

SPC

Chapitre II : MSP

Plan

II-1. Généralités

II-1-1. Définitions et principes

II-1-2. Mise en place

II-2. Capabilité

II-2-1. Définitions

II-1-2. Capabilité machine et capabilité procédé

II-2-3. Ppm

Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

Le nom se décline sous deux formes usuelles :

Statistical **P**rocess **C**ontrol
(SPC)

Maîtrise **S**tatistique des **P**rocédés
(MSP)

● Définitions et principes

● Mise en place

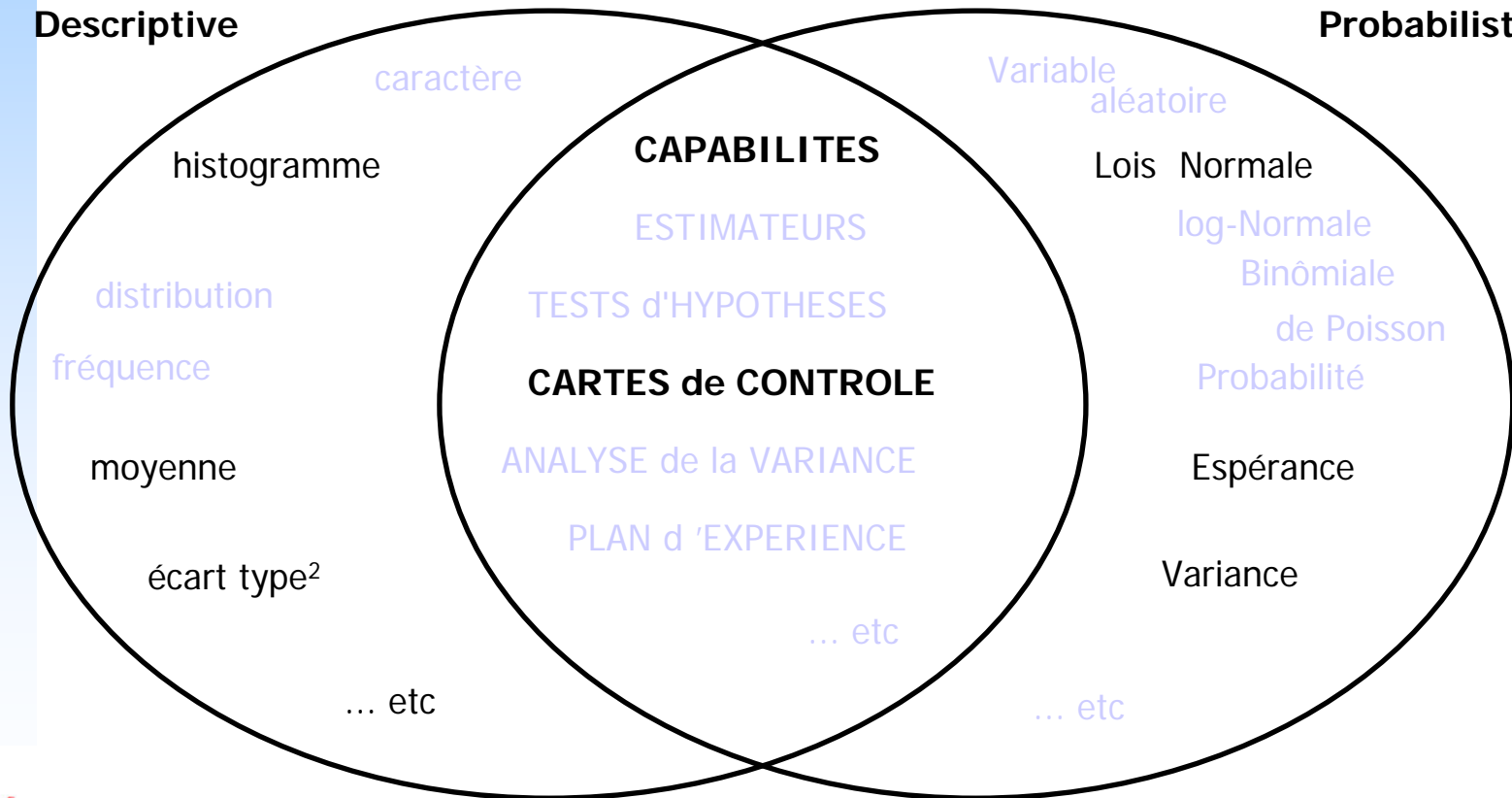
Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

• Outils statistiques utilisés en MSP

STATISTIQUE
Descriptive

MODELE
Probabiliste



● Définitions et principes

● Mise en place

Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

Maîtrise statistiques des procédés (MSP ou SPC) : méthode qui vise à amener un processus à un niveau de qualité requis et à l'y maintenir par la mise en place d'un système de surveillance permettant d'agir rapidement à toute dérive, avant même que des non-conformités soient générées.

Ainsi, la MSP :

- méthode axée sur la **prévention** et non sur l'évaluation des non-conformités,
- ne garantit pas le zéro défaut mais permet d'**assurer un niveau de Qualité** minimum,
- permet de responsabiliser l'opérateur car il doit garantir la **stabilité** de son processus.
- **technique de pilotage** des processus associant Outils statistiques et manière de les mettre en œuvre

● Définitions et principes

● Mise en place

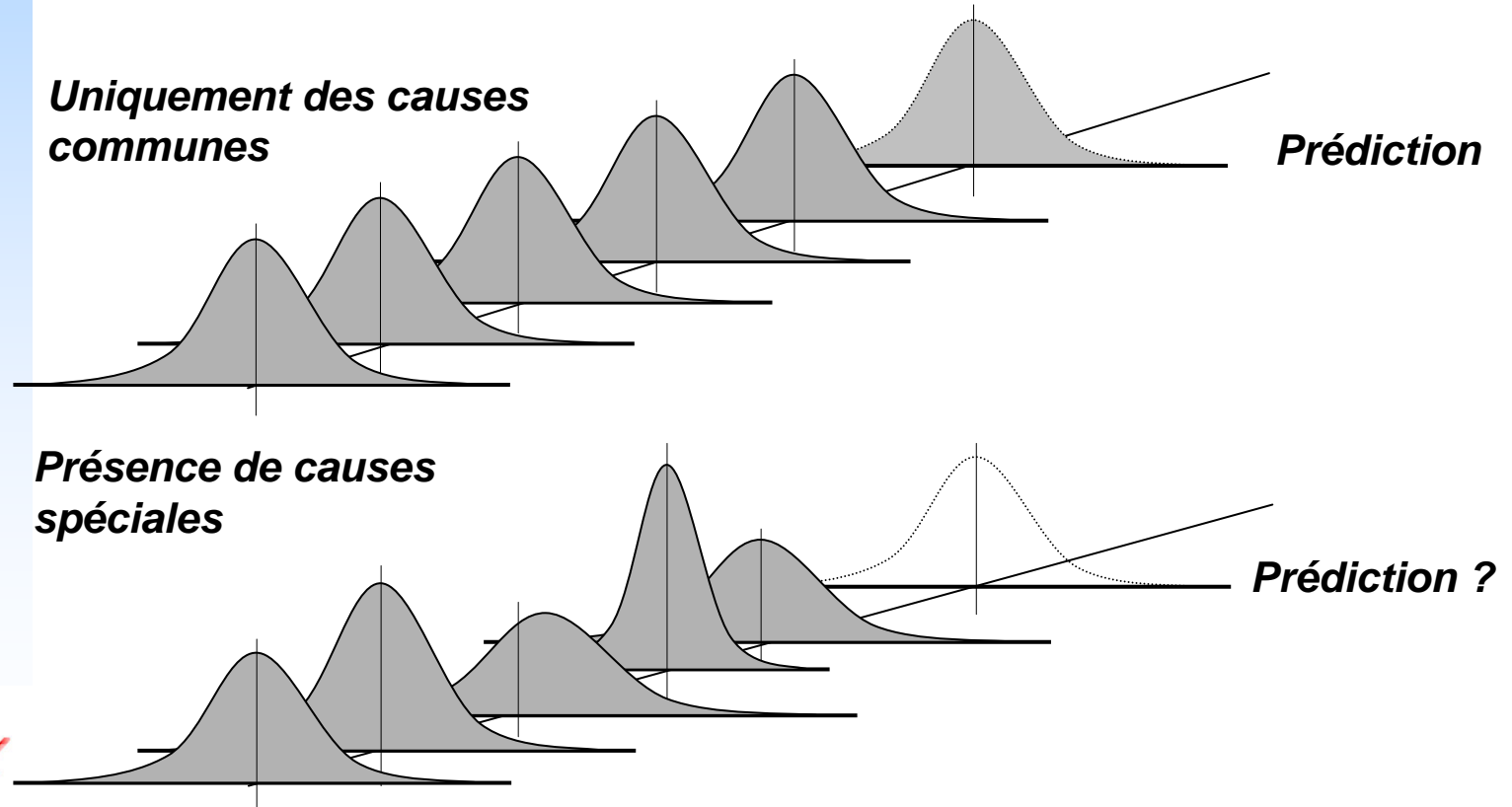
Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

● Définitions et principes

● Mise en place

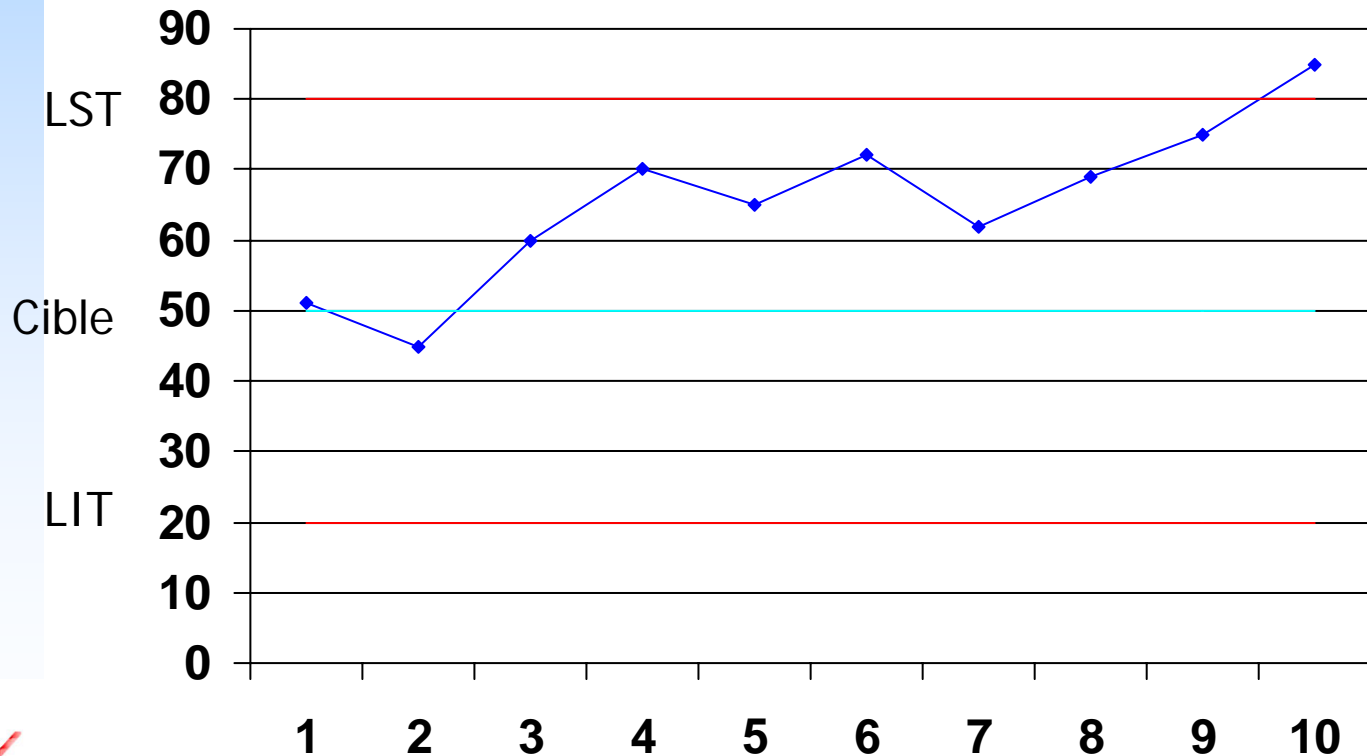
Normalité de la population contrôlée à l'aide des cartes de contrôle = **prédiction** des possibles dérives du procédé



Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

- Cartes de contrôles = film de la production et contrôle de la **stabilité** du process

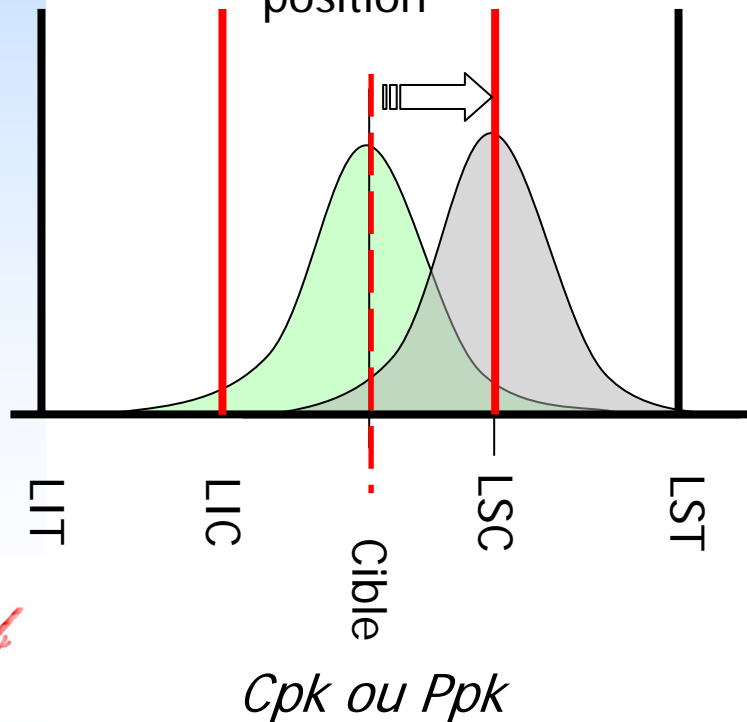


Chapitre II : MSP

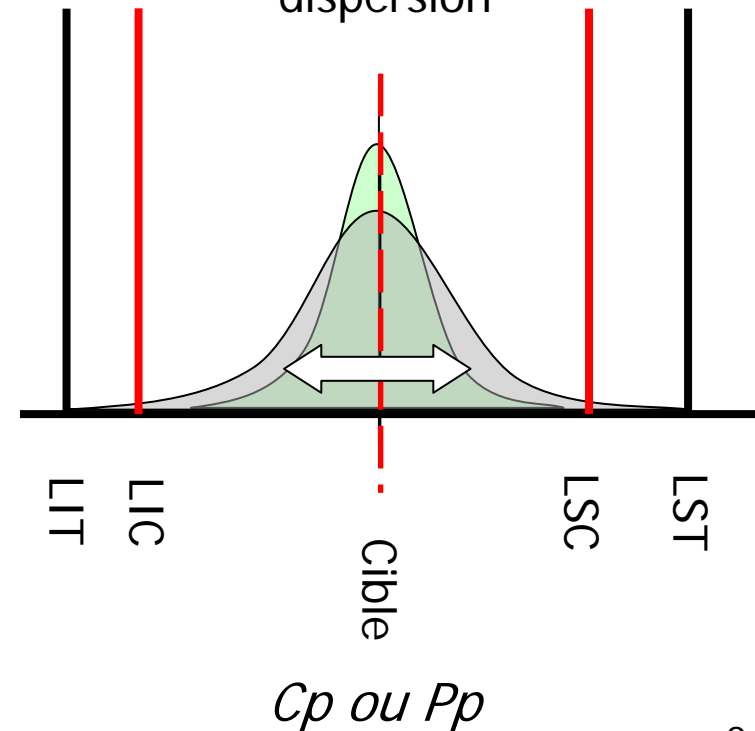
II-1. Généralités

Utilisation de l'outil statistique → calcul des limites de contrôles pour les cartes de contrôles afin de pouvoir **garantir un niveau de Qualité minimum**.

Limites de contrôle sur la position



Limites de contrôle sur la dispersion



Chapitre II : MSP

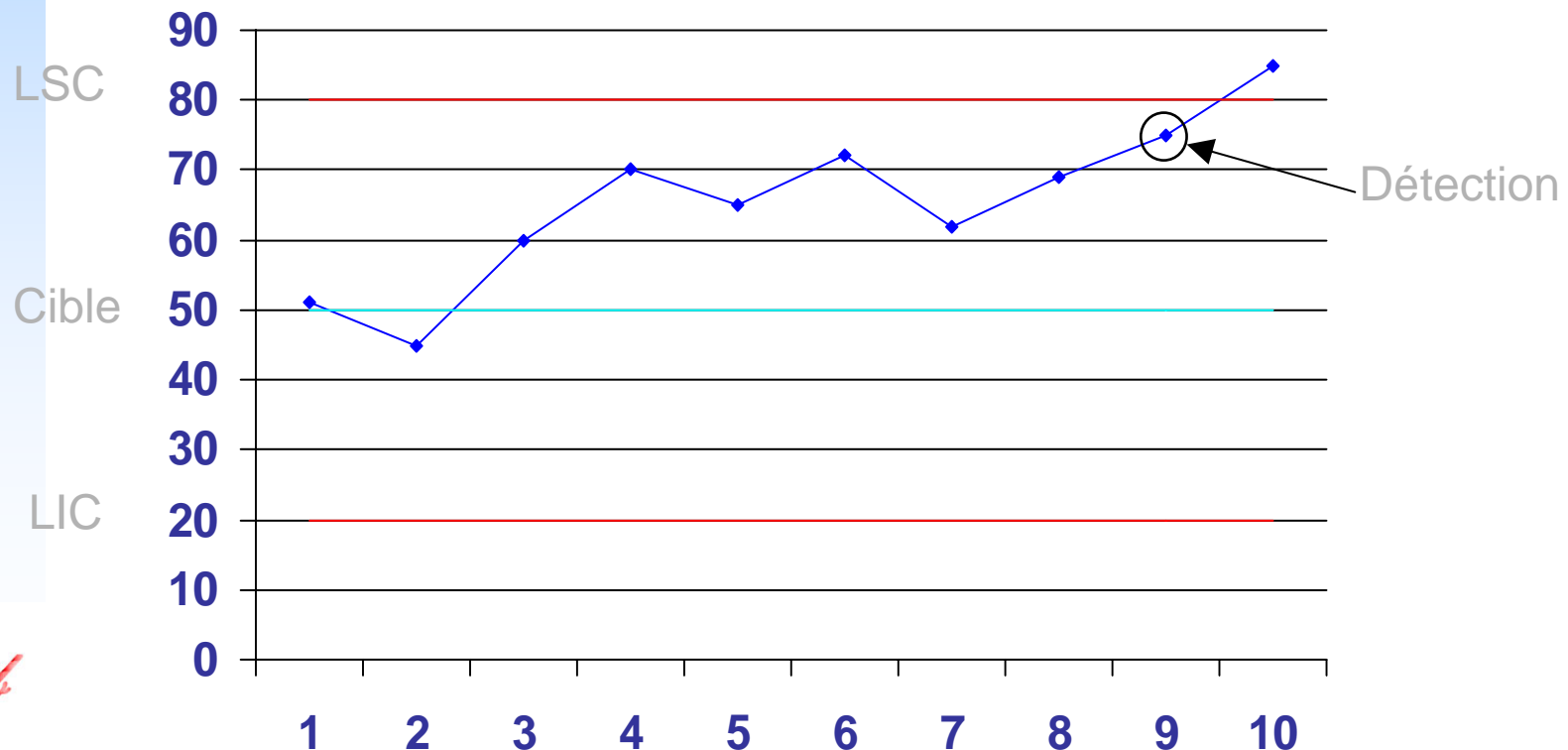
II-1. Généralités

● Définitions et principes

● Mise en place

Utilisation de règles de pilotage, associée à l'outil statistique « Cartes de contrôle » → L'opérateur peut **piloter son process** en détectant de possibles dérives

Exemple : 7 points consécutifs du même coté de la moyenne



Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

MSP (SPC) : Mode de gestion qui conduit à se rendre maître de son outil de production en agissant, à temps, sur les facteurs techniques responsables de la qualité.

