



Métrologie dimensionnelle

LAB GTA 18 – Révision 03

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI





SOMMAIRE

1. OBJET DU DOCUMENT	3
2. REFERENCES ET DEFINITIONS	3
2.1. REFERENCES	3
2.2. ABREVIATIONS ET DEFINITIONS	4
3. DOMAINE D'APPLICATION	5
4. MODALITES D'APPLICATION	5
5. MODIFICATIONS APORTEES A L'EDITION PRECEDENTE	6
6. NOMENCLATURE / EXPRESSION DE LA PORTEE D'ACCREDITATION	6
7. EXPLICATION DE POINTS PARTICULIERS DU REFERENTIEL NF EN ISO/IEC 17025	8
7.1. REVUE DE CONTRAT	8
7.2. PERSONNEL	8
7.3. INSTALLATIONS ET CONDITIONS AMBIANTES	8
7.4. METHODES D'ETALONNAGE	9
7.4.1. Généralités	9
7.4.2. Evaluation des incertitudes de mesure	9
7.5. ÉQUIPEMENT, TRAÇABILITE DU MESURAGE	16
7.5.1. Généralités	16
7.5.2. Programme d'étalonnage	16
7.5.3. Dispositions spécifiques	16
7.6. RAPPORTS SUR LES RESULTATS	17
7.6.1. Emission des rapports sur les résultats	17
7.6.2. Ecriture des résultats	17
7.6.3. Déclaration de conformité	17
8. AUTRES SPECIFICITES TECHNIQUES	21
8.1. CALES ETALONS	21
8.2. CALIBRES REVETUS	21
8.3. FILETAGES	21
8.4. PIEDS A COULISSE : NF E11-091 (03/2013)	22
8.5. JAUGES DE PROFONDEUR A COULISSEAU : NF E11-096 (10/2013)	22
8.6. MICROMETRES D'EXTERIEUR A VIS « STANDARD » : NF E11-095 (10/2013)	22
8.7. MICROMETRES D'EXTERIEUR ET D'INTERIEUR A VIS - EXECUTIONS SPECIALES : NF E11-090 (12/1993)	22
8.8. MICROMETRES D'INTERIEUR A 3 TOUCHES DITS « ALESOMETRES »	23
8.9. COMPARETEURS A AFFICHAGE NUMERIQUE : NF E11-056 (04/2016)	23
8.10. COMPARETEURS ELECTRONIQUES	23
8.11. CAPTEURS A SORTIE ELECTRIQUE ANALOGIQUE	23
8.12. INDICATEURS DE POSITION DE MACHINES A MESURER	23
8.13. MACHINES A MESURER TRIDIMENSIONNELLES	23
8.14. TAMIS DE CONTROLE EN TISSUS METALLIQUES : NF ISO 3310-1 (07/2019)	23



1. OBJET DU DOCUMENT

La norme NF EN ISO/IEC 17025 définit les exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais.

Au regard de certains documents internationaux (par exemple, EA-4/02, ILAC P9 etc.) le Cofrac s'attache à développer dans des guides techniques d'accréditation (GTA) qu'il publie, des recommandations spécifiques au(x) domaine(s) technique(s) considéré(s), en vue de guider les organismes dans la mise en œuvre des exigences du référentiel d'accréditation et en vue d'harmoniser les approches.

Ce document vise à établir des recommandations issues des bonnes pratiques admises dans le domaine et de la normalisation en vigueur. Il constitue un guide de lecture des exigences de ladite norme pour les prestations en lien avec la métrologie dimensionnelle.

Ce guide ne se substitue pas aux exigences réglementaires et/ou aux normes applicables au sein du laboratoire. Les recommandations qu'il contient et que le laboratoire est libre d'appliquer sont celles reconnues comme étant les plus appropriées par le Cofrac pour répondre aux exigences de la norme NF EN ISO/IEC 17025 et notamment du document LAB REF 02. Dans tous les cas, il appartient au laboratoire de démontrer que les dispositions qu'il prend permettent de satisfaire pleinement les exigences de la norme citée ci-dessus.

2. REFERENCES ET DEFINITIONS

2.1. Références

Ce document prend en compte les documents suivants :

- Norme NF EN ISO/IEC 17025 : 2017 « Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais »
- LAB REF 02 « Exigences pour l'accréditation des laboratoires selon la norme NF EN ISO/IEC 17025 : 2017 »
- LAB REF 05 : Règlement d'accréditation
- LAB REF 08 : Expression et évaluation des portées d'accréditation
- LAB INF 08 : Nomenclature et expression des lignes de portée d'accréditation dans le domaine Dimensionnel
- GEN REF 11 : Règles générales pour la référence à l'accréditation et aux accords de reconnaissance internationale
- GEN REF 10 : Traçabilité des résultats de mesure
- EA-4/02: Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration
- ILAC P14: ILAC Policy for Measurement Uncertainty in Calibration

En plus des documents contractuels du Cofrac, le présent document s'appuie et se réfère aux textes suivants :

- JCGM 100 (GUM) ou NF ISO/IEC GUIDE 98-3 « Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure » ;
- JCGM 106 ou NF ISO/IEC GUIDE 98-4 : Rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité ;
- JCGM 200 (V.I.M.) ou NF ISO/IEC GUIDE 99 « Vocabulaire International de Métrologie Concepts fondamentaux et généraux et termes associés » ;



- JCGM 101 ou ISO/IEC GUIDE 98-3/S1: Guide to the expression of uncertainty in measurement — Propagation of distributions using a Monte Carlo method (ci-après dénommé GUM-S1);
- FD X 07-022 : Utilisation des incertitudes de mesures : présentation de quelques cas et pratiques usuelles ;
- FDX 07-023 : Évaluation de l'incertitude de mesure par la méthode Monte Carlo - Principes et mise en œuvre du supplément 1 au GUM ;
- FD X 07-039 : Rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité - Mise en œuvre de la norme NF ISO/IEC Guide 98-4 - Illustration au travers d'études de cas industriels
- FD X 02-003 : Principes de l'écriture des nombres, des grandeurs, des unités et des symboles ;
- NF EN ISO 14978 : Concepts et exigences généraux pour les équipements de mesure GPS ;
- NF EN ISO 14253-1 : Règles de décision pour prouver la conformité ou la non-conformité à la spécification.
- NF ISO 1502 : Filetages métriques ISO pour usages généraux - Calibres à limites et vérification
- NF EN ISO 13385-2 : Spécification géométrique des produits (GPS) - Équipement de mesurage dimensionnel - Partie 2 : caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques des jauges de profondeur
- NF E11-091 : Spécification géométrique des produits (GPS) - Instruments de mesurage dimensionnel - Réception et vérification des pieds à coulisse
- NF E11-096 : Spécification géométrique des produits (GPS) - Instruments de mesurage dimensionnel - Réception et vérification des jauges de profondeur à coulisseau
- NF E11-095 : Spécification géométrique des produits (GPS) - Instruments de mesurage dimensionnel - Réception et vérification des micromètres d'extérieur
- NF E11-090 : Instruments de mesurage - Micromètres d'extérieur et d'intérieur à vis - Exécutions spéciales.
- NF E11-056 : Spécification géométrique des produits (GPS) - Instruments de mesurage dimensionnel - Réception et vérification des comparateurs à affichage numérique à tige rentrante radiale
- NF ISO 3310-1 : Tamis de contrôle - Exigences techniques et vérifications - Partie 1 : tamis de contrôle en tissus métalliques
- NF EN ISO 10360-2 : Spécification géométrique des produits (GPS) - Essais de réception et de vérification périodique des machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) - Partie 2 : MMT utilisés pour les mesures de dimensions linéaires

2.2. Abréviations et définitions

Les abréviations suivantes sont utilisées :

- COFRAC : COmité FRançais d'ACcréditation (www.cofrac.fr)
- EA : European Co-operation for Accreditation (www.european-accreditation.org)
- ILAC : International Laboratory Accreditation Coopération (www.ilac.org)
- CMC : Calibration and Measurement Capability
- HR : Humidité relative
- LNM : Laboratoires Nationaux de Métrologie

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions ci-après s'appliquent :



Mesurande¹ : grandeur que l'on veut mesurer.

