

SURVEILLANCE DES PROCESSUS DE MESURE. RETOURS D'EXPERIENCES

Groupe de travail du Collège Français de Métrologie

Résumé

Les étalonnages, plébiscités depuis toujours par les référentiels Qualité, sont indispensables, mais sont-ils suffisants ? S'ils permettent d'analyser l'instrument « sous toutes ses coutures » à un moment donné et dans des conditions données, ils présentent **l'inconvénient majeur de constater, mais rarement d'anticiper.**

Les surveillances, imposées par tous les référentiels Qualité, permettent, quant à elles, de s'assurer au quotidien de la qualité des mesures. Différents industriels décrivent leurs stratégies en ce domaine, du fameux « Caillou sur la balance » à la détection des valeurs douteuses par des tests statistiques.

Le Collège Français de Métrologie publie ces travaux dans le cadre d'un fascicule qui détaille de nombreux exemples.

The calibrations have been approved for a long time by quality standards. They are essential but are they sufficient? If they can be used at some point and some conditions for a complete equipment analysis, they also present a major inconvenience: It allows to notice, but rarely to anticipate.

Measuring system survey, imposed by every Quality standards, allow to assure the daily quality of measurements.

Various industrialists are using various strategies in this domain, from the famous "Pebble on the scales" to the detection of outliers using statistical tests.

The "Collège Français de Métrologie" (French College of Metrology), is publishing these works in a leaflet which describe many examples

Préambule

Cette conférence a pour objectif de définir la notion de surveillance d'un processus de mesure. Elle s'appuie sur des exemples industriels décrits par les membres d'un groupe de travail réuni par

le Collège Français de Métrologie pour répondre aux besoins des industriels.

De RENAULT, PSA CITROEN, LILLY ou encore EUROCOPTER à des PME régionales, les membres du groupe ont fait part de leurs expériences pour contribuer à la vulgarisation des bonnes pratiques en matière de Métrologie.

Définition

Une recherche bibliographique n'a pas permis de trouver une définition « métrologique » pour ce terme si souvent utilisé. Le groupe propose donc la définition suivante :

La surveillance d'un processus de mesure est un ensemble d'actions intervenant à la suite des différentes étapes préalables à son choix et utilisation (Validation du processus de mesure, estimation des incertitudes de mesure, des capacités, du risque industriel, ...) visant à s'assurer du maintien (pérennité) de ses performances dans le temps. Elle intervient entre les opérations d'étalonnage/vérification.

Sont donc exclus du domaine d'application de la surveillance, suivant cette définition, les processus dont les instruments de mesure ne font pas l'objet d'étalonnage/vérification périodique. Il est bien sûr toujours possible de s'inspirer des méthodes proposées pour surveiller à leur tour les processus de mesure non concernés directement par la définition.

Préalable

Il est entendu que la surveillance doit permettre de détecter des évolutions du processus de mesure (et non uniquement du moyen de mesure) suivant 2 critères :

1. La dérive (évolution de l'erreur de justesse, au sens erreur systématique)
2. La fidélité.

Voir Figure N°1

Le but de la surveillance est ainsi de vérifier à chaque opération que ces 2 grandeurs n'ont pas évolué. Dans le cas contraire, une analyse des raisons qui sont à l'origine de cette évolution sera conduite suivant un protocole défini en général pour chaque méthode. Le but de ce document n'est pas de décrire la méthodologie d'analyse (Comment faire pour déterminer l'origine du problème constaté ?) mais de proposer des méthodes permettant de détecter les problèmes éventuels.

