

Comment faire ses premiers pas vers les incertitudes de mesure ?

1. Pourquoi et comment démocratiser les incertitudes de mesure ?

Dans beaucoup de domaines, on esquive les incertitudes de mesure en se cachant derrière l'idée que c'est complexe. Il est vrai que parfois c'est le cas. Mais en réalité, dans la plupart des situations, avec quelques clés assez basiques, une grande partie des besoins peuvent être couverts. Il faut bien sûr connaître ces clés, ces bases. Nous avons l'ambition ici d'inverser la vapeur en quelque sorte et de montrer que l'on peut avec des outils simples et adaptés, faire des premiers pas assez simplement et couvrir dans différents domaines, une majorité des besoins. La minorité restante nécessitant effectivement une approche plus complète et plus complexe. L'enjeu est en fait de se développer une caisse à outils d'outils simples et efficaces afin d'être en capacité de réaliser une première estimation de ses incertitudes de mesure.

Dans une série d'articles à venir, nous proposons d'aborder la question de l'évaluation des incertitudes sous un angle différent à chaque fois en essayant de démocratiser les notions clés.

Aujourd'hui, nous présentons la démarche générale.

2. Comment définir ce que l'on mesure ?

Le scénario classique que l'on se propose de traiter est le suivant : un technicien réalise une mesure avec un instrument dans un lieu donné. La première chose est de définir le mesurande, c'est-à-dire définir le besoin de mesure. Que veut-on mesurer ? Comment ? Quel est le niveau de confiance que l'on attend sur le résultat de mesure ?

Très souvent dans une relation client-



Sébastien DENAËS

Chef du service de métrologie, méthode et datascience chez Colas

fournisseur, cet aspect est absent, or il peut être la source de bien des problèmes, si l'on n'est pas d'accord sur ce qui doit être mesuré et sur le niveau d'incertitude que l'on accepte sur le résultat. L'incertitude traduit quantitativement le risque de faire une erreur par exemple dans une déclaration de conformité en déclarant un produit conforme non conforme (faux négatif ou risque fournisseur) ou en déclarant conforme un produit non conforme (faux positif ou risque client). Pour éviter les ambiguïtés dans les termes, on rappelle qu'il existe un dictionnaire du métrologue, trop souvent négligé. Il s'agit du VIM, le *Vocabulaire International de Métrologie*, édité par le BIPM, en anglais et en français. L'avantage de ce document est d'avoir à la fois l'explication de chaque terme et la traduction en anglais.

3. Toute mesure est-elle l'expression d'une loi statistique ?

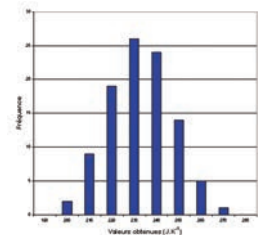
Pour entrer dans le sujet de l'estimation des incertitudes, il faut revenir sur l'idée de base que l'on est dans le domaine des statistiques. Donc, au cœur de la mesure se trouve la notion de loi statistique. Comment sont distribués les résultats de mesure ? Si l'on regarde par exemple les mesures réalisées par un compteur, on peut regarder l'évolution temporelle des mesures et l'on observe alors la dispersion des valeurs. En projetant



Jérôme LOPEZ

Directeur technique du Collège français de métrologie

ces résultats ensuite dans un histogramme de répartition (voir figure ci-dessous), on peut observer la distribution des valeurs et le poids plus important des valeurs proches de la valeur moyenne, par exemple selon une distribution gaussienne (loi normale).



Il est important ensuite de connaître les quelques lois statistiques que l'on peut rencontrer. Ce sont les outils de base de notre boîte à outils. Par exemple, la loi rectangle ou loi uniforme est utilisée lorsqu'on ne sait rien sur la distribution des valeurs. On peut l'appliquer par exemple à la résolution d'un instrument : on ne sait pas où l'on est entre les deux échelons de valeur consécutifs. On donne la même chance à n'importe quelle valeur entre les deux bornes de l'étendue estimée. Il en est de même lorsque par exemple un constructeur nous donne l'EMT d'un instrument dans une première approche d'estimation de l'incertitude. La loi triangle est applicable par exemple aux balances de laboratoire. Le constructeur ne s'engage pas systématiquement sur le dernier chiffre. Il s'engage souvent sur 10 fois

MÉTROLOGIE

cette résolution que l'on appelle échelon de vérification. Le dernier chiffre donne de l'information néanmoins et c'est cette information que l'on peut traduire par une loi triangle. Néanmoins, on pourrait aussi utiliser la loi uniforme et l'influence est faible, voire négligeable, en première approche.

