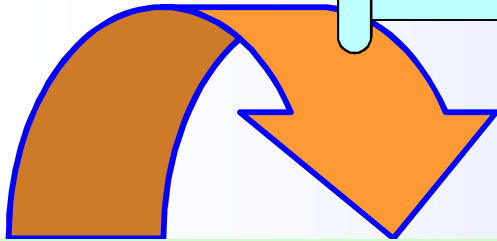


# MANAGEMENT DE LA QUALITÉ MSP INTRODUCTION

PR. M. DJAMEL MOUSS



# INTRODUCTION



Deux objets ne sont jamais rigoureusement identiques. Quelles que soient les techniques utilisées pour fabriquer ces objets, si précis soient les outils, il existe une variabilité dans tout processus de production.

Tout processus de production comporte des facteurs techniques, administratifs et humains qui concourent à la réalisation du produit. Les éléments qui interviennent dans un processus ne restent pas parfaitement constants dans le temps. Ils varient et leurs influences se répercutent par la suite dans la production.

Pour toutes les entreprises, la variabilité des caractéristiques de qualité constitue un obstacle majeur pour fournir des produits qui répondent aux exigences des clients.

L'objectif de tout industriel est que cette « variabilité naturelle » demeure dans des bornes acceptables. C'est une préoccupation majeure dans l'amélioration de la qualité industrielle.

Un des outils utilisés pour tendre vers cette qualité est la Maîtrise Statistique des Processus (MSP).

Cette outil nous permet de diminuer les dérives, d'augmenter la performance du processus, mais aussi de baisser les couts de non qualité. C'est un outil de pilotage des machines qui nous assure une meilleure qualité des produits et une fiabilité optimum du fonctionnement du processus.

Il existe deux concepts essentiels composant la M.S.P :

Suivi et pilotage des procédés par cartes de contrôle :

Etude des capacités :



La MSP est un mode de gestion qui conduit à se rendre maître de son outil de production pour satisfaire les besoins du client, en agissant à temps sur les facteurs techniques et humains responsables de la qualité. Elle implique à la fois:

Un état d'esprit à instaurer auprès de tous les acteurs

L'établissement d'une organisation

L'application de quelques techniques à base statistique.

La M.S.P. sous ses différentes formes constitue aujourd'hui le fer de lance d'une stratégie de prévention. La M.S.P. n'est pas à elle seule synonyme de qualité, on la conjugue avec d'autres outils tels que l'AMDEC, les plans d'expérience, les techniques de régression, le QFD ainsi que les 7 outils de la qualité pour obtenir un ensemble cohérent, capable de soutenir le système qualité.



# Un peu d'histoire

Shewhart a présenté en 1929 sa célèbre « Control Chart (carte de contrôle) » dans l'industrie militaire, ouvrant ainsi la voie à une nouvelle discipline qu'est la M.S.P. Ensuite dans les années 40.

Tout d'abord oubliée, ce n'est que dans les années 60 que Deming a su insuffler un regain d'intérêt à cette technique en l'appliquant dans l'industrie Japonaise

La crise de 73 poussa l'industrie européenne à subir de fortes mutations et c'est seulement dans les années 80 que la qualité s'imposa comme une évidence en Europe.



De nombreuses évolutions dans la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP) sont apparues ces dernières années. Ces évolutions sont de trois ordres :

- **Conceptuelles**
- **Méthodologiques**
- **Normatives**

Les évolutions conceptuelles concernent principalement la notion de conformité. La conformité du produit qui était largement fondée sur le simple respect des tolérances est plus liée désormais au centrage sur la cible.

Les évolutions méthodologiques concernent tous les aspects de la MSP, avec l'application de nouvelles cartes de contrôle, les évolutions sur les calculs des capacités (aptitudes) et l'application de la MSP dans les cas spéciaux.

Les évolutions normatives sont également importantes avec l'apparition de nouvelles normes sur le sujet tant au niveau de l'AFNOR qu'au niveau de l'ISO.



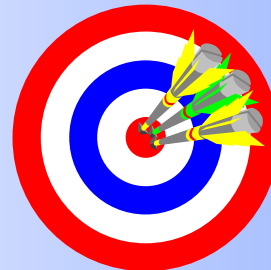
# Pourquoi la MSP

Éviter les dérives de processus

Réduire les coûts de non-qualité

Améliorer la productivité

Optimiser les mesures



# Concept de la MSP

## Variabilité et sources de variation

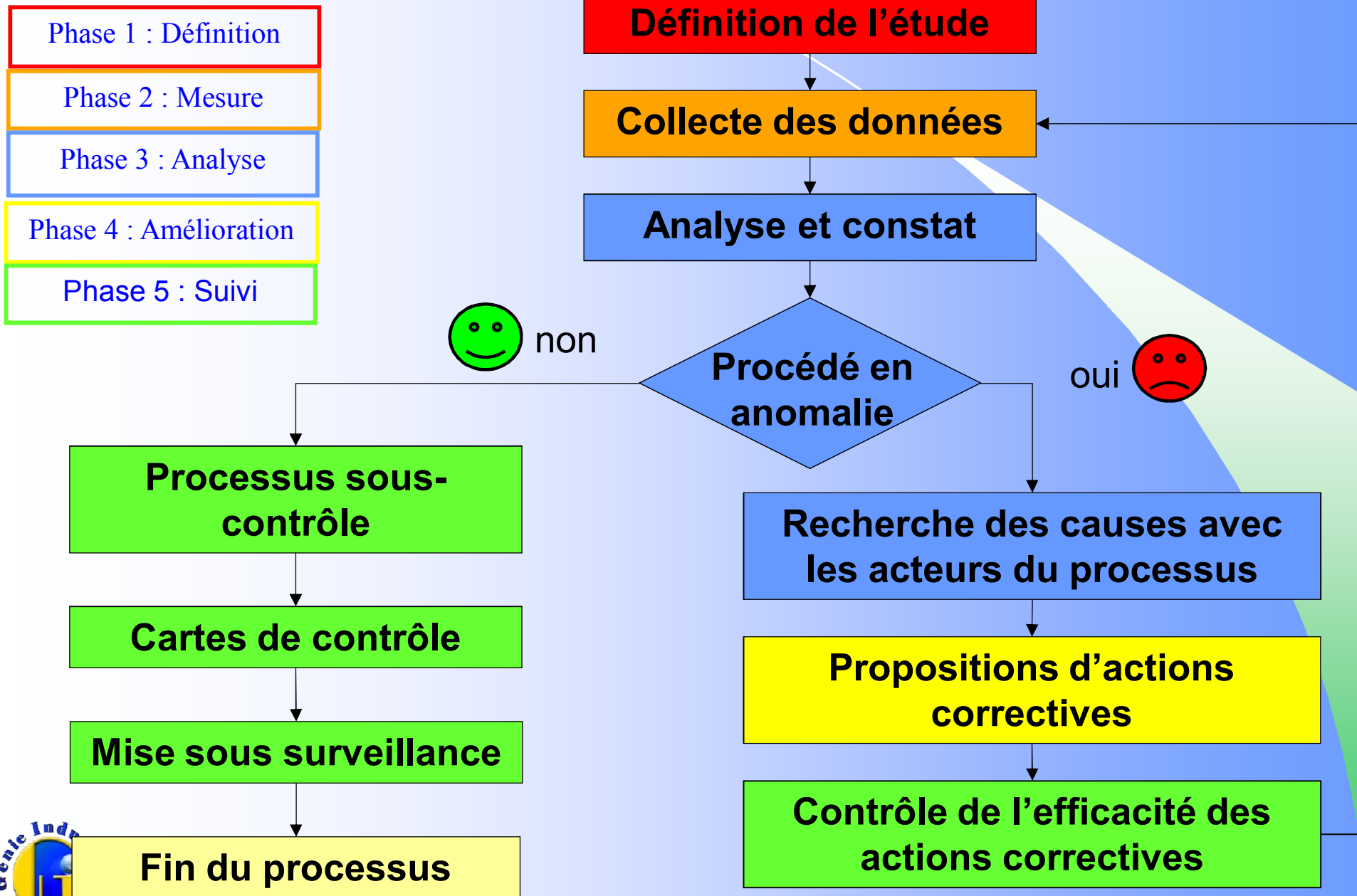
Deux pièces, deux produits ne sont jamais rigoureusement identiques.

