

# Coopération technique internationale

## *International technical co-operation*

### 1. EURAMET, une année d'existence

En 2007, après vingt années d'existence, EUROMET, l'association des laboratoires nationaux de métrologie en Europe, s'est transformée en entité légale, sous loi allemande, pour devenir EURAMET e.V.

Le LNE a organisé la première assemblée générale d'EURAMET, qui s'est tenue à Marseille, en juin 2008. Les discussions ont tourné autour de l'ensemble des projets initiés dans le cadre d'EURAMET, mais plus particulièrement sur la mise en œuvre du programme européen de recherche en métrologie (EMRP – *European Metrology Research Programme*), dans le cadre de programmes financés par l'Union européenne, d'abord via un programme iMERA-Plus, et dans un deuxième temps dans le cadre d'un Article 169, qui devrait être voté en 2009.



Le Président d'EURAMET, Michaël Kühne, et le Président de l'EMRP, Luc Erard, Marseille, juin 2008

Actuellement 33 pays sont membres d'EURAMET, et 22 pays participent à l'EMRP. Toutes les informations complémentaires sont disponibles sur le site internet d'EURAMET : [www.euramet.org](http://www.euramet.org).

### 2. iMERA-Plus et Article 169

Une première partie du programme européen de recherche d'EURAMET a été financée par la Commission européenne, dans le cadre d'un programme spécifique iMERA Plus, pour un budget de 21 M€.



Sur les vingt et un projets communs de recherche sélectionnés (JRP – *Joint Research Projects*), sur quatre thématiques (métrologie pour la santé, la redéfinition du SI et la métrologie fondamentale, métrologie dimensionnelle et métrologie électrique), la France est engagée sur quatorze projets dans toutes les thématiques. Ces projets ont tous débutés avec succès, et des résultats scientifiques et techniques seront présentés au 14<sup>e</sup> Congrès international de métrologie à Paris.

La deuxième étape est la préparation de l'appel qui va être émis en 2009, si l'Article 169 est signé, dont le sujet sera « la métrologie et l'énergie ».

### 3. Programme « échanges de chercheurs »

Dans le cadre du pilotage de la métrologie française, un budget spécifique est dédié aux échanges de chercheurs entre les LNM (laboratoires nationaux de métrologie) français et étrangers.

Les objectifs sont de plusieurs ordres :

- confirmer la compétence des chercheurs des LNM français par des missions à l'étranger (en particulier les plus « nouveaux » chercheurs) ;
- proposer l'expertise de nos LNM à nos homologues étrangers ;
- accueillir des chercheurs étrangers qui ont des compétences spécifiques pour des expériences développées dans le cadre du programme national de métrologie, et qui viennent en soutien des équipes ;
- développer des instrumentations spécifiques d'intérêt commun.

En 2008, les deux tiers des sujets de coopérations ont concerné les domaines des rayonnements ionisants et de la métrologie des températures. Les activités relatives à ces collaborations sont décrites ci-après.

### 3.1. Rayonnements ionisants

Le problème des spectres des émissions bêta est que seules les émissions permises et interdites uniques sont calculables sans trop de difficultés. Il n'en est pas de même des émissions interdites où le calcul s'avère très difficile. Une étude faite en 2004 avait eu pour objet de rassembler les publications concernant la mesure des facteurs de forme des spectres des émissions bêta. D'un autre côté il existe une demande, venant des utilisateurs, pour une meilleure connaissance de ces émissions (utilisation du rayonnement bêta dans le milieu médical, codes de simulation et autres modèles d'interaction rayonnement-matière, etc.). Le séjour de Viatcheslav Gorojankine, du JINR-Russie, au LNE-LNHB, a permis de rassembler les diverses études et programmes déjà réalisés dans divers organismes, de faire une synthèse afin d'identifier la moins approximative de ces études.