Lorsque l'on a une régulation de température, si par exemple on cherche à réguler une température autour de 20 °C dans un laboratoire, entre 18 et 22 °C : on passe peu de temps à 20 °C et beaucoup plus de temps à 18 °C ou à 22 °C, du fait de la régulation. Pour traduire cela, on utilise classiquement une loi dérivée d'arcsinus.

4. Comment utiliser toutes les informations à sa disposition ?

Il y a, à nouveau en première approche, deux documents à lire avec des informations à exploiter : le certificat d'étalonnage et la documentation technique de l'instrument que l'on utilise. Cette dernière fournit en particulier les informations sur la résolution et l'EMT de l'instrument. Ensuite, le facteur à considérer est la répétabilité au moment où l'on réalise la mesure. Pour laisser la répétabilité « s'exprimer », c'est-à-dire estimer sa distribution statistique, il faut donc multiplier les mesures. En pratique, le nombre de mesures que l'on pourra réaliser sera forcément limité, car on ne dispose pas du temps nécessaire et des moyens pour cela. Or statistiquement, en dessous de dix mesures, il n'est pas pertinent d'utiliser l'écart-type. Il sera alors préférable d'utiliser une table qui nous permettra d'estimer l'écart-type, comme il nous est proposé dans le fascicule de documentation FDX 07-021. On prendra alors l'étendue de nos mesures, divisée par un coefficient qui nous permet une estimation de notre écart-type de dispersion. Il existe par ailleurs d'autres textes de référence proposant des calculs similaires, mais restons encore une fois dans une première estimation avec des outils simples et efficaces.

Avec ces quatre facteurs, incertitude d'étalonnage, résolution, EMT et répétabilité, on a déjà une première approche des incertitudes, qui est certes incomplète, mais qui permet de couvrir une grande partie des cas réels que l'on rencontre.

5. Comment viser la simplicité ?

On fait l'hypothèse que les facteurs d'incertitudes sont indépendants les uns des autres, qu'ils n'ont pas d'influence l'un sur l'autre. C'est une hypothèse très raisonnable du fait de notre objectif.

L'idée est ensuite de ramener toutes les incertitudes à un écart-type en faisant la racine carrée de la somme quadratique des écarts-types (on additionne des variances et non des écarts-types).

Par convention, on présente une incertitude à 2 écarts-types traduisant le fait que l'on a 95 % de chance d'être à l'intérieur de cet intervalle de deux écarts-types. Et on limitera l'estimation de l'incertitude à deux chiffres significatifs.

Voilà l'approche simple que nous proposons et qui vous permettra simplement de vous familiariser avec les incertitudes de mesure, mieux maîtriser votre processus de mesure dans son ensemble et consolider les bases de la relation avec vos clients, contribuer à la confiance qu'ils portent en vos produits et en vous ●

Pour aller plus loin

Journée Technique du CFM
« Maîtriser l'estimation des incertitudes de mesure par la pratique », 14/06/22
Journée Technique du CFM « Estimation des incertitudes de mesure - Premiers pas », disponible en replay sur le site du CFM (www.cfmetrologie.com)
Vocabulaire International de Métrologie (BIPM) :
<https://www.bipm.org/fr/committees/jc/jcgm/publications>
Fascicule de documentation FDX 07-021 :
Métrologie et applications de la statistique - Aide à la démarche pour l'estimation et l'utilisation de l'incertitude des mesures et des résultats d'essais.

AUGMENTEZ VOTRE VITESSE DE MESURE DE 40%!

Nous l'avons démontré sur le terrain. Avec le SMP d'Aerotech, vous pouvez :

- Mesurer des pièces jusqu'à 40% plus rapidement dans un espace d'installation réduit de 60% par rapport aux systèmes conventionnels.
- Grâce à notre gamme complète de produits, nous prenons en charge vos applications de mesure et d'essai les plus exigeantes. Prenez contact avec nous, nous trouverons la solution optimale pour vous!



Pour en savoir plus, visitez le site :
uk.aerotech.com/SMP

