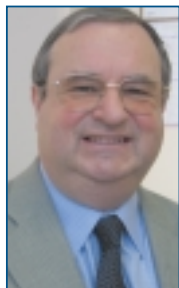


ÉVALUATION DE L'INCERTITUDE

Il n'y a pas que le chapitre 8 du GUM...



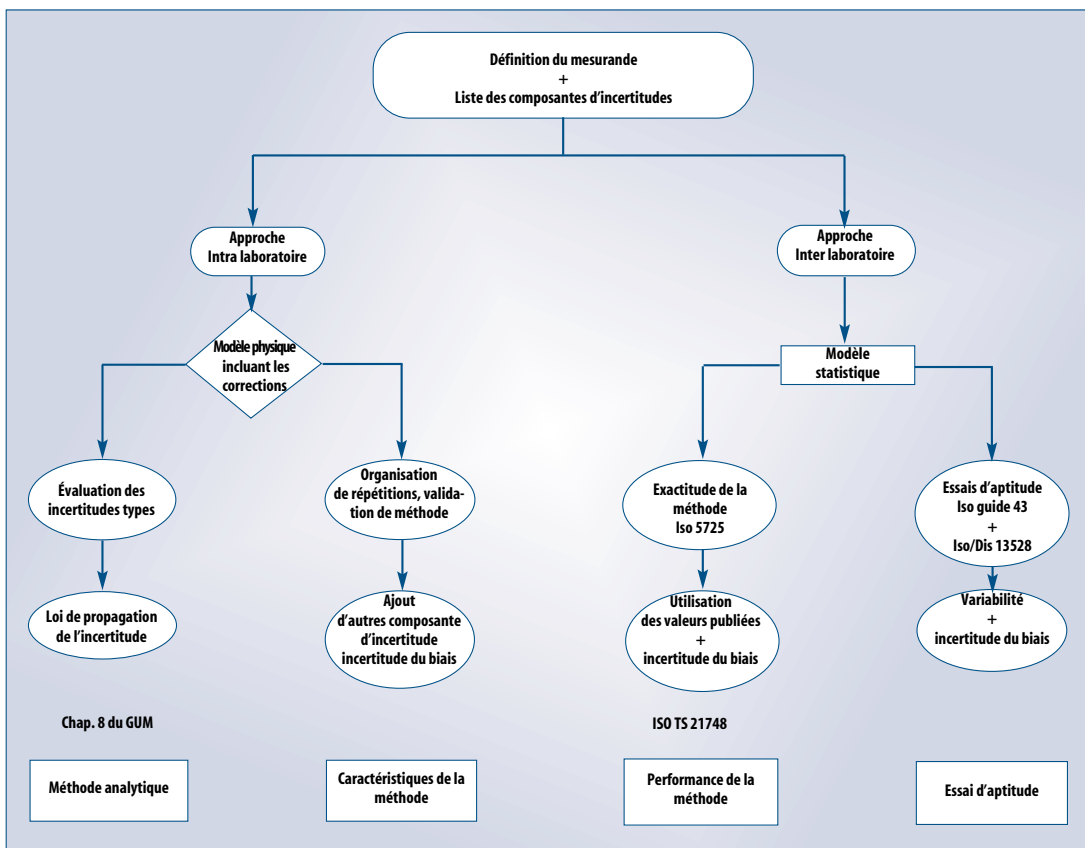
Marc Priel

▼ Le guide GUM devenu norme NF ENV 13005 propose, dans son chapitre VIII, une procédure analytique pour évaluer l'incertitude de mesure. Mais ce n'est certainement pas la seule. Lorsqu'il devient difficile de mettre en équation tous les facteurs pouvant contribuer à l'incertitude élargie, d'autres méthodes sont alors envisageables, notamment celles qui font appel aux comparaisons interlaboratoires. Parmi celles-ci, les essais d'aptitude. L'idée de calculer l'incertitude à partir de ces essais d'aptitude fait son chemin, tout en restant conforme à l'esprit GUM.