Étalonnage¹ : opération qui, dans des conditions spécifiées, établit en une première étape une relation entre les valeurs et les incertitudes de mesure associées qui sont fournies par des étalons et les indications correspondantes avec les incertitudes associées, puis utilise en une seconde étape cette information pour établir une relation permettant d'obtenir un résultat de mesure à partir d'une indication.

Étalon¹ : réalisation de la définition d'une grandeur donnée avec une valeur déterminée et une incertitude de mesure associée, utilisée comme référence.

Étalon de référence¹ : étalon conçu pour l'étalonnage d'autres étalons de grandeurs de même nature dans une organisation donnée ou en un lieu donné.

Application à la métrologie dimensionnelle : Cales étalons raccordées au système international d'unités (SI) en interne ou en externe à partir d'étalons eux-mêmes raccordés au SI et utilisés pour étalonner les étalons de travail du laboratoire.

Étalon de travail¹ : étalon qui est utilisé couramment pour étalonner ou contrôler des instruments de mesure ou des systèmes de mesure.

Application à la métrologie dimensionnelle : Etalons raccordés au SI à partir des étalons de référence du laboratoire et utilisés pour étalonner les appareils à cotes variables des clients.

Méthode de mesure¹ : description générique de l'organisation logique des opérations mises en œuvre dans un mesurage

Erreur maximale tolérée¹ (EMT) : valeur extrême de l'erreur de mesure, par rapport à une valeur de référence connue, qui est tolérée par les spécifications ou règlements pour un mesurage, un instrument de mesure ou un système de mesure donné.

Vérification¹ : fourniture de preuves tangibles qu'une entité donnée satisfait à des exigences spécifiées

(1) définition tirée du guide VIM (JCGM 200)

3. DOMAINE D'APPLICATION

Ce guide, résultat d'un travail collaboratif, s'applique aux domaines de la métrologie dimensionnelle. Il s'adresse :

- aux laboratoires d'étalonnage accrédités ou candidats à l'accréditation dans le domaine dimensionnel et ainsi qu'aux laboratoires d'essais accrédités réalisant des prestations d'étalonnage dans ce domaine pour leur propre usage dans le cadre de leur métrologie interne ;
- aux évaluateurs du Cofrac pour lesquels il constitue en outre une base d'harmonisation pour l'évaluation ;
- aux membres des instances décisionnelles du Cofrac (Comité de Section, Commission d'Accréditation "Physique-Mécanique") ;
- aux membres de la structure permanente du Cofrac ;
- aux clients des laboratoires accrédités dans ce domaine.

4. MODALITES D'APPLICATION

Ce document est applicable à compter du **1^{er} février 2024**.

Le terme « **doit** » exprime une exigence. Les exigences correspondent à la retranscription des exigences de la norme d'accréditation, du prescripteur ou de la réglementation, ou relèvent des règles



d'évaluation et d'accréditation du Cofrac. Ainsi, dès lors que le texte reprend des exigences, elles sont surlignées en gris.

Le terme « **devrait** » exprime une recommandation de bonne pratique. L'organisme est libre de ne pas suivre la recommandation s'il peut démontrer que les dispositions alternatives qu'il met en œuvre satisfont les exigences d'accréditation.

Le terme « **peut** » exprime une permission ou une possibilité. La possibilité est généralement employée pour indiquer des moyens de satisfaire une exigence donnée, que l'organisme est libre d'appliquer ou non.

5. MODIFICATIONS APPORTEES A L'EDITION PRECEDENTE

Du fait de la refonte du document et par souci de lisibilité, les modifications n'y sont pas repérées.

Les principaux changements concernent :

- l'alignement du contenu de ce guide aux exigences de la version 2017 de la norme NF EN ISO/IEC 17025 et la suppression de la table de références croisées ;
- la reformulation du § 1 « Objet » et du § 3 « Domaine d'application » ;
- la mise à jour des références normatives et documentaires ;
- la prise en compte du document LAB REF 08 pour l'expression des portées d'accréditation ;
- la suppression de l'exemple de portée d'accréditation (annexe 1) et du § 7.4.3 « Confirmation de méthode » ;
- l'ajout d'une précision quant aux périodicités de raccordement (§ 7.5.1).

6. NOMENCLATURE / EXPRESSION DE LA PORTEE D'ACCREDITATION

L'expression de la compétence d'un organisme est décrite dans sa portée d'accréditation selon les principes du document LAB REF 08.

Pour établir sa portée d'accréditation, le laboratoire se reporte au document LAB INF 08.

Les incertitudes de la portée d'accréditation d'un laboratoire doivent respecter les exigences de l'ILAC P14.

DOMAINE / Famille						
Objet	Mesurande	Incertitude élargie	Domaine d'application / Etendue de mesure	Référence de la méthode	Remarques	Lieu de réalisation
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

Tableau 1 : Modèle de portée d'accréditation



(1) Objet :

Il s'agit d'indiquer la désignation précise de l'objet dont on cherche à déterminer une (ou plusieurs) caractéristique(s).

Pour les instruments manuels à cotes variables, de mesure de longueurs et d'angles, il est généralement précisé les pas de quantification des équipements et les incertitudes de mesures associées validées par le Cofrac.

(2) Mesurande :

Il convient de préciser la (ou les) caractéristique(s). Le niveau de détail sera celui défini par les normes correspondantes, lorsque cela est possible.

(3) Incertitude élargie :

L'incertitude élargie correspond aux aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages du laboratoire pour une probabilité de couverture de 95 % (usuellement le facteur d'élargissement $k = 2$ est retenu). Pour le paramètre « Erreur de fidélité des instruments de mesure », l'incertitude n'est pas mentionnée (voir § 7.4.2.a).

(4) Domaine d'application / Etendue de mesure :

Domaine d'application : sont précisées les dimensions minimales et maximales de l'objet soumis à l'étalonnage (par exemple : mesure d'écarts de circularité sur des bagues lisses de diamètres compris entre 5 mm et 200 mm).

Etendue de mesure : Elle définit les limites associées à la caractéristique mesurée (par exemple : mesure d'écarts de circularité inférieurs à 20 μm).

(5) Référence de la méthode :

Préciser la référence de la norme ou du document qui décrit la méthodologie suivie lors de la réalisation de l'étalonnage.

(6) Remarques :

Il convient de définir, si pertinent, un résumé global de la méthode d'étalonnage, qui permette de dégager dans les grandes lignes les principes mis en œuvre ainsi que le (ou les) équipement(s) / étalon(s) utilisé(s) (par exemple : banc de mesures unidirectionnel).

(7) Lieu de réalisation :

Indique si la prestation est réalisée en laboratoire et/ou sur site client.



7. EXPLICATION DE POINTS PARTICULIERS DU REFERENTIEL NF EN ISO/IEC 17025

7.1. Revue de contrat

NF EN ISO/IEC 17025 § 7.1
LAB REF 02

La possibilité de réaliser une prestation sur l'ensemble ou sur une partie seulement des caractéristiques devrait être convenue avec le client dès la revue de contrat.

7.2. Personnel

NF EN ISO/IEC 17025 § 6.2
LAB REF 02

Le processus d'habilitation du personnel technique comprend généralement une phase de formation puis une phase de qualification.

Les outils couramment utilisés pour prononcer la qualification ou le maintien des compétences peuvent comprendre :

- des essais de répétabilité,
- des essais de reproductibilité,
- des comparaisons intralaboratoires,
- des comparaisons interlaboratoires,
- des questionnaires d'évaluation,
- des observations de prestations,
- etc.

Un critère d'habilitation basé uniquement sur des comparaisons intra et inter laboratoires peut ne pas être suffisant en fonction de l'influence de l'opérateur dans le processus de mesure.

Le laboratoire doit définir des critères objectifs afin de permettre de conclure à la qualification et au maintien de la qualification du personnel.

