



E41.36.110.R /B

**Agrément capabilité des moyens de mesure
/ moyens de contrôle spécifiques**

Norme

Statut Exécutoire

Objet

Définir la procédure d'agrément capabilité à appliquer à tout moyen de contrôle spécifique, qu'elles qu'en soient ses caractéristiques, effectuant une mesure dimensionnelle.

Elle s'applique à tous les moyens de contrôle spécifique définis ci-dessus, par exemple montages de contrôle, machines de contrôle automatique spécifique, postes de contrôle intégré sur machine d'usinage etc.

Il est possible d'appliquer cette procédure à la vérification d'une caractéristique spécifique sur un moyen de mesure polyvalent, selon une gamme déterminée, après avoir fait la réception géométrique classique de ce moyen.

Par analogie son application peut être étendue à des moyens de contrôle d'autres grandeurs mesurables.

Champ d'application Groupe Renault

Emetteur 66140 - Service Métiers & Amont Process

Confidentialité Non confidentiel

<i>Approuvé par</i>	<i>Fonction</i>	<i>Signature</i>	<i>Date d'application</i>
Patrice Duhaut	Chef de l'UET Innovation & Expertise transverses		06/2011

Historique des versions

Version	Mise à jour	Objet des principales modifications	Rédacteur
A	09/2010	Création	Slawomir Indyk
B	06/2011	Suppression du fichier xls mis à disposition Annexe 2, § 2.2.2 : suppression du schéma : "représentation graphique du risque d'erreur de jugement R pour des CMC de 2,3 et 4"	Slawomir Indyk

Remplace E41.36.110.R /A du 09/2010

Mise à disposition En interne Renault, sur Intranet : <http://gdxpegi.ava.tcr.renault.fr>
En externe Renault, sur Internet : www.cnomo.com
E-mail : norminfo.moyens@renault.com

Documents cités Réglementation :
International :
Européen :
Français :
CNOMO :
Renault :
Autres doc internes :
Autres doc externes :

Codification ICS : 03.100.50 ; 03.120.30 ; 17.020

Classe E41

Mots-clés capabilite, aptitude, statistique, cmc, mesure, controle dimensionnel, capability, ability, measurement, statistics, dimensional check

Langue Français

Ont collaboré à la rédaction du document

Site	Service	Nom
CTR	66147	Goncalves T

Site	Service	Nom
------	---------	-----

Sommaire

		Page
1	Généralités	3
2	Définitions	4
3	Réception géométrique - méthodologie	5
3.1	Précautions à prendre	5
3.2	Répétabilité des mesurages de l'étalon sur le moyen de contrôle.....	5
3.3	Répétabilité des mesurages d'une pièce sur le moyen de contrôle.....	5
3.4	Mesure de plusieurs pièces sur le moyen de contrôle	5
3.5	Mesure des pièces en métrologie	6
4	Calcul du coefficient d'aptitude du moyen de contrôle (CMC).....	7
4.1	Notations	7
4.2	Calcul des moyennes	7
4.3	Calcul des variances	8
4.4	Calcul de l'erreur de justesse moyenne	8
4.5	Calcul de l'incertitude globale du moyen de contrôle.....	8
4.6	Calcul du coefficient d'aptitude du moyen de contrôle.....	8
5	Agrément capabilité du moyen	9
6	Réception simplifiée.....	9
7	Liste des documents cités.....	9
Annexe 1 : Analyse des causes d'incertitudes		10
Annexe 2 : complément méthodologique		15
Annexe 3 : Exemple de calcul de CMC.....		21

1 Généralités

Un moyen de contrôle spécifique, qu'il soit manuel ou automatique est un moyen ne pouvant contrôler que les caractéristiques pour lesquelles il a été conçu (exemple : contrôle multicotes).

L'agrément capabilité permet de :

- s'assurer pratiquement que le matériel et le processus permettent d'effectuer l'opération pour laquelle ils ont été conçus (aptitude fonctionnelle),
- vérifier que l'incertitude de mesure est compatible avec la tolérance de la pièce à contrôler (précision de mesure).

Cette vérification permet d'évaluer aussi bien les incertitudes dues à la réalisation que celles dues à sa conception.

Elle permet aussi de vérifier que les consignes d'utilisation et d'étalonnage sont opérationnelles.

Le principe est de mesurer une ou plusieurs pièces, d'une part en métrologie, d'autre part sur le moyen de contrôle spécifique à évaluer, puis de comparer les résultats obtenus.

2 Définitions

Etalon (d'un moyen de contrôle spécifique)

Mesure matérialisée par une pièce, de dimension généralement voisine des pièces à contrôler, dont les défauts de forme et la stabilité dimensionnelle dans le temps doivent être compatibles avec la précision recherchée, celle-ci devant être meilleure que celle de l'ensemble du moyen.

Erreur de justesse moyenne

J = Composante systématique, moyenne de l'erreur d'un instrument de mesure dans la plage étudiée.

Répétabilité

Dispersion des résultats des mesurages d'une pièce, répétés dans les mêmes conditions et sans recalibrer sur une courte période de temps :

- La répétabilité des mesurages de l'étalon est égale à $\pm I_e$ avec :
 - **$I_e = 2 se$**
 - et "se" l'écart type expérimental de plusieurs mesures de l'étalon sur le moyen de contrôle.
- La répétabilité des mesurages d'une pièce est égale à $\pm I_r$ avec :
 - **$I_r = 2 sr$**
 - et "sr" l'écart type expérimental de plusieurs mesures d'une pièce sur le moyen de contrôle.

Incertitude globale du moyen de contrôle

I_g = incertitude globale des mesurages sur le moyen de contrôle, calculée d'après les valeurs relevées.

Incertitude de mesurage en métrologie

I_{méto} = incertitude de mesurage des pièces en métrologie.

intervalle de tolérance

IT = limite supérieure moins limite inférieure de la tolérance de la caractéristique vérifiée par le moyen de contrôle.

Coefficient d'aptitude du moyen de contrôle

Le coefficient d'aptitude du moyen de contrôle (**CMC**) est le rapport qui caractérise son aptitude à mesurer une caractéristique avec la précision demandée.

Il tient compte de l'ensemble des erreurs de mesurage dues à la méthode de mesure, à la conception du moyen, à sa réalisation, à la pièce à mesurer (défauts de forme, déformations), et à l'étalon.

$$CMC = \frac{IT}{2I_g}$$

3 Réception géométrique - méthodologie

3.1 Précautions à prendre

Le moyen de contrôle, préalablement mis au point, est installé dans les conditions d'utilisation en série précisées par les consignes d'utilisation au poste.

3.2 Répétabilité des mesurages de l'étalon sur le moyen de contrôle

- L'étalon a été mesuré depuis moins de 6 mois. Sa valeur conventionnellement vraie et son incertitude de mesure sont connues.
- Calibrer le moyen de contrôle avec l'étalon prévu à cet effet, en suivant les indications de la notice d'utilisation.
- Mesurer 5 fois l'étalon sur le moyen de contrôle à vérifier, sans modifier le calibrage.
- Enlever l'étalon après chaque mesurage.

