

PRATIQUER LA MAITRISE STATISTIQUE DES PROCÉDES

| Statistique | Valeur |
|--------------|---------|
| Moyenne | 24,8550 |
| Ecart type | 1,4397 |
| Ecart réduit | 1,5032 |
| Cv | 1,1198 |
| Cpk | 1,2954 |

Et maintenant ... on fait comment?

Quels enjeux ?

Quels outils ?

Quels changements ?

1. DEFINITIONS LIEES A LA MAITRISE STATISTIQUE DES PROCÉDES

Enjeux

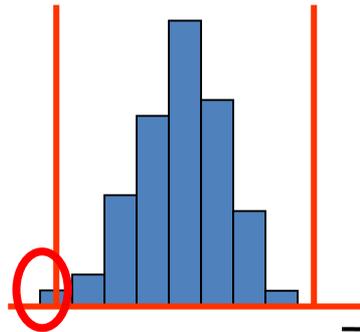
La place de la MSP dans les processus

Notions de statistique

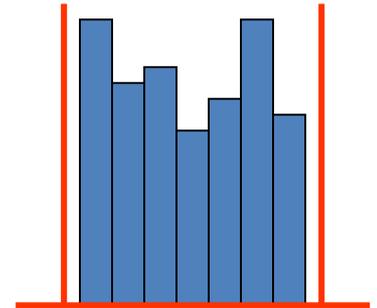
Modifier son point de vue sur des choses bien établies ..



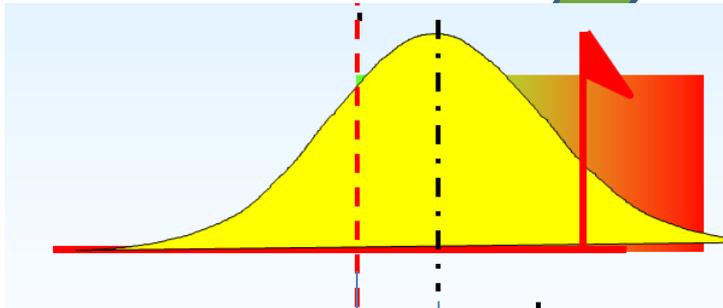
La tolérance est dépassée
de 1/2 micron !



Quelle belle Qualité !



Situation initiale:
Non-capabilité et manque de
centrage

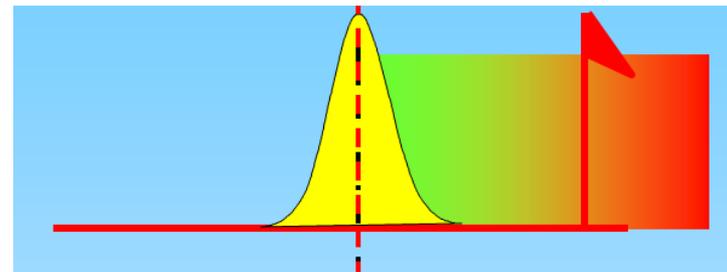


Déviat[i]on initiale δ_i
moyenne / cible

Dispersion initiale σ_i

Situation cible
avec le SPC

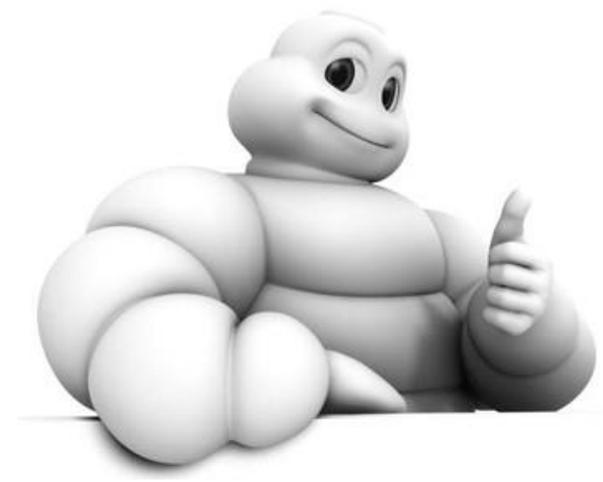
Situation avec pilotage SPC:
Capabilité OK , centrage par action
à temps sur le procédé



Déviat[i]on finale $\delta_f = 0$
moyenne = cible

Dispersion finale $\sigma_f < \sigma_i$

Exemple de résultat obtenu



Chez MICHELIN, la mise en place de la MSP a permis:

- de passer du contrôle 100% au contrôle par prélèvement
- de réduire les non-conformités de 9% à 1%

Les incidences indirectes sont:

La baisse des coûts unitaires des produits,
L'amélioration sensible de la productivité,
L'augmentation naturelle de la capacité démontrée,
Une maintenance allégée.

Grâce à QUASAR, plus de surconsommation de matière

« La qualité existe depuis toujours chez NEXANS, mais la mise en place d'un projet global, la suite QUASAR, date d'il y a environ 3 ans.

Avant, chacun faisait du contrôle mais tout était sous forme de papier. Le besoin d'un outil simple et fiable, capable de stocker les données, est peu à peu apparu comme indispensable.

La solution QUASAR, dont l'atout majeur était la récupération directe des données venant des appareils de mesure, a été retenue

NEXANS ne regrette pas »

« Le fait de contrôler plus finement la fabrication a permis de mettre en évidence une surconsommation de matières premières.

Les pilotages de gammes ont été refaits et NEXANS a considérablement baissé ses coûts de production après tous ces ajustements... »

Bureau d'étude NEXANS (69)
www.nexans.fr



Nexans
Expert mondial des câbles et systèmes de câblage

1. DEFINITIONS LIEES A LA MAITRISE STATISTIQUE DES PROCEDES

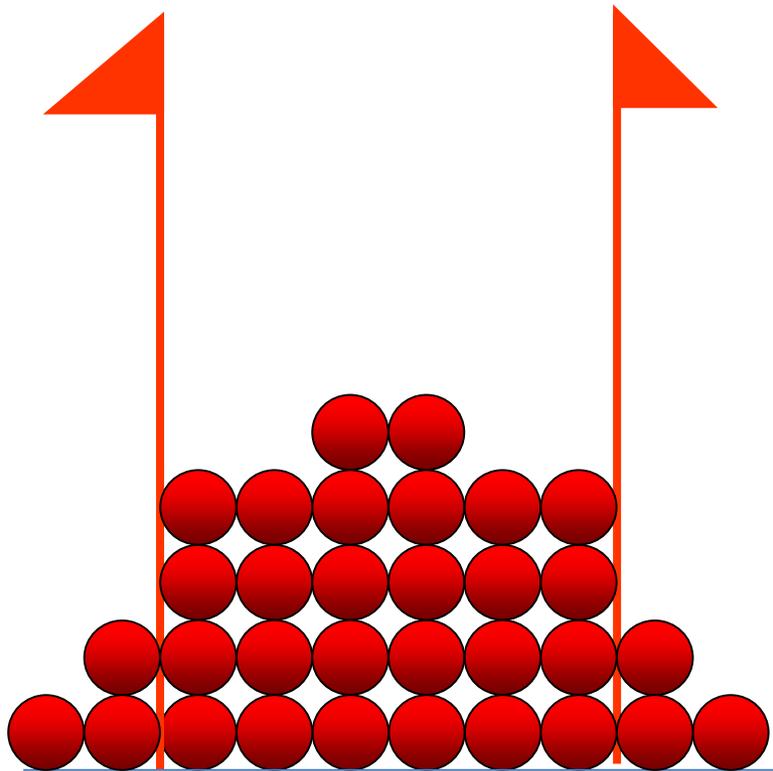
Enjeux

La place de la MSP dans les processus

Notions de statistique

Le processus de
définition des besoins
et des exigences

Vous avez réalisé la production suivante

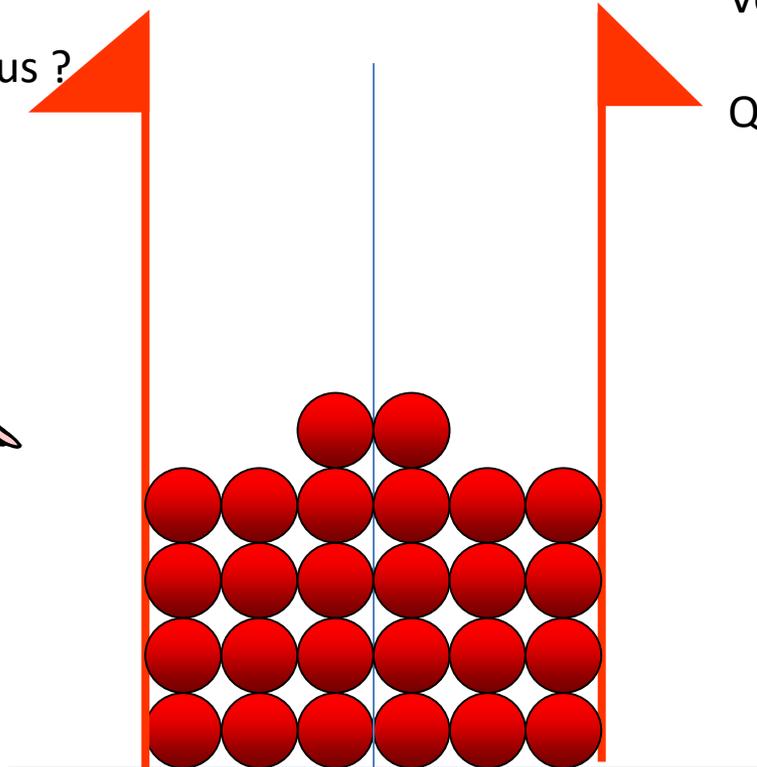


Quelle transformation ?



Vous avez livré le lot suivant

Qu'en pensez vous ?



Votre client reçoit le lot ci-joint.

Qu'en pense t-il ?

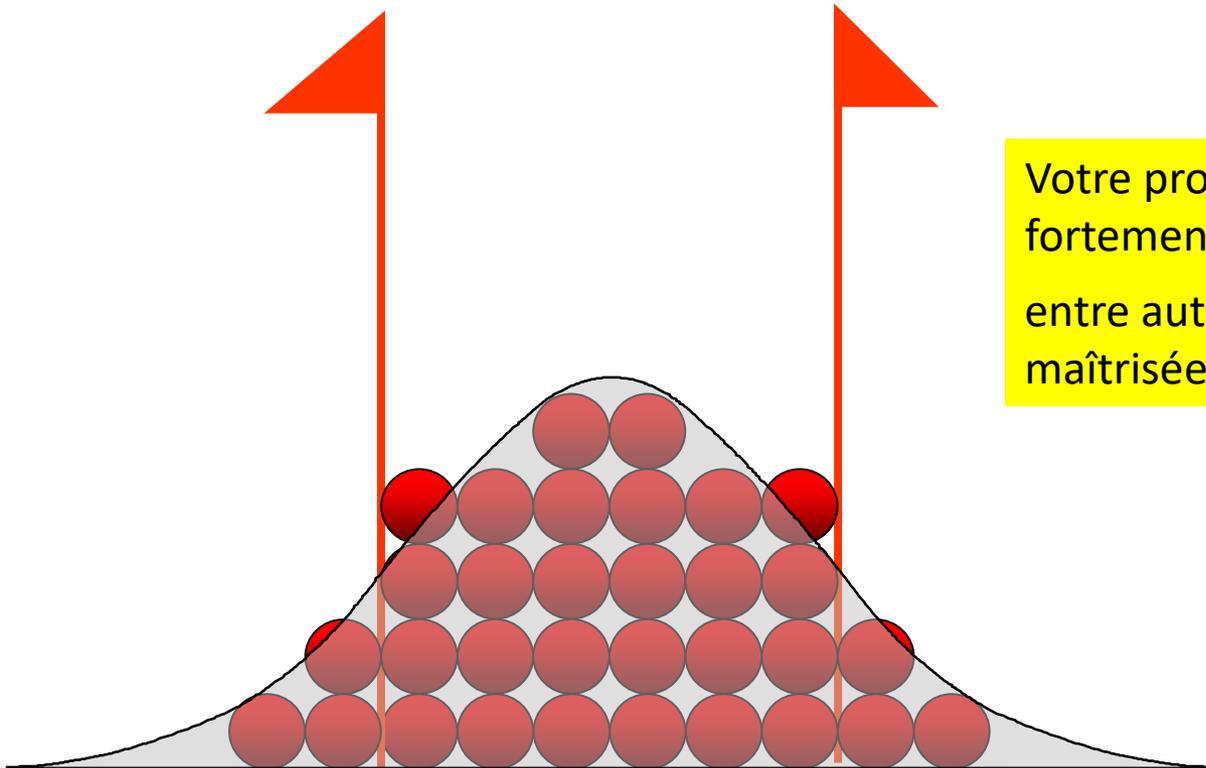




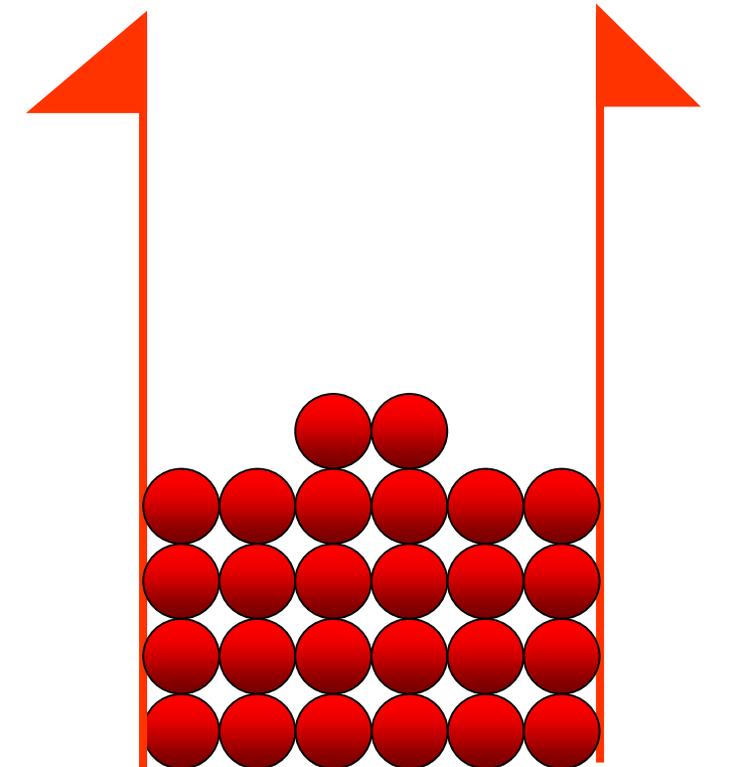
à retenir

Vous avez livré le lot ci-joint.
Qu'est-il arrivé ?

