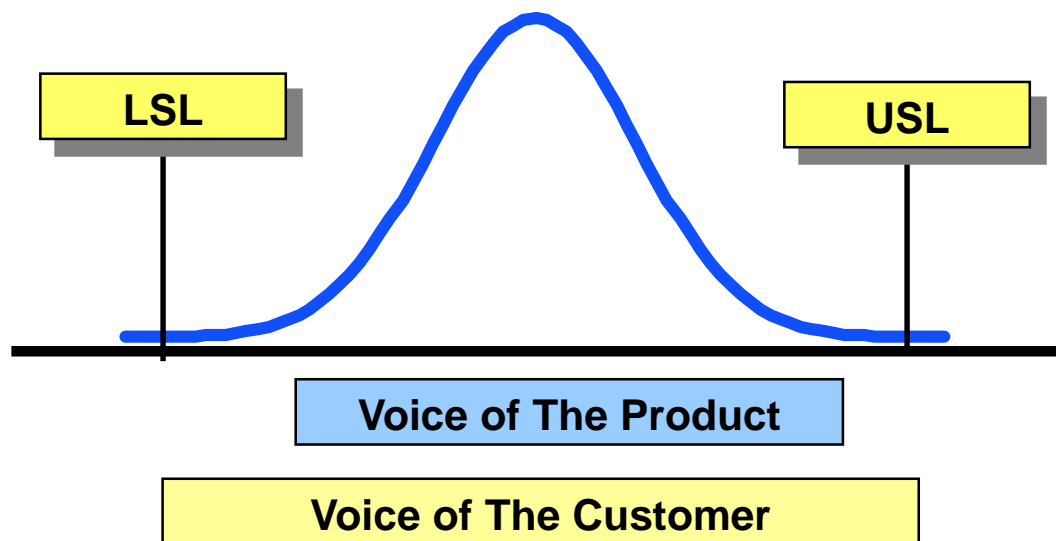


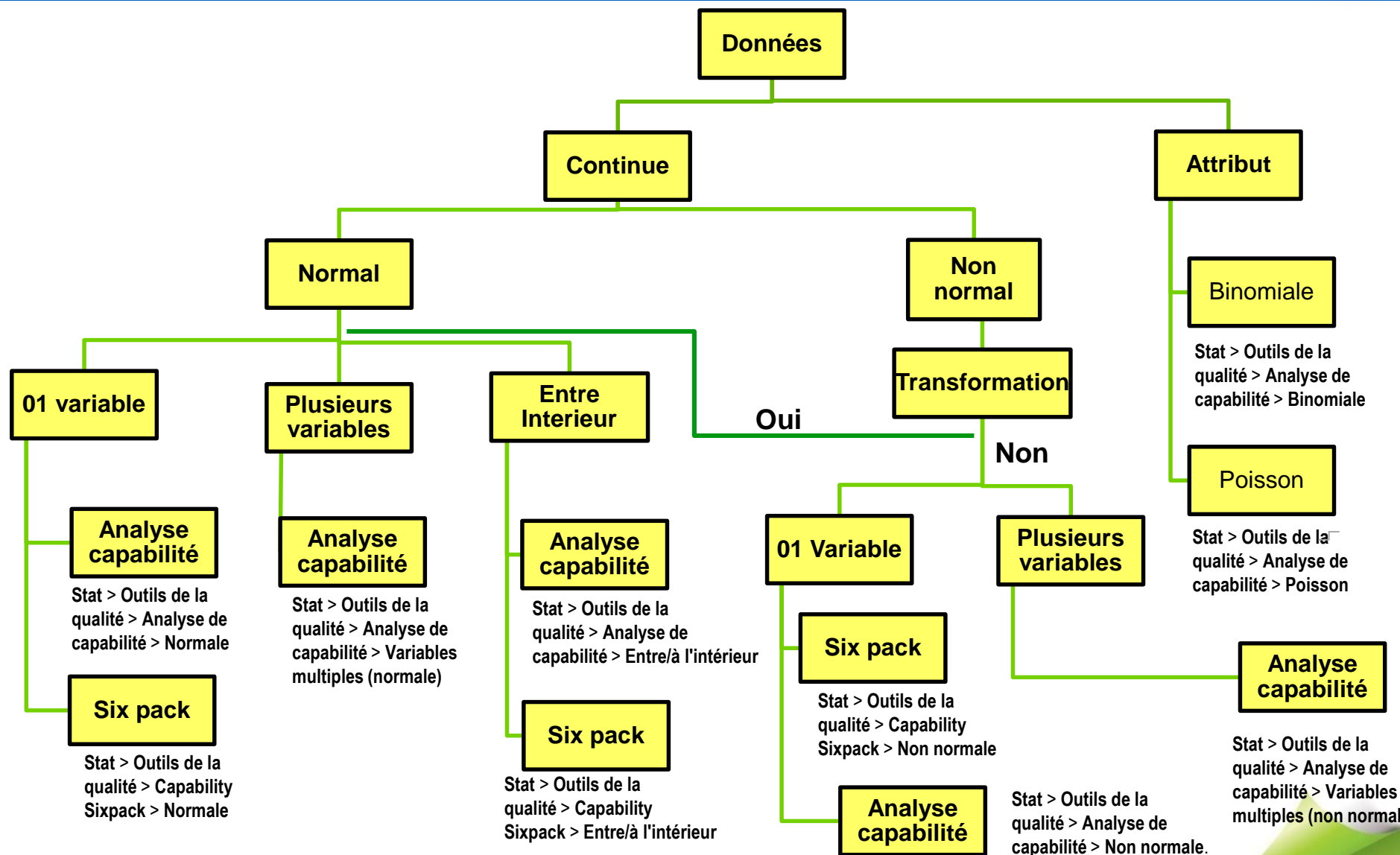
Phase Mesurer

Aptitude processus

Process Capability



Etude capabilité: Road map



Etude capabilité

Qu'est ce que c'est?

Analyse de capabilité : évaluer la capabilité potentielle (à l'intérieur) et la capabilité globale de votre procédé Cette analyse permet d'effectuer les tâches suivantes :

- Déterminer si le procédé est en mesure de produire des résultats répondant aux exigences des clients.
- Comparer la capabilité globale du procédé à sa capabilité potentielle (à l'intérieur) pour évaluer les opportunités d'amélioration.
- L'analyse évalue la dispersion des données du procédé par rapport aux limites de spécification.
- L'analyse peut également indiquer si votre procédé est centré et sur la cible. .

Quand les utiliser?

- Etablir le niveau de départ de performance du processus.
- Evaluer le nouveau niveau de performance du processus après la mise en place des améliorations.
- Comparer un processus à un autre.

Pourquoi une étude des capacités?

Elle peut quantifier exactement la nature du problème auquel va s'attaquer l'équipe comme étant l'une des suivantes:

Pour les données quantitatives (variable d'arrivée, Y):

- Les spécifications sont-elles correctes pour le paramètre (Y) concerné (variable de processus ou de performance)?
- La tendance centrale du paramètre (Y) est-elle centrée dans la limite des spécifications appropriées ?
- La variation du processus dans le paramètre est-elle supérieure à celle permise par les spécifications ?

