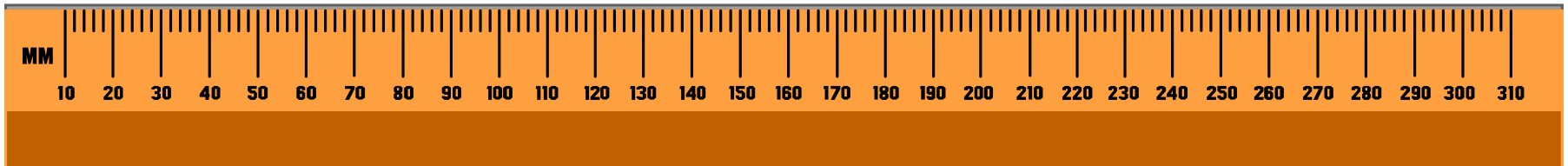
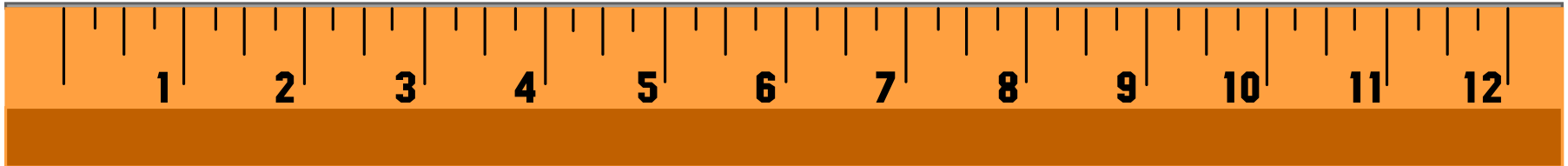


Analyse du Système de Mesure (MSA)

Analyse du système de mesure MSA



Définition

L'analyse des systèmes de mesure (MSA) est une méthode visant à déterminer si un système de mesure est acceptable. Plus exactement, MSA permet de déterminer dans quelle mesure la variation totale au sein d'un procédé est issue du système de mesure plutôt que des pièces mesurées.

Les systèmes de mesure comprennent tous les éléments, tels que les dispositifs de mesure, les procédures de mesure et les opérateurs, qui influent sur la mesure d'une pièce.

Quand l'utiliser?

- Quantifier les variations observées dues aux erreurs du système de mesure
- Evaluer un nouveau instrument de mesure avant de le valider pour la production
- Comparer différents types d'instruments de mesure
- Former un jugement sur un instrument de mesure suspecté d'être insuffisant

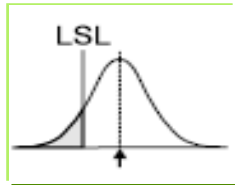
L'erreur de mesure est une mesure statistique quantifiant l'effet net de toutes les sources de variabilité des mesures qui fait qu'une valeur observée dévie de l'étalon.

$$\mu_{total} = \mu_{product} + \mu_{Measurement}$$

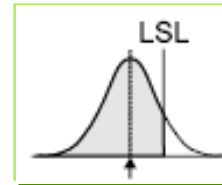
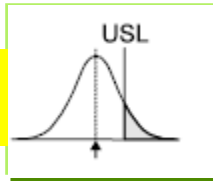
$$\sigma^2_{total} = \sigma^2_{product} + \sigma^2_{Measurement}$$

Effet sur la Décision

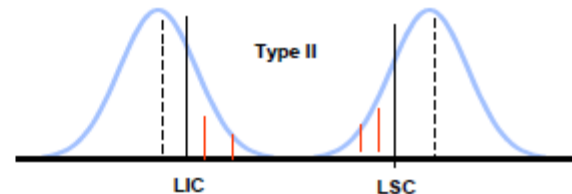
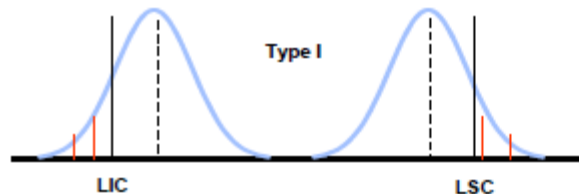
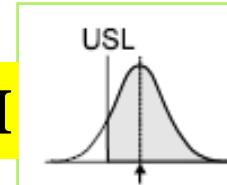
Décision sur le Produit



Type I



Type II



- Rejeter un bon produit (risque α , erreur de type I, risque producteur)

- Accepter un mauvais produit (risque β , erreur de type II, risque consommateur)

Décision sur le Processus

$$\sigma_{obs}^2 = \sigma_{procédé\ réel}^2 + \sigma_{msa}^2 \Rightarrow Cp \text{ et } Cpk$$

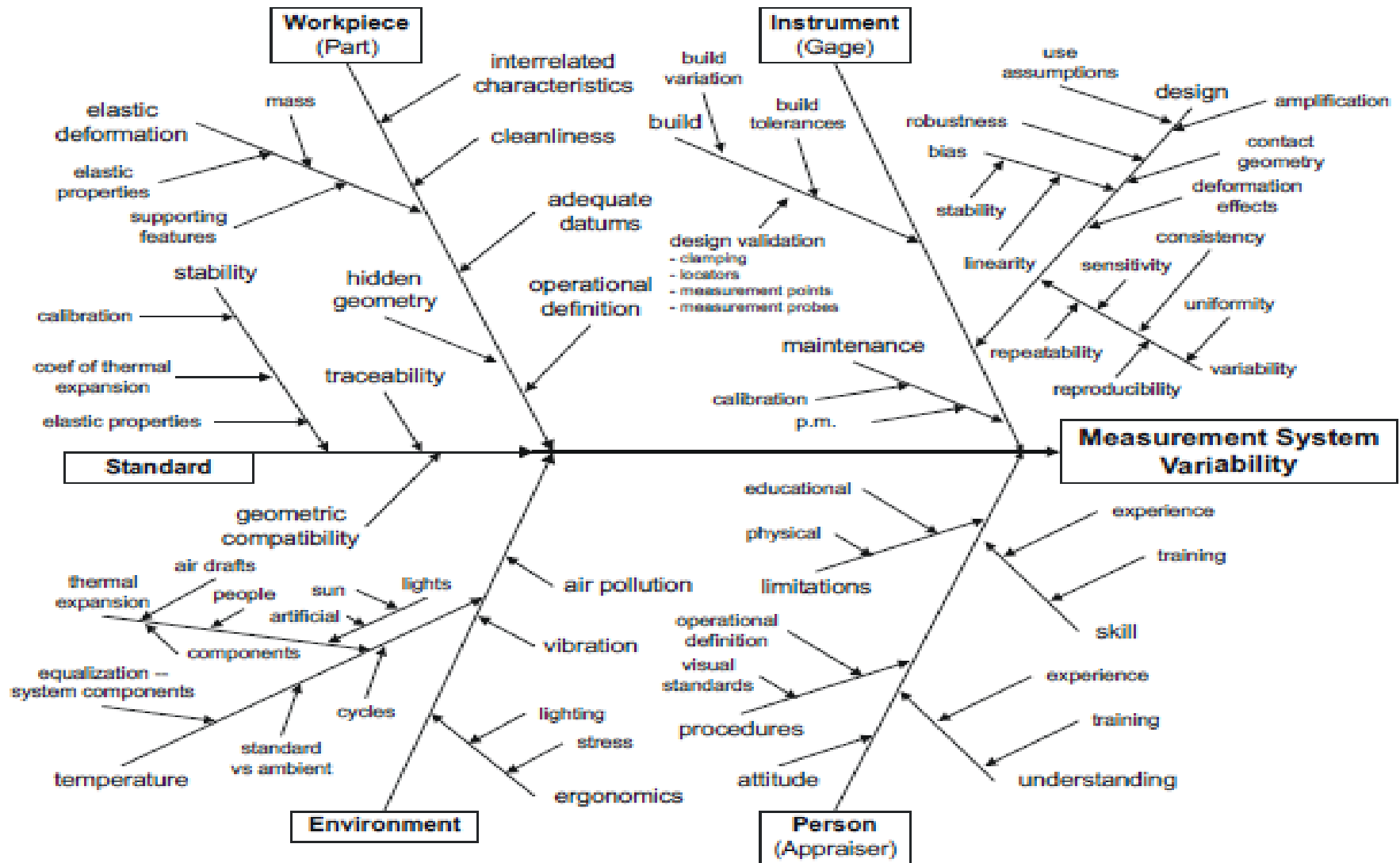
$$(Cp)_{obs}^{-2} = (Cp)_{actual}^{-2} + (Cp)_{msa}^{-2}$$

Le Système de mesure recommandé

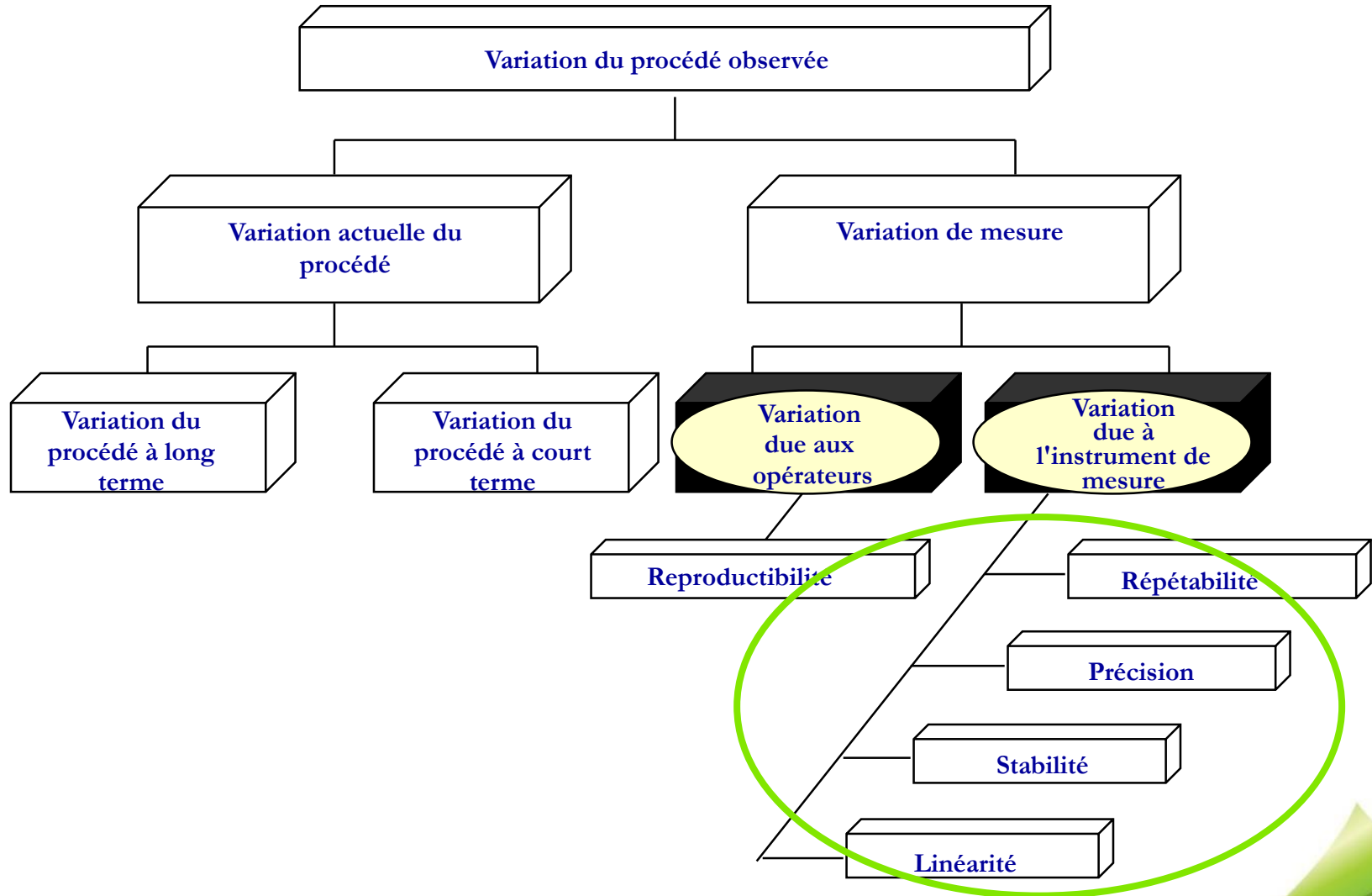


- **Une discrimination et une sensibilité adéquate: l'incrémentation de la mesure doit être petite comparé à la variabilité du processus et les limites de spécification (règle 1/10 comme le minimum exigé pour sélectionner un instrument de mesure: Selon la directive de l'AIAG appelée la règle des dix)**
- **Le système de mesure doit être sous contrôle statistique : dans les condition de répétabilité, la variabilité dans le système de mesure n'est pas due à des causes spéciales**
- **Pour le contrôle produit, la variabilité du système de mesure doit être minime comparée aux limites de spécifications**
- **Pour le contrôle processus, la variabilité du système de mesure est minime comparée à celle du processus**

Sources des variations des mesures



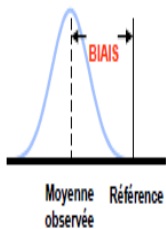
Sources possibles de variation



Variation de la Position

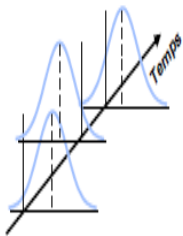
Exactitude

- «Proximité» de la vraie valeur



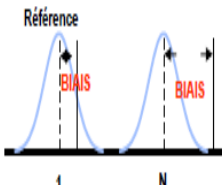
Biais

- Différence entre la moyenne observée et la référence
- Une erreur systématique



Stabilité

- Pas de variation de biais au cours du temps



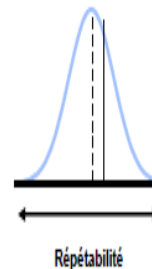
Linéarité

- Pas de variation de biais sur l'étendue opérationnelle

Variation de la Dispersion (1)

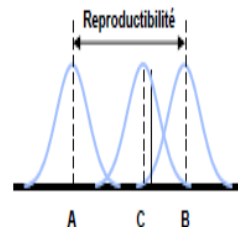
Précision

- Erreur aléatoire



Répétabilité

- Variation de mesure, obtenue avec le même instrument, le même testeur, sur la même mesure d'un échantillon



Reproductibilité

- Variation sur la moyenne des mesures obtenue par différents testeur, avec le même instrument de mesure, sur la même mesure d'un échantillon

Variation de la Dispersion (2)

Sensibilité

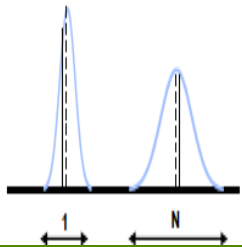
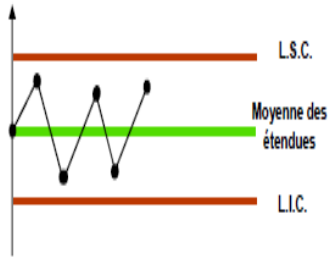
- Le plus petit « input » détectable à l'« output »