Votre procédé de production est
fortement dispersif
entre autre du fait de dérives non
maîtrisées



Vous avez livré le lot ci-joint.
Qu'est-il arrivé ?



Votre procédé de production est
fortement dispersif

Vous avez effectué un tri pour ne
livrer que les pièces conformes
à l'intervalle de tolérance

1. DEFINITIONS LIEES A LA MAITRISE STATISTIQUE DES PROCEDES

Enjeux

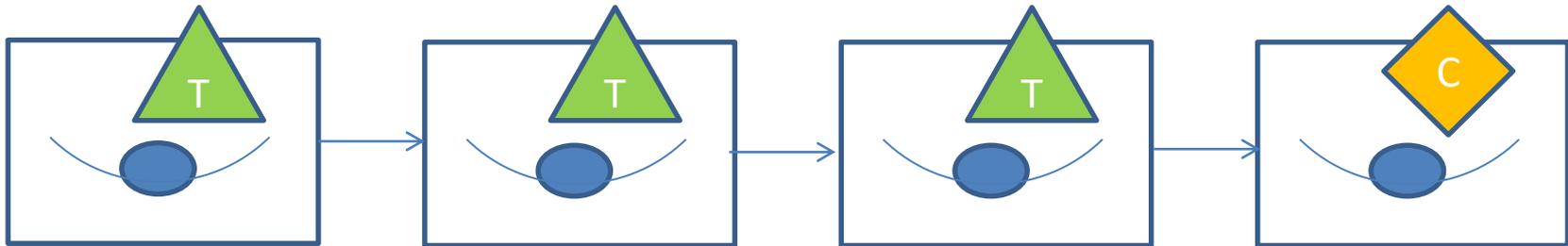
La place de la MSP dans les processus

Notions de statistique

Le processus de
contrôle en fabrication

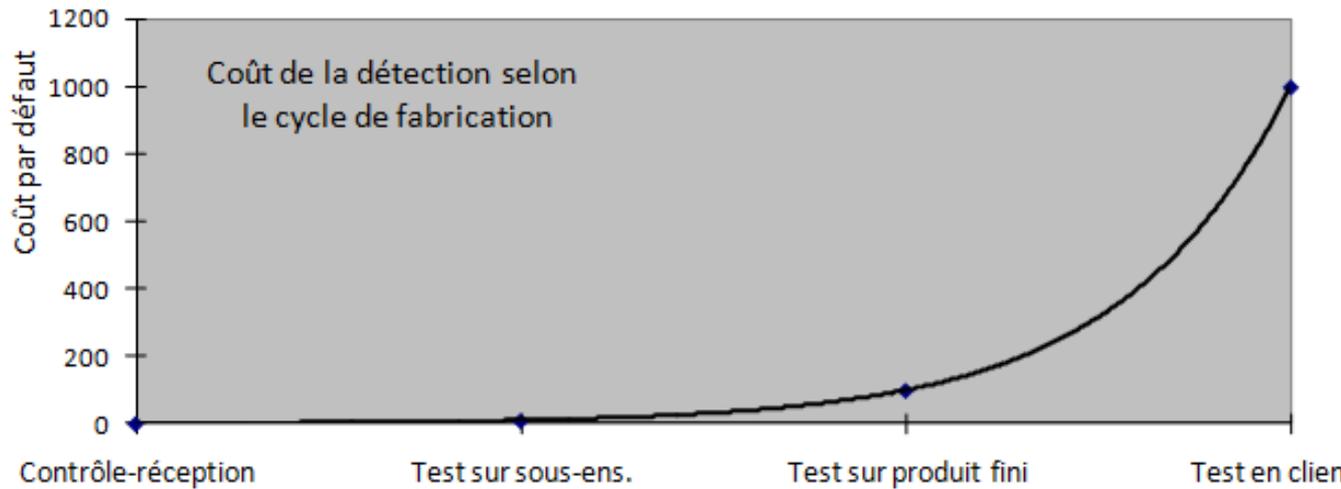
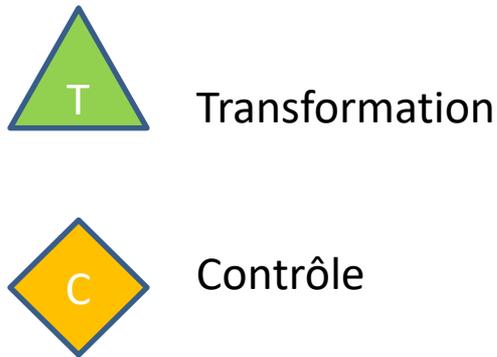
Schéma TAYLORIEN

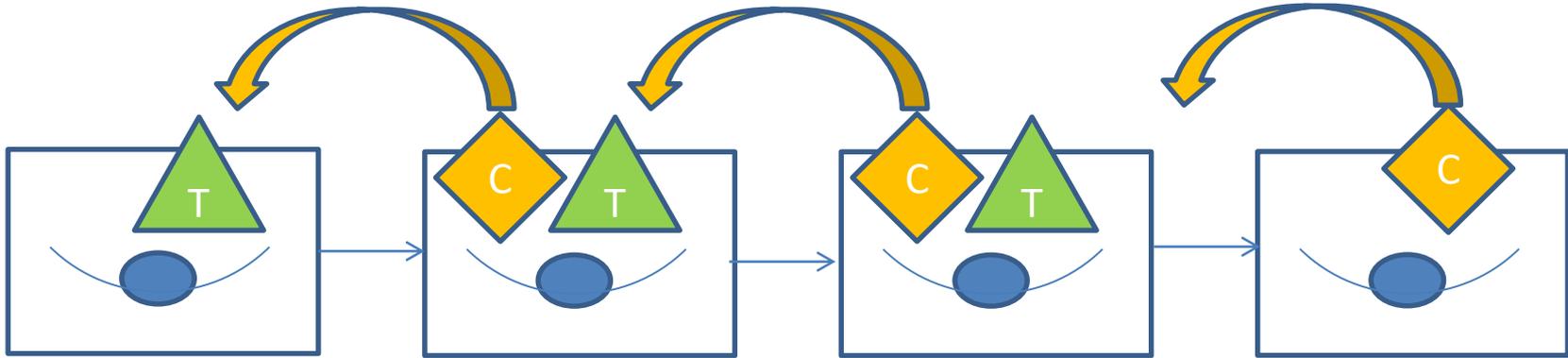
Séparation des fonctions de transformation et de contrôle
Contrôle en fin de processus



Inconvénients:

Rôle de production et de contrôle dissociés;
En cas de défaut, quelle en est l'origine ?



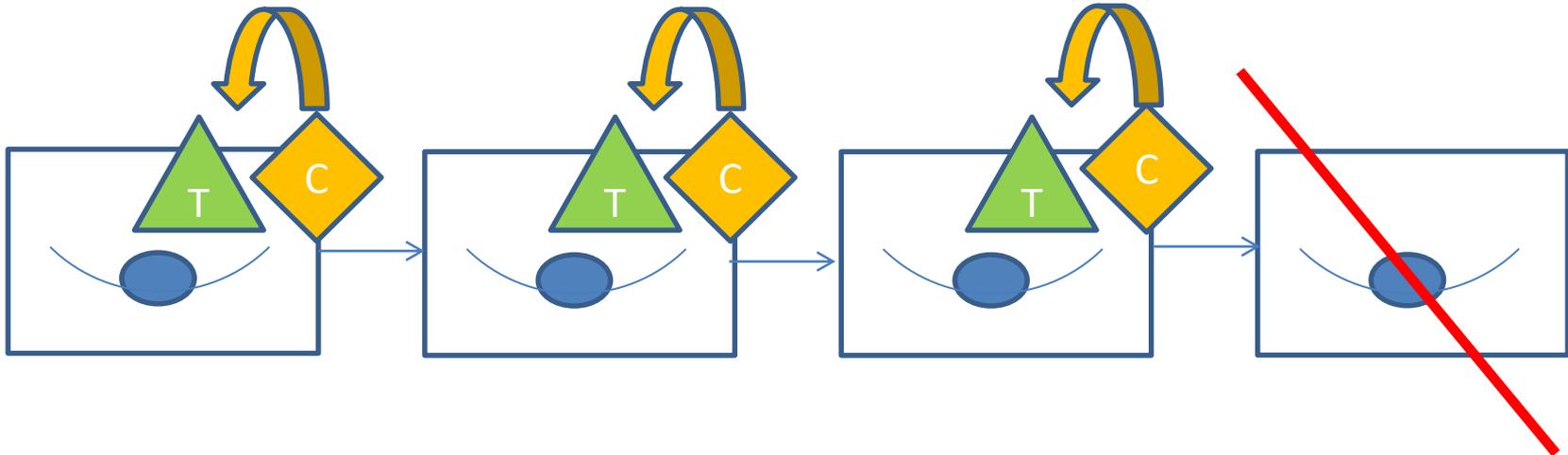


Transformation



Contrôle

Auto-contrôle



Transformation



Contrôle

Apports :

Responsabilité plus importante pour chaque opérateur à son poste de travail;

Suppression du contrôle final.

La Maîtrise statistique des Procédés vise
à donner au personnel de Production
les moyens de réagir
de façon plus autonome
et plus efficace

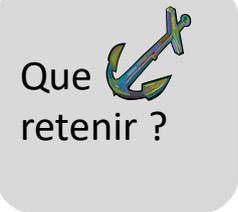


À retenir ?

La maîtrise statistique des procédés ce n'est pas
différentes théories statistiques éloignées de l'opérationnel,

LA solution à tout,
la garantie du Zéro défaut,

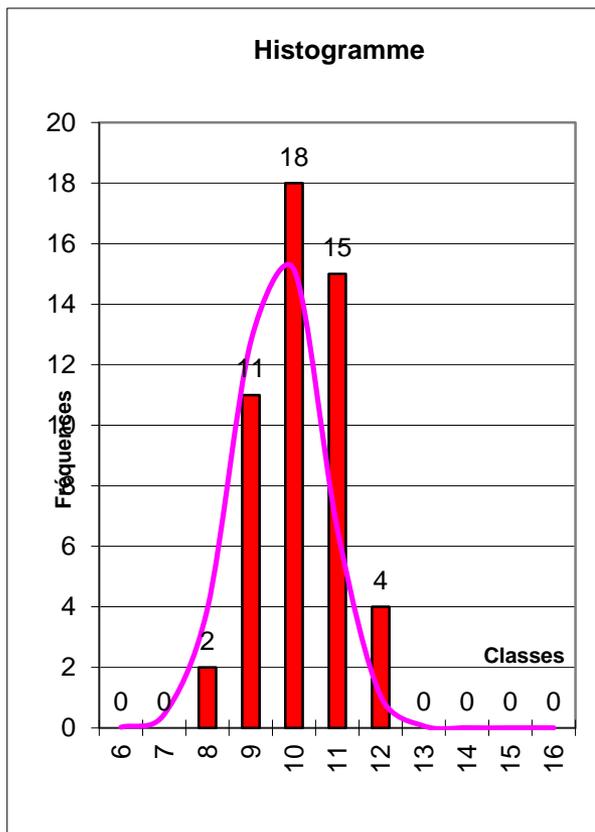
Vous dites maîtrise **statistique** des procédés ?



