

## La métrologie dans l'entreprise

# DES NORMES ET DES TEXTES UTILES AU QUOTIDIEN

Lors du précédent article, nous avons évoqué les différentes approches qui permettent de mettre en place une fonction métrologie au sein de l'entreprise : l'approche réglementaire de la métrologie légale, règles incontournables énoncées par l'État et l'approche « responsabilisée » de la métrologie industrielle. Dans ce dernier cas, c'est à l'entreprise d'écrire ses règles pour garantir la confiance dans les résultats de mesure considérés comme critiques pour la qualité du produit. L'objectif de cet article est d'approfondir les différentes normes ou textes internationaux pouvant être utiles aux métrologues dans leurs quotidiens.

### Les documents de référence de métrologie légale

Commençons par la métrologie légale ! La métrologie légale a pour objet de garantir la confiance dans la mesure pour protéger le citoyen lorsque ce dernier est soumis à un mesurage (commerce, judiciaire, santé...). Pour arriver à cet objectif de manière uniforme sur tout le territoire, l'État a rédigé des textes réglementaires d'application obligatoire.

Au sommet de la pyramide documentaire se trouve la loi. En France, seules deux lois régissent la métrologie légale.

## LES EXPERTS



### Jean-Michel POU

Président fondateur de la société Delta Mu, membre des commissions "Métrologie" et "Méthodes statistiques" de l'Afnor et vice-président du cluster d'excellence "Auvergne Efficience Industrielle".



### Frédéric AUTHOUART

Métrologue, coach et fondateur de l'entreprise Crisalis qui allie résolution technique et humaine d'une problématique

À cette hauteur hiérarchique, il ne faut pas s'attendre à trouver trop de détails, mais plutôt des orientations, des principes forts tels que le raccordement au système métrique (loi du 4 juillet 1837) ou

encore le contrôle des instruments de mesure (loi du 15 juillet 1944). Il faut ensuite descendre au niveau du décret du 3 mai 2001 et de son arrêté d'application du 31 décembre 2001 pour trouver la description du système de management de la mesure appliqué à la France ainsi que les obligations des détenteurs d'instruments. Ces deux textes sont naturellement incontournables si vous êtes concernés par l'application de la métrologie légale dans l'entreprise.

Enfin, découlant de ces deux textes clés (en entreprise on parlerait de procédures générales), on trouve un ensemble d'arrêtés catégoriels qui régissent le traitement métrologique réservé aux 37 catégories d'instruments réglementés en France (...).

### ERRATUM

Dans notre dernier article, un lecteur attentif nous a fait remarquer qu'une phrase concernant la justification du raccordement n'était pas tout à fait rigoureuse. En effet, nous avons écrit « Pour démontrer cela, en France, il convient au minimum de posséder un certificat d'étalonnage portant le logotype Cofrac » et cette mention n'est pas exacte. Si la possession d'un document d'étalonnage portant ledit logotype Cofrac est effectivement une garantie quant à la qualité, technique et documentaire, de l'intervention, il est également possible d'avoir le même niveau de garantie avec tout document d'étalonnage portant un logotype de tout organisme d'accréditation signataire de l'accord EA (European cooperation for Accreditation), ILAC (International Laboratory Accreditation Co-operation) ou encore IAF (International Accreditation Forum). Le lecteur pourra trouver toutes les informations sur ce point sous le lien <http://www.cofrac.fr/fr/cofrac/reconnaissance.php>. Par ailleurs, la justification de la conformité d'un raccordement peut aussi être obtenue s'il est démontré que le laboratoire interne et/ou le prestataire, s'il n'est pas accrédité, travaille conformément à la norme ISO 17025 (Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais). Cette démonstration impose alors, en théorie, que le demandeur s'assure par lui-même de cette conformité au référentiel...

## Trouver les règles de métrologie légale

Aujourd'hui la plupart des textes de métrologie légale sont accessibles gratuitement sur internet. (...)

Les textes réglementaires sont à télécharger ou à consulter sur le site du ministère du redressement productif<sup>(1)</sup> tandis que les recommandations de l'OIML se trouvent sur son site<sup>(2)</sup>.

## Les documents de référence en métrologie industrielle

La mise en place de la métrologie industrielle étant de la responsabilité de l'entreprise, il n'existe pas de règles obligatoires comme en métrologie légale, mais des recueils de bonnes pratiques que l'on appelle des normes.

