

---

---

**Engrenages — Évaluation des  
instruments de mesure des engrenages  
individuels**

*Gears — Evaluation of instruments for the measurement of individual  
gears*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 18653:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/09eb9cb7-8459-4e70-9ebb-1d4b4226a05e/iso-18653-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/09eb9cb7-8459-4e70-9ebb-1d4b4226a05e/iso-18653-2003>



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 18653:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/09eb9cb7-8459-4e70-9ebb-1d4b4226a05e/iso-18653-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/09eb9cb7-8459-4e70-9ebb-1d4b4226a05e/iso-18653-2003>

© ISO 2003

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax. + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	iv
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes, définitions et symboles</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Application</b> .....	<b>4</b>
<b>4.1</b> <b>Généralités</b> .....	<b>4</b>
<b>4.2</b> <b>Traçabilité</b> .....	<b>4</b>
<b>4.3</b> <b>Artefacts</b> .....	<b>4</b>
<b>4.4</b> <b>Incertitude de mesure</b> .....	<b>5</b>
<b>4.5</b> <b>Sources d'incertitude</b> .....	<b>5</b>
<b>4.6</b> <b>Intervalle d'évaluation</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b> <b>État du système de mesure</b> .....	<b>6</b>
<b>5.1</b> <b>Caractéristiques du système</b> .....	<b>6</b>
<b>5.2</b> <b>Aptitude à l'étalonnage</b> .....	<b>6</b>
<b>5.3</b> <b>Considérations relatives à la charge de la table</b> .....	<b>6</b>
<b>5.4</b> <b>Outillage et calibres</b> .....	<b>6</b>
<b>6</b> <b>Environnement</b> .....	<b>7</b>
<b>7</b> <b>Artefacts</b> .....	<b>7</b>
<b>7.1</b> <b>Taille et forme géométrique des artefacts</b> .....	<b>7</b>
<b>7.2</b> <b>Artefacts de développante de cercle</b> .....	<b>9</b>
<b>7.3</b> <b>Artefacts d'hélice</b> .....	<b>9</b>
<b>7.4</b> <b>Artefacts de pas</b> .....	<b>10</b>
<b>7.5</b> <b>Artefacts de faux-rond de rotation</b> .....	<b>11</b>
<b>7.6</b> <b>Artefacts d'épaisseur de denture</b> .....	<b>11</b>
<b>7.7</b> <b>Artefacts de pièces grandeur nature</b> .....	<b>12</b>
<b>8</b> <b>Méthode d'estimation de l'incertitude de mesure</b> .....	<b>13</b>
<b>8.4</b> <b>Méthodes</b> .....	<b>14</b>
<b>8.5</b> <b>Méthode par comparaison</b> .....	<b>14</b>
<b>8.6</b> <b>Calcul de l'incertitude de mesure <math>U_{95}</math></b> .....	<b>14</b>
<b>8.7</b> <b>Mode opératoire</b> .....	<b>15</b>
<b>Annexe A (normative) Exigences relatives aux certificats d'étalonnage des artefacts</b> .....	<b>18</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>20</b>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 18653 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 60, *Engrenages*.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 18653:2003  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/09eb9cb7-8459-4e70-9ebb-1d4b4226a05e/iso-18653-2003>

# Engrenages — Évaluation des instruments de mesure des engrenages individuels

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie des méthodes d'évaluation des instruments utilisés pour mesurer la développante de cercle, l'hélice, le pas et le faux-rond de rotation des engrenages. Elle est applicable aussi bien aux instruments qui mesurent le faux-rond directement qu'à ceux qui le calculent à partir de mesures de divisions. La présente Norme internationale donne également des recommandations sur l'évaluation des instruments de mesure de l'épaisseur des dents et, nécessairement, elle inclut une estimation de l'incertitude de mesure à l'aide d'artefacts d'engrenages calibrés. Elle ne traite cependant pas de l'étalonnage des artefacts par des laboratoires accrédités conformément à l'ISO/CEI 17025, et ses exigences ne sont pas destinées à servir de base à l'acceptation des engrenages fabriqués (voir l'ISO 1328-1, l'ISO 1328-2, l'ISO/TR 10064-1 et l'ISO/TR 10064-2). L'estimation de l'incertitude de mesure des engrenages fabriqués n'entre pas dans son domaine d'application (voir pour cela l'ISO/TR 10064-5).

