

INTRODUCTION A LA METROLOGIE INDUSTRIELLE

de la maîtrise du processus de mesure

Pascal LE ROUX
Professeur agrégé
ENSAM Bordeaux-Talence

V7bis février 2020

Un organisme doit démontrer son aptitude à fournir constamment des produits et des services conformes aux exigences des clients et aux exigences légales et réglementaires applicables,

et

visé à accroître la satisfaction de ses clients

extrait du chapitre 1.1 Généralités de l'ISO 9001-2015

Définitions

La métrologie: science de la mesure

La métrologie industrielle: maîtrise des processus de mesure industrielle

La mesure industrielle ou mesurage: processus permettant d'obtenir une représentation d'un mesurande

Le mesurande : grandeur particulière soumise à un mesurage

La mesure ou résultat d'un mesurage: valeur attribuée à un mesurande, obtenue par mesurage

La Valeur Vraie : valeur vraie du mesurande (inconnue)

Incertitude de mesure : étendue de part et d'autre de la mesure délimitant la zone d'existence de la Valeur Vraie

La consigne: grandeur nominale tolérancée définie par le client associée à une définition théorique unique

**Le contrôle industriel: processus de vérification de la conformité d'un produit à une exigence spécifiée avec un risque accepté
comparaison entre une mesure et son Incertitude de mesure et une consigne tolérancée**

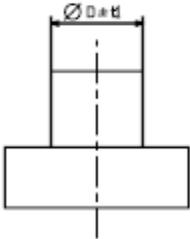
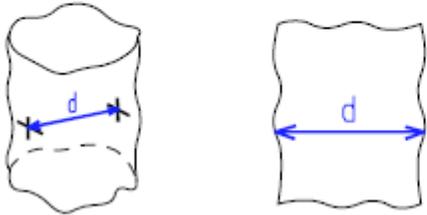
NFX 07- 001 - 1994 Vocabulaire International de la Métrologie (VIM)

Le contrôle industriel : exemple d'application dans les grandeurs dimensionnelles

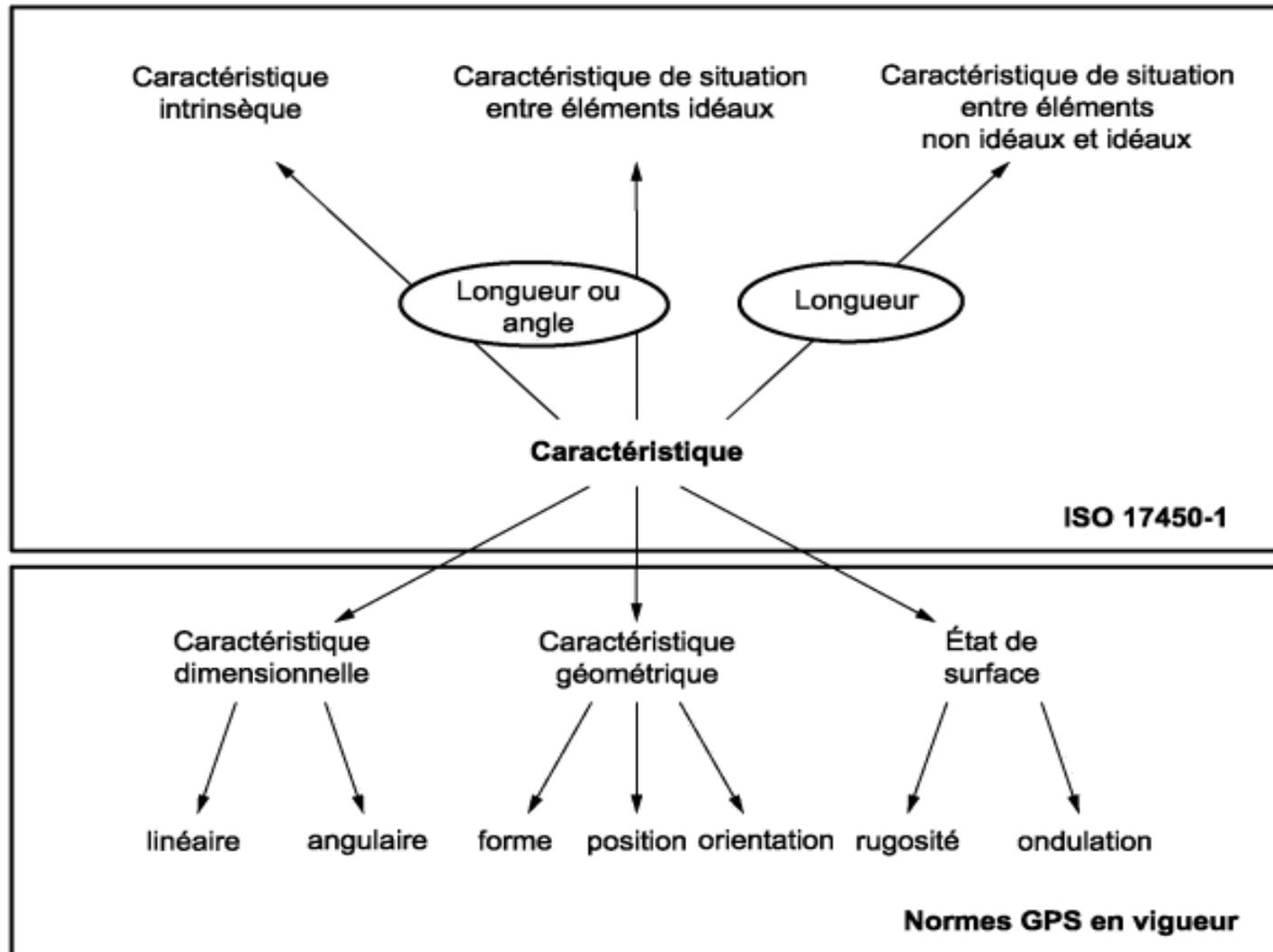
1- définition de la consigne spécifiée

exemple dimensionnel :

vérifier la conformité du diamètre d'un arbre à la valeur nominale de ce diamètre et sa tolérance mentionnées sur le dessin de définition fourni par le client

TOLERANCEMENT NORMALISE	Analyse d'une spécification par dimensions : CORLEC 2	
		<p>Condition de conformité :</p> <p>Une pièce sera conforme si :</p> <p>la valeur d prise par les dimensions locales se trouve à l'intérieur de l'intervalle défini par les tolérances.</p>

GPS : Diagramme de concepts pour les caractéristiques

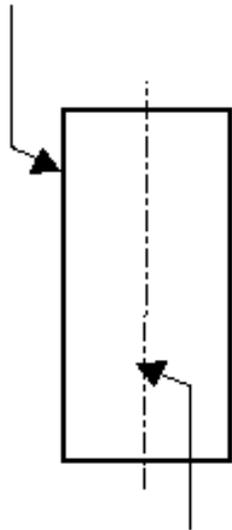


GPS : Définition et vocabulaire

exemple : Définition de l'axe extrait d'un cylindre ou d'un cône

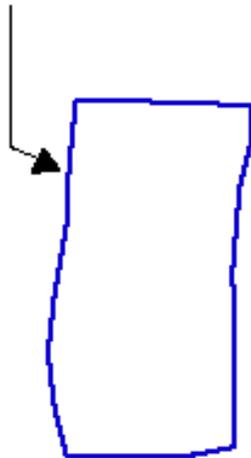
Association d'entités géométriques simples, cylindre (cône) plan, à la surface extraite (critère de l'enveloppe mini maxi).

Élément nominal

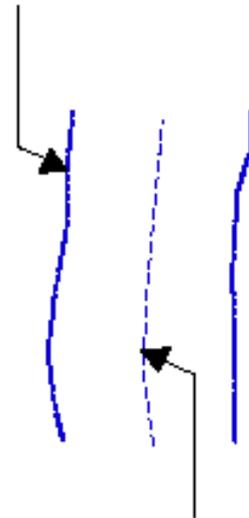


Élément dérivé nominal

Élément réel

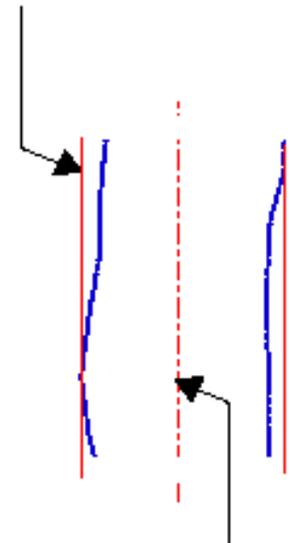


Élément extrait



Élément dérivé extrait

Élément associé



Élément dérivé associé

Grille GPS

TOLERANCEMENT NORMALISE	Analyse d'une spécification par zone de tolérance :				
Symbole de la spécification	Eléments non idéaux		Eléments idéaux		
Type de spécification Forme Dimension Orientation position	Elément(s) tolérancé(s)	Elément(s) de référence	Référence(s) spécifiée(s)	Zone de tolérance	
Condition de conformité : généralement L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.	Unique ou groupe	Unique ou multiple	Simple ou commune système	Simple ou composée	Contraintes :
Schéma extrait du dessin de définition					

Grille GPS : évolution...

