

PMP - MÉTROLOGIE - PRÉSENTATION

Xavier MOREL - Arts et Métiers 1ère année

30 novembre 2014

Table des matières

1	Rôle du service métrologie	1
1.1	Présentation de la métrologie	1
1.2	Vocabulaire de la métrologie	2
1.3	Organisation de la métrologie	2
1.4	Les étalons	3
2	Les incertitudes de mesure	3
2.1	Critère d'acceptation	3
2.2	Les incertitudes de mesurage	3
3	Le laboratoire de métrologie	4
4	La métrologie tridimensionnelle	4
4.1	La machine à mesurer tridimensionnelle (MMT)	4
4.2	Structure mécanique	4
4.3	Aspect économique	4

1 Rôle du service métrologie

1.1 Présentation de la métrologie

La métrologie est la science de la mesure. Elle intervient dans une situation de contrôle d'une pièce fabriquée, soit un contrôle de réception ou un contrôle en cours de fabrication.

Ce contrôle se fait par un matériel traditionnel inclus au poste de travail/hors-poste ou par un montage spécifique ou par une machine à mesurer tridimensionnelle ou par une machine outil à commande numérique spécifique.

Lors de la mesure, il y a quantification d'une grandeur. Le but est de vérifier qu'elle bien comprise dans une intervalle de tolérance.

En général, un service de métrologie occupe la dernière partie de la chaîne de fabrication, car elle atteste la validité d'un produit fabriqué.

1.2 Vocabulaire de la métrologie

	Vocabulaire	Définition
Grandeur et unité	mesurage	Ensemble des opérations ayant pour but de déterminer une valeur d'une grandeur.
	mesurande	Grandeur particulière soumise à mesurage.
	Grandeur d'influence	Grandeur qui n'est pas la mesurande mais qui a un effet sur le résultat de mesurage.
Résultat de mesure	Exactitude de la mesure	Etroitesse de l'accord entre le résultat d'un mesurage et une valeur vraie de mesurande.
	Répétabilité (des résultats de mesurage)	Etroitesse de l'accord entre les résultats de mesurages successifs du même mesurande, mesurage effectué dans la totalité des mêmes conditions de mesures.
	Reproductibilité (des résultats de mesures)	Etroitesse de l'accord entre les résultats de mesurages successifs du même mesurande, mesurage effectué en faisant varier les conditions de mesures.
	Incertitude de mesure	Paramètre, associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient être attribuées au mesurande.

	Vocabulaire	Définition
Caractéristiques des instruments de mesures	Etendue de mesure	Ensemble des valeurs du mesurande pour lesquelles l'erreur d'un instrument de mesure est supposé comprise entre des limites spécifiées.
	Sensibilité	Quotient de l'accroissement de la réponse d'un instrument de mesure par l'accroissement correspondant du signal d'entrée.
	Résolution (d'un dispositif afficheur)	La plus petite différence d'indication d'un dispositif afficheur qui peut être perçue de manière significative.
	Discretion	Aptitude d'un instrument de mesure à ne pas modifier la mesurande.
	Justesse	Aptitude d'un instrument de mesure à donner des indications exemptes d'erreurs systématiques.
	Fidélité	Aptitude d'un instrument de mesure à donner des indications très voisines lors de l'application répétée du même mesurande dans les mêmes conditions de mesure.
	Exactitude	Aptitude d'un instrument de mesure à donner des réponses proches d'une valeur vraie.
	Classe d'exactitude	Classe d'instruments de mesure qui satisfont certaines exigences métrologique destinées à conserver les erreurs dans des limites spécifiées.
Etalon	Etalon	Mesure matérialisée, appareil de mesure, matériau de référence ou système de mesure destiné à définir, réaliser, conserver ou reproduire une unité ou une ou plusieurs valeurs d'une grandeur pour servir de référence.
	Etalonnage	Ensemble des opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs de la grandeur indiquée par un appareil de mesure ou d'un système de mesure, ou les valeurs représentées par une mesure matérialisée ou par un matériau de référence, et les valeurs correspondantes de la grandeur réalisée par des étalons.
	Traçabilité	Propriété du résultat d'un mesurage ou d'un étalon tel qu'il puisse être relié à des références déterminées, généralement des étalons nationaux ou internationaux, par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue de comparaisons est appelée chaîne de raccordement aux étalons.

1.3 Organisation de la métrologie

International : BIPM ou Bureau International des Poids et Mesures, secondé par 5 bureaux primaires dans différents pays, dont le BNM qui est le Bureau National de Métrologie localisé en France.