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 1328-1:1998, *Engrenages cylindriques — Système ISO de précision — Partie 1: Définitions et valeurs admissibles des écarts pour les flancs homologues de la denture*

ISO/TR 10064-3, *Engrenages cylindriques — Code pratique de réception — Partie 3: Recommandations relatives au corps de roues, à l'entraxe et au parallélisme des axes*

ISO/TR 10064-5<sup>1)</sup>, *Engrenages cylindriques — Code pratique de réception — Partie 5: Recommandations relatives à l'évaluation des instruments de mesure des engrenages*

ISO 14253-1, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Vérification par la mesure des pièces et des équipements de mesure — Partie 1: Règles de décision pour prouver la conformité ou la non-conformité à la spécification*

ISO/CEI 17025, *Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

## 3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions et symboles (voir Tableau 1) suivants s'appliquent.

NOTE 1 Le cas échéant, les définitions sont conformes à l'ISO 1122-1, l'ISO 1328-1, l'ISO 1328-2 et à l'ISO/TR 10064-1.

1) À publier.

NOTE 2 Les termes, définitions et symboles utilisés dans ce document peuvent être différents de ceux utilisés dans d'autres Normes internationales. Il est nécessaire que l'utilisateur soit sûr de leur bonne compréhension.

3.1

**exactitude**

étroitesse de l'accord entre une valeur mesurée et une valeur de référence (ou calibrée) acceptée

3.2

**artefact**

objet de forme spécifique utilisé pour déterminer l'exactitude des instruments de mesure

Voir Article 7.

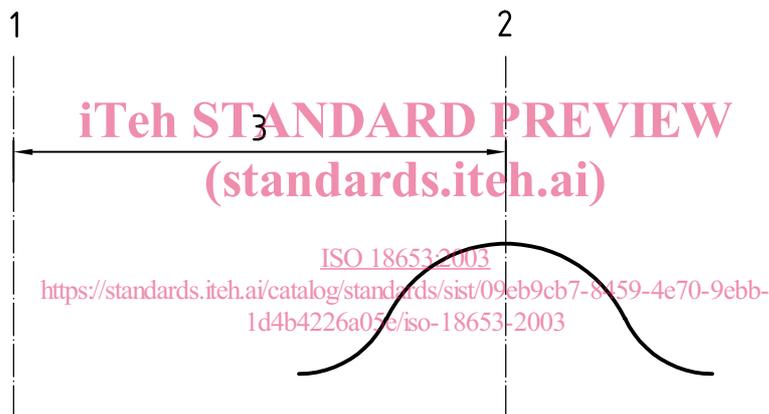
3.3

**biais**

différence entre la moyenne des mesures observées et la valeur d'étalonnage

Voir Figure 1.

NOTE Le biais peut être affecté par des erreurs systématiques telles que la linéarité ou le gain et peut être différent sur la totalité de l'étendue de mesure du système.