Analyse
fonctionnelle



Besoin
fonctionnel



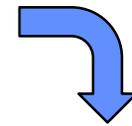
Définition
de
l'exigence
spécifiée



Extraction d'éléments
géométriques



Analyse d'une spécification par zone de tolérance :					
TOLERANCEMENT NORMALISE	Eléments réels		Eléments géométriques		
Symbole de la spécification	Eléments réels		Eléments géométriques		
Type de spécification Forme Dimension Orientation position	Eléments réels		Eléments géométriques		
Condition de conformité : généralement L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance. Schéma extrait du dessin de définition	Unique ou groupe	Unique ou multiple	Simple ou commune système	Simple ou composée	Contraintes :

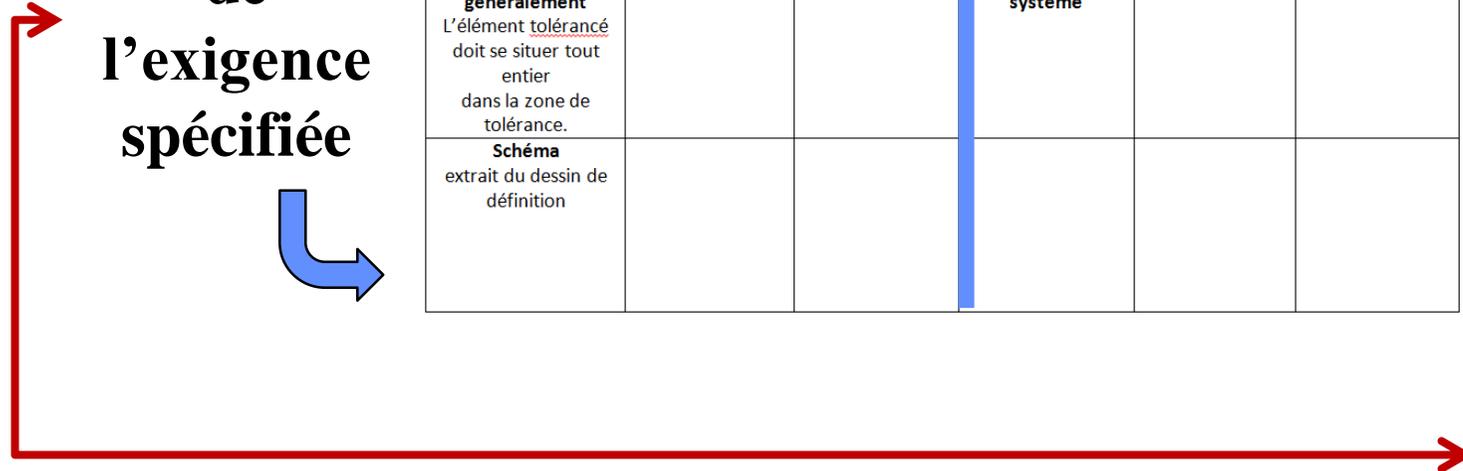


Construction
géométrique



Définition
géométrique
de la grandeur
à mesurer

comparable



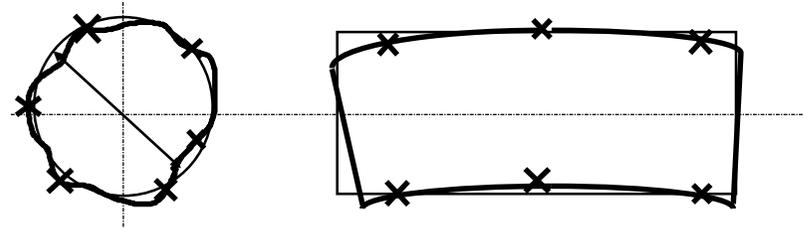
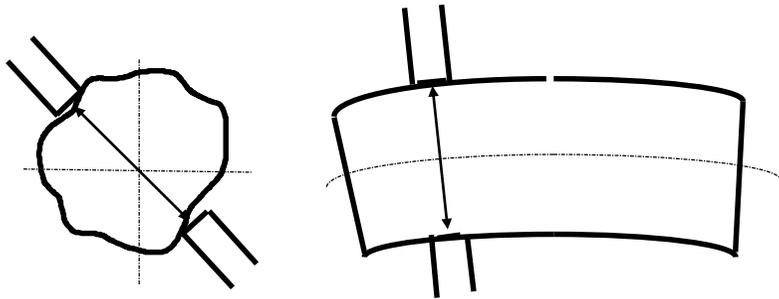
Grille GPS : évolution...

De la spécification géométrique G.P.S. à la définition géométrique de la grandeur mesurée pour vérifier la conformité				
Spécification géométrique Avec schéma ou extrait du plan	Éléments réels	Éléments géométriques		
	Élément spécifié : Unique ou groupé	Extraction d'éléments géométriques : AF & P	Constructions géométriques : AF & P	Définition de(s) écart(s) géométrique(s) mesuré(s) et comparé(s) à la tolérance
Tolérancement de	Dessin :		Dessin :	
	Dessin :			
	Éléments de référence : Unique, multiple, groupé			
	Dessin :			Moyen de mesure :

AF : analyse fonctionnelle et de risque en production
P. LE ROUX V1 2020

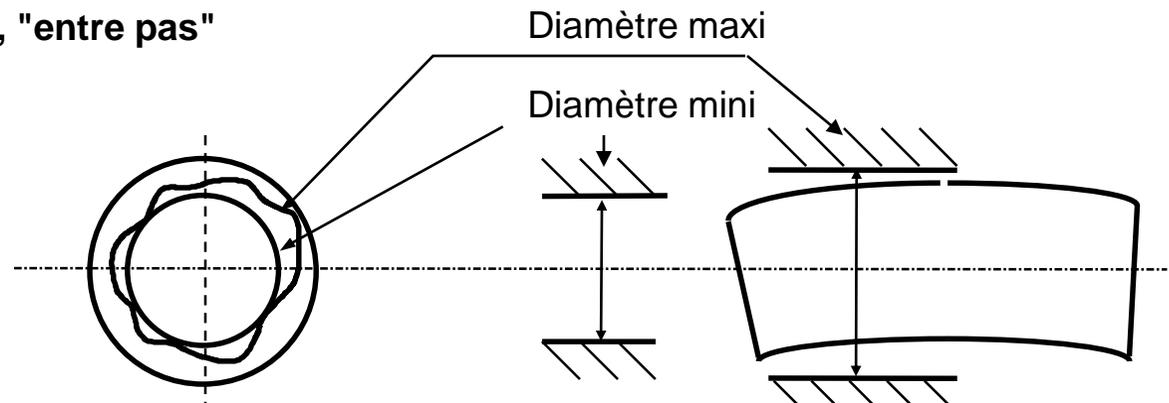
2- définition de la grandeur mesurée en fonction du processus de mesure

Contrôle au micromètre 2 touches de quelques diamètres locaux.



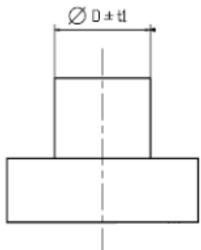
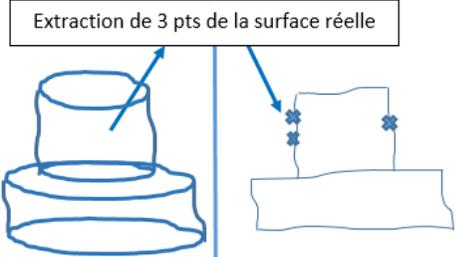
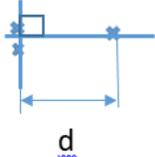
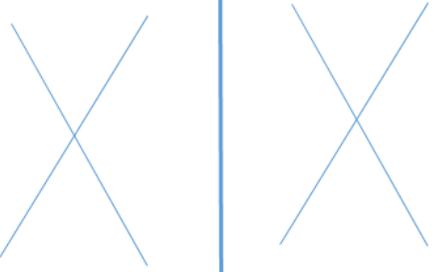
Contrôle sur machine à mesurer tridimensionnelle
Cas le plus courant : obtention du diamètre du cylindre moyen obtenu par calcul suivant la méthode des moindres carrés à partir d'un relevé de n points.