Les mesures sont faites sur le moyen en suivant rigoureusement la notice d'utilisation jointe au moyen de contrôle.

— Calculer l'écart type expérimental de l'étalon (se) sur le moyen de contrôle.

La répétabilité des mesurages sur le moyen de contrôle est égale à $\pm I_e$ avec $I_e = 2 se$.

Si I_e est supérieure à la valeur spécifiée au paragraphe 5, le moyen doit être revu.

Nota : Si la nature de la clause vérifiée ne nécessite pas d'étalon, prendre $se = 0$.

3.3 Répétabilité des mesurages d'une pièce sur le moyen de contrôle

- Prendre une pièce représentative des pièces de série,
- Mesurer cette pièce au moins 5 fois sur le moyen de contrôle, en enlevant la pièce après chaque mesurage, sans recalibrer.
- Calculer l'écart type (sr) des 5 indications.
- La répétabilité des mesurages sur le moyen de contrôle est égale à $\pm I_r$ avec $I_r = 2 sr$.

Si I_r est supérieure à la valeur spécifiée au paragraphe 5, le moyen de contrôle doit être revu avant de poursuivre la réception.

Cette vérification permet d'éviter une réception complète, si le moyen présente une anomalie importante.

Si l'on ne constate pas d'anomalie importante, passer à l'opération suivante.

3.4 Mesure de plusieurs pièces sur le moyen de contrôle

Prélèvement des pièces :

Choisir un minimum de **5 pièces**, représentatives des pièces de série, ayant des caractéristiques réparties au mieux sur un intervalle supérieur à **0,6 IT**.

Quatre pièces au minimum doivent être dans l'intervalle de tolérance.

Si l'on veut avoir une meilleure connaissance du moyen, il est souhaitable d'effectuer un prélèvement complémentaire. L'étendue des valeurs de l'ensemble des pièces doit se rapprocher de la plage d'utilisation. Ces valeurs sont obtenues au besoin par usinage complémentaire.

Mesurer les pièces sur le moyen de contrôle par permutation circulaire jusqu'à ce que chaque pièce ait été mesurée **5 fois**, sans recalibrer et dans une courte période de temps.

3.5 Mesure des pièces en métrologie

Fournir la valeur conventionnellement vraie, obtenue en métrologie, avec l'incertitude de mesure correspondante. Il est recommandé pour réduire l'incertitude de répétabilité de l'appareil de mesure, de prendre comme valeur conventionnellement vraie la moyenne de n mesures effectuées sur la même pièce. Dans ce cas, l'incertitude de répétabilité de la métrologie est divisée par \sqrt{n} .

Précautions à prendre :

Il est nécessaire que l'incertitude de la mesure en métrologie soit inférieure ou égale à la moitié de l'incertitude théorique de mesure sur le moyen de contrôle.

Or, les défauts géométriques des départs d'usinage ou la déformation de la pièce, peuvent introduire une dispersion de mesure qui ne permet pas de remplir la condition ci-dessus.

Deux cas sont alors à considérer :

a) Moyen de contrôle d'une caractéristique de la gamme d'usinage (cote non fonctionnelle)

La mesure métrologique doit se faire dans les mêmes conditions que sur le moyen de contrôle spécifique, c'est-à-dire en reprenant :

- les mêmes appuis,
- les mêmes points de mesure,
- et dans la mesure du possible les mêmes bridages.

Si l'incertitude de mesure métrologique est supérieure à **IT/16** (à cause des défauts de forme des départs d'usinage, d'une pièce déformable, ...) procéder comme suit :

1. amener le moyen de mesure à vérifier sur le moyen de mesure métrologique,
2. s'assurer que les points d'appui du moyen de contrôle sont représentatifs de ceux du moyen d'usinage,
3. prendre comme référence les points d'appui pièce sur le moyen à vérifier,
4. mesurer la pièce montée sur ce moyen de contrôle.

S'il n'est pas possible d'amener le montage de contrôle sur le moyen de mesure métrologique ou de reprendre les mêmes bridages que sur le moyen de contrôle, la pièce peut être mesurée à l'état libre, à condition de s'assurer que la déformation due au bridage est constante ou négligeable.

Lorsque l'on ne sait pas mesurer en métrologie avec une précision suffisante, le cas est à étudier avec la métrologie centrale.

b) Moyen de contrôle d'une caractéristique fonctionnelle

Le but de ce genre de moyen est de contrôler la conformité des cotes fonctionnelles de la pièce par rapport à son plan de définition.

La mesure en métrologie est donc faite sur la pièce **à l'état libre**, sauf si des spécifications particulières pour la mesure sont demandées par les études. Les départs d'usinage existants ne sont pas utilisés comme référence de mesure.

Remarque : Certaines caractéristiques de la gamme d'usinage peuvent être également fonctionnelles. Dans ce cas, les pièces doivent être mesurées à l'état libre.

4 Calcul du coefficient d'aptitude du moyen de contrôle (CMC)

Un exemple de calcul est donné en annexe 3.

4.1 Notations

p	=	nombre de pièces
i	=	indice de la pièce (de 1 à p)
m	=	nombre de mesures d'une pièce ou de l'étalon sur le moyen de contrôle
j	=	indice de la mesure (de 1 à m)
x	=	valeur relevée en métrologie
y	=	valeur relevée sur le moyen de contrôle
x_i	=	valeur conventionnellement vraie de la pièce N° i, mesurée en métrologie
y_{ij}	=	valeur relevée sur le moyen de contrôle sur la pièce N° i, lors de la mesure N° j
J	=	erreur de justesse moyenne du moyen de mesure
V	=	variance
s	=	écart-type expérimental = \sqrt{V}
l	=	incertitude de mesure

Indices affectant ces 3 variables :

a	=	amplification
l	=	linéarité
r	=	répétabilité
g	=	globale
e	=	étalon
métro	=	métrologie
IT	=	intervalle de tolérance de la caractéristique à vérifier.

4.2 Calcul des moyennes

$$\bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i$$

= moyenne des mesures sur toutes les pièces en métrologie

$$\bar{y}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_{ij}$$

= moyenne des m mesures sur la pièce N° i sur le moyen de contrôle

$$\bar{y} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p y_i$$

= moyenne de toutes les mesures sur toutes les pièces sur le moyen de contrôle

4.3 Calcul des variances

Principe de calcul

Les résultats des (n) mesurages (z) sont considérés comme ayant la même loi de distribution. L'estimation de la variance V (z) est donnée par la formule :

$$V(z) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2$$

Calcul pratique : il est préférable d'utiliser la formule équivalente :

$$V(z) = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n z_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)^2 \right]$$

Calcul de la variance globale du moyen de contrôle

V_g = variance de $(y_{ij} - x_i)$.