**Légende**

- 1 valeur d'étalonnage
- 2 moyenne observée
- 3 biais

Figure 1 — Biais

3.4

**étalonnage**

ensemble d'opérations qui définissent, dans certaines conditions, la relation entre les valeurs des grandeurs indiquées par un instrument de mesure ou un système de mesure et les valeurs correspondantes réalisées par des étalons

3.5

**gain**

facteur d'amplification entre une valeur d'entrée et une valeur de sortie

3.6

**artefact d'hélice**

artefact ayant une forme d'hélice étalonnée

**3.7****artefact de développante de cercle**

artefact étalonné ayant une forme de développante de cercle déterminée par un cercle de base spécifique

**3.8****mesurande**

grandeur particulière soumise à mesurage

**3.9****artefact de pas et de faux-rond de rotation**

artefact ayant des caractéristiques d'index étalonnées pour le pas, le faux-rond de rotation ou les deux

**3.10****répétabilité (des résultats de mesures)**

étroitesse de l'accord entre les résultats de mesures successives du même mesurande effectuées dans les mêmes conditions de mesure

**3.11****reproductibilité (des résultats de mesures)**

étroitesse de l'accord entre les résultats de mesures du même mesurande effectuées dans des conditions de mesure différentes

NOTE 1 Pour être valide, une indication de la reproductibilité requiert la spécification des conditions modifiées.

NOTE 2 La modification des conditions peut porter sur

- le principe de mesure,
- la méthode de mesure,
- l'observateur,
- l'instrument de mesure,
- l'étalon de référence,
- le lieu,
- les conditions d'utilisation, et
- le temps.

**ITeH STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)

[ISO 18653:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/09eb9cb7-8459-4e70-9ebb-1d4b4226a05e/iso-18653-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/09eb9cb7-8459-4e70-9ebb-1d4b4226a05e/iso-18653-2003>

NOTE 3 La reproductibilité peut s'exprimer quantitativement en termes de dispersion des résultats.

**3.12****incertitude (des résultats d'une mesure)**

paramètre associé au résultat d'une mesure et qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande

NOTE 1 Ce paramètre peut, par exemple, être un écart-type (ou un multiple de celui-ci) ou la demi-largeur d'un intervalle à un niveau de confiance donné.

NOTE 2 L'incertitude de mesure se compose en général de plusieurs éléments. Certaines de ces composantes peuvent être évaluées à partir de la distribution statistique des résultats d'une série de mesures et caractérisées par des écarts-types expérimentaux. D'autres composantes, qui peuvent également être caractérisées par des écarts-types, sont évaluées à partir d'hypothèses probabilistes reposant sur l'expérience ou d'autres informations.

NOTE 3 Il est admis qu'un résultat de mesure est la meilleure estimation de la valeur du mesurande et que toutes les composantes de l'incertitude contribuent à la dispersion, y compris celles qui résultent d'effets systématiques telles que les composantes associées aux corrections et aux étalons de référence.

Tableau 1 — Symboles

Symbole	Définition	Unités	Première utilisation
$E$	Biais	$\mu\text{m}$	Éq. 1
$k$	Facteur d'élargissement	—	Éq. 1
$n$	Nombre de mesures	—	Éq. 2
$U_{95}$	Incertitude de mesure	$\mu\text{m}$	Éq. 1
$U_{95c}$	Estimation de l'incertitude	$\mu\text{m}$	Éq. 4
$U_{95(\text{cal})}$	Incertitude de mesure indiquée dans le document d'étalonnage de l'artefact de référence	$\mu\text{m}$	Éq. 3
$u_m$	Incertitude type	$\mu\text{m}$	Éq. 1
$u_n$	Incertitude d'étalonnage de l'artefact de référence	$\mu\text{m}$	Éq. 1
$u_g$	Influence de la similitude géométrique	$\mu\text{m}$	Éq. 1
$u_w$	Influence des caractéristiques de la pièce	$\mu\text{m}$	Éq. 1
$X_i$	Valeur mesurée isolée du paramètre étalonné	$\mu\text{m}$	Éq. 2
$\bar{X}$	Moyenne des valeurs mesurées	$\mu\text{m}$	Éq. 2

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)

## 4 Application

### 4.1 Généralités

ISO 18653:2003

Les essais prescrits dans la présente Norme internationale ont pour objet d'estimer l'incertitude de mesurage. Il est posé en hypothèse que l'instrument de mesure des engrenages a été installé sur le site et a subi avec succès un certain nombre d'essais de réception. Les essais prescrits peuvent servir de contrôles intermédiaires pour vérifier le processus de mesurage.