Une norme n'est donc pas un texte d'application obligatoire sauf si l'entreprise décide que cela le devienne : la norme ISO 17025 pour l'accréditation des laboratoires ou la norme ISO 9001 pour le management de la qualité par exemple. (...) Avant de lister les différents documents de travail pouvant être utiles pour le métrologue dans son quotidien, je vais

## « La réalité recherchée doit être en quelque sorte "devinée" à partir des résultats de mesure, en tenant compte du fait qu'ils ne seront jamais parfaits. »

présenter les trois documents de référence indispensables à toute fonction métrologie.

## Parler avec les mêmes mots : le VIM

La Révolution française a permis de créer un système d'unités de mesure reconnu en France et dans le monde. Aujourd'hui cette mission est confiée au BIPM (Bureau international des poids et mesures). Cette activité permet aux entreprises de communiquer avec les mêmes références ce qui permet les échanges. Mais si le problème de « la référence des mesures » fût réglé par la création du système international (SI) des unités, la question de « la référence du langage » des opérateurs ou des utilisateurs des résultats de mesure ne l'était pas.

Le BIPM a réuni un groupe de travail

(WG2) pour écrire le V.I.M. : vocabulaire international de métrologie, actuellement en version 3 datée de 2012. Le VIM est le dictionnaire de la mesure, c'est le document à utiliser pour se comprendre en interne dans l'entreprise et lors des relations avec les fournisseurs. Ce document est assez connu chez les métrologues, mais en France il reste une réelle marge de progrès pour que l'utilisateur se l'approprié. (...)

## Échanger avec les mêmes mesures : le GUM

Le VIM permet donc aux mots d'avoir le même sens, le SI permet aux unités d'avoir une définition unique et pourtant les échanges ne sont pas toujours simples !

En effet, dès que la mesure d'une quantité (les métrologues disent « *mesurande* », mais ce n'est pas le mot utilisé dans le quotidien) est réalisée par deux processus de mesure différents (opérateurs, instruments ou méthodes différentes), un écart peut exister et la question traditionnelle du « qui dit vrai ? » se pose (...).

Pour comparer deux résultats de mesure entre eux, il est nécessaire d'évaluer les incertitudes associées à chacun des résultats des deux processus de mesure puis d'annoncer « résultat n°1 donné à  $\pm U_1$  » et « résultat n°2 donné à  $\pm U_2$  ». Si les zones d'incertitude de chaque résultat se recouvrent, on ne peut pas affirmer que les mesures sont significativement différentes.

Cette approche est séduisante, mais comment déterminer les incertitudes associées aux résultats ? Si chacun applique

(1) [www.dgcis.gouv.fr/metrologie](http://www.dgcis.gouv.fr/metrologie)

(2) [www.oiml.org](http://www.oiml.org)

**TABLEAU 1. LES TEXTES CLÉS DE LA MÉTROLOGIE LÉGALE POUR LES CATÉGORIES LES PLUS COURANTES**

Catégorie concernée	Textes réglementaires à observer	Normes ou documents associés
Contrôle des instruments en général	Décret du 3 mai 2001 Arrêté du 31 décembre 2001	-
IPFNA (Instrument de pesage à fonctionnement non automatique) : balance dont la charge est apportée par l'homme	Décret du 27 mars 1991 Arrêté du 26 mai 2004	OIML R76, R111 Norme NF EN 45 511
IPFA (Instrument de pesage à fonctionnement automatique) : balance dont la charge est apportée automatiquement	Arrêté du 10 janvier 2006	OIML R50, 51, R107
EMLAE (Ensemble de Mesurage de Liquide Autres que l'eau) : banc de comptage	Arrêté du 28 juin 2002	OIML R117
RÉCIPIENTS MESURE : réservoir de stockage	Ordonnance 45-2405 de 1945 Arrêté du 20 juin 1996 Arrêté du 8 juillet 2003	Norme NF M 08 020

sa propre méthode, son approche, sa vision des choses, quel crédit peut-on accorder aux incertitudes calculées, donc aux comparaisons de résultats ?

Le BIPM s'est naturellement saisi de cette question. Il a publié, au milieu des années 1990, le G.U.M : *Guide to the expression of uncertainty in measurement*. Ce guide, devenu la norme NF ENV 13 005, donne une méthode applicable plus ou moins facilement sur des processus dont le modèle de la mesure est connu. À la lecture de ce texte, de nombreux lecteurs, allergiques aux mathématiques, ont eu (ou auront) probablement un moment

de recul. Ils peuvent alors (ou pourront) recourir à un fascicule de documentation : le FD X 07-021 *Aide à la démarche pour l'estimation et l'utilisation de l'incertitude des mesures et des résultats d'essais*. Ce document présente de manière plus accessible les concepts du G.U.M, mais aussi ceux d'une norme alternative pour l'évaluation des incertitudes : l'ISO 5725. (...)

