientifique. Les personnels du LCM sont très impliqués dans les relations entre les Laboratoires Nationaux de Métrologie européens et internationaux et dans la mise en place de standards internationaux. Cette position est enviée et reconnue et pourra être appréciée dans les rapports plus spécifiques consacrés aux équipes.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le rayonnement international du LCM est très important à la fois par la qualité de ses résultats, par l'animation scientifique et par la gestion de grand projets. Le tout est favorisé par l'activité permanente d'inter-comparaisons internationales dans le domaine spécifique de la métrologie.

On peut souligner la participation active et la responsabilité de certains personnels du LCM dans des JRP de l'EMRP de l'EURAMET ainsi que la participation active dans les comités techniques d'Euramet et les groupes de travail du BIPM.

Il convient également de noter que les personnels du LCM ont reçu un grand nombre de distinctions : prix du NIST dans le domaine des basses températures, du NMIJ (Japon) pour les cellules eutectiques, un membre élu de l'Académie des Technologies et un Senior Member de la Société d'Optique Américaine, des conférences invitées (CPEM 2012 « Int. Conf. on Precision Electromagnetic Measurement » et colloque organisé par la Royal Society of London (2011) sur le devenir du système international d'unités).

L'attractivité académique devrait se renforcer par la nouvelle possibilité d'associer les laboratoires universitaires aux JRP. On peut encore une fois souligner que l'augmentation du nombre de cadres HDR sera un facteur clé lié à ces nouvelles opportunités.

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

Un des points forts de l'ensemble du LCM est de concilier des travaux et des personnels de recherche amont et une exigence de prestations vers l'industrie française. Le maintien de références métrologiques au plus haut niveau en compétition avec les autres équipes internationales en regard de l'obligation de dissémination des références secondaires pour l'industrie est un défi quotidien de l'unité. L'association de deux tutelles dépendant de deux ministères différents (MINEFI : économie et finances et MESR enseignement supérieur et recherche) renforce cette dualité.

Il en découle une production importante d'activités liées au transfert de technologie, à la formation ou même à la vulgarisation vers le grand public (dépôt de 6 brevets, organisation de sessions de formation continue dans le domaine de la métrologie, émissions de télévision « c'est pas sorcier », interventions dans le cadre du musée du CNAM, etc.).



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

Le fonctionnement du Laboratoire Commun de Métrologie est soutenu par les deux tutelles CNAM et LNE. Il est en cohérence avec les recommandations des rapports des comités de pilotage de la métrologie française.

L'organisation en 3 pôles de compétences, dans les quatre thématiques citées précédemment, lui confère une bonne visibilité.

Depuis 2008, les efforts de structuration ont été considérables et menés avec succès. L'équipe de direction a fortement contribué à la mise en place scientifique et organisationnelle. L'adhésion de l'ensemble du personnel, dans un contexte difficile, est tout aussi remarquable. Chaque pôle géographique a trouvé son autonomie et son mode propre de fonctionnement tout en conservant des actions et des compétences transverses (optique, mécanique, thermique). Dans ce sens, la mise en place du conseil de laboratoire et du règlement intérieur (prévus pour Juin 2013) doit finaliser l'ensemble du dispositif. On peut regretter que, de l'extérieur, cette organisation ne soit pas lisible et expliquée par un site web.

Les moyens financiers du LCM provenant essentiellement du Ministère de l'Industrie et des Finances et des projets européens sont importants. Même si cela est commun à la plupart des unités du domaine de la métrologie en Europe, on peut noter que le fonctionnement par projets européens est en augmentation et exige une énergie (tâches de gestion et d'organisation) qui empiète sur les tâches de recherche. Ces financements permettent des réalisations expérimentales de haut niveau et ont favorisé la réorganisation rapide de l'ensemble de l'unité. Le comité a pu constater que bien qu'éloignés géographiquement, les locaux et surfaces dédiés à cette nouvelle unité constituent un énorme progrès par rapport à la situation de 2008.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Le comité a bien noté la difficulté du LCM à recruter des doctorants. L'ouverture des JRP au monde académique et les solutions proposées par l'unité vont dans le bon sens. La codirection de thèses dans le cadre de collaborations universitaires nombreuses (Mines Paris-Tech, Université du Mans, ENS Cachan...) est un point intéressant.

Cependant, le LCM n'a pas d'Ecole Doctorale (ED) propre de manière stable (plusieurs changements d'ED ces 5 dernières années). Une solution de rattachement à l'école doctorale n° 423 Sciences et Métiers de l'Ingénieurs (SMI) de l'ENSAM au sein du PRES HESAM semble se dégager. L'implication et l'augmentation du nombre de cadres HDR de l'unité dans cette ED (création d'une filière métrologie au sein de cette ED) est un projet à étudier. La très forte implication des membres de l'unité dans le domaine de la formation continue en métrologie doit faciliter ce projet.



### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

La stratégie du LCM est en adéquation avec les comités de pilotage de la métrologie française, mais aussi imbriquée avec les stratégies européennes des autres laboratoires de métrologie (PTB, NPL, INRIM, etc, les équivalents européen du LCM). Les projets européens représenteront en 2015 plus de 60% de l'effort de recherche.

Cette stratégie globale s'appuie largement sur le travail des équipes décrit en détail dans les paragraphes dédiés aux équipes.

Le comité a bien noté l'effort de poursuite de la structuration de l'unité. S'appuyant sur des pôles et des équipes fortes, l'unité poursuit par des actions de mise en place d'un conseil de laboratoire et d'un règlement intérieur, ainsi que par le soutien aux grands projets de long terme (Balance du Watt, Constante de Boltzmann, etc.)

Le sujet principal remontant de l'analyse SWOT lié à la difficulté de recrutement de doctorants a été discuté par ailleurs.



## 4 • Analyse équipe par équipe

**Équipe 1 :** Pôle Mécanique

**Nom du responsable :** M. Patrick JUNCAR et M. Jean-Marc MOSCHETTA

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014	2014-2018 Nombre de produisants du projet
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1,5	1,5	3
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	17,5	16,5	8
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1	1	
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	NC	NC	
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	NC	NC	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)			
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>11</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014
Doctorants	8	NC
Thèses soutenues	8	NC
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	NC	NC
Nombre d'HDR soutenues	0	NC
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	4



## • Appréciations détaillées

Le pôle Mécanique a la responsabilité de la métrologie de 5 grandeurs mécaniques : masse, pression, force dynamique et longueur.

Toute la difficulté de l'expertise repose sur le choix de la frontière entre le travail de recherche ou scientifique du pôle Mécanique donnant lieu à l'évaluation, dans le cadre de ce comité, et le travail inhérent au maintien des étalons et à la diffusion dans la société civile ou industrielle des références de ces grandeurs. Ces deux actions sont dissociables pour conserver un haut niveau d'expertise dans l'activité de métrologie légale nationale, couramment nommée « Métrologie française ». Tout ceci est en constante confrontation avec les laboratoires nationaux étrangers (PTB, NPL, NIST, INRIM, etc.) via de nombreux Joint Research Program (JRP) et des programmes de recherche européens.

Depuis la dernière évaluation AERES de Février 2010, le pôle Mécanique a fini, début 2012, sa relocalisation sur le site de Paris intra-muros (Paris 15<sup>ème</sup>). Cela a demandé le démontage et le remontage des installations expérimentales initialement localisées à l'extérieur de Paris.

La recherche sur la grandeur masse est basée, principalement, sur la proposition de nouvelles méthodes liées à l'amélioration de l'étalon de masse (dématérialisation, maîtrise dans le temps de l'étalon matériel,...), des comparateurs de masse (balance). Les compétences développées dans ces points sont de haut niveau (publications dans des revues indexées) et reconnues au niveau Européen par les laboratoires nationaux de métrologie (PTB, NPL, INRIM,...). Depuis la précédente évaluation par l'AERES, elle a, notamment, donné lieu à la création d'une machine à précision nanométrique pour la caractérisation du défaut de forme de l'étalon de masse, à la mise en place d'une compétence en état de surface, la finalisation de la Balance de Watt, la création d'un nouveau banc de pesée hydrostatique, la création d'un dispositif photothermique à effet Mirage, etc.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les travaux de recherche du pôle ont conduit à des articles dans des revues indexées de bonnes qualités: Metrologia, Measurement Science and Technology, European Physical Journal-Applied Physics, etc. De nombreuses comparaisons inter laboratoires ont, aussi, été réalisées. Les travaux de recherche sont fortement en interaction avec les laboratoires nationaux européens via des JRP.