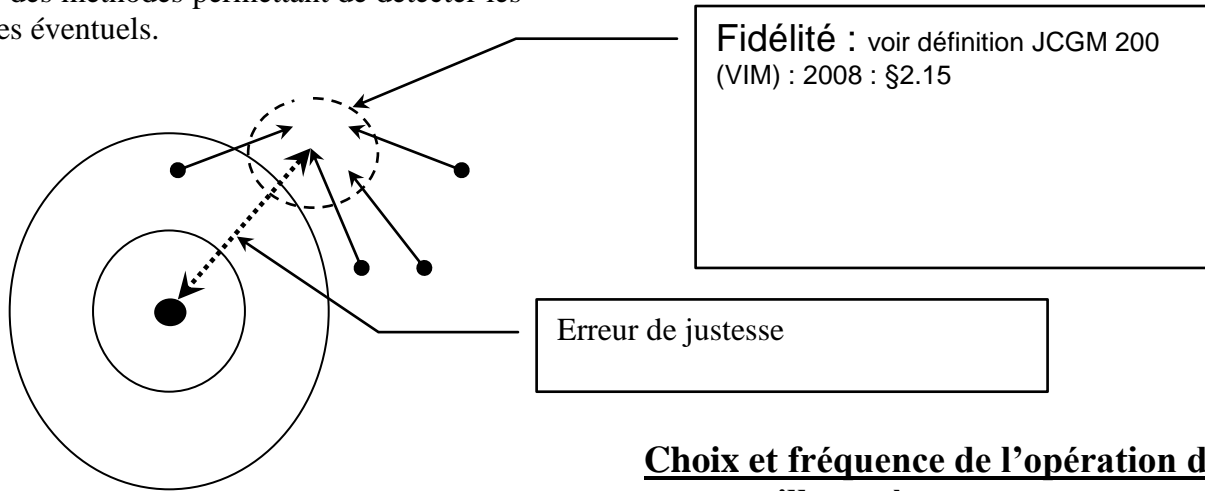


Figure N°1 : Justesse et dispersion

Les enjeux

La mise en place d'une stratégie de surveillance permet :

1. De réduire les coûts liés à la gestion des instruments de mesure (en complément du fascicule FD X 07-014 traitant de la périodicité d'étalonnage des moyens de mesure et du guide OPPERET publié par le Collège Français de Métrologie) tout en diminuant les risques.
2. De maîtriser les processus de mesure (et non les instruments de mesure uniquement) et ainsi à terme, de réduire les coûts de non-qualité.
3. De sensibiliser tous les acteurs de l'entreprise aux incertitudes de mesure et aux capacités en observant, lors des

surveillances, les dispersions liées aux mesures.

4. Développer et promouvoir la culture statistique liée à la réalisation du produit et/ou service

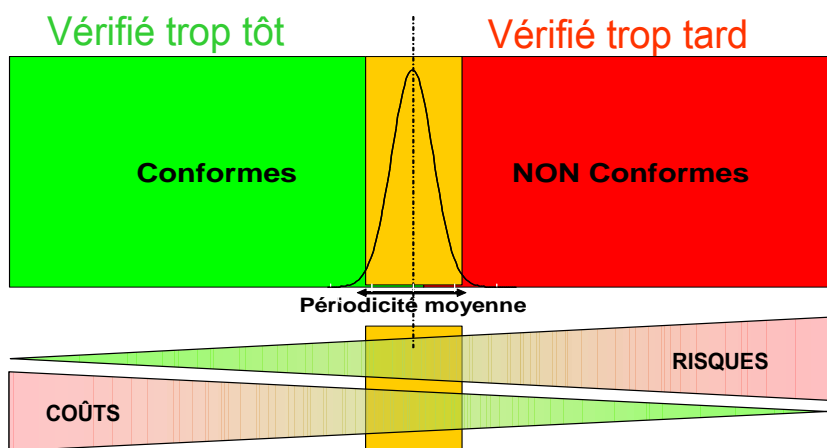
Choix et fréquence de l'opération de surveillance à mettre en œuvre

La mise en place d'un dispositif de surveillance des processus de mesure est un élément fondamental pour garantir la qualité des produits et pour maîtriser au mieux les risques.