Cohérence

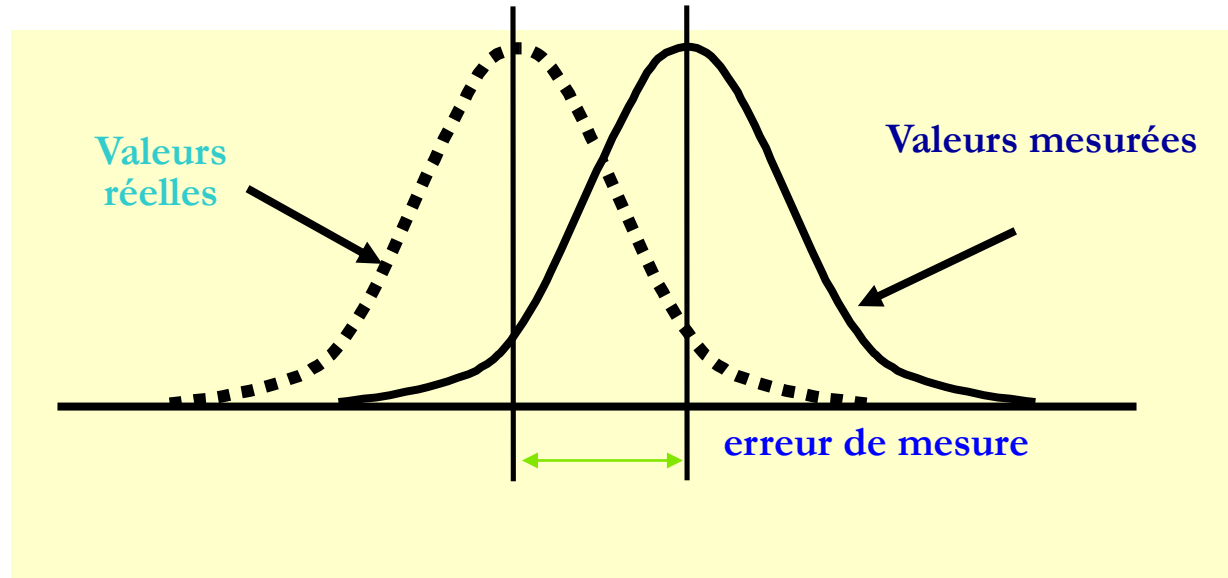
- Stable par rapport à la répétabilité au cours du temps

Uniformité

- Homogénéité de la répétabilité sur l'étendue opérationnelle



Exactitude: « Justesse » centrage

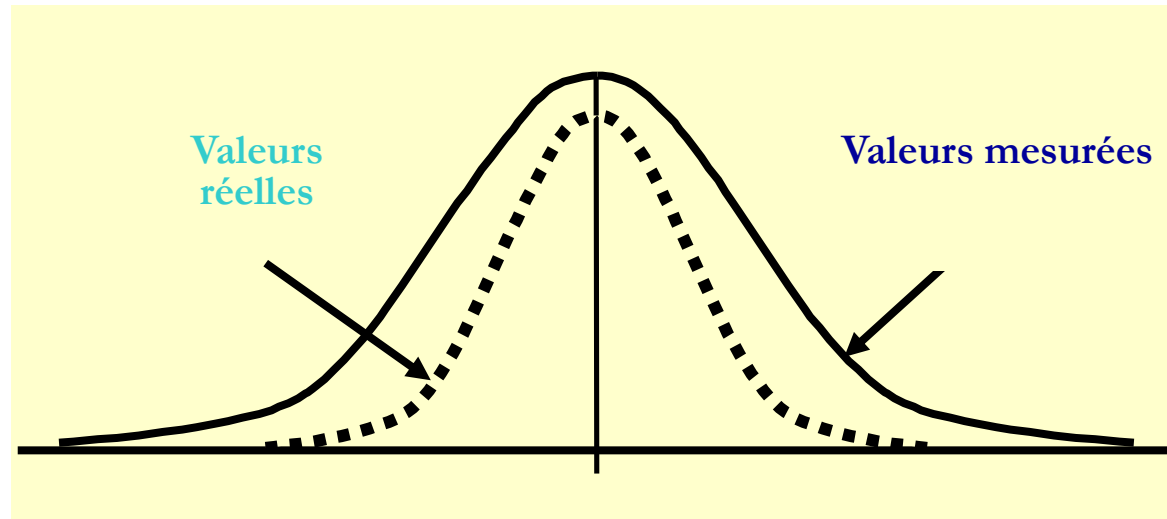


$$\mu_{total} = \mu_{product} + \mu_{Measurement}$$

Valeur observée = valeur réelle + erreur de mesure

L'exactitude permet de déterminer à quel point les mesures sont proches de la valeur réelle. Pour mesurer l'exactitude, utilisez une étude de la linéarité de l'instrumentation et du biais. Évalué par une “Étude de l'étalonnage”

Précision: Dispersion



$$\sigma^2_{total} = \sigma^2_{product} + \sigma^2_{Measurement}$$

Variabilité observée = variabilité du produit + variabilité de la mesure

La précision permet de savoir à quel point les mesures sont proches les unes des autres. Pour mesurer la précision, utilisez une étude de la répétabilité et la reproductibilité. Évalué par une “Étude R&R des variables”

Exemple: Exactitude contre Précision



- Supposons que nous avons un matériau de référence d'une dureté "réelle" de 5,0.
- La méthode 1 relève les mesures suivantes:
3,8 4,4 4,2 4,0
- La méthode 2 relève les mesures suivantes :
6,5 4,0 3,2 6,3
- Quelle méthode est la plus exacte ?
- Quelle méthode est la plus précise ?
- Quelle méthode préférez-vous ? Pourquoi ?

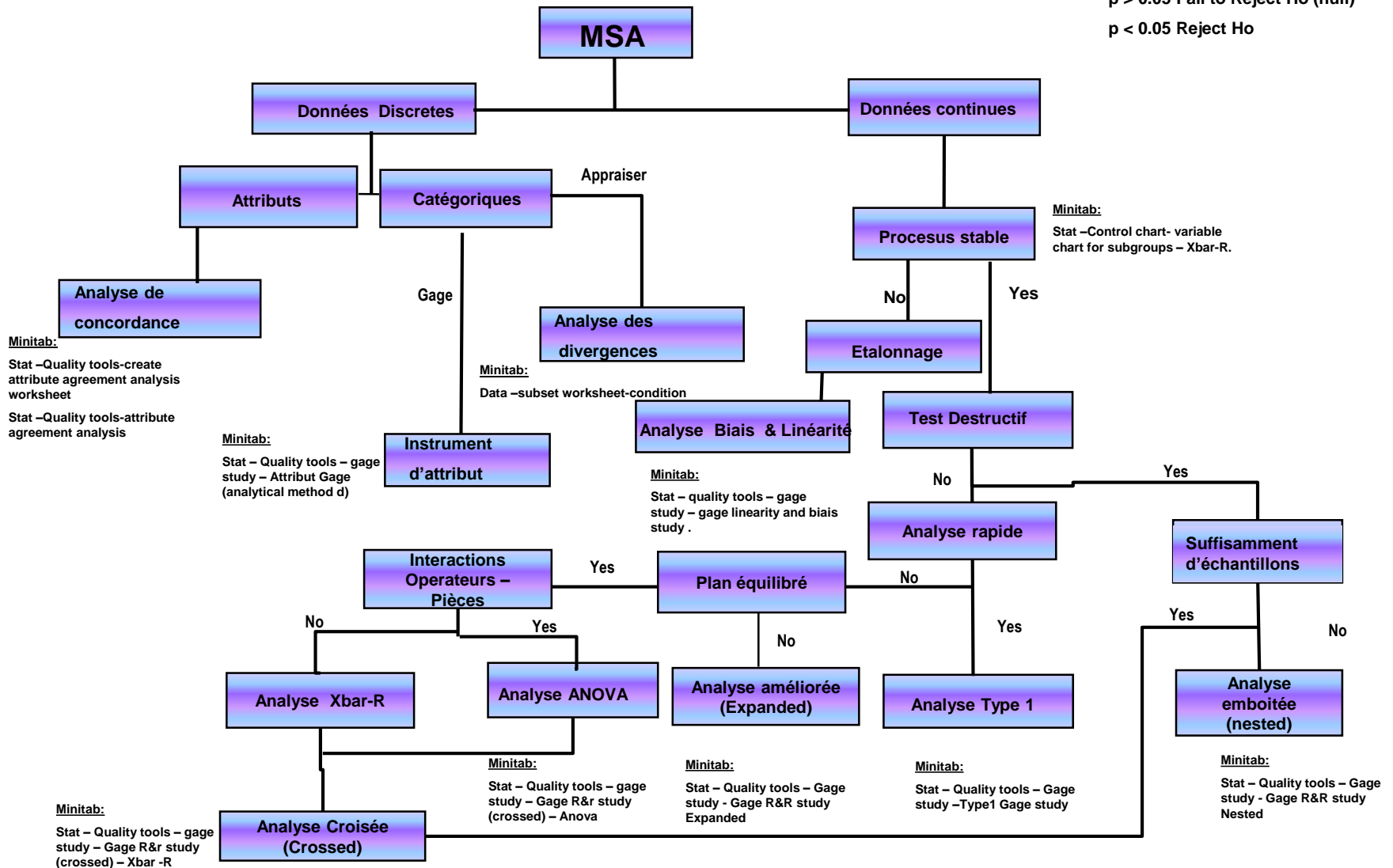
Analyse du Système de Mesure MSA



For all tests:

$p > 0.05$ Fail to Reject H_0 (null)

$p < 0.05$ Reject H_0



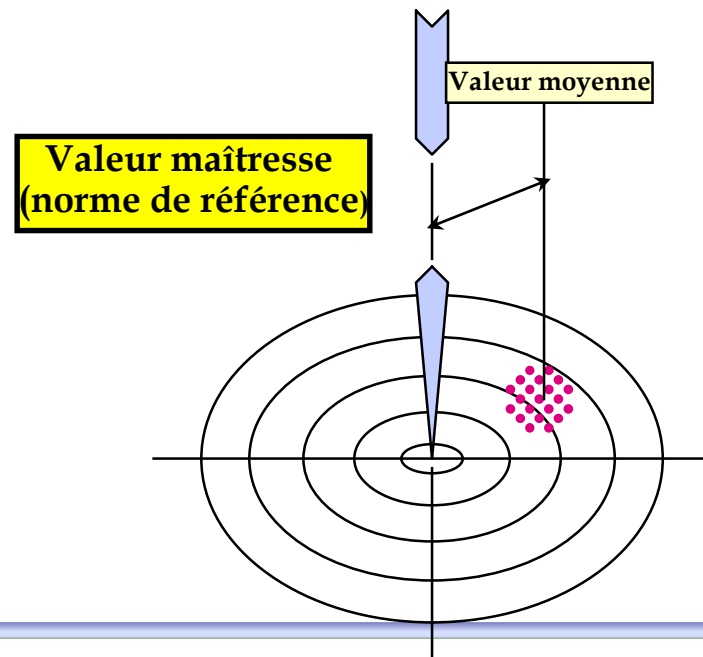
Exactitude « Justesse »



Exactitude - jusqu'à quel point la moyenne des mesures dévie par rapport à la valeur réelle / étalon

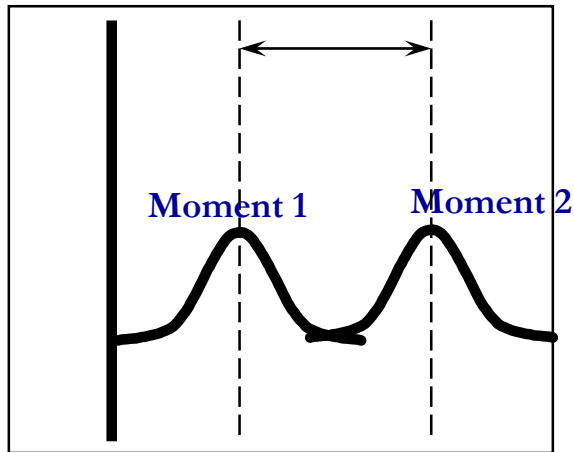
$$\mu^{total} = \mu^{produit} + \mu^{Système\ de\ mesure}$$

- **Exactitude**: la différence entre la valeur moyenne observée des mesures et la valeur maîtresse. La valeur maîtresse est une norme acceptée de référence (par ex. NIST: [National Institute of Standards and Technology](#))

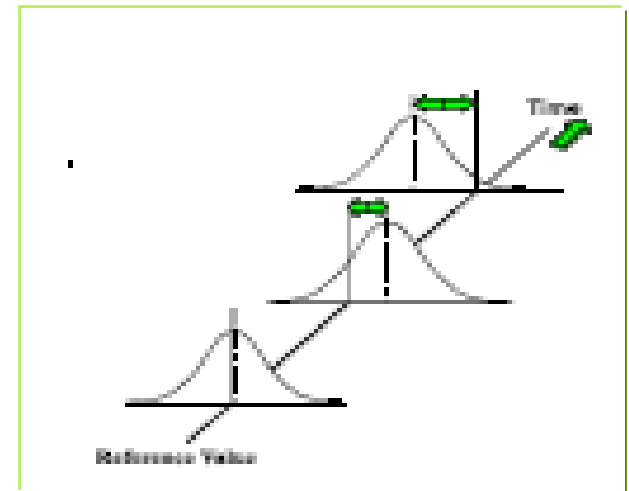
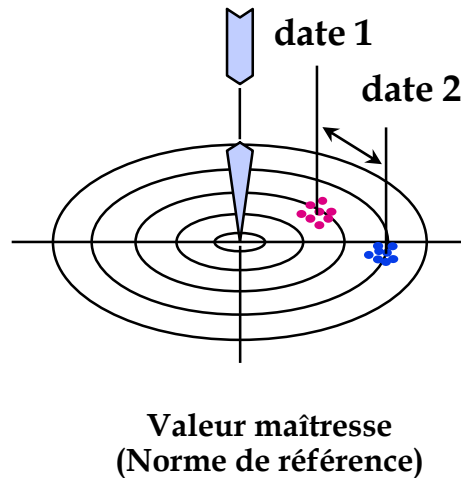


Stabilité des instruments de mesure

La stabilité d'un instrument de mesure se réfère à la différence entre les moyennes d'au moins deux séries de mesures obtenues avec le *même instrument de mesure* sur les *mêmes pièces* et effectuées *à des moments différents*.



Stabilité de l'instrument de mesure



La stabilité des instruments de mesure est maintenue par un bon programme d'étalonnage !

Stabilité



- Evaluation de la différence d'exactitude ou de précision dans le temps.
- La répartition des mesures reste constante et peut être prédite dans le temps, tant pour la moyenne que pour la déviation standard.
- Pas de glissements, de décalages subits, de cycles, etc.
- Evaluée à l'aide d'un graphique des tendances.
- Assurée grâce à un programme R&R et à un étalonnage régulier.