→ Possibilité de prévenir l'apparition de dérives

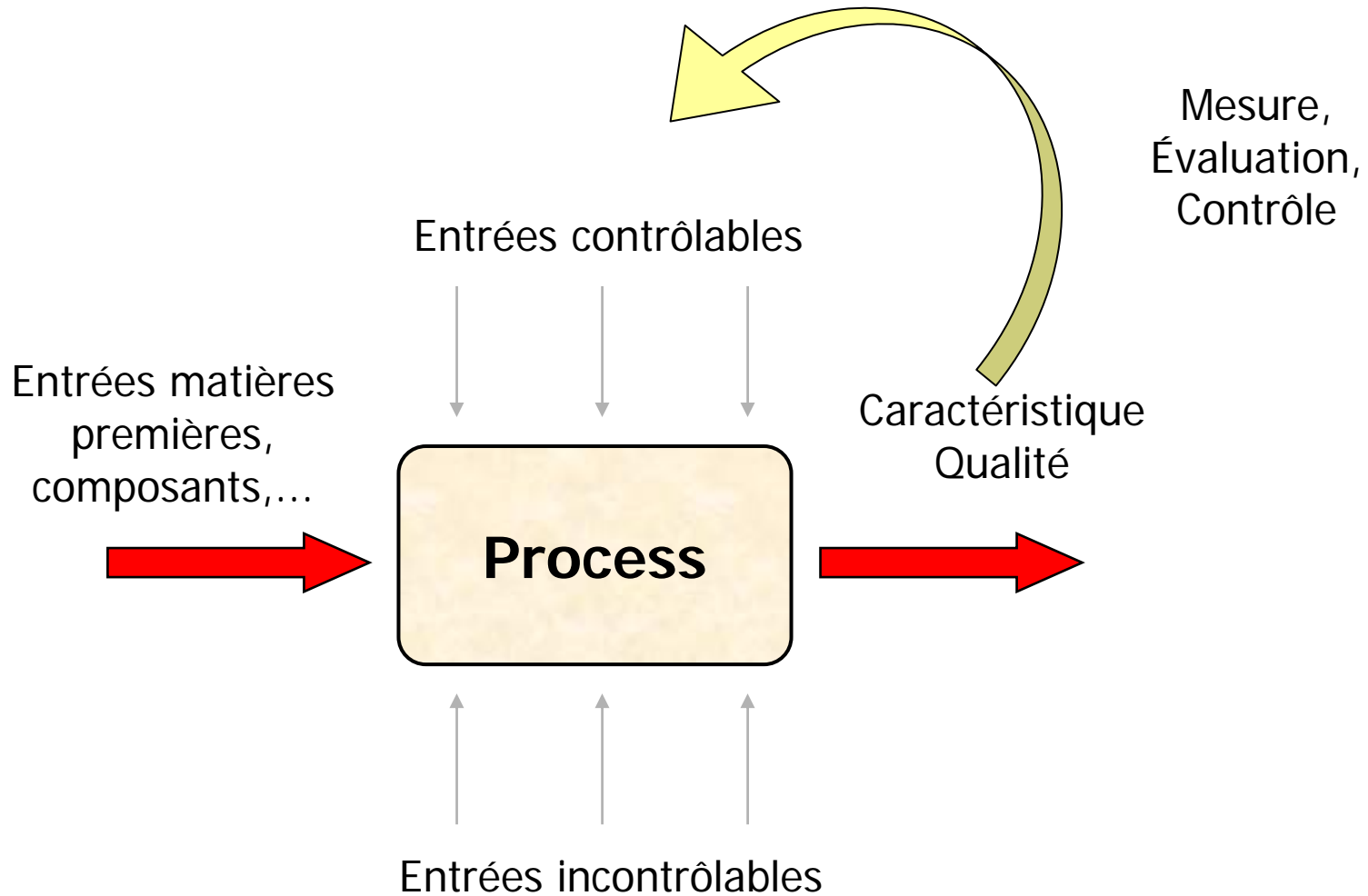
Détection (après la dérive) – Non-Qualité est tolérée

Prévention (avant la dérive) – Non-Qualité est évitée

Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

- Définitions et principes
- Mise en place



Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

- Quelques mots issus du vocabulaire MSP :
 - variabilité du procédé,
 - causes communes,
 - causes spéciales,
 - procédé maîtrisé,
 - procédé non maîtrisé.

• Définitions et principes

• Mise en place

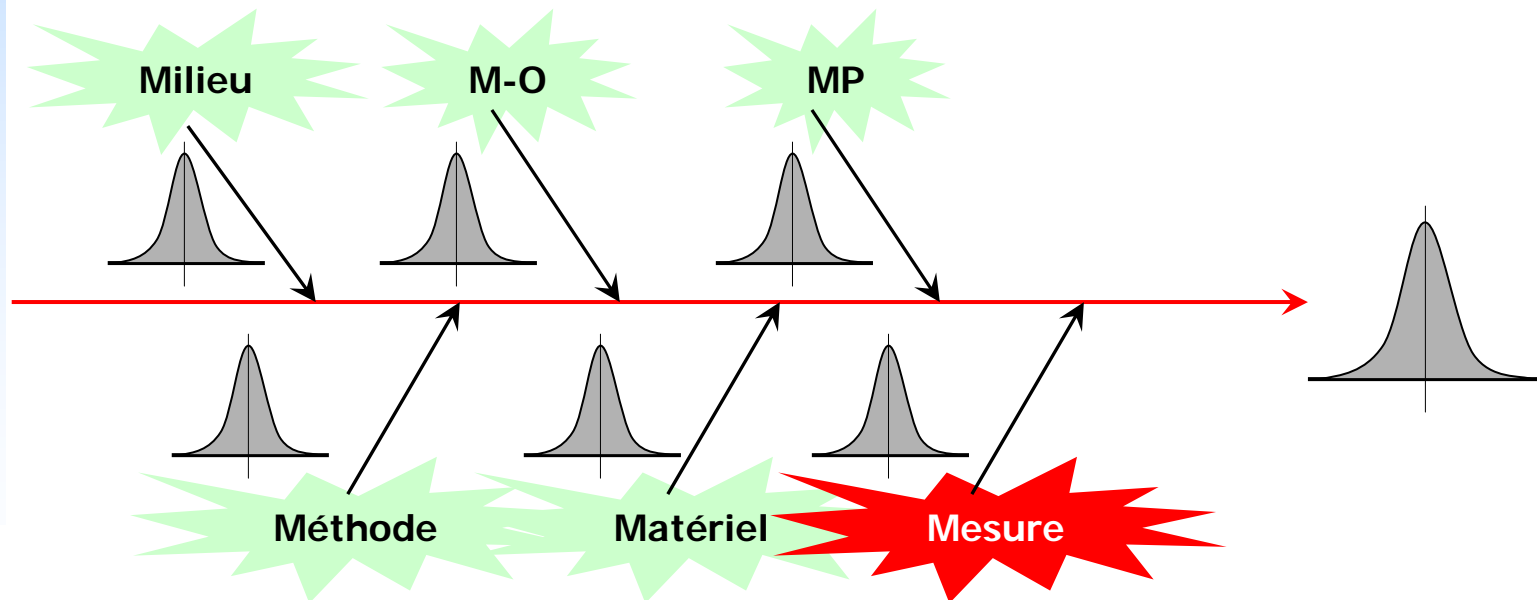
Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

• Variabilité du procédé

Il n'existe pas 2 produits identiques, mêmes issus du même procédé.

Ainsi, il faut s'accomoder des différentes sources de variations sur le procédé :



Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

- 2 types de causes

→ **Causes communes** : dépendent des choix techniques, technologiques et humains effectués lors de la conception du procédé (ex : jeux, défauts broche machine, usure d'outil,...)

Impact sur la dispersion/variabilité du procédé très faible

→ **Causes spéciales ou assignables** : regroupent les causes identifiables, peu nombreuses et d'effet individuel important (ex : dérèglages machine, casse outil, matière ou équipe différentes,...)

Production difficile à prévoir lorsque ces causes s'ajoutent aux causes communes

MSP = ELIMINATION DES CAUSES

• Définitions et principes

• Mise en place

Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

- **Procédé maîtrisé (sous contrôle statistique)**

La variabilité dans le temps n'est due qu'à la présence de causes aléatoires (communes). Il caractérise un processus stable et prévisible.

→ Surveillance et effort permanent pour éliminer les causes spéciales

- **Procédé non maîtrisé**

La variabilité comprend des causes assignables. Cela caractérise un « procédé » livré à lui-même.

● Définitions et principes

● Mise en place

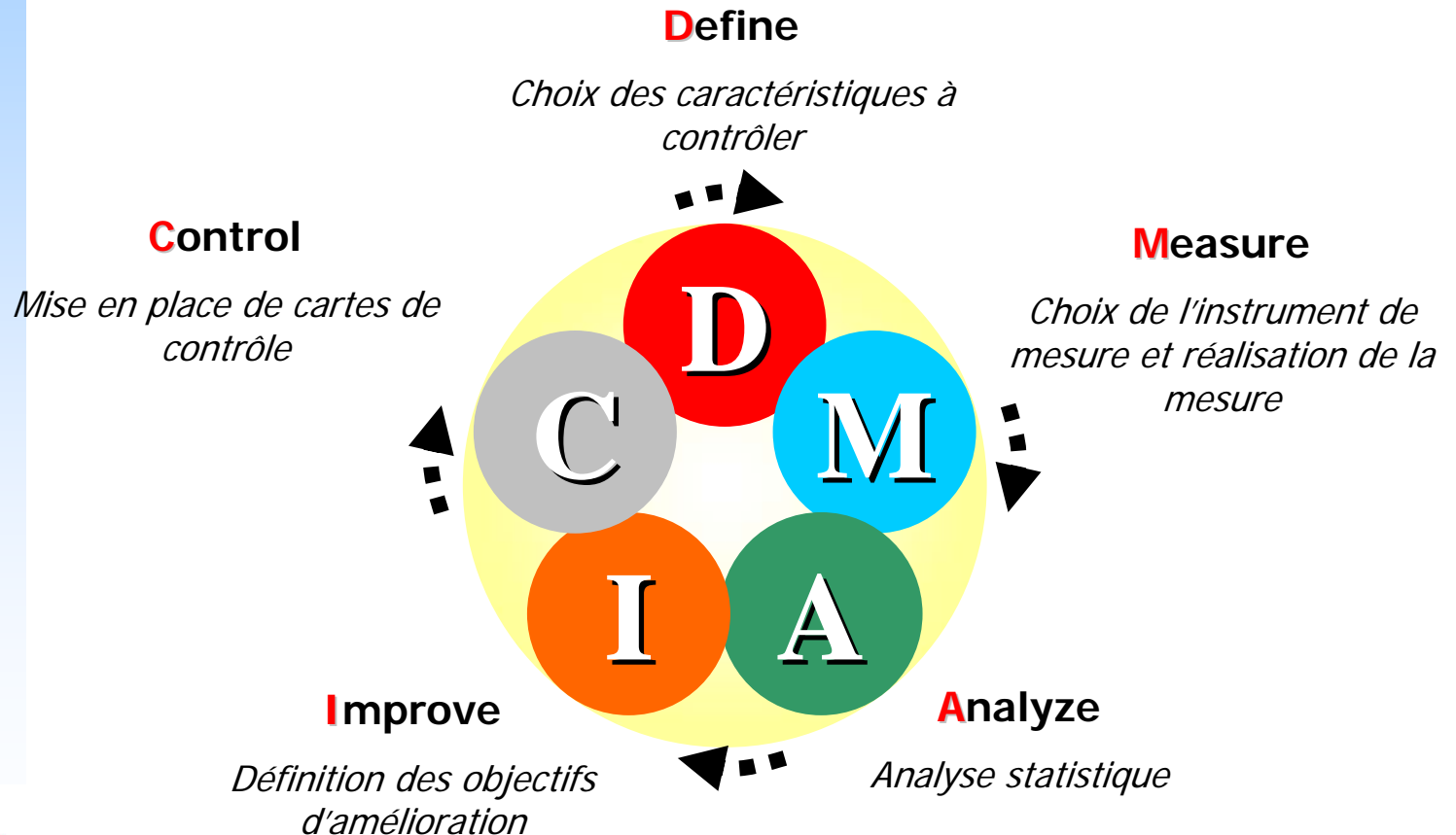
Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

● Définitions et principes

● Mise en place

• Mise en œuvre de la MSP en 5 phases :



Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

● Définitions et principes

● Mise en place

- **Define : Choix des caractéristiques à contrôler**

Caractéristiques produit pouvant être mises sous surveillance :

- les caractéristiques majeures,
- les caractéristiques non essentielles,
- les caractéristiques non maîtrisées

→ Méthode

- analyse des réclamations clients,
- analyse des rebuts et Coût de Non Qualité/Coût d'Obtention de la Qualité,
- AMDEC, ...