Posons, pour simplifier la notation :

$$d_{ij} = y_{ij} - x_i \text{ et : } \sum = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^m$$

$$V_g = \frac{1}{pm-1} \left[\sum d_{ij}^2 - \frac{1}{pm} \left(\sum d_{ij} \right)^2 \right]$$

Calcul de la variance de l'étalon sur le moyen de contrôle

V_e = variance des (y_{ej}) , valeurs de l'étalon relevées sur le moyen de contrôle

$$V_e = \frac{1}{m-1} \left[\sum_{j=1}^m y_{ej}^2 - \frac{1}{m} \left(\sum_{j=1}^m y_{ej} \right)^2 \right]$$

4.4 Calcul de l'erreur de justesse moyenne

$$J = \bar{y} - \bar{x}$$

4.5 Calcul de l'incertitude globale du moyen de contrôle

Elle est égale à $\pm I_g$ avec :

$$I_g = |J| + 2 \sqrt{V_g + V_e}$$

4.6 Calcul du coefficient d'aptitude du moyen de contrôle

$$CMC = \frac{IT}{2I_g}$$

5 Agrément capabilité du moyen

Sauf spécifications particulières du cahier des charges, le moyen sera accepté si les conditions du tableau ci-dessous sont remplies (voir détail des calculs au paragraphe 4).

Tableau 1

IT	> 16 µm et Q > 5	≤ 16 µm et Q ≤ 5
Résolution du moyen	≤ IT/20	≤ IT/10
± I _e	≤ ± IT/20	≤ ± IT/10
± I _r	≤ ± IT/8	≤ ± IT/4
± I _{metro}	≤ ± IT/16	≤ ± IT/8
± I _g	≤ ± IT/8	≤ ± IT/4
CMC	≥ 4	≥ 2

Q : indice de qualité des tolérances fondamentales.

Remarques : La résolution indiquée est nécessaire uniquement pour le calcul du CMC.

Les valeurs limites de I_g sont conformes à la norme **ISO 14253-1**.

Si ces conditions ne sont pas remplies, il convient d'analyser les causes possibles à l'aide des calculs détaillés et de la représentation graphique présentés en annexe 1.

6 Réception simplifiée

Cette procédure n'est à appliquer **qu'en cas d'impossibilité d'appliquer la réception prévue au paragraphe précédent**. (Par exemple, par manque de pièces représentatives lors de la livraison du moyen.)

Elle permet de refuser un moyen non conforme, mais l'acceptation ne peut être prononcée qu'après la réception complète.

La méthode est identique à celle de la réception complète, mais ici **une seule pièce** est mesurée (au lieu de 5 min.).

Cette pièce est mesurée en métrologie, puis 5 fois sur le moyen de contrôle, sans modifier le calibrage, en soulevant la pièce après chaque mesure.

7 Liste des documents cités

NOTE : Pour les documents non datés, la dernière version en vigueur s'applique

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

Annexe 1 : Analyse des causes d'incertitudes

Le tracé et les calculs suivants sont facultatifs, ils permettent d'analyser les différentes causes d'incertitudes et d'émettre un diagnostic.

Cela permet par exemple de voir s'il y a un défaut dominant. Mais ces résultats sont à interpréter avec prudence si aucun défaut n'est dominant.

1 Calcul de la droite de régression

(voir graphiques, paragraphe 4 de l'annexe)

Soit $y = ax + b$ l'équation de la droite de régression de y par rapport à x , calculée sur tous les points (x_i, y_{ij}) .

Remarque : Cette droite passe par le point \bar{x}, \bar{y} .

Posons, pour simplifier la notation :

$$\sum = \sum_{i=1}^p$$

avec $n = m \cdot p$ (nombre de points x_i, y_{ij})

$$a = \frac{n \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}$$

Pour déterminer si cette droite diffère significativement de la droite $y = x$, il est possible de faire le test statistique suivant :

$$\text{La quantité : } F = \frac{1}{2} (t_y^{-2} + t_a^2)$$

suit une loi de Snédécour à $2(p - 2)$ degrés de liberté (voir table, paragraphe 3 de l'annexe) avec :

$$t_y^{-2} = \frac{p(y - x)^2}{V_l}$$

$$t_a^2 = \frac{(a - 1)^2 \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2}{V_l}$$

(pour le calcul de V_l , voir paragraphe 2.2 de l'annexe).

Lire dans la table de Snédécour (voir paragraphe 3 de l'annexe), la valeur de F_{limite} pour $\gamma_1 = 2$.

$\gamma_2 = p - 2$ et $p = 0,05$:

- Si $F \leq F_{\text{limite}}$ la droite de régression ne diffère pas significativement de $y = x$.
- Si $F > F_{\text{limite}}$ la droite de régression diffère significativement de $y = x$.

Pour déterminer si cela est dû à la pente de la droite ou à l'erreur de justesse, utiliser le test de Student-Fisher : t_a et t_y suivent une loi de Student-Fisher à $(p - 2)$ degrés de liberté.

Lire dans la table de Student-Fisher (voir paragraphe 3 de l'annexe) la valeur de t pour $\gamma = p - 2$ et $P = 0,05$.

- Si $t_a > t$ lu dans la table, la différence est due à la pente de la droite (erreur d'amplification).
- Si $t_y > t$ lu dans la table, la différence provient de l'erreur de justesse.

Si l'un de ces 2 tests est significatif, il est possible de corriger, en modifiant :

- soit le gain pour l'erreur d'amplification,
- soit la courbe d'étalonnage pour l'erreur de justesse.

Mesurer de nouveau les pièces sur le moyen de contrôle et recalculer le CMC. Sinon, ces 2 composantes sont considérées comme aléatoires et incluses dans l'incertitude globale.

2 Calcul des variances

2.1 Calcul de la variance due à l'erreur de répétabilité (V_r)

V_r = variance commune des répétabilités

Posons : $e_{ij} = (y_{ij} - \bar{y}_i)$

$$V_r = \frac{1}{p(m-1)} \sum_{i=1}^p \left[\sum_{j=1}^m e_{ij}^2 - \frac{1}{m} \left(\sum_{j=1}^m e_{ij} \right)^2 \right]$$

L'incertitude due à la répétabilité est égale à $\pm I_r$ avec :

$$I_r = 2\sqrt{V_r}$$

2.2 Calcul de la variance due à l'erreur de linéarité (V_l)

V_l = variance de : $e_i = y_i - (ax_i + b)$

$$V_l = \frac{1}{p-2} \left[\sum_{i=1}^p e_i^2 - \frac{1}{p} \left(\sum_{i=1}^p e_i \right)^2 \right]$$

L'incertitude due à l'erreur de linéarité est égale à $\pm I_l$ avec :

$$I_l = 2\sqrt{V_l}$$

2.3 Calcul de la variance due à l'erreur d'amplification (V_a)

V_a = variance de : $(ax_i + b) - (x_i + J) = (a-1)x_i + (b-J)$. variance de x_i

$$V_a = \frac{(a-1)^2}{p} \cdot \left[\sum_{i=1}^p x_i^2 - \frac{1}{p} \left(\sum_{i=1}^p x_i \right)^2 \right]$$

L'incertitude due à l'erreur d'amplification est égale à $\pm I_a$ avec :

$$I_a = 2\sqrt{V_a}$$

2.4 Remarque

Le rapport de l'une de ces 3 variances à la variance globale V_g donne un ordre de grandeur du pourcentage de variabilité expliquée par la variance choisie. Cependant, ce rapport n'est qu'indicatif, car la somme ($V_r + V_l + V_a$) n'est pas exactement égale à V_g , car la troisième n'est pas totalement indépendante des deux premières. Le calcul de ces trois variances a simplement pour but d'orienter le diagnostic.