Méthode

- Mesurer la pièce $n \geq 10$ en laboratoire (temps) & utiliser la moyenne comme Référence
- Mesurer la pièce 3 à 5 fois périodiquement
- Représenter la carte de contrôle \bar{X} /R ou \bar{X} /s
- Calculer les limites de contrôles & analyser la carte de contrôle pour sa stabilité

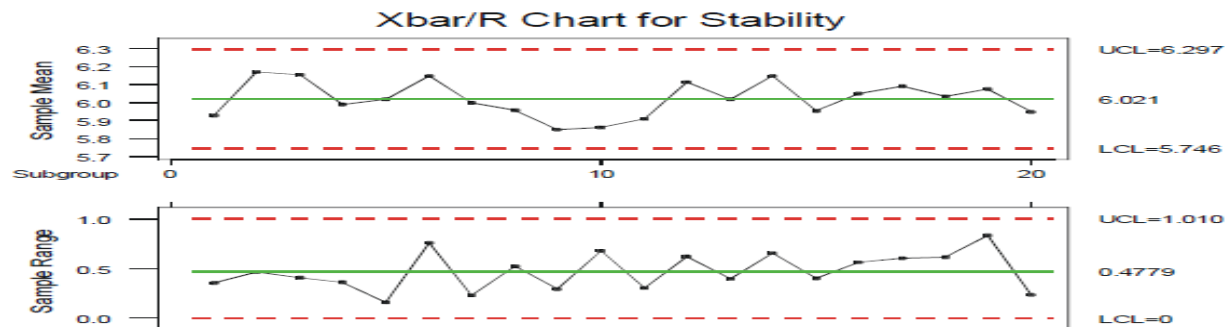
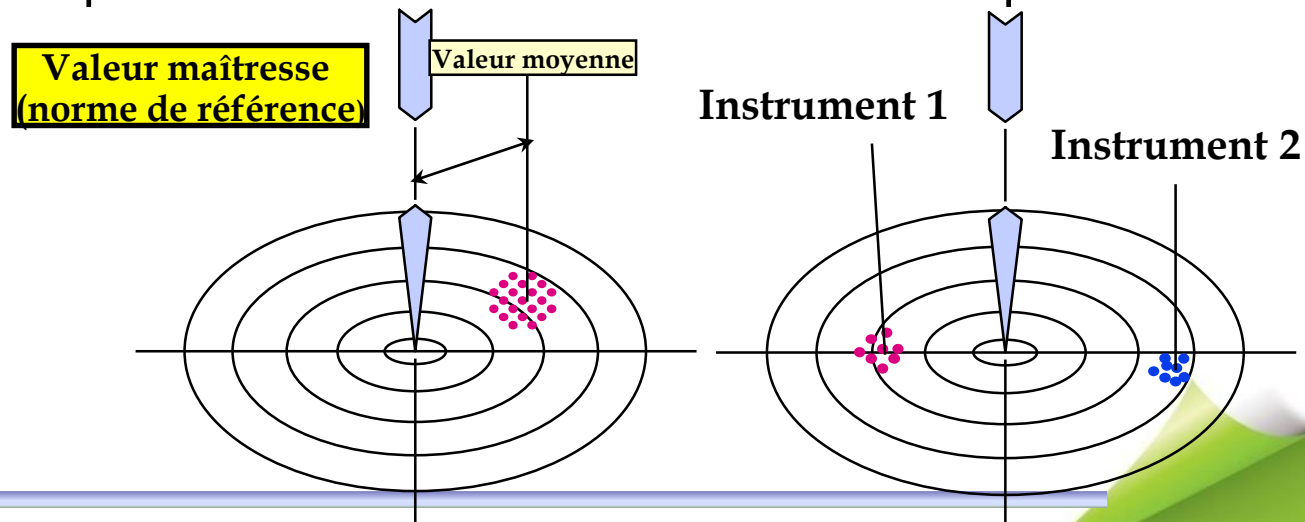
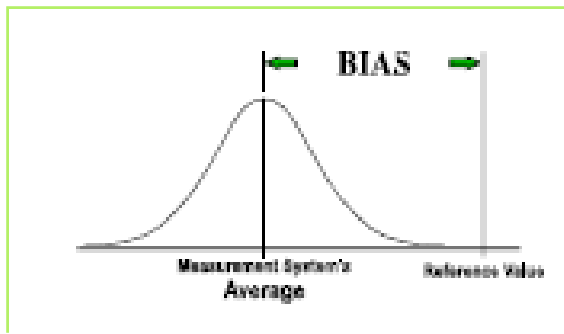


Figure III-B 1: Control Chart Analysis for Stability

Partialité -Biais

- ✓ Distance entre la valeur moyenne de toutes les mesures et la valeur réelle
 - ✓ L'outil donne toujours des valeurs erronées
 - ✓ Erreur ou décalage systématique
- la moyenne des instruments diffère d'une quantité fixe, les effets couvrent:
- la partialité de l'opérateur - des opérateurs différents obtiennent des moyennes différentes pour les mêmes mesures sur la même pièce;
 - la partialité de la machine - des machines différentes obtiennent des moyennes différentes pour les mêmes mesures sur la même pièce



Etude des Biais: Méthode des échantillons indépendants



1. Mesurer la pièce $n \geq 10$ en laboratoire & utiliser la moyenne de ces n mesures comme Référence
2. Faire mesurer par un seul testeur la pièce $n \geq 10$ dans des conditions normales
3. Calculer le biais de chaque mesure
4. Faire l'histogramme relatif aux biais
5. Calculer la moyenne des biais

$$bias_i = x_i - \text{reference value}$$

$$avg\ bias = \frac{\sum_{i=1}^n bias_i}{n}$$

6. Calculer l'écart type

$$\sigma_{repeatability} = \sigma_r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

7. Vérifier si la répétabilité est acceptable

$$\%EV = 100 [EV/TV] = 100 [\sigma_{repeatability}/TV]$$

8. Calculer le t statistique des biais

$$\sigma_b = \sigma_r / \sqrt{n}$$

$$t\ statistic = t_{bias} = \frac{\text{average bias}}{\sigma_b}$$

9. Calculer le p value et le comparer par α ou utiliser l'intervalle de confiance

$$Bias - \left[\sigma_b \left(t_{v, 1-\alpha/2} \right) \right] \leq zero \leq Bias + \left[\sigma_b \left(t_{v, 1-\alpha/2} \right) \right]$$

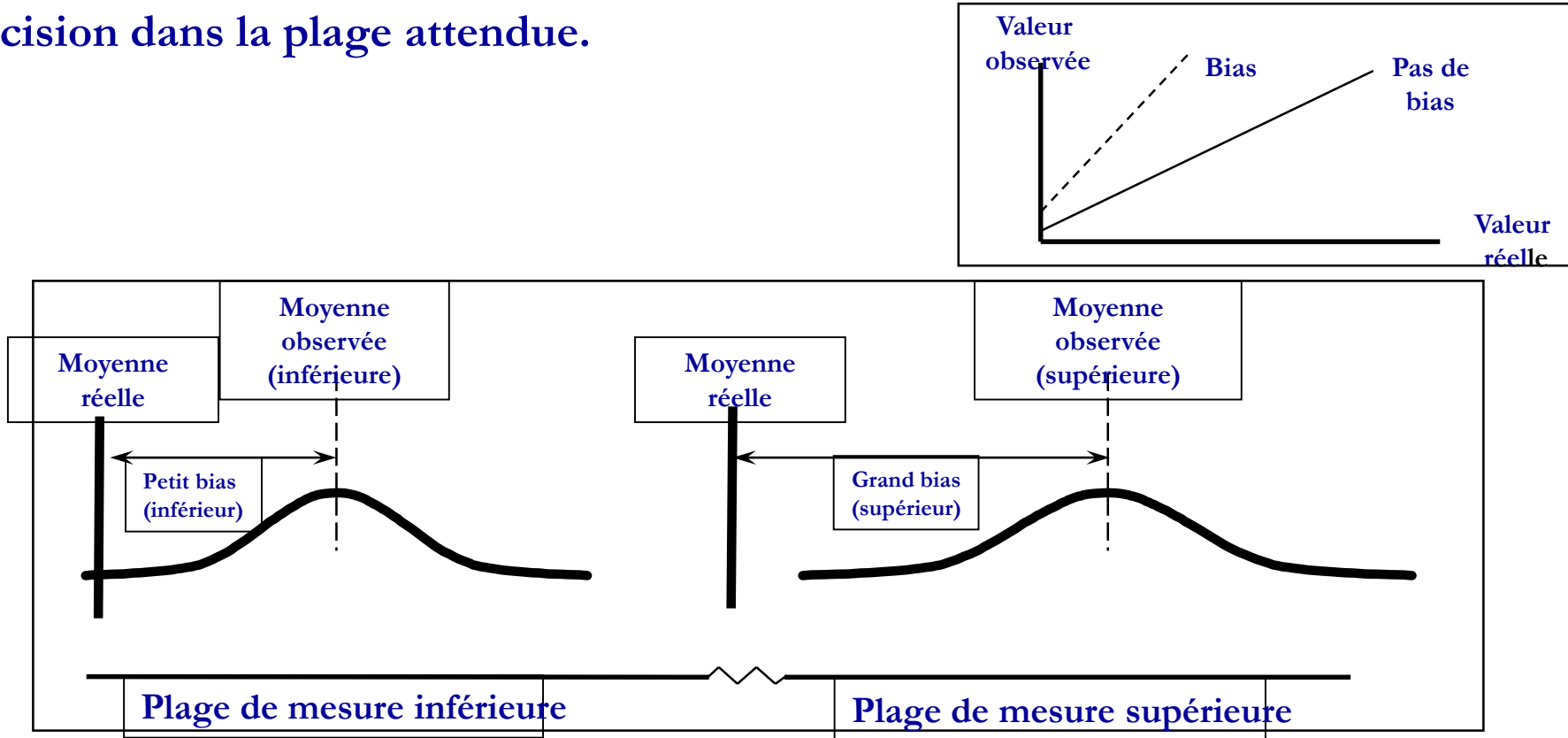
where $v = n - 1$ and

$t_{v, 1-\alpha/2}$ is found using the standard t tables.

Linéarité des instruments de mesure



La linéarité d'un instrument de mesure est la différence entre les valeurs de précision dans la plage attendue.

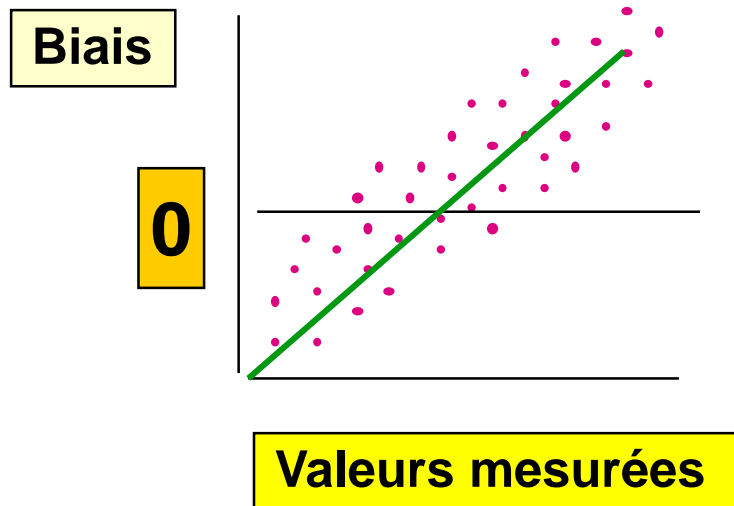


La linéarité des instruments de mesure est une fonction de la sélection des appareils. La linéarité au sein de la plage des spécifications devrait faire partie intégrante de la procédure de qualification des instruments de mesure.

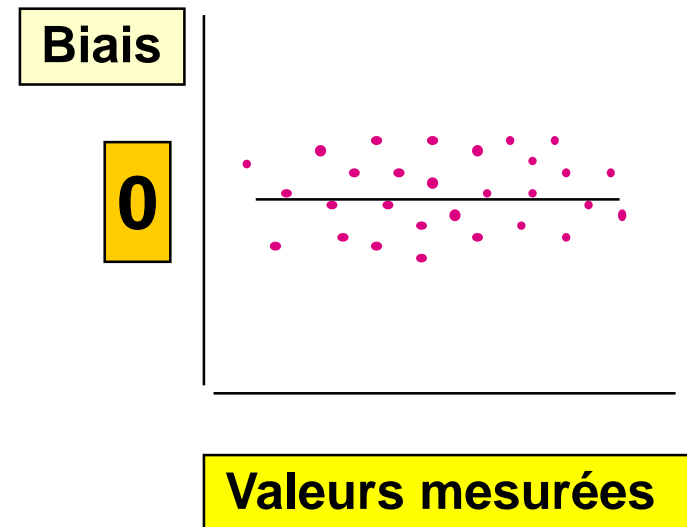
Linéarité

- **Linéarité:** une mesure de la différence entre *Exactitude* et *Précision* sur la plage des capacités de l'instrument

Jauge 1: La linéarité n'est respectée



Jauge 2: La linéarité est satisfaite



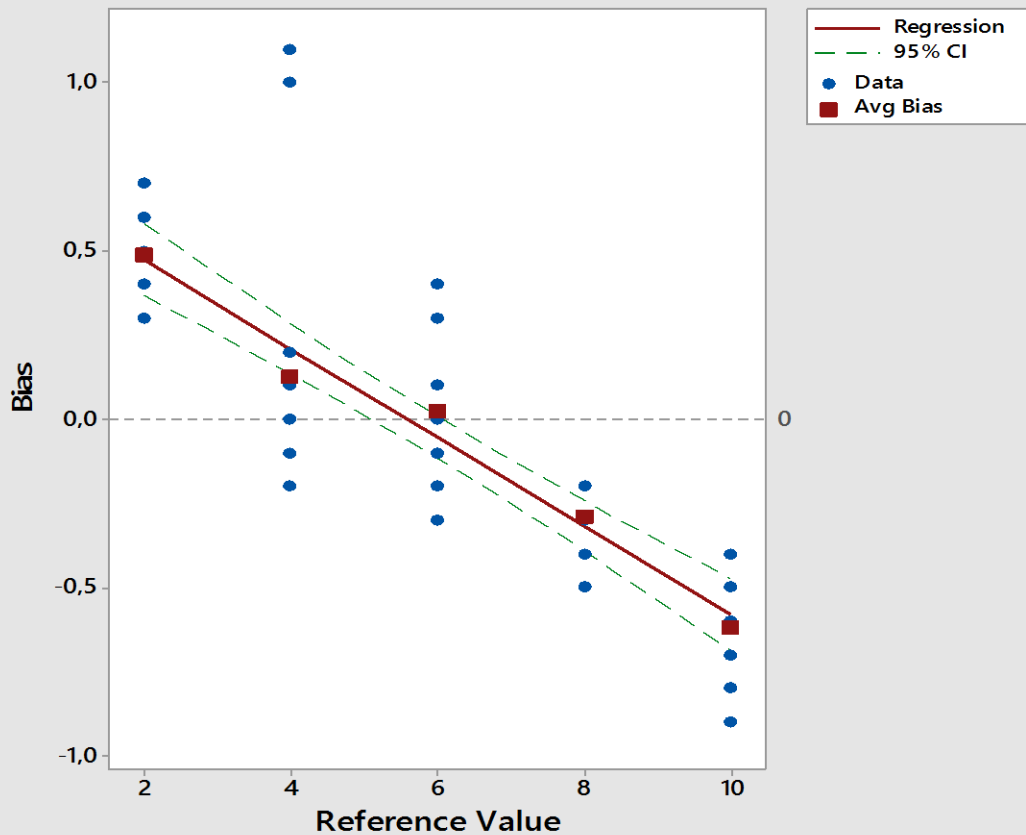
1. Sélectionner $g \geq 5$ pièces dont les mesures couvrent l'étendue opérationnelle de l'outil de mesure
2. Déterminer la valeur de référence de chaque pièce et vérifier que l'étendue opérationnelle est couverte
3. Faire mesurer chaque pièce $m \geq 10$ fois par l'un des opérateurs habituels (Sélectionner les pièces aléatoirement pour éviter le « biais » de la mémoire)
4. Calculer le biais de chaque mesure et la moyenne des biais de chaque pièce
5. Représenter graphiquement les biais individuels et les biais moyens
6. Etablir la droite de régression et les limites de confiance & dessiner la droite biais=0. La linéarité est acceptée si cette droite se trouve entièrement dans les limites de confiances

$$b = \frac{s_{xy}}{s_x^2} \quad \text{et} \quad a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Gage Linearity and Bias Report for Mesure

Gage name:
Date of study:

Reported by:
Tolerance:
Misc:



Gage Linearity			
Predictor	Coef	SE Coef	P
Constant	0,73667	0,07252	0,000
Slope	-0,13167	0,01093	0,000

S 0,239540 R-Sq 71,4%

Gage Bias		
Reference	Bias	P
Average	-0,05333	0,040
2	0,491667	0,000
4	0,125000	0,293
6	0,025000	0,688
8	-0,291667	0,000
10	-0,616667	0,000

$$\sigma^2_{total} = \sigma^2_{produit} + \sigma^2_{répétabilité} + \sigma^2_{reproductibilité}$$

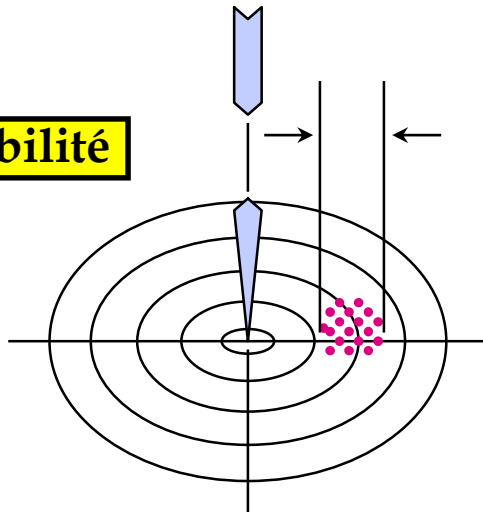
- **Répétabilité**: la variabilité inhérente au dispositif de mesure
- La variation qui se produit lorsque des mesures répétées sont faites de la même variable dans des conditions similaires:
 - même pièce
 - même opérateur
 - même montage
 - mêmes unités
 - mêmes conditions d'environnement
 - court terme
- Estimée par la déviation standard moyenne de la répartition de mesures répétées
- La répétabilité est en général moindre que la variation totale du système de mesure

$$\sigma^2_{total} = \sigma^2_{produit} + \sigma^2_{répétabilité} + \sigma^2_{reproductibilité}$$

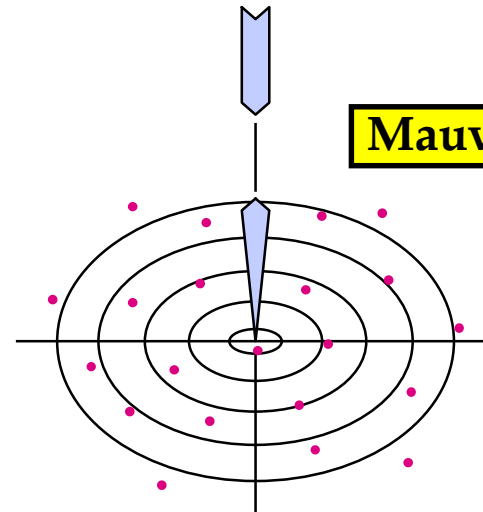
- **Répétabilité**: la variation entre des mesures successives de la même pièce, la même caractéristique, par la même personne à l'aide du même instrument. Aussi appelée erreur de test - retest; utilisée comme estimation de la variation à court terme.