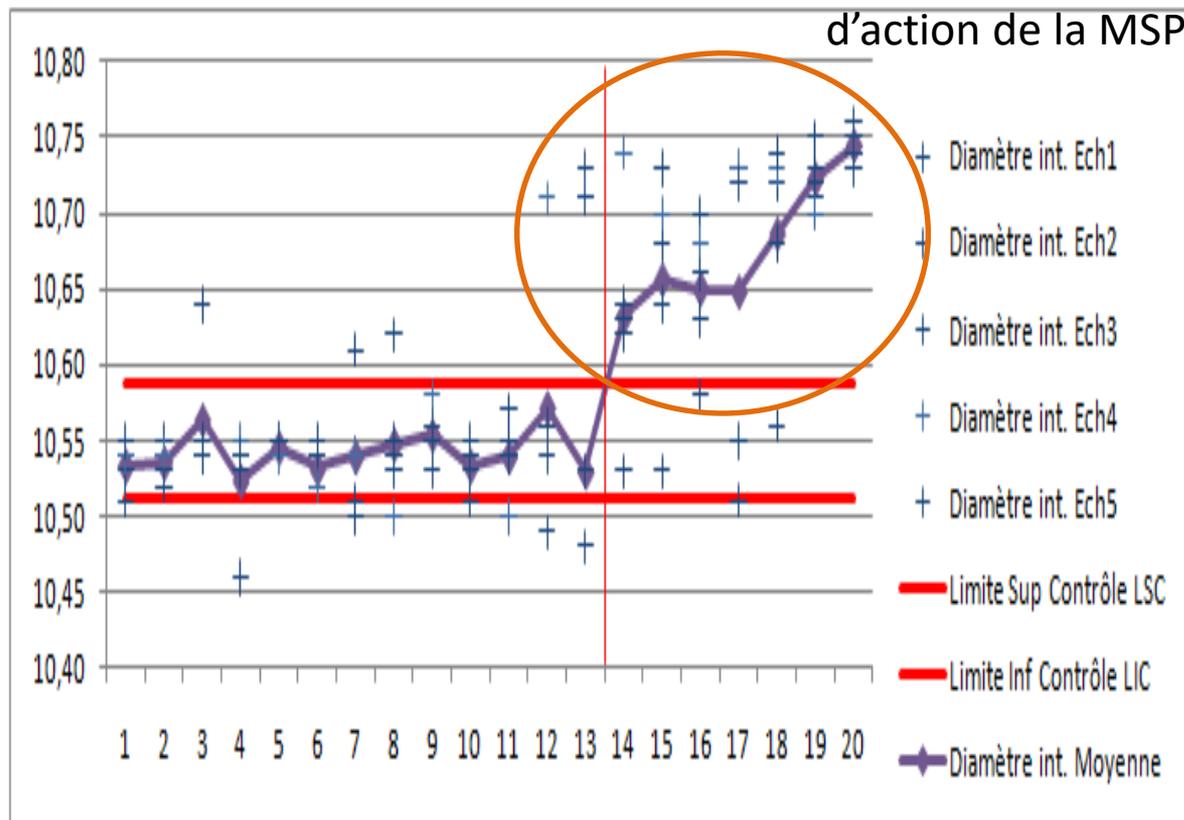
Car les statistiques permettent

➤ de mieux comprendre les observations

➤ de réagir à temps



Appliquer les principes d'action de la MSP



1. DEFINITIONS LIEES A LA MAITRISE STATISTIQUE DES PROCEDES

Enjeux

La place de la MSP dans les processus

Notions de statistique

Histogramme

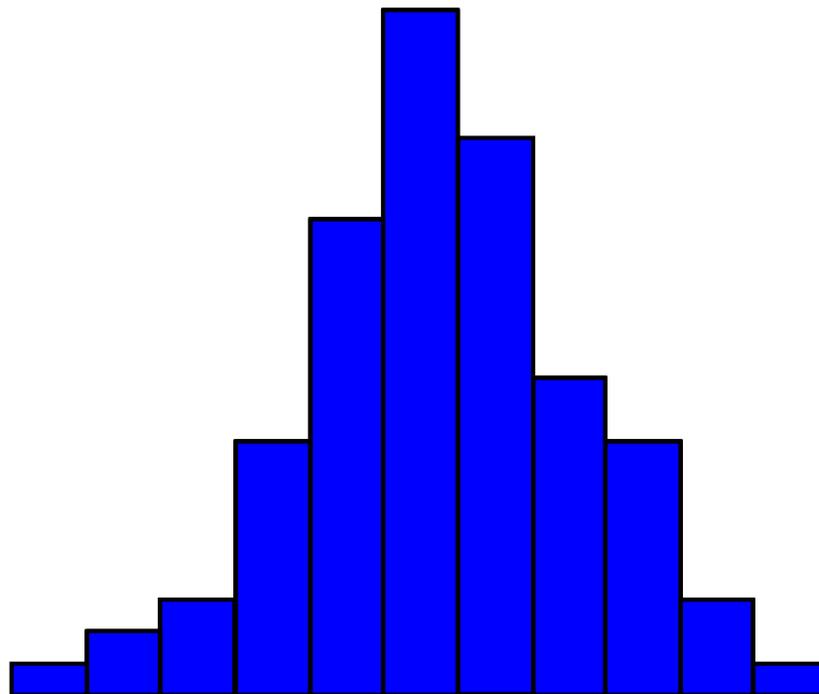
Cote cible

Indicateurs de capabilité

Echantillonnage

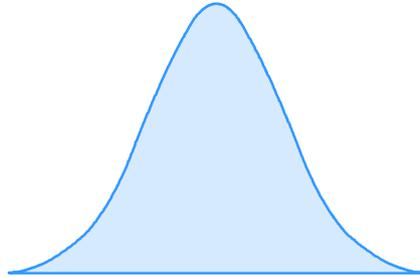
L'histogramme

est une représentation d'une distribution
très accessible et bien utile
pour une première interprétation graphique



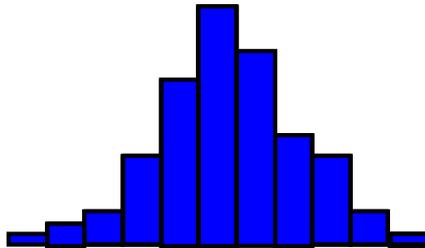
Un test d'ajustement
c'est comparer une distribution à une loi de distribution

Loi Normale
*appelée aussi de
(Laplace-Gauss)*



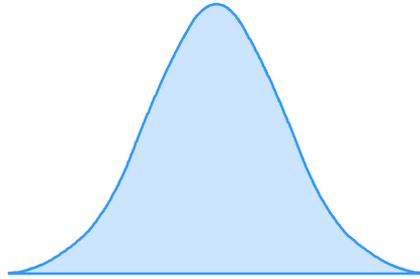
Il y a des cas évidents

Distribution
observée

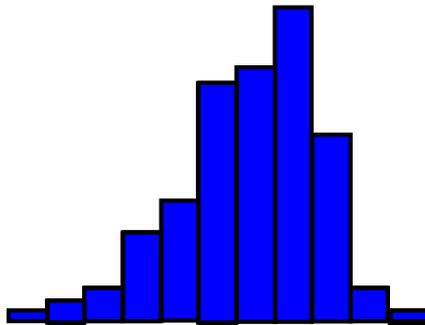


Un test d'ajustement
c'est comparer une distribution à une loi de distribution

Loi Normale
Dite aussi de
(Laplace-Gauss)



Distribution
observée



Il y a des cas plus délicats

Pour cela, plusieurs tests
d'ajustement sont
traditionnellement utilisés:

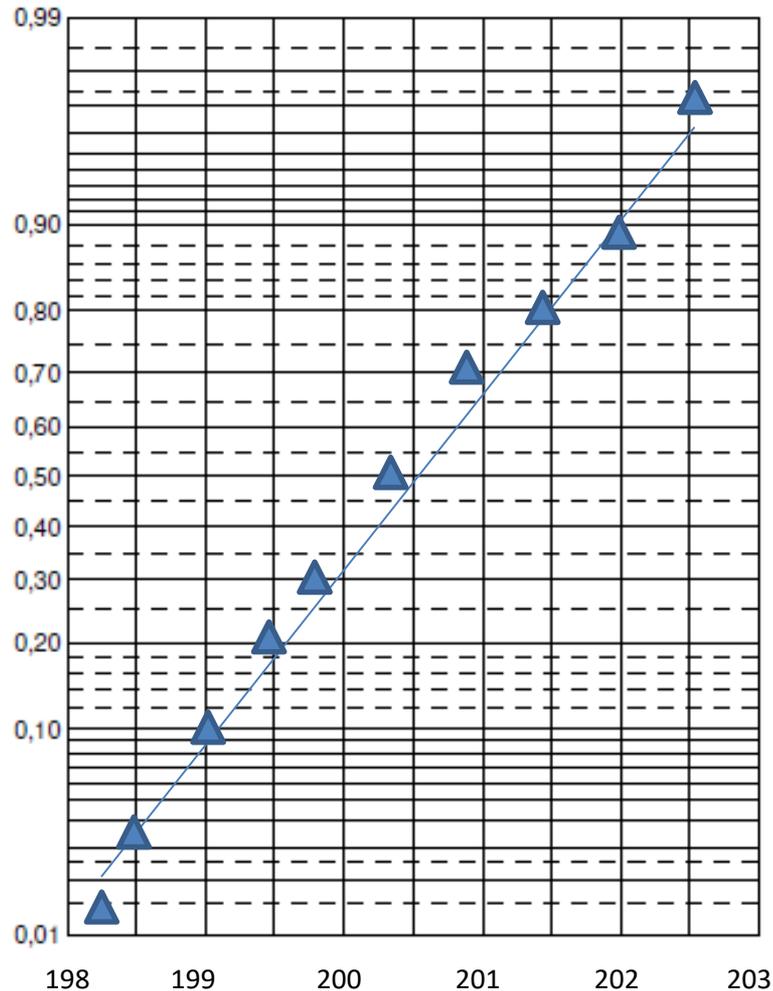
Droite de Henry

Test du Khi2

Test de Kolmogorov

Test de d'Anderson-Darling

Nous allons pratiquer ce test de Normalité
sur l'histogramme précédemment réalisé



J.P.P. Henry (1848-1907),
polytechnicien en est
l'inventeur.

C'est une méthode graphique
qui permet de juger de
l'ajustement d'une série
d'observations à une distribution
Normale

Grâce aux propriétés du papier
gausso-arithmétique, on identifie
s'il y a alignement entre la
distribution réelle et la loi
Normale

Pour cela, on reporte les points
caractéristiques,
on trace la droite de tendance
On juge de l'alignement des points
sur cette droite.



Quelles conséquences si la distribution n'est pas Normale ?

- Le respect des exigences reste possible;
- Il s'agit d'une situation attendue pour certains procédés (exemple tour multibroches), les défauts de forme, les écarts de position;

Par nature, un procédé est source de dispersions.

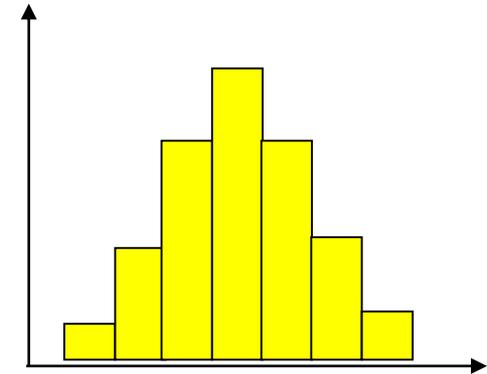
Les causes communes sont inhérentes au procédé lui-même.

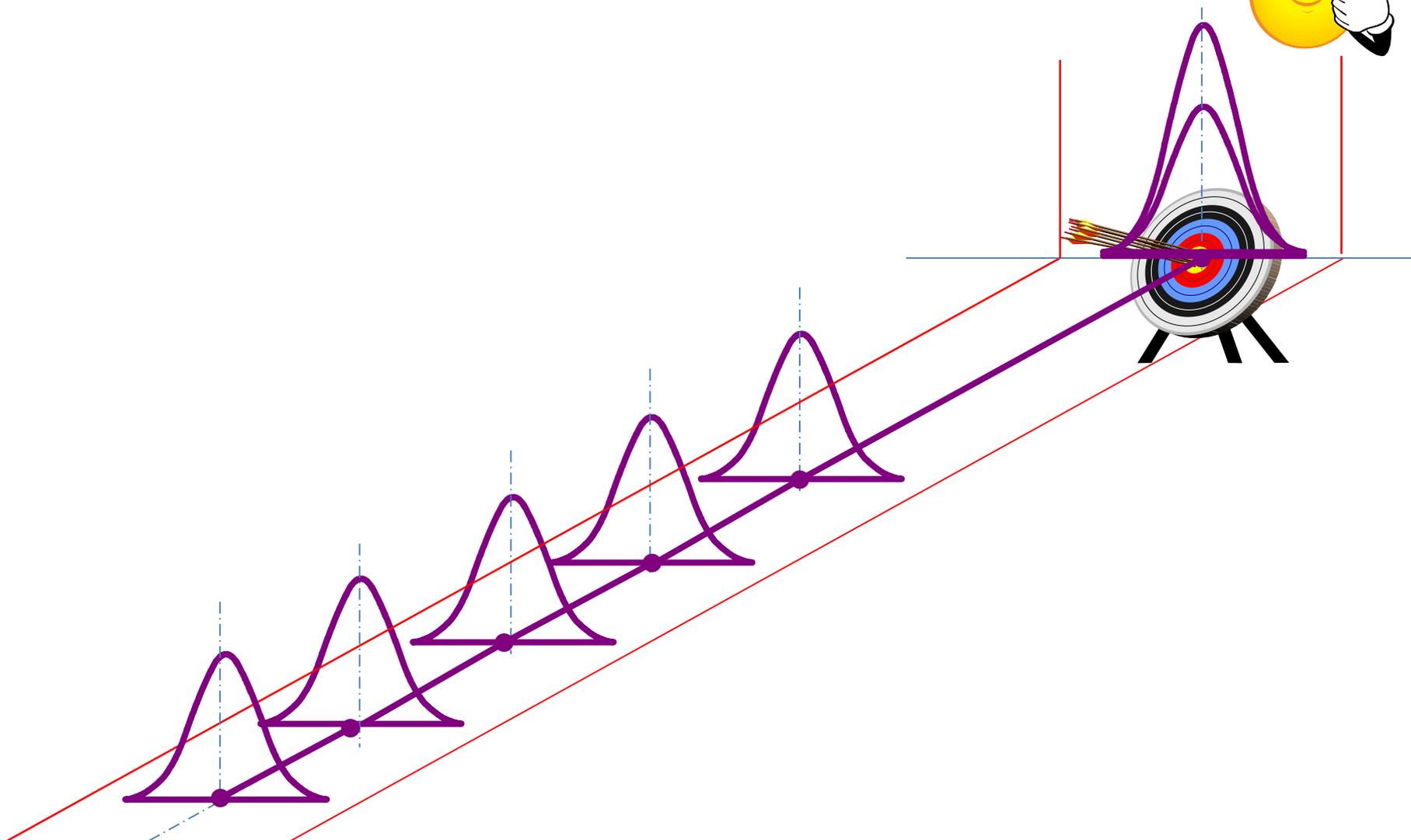
Citez des événements qui correspondent à cette définition

- Jeux des différents éléments de machine,
- Élasticité des organes,
- Hétérogénéité des matières,
- Température de l'atelier,
- Erreurs dans le processus de mesure

Elles se caractérisent par:

- leur nombre très important,
- leurs variations faibles,
- leur indépendance les unes des autres,
- le fait qu'elles sont toujours présentes.





