

LES GUIDES TECHNIQUES
DU COLLÈGE FRANÇAIS DE MÉTROLOGIE



SURVEILLANCE DES PROCESSUS DE MESURE

LES GUIDES TECHNIQUES
DU COLLÈGE FRANÇAIS DE MÉTROLOGIE

SURVEILLANCE **DES PROCESSUS DE MESURE**

LES GUIDES TECHNIQUES
DU COLLÈGE FRANÇAIS DE MÉTROLOGIE



SURVEILLANCE DES PROCESSUS DE MESURE

© CFM et AFNOR Éditions 2017

Couverture : création AFNOR Éditions – Exécution : Atelier du Livre (Caroline Joubert)

Crédit photo © 2017 Adobe Stock

ISBN 978-2-12-465607-3



Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1^{er} juillet 1992, art. L 122-4 et L 122-5, et Code pénal, art. 425).

Collège Français de Métrologie
1, rue Gaston Boissier
75724 Paris Cedex 15
Tél. : + 33 (0) 4 67 06 20 36
www.cfmetrologie.com/fr/bibliotheque

AFNOR
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél. : + 33 (0) 1 41 62 80 00
www.afnor.org/editions



COLLÈGE FRANÇAIS DE
MÉTROLOGIE

Le Collège Français de Métrologie (CFM) est une association à vocation industrielle qui rassemble tous les acteurs du monde de la mesure : utilisateurs de moyens de mesure dans l'industrie et les laboratoires, responsables de laboratoires et de centres techniques, fabricants et prestataires, universitaires et autres.

Fondé avec le soutien du Ministère chargé de l'Industrie, du Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE), du Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques (CETIAT) et de Peugeot Citroën Automobiles (PSA), le CFM rassemble aujourd'hui près de 500 adhérents.

Apporteur d'informations et de contenu technique, notre mission est de vous permettre d'améliorer et d'optimiser vos processus de mesure. Les professionnels de tous niveaux et de tous les secteurs d'activités sont concernés.

Le but est de vous faire gagner du temps et de vous permettre de répondre au plus vite à vos interrogations.

Grâce à sa bibliothèque technique et notamment à ses Guides, le CFM est devenu la référence de la documentation dans le monde de la mesure.

Le rapprochement avec AFNOR Éditions, qui est lui aussi est un autre référent mais de la Norme, permettra aux deux entités de se compléter l'un et l'autre tout en gardant leurs niveaux d'exigence et tout en continuant d'améliorer les connaissances.

Véritable pôle d'échange qui facilite les rencontres et le partage d'expériences, intégrez vous aussi notre réseau en devenant l'un de nos membres privilégiés !

Visitez notre site Internet et analysez toute notre offre sur www.cfmometrologie.com.

**Prenez la mesure de votre avenir !
Le CFM**

afnor
ÉDITIONS

Vous ne connaissiez pas encore AFNOR en tant qu'éditeur ? Pourtant, depuis plusieurs années nous nous affirmons en tant qu'acteur de premier plan dans le paysage de la littérature professionnelle !

Face aux grandes tendances qui impactent votre environnement économique, nous vous offrons les meilleures solutions.

Dans un monde où les risques externes sont nombreux, AFNOR Éditions apporte de véritables solutions et méthodes pour aider les dirigeants dans leurs prises de décision.

Quels que soient votre secteur d'activité et votre fonction dans l'entreprise, nous vous proposons un ouvrage capable de satisfaire vos attentes. Pour répondre à vos problématiques, nous avons spécialement développé des collections pratiques. Celle coéditée avec le CFM est la dernière-née !

Cette collection vous assure les compétences des meilleurs experts et traite de l'ensemble des besoins auxquels vous êtes confrontés au quotidien.

Cette volonté d'accompagner votre développement et d'assurer votre pérennité est la marque de fabrique d'AFNOR Éditions. C'est notre mission.

Pour l'accomplir et la mener à bien, nous sélectionnons des auteurs experts et reconnus, ayant une véritable expérience de terrain.

Capables de transmettre simplement les outils, les méthodologies et les connaissances nécessaires, ils vous permettront d'aller de l'avant et d'améliorer vos performances.