Valeur maîtresse

Bonne Répétabilité



Mauvaise Répétabilité

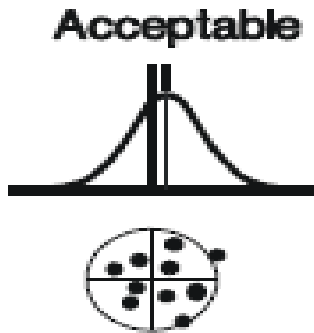


Répétabilité des instruments de mesure

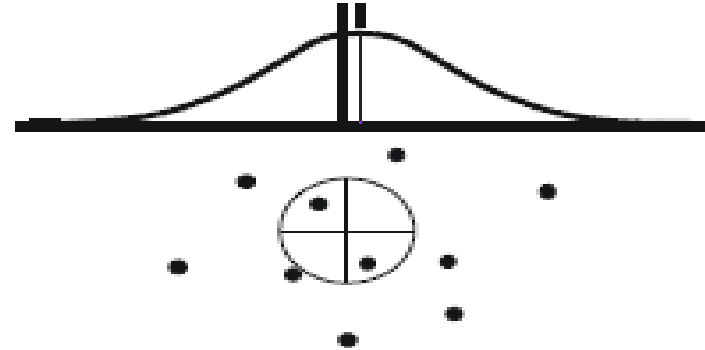
Repeatability

Bias

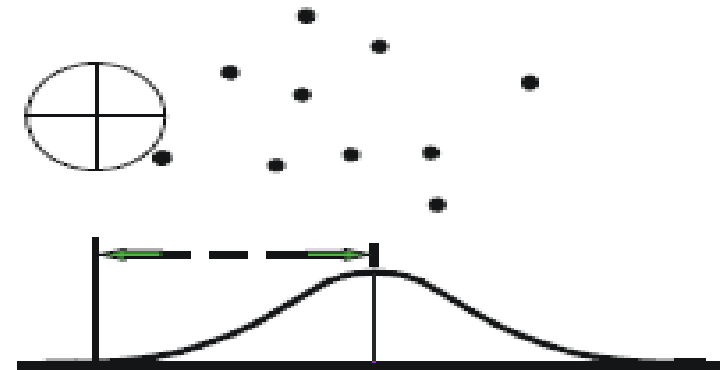
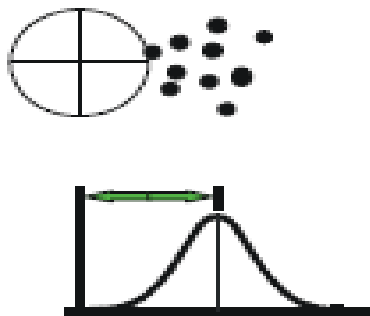
Acceptable



Not Acceptable



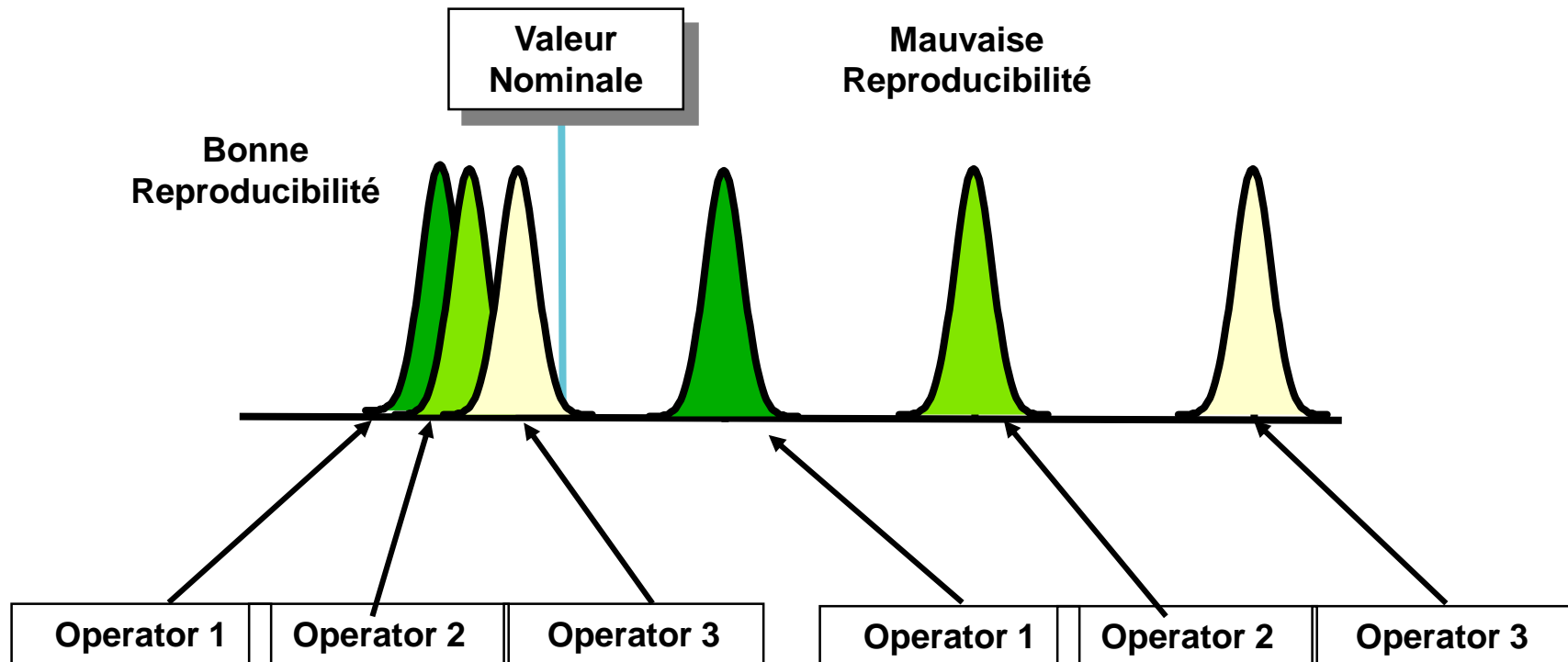
Not Acceptable



Reproductibilité des instruments de mesure

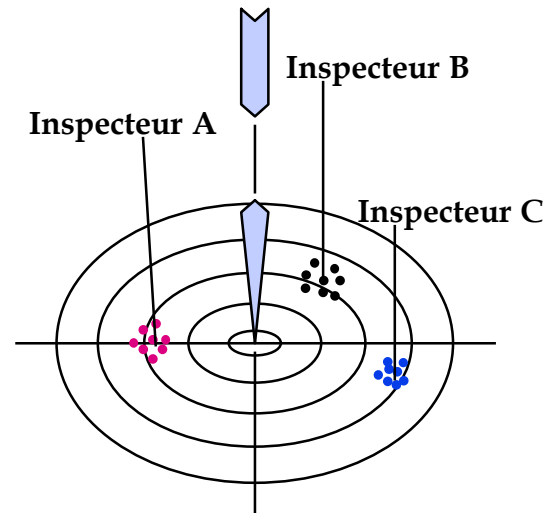
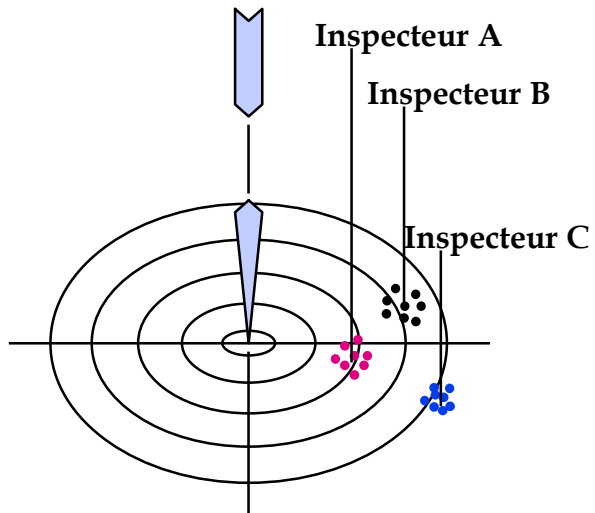


La reproductibilité d'un instrument de mesure est la variation des moyennes des mesures effectuées par *différents opérateurs* utilisant le *même instrument de mesure* et mesurant les mêmes caractéristiques d'une même pièce.



Précision

Valeur
maîtresse



➤ Variance du système de mesure:

- Résultat principal de l'étude analytique R&R
- Pour déterminer si le système de mesure est "bon" ou "mauvais" pour une certaine application, il faut comparer la variation des mesures à celle du produit/processus

➤ Comparer σ_{MS} avec la tolérance:

$$\sigma_{MS}^2 = \sigma_{rpt}^2 + \sigma_{rpd}^2$$

- Taux précision-tolérance (P/T)

➤ Comparer σ_{MS} avec la variation Produit/Processus (P/VT):

- % L'étude de variabilité (% Study variation)
- Taux de Signaux/Parasites (S/P)
- Indice de discrimination

Unités des systèmes de mesure



- Pour qualifier un instrument de mesure comme étant capable de satisfaire aux spécifications produit :

$$P / T = \frac{\text{Précision de l'instrument}}{\text{Plage de tolérance}}$$

$$P/T = \frac{5.15 * \sqrt{\sigma_{MS}^2}}{USL - LSL} = \frac{5.15 * \sigma_{MS}}{USL - LSL}$$

$$\% \text{Tolerance} = \frac{5.15 * \sigma_{MS}}{USL - LSL} * 100$$

- Pour quantifier les variations d'un instrument de mesure par rapport aux variations totales des mesures à étudier :

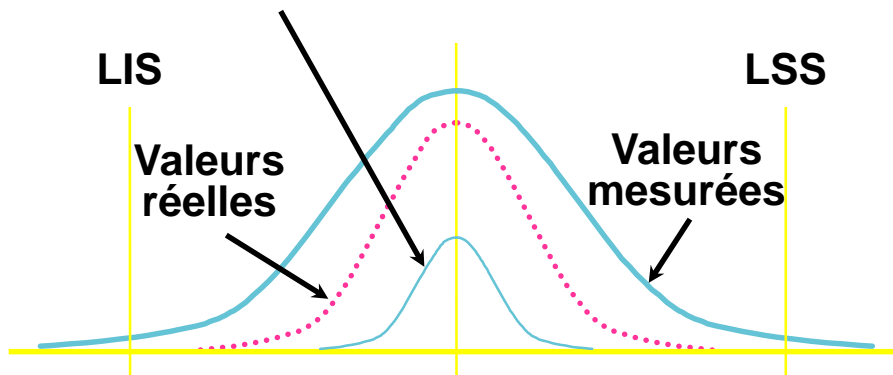
$$P / TV = \frac{\text{Précision de l'instrument}}{\text{Variations totales du procédé}}$$

$$P/TV = \frac{\sqrt{\sigma_{MS}^2}}{\sqrt{\sigma_{total}^2}} = \frac{\sigma_{MS}}{\sigma_{total}}$$

$$\% R \& R = \% \text{StudyVar} = \frac{\sigma_{MS}}{\sigma_{total}} * 100$$

$$\sigma^2_{total} = \sigma^2_{produit} + \sigma^2_{répétabilité} + \sigma^2_{reproductibilité}$$

Précision du système de mesure



Indice de la capacité des mesures



➤ Taux de Précision /Tolérance

$$P / T = \frac{5,15 * \sigma_{MS}}{\text{Tolérance}}$$

Nota: 99% de la courbe sera dans 5,15 σ 's.

Tolérance = LSS - LIS

“P à T” sert à qualifier un système de mesure capable de mesurer en fonction d’une spécification de produit donnée

- Indique quel pourcentage de la tolérance pris par l’erreur de mesure.
- Meilleur cas: < 10% Acceptable: < 30%
- Couvre la répétabilité et la reproductibilité

Indice du % de l'étude de la variance



$$\% E V = \frac{\sigma_{MS}}{\sigma_{Total}} \times 100$$

Exprimé en
général en
pourcentage

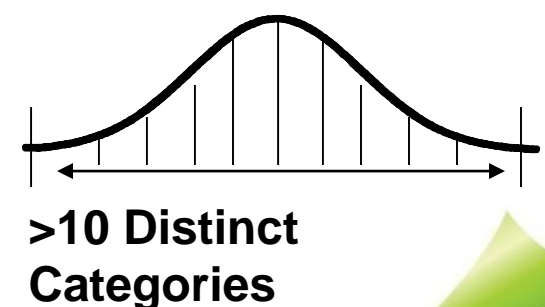
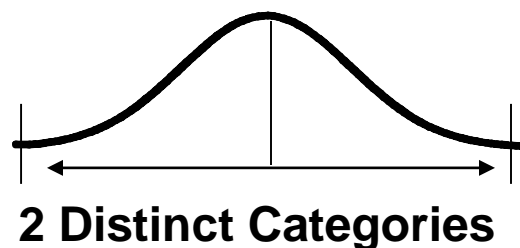
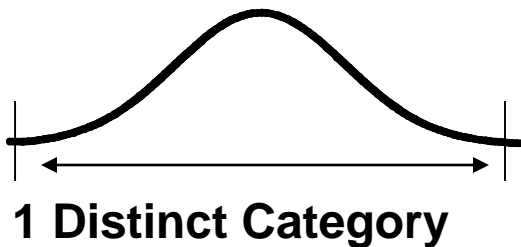
- Indique quel pourcentage de la tolérance est pris par l'erreur de mesure.
- “P à VT” sert à qualifier un système de mesure capable de mesurer la variation totale du processus observé
- Meilleur cas: < 10% Acceptable: < 30%
- Couvre la répétabilité et la reproductibilité
 - si le R&R est inférieur à 30% du sigma total, l'effet est moins de 10%
 - s'il est inférieur à 10% du sigma total, l'effet est moins de 1%
- Couvre à la fois la répétabilité et la reproductibilité

Indice discrimination



- L'indice de discrimination donne le nombre de divisions que le système de mesure peut mesurer avec exactitude dans la variation (de l'échantillon). Si cet indice est inférieur à 4, il est inapte à fournir des données pour une étude. S'il est égal à 4, il est équivalent à une jauge Passe/Ne passe pas. Nous aimerions voir une valeur de 5 ou plus.

$$DC = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{Part}}^2}{\sigma_{\text{MS}}^2} * 2} = \frac{1.41 * \sigma_{\text{Part}}}{\sigma_{\text{MS}}}$$



Autres indices statistiques



Le *taux Signal-Parasite (taux S/P)* indique la variation du produit par rapport à la variation du système de mesure. Le taux S/P doit être aussi élevé que possible.

$$\text{taux S/P} = \frac{\sigma_P}{\sigma_{SM}}$$

- **Le taux P/T est l'estimation la plus courante de la précision d'un système de mesure.**
 - Cette estimation peut être adéquate pour évaluer la performance du système de mesure par rapport à la spécification.
 - Toutefois, il se peut que les spécifications soient trop strictes ou pas assez.
 - En général, le taux P/T constitue une bonne estimation lorsque le système de mesure ne sert qu'à classer des échantillons de production. Mais, si la capacité du processus (C_{pk}) n'est pas correcte, le taux P/T peut vous donner une fausse impression de sécurité.
- **Le P/VT (R&R) est la meilleure mesure .**
 - Celle-ci estime la performance du système en ce qui concerne la variation globale du processus.
 - Le % R&R est la meilleure estimation lorsqu'on effectue des études d'amélioration de processus. Faire attention à utiliser des échantillons représentatifs de toute la plage du processus.

