

Prise en compte de l'échantillonnage dans la déclaration de conformité

Abdelouahhab SALIH (*)
Mohamed AFECHCAR ()**

(*) a.salih@yahoo.fr

PES Génie Mécanique LMD- E.N.S.E.T. B.P. 6207 Rabat – Maroc
Responsable de l'Equipe de Recherche Instrumentation, Mesures et Essais
Auditeur Technique attaché au MCI, Consultant de l'ANPME
(**) Directeur Technique du Laboratoire CNER

.....
.....

Abstract

The factors of influence of the processes of measurement introduce inevitably a zone of uncertainty of measurement more at least big according to the control of the process. This margin questions our declaration of conformity. The object of the study is to introduce a new method allowing to limit the uncertainty of measurement basing itself on the customer risks and the supplier, quality levels acceptable and thrown rejected, and by the size of the sample.

Résumé

Les facteurs d'influence des processus de mesurage introduisent inévitablement une zone d'incertitude de mesure plus au moins grande selon la maîtrise du processus. Cette marge met en doute notre déclaration de conformité. L'objet de l'étude est d'introduire une nouvelle méthode permettant de limiter l'incertitude de mesure en se basant sur les risques client et fournisseur, des niveaux de qualité acceptable et rejeté, et de la taille de l'échantillon.

1. Introduction

Il est illusoire de vouloir contrôler un produit et de prononcer sur sa conformité par rapport à une spécification ou une norme, si le processus de mesurage est sujet à caution.

De plus une valeur mesurée n'est donc pas une valeur exacte ou certaine : elle est issue de résultat présentant une certaine dispersion, ou variation. Ce résultat de mesure peut être altéré par la **Matière** ou ses propriétés physico-chimiques, le **Milieu** ou l'environnement dans lequel se fait la mesure, le **Moyen** ou l'équipement de surveillance et de mesure, la **Méthode** ou la procédure de mesure et en fin la **Main d'œuvre** ou le personnel responsable de la mesure.

Il est indispensable lorsque l'on doit faire une mesure de chercher à réduire, voire éliminer, les erreurs qui peuvent survenir de ces facteurs d'influence. Le meilleur moyen d'y parvenir, c'est d'appliquer des corrections. Une non-maîtrise de ces facteurs ou une méconnaissance des corrections à appliquer introduit inévitablement l'augmentation de la zone de doute sur le résultat de mesure et donc une réduction de la zone de conformité (figure 1).

La prise en compte de cette zone de doute, qu'est l'incertitude de mesure, dans la déclaration de conformité fait l'objet de plusieurs travaux. Il s'agit de définir, soit la zone de conformité [1], soit un coefficient de capabilité [2], [3].

Ce qui intéresse le client, c'est de connaître le risque que l'objet soit déclaré conforme alors qu'il ne l'est pas ! Surtout pour les grands chantiers, ou pour les produits à risque dont le manque à gagner est important.

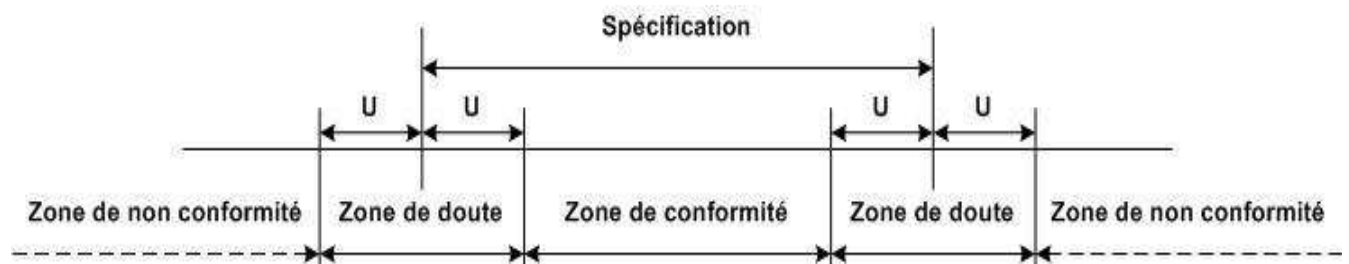


Figure 1 : Déclaration de conformité

2. Les 5M d'un processus de mesure

Matière

Citons non exclusivement que le résultat de mesure dépend :