Consultez sans tarder l'ensemble de notre catalogue de plus de 570 titres sur www.boutique.afnor.org/livres.

**Accédez au savoir en illimité !
AFNOR Éditions**

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
1. DEFINITION	3
1.1 DÉFINITIONS PRINCIPALES	3
1.2 DÉFINITIONS UTILISÉES	3
2. CHOIX DES METHODES A UTILISER ET FREQUENCE	7
2.1 PRÉALABLE	7
2.2 LES ENJEUX	7
2.3 CHOIX ET FRÉQUENCE DE L'OPÉRATION DE SURVEILLANCE À METTRE EN ŒUVRE	7
3. METHODES	13
3.1 SUIVI D'UN OBJET CONNU	13
3.1.1 Exemple 1	13
3.1.2 Exemple 2 : Surveillance de processus mesure pour garantir la qualité du produit fabriqué envoyé chez le client	15
3.2 REDONDANCE DES MESURES	16
3.2.1 Exemple 1 : Mesure d'une pièce mécanique	16
3.2.2 Exemple 2 : Surveillance de mesures critiques de procédés	17
3.2.3 Exemple 3 : Surveillance en cours de production, cas des échantillons initiaux	18
3.2.4 Exemple 4 : Surveillance des étalons de température entre 2 étalonnages	19
3.2.5 Exemple 5 : Mesures dans l'industrie mécanique	22
3.2.6 Exemple 6 : Comparaison inter-laboratoire et inter-opérateurs	22
3.3 PROCESSUS DE MESURE DÉDIÉ	23
3.3.1 Exemple 1 : Cas des laboratoires d'étalonnage	23
3.3.2 Exemple 2 : Surveillance des enceintes thermostatiques à l'Établissement Français du Sang Pyrénées Méditerranée	25
3.4 CORRÉLATION / CARACTERE INTRINSEQUE DES CARACTÉRISTIQUES « OBJET »	31
3.4.1 Exemple 1 : Corrélacion des caractéristiques « Objet »	31
3.4.2 Exemple 2 : Cas d'un assemblage mécanique	32
3.4.3 Exemple 3 : Fabrication d'éléments de batteries	32
3.5 CAS DE L'UTILISATION D'OBJET CONFORME et NON-CONFORME (Artefacts)	33
3.5.1 Exemple 1 : Dans l'industrie mécanique	33
3.5.2 Exemple 2 : Processus de surveillance dans l'agro-alimentaire	34
4. CONCLUSION	35

5. ANNEXES	37
Annexe I – Position et Dispersion	37
Annexe II – L'écart normalisé	40
Annexe III – Les cartes aux écarts normalisés	42
Annexe IV – La carte EWMA	44
Annexe V – Les tests de Mandel	48
Annexe VI – Le test de Von Neumann	50
Annexe VII – Les algorithmes dits « robustes »	51

INTRODUCTION

La norme ISO 10012 - 2003 « Systèmes de management de la mesure - Exigences pour les processus et les équipements de mesure », précise, dans son paragraphe 8.2.3 :

« 8.2.3 Surveillance du système de management de la mesure

Au sein des processus constituant le système de maîtrise de la mesure, la confirmation métrologique et les processus de mesure doivent être surveillés. La surveillance doit être réalisée suivant des procédures documentées et à intervalles de temps établis.

Ceci inclut la détermination des méthodes applicables, y compris celle des techniques statistiques et leur domaine d'utilisation.

La surveillance du système de maîtrise de la mesure doit éviter les écarts aux exigences en assurant une détection rapide des défauts et les actions sans délai pour leur correction. La surveillance du système de maîtrise de la mesure doit être dimensionnée au risque d'échec à la satisfaction des exigences spécifiées.

Les résultats de la surveillance des processus de mesure et de confirmation et toutes les actions correctives qui en résultent doivent être documentés pour démontrer que ces processus ont satisfait de façon continue aux exigences spécifiées. »

SOIT, MAIS COMMENT ?

Ce document qui s'appuie sur les exigences de la norme 10012 § 8.2.3 (rappelées ci-dessus), a pour objectif de compléter la définition pratique de mise en place de la surveillance (pré-requis) d'un processus de mesure et de présenter des exemples industriels applicables et appliqués qui sont décrits par les membres du groupe de travail.