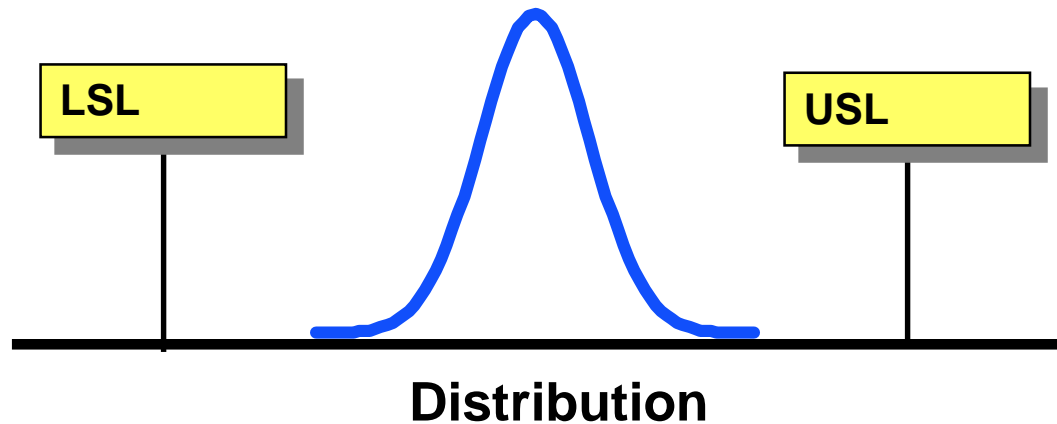
Pour les cas qualitatifs discontinus (attribut d'arrivée, Y):

- Le système de mesure affecte-t-il notre possibilité d'évaluer la véritable capacité du processus ?
- Quel est le taux admissible de défauts échappant aux contrôles, sur les plans interne et externe ?

Evaluer la capacité permet à l'entreprise de prédire ses véritables niveaux de qualité pour tous ses produits et services.

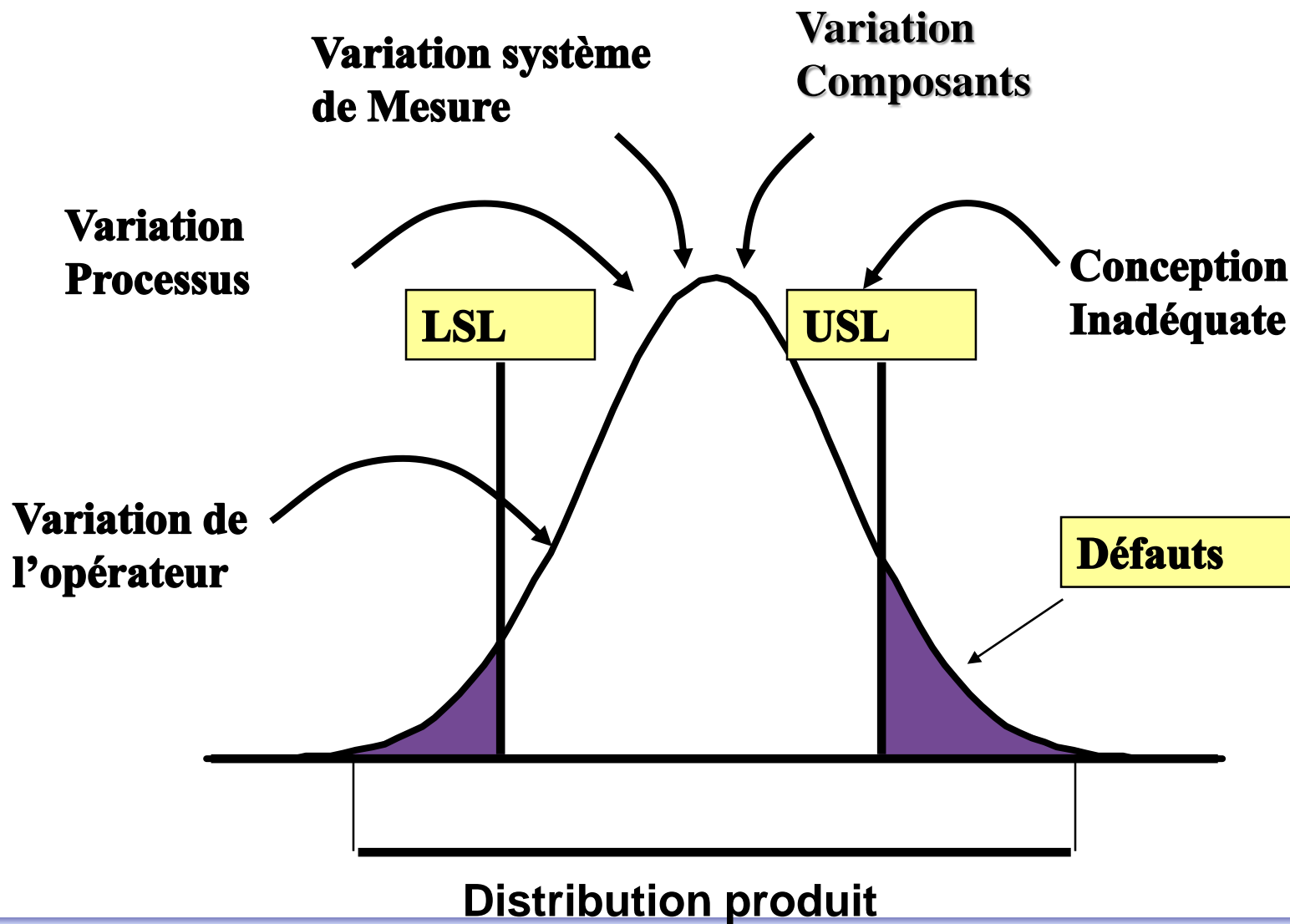
Ceci nous guide à l'estimation initiale du niveau sigma d'un produit ou d'un processus.

- **A quel degré le processus est capable de respecter les spécifications?**



On collecte les données et on pose la question:
“Le processus est il capable de produire sans défauts ?”
La collecte et l’analyse des données est appelée
Etude capabilité

Facteurs Impactant la Capabilité



Etude Capabilité

➤ La capabilité est faite pour:

- Les réponses fonctionnels critiques du produit (CFR)
- Caractéristiques critiques processus encours, assemblage, matière, processus
 - Productions
 - Fournisseur

➤ Quand on fait une étude capabilité?

- Pré-production (phase de conception)
- Production

➤ Le rôle de l'ingénieur conception?

- Réalise des études capabilité pour les CFR's
- Reçoit et Interprète les données capabilités des fournisseurs et production

Etapes d'une Etude Capabilité

- **Mise au point du processus dans les conditions spécifiques et enregistrer les valeurs des variables clés du processus**
 - Qui doit rester inchangé durant l'étude
- **Produire pour une période limitée pour minimiser les impacts des causes spéciales des variation**
 - Plus que 30 fois est l'objectif de la collecte des données
- **Observer le déroulement du test et enregistrer les évènements spéciales apparues lors de l'exercice**
- **Mesurer et enregistrer les valeurs CFR's**
- **Réaliser la Capabilité (Six-pack) et vérifier:**
 - Normal Plot, SPC Chartes (vérifier la Stabilité, Précision) Histogramme
- **Vérifier le décalage de la moyenne et la dispersion de la variance**
- **Développer un plan d'action**

Pourquoi 30 valeurs ou plus?

- D'après le théorème de la limite Centrée une distribution normale devient de plus en plus normale pour une distribution des moyennes des échantillons quand le nombres des échantillons augmente.
- Quant la taille des échantillons s'approche de 30 valeurs ou plus, nous aurons une estimation raisonnable de la moyenne et l'écart type de la population
- Règle de la taille des échantillons pour une bonne estimation de population:
 - Moyenne 5-10
 - Ecart Type 25-50
 - Normalité 150+

Niveau Sigma (Z) vs. PPM

	σ	PPM	
	2	308,537	
	3	66,807	
	4	6,210	
	5	233	
	6	3.4	
<i>Niveau Sigma du Produit</i>			<i>Défauts par Million Opp.</i>

D'ou vient ça ?

C'est quoi Z?