- du coefficient de dilatation, de la déformation élastique et de la stabilité dimensionnelle du matériau (pour les mesures dimensionnelles)
- de la masse volumique, de la compressibilité et de la viscosité du fluide (pour la mesure de volume de pression et des débits)
- du gradient de température, de l'inertie et d'échange thermiques (pour la mesure de température de l'hygrométrie, du pouvoir calorifique),
- du gradient de concentration, et de la pureté des fluides (pour la mesure de densité de concentration, de polarité, etc.),
- des défauts géométriques, micro et macrographiques (pour la caractérisation des matériaux)
- de la masse volumique des matériaux (pour la mesure de masse, masse volumique, etc.)
- de la stabilité de la fréquence atomique et de la pureté spectrale de la source radio-fréquence (pour la mesure du temps)
- de la stabilité du rayon (pour la mesure de luminosité, réflexion, opacité, etc.)
- de la résistivité, des dimensions et du type de matériau (pour les mesures électriques)

Milieu

Dans le cas général, l'attention doit être portée à la température, à l'humidité, à la pression atmosphérique, à la poussière, aux perturbations électromagnétiques, aux rayonnements, à l'alimentation électrique, ainsi qu'aux niveaux de bruit et de vibration, en fonction des essais à effectuer.

Note : Selon les normes par exemple ISO/CEI 17025:2005 [6] les essais doivent être arrêtés lorsque les conditions ambiantes ont pour effet d'hypothéquer les résultats des essais.

Moyen

Une indication donnée par un capteur, une valeur lue sur un comparateur ne peut être considérée que si ce même instrument a été préalablement comparé à une référence connue : l'étalon, et encore cela ne suffit pas ! Il faut utiliser cet appareil dans des conditions acceptables pour lui-même et mesurer les facteurs qui influencent le résultat, par exemple :

- la justesse (dans le cas où aucune correction n'est prise, le résultat est biaisé et une composante d'incertitude s'impose),
- la fidélité, c'est une erreur aléatoire non corrigible, mais peut diminuer en démultipliant le nombre de mesures,
- l'exentération de charge (lorsque cette erreur est importante, pour les balances par exemple, le positionnement du produit sur le récepteur de charge a un effet majeur),
- la mobilité (par exemple ; le résultat de la méthode des seuils pour la mesure du poids est influencé par l'erreur de mobilité de la balance utilisée),
- le temps de charge peut entraîner un effet de fluage (pour remédier à cet effet, d'habitude pour les balances par exemple, on les laisse sous charge pendant 4 à 8 heures, avec une masse de 50% à 80% de la charge maximale)
- la sensibilité (lorsqu'une variation d'entrée n'entraîne aucune variation de sortie, le résultat se trouve influencé ; par exemple pour les doseurs massiques, volumétriques, potentiométriques, etc.)
- l'homogénéité et stabilité d'un milieu de comparaison (par exemple, pour les étuves les prestataires d'étalonnage ne vérifient pas systématiquement ces deux paramètres, alors que l'espace et le temps ont un effet sur le conditionnement du spécimen)
- le temps de réponse (pour les mesures automatiques de masses, de forces, de vitesse, de débits, etc.),
- la technologie (manuelle, semi-automatique ou automatique : aujourd'hui grâce à la baisse des coûts des capteurs et aux progrès de l'informatique, on peut utiliser des capteurs intelligents permettant de détecter des anomalies lors des mesures).
- la capabilité ; au sens des statistiques, la capabilité d'un instrument de mesure ou d'un processus de mesurage est le rapport entre la performance demandée sur la performance réelle. Dans le cas du contrôle d'un produit, la performance demandée est définie par la tolérance (t) du produit à mesurer et la performance réelle est définie par l'incertitude élargie du processus de mesurage. Dans le cas de la déclaration de conformité d'un produit, selon la norme NF E 02-204 [2], en l'absence du contrat client/fournisseur la capabilité du processus de mesurage (t/U) doit être supérieure ou égale à 8.