La pratique de l'étalonnage/vérification périodique sans autre dispositif de surveillance conduit inévitablement à la conclusion suivante : soit des équipements vérifiés trop tôt (Conforme), soit des équipements vérifiés trop tard (Non Conforme).

Ceci correspond à un modèle de raccordement systématique des équipements de mesure, il convient donc de passer à une fréquence de raccordement (étalonnage/vérification) conditionnelle en fonction des risques (encourus par l'entreprise) liés au processus de mesure. Les surveillances mises en place permettent de couvrir ces risques.

La fréquence de raccordement conditionnelle permet donc de tendre vers le ratio optimum vérifié trop tôt/vérifié trop tard (voir Figure N°2)



Déterminer la zone optimum par rapport à la « limite » de la conformité et définir le bon ratio vérifié trop tôt/vérifier trop tard en fonction des risques

Figure N°2 : Ratio optimum vérifié trop tôt/vérifié trop tard

Note :

Il faut donc avoir au niveau de l'entreprise une démarche structurée de maîtrise des risques afin de déterminer le bon niveau de surveillance : étalonnage/vérification seul, plan de surveillance seul, combinaison des deux, vérification avant utilisation, ...

Le groupe propose une approche basée sur les méthodes AMDEC et HAZOP pour finir par déterminer une matrice (Figure N°3) qui permet, en fonction des cas à considérer, de choisir une fréquence et un traitement adaptés.

Légende de la matrice Figure N°3

- 1 : Surveillance occasionnelle non enregistrée
- 2 : Surveillance fréquente et non enregistrée
- 3 : Surveillance occasionnelle et enregistrée. Les résultats sont traités suivant une méthode documentée
- 4 : Surveillance fréquente et enregistrée. Les résultats sont traités suivant une méthode documentée
- 5 : Surveillance permanente

Evidemment, cette matrice peut être adaptée/modifiée au regard du contexte.

		Niveaux de gravité				
		Négligeable	Mineur	Important	critique	catastrophique
Niveaux de Probabilité* (combinaison occurrence et non-délectabilité)	Fréquent	4	4	5	5	5
	Probable	3	3	4	5	5
	Occasionnel	2	3	3	4	5
	Rare	1	2	3	3	4
	Improbable	1	1	2	3	4

Figure N°3 : Matrice des choix des surveillances à réaliser

Méthodes pratiques :

I : Suivi d'un processus de mesure à l'aide d'un objet type

Principe :

Il s'agit de réaliser, dans les conditions habituelles de mesure, la mesure d'un même objet à l'aide du processus surveillé.

A l'idéal, l'objet pourrait être un objet spécialement conçu (garantissant ainsi des caractéristiques stables) mais peut également être un objet tel que mesuré habituellement. Evidemment, cet objet SERA TOUJOURS le même et s'il était nécessaire de le changer, les limites de surveillance devraient être ré-estimées.

Outils utilisés :

Après quelques mesures, il est possible de déterminer les limites de surveillance; soit d'une carte aux mesures individuelles, soit d'une carte EWMA[1].

Lorsqu'une mesure sort des limites de surveillance, il peut s'agir soit d'un effet statistique (en fixant les limites de surveillance à 2 écart-types par exemple, il y aura environ 5% de fausses alertes), soit d'un problème sur le processus. Il est alors relativement aisé de lever le doute. Cette carte présente l'avantage d'être simple à mettre à jour. Un simple graphique sur le poste de travail permet de noter les mesures de surveillance au rythme où elles ont lieu.

La carte EWMA, quant à elle, présente l'avantage d'être plus sensible à une évolution du processus et permet ainsi une détection plus rapide d'un éventuel problème. Elle présente l'inconvénient de calculs plus compliqués nécessitant une assistance informatique.

II : Redondance des mesures :

Principe :

Il s'agit de mesurer un même objet à l'aide de plusieurs processus, pouvant être différents.