- **L'effet de P/T sur Cpk**
 - Un P/T élevé réduit la Cpk du processus de sa vraie valeur à une valeur observée inférieure.
- **L'effet de P/T sur l'évaluation des pièces**
 - Un P/T élevé augmente la probabilité que nous classerons le produit comme défectueux alors qu'il est bon et vice et versa.
- **L'effet du taux S/P sur la sensibilité du graphique de contrôle**
 - Un faible taux S/P augmente la durée pendant laquelle un processus incontrôlable reste inaperçu par le tableau de contrôle (voir graphique à barres X).
- **L'effet de l'indice de discrimination**
 - Si l'indice = 2, seules les données d'attributs sont disponibles et les échantillons doivent être plus grands.
 - Si l'indice est entre 5 et 10, la discrimination est plus fine et les échantillons peuvent être plus petits.

Critères d'approbation



- Il existe trois méthodes courantes utilisées pour qualifier un système de mesure
 - % Variation étude
 - Différentes catégories
 - Taux de discrimination (pas utilisé dans Minitab)
- Les règles de chaque méthode sont indiquées ci-dessous :

	P/TV	P/T	Discrimination Ratio
Accept	<10%	<10%	>10
Evaluate Use	10% – 30%	10% – 30%	4-9
Reject	>30%	>30%	<4

➤ Méthode R (range/Etendu)

- Utilisé pour avoir une estimation rapide de la variabilité du système de mesure
- Ne décompose pas la variabilité SM totale en répétabilité & reproductibilité

➤ Méthode X barre et R

- Utilisée d'habitude dans l'industrie automobile
- Peut séparer les opérateurs et les pièces mais pas l'interaction opérateur*pièce
- Les valeurs aberrantes auront une grande influence sur la méthode X barre et R

Méthode ANOVA

- Plus précise
- Peut séparer les interactions opérateur*pièce
- Augmente le pouvoir de partitionnement de la variance à travers l'analyse de la variance

Exemple Méthode R



- On utilise habituellement 02 opérateurs et 05 pièces
- Chaque opérateur mesure la caractéristique une seule fois

σ processus =0,8

Part	Op1	Op2	R
1	0,85	0,8	0,05
2	0,75	0,7	0,05
3	1	0,95	0,05
4	0,45	0,55	0,1

Process Ecart type=0,0777 (historique)

$$\text{AverageRange } (\bar{R}) = \frac{\sum R_i}{5} = 0,35/5 = 0,07$$

$$GRR = \left(\frac{\bar{R}}{d_2^*} \right) = 0,07/1,19 = 0,0588$$

$$\%GRR = 100 * \left(\frac{GRR}{\text{Process Standard Deviation}} \right) = 0,0588/0,8 = 7,3\%$$

%GRR <10% donc l'outil est bon à utiliser pas besoin des actions d'amélioration %

- 1) Sélectionnez des échantillons représentant au moins 80 % de la plage totale du procédé.
- 2) Étalonnez l'instrument de mesure ou assurez-vous qu'il a été étalonné.
- 3) Préparez la feuille de travail pour l'étude R&R de l'instrument de mesure :
-En-tête de colonnes pour Opérateur, Pièce, Mesure
- 4) Le premier opérateur mesure tous les échantillons une fois dans un ordre aléatoire.
(Il vaut mieux utiliser un échantillonnage aveugle où l'opérateur ne connaît pas l'identité de la pièce afin de réduire le biais humain. Les pièces doivent représenter 80 % de toute la variabilité à long terme).
- 5) Le second opérateur mesure tous les échantillons une fois dans un ordre aléatoire ; Continuez jusqu'à ce que tous les opérateurs aient mesuré les échantillons une fois (ceci est le 1er Essai).
- 6) Répétez les étapes 4-5 autant de fois (essais) que nécessaire.
- 7) Entrez les données et les informations de tolérance dans Minitab :
Stat > Outils de qualité > Étude R&R des instruments
Stat > Outils de qualité > Carte d'essais des instruments
- 8) Analysez les résultats et évaluez la qualité du système de mesure sur la base des directives de la page suivante. Déterminez les actions de suivi.

Part No. & Name:	
Characteristics:	
Specifications:	

Gage Name:	
Gage Number:	
Gage Type:	

Date:	
Performed by:	

Upper Spec	75	# of Trials =	3	K ₁ =	
Lower Spec	35	# of appraisers =	3	K ₂ =	
Total Tol	40	# of parts =	10	K ₃ =	

Xbar diff =	1,367	D ₄ =	2,574
Rbarbar =	1,500	R _p =	9,22222

Appraiser	Trial	Part										Average	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	1	56	63	56	57	58	56	56	57	65	58	58,200	
	2	55	62	54	55	58	55	55	57	65	57	57,300	
	3	57	62	55	56	57	54	56	56	64	57	57,400	
	Average	56,00	62,33	55,00	56,00	57,67	55,00	55,67	56,67	64,67	57,33	Xbar a =	57,633
	Range	2,00	1,00	2,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Rbar a =	1,400
B	1	57	64	57	56	59	60	58	57	64	61	59,300	
	2	58	64	55	57	60	59	56	58	64	60	59,100	
	3	56	64	56	55	60	57	56	57	65	60	58,600	
	Average	57,000	64,000	56,000	56,000	59,667	58,667	56,667	57,333	64,333	60,333	Xbar b =	59,000
	Range	2,000	-	2,000	2,000	1,000	3,000	2,000	1,000	1,000	1,000	Rbar b =	1,500
C	1	56	62	55	56	57	55	55	57	65	58	57,600	
	2	57	64	55	57	60	57	55	58	64	59	58,600	
	3	56	64	55	55	60	56	57	57	65	60	58,500	
	Average	56,333	63,333	55,000	56,000	59,000	56,000	55,667	57,333	64,667	59,000	Xbar c =	58,233
	Range	1,000	2,000	-	2,000	3,000	2,000	2,000	1,000	1,000	2,000	Rbar c =	1,600
Part Average		56,444	63,222	55,333	56,000	58,778	56,556	56,000	57,111	64,556	58,889	Xbarbar =	58,28889
												R _p =	9,22222
[(Rbar a + Rbar b + Rbar c) / # of appraisers = 3] = Rbarbar												Rbarbar =	1,5000
(Max Xbar) - Min Xbar) = Xbar diff												Xbar diff =	1,367
Rbarbarx D4 = UCL R												UCL R =	3,8610

Calcul numérique: Méthode Xbar/R



Variation de l'équipement: répétabilité

$$EV = \bar{\bar{R}} \times K_1 \quad K1, \text{ trial nbr}$$

$$[(Rbar a + Rbar b + Rbar c) / \# \text{ of appraisers} = 3] = Rbarbar$$

Variation de l'opérateur: reproductibilité

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - \frac{(EV)^2}{nr}} \quad K2, \text{ Appraiser nbr}$$

$$(\text{Max Xbar}) - \text{Min Xbar} = \text{Xbar diff}$$

Variation du système de mesure σ_{ms}

$$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$$

Variation de la pièce σ_p

$$PV = R_p \times K_3 \quad K3, \text{ Parts nbr}$$

$$\text{Xbar diff} = \text{MAX}(\text{Xbar a}; \text{Xbar b}; \text{Xbar c}) - \text{Min}((\text{Xbar a}; \text{Xbar b}; \text{Xbar c}))$$

Variation totale σ_{tot}

$$TV = \sqrt{(GRR)^2 + (PV)^2}$$

Taux précision-variation tot

% variation répétabilité

$$\%EV = 100 [EV/TV]$$

Taux précision-tolérance

$$\%EV = 100(EV/TT) \times 5,15$$

% variation reproductibilité

$$\%AV = 100 [AV/TV]$$

$$\%AV = 100(AV/TT) \times 5,15$$

% variation système de mesure

$$\%GRR = 100 [GRR/TV]$$

$$\%GRR = 100(GRR/TT) \times 5,15$$

% variation pièce

$$\%PV = 100 [PV/TV]$$

$$\%PV = 100(PV/TT) \times 5,15$$

Indice de discrimination

$$ndc = 1.41 \left(\frac{PV}{GRR} \right)$$

$$ndc = 1.41 \left(\frac{PV}{GRR} \right)$$

Gage Repeatability and Reproducibility Report - % TOLERANCE (5.15 Sigma)

a part of your Opt...

Part No. & Name:	
Characteristics:	
Specifications:	

Gage Name:	
Gage Number:	
Gage Type:	

Date:	
Performed by:	

Upper Spec	75	# of Trials =	3	K ₁ =	0,5908
Lower Spec	35	# of appraisers =	3	K ₂ =	0,5231
Total Tol	40	# of parts =	10	K ₃ =	0,3251

Xbar diff =	1,367	D ₄ =	2,574
Rbarbar =	1,500	R _p =	9,22222
σ =	0,886	d ₂	1,69300

Measurement Unit Analysis				% Total Tolerance		
<div>Repeatability - Equipment Variation (EV)</div> <div><div>$EV = \bar{\bar{R}} \times K_1$</div><div><div>=</div><div>0,886</div></div></div>				Percent Equipment Variation		
				<div><div>$\%EV=100(EV/ TT) \times 5,15$</div><div><div>=</div><div>11,410</div><div>%</div></div></div>		
				<div>Trials</div>	<div>K₁</div>	
				<div>2</div>	<div>0,8862</div>	
				<div>3</div>	<div>0,5908</div>	
<div>Reproducibility - Appraiser Variation (AV)</div> <div><div>$AV = \sqrt{\left(\bar{\bar{X}}_{DIFF} \times K_2\right)^2 - \frac{(EV)^2}{nr}}$</div><div><div>=</div><div>0,6964</div></div></div>				Percent Appraiser Variation		
				<div><div>$\%AV=100(AV/ TT) \times 5,15$</div><div><div>=</div><div>8,966</div><div>%</div></div></div>		
				<div>Appraisers</div>	<div>2</div>	<div>3</div>
				<div>K2</div>	<div>0,7071</div>	<div>0,5231</div>
<div>Repeatability & Reproducibility (GRR)</div> <div><div>$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$</div><div><div>=</div><div>1,1271</div></div></div>				Percent Gage RR		
				<div><div>$\%GRR=100(GRR/ TT) \times 5,15$</div><div><div>=</div><div>14,511</div><div>%</div></div></div>		
<div>Part Variation (PV)</div> <div><div>$PV = R_p \times K_3$</div><div><div>=</div><div>2,9981</div></div></div>				Percent Part Variation		
				<div><div>$\%PV=100(PVV/ TT) \times 5,15$</div><div><div>=</div><div>38,601</div><div>%</div></div></div>		
<div>Total Tolerance</div> <div><div>TV</div><div>= Upper Spec - Lower Spec</div><div>=</div><div>40</div></div>				Number of Distinct Categories		
				<div><div>$ndc = 1.41\left(\frac{PV}{GRR}\right)$</div><div><div>=</div><div>3,751</div></div></div>		

Measurement Unit Analysis			% Total Variation	
Repeatability - Equipment Variation (EV)			Percent Equipment Variation	
$EV = \bar{\bar{R}} \times K_1$			$\%EV = 100 [EV/TV]$	
= 0,886	Trials	K ₁	= 28,422 %	
	2	0,887		
	3	0,591		
Reproducibility - Appraiser Variation (AV)			Percent Appraiser Variation	
$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - \frac{(EV)^2}{n}}$			$\%AV = 100 [AV/TV]$	
= 0,6964	Appraiser	K ₂	= 22,340 %	
	2	0,707		
	3	0,523		
Repeatability & Reproducibility (GRR)			Percent GageRR	
$GRR = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$			$\%GRR = 100 [GRR/TV]$	
= 1,1269			= 36,151 %	
Part Variation (PV)			Percent Part Variation	
$PV = R_p \times K_3$			$\%PV = 100 [PV/TV]$	
= 2,906	Parts	K ₃	= 93,237 %	
	2	0,707		
	3	0,523		
	4	0,447		
	5	0,403		
	6	0,374		
	7	0,353		
	8	0,338		
	9	0,325		
	10	0,315		
Total Variation (TV)			Number of Distinct Categories	
$TV = \sqrt{(GRR)^2 + (PV)^2}$			$ndc = 1.41 \left(\frac{PV}{GRR} \right)$	
= 3,1173			= 3,637	

Méthode ANOVA



Degrés de liberté (DL):

Degrés de liberté (DL) pour chaque SC (somme des carrés). En règle générale, le DL mesure la quantité d'informations disponible pour le calcul de chaque SC.

$$DL_{\text{Pièce}} = a - 1$$

$$DL_{\text{Opérateur}} = b - 1$$

$$DL_{\text{Pièce} \times \text{Opérateur}} = (a - 1)(b - 1)$$

$$DL_{\text{Répétabilité}} = ab(n - 1)$$

$$DL_{\text{Total}} = abn - 1$$

Somme des carrés (SomCar)

La somme des carrés (SC) est la somme des distances quadratiques. Il s'agit d'une mesure de la variabilité issue de différentes sources.

SS
pièce :

$$\text{SomCar}_{\text{Pièce}} = bn \sum (\bar{x}_{i.} - \bar{x}_{..})^2$$

SS
opérateur :

$$\text{SomCar}_{\text{Opérateur}} = an \sum (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2$$

SS
répétabilité :

$$\text{SomCar}_{\text{Répétabilité}} = \sum \sum \sum (x_{ijk} - \bar{x}_{ij.})^2$$

SS
totale :

$$\text{SomCar}_{\text{Total}} = \sum \sum \sum (x_{ijk} - \bar{x}_{..})^2$$

$$\text{SomCar}_{\text{Pièce} \times \text{Opérateur}} = \text{SomCar}_{\text{Total}} - (\text{SomCar}_{\text{Pièce}} + \text{SomCar}_{\text{Opérateur}} + \text{SomCar}_{\text{Répétabilité}})$$

b nombre d'opérateurs
n nombre de répétitions
 $\bar{x}_{i.}$ moyenne pour chaque pièce
 $\bar{x}_{..}$ Moyenne générale

a nombre de pièces
 $\bar{x}_{.j}$ moyenne pour chaque opérateur
 x_{ijk} chaque observation
 $\bar{x}_{ij.}$ moyenne de chaque niveau de facteur

Carrés moyens (CM)

Les carrés moyens (CM) correspondent à la variabilité des données issue de différentes sources. La méthode des carrés moyens tient compte du fait que des sources différentes ont des nombres différents de niveaux ou de valeurs possibles.

$$CM_{\text{Pièce}} = \frac{\text{SomCar}_{\text{Pièce}}}{DL_{\text{Pièce}}}$$

$$CM_{\text{Opérateur}} = \frac{\text{SomCar}_{\text{Opérateur}}}{DL_{\text{Opérateur}}}$$

$$CM_{\text{Pièce} * \text{Opérateur}} = \frac{\text{SomCar}_{\text{Pièce} * \text{Opérateur}}}{DL_{\text{Pièce} * \text{Opérateur}}}$$

$$CM_{\text{Répétabilité}} = \frac{\text{SomCar}_{\text{Répétabilité}}}{DL_{\text{Répétabilité}}}$$

La statistique F permet de déterminer si les effets des termes Opérateur, Pièce ou Opérateur*Pièce sont statistiquement significatifs.

$$F_{\text{Pièce}} = \frac{CM_{\text{Pièce}}}{CM_{\text{Pièce} * \text{Opérateur}}}$$

$$F_{\text{Opérateur}} = \frac{CM_{\text{Opérateur}}}{CM_{\text{Pièce} * \text{Opérateur}}}$$

$$F_{\text{Pièce} * \text{Opérateur}} = \frac{CM_{\text{Pièce} * \text{Opérateur}}}{CM_{\text{Répétabilité}}}$$

La valeur de p

La valeur de p correspond à la probabilité d'obtenir une statistique de test (telle qu'une statistique F) au moins aussi extrême que la valeur que vous avez calculée à partir de l'échantillon, si l'hypothèse nulle est vérifiée.