Les mesures faites par un instrument de mesure impliquent non-seulement de vérifier, suivant des périodicités déterminées, la capabilité et la conformité de ses caractéristiques métrologiques (exactitude), mais aussi de procéder à un suivi de ses performances dans le temps (cartes de contrôle) et aussi d'optimiser ce temps.

Méthode utilisée

Faisant-on appel à des méthodes directes, ou indirectes par inversion, substitution, ou retournement ?
Tenant-on compte du nombre de mesures ou effectuant-on des méthodes de répétabilité et reproductibilité ?
Participant-on à des programmes de comparaisons interlaboratoires ou d'essais d'aptitudes ?
Comparant-on les résultats à ceux d'autres organismes accrédités ou certifiés ?
Utilisant-on des méthodes normalisées ?
Validant-on les méthodes développées en interne ?
Utilisant-on régulièrement de matériaux de référence certifiés ?
Effectuant-on des essais réitérés à l'aide de méthodes identiques ou différentes ?
Effectuant-on de nouvel essai d'objets conservés ?
Effectuant-on des corrélations de résultats pour des caractéristiques différentes d'un objet ?

A fin d'assurer la qualité des résultats et approuver que les méthodes sont bien appliquées, on doit disposer de procédures de maîtrise de la qualité pour surveiller la validité des essais entrepris. Les données résultantes doivent être enregistrées de telle sorte que les tendances sont détectables et, lorsque cela est faisable, des techniques statistiques doivent être appliquées à l'examen des résultats.

Dans des cas particuliers (difficulté d'utiliser les méthodes normalisées, ou l'inexistence d'une méthode normalisée), des méthodes développées par le laboratoire ou des méthodes adoptées par le laboratoire peuvent également être employées si elles conviennent à l'usage prévu et qu'elles ont été validées.

Main d'œuvre

Le personnel effectuant des mesures au sein d'un laboratoire doit être habile à la mesure, compétent et qualifié. La qualification se base non seulement sur le niveau d'étude, la formation, l'expérience, mais également sur des essais de comparaisons aux personnes qualifiées via des critères mesurables.

Cette qualification commence dès la préparation de l'échantillon jusqu'à l'établissement et l'interprétation des résultats (parfois) en passant, bien évidemment, par l'essai en ayant soin de bien utiliser et entretenir les équipements y afférant.

Les erreurs dues à la manipulation sont nombreuses, citons sans se limiter:

- l'interpolation de lecture (pour les instruments analogiques, à cadran par exemple)
- la pression de mesure (par exemple ; pour la mesure avec un pied à coulisse la pression de mesure doit être entre 4 et 10 N),
- l'erreur de parallaxe (lors de la mesure du volume),

Le garant par excellence du résultat est un opérateur rigoureux, constant, soigneux, minutieux, appliqué et pertinent quant à l'analyse des résultats.

3. Risques client et fournisseur

Le doute provient des 5M, certes, mais également de l'échantillonnage [le prélèvement de(s) l'unité(s) à soumettre à l'essai dans le lot à contrôler] introduit une partie significative (si ce n'est essentielle) de l'erreur totale, surtout lorsqu'on doit donner des avis et interprétations et qu'on doit juger le lot à partir des résultats obtenus sur un échantillon.

De la part du fournisseur : du fait de cette incertitude, le contrôle par échantillonnage est entaché du risque fournisseur (α), du niveau de qualité acceptable (NQA) et de la taille de l'échantillon (n), (figure 2);

$$z \cdot \sigma = u_{NQA} \cdot \sigma - u_{\alpha} \cdot \sigma / \sqrt{n} \quad (1)$$

Tant que l'incertitude de mesure (U_{SF}) est inférieure à la quantité ($z \cdot \sigma$) le risque de déclarer des non-conformes est minime. Le fournisseur doit vérifier la condition :

$$U_{SF} \leq u_{NQA} \cdot \sigma - u_{\alpha} \cdot \sigma / \sqrt{n} \quad (2)$$

avec :

- n : la taille de l'échantillon,
- u_{α} : variable réduite associée au risque α ,
- u_{NQA} : variable réduite associée au NQA,
- z : le coefficient de GAUSS de la limite d'acceptation.
- U_{SF} : incertitude de mesure maximale, du contrôle effectué par le fournisseur, obtenue par échantillonnage.