Les causes ou sources aléatoires de variation : nombreuses, souvent difficilement détectables, toujours présentes mais ayant peu d'effet sur le processus (ex : jeux mécaniques d'une machine)

Les causes ou sources assignables de variation : peu nombreuses, identifiables, souvent irréguliers ou instables et ayant un effet important sur le processus (ex : variation des caractéristiques entre 2 lots de matière première)

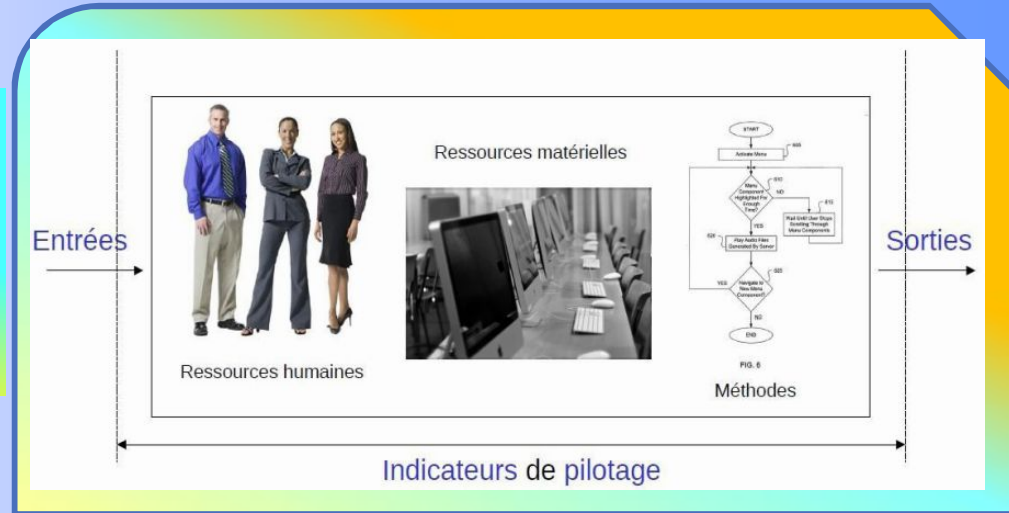


# La démarche, ses grandes lignes



# Notion de Variabilité

Tout processus de production comporte des facteurs techniques, administratifs et humains qui concourent à la réalisation du produit.



Les éléments qui interviennent dans un processus ne restent pas parfaitement constants dans le temps. Ils varient et leurs influences se répercutent par la suite dans la production.

Pour toutes les entreprises, la variabilité des caractéristiques de qualité constitue un obstacle majeur pour fournir des produits qui répondent aux exigences des clients.

## Type de Variabilité

On distingue deux classes de variabilité.

La variabilité **inhérente au procédé** (et peu ou difficilement modifiable) : elle est due à la variation normale du procédé. Exemple: usure d'une machine, jeux mécanique d'une machine,

La variabilité **externe au procédé** qui résulte des causes spéciales ou particulières et qui doit être corrigée. Exemple : mauvais calibrage, changement d'opérateur

*Qu'est-ce que la variation due à des causes communes et la variation due à des causes spéciales ?*

Un certain degré de variation se produit naturellement dans tous les procédés. La variation due à des causes communes correspond à la variation naturelle ou attendue dans un procédé. La variation due à des causes spéciales correspond à une variation inattendue qui produit des occurrences inhabituelles. Il est important d'identifier et de tenter d'éliminer la variation due à des causes spéciales. La présence de points hors contrôle et de schémas non aléatoires dans une carte de contrôle indique une variation due à des causes spéciales

## Les appellation diffèrent suivant les auteurs

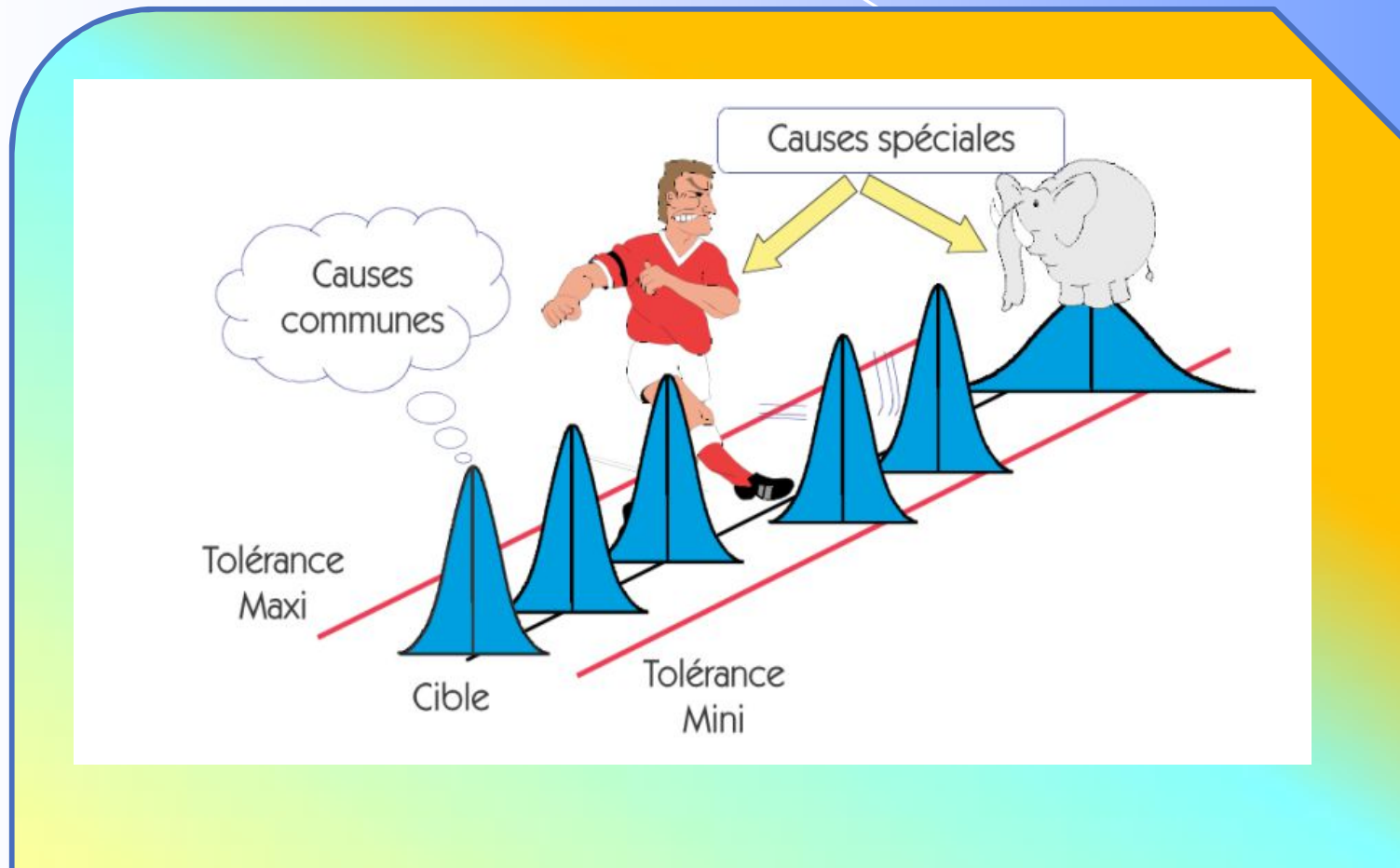
Élément	type 1	type 2
Shewhart	cause assignable	cause non assignable (aléatoire)
Deming	cause spéciale	cause commune
source causes	externe processus	interne processus
nombre de causes	petit	Grand
effet cause	fort	Faible
élimination ou réduction	au fur et à mesure	modification /re-conception du processus
Exemples	matière première défectueuse	usure d'une machine

Exemples de variation due à des causes communes et de variation due à des causes spéciales. Sur le tableau suivant nous reportons 3 procédés avec les deux types d'erreur

Procédé	Cause commune de variation	Cause spéciale de variation
Enregistrement des informations de la relation client	Un opérateur expérimenté commet une erreur de temps en temps.	Un nouvel opérateur non formé à sa tâche commet de nombreuses erreurs de saisie de données.
Moulage de jouets en plastique par injection	De légères variations dans le plastique du fournisseur aboutissent à des variations mineures dans la résistance du produit d'un lot à l'autre.	Le recours à un autre fournisseur de plastique, moins fiable, affecte immédiatement la résistance et la cohérence du produit final.
Cuisson d'un pain	Le thermostat du four permet à la température d'augmenter ou de diminuer légèrement.	Le changement de la température du four ou l'ouverture de sa porte pendant la cuisson peut provoquer une variation non désirée de la température.