Des projets internationaux EURAMET autour de la grandeur masse ont été réalisés dans la période considérée : MASS519, MASS 734 et MASS 837, toutes ces activités trouvant un débouché dans le projet Balance de Watt pour dématérialiser l'étalon du kilogramme (voir expertise Projet Balance de Watt).

Les travaux de recherche sur les grandeurs Pression - Force (Couple) et les mesures touchant à l'acoustique et l'accélérométrie semblent être un peu en retrait par rapport aux recherches menées sur la grandeur masse. Les travaux sur ces grandeurs ont donné lieu à des publications dans revues indexées de bon niveau : Journal Of Sound And Vibration ; Measurement ; Acta Acustica United With Acustica, etc.). Depuis la dernière évaluation, de nouvelles activités de recherche ont été menées dans le domaine de la santé. Il est à noter le travail réalisé dans les Joint Research Program JRP T2J02 « Breath Analysis » et JRP HLT01 « Metrology for universal ear simulator and the perspection of non-audible sound ». Cette activité est complétée par une recherche sur la maîtrise de la qualité de mesure des tensiomètres grand public en collaboration avec une UMR française. Dans le domaine de l'accélérométrie, dans un JRP IND09 « tracable dynamic measurement for mechanical quantities », le pôle mécanique a été leader d'un work package et participant d'un autre.

Les activités de recherche sur la mesure dimensionnelle laser sont très actives via des JRP. Nous pouvons notamment citer le programme de recherche européen sur les mesures de longue distance, piloté par le LCM. Cette action de recherche a été un grand succès, ce qui confirme l'excellence du LCM dans la maîtrise de la physique du laser. Nous pouvons trouver des articles dans des revues indexées très sélectives (Optics Express ; Optics lettres ; Applied Physics B-Lasers And Optics, etc.).

Dans le cadre de la métrologie dimensionnelle et de l'état de surface, plusieurs Joint Research Programs ont été menés par le pôle Mécanique.

De même, un projet ANR a été réalisé dans le domaine de la nano-métrologie durant la période 2007-2010 (Projet ANR Nanoref « Références d'état de surface à l'échelle nanométrique »).



L'appréciation de la production et de la qualité scientifique a été menée par une expertise fondée sur la base de données ISI WEB of Science de Thomson and Reuter, conformément, au souhait de réaliser une évaluation de nos laboratoires par rapport à la recherche internationale. Cette base de données internationale permet de juger de la lisibilité et de la visibilité à l'international de la production scientifique du pôle Mécanique. La qualité des publications a été estimée à partir des Impact Factor (IF) des revues dans lesquelles le pôle de Mécanique diffuse le résultat de ses recherches.

Sur la période 2007-mi 2012, l'analyse de la production scientifique du pôle Mécanique fait apparaître un nombre de publications indexées de 51, ce qui donne un taux de publication du pôle autour de 0,55 publication par personne et par an. Ce résultat est fragile et juste supérieur au taux minimal fixé par l'AERES (0,5 publication par personne et par an). 48 % des membres du pôle Mécanique sont en-dessous de cette limite minimale du taux de publication. Il est à noter qu'environ un quart des personnels du pôle de mécanique ont un taux de publication supérieur à 1,33 publications par personne et par an, ce qui permet d'équilibrer le taux moyen de publications du pôle.

Sur cette même période, l'IF moyen de revues indexées où le pôle de Mécanique a diffusé le résultat de ses recherches, est de 1,61. De plus, nous pouvons remarquer que le pôle de Mécanique publie dans des revues très sélectives où l'IF est proche ou supérieur à 3. Il est à noter que dans le monde spécialisé de la métrologie, les facteurs d'impacts des revues sont aux alentours de 1, ceci n'enlevant rien à la qualité des travaux publiés dans ces journaux.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le pôle de mécanique a un rayonnement certain au niveau de la métrologie européenne via son implication dans les actions de recherche de l'European Metrology Research Programme (EMRP, <http://www.emrponline.eu/>). Durant la période 2007-2012, le pôle de Mécanique a participé ou a pris le leadership dans 11 Joint research programs au niveau international, 8 nouveaux programmes de recherche sous la forme de JRP vont débiter en 2013. On note que cette forte implication dans les JRP a permis d'avoir un ratio positif entre la contribution financière française au niveau européen et le retour sur projets de recherche dans le cadre de la métrologie. Cette information est à signaler car elle confirme, notamment, l'implication du pôle Mécanique dans cette activité de recherche transfrontalière.

Les membres du pôle mécanique participent également au pilotage et à des comparaisons internationales pour la masse et les grandeurs associées, la pression et l'acoustique. Ils sont membres d'instances internationales : comité consultatif des unités, comité consultatif pour la masse, comité consultatif pour l'acoustique et les vibrations, comité consultatif pour la longueur, comité technique européen de la métrologie (EURAMET), TC3, T22 et T16 d'IMEKO.

Les membres du pôle mécanique participent très activement au congrès international de métrologie, au congrès d'IMEKO et à d'autres conférences internationales.

Deux membres du pôle sont pour l'un membre élu du l'Académie des Technologies et pour l'autre Senior Member de la Société d'Optique Américaine.

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

De par ses missions de diffusion et de l'étalonnage primaire des 5 grandeurs citées plus haut (Métrologie Légale Française), le pôle de Mécanique a de nombreuses interactions de très grande qualité avec le milieu social et industriel français. Le nombre de thèses CIFRE obtenues confirme l'effort de diffusion des avancées scientifiques du pôle de mécanique vers notre industrie. Durant la période 2007-2012, le pôle de Mécanique a déposé 4 brevets.

Les personnels du pôle de mécanique participent à l'écriture de chapitres de livre ou d'ouvrages de vulgarisation (revue française de métrologie, technique de l'ingénieur, NATO Science for Peace and Security Series (serie B : physics and biophysics), acoustique et technique, AFNOR Site métrologie, etc.).



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

Depuis début 2013 toutes les activités de recherche du pôle Mécanique sont localisées sur le site de Paris (15<sup>ème</sup>). Lors des entretiens avec les chercheurs et les ingénieurs, l'unification des activités du pôle a eu des effets bénéfiques dans la communication et la mise en commun du matériel de recherche et des compétences. Comme signalé lors des présentations pendant la visite, un conseil de laboratoire devrait être opérationnel en juin, ce qui va accélérer l'organisation de l'animation de la vie scientifique du laboratoire et, en conséquence, du pôle mécanique. Dans l'état actuel, l'organisation du pôle de Mécanique semble guidée par les missions de recherche et de diffusion imposées par les JRP et projets européens sur les 5 grandeurs étudiées : masse, pression, force dynamique et longueur.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Le CNAM et le LNE, établissements de tutelle du LCM, sont profondément impliqués dans la formation continue tant au niveau master que doctoral. Comme annoncé dans les exposés, le LCM n'a pas d'école doctorale (ED) propre de manière stable (plusieurs changements d'ED ces 5 dernières années) mais s'appuie sur des ED d'autres établissements de l'enseignement supérieur dans le cadre de thèses en co-direction ou co-tutelle. Le pôle de Mécanique a des collaborations avec l'ENS Cachan, l'ENSAM de Lille, l'Université de Bourgogne, l'Université de Poitiers et l'ESIEE.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Les activités du pôle Mécanique sont fondamentales pour accompagner le rebond industriel national et européen, et pour répondre aux attentes sociétales pour l'environnement et la santé, y compris dans le champ des nano-systèmes. La stratégie du pôle Mécanique est fortement en adéquation avec l'évolution des projets européens planifiés par les « feuilles de route » et la collaboration avec les laboratoires européens de métrologie légale (PTB, NPL, INRIM,...). Les projets européens représenteront en 2015 plus de 60% de l'effort de recherche.

Dans la continuité de la période étudiée, le pôle de mécanique va s'investir, à l'avenir, dans 8 nouveaux JRP à partir de 2013 :

SI01: Realisation, dissemination and application of the unit watt in airborne sound

SIB63 : Improved Force Traceability within the Meganewton Range

SIB58 : Advanced angle metrology for dissemination of SI angle unit radian

IND62 : Traceable in-process measurement (TIM)

IND59 : Multi-sensor metrology for micro parts in innovative industrial products

SIB60 : Metrology for long distance surveying

IND53 : Large volume metrology in industry

I07 : Metrology for movement and positioning in six degrees of freedom.