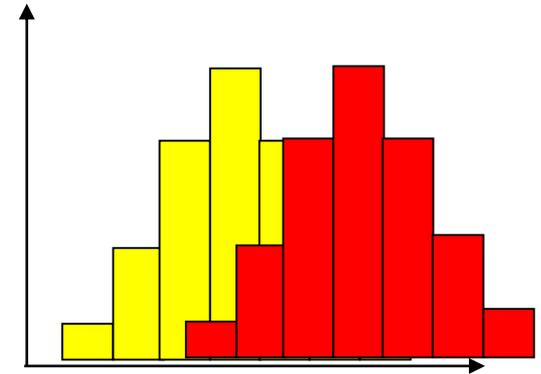
cible

Les causes **spéciales** ne sont directement inhérentes au procédé
On peut souvent en identifier et en contrôler certaines.

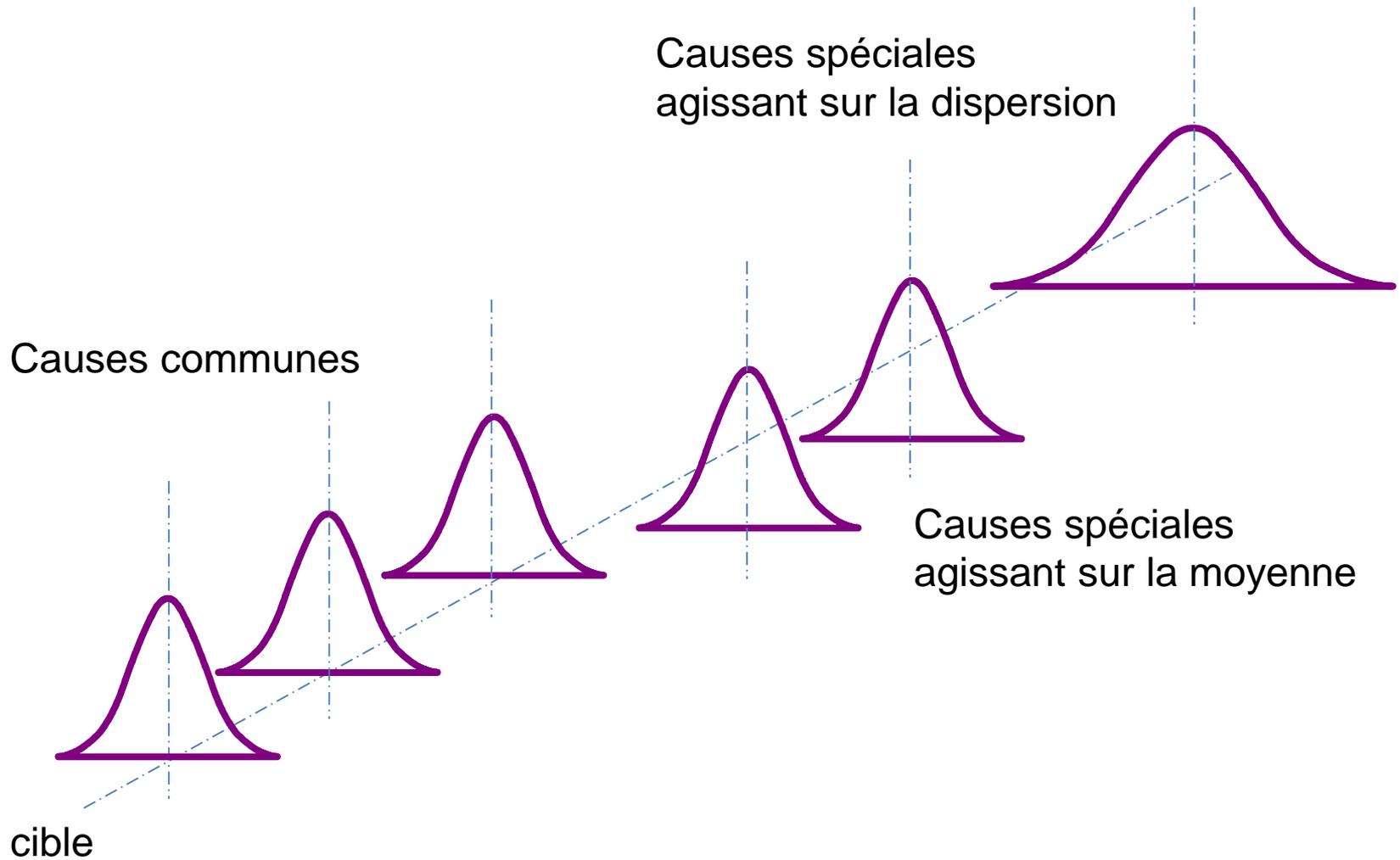
Citez des événements qui correspondent à cette définition

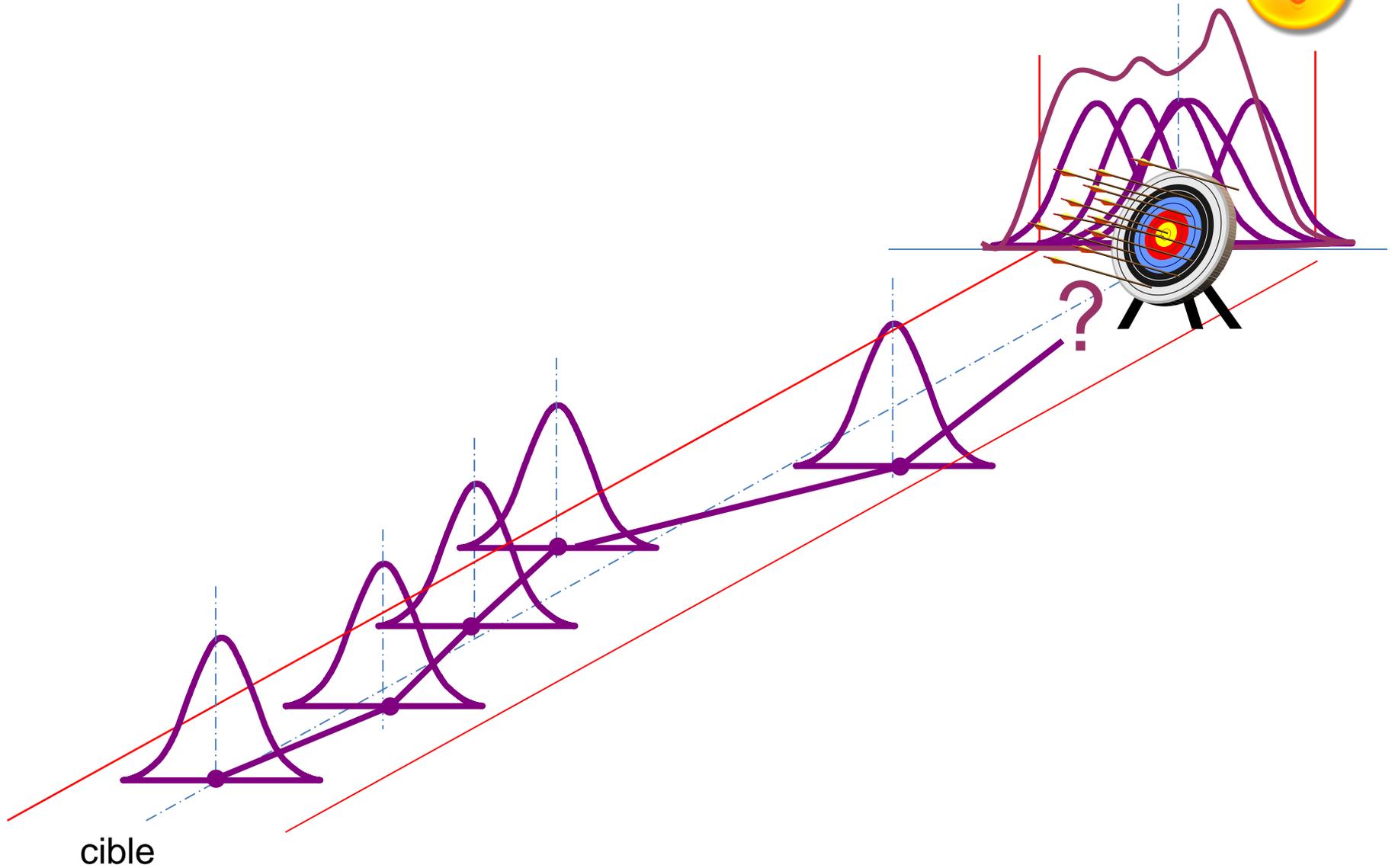
- Casse d'outil,
- Coupure de courant dans un cycle de chauffe,
- Défaillance humaine,
- Fuite dans un tuyau sous pression,
- Grippage d'un palier,
- Dégel,
- Changement d'opérateur,
- Lots de matière défectueux.

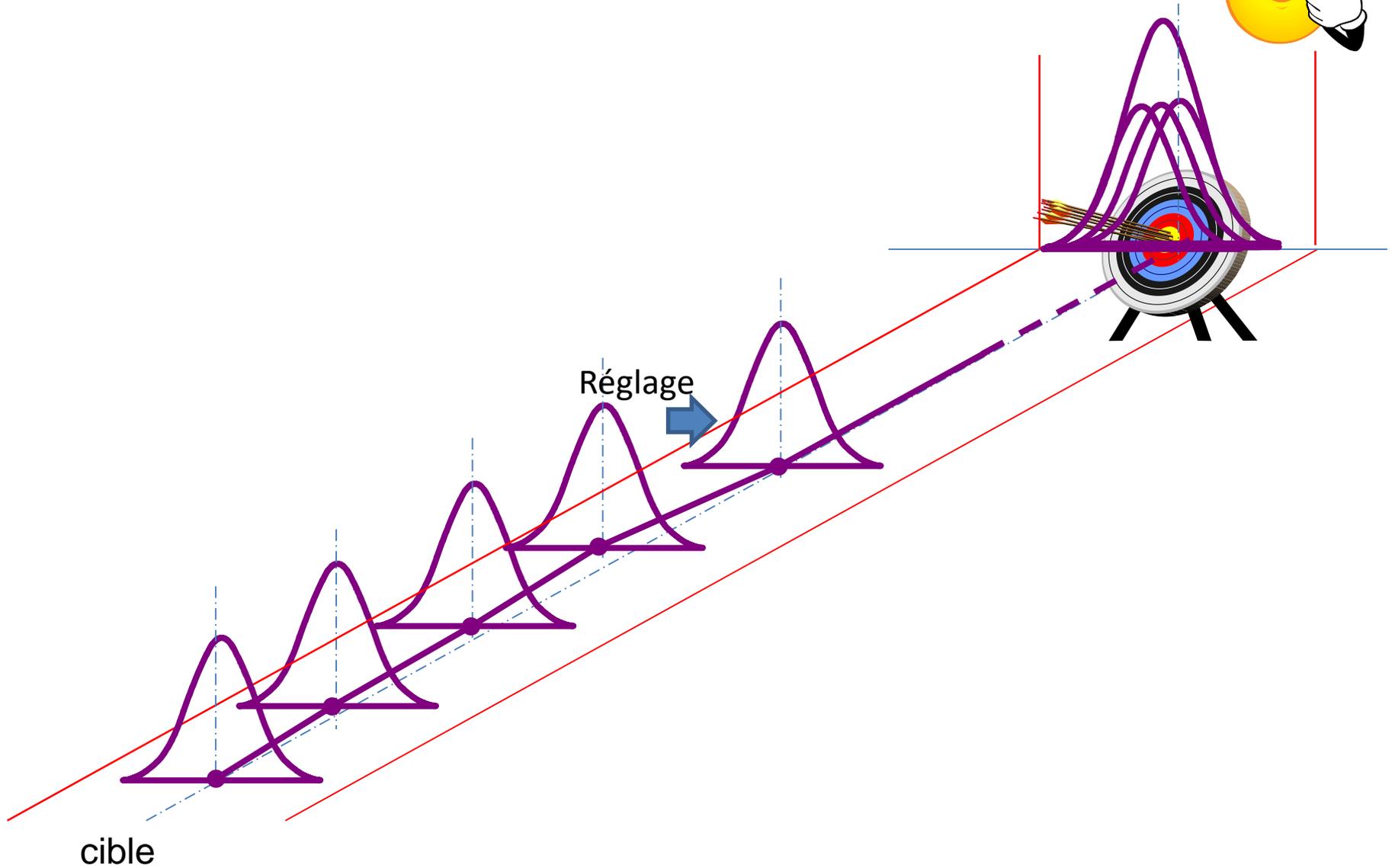
- Elles sont peu nombreuses,
- Leurs variations sont brusques,
- leur effets sont importants,
- Elles sont temporaires.