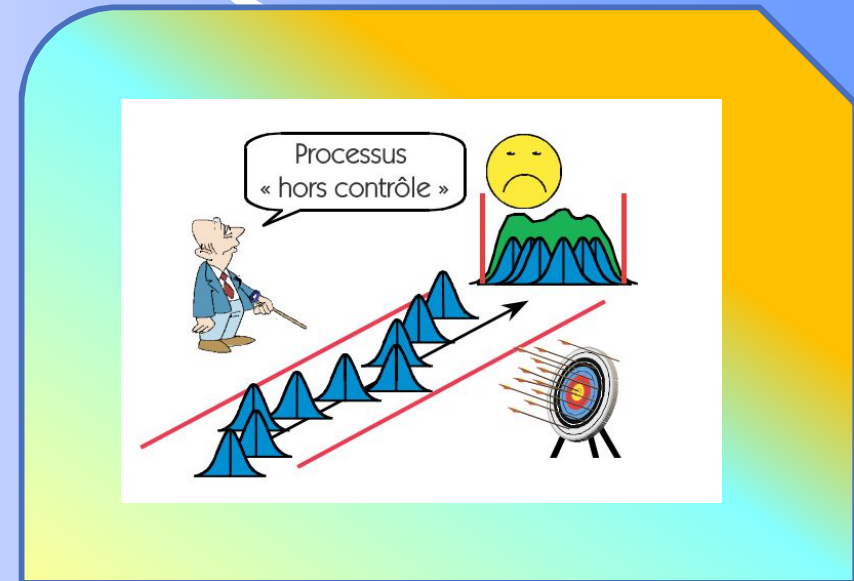
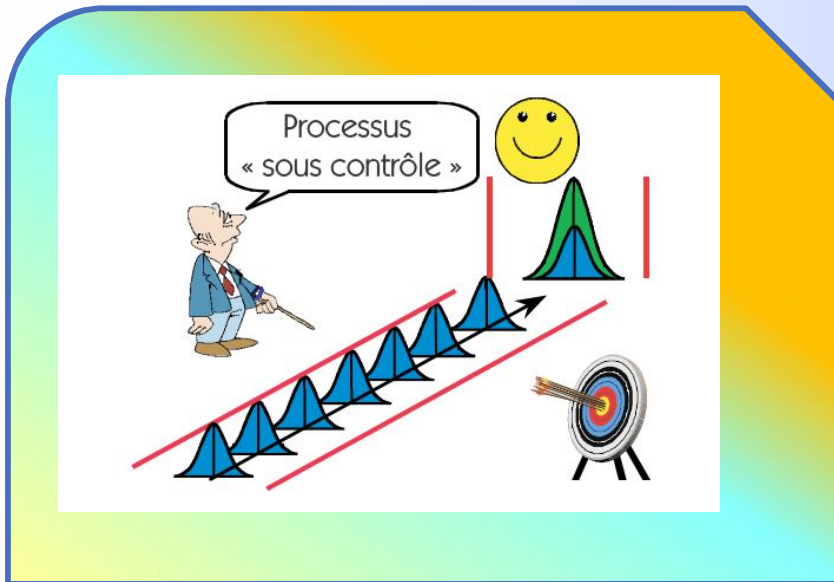
Sur cette image nous présentons les deux types de causes ( représentation imagée )





## Notion de *Processus « sous contrôle »* et *« hors contrôle »*

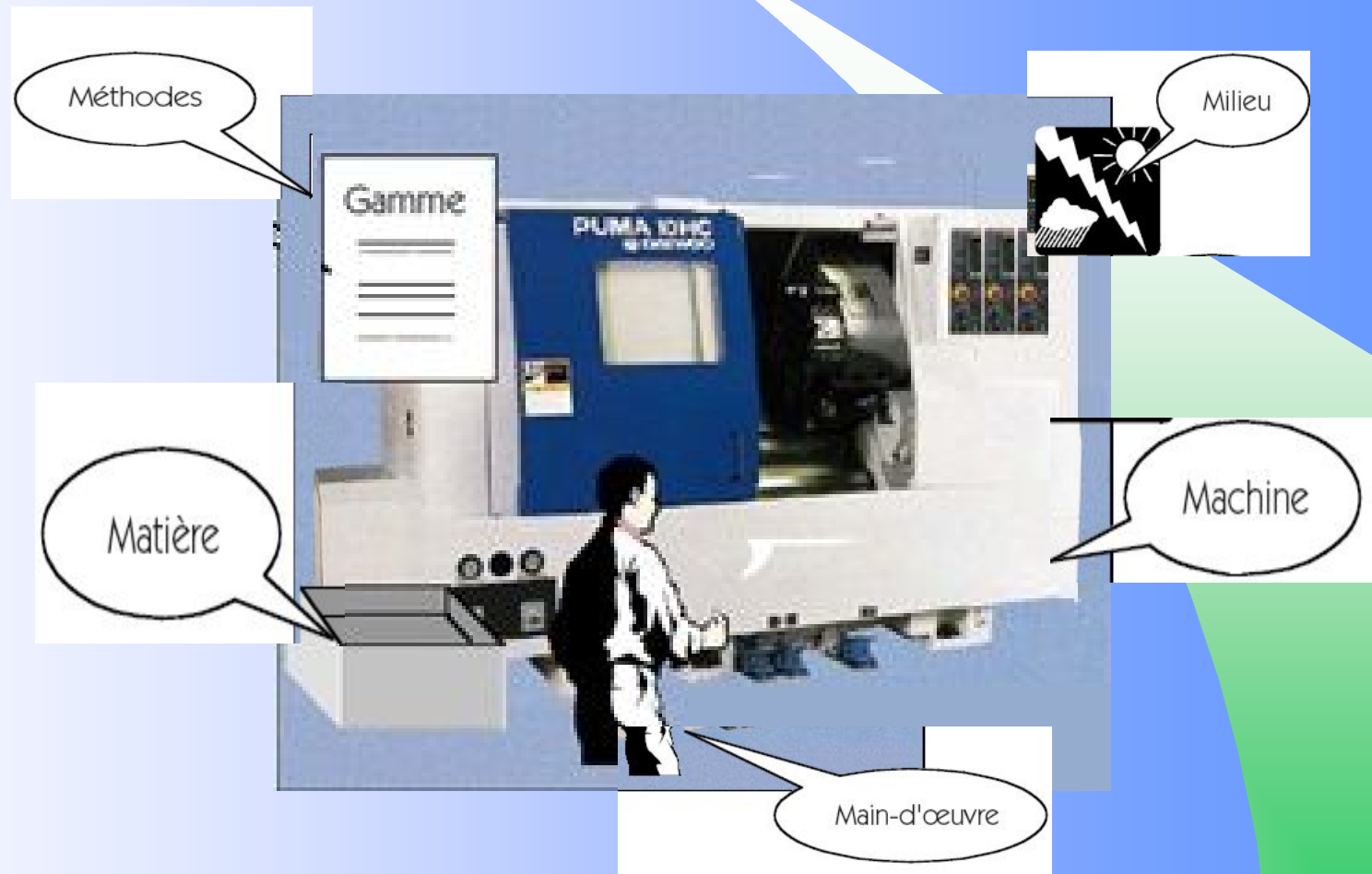
Un processus « sous contrôle » est un processus dans lequel seules subsistent les causes communes. La répartition de la production suit alors une courbe en cloche et elle est centrée sur la cible.



Un processus « hors contrôle » est soumis à la présence de causes spéciales. Le résultat de la production ne suit donc pas nécessairement une courbe en cloche et la production peut être décentrée par rapport à la cible.

Les variations proviennent de l'ensemble du processus de production. L'analyse des processus de fabrication permet de dissocier 5 éléments élémentaires qui contribuent à créer cette dispersion. On désigne généralement par les 5 M ces 5 causes fondamentales responsables de dispersion, et donc de non-qualité :

- Machine
- Main-d'œuvre
- Matière
- Méthodes
- Milieu





## Les causes communes (ou naturelles ou aléatoire ou non assignable) :

ce sont les nombreuses sources de variations difficilement maîtrisables qui sont toujours présentes à des degrés divers dans différents procédés.

Ces causes étant toujours présentes et de plus en grand nombre, il faudra «vivre avec ».

L'ensemble de ces causes communes forme la variabilité intrinsèque du procédé.

Cette variabilité suit généralement une loi de gauss.

Le but de la MSP sera de ne laisser subsister que les dispersions dues aux causes communes

- Jeux dans les différents éléments de la machine
- Elasticité des organes
- Hétérogénéité de la matière travaillée
- Température de l'atelier
- Erreurs dans le processus de mesure

### Caractéristiques

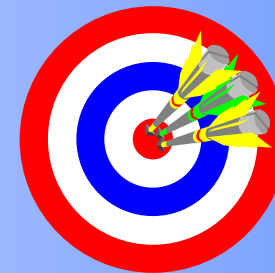
- leur nombre très important
- leurs variations faibles en règle générale
- leur indépendance les unes des autres par le fait qu'elles sont toujours présentes
- elles se retrouvent dans toutes les pièces fabriquées; c'est d'ailleurs pour ces raisons que la distribution est le plus souvent normale

## Les causes spéciales (assignables ou accidentelles ou spéciales)

ce sont les causes de dispersion identifiable, souvent irrégulières et instables et par conséquent difficiles à prévoir. L'apparition d'une cause spéciale nécessite une intervention sur le procédé

- Cassure d'un outil
- Coupure du courant dans un cycle de chauffe
- Défaillance humaine
- Fuite dans un tuyau sous pression
- Grippage d'un palier
- Dégel, chaleur ou froid exceptionnel
- Changement d'opérateur
- Lot de matière première défectueux

 L'objectif est de se débarrasser des causes assignables et de réduire les causes aléatoires.



# Notion de Capabilite

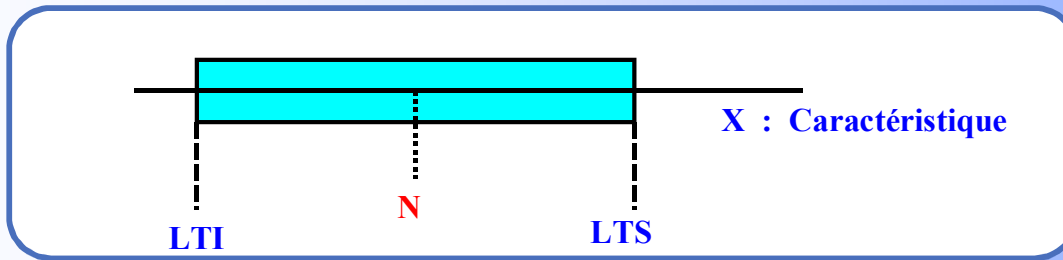
C'est un indicateur qui va permettre de vérifier si le processus est apte à produire des pièces conformes

La capabilité est exprimée par un chiffre. C'est la mesure du rapport entre la performance réelle d'une machine ou d'un procédé et la performance demandée.