Il n'a pas la prétention d'être exhaustif mais simplement de décrire, au travers de retour d'expériences, des méthodes qui pourront probablement être transposées à d'autres situations.

Il a été rédigé par un groupe de travail du Collège Français de Métrologie (CFM) composé des personnes suivantes :

M. BARBIER - Président Honoraire du CFM
MM. BERENBACH et MOUILLEBOUCHE -
LILLY FRANCE
M. BOUDIER - Laboratoire départemental de
l'Aisne
MM. CEMBRZYNSKI, DAVIDOU et
LETOCART - RENAULT
M. DAUBENFELD - PSA PEUGEOT
CITROËN
M. DUGAST - TRESICAL
M. FERMIN - ACOME

M. LARQUIER - BEA Métrologie
M. MAUCLERC - EUROCOPTER
M. MORETTI - ADES
M. POU - DELTA MU (animateur)
M. REIFENBERG - Etablissement Français
du Sang
M. REPOSEUR - ACAC
M. TARDIEU - CIET
M. TISSOT - LEGRIS SAS, PARKER
HANNIFIN CORP
M. VAISSIERE - DELTA MU

1. DEFINITION

1.1 DÉFINITIONS PRINCIPALES

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 du présent document les processus dont les instruments de mesure ne font pas l'objet d'étalonnage/vérification périodique. Le lecteur pourra néanmoins s'inspirer des méthodes proposées dans le présent document pour suivre les processus de mesure non concernés directement.

1.2 DÉFINITIONS UTILISÉES

Les définitions ci-dessous sont extraites de documents normatifs datés. Le lecteur pourra, en cas d'évolution desdits documents, vérifier l'applicabilité des nouvelles définitions aux concepts et méthodes décrits dans ce document.

PROCESSUS DE MESURE

Instrument de mesure (JCGM 200 (VIM) : 2012 - §3.1)

Appareil de mesure.

Dispositif utilisé pour faire des mesurages, seul ou associé à un ou plusieurs dispositifs annexes.

Note 1 : Un instrument de mesure qui peut être utilisé seul est un système de mesure.

Note 2 : Un instrument de mesure peut être un appareil de mesure indicateur ou une mesure matérialisée.

DISPOSITIF DE MESURE (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §3)

Ce chapitre recouvre différentes définitions :

- 3.1 : Instrument de mesure
- 3.2 : Système de mesure
- 3.3 : Appareil de mesure Indicateur
- 3.4 : Appareil de mesure Afficheur
- 3.5 : Échelle d'un appareil de mesure Afficheur
- 3.6 : Mesure matérialisée
- 3.7 : Transducteur de mesure
- 3.8 : Capteur
- 3.9 : Détecteur
- 3.10 : Chaîne de mesure
- 3.11 : Ajustage d'un système de mesure
- 3.12 : Réglage de zéro

ERREUR DE MESURE (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §2.16)

Erreur.

Différence entre la valeur mesurée d'une grandeur et une valeur de référence.

Note 1 : Le concept d'erreur peut être utilisé :

a) Lorsqu'il existe une valeur de référence unique à laquelle se rapporter, ce qui a lieu si on effectue un étalonnage au moyen d'un étalon dont la valeur mesurée a une incertitude de mesure négligeable ou si on prend une valeur conventionnelle, l'erreur étant alors connue,

b) Si on suppose le mesurande représenté par une valeur vraie unique ou un ensemble de valeurs vraies d'étendue négligeable, l'erreur étant alors inconnue.

Note 2 : Il convient de ne pas confondre l'erreur de mesure avec une erreur de production ou une erreur humaine.

ERREUR SYSTÉMATIQUE (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §2.17)

Composante de l'erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, demeure constante ou varie de façon prévisible.

Note 1 : La valeur de référence pour une erreur systématique est une valeur vraie, une valeur mesurée d'un étalon dont l'incertitude de mesure est négligeable, ou d'une valeur conventionnelle.

Note 2 : L'erreur systématique et ses causes peuvent être connues ou inconnues. On peut appliquer une correction pour compenser une erreur systématique connue.

Note 3 : L'erreur systématique est égale à la différence entre l'erreur de mesure et l'erreur aléatoire.