Rien n'interdit de faire autrement que dans le GUM. Dès qu'il s'agit de calcul d'incertitude, la référence internationale est aujourd'hui ce fameux "Guide to the expression of uncertainty in measurement" ou encore "Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure", publié par l'ISO en 1993 et repris aujourd'hui en norme française sous la référence NF ENV 13005.

Dans son chapitre 8, ce texte propose une procédure d'évaluation et d'expression de l'incertitude, appelée approche analytique. Elle est aujourd'hui la méthode de référence la plus classique. Celle du moins dont on entendait le plus parler jusqu'à présent, tant que cette notion d'incertitude touchait majoritairement les grandeurs physiques, mécaniques ou électriques. Mais l'incertitude fait son chemin et

touche aujourd'hui toutes les grandeurs mesurables : analyses chimiques, contrôles pour l'environnement, essais. Même le domaine médical est aujourd'hui concerné. Il n'est pas impossible que bientôt nos bilans sanguins soient (enfin) encadrés d'une plage d'incertitude. Pour tous ces nouveaux domaines, le processus de mesure est bien plus complexe que celui d'une mesure de courant ou de température. La



Tout n'est pas toujours aussi simple. Des approches mixtes sont souvent utilisées. Par exemple, si le laboratoire utilise une approche analytique (méthode GUM), la quantification de la répétabilité peut être obtenue par exploitation des résultats d'une carte de contrôle. Ce qui est important, c'est d'avoir des outils pour la quantification des différents facteurs d'incertitude et d'éviter de compter deux fois les mêmes contributions.

mise en équation selon le chapitre 8 du GUM de toutes les composantes de l'incertitude devient difficile, voire impossible.

Depuis de nombreuses années déjà, les laboratoires travaillent à des méthodes alternatives. Sans toutefois trahir le guide GUM. Car celui-ci, avant même le chapitre 8, apporte une série de concepts de base et de recommandations. Parmi les concepts, on citera la définition rigoureuse du mesurande (voir article suivant), l'analyse consciencieuse du processus de mesure, l'identification des facteurs d'influence devant être pris en compte dans le calcul d'incertitude. Parmi les recommandations, on retiendra la prise en compte de l'interrelation entre le mesurande et les différents facteurs d'influence. *A priori* toute méthode qui reste fidèle à ces concepts doit pouvoir être utilisée pour évaluer les incertitudes. La méthode du chapitre 8 n'est qu'une proposition, elle n'est en rien obligatoire.

Dans un souci de formalisation, le LNE a recensé les méthodes "compatibles GUM". Elles sont au nombre de quatre. Une classification a été proposée qui est aujourd'hui portée par un groupe d'experts au sein du regroupement européen EuroLab. Les différentes approches ainsi proposées sont désormais évoquées dans le document de l'European Accreditation EA 4/16 téléchargeable sur le site du LNE (www.lne.fr).

Les méthodes intra

La première méthode, celle du GUM, est dite **méthode analytique**. Elle repose sur l'écriture d'un modèle physique, où une relation fonctionnelle f relie les grandeurs d'entrée notées x_1, x_2, \dots, x_N au mesurande noté y , $y=f(x_1, x_2, \dots, x_N)$. Le GUM indique ensuite comment évaluer des incertitudes-types de ces grandeurs d'entrée, éventuellement des covariances, puis comment appliquer la loi de propagation des incertitudes en utilisant la relation fonctionnelle f .

Processus d'étalonnage ou d'essai trop complexe pour identifier l'ensemble des facteurs pouvant influencer sur le résultat, défaut de compétences, manque de temps ou d'argent... Cette méthode, comme on l'a déjà dit, ne convient pas toujours. Dans le domaine des analyses médicales par exemple, il ne paraît pas réaliste de former à la méthode GUM les quelques 4 500 laboratoires de biologie médicale de France.

La seconde approche est appelée **approche "caractéristiques de la méthode"**. Elle consiste à composer les incertitudes estimées à partir des caractéristiques de la méthode : justesse, répétabilité, linéarité,

robustesse... Il s'agit alors de faire une batterie de mesures ou d'essais et d'établir l'incertitude par des traitements statistiques relativement simples à partir notamment des cartes de contrôle.