## LIMITES DE TOLÉRANCE

Lorsqu'un objet est produit en série au cours d'un procédé, certaines de ses caractéristiques sont numériques : elles doivent être impérativement proches d'un objectif idéal, comprises dans une fourchette "acceptable". Celle-ci est fixée au préalable.

On appelle "spécifications" un couple de valeurs ( $T_i$ ,  $T_s$ ) entre lesquelles doit se trouver la grandeur mesurable  $X$  concernée. On les appelle aussi "tolérances inférieure et supérieure".



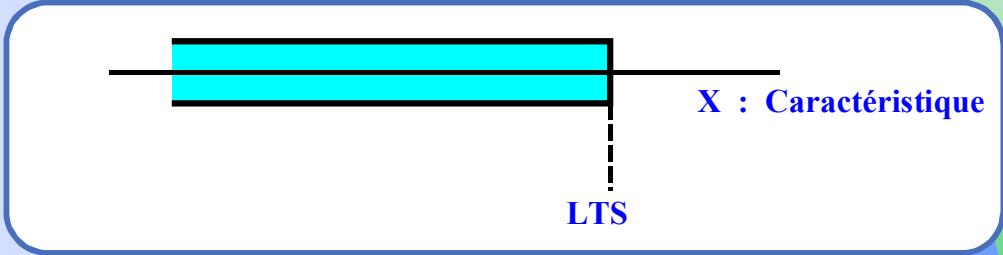
LTI : limite de tolérance inférieure  
 LTS: limite de tolérance supérieure  
 N : valeur nominale visée =  $(LTI + LTS)/2$

**Exemple**

**Dimension sur une pièce usinée**  
 $X : 10.00 \pm 0.01$  (mm) ou  $9.99 \leq X \leq 10.01$

On peut être amené à ne parler que d'une seule limite

**Une limite supérieure**

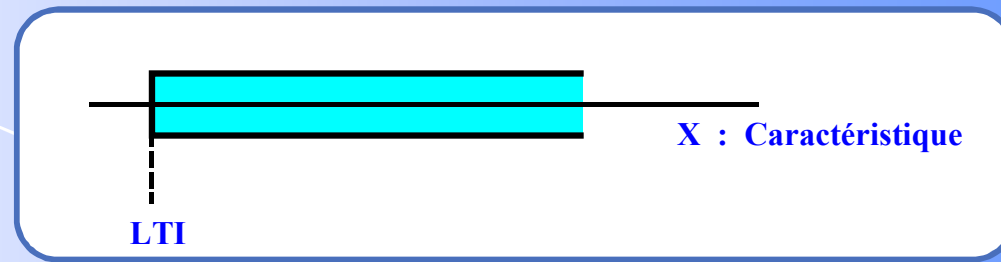


**Exemple**

**indice d'alcool dans le sang**  $X \leq 0.08$  mg/l



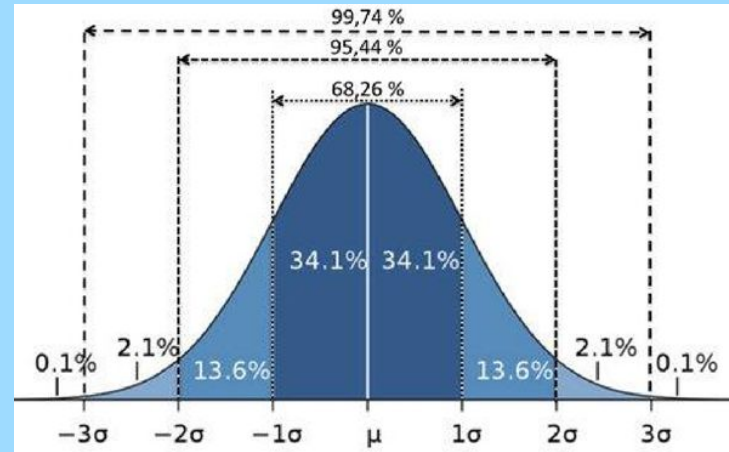
Une limite inférieure



Exemple

moyenne cumulative d'un étudiant au département GI  
 $X \geq 10.75$

## LIMITES "NATURELLES" D'UN PROCESSUS



La dispersion d'un processus est définie comme l'intervalle contenant 99.73% des valeurs. Dans le cas d'une distribution suivant la loi Normal cela correspond à un intervalle de  $6\sigma$

L'idée de base de la définition de ces limite naturelle est la distribution Gaussienne pour couvrir couvre 99.73 %

**PAR CONVENTION** on définit LNI « Limite Naturelle Inférieure » et LNS « Limite Naturelle Supérieure » par :

$$\text{LNI} = \mu - 3\sigma$$

$$\text{LNS} = \mu + 3\sigma$$

## CAPABILITE D'UN PROCESSUS

La capacité d'un moyen de production dépend de 2 facteurs

- ❑ La dispersion du processus
- ❑ L'intervalle de tolérance de la caractéristique « IT »

L'indice de capacité machine est définie par :

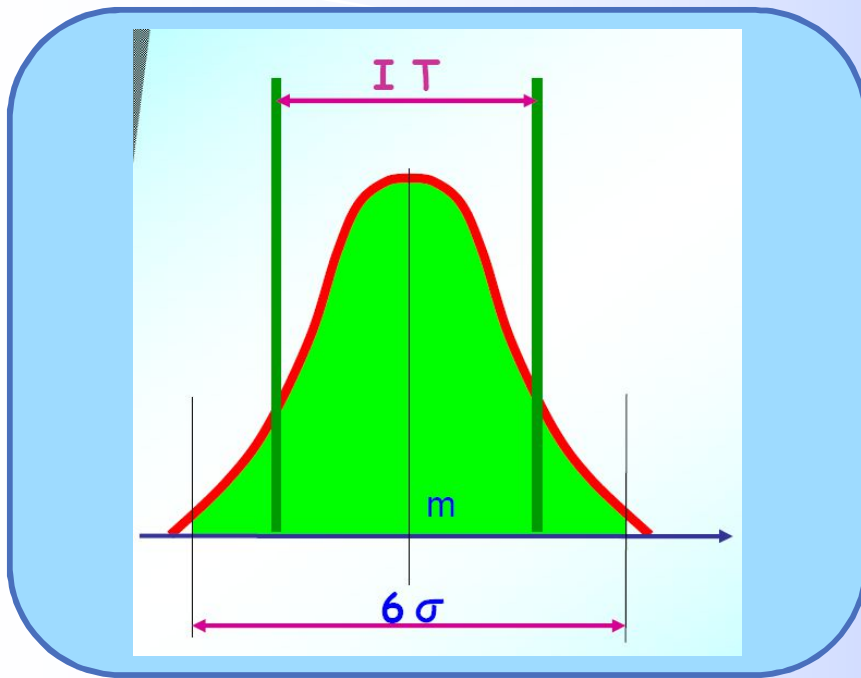


$$C_m = \frac{IT}{6\sigma}$$

L'indice de capacité procédé est définie par :

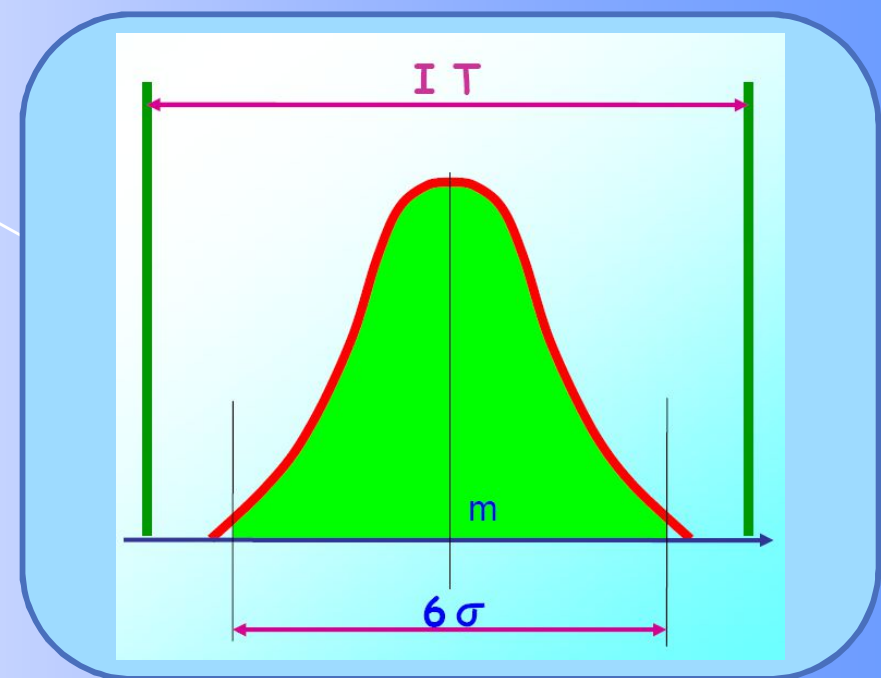


$$C_p = \frac{IT}{6\sigma}$$



La distribution n'est pas à l'intérieur de l'IT:

→ : pièces non conformes



La distribution est à l'intérieur de l'IT:

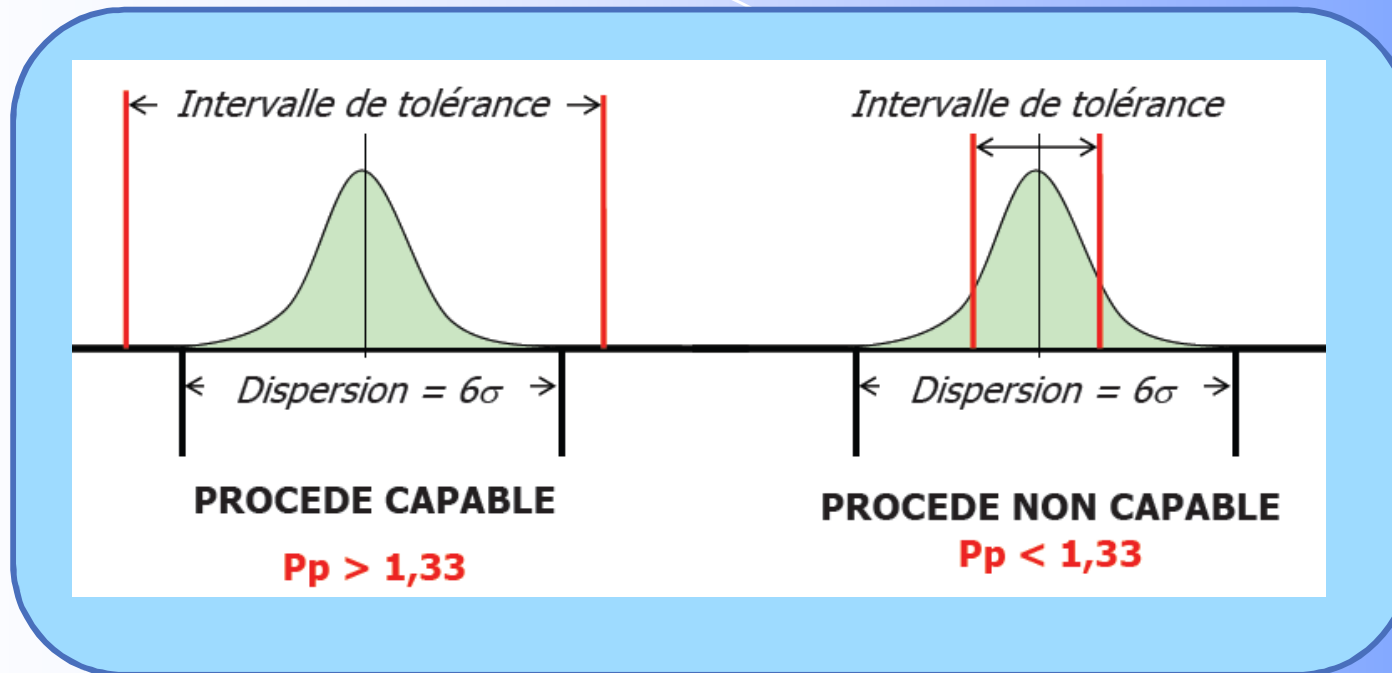
→ : pièces conformes

**La machine est considérée apte si  $C_m > 1,33$**

**Le procédé est jugé capable si  $C_p > 1,33$**

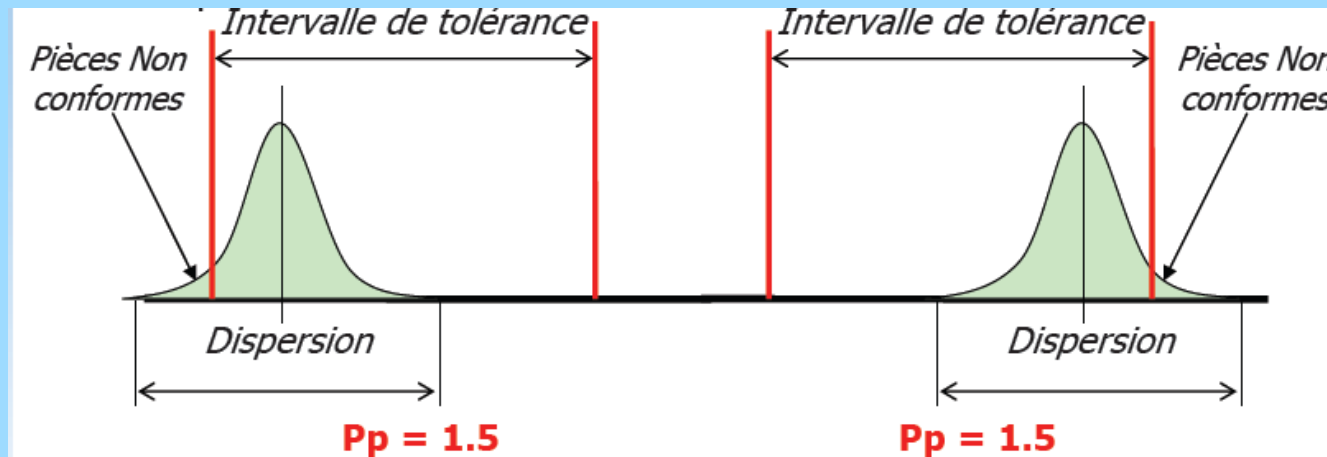


Ce qui peut être représenté par le schéma suivant



## Remarque

Soit le cas représenté sur la figure ci-dessous représentant le cas où  $P_p$  est supérieur à 1.33 mais la courbe de Gauss est décalée soit à gauche soit à droite



Ainsi donc cet indicateur est insuffisant

On met en place un autre indicateur  $P_{pk}$  qui doit tenir compte du dérèglement du procédé  
 $P_{pk}$  indicateur de dérèglement

Pour vérifier la capabilité ces deux indicateurs restent insuffisants on doit alors calculer des indices qui tiennent compte du dérèglement, il en existe plusieurs :  
Les indices de capabilité machine (Cm et Cmk)

Les indices de capabilité machine (Cm et Cmk)

$$C_{mk} = \frac{\text{Distance (Moyenne/Limite la plus proche)}}{\text{Demi dispersion global}} = \left[ \frac{D_1}{D_2} \right] = \text{Min} \left[ \frac{\bar{x} - TI}{3\sigma}, \frac{TS - \bar{x}}{3\sigma} \right]$$

(Cmk tient compte en plus du centrage de la valeur moyenne)

Cet indicateur tend à ne plus être utilisé car il ne reflète pas la réalité des pièces produites en série contrôlées par échantillon, il reflète une capabilité à un instant donné.

Il reste très intéressant pour connaître la capabilité dans le cadre d'une petite série ou d'une pré-industrialisation.

## Les indices de capabilité procédé (Cp et Cpk)

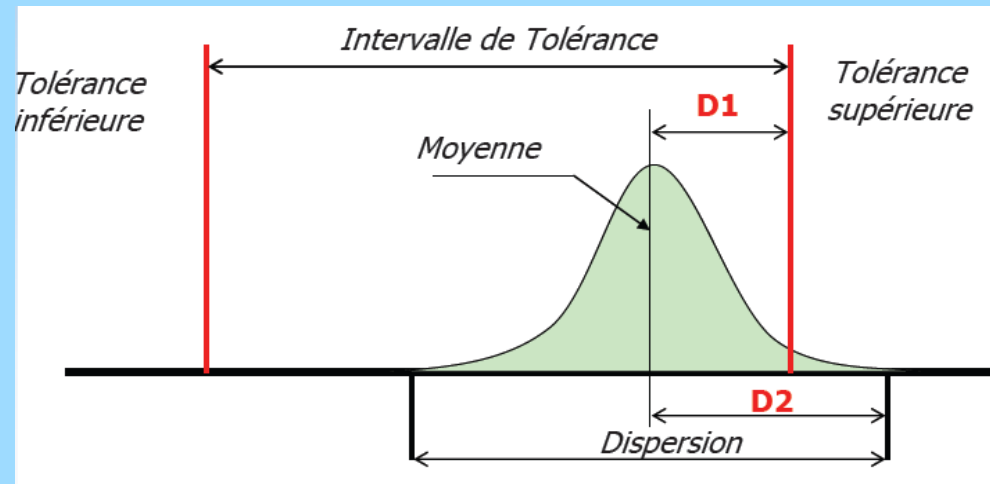
$$C_{pk} = \frac{\text{Distance (Moyenne/Limite la plus proche)}}{\text{Demi dispersion global}} = \left[ \frac{D_1}{D_2} \right] = \text{Min} \left[ \frac{\bar{x} - TI}{3\sigma}, \frac{TS - \bar{x}}{3\sigma} \right]$$

Ces deux indices, calculés à partir des résultats portés sur une carte de contrôle permettent de vérifier la capabilité intrinsèque du procédé sans tenir compte des causes assignables éventuelles.

Les indices Cp et Cpk ne sont représentatifs de la qualité livrée que si le procédé est stable en moyenne et en dispersion (sous contrôle - absence de causes assignables).