Contrôle à l'aide de bagues "entre", "entre pas"



exemple dimensionnel :

vérifier la conformité du diamètre d'un arbre à la valeur nominale de ce diamètre et sa tolérance mentionnées sur le dessin de définition fournis par le client

De la spécification géométrique G.P.S. à la définition géométrique de la grandeur mesurée pour vérifier la conformité				
Spécification géométrique Avec schéma ou extrait du plan	Éléments réels		Éléments géométriques	
	Tolérancement de Dessin : 	Élément spécifié : Unique ou groupé Dessin : 	Extraction d'éléments géométriques : AF & P Dessin : 	Constructions géométriques : AF & P Dessin : 
	Éléments de référence : Unique, multiple, groupé Dessin : 			

AF : analyse fonctionnelle et de risque en production
P. LE ROUX V1 2020

Maîtriser la mesure :

Limite de la norme : du général au particulier

Définition normalisée de la grandeur :
Expression générale

Besoin fonctionnel :
Expression spécifique
Localisation de la mesure

Dispersions systématiques de fabrication (risque de défauts) :
Localisation des zones à mesurer

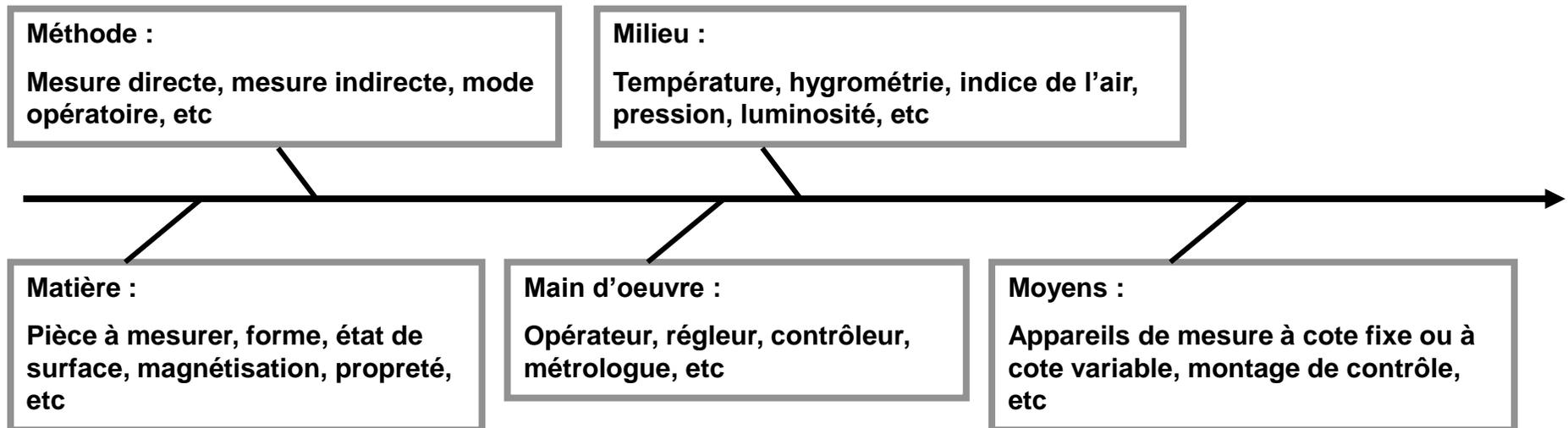
Définition appliquée de la grandeur tolérancée :
À valider avec le Bureau d'Etudes et le service Fabrication
À respecter par le processus de mesure mis en oeuvre

La valeur mesurée

La mesure associée au mesurande est issue du processus de mesure.

Il est donc indispensable de définir explicitement le processus de mesure.

Utilisation de la règle des 5M

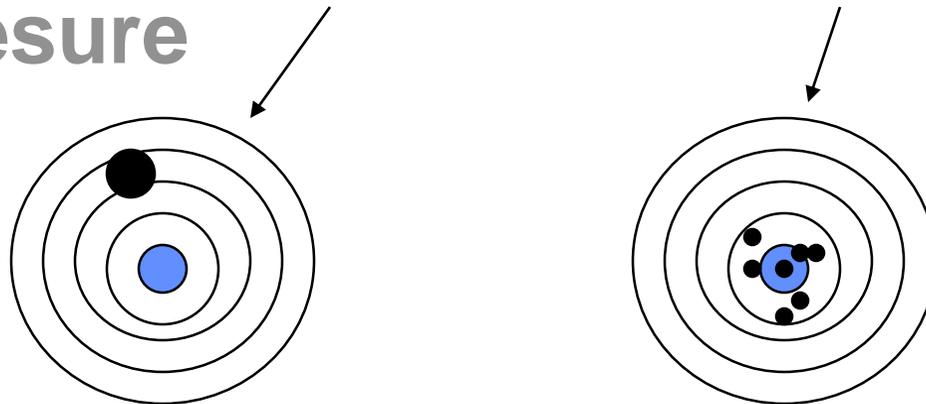


figer les 5 M dans la définition du processus

L'Incertitude de mesure



dépend de l'influence des facteurs sur la justesse et la stabilité de la mesure



le processus de mesure doit limiter leurs influences de telle sorte que l'Incertitude de mesure soit acceptable

De l'Erreur de Mesure à l'Incertitude de Mesure

Valeur vraie, à jamais inconnue...

Résultat brut, obtenu par un processus de mesure

Erreur, due à l'influence d'une multitude de facteurs .

Correction

Résultat corrigé

Erreur résiduelle,

Impossible à corriger, signe inconnu,
mais on peut estimer :

L'ordre de grandeur de cette erreur.

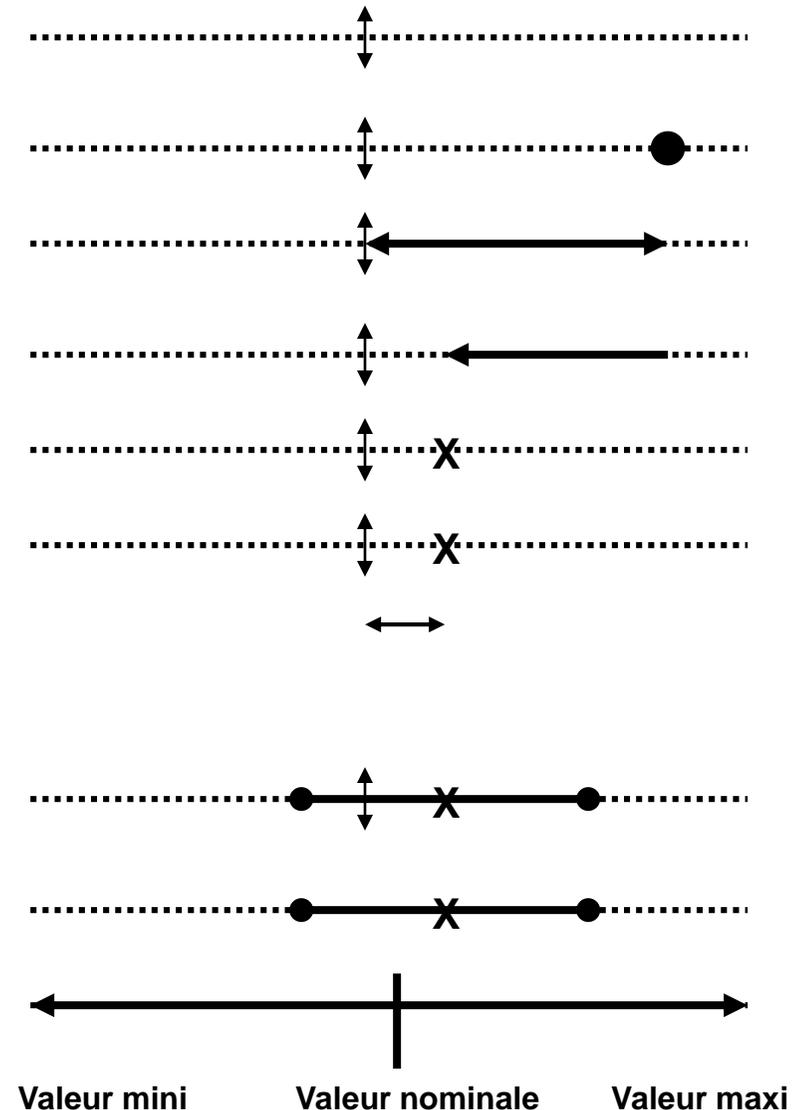
L'étendue des valeurs dans laquelle se situe la valeur vraie.