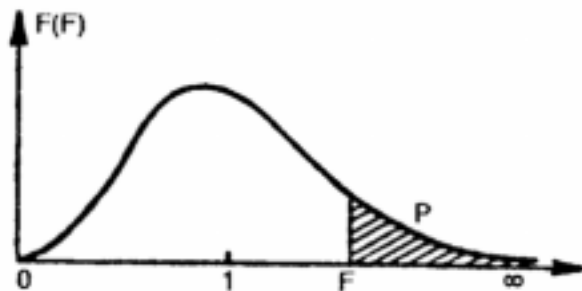
3 Tables de distribution

γ_2	$\gamma_1 = 2$
	P = 005
1	199,5
2	19,5
3	9,55
4	6,94
5	5,79
6	5,14
7	4,74
8	4,46
9	4,26
10	4,10
11	3,98
12	3,88
13	3,80
14	3,74
15	3,68
16	3,63
17	3,59
18	3,55
19	3,52
20	3,49

TABLE DE DISTRIBUTION DE F
(Variable de Snédécour)

Valeurs de F ayant la probabilité P d'être dépassée

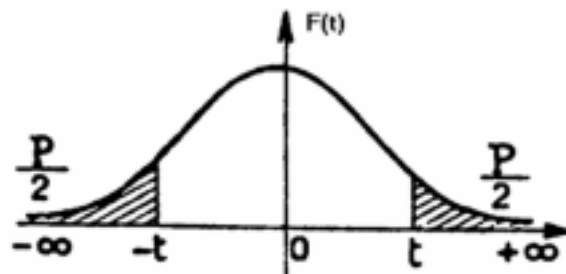
$$(F = S_1^2 / S_2^2)$$



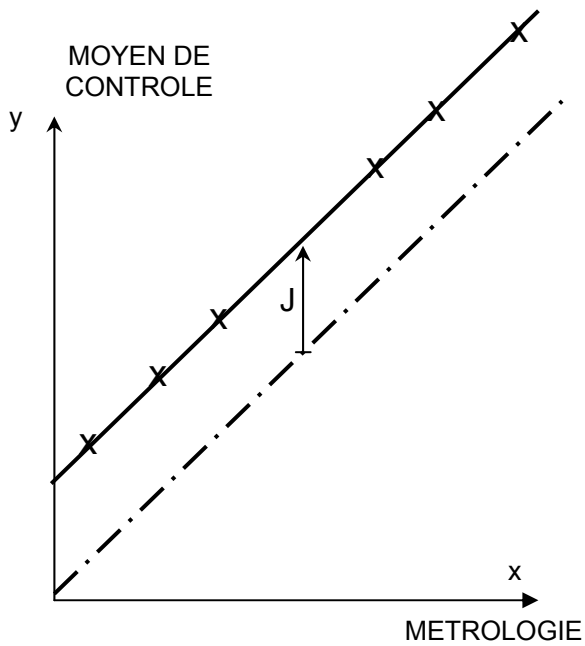
P \ γ	0,05
1	12,706
2	4,303
3	3,182
4	2,776
5	2,571
6	2,447
7	2,365
8	2,306
9	2,262
10	2,228
11	2,201
12	2,179
13	2,160
14	2,145
15	2,131
16	2,120
17	2,110
18	2,101
19	2,093
20	2,086

TABLE DE DISTRIBUTION DE t
(Loi de Student)

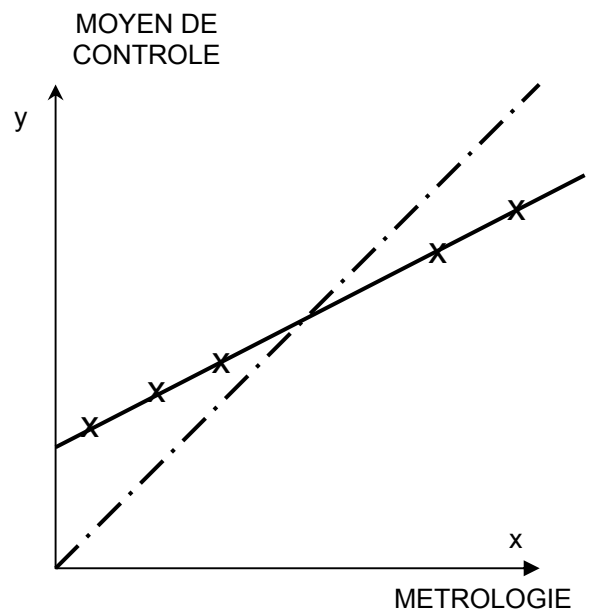
Valeurs de t ayant la probabilité P d'être dépassée en valeur absolue



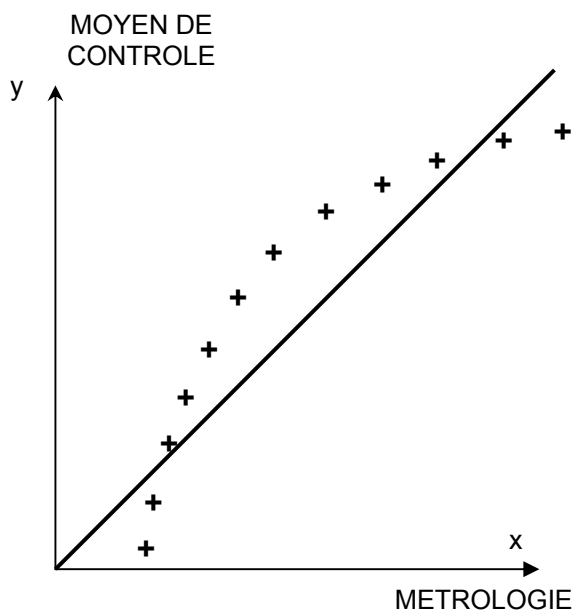
4 Représentation graphique des principales causes d'erreurs