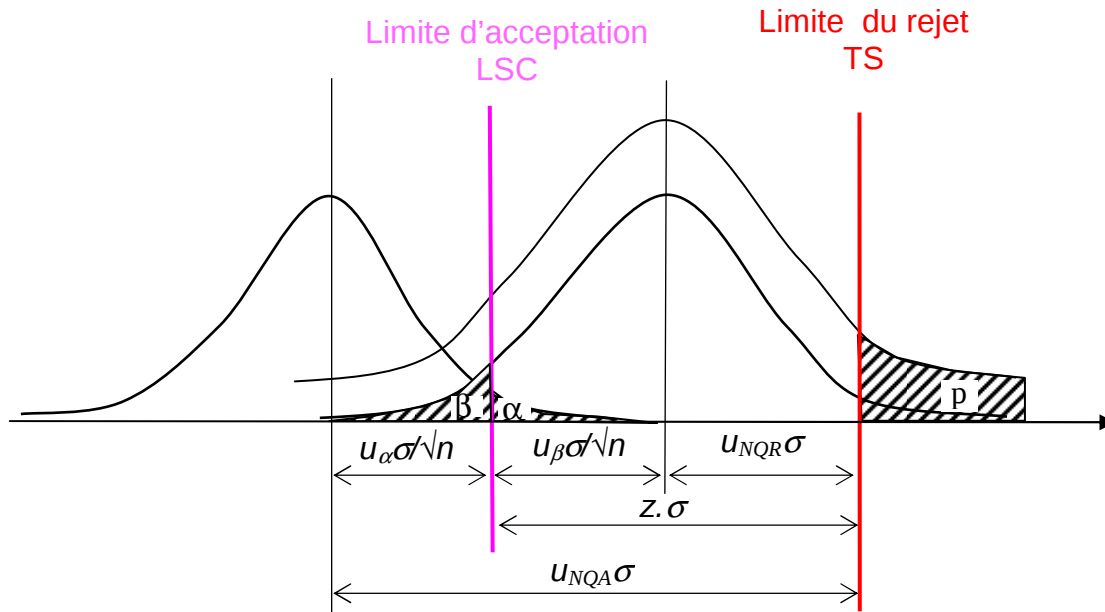


Figure 2 : Bande de garde

De la part du client, le contrôle est entaché du risque client (β), du niveau de qualité rejetée (NQR) et de la taille de l'échantillon (n). Lors du contrôle de réception, le client doit vérifier la condition :

$$U_{SC} \leq u_{NQR} \cdot \sigma - u_{\beta} \cdot \sigma / \sqrt{n} \quad (3)$$

où :

- u_{β} : variable réduite associée au risque β ,
- u_{NQR} : variable réduite associée au NQR,
- σ est l'écart type estimé. Pour $n < 30$ échantillons, on a :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

- p : est la probabilité de non-conformes dans le lot.
- U_{SC} : incertitude de mesure maximale, du contrôle effectué par le client, obtenue par échantillonnage.

4. Application

Selon la norme NF EN 12697-26 : 2004 [5], sur des éprouvettes compactées du type ; de diamètre $\phi 100\text{mm}$, d'épaisseur 53mm et de masse volumique 2451kg/m^3 , des essais de traction indirecte ont été effectués, sous les conditions suivantes :

Déformation horizontale visée	$5 \pm 2 \mu\text{m}$
Fréquence	10 Hz
Nombre d'impulsions	10
La période de répétition des impulsions	$3 \pm 0,1 \text{ s}$
Temps de montée en charge	$124 \pm 4\text{ms}$
Coefficient de poisson	0,35

On a obtenu un module de rigidité moyen 'corrigé' $E^* = 6696 \text{ MPa}$, avec un écart type estimé $\sigma = 297 \text{ MPa}$ et une incertitude élargie intralaboratoire $U = \pm 849 \text{ MPa}$.

L'incertitude a été calculée par le laboratoire (prestataire de l'essai) selon une méthode analytique basée sur le GUM [4].

Les exigences définies entre le client et le fournisseur sont :

Tolérance inférieure (TI)	6000 MPa
Niveau de qualité acceptable (NQA)	0,5 %
Risque fournisseur (α)	2,5 %
Niveau de qualité rejeté (NQR)	1%
Risque client (β)	5 %

Pour la section étudiée, étant donné que le contrôle est destructif et pour des raisons économiques, le fournisseur n'a prélevé que 10 éprouvettes.