7.3. Installations et conditions ambiantes

NF EN ISO/IEC 17025 § 6.3

Les locaux doivent être adaptés pour réaliser des mesures en adéquation avec les évaluations d'incertitudes proposées.

- le laboratoire s'assure par exemple : que le local est climatisé en température autour de 20 °C ;
- que l'humidité relative de l'air est contrôlée afin d'éviter le risque de détérioration des équipements, qui peut survenir au-delà de 65 % HR ;
- que d'autres paramètres ne perturbent pas les mesures (vibrations, etc.).

Le laboratoire doit démontrer que les conditions environnementales sont maîtrisées, notamment en assurant la traçabilité des mesures au Système International d'unités (température, humidité relative, etc.) et en s'assurant de la pertinence du choix du lieu d'implantation des équipements de surveillance.



Pour les prestations sur site client, le laboratoire définit les **conditions limites d'interventions** (spécifications liées à l'équipement étalonné et accessoires, conditions d'environnement limites, temps de stabilisation des instruments, etc.).

En lien avec l'annexe 2 du document LAB REF 05, lorsque l'accréditation est demandée sur site, l'organisme accrédité ou candidat à l'accréditation s'assure être en mesure de programmer un déplacement chez un client afin que les prestations puissent être examinées en pratique par l'équipe d'évaluation.

7.4. Méthodes d'étalonnage

7.4.1. Généralités

Afin de répondre aux besoins du client, le laboratoire applique, lorsqu'elles existent, les normes de la métrologie dimensionnelle en ce qui concerne la définition des caractéristiques mesurées (celles-ci sont souvent liées à des modes opératoires, des relations de calculs, etc.).

Le chapitre 8 de ce guide présente des notes pour l'interprétation de certaines normes.

7.4.2. Evaluation des incertitudes de mesure

NF EN ISO/IEC 17025 § 7.6 et 7.8
LAB REF 02

a) Incertitude sur l'erreur de fidélité des instruments de mesure

Pour les raisons suivantes, il n'est pas nécessaire d'évaluer l'incertitude associée à l'erreur de fidélité d'un instrument de mesure :

- la norme NF EN ISO/IEC 17025 requiert une évaluation de l'incertitude de mesure lors d'un étalonnage et renvoie au GUM,
- le GUM définit et encadre le calcul d'incertitude qui est associé à un mesurande,
- le VIM définit le mesurande comme étant une grandeur et la fidélité comme un indicateur de dispersion de valeurs mesurées,
- l'incertitude n'est requise que pour les caractéristiques métrologiques et selon la norme NF EN ISO 14978, la fidélité n'en est pas une.

b) Incertitude exprimée dans la portée d'accréditation

Le GUM donne des règles générales pour l'évaluation et l'expression des incertitudes de mesure.

Le bilan d'incertitude est le reflet du processus de mesure (mesurande, mode opératoire, moyens mis en œuvre, grandeurs d'influence, etc.).

Le laboratoire doit établir une évaluation des incertitudes de mesure pour chaque caractéristique mesurée, chaque méthode mise en œuvre, chaque type d'objet étalonné.

Par exemple, selon le cas, le laboratoire doit dissocier les évaluations d'incertitudes en fonction :

- du type de palpeurs utilisé (palpeurs coudés, palpeurs à billes, tête mesurante, tête non mesurante) avec un banc de mesure. Pour les étalonnages mettant en œuvre un palpeur à bille, le laboratoire devrait réaliser séparément une évaluation d'incertitude sur la détermination de la constante du palpeur ;
- du type de broche : broches à bouts plans, broches à bouts sphériques et broches à bouts mixtes ;
- des valeurs d'angle du filetage ($\alpha = 29^\circ, 30^\circ, 55^\circ, 60^\circ$, etc.) pour le domaine des filetages ;
- de la résolution / quantification des instruments ;



- du type d'instrument et des accessoires associés (rallonges, touches, etc.), dans le cas des instruments à cotes variables ;
- etc.

L'exploitation des résultats d'étalonnage des moyens propres au laboratoire en vue d'estimer des corrections et les incertitudes associées doit être documentée et validée.

Le laboratoire devrait estimer les écarts types de répétabilité sur des équipements représentatifs du domaine revendiqué. Il peut profiter des étalonnages d'instruments situés vers les bornes des domaines pour effectuer ces évaluations.

L'évaluation de la meilleure incertitude est établie pour un objet possédant des qualités métrologiques optimales.

Dans le cas où une composante d'incertitude est négligée, la démarche ayant permis d'aboutir à cette conclusion est documentée.

c) Incertitude reportée dans le certificat d'étalonnage

L'évaluation de l'incertitude correspond à des conditions de mesures données (température, quantification, incertitude de l'étalon de référence, objet soumis à étalonnage, etc.).

Le laboratoire doit veiller à ce que les conditions définies lors de l'évaluation de l'incertitude mentionnée dans la portée d'accréditation sont toujours applicables (notamment les conditions environnementales, les qualités métrologiques de l'objet mesuré, les incertitudes sur les étalons de référence, etc.). Dans le cas contraire, une procédure de réévaluation des incertitudes est mise en œuvre.

Cette incertitude ne peut pas être inférieure à celle définie dans la portée d'accréditation en vigueur (hors cas particuliers des LNM, cf. LAB REF 08).

d) Présentation des évaluations d'incertitude

Le laboratoire doit présenter dans sa documentation interne :

- les incertitudes-types identifiées et la loi de probabilité (ou distribution) associée, accompagnées des hypothèses et justifications correspondantes ;
- la combinaison des incertitudes-types en tenant compte des éventuelles corrélations entre variables, s'il y a lieu.

Un exemple commenté d'évaluation d'incertitudes de mesure est présenté ci-après.

Le laboratoire peut également s'inspirer des exemples présentés dans les documents suivants (non exhaustif) :

- 27 exemples d'évaluation d'incertitudes d'étalonnage (Collège Français de Métrologie – www.cfmetrologie.com),
- Document EA-4/02.

e) Exemple commenté

- Objet soumis à étalonnage : *Bague cylindrique lisse*
- Etendue de mesure / Domaine d'application : Bagues de diamètre compris entre 20 mm et 120 mm
- Caractéristique mesurée ou recherchée :

Description	Document de référence
<i>Diamètre local</i>	<i>NF E 11-011 § 3.5 (12/1992)</i>



- Instruments et références utilisés :

Banc de mesure XXX

Bague cylindrique lisse de \varnothing 40 mm en acier ...

Préciser l'identification des équipements utilisés si nécessaire.

- Description de la méthode de mesure :

Décrire le principe de mesure en y apportant toute information utile et nécessaire à la compréhension du budget d'incertitude proposé.

Mesure d'une bague lisse par comparaison mécanique sur un banc de mesure XXX : La bague est comparée à une bague de référence de diamètre 40 mm en utilisant des palpeurs coudés.

La méthode de mesure consiste à comparer le diamètre de la bague de référence au diamètre de la bague inconnue par l'intermédiaire du banc de mesure.

- Estimation de l'incertitude de mesure :

Préciser les valeurs des coefficients de sensibilité c_i (ne pas confondre avec C, termes associés aux corrections), déterminées à partir du modèle mathématique tel que présenté dans l'exemple ci-dessous.

$$D_{20} = l_2 - l_1 + \phi_{ref} + C_{j1} + C_{j2} + C_{q1} + C_{q2} + C_{geom} + \sum c_i \cdot C_{Ti} + C_{def}$$

avec

D_{20} : Caractéristique mesurée, diamètre de la bague inconnue à la température de 20 °C,

l_1, l_2 : Valeurs lues sur le banc, respectivement sur la bague de référence et sur le produit à mesurer,

ϕ_{ref} : Valeur de la bague de référence à la température de 20 °C,

C_{j1}, C_{j2} : Corrections de l'erreur de justesse du banc d'étalonnage sur la plage de mesure utilisée,

C_{q1}, C_{q2} : Corrections des erreurs de quantification associées aux lectures l_1, l_2 ,

C_{geom} : Correction des erreurs de géométrie dues aux palpeurs crochet (correction différentielle entre les deux bagues),

C_{Ti} : Correction des effets thermiques,

C_{def} : Correction de déformation de contact (différentiel entre les deux bagues).