Composantes de la Variation



$$\text{Répétabilité} = CM_{\text{Répétabilité}}$$

Lorsque interaction compte

$$\text{Opérateur} = \frac{CM_{\text{Opérateur}} - CM_{\text{Opérateur} * \text{Pièce}}}{a * n}$$

$$\text{Opérateur} * \text{Pièce} = \frac{CM_{\text{Opérateur} * \text{Pièce}} - CM_{\text{Répétabilité}}}{n}$$

$$\text{De pièce à pièce} = \frac{CM_{\text{Pièce}} - CM_{\text{Opérateur} * \text{Pièce}}}{b * n}$$

Lorsque interaction ne compte pas

$$\text{Opérateur} = \frac{CM_{\text{Opérateur}} - CM_{\text{Répétabilité}}}{a * n}$$

$$\text{De pièce à pièce} = \frac{CM_{\text{Pièce}} - CM_{\text{Répétabilité}}}{b * n}$$

Gage R&R Study - ANOVA Method

Variance and Standard Deviation Components

Source	St. Dev.	Variance	% of Variance
Total Gage R&R	1,163671	1,354131054	11,89%
Repeatability	0,956757	0,915384615	8,04%
Reproducibility	0,662379	0,438746439	3,85%
Operator	0,662379	0,438746439	3,85%
Operator*Part	0	0	0,00%
Part to Part	3,167534	10,03327002	88,11%
Total Variation	3,374522	11,38740108	100,00%

Process Tolerance = 10

Gage R&R Using 5.15 Standard Deviations (99%)

Source	Study Variation	% Study Variation	% of Tolerance
Total Gage R&R	1,163671	34,48%	14,98%
Repeatability	0,956757	28,35%	12,32%
Reproducibility	0,662379	19,63%	8,53%
Operator	0,662379	19,63%	8,53%
Operator*Part	0	0,00%	0,00%
Part to Part	3,167534	93,87%	40,78%
Total Variation	3,374522	100,00%	

Gage R&R Using 6.0 Standard Deviations (99.7%)

Source	Study Variation	% Study Variation	% of Tolerance
Total Gage R&R	1,163671	34,48%	17,46%
Repeatability	0,956757	28,35%	14,35%
Reproducibility	0,662379	19,63%	9,94%
Operator	0,662379	19,63%	9,94%
Operator*Part	0	0,00%	0,00%
Part to Part	3,167534	93,87%	47,51%
Total Variation	3,374522	100,00%	

Number of Distinct Categories = 0,37913

Analysis of Variance (ANOVA) Table

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	9	820,9333	91,21481481	68,222	0,000
Operator	2	28,15556	14,07777778	10,529	0,001
Op.x Part Interaction	18	24,06667	1,337037037	1,695	0,066
Gage (error)	60	47,33333	0,788888889		
Total	89	920,4889			

p value for Op. x Part Interaction as error term = 0.25

Gage R&R Study - Xbar/Range Method

Variance and Standard Deviation Components

Source	St. Dev.	Variance	% of Variance
Total Gage R&R	1,126937	1,269988	13,07%
Repeatability	0,886001	0,784998	8,08%
Reproducibility	0,696412	0,48499	4,99%
Part to Part	2,906476	8,4476	86,93%
Total Variation	3,117305	9,717588	

Process Tolerance = 10

Gage R&R Using 5.15 Standard Deviations (99%)

Source	Std deviation	%stud Variation	% of Tolerance
Total Gage R&R	1,126937	36,2%	14,5%
Repeatability	0,886001	28,4%	11,4%
Reproducibility	0,696412	22,3%	9,0%
Part to Part	2,906476	93,2%	37,4%
Total Variation	3,117305		

Gage R&R Using 6.0 Standard Deviations (99.7%)

Source	Std deviation	%stud Variation	% of Tolerance
Total Gage R&R	1,126937	36,2%	16,9%
Repeatability	0,886001	28,4%	13,3%
Reproducibility	0,696412	22,3%	10,4%
Part to Part	2,906476	93,2%	43,6%
Total Variation	3,117305		

Number of Distinct Categories = 3,646836

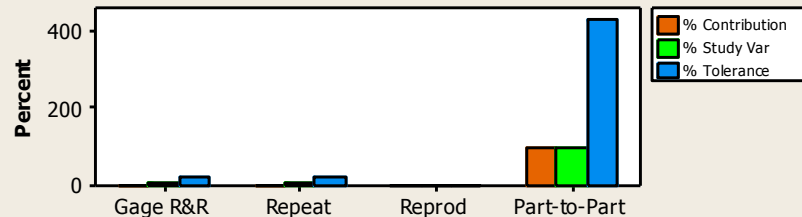
Analyse Graphique

Porta Spec R&R

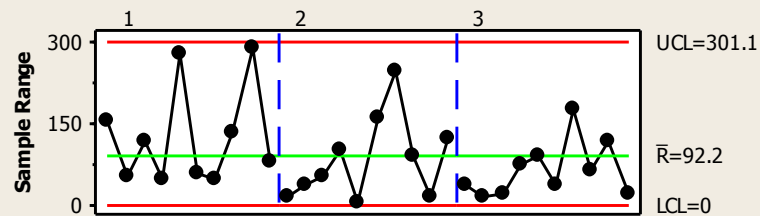
Gage name:
Date of study:

Reported by :
Tolerance:
Misc:

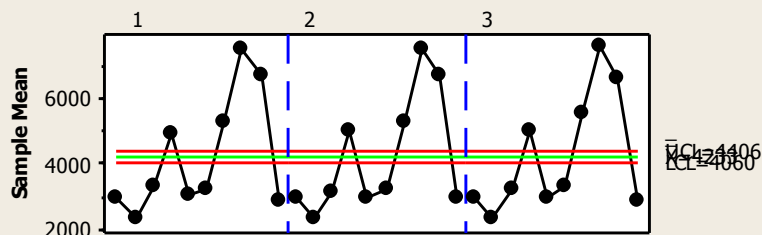
Components of Variation



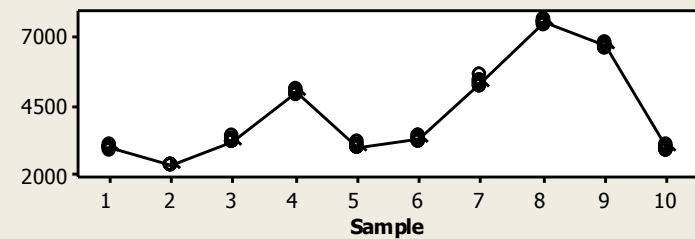
R Chart by Operator



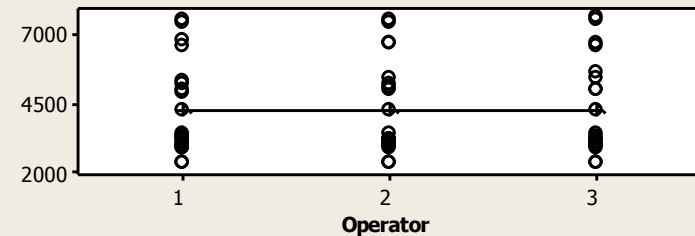
Xbar Chart by Operator



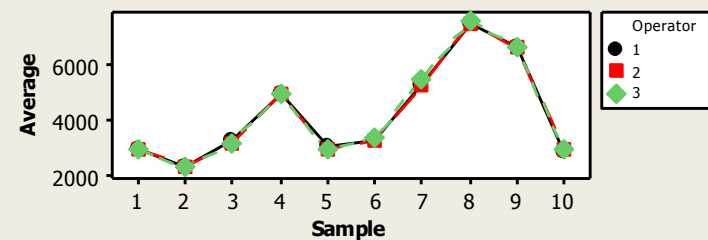
Result by Sample



Result by Operator

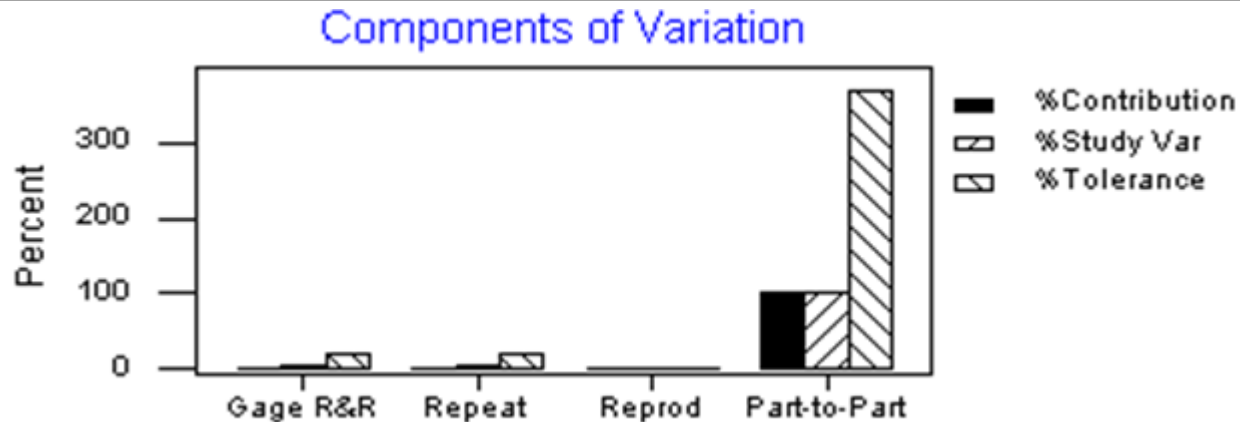


Operator * Sample Interaction



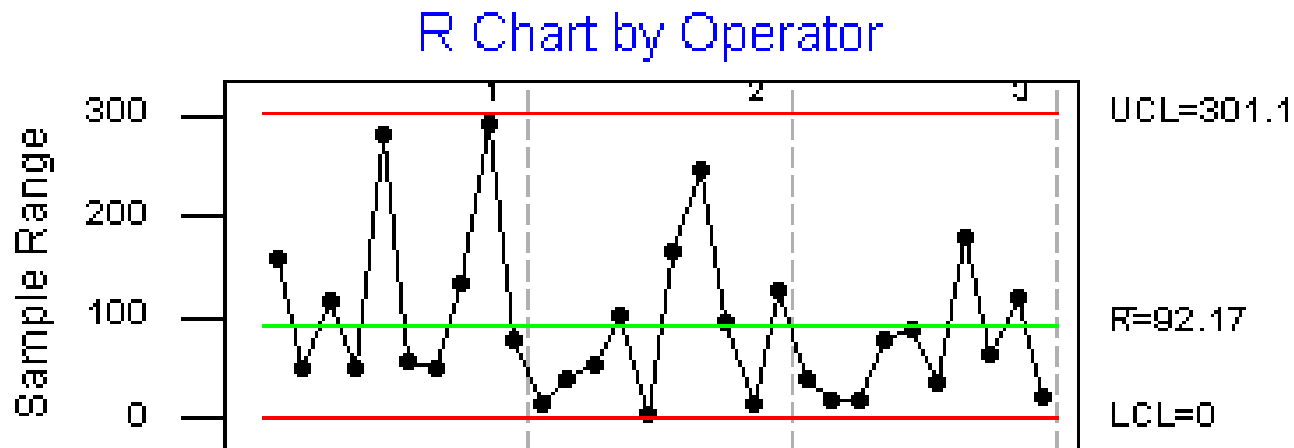
Composantes de la Variation résume la table ANOVA :

- **% Contribution** : Pourcentage de la variation du procédé. la composante de la variance divisée par la variation du procédé x100.
- **% Variation de l'étude**: la variation de l'étude divisée par la variation totale de l'étude x100
- **% Tolérance** : variation de l'étude, divisée par la tolérance de procédé. X100(lorsqu'on indique une IT ou ne limite de spec).
- **% Procédé** : la variation de l'étude , divisée par la variation de procédé.(lorsque vous indiquez un écart type historique).



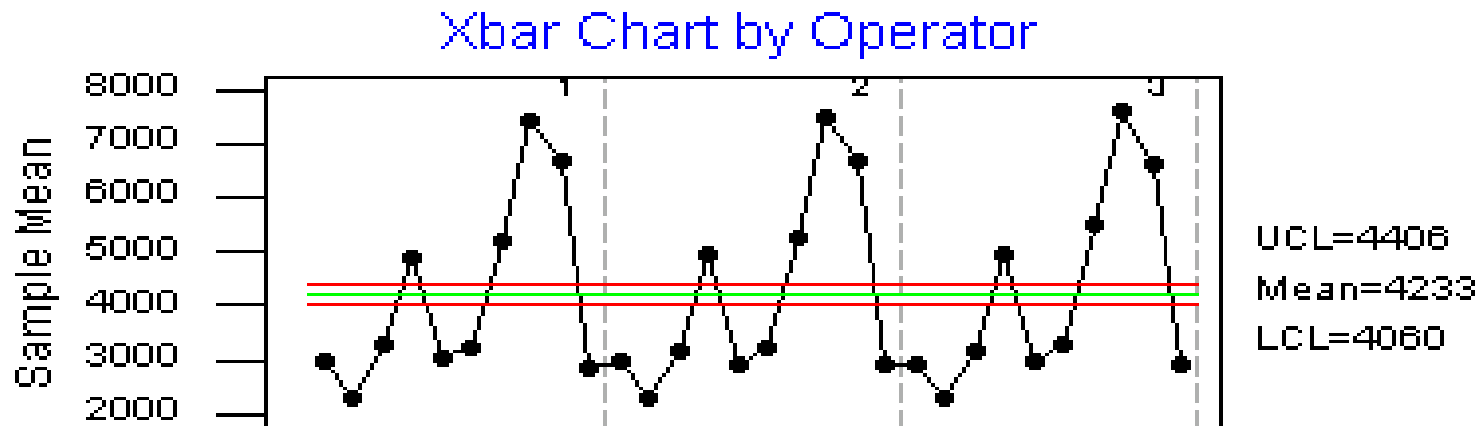
Idéal: la barre Pièce-Pièce est la plus haute

- La chart R : détermine si les opérateurs mesurent les pièces de façon cohérente
 - Les points représentent l'écart de la valeur de chaque pièce
 - La ligne verte est la moyenne des écart du processus
 - Les limites de contrôle rouge représentent la quantité des variations attendues pour l'écart des sous groupes.



Idéal: tous les points du graphique sous contrôle

- **Le Xbar Chart :détermine si le système de mesure est acceptable**
 - Les points représentent la moyenne de la mesure de chaque pièces effectué par chaque opérateur.
 - La ligne verte au centre , est la moyenne de tous les mesures faites par les opérateurs.
 - Les limites de contrôle rouges (UCL & LCL), le taux de variabilité entre les pièces et le nombre des mesures pour chaque moyenne.