Nous avons alors les deux cas suivant

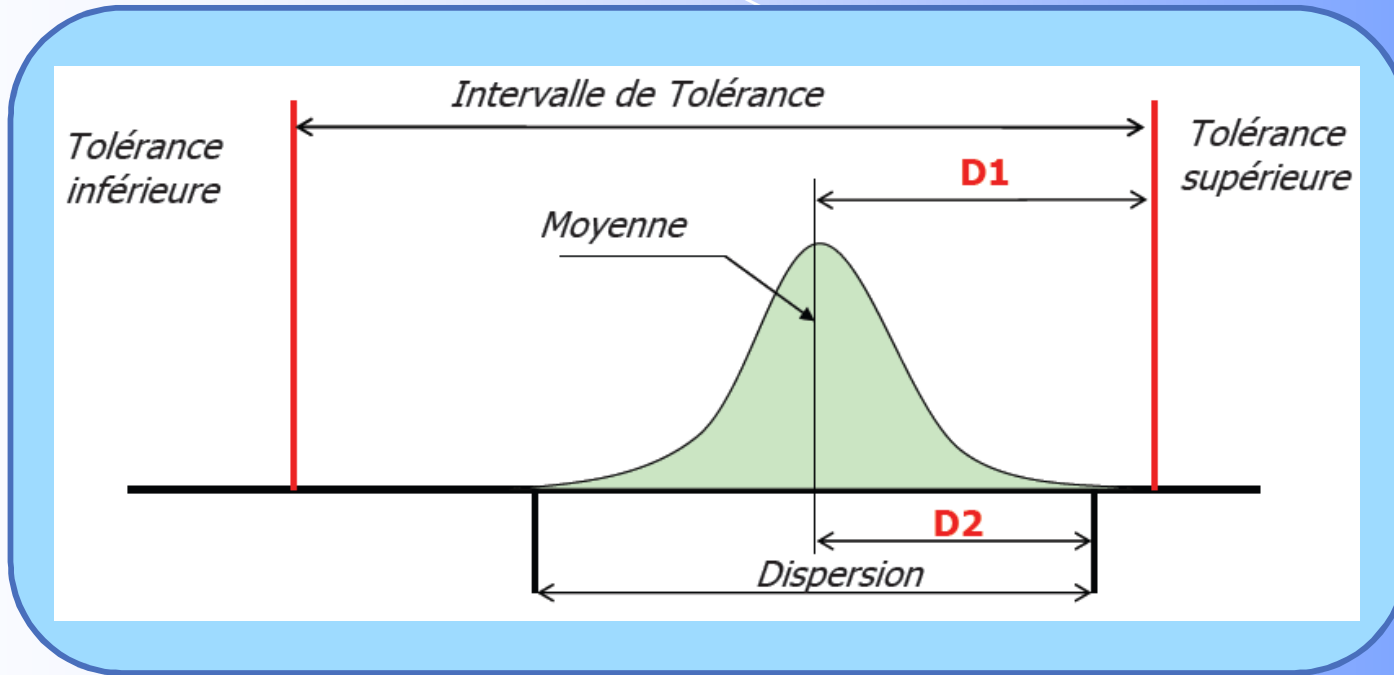
$$D_1 < D_2$$



Le procédé est dérégulé du coté supérieur de la moyenne



$D_1 > D_2$



Le procédé est réglé du coté supérieur de la moyenne



## LA CAPABILITE MACHINE ( $C_{pm}$ )

Cet indicateur tient à la fois compte de la dispersion et du centrage. Il renforce l'analyse donnée par le  $C_p$  et le  $C_{pk}$ . Il assure que la variabilité sur le produit est faible, que le procédé est bien centré sur la cible et donc que le taux de pertes reste acceptable. La capacité machine ne peut être calculée que sur des pièces fabriquées sur la ou les mêmes équipements et pour les mêmes réglages.

$$C_{pm} = \frac{IT}{6\sqrt{(\sigma^2 + (m - cible)^2)}}$$

Soit

$$C_{pm} = \frac{C_p}{\sqrt{(1 + 9(C_p - C_{pk})^2)}}$$

Pour garantir une bonne capacité machine, on doit avoir  $C_{pm} > 1,33$



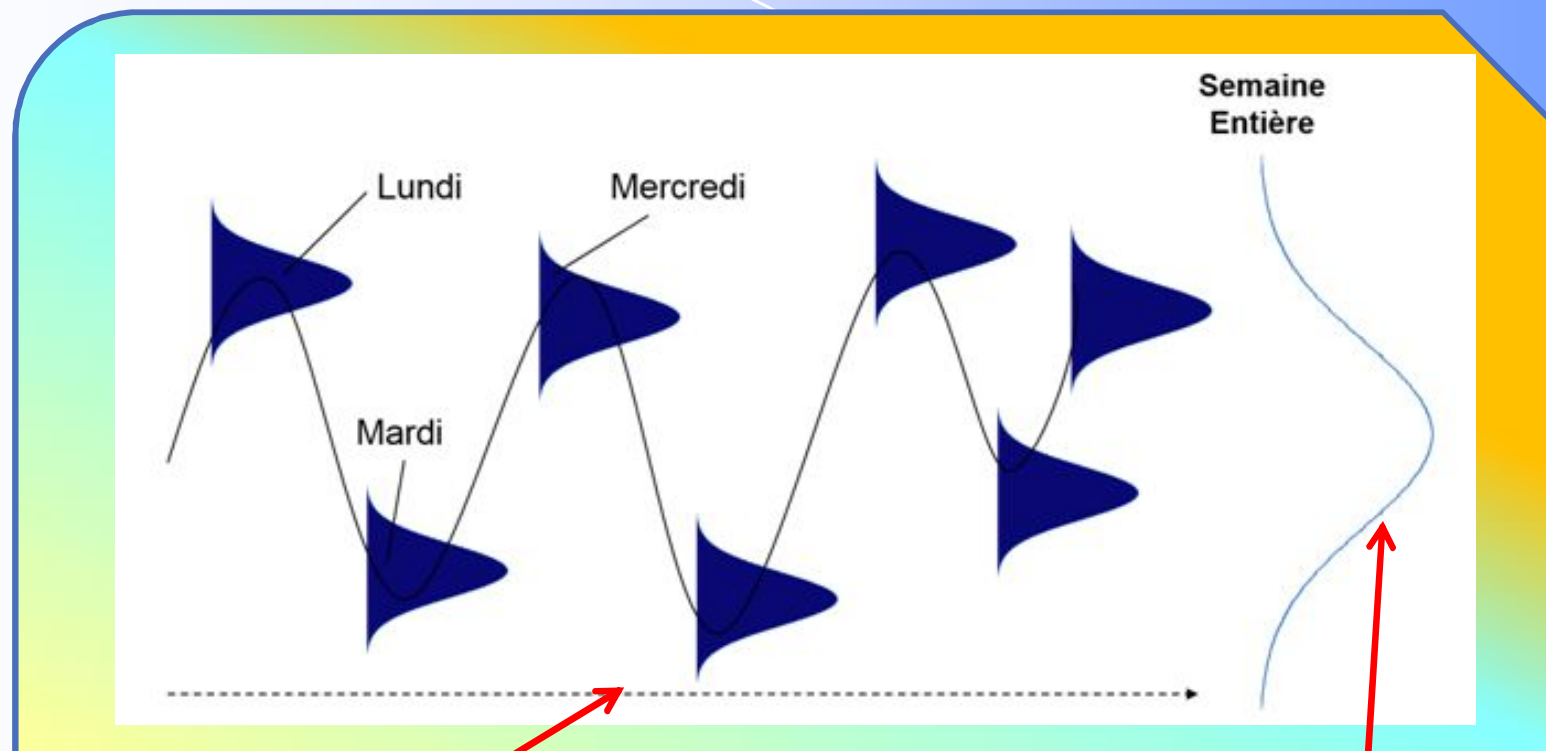
## Corrélation avec l'ancienne notation :

	Cout Terme		Long Terme	
	Norme Française	ISO	Norme Française	ISO
Capabilité Intrinsèque	$C_m$	$C_p$	$C_p$	$P_p$
Vrais Capabilité « Centrage »	$C_{mk}$	$C_{pk}$	$C_{pk}$	$P_{pk}$
Vrais Capabilité « Perte »	N'existe pas	$C_{pm}$	N'existe pas	$P_{pm}$

