

# Mathématiques et statistiques pour la métrologie

## *Mathematics and statistics for metrology*

### 1. Introduction

Depuis quelques années, le LNE a engagé une politique de développement « d'outils » mathématiques et statistiques pour l'ensemble des métiers du LNE ; bien entendu la métrologie est particulièrement intéressée que ce soit pour le traitement de comparaisons inter-laboratoires, pour la réalisation de nouveaux bancs ou pour des problématiques nouvelles comme la santé ou l'environnement, par exemple.

Au vu de l'intérêt général des différents laboratoires pour cette activité, un réseau a été créé en 2006, le RMSM (Réseau Mathématiques et Statistiques pour la Métrologie), qui permet d'avoir des échanges fructueux sur différents thèmes entre les laboratoires de métrologie (nationaux et associés au LNE).

L'ensemble de ces activités est réalisé majoritairement au sein du Service Mathématiques et Statistiques de la Direction Qualité (DQ/SMS) du LNE.

### 2. Projets

#### 2.1. Traitement des données issues de comparaisons inter-laboratoires – application à la mesure de micro-polluants organiques dans l'eau

Dans le cadre du programme iMERA-Plus, un projet collaboratif a été initié, avec les laboratoires allemands (PTB) et suédois (SP), sur la modélisation de données et l'analyse Bayésienne, projet qui s'inscrit au sein du JRP « Tracebioactivity » (*Joint Research Project*) dans le cadre du programme sur la santé. Ce projet a débuté en 2008.

Plusieurs sujets sont inclus dans ce projet dont la mesure de la créatinine.

Actuellement, le LNE travaille sur l'analyse des micro-polluants organiques dans le domaine de l'eau. Pour cela une collaboration a été établie avec un organisme, organisateur de comparaisons inter-laboratoires, le BIPEA (Bureau InterProfessionnel d'Etudes Analytiques).

Un questionnaire a été réalisé pour connaître la pratique des laboratoires sur la mesure des micro-polluants organiques. Un modèle a été élaboré, combinant

les résultats de mesure des laboratoires lors de comparaisons sélectionnées et les informations recueillies par le questionnaire. L'originalité de l'approche réside dans l'identification et l'utilisation d'informations auxiliaires pour proposer des modèles alternatifs de calcul de la valeur consensuelle et de l'incertitude associée.

Par ailleurs, une collaboration va être engagée avec le NIST sur le thème des traitements de données de comparaisons inter-laboratoires.

#### 2.2. Etude et développements d'outils d'analyse de sensibilité dans le contexte du calcul d'incertitude

Le LNE/DQ/SMS développe différents outils possibles d'analyse de sensibilité suite à des calculs d'incertitudes établis par simulation de Monte Carlo.

Afin de sensibiliser les métrologues à ces nouveaux outils de sensibilité, une présentation a été effectuée lors du séminaire du Réseau Mathématiques et Statistiques pour la Métrologie en novembre 2008.

Le Supplément 1 du Guide pour l'évaluation des incertitudes de mesures, document de référence pour l'utilisation de la méthode de Monte Carlo pour évaluer les incertitudes, suggère d'utiliser l'indice « *One At a Time* » comme indice de sensibilité pour le calcul d'incertitudes. Des études ont été faites au LNE sur ce sujet et il apparaît que l'utilisation de l'indice de Sobol semble plus pertinente, indice dont le cadre d'application est plus large (il n'inclut pas d'hypothèses sous-jacentes sur le modèle de mesure). Un programme mise en œuvre sous le logiciel « R » permet de calculer ces indices (le logiciel « R » utilisé très fréquemment par les mathématiciens et statisticiens).

#### 2.3. Méthodes d'estimation d'une droite d'étalonnage en tenant compte de l'incertitude des étalons

Comme l'incertitude des étalons et l'incertitude liée aux réponses des instrumentations utilisées varient suivant le domaine de mesure, l'étude s'est orientée vers des méthodes de régression pondérée. Une formulation matricielle simple, permettant d'intégrer les covariances des étalons, a été proposée. Ces méthodes ont été testées sur des exemples du LNE comme l'étalonnage en pression et le dosage du benzène. Le développement et la mise en

œuvre de programmes de calcul en langage Matlab ont été réalisés. La seconde phase consistera au développement d'une interface en vue d'une diffusion vers les non spécialistes, en 2009. Ces travaux ont été présentés au congrès AMCTM en juin 2008 et à l'EXERA en décembre 2008

### **3. Collaborations**

#### **3.1. Institut de Maîtrise des Risques (IMdR)**

Fin 2006 a été créé un groupe de travail « incertitudes » regroupant une trentaine d'industriels (CEA, CNES, EADS, EDF, Dassault Aviation, SNCF...) sous l'égide de l'institut de maîtrise des risques (IMdR). Ce groupe a pour vocation de partager et diffuser ses connaissances dans le monde industriel sur la thématique incertitude. En effet, derrière des contextes industriels différents (métrologie, calcul de risque, marges économiques, calcul scientifique...) se profile une démarche et des méthodes statistiques communes qu'il convient de mieux connaître et partager. Depuis le début de l'année 2008 le LNE co-anime les échanges, activités et projets du groupe.

Une formation en deux modules pour une « démarche incertitudes » en entreprise a été construite et réalisée. Le premier module s'adressait à un panel de décideurs d'entreprise afin de mieux leur faire comprendre les enjeux de la maîtrise des incertitudes au travers d'un ensemble varié d'applications industrielles. Le second module orienté ingénieurs R&D, vise à former aux outils statistiques récents du calcul d'incertitude.

#### **3.2. Organisation de la 3<sup>e</sup> réunion du RMSM**

La rencontre annuelle du RMSM a été organisée le 28 novembre 2008. La réunion a permis tout d'abord aux correspondants des différents laboratoires d'échanger sur les thèmes de la normalisation (comité technique 69 de l'ISO - méthodes statistiques, révision de la norme ISO 5725, incertitude pour des variables qualitatives, etc.), sur les incertitudes de mesures en régime dynamique (application aux mesures en régime transitoire au LNE-CETIAT), ou encore sur l'apport des statistiques Bayésiennes à la métrologie.

Un séminaire a été ensuite proposé sur le thème « plans d'expériences ».