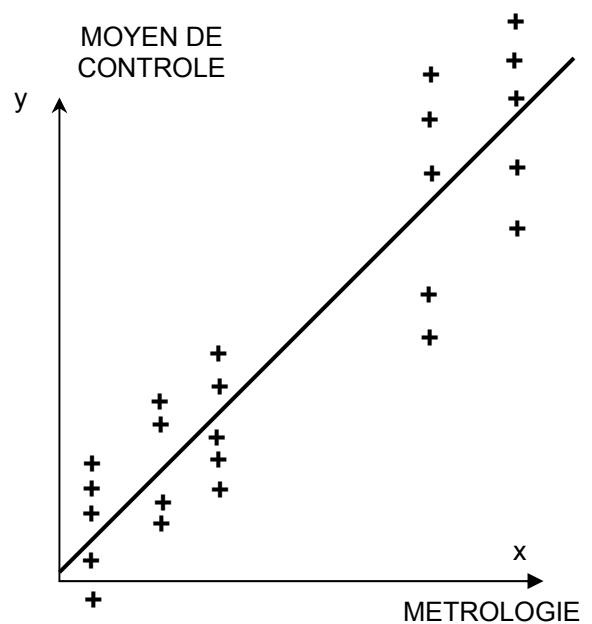
ERREUR DE JUSTESSE



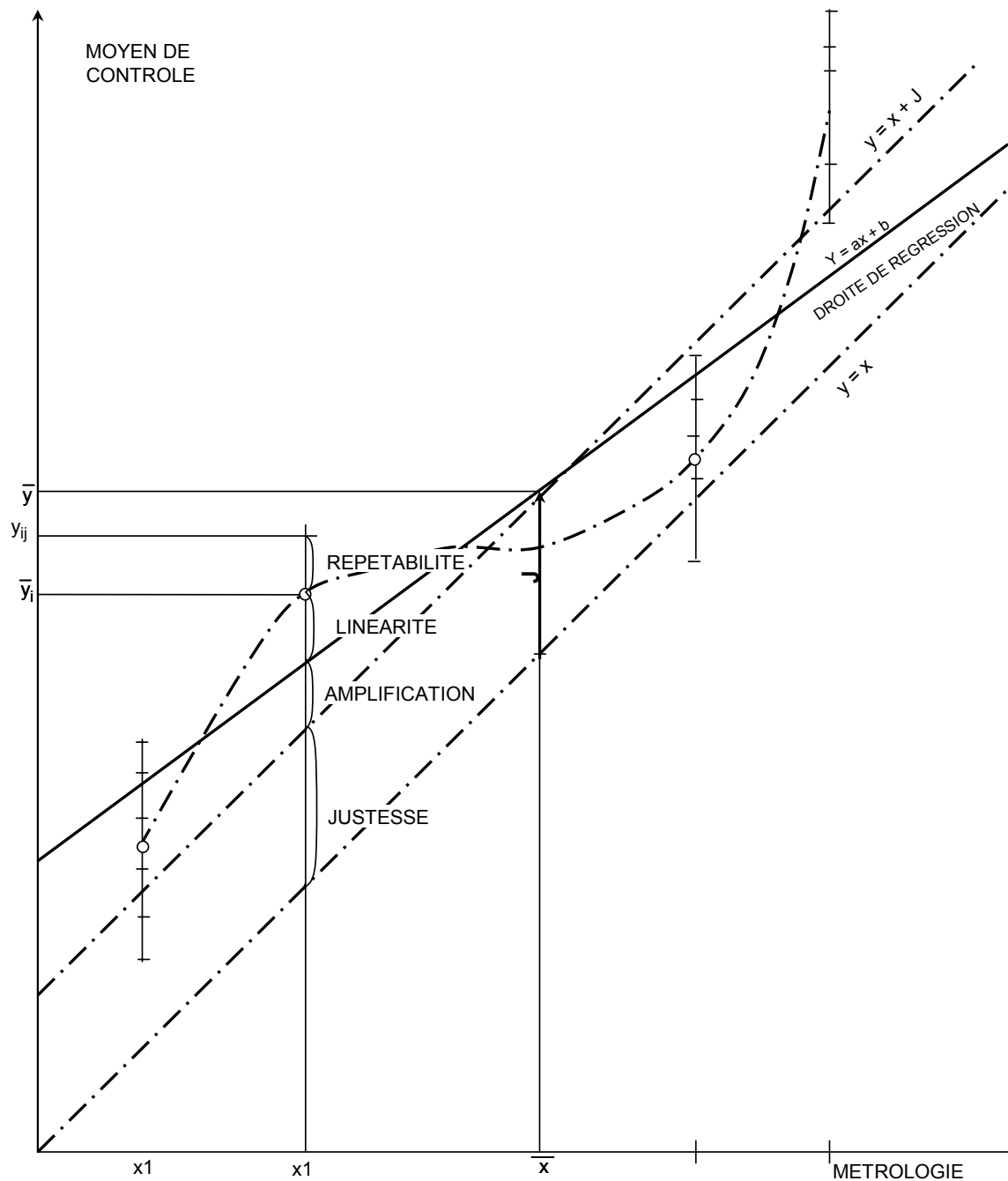
ERREUR D'AMPLIFICATION



ERREUR DE LINEARITE



ERREUR DE REPETABILITE



Incertitude de mesure = $y_{ij} - x_i$

$$= [y_{ij} - \bar{y}_i] + [\bar{y}_i - (ax_i + b)] + [(ax_i + b) - (x_i + J)] + (x_i + J) - x_i$$

REPETABILITE LINEARITE AMPLIFICATION JUSTESSE MOYENNE

Annexe 2 : complément méthodologique

Cette annexe donne :

- des compléments méthodologiques précisant certaines modalités d'application de cette norme,
- l'estimation du risque d'erreur de jugement d'un moyen de contrôle lors d'un mesurage,

1. Complément méthodologique pour l'agrément capabilité des moyens de contrôle spécifique

La liste non exhaustive des points énoncés ci-dessous peut être complétée en vue de répondre aux autres cas particuliers rencontrés, par ces services lors de l'application de la norme.

1.1 Choix des caractéristiques représentatives

Sur quelles cotes calculer un CMC ?

Toutes les caractéristiques contrôlées doivent faire l'objet d'un calcul de CMC. En pratique, il peut être décidé de ne pas calculer le CMC sur toutes les caractéristiques, par un accord entre le concepteur, l'usine utilisatrice et le service chargé de l'acceptation. Mais le CMC doit être calculé pour toutes les caractéristiques faisant l'objet d'une mesure de capabilité du moyen de production et pour toutes les cotes fonctionnelles.

1.2 Prélèvement des pièces

Cas où il n'est pas possible d'avoir des pièces réparties sur plus de 0,6 IT :

Les pièces doivent avoir des caractéristiques réparties au mieux sur un intervalle de 0,6 IT : un prélèvement de pièces visant au mieux cet objectif est nécessaire pour pouvoir évaluer les erreurs de justesse, de linéarité et d'amplification dans toute la plage d'utilisation du moyen de contrôle.

L'idéal serait d'avoir une étendue supérieure à l'IT.

Pour des raisons pratiques, ce type de prélèvement n'est pas toujours possible lors de la première réception du moyen : dans ce cas, il est possible de refuser le moyen si le CMC est hors tolérances avec une seule pièce ou des pièces réparties dans moins de 0,6 IT, mais l'acceptation définitive ne peut se faire; qu'avec des pièces de série suffisamment dispersées.

2. Estimation du risque d'erreur de jugement du a l'utilisation d'un moyen de contrôle

Le traitement qui suit permet d'évaluer le risque de porter un jugement erroné dû à l'utilisation d'un moyen de mesure de capabilité connue pour la grandeur à mesurer.