BIAIS DE MESURE (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §2.18)

Erreur de justesse.

Estimation d'une erreur systématique.

BIAIS INSTRUMENTAL (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §4.20)

Erreur de justesse d'un instrument.

Différence entre la moyenne d'indications répétées et une valeur de référence.

ERREUR ALÉATOIRE (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §2.19)

Composante de l'erreur de mesure qui, dans des mesurages répétés, varie de façon imprévisible.

Note 1 : La valeur de référence pour une erreur aléatoire est la moyenne qui résulterait d'un nombre infini de mesurages répétés du même mesurande.

Note 2 : Les erreurs aléatoires d'un ensemble de mesurages répétés forment une distribution qui peut être résumée par son espérance mathématique, généralement supposée nulle, et par sa variance.

Note 3 : L'erreur aléatoire est égale à la différence entre l'erreur de mesure et l'erreur systématique.

RÉPÉTABILITÉ (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §2.21)

Répétabilité.

Fidélité de mesure selon un ensemble de conditions de répétabilité.

FIDÉLITÉ DE MESURE (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §2.15)

Etroitesse de l'accord entre les indications ou les valeurs mesurées obtenues par des mesurages répétés du même objet ou d'objets similaires dans des conditions spécifiées.

Note 1 : La fidélité est en général exprimée numériquement par des caractéristiques telles que l'écart-type, la variance ou le coefficient de variation dans les conditions spécifiées.

Note 2 : Les conditions spécifiées peuvent être, par exemple, des conditions de répétabilité, des conditions de fidélités intermédiaires ou des conditions de reproductibilité (Voir ISO 5725-3 : 1994).

Note 3 : La fidélité sert à définir la répétabilité de mesure, la fidélité intermédiaire de mesure et la reproductibilité de mesure.

CONDITION DE RÉPÉTABILITÉ (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §2.20)

Condition de mesurage dans un ensemble de conditions qui comprennent la même procédure de mesure, les mêmes opérateurs, le même système de mesure, les mêmes conditions de fonctionnement et le même lieu, ainsi que des mesurages répétés sur le même objet ou des objets similaires pendant une courte période de temps.

Note 1 : Une condition de mesurage n'est une condition de répétabilité que par rapport à un ensemble donné de conditions de répétabilité.

Note 2 : En chimie, on utilise quelquefois le terme « condition de fidélité intra-série » pour désigner ce concept.

REPRODUCTIBILITÉ (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §2.25)

Fidélité de mesure selon un ensemble de conditions de reproductibilité.

Note : Des termes statistiques pertinents sont donnés dans l'ISO 5725-1 : 1994.

CONDITION DE REPRODUCTIBILITÉ (JCGM 200 (VIM) : 2012 : §2.24)

Condition de mesurage dans un ensemble de conditions qui comprennent des lieux, des opérateurs et des systèmes de mesure différents, ainsi que des mesurages répétés sur le même objet ou des objets similaires.

Note 1 : Les différents systèmes de mesure peuvent utiliser des procédures de mesure différentes.

Note 2 : Il convient qu'une spécification relative aux conditions contienne, dans la mesure du possible, les conditions que l'on fait varier et celles qui restent inchangées.

CAPABILITÉ (FDX 07-022 / ANNEXE B : 2004 : §B.3.4)

L'aptitude d'un processus de mesure, ou encore la Capabilité d'un processus de mesure, est défini dans le présent document par le rapport C_{mes} de l'intervalle de tolérance IT à l'incertitude de mesure U, U étant donnée comme la moitié de l'intervalle représentant un niveau de confiance de 95%, soit 2 écart-types (incertitude type) dans le cadre d'une loi normale.

C_{mes} caractérise l'aptitude du processus de mesure (d'incertitude U) à prononcer la conformité à la spécification IT.

PRODUIT (ISO 9000 : 2000 : §3.4.2)

Résultat d'un processus.

Note 1 : Il existe quatre catégories génériques de produits :

- Les services (par exemple, transport) ;
- Les « softwares » (par exemple, logiciel, dictionnaire) ;
- Les [produits] matériels (par exemple pièces mécaniques du moteur) ;
- Les produits issus de processus à caractère continu (par exemple, lubrifiant).

(...)