C'est à dire

l' Incertitude de mesure

Résultat de mesure

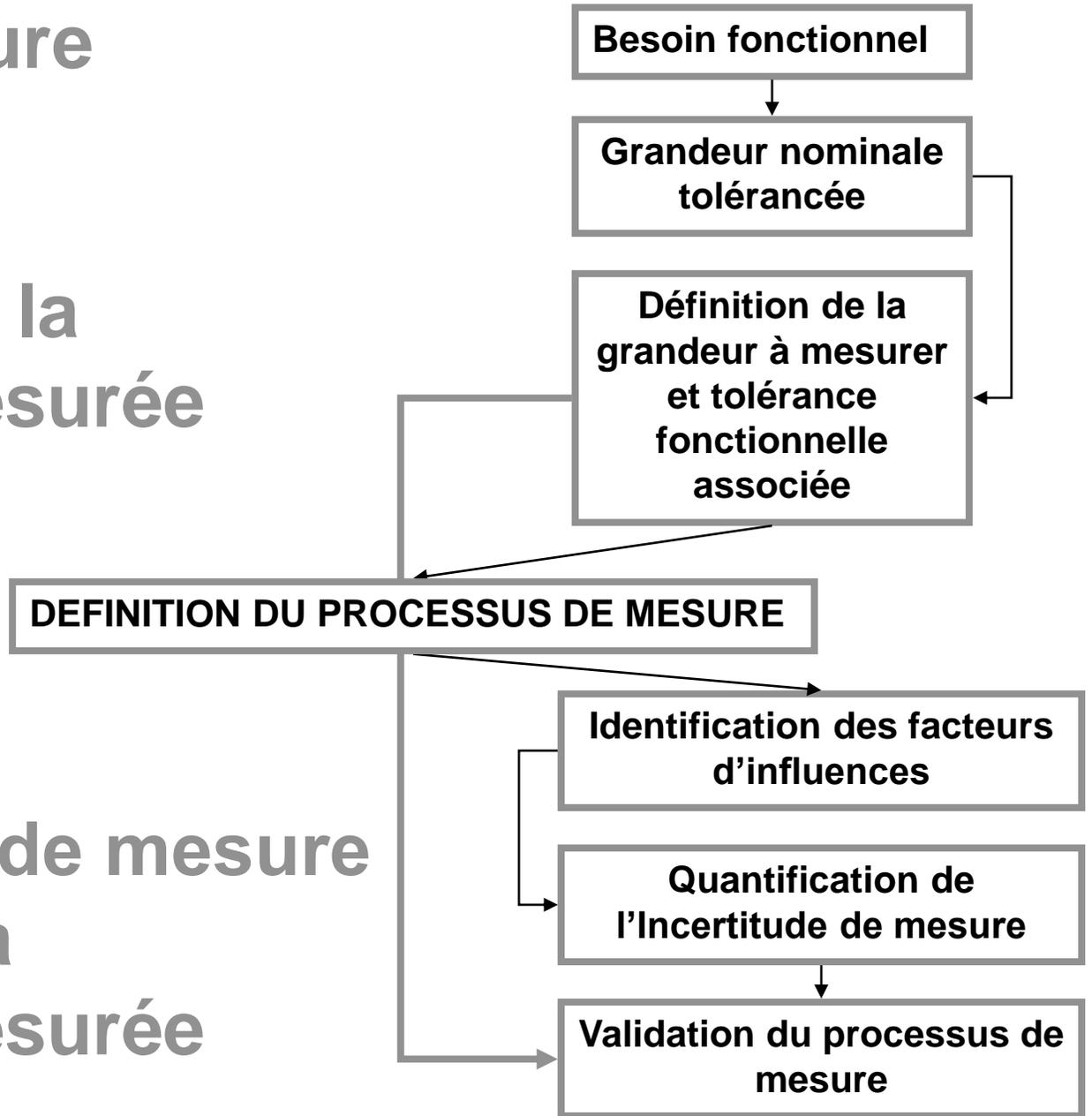
Valeur Nominale et Tolérance



Maîtriser la mesure

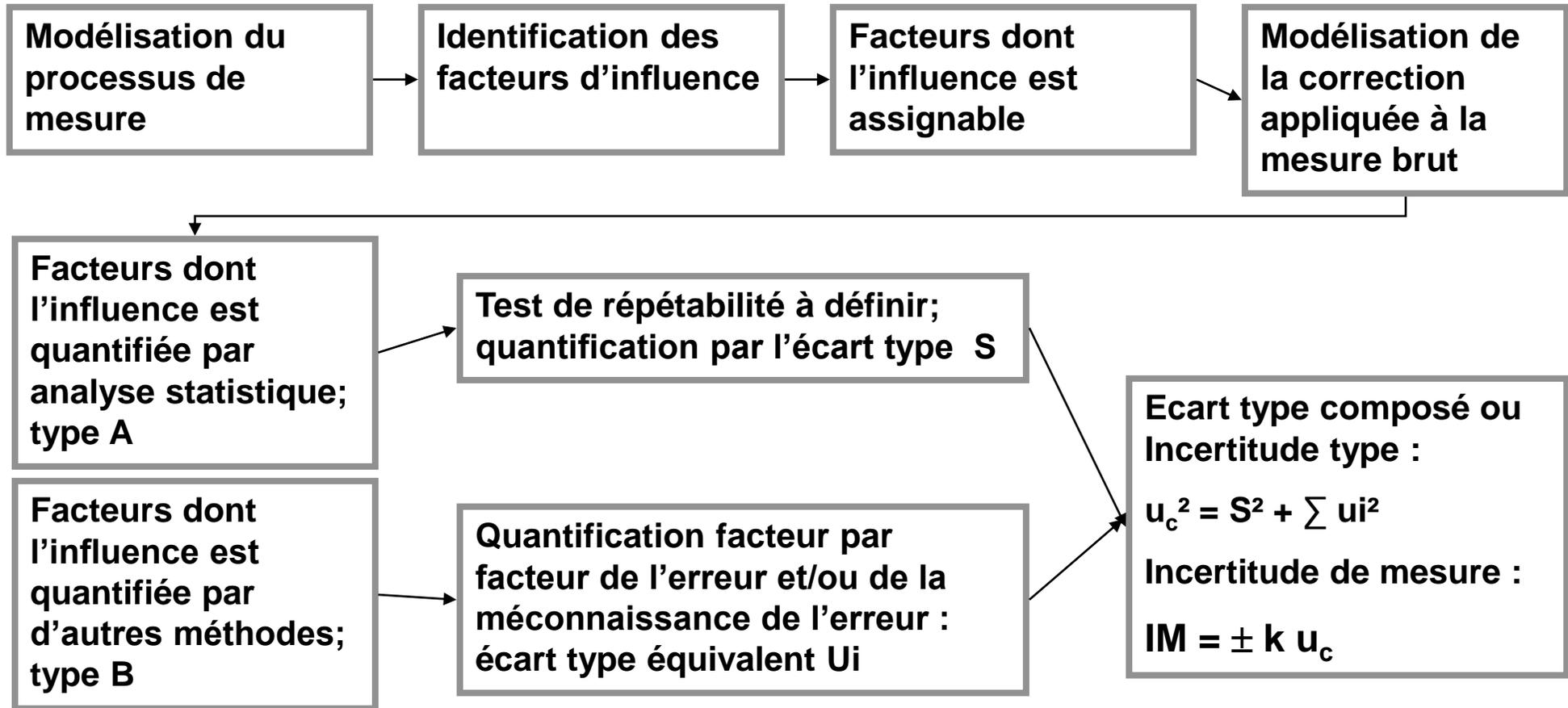
↳ maîtriser la définition de la grandeur mesurée

↳ maîtriser l'incertitude de mesure associée à la grandeur mesurée



Quantifier l'Incertitude de mesure

PRINCIPE SIMPLIFIE - processus de mesure direct -



Méthode générale

NORME NF ENV 13-005 – méthode GUM

1. Exprimer en termes mathématiques la dépendance du mesurande (grandeur de sortie) Y des grandeurs d'entrée X. Dans le cas de la comparaison directe de 2 étalons, l'équation peut être très simple, par exemple $Y = X + \Delta X$.

Modélisation plus générale :
$$y = f (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$$

2. Identifier toutes les corrections qui doivent être effectuées et faire celles concernant toutes les erreurs connues (voir chapitre précédent)

3. Faire la liste de toutes les causes d'erreurs en tenant compte à la fois des mesures répétées, des résultats de mesures précédentes, des corrections et des grandeurs d'influence sous la forme de bilans d'incertitude.

4. Classifier les sources d'incertitudes de la méthode utilisée pour estimer leur valeur numérique:

Méthode de type A Celles qui sont évaluées en appliquant des méthodes statistiques à une série de déterminations répétées. Les composantes de la méthode de type A sont caractérisées par les variances estimées s^2 (ou les écarts-types estimés s_i).

$$u(x_i) = s(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}{n-1}}$$

Méthode de type B Celles qui sont évaluées par d'autres moyens.

Les composantes de la catégorie B sont caractérisées par des termes u^2 qui considérés comme des approximations des variances correspondantes dont on admet l'existence; Les termes u_j^2 peuvent être traités comme des variances et les termes u_j comme des écarts-types.