L'avenir du pôle de Mécanique est, donc, étroitement lié à la métrologie européenne. Ceci a un avantage sur le plan financier car les JRP sont financés par l'Europe mais ils enlèvent une certaine liberté en recherche (plus de gestion de projet, moins de temps pour générer de nouvelles connaissances). Cette remarque a été souvent rappelée par les acteurs du pôle de Mécanique. Le risque majeur de cette forte implication dans les JRP est l'affaiblissement du taux de publication, déjà faible, car les rapports des JRP sont publics donc ne favorisant pas une publication dans une revue indexée, critère principal d'évaluation des laboratoires.

Afin de stabiliser ses relations avec une ED, le LCM va appartenir à l'ED STI regroupant le CNAM, l'ENSAM et les Mines Paristech. Cependant, le LCM gardera une ouverture sur d'autres ED partenaires pour satisfaire le besoin de 'double compétence'.





## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le pôle de Mécanique, malgré le grand nombre de grandeurs métrologiques à étudier (5 grandeurs, avec environ 5 personnes en moyenne par grandeur), arrive sur certaines grandeurs à obtenir des résultats scientifiques de très bon niveau. Le pôle de mécanique développe des expériences originales et complexes qui lui permettent d'avoir une renommée internationale notamment au niveau européen. Son implication dans les programmes de recherche européens (JRP, EURAMET) est très importante et lui permet d'avoir des collaborations au niveau international de grande qualité avec les grands laboratoires de la métrologie légale (PTB, NPL, INRIM,...).

Le pôle Mécanique est très investi dans les actions touchant au milieu industriel, notamment, la dissémination des références des 5 grandeurs dont il a la charge.

De plus, le pôle de Mécanique a su s'adapter aux contraintes imposées par le rassemblement des activités de recherche sur le site de Paris 15<sup>ème</sup>. Le succès de cette réorganisation a été salué par les acteurs du pôle.

### Points à améliorer et risques liés au contexte :

Lors de la dernière évaluation, la situation transitoire due à la fusion de deux laboratoires dans le LCM pouvait expliquer une part des difficultés rencontrées au niveau des publications. Aujourd'hui, soit après 4 années de vie commune, la multiplicité des tâches à réaliser (amont, aval, gestion des projets, multi activités des personnels, etc.), entraîne un faible taux moyen de publication du pôle de Mécanique. Le nombre de conférences, de colloques, etc. semble trop important, ce qui disperse la connaissance scientifique sur des supports fugaces et ne la rendra pas visible et lisible dans le temps au niveau international. La faible visibilité du pôle de Mécanique dans les revues indexées n'est pas en adéquation avec le potentiel scientifique aperçu lors de cette évaluation.

### Recommandations

Ces observations engendrent des recommandations ou des questionnements pour permettre au pôle de mécanique d'atteindre un statut scientifique adéquat et une visibilité scientifique pérenne :

- revoir les conditions d'accès au statut de permanent et faire apparaître le statut d'associé,
- les JRP sont présents et vont devenir de plus en plus nombreux dans le pôle de Mécanique. Cela entraîne des charges de gestion, de plus en plus importantes, aux personnes impliquées au détriment de leur recherche. Ce problème dépasse le seul cadre du LCM, mais nécessite une réflexion sur la gestion des ressources humaines (libérer les chercheurs de ces tâches de gestion/organisation afin qu'ils se concentrent sur les tâches recherche ?),
- les rapports scientifiques des JRP sont mis dans le domaine public sans qu'ils ne soient pris en compte dans la production scientifique car non indexés dans les bases de données internationales. Avant de rendre le rapport du WP du JRP, ne faudrait-il pas publier les résultats des travaux dans une revue indexée au préalable ?
- mettre en place une animation scientifique au sein du pôle de Mécanique pour informer des us et coutumes du « monde de la recherche internationale » (IF, revue indexée, base de données, etc.) et pour acquérir les bons réflexes en recherche (brevet puis article dans revue indexée puis conférence ou rapport),
- de nombreuses publications du pôle de Mécanique ont été réalisées dans la revue française de métrologie qui n'est pas indexée. Ne serait-il pas nécessaire de la requalifier dans l'environnement international comme l'a fait, dernièrement, la revue Mécanique & Industrie, aujourd'hui, Mechanics & Industry (IF : 0,221) ?



**Équipe 2 :** Pôle Thermique

**Nom du responsable :** M. Yves HERMIER

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014	2014-2018 Nombre de produisants du projet
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	0,5	1	2
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	8,5	12,5	6
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	6,5	5	
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	NC	NC	NC
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	NC	NC	NC
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)	3	1	1
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>18,5</b>	<b>19,5</b>	<b>9</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014
Doctorants	2	
Thèses soutenues	3	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité		
Nombre d'HDR soutenues	0	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	0	0



## • Appréciations détaillées

Le pôle «Métrologie Thermique» situé à Saint-Denis, contient trois départements : Basses Températures ( $T < 273$  K), Moyennes Températures (Thermométrie par contact) et Hautes Températures (Thermométrie sans contact) et résulte du regroupement en 2011 des équipes du LNE-CNAM « Température, thermodynamique et thermométrie » et du LNE (Paris) « Température et grandeurs thermiques » et en 2012 des activités de la Pyrométrie du LNE (Trappes).

Le pôle «Métrologie Thermique» comme dans la plupart des Laboratoires Nationaux de Métrologie a une mission qui va des activités amont jusqu'aux prestations. La reconnaissance de ces aptitudes des mesures et étalonnage (appelées CMC) de l'Arrangement de Reconnaissance Mutuelle du Comité International des Poids et Mesures (CIPM-MRA) est établie à travers des résultats des comparaisons (clés et supplémentaires) internationales et de l'établissement d'un système de qualité d'évaluation de la compétence.

Les activités amont sont reliées aux projets de la mise en place de l'unité jusqu'à la mise en pratique de l'unité, aux références nationales au plus haut niveau d'exactitude et à la recherche sur les évolutions des unités et de la traçabilité au sein du système international d'unités (SI), notamment la mesure de constantes physiques fondamentales. Les thèmes de recherche du Pôle «Métrologie Thermique» dans le cadre de l'unité de température et la mise en pratique du Kelvin sont : la mesure de la constante de Boltzmann par méthode acoustique ; le développement de cellules eutectiques métal-carbone pour la mise en pratique du Kelvin au-dessus de 1000°C et la mesure de la température thermodynamique de ces points eutectiques. Le Pôle conduit aussi des activités aval reliées à la dissémination de l'unité et au développement de nouveaux systèmes adaptés aux nouveaux besoins, par exemple les petites cellules pour l'étalonnage de thermocouples, de nouveaux points fixes à haute température pour la dissémination, l'extension des prestations d'étalonnage en pyrométrie jusqu'à 3000 °C.

Le Pôle «Métrologie Thermique» du LCM a une bonne coordination entre les objectifs amont et aval. Le travail en équipes matricielles pour répondre aux besoins des projets de recherche européens et internationaux est appréciable.

Ce Pôle démontre une forte compétence qui est reconnue par les partenaires européens et internationaux notamment dans l'EURAMET et la Convention du mètre - CIPM/CCT (Comité International des Poids et Mesures/Comité Consultatif de Thermométrie). Actuellement, le Pôle participe à cinq projets JRP de l'EMRP de l'EURAMET, avec la coordination de quelques WP (work packages) notamment les JRP suivants :

- METROFISSION - Metrology for New Generation of Nuclear Power Plants (2010-2013)
- HITEMS - High temperature metrology for industrial applications (>1000 °C) (2011-2014)
- METEOMET - Metrology for meteorology (2011-2014)
- INK - Implementing the new Kelvin (2012-2015)
- NOTED - Novel techniques for traceable temperature dissemination ((2012-2015).

Dans le domaine de la température thermodynamique, l'équipe a de fortes compétences et réalise des recherches reconnues internationalement. Pour la réalisation de l'Echelle internationale de température de 1990 (EIT90) l'équipe a développé des cellules multiples de différents points fixes (changements de phase de corps purs) de l'EIT90 et a fourni des références à plusieurs pays étrangers. Le laboratoire a obtenu des résultats sur la mesure directe de la température thermodynamique, et de l'écart entre celle-ci et la température T90 dans l'EIT90.