### **Donner le même esprit à la métrologie : la norme ISO 10 012**

La norme d'organisation actuellement en vigueur est l'ISO 10 012 *Exigences pour les*

*processus et les équipements de mesure*. Avec Jean-Michel Pou, nous avons longuement évoqué ce référentiel dans nos derniers articles. Même si cette norme n'est pas d'application obligatoire, il est recommandé aux métrologues industriels de la posséder et de s'en imprégner pour mettre en place une fonction métrologie qui assure la satisfaction de leurs clients, voire plus largement de l'ensemble de leurs interlocuteurs. (...) Pour compléter cette norme, nous ne pouvons que recommander de consulter le fascicule documentaire FD X 07-007 *Guide d'application de la norme ISO 10 012*.

**TABEAU 2. QUELQUES AUTRES DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE**

Étape du système de management de la mesure (repris de l'ISO 10 012)	Document de référence
4-Exigences générales	JCGM 200, [2012] : Vocabulaire international de métrologie - (VIM) NF EN ISO 10 012 [2003] : Exigences pour les processus et les équipements de mesure (remplace NF X 07 010). FD X 07-007 [2005] : Guide d'application de la norme ISO 10 012.
6- Management de ressources	
6.2 ressource relative à l'information	X 07-016 [1993] : Modalités pratiques pour l'établissement des procédures d'étalonnage et de vérification des moyens de mesure. FD X 07-012 [1995] : Certificat d'étalonnage des moyens de mesure. X 07-011 [1994] : Constat de vérification des moyens de mesure.
6.2 ressource relative aux matériels	FD X 07-018 [1997] : Fiche de vie des équipements de mesure, de contrôle et d'essai.
6.2 ressource relative aux fournisseurs	FD X 07-019 [2000], Métrologie — Relations clients/fournisseurs en métrologie
7- Confirmation métrologique et mise en œuvre du processus de mesure	
7.1- Confirmation métrologique	FD X 07-015 [2007] : Raccordement des résultats de mesure au système international des unités SI. FD X 07-013 [1996] : Critères de choix entre vérification et étalonnage, utilisation et conservation des résultats de mesure. FD X 07-025-1 [2003], Programme technique de vérification des équipements de mesure
7.2- Processus de mesure	
7.3- Incertitude de mesure	NF ENV 13005 [1999] : Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure. FD X 07-021 [1999] : Aide à la démarche pour l'estimation et l'utilisation de l'incertitude des mesures et des résultats d'essais FD X 07-022 [2004] : Utilisation des incertitudes de mesures : Présentation de quelques cas et pratiques usuelles FD X 07-023 [2012] : Évaluation de l'incertitude de mesure par la méthode Monte Carlo - Principes et mise en œuvre du supplément 1 au GUM. NF ISO 5725 (toutes les parties) : Application de la statistique — Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure
8-Analyse et Amélioration	FD X 07-014 [2006] : Détermination optimisée des intervalles de confirmation métrologique.

**« Ces normes peuvent paraître lourdes, parfois même contradictoires, mais elles sont essentielles pour permettre aux pratiques d'évoluer. »**

Maintenant que ces trois documents fondamentaux ont été présentés, le tableau 2 résume quelques autres documents de référence que le métrologue peut utiliser à chaque étape de son système de management de la mesure.

**Pour finir**

Il existe donc un certain nombre de documents, gratuits ou payants, pour construire sa fonction métrologie. Attention toutefois à ne pas se noyer dans toutes ces recommandations et à ne pas

Comme je comprends les réactions des non-initiés lorsqu'on parle de métrologie entre "spécialistes" ! Ce mot fait généralement peur et la longue liste de documents proposés par Frédéric, documents fondateurs du métier, explique probablement le sentiment de quasi-répulsion qu'il suscite. Comment, en effet, expliquer à Monsieur Tout-le-Monde que la métrologie nécessite autant de dispositions, autant de textes, autant d'obligations alors que, depuis qu'il est tout petit, chaque mesure qu'il a croisée était simple, juste, de confiance. La métrologie légale a pour mission de rassurer, de donner confiance, dans les résultats de mesure. Elle a parfaitement réussi sa mission, car, si nos grands-parents demandaient, à la veille de la Révolution française, un poids et une mesure, plus personne ne se tracasse aujourd'hui, dans sa vie de tous les jours, de la qualité des mesures. Ce sentiment de perfection des mesures est culturel, souhaitable, voulu, mais il doit être remis en cause lorsque la mesure dépasse les problématiques liées aux échanges commerciaux. En effet, quelques grammes de plus ou de moins sur un rôti n'ont pas la même conséquence que quelques centièmes de plus ou de moins sur une pièce critique d'un moteur d'avion. Dans un premier cas, il s'agit d'une question de loyauté (personne ne souhaite se faire "voler"), dans le second, il peut s'agir d'un risque vital, ce n'est pas comparable... Vocabulaire, évaluation de la qualité des mesures, stratégie de raccordement aux