2.1 Principe de l'estimation

La capabilité d'un moyen de mesure, spécifiée par cette norme définit l'incertitude de mesure comme la somme de l'erreur de justesse moyenne et de l'incertitude due aux erreurs de linéarité, d'amplification et de répétabilité du moyen.

Cette incertitude de mesure ramenée de part et d'autre de la grandeur mesurée représente l'intervalle dans lequel se situe la vraie valeur de la grandeur.

Ainsi pour tout mesurage de caractéristiques visant à comparer une grandeur mesurée Y_i à une limite spécifiée L_s il est possible d'estimer un risque d'erreur de jugement qui est relatif à la part de valeurs vraies probables qui ne correspondraient pas au jugement de la grandeur mesurée.

Cette part est déterminée par le rapport de l'écart absolu entre la grandeur relevée Y_i et la limite spécifiée L_s avec l'incertitude I_g .

2.2 Interprétation du CMC

2.2.1 Evaluation du risque rapporté à une grandeur mesurée

Le CMC caractérise l'incertitude par : $I_g = \frac{IT}{2 \times CMC}$

d'où le rapport déterminant le risque d'erreur de jugement

$$\frac{|Y_i - L_s|}{I_g} = \frac{|Y_i - L_s|}{IT} \times 2 \times CMC = K \times 2 \times CMC$$

$$\text{avec } K = \frac{|Y_i - L_s|}{IT}$$

Ainsi pour évaluer le risque d'erreur de jugement R porté sur une grandeur avec un moyen, il faut calculer pour chaque K , la densité normale de probabilité de risque qui peut être déterminée par la table suivante.

Cette table qui caractérise la fonction de répartition de la variable normale réduite détermine la probabilité P à partir de l'expression $4 \times K \times CMC$ qui nous permet d'évaluer le risque R par l'égalité $R = 1 - P$.

Tableau 1 : Table de détermination de P en fonction de (4 x K x CMC)

4xKxCMC	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,52,39	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5395	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7923	0,7852
0,9	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8455	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9046	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9863	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9 ³ 03	0,9 ³ 06	0,9 ³ 10	0,9 ³ 13	0,9 ³ 16	0,9 ³ 18	0,9 ³ 21	0,9 ³ 24	0,9 ³ 26	0,9 ³ 29
3,2	0,9 ³ 31	0,9 ³ 34	0,9 ³ 36	0,9 ³ 38	0,9 ³ 40	0,9 ³ 42	0,9 ³ 44	0,9 ³ 46	0,9 ³ 48	0,9 ³ 50
3,3	0,9 ³ 52	0,9 ³ 53	0,9 ³ 55	0,9 ³ 57	0,9 ³ 58	0,9 ³ 60	0,9 ³ 61	0,9 ³ 62	0,9 ³ 64	0,9 ³ 65
3,4	0,9 ³ 66	0,9 ³ 68	0,9 ³ 69	0,9 ³ 70	0,9 ³ 71	0,9 ³ 72	0,9 ³ 73	0,9 ³ 74	0,9 ³ 75	0,9 ³ 76
3,5	0,9 ³ 77	0,9 ³ 78	0,9 ³ 78	0,9 ³ 79	0,9 ³ 80	0,9 ³ 81	0,9 ³ 81	0,9 ³ 82	0,9 ³ 83	0,9 ³ 83
3,6	0,9 ³ 84	0,9 ³ 85	0,9 ³ 85	0,9 ³ 86	0,9 ³ 86	0,9 ³ 87	0,9 ³ 87	0,9 ³ 88	0,9 ³ 88	0,9 ³ 89
3,7	0,9 ³ 89	0,9 ³ 90	0,9 ⁴ 00	0,9 ⁴ 04	0,9 ⁴ 08	0,9 ⁴ 12	0,9 ⁴ 15	0,9 ⁴ 18	0,9 ⁴ 22	0,9 ⁴ 25
3,8	0,9 ⁴ 28	0,9 ⁴ 31	0,9 ⁴ 33	0,9 ⁴ 36	0,9 ⁴ 38	0,9 ⁴ 41	0,9 ⁴ 43	0,9 ⁴ 46	0,9 ⁴ 48	0,9 ⁴ 50
3,9	0,9 ⁴ 52	0,9 ⁴ 54	0,9 ⁴ 56	0,9 ⁴ 58	0,9 ⁴ 59	0,9 ⁴ 61	0,9 ⁴ 63	0,9 ⁴ 64	0,9 ⁴ 66	0,9 ⁴ 67

NOTE 1 : La notation 0,9³03 par exemple, équivaut à 0,99903 (Revue de statistiques Appliquées, Tables statistiques, CERESTA)

Exemple de calcul du risque d'erreur de jugement

- Caractéristique à contrôler : 10 ± 0,05 mm
- CMC du moyen : 3,5
- Grandeur mesurée : 10,04 mm

a) Risque d'erreur de jugement rapporté à la limite supérieure

$$K = \frac{|10,04 - 10,05|}{0,1} = 0,1$$

et 4 x K x CMC = 1,4

→ P = 0,9192

→ R = 1 - P = 0,08 soit 8 %

Cette grandeur a donc un risque de 8 % d'être supérieure à 10,05 mm, c'est-à-dire non acceptable,

Nota : Dans le cas d'un CMC de 4, ce risque sera de 5 %,

b) Risque d'erreur de jugement rapporté à la limite inférieure

$$K = \frac{|9,95 - 10,04|}{0,1} = 0,9$$

et $4 \times K \times \text{CMC} = 12,6$

→ $P \sim 1$

→ $R \sim 0$

Cette grandeur a donc un risque de 0 % d'être inférieure à 9,95 mm, c'est-à-dire non acceptable,

2.2.2 Evolution du risque de jugement

On constate que :

- plus le CMC est faible, plus le risque d'erreur de jugement est important,
- plus la grandeur mesurée est proche de la limite spécifiée (K à 0), plus le risque d'erreur tend vers 50 %,

2.2.3 Caractérisation de l'intervalle de mesures présentant un risque donné

Suivant un principe identique au paragraphe 2.2.1, il est possible de déterminer l'intervalle de mesures pour lesquelles le risque d'erreur de jugement est supérieur à un risque spécifié,

Cet intervalle est caractérisé par deux limites qui sont déterminées par le rapport K correspondant au risque spécifié,

Ainsi pour un risque spécifié R_s , on calcule dans un premier temps la probabilité P_s suivant l'équation

$$P_s = 1 - R_s,$$

Connaissant P_s , on détermine à l'aide de la table des fractiles de la loi normale réduite qui suit, le résultat correspondant de l'expression $4 \times K \times \text{CMC}$,

De ce résultat, en connaissant le CMC du moyen il reste à calculer le rapport K qui caractérise l'intervalle de mesures correspondant au risque spécifié.