Ces deux premières approches qui s'appliquent en interne dans un seul laboratoire sont dites intralaboratoires, en opposition aux méthodes suivantes qui mettent en jeu des comparaisons interlaboratoires

Les méthodes inter

La méthode **Approche "performance de la méthode"** consiste à utiliser les valeurs de fidélité d'une méthode publiées à l'issue d'une comparaison interlaboratoires, où tous les laboratoires mettent en œuvre la même méthode (procédure de calculs selon la norme NF ISO 5725). Cette approche d'évaluation d'incertitude fait l'objet d'un texte international depuis 2004 : ISO TS 21748 qui existe en version française sous le titre "lignes directrices relatives à l'utilisation d'estimation de la répétabilité, de la reproductibilité et de la justesse dans l'évaluation de l'incertitude de mesure". Elle est utilisée dans le cas où des méthodes de mesure, d'analyse ou d'essai sont normalisées et que cette norme contient elle-même les résultats d'une comparaison interlaboratoire. Dans ce cas-là, un laboratoire revendique une incertitude de sa méthode en comparant ses résultats à ceux publiés dans la norme.

La méthode **Approche "essais d'aptitude"** consiste à utiliser les intercomparaisons pour déterminer la performance d'un laboratoire en matière d'essais ou de mesurages (voir guide ISO 43-1 et ISO/FDIS 13528 "méthodes statistiques utilisées dans les essais d'aptitude par comparaisons interlaboratoires"). Le travail de ce dernier consiste "simplement" à réaliser une mesure ou un essai avec un échantillon de référence. Un organisme ou un laboratoire prend en charge toute la logistique pour que les essais se déroulent de la manière la plus homogène possible dans différents laboratoires. Ces résultats accompagnés de contrôles internes de dispersion pourraient être utilisés pour quantifier l'incertitude de mesure. Cette approche ne fait pas encore l'objet d'un texte mais des travaux sont engagés dans cette voie. C'est à l'organisme en charge du circuit de l'essai qu'incombera aussi la tâche d'évaluation des incertitudes. Cette approche allège donc considérablement le travail des laboratoires, qui n'ont ni le temps, ni la compétence, ni le goût des incertitudes...



Michèle Désenfant

... à condition de ne pas oublier la définition du mesurande

Si, comme on vient de le voir, différentes approches de quantification de l'incertitude sont possibles, il existe une étape indispensable et commune à toutes ces approches, appelée ici l'étape d'analyse. Elle oblige à définir le plus précisément possible ce que l'on mesure et à établir la liste de toutes les sources d'incertitude.

Qu'est-ce qui est le plus important ? Connaître la teneur moyenne en or d'une montagne ou la teneur moyenne en or d'un échantillon de cette montagne. Cela dépend si vous êtes propriétaire de la montagne ou technicien du laboratoire. Oui mais alors, selon votre point de vue, l'incertitude de mesure ne sera pas la même. Dans un tout autre domaine, un fabricant demande à un laboratoire d'essai un test à la résistance à la pression d'un autocuiseur. Ce test concerne-t-il uniquement l'autocuiseur qui arrive au laboratoire ou l'ensemble de la fabrication ? Dans ce dernier cas, le laboratoire, pour calculer l'incertitude de l'essai, devra prendre en compte aussi la variabilité de la production. L'incertitude finale pourra en

être plus ou moins fortement dégradée. Tout, ou du moins beaucoup, réside dans la définition du mesurande, autrement dit dans le choix et la préparation de l'échantillon. Savoir ce qu'on veut mesurer avant de le mesurer et identifier les causes d'incertitudes qui s'échelonnent tout au long de la préparation de l'échantillon. Cette étape est le point de départ de la démarche analytique, présentée dans le GUM pour écrire "la modélisation du mesurage". Elle est généralement bien connue et appliquée dans cette approche. Pour les autres approches, notamment les essais interlaboratoires, il est capital de ne pas la négliger. Ainsi chaque laboratoire participant doit se plier aux mêmes procédures et utiliser des échantillons les plus voisins possibles. Dans le cas des analyses médicales, il faut déjà

s'assurer que les échantillons circulant lors des essais sont bien représentatifs des échantillons réels prélevés sur les patients. Toute une série de questions doit alors être posée. Pour le taux de glucose par exemple, le sujet est-il à jeun ou non ? L'analyse se fait-elle sur le plasma, le sérum, le sang total ?