On aboutit à un tableau du type :

	Source d'incertitude	Type	½-étendue	Loi	u	$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$	$c_i \cdot u_i$
$l_2 - l_1$	Fidélité, recherche de l'orientation, défaut géométrique, habileté de l'opérateur	A			120 nm	1	120 nm
ϕ_{ref}	Connaissance de la valeur de l'étalon de référence (bague de 40 mm)	B	Incertitude élargie donnée dans le certificat d'étalonnage de l'étalon : 0,12 μ m (k=2)		60 nm	1	60 nm



	Source d'incertitude	Type	½-étendue	Loi	u	$C_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$	$c_i \cdot u_i$
C_j	Correction de justesse de la règle	B	Incertitude élargie donnée dans le certificat d'étalonnage du banc de mesure		$80 \text{ nm} + 1 \cdot 10^{-6} L$	1	$80 \text{ nm} + 1 \cdot 10^{-6} D$
C_{q1}	Quantification du banc pour les lectures l_1, l_2 ; résolution de l'afficheur $q = 0,1 \mu\text{m}$	B	$\frac{q}{2} = \frac{100}{2} \text{ nm}$	Uniforme	$\frac{100}{2\sqrt{3}} \text{ nm}$	1	29 nm
C_{q2}					$\frac{100}{2\sqrt{3}} \text{ nm}$	1	29 nm
C_{geom}	Défaut d'alignement des palpeurs coudés : supposé être à 0,1 mm maximum	B	100 nm	Uniforme	$\frac{100}{\sqrt{3}} \text{ nm}$	1	58 nm
C_{T1}	Ecart de température entre la référence et la règle avec $\phi_{ref} = 40 \text{ mm}$	B	0,2 °C	Normale à 99,7 %	0,07 °C	$\phi_{ref} \alpha_{règle}$	22 nm
C_{T2}	Incertitude sur le coefficient de dilatation de la référence ($\Delta T = 1 \text{ °C}$)	B	$1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	Normale à 99,7 %	$0,33 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$\phi_{ref} \Delta T$	13 nm
C_{T3}	Incertitude sur le coefficient de dilatation de la règle ($\Delta T = 1 \text{ °C}$)	B	$1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	Normale à 99,7 %	$0,33 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$\phi_{ref} \Delta T$	13 nm
C_{T4}	Incertitude due à l'écart de température ambiante par rapport à 20 °C ($\Delta T = 1 \text{ °C}$)	B	1 °C	Dérivée arcsinus	0,71 °C	$\phi_{ref} (\alpha_{ref} - \alpha_{règle})$	98 nm
C'_{T1}	Ecart de température entre le produit et la règle	B	0,2 °C	Normale à 99,7 %	0,07 °C	$D \alpha_{prod}$	$0,8 \cdot 10^{-6} D$
C'_{T2}	Incertitude sur le coefficient de dilatation du produit ($\Delta T = 1 \text{ °C}$)	B	$1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	Normale à 99,7 %	$0,33 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$D \Delta T$	$0,33 \cdot 10^{-6} D$
C'_{T3}	Incertitude sur le coefficient de dilatation de la règle ($\Delta T = 1 \text{ °C}$)	B	$1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	Normale à 99,7 %	$0,33 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$D \Delta T$	$0,33 \cdot 10^{-6} D$
C'_{T4}	Incertitude due à l'écart de température ambiante par rapport à 20 °C ($\Delta T = 1 \text{ °C}$)	B	1 °C	Dérivée arcsinus	0,71 °C	$D(\alpha_{règle} - \alpha_{prod})$	$2,47 \cdot 10^{-6} D$
C_{def}	Déf. de contact	B	50 nm	Uniforme	30 nm	1	30 nm

Tableau 2 : Exemple de bilan d'incertitude pour l'étalonnage d'une bague cylindrique lisse

**Description et compléments d'informations sur les composantes :**

- Les évaluations de type A : comment et combien de mesures ?

Cette évaluation permet d'estimer statistiquement l'effet d'une (ou plusieurs) composante(s) (généralement difficiles à évaluer individuellement) dans des conditions définies.

Ces dernières sont alors clairement identifiées, en particulier pour les composantes qui sont susceptibles de varier d'une mesure à l'autre et pour les composantes qui resteront stables dans la mesure du possible (stabilité de la température).

Lors de la mesure d'une bague, on a identifié comme composantes d'incertitude l'orientation de la bague, la recherche du point de rebroussement, la déviation du capteur, la fidélité de l'équipement, l'habileté de l'opérateur.

Ces composantes peuvent être évaluées globalement en répétant les mesures. Les conditions de réalisation de l'essai doivent permettre de faire varier ces composantes : on décide de remettre en place la bague à chaque mesure et de répéter le processus complet de mesure.

Cette opération est souvent appelée (improprement) **répétabilité**.

Il reste alors à trouver un compromis dans le choix du nombre de répétitions, visant à obtenir la meilleure estimation possible de cette incertitude-type, pour s'affranchir d'effets à plus long terme et pris en compte par ailleurs (par exemple, température, etc.).

Préciser les conditions de réalisation des mesures : description du mode opératoire pour obtenir les déterminations répétées du mesurande.

Préciser également sur quel type d'objet a porté la détermination de répétabilité et les caractéristiques de l'objet (taille en couvrant au mieux le domaine de mesure, résolution, mode d'affichage, etc.) susceptibles d'avoir une influence sur cette incertitude-type :

Autre paramètre (diamètre)	20 mm	80 mm	120 mm
Domaine			
20 – 120 mm (bague étalon)	$u = 120 \text{ nm}$	$u = 108 \text{ nm}$	$u = 90 \text{ nm}$

Tableau 3 : Exemple de présentation des incertitudes-types de répétabilité

Remarque : Souvent les incertitudes sont calculées pour un domaine donné (exemple : mesure de bagues dont le diamètre est compris entre 10 mm et 300 mm). L'impact de la taille, du domaine de mesure de l'élément, ou de tout autre paramètre pertinent, sur cette incertitude-type est alors étudié. On peut soit prendre la valeur maximale sur le domaine donné, soit définir une relation entre l'incertitude-type et la valeur du mesurande.

- L'écart type expérimental est obtenu à partir de la formule :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

- Dans certaines situations, il peut être nécessaire de limiter le nombre de répétitions successives (perturbations thermiques, etc.). Il est alors possible de combiner les variances expérimentales de plusieurs séries de mesures du même objet pour aboutir à la relation suivante :

$$s = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2 + \dots + (n_k - 1)s_k^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_k - k}}$$



avec

k : nombre de séries de mesures,

n_i : nombre de mesures par série.

- Incertitude sur la valeur de l'étalon de référence

L'incertitude d'étalonnage est donnée dans le certificat d'étalonnage. En fonction des conditions d'utilisation de l'étalon, de son historique, le laboratoire est amené à prendre en compte d'autres composantes d'incertitude, telle que la dérive, les défauts géométriques, etc.

- Incertitude de quantification du banc de mesure utilisé pour l'étalonnage

Le principe proposé pour traiter cette composante consiste à retenir une incertitude de quantification pour chacune des étapes du processus de mesure (lecture sur l'étalon, lecture sur le produit), et ce indépendamment du nombre de lectures ou acquisitions pouvant être réalisées à chaque étape.

- Cas général :

Si le pas de quantification est q , on admet qu'à chaque lecture on peut avoir une erreur maximale de $\pm q/2$. La distribution associée est uniforme.

L'incertitude-type pour une lecture est $\frac{q}{2\sqrt{3}}$.

- Remarque pour un banc de mesure à affichage numérique :

On considère qu'il existe une erreur de quantification à la mise à zéro (Reset).

- L'erreur de justesse du banc

Dans le cas de la mesure d'une bague par comparaison mécanique, c'est-à-dire en utilisant comme indicateur de déplacement la règle de la machine, le traitement proposé de l'incertitude sur les indications de la règle est le suivant :

Le laboratoire se réfère au certificat d'étalonnage qui donne l'incertitude sur chacune des erreurs en fonction de la position du banc selon une relation du type $U = a \mu\text{m} + b L$. On suppose que le laboratoire procède aux corrections de ces erreurs de justesse.