Lorsque le procédé est dit maîtrisé, stable ou sous-contrôle.
Il n'y a que ds causes communes à l'origine des fluctuations du procédé







1. DEFINITIONS LIEES A LA MAITRISE STATISTIQUE DES PROCEDES

Enjeux

La place de la MSP dans les processus

Notions de statistique

Histogramme

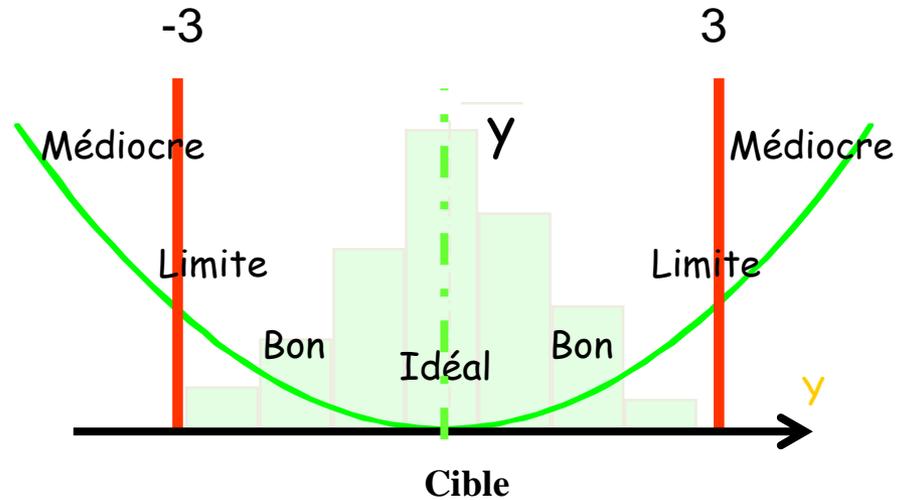
Cote cible

Indicateurs de capabilité

Echantillonnage



L'importance de l'objectif cible

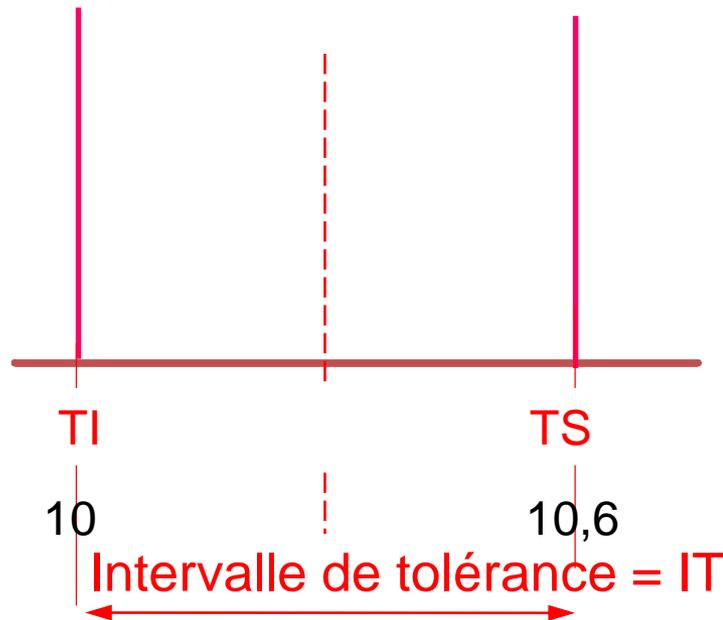


La nécessaire maîtrise de la variabilité



Ne pas confondre cote nominale et cote cible

Cible
10,3



Exemple : Diamètre 10 +0/ +0,6

Cote nominale = ? 10

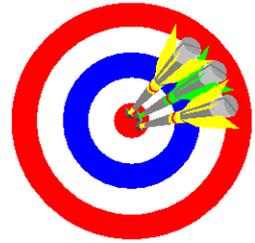
Cible = ?

$$= \frac{10 + 10,6}{2} = 10,3$$

Les principes essentiels de la cible



À
retenir ?



➡ **Chaque caractéristique surveillée en production doit avoir une cible parfaitement définie.**

➡ **La cible représente le niveau idéal de la caractéristique. Tous les opérateurs doivent s'efforcer de centrer le procédé sur cette cible.**

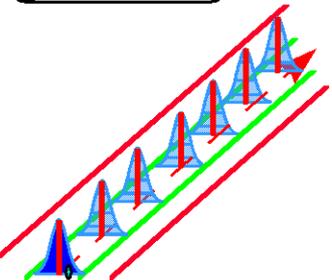


➡ **La cible doit être définie consensuellement entre tous les services concernés**

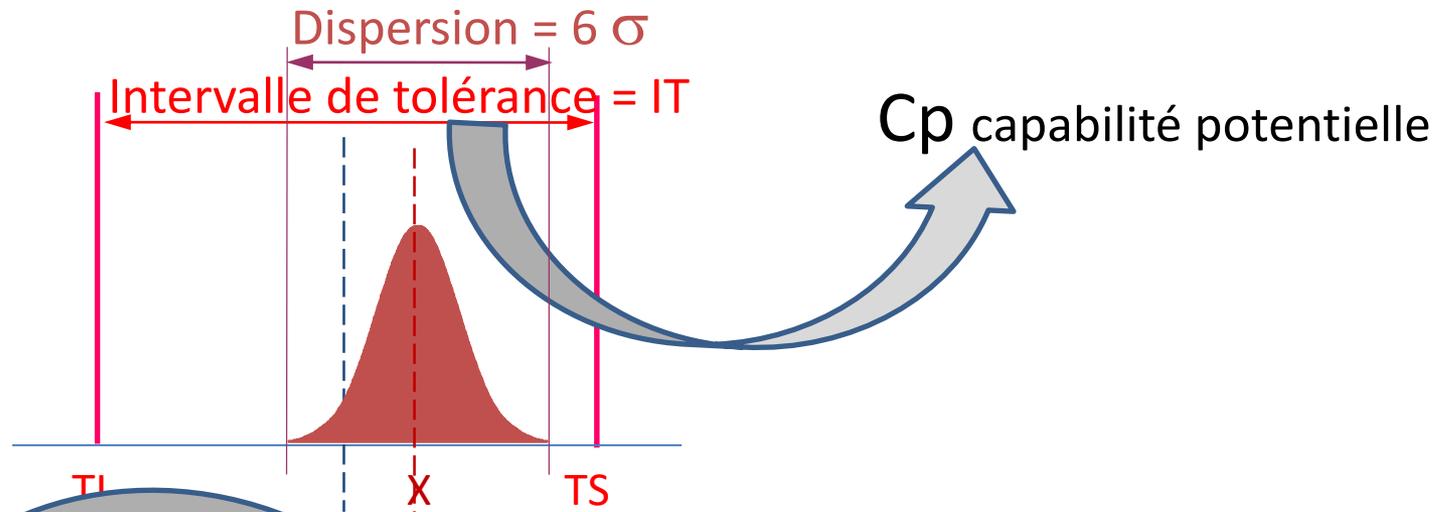
➡ **La cible doit apparaître clairement sur les plans de fabrication**



➡ **Les services de production doivent utiliser les outils de la Maîtrise Statistique des Procédés pour satisfaire le centrage du procédé sur cette cible.**



Indicateurs de capacité court terme : Raison d'être



C_{pk} capacité réelle tient compte du décentrage

C_{pm} capacité réelle liée à la perte

1. DEFINITIONS LIEES A LA MAITRISE STATISTIQUE DES PROCÉDES

Enjeux

La place de la MSP dans les processus

Notions de statistique

Histogramme

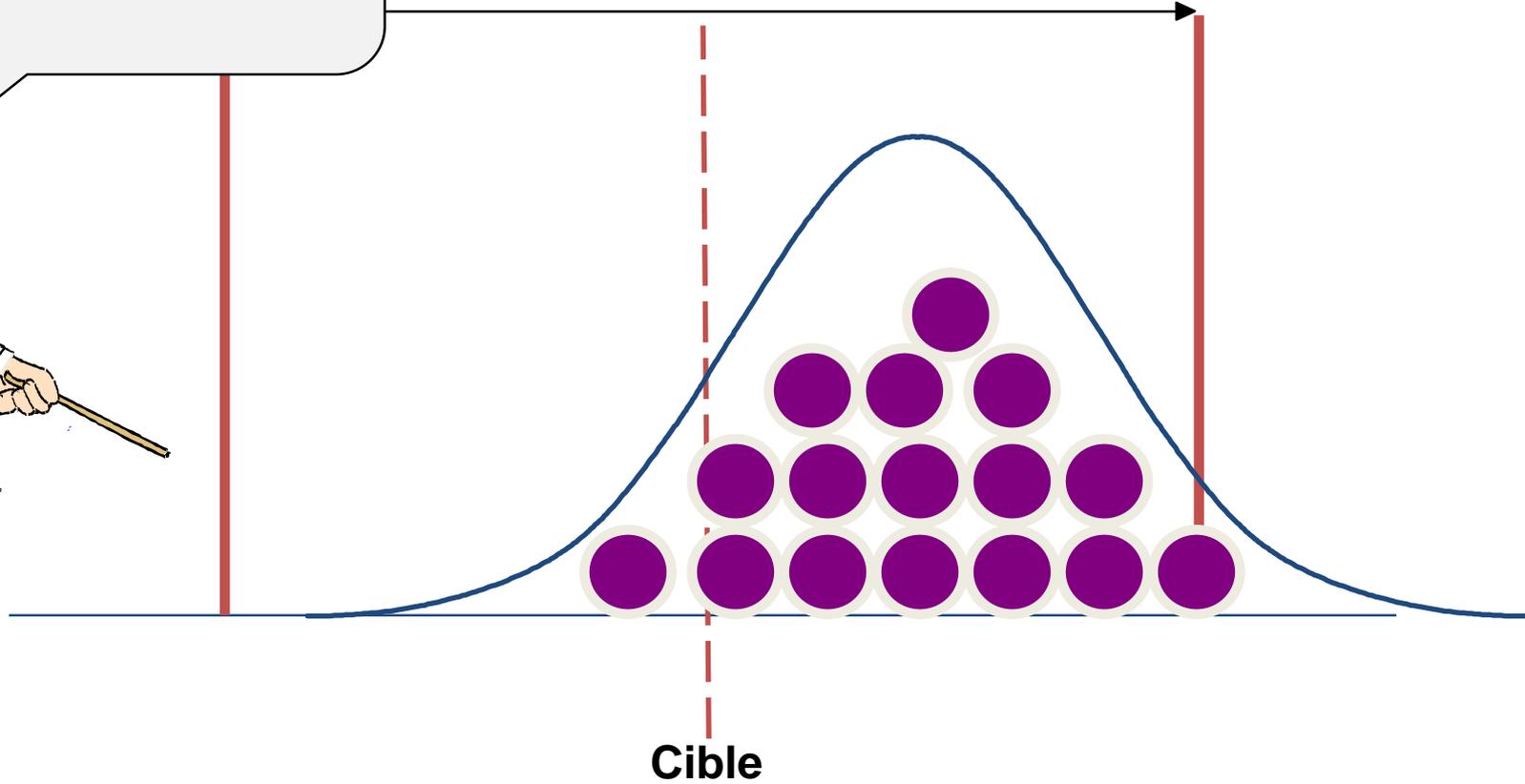
Cote cible

Indicateurs de capacité

Echantillonnage

On peut déterminer
la population dont est
issu l'échantillon

Intervalle de tolérance



L'enjeu de l'échantillonnage

c'est d'optimiser la taille de l'échantillon et le choix des individus pour :

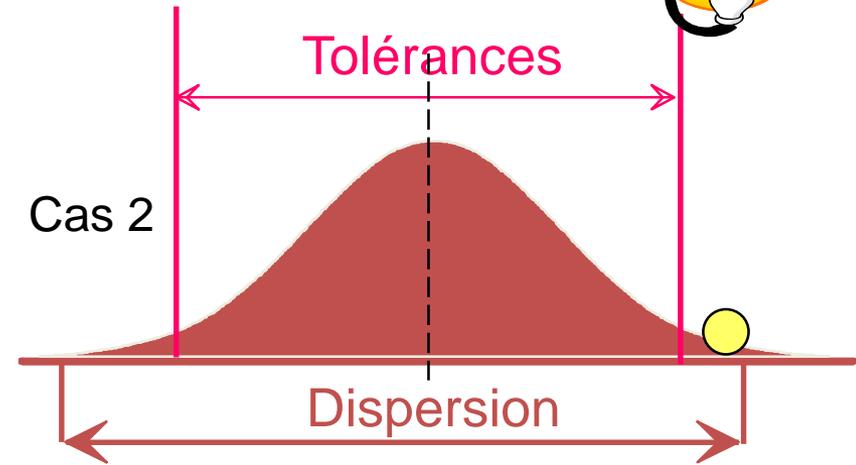
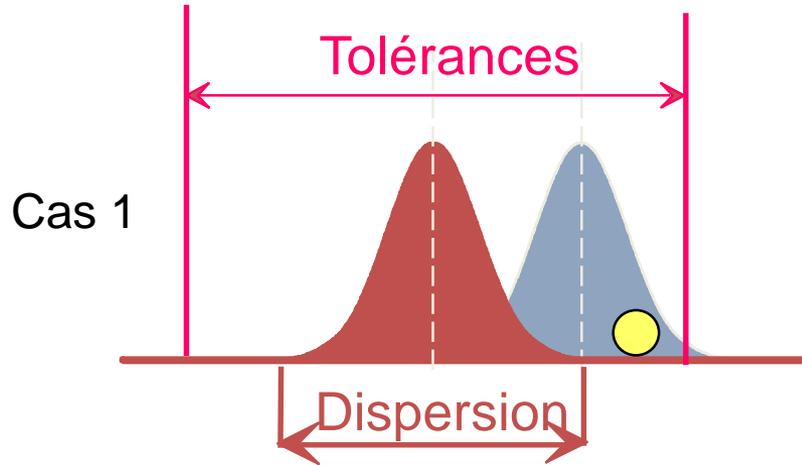
↳ **minimiser la taille de l'échantillon**

afin de dépenser le moins d'argent possible et de temps sur la mesure

↳ **augmenter la précision des résultats de la mesure**

*Nota: Ces objectifs sont relativement contradictoires
puisque'il faut quadrupler la taille de l'échantillon pour doubler
la précision d'estimation*

Action sur le processus, sur le produit ?