Toutefois, il peut être judicieux de choisir une caractéristique du processus pour pouvoir traiter en amont, les problèmes sur le process. Nous pouvons alors utiliser les méthodes : AMDEC process, plan d'expérience, diagramme cause-effet, Pareto, 5M, etc...

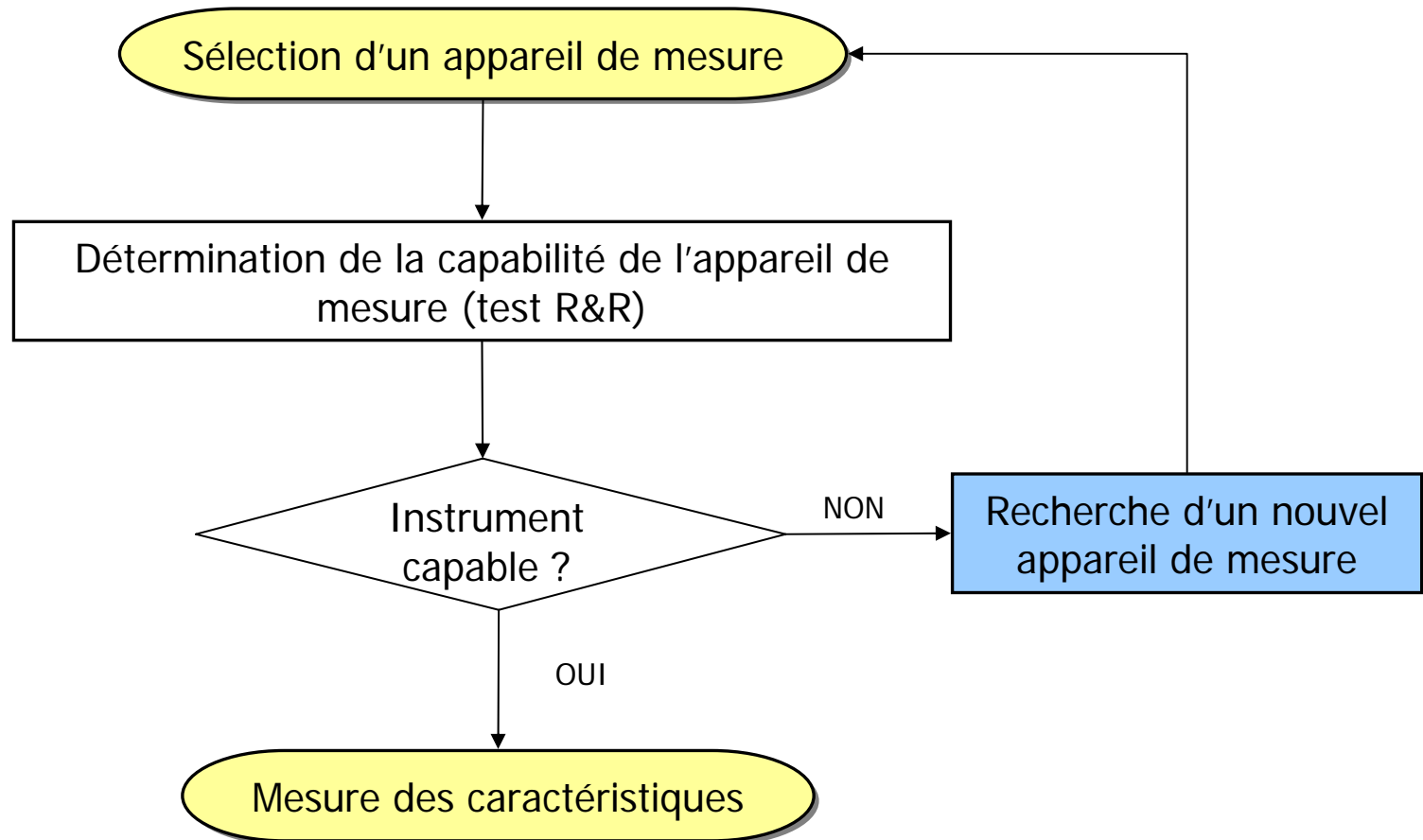
Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

Définitions et principes

Mise en place

- **Measurement : Choix de l'instrument de mesure**



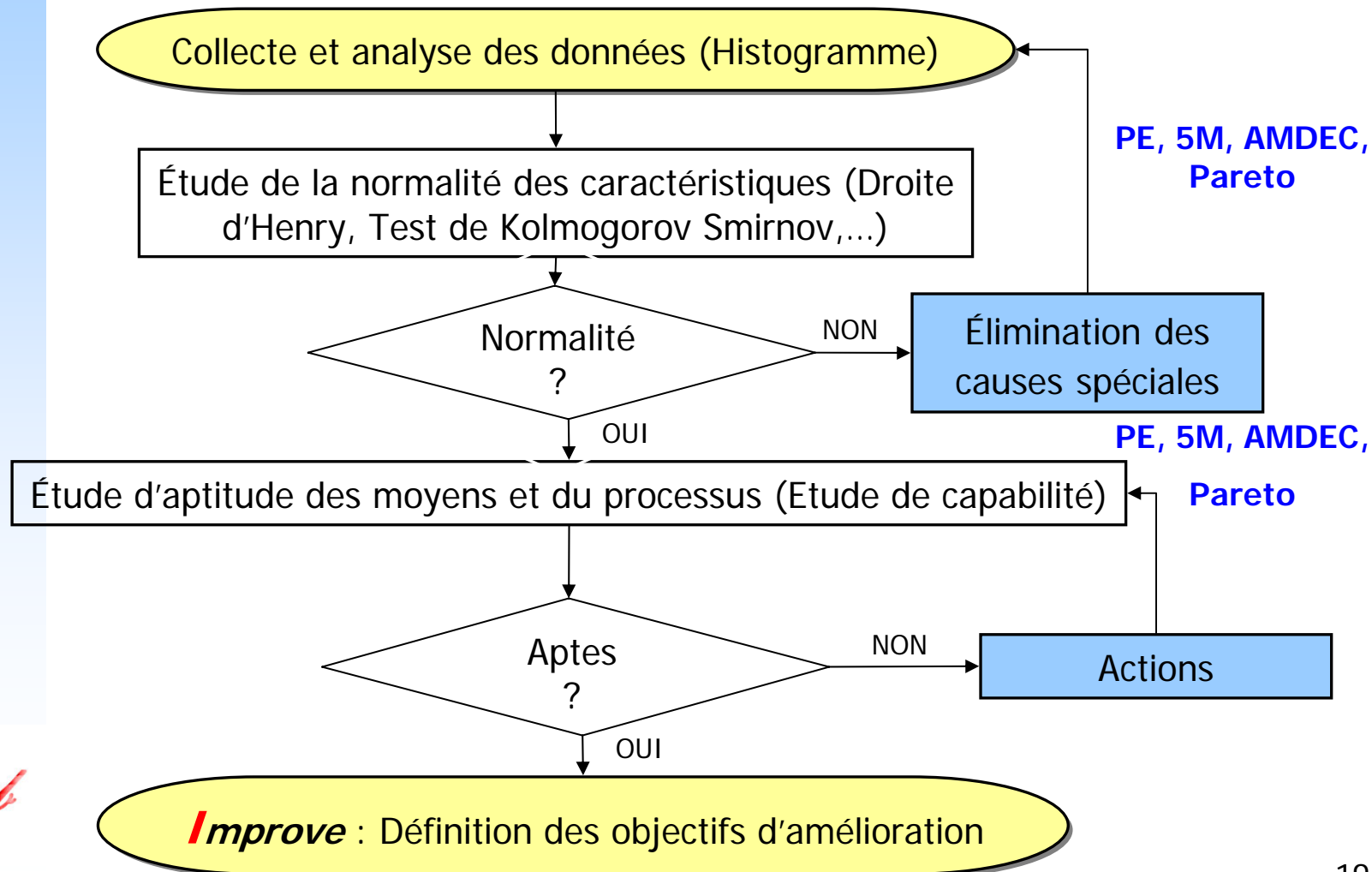
Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

● Définitions et principes

● Mise en place

• ***A*** Analyse statistiques



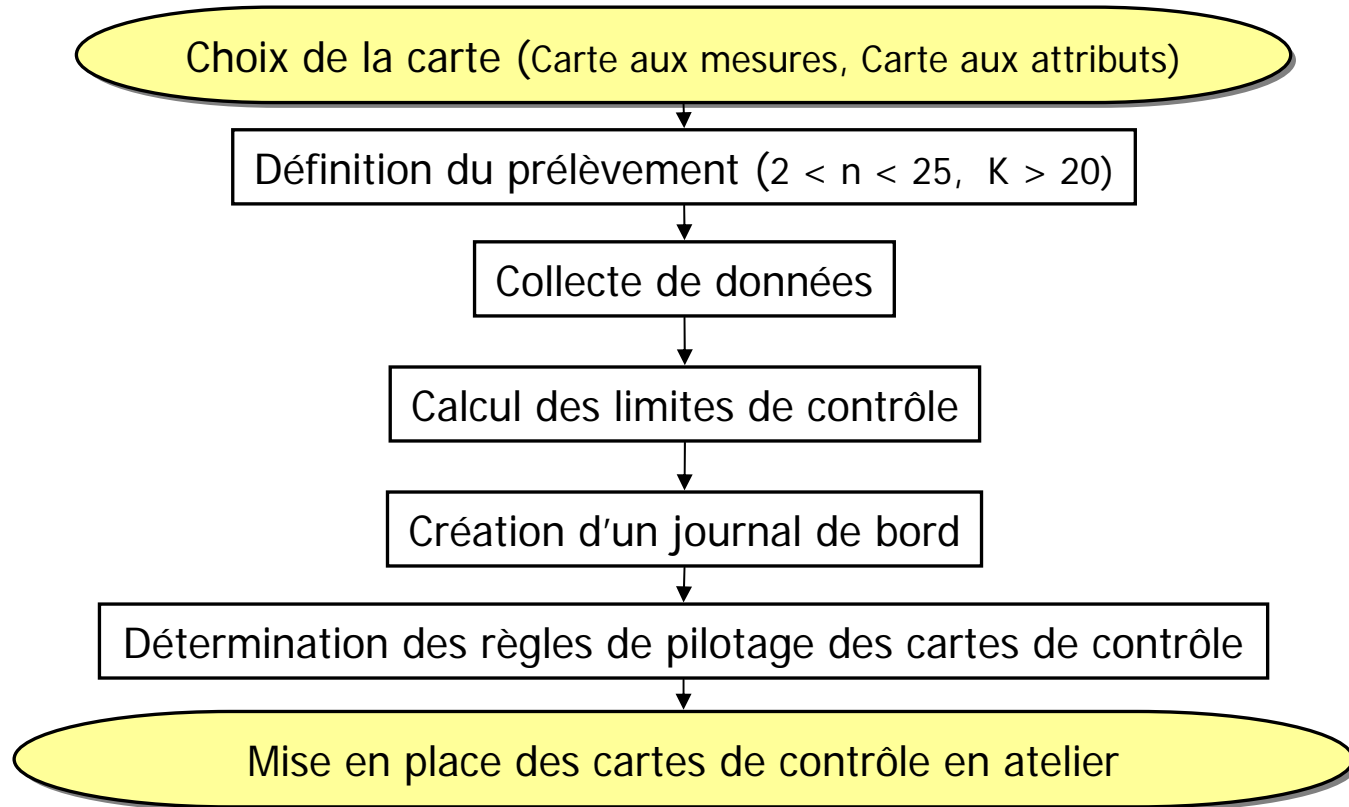
Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