- Z est le nombre des écarts type entre la moyenne de la distribution et les limites des spécifications

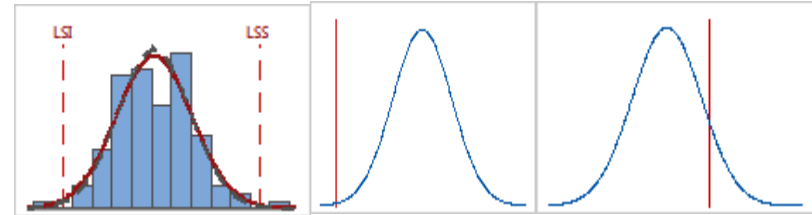
$$Z_u = \frac{USL - \bar{X}}{s} \quad Z_l = \frac{\bar{X} - LSL}{s}$$

- Aussi considéré comme le niveau Sigma , σ
Elle est différente de l'écart type
- En effet le USL/LSL peut être tous valeurs cibles

$$Z_u = \frac{X_i - \bar{X}}{s} \quad Z_l = \frac{\bar{X} - X_i}{s}$$

Les limites de spécification

Les limites de spécification sont les valeurs entre lesquelles les produits ou services doivent fonctionner. Ces limites sont généralement définies en fonction des exigences du client.



Les limites de contrôle

Les limites de contrôle sont calculées à partir des données du procédé. Elles représentent les performances réelles de votre procédé..

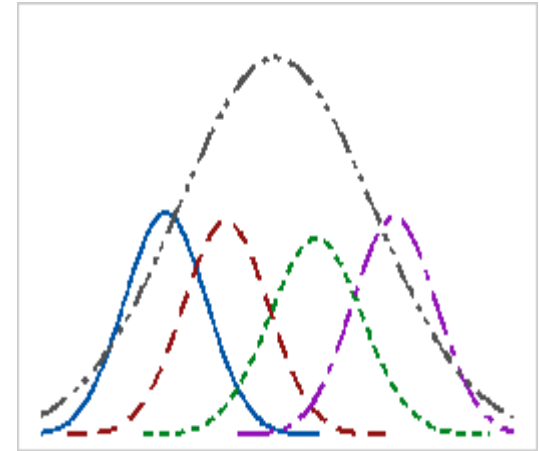
Les limites de spécification et les limites de contrôle servent des objectifs différents. Les limites de contrôle vous aident à évaluer la stabilité de votre procédé. Les limites de spécification permettent d'évaluer la capacité de votre procédé à satisfaire les exigences du client.

La tolérance de procédé

La tolérance de procédé est une valeur qui définit la norme selon laquelle est déterminée la capacité de votre procédé. Elle se définit en tant que multiple d'un écart type du procédé (sigma). En règle générale, $6 \times \text{sigma}$ est utilisé comme tolérance.

Capabilité potentielle du procédé: indices Cp, Cpk, CPS et CPI:

La capabilité potentielle prend en compte uniquement la variation à l'intérieur des sous-groupes, ce que montrent les courbes les plus petites. Elle indique les performances que votre procédé pourrait atteindre si vous éliminez la variation entre les sous-groupes. Elle est également appelée capabilité à court terme: indiquent les performances idéales de votre procédé si les causes spéciales sont éliminées



La capabilité globale du procédé: indices Pp, Ppk, PPS et PPI, CPm

La capabilité globale est fonction de la variation de toutes les données de procédé prises comme un ensemble, ce que montre la grande courbe. Elle indique ce que les clients expérimentent et elle est appelée capabilité réelle ou capabilité à long terme. indiquent les performances idéales de votre procédé si les causes spéciales sont éliminées

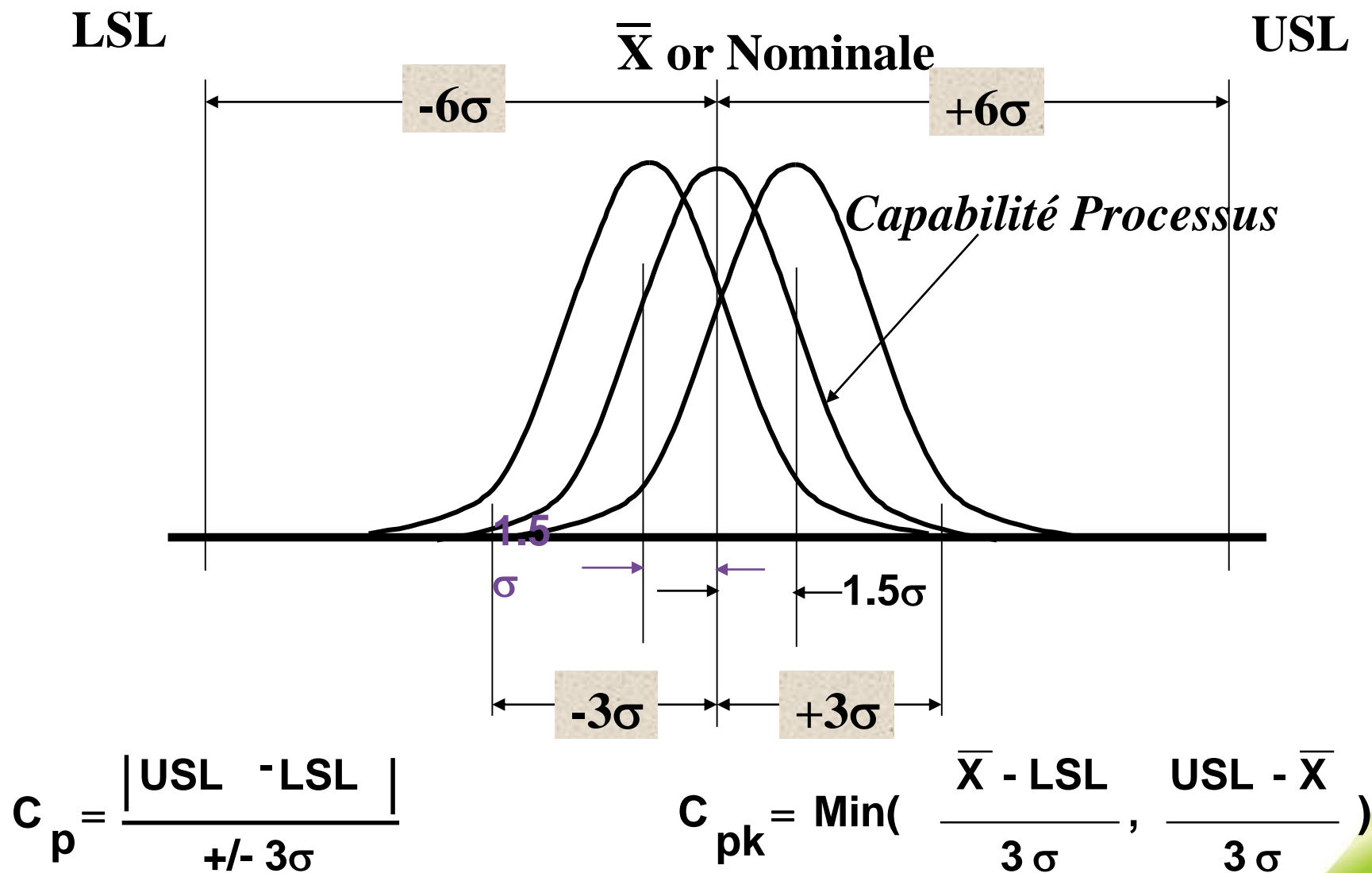
Performances observées: Les performances observées utilisent uniquement vos données échantillons pour calculer le nombre réel de pièces non conformes de l'échantillon, qui se trouvent en dehors des limites de spécification.