Dans le cadre de la dosimétrie des rayonnements ionisants en particulier pour la radiothérapie, le LNE-LNHB utilise comme dosimètre l'alanine associée à des mesures par Spectrométrie par Résonance Electronique (RPE). Depuis longtemps, cet acide aminé est utilisé de manière courante pour des mesures allant de quelques dizaines à plusieurs milliers de grays. La collaboration scientifique engagée en 2007, avec Min Lin du CIAE (*China Institute of Atomic Energy*) en Chine, s'est poursuivie en 2008, le LNE-LNHB souhaitant développer cette technique afin de pouvoir proposer un moyen de contrôle adapté des faisceaux utilisés dans ce domaine notamment pour la tomothérapie, contrôle qui nécessite d'obtenir des incertitudes de mesure inférieures à 2 %.

En spectrométrie, deux sujets ont été développés :

- en spectrométrie X, une collaboration avec Tibor Papp, de l'INR en Hongrie (*Institute of Nuclear Research*) pour le développement d'un module de traitement digital du signal (DSP) spécifiquement adapté aux spectromètres X, et en particulier pour assurer la qualité des comptages associés à SOLEX et à la ligne de métrologie sur SOLEIL ;
- en spectrométrie  $\alpha$ , une collaboration avec Eduardo Garcia-Torano du CIEMAT, en Espagne pour une requalification et une optimisation des installations de mesure d'activité et de spectrométrie alpha.

La Slovaquie a souhaité à plusieurs reprises participer aux programmes européens et établir des collaborations avec un laboratoire mettant en œuvre des méthodes primaires de mesure d'activité et réalisant des mesures de radio-pharmaceutiques émergents. Par ailleurs, le SMU est capable de produire ces nucléides grâce à un cyclotron situé non loin de leur institut. Une formalisation de sujets communs de coopération a été établie avec Anton Svec, pour des études futures avec le LNE-LNHB.

Une collaboration entre le KIP (*Kirchhoff-Institut für Physik*), en Allemagne et l'équipe de Martin Loidl et Matias Rodrigues du LNE-LNHB s'est poursuivie en 2008 pour une étude d'une nouvelle méthode de mesure d'activité par bolométrie, ceci afin de diminuer

l'incertitude d'un facteur 3 sur les données atomiques et nucléaires. Cette collaboration porte plus particulièrement sur la conception d'un bolomètre d'une surface plus grande d'un facteur deux ; ce qui implique d'utiliser, pour la lecture du signal, une structure en méandre par photolithographie développée à Heidelberg. Des mesures d'activités ont ensuite été réalisées au LNE-LNHB avec cette nouvelle instrumentation.

### 3.2. Température

Dans les domaines principalement de l'aérospatial, du nucléaire ou des industries travaillant dans le domaine de la défense, de nombreuses applications requièrent des fours à très hautes températures autour de 1 000 °C. De nos jours de nombreux matériaux sont aussi élaborés à des températures allant jusqu'à 10 000 °C. Un contrôle et une bonne maîtrise des températures sont donc essentiels pour des questions de coûts, d'environnement, et de consommation énergétique. Dans ce domaine, les mesures sont généralement effectuées à partir de thermocouples étalonnés à partir de points fixes. Il n'existe pas de points fixes au-dessus du point du cuivre (1 084 °C) pour effectuer des étalonnages et en conséquence les incertitudes de mesure sont beaucoup plus importantes. Une collaboration scientifique a été engagée avec Hideki Ogura du NMIJ au Japon et le LNE/DMSI début 2007, pour des recherches sur des eutectiques métal-carbone et sur les fours spécifiques nécessaires à ces études, dont un de conception japonaise. Cette collaboration de plus d'une année, s'est poursuivie en 2008 et devrait permettre des avancées conséquentes pour ce domaine des hautes températures.

De même, afin d'améliorer et d'optimiser les méthodes de remplissage et la mise en œuvre des cellules Co-C, Pt-C et Re-C, Frédéric Bourson du LNE-INM a été réalisé un remplissage de cellule dans les locaux du NMIJ. Une comparaison des cellules réalisées avec les méthodes et moyens du LNE-INM à une cellule du NMIJ a été effectuée. De nouvelles collaborations sont envisagées, notamment autour de nouveaux points péritectiques métal-carbone.