● Définitions et principes

● Mise en place

• **Control : Mise en place des cartes de contrôle**



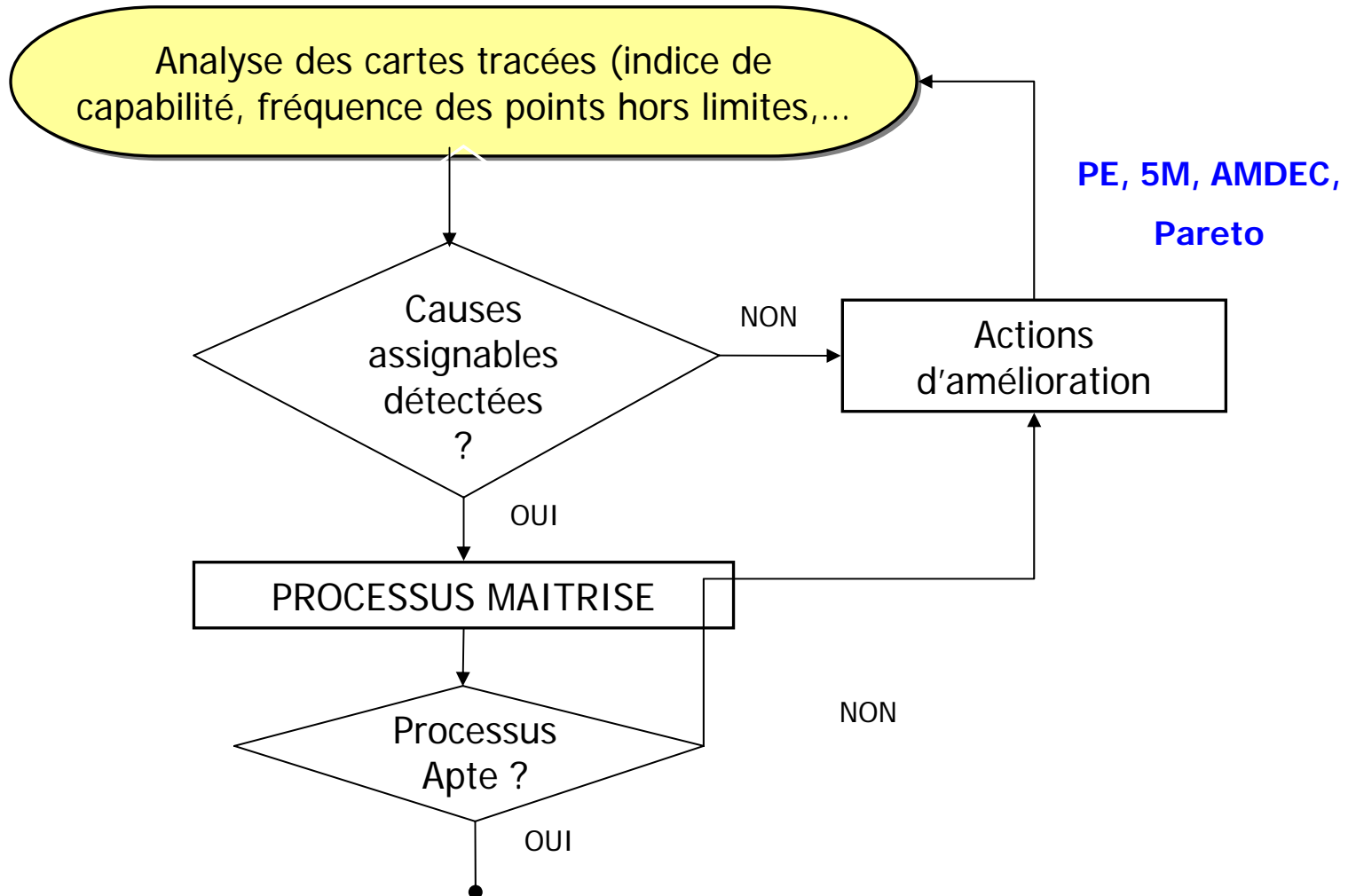
Chapitre II : MSP

II-1. Généralités

Définitions et principes

Mise en place

• Boucle d'amélioration continue



Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

● Définitions

● Capabilités

● Ppm

- Nous avons une vague idée de la qualité des machines disponibles mais nous sommes souvent incapables de la chiffrer
- Il est fondamental, lorsqu'on parle de qualité, d'être précis et de savoir exactement ce dont est **capable** le procédé par rapport à ce qu'on lui demande.
- La notion de capabilité est bien trop importante dans une production moderne pour être traitée avec des notions floues.

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

● Définitions

● Capabilités

● Ppm

- **CAPABILITE :**

→ Aptitude d'un moyen de production ou d'un procédé de production à respecter les spécifications

→ Performance demandée par rapport à la performance réelle de la machine ou du procédé

→ Capabilité = un chiffre

→ La méthode qui s'est imposée aujourd'hui est issue de l'ISO/TS 16949

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

● Définitions

● Capabilités

● Ppm

• 2 types d'indicateurs de capabilités :

→ **Pp** – Performance du Procédé

Indicateurs **long terme** qui traduisent la réalité des pièces livrées

→ **Cp** – Capabilité du Procédé

Indicateurs **court terme** qui traduisent la dispersion sur un temps très court

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

- Corrélation avec l'ancienne notation :

	Court terme		Long terme	
Ancienne notation	Capabilité machine		Capabilité process	
	Cm	Cmk	Cp	Cpk
Nouvelle notation	Capabilité procédé		Performance procédé	
	Cp	Cpk	Pp	Ppk

- Définitions
- Capabilités
- Ppm

Chapitre II : MSP

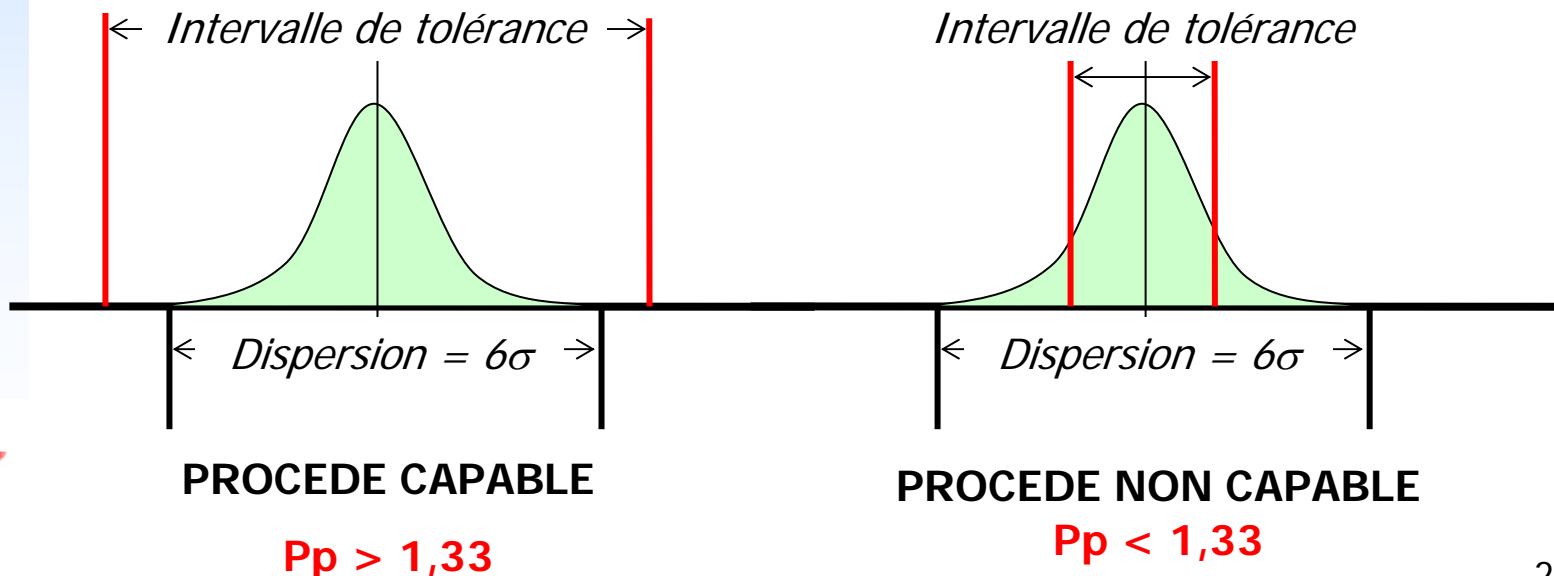
II-2. Capabilité

- Pp & Ppk (Performance du processus)
→ **Pp** – Performance intrinsèque du procédé

Pp = Intervalle de tolérance / dispersion long terme

$$Pp = \frac{IT}{6 \sigma_{LT}}$$

← performance attendue
← performance obtenue



Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

● Définitions

● Capabilités

● Ppm

- Remarques

→ La dispersion utilisée pour le calcul de la performance Pp est la dispersion long terme du processus (fabrication de pièces sur le long terme).