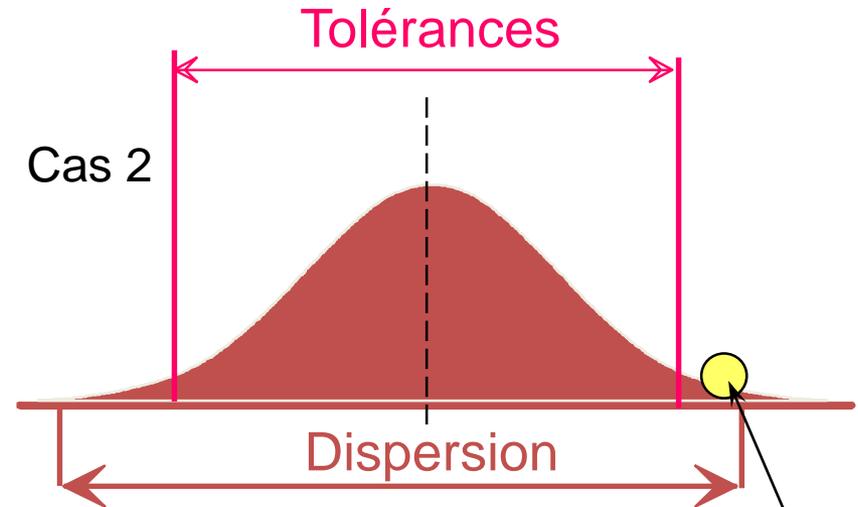
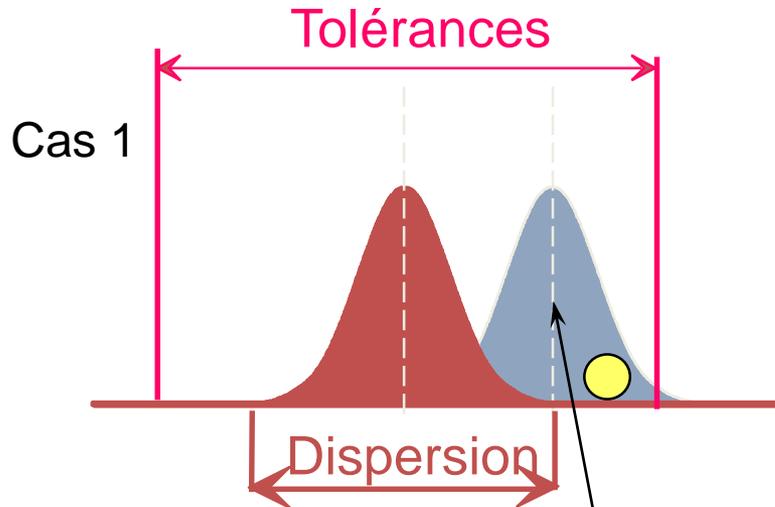


Pour chaque cas
dois-je agir sur le produit
ou sur le processus ?

Action sur le processus sur le produit



À retenir ?



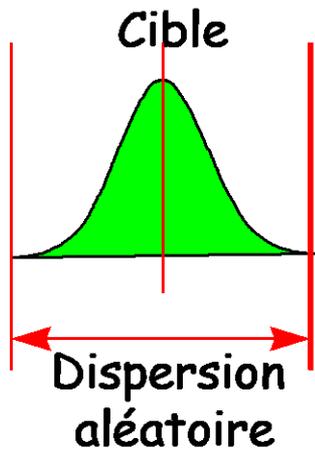
Le **processus** est hors contrôle

→ action sur le processus
(Pas forcément sur le produit)

Le **produit** est hors tolérances

→ action sur le produit
(Pas forcément sur le processus)

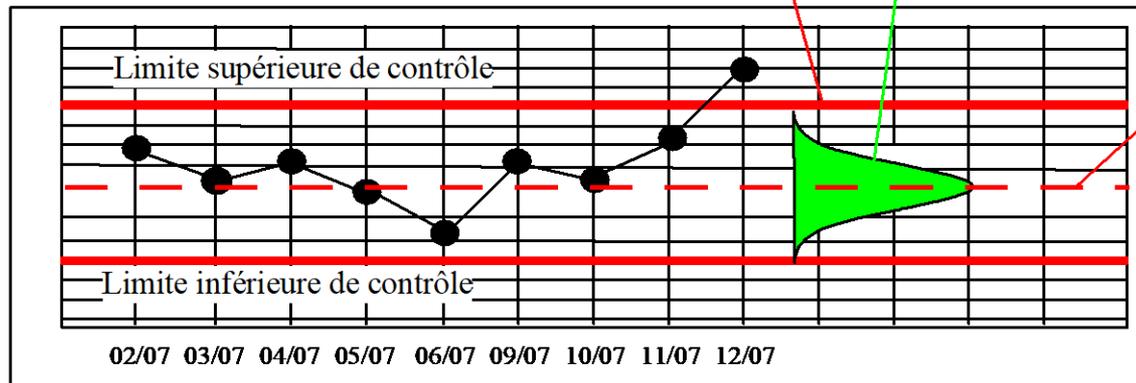
Carte de contrôle



Limite naturelle sup

Limite supérieure =
Limite naturelle

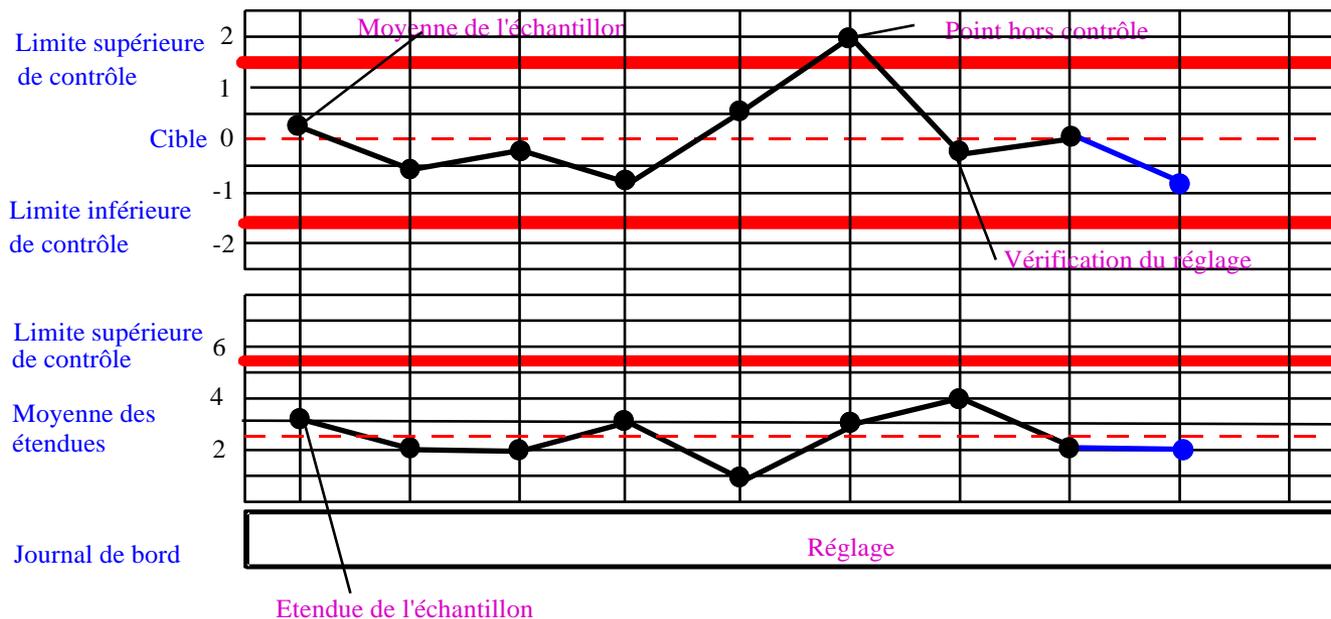
Variations
aléatoires normales
autour de la cible



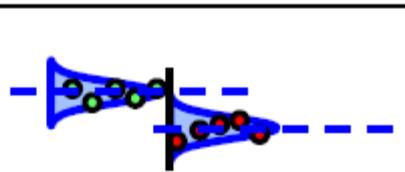
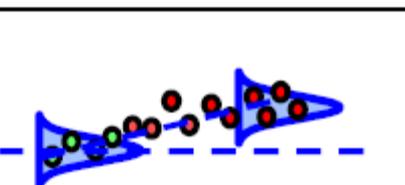
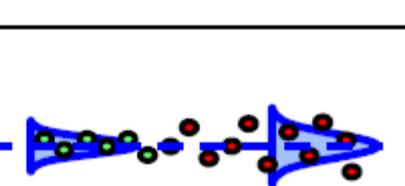
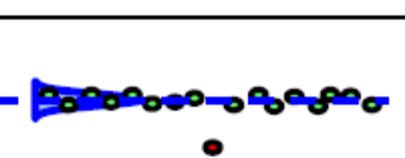
Cible

Carte Moyennes/Etendues

| Date | 23/02 | | | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Heure | 6h00 | 6h30 | 7h00 | 7h30 | 8h00 | 8h30 | 8h35 | 9h00 | 9h30 | |
| Mesure 1 | 1 | -1 | 1 | 0 | 1 | 0 | -2 | -1 | -2 | |
| Mesure 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | -1 | |
| Mesure 3 | -2 | -2 | -1 | -3 | 0 | 3 | -1 | 1 | -1 | |
| Mesure 4 | 1 | 0 | -1 | -1 | 1 | 2 | -1 | -1 | 0 | |
| Mesure 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | |
| Total | 1 | -3 | -1 | -4 | 3 | 10 | -1 | 0 | -4 | |
| Moyenne | 0,2 | -0,6 | -0,2 | -0,8 | 0,6 | 2,0 | -0,2 | 0 | -0,8 | |
| Etendue | 3 | 2 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | |



Cas type

| Type | Schéma | Exemples | |
|----------------------|---|--|--|
| | | Ponctuel ou Arrivée prévisible | Permanent ou Arrivée non prévisible |
| Processus stable |  | Géométrie copie de la géométrie de la machine. Entraxe dans outillage de découpe. | |
| | | Validation à la conception du processus | |
| Décentrage |  | Changement outils. Remontage machine. | Casse, collision.... Problème sur un lot de matière première. |
| | | Contrôle systématique après événement causal | Contrôle libératoire fréquentiel |
| Dérive en position |  | Machine froide Premières minutes de fonctionnement | Usure d'outils. Variations thermiques. |
| | | Contrôle systématique après événement causal | SPC, contrôle sur les limites naturelles du processus |
| Dérive en dispersion |  | Défauts de localisation suite à outil mal centré dans la broche | Usure d'un forêt. Jeux processus. |
| | | Contrôle systématique après événement causal | SPC, contrôle sur les limites naturelles du processus |
| Événement erratique |  | Copeaux sur butée. Erreur opérateur. | |
| | | Poka-Yoke, Contrôle à 100% | |

1. DEFINITIONS LIEES A LA MAITRISE STATISTIQUE DES PROCÉDES

Enjeux

La place de la MSP dans les processus

Notions de statistique

Annexes

Objectifs pédagogiques:

Apporter aux participants les éléments de compréhension permettant de:

- Connaître la logique d'ensemble de la M.S.P et des capacités;
- Savoir utiliser les outils pour améliorer la productivité machine.