**Attention aux confusions**



# Un image pour différentier le long terme du court terme



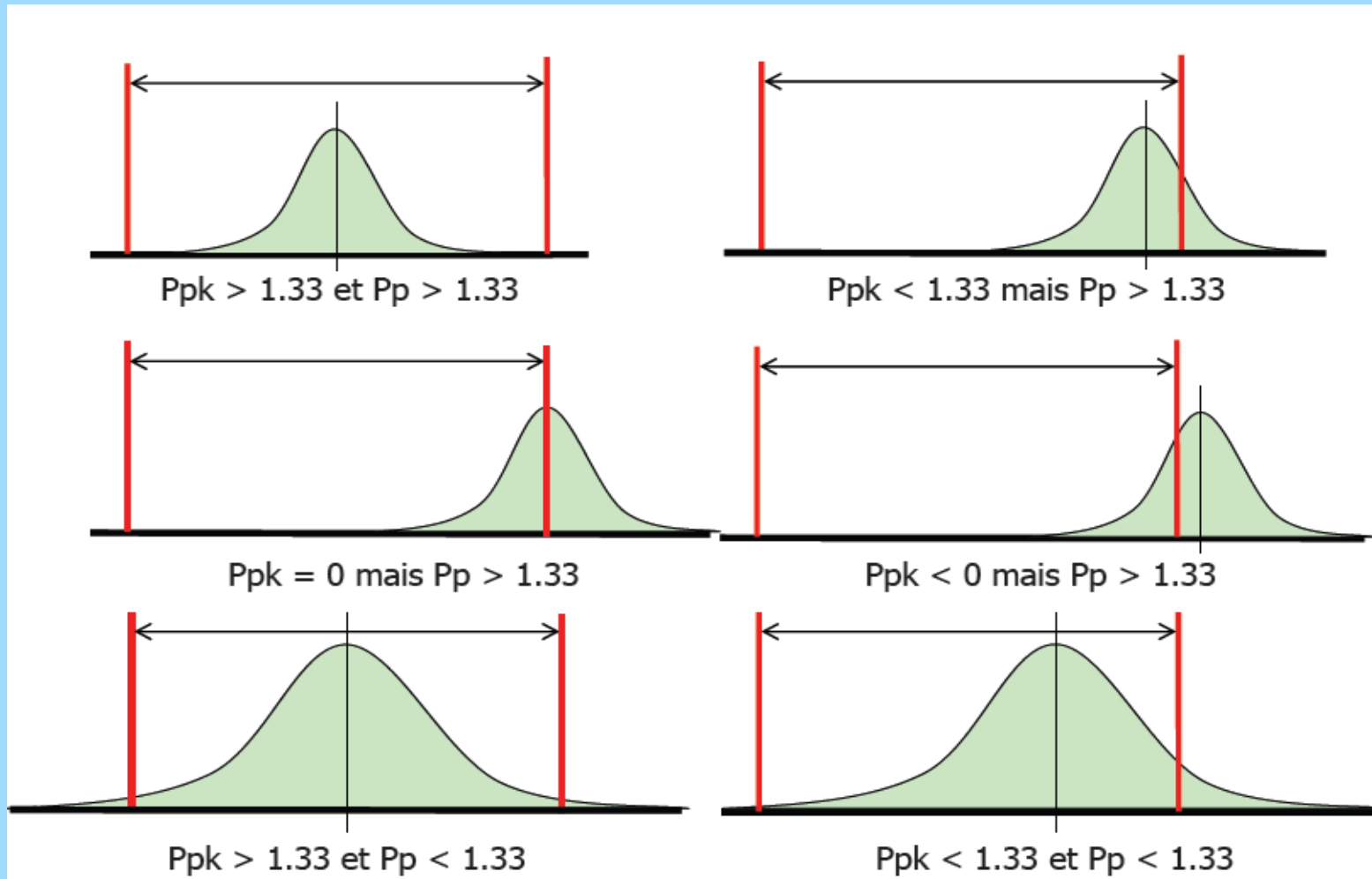
$C_{pk}$  court terme  
(intérieur d'un jour)

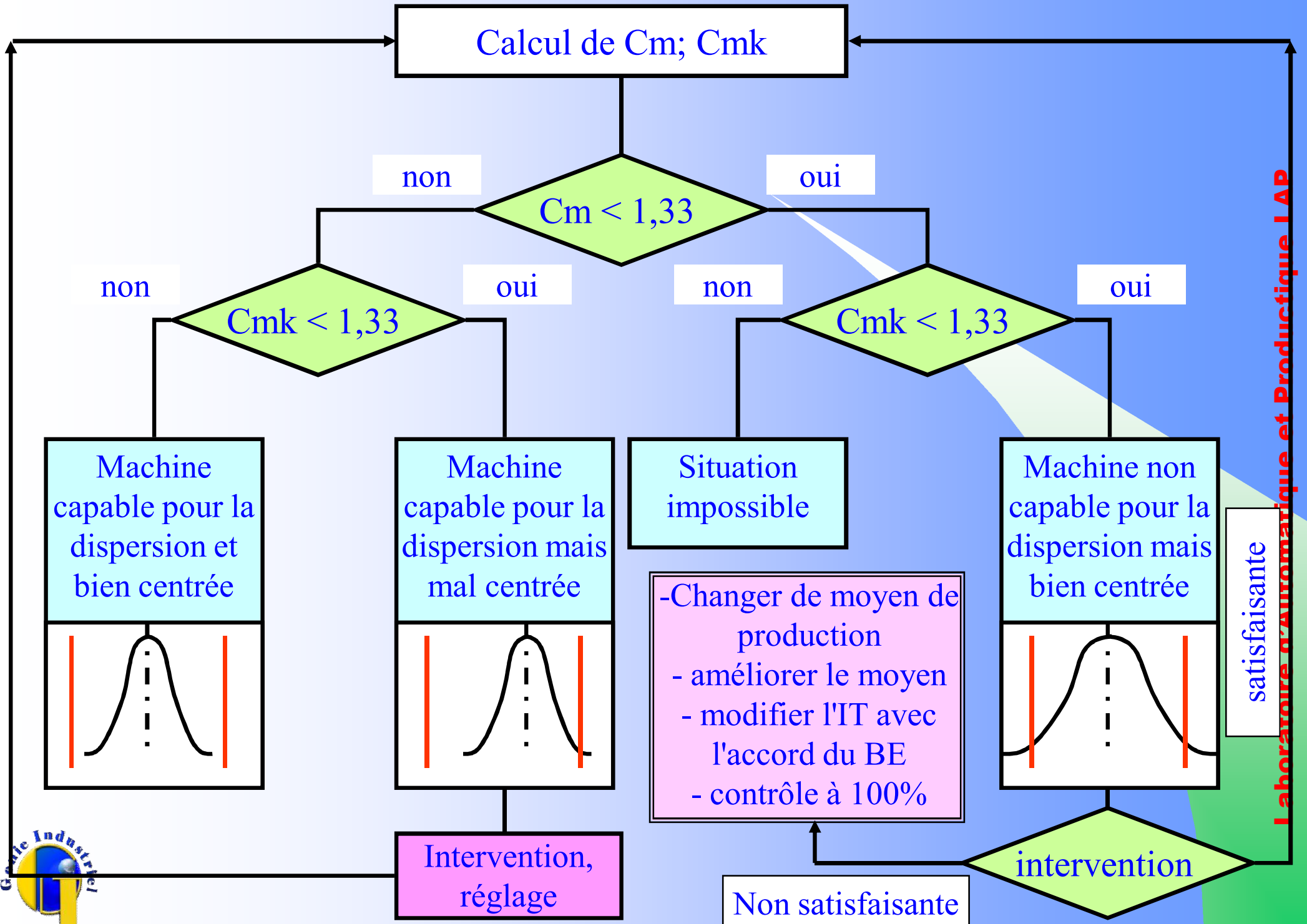
$P_{pk}$  Long terme  
(dispersion de toutes  
les valeurs individuelles)



