

# Incertitude de mesure : évaluation en atelier<sup>1</sup>

*Un jeu de onze fiches, complété par une notice d'utilisation, développé par Métrologie Grand Sud en collaboration avec le Mouvement français pour la qualité Rhône-Alpes, permet d'évaluer rapidement une incertitude de mesure en atelier sur des pièces en acier et alliage d'aluminium à l'aide d'instruments tels qu'un pied à coulisse, un micromètre d'extérieur, un micromètre d'intérieur, une jauge de profondeur,*

*un comparateur ou une colonne de mesure. Ces fiches permettent d'estimer par simple lecture sur un abaque le cumul des incertitudes prépondérantes lors de mesures en fonction des variations de température du milieu ambiant par rapport à 20 °C et des erreurs maximales d'indication d'appareil.*

**MOTS-CLÉS** qualité, contrôle et métrologie

## Présentation

Il est nécessaire d'exprimer un résultat de mesure avec son incertitude. En effet :

- deux mesures faites dans les mêmes conditions par deux opérateurs différents donnent 25,56 mm et 25,58 mm. Lequel de ces opérateurs a raison ?
- le résultat d'une mesure annoncé sur un procès-verbal de contrôle est 128,457 mm. Que faire de cette information ? Quel crédit lui accorder ?
- etc.

## Définition de l'incertitude (VIM)

Paramètre associé au résultat d'un mesurage qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient raisonnablement être attribuées au mesurande.

## Causes d'incertitudes

Les incertitudes de mesure sont fonction :

- de la répétabilité des mesures ;
- de l'environnement avec les grandeurs d'influence associées et dans les conditions réelles de mesure ;
- de l'équipement de mesure ;
- de la pièce à mesurer et de son état de surface ;
- du matériau ;
- de la position de la pièce lors du contrôle ;
- des déformations dues aux efforts de blocage de la pièce et aux efforts de contact pièce-instrument de mesure ;
- de la méthode de mesure utilisée ;
- de la méthode d'acquisition, de calcul et de traitement des résultats ;
- du savoir-faire de l'opérateur ;
- etc.

La notion d'incertitude a du mal à sortir du laboratoire. Dans la pratique courante en atelier, les opérateurs confondent réso-

lution de l'appareil et incertitude de mesure et, dans le meilleur des cas, utilisent la règle du 1/10 (rapport entre la résolution de l'appareil et l'intervalle de tolérance).

Nous avons voulu donner à l'opérateur un moyen graphique simple qui lui permette, pour un instrument, une pièce et un environnement donnés, d'avoir une estimation raisonnable de l'incertitude de mesure et de l'adaptation de la mesure à un intervalle de tolérance donné.

Nous proposons des fiches de format réduit pour permettre le stockage dans les boîtes des appareils de mesure. Au recto, quatre courbes donnent l'incertitude et permettent de définir l'intervalle de tolérance réduit en fonction de la dimension mesurée. La première courbe indique l'incertitude optimale de l'appareil (correction de l'erreur de justesse, correction des effets de la température...). Les trois autres courbes donnent l'incertitude pour un appareil de classe 1 sans faire les corrections d'erreur de justesse, de l'effet de la température... Il est envisagé trois niveaux de température caractéristiques d'une ambiance d'atelier de production.

## Introduction

Le but du document est de fournir, à partir de fiches graphiques, une approche de l'ordre de grandeur des incertitudes de mesure de pièces avec différents instruments de mesure, à différentes températures et pour des pièces en acier et en aluminium. Les instruments qui ont été considérés sont :

- le pied à coulisse à affichage numérique à 0,01 mm suivant NF E 11-091 de juillet 1991 ;
- la jauge de profondeur à coulisse à affichage numérique à 0,01 mm suivant NF E 11-096 d'octobre 1987 ;
- le micromètre d'extérieur à vis à tambour à 0,01 mm suivant NF E 11-095 de décembre 1993 ;
- le micromètre d'intérieur à trois touches, dit alésomètre, à tambour à 0,01 mm suivant NF E 11-099 de décembre 1993 ;
- le comparateur mécanique à tige rentrante à 0,01 mm suivant NF E 11-050 de décembre 1990 ;
- la colonne de mesure verticale à affichage numérique à 1 mm.