1. Définition de la MSP

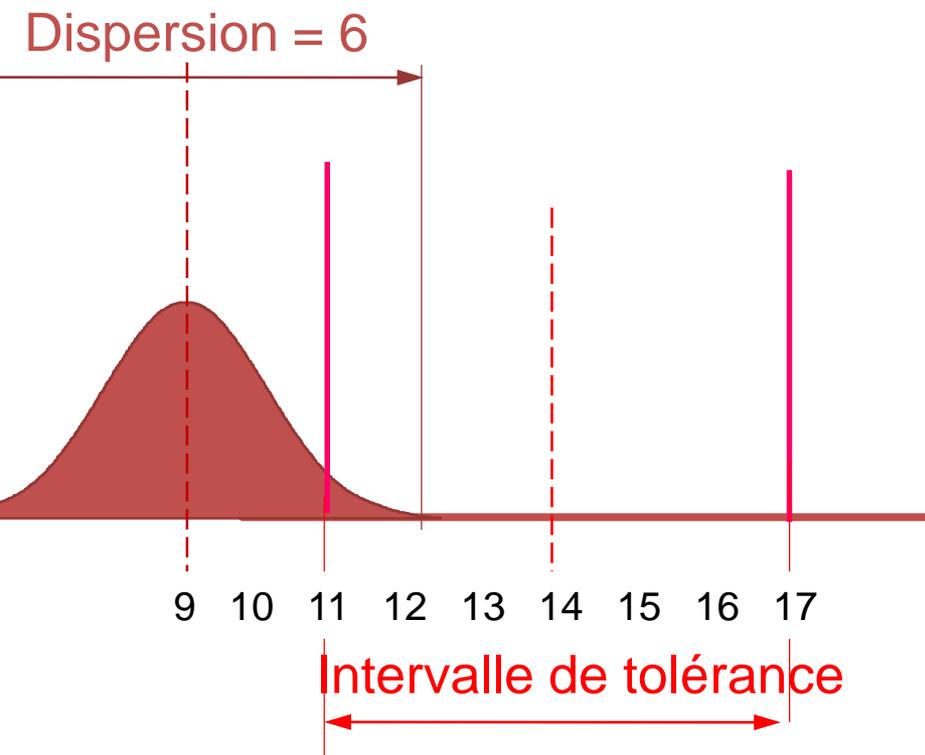
- Enjeux et objectifs
- La place de la MSP dans les processus,
- Notions de statistiques; la loi Normale, défauts de forme,

2. Les capacités

- Les dispersions et le calcul des capacités
- Critères de jugement et signification des capacités,
- Les capacités et les spécifications,
- La capacité des moyens de contrôle

3. L'utilisation d'une carte de contrôle

- Carte Moyenne/ Etendue



$$C_p = ? = IT / 6\sigma$$

$$= 6 / 6 * 1 = 1$$

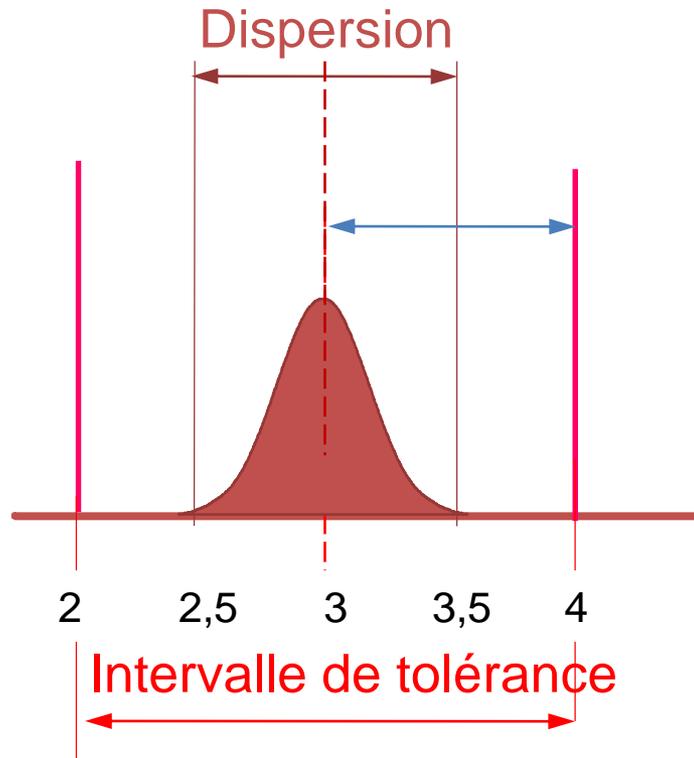
$$C_{pk} = ? \quad \min(TS - X / 3\sigma; X - TI / 3\sigma)$$

$$= \quad \quad \quad (9 - 11) / 3 * 1 = -0,666$$

$$C_{pm} = ? \quad IT / 6 \sqrt{\sigma^2_{CT} + (X - \text{cible})^2}$$

$$= \quad \quad \quad 6 / 6 \sqrt{1^2 + (9 - 14)^2} = 0,2$$

Indicateurs de capabilité: Cas 1



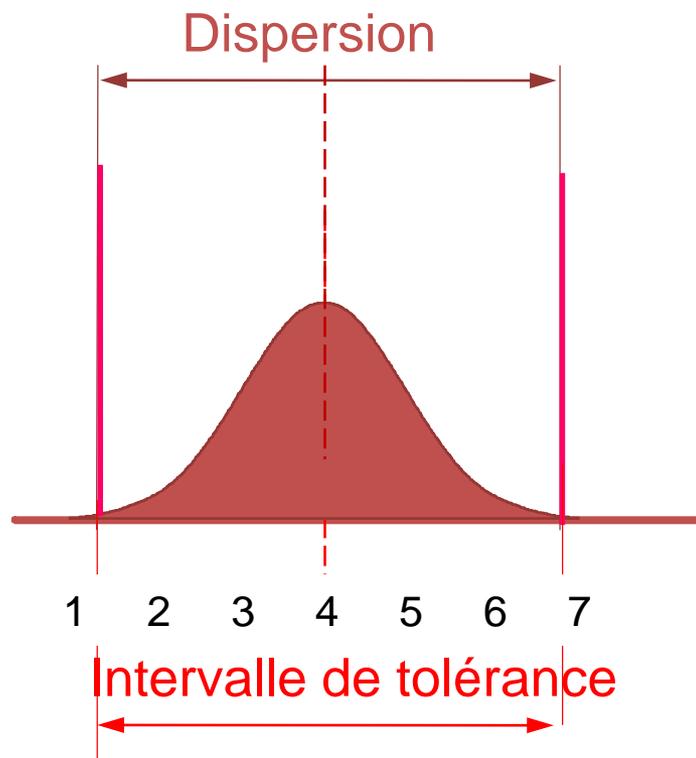
$$C_p = ? = IT / 6\sigma$$

$$= 2 / 1 = 2$$

$$C_{pk} = ? \quad \min(TS - X / 3\sigma; X - TI / 3\sigma)$$

$$= 1 / 0,5 = 2$$

$$C_{pm} = ? \quad \frac{IT / 6 \sqrt{\sigma_{CT}^2 + (X - \text{cible})^2}}{2 / 6 \sqrt{0,026 + (3 - 3)^2}} = 2$$



$$C_p = ? = IT / 6\sigma$$

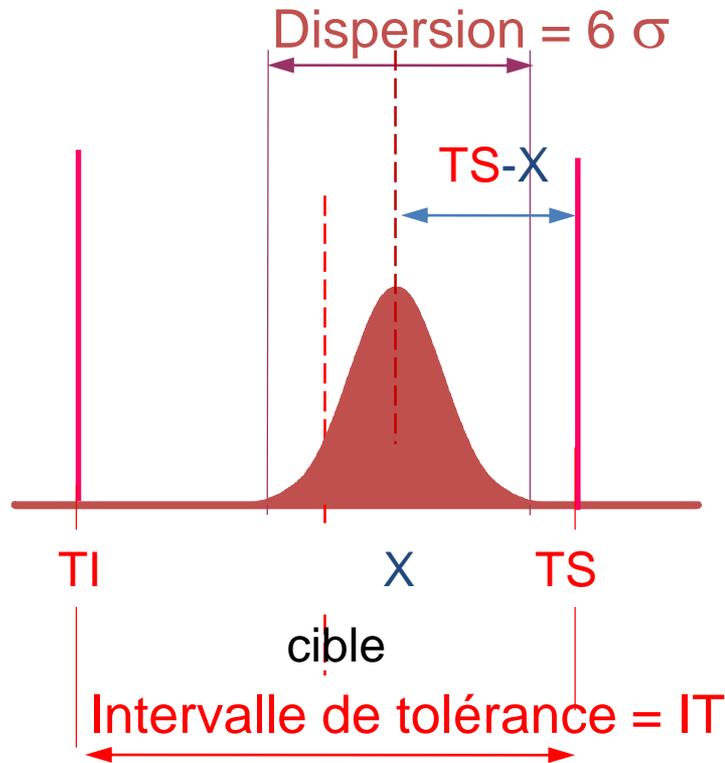
$$= 6 / 6 \cdot 1 = 1$$

$$C_{pk} = ? \quad \min(TS - X / 3\sigma; X - TI / 3\sigma)$$

$$= (7 - 4) / 3 \cdot 1 = 1$$

$$C_{pm} = ? \quad \frac{IT / 6 \sqrt{\sigma_{CT}^2 + (X - \text{cible})^2}}$$

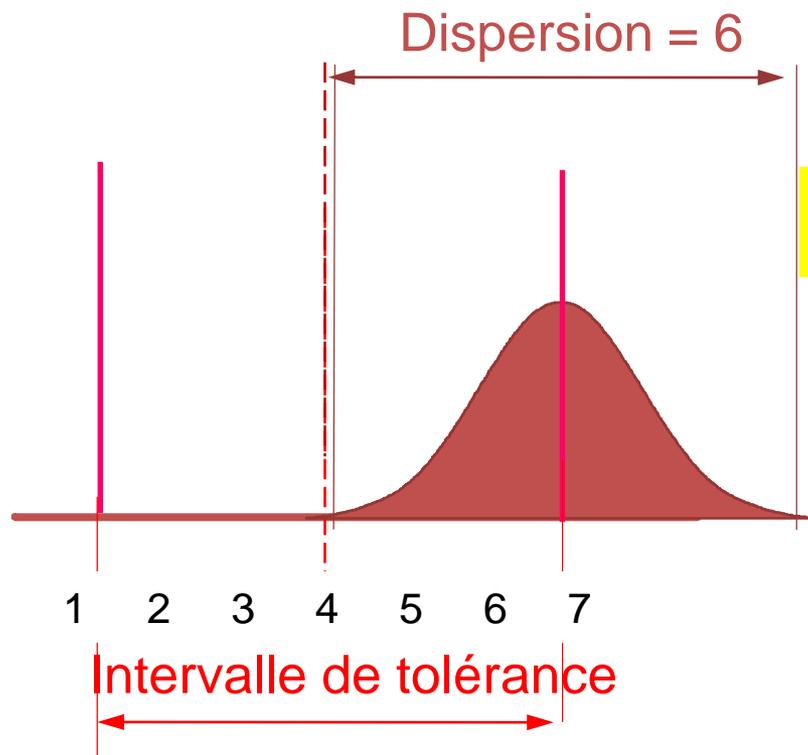
$$= \frac{6}{6 \sqrt{1^2 + (4 - 4)^2}} = 1$$