Remarque : En toute rigueur, l'incertitude sur la correction de justesse du banc devrait être évaluée pour une utilisation sur la zone $[l_2, l_1]$. Pour simplifier l'évaluation de cette incertitude, le laboratoire peut utiliser la formule donnée dans le certificat d'étalonnage du banc.

Généralement, l'incertitude de justesse d'un banc se compose de plusieurs termes :

- un premier terme qui est l'incertitude sur les corrections en des points particuliers, telle que donnée dans le certificat ou recalculée sur le domaine $[l_2, l_1]$;
- un second terme représentant l'incertitude liée aux erreurs résiduelles si le laboratoire a modélisé la courbe d'étalonnage.

- La géométrie du banc

Le laboratoire peut évaluer (ou mesurer) les défauts géométriques du banc et calculer l'erreur de mesure associée.

Dans le cas des palpeurs coudés, le laboratoire spécifie la valeur maximale du décalage des touches par rapport à l'axe de mesure et calcul l'erreur résultante sur la mesure comparative des deux bagues. Le laboratoire devrait préciser les formules de calcul employées, les hypothèses quant aux défauts géométriques ou les descriptions des expériences réalisées pour caractériser ce type de composante.



- Les effets de la température

On démontre que l'expression de la valeur de la bague en fonction des différentes variables liées aux phénomènes thermiques a pour expression :

$$D_{20} = (l_2 - l_1) \left(1 + \alpha_{\text{règle}} \Delta T_{\text{règle}} \right) + \phi_{\text{ref}} \left(1 + \alpha_{\text{ref}} \Delta T_{\text{ref}} \right) - (l_2 - l_1 + \phi_{\text{ref}}) \alpha_{\text{prod}} \Delta T_{\text{prod}}$$

Expression dans laquelle :

- les α_i représentent les coefficients de dilatation de la règle, de la référence et du produit mesuré (dans l'exemple, $\alpha_{\text{règle}} = 8.10^{-6} \text{ K}^{-1}$ et $\alpha_{\text{ref}} = \alpha_{\text{prod}} = 11,5.10^{-6} \text{ K}^{-1}$),
- les ΔT_i représentent les écarts de température à 20 °C de la règle, de la référence et du produit mesuré, ces écarts sont bien évidemment corrélés entre eux.

Le laboratoire peut, à partir du modèle mathématique ci-dessus, propager les différentes incertidues-types.

Une approche simplifiée du problème est possible en assimilant le modèle ci-dessus à la comparaison d'un étalon, puis d'un produit à une règle. Ce principe conduit à des expressions d'incertidues simples avec pour chaque cas un terme d'incertitude relatif à l'écart de température entre la bague et la règle et un terme relatif aux incertidues sur les coefficients de dilatation.

Cette approche est, dans tous les cas, majorante par rapport à l'approche rigoureuse issue du modèle mathématique ci-dessus.

Elle peut également être appliquée lors de la mesure d'une bague avec détermination préalable de la constante.

- Les déformations de contact

Il est possible de calculer, dans la plupart des cas, les déformations de contact à partir des formules de Hertz. L'incertitude associée à ces déformations de contacts (ou à leur correction) peut être estimée en faisant varier les caractéristiques des corps en contact, dont le module d'élasticité. On peut dans ce cas, compte tenu du faible niveau de cette incertitude, calculer les limites de ces déformations (en faisant varier par exemple le module d'élasticité de $\pm 10 \%$) et en déduire une incertitude-type à partir d'une loi uniforme.

La traçabilité au Système International d'unités du dynamomètre utilisé pour les mesures de forces associées doit être assurée dès lors que la composante due aux déformations de contact apparaît non négligeable dans le bilan d'incertidues.

Recommandations pour le traitement de certaines composantes d'incertidues :

- Appareils à vernier

Pour les appareils à vernier, le pas de quantification correspond à une division du vernier (sauf cas particulier, par exemple une vis micrométrique).

- Appareils analogiques à cadran

Dans certains processus de mesure (comparateur à cadran), l'aiguille de l'instrument peut être amenée en coïncidence d'un repère, auquel cas la seule incertitude relative à la quantification est celle de l'équipement de référence. La qualité de la coïncidence est alors évaluée lors du test de répétabilité.

Dans les autres cas, et selon la qualité de l'appareil, il est possible de réduire l'erreur de quantification (par exemple, en appréciant la $\frac{1}{2}$ division).



7.5. Équipement, traçabilité du mesurage

NF EN ISO/IEC 17025 § 6.4 et 6.5
LAB REF 02
GEN REF 10

7.5.1. Généralités

Les moyens mis en œuvre sont les étalons de référence, les dispositifs de transfert, les étalons de travail, les machines à mesurer et tout autre moyen répertorié dans la documentation du laboratoire, permettant de réaliser des prestations d'étalonnage.

Pour la suite, le terme « équipements » regroupe l'ensemble de ces moyens.

7.5.2. Programme d'étalonnage

a) Périodicités de raccordement

Pour un appareil neuf sur lequel le laboratoire ne dispose ni d'historique, ni de moyens de vérification intermédiaire, le laboratoire devrait définir une périodicité suffisamment courte afin de limiter les risques de ne pas détecter une éventuelle dérive (une périodicité maximale d'un an est conseillée). La périodicité peut être ajustée par le laboratoire au regard de son expérience sur l'équipement considéré. Dans ce cas, les évolutions décidées sont justifiées et documentées (exploitation des surveillances intermédiaires, de l'historique des dérives, analyses de risques etc.).

b) Gestion des raccordements

Le laboratoire doit définir les critères d'acceptation des équipements et formaliser un programme d'étalonnages précisant au moins :

- le domaine d'étalonnage,
- le nombre de points d'étalonnage,
- les incertitudes requises,
- le type de raccordement (interne ou externe),
- etc.

Le laboratoire peut faire un suivi sous forme graphique (pour plus de lisibilité) des étalons utilisés dans le cadre de l'accréditation afin de mettre en évidence une éventuelle dérive entre deux étalonnages.

Dans le cas d'un jeu d'étalons, il est recommandé de suivre quelques étalons représentatifs de l'étendue de mesure du jeu.

Après étalonnage de ses équipements, le laboratoire doit valider les résultats obtenus avant leur remise en service (confirmation métrologique) conformément au § 6.4.4 de la norme NF EN ISO/IEC 17025.

7.5.3. Dispositions spécifiques

Il est d'usage d'utiliser un étalon de même matière et de même forme que l'objet à étalonner. Dans le cas contraire, le laboratoire prend en compte et documente ses bilans d'incertitudes avec les autres effets liés à l'emploi d'un étalon de caractéristiques différentes (géométrie et matière).



7.6. Rapports sur les résultats

NF EN ISO/IEC 17025 § 7.8

7.6.1. Emission des rapports sur les résultats

Afin de faciliter l'exploitation des résultats, les rapports comportent notamment :

- une identification précise de l'objet soumis à étalonnage et des équipements associés (logiciels, etc.),
- la définition des caractéristiques mesurées,
- un descriptif de la méthode mise en œuvre (la référence d'un mode opératoire interne n'est pas considérée suffisante),
- des informations sur les conditions de mesure,
- la position des points mesurés,
- des informations concernant le traitement des données,
- la température de référence.

Dans le cadre des prestations sur site, le laboratoire indique précisément la localisation des équipements étalonnés au sein des locaux du client.

Idealement, l'équipement étalonné est identifié individuellement. Dans le cas contraire, le laboratoire peut néanmoins émettre un certificat d'étalonnage sous accréditation en mentionnant un avertissement informant le client des risques encourus (perte de traçabilité).

Afin d'assurer la compréhension des rapports, il est fortement recommandé d'utiliser les termes normalisés se rapportant à la prestation réalisée. A défaut, les termes non normalisés sont explicités dans le rapport.