Les modes opératoires de mesure et d'évaluation peuvent être utilisés pour les essais de réception d'un nouvel instrument de mesure des engrenages si le client et le fournisseur en conviennent préalablement. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser une série d'artefacts d'engrenages étalonnés de façon traçable pour vérifier l'incertitude de mesure en certains points particuliers du volume de travail de l'instrument. Il est recommandé que ces mesures prévoient l'essai de la machine avec des charges s'exerçant sur la table représentatives du poids des engrenages fabriqués essayés.

### 4.2 Traçabilité

Le terme traçabilité implique l'existence d'une chaîne d'étalonnage non interrompue entre les mesures faites sur des instruments en atelier et celles faites sur des étalons dans un laboratoire national, voir Figure 2. Cette traçabilité est assurée par des artefacts d'engrenages étalonnés. C'est le laboratoire détenteur de l'étalon primaire qui a l'incertitude la plus faible, et l'incertitude augmente de niveau en niveau de transfert de la chaîne d'étalonnage jusqu'aux instruments de mesure en atelier. Moins il y a d'étapes entre l'étalon de laboratoire primaire et l'instrument de mesure d'atelier et plus faible sera l'incertitude de mesure.

### 4.3 Artefacts

Les artefacts d'engrenages utilisés pour ces essais doivent être similaires de forme et de dimensions aux engrenages fabriqués contrôlés par l'instrument de mesure. Les artefacts doivent être utilisés pour évaluer l'exactitude de chacun des paramètres inspectés: hélice (pas hélicoïdal), profil, pas, faux-rond de rotation et épaisseur de dentures. Les exigences particulières relatives aux artefacts sont indiquées à l'Article 7.

#### 4.4 Incertitude de mesure

Les pratiques classiques recommandent que l'incertitude d'un processus de mesure soit inférieure à 10 % de la tolérance du paramètre mesuré pour assurer une interprétation fiable des résultats de mesure. Cette recommandation n'est toutefois pas techniquement possible avec les engrenages de haute précision.

Lorsque, par exemple, les engrenages ont une tolérance meilleure que 10  $\mu\text{m}$ , l'incertitude la meilleure possible ne peut être que de 20 % à 30 %. Pour déterminer l'incertitude, voir l'Article 8 et l'ISO/TR 10064-5. Des recommandations sur l'incertitude admissible de mesure sont données dans l'ISO/TR 10064-5.