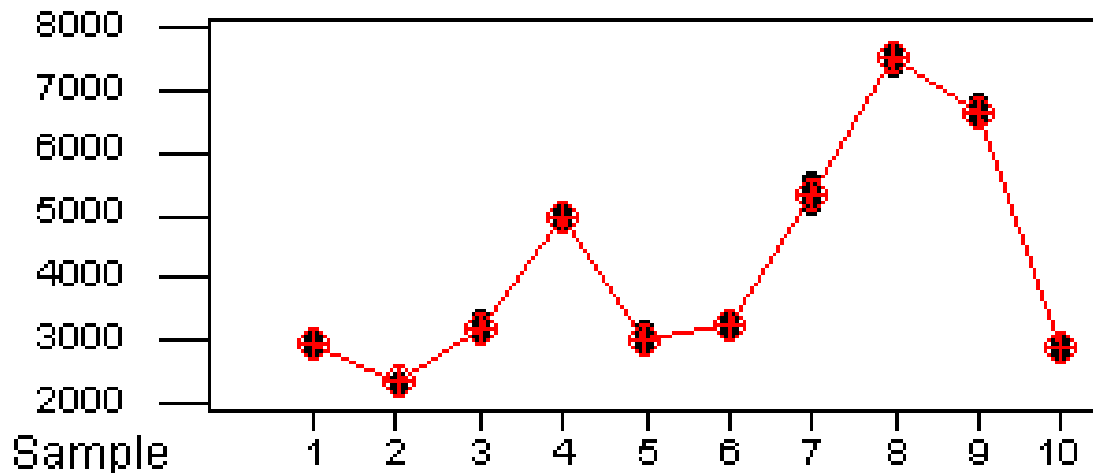


Idéal : Tous les points dans cette graphe en dehors des limites de contrôle et même allure des courbes pour tous les opérateurs

- **Chart des échantillons (pièces):** Illustre tous les mesures par pièces.

Les mesures sont représentées par des points; les moyennes par des cercles. La ligne rouge lie les moyennes de chaque pièces.

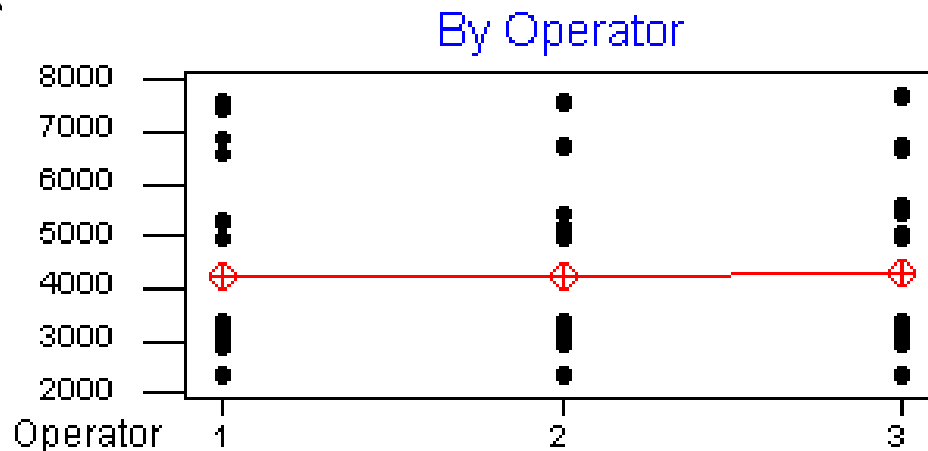
By Sample



Idéal: les mesures pour chaque pièces varient le minimum possible et les moyennes varient suffisamment pour distinguer clairement la différence entre les pièces

➤ Carte par opérateur

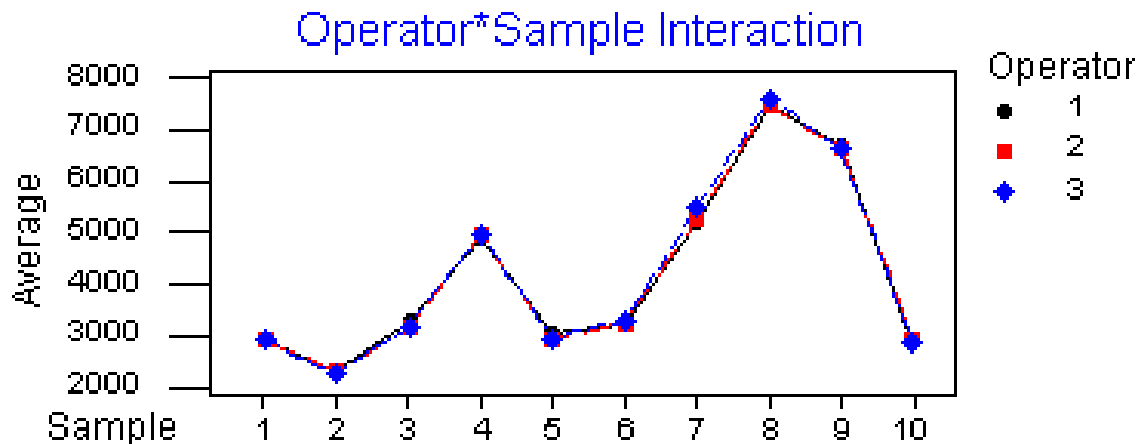
- La graphie montre tous les mesures par opérateur qui sont représentées par points, les moyennes par cercle et la ligne rouge lie les moyennes de tous les opérateurs



Idéal: les mesures par opérateur varient de la même façon et les moyennes varient légèrement (ligne droite)

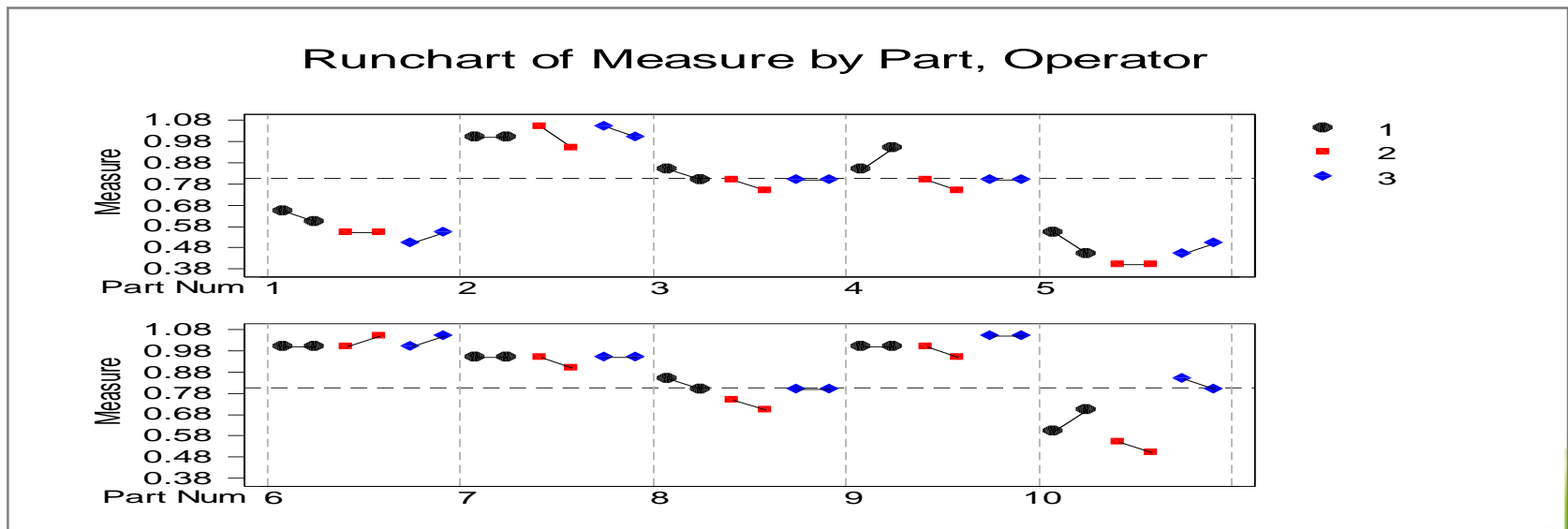
➤ Carte Interaction Operateur*Pièce

- La graphe montre la moyennes des mesures de chaque opérateur pour chaque pièces. Chaque ligne lie les moyennes par opérateur.



Idéal: les lignes suivent la même allure et les moyennes varient suffisamment pour distinguer la différence entre elles

- Génère une carte d'essais des mesures par opérateur et par pièce
- Nous permet de visualiser la répétabilité et la reproductibilité pour et entre opérateurs et pièces
- La ligne médiane est la moyenne générale des pièces
- Stat > Outils de qualité > Carte d'essais des instruments



Faible capabilité d'un instrument Trouble shooting



- Si une source de variation dominante est répétitive (équipement), vous devez remplacer, réparer ou régler l'appareil.
- Si c'est l'opérateur qui est une source de variation dominante (reproductibilité), vous devez examiner soit la formation, soit la qualité et l'utilisation de vos procédures standard d'exploitation ou de mesure. Vous devriez chercher les différences entre les opérateurs pour savoir s'il s'agit d'un problème de formation, de compétences et/ou de procédure.
- Évaluez les spécifications. Sont-elles raisonnables ?
- Si la capabilité de l'instrument est marginale (30 % de tolérance, par exemple) et le procédé fonctionne avec une aptitude élevée (Cpk supérieur à 2), l'instrument ne vous gêne probablement pas et vous pouvez continuer à l'utiliser.

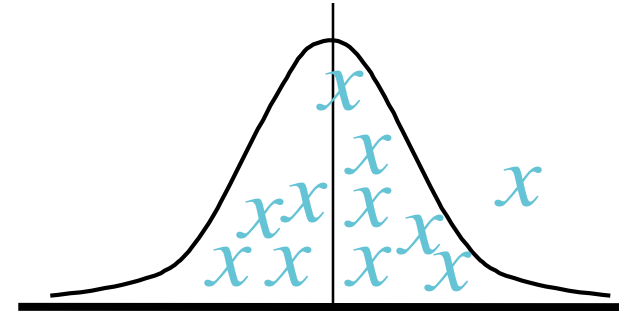
Contrôle de la répétabilité :Solution à court terme



➤ **Note** : Si vous voulez diminuer vos erreurs de mesure, exploitez la racine carrée de l'erreur standard de l'échan-tillon.

➤ La technique calculant la moyenne utilise :

$$\frac{1}{\sqrt{n}}$$



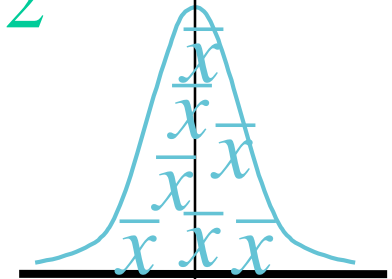
Distribution d'individus

■ n = nombre de mesures répétées effectuées sur la même pièce

■ mesure = moyenne de “n” lectures

$$\frac{1}{\sqrt{4}} = 1/2$$

■ Exemple : une erreur de mesure de 50 % peut être réduite de moitié si votre évaluation par points est la moyenne de 4 mesures répétées



Distribution de moyens

■ N'utilisez cette technique qu'à court terme pour effectuer une étude. Vous devez toutefois réparer l'instrument de mesure.

Test Destructif

- **L'analyse gage R&R est réalisée lorsque le test change ou déforme les échantillons (pièce).**

- **Exemples :**
 - Test de Traction (pullout force)
 - Analyse flux liquide viscosité
 - Compositions chimiques

- **La différence majeure avec la méthode traditionnelle du GR&R, se trouve dans la façon de sélectionner les échantillons et le degré d'évaluation de l'instrument.**

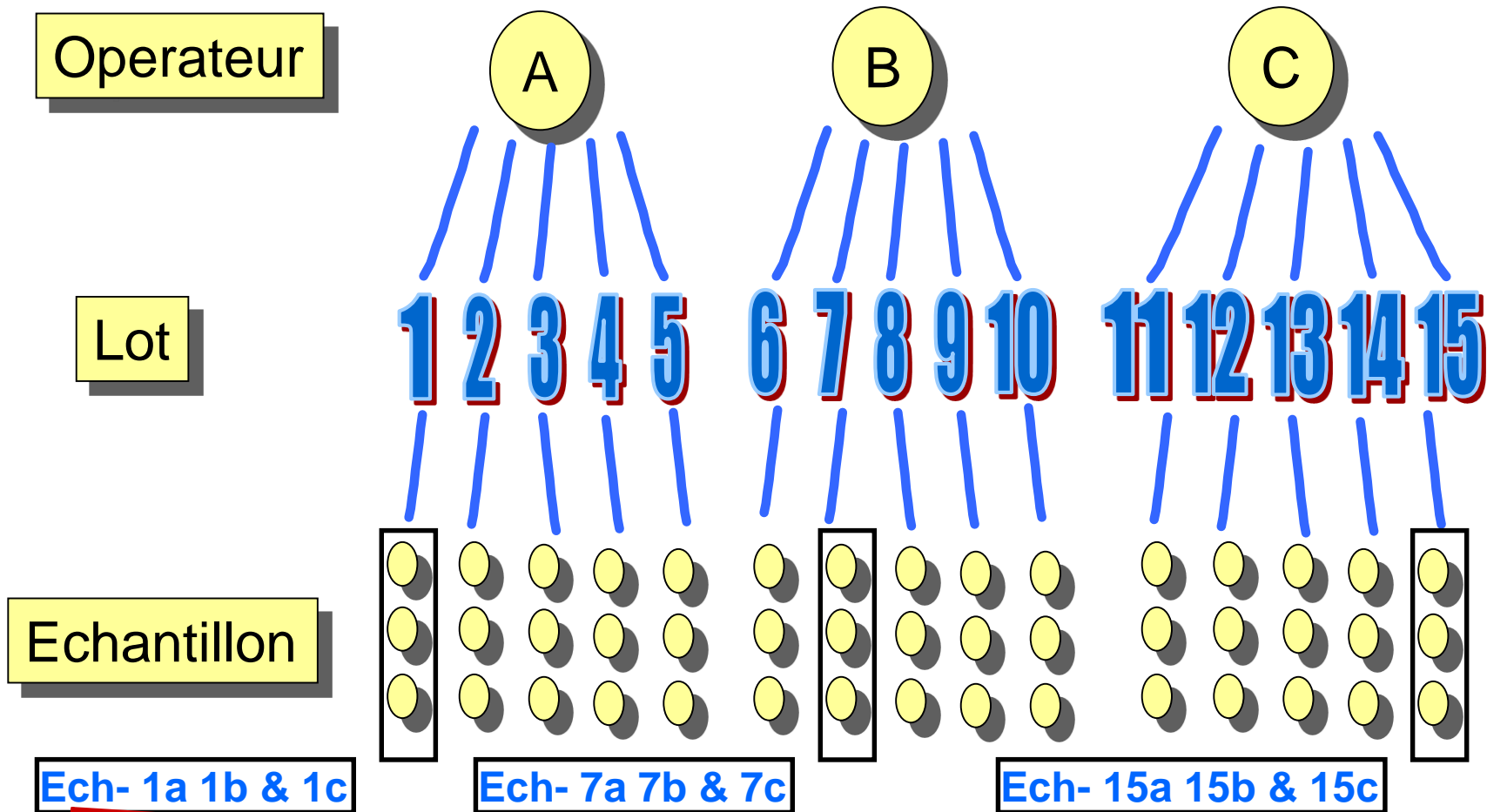
- **Au lieu d'utiliser 10 échantillons distinctes, Il est nécessaire de créer un lot d'échantillon à des caractéristiques similaires (faible variabilité)**

“Supposition d'homogénéité du lot”

- **Règles de préparation du lot d'échantillon :**
 - Prendre des échantillons successifs fabriqué en même temps, par le même opérateur, le même équipement, le même lot matière etc. ce qui permet de minimiser la variabilité des échantillons.
 - Introduire la variation entre les lots par le changement des conditions ci dessus qui peut impacter les caractéristiques à mesurer d'ou 80% de la variation du processus est représenté entre les lots