Par ailleurs, à cause de l'incertitude, le risque de déclarer la section non-conforme est obtenu par (figure 3) :

$$R = \int_{5847}^{6000} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{E_i^* - \bar{E}^*}{\sigma}\right)^2} dE^* = 0,74\% \quad (7)$$

Où $\bar{E}^* = \frac{\sum E_i^*}{10}$ est la moyenne du module de rigidité corrigé et σ est l'écart type estimé.

Puisque $R < \alpha$ (risque fournisseur (2,5%)), la section sera déclarée conforme avec un risque de 0,74% qui sera accidentellement encaissé par le client. Toutefois, l'incertitude calculée par le fournisseur est supérieure à celle calculée à partir de la condition (2), (puisque $U_{SF} \leq 580$ MPa). Avec cette incertitude ($E_{\min}^* > TI$ avec un gain de 2,31%), il n'y a pas de risque de déclarer la section non-conforme. Par conséquent, le fournisseur doit améliorer son processus de mesurage.

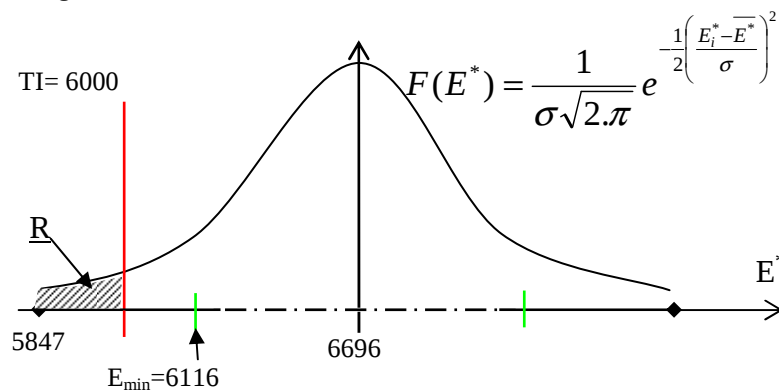


Figure 3 : Loi normale de l'essai de module

5. Conclusion

Dans cette étude nous avons présenté dans une première partie les 5 facteurs d'influence d'un processus de mesurage ; qu'est la Matière, le Milieu, le Moyen, la Méthode et la Main d'œuvre.

Dans la deuxième partie de ce sujet nous avons, modestement, mis en relief l'effet de l'échantillonnage sur la déclaration de conformité d'un produit. Nous avons montré, que ce soit pour le contrôle final effectué par le fournisseur ou le contrôle de réception effectué par le client, il est impératif de vérifier, respectivement les conditions d'échantillonnage U_F et U_C . Cette méthode d'estimation de l'incertitude à partir des risques (α et β), du NQA et du NQR est introduite pour la première fois pour déclarer la conformité et prendre une décision sans risque.

Par ailleurs, à partir de l'exemple traité, nous avons constaté que le fait que l'incertitude de mesure intralaboratoire (GUM) est supérieure à celle obtenue à partir de la condition d'échantillonnage, entraîne un risque de 0,74% qui sera encaissé par le client.

Toutefois, pour notre niveau nous n'avons pas des résultats de comparaisons interlaboratoires. En revanche, si nous avons mené cette étude avec l'incertitude obtenue à partir des comparaisons intralaboratoires publiée dans la norme NF EN 12697-26, le risque sera plus grand puisque dans le cas général les résultats des méthodes synthétiques, basées sur les calculs de répétabilité et reproductibilité, sont majorées.

6. Références

- [1] ISO 14253-1, in 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. 1998.
- [2] NF E 02-204 : Vérification des tolérances des produits -Conditions d'acceptation.
- [3] E.41.36.110.N, in CNOMO. Moyens de production (Agrement Capabilité) des moyens de mesure Moyens de contrôle spécifique. 1991.
- [4] NF ENV 13005, Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, Afnor, 1999.
- [5] NF EN 12697-26 « Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud : Module de Rigidité », AFNOR, 2004
- [6] ISO/CEI 17025 version 2005 : Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais