

Les études d'aptitude (capability) La Maîtrise statistique d'un processus (SPC)

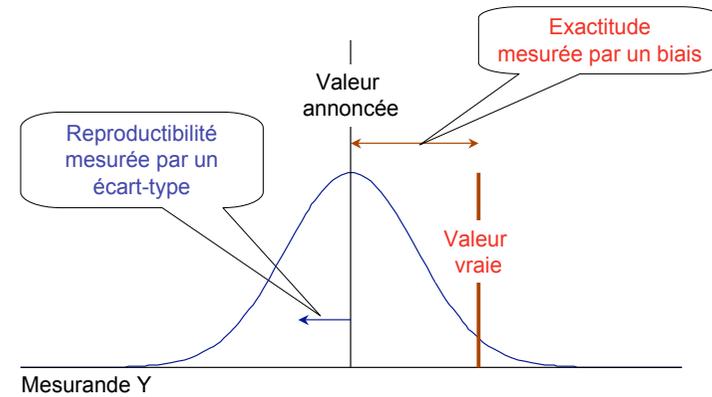
1

Les études d'aptitude (capability)



2

Incertitude d'une mesure



Les calculs d'incertitude d'une mesure conduisent à une **incertitude-type** $u_c(Y)$
l'**incertitude élargie** $U = 2u_c(Y)$
l'**incertitude de mesure** $I = \pm U = \pm k \cdot u_c(y)$

3

Aptitude d'un moyen de mesure

L'aptitude du moyen de mesurage (C_{mm}) est le rapport entre :

- l'**intervalle de tolérance IT** de la caractéristique contrôlée
- et l'**incertitude de mesure 2U** avec U = incertitude de la mesure = $2u_c$

$$C_{mm} = IT / 2U$$

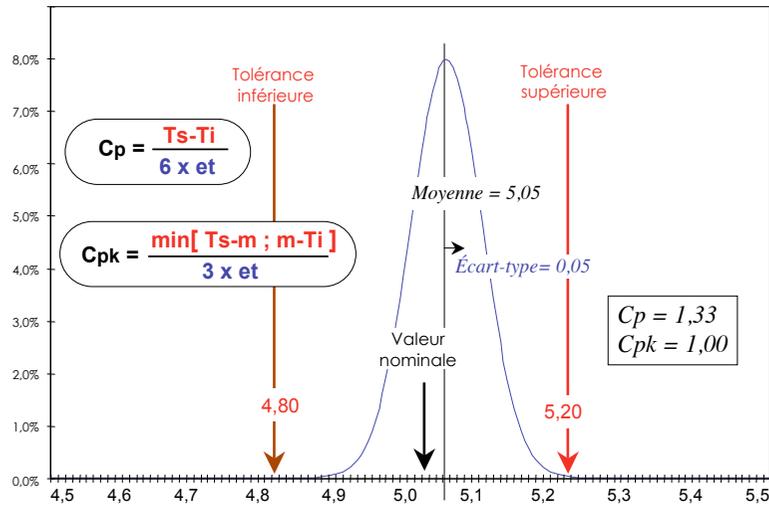
Une aptitude égale ou supérieure à 4 est satisfaisante,
... mais ce n'est pas toujours possible !

Référence : **ISO 14 253** :

« *Spécifications géométriques des produits -
Vérification par la mesure des pièces et des équipements de mesure* »

4

Aptitude d'un processus (capability)



5

Piloter une production, à partir de contrôles en cours OU La Maîtrise Statistique d'un Processus (Statistical Process Control)



7

Stratégie d'ajustement de l'Aptitude du Processus

Dans le cas où l'étude révèle un **processus inapte**, il faut :

- engager des **actions correctives** pour réduire la variabilité et/ou recentrer la moyenne de la production *rôle de la conception*
- ou à **augmenter les tolérances** *si c'est négociable !*
- ou **trier** à 100% la production *bon courage !*
- ou **renoncer** à la commande *c'est mieux que de risquer un dérèglement*

6

La Qualité, « ça se contrôle »

OUI, MAIS ...

L'échantillonnage est parfois difficilement représentatif

Le résultat sur échantillon ne reflète pas toujours le lot

Le résultat de contrôle microbiologique nécessite plusieurs jours



Le contrôle est basé sur une relation de défiance

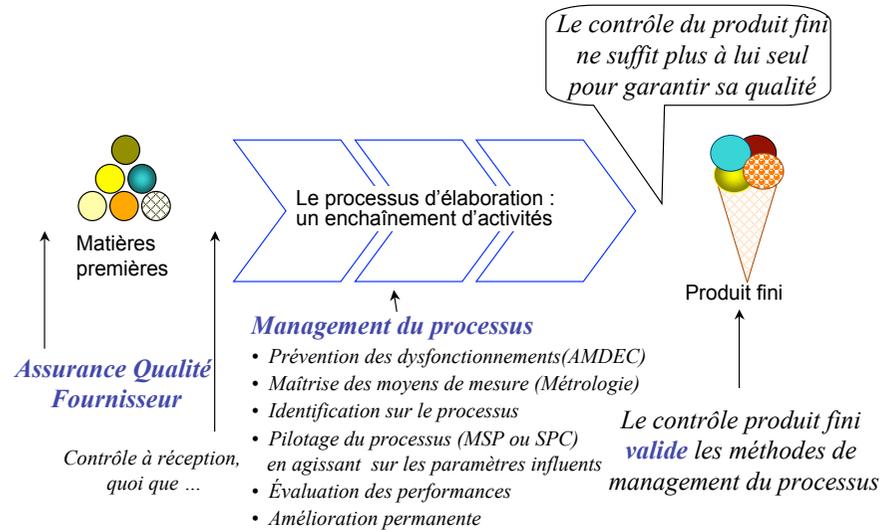
Le contrôle ne permet pas de s'améliorer

Le contrôle est coûteux, surtout sur le produit final

Conclusion : c'est la Qualité du processus qui fait la Qualité du Produit

8

La Qualité, « ça se prévient »



9

Les deux types de variabilité dans la MSP

Les variations « accidentelles »

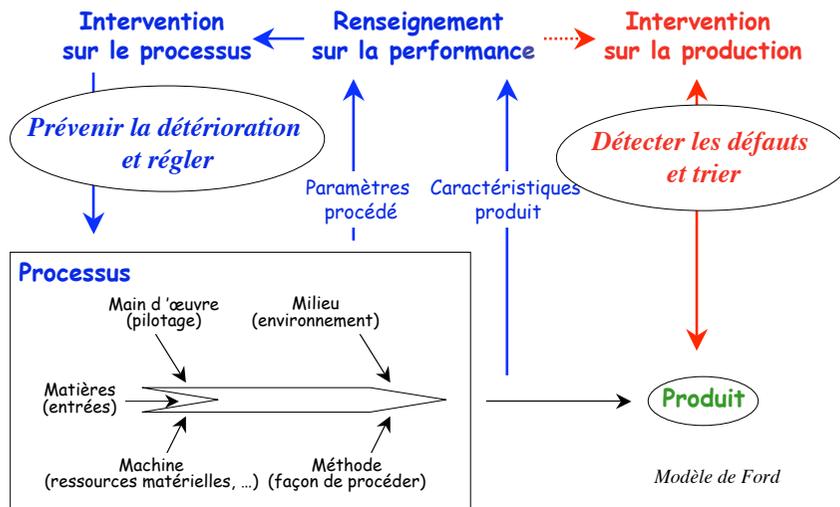
- imprévisibles
- amplitude importante
- origine : un petit nombre de **causes « assignables »** :
(pannes machines, matières premières inégales, erreurs de conduite, phénomènes extérieurs, etc. ...)
- réductibles par la prévention des dysfonctionnements (maîtrise & assurance de la qualité).

Les variations « bruit de fond »

- prévisibles et permanentes
- amplitude moindre
- origine : un grand nombre de **causes « communes »** inhérentes au procédé technique
- réductibles en agissant sur la conception du processus

11

Le principe de la Maîtrise Statistique des Procédés



10

Pilotage de production par un « Contrôle en cours »

La méthode, plus performante que le contrôle du produit fini : la **Maîtrise Statistique de Processus** (ou SPC)

pour :

- **Identifier** les variations « bruits de fond » du processus **causes communes**
- et celles qui sont dues à une perte de contrôle **causes assignables**
- **Intervenir** « avec parcimonie et bon escient »

12

Une démarche pour la mise en œuvre de la MSP

A. Préparer la démarche

1. Préparer les personnes et l'action à engager
2. Identifier les produits et processus prioritaires

B. Diagnostiquer et stabiliser le processus

3. Analyser le produit et sa variabilité
4. Analyser le processus
5. Analyser le processus de mesure
6. Analyser le système d'information et d'action sur le processus
7. Corriger les dysfonctionnements identifiés pendant les étapes 3 à 6

C. Mettre le processus "sous-contrôle"

8. Choisir les paramètres-clés
9. Concevoir et mettre en place le système de pilotage (cartes de contrôle et règles de décision)

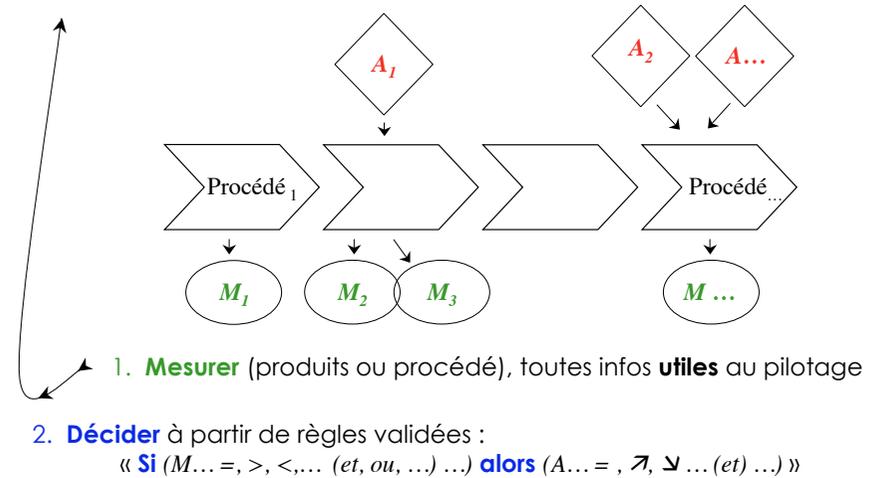
D. Maintenir les progrès acquis & améliorer le processus

10. Verrouiller le système de pilotage par l'assurance qualité
11. Améliorer l'aptitude du procédé

13

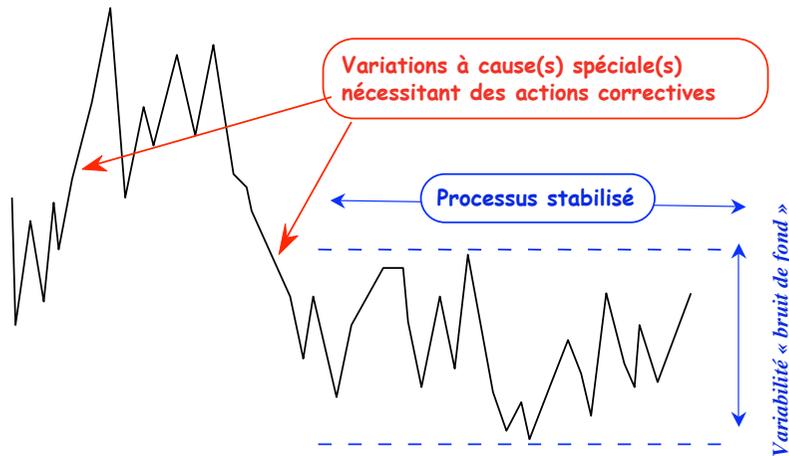
Formalisation du pilotage d'un processus

3. Agir sur les Actionneurs de pilotage



15

La carte de contrôle : pas avant la stabilisation



14

La carte de Contrôle

L'**outil final** de la démarche MSP

La **carte de contrôle**, entre en jeu **quand le processus est stabilisé**
C'est :

- Un **graphique de suivi chronologique** avec des limites statistiques calculées
 - .. pour les valeurs individuelles ou les moyennes
 - .. pour la variabilité entre valeurs
- Une procédure d'échantillonnage et de mesure
- Des règles de décision et d'action

Le **rôle de la carte de contrôle** est de :

- Visualiser la globalité du processus de production
- Détecter précocement des changements, des dérives
- Différencier les vrais changements, des « vibrations » du processus
- Anticiper l'apparition de produits défectueux
- Faire participer les opérateurs aux décisions

16

La carte de Contrôle

Attention aux traductions littérales, génératrices de contre-sens !

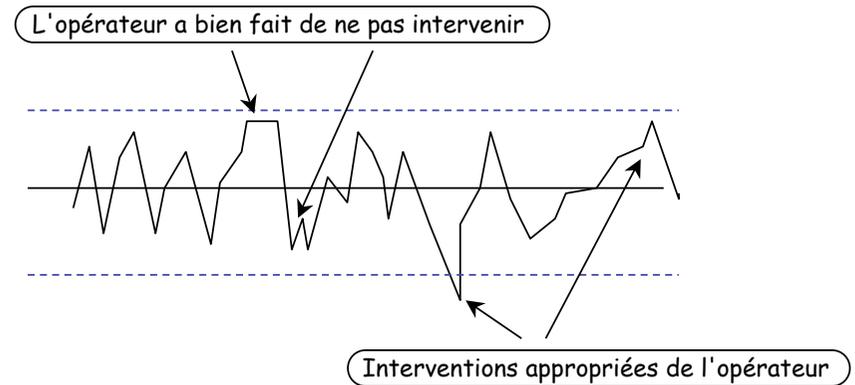
Termes en Anglais	Termes en Français
Inspection	Contrôle
Control	Maîtrise
Control chart	Carte de Contrôle ou mieux : CARTE DE PILOTAGE

Attention à son intégration en production !

- Elle n'a surtout pas pour but d'inspecter le travail de l'opérateur,
- Elle doit être **un outil** pour lui permettre de piloter le processus, dans le cadre de l'auto-contrôle
- L'Opérateur n'est pas au service de la carte, c'est elle qui est **à son service**.

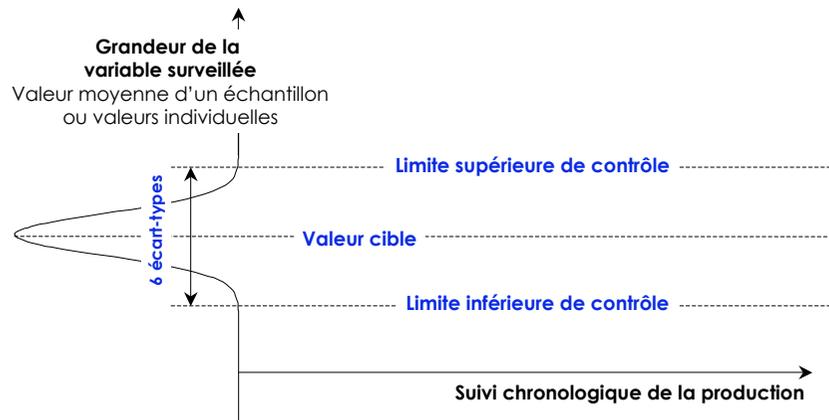
17

L'AUTO-CONTRÔLE grâce à la carte de contrôle



19

Les limites de la carte de contrôle des valeurs individuelles ou des moyennes



Les limites de « contrôle » :

- sont calculées à partir des données d'un processus stabilisé et apte (variabilité due aux seules **causes communes**)
- ne sont pas les **limites de tolérance**

18

Autres critères d'interprétation d'une carte de contrôle

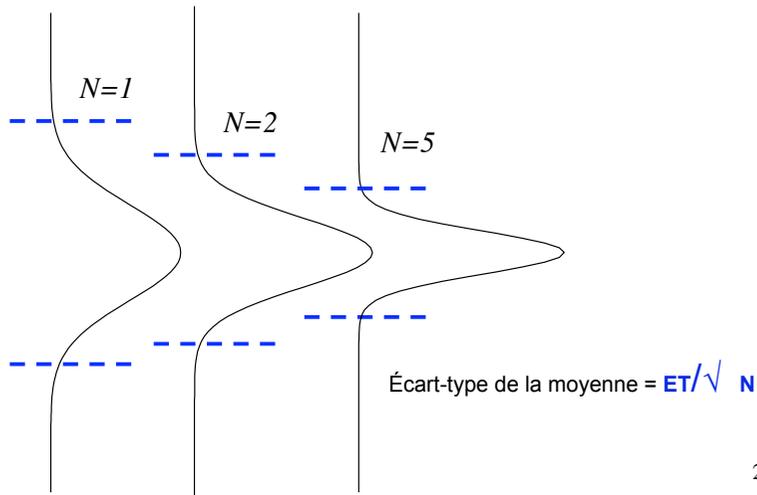
On considère qu'un processus est maîtrisé (vis à vis de l'élément suivi) :

- si non seulement, les points associés aux différents échantillonnages périodiques sont **à l'intérieur des limites**
- mais également, **si les points ne soient pas disposés selon une suite « anormale »** :
 - . Mise en évidence d'une tendance (6 points croissants ou décroissants)
 - . Fluctuation systématique en dents de scie
 - . Suite de points du même côté
 - . Suite de points se situant près des limites ou de la ligne centrale
 - . Carte présentant des sommets et des creux
 - . Effet cyclique

20

Carte de contrôle des moyennes

N éléments prélevés. Chaque moyenne est positionnée
Les limites de contrôle sont d'autant plus petites que l'effectif est élevé



21

Application de la MSP en métrologie

Définitions non normalisées

Étalonnage

pour établir l'écart entre les valeurs indiquées par un système de mesure et les valeurs correspondantes réalisées par des étalons.

Vérification

pour s'assurer que l'incertitude de mesure (dont l'écart indiqué par l'étalonnage) est inférieure aux erreurs maximales tolérées, définies par une norme, par une réglementation ou une prescription interne. Le résultat d'une vérification se traduit par une décision de remise en service, d'ajustage, de réparation, de déclassement ou de réforme.