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

$$Ppk = \min(TS - X / 3\sigma_{LT}; X - TI / 3\sigma_{LT})$$

$$Ppm = IT / 6 \sqrt{\sigma_{LT}^2 + (X - \text{cible})^2}$$



$$C_p = ? = IT / 6\sigma$$

$$= 6 / 6 * 1 = 1$$

$$C_{pk} = ? \quad \min(TS - X / 3\sigma; X - TI / 3\sigma)$$

$$= (7 - 7) / 3 * 1 = 0$$

$$C_{pm} = ? \quad IT / 6 \sqrt{\sigma^2_{CT} + (X - \text{cible})^2}$$

$$= 6 / 6 \sqrt{1^2 + (7 - 4)^2} = 0,31$$

1. DEFINITIONS LIEES A LA MAITRISE STATISTIQUE DES PROCEDES

Enjeux

La place de la MSP dans les processus

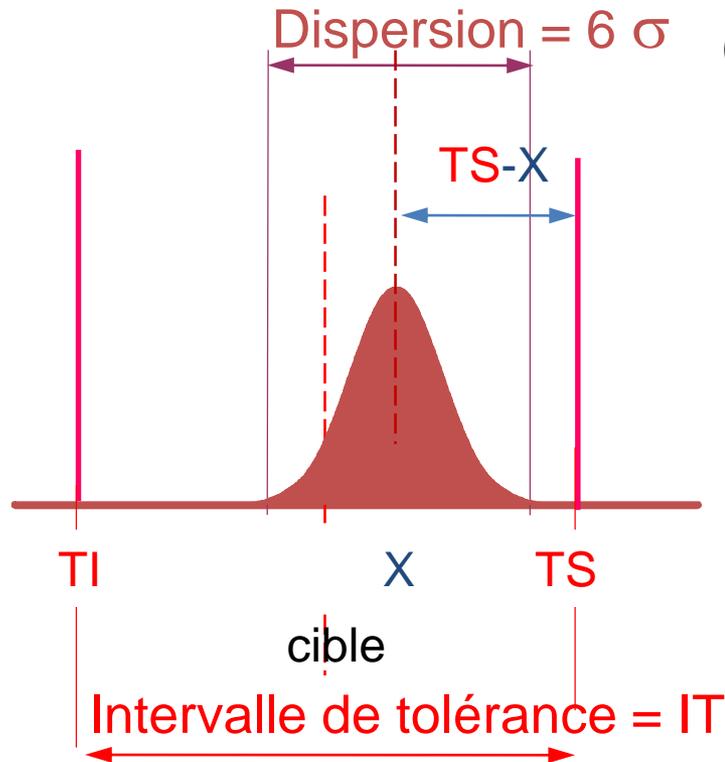
Notions de statistique

Histogramme

Cote cible

Indicateurs de capacité

Echantillonnage

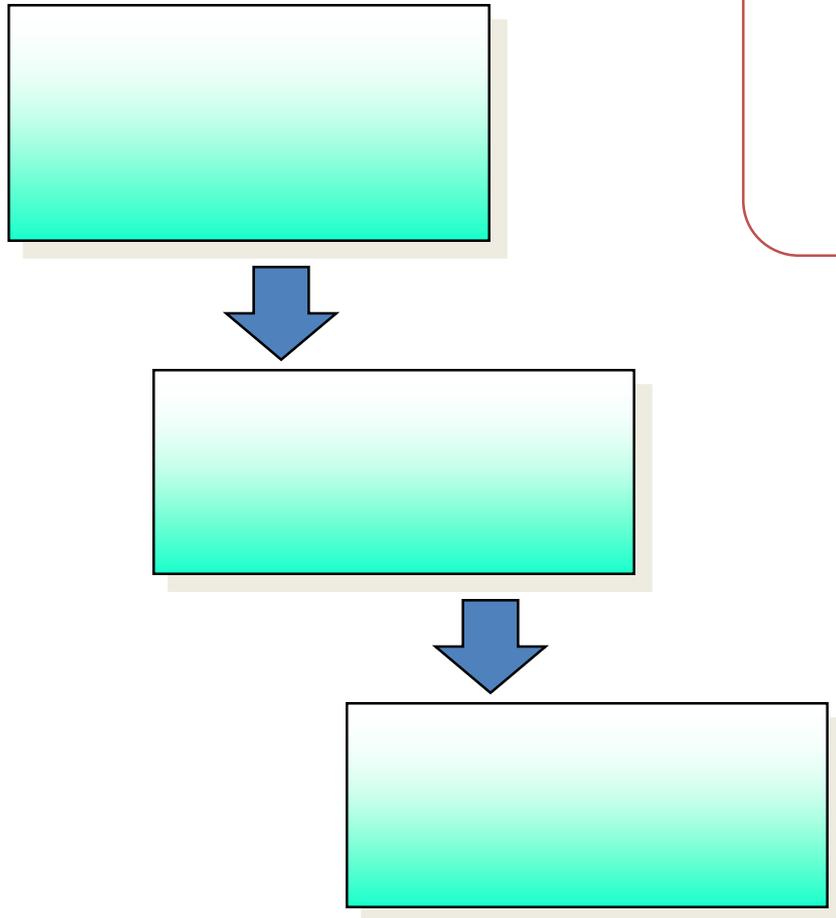


$$C_p = IT / 6\sigma_{CT}$$

$$C_{pk} = \min(TS-X / 3\sigma_{CT}; X-TI / 3\sigma_{CT})$$

$$C_{pm} = IT / 6 \sqrt{\sigma_{CT}^2 + (X-cible)^2}$$

Approfondissement des capacités



Quelles sont, à votre avis,
les différentes étapes
de capacités
et leur raison d'être ?



Approfondissement des capacités

Capabilité
préliminaire

*Capabilité intrinsèque
du moyen*



Capabilité
Court Terme

*Capabilité court terme
du processus*



Capabilité
Long Terme

*Capabilité long terme
du processus*



Approfondissement des capacités

Capabilité
préliminaire

Capabilité intrinsèque du moyen

50 composants consécutifs

C_m et $C_{mk} > 2$



Capabilité
Court Terme

Capabilité du processus en démarrage de production

Au moins 20 prélèvements
de 5 composants consécutifs

C_p et $C_{pk} > 1,67$



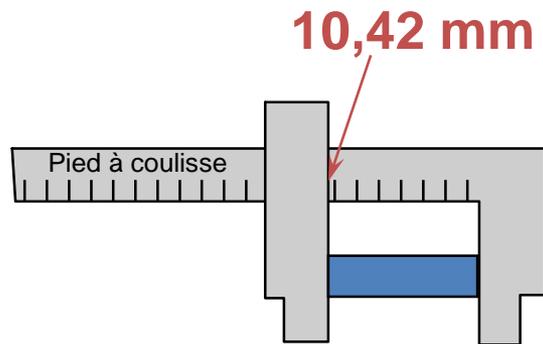
Capabilité
Long Terme

Capabilité long terme du processus

Exploitation des cartes de contrôle
(une semaine de production)

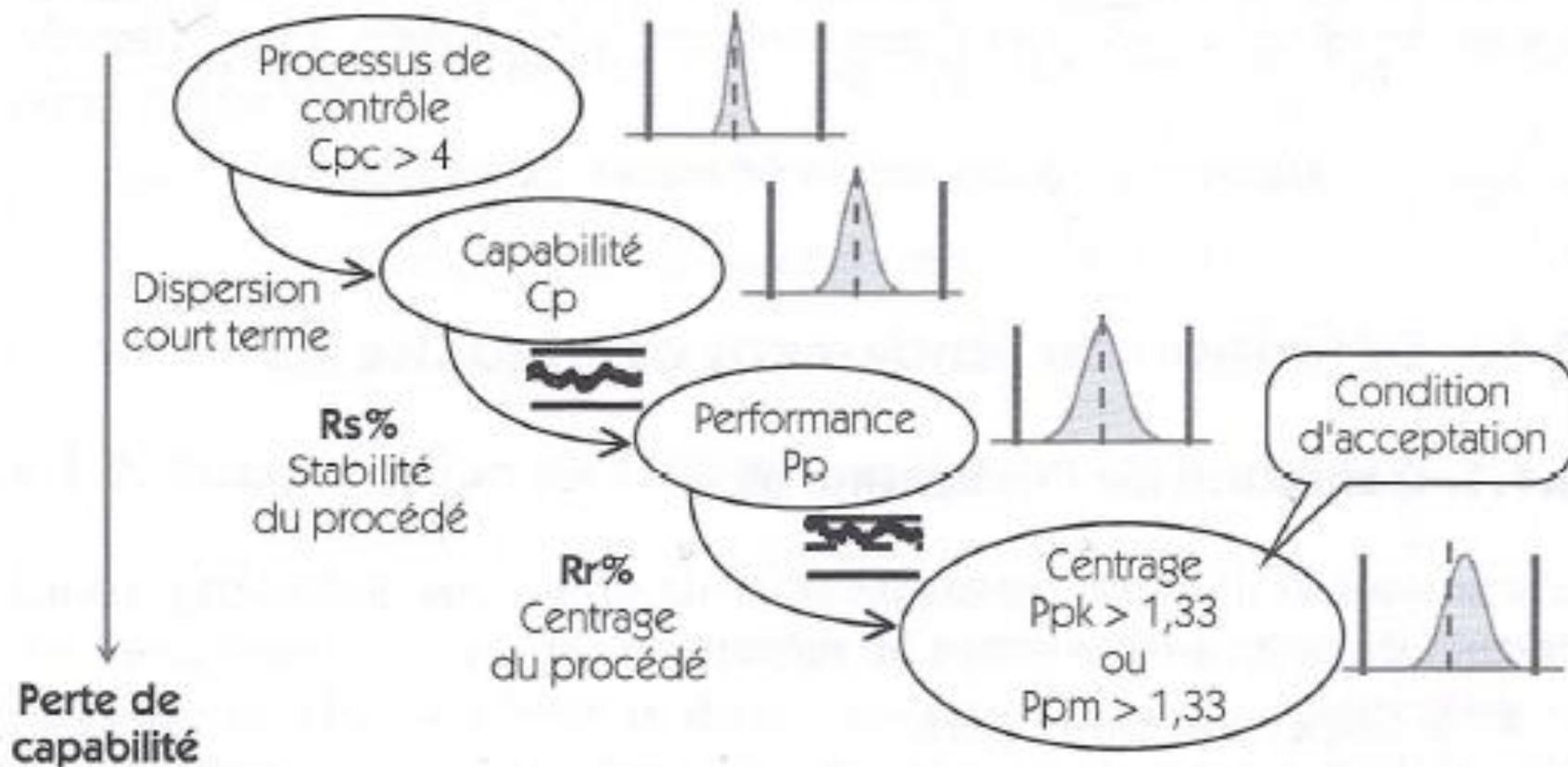
P_p et $P_{pk} > 1,33$

Capabilité de la mesure

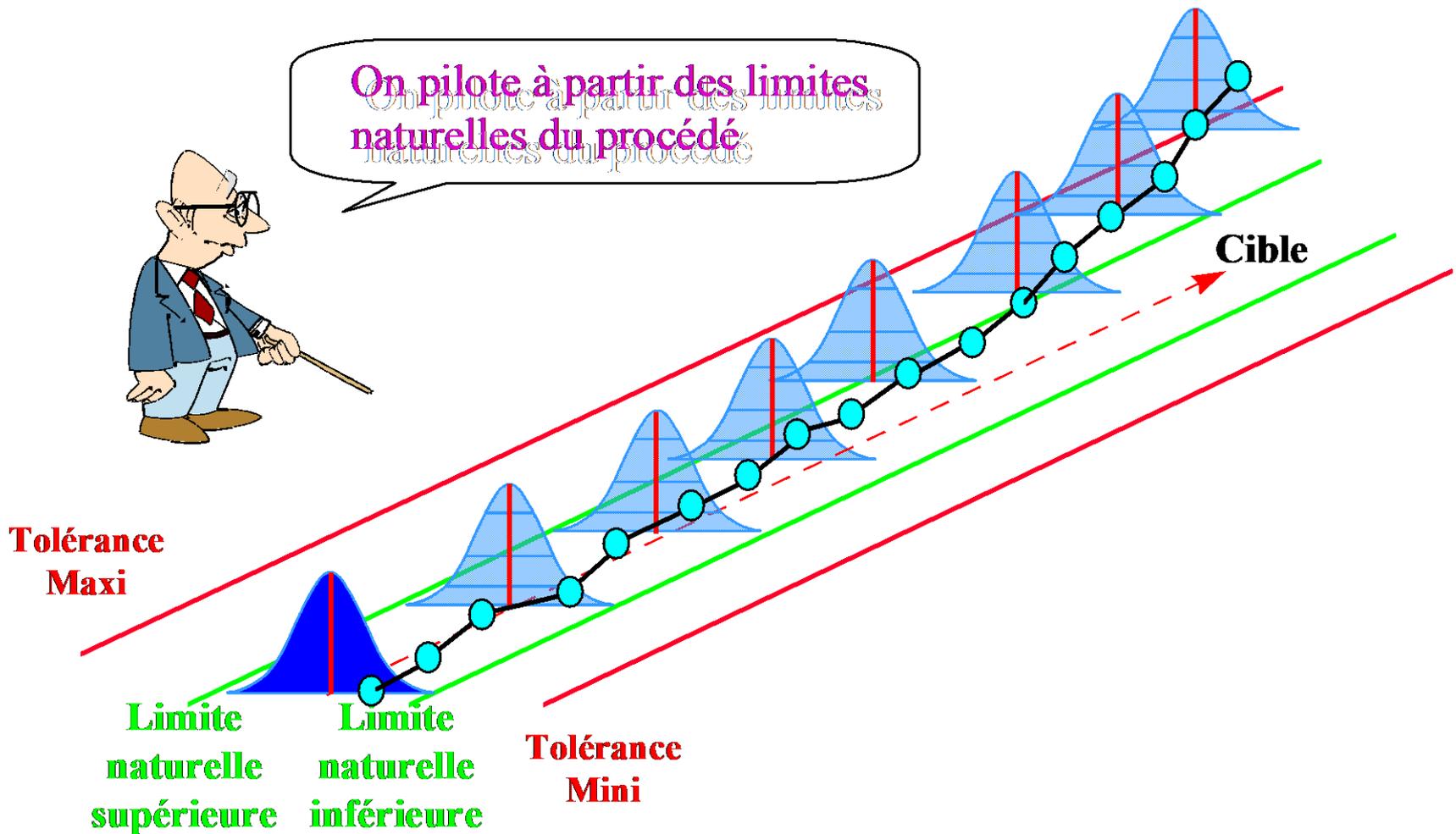


Quelle confiance dois-je accorder au résultat ?

| Méthode | Avantages | Inconvénients |
|--|---|---|
| Méthode rapide de Charbonneau | Rapide et facile à mettre en œuvre. Donne un ordre de grandeur de la capabilité souvent suffisant. | Ne prend pas en compte l'erreur de justesse. Ne dissocie pas la répétabilité et la reproductibilité. |
| R&R complet Méthode des étendues | Dissocie la répétabilité et la reproductibilité. Rapide à mettre en œuvre. | Ne prend pas en compte la justesse réputée être assurée par la gestion des moyens de mesure. |
| R&R complet Méthode de l'analyse de la variance | Prend en compte l'interaction entre les pièces et les opérateurs. Plus précise que la méthode des étendues. | Nécessite l'utilisation d'un tableur ou d'un logiciel spécialisé. |
| Méthode CNOMO | Prend en compte la justesse et la répétabilité. | Ne prend pas en compte la reproductibilité. Plus lourde à mettre en œuvre. |



Les limites naturelles du procédé



Les limites naturelles du procédé