Performances attendues : Les performances attendues se fondent sur la distribution globale ajustée à vos données et estime les pièces non conformes pour lesquelles vous pouvez vous attendre à ce qu'elles soient en dehors des limites de spécification. Les valeurs attendues sont des projections ou des extrapolations basées sur la fonction de distribution cumulée et utilisées pour estimer la capabilité potentielle et globale d'un procédé.

$$C_p = 2$$

$$P_{pk} = 1.5$$

3.4 Défauts par 1,000,000 Opportunités.

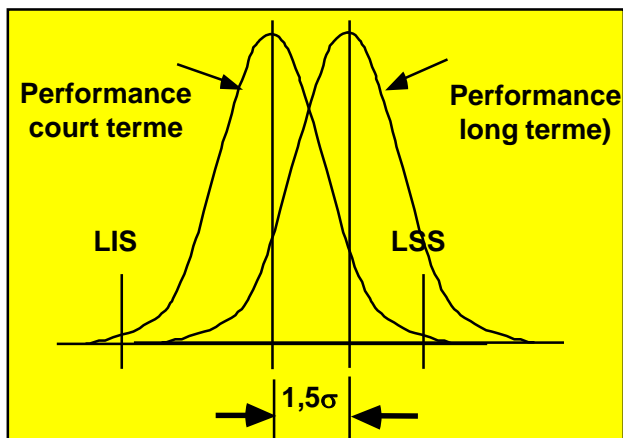


Le décalage Z

	Performance court terme	performance long terme
Données court terme	✓	Soustraire 1,5
Données long terme	Ajouter 1,5	✓

Le niveau sigma (long terme) qui en résulte décrit la performance à long terme du processus. Celle-ci tient compte de toutes les causes attribuables qui ont un impact sur le centrage du processus; les changements d'équipes de production, d'opérateurs, de machines, l'usure des outils, les plannings de maintenance, les réparations, la calibration, la température, l'humidité, les matières premières, les modifications des exigences du client, etc.

Les décalages, ça arrive ! Il faut en tenir compte.



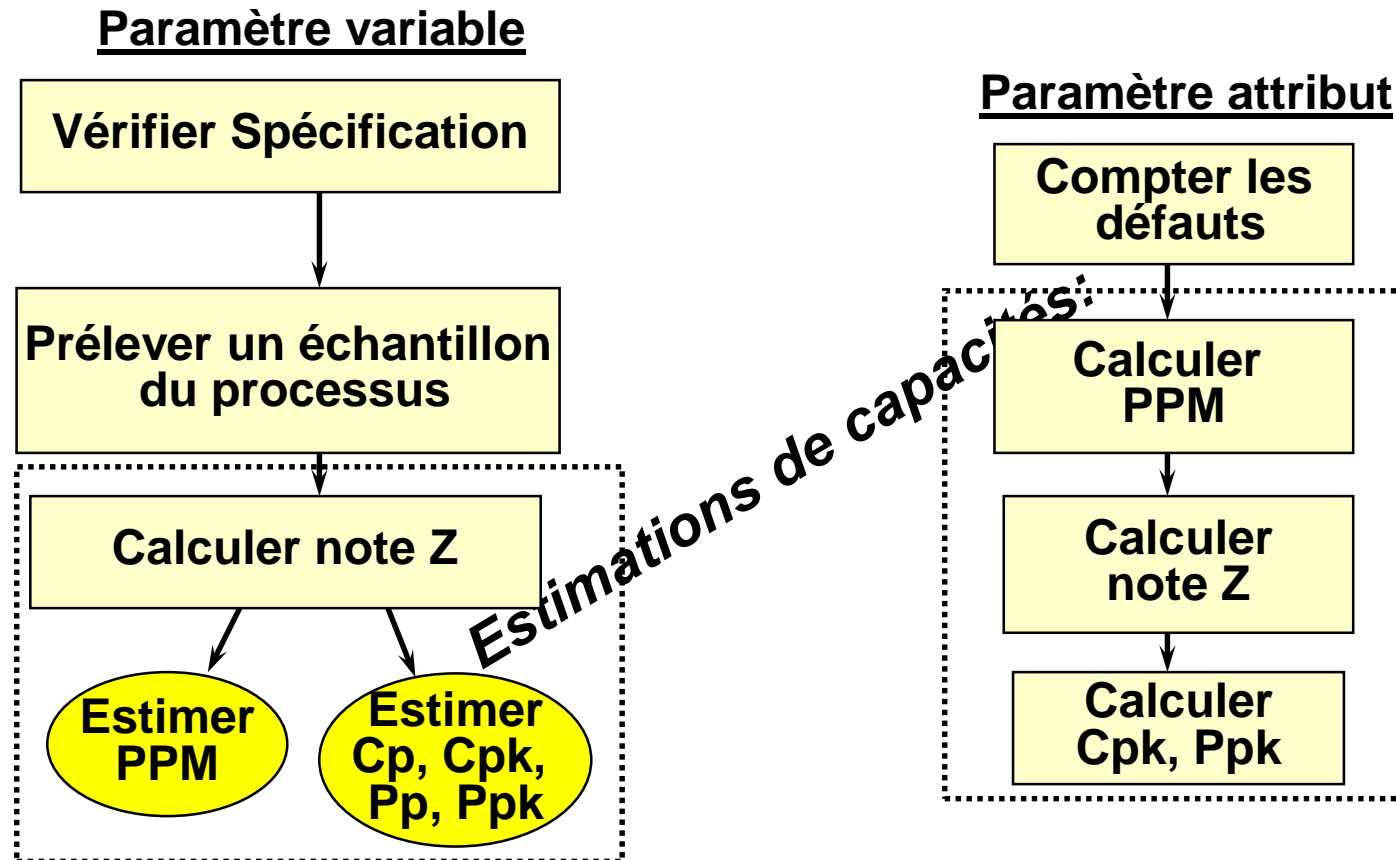
PPM Mesuré	Z Long Terme	Cpk Long Terme	Z +1.50 court Terme Projection	Cpk + 0.5 court Terme Projection
66807	1.50	0.50	3.00	1.00
6210	2.50	0.83	4.00	1.33
1350	3.00	1.00	4.50	1.50
233	3.50	1.17	5.00	1.67
3.401	4.50	1.50	6.00	2.00

Les sources de la variabilité

- **Etude Court Terme avec un nombre limité des échantillons**
 - Inclus les variations Aléatoires
- **Etude Long Terme avec un grand nombre d'échantillons collecté sur une période étendue**
 - Inclus les différentes sources de variation
 - Lots matière
 - opérateurs
 - Condition environnemental

Les types d'analyse des capacités

- Détermination des capacités selon une variable d'arrivée
- Détermination des capacités selon un attribut d'arrivée



Y qualitatives (données attributs):

Détermination de la capacité pour une donnée attribut

1ère étape Vérifier la définition/description d'un défaut

2ème étape Compter les survenances des défauts et retrouver le total des unités traitées. On utilise en général les données historiques ici et elles sont considérées comme à long terme.

3ème étape Calculer la proportion de défauts et les PPM

4ème étape Calculer la note Z et décaler de $1,5\sigma$ si besoin

5ème étape Estimer les indices classiques de capacité
passer de Z à Cp, Cpk, Pp, Ppk

**Pointer les
données de
défaut**

**Calculer
PPM**

**Calculer
note Z**

**Calculer
Cpk, Ppk**

Capabilité par Attribue

- La capabilité par attribue est utilisée quand on est pas capable d'obtenir des données paramétriques/Variables.
- Les données sont collectées de la production et utilisées pour identifier l'équivalent de la valeur de la capabilité court-terme Z (Sigma)
 - Défauts sont converti en Defauts per Unit (DPU)
 - DPU est converti en Opportunités de Defauts par Million (DPMO)
 - Utiliser Calculateur sigma par attribue.xls ou table pour convertir DPMO en Capabilité ou valeur Sigma (Z).