Méthode générale (suite)

5. Calculer la variance s^2 pour une série de mesure des grandeurs mesurées sous réserve qu'au moins 10 mesures soient effectuées. Si le nombre de mesures est inférieur, il faudra se reporter aux séries de mesures précédentes ou à d'autres informations.
6. Pour des valeurs uniques, c'est à dire des valeurs obtenues lors de mesures précédentes, des valeurs calculées de corrections ou puisées dans la littérature, adopter les variances quand elles sont données ou calculées. Si ce n'est pas le cas, estimer les variances à partir de l'expérience. En prenant par exemple le tiers des incertitudes maximales.
7. Pour les grandeurs d'influence pour lesquelles la distribution de la population peut être connue ou présumée, calculer la variance pour cette distribution.
8. Établir la contribution à la variance de la grandeur de sortie de celles de toutes les données d'entrée u_i^2 ou s_i^2 et en faire la somme de façon à obtenir la variance résultante s^2 (ou $u_c^2(y)$ ou ls suivant les auteurs)

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial X_i} \right]^2 u^2(x_i)$$

9. Calculer l'incertitude globale (IM) en multipliant l'écart-type u_c par un facteur k appelé facteur d'élargissement.(utilisation courante : k=2)

$$\mathbf{IM} = \pm k u_c (Y)$$

10. **Mentionner le résultat de la mesure et l'incertitude globale dans le document d'étalonnage ou de contrôle.**

Propagation des Incertitudes de mesure

CAS DE MESURE INDIRECTE

Le résultat de la mesure est une résultante mathématique d'un ensemble de mesure.

$$y = f (X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$$

f : fonction mathématique
 X_i : mesure i

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)$$

ou

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j)$$

avec $r(x_i, x_j)$: estimateur du coefficient de corrélation compris entre -1 et +1.

Si x_i et x_j sont indépendants, $r(x_i, x_j) = 0$

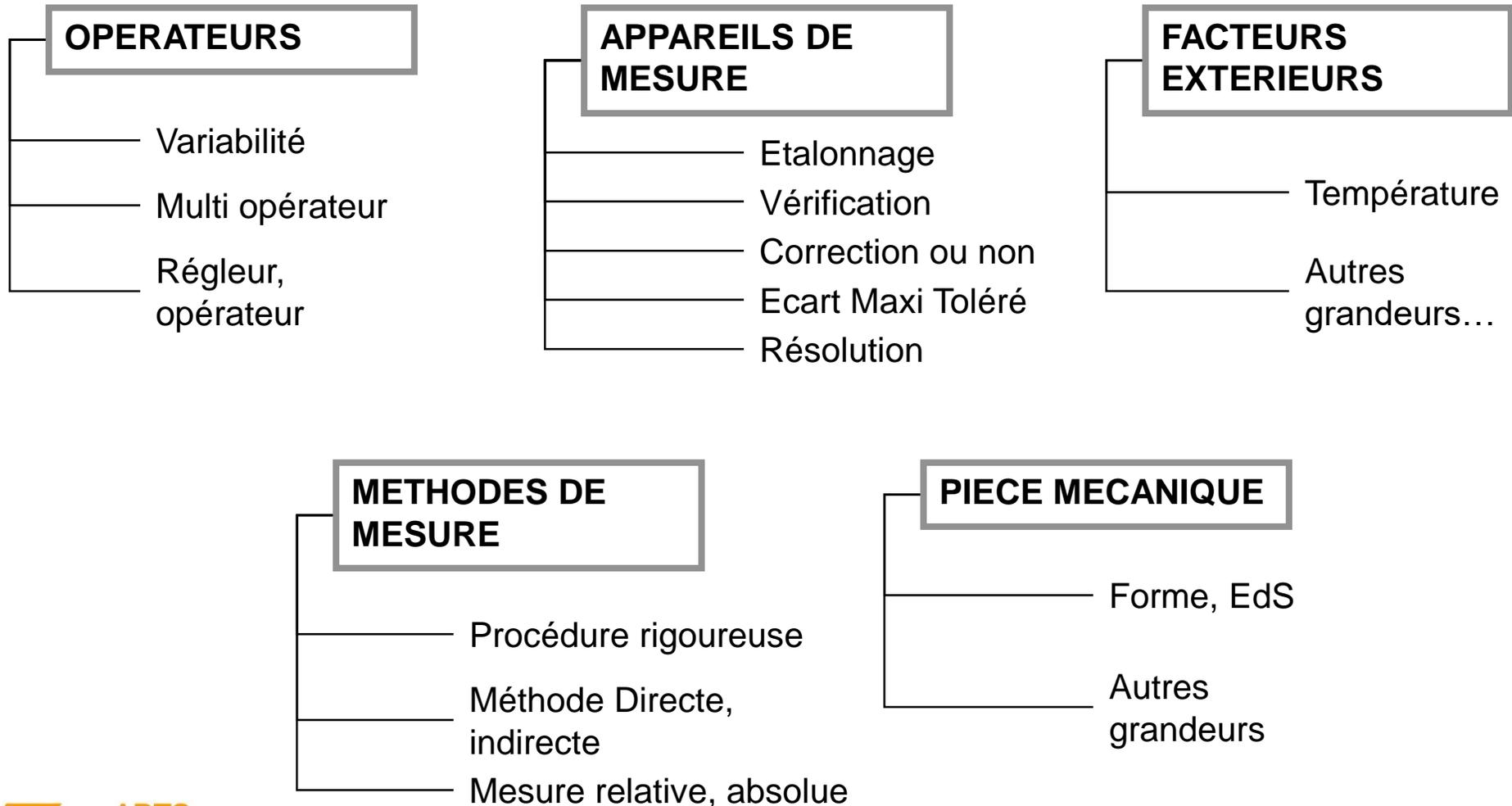
Si tous les x_i sont indépendants

les uns des autres la formule devient :

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i)$$

Les Facteurs d'influence principaux

CAS DES MESURES DIMENSIONNELLES



Influence des opérateurs

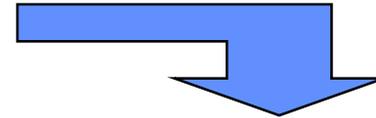
due aux manipulations de ceux-ci et à la procédure utilisée.

Recommandations de base :

pièce propre, matériel propre, précaution d'utilisation, calme, pas d'effort physique, etc

Mais insuffisant car :

- erreur de parallaxe
- recherche de point de rebroussement
- utilisation de réglage ou de système de mesure optique
- vitesse de palpage manuel sur MMT
- effort exercé par l'opérateur sur des contacts
- etc....



quantification indispensable :

Intervient essentiellement dans le test de répétabilité (au moins 10 mesures)

si écart type \ll autres influences \longrightarrow négligeable

mais souvent écart type dominant

Conséquences :

formation, choix des opérateurs, qualification des opérateurs

Cas particuliers : multi opérateurs
facteur de reproductibilité



(ex : ligne de production avec équipe tournante)
1 écart type de répétabilité spécifique par opérateur
prise en compte de l'écart type le plus pénalisant



attention si prise en compte de l'écart type moyen !!

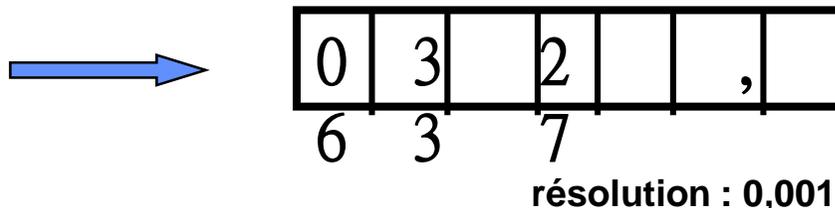
Les appareils de mesure : La résolution

Résolution d'un appareil de mesure :

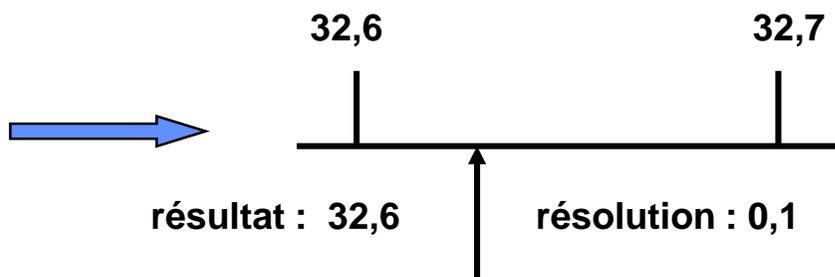
Plus petite information fournie par l'instrument de mesure, correspond à un facteur d'incertitude dû à l'arrondi correspondant.