Autre exemple : la mesure du pouvoir calorifique supérieur (PCS) pour les matériaux de construction. Pour ce type d'essai, une norme existe : la NF EN ISO 1716 (2002). Elle décrit la méthode d'essai (par calorimétrie) et publie les statistiques de l'essai interlaboratoire (approche "performance de la méthode"). Oui, mais sur quels matériaux ? Les valeurs de fidélité ainsi publiées s'apparentent au PCS d'un seul composant. En entrant dans les détails de la méthode, et principalement sur la phase de préparation de l'échantillon, il est précisé dans la norme que si le matériau est multicomposant, le PCS doit être estimé pour chacun des composants en les séparant par délamination, puis pondéré par la masse surfacique de chacun des composants. Dans l'incertitude globale, il faudra bien entendu rajouter l'incertitude liée à cette étape supplémentaire

Toutes les procédures ne sont pas ainsi normalisées ; et dans la plupart des cas, l'étape d'analyse doit être définie entre les intervenants. Très souvent, le demandeur ne sait pas ce qu'il veut ou ne le précise pas. L'industriel demande un essai sur son produit pour qu'il puisse être mis sur le marché. Un organisme de contrôle demande le taux de mercure dans la Loire. Un médecin prescrit une analyse de glucose. C'est un peu court et c'est au laboratoire de se débrouiller. Et il en va de sa responsabilité. Selon la norme ISO 17025, c'est en effet lui qui doit élucider la demande du client. Cela demande un dialogue et du bon sens.

Cet article est un avant-goût à la présentation au cours du Congrès de Métrologie 2005 par Michèle Désenfant, responsable du "service statistiques et calculs d'incertitude" à la Direction qualité du LNE et de Marc Priel, directeur adjoint du Centre de Métrologie du LNE.

Des circuits de par le monde

De nombreux circuits d'essais d'aptitudes existent déjà, pris en charge par des laboratoires ou des organismes ou entreprises souvent ancrés dans un secteur (produits laitiers, agro-alimentaires...). Les laboratoires d'analyses médicales sont soumis réglementairement à ce type de comparaisons. En France, en 2004, le Bipéa (Bureau Interprofessionnel d'Etudes Analytiques) a été le premier organisateur de comparaisons interlaboratoires à avoir été accrédité par le Cofrac dont le référentiel s'appuie sur le guide ISO 43. Aujourd'hui, il propose une cinquantaine de "circuits" dans les domaines agroalimentaires ou environnementaux. Exemple : essais de panification des farines commerciales pour la fabrication du pain dans la "tradition française", analyse microbiologique de la *legionella* dans les eaux d'alimentation. La matrice jouant un rôle très important, le cir-

cuit "Paramètres physico-chimiques dans les vins" n'est pas le même que le circuit "Paramètres physico-chimiques dans les jus de fruits" ou encore dans le cidre. On se rend bien compte que la liste de ces circuits peut être sans fin. Au niveau européen, un réseau a été mis en place. Il s'agit de l'EPTIS pour *European Proficiency Tests Information System* Sous l'égide de l'EA (*European Accreditation*), il rassemble aujourd'hui une vingtaine de pays en Europe auxquels se sont récemment joints les Etats-Unis. Le premier objectif a été d'établir une base de données permettant à chacun d'avoir accès à tous les circuits d'essais d'aptitudes ou *proficiency tests scheme* (PTS) en cours dans le monde. Cette base de données contient aujourd'hui quelques 800 PTS. Elle est disponible en ligne sur le site www.eptis.bam.de.