Dans le domaine des hautes températures, deux voies de recherche ont coexisté dans le Pôle pendant les dernières années : la mesure absolue de la température avec une traçabilité au radiomètre cryogénique et la recherche de nouveaux points fixes à haute température ; la pyrométrie optique sans contact au-delà de 1000 °C, étayée par la loi de Planck, et la thermométrie de contact jusqu'à 2000 °C, méthode la plus utilisée dans l'industrie. Les travaux sur les eutectiques se sont déroulés et ont rendu possibles la réalisation et la caractérisation des cellules pyrométriques. La qualité de ces cellules conditionne l'avenir des points eutectiques dans l'EIT-90, une hypothétique future échelle ou simplement une nouvelle mise-en-pratique du Kelvin. L'amélioration des conditions thermiques de mise en œuvre a permis de produire des cellules appropriées pour les Laboratoires de Métrologie et aussi pour l'industrie comme références aux hautes températures pour les thermocouples. On doit relever aussi la conception de systèmes de remplissage de ces cellules qui a permis une durée optimale du palier de température de changement d'état et qui sont aujourd'hui reconnues au niveau



international. Dans le domaine de la thermométrie de contact, le pôle a développé le point eutectique/péritectique Cr-C avec des résultats prometteurs reconnus par les pairs européens sur cette activité. On relève les travaux de recherche à ce sujet dans le cadre des JRP HITEMS, METOFISSION et NOTED. Le Pôle a publié en 2012 le rapport final sur la tâche (WP) 4 du projet européen HITEMS : Validated methods for non-contact thermometry above 2500 °C including novel correction techniques.

Dans le domaine des points fixes de température, l'équipe a aussi de fortes compétences et réalise des recherches reconnues internationalement sur l'Echelle Internationale de température (EIT 90) dans l'ensemble de l'étendue de -180 °C jusqu'à 961 °C. L'équipe a été coordinatrice d'un projet européen EURAMET « Toward more accurate temperature fixed points ». Elle est impliquée dans le développement de 6 points fixes de nouvelle génération. Le JRP NOTED est un suivi de ce projet qui permettra de résoudre les divergences dans la réalisation des points fixes qui à son tour conduit à une réduction de l'incertitude qui leur est associée.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Les travaux de recherche du pôle ont donné lieu à des articles dans des revues indexées de bon niveau : Physical Review Letters ; Metrologia; Philosophical Transactions A of the Royal society ; Measurement Science and Technology ; C. R. Académie des Sciences Physiques ; International Journal of Thermophysics ; IOP Journal of Physics ; Review of Scientific Instruments ; Technology Applied Physics B. Laser and Optics etc.

En se basant sur la période 2007-juin 2012, l'ensemble de l'équipe pôle thermique a produit : 69 articles référencés soit un ratio de 1,53 par chercheur et par an. Dans les congrès, séminaires et ateliers il y a un total de 124 communications.

Le projet de recherche sur la constante de Boltzmann par voie acoustique a permis de mesurer et de publier en 2011 la mesure de plus haute exactitude réalisée à ce jour ( $1 \times 10^{-6}$ ) et cette mesure a été prise en compte par le CODATA. Ce travail, inclus dans des programmes européens et internationaux, est de permettre de disposer d'une alternative au point triple de l'eau pour définir l'unité de température thermodynamique. À terme le Kelvin restera l'unité de température thermodynamique mais son amplitude sera déterminée en fixant la valeur numérique de la constante de Boltzmann.

Les travaux de recherche continuent et dans ce domaine une nouvelle détermination est en cours dans le résonateur de 3 litres pour obtenir une incertitude inférieure. Le projet a déjà produit plusieurs articles et communications-clés. Le JRP INK est un suivi de ces travaux de recherche.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le pôle de Métrologie Thermique est très actif dans le cadre des Laboratoires Nationaux de Métrologie (LNM) européens et internationaux. Les membres de l'équipe participent au travail des comités internationaux, comme le Comité Consultatif de Thermométrie (CCT) et les groupes de travail de ces comités, le Comité Technique de Thermométrie (TC-T) de l'EURAMET et ses groupes de travail. Dans ce cadre, l'équipe pilote plusieurs projets de coopération en recherche, de comparaison de références de mesures et de traçabilité avec les autres LNM européens. Dans le cadre de l'EMRP, l'équipe pilote des thèmes de recherche (Work Packages) à l'intérieur de chacun des cinq JRP. Elle participe actuellement aux projets METROFISSION, HITEMS, METEOMET, INK et NOTED.

Au cours des dernières années, le pôle a reçu deux prix, celui du NIST (EUA) dans le domaine des basses températures et celui du NMIJ (Japon) lié aux cellules eutectiques. On relève aussi que, dans le cadre de la recherche sur la constante de Boltzmann, le Pôle a été invité comme conférencier à CPEM 2012 « Int. Conf. on Precision Electromagnetic Measurement », au colloque organisé par la Royal Society of London (2011) sur le devenir du système international d'unités et dans la coédition du Dossier des Comptes rendus de l'Académie des Sciences - Physique, "Special issue on the determination of the Boltzmann's constant", C. R. Acad.Sc. Physique.

L'équipe a une politique d'accueil de doctorants et de post doctorants liés au projet Boltzmann et au domaine des cellules eutectiques. L'équipe reçoit régulièrement des équipes étrangères et visite aussi les autres LNM dans le cadre de la coopération internationale.



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

Dans le cadre de l'assurance de qualité des mesures industrielles, le Pôle est impliqué dans les expertises au sein des Comités Techniques du Comité Français d'Accréditation (COFRAC). Avec la Société Française de Thermique (SFT), il participe à des colloques et intervient dans des formations organisées par la SFT, ce qui a permis d'établir des opportunités de partenariat comme la participation du CEA Saclay aux JRP ou des interventions dans le cadre de formations CNRS etc. Le Pôle présente des conférences dans des congrès organisés par des organismes de la métrologie (COFRAC, CAFMET, Congrès International de Métrologie) pour sensibiliser les métrologues aux futurs changements prévus pour le SI.

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

Il existe une bonne coordination entre les objectifs amont et aval et le comité a bien apprécié le travail en équipes matricielles suivant les besoins des projets de recherche européens et internationaux.

La coordination du pôle est active et a permis de développer les connaissances et les compétences dans la thématique Température.

Les enseignants-chercheurs et les autres personnels du Pôle participent, via le CNAM, à des activités d'enseignement, activité importante dans la transmission du savoir spécifique de ces thématiques.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Le Pôle organise, cinq fois par an, des formations sur la mesure des températures en direction des industriels. Il participe aussi aux formations du CNAM et accueille des élèves ingénieurs et autres stagiaires.

Grâce aux projets européens (JRP) le pôle accueille un certain nombre de doctorants et de post-docs. Dans le cadre du nouveau programme européen EMPIR de l'EURAMET, il y aura de nouvelles opportunités de collaboration avec les universités.

Cependant, le Pôle souffre de l'absence de cadres Habilités à Diriger des Recherches (HDR). Ce serait un moyen d'intervenir de manière dynamique dans une école doctorale et d'attirer de bons doctorants.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Ce pôle a divers projets déjà décrits dans ce rapport. Tous ces projets sont structurants, pertinents et essentiels au développement de la grandeur température. Du côté valorisation, les projets auront des applications dans les laboratoires d'étalonnage et de l'industrie à moyen terme et vont répondre aux besoins sociétaux émergents.

Très probablement, le Kelvin sera redéfini dans les cinq prochaines années. La France aura une position leader dans ce domaine. Pour la réalisation et dissémination de la nouvelle définition du Kelvin et avec l'expertise acquise, le LCM sera à la hauteur des enjeux.

Le pôle a acquis une position qui lui permettra de profiter du nouveau programme EMPIR. Ce programme alliera les activités recherche à l'innovation, car il a stratégiquement anticipé ces activités avec la participation dans les JRP clé du EMRP comme les projets INK, HITEMS, NOTED, METROFISSION et METEOMET. Ces projets et les projets de l'EMPIR, dont le lancement est prévu en 2014-2015, ont un avantage financier, car ils sont rémunérés à 50% par la Commission Européenne. Ils ouvriront le Laboratoire à un réseau plus important de parties prenantes car l'EMPIR va financer aussi les universités et l'industrie.



## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte :

Le Pôle « Métrologie Thermique » est très reconnu dans le monde de la métrologie fondamentale, scientifique et appliquée. Le pôle développe des recherches originales et complexes de très haut niveau. La participation dans les projets européens et internationaux a permis d'avoir des collaborations avec des Laboratoires Nationaux de Métrologie de grand niveau comme la PTB, le NPL, le NIST, le NMIJ.

Le comité a constaté que la fusion des équipes de Paris 15ème et Trappes a permis d'atteindre une taille suffisante et une efficacité optimale dans la coordination des activités amont et aval notamment dans le développement des projets JRP. L'équipe est très motivée et constitue un groupe de chercheurs remarquables du point de vue du savoir scientifique. La constitution matricielle des équipes pour les besoins des projets de recherche européens et internationaux est un point fort.