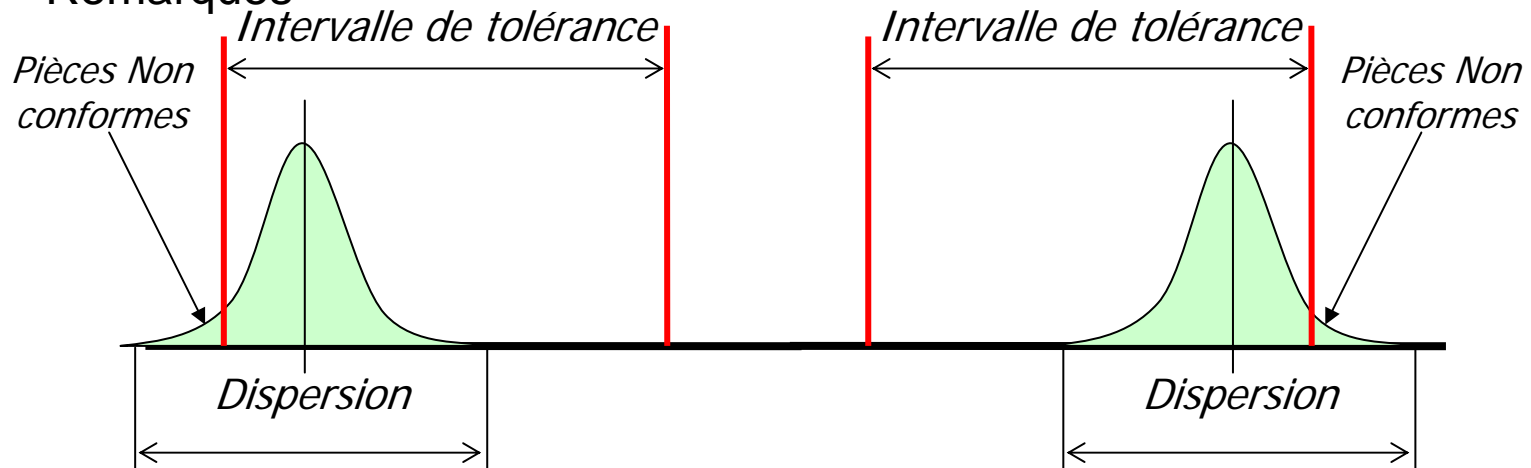
→ Dispersion à long terme = dispersions à court terme + dispersions consécutives aux variations de consignes (déréglages)

→ En tenir compte dans le calcul de la dispersion long terme de l'ensemble des influences qui peuvent perturber le procédé pendant le temps de production

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

- Remarques



$P_p = 1.5$

$P_p = 1.5$

→ $P_p > 1.33$ MAIS procédé décentrée

Indicateur P_p insuffisant

Mise en place d'un autre indicateur P_{pk} , qui tiendra compte du dérèglage du procédé

Définitions

Capabilités

Ppm

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

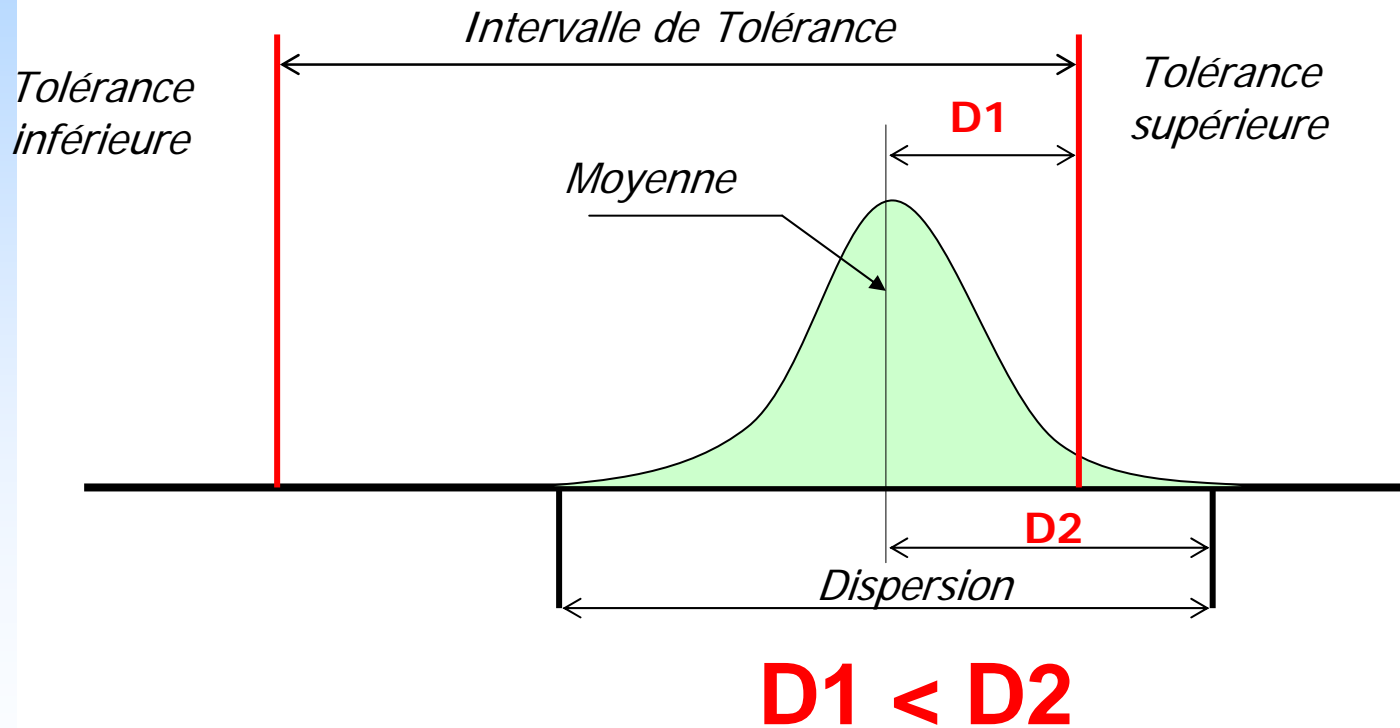
Définitions

Capabilités

Ppm

→ ***Ppk*** – ***Indicateur de dérèglement***

Procédé dérèglé du côté supérieur à la moyenne



 → D1 = Tolérance supérieure – moyenne

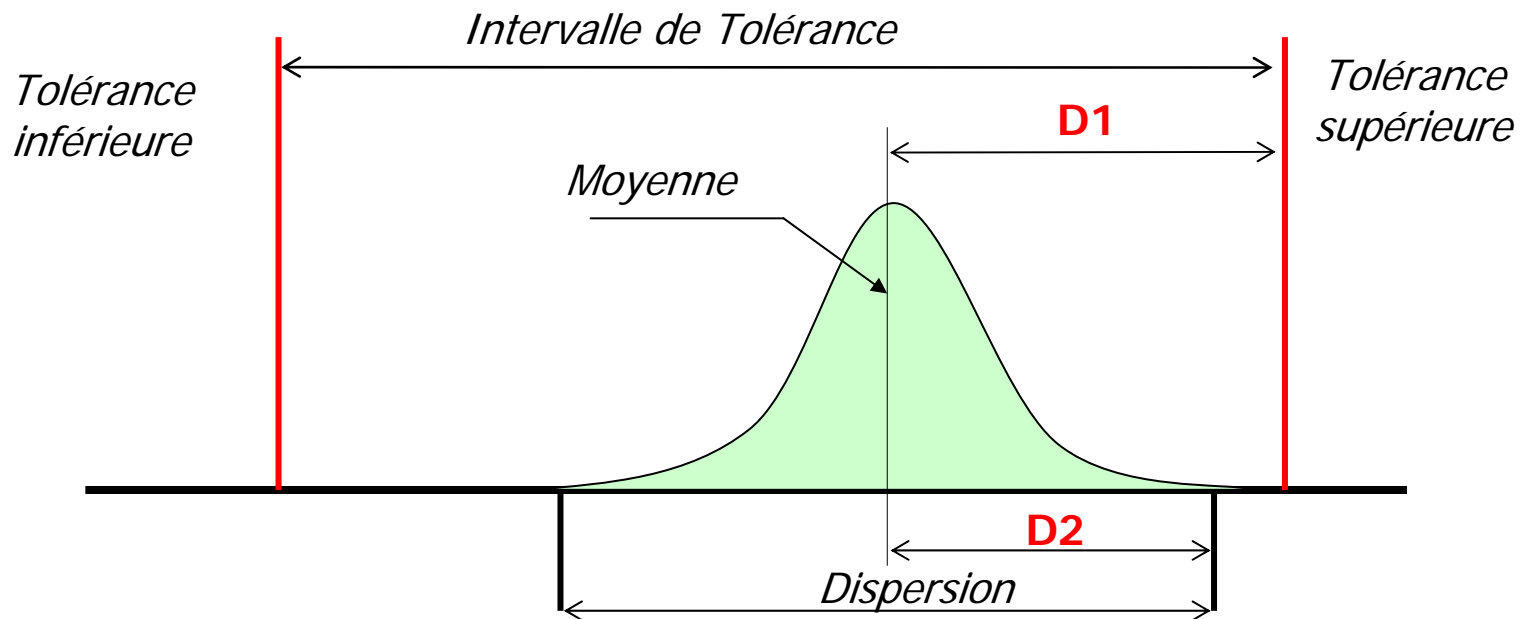
→ D2 = moitié de la dispersion aléatoire = 3σ