1. Ces fiches ont été conçues et mises en forme par un groupe de travail de l'association MGS (Métrologie Grand Sud) composé de : A. Fabre, Ensam Aix-en-Provence ; R. Jeune, Framatome ; D. Lornage, Cetim Saint-Étienne ; J.-H. Machèse, IUT Aix-en-Provence ; S. Raynaud, INSA-CAST Lyon ; B. Schatz, Metroqual ; G. Suchet, MFQ Rhône-Alpes.

Les mesures ont été réalisées avec des conditions de températures ambiantes de  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ,  $\pm 5\text{ °C}$  et  $\pm 10\text{ °C}$ .

Afin de fournir une incertitude optimale (application de la correction de l'erreur de justesse et conditions ambiantes à  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ), on a mentionné sur chaque fiche une courbe de couleur noire portant l'indication  $E_j = 0, \pm 2\text{ °C}$ .

### Conditions d'établissement des fiches

#### Conditions sur la pièce

La matière des pièces considérées est soit de l'acier avec un coefficient de dilatation linéique de  $11,5 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ , soit un alliage d'aluminium avec un coefficient de dilatation linéique de  $23 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ . L'incertitude sur la connaissance des coefficients de dilatation est prise égale à  $\pm 1 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ .

La qualité des surfaces de mesure des pièces est telle que les écarts dus à l'état de surface et au défaut de forme sont considérés comme négligeables. Dans le cas contraire, il est nécessaire de recalculer l'incertitude, elle sera obligatoirement supérieure à celle indiquée par les courbes (voir paragraphe «Méthode d'utilisation des fiches»).

#### Conditions sur l'instrument

Les instruments de mesure sont considérés conformes à la norme correspondante pour l'appareil à l'état neuf ou de classe 1 lorsque des classes sont définies. Les instruments sont étalonnés (raccordement aux étalons nationaux). Les incertitudes considérées soit sur les erreurs de justesse, soit sur les erreurs d'indication sont directement issues des documents d'étalonnage des instruments. Les valeurs prises en compte correspondent aux incertitudes habituellement données par les services de métrologie habilités de la chaîne BNM-Cofrac.

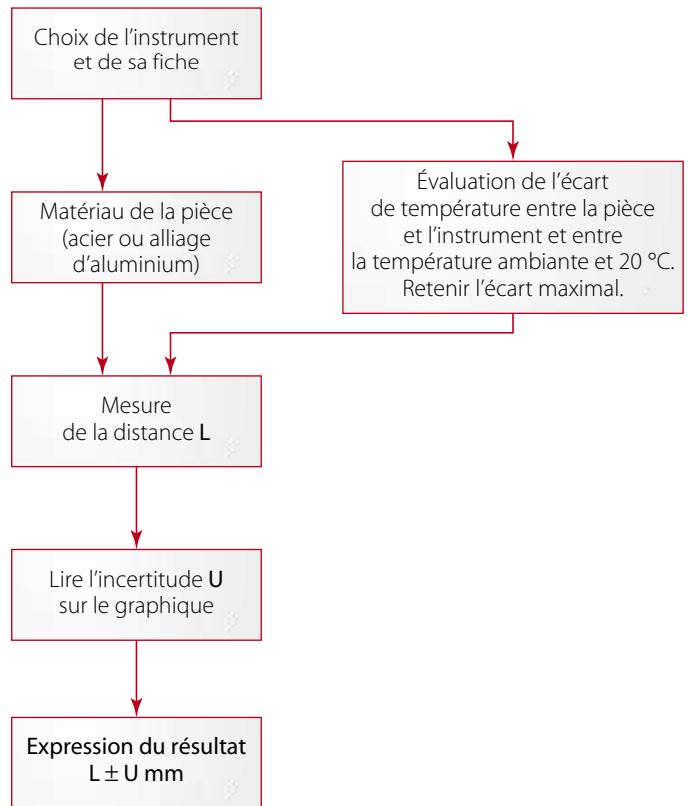
Sur les fiches, excepté pour les incertitudes optimales, il est considéré une erreur de justesse ou d'indication non corrigée. Ces valeurs correspondent aux valeurs maximales des spécifications pour l'appareil à l'état neuf.