Calcul du niveau Sigma

Calculer Defauts par Unité (DPU):

$$DPU = \frac{\text{Total \# des Défauts}}{\text{Total \# des Unités Produites}}$$

Calculer Opportunités Defauts par Million (DPMO):

$$DPMO = \frac{\text{Défauts Par Unité}}{\text{Opportinté / Unité}} \times 1,000,000$$

Va au courbe Sigma et Estimer le niveau Sigma

Exercises:

#1 Défauts Compresseurs

Le site a produit 40,000 compresseurs. 100 compresseurs sont jugés défectueux.

$$\text{DPU} = 0.0025 \quad \text{DPMO} = 2500 \quad \text{Sigma} = 4.31$$

#2 Défaut Lots

Durant un mois, 12,412 Type A moteurs sont assemblés. chaque moteur a 3 opportunités d'être défectueux (1 opportunité de puissance, Vibration, et bruit).

Durant le mois, 200 moteurs ont été jugés défectueux.

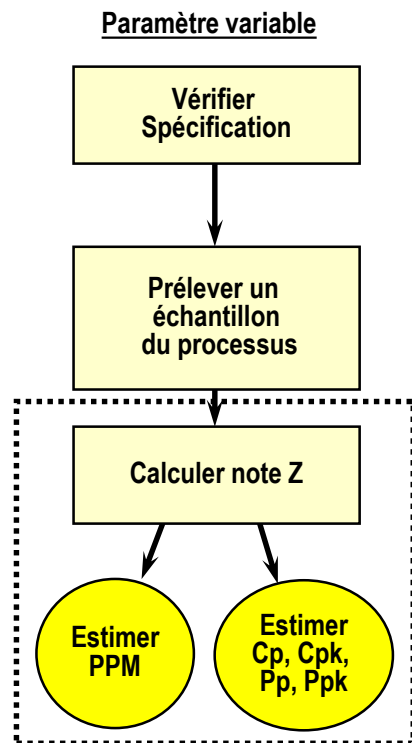
$$\text{DPU} = 0.0161 \quad \text{DPMO} = 5371 \quad \text{Sigma} = 4.05$$

#3 Design d'une nouvelle pompe

Engineering a sélectionné un concept pour une nouvelle pompe. Il y a 52 composants et 85 étapes de processus. Le taux extrapolé des défauts (basé sur l'historique pour Produit similaire) est 20 défauts par 500 pompes assemblés.

$$\text{DPU} = .04 \quad \text{DPMO} = 292 \quad \text{Sigma} = 4.94$$

Capabilité des données continues



1^{ère} étape: définir les CFR (critical fonction response)

2^{ème} étape: collecter suffisamment des données via des échantillons représentatifs

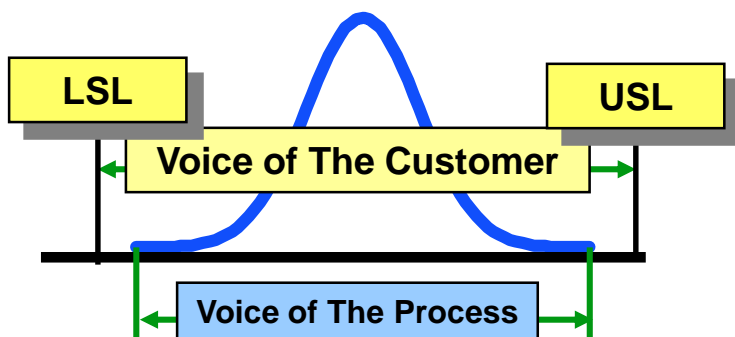
3^{ème} étape: S'assurer de la stabilité du process via un graphique I-MR

4^{ème} étape: Vérifier la normalité

5^{ème} étape: Calculer la moyenne (\bar{X}) et l'écart type (s)

6^{ème} étape: Calculer C_p , C_{pk}

En règle générale, la capacité d'un procédé est déterminée en comparant la largeur de la dispersion du procédé à la largeur de la dispersion de spécification, qui définit le degré maximal de variation autorisé selon les exigences du client. Lorsqu'un procédé présente une bonne capacité, la dispersion du procédé est inférieure à la dispersion de spécification.



Lorsqu'un procédé présente une bonne capacité, la dispersion du procédé est faible par rapport à la dispersion de spécification. Cette analyse peut aussi indiquer si votre procédé est ciblé. En outre, elle estime la proportion du produit qui ne respecte pas les spécifications

Indices de la Capabilité

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6s}$$

$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3s}$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s}$$

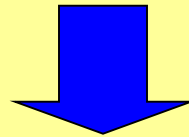
$$C_{pk} = \min\left(\frac{\bar{X} - LSL}{3s}, \frac{USL - \bar{X}}{3s}\right)$$

$$Z_u = \frac{USL - \bar{X}}{s}$$

$$Z_l = \frac{\bar{X} - LSL}{s}$$

Indices de la Capabilité

$$C_p = \frac{|USL - LSL|}{6s}$$



$$C_p = \frac{\text{Tolérance Totale}}{\text{Dispersion du Parametre critique}}$$

L'indice qui tient en compte la variabilité

Indices de la Capabilité

$$C_{pk} = \text{Min} \left(\frac{\bar{X} - LSL}{3s}, \frac{USL - \bar{X}}{3s} \right)$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s}$$

$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3s}$$

$$Z_l = \frac{\bar{X} - LSL}{s}$$

$$Z_u = \frac{USL - \bar{X}}{s}$$

Indice qui tient en compte la valeur cible et la dispersion

La supposition Statistique faite pour l'étude Capabilité

1. Les données vient d'un processus Stable

Si non, il faut mettre le processus sous contrôle

2. Les données suivent une distribution normale

- Si non, On doit les transformer

Si #1 and #2 ne sont pas respectés , les résultats seront non significatives

Estimation de l'écart type

la méthode d'estimation de l'écart type pour Analyse de capabilité normale

Stat > Outils de la qualité > Analyse de capabilité > Normale > Estimation

Effectif de sous-groupe: R barre :

- R barre représente la moyenne des étendues des sous-groupes. Cette méthode fournit une estimation courante de l'écart type et fonctionne parfaitement avec des effectifs de sous-groupes compris entre 2 et 8.

Si n sont tous les mêmes

$$S_r = \frac{R_{\text{barre}}}{d_2(n_i)}$$

- S barre : S barre représente la moyenne des écarts types de sous-groupes. Cette méthode fournit une estimation plus précise de l'écart type que la méthode R barre, notamment avec des effectifs de sous-groupes > 8.

$$\sigma_s = S_{\text{bar}} / C_4$$

Remarque: Si vous changez le paramètre par défaut et n'utilisez pas la constante de correction de biais, $\sigma_{\text{à l'intérieur}}$ est estimé par $\Sigma S_i / \text{nombre de sous-groupes}$.

Estimation de l'écart type

- **Ecart type regroupé** : L'écart type regroupé est la moyenne pondérée des variances de sous-groupes, ce qui donne aux sous-groupes les plus grands une influence plus importante sur l'estimation globale. Cette méthode fournit l'estimation la plus précise de l'écart type lorsque le procédé est maîtrisé.