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

→ **Ppk** – *Indicateur de dérèglage*

Procédé réglé du côté supérieur à la moyenne



$$D1 > D2$$

→ $D1 = \text{Tolérance supérieure} - \text{moyenne}$

→ $D2 = \text{moitié de la dispersion aléatoire} = 3\sigma$

- Définitions
- Capabilités
- Ppm

Chapitre II : MSP

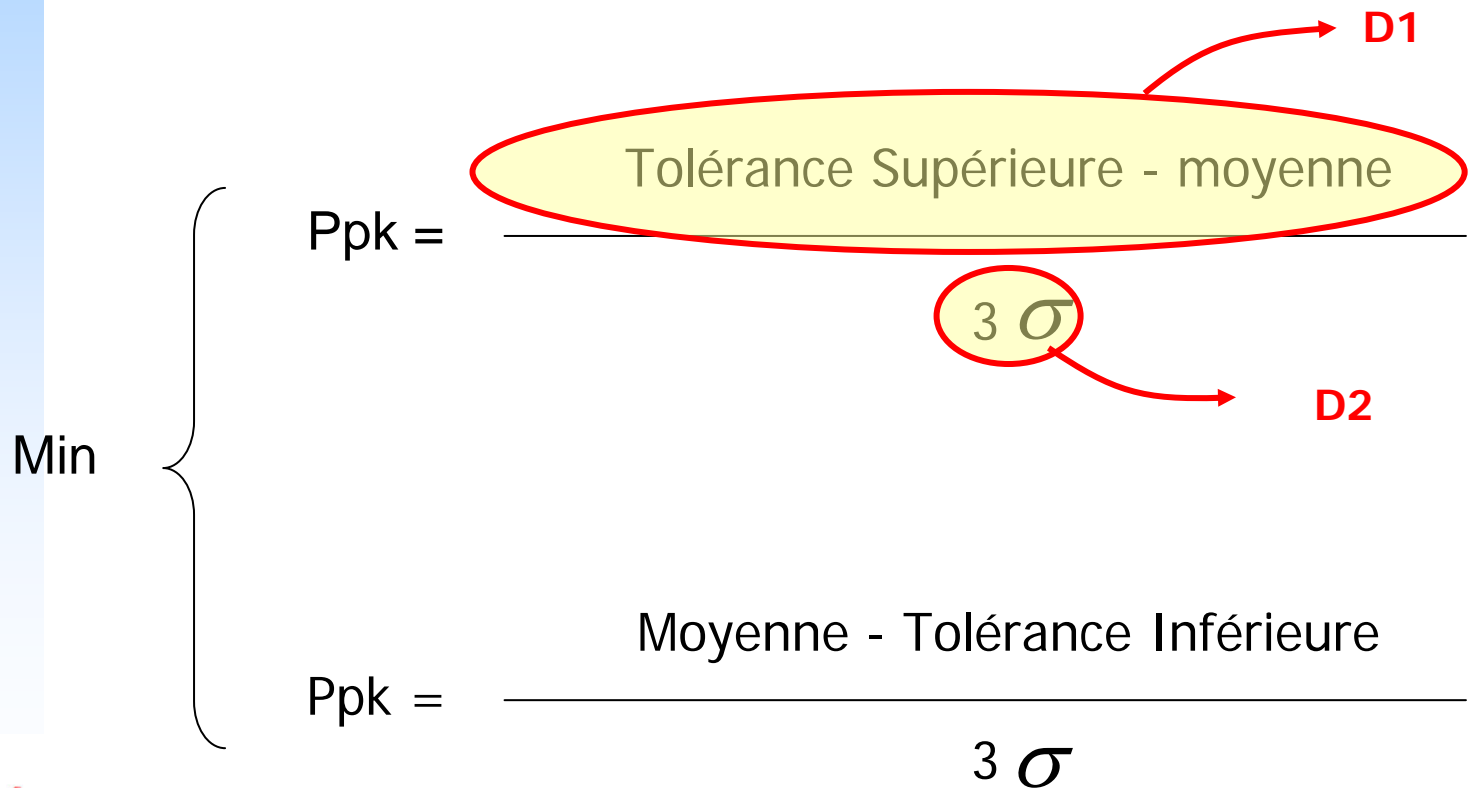
II-2. Capabilité

● Définitions

● Capabilités

● Ppm

Le Ppk = indicateur qui compare les 2 distances D1 et D2 en établissant le rapport entre les 2 distances.



Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

Définitions

Capabilités

Ppm

- **Exemple** : Calculer Pp & Ppk à partir des données suivantes :

$$\rightarrow \text{LST} = 56 ; \text{LIT} = 44 ; \sigma_{LT} = 1.15$$

1^{er} cas : moyenne de la semaine 1 = Moy = 48.5

2^{ème} cas : moyenne de la semaine 2 = Moy = 50

3^{ème} cas : moyenne de la semaine 3 = Moy = 50.8

4^{ème} cas : moyenne de la semaine 4 = Moy = 52

5^{ème} cas : moyenne de la semaine 5 = Moy = 53.5

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

● Définitions

● Capabilités

● Ppm

- ***Interprétation de Pp et Ppk***

Procédé capable = 0 article défectueux

Critère de base pour la capabilité du procédé = Ppk (capabilité intrinsèque + dérèglement)

Procédé capable si **$Ppk > 1.33$**

En l'ajoutant au Pp, nous obtenons de précieux renseignements :

- Réglage parfait $Pp = Ppk$
- Plus le dérèglement est important et plus la différence entre le Pp et Ppk devient importante

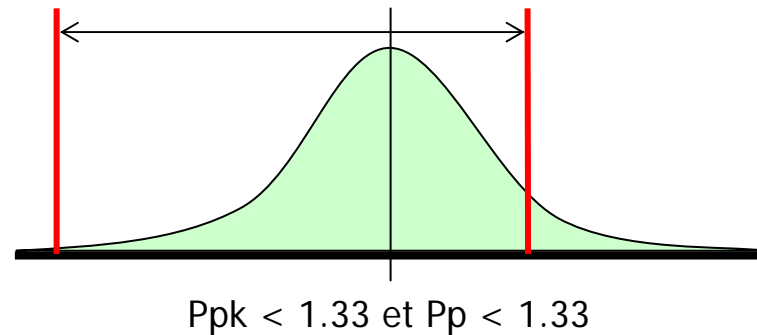
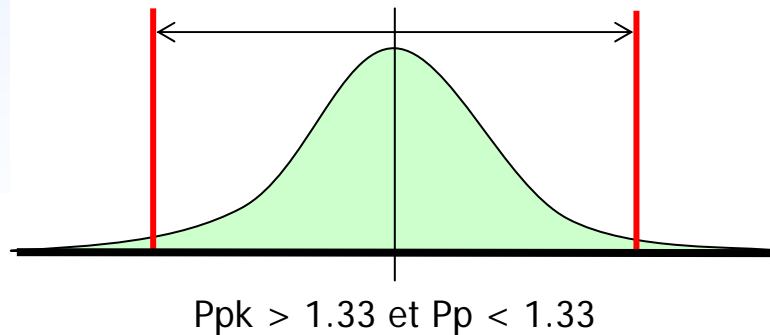
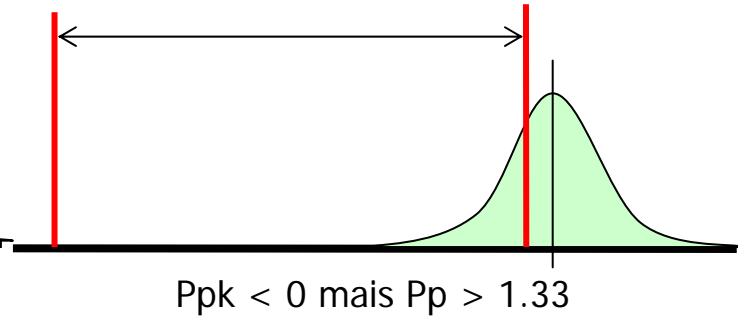
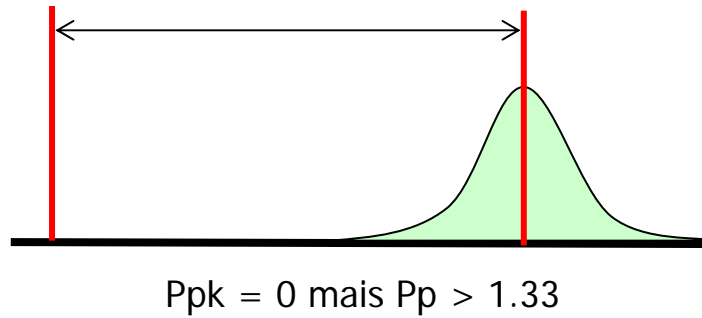
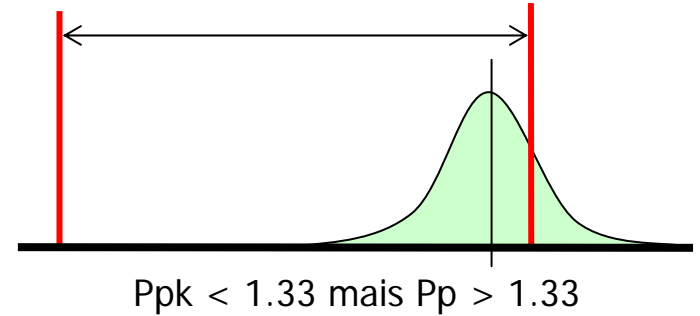
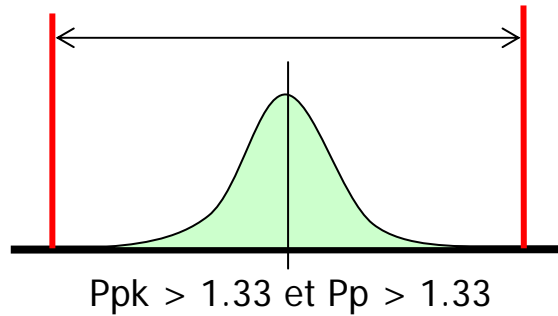
Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

● Définitions

● Capabilités

● Ppm



Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

Définitions

Capabilités

Ppm

• Résumé

$P_p \text{ \& } P_{pk} < 1$

: Pas capable

$P_p \text{ \& } P_{pk} > 1$

: Juste capable

$P_p \text{ \& } P_{pk} > 1.33$

: Capable

$P_p \text{ \& } P_{pk} > 1.66$

: Très capable



Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

● Définitions

● Capabilités

● Ppm

• Cp & Cpk (Capabilité procédé)

Au cours d'une semaine de production, on dissocie 2 types de dispersion :

- la dispersion long terme,
- et la dispersion court terme.

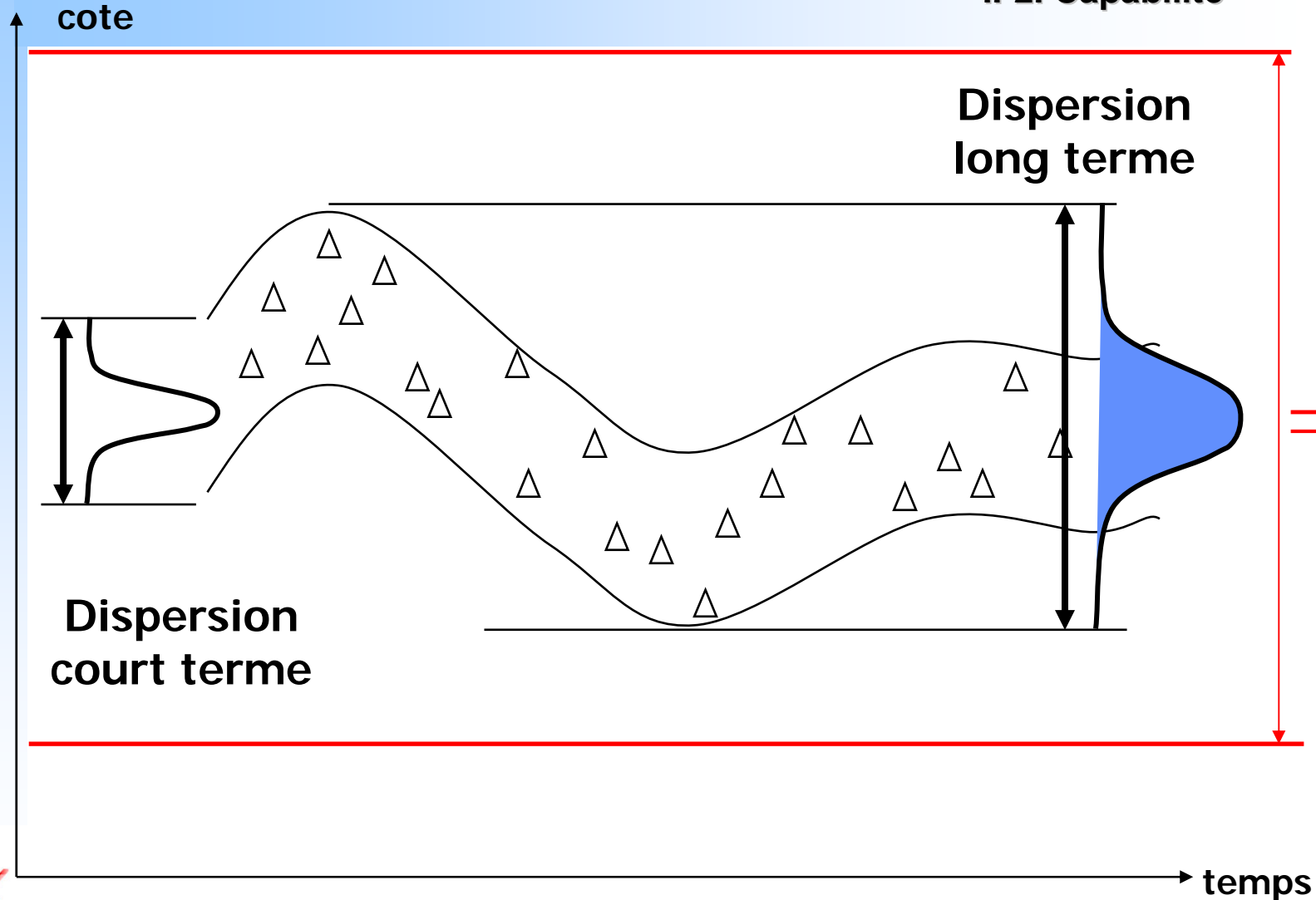
→ Dispersion court terme : due à la machine et aux conditions retenues dans la gamme de fabrication (les 5 M).