### Points à améliorer et risques liés au contexte

L'autoévaluation de ce projet a révélé une difficulté à recruter les doctorants et les post-docs formés par l'équipe. Il a été relevé aussi qu'il n'est pas facile de trouver des doctorants ou des métrologues ayant les connaissances nécessaires pour les projets du Pôle et que les activités de recherche dans les appels à projets européens s'appuient sur des compétences qui seront longues à acquérir. Une coordination plus efficace avec les universités, notamment avec les écoles doctorales et les LNM européens est désirable et les programmes européens EMRP et EMPIR sont une opportunité à prendre en considération.

### Recommandations

La principale recommandation, pour pallier ces difficultés, serait de tenter d'augmenter le nombre de cadres HDR dans le pôle. De nombreux acteurs sont des scientifiques suffisamment brillants et expérimentés.



**Équipe 3 :** Pôle métrologie photonique et métrologie de l'énergie

**Nom du responsable :** M. Jean-Rémy FILTZ

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014	2014-2018 Nombre de produisants du projet
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	1	1	1
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	8,5	6,5	7
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	5	4,5	
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	NC	NC	
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	NC	NC	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)			
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>14,5</b>	<b>12</b>	<b>8</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014
Doctorants	5	NC
Thèses soutenues	1	NC
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	1	NC
Nombre d'HDR soutenues	1	NC
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	2	2



## • Appréciations détaillées

Les thématiques de recherche du pôle Métrologie Photonique et Métrologie de l'Énergie sont les suivantes

- Traçabilité des références en radiométrie-photométrie
- Détecteurs et sources de référence
- Métrologie appliquée aux LED
- Réflectométrie en lumière incohérente
- Propriétés optiques des matériaux
- Propriétés radiatives des matériaux
- Pouvoir calorifique supérieur (PCS) des composants du gaz naturel
- Caractérisation thermique des dépôts et couches minces.

Cette liste de thématiques s'appuie largement d'une part sur l'expérience passée des chercheurs de ce pôle dans le domaine de la métrologie et d'autre part sur une évolution naturelle vers de nouvelles demandes.

Le travail de recherche ou scientifique du pôle, mais plus généralement du LCM, dont une partie fait l'objet de cette évaluation, est le travail associé au maintien des étalons, à la diffusion dans la société civile ou industrielle des références de ces grandeurs ou l'établissement de nouvelles références faisant suite à des besoins sociétaux. Ce travail a un impact indiscutable et il est indispensable dans de nombreux domaines de la mesure. Les cibles du pôle métrologie photonique et métrologie de l'énergie sont le développement et le maintien des références nationales en radio-photométrie et pour les grandeurs thermiques. L'évaluation de la production et la qualité scientifique doivent donc prendre en compte, pour partie, ces missions de service public.

Depuis la dernière évaluation par l'AERES de février 2010, le pôle photonique et métrologie de l'énergie a fini sa relocalisation sur le site de Trappes.

Dans le cadre des propriétés thermiques des matériaux et de la photonique, le Pôle a été et est impliqué dans plusieurs programmes européens Euramet (cinq pour les propriétés thermiques des matériaux et trois pour la photonique). Le Pôle participe également, dans le cadre du groupement Européen de recherche gazière, au développement de calorimètre de référence ou en collaboration avec d'autres acteurs mondiaux à une étude visant à comparer des méthodes de mesure transitoire et périodique pour la détermination de la conductivité thermique et de la diffusivité thermique d'un poly(méthylmetacrylate).

Le pôle a naturellement été amené à piloter et à participer à de très nombreuses comparaisons internationales (18 sur la période d'expertise).

Il a aussi participé avec succès à des appels d'offres nationaux proposés par l'ANR (2 projets) ou l'ADEME (3 projets).





### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

L'appréciation de la production et de la qualité scientifique a été faite sur la base de données ISI WEB of Science de Thomson et Reuter. Seuls les articles publiés dans journaux indexés et ayant un Impact Factor établi ont été retenus pour effectuer cette appréciation.

Sur la période 2007 à mi-2012, l'analyse de la production scientifique du pôle de photonique et métrologie de l'énergie indique un nombre de publications indexées de 36. Ceci conduit à un taux de publications par personne et par an de 0,75. Ce chiffre est un peu supérieur au taux minimal fixé par l'AERES (0,5 publications par personne et par an). Environ ¼ des personnels du pôle a un taux de publications supérieur à 1,33 par personne et par an. Une grande partie des publications ont été réalisées dans les revues Metrologia et International Journal of Thermophysics dont le facteur d'impact moyen sur la période d'évaluation est respectivement de 1,75 et 0,953. Le facteur moyen des publications de ce pôle est de 1,2, ce qui est dans la norme des revues dédiées au monde de la métrologie.

### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Comme l'ensemble des pôles de cette unité de recherche, le pôle de photonique et métrologie thermique a un rayonnement certain au niveau de la métrologie européenne via son implication dans les actions de recherche de l'European Metrology Research Programme (EMRP, <http://www.emrponline.eu/>). Durant la période 2007-2012, le pôle de métrologie photonique et de l'énergie a participé ou a pris le leadership dans 8 Joint Research Programs au niveau international, plusieurs nouveaux programmes de recherche sous la forme de JRP vont débiter en 2013.

Par ailleurs, comme ceci est souligné dans les résultats et l'auto-évaluation de l'unité, au niveau national le pôle représente la France dans l'ensemble des instances internationales (Europe et hors-Europe) de recherche en métrologie (Comité Consultatif de Photométrie-Radiométrie (CCPR) et Comité Consultatif de Thermométrie, tous deux auprès du Comité International des Poids et Mesures (CIPM), Comité Technique Européen de métrologie en Photométrie-Radiométrie (Euramet TC-PhoRa), Comité Technique Européen de métrologie en Qualité (Euramet TC-Q), Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)) ainsi qu'au sein des principaux organismes de normalisation internationaux (ISO, CEN, CIE). Son implication nationale s'exprime au travers des instances de normalisation (AFNOR, UTE, etc.) et d'accréditation (COFRAC).

Enfin au travers d'un programme collaboratif européen, le Pôle a contribué à la formation en radiométrie et pyrométrie de chercheurs du laboratoire serbe de métrologie (appel d'offres de European Aid Program pour la Serbie) en 2009.

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

Les missions du pôle métrologie photonique et de l'énergie l'amènent naturellement à interagir avec le milieu social et industriel français. Le nombre de thèses CIFRE reste cependant faible (1 pendant la période de l'expertise). Le pôle s'est aussi largement investi dans la mise en place de plateformes qui sont accessibles notamment aux partenaires identifiés par des travaux antérieurs. On notera plus particulièrement la plateforme MATIS relative à la détermination des propriétés thermiques et optiques des matériaux, la plateforme apparence et Led's, la plateforme de moyens de caractérisation de la rugosité de surface, le banc entièrement automatisé pour le raccordement aux étalons nationaux des pyromètres optiques, avec l'extension des possibilités d'étalonnage jusqu'à 3000°C. Il est cependant dommage que les différentes réalisations du pôle n'aient pas donné lieu à des dépôts de brevet.

Le personnel du pôle participe au rayonnement du Club Laser et Procédés. Il a aussi contribué à la diffusion de la science de la mesure vers le grand public notamment au travers de l'accueil de tournages d'émissions TV (« C'est pas sorcier », Etc.). Enfin, il participe à l'écriture de chapitres de livre ou d'ouvrages de vulgarisation (« Le rendu des couleurs des diodes électroluminescentes (LED) » en 2010 et « Mesures de conductivité thermique à haute température » en 2011), ou de rapports scientifiques lors de comparaisons internationales ou de rapports sur des contrats européens.



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

Depuis la dernière évaluation par l'AERES en 2010, toutes les activités de recherche du pôle métrologie photonique et de l'énergie sont localisées sur le site de Trappes. Lors des entretiens avec les chercheurs et les ingénieurs, le comité a pu constater que l'unification des activités du pôle a eu des effets bénéfiques dans la communication et la mise en commun du matériel de recherche et des compétences. Comme signalé lors des présentations pendant la visite, un conseil de laboratoire devrait être opérationnel en juin, ce qui va accélérer l'organisation de l'animation de la vie scientifique du laboratoire et, en conséquence, du pôle photonique et de l'énergie. Dans l'état actuel, l'organisation du pôle est largement orientée par les missions de recherche et de diffusion imposées par les JRP et projets européens.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Le CNAM et le LNE, établissements de tutelle du LCM, sont impliqués dans la formation continue tant au niveau master que doctoral. Comme annoncé dans les exposés, le LCM n'a pas d'école doctorale (ED) propre d'une manière stable (plusieurs changements d'ED durant ces 5 dernières années) mais s'appuie sur des ED d'autres établissements de l'enseignement supérieur dans le cadre de thèses en codirection. Le pôle de métrologie photonique et de l'énergie a des collaborations avec l'ENS Cachan, le Muséum d'Histoire Naturelle, l'Université de Bordeaux et l'Université de Gand.