Estimateur sans biais de $\sigma_{\text{d'intérieur}}$ = $\frac{s_p}{C_4(d+1)}$

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_j (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}{\sum_i (n_i - 1)}}$$

- **Estimation pour effectif de sous-groupe = 1**

La moyenne de l'étendue mobile est la valeur moyenne de l'étendue mobile d'au moins deux points consécutifs. Cette méthode s'utilise couramment avec un effectif de sous-groupe de 1.

$$\sigma = MR/d_2 = MR/1,128$$

Le décalage Z

$$Z_{LT} = Z_{st} - 1,5$$

On veut savoir:
 Z_{st} Z_{LT}

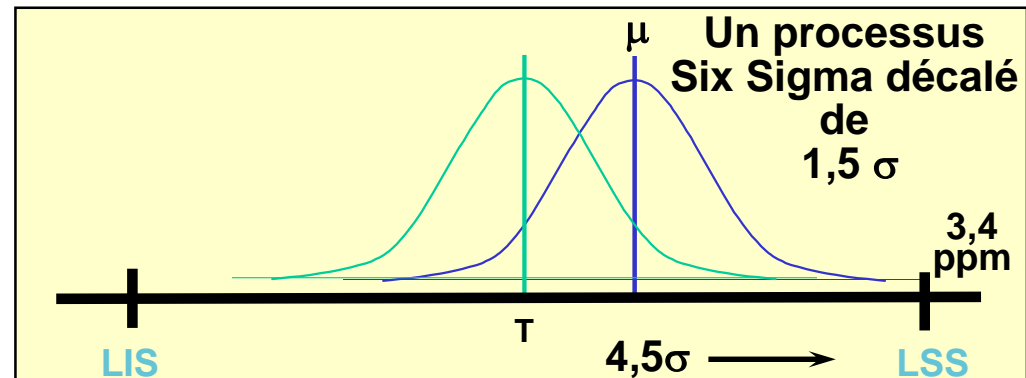
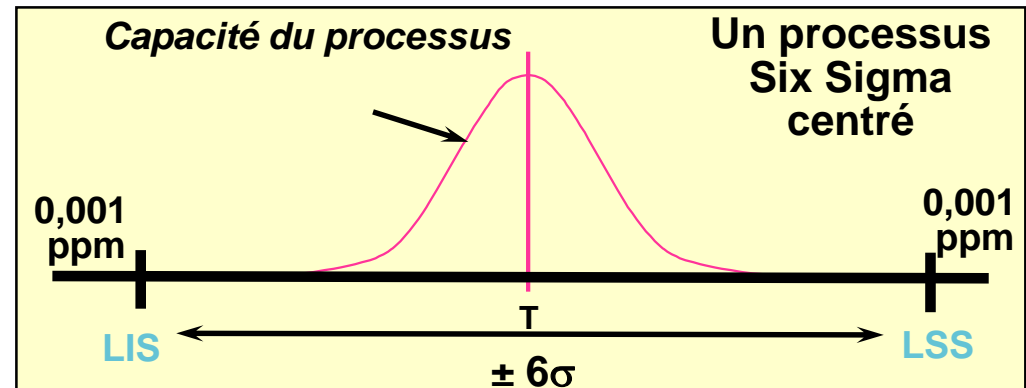
Données collectées:
 Z_{st}
 Z_{LT}

	Capacité court terme	Capacité long terme
Données court terme	✓	Soustraire 1,5
Données long terme	Ajouter 1,5	✓

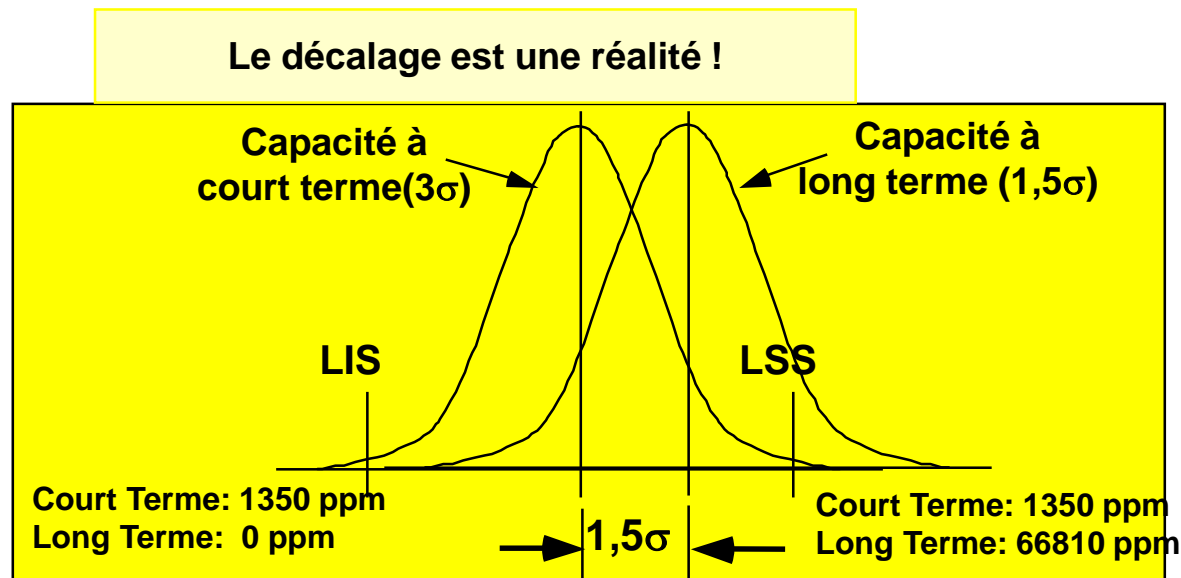


Niveau Sigma	DPMO court terme	DPMO long terme
1	158655.3	691462.5
2	22750.1	308537.5
3	1350.0	66807.2
4	31.7	6209.7
5	0.3	232.7
6	0.0	3.4

Le décalage de 1,5s est en général destiné à compenser le centrage de la moyenne pour représenter les décalages dynamiques non aléatoires du processus. Il représente la moyenne estimée de changement qu'un processus type présente sur plusieurs cycles.



- Les données initiales du processus étaient décrites comme 3σ à court terme
- La conversion au long terme se ferait comme suit: $3\sigma - 1,5\sigma = 1,5\sigma$
- Le niveau sigma (long terme) qui en résulte décrit la performance à long terme du processus. Celle-ci tient compte de toutes les causes attribuables qui ont un impact sur le centrage du processus; les changements d'équipes de production, d'opérateurs, de machines, l'usure des outils, les plannings de maintenance, les réparations, la calibration, la température, l'humidité, les matières premières, les modifications des exigences du client, etc.
- Les décalages, ça arrive ! Il faut en tenir compte.