#### Conditions sur les mesures

Les valeurs considérées des écarts type de répétabilité correspondent à une utilisation de l'instrument suivant les règles de l'art. Les conditions d'ambiance sont celles précédemment

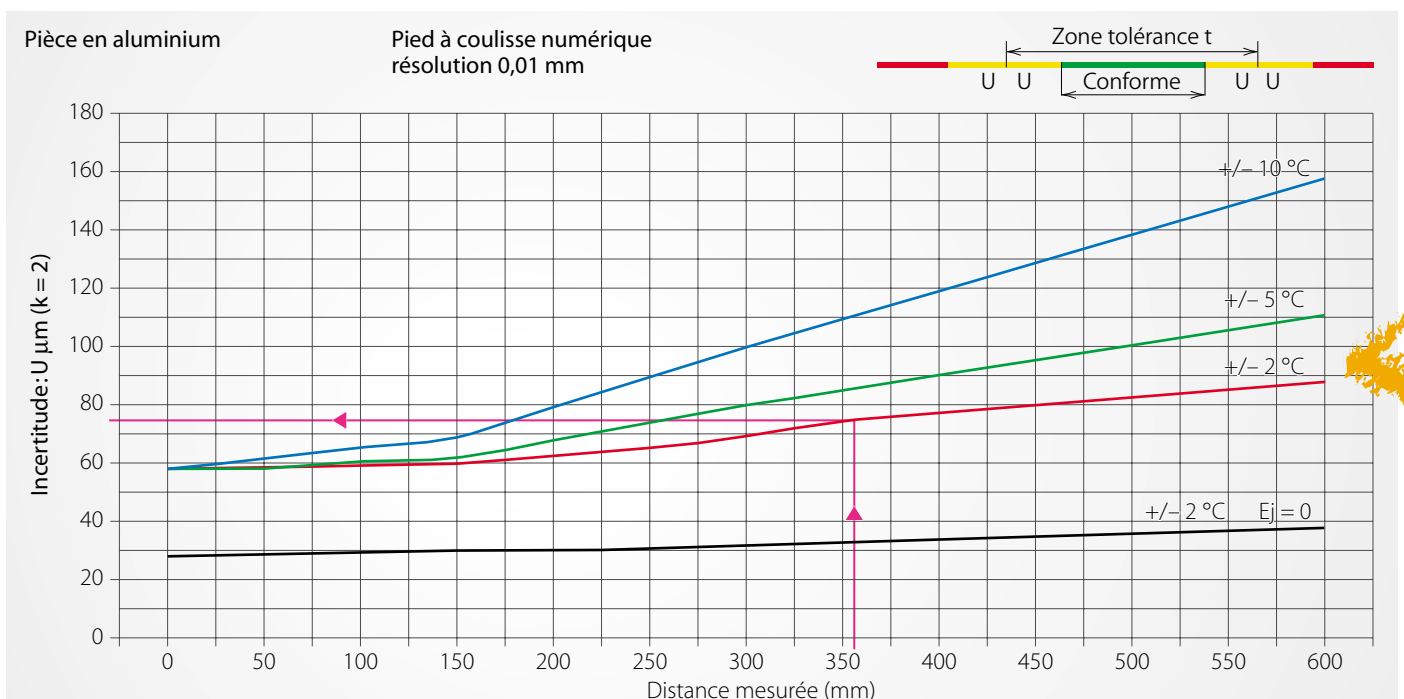
définies. On s'affranchit des effets dus aux défauts de forme de la pièce en réalisant les mesures aux mêmes points : répétabilité des mesurages.