L'utilisation de cette méthode, appelée également dans l'industrie, contrôle croisé, permet de détecter automatiquement la dérive ou la non conformité d'un processus de mesure. En

fait, deux ou plusieurs processus de mesure sont dédiés à la vérification d'un même objet. La probabilité que ces processus dérivent au même moment et dans le même sens étant quasi nulle, la différence (dérive ou dispersion) de l'un est détectée par les autres.

Outils utilisés :

Dans ce cadre, différents outils statistiques sont disponibles. Le plus simple d'entre eux est l'écart normalisé. Si on possède plusieurs mesures provenant de plusieurs processus indépendants, il est possible de comparer chaque valeur individuelle à la moyenne des valeurs obtenues, rapportée bien sur à l'écart-type des résultats individuels. Une valeur trop « distante » de la moyenne indique un processus peut être défaillant.

Suivant les cas (plusieurs mesures répétées par le même processus, plusieurs processus), les tests statistiques de Mandel, Cochran et Grubbs [2] peuvent utilement être mis en œuvre pour détecter une anomalie.

Il est également possible, dans le cas où deux processus interviennent, d'établir une carte aux écarts individuels (écart entre les mesures obtenues par les deux processus, en respectant bien sur le sens de cet écart !) ou une carte EWMA comme vu précédemment.

Ce dernier exemple est particulièrement utile dans le cadre des entreprises organisées en autocontrôle (Premier processus de mesure) puis contrôle final par prélèvement (ou à 100%). L'entreprise produit déjà les 2 mesures du même objet qu'il suffit alors de traiter par une méthode ou une autre...

III : Processus de mesure dédié :

Principe :

Le processus de mesure est dédié à la mesure d'un process donné. L'objet réalisé est donc a priori stable, en tout cas indépendant du processus qui le mesure. Dans ce cas, il est évidemment impératif que ledit processus n'asservisse pas ledit process. Le process de réalisation/fabrication peut parfois être sous contrôle M.S.P et l'exploitation des données peut permettre de détecter une anomalie du processus de mesure. En effet, tant qu'aucun réglage n'intervient, la dérive apparente de l'objet réalisé

peut indiquer, soit une dérive du processus de fabrication/réalisation, soit une dérive du processus de mesure. Pour lever le doute, il suffit de mesurer un objet type antérieur qui est réputé stable. Si cet objet « change » de valeur, il s'agit probablement d'une dérive du processus de mesure.

Par extrapolation, les laboratoires d'étalonnage par exemple trouvent dans cette méthode une technique permettant de valider leurs résultats. En effet, ils mesurent souvent le même type de moyen et une dérive des caractéristiques de tous les moyens d'une même famille met en évidence une très probable dérive de l'étalon ...

IV : Corrélation/Caractère intrinsèque des caractéristiques « objet » :

Principe :

Des caractéristiques « Objet » sont, soit corrélées du fait de la méthode d'obtention mais sont mesurées par des processus différents, soit constantes au regard d'un principe physique par exemple. Une incohérence « physique » entre les résultats de mesures permet de détecter une anomalie du (des) processus de mesure en jeu.

Pour illustrer cette approche de la surveillance, un exemple concret est nécessaire

Exemple :

Processus de mesure : Détermination de la granulométrie d'un sol.

Rappel : un sol est constitué de 5 classes granulométriques :

- les argiles (0 à 2 μm), les limons fins (2 à 20 μm) et les limons grossiers (20 à 50 μm) déterminés par sédimentation,

- les sables fins (50 à 200 μm) et les sables grossiers (200 à 2 000 μm) déterminés par tamisage.

Ces 5 classes sont toutes systématiquement déterminées et exprimées en g/100 g de sol analysé.

La mesure même de chacune des 5 classes permet de surveiller l'ensemble des étapes du processus de mesure et de détecter un éventuel problème sur l'une des étapes.