Le projet de la re-détermination de la constante de Boltzmann par voie acoustique est fondé sur des mesures de fréquences de résonance acoustique et électromagnétique. Jim Mehl, Etats-Unis d'Amérique, a développé un modèle permettant de modéliser les corrections électromagnétiques au deuxième ordre des perturbations dues à la non-sphéricité d'une quasi sphère et ce, à l'occasion de son précédent voyage en France, en 2007. La collaboration s'est poursuivie avec le LNE-INM sur les questions d'interaction acoustique fluide - structure entre la sphère et le gaz.

Par ailleurs, sur le même sujet, et afin de pouvoir atteindre l'objectif d'une incertitude totale de l'ordre de  $1 \cdot 10^{-6}$  sur la constante de Boltzmann, de nombreux petits effets sont à prendre en compte. L'un d'entre eux est l'effet des microphones acoustiques. En effet les microphones ont été étudiés et caractérisés dans l'air et à la pression atmosphérique. Or ils sont utilisés dans une

gamme de pression de 0,05 MPa à 0,7 MPa et sous hélium. Une étude spécifique sur ces microphones a été effectuée par Cécile Guianvarc'h du LNE-INM en collaboration avec l'INRIM.

Le NIS a sollicité le LNE-INM pour asseoir ses incertitudes dans le domaine des hautes températures et améliorer sa réalisation de l'EIT. M. Mohammed Ali, du NIS, Egypte, a effectué une comparaison des réalisations effectives d'instrumentations, basée sur trois éléments : un pyromètre de référence, un point fixe de cuivre transportable et des points eutectiques (limités à 1 500 °C). Le raccordement du NIS au LNE-INM dans ce domaine pourra être envisagé par le biais du point fixe du cuivre.

Le LNE-INM développe un dispositif complet associant une cellule point fixe nouvelle génération à l'enceinte thermique particulière dédiée au point d'argon. La régulation de température se fait au travers d'une régulation de pression sur un bain d'azote liquide. La venue de Miruna Dobre du SMD, Belgique, a permis de finaliser les premiers essais de régulation en pression et d'associer une cellule thermométrique à l'enceinte pour un premier essai de réalisation de transition de phase par une méthode adiabatique.

Le VNIIM, Russie, dispose d'une expérience incontestée dans le domaine des mesures de pouvoir calorifique de gaz combustibles, avec notamment le développement d'un calorimètre de référence isotherme. Elena Korchagina, travaille également dans le domaine de la caractérisation de propriétés thermiques des matériaux (conductivité thermique notamment). Cette collaboration avec le LNE/DMSI a permis d'échanger sur les mesures de pouvoir calorifique des gaz et les biocarburants, en particulier.

Le CEM, Espagne et le LNE-INM travaillent sur la réalisation d'un étalon thermométrique au point triple du mercure. Le CEM dispose d'un banc de purification et de remplissage « en ligne » de cellules thermométriques. Le LNE-INM construit des cellules dédiées et ne dispose pas de banc de purification pour cette substance. Les cellules LNE-INM pourraient être remplies sur le banc du CEM avec des échantillons dont la composition isotopique pourra être mesurée. L'étude de l'influence de la composition isotopique sur la température de la transition pourra ainsi être initiée.

### 3.3. Temps - Fréquences et Optique

Le LNE-SYRTE développe des horloges dans les domaines des fréquences micro-ondes et optiques de très haute exactitude. Pour cela, des oscillateurs de haute performance sont nécessaires. L'Université Australienne de l'Ouest a développé il y a quelques années un oscillateur cryogénique actuellement en fonctionnement au LNE-SYRTE. Dans le cadre de l'exploitation scientifique des mesures de cet oscillateur cryogénique (Molly) par rapport aux masers du LNE-SYRTE, Michaël Tobar a analysé six années de données de fréquence pour

améliorer les tests de relativité restreinte déjà effectués par le LNE-SYRTE.

Le *Centro de Lasers e Aplicações* (CLA) développe des lasers solides de puissance pour des applications variées (environnementales, biomédicales, rayonnements optiques et industrielles). Le LNE-INM quant à lui développe des activités sur les lasers solides et les oscillateurs paramétriques optiques (OPO) pour des applications en métrologie optique (longueur, radiométrie, spectroscopie cohérente, santé), où l'accent est porté sur la pureté spectrale plutôt que la puissance. Fabiola de Almeida Camargo a été accueillie au LNE-INM pour développer des sources lasers mono-fréquences pour la métrologie optique.