Indice Capabilité vs. Probabilité aire

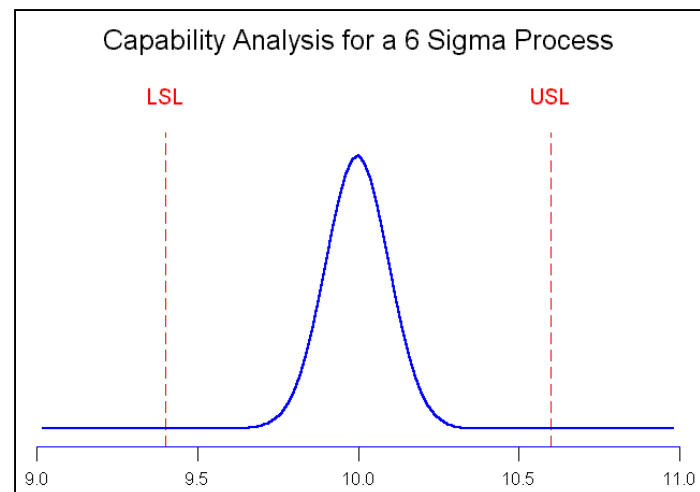
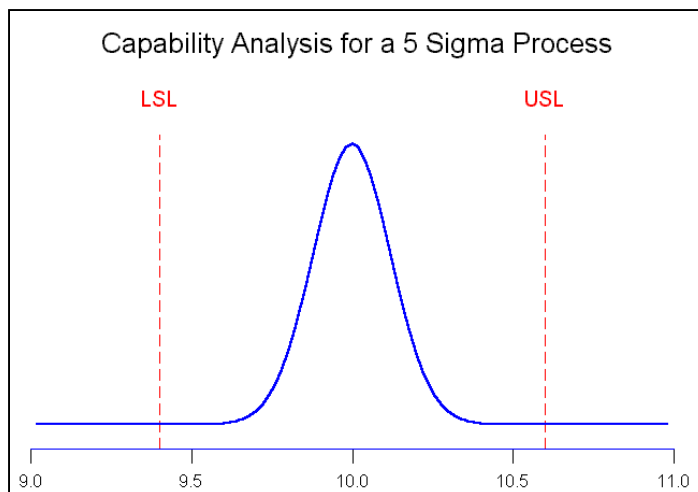
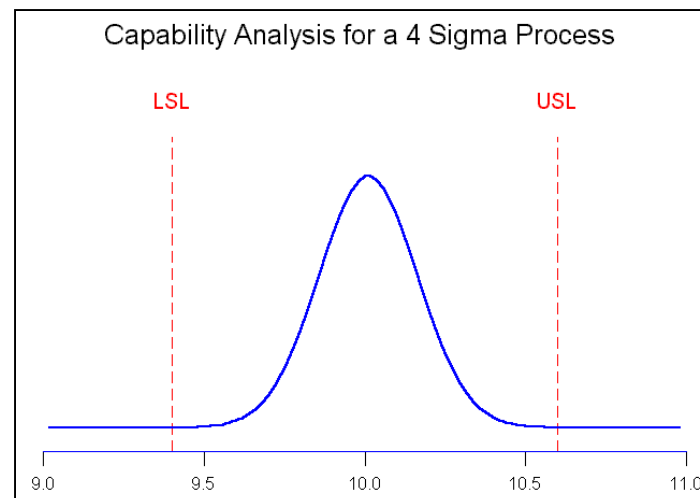
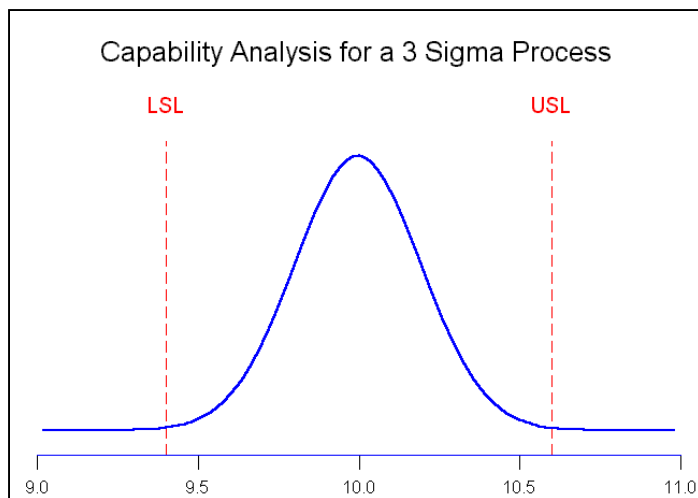
La Performance Long Terme est Projeté après un décalage de 1.5σ

Cpk Court Terme	Z Court Terme	PPM Court Terme	Z – 1.5 Long Terme	Cpk - 0.5 Long Terme	PPM Long Terme
1.00	3.00	1350	1.50	0.50	66807
1.33	4.00	31.686	2.50	0.83	6210
1.50	4.50	3.401	3.00	1.00	1350
1.67	5.00	0.287	3.50	1.17	233
2.00	6.00	0.001	4.50	1.50	3.401

Performance court Terme

Objectif Six Sigma

Perfomance Long Terme



Définition des Objectifs

- **C'est la séquence generique de l'amélioration du processus:**

Court Terme: Approcher le Ppk du Pp (Centrer le processus)

Moyen-Terme: Approcher Pp du Cpk (Reduire les Variations)

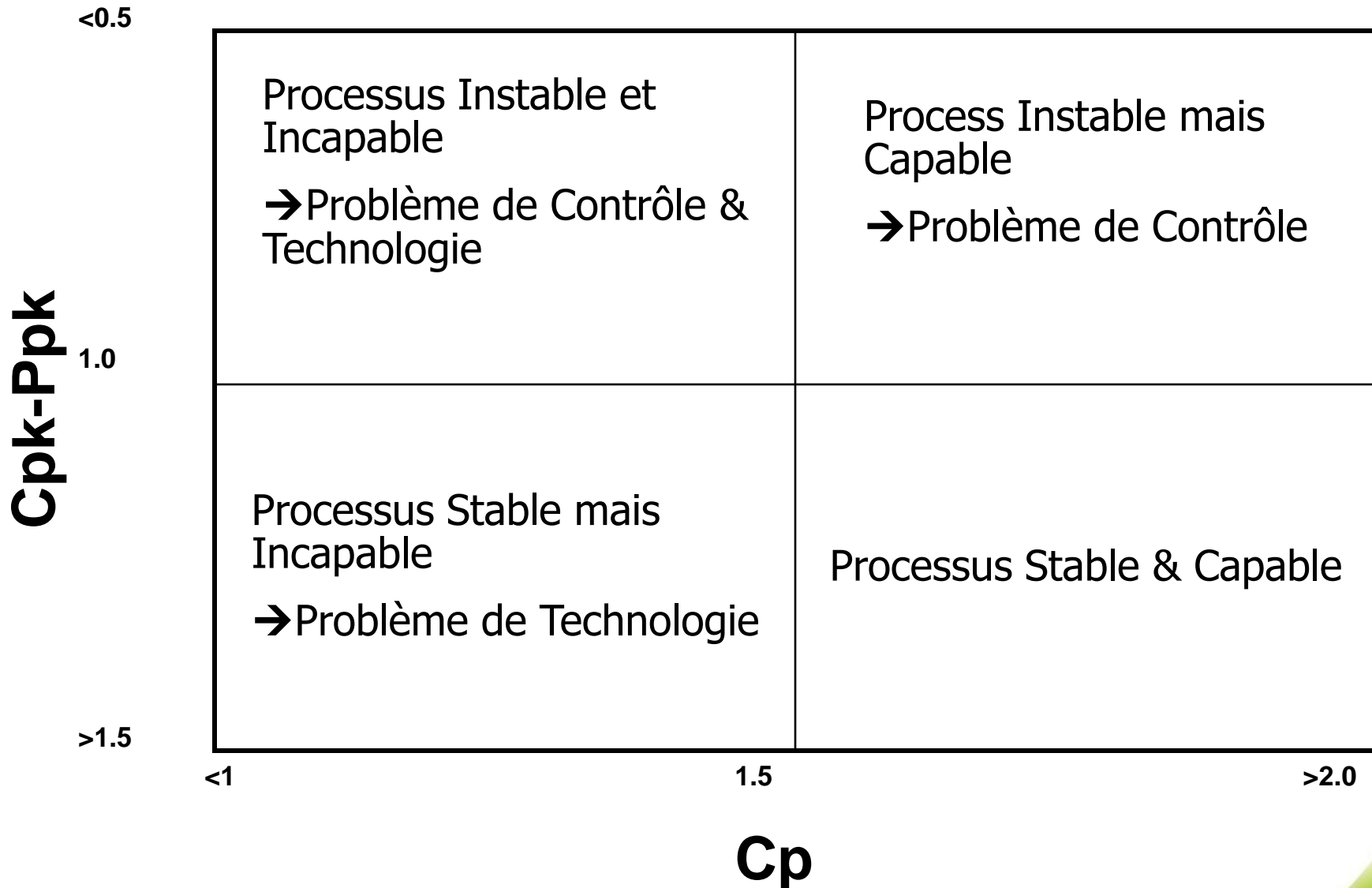
Long-Terme: Approcher Cpk du Cp (Variation Aléatoire)