National : le BNM est secondé par d'autres laboratoires nationaux plus spécialisés, comme le LNE, le Laboratoire National d'Essais, qui offre mesurages et contrôle.

1.4 Les étalons

- Étalon Primaire : représente "les plus haute qualités" métrologique dans un domaine spécifié. Si Décision officielle nationale → étalon national.
- Étalons Secondaires : valeur fixée par comparaison avec l'étalon primaire.
- Étalons de Référence : étalons de la "plus haute qualité" métrologique en un lieu donné. Ils doivent être raccordés à un étalon de la chaîne d'étalonnage.
- Étalons de Transfert : étalonné par comparaison avec l'étalon de référence et est utilisé comme intermédiaire.
- Étalons de Travail : étalon couramment utilisé, il est étalonné par comparaison avec l'étalon de transfert.

Le choix du moyen de mesure s'appuie sur trois critères :

- l'analyse du besoin : technique, économique, commercial, mise en service...
- l'opération d'étalonnage et de vérification : dans quel but ?
- l'opération de mesurage : quelle type de grandeur à mesurer ?

2 Les incertitudes de mesure

2.1 Critère d'acceptation

L'incertitude de mesure doit être prise en compte lors du contrôle et celui ci doit respecter l'intervalle de tolérance.

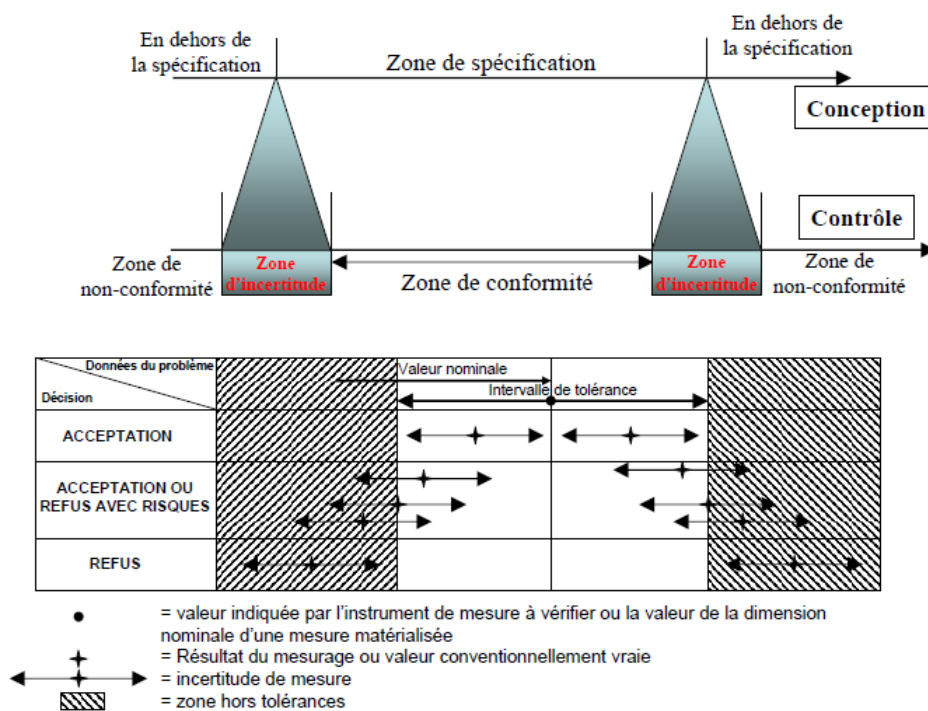


FIGURE 1 – Incertitude et tolérance

2.2 Les incertitudes de mesurage

On définit : Mesure = R (résultat de mesure) + U (incertitude).

Il existe deux méthodes d'évaluation des incertitudes (Norme XP X07_020) :

- Evaluation de type A : application statistique d'une série d'observation ou répétabilité caractérisée par un écart type σ .
- Evaluation de type B : issu de principe physique, expérience, essais, ou calcul pour chaque paramètre influant de l'écart maximal engendré sur le résultat.

L'écart type σ est obtenu en associant une loi de distribution

Incertitude de type finale	$\sigma_t = \sqrt{\sum(\sigma_A^2 + \sigma_B^2)}$
Incertitude de type élargie	$U = k\sigma_t$ avec $k=2$ ou 3
Influence relative	En pourcentages

FIGURE 2 – Évaluation de l'incertitude

3 Le laboratoire de métrologie

Sa température doit absolument être à 20°C, car celle-ci est la température de référence pour les mesures.