Tableau 2 : Table de Détermination de (4 x K x CMC) en fonction de P_s

P _s	0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	-
0,00	∞	3,0902	2,8782	2,7478	2,6521	2,5758	2,5121	2,4573	2,4089	2,3656	2,3263	0,99
0,01	2,3263	2,2904	2,2571	2,2262	2,1973	2,1701	2,1444	2,1201	2,0969	2,0749	2,0537	0,98
0,02	2,0537	2,0335	2,0141	1,9954	1,9774	1,9600	1,9431	1,9268	1,9110	1,8957	1,8808	0,97
0,03	1,8808	1,8663	1,8522	1,8384	1,8250	1,8119	1,7991	1,7866	1,7744	1,7624	1,7507	0,96
0,04	1,7507	1,7392	1,7279	1,7169	1,7060	1,6954	1,6849	1,6747	1,6646	1,6546	1,6449	0,95
0,05	1,6449	1,6352	1,6258	1,6164	1,6072	1,5982	1,5893	1,5805	1,5718	1,5632	1,5548	0,94
0,06	1,5548	1,5464	1,5382	1,5301	1,5220	1,5141	1,5063	1,4985	1,4909	1,4833	1,4758	0,93
0,07	1,4758	1,4684	1,4611	1,4538	1,4466	1,4395	1,4325	1,4255	1,4187	1,4118	1,4051	0,92
0,08	1,4051	1,3984	1,3917	1,3852	1,3787	1,3722	1,3658	1,3595	1,3532	1,3469	1,3408	0,91
0,09	1,3408	1,3346	1,3285	1,3225	1,3165	1,3106	1,3047	1,2988	1,2930	1,2873	1,2816	0,90
0,10	1,2816	1,2759	1,2702	1,2646	1,2591	1,2536	1,2481	1,2426	1,2372	1,2319	1,2265	0,89
0,11	1,2265	1,2212	1,2160	1,2107	1,2055	1,2004	1,1952	1,1901	1,1850	1,1800	1,1750	0,88
0,12	1,1750	1,1700	1,1650	1,1601	1,1552	1,1503	1,1455	1,1407	1,1359	1,1311	1,1264	0,87
0,13	1,1264	1,1217	1,1170	1,1123	1,1077	1,1031	1,0985	1,0939	1,0893	1,0848	1,0803	0,86
0,14	1,0803	1,0758	1,0714	1,0669	1,0625	1,0581	1,0537	1,0494	1,0450	1,0407	1,0364	0,85
0,15	1,0364	1,0322	1,0279	1,0237	1,0194	1,0152	1,0110	1,0069	1,0027	0,9986	0,9945	0,84
0,16	0,9945	0,9904	0,9863	0,9822	0,9782	0,9741	0,9701	0,9661	0,9621	0,9581	0,9542	0,83
0,17	0,9542	0,9502	0,9463	0,9424	0,9385	0,9346	0,9307	0,9269	0,9230	0,9192	0,9154	0,82
0,18	0,9154	0,9116	0,9078	0,9040	0,9002	0,8965	0,8927	0,8890	0,8853	0,8816	0,8779	0,81
0,19	0,8779	0,8742	0,8705	0,8669	0,8633	0,8596	0,8560	0,8524	0,8488	0,8452	0,8416	0,80
0,20	0,8416	0,8381	0,8345	0,8310	0,8274	0,8239	0,8204	0,8169	0,8134	0,8099	0,8064	0,79
0,21	0,8064	0,8030	0,7995	0,7961	0,7926	0,7892	0,7858	0,7824	0,7790	0,7756	0,7722	0,78
0,22	0,7722	0,7688	0,7655	0,7621	0,7588	0,7554	0,7521	0,7488	0,7454	0,7421	0,7388	0,77
0,23	0,7388	0,7356	0,7323	0,7290	0,7257	0,7225	0,7192	0,7160	0,7128	0,7095	0,7063	0,76
0,24	0,7063	0,7031	0,6999	0,6967	0,6935	0,6903	0,6871	0,6840	0,6808	0,6776	0,6745	0,75
0,25	0,6745	0,6713	0,6682	0,6651	0,6620	0,6588	0,6557	0,6526	0,6495	0,6464	0,6433	0,74
0,26	0,6433	0,6403	0,6372	0,6341	0,6311	0,6280	0,6250	0,6219	0,6189	0,6158	0,6128	0,73
0,27	0,6128	0,6098	0,6068	0,6038	0,6008	0,5978	0,5948	0,5918	0,5888	0,5858	0,5828	0,72
0,28	0,5828	0,5799	0,5769	0,5740	0,5710	0,5681	0,5651	0,5622	0,5592	0,5563	0,5534	0,71
0,29	0,5534	0,5505	0,5476	0,5446	0,5417	0,5388	0,5359	0,5330	0,5302	0,5273	0,5244	0,70
0,30	0,5244	0,5215	0,5187	0,5158	0,5129	0,5101	0,5072	0,5044	0,5015	0,4987	0,4959	0,69
0,31	0,4959	0,4930	0,4902	0,4874	0,4845	0,4817	0,4789	0,4761	0,4733	0,4705	0,4677	0,68
0,32	0,4677	0,4649	0,4621	0,4593	0,4565	0,4538	0,4510	0,4482	0,4454	0,4427	0,4399	0,67
0,33	0,4399	0,4372	0,4344	0,4316	0,4289	0,4261	0,4234	0,4207	0,4179	0,4152	0,4125	0,66
0,34	0,4125	0,4097	0,4070	0,4043	0,4016	0,3989	0,3961	0,3934	0,3907	0,3880	0,3853	0,65
0,35	0,3853	0,3826	0,3799	0,3772	0,3745	0,3719	0,3792	0,3665	0,3638	0,3611	0,3585	0,64
0,36	0,3585	0,3558	0,3531	0,3505	0,3478	0,3451	0,3425	0,3398	0,3372	0,3345	0,3319	0,63
0,37	0,3319	0,3292	0,3266	0,3239	0,3213	0,3186	0,3160	0,3134	0,3107	0,3081	0,3055	0,62
0,38	0,3055	0,3029	0,3002	0,2976	0,2950	0,2924	0,2898	0,2871	0,2845	0,2819	0,2793	0,61
0,39	0,2793	0,2767	0,2741	0,2715	0,2689	0,2663	0,2637	0,2611	0,2585	0,2559	0,2533	0,60
0,40	1,2533	0,2508	0,2482	0,2456	0,2430	0,2404	0,2378	0,2353	0,2327	0,2301	0,2275	0,59
0,41	0,2275	0,2250	0,2224	0,2198	0,2173	0,2147	0,2121	0,2096	0,2070	0,2045	0,2019	0,58
0,42	0,2019	0,1993	0,1968	0,1942	0,1917	0,1891	0,1866	0,1840	0,1815	0,1789	0,1764	0,57
0,43	0,1764	0,1738	0,1713	0,1687	0,1662	0,1637	1,1611	0,1586	0,1560	0,1535	0,1510	0,56
0,44	1,1510	0,1484	0,1459	0,1434	0,1408	0,1383	0,1358	0,1332	0,1307	0,1282	0,1257	0,55
0,45	0,1257	0,1231	0,1206	0,1181	0,1156	0,1130	0,1105	0,1080	0,1055	0,1030	0,1004	0,54
0,46	0,1004	0,0979	0,0954	0,0929	0,0904	0,0878	0,0853	0,0828	0,0803	0,0778	0,0753	0,53
0,47	0,0753	0,0728	0,0702	0,0677	0,0652	0,0627	0,0602	0,0577	0,0552	0,0527	0,0502	0,52
0,48	0,0502	0,0476	0,0451	0,0426	0,0401	0,0376	0,0351	0,0326	0,0301	0,0276	0,0251	0,51
0,49	0,0251	0,0226	0,0201	0,0175	0,0150	0,0125	0,0100	0,0075	0,0050	0,0025	0,0000	0,50
-	0,010	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	0,000	P _s