- **Objectif processus Six Sigma**

$$Cp = 2.00$$

$$Ppk = 1.5$$

Interprétation indices Capabilités



La Transformation Box-Cox

- On peut utiliser la transformation Box-Cox pour déterminer les valeurs transformées
- Quand on utilise the Box-Cox Transformation, Minitab estime une valeur λ (lambda)

Minitab présente la valeur λ qui minimise σ

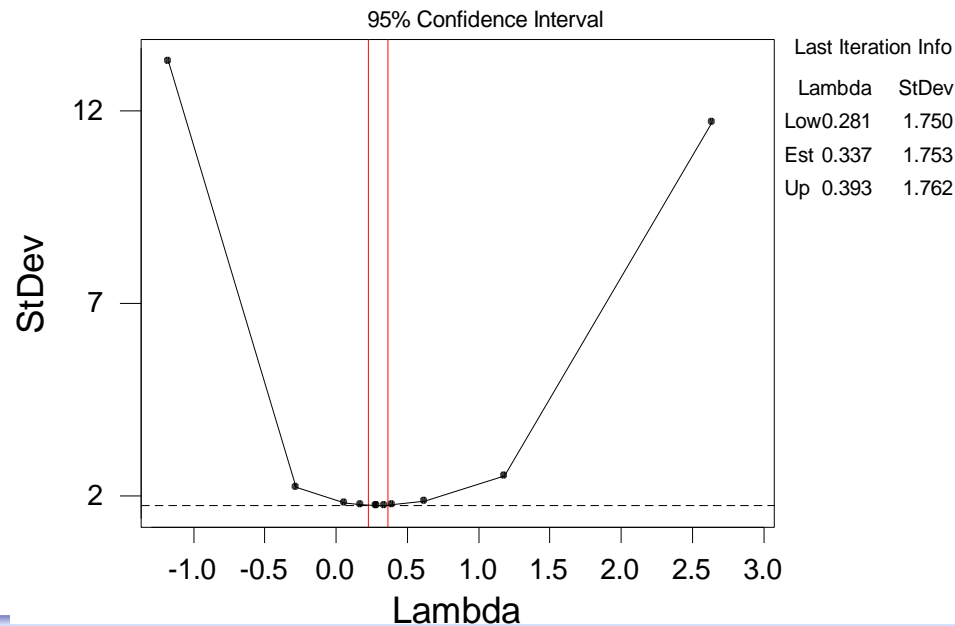
la transformation est Y^λ quand $\lambda \neq 0$ et $\text{Log}_e Y$ quand $\lambda = 0$

- Cette méthode est sélectionnée parmi plusieurs types de transformations

Lambda value	Transformation
$\lambda = 2$	$Y' = Y^2$
$\lambda = 0.5$	$Y' = \sqrt{Y}$
$\lambda = 0$	$Y' = \text{Log}_e Y$
$\lambda = -0.5$	$Y' = 1/(\sqrt{Y})$
$\lambda = -1$	$Y' = 1/Y$

- **Le résultat est une graphe qui affiche:**
 - La meilleure estimation de λ pour la transformation
 - Deux valeurs proches de λ
 - 95% intervalle de confiance de la valeur réelle de λ

Box-Cox Plot for Out of Round



- ✓ On a les bases pour calculer la capabilité pour le court-terme et le long terme du processus
- ✓ On peut interpréter les résultats capabilités par Minitab
- ✓ On peut estimer la performance long-terme du données court-terme
- ✓ On peut calculer la capabilités des données non normales

Effets des erreurs de mesure sur l'indice C_p

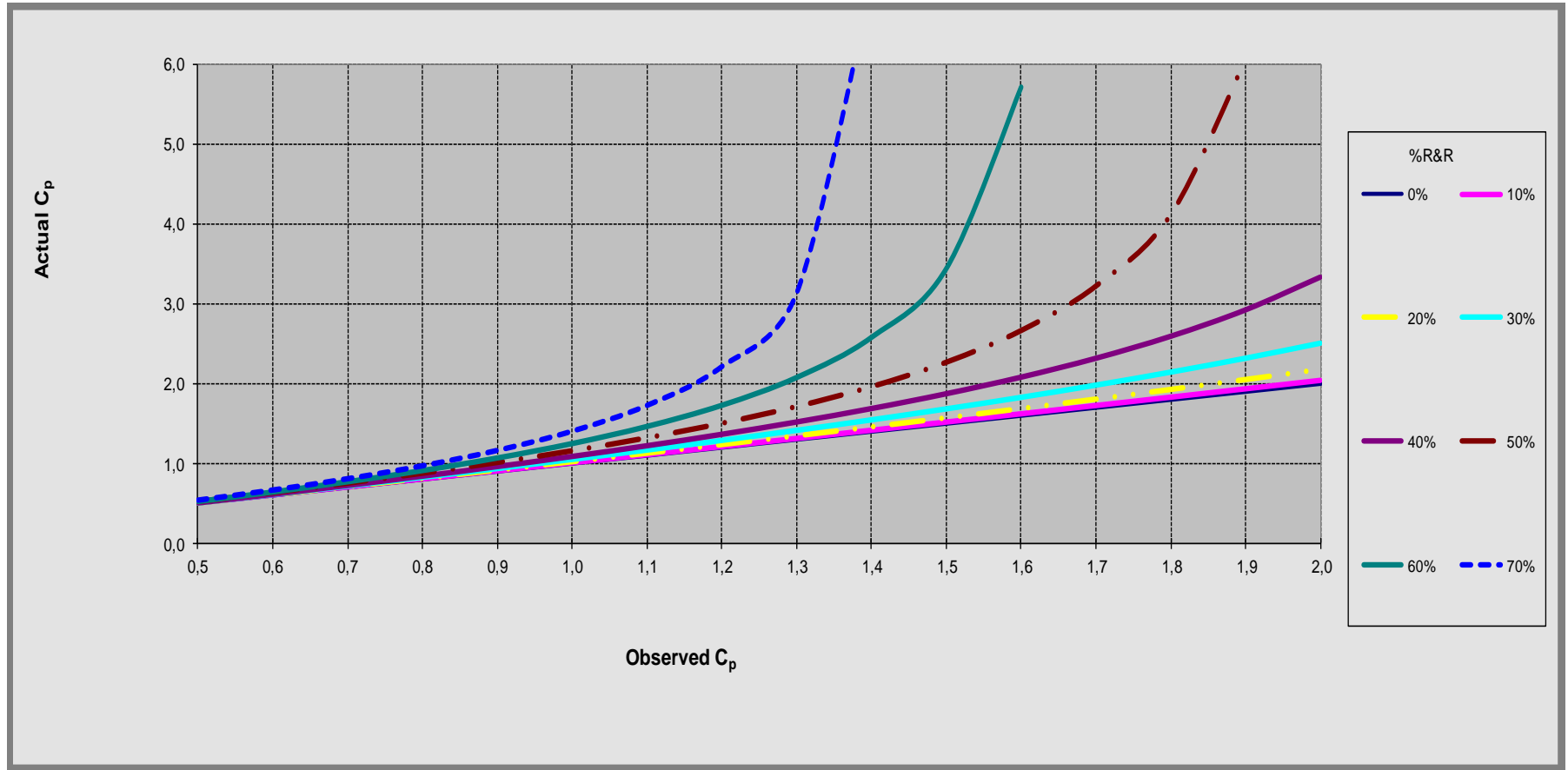
Nous savons
que

$$C_{pObs} = \frac{|USL - LSL|}{6s_{Obs}} \quad \text{where} \quad s_{Obs} = \sqrt{s_{Act}^2 + s_{MS}^2}$$

D'où:

$$C_{pObs} = \frac{|USL - LSL|}{6\sqrt{s_{Act}^2 + s_{MS}^2}}$$

Quel est l'impact sur C_p quand l'erreur du système de Mesure augmente?



Lorsque le %R&R diminue, le C_p augmente