### 3.4. Chimie

La PTB, en Allemagne, et le LNE étudient la fabrication des électrodes de référence utilisées pour les mesures primaires de pH. Ces électrodes sont fabriquées par les laboratoires et relèvent d'un véritable savoir-faire ; elles sont un point clé de la mesure du pH primaire. Rachel Champion et Sandra Schneider du LNE/DMSI sont allées à la PTB au sein de l'équipe électrochimie afin de comparer les procédures de fabrication des deux laboratoires, de comprendre et d'apporter des réponses aux problèmes de stabilité du potentiel standard des électrodes rencontrés au LNE. De vrais échanges et transferts de savoir-faire de chacun des deux instituts ont pu être fait, notamment sur la fabrication des électrodes. Une observation des activités en conductimétrie a également été effectuée.

## 4. Contrats - Actions d'expertise

Le LNE, en tant qu'organisme en charge de la « métrologie française », est sollicité pour répondre à des appels d'offre, généralement émanant de la Commission européenne, pour des missions d'expertise et d'assistance technique pour des pays émergents. Le LNE est aussi sollicité en direct, pour aider à la mise en place d'organisme de métrologie, par exemple.

### 4.1. Maroc

Le projet relatif à l'évaluation de la conformité débuté en 2006, en partenariat avec la Société IBF, a été finalisé en 2008. Le LNE avait été sollicité pour la partie métrologie, en particulier pour finaliser l'organisation de la sous-région MAGMET, sous-région créée officiellement en 2008. MAGMET est à présent une sous-région d'AFRIMETS, région qui regroupe une grande majorité des pays du continent africain. Le LNE a aussi été sollicité pour de nombreuses formations en métrologie pour des laboratoires d'essais, formations effectuées par le LNE/DMSI.

#### 4.2. Vietnam

Dans le domaine de la métrologie chimique, l'évaluation des priorités en métrologie chimique pour les laboratoires vietnamiens s'est poursuivie en 2008, avec des formations, mais aussi la définition et la qualification d'équipements pour les laboratoires vietnamiens.

#### 4.3. Tunisie

Un projet visant à contribuer à la facilitation du commerce et à la diversification des échanges entre la Tunisie et l'Union européenne à travers un appui à l'administration tunisienne, a démarré en 2007, en particulier pour la préparation et la conclusion d'accords dans le domaine de l'évaluation de la conformité des produits industriels. Les objectifs sont d'harmoniser la réglementation technique tunisienne pour certains produits industriels avec certaines directives européennes, et à créer les conditions pour une bonne application de ces textes. En 2008, les actions se sont concentrées sur deux volets :

- un diagnostic des structures, et un soutien au développement d'outils pour l'Agence Nationale de Métrologie, créée en 2008, et qui regroupe la métrologie scientifique, industrielle et légale ;

- des séminaires et sessions de formations pour les industriels et laboratoires de métrologie.

#### 4.4. Pays de l'UEMOA

Plusieurs actions ont été réalisées par le LNE/DMSI pour le compte de la PTB, Allemagne, pour de l'assistance technique à des laboratoires des pays de l'UEMOA (Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, etc.) en vue d'une prochaine accréditation de ces laboratoires dans les domaines des masse, volume et température.

#### 5. Ecole d'été du BIPM

A l'occasion de l'organisation d'une école d'été au BIPM (Bureau international des poids et mesures), environ une centaine de personnes ont visité les laboratoires de métrologie du LNE-Trappes : métrologie électrique, balance du watt, nanométrie, radiométrie-photométrie, propriétés thermophysiques des matériaux et pyrométrie.

De même, pour cette école d'été, le LNE-SYRTE a reçu à l'Observatoire de Paris les participants de l'école d'été pour deux conférences données par Dava Sobel sur la longitude, et par Peter Wolf sur les nouvelles horloges et la physique fondamentale.



Ecole d'été du BIPM en visite au LNE-Trappes.