unités des instruments de mesure deviennent, à la lumière des enjeux – risque sur la conformité réelle des produits – des référentiels indispensables pour les concepteurs, les producteurs, les clients et les fournisseurs. Il convient non seulement qu'ils se comprennent, mais également qu'ils tombent d'accord entre eux pour qu'au final, les produits fonctionnent. Si, dans la vie de tous les jours, des valeurs d'échange (souvent des quantités) établies sur la base de mesures peuvent être déterminées sans tenir compte de l'incertitude de mesure, il n'en va pas de même pour les produits industriels. La loyauté, organisée et garantie par l'État à la demande des Français il y a près de 200 ans, repose sur la confiance alors que la fonctionnalité repose, quant elle, sur une réalité qu'il n'est pas réellement possible de connaître. En effet, puisqu'aucune mesure ne peut être parfaite, la réalité recherchée, et attendue, doit être en quelque sorte "devinée" à partir des résultats de mesure, en tenant compte du fait qu'ils ne sont, et ne seront, jamais parfaits. Même si nous sommes encore nombreux à vouloir reculer devant la difficulté apparente de cette quête de la réalité, il est clair que ce chemin est pourtant celui qui s'ouvre devant nous. Depuis longtemps, nous avons eu tendance à nous contenter de croire dans les mesures, tout comme nous les croyons dans notre vie de consommateur. Nos méthodes industrielles se sont adaptées à ces croyances, la contrepartie de la simplicité apparente

passer son temps à "obéir à la norme", il est important de garder le contrôle de sa fonction métrologie et de comprendre ce que l'on fait •

Dans le prochain article, nous resterons dans le domaine de la documentation, mais cette fois-ci celle de l'entreprise : procédures, fiches de vie, certificats d'étalonnage ... Nous verrons comment il est possible de structurer le système documentaire de son activité et nous zoomerons sur certains documents bien utiles.

étant alors bien souvent le surdimensionnement, c'est à dire des surcoûts aujourd'hui insupportables. (...) L'avenir permettra probablement de remettre en cause certaines pratiques actuelles, simplificatrices, au profit d'une approche plus statistique aujourd'hui accessible également grâce au développement de l'environnement informatique des entreprises (puissance de calculs et capacité de stockage de données, bases technologiques de l'industrie 4.0<sup>(3)</sup>, telle qu'elle commence à se dessiner).

Tout ce développement pour en arriver au fait que la mesure est rarement, par elle-même, intéressante. En revanche, et dans la très grande majorité des cas, elle est à l'origine d'une décision. La décision peut être, par exemple, une action de réglage (pilottage d'un process), une action d'acceptation de lots, une action de qualification d'un process (stérilisateur dans l'industrie pharmaceutique par exemple), une action de soin (résultats d'analyse médicale)... Et puisque la mesure est entachée d'incertitude, ces décisions, donc ces actions, sont possiblement inadéquates.

La normalisation s'est par conséquent légitimement saisie de la question de la prise en compte des incertitudes dans les décisions. En reprenant rapidement une petite chronologie des normes, on peut voir évoluer la vision de cette question

(3) Lire, sur ce sujet, les excellents articles de Christian Hohmann sous le lien : <http://cem.la/hohmann-art>



dans le temps, et la direction qu'elle prend maintenant.

À ma connaissance, la première norme qui a traité explicitement de cette question est la norme NFE 02-204. Elle définissait l'aptitude à l'emploi (capabilité) d'un processus qui a fait l'objet d'un article complet dans cette revue<sup>(4)</sup>. La toute récente norme NF ISO 22514-7 (01/2013 : *Méthodes statistiques dans la gestion de processus - Aptitude et performance - Partie 7 : aptitude des processus de mesure*) reprend ce concept de capabilité en introduisant les notions de valeurs d'aptitude et de ratio d'aptitude, l'un étant, pour résumer, l'inverse de l'autre.