- Si les lots homogènes peuvent être divisé en échantillons, chaque opérateurs mesure minimum deux échantillons par lot :
 - Le lot est grand pour permettre aux opérateur de mesurer minimum 02 échantillons ou plus
 - Le lot est croisé avec les opérateurs qui peuvent tester chaque lot plusieurs fois
- Si la taille de lot est faible et qui ne permet pas d'avoir le même nombre d'échantillon pour chaque opérateur pour réaliser et répéter les mesures:
 - Le lot est petit et ne permet pas d'effectuer 02 mesures pour chaque opérateur

Modèle emboîté



Seulement 03 échantillons par lot – pas assez d'échantillon pour mesurer 02 fois pour chaque opérateur

GR&R Méthode emboîtée



- Générer des lots homogènes
 - 3 (minimum) à 10 (idéale) lots par opérateur
 - Par nature les lots seront petit
- Distribuer aléatoirement les lots entre les opérateurs
 - Différent lots à mesurer sont alloués par opérateur
 - Opérateurs mesurent les échantillons (minimum 2) de chaque lot alloué
- Opérateurs mesurent les échantillons aléatoirement
- Répéter les mesures des échantillons
- Les mêmes critères que précédemment sont appliquées pour qualifier les système de mesure

La somme des carrées



$$\text{SomCar}_{\text{Opérateur}} = an \sum (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{...})^2$$

$$DL_{\text{Opérateur}} = b - 1$$

$$\text{SomCar}_{\text{Pièce(Opérateur)}} = n \sum \sum (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{.j})^2$$

$$DL_{\text{Pièce(Opérateur)}} = b(a - 1)$$

$$\text{SomCar}_{\text{Répétabilité}} = \sum \sum \sum (x_{ijk} - \bar{x}_{ij})^2$$

$$DL_{\text{Répétabilité}} = ab^*(n - 1)$$

$$\text{SomCar}_{\text{totale}} = \text{SomCar}_{\text{Opérateur}} + \text{SomCar}_{\text{Pièce (Opérateur)}} + \text{SomCar}_{\text{Répétabilité}}$$

$$DL_{\text{Total}} = abn - 1$$

Composition de la variance

$$\text{Répétabilité} = CM_{\text{Répétabilité}}$$

$$\text{Reproductibilité} = b * \frac{CM_{\text{Opérateur}} - CM_{\text{Opérateur(Pièce)}}}{a * n}$$

$$\text{De pièce à pièce} = \frac{CM_{\text{Pièce(Opérateur)}} - CM_{\text{Répétabilité}}}{n}$$

$$\text{Variation totale} = \text{CompVar}_{\text{R\&R de l'instrumentation totale}} + \text{CompVar}_{\text{De pièce à pièce}}$$

- **L'échantillon ne peut pas être mesuré plus qu'une fois, avec test destructif des considérations spéciales doivent être prises pour la MSA:**
 - Les échantillons sont générés à partir des lots homogènes en pièces ou en matière
 - Comme d'habitude gage R&R, 80% de variation de processus doivent être généré par les lots, pièces ou matière
 - Grand taille de lot(4-9 échantillons par lot) - Crossed Methodology
 - Petite taille de lot (2-3 échantillons par lot) - Nested Methodology
 - Critères d'acceptation sont les mêmes que le gage R&R traditionnel
- **Le Planning est l'aspect le plus important du MSA avec des échantillons destructif**

Etude de l'instrumentation de type 1:



Une étude de l'instrumentation de type 1 n'évalue que la variation issue de l'instrumentation. Elle évalue les effets du biais et de la répétabilité sur les mesures (01 opérateur/01 pièce référence).

Elle est utilisée se concentrer uniquement sur l'instrumentation et non sur d'autres sources de variation. (comme première étape de l'analyse complète des systèmes de mesure).

Pour évaluer la répétabilité d'une instrumentation, on calcule la mesure C_g pour comparer la variation de l'étude avec un pourcentage de la tolérance. Des valeurs C_g supérieures à 1,33 indiquent que la dispersion des mesures de l'instrumentation est suffisamment faible par rapport à l'étendue de la tolérance.

C_{gk} évalue la répétabilité et le biais en comparant la variation de l'étude à la tolérance, mais détermine également si les mesures sont "ciblées".

Une valeur C_{gk} de 1,33 constitue une valeur de référence commune pour signaler une instrumentation capable, c'est-à-dire une instrumentation qui soit à la fois précise (bonne répétabilité) et exacte (biais faible).

Etude de l'instrumentation de type 1:



%var. Cg (répétabilité)

La valeur %var. pour la répétabilité compare la répétabilité de l'instrumentation à la tolérance.

%var.Cgk (répétabilité et biais)

La valeur %var. pour la répétabilité et le biais compare le biais et la répétabilité à la tolérance.

$$C_g = \frac{K/100 * \text{Tolérance}}{L * s}$$

$$C_{gk} = \frac{K/200 * \text{Tolérance} - |\bar{X}_g - X_m|}{L * s}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\frac{(K * VE)/2}{(\frac{K}{200} * \text{Tolérance}) - |\bar{X} - X_m|} = \frac{K}{C_{gk}}$$

$$\frac{VE}{\text{Tolérance}} * 100 = \frac{K}{C_g}$$

$$\text{Biais} = \bar{X} - X_m$$

K Pourcentage de la tolérance (20 est la valeur par défaut)

\bar{X}_g

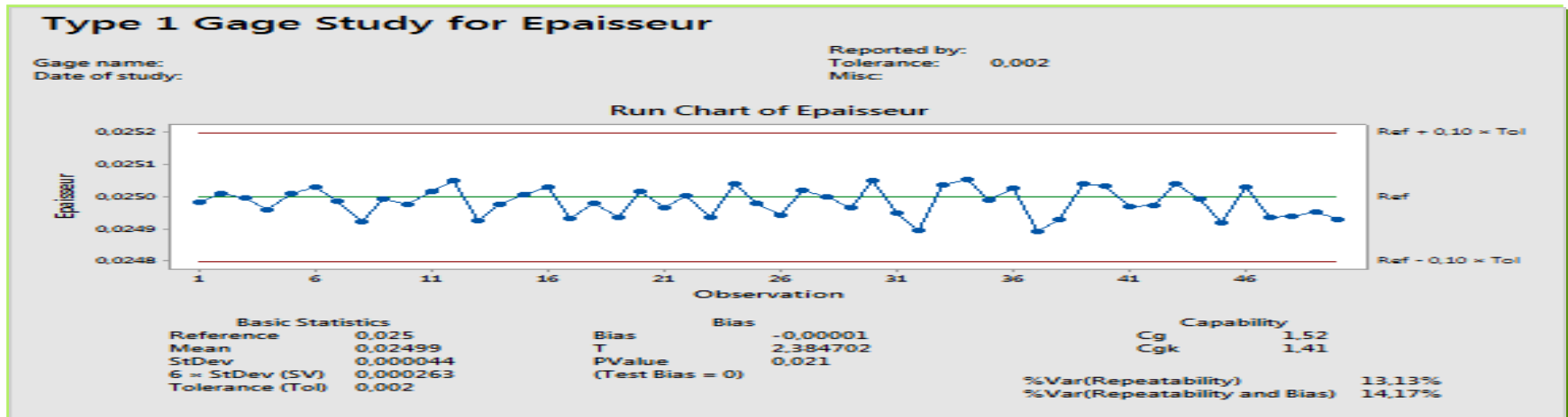
Moyenne de toutes les mesures

s Ecart type des mesures

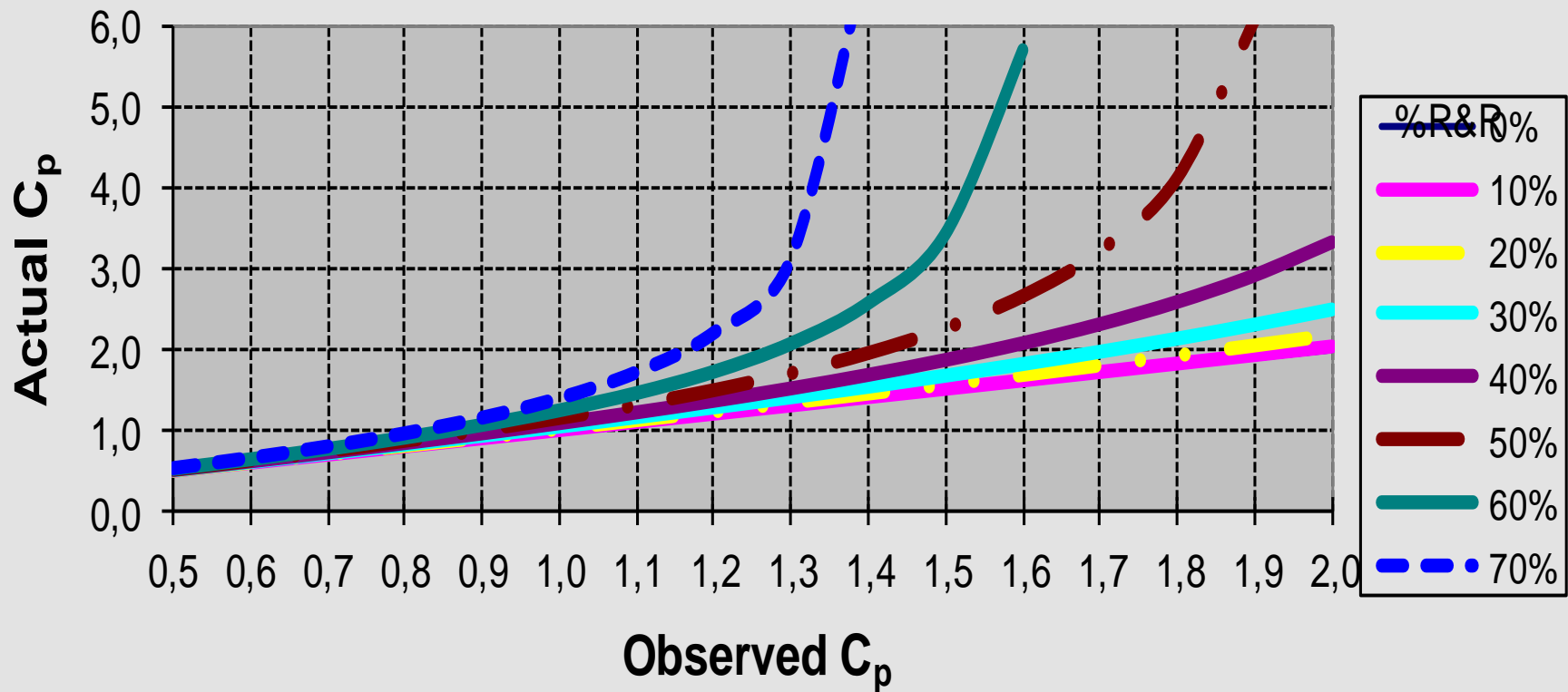
X_m

Valeur de référence

L Nombre d'écart types qui représentent la totalité de la dispersion du procédé (6 est la valeur par défaut)



Effet R&R sur la capacité



Lorsque le %R&R diminue, le C_p augmente

Méthode AIAG (par défaut)

- Chaque pièce de l'étude doit avoir une mesure connue
- Sélectionnez 8 pièces qui recouvrent la limite de tolérance d'intérêt
- Le plus petit nombre d'acceptations doit être égal à 0 et le plus grand nombre d'acceptations doit être égal à 20 (01 pièce 0 acceptation, 01 pièce 20 acceptations et 06 pièces étalé sur la tolérance à distances égales)
- Chaque pièce doit être mesurée par l'instrumentation plusieurs fois.

Méthode de régression

- Idem comme AIAG mais le nombre de mesure doit être au moins 15

Etude de l'instrumentation d'attribut (méthode analytique)

Estimation du biais

Estimation ponctuelle du biais avec limite de tolérance inférieure

biais = limite inférieure + ordonnée à l'origine / pente

Estimation ponctuelle du biais avec limite de tolérance supérieure

biais = limite supérieure + ordonnée à l'origine / pente

Estimation de la répétabilité préajusté :

La répétabilité pré-ajustée est la répétabilité calculée avant l'ajustement pour tenir compte de la surestimation.

$$X_T(P_a 0,995) - X_T(P_a 0,005)$$

X_T : représente les valeurs de référence estimées aux probabilités d'acceptation de 0,995 et 0,005, qui sont calculées à partir de la droite d'ajustement sur le diagramme de probabilité

Répétabilité

$$\frac{X_T(P_a 0,995) - X_T(P_a 0,005)}{1,08}$$

Le dénominateur, 1,08, est le facteur d'ajustement fourni par AIAG

Valeur T (AIAG)

$$\frac{31,3 * |\text{biais}|}{(X_T(P_a 0,995) - X_T(P_a 0,005)) / 1,08}$$

Regression

$$\frac{a + (bxLL)}{\sqrt{\frac{1}{K} + \frac{(LL - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^K (x_i - \bar{x})^2}}}$$

Terme	Description
a	ordonnée à l'origine de la droite d'ajustement du diagramme de probabilité
b	pente de la droite d'ajustement du diagramme de probabilité
LL	limite de tolérance inférieure
s	erreur type calculée à l'aide de la droite d'ajustement
K	nombre de pièces
\bar{x}_i	valeur de référence de chaque pièce
	moyenne des valeurs de référence

Analyse des concordances

Terminologie des attributs



- **Données attributs:** données qualitatives (passe/ne passe pas) qui peuvent être comptabilisées pour être enregistrées et analysées.
- **Système de mesure des attributs:** un système de mesure qui compare chaque pièce à une norme et accepte la pièce si cette norme est respectée.
- **Tri:** évaluation de 100% des produits à l'aide de techniques d'inspection (un système de mesure des attributs).
- **Efficacité du tri:** la capacité du système de mesure des attributs à différencier correctement le bon du mauvais.
- **Partialité en faveur du client:** l'opérateur a tendance à retenir des produits bons.
- **Partialité en faveur du producteur:** l'opérateur a tendance à laisser passer des produits défectueux.

Le but des MSA d'attributs



- **Evaluer le niveau de votre inspection ou de la qualité de votre travail par rapport aux exigences du client.**
- **Déterminer si les inspecteurs de toutes les équipes, toutes les machines, etc... utilisent les mêmes critères pour différencier le bon du mauvais.**
- **Quantifier l'aptitude des inspecteurs à renouveler leurs décisions d'inspection.**
- **Déterminer si ces inspecteurs se conforment bien à un "modèle connu" c'est-à-dire:**
 - la fréquence à laquelle les opérateurs décident d'envoyer un produit vraiment défectueux;
 - la fréquence à laquelle les opérateurs décident d'envoyer un produit vraiment acceptable.
- **Mettre au jour les domaines dans lesquels:**
 - la formation est nécessaire
 - les procédures manquent
 - les normes ne sont pas définies

- 1) **Choisir 20 pièces du processus contenant des pièces conformes & non conformes**
- 2) **Etablir la feuille des données**
 - Structure donnés – elle peut être:
 - Ordinaire: variables categoriques qui peut avoir 03 niveaux ou plus avec un ordre de jugement neutre (strongly disagree, disagree, neutral, agree, strongly agree). Un échelle numérique comme 1-5 peut être utilisé
 - Nominale: variables categoriques qui peut avoir 02 niveaux ou plus sans ordre de jugement neutre. Par exemple: couleur, type de défaut
- 3) **L'inspection se fait dans une ordre aléatoire**

Recommandations:



- (1) Si le % score Analyste est inférieur à 100%, une formation est nécessaire, se concentrer sur des points spécifiques.**
- (2) % Score analyste Vs. Standard est une erreur par rapport à une population connue déterminée par les experts.**
- (3) 100% est l'objectif de % d'efficacité d'analyse.**
- (4) % d'efficacité du tri vs standard est une erreur par rapport à une population connue déterminée par les experts. Le but est d'atteindre 100%.**

- **Pour déterminer quel types de défaut généré, on utilise une méthode pour isoler les cas divergences**
 - On crée une feuille qui exclu tous les data sans divergences.
- **Les opérateurs ont la possibilité d'évaluer sur un échelle de cinq points (-2, -1, 0, 1, 2).**
- **On analyse seulement les échantillons ou on a une divergence (désaccord).**

Questions?