On peut remarquer que malgré un effort (une soutenance de HDR récente), le taux d'encadrement doctoral du Pôle est faible (2 HDR) et doit nuire à l'attractivité des doctorants.

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le pôle métrologie photonique et de l'énergie joue un rôle important au niveau national et européen. Les thématiques du pôle ouvrent des perspectives intéressantes dans des domaines stratégiques pour l'industrie française et plus généralement européenne notamment dans l'automobile, le bâtiment, le nucléaire, le spatial, et la défense. Il est pionnier dans la métrologie de la perception. Enfin, le pôle est aujourd'hui doté d'une batterie d'outils qui lui permettent d'être un interlocuteur de choix dans ces domaines. Comme cela a été souligné lors de la présentation du projet, la stratégie du pôle métrologie photonique et de l'énergie est en adéquation avec l'évolution des projets européens planifiés par des feuilles de route. Les projets européens ont mobilisé et continueront donc à mobiliser une partie importante des ressources humaines du pôle. Dans le projet à cinq ans, trois axes de développement centrés autour des besoins industriels (apparences des sources et des objets), sociétaux (SolarUV et MetEOC) et de la métrologie fondamentale (NEWSTAR) ont été proposés. Ils s'appuient largement sur les outils et les expertises du pôle. Cependant, la stratégie présentée devra s'adapter et si possible apporter des réponses aux faiblesses soulignées : taille sous-critique et synergie des équipes, faible attractivité vis-à-vis des doctorants et post-doctorants, faible taux de publications. Une partie de la solution concernant l'attractivité vis-à-vis des doctorants viendra peut-être du rattachement du LCM à l'ED STI regroupant le CNAM, l'ENSAM et les Mines Paristech. Cependant, le pôle doit veiller à maintenir, via ces différentes plateformes et compétences, une ouverture sur d'autres ED.



## Conclusion

### Points forts et possibilités liées au contexte

Le pôle de métrologie photonique et de l'énergie a un rôle indéniable dans le développement et le maintien des références nationales en radio-photométrie et pour les grandeurs thermiques. Il a su développer des plateformes et des thématiques originales et complexes. Il dispose maintenant sur un site unique d'une large palette d'outils et de plateformes qui lui permettent d'avoir une visibilité internationale notamment au niveau européen. Son implication dans les programmes de recherche européens (JRP, EURAMET) est importante. Sa stratégie est en très bonne adéquation avec l'évolution des projets européens. Le Pôle dispose donc d'atouts évidents.

### Points à améliorer et risques liés au contexte

Cependant, le taux de publications du Pôle reste trop faible, il n'est pas en adéquation avec son potentiel. Ceci nuit, pour partie, à sa visibilité à l'échelle nationale et internationale. Le nombre d'étudiants formés, de post-doctorats accueillis et de brevets déposés reste trop faible vis-à-vis du potentiel du pôle.

### Recommandations

Ces observations engendrent des recommandations ou des questionnements pour permettre à ce pôle d'atteindre un statut scientifique adéquat et une visibilité scientifique pérenne :

- Il faut revoir les conditions d'accès au statut de permanent et faire apparaître le statut d'associé.
- Les JRP mobilisent une part importante du temps du personnel du pôle autour de la mise en place et de la gestion de ces projets. Ce problème dépasse le seul cadre de l'équipe et du LCM, mais nécessite une réflexion sur la gestion des ressources humaines.
- Dans le cadre de l'ouverture du programme EMPIR aux autres partenaires de la recherche, il faut sûrement profiter de cette possibilité pour ouvrir des collaborations avec des laboratoires académiques pour lesquels la politique de publications est un enjeu crucial.
- Il faut inciter une partie du personnel à s'engager dans le passage d'une habilitation à diriger des recherches, habilitation dans laquelle les RICL sont largement pris en compte.
- Il faut informer le personnel des us et coutumes du « monde de la recherche internationale » (IF, IP, revue indexée, base de données...) afin qu'ils acquièrent les bons réflexes en recherche (brevet puis article dans revue indexée puis conférence ou rapport).
- Il est important de publier en grande partie les résultats associés aux rapports scientifiques des JRP. Ces rapports sont en effet mis dans le domaine public sans qu'ils ne soient pris en compte dans la production scientifique.
- Il faut mettre en place davantage de partenariats avec le milieu industriel au travers de bourses CIFRE. Tout en facilitant la transmission des savoir-faire, ceci améliorera l'accueil de nouveaux doctorants et incitera le dépôt plus fréquent de brevets par le Pôle.



**Équipe 4 :** Projet « Balance du watt »

**Nom du responsable :** M. Gérard GENEVES

**Effectifs**

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014	2014-2018 Nombre de produisants du projet
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés	0,5	0,5	1
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	3,5	3,5	4
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	1,5	1	
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	NC	NC	
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)	NC	NC	
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)			
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>5,5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

Effectifs de l'équipe	Nombre au 30/06/2012	Nombre au 01/01/2014
Doctorants	1	
Thèses soutenues	2	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	NC	
Nombre d'HDR soutenues	0	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	1	1



## • Appréciations détaillées

La « balance du watt » (BdW) est un appareil avec lequel la valeur de la constante de Planck,  $h$  peut être déterminée d'une manière précise. Dans le Système International (SI),  $h$  a l'unité  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$ . Afin d'atteindre une évaluation de  $h$  avec une incertitude de quelques  $10^{-8}$ , l'appareil est constitué d'un assemblage de plusieurs modules critiques. Quand la BdW fonctionne normalement, la valeur de  $h$  lie les observations suivantes : la masse du poids posé sur le plateau de la balance, deux tensions, une résistance, une vitesse et la pesanteur gravitationnelle à la position du poids. Les mesures des tensions et de la résistance sont déterminées par rapport aux phénomènes quantiques : effets Josephson et Hall quantique. Les autres grandeurs sont traçables aux définitions SI du mètre et de la seconde. Enfin, pour la masse, sa valeur est traçable à la définition SI du kilogramme : la masse d'un objet fabriqué et mis en service en 1889, le prototype international du kilogramme.

Dans un premier temps la BdW mesure la valeur de  $h$ . Plus tard, quand la valeur de  $h$  sera connue suffisamment bien, la Conférence générale des poids et mesures va définir la valeur de  $h$  (comme elle a défini la valeur de la vitesse de la lumière en 1983). Le kilogramme aura une nouvelle définition via les constantes de la physique. La valeur de la masse posée dans le BdW sera connue ainsi. A ce stade, la BdW sera une « réalisation primaire » de la nouvelle définition du kilogramme et elle sera capable de fournir les étalonnages des étalons primaires de masse. L'ancien prototype international, toujours conservé au BIPM, deviendra un étalon secondaire.

Ces changements sont d'une importance historique, pour la métrologie mondiale. Cependant, ce programme de recherche ne réussira pas sans un nombre suffisant de BdW pour assurer la fiabilité de la valeur choisie de  $h$  et donc de la nouvelle définition du kilogramme. Parmi les pays européens, il n'y a que la France et la Suisse qui travaillent, actuellement, sur les BdW. Le Comité international des poids et mesures (CIPM) et ses comités consultatifs (CC), surtout les CC pour la Masse et grandeurs apparentées (CCM) et pour les Unités (CCU) attendent la réussite de ces expériences. De même, ce travail est suivi par le Task Group on Fundamental Constants du CODATA. La progression de la BdW française a été exposée dans des congrès et le compte rendu des travaux inclus dans les comptes rendus des BdW. Ces travaux seront, sûrement, très importants pour un large public après la mise en place de la nouvelle définition du kilogramme. Durant la phase actuelle du développement de la BdW française, la participation aux congrès et la préparation d'articles écrits est dans la moyenne internationale.

Pour avancer dans ce travail préparatoire à la nouvelle définition du kilogramme, le LCM est impliqué dans plusieurs collaborations européennes dans le cadre des JRP organisés par l'Euramet. A noter :

- « e-mass », déjà terminé, avec la responsabilité de la coordination.
- kNOW, avec le « Work Package » (WP) sur les expériences BdW, piloté par le responsable du pôle BdW.

Ce JRP cherche à fusionner le travail de la méthode BdW avec celui d'une deuxième méthode complémentaire : X-ray crystal density (XRCD).