→ Dispersion long terme : ce qui est livré au client (inclut la dispersion court terme + ces variations de réglage)

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

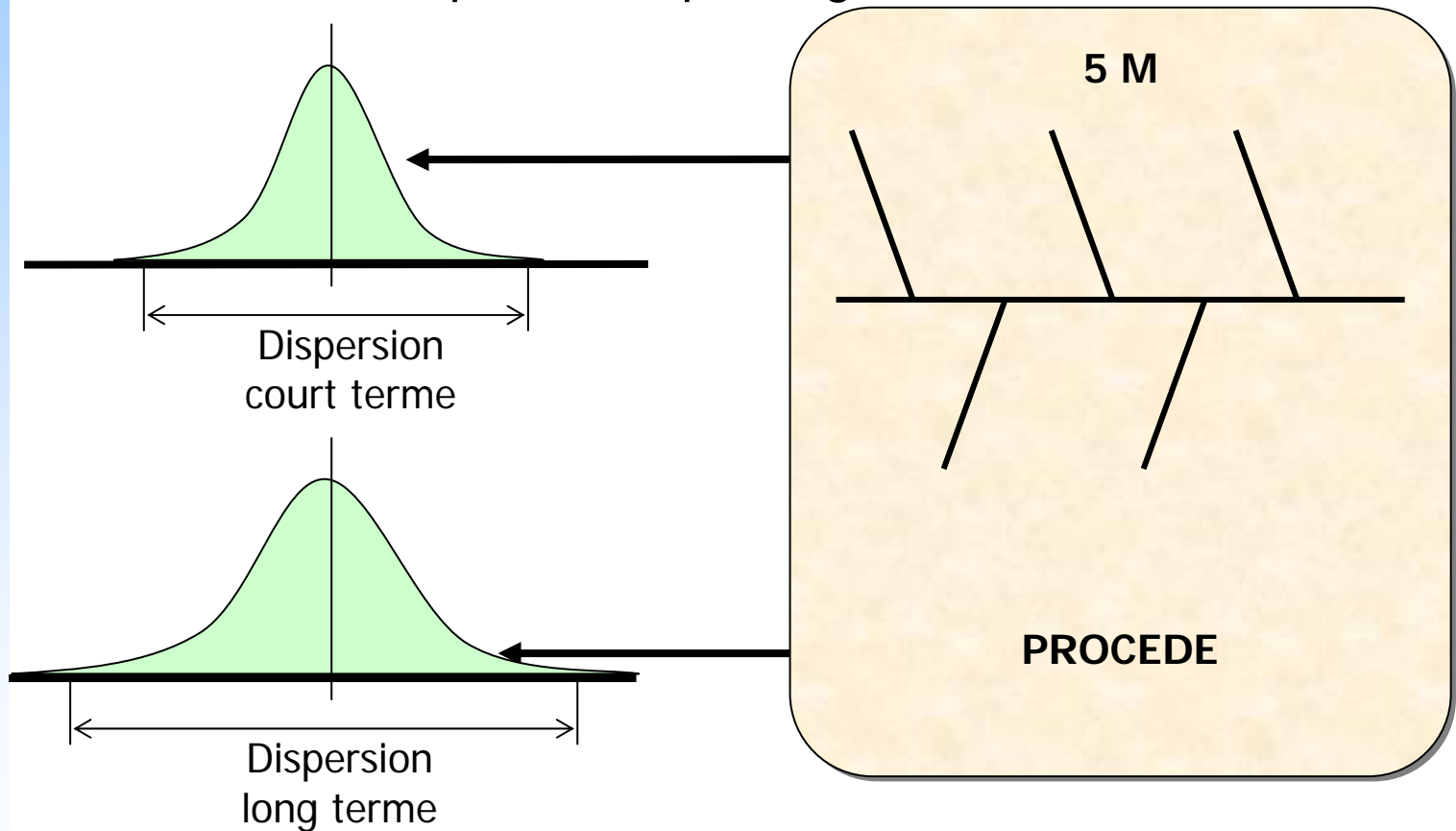
- Définitions
- Capabilités
- Ppm



Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

Pour améliorer la qualité, on peut agir sur les 5 M



Performance procédé (Pp et Ppk) → dispersion long terme

Capabilité procédé (Cp et Cpk) → dispersion court terme

- Définitions
- Capabilités
- Ppm

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

Définitions

Capabilités

Ppm

- **2 méthodes de calcul des capabilités:**

- **1ère méthode :**

Prélèvement de n pièces consécutives fabriquées par la machine étudiée et mesure de la dispersion obtenue sur cet échantillon

Intervalle de Tolérance (IT)

$$C_p = \frac{\text{Intervalle de Tolérance (IT)}}{6 \sigma_{CT}}$$

LST - Moyenne (ou Moyenne - LIT)

$$C_{pk} = \frac{\text{LST - Moyenne (ou Moyenne - LIT)}}{3 \sigma_{CT}}$$

Applicable si la cadence de la machine est suffisamment rapide pour ne laisser apparaître que la dispersion court terme

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

● Définitions

● Capabilités

● Ppm

→ 2ème méthode :

Prélèvement de petits échantillons (ex : 5 pièces) à intervalles réguliers ou consécutifs, mais sans action sur le procédé pendant la production

Dispersion instantanée (ou à court terme)

=

moyenne des dispersions observées
sur chacun des échantillons

Chapitre II : MSP

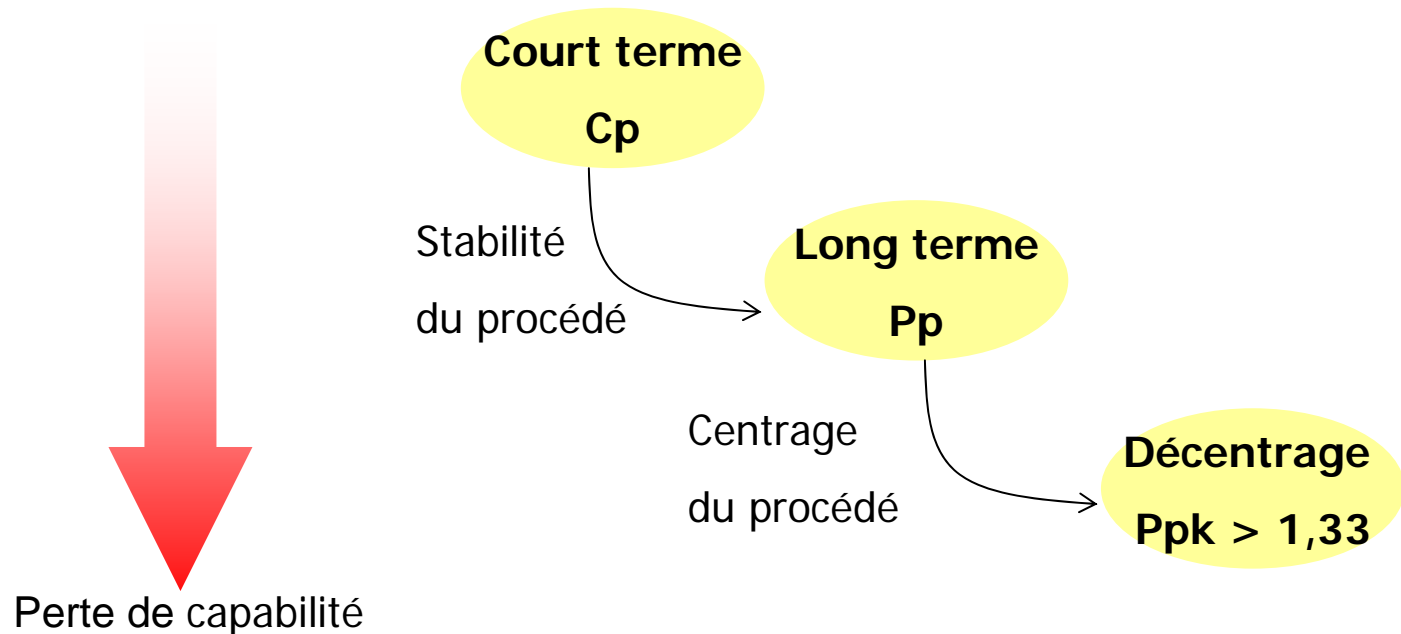
II-2. Capabilité

Définitions

Capabilités

Ppm

• Interprétation des chutes de capabilités :



Chute de capabilité entre Cp et Pp = l'instabilité du procédé

→ si on sait stabiliser un procédé, alors on limite les variations de consigne et la dispersion long terme sera proche de la dispersion court terme...

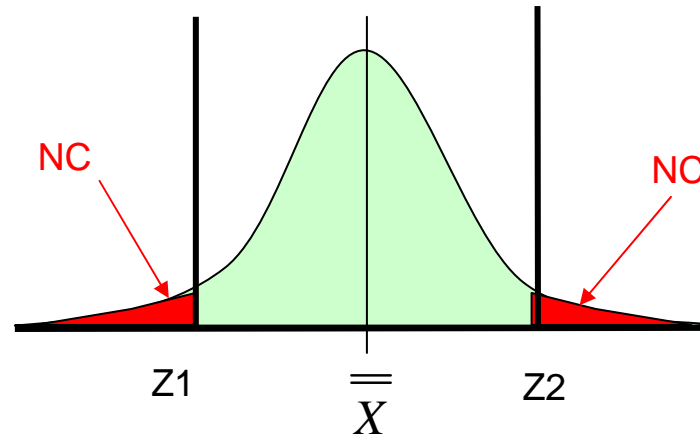
Chute de capabilité entre Pp et Ppk due au dérèglement.

Chapitre II : MSP

II-2. Capabilité

- Définitions
- Capabilités
- Ppm

• Proportion de pièces non conformes



Proportion de pièces conformes: $Pr ob(LIT < X < LST)$

$$Pr ob\left(\frac{LIT - \bar{X}}{\sigma} < Z < \frac{LST - \bar{X}}{\sigma}\right)$$

$$P_{nc} = F(-3C_{pk}) + F(-6C_p + 3C_{pk})$$