Exemples :

Appareil numérique : le dernier digit affiché

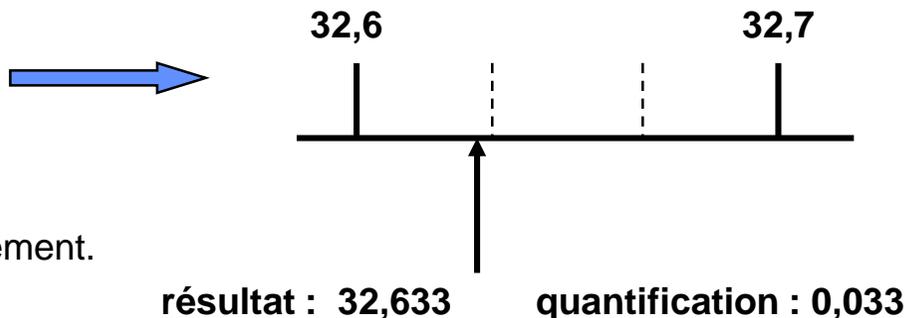


Appareil analogique : la valeur correspondante à la distance entre 2 graduations consécutives

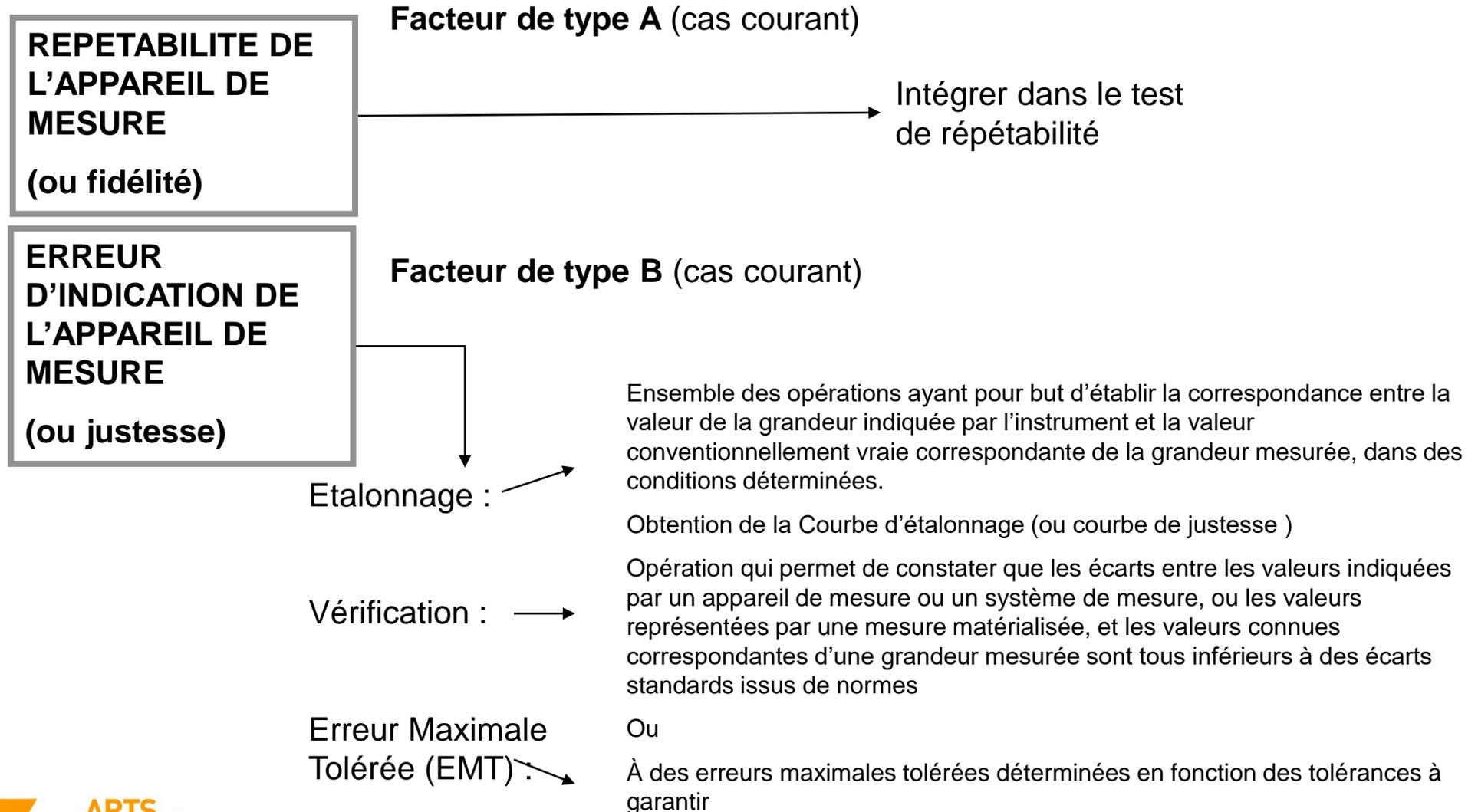


Remarque :

Dans le cas des appareils analogiques, l'opérateur peut dans certains cas interpoler entre 2 graduations. Dans ce cas ce n'est plus la résolution de l'appareil à prendre en compte dans l'incertitude de mesure, mais la **quantification** faite par l'opérateur. Celle-ci doit être notée et appliquée systématiquement.



Les appareils de mesure (suite)



Les appareils de mesure (suite)

Chaîne nationale d'étalonnage

La maîtrise des erreurs d'indication d'un appareil de mesure nécessite son raccordement dans une chaîne remontant jusqu'à la référence nationale (mètre étalon).

L'entreprise industrielle se situe en général au niveau 3 ou 4 d'une chaîne d'étalonnage.

La chaîne nationale d'étalonnage est contrôlée par le COFRAC

Laboratoires Nationaux de Métrologie :

Ex : INM, LNE, SYRTE, LNHB

Laboratoires accrédités :

Laboratoires associés :
ex : LADG, OB, JPMO, LCIE, CEA/CESTA, IPSN, CETIAT

Services de métrologie accrédités :

Laboratoires indépendants :

(ex: BEA métrologie)

ou

Laboratoires internes à l'entreprises

Etalon National et dispositif étalon de transfert

Etalon de référence et dispositif étalon de transfert

Etalon de référence et dispositif étalon de transfert

Etalon de référence et dispositif étalon de transfert

Organisme de contrôle :

Contrôle technique

Comité Français d'Accréditation : COFRAC

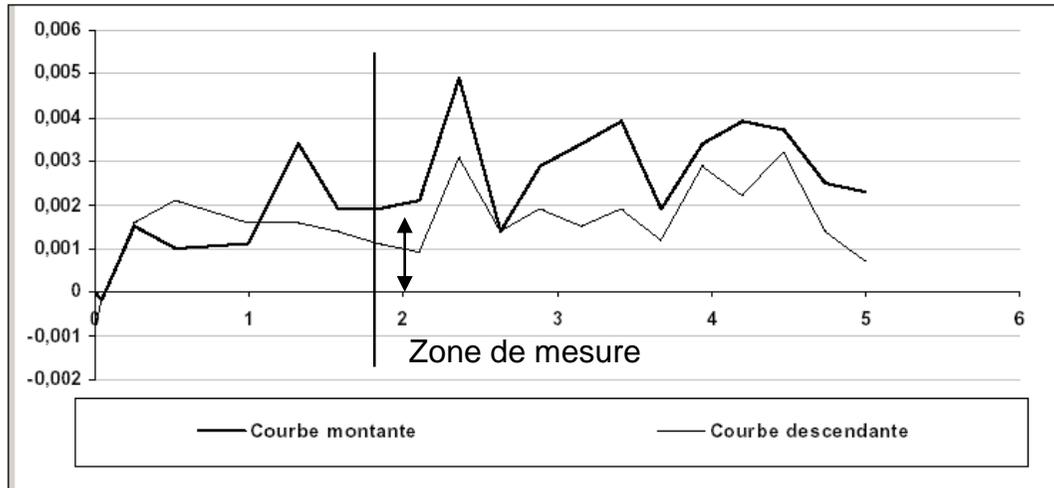
Contrôle documentaire

Instruments de mesure de l'entreprise

Les appareils de mesure (suite)

EXPLOITATION DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE

Courbe d'étalonnage (Cadran) - Ecart(mm) / Référence(mm)



Exploitation 1 :

Correction de l'écart local lié à la mesure réalisée

+ **facteur d'influence résiduel : l'écart type composé de l'opération d'étalonnage**

**Comparateur à tige rentrante radiale
0 / 5 mm au 1/100 mm**

Erreur de justesse totale (mm) : 0,0058

Erreur de justesse locale (mm) : 0,0035

Erreur d'hystérésis (mm) : 0,0020

Fidélité (mm) : 0,0004

Incertitude d'étalonnage : $\pm 0,004$ mm

Exploitation 2 :

Correction de l'écart moyen (si $\neq 0$)

+ **prise en compte de l'écart maxi issu de la courbe d'étalonnage**

+ **facteur d'influence résiduel : l'écart type composé de l'opération d'étalonnage**

Les appareils de mesure (suite)

EXPLOITATION DU CONSTAT DE VERIFICATION et ERREUR MAXIMALE TOLEREE (E.M.T.)