- NEWKILO. Ce JRP cherche à résoudre des problèmes attendus pour la dissémination du kilogramme après sa nouvelle définition. Un WP se propose de sélectionner le meilleur matériau pour le poids à utiliser dans une BdW. Ce WP est piloté par un membre du LCM qui travaille à temps partiel sur la BdW.

### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

En ce qui concerne la production scientifique, sur la période 2007-mi 2012, l'analyse du pôle BdW fait apparaître un nombre de publications indexées de 12, ce qui donne un taux de publication autour de 0,56 publication par personne et par an. Ce taux de publication est faible, mais on doit ici tenir compte de la durée et de l'ambition de ce programme (voir remarques aux paragraphes suivants).



### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

- Plusieurs membres de l'équipe « BdW » participent au travail des Comités consultatifs et aux Groupes de travail du CIPM.
- En 2010, le Prix de la Recherche du LNE a été accordé à 2 membres du pôle BdW.
- Certains modules du BdW sont intéressants au-delà de cette expérience. Par exemple, le gravimètre à atomes froids qui a été mis au point par le LNE-SYRTE, et qui se trouve, actuellement, à Trappes. Cet instrument est capital pour les géophysiciens. Un deuxième exemple est un appareil innovant pour contrôler l'homogénéité des champs magnétiques dans l'entrefer de l'aimant de la BdW. Il a été le sujet d'un article publié en 2012 dans *Sensors and Actuators A*.
- Des membres de l'équipe « BdW » qui sont à temps partiel travaillent à St-Denis et Paris 15<sup>ème</sup> sur la conception d'un poids parfaitement adapté aux besoins de la BdW française. Ils étudient comme matière candidate, l'Iridium pur. Le LCM est un leader dans cette recherche qui est suivie avec intérêt en Europe et mondialement.

En dépit de ces réussites, le projet « BdW » devrait profiter de renforts en personnel, pas forcément à plein temps afin de finaliser cette étude au plus tôt. Les possibilités offertes par les JRP Européens et le nouveau programme EMPIR pourront peut-être fournir ce potentiel humain. Il est à noter qu'au-delà d'Euramet, la France et la Suisse ont des collaborations fructueuses.

Une fois l'incertitude cible atteinte, il y aura davantage de possibilités pour réaliser des publications et mettre en place des collaborations.

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

Des conférences dans des congrès organisés par des organismes de la métrologie (Cofrac, CAFMET, Congrès international de métrologie) ont été réalisées pour sensibiliser les métrologues aux futurs changements prévus pour le SI et pour présenter le rôle tenu par la France. Des membres de l'équipe « BdW » ont des liens durables avec le Cofrac. Malgré le fait que la BdW est de la recherche amont, l'équipe ne néglige pas sa mise en application dans l'étalonnage des étalons de masse.

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

Le travail en équipe entre Trappes, Paris et St-Denis fonctionne bien. Il y a plusieurs travaux qui se déroulent en parallèle. C'est une réussite.

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Le pôle a formé 5 personnes par la recherche (y compris 3 post-doctorants) et assure aussi l'encadrement annuel de 10 ingénieurs CNAM. Dans EMPIR (prochaine collaboration Européenne organisée par l'EURAMET) il y aura des possibilités de collaboration avec des universités.

Néanmoins, le Pôle ne dispose que d'un seul cadre Habilité à Diriger des Recherches (HDR). Une augmentation du nombre de HDR permettrait d'amplifier le recrutement de doctorants et les interventions dans une école doctorale.



## Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Bien que la BdW ait ses origines au NPL (Royaume Uni) en 1975, le projet « BdW » français n'a jamais eu comme objectif de copier l'appareil déjà construit. Le but était de trouver des solutions innovantes et de profiter des expertises qui existent en France au LCM mais aussi dans d'autres laboratoires : LNE-SYRTE, ENSAM Lille, ENS Cachan et LGEP, LILS Université de Versailles.

Le Projet « BdW » est bel et bien au milieu de sa Phase 1. Actuellement, l'incertitude est estimée à  $1 \times 10^{-7}$  pour la mesure de la constante de Planck,  $h$ . Le projet a connu son premier succès (mesure correcte de  $h$  compte tenu de son incertitude) et son premier échec (vibrations trop grandes pour atteindre l'incertitude espérée). Un travail important reste à faire pour étudier ces vibrations et les éliminer. Ce travail est en cours. Dans la Phase 2, (incertitude cible de  $5 \times 10^{-8}$ ), des collaborations importantes et fructueuses avec des équipes au Canada, aux USA et, éventuellement, dans d'autres pays en Europe et dans le monde seront possibles. Il y a bien sûr un risque que les vibrations soient très difficiles à maîtriser. Mais les problèmes expérimentaux rencontrés sont normaux dans le développement d'un appareil de ce genre.

Il y a une possibilité réelle que le kilogramme soit redéfini dans les cinq prochaines années. La France possèdera alors une des deux BdW en Europe qui seront capables de réaliser la nouvelle définition du kilogramme à une incertitude maîtrisée. Avec l'expertise acquise, il est possible d'envisager une version commerciale de l'expérience avec un partenaire industriel. Plusieurs pays ont déjà eu cette idée.

Cependant, il sera nécessaire à l'avenir de réaliser la nouvelle définition du kilogramme ponctuellement car il ne suffit pas de mesurer  $h$  avant cette dernière (même s'il est nécessaire d'avoir une mesure solide de  $h$ ). Dans tous les cas, il va falloir réaliser et disséminer la nouvelle définition du kilogramme. C'est le point fort du LCM qui a déjà anticipé ce travail comme indiqué dans sa participation dans la JRP NEWKILO.

Il est à noter que certains pays commencent leurs propres projets BdW avec peu d'espoir de contribuer à la définition de la valeur de  $h$  avant la nouvelle définition du kilogramme. Pour eux, il suffit de réaliser la nouvelle définition.

## Conclusion

Le choix de lancer le projet « BdW » en France, et de l'inclure comme un pôle du LCM était judicieux. Il est important pour la France et l'Europe d'avoir une BdW, ou éventuellement deux, avec celle de la Suisse pour la nouvelle définition du kilogramme. Pour le LCM, le projet « BdW » profite des expertises à Trappes, Paris et St-Denis.

La date de la nouvelle définition reste incertaine et dépend du progrès des laboratoires et dans les comités internationaux. Un délai de trois à cinq ans semble accepté par les experts pour obtenir la nouvelle définition du kilogramme. L'arrivée dans les trois prochaines années de la nouvelle définition pourrait représenter un risque pour le projet « BdW », car le LCM souhaiterait contribuer à la valeur pondérée de  $h$  avant l'apparition de cette nouvelle définition.

L'auto-évaluation de ce projet a révélé une difficulté de retenir les thésards et les post-docs formés par l'équipe. Les possibilités de collaborations avec les universités dans le cadre du programme EMPIR seront utiles à ce projet. Le manque de cadres HDR peut aussi contribuer à améliorer ce point.

Pour le travail scientifique/métrologique, il y avait un risque que les modules individuels de la BdW fonctionnent correctement, isolément, mais que leur assemblage ne fonctionne pas d'une manière optimale. En effet, des vibrations imprévues limitent l'exactitude des mesures actuelles. Evidemment, il faut relever ce nouveau défi le plus tôt possible, le travail a déjà commencé dans ce sens.



## 5 • Déroulement de la visite

La visite s'est déroulée les 14 et 15 Février 2013. Elle a débuté au LNE (Paris 15) par des exposés généraux et par la visite du pôle métrologie mécanique. Des rencontres avec l'ensemble des personnels ont eu lieu sur ce même site.

Le lendemain matin, le comité s'est rendu sur le site CNAM de Saint-Denis pour la visite du pôle métrologie thermique, puis a terminé l'après-midi au LNE de Trappes, avec une visite du pôle énergétique et rayonnement et du projet Balance du Watt.

Les documents envoyés aux membres du comité d'experts complétés par les documents remis lors de la visite ont permis un bon déroulement de l'évaluation. La présentation globale faite par l'équipe de direction (directeur scientifique et directeur opérationnel) a permis au comité d'appréhender les enjeux de ce projet de laboratoire et les activités scientifiques des différentes équipes. L'ensemble des présentations ont été de très bonne qualité et se terminaient systématiquement par un transparent bilan sur les effectifs, la production scientifique détaillée et les points forts, points faibles estimés.