7.6.2. Ecriture des résultats

a) Emploi de la virgule

Conformément à la réglementation française et au fascicule de documentation FD X 02-003, dans l'écriture d'un nombre comprenant une partie décimale, la virgule est employée pour séparer la partie entière de la partie décimale (et non pas le point).

b) Arrondis

Conformément aux dispositions du GUM :

- L'incertitude de mesure est généralement fournie avec au plus deux chiffres significatifs.
- Le résultat de mesure est arrondi au même rang que le dernier chiffre significatif de l'incertitude.

7.6.3. Déclaration de conformité

NF EN ISO/IEC 17025 § 7.8.6

a) Généralités

Conformément aux exigences de la norme NF EN ISO/IEC 17025 rappelées dans le document LAB REF 02, le principe de base consiste à prendre en compte l'incertitude pour déclarer une conformité.



Dans le cas où le document de référence (normes, exigences clients, spécifications fournisseurs, etc.) précise la manière de prendre en compte l'incertitude, il convient d'appliquer les règles définies dans ce document de référence.

Des exemples peuvent être vus dans les normes et fascicules suivants : FD X07-022, JCGM 106 ou NF ISO/IEC GUIDE 98-4, NF EN ISO 14253-1, FD X 07-039...

Pour une approche selon la norme NF EN ISO 14253-1, l'instrument est déclaré conforme uniquement lorsque la valeur mesurée y est comprise dans la zone de conformité (intervalle de tolérance réduit de l'incertitude de mesure élargie). Pour toute valeur mesurée y comprise dans la zone de non-conformité (intervalle de tolérance augmenté de l'incertitude de mesure élargie), l'instrument est déclaré non conforme. Dans le cas intermédiaire où la valeur mesurée y est comprise dans la zone d'incertitude, il n'est pas possible de se prononcer sur la conformité ou la non-conformité de l'instrument.

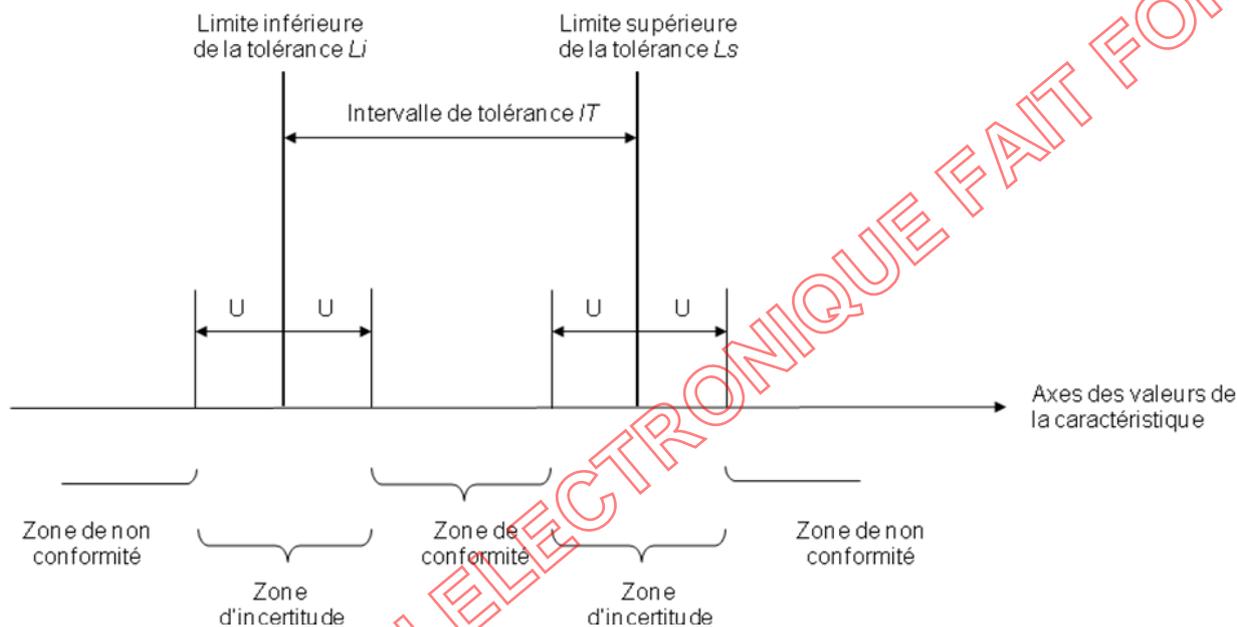


Figure 1 : Schéma de décision avec une approche selon la norme NF EN ISO 14253-1

Une autre approche proposée dans le fascicule FD X07-022 consiste à calculer la probabilité d'occurrence d'une décision incorrecte.

Dans l'application de cette méthode, la conformité est prononcée dès lors que la valeur mesurée y est à l'intérieur de l'intervalle de tolérance.

Lorsque la valeur mesurée se situe dans la zone d'incertitude, il appartient au laboratoire de calculer la probabilité de déclarer conforme un équipement non conforme ou inversement de déclarer non conforme un équipement conforme. Cette probabilité est communiquée au client dans le rapport sur les résultats.



Probabilité de déclarer conforme un instrument non conforme

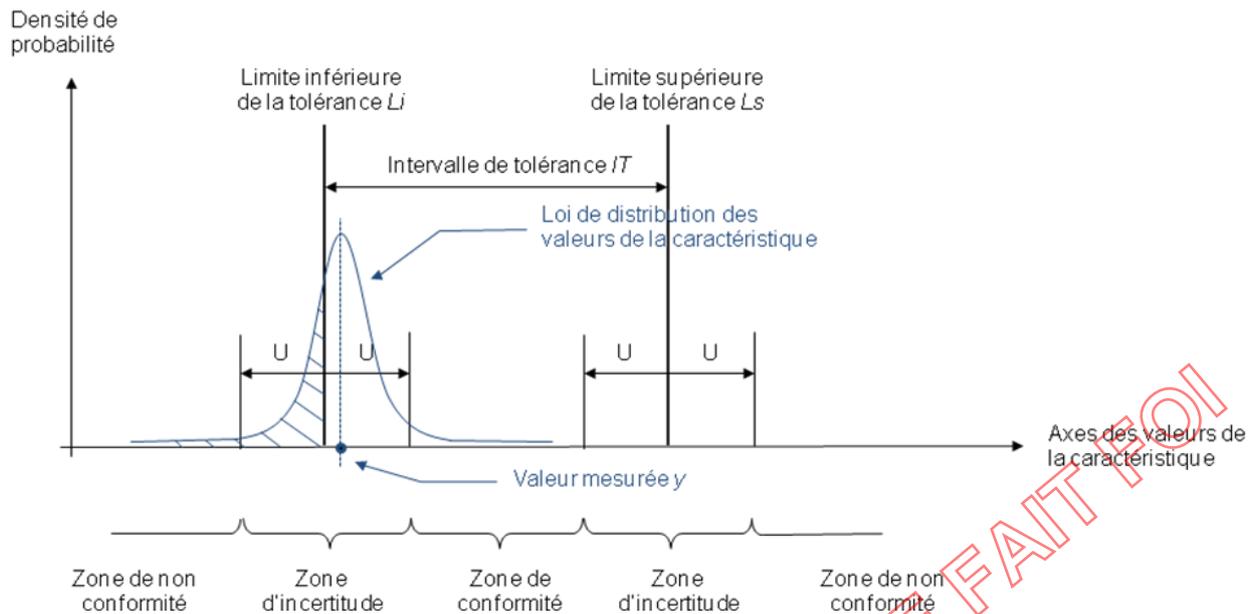


Figure 2 : Probabilité de déclarer conforme un instrument non conforme, approche selon le fascicule FD X07-022

La valeur mesurée y étant située dans l'intervalle de tolérance, on peut penser que l'instrument est conforme. Cependant, du fait de la distribution aléatoire des valeurs attribuables à la caractéristique mesurée, il existe une probabilité que l'instrument soit en réalité non conforme. La surface hachurée sous la courbe de distribution en-deçà de la limite inférieure de tolérance L_i représente cette probabilité que l'instrument soit non conforme.