Mitutoyo

Type : A course normale (1044F) A cadran

N° d'identification : CM23536

CONSTAT Procédure interne de vérification :

Date d'émission du constat : 31-mars-2005

Temp. de référence : $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$

Justesse totale	0,015 mm
Justesse locale	0,010 mm
Hystérésis	$\pm 0,003$ mm
Fidélité	$\pm 0,003$ mm

CONSTAT : Classe 0

Incertitude d'étalonnage : $\pm 0,004$ mm

écart maxi toléré
pour une classe 0

Exploitation :

Prise en compte de l'E.M.T. spécifique à la classe de l'appareil

+ facteur d'influence résiduel : l'écart type composé de l'opération d'étalonnage

Remarque :

Les classes normalisées d'appareil vont sortir de la normalisation

Exploitation :

Prise en compte de l'E.M.T. imposé à l'appareil par l'entreprise (en fonction du besoin)

+ facteur d'influence résiduel : l'écart type composé de l'opération d'étalonnage

Les appareils de mesure (suite et fin)

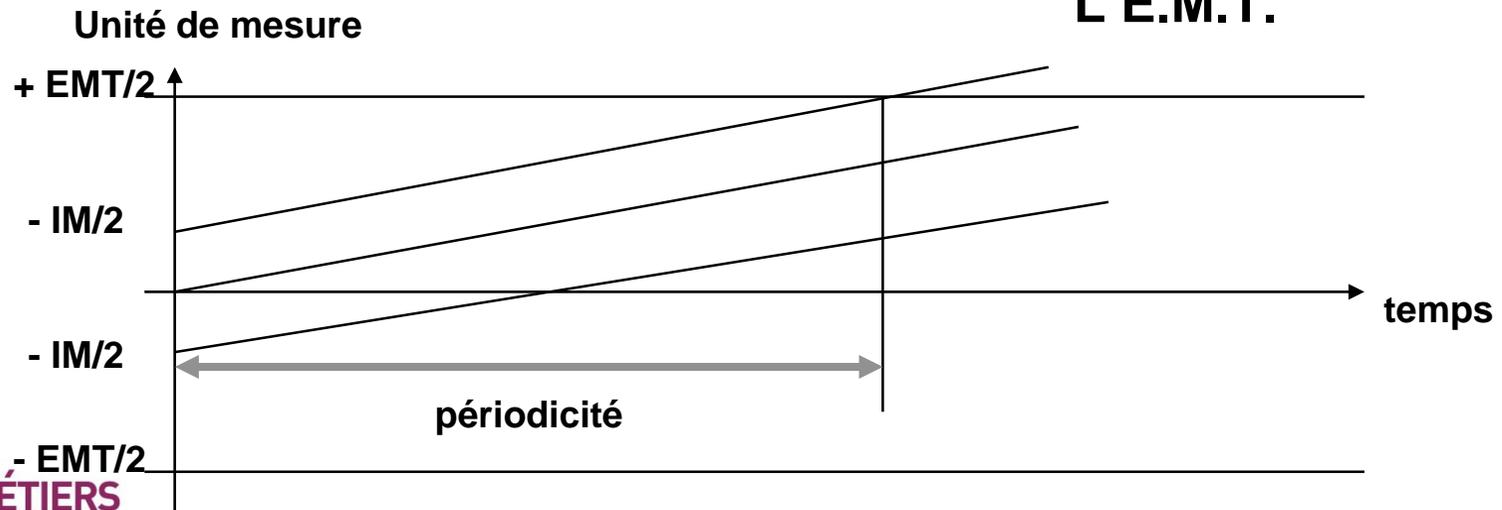
PERIODICITE D'ETALONNAGE OU DE VERIFICATION



Détermination optimisée des intervalles d'étalonnage et vérification



Nécessite la connaissance de :
La dérive
L'incertitude d'étalonnage IM
L'E.M.T.



Les facteurs extérieurs:

les vibrations et le magnétisme

créent des bruits de fond influençant les interféromètres, les instruments électroniques et enregistreurs. L'isolement est assuré par cylindre bloc antivibratile et cage de Faraday.

la pression et l'hygrométrie

perturbent les résultats des sources laser ou autres appareils optiques.

La pression standard conseillée est définie à 10^5 Pa et l'hygrométrie à 55%.

la température

les variations qu'elle engendre sont essentielles en métrologie dimensionnelle du fait de la dilatation des matériaux. La température normalisée de tout mesurage dimensionnel est fixée à 20°C, sauf indication particulière figurant sur le dessin de définition.

La formule suivante donne la relation entre l'allongement des matériaux et l'écart de température par rapport à la référence :

$$\text{Allongement} = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$$

L : longueur à 20° C

α : coefficient de dilatation du matériau

$\Delta T = t - 20^\circ\text{C}$, avec t température du matériau en °C

la température (suite)

PRISE EN COMPTE DE SON INFLUENCE

L : longueur théorique (la prise en compte de la tolérance sur L est négligeable)

α_p : coefficient de dilatation de la pièce

α_m : coefficient de dilatation de l'appareil de mesure

Δt_p : écart de température de la pièce par rapport à la température de référence 20°C, aussi noté Δt

Δt_m : écart de température de l'appareil de mesure par rapport à la température de référence 20°C

$$\delta t = \Delta t_p - \Delta t_m$$

erreur due à la température :

$$\varepsilon t = L \alpha_p \Delta t_p - L \alpha_m \Delta t_m$$

ou

$$\varepsilon t = L (\alpha_p - \alpha_m) \Delta t + L \alpha_m \delta t$$

si Δt , δt , α_p , α_m sont connus (mesures de température sur la pièce et l'appareil) la correction est possible :

$$Ct = -(L (\alpha_p - \alpha_m) \Delta t + L \alpha_m \delta t)$$

Les erreurs sur la correction dues à la méconnaissance des données est négligeable dans la plupart des cas.

la température (suite et fin)

Si la méconnaissance des températures et des coefficients de dilatation est avérée, le calcul d'incertitude s'impose. La loi de propagation des dispersions s'applique en estimant les facteurs indépendants.

V : variance associée à chaque facteur (pour L fixé), $V = u^2$

$$V(\epsilon t) = L^2 \Delta t^2 V(\alpha_p) + L^2 \Delta t^2 V(\alpha_m) + L^2 (\alpha_p - \alpha_m)^2 V(\Delta t) + L^2 \alpha_m^2 V(\delta t) + L^2 \delta t^2 V(\alpha_m)$$

$L^2 \delta t^2 V(\alpha_m)$ et $2\delta t \Delta t V(\alpha_m)$: termes en général négligeables par rapport aux autres



$$V(\epsilon t) = L^2 \Delta t^2 (V(\alpha_p) + V(\alpha_m)) + L^2 (\alpha_p - \alpha_m)^2 V(\Delta t) + L^2 \alpha_m^2 V(\delta t)$$

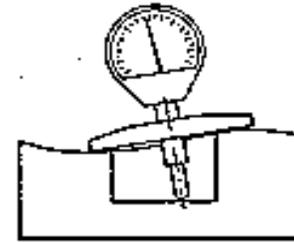
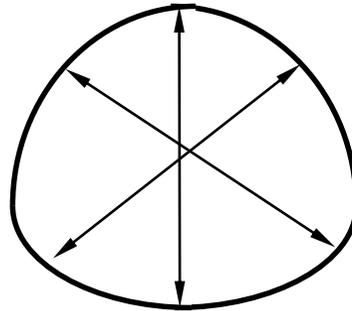
influence de la méconnaissance des α

influence des écarts entre les coefficients de dilatation pièce / appareil / 20°C

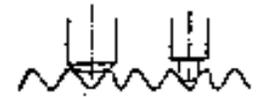
influence de la différence de température pièce / appareil