En effet, la somme des valeurs obtenues pour chacune des 5 classes analysées (en g/100g) doit être égale à la masse de l'échantillon étudié divisée par 100 (pour tout remettre à la même échelle), aux incertitudes de mesure près.

Il est commun d'admettre, dans la profession, qu'une somme finale comprise entre 95 et 101g / 100 g est un résultat cohérent. Un écart plus important signale de fait un problème sur l'une ou l'autre des étapes ayant conduit au résultat.

V : Cas de l'utilisation d'objet CONFORME et NON CONFORME (Artefacts)

Principe :

Cette technique est souvent mise en œuvre dans l'industrie. Elle consiste, notamment pour les processus de mesure automatisés, à s'assurer périodiquement qu'ils sont capables de détecter un objet Non Conforme. Il suffit d'identifier ou de réaliser un objet « Juste Non Conforme » (appelé quelque fois Artefact) et de s'assurer qu'il est bien détecté par le processus de mesure. Le risque Client (Livrer un produit Non Conforme) est alors maîtrisé puisqu'on s'assure que le système « voit » les Non Conformés.

Le risque Fournisseur (Voir des produits Non Conformés alors qu'ils sont Conformés) n'est pas directement maîtrisé. Néanmoins, si le processus de mesure dérive dans ce sens (Il voit plus de faux Non Conformés), l'augmentation du taux de rebuts permettra rapidement de déclencher l'analyse qui conduira au processus défaillant.

Conclusion

Les « étalonnage/vérification » sont pratiqués avec assiduité depuis le début des certifications Qualité. En théorie, ils permettent de déterminer les erreurs propres aux instruments de mesure qui peuvent, soit être corrigées (lorsqu'elles sont systématiques), soit être prises en compte dans les calculs d'incertitude.

Il faut bien constater que l'évaluation des incertitudes de mesure n'est pas encore totalement intégrée dans la plupart des entreprises, même si tout le monde a beaucoup progressé ces dernières années sur ce sujet. Il reste beaucoup de chemin à parcourir avant que cette pratique ait trouvé toute son utilité dans l'industrie. Elle changera d'ailleurs probablement, à terme, un grand nombre de principes actuels, notamment dans le dimensionnement du besoin ... L'étalonnage/vérification se présente donc encore souvent aujourd'hui comme l'opération qui consiste à s'assurer que le moyen est encore « acceptable » par comparaison à des valeurs attendues, souvent proposées par les normes.

Il paraît évident à chacun que la seule solution consiste à mesurer des étalons (d'où la nécessité de faire un « étalonnage ») pour s'assurer de ce point.

On trouvera donc dans les surveillances d'autres techniques pour s'assurer du caractère « acceptable » d'un moyen de mesure, même sans étalon. Le pouvoir de détection d'une anomalie sur un moyen est alors bien supérieur à celui d'un étalonnage qui ne peut, par nature, être permanent alors que certaines situations l'imposeraient (Cas 5 de la matrice figure 3).

En mettant en place de façon pragmatique des stratégies de surveillance adaptées au contexte, les industriels pourront non seulement limiter les

coûts liés aux étalonnages mais surtout diminuer le risque client.

Il est rappelé que le Risque est défini comme le produit de la gravité d'une mesure erronée par la probabilité d'une mesure erronée par la non-capacité de détection d'une mesure erronée.

La surveillance permet d'augmenter la capacité de détection d'un processus défaillant et œuvre ainsi de façon efficace à la diminution du Risque Client.

Références

[1] AFNOR NF X 06-031-3 (1995) :
Application de la statistique - Cartes de contrôle - Partie 3 : cartes de contrôle à moyennes mobiles avec pondération exponentielle (EWMA) (2ème tirage, janvier 1997)

[2] ISO 5725-2 (1994) :
Application de la statistique - Exactitude (justesse et fidélité) des résultats et méthodes de mesure - Partie 2 : méthode de base pour la détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode de mesure normalisée