Probabilité de déclarer non conforme un instrument conforme

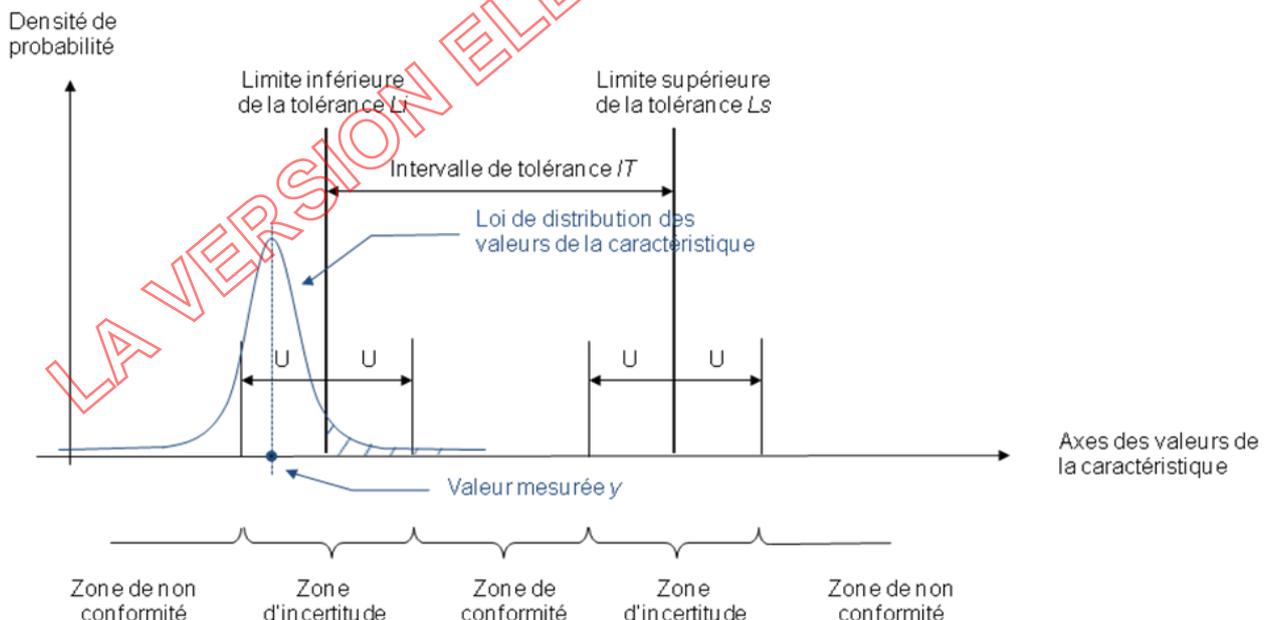


Figure 3 : Probabilité de déclarer non conforme un instrument conforme, approche selon le fascicule FD X07-022

A l'inverse, au vu de la valeur mesurée y située hors de l'intervalle de tolérance, on peut penser que l'instrument est non conforme. Cependant, du fait de la distribution aléatoire des valeurs attribuables à la caractéristique mesurée, il existe une probabilité que l'instrument soit conforme. Cette probabilité



est représentée par la surface hachurée sous la courbe de distribution dans l'intervalle de tolérance au-delà de la limite inférieure de tolérance L_i .

Dans le cas d'une **distribution normale** suivant la figure 4 ci-dessous (valeur mesurée y située dans l'intervalle de tolérance en limite supérieure L_s), la probabilité $P(Y > L_s)$ de non-conformité est déterminée après centrage et réduction de cette distribution puis en utilisant la table de la **loi normale centrée réduite** :

$$P(Y > L_s) = P\left(\frac{Y - y}{u_c} > \frac{L_s - y}{u_c}\right)$$

où la variable $\frac{Y - y}{u_c}$ suit la loi normale centrée réduite.

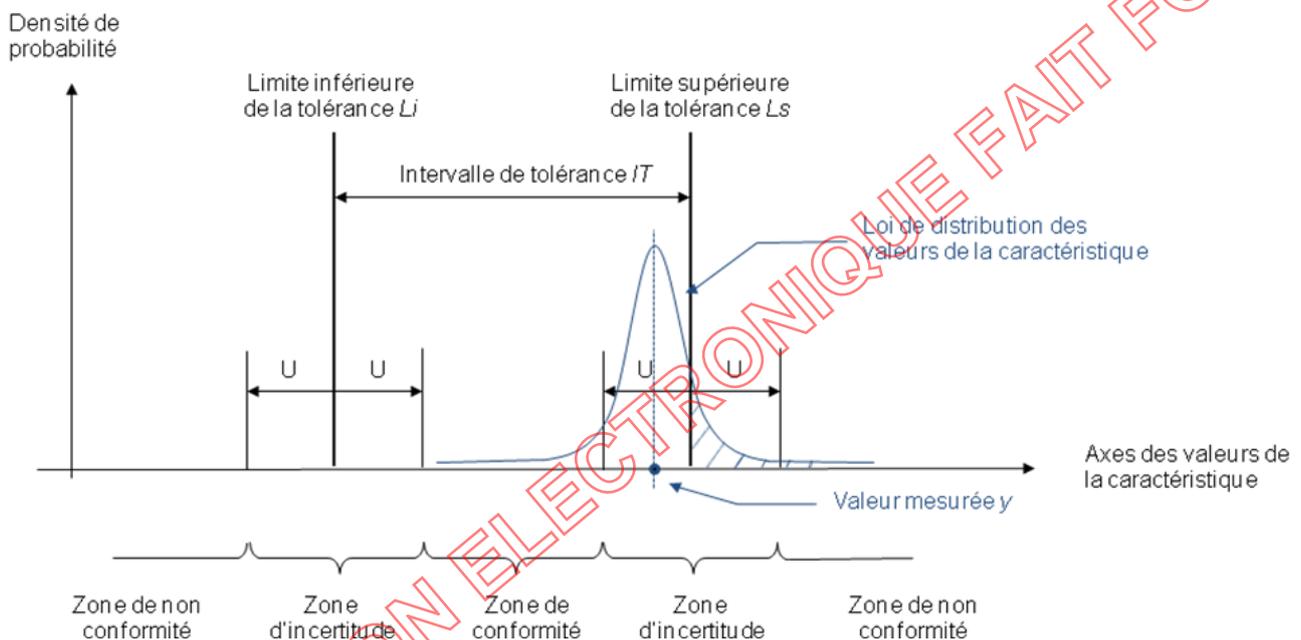


Figure 4 : Probabilité de déclarer non conforme un instrument conforme en limite supérieure de la tolérance

La valeur de la variable centrée réduite z est ainsi calculée :

$$z = \frac{L_s - y}{u_c}$$

La lecture de la table de la loi normale centrée réduite permet d'obtenir la probabilité recherchée correspondant à la valeur de cette variable z .

Pour certains cas spécifiques où l'incertitude de mesure élargie U est prépondérante par rapport à l'intervalle de tolérance IT , la probabilité de déclarer conforme un équipement non conforme n'est pas négligeable au-delà de la limite supérieure L_s et en-deçà de la limite inférieure L_i . En conséquence, l'estimation de cette probabilité correspond à la somme des probabilités au-delà des deux limites de tolérance : $P(Y < L_i) + P(Y > L_s)$.

b) Exemple commenté

Prenons l'exemple d'un **tampon fileté** « Entre » TFE M10x1-6H pour lequel les tolérances du diamètre sur flancs simple à l'état neuf, calculées suivant la norme NF ISO 1502, sont les suivantes :



- limite supérieure de tolérance L_s : $d_{2s} \text{ max} = 9,368 \text{ mm}$
- limite inférieure de tolérance L_i : $d_{2s} \text{ min} = 9,357 \text{ mm}$

Le diamètre sur flancs simple est mesuré à $y = 9,367 \text{ mm}$, avec une incertitude élargie $U = 3 \mu\text{m}$ ($k = 2$).