La pièce

Défaut de forme, EdS



Erreurs aux contacts dues à l'indétermination

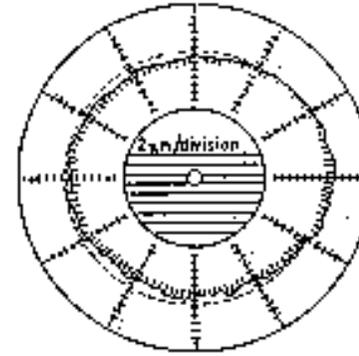


Erreurs aux contacts dues à l'état de surface

Magnétisation

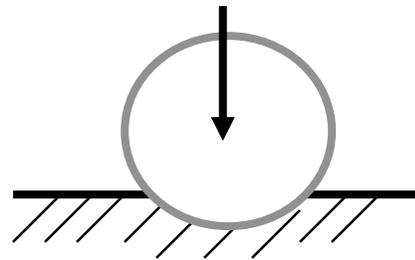


Pièce aimantée

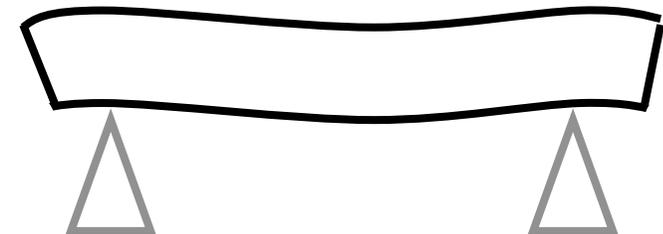


Pièce désaimantée

Déformations :
Au contact
Par flexion



micromètre :	5 N
comparateur à cadran	1 N
comparateur à levier	0,4 N



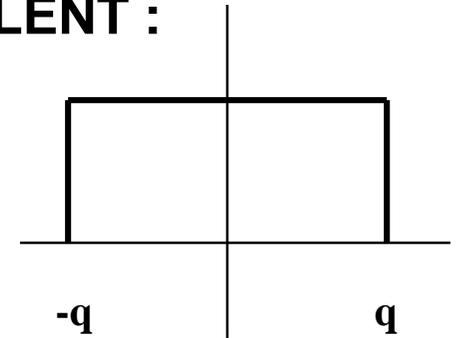
Ecart type équivalent

Pour l'ensemble des facteurs générant des écarts de justesse. La non maîtrise de ces écarts (pas de correction) nécessite l'expression de cette méconnaissance par un ECART TYPE EQUIVALENT :

Cas 1 : méconnaissance du comportement, d'où une hypothèse d'équiprobabilité (loi uniforme)

Résolution d'un appareil,
Hystérésis d'une courbe d'étalonnage,
E.M.T.

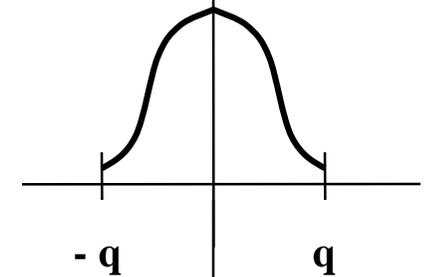
$$u(x) = \frac{q}{\sqrt{3}}$$



Cas 2 : IM due à l'étalonnage d'un appareil (souvent k = 2) (loi gaussienne ou normale)

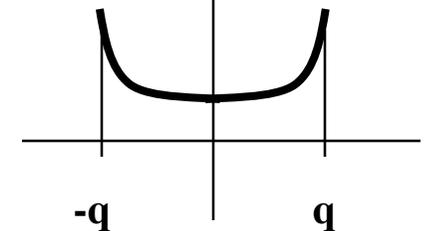
autres facteurs générant de manière sûre
une distribution gaussienne (souvent k = 3)

$$u(x) = \frac{q}{k}$$



Cas 3 : Variation de température d'un local climatisé (loi en dérivée d'arc sinus)

$$u(x) = \frac{q}{\sqrt{2}}$$



Capabilité d'un processus de mesure

NORME ISO 14253 -1

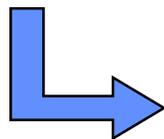
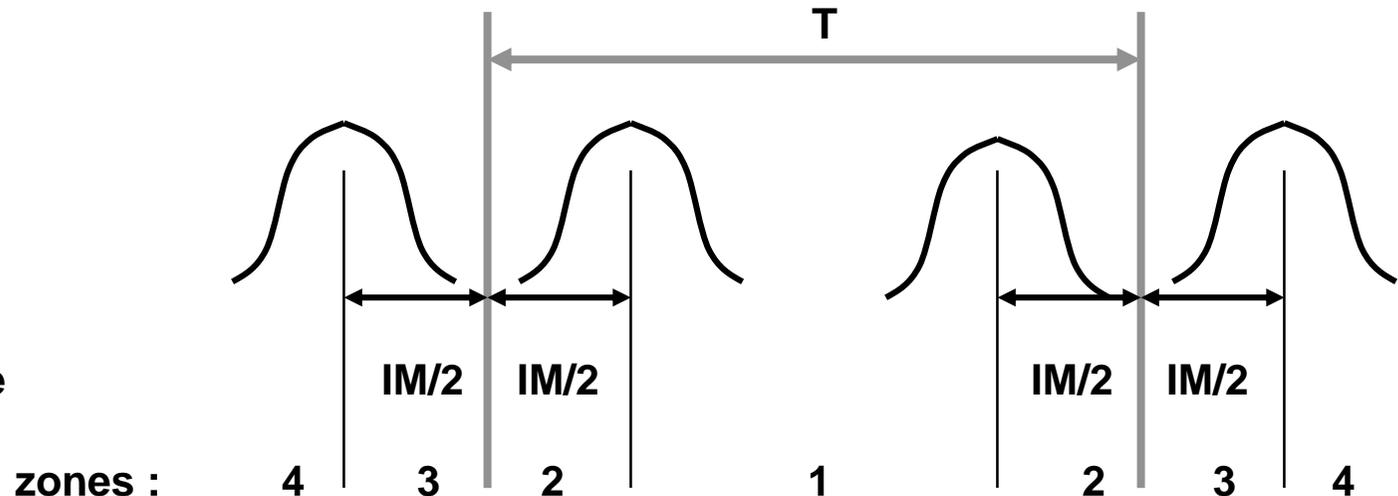
ZONES :

- 1: Grandeur conforme : zone de garantie de conformité
- 2: Grandeur déclarée conforme
risque client : accepter une grandeur non conforme
- 3: Grandeur déclarée non conforme
risque fournisseur : refuser une grandeur conforme
- 4: Grandeur non conforme : zone de garantie de non-conformité

} Zone
d'indétermination

$T = \pm T/2$: Tolérance

$IM = \pm IM/2$: Incertitude
de mesure



Il est recommandée par la norme : $T / IM > 2$ ($k = 2$)

La Capabilité C est définie par : $C = T / U$

si $IM/2 = k uc$, il en découle :

$C > 4$

Réduire l'Incertitude de Mesure

FACTEURS DOMINANTS DE L'INCERTITUDE DE MESURE

Facteurs dont l'influence est quantifiée par analyse statistiques ; type A

4 actions correctives possibles :

- changer d'opérateur
- améliorer la procédure (réduire l'influence de l'opérateur)
- changer les appareils de mesure ou la rigidité des montage
- multiplier les mesures (m) et prendre la moyenne

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{k=1}^m x_{ik}}{m} \quad u(\bar{x}_i) = \frac{u(x_i)}{\sqrt{m}}$$

Facteurs dont l'influence est quantifiée par d'autres méthodes ; type B

Identifier le facteur dominant

Transformer la procédure pour réduire l'influence du facteur

Exemples :

- corriger l'erreur de justesse de l'appareil
- changer d'appareil pour une erreur de justesse plus faible
- climatiser le local de mesure
- modifier la méthode ou la procédure

Conclusion

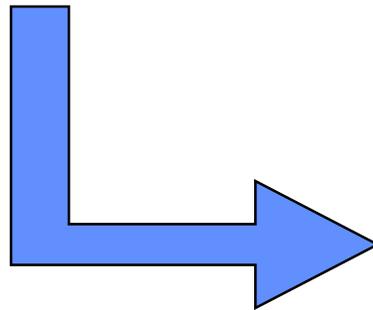
A PARTIR DE MAINTENANT ...

TOUT RESULTAT DE MESURE N'A DE SENS QUE SI...

La procédure de mesure choisie génère une mesure ayant une définition compatible avec :

- la définition normalisée de la grandeur tolérancée
- le besoin fonctionnel spécifique associé
- les dispersions systématiques de production

L'incertitude de mesure associée à la mesure est évaluée, maîtrisée et acceptable vis-à-vis de la tolérance de la grandeur à garantir.



Garantir la traçabilité de la procédure de mesure et de son Incertitude

Garantir la traçabilité et la maîtrise de la conformité produit

Bibliographie

Normes :

NFX 07-001 : 2008 – Vocabulaire Internationale de Métrologie - VIM –
ISO/TR 14638 : 1995 – Spécification géométrique des produits
NF E 04 – 561 : 1991 Principe de tolérancement de base
NF E 04-560-1 : 1999 Spécification géométrique des produits
NF E 04 – 560 – 2 : 1999 Spécification géométrique des produits
NF E 10 – 109 : 1995 Méthodes de mesurage dimensionnel
NF E11-000 : 1990 Inventaire – Classification – Guide pour le choix d'un instrument
NF EN ISO 14253 : 1998 Vérification par la mesure des pièces et équipements de mesure
ISO 9001 : 2000 - Certification assurance de la qualité
ISO 10012 : 2003 – Système de management de la mesure
ISO 17025 : 2005 - Accréditation de laboratoire
FDX 07-014 : 2006 - Périodicité d'étalonnage
FDX 07-021 et 022 : 2005 – guide d'évaluation des Incertitudes de mesure

Livres :

Métrologie 2005 AFNOR
La métrologie en PME-PMI – pratique de la mesure dans l'industrie 1998 AFNOR