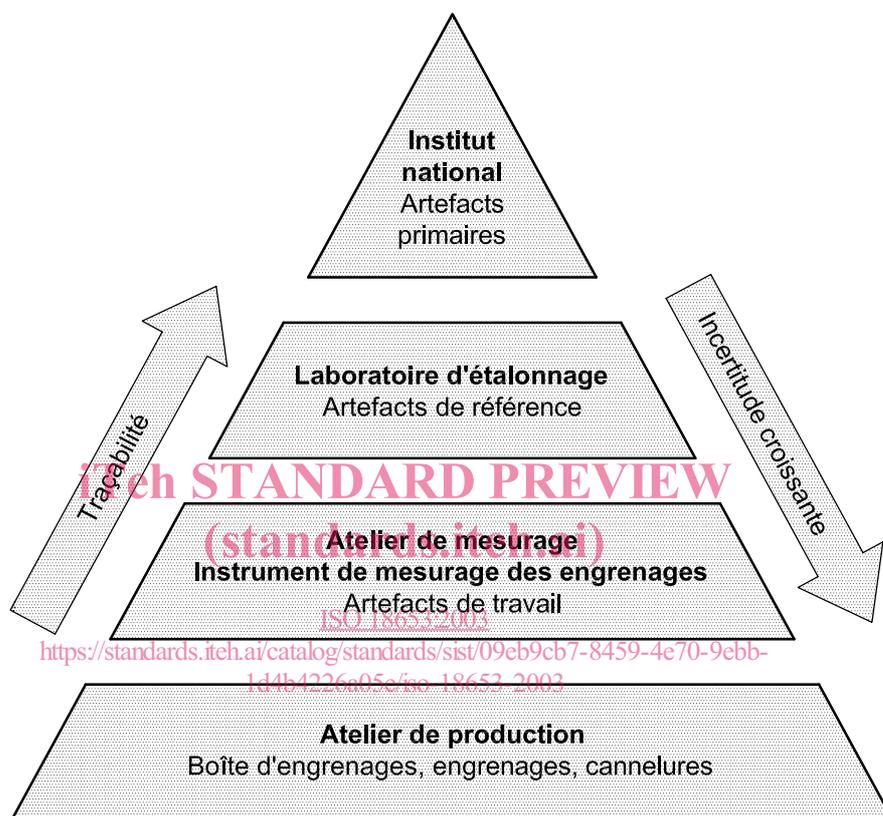


Figure 2 — Hiérarchie d'étalonnage

#### 4.5 Sources d'incertitude

La vérification de l'incertitude de mesure doit inclure, sans s'y limiter, l'évaluation des apports principaux à l'incertitude dans les mesures sur engrenages indiquées ci-dessous :

- données sur les artefacts;
- données d'étalonnage;
- répétabilité de l'instrument;
- reproductibilité de l'instrument;
- filtrage, amortissement, réponse dynamique et exactitude du système de palpeur;
- influence de l'environnement, à l'exception de la température et des vibrations;
- alignement mécanique;

- mesurage du faux-rond de rotation et de l'erreur de montage;
- système de servocommande;
- logiciel d'évaluation;
- opérateur.

Voir l'ISO/TS 14253-2 pour de plus amples renseignements sur le sujet.

## 4.6 Intervalle d'évaluation

L'utilisateur doit définir l'intervalle d'évaluation du processus de mesurage. Il est également recommandé d'effectuer des essais intermédiaires sur un artefact désigné. Les données fournies par ces essais intermédiaires sur des artefacts d'engrenages étalonnés peuvent servir pour déterminer l'incertitude de mesure.

## 5 État du système de mesure

### 5.1 Caractéristiques du système

Il convient de contrôler ou de vérifier plusieurs caractéristiques du système de mesure et du système de lecture avant de procéder aux mesures sur artefacts.

### 5.2 Aptitude à l'étalonnage

Il convient que l'instrument puisse être étalonné et représentatif des conditions de fonctionnement normal.

#### 5.2.1 Alignement de l'instrument

Lorsque le fabricant prévoit des contrôles de procédure pour la vérification des alignements, ces contrôles doivent être faits à intervalles réguliers. L'alignement des instruments comprend des vérifications du type contrôle du faux-rond de rotation des trous de centre, de leur coaxialité, du parallélisme de l'axe central et des glissières de guidage de l'instrument, de la perpendicularité des glissières, etc. Voir l'ISO/TR 10064-5.

#### 5.2.2 Conditions de lecture

Il convient de vérifier que les mouvements des appareils de mesure et les enregistreurs graphiques sont conformes aux spécifications du fabricant sur les points tels que le grossissement, la linéarité, la perte dans les mouvements et la réponse en fréquences. Voir l'ISO/TR 10064-5.

### 5.3 Considérations relatives à la charge de la table

Les instruments utilisés pour vérifier de très gros engrenages (plus de 1 m) peuvent fléchir ou changer de forme sous le poids de la pièce essayée. D'où des écarts de mesure. Il convient d'étalonner ces instruments en simulant la charge qui s'exerce sur la table. Les engrenages à masse d'inertie importante peuvent également provoquer des écarts de mesure. Il convient de prendre en compte les effets des méthodes d'entraînement telles que la taille des trous de centre, les caractéristiques de frottement, les trous de centre actifs ou morts, etc.