En 1999, l'ISO a publié une norme internationale, reconduite en 2013 : la norme ISO 14253-1 (*Spécification géométrique des produits (GPS) - Vérification par la mesure des pièces et des équipements de mesure - Partie 1: Règles de décision pour prouver la conformité ou la non-conformité à la spécification*) qui définit le concept de "zone de conformité". (...)

En 2012, le BIPM a publié les travaux du groupe de travail WG1 traitant de cette question. Ce document, référencé JCGM 106<sup>(5)</sup>, est devenu, la même année, la norme internationale ISO/IEC Guide 98-4. Cette norme internationale a été traduite et reprise en 2013 dans la collection AFNOR sous la référence NF ISO/CEI Guide 98-4 «*Incertitude de mesure - Partie 4 : rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité* »<sup>(6)</sup>. Ce document marque une évolution fondamentale dans l'utilisation de l'incertitude de mesure. Il introduit l'idée que le risque, celui que le métrologue doit participer à limiter, naît de la conjonction de deux événements, contrairement aux approches antérieures qui ne s'intéressaient qu'à la mesure. En effet, pour qu'un produit non conforme soit livré, il faut non seulement qu'il soit fabriqué « non conforme » (risque process), mais aussi qu'il soit mesuré « conforme » (risque mesure). (...)

Dans cette nouvelle norme, le WG1 fait appel à une vision qui, en quelque sorte, ressuscite de nos jours, dans quasiment



Le sentiment de perfection des mesures est culturel, souhaitable, voulu, mais il doit être remis en cause lorsque la mesure dépasse les problématiques liées aux échanges commerciaux. En effet, quelques grammes de plus ou de moins sur un rôti n'ont pas la même conséquence que quelques centièmes de plus ou de moins sur une pièce critique d'un moteur d'avion. Dans un premier cas, il s'agit d'une question de loyauté, dans le second, il peut s'agir d'un risque vital, ce n'est pas comparable...

tous les domaines scientifiques. Il s'agit d'une approche dite « bayésienne »<sup>(7)</sup> dans laquelle la mesure ne se limite pas à "découvrir" l'objet. Elle est considérée, dans ce contexte, comme une information qui vient infirmer, confirmer, voire réviser un a priori. Sans entrer dans des détails fastidieux, cette nouvelle norme internationale donne le ton des années futures : la maîtrise des décisions établies à partir de mesures passe non seulement par la connaissance de l'incertitude de mesure, mais aussi, et peut être surtout, par la connaissance des process. Le métrologue va donc devoir reprendre sa place dans le process industriel, car l'étalonnage de l'instrument ne sera plus suffisant. Pour statuer, une étiquette et une capabilité ne suffiront plus, il conviendra également de prendre en compte l'objet mesuré, sachant qu'il relève lui aussi de phénomènes aléatoires ...

Cet article met en relief le travail important que la normalisation fournit pour tenter d'éclairer, d'aider et d'assister le métrologue. Évidemment, l'écart entre la perception du métier (la croyance inconsciente dans les mesures "justes") et la réalité du terrain surprend beaucoup de monde, les métrologues en premier. Il reste beaucoup à faire pour que ce métier trouve sa vraie place dans la performance industrielle, conditionnée évidemment par des décisions pertinentes. Ces normes

peuvent paraître lourdes, parfois même contradictoires, mais elles sont essentielles pour permettre aux pratiques d'évoluer. Seul dans son quotidien, le métrologue n'a pas toujours la possibilité de bénéficier des évolutions des techniques et des approches. Avec la norme, il n'est pas isolé, même s'il doit parfois faire appel à des compétences extérieures pour comprendre en profondeur des concepts pas toujours évidents... ●

INFOS +



Retrouvez le texte intégral de cet article sur notre version numérique ou téléchargez-le à : <http://cem.la/cem46pou>

(4) <http://www.deltamu.fr/Publications#61>

(5) Le document JCGM 106 est téléchargeable gratuitement en suivant le lien : [http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_106\\_2012\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_106_2012_E.pdf)

(6) J'apprends, au moment même où ces lignes sont écrites, que CEN/TC290 *Spécification dimensionnelle et géométrique des produits, et vérification correspondante* a décidé de l'annulation de l'ENV 13005 suite à la consultation de ces membres. Cette annulation a pour objectif de garder, en lieu et place de cette norme, la norme l'ISO/CEI GUIDE 98-3:2008 qui lui est identique à quelques modifications mineures près. Ceci permet de rester dans la ligne des guides 98 réservés au sujet...

(7) [http://fr.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Bayes](http://fr.wikipedia.org/wiki/Thomas_Bayes)