### Agenda du Comité d'Evaluation: les 14 et 15 Février 2013

#### J1 Site de Paris 15

9h	Accueil et réunion du Comité à huis clos
9h35	Ouverture, Bilan scientifique (exposé & discussion)
10h30	Pause
10h45	Activités et projets du Pôle métrologie mécanique (exposé et discussion 2x25 min)
11h35	Visite du pôle métrologie mécanique (1 ou 2 parcours)
12h35	Déjeuner et rencontre avec les tutelles
13h45	Projet scientifique (exposé & discussion 2x25 min)
14h35	Avancées et perspectives du projet Balance du watt (exposé et discussion 2x20 min)
15h15	Pause
15h45	Rencontres avec les personnels (30') et les doctorants (30')
16h45	Réunion du comité à huis clos
17h45	Transfert à l'hôtel

#### J2 Site de La Plaine Saint Denis puis site de Trappes

8h15	<i>Option : récupération à l'hôtel</i>
9h	Accueil à Saint-Denis et rencontre avec la direction du laboratoire
9h30	Activités et projets du pôle métrologie thermique (exposé et discussion 2x25 min)
10h20	Pause
10h35	Visite du pôle métrologie thermique, (2 parcours)
11h40	Transfert sur le site de Trappes
12h40	Déjeuner (plateau repas à huis clos)
13h40	Activités et perspectives du pôle métrologie photonique et de l'énergie (exposé et discussion 2x25 min)
14h30	Visite du pôle et de la Bw, (2 parcours)
15h35	Huis clos du comité
16h35	Fin du comité





## 6 • Statistiques par domaine : ST au 10/06/2013

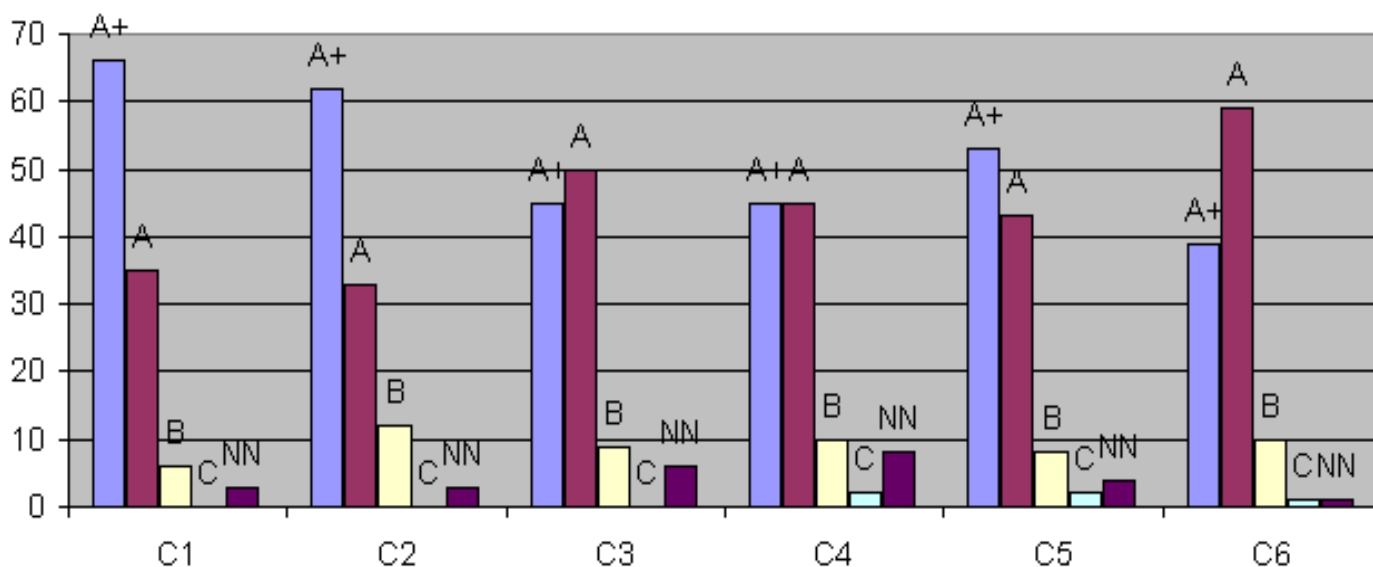
### Notes

Critères	C1 Qualité scientifique et production	C2 Rayonnement et attractivité académiques	C3 Relations avec l'environnement social, économique et culturel	C4 Organisation et vie de l'entité	C5 Implication dans la formation par la recherche	C6 Stratégie et projet à cinq ans
A+	66	62	45	45	53	39
A	35	33	50	45	43	59
B	6	12	9	10	8	10
C	0	0	0	2	2	1
Non Noté	3	3	6	8	4	1

### Pourcentages

Critères	C1 Qualité scientifique et production	C2 Rayonnement et attractivité académiques	C3 Relations avec l'environnement social, économique et culturel	C4 Organisation et vie de l'entité	C5 Implication dans la formation par la recherche	C6 Stratégie et projet à cinq ans
A+	60%	56%	41%	41%	48%	35%
A	32%	30%	45%	41%	39%	54%
B	5%	11%	8%	9%	7%	9%
C	0%	0%	0%	2%	2%	1%
Non Noté	3%	3%	5%	7%	4%	1%

Domaine ST - Répartition des notes par critère





## 7 • Observations générales des tutelles

Evaluation AERES du Laboratoire commun de métrologie LNE-CNAM  
(EA n° 2367 - LCM)  
Réponse du Cnam  
Volet général

Le CNAM et le LNE, établissements de tutelle du Laboratoire commun de métrologie LNE-CNAM (EA n° 2367 - LCM) remercient le comité de visite et l'AERES pour le rapport très complet effectué et pour l'appréciation très positive donnée sur le regroupement des équipes en pôles thématiques sur les trois sites du LCM, désormais achevé. Ils réaffirment leur engagement de maintenir résolument leur soutien dans la durée au LCM.

Ils notent avec satisfaction que, dans les domaines de la métrologie thermique, mécanique, ou photonique et de l'énergie, comme pour le projet de la balance du watt, le comité a apprécié la qualité du positionnement international du laboratoire et la capacité de rayonnement de ses actions, notamment en Europe; la pertinence de nos projets et réalisations vis à vis des besoins du tissu industriel, économique et sociétal et de la formation professionnelle (conformément au plan de développement à moyen terme de la métrologie française que pilote le LNE) a également été soulignée lors de la visite.

Les établissements partagent avec le comité le souci de voir rapidement finalisés : \* d'une part le rattachement pérenne à une école doctorale pertinente tout en maintenant la capacité d'ouverture du LCM à d'autres écoles disciplinaires ; ce sujet est aujourd'hui très avancé : aval du Conseil de l'ED SMI 432 obtenu, mise en place du nouveau périmètre pour présentation au ministère et préparation en cours de l'évaluation AERES de l'ED) ;

\* d'autre part la mise en place des structures de participation interne (conseil de laboratoire, comité d'animation scientifique conformément à un règlement intérieur du LCM déjà établi).

Ils s'engagent en ce sens. Ils ont bien noté qu'un accroissement du nombre de personnels HdR et qu'une participation renforcée dans la formation initiale (masters) faciliteront l'accueil de doctorants.

Le CNAM et le LNE prennent acte de l'avis mesuré donné sur le niveau des publications. Ils regrettent que la *Revue française de métrologie*, vitrine scientifique de la métrologie française, pourtant reconnue par l'INIST, ne figure pas pour l'AERES au nombre des journaux éligibles. En effet le transfert vers les PME françaises (qui est une priorité du Ministère du redressement productif qui finance la métrologie française) a besoin d'une revue de langue française en métrologie et la *Revue française de métrologie* est le seul canal scientifique. Ils engageront un plan d'actions pour accroître l'impact des recherches dans les revues plus académiques, sans toutefois sacrifier la participation du laboratoire aux colloques spécialisés et aux groupes de travail internationaux : ces réunions sont l'une des clefs de la reconnaissance des compétences et permettent au LCM de prendre toute sa part au sein des programmes européens.

Le comité propose des pistes pour mieux identifier, au sein des personnels du laboratoire, d'un côté les acteurs principaux de la recherche et d'un autre côté les agents aux travaux et responsabilités davantage orientés vers le management ou l'activité de service; les établissements peuvent, dans le respect des statuts de chacun, prolonger la réflexion sur ce point... Cependant l'essence même du projet de constitution du LCM est de favoriser la

perméation entre activités d'étalonnage, d'expertise, de formation et de recherche au sein même de chacun des départements des pôles thématiques du laboratoire afin d'assurer une fertilisation croisée des compétences et une prise de conscience partagée des enjeux. Ne pas figer les postes semble donc très important.

Le 30 avril 2013

La Directrice de la recherche

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Clotilde FERROUD', written over a horizontal line.

Clotilde FERROUD