Si la décision de conformité ne prend pas en compte l'incertitude de mesure, le tampon est déclaré conforme alors qu'il existe une probabilité d'avoir le diamètre sur flancs simple supérieur à la limite supérieure de tolérance, et par conséquent non conforme.

La valeur de la variable centrée réduite z est ainsi calculée :

$$z = \frac{L_s - y}{u_c} = \frac{9,368 - 9,367}{0,0015} = 0,67$$

La table de la loi normale centrée réduite nous donne une probabilité de 0,2514 pour $z = 0,67$.

Par conséquent, la probabilité pour que la valeur du diamètre sur flancs simple soit supérieure à la limite L_s est environ 0,25 (soit 25 %).

La décision de conformité est mentionnée dans le rapport complétée de la probabilité d'occurrence de décision correcte, par exemple : « Conforme (la fiabilité de la décision est évaluée à 75 %) ».

8. AUTRES SPECIFICITES TECHNIQUES

8.1. Cales étalons

Un laboratoire accrédité pour l'étalonnage des cales peut étalonner sous accréditation des cales étalons de section non normalisée ou de dimension non standard. Dans ce dernier cas, l'étalonnage des capteurs et l'estimation de l'incertitude de mesure sont adaptés à l'étendue de mesure.

Dans le cadre du mesurande « Variation de longueur », un programme d'étalonnage en 5 points est couramment pratiqué. Cette pratique est confirmée pour les étalonnages de cales entre 0 et 100 mm, compte tenu de la méthode avec les comparateurs de cales.

Toutefois, compte tenu que la norme correspondante n'impose pas obligatoirement 5 points si les points de mesure sont précisés, un programme en 3 points est accepté pour les étalonnages au-delà de 100 mm (grandes cales), à condition que les points de mesure soient convenus avec le client dès la revue de contrat et figurent clairement dans le rapport. A noter que le nombre de points n'est pas mentionné dans les portées d'accréditation.

8.2. Calibres revêtus

Les étalons et les calibres classiquement rencontrés et faisant l'objet d'étalonnages sous accréditation sont en acier sans revêtement particulier.

Les laboratoires ont la possibilité d'émettre des rapports sous accréditation pour des calibres revêtus (revêtement d'épaisseur de l'ordre de quelques micromètres) en prenant quelques précautions. Les incertitudes peuvent être dégradées dès lors que l'instrument soumis à étalonnage ou les moyens d'étalonnages utilisés (et autres paramètres éventuels) ne permettent pas de réaliser l'étalonnage dans les conditions optimales.

8.3. Filetages

Il est rappelé que le diamètre nominal des piges ou des billes utilisées pour l'étalonnage d'un calibre fileté (tampons et bagues) constitue une information qui peut, dans certains cas, être nécessaire à



l'interprétation des résultats de l'étalonnage. De ce fait, il constitue une information à faire figurer dans le rapport.

De la même façon, concernant la détermination du diamètre sur flancs simple, il convient de mentionner dans le rapport si c'est la formule exacte ou simplifiée qui a été utilisée (il est fortement conseillé d'utiliser la formule exacte). En effet, dans certaines configurations de filetage, la formule simplifiée apporte un biais non négligeable au regard de l'incertitude de mesure ; ce qui nécessite soit d'utiliser la formule exacte, soit de prendre en compte une composante d'incertitude supplémentaire.

Concernant l'étalonnage des bagues filetées, un cylindre à rainures ayant la même valeur d'angle ($\alpha = 29^\circ, 30^\circ, 55^\circ, 60^\circ, \text{etc.}$) que la bague à étalonner est utilisé en tant qu'étalon.

8.4. Pieds à coulisse : NF E11-091 (03/2013)

Les « autres becs », objets du paragraphe 4.5 de la norme, sont les becs d'intérieur (bouts de bec) ainsi que les becs d'intérieur et d'extérieur à couteaux. L'annexe A de la norme s'applique aux becs pour les mesurages particuliers (autres que ceux cités ci-avant).

Note : La norme NF E11-091 a été révisée en août 2023.

8.5. Jauges de profondeur à coulisseau : NF E11-096 (10/2013)

Erreur (d'indication) de contact sur surface limitée (paragraphe 4.4.2) : compte tenu du paragraphe généralités 4.4.1 et des définitions du VIM sur les mesures matérialisées et instruments de mesure, il est admis l'utilisation d'un banc de mesure horizontal dès lors que les principes de la norme sont respectés.

Erreur de fidélité (paragraphe 4.4.3) : dans le cadre d'une vérification périodique, l'erreur de fidélité est mesurée au point de plus grande dispersion des erreurs d'indication observées. Si plusieurs positions correspondent à la plus grande dispersion des erreurs d'indication observées, la note 1 de la norme s'applique.

Conformément à la norme NF EN ISO 13385-2 (paragraphe 5.3.3), les cales doivent être le plus près possible de la règle pour la mesure de l'erreur de fidélité.

Pour l'étalonnage des jauges de profondeur, il est rappelé que le marbre utilisé est considéré comme un équipement pouvant avoir un impact sur la validité des résultats.

Note : La norme NF E11-096 a été révisée en août 2023.

8.6. Micromètres d'extérieur à vis « standard » : NF E11-095 (10/2013)

Erreur de contact partiel d'une surface (paragraphe 4.3.4) : dans le cadre d'une vérification périodique, l'erreur de contact partiel est mesurée au point de plus grande erreur de contact pleine touche.

Note : La norme NF E 11-095 est annulée depuis mai 2023.

8.7. Micromètres d'extérieur et d'intérieur à vis - Exécutions spéciales : NF E11-090 (12/1993)

La norme NF E11-095 est citée sans précision de date dans la norme NF E11-090. En conséquence, la dernière édition de la norme NF E11-095 s'applique. La norme NF E11-90 ne traite que des erreurs d'indication et n'aborde pas l'erreur de fidélité. Sa détermination n'est donc pas exigée.



8.8. Micromètres d'intérieur à 3 touches dits « alésomètres »

Concernant l'étalonnage des micromètres d'intérieur à 3 touches dits « alésomètres », les bagues lisses utilisées sont raccordées en diamètre et en circularité, ces deux paramètres étant nécessaires pour la détermination de l'erreur systématique et pour l'expression de l'incertitude.

8.9. Comparsateurs à affichage numérique : NF E11-056 (04/2016)

Erreur d'indication totale (paragraphe 4.3) : l'expression « pas aléatoire » est à interpréter par « pas non constant ».

8.10. Comparsateurs électroniques

En l'absence de norme remplaçant la norme NF E11-068 (12/1992), les caractéristiques définies dans cette norme restent applicables.

8.11. Capteurs à sortie électrique analogique

Il est possible de demander l'accréditation pour l'étalonnage d'équipements à sortie électrique analogique (en courant ou en tension).

Les incertitudes de mesure et les étendues de mesure sont mentionnées en unité de longueur dans la portée d'accréditation.

Dans les certificats d'étalonnage, les incertitudes sont exprimées en unité de longueur. Elles peuvent être indiquées, en complément, en unité électrique.

8.12. Indicateurs de position de machines à mesurer

Dans le cas de l'étalonnage des indicateurs de position de machines à mesurer sur site, il est recommandé de recouper les opérations d'étalonnage avec l'interféromètre laser en mesurant des étalons matérialisés (cales étalons).

8.13. Machines à mesurer tridimensionnelles

Pour les opérations de vérification de machines à mesurer tridimensionnelles suivant la norme NF EN ISO 10360-2, il convient de préciser, en complément dans les rapports, les points suivants :

- l'activation ou non de la matrice de correction,
- le type de commande (manuelle, motorisée, numérique),
- l'identification de l'opérateur machine en complément de l'opérateur prestataire,
- toute autre information pertinente et nécessaire à l'interprétation des résultats.

8.14. Tamis de contrôle en tissus métalliques : NF ISO 3310-1 (07/2019)

A défaut d'exigence particulière, il n'est pas demandé d'incertitude de mesure sur les caractéristiques « Ecart-type (σ) » ou « Valeur théorique de l'écart-type (σ_s) ».