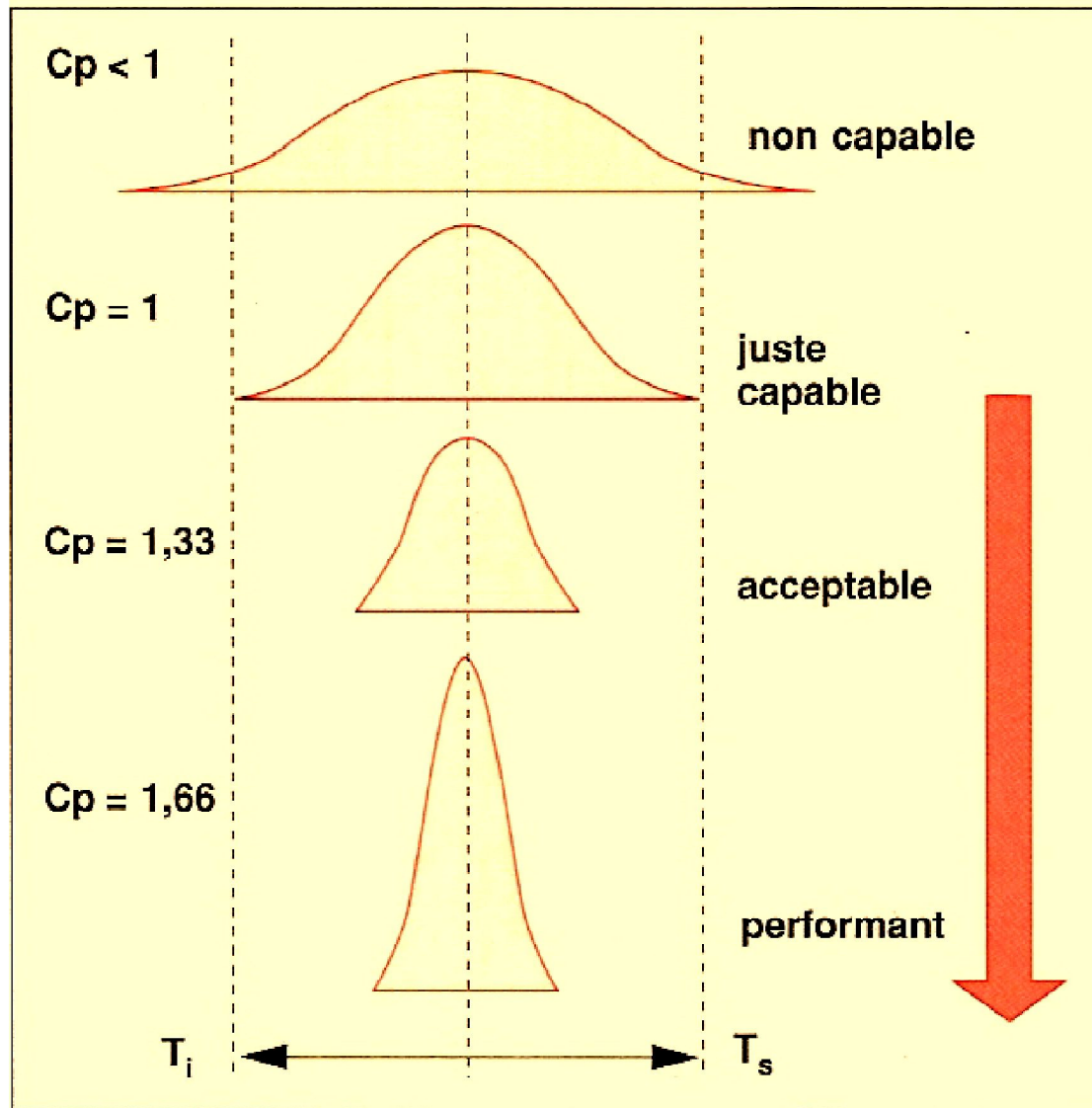
# GRAPHE DE DECISION

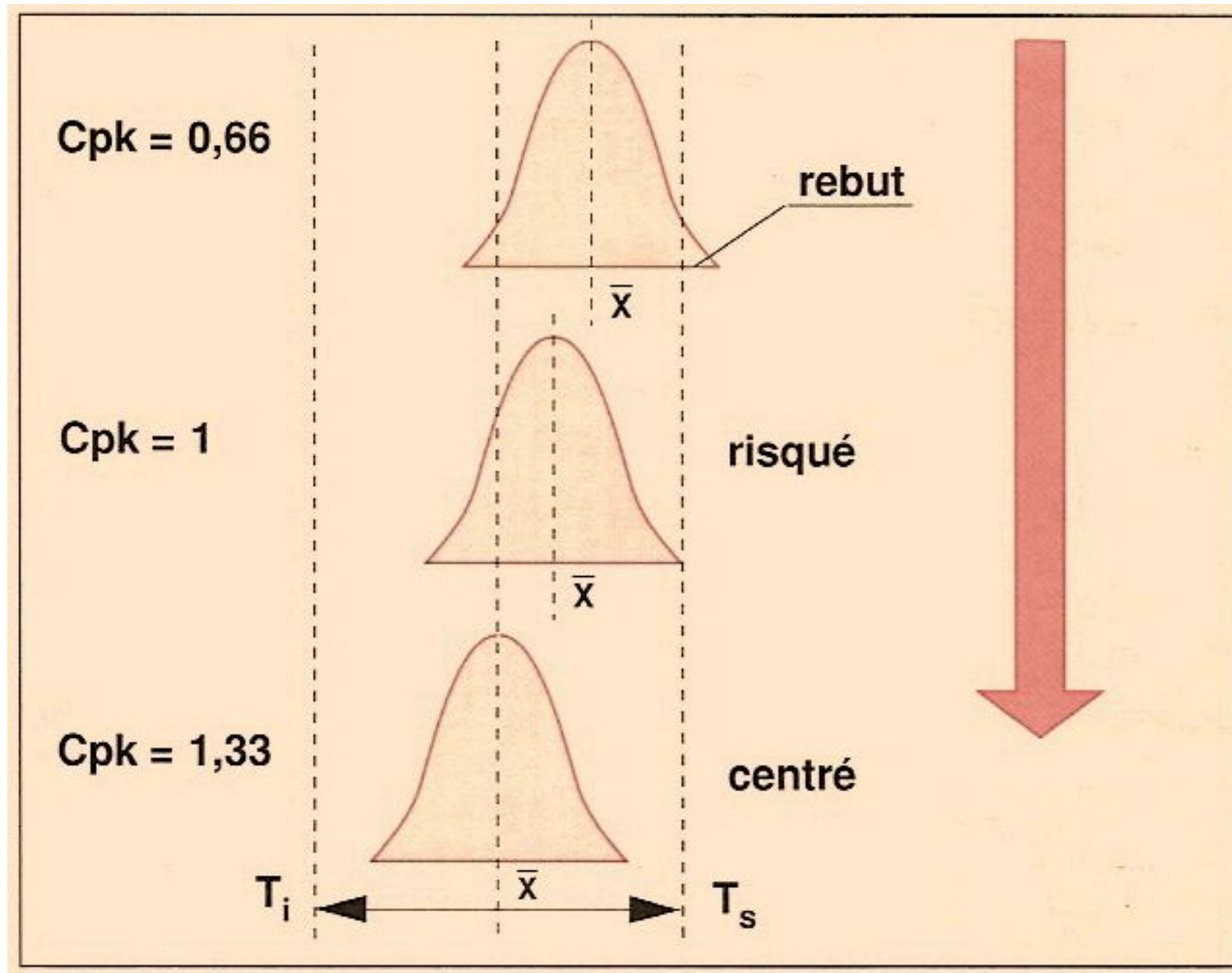
Les schémas suivant permettent de définir tous les cas possible et ainsi donc établir un graphe de décision





# INTERPRETATION DES RESULTATS





# ANALOGIE

Pour illustrer ces situations utilisons l'analogie d'un véhicule et d'un garage

Cas n°1



$$C_p \leq 1 \quad C_p = C_{pk}$$

Cas n°2



$$C_p \geq 1 \quad C_p = C_{pk}$$

Cas n°3



$$C_p = 1 \quad C_p = C_{pk}$$

Cas n°4



$$C_p = 1 \quad C_{pk} < 1$$

Cas n°5



$$C_p = C_{pk} = 2$$

Cas n°6



$$C_p = 2 \quad C_{pk} < 2$$



## EXEMPLE

Une ensacheuse doit réaliser des sachet dont le poids à réaliser est de  $150 \text{ g} \pm 8 \text{ g}$ . Une étude au préalable sur cette machine a montré que l'écart type est de  $1.75 \text{ g}$ .  
Calculer les indices de capabilité et conclure pour les deux cas suivant

Premier cas : La moyenne est de  $150 \text{ g}$

Intervalle de Tolérance IT

$$\begin{aligned} \text{TS} &= 150 + 8 = 158 \text{ g} \\ \text{TI} &= 150 - 8 = 142 \text{ g}. \end{aligned}$$

$$C_m = \frac{\text{IT}}{6\sigma} = \frac{158 - 142}{6 * 1.75} = \frac{16}{10.5} = 1.52$$

Comme la distribution est centrée, on peut juger la capabilité de la machine à partir du calcul de  $C_m$  (car dans ce cas  $C_m = C_{mk}$ )  
 $1.33 < 1.52$  la machine est donc capable et bien centré.



## EXEMPLE

Une ensacheuse doit réaliser des sachet dont le poids à réaliser est de  $150 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ . Une étude au préalable sur cette machine a montré que l'écart type est de  $2 \text{ g}$ .  
Calculer les indices de capabilité et conclure pour les deux cas suivant

Second cas : La moyenne est de  $145 \text{ g}$

Intervalle de Tolérance IT

$$\begin{aligned} TS &= 150 + 10 = 160 \text{ g} \\ TI &= 150 - 10 = 140 \text{ g}. \end{aligned}$$

$$C_m = \frac{IT}{6\sigma} = \frac{160 - 140}{6 * 2} = \frac{20}{12} = 1.66$$

$$C_{mk} = \text{Min} \left[ \frac{\bar{x} - TI}{3\sigma}, \frac{TS - \bar{x}}{3\sigma} \right] = \text{Min} \left[ \frac{145 - 140}{3 * 2}, \frac{160 - 145}{3 * 2} \right] = \text{Min} [0.83, 2.5] = 0.83$$

Machine capable pour la dispersion mais mal centrée

## Exemple d'Application

Calculer  $C_p$  et  $C_{pk}$  à partir des données suivantes :

TS = 56 ; TI = 44 ;  $\sigma = 1.15$

1<sup>er</sup> cas : moyenne de la semaine 1 = Moyenne = 48.5

2<sup>ème</sup> cas : moyenne de la semaine 2 = Moyenne = 50

3<sup>ème</sup> cas : moyenne de la semaine 3 = Moyenne = 50.8

4<sup>ème</sup> cas : moyenne de la semaine 4 = Moyenne = 51.5

5<sup>ème</sup> cas : moyenne de la semaine 5 = Moyenne = 53.5



## NOTION DE RISQUE

Il existe deux types de risque pour le contrôle par échantillon :

- Le risque client (appelé aussi risque  $\beta$ ) qui est la probabilité, pour un plan d'échantillonnage donné, d'accepter un lot mauvais alors qu'il est bon.

- Le risque fournisseur (appelé aussi risque  $\alpha$ ) qui est la probabilité, pour un plan d'échantillonnage donné, de se voir refuser un lot considéré comme mauvais alors qu'il est bon.



	Lot Conforme	Lot non Conforme
Rejeter le lot	Risque $\alpha$	Décision correcte
Accepter le lot	Décision correcte	Risque $\beta$