### 5.4 Outillage et calibres

Tous les outils et calibres utilisés pour le réglage ou l'étalonnage des instruments de mesure doivent être étalonnés à intervalles convenables.

## 6 Environnement

La stabilité de l'environnement joue sur l'exactitude du processus d'étalonnage et la mesure des pièces de production. L'environnement requis spécifié par le fabricant d'instruments doit être respecté pendant l'évaluation et l'utilisation de ces derniers. L'étalonnage exige un environnement contrôlé dans les limites nécessaires pour assurer un mesurage continu de l'exactitude requise, à savoir la température, l'humidité, les vibrations, la propreté et autres facteurs contrôlables affectant les mesures de fidélité.

Il convient en particulier d'établir un équilibre thermique convenable entre l'artefact de référence et l'instrument. Si les mesures sont faites sur l'artefact de référence à une température ambiante autre que celle de l'étalonnage (normalement 20 °C), il faut soit ajuster la valeur étalonnée à la température réelle de service, soit corriger les valeurs mesurées pour les rapporter à la température d'étalonnage. Ces opérations ajoutent des sources significatives d'incertitude au processus d'étalonnage. Voir l'ISO/TR 10064-5 pour les détails.

## 7 Artefacts

### 7.1 Taille et forme géométrique des artefacts

Le présent article décrit les artefacts utilisés pour l'estimation de l'incertitude de mesure. Les artefacts sont nécessaires pour vérifier chacun des paramètres mesurés par un instrument, à savoir l'hélice (pas), la développante de cercle, le pas, le faux-rond de rotation et l'épaisseur des dents. Les artefacts peuvent être de vraies pièces, un engrenage exact par exemple.

Les exigences particulières sont indiquées dans les paragraphes qui suivent. D'autres recommandations venant à l'appui des informations et des détails de conception des artefacts sont présentées dans l'ISO/TR 10064-5.

L'exigence minimale est de choisir une taille d'artefact aussi voisine que possible du milieu de l'étendue de mesure pour laquelle l'instrument est utilisé.

Idéalement, il convient que la forme géométrique des artefacts représente le nombre de dents, le module, l'angle d'hélice, la largeur de denture et le poids de l'engrenage fabriqué. Il est recommandé que les artefacts aient les caractéristiques des flancs gauche et droit. Des artefacts à flanc unique peuvent être utilisés pour simuler le flanc homologue.

Il est recommandé pour vérifier l'incertitude des instruments d'utiliser des artefacts internes lorsque la mesure porte sur des pièces internes.

La caractéristique essentielle des artefacts de référence est leur stabilité géométrique. Une stabilité suffisante est une exigence inhérente à la méthode de détermination de l'incertitude de mesure par comparaison. Dans la mesure où il est très difficile de détecter les problèmes de stabilité des artefacts pendant leur utilisation, il est important de confirmer que leur conception, leur fabrication et leur maniement se sont effectués de manière à réduire le plus possible l'instabilité. Il est recommandé d'utiliser des artefacts multiples pour aider à détecter l'instabilité d'un artefact. Voir l'ISO/TR 10064-5 pour de plus amples détails.

#### 7.1.1 Fréquence d'étalonnage des artefacts

L'utilisateur doit déterminer la fréquence d'étalonnage des artefacts. Un intervalle de 3 ans ou moins est recommandé, en fonction de la fréquence d'utilisation de l'artefact et de l'instabilité de son matériau.

#### 7.1.2 Certificats d'étalonnage des artefacts

Les artefacts utilisés aux fins d'évaluation doivent avoir un certificat valide et traçable de leur étalonnage, délivré par un laboratoire se conformant aux spécifications de l'ISO/CEI 17025.