Revue de Statistiques Appliquées, Tables statistiques, CERESTA,

Exemple de détermination de l'intervalle de mesures

- Caractéristiques à contrôle : $10^{\pm 0,05}$ mm
- CMC du moyen : 3,5
- Risque spécifié : 5 %

Calcul de K

$$P_s = 1 - R_s = 0,95 \text{ (soit 95 \%)}$$

$$\rightarrow 4 \times K \times \text{CMC} = 1,64$$

$$\rightarrow K = 0,12$$

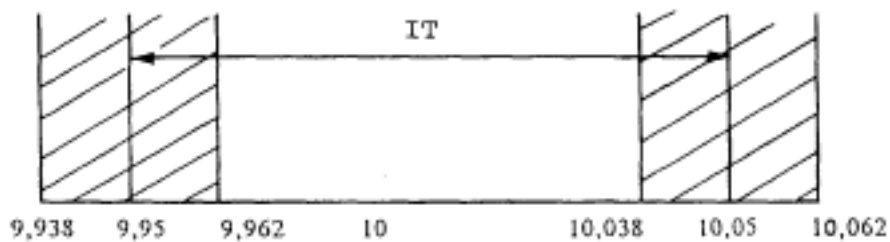
$$K = \frac{|Y_i - L_s|}{IT} = 0,12 \rightarrow |Y_i - L_s| = 0,012 \text{ avec } IT = 0,1$$

donc l'intervalle de mesures rapporté à la limite inférieure présentant un risque supérieur à 5 % a pour limites :

9,938 mm et 9,962 mm

et l'intervalle de mesures rapporté à la limite supérieure présentant un risque supérieur à 5 % a pour limites :

10,038 mm et 10,062 mm



Représentation graphique des intervalles de mesures présentant un risque supérieur à 5 % aux limites spécifiées

Annexe 3 : Exemple de calcul de CMC

Cote nominale : 10	Max. : 10,0250	Min. : 9,9750			
Pour des raisons de précisions, exprimer si possible les mesures en écarts par rapport à la cote nominale et dans l'unité la plus petite ainsi que l'IT					
IT : 50	Unité employée : Micromètre				
PHASES PRELIMINAIRES :					
REPETABILITE DES MESURAGES DE L'ETALON SUR LE MOYEN					
Mesure N°	1	2	3	4	5
Valeur y_{ej}	2	1	2	1	1
Moyenne	$\bar{y}_e = \frac{\sum y_{ej}}{5}$		=	1,4000	
Variance de répétabilité	$V_e = \frac{1}{4} \sum (y_{ej} - \bar{y}_e)^2$		=	0,3000	
Incertitude	$l_e = 2\sqrt{V_e}$		=	1,0954	
DECISION	(1)	$l_e > IT/20$ (2)		Moyen NON conforme	
IT/20 (2)	2,5000	$l_e \leq IT/20$ (2)		Moyen conforme	
REPETABILITE DES MESURAGES D'UNE PIECE SUR LE MOYEN					
Mesure N°	1	2	3	4	5
Valeur y_j	50	49	48	50	49
Mesure N°	6	7	8	9	10
Valeur y_j	48	50	47	49	50
Moyenne	$\bar{y} = \frac{\sum y_j}{m}$		=	49,000	
Variance de répétabilité	$V_r = \frac{1}{(m-1)} \sum (y_j - \bar{y})^2$		=	1,1111	
Incertitude	$l_r = 2\sqrt{V_r}$		=	2,1082	
			m : nombre de mesure et $5 \leq m \leq 10$		
DECISION	(1)	$l_r > IT/8$ (2)		Moyen NON conforme	
IT/8 (3)	6,2500	$l_r \leq IT/8$ (2)		Moyen conforme	

- (1) rayer la mention inutile
 (2) IT/20 pour IT \geq 16 μ m
 IT/10 pour IT < 16 μ m

- (3) IT/8 pour IT \geq 16 μ m
 IT/4 pour IT < 16 μ m
 j indice des mesures

PIECES DE 1 à 5 MESUREES SUR LE MOYEN DE CONTROLE					
Mesure N°	Pièce N° 1 y_{1j}	Pièce N° 2 y_{2j}	Pièce N° 3 y_{3j}	Pièce N° 4 y_{4j}	Pièce N° 5 y_{5j}
1 y_{i1}	-10	0	20	-5	2
2 y_{i2}	-11	1	22	-3	3
3 y_{i3}	-9	2	20	-2	4
4 y_{i4}	-8	0	18	-3	2
5 y_{i5}	-10	1	21	-3	5
VALEUR METROLOGIQUE : (INCERTITUDE DE MESURE METROLOGIQUE : $I_{metro} = 2$)					
x_i	-13	2	19	-1	2
$d_{i1} = y_{i1} - x_i$	3	-2	1	-4	0
$d_{i2} = y_{i2} - x_i$	2	-1	3	-2	1
$d_{i3} = y_{i3} - x_i$	4	0	1	-1	2
$d_{i4} = y_{i4} - x_i$	5	-2	-1	-2	0
$d_{i5} = y_{i5} - x_i$	3	-1	2	-2	3
Moyenne des moyennes des différences	$J = \frac{\sum \sum d_{ij}}{pm}$		=	<u>0,4800</u>	
Variance globale des différences	$V_g = \frac{\sum \sum (d_{ij} - J)^2}{pm - 1}$		=	<u>5,2600</u>	
Ecart type global des différences	$s_g = \sqrt{V_g}$		=	<u>2,2935</u>	
Variance de répétabilité sur étalon	V_e		=	<u>0,3000</u>	
Ecart type de répétabilité	$s_e = \sqrt{V_e}$		=	<u>0,5477</u>	
Incertitude de mesure	$I_g = J + 2\sqrt{V_g + V_e}$		=	<u>5,1959</u>	
CAPABILITE DU MOYEN DE CONTROLE : $CMC = IT/2 I_g$			=	<u>4,8115</u>	
RESULTAT (1)		i = indice des N° de mesure			
CMC cdc : ≥ 4		j = indice des N° de pièces			
CMC < CMC cdc	CMC > CMC cdc	p = Nombre de pièces			
NON CONFORME	CONFORME	m = Nombre de mesures			

(1) sauf spécification particulières : $IT \leq 16 \mu m$ ou $Q \leq 5$ $CMC \geq 2$
 $IT > 16 \mu m$ ou $Q > 5$ $CMC \geq 4$