4 La métrologie tridimensionnelle

4.1 La machine à mesurer tridimensionnelle (MMT)

La MMT est apparue en 1962 et petit à petit son nombre de fonctionnalités a augmenté, jusqu'à intégrer le gauchissement des surfaces et la CAO.

4.2 Structure mécanique

Éléments de guidage : glissières perpendiculaires deux à deux, des entraîneurs (moto-réducteurs, tachy...) et des têtes de lecture optoélectriques.

Palpeur avec contact : palpeur dynamique (mesure de résistance à la liaison de Boys), palpeur dynamique sensitif (mesure d'une onde de choc avec un élément piézoélectrique) ou statique (mesure en continu). Les têtes de palpation peuvent être motorisées, ce qui permet de leur donner une direction préférentielle. De plus les palpeurs peuvent être à déclenchement ou à jauge de contrainte. Les têtes de palpation sont en général en rubis, nitrure de silicium ou en zircone, pour leur dureté. Les tiges des palpeurs sont en général en acier, carbure de tungstène, fibre de carbone ou céramique pour un rapport poids/rigidité optimal.

Palpeur sans contact : laser, caméra CCD.

Tous les palpeurs communiquent donc deux informations : les coordonnées du centre de la bille et le sens d'accostage (permet de différencier un arbre d'un alésage).

Les palpeurs communiquent un nuage de N points qui doivent être traités statistiquement. On cherche à calculer un écart par rapport à la forme théorique → besoin d'un critère de mesure : respect de la forme, emboîtabilité, possibilité d'assemblage serré ?

Ecart en métrologie :

-écart suivant la normale : \vec{n} normale au point m , projection du point M mesuré. On définit alors ε par : $\varepsilon = \overrightarrow{mM} \cdot \vec{n}$.

On interprète alors :
$$\begin{cases} \varepsilon < 0 = \text{défaut de matière} \\ \varepsilon > 0 = \text{excès de matière} \end{cases}$$

-identification au sens des moindres carrés : la forme théorique est paramétrée par une courbe en polaire (R et coordonnées du centre). On mesure N points $M_i(x_i, y_i)$ et on définit W l'écart des moindres carrés que l'on cherche à diminuer au maximum : $W = \sum_{i=1}^N (\sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} - R)$

On peut se servir des paramétrages suivants pour ces calculs :


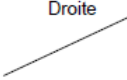
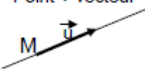
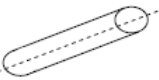

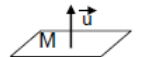
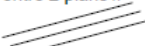

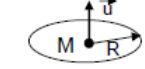




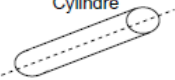
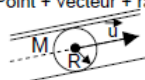
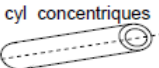

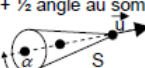

Element géométrique	Nombre de point minimum	Représentation vectorielle	Défaut de forme	Un point A appartient à l'élément si	Paramètres
Point 	1	Point $\begin{cases} X \\ Y \\ Z \end{cases}$			
Droite 	2	Point + vecteur 		$\overrightarrow{AM} \wedge \vec{u} = 0$	Tv, Tw Rv, Rw
Plan 	3	Point + vecteur 	Distance entre 2 plans // 	$\overrightarrow{AM} \cdot \vec{u} = 0$	Tu Rv, Rw
Cercle 	3	Point + vecteur + rayon 	Distance entre 2 cercles // 	$\overrightarrow{AM} \cdot \vec{u} = 0$ et $\ \overrightarrow{AM}\ = R$	Tu, Tv, Tw Rv, Rw et δR
Sphère 	4	Point + vecteur 	Distance entre 2 sphères // 	$\ \overrightarrow{AM}\ = R$	Tu, Tv, Tw δR
Cylindre 	5	Point + vecteur + rayon 	Distance entre 2 cyl concentriques 	$\ \overrightarrow{AM} \wedge \vec{u}\ = R$	Tv, Tw Rv, Rw et δR
Cône 	6	Point + vecteur + 1/2 angle au sommet 		$\frac{\ \overrightarrow{SA} \wedge \vec{u}\ }{\ \overrightarrow{SA} \cdot \vec{u}\ } = \text{tg } \alpha$	Tu, Tv, Tw Rv, Rw, $\delta \alpha$ ³⁴

FIGURE 3 – Paramétrage des principales formes

4.3 Aspect économique

Pour une mesure de 50 carters, on estime un coût de mesure manuelle de 1350 euros contre 795 pour une MMT.