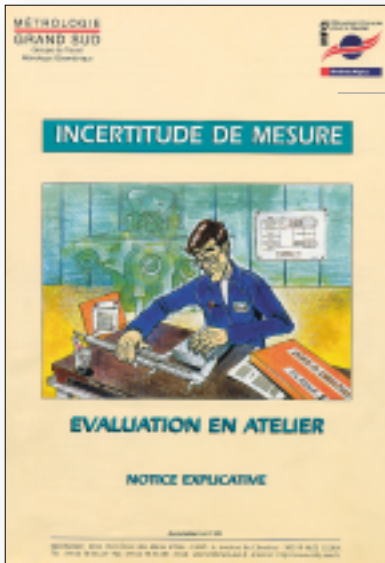
### Méthode d'utilisation des fiches



### Principe d'utilisation

Pour chacun des six instruments, prendre la fiche correspondant à la matière, acier ou aluminium, de la pièce à mesurer. Pour déterminer l'ordre de grandeur de l'incertitude de mesure, après s'être assuré des conditions d'utilisation et avoir estimé la température ambiante, lire la valeur de l'incertitude indiquée qui correspond, pour la courbe de la température estimée, à la longueur mesurée (voir ci-dessous un exemple du contenu d'une fiche).





ans la notice, sont précisées les hypothèses et les données utilisées pour élaborer ces fiches. La méthode utilisée pour déterminer l'incertitude de mesure est développée et illustrée par des exemples numériques.

Ce point est important: il permet de démystifier le calcul d'incertitude.

Cette notice est disponible chez:

**MGS École des mines d'Alès LMM**, 6, avenue de Clavières, 30319 Alès cedex,

tél.: 04 66 78 56 22, fax: 04 66 78 56 80, Internet: <http://www.mfq.asso.fr>;

et **MFQ Rhône-Alpes, La Cité des entreprises**,

60, avenue Jean-Mermoz, 69372 Lyon cedex 08,

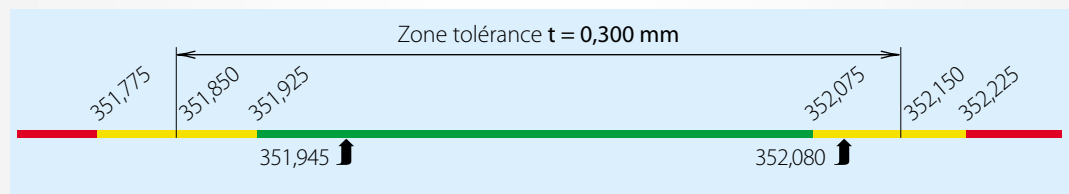
tél.: 04 78 77 06 98, fax: 04 78 77 06 99, e-mail: [rhone-alpes@mfq.asso.fr](mailto:rhone-alpes@mfq.asso.fr).

### Exemple d'utilisation

Cote entre deux plans parallèles sur pièce en aluminium:  $352 \pm 0,15$  mm.

Mesure point à point, sans correction d'erreur de justesse avec pied à coulisse étalonné, de résolution 0,01 mm, environnement  $20 \pm 2$  °C.

- Mesure sur pièce 1: 351,945 mm, le graphique indique  $U = 75 \mu\text{m}$ .



$$351,850 + 0,075 = 351,925 < 351,945 < 352,150 - 0,075 = 352,075 \text{ mm}$$

**Pièce conforme**

- Mesure sur pièce 2: 352,080 mm, le graphique indique  $U = 75 \mu\text{m}$ .

$$352,080 > 352,150 - 0,075 = 352,075 \text{ mm}$$

**Pièce douteuse compte tenu de l'incertitude de mesure** (voir notice).