Surveillance

pour s'assurer en permanence que le système de mesure n'a pas été soumis à une anomalie (écart brusque, dérive)

22

Surveillance des procédés de mesurage

“ Si ... le laboratoire constate qu'un instrument de mesure ne délivre pas des résultats corrects, alors l'ensemble des mesures ou essais réalisés depuis la dernière vérification devra être analysé et les actions nécessaires, prises (correction, reprise des mesures, ...) ”

Mais on ne peut pas trop réduire les intervalles d'étalonnage et de vérification.

Des méthodes de surveillance, économes et sûres permettent de :

- Connaître et maîtriser les processus de mesure
- Se prémunir contre les dysfonctionnements des instruments et plus généralement des processus de mesure
- Pouvoir présenter des preuves formelles de la maîtrise des résultats de mesure.
- Disposer d'un outil performant pour adapter en permanence les intervalles d'étalonnage et ainsi de réduire les coûts de métrologie

23

Méthodes de surveillance

Méthode 1 : les redondances métrologiques

Dupliquer certains éléments critiques du dispositif métrologique pour comparer des informations attendues comme concordantes. Tout écart trahit une anomalie.

Méthode 2 : le contrôle de la cohérence des résultats

Examen des résultats de mesure et sur le calcul de valeurs caractéristiques telles que l'écart-type de répétabilité ou sur l'établissement de graphiques et leur comparaison à des valeurs typiques ou à des graphiques types.

Méthode 3 : l'« étalon de surveillance » et la maîtrise statistique du procédé de mesure

24

Méthode de l' « étalon de surveillance »

Étude préalable :

- Variabilité de la mesure de la référence due aux seules causes communes (reproductibilité « jour »)
- Détermination des limites de contrôle

Surveillance régulière :

- Une mesure de la référence (en début de journée), portée sur la carte de contrôle
- Si le processus de mesure est « sous contrôle », alors les mesures du jour sont validées.
- En cas contraire : ne pas utiliser le moyen de mesure tant qu'une action correctrice efficace n'a pas remis le système dans ses bons rails

25

Les différentes cartes de contrôle

Cartes de données individuelles quantitatives

Type de carte le plus simple pour commencer
 Bien adaptée dans le cas de petites séries ,
 ou dans les processus continus
 (variabilité intra-prélèvement = celle de la méthode de mesure)

Suivi de la tendance centrale

Carte des valeurs individuelles

Suivi de la dispersion

Carte de contrôle de l'écart-type mobile ou de l'étendue mobile

Détection des tendances

Cartes tenant compte du passé pour déceler les petites déviations, en particulier suivre un processus continu :

- Cartes à somme cumulée (**CUSUM**, Cumulative Sum)
- Carte à moyenne mobile avec pondération exponentielle (**EWMA**, Exponentially Weighted Moving Average)

26

Les différentes cartes de contrôle

Cartes de Shewhart

Bien adaptée aux processus non continus (production d'unités indépendantes)
 Chaque point est le résultat de la mesure d'un échantillon de plusieurs unités

Éléments suivis	Caractère quantitatif (mesure)	Caractère qualitatif (par attribut)
Tendance centrale	Carte de contrôle de : . la moyenne . la médiane	Cartes de contrôle : . du pourcentage de non-conformes . du nombre d'unités non-conformes . du nombre de non-conformités . du nombre moyen de non-conformités/unité . aux démerités
Dispersion	Carte de contrôle de : . l'écart-type . l'étendue	

27

Maîtrise globale du processus

Cartes multidimensionnelles

Le pilotage d'un processus conduit à suivre plusieurs indicateurs
 La pratique habituelle de MSP :
 . Surveiller le processus par le suivi de plusieurs cartes de contrôle, une par mesure.
 . Chaque carte de contrôle est alors interprétée indépendamment des autres

Cette pratique est peu efficace:

- Trop de fausses alertes qui peuvent entraîner des corrections intempestives
- Détection trop tardive de réelles anomalies

La prise en compte de manière globale de chacun des n indicateurs dans un espace à n dimension conduit à une **carte de contrôle multidimensionnelle** avec :

- Amélioration des capacités de détection d'anomalies
- Possibilité d'identifier les causes primaires de dysfonctionnement

Cartes de contrôle multidimensionnelles :

une invention de **Daniel LAFAYE de MICHEAUX**

www.gpc-system.fr/AnnCommun/doc/msp-m0998c.pdf

28

Pour en savoir plus

- **Le guide du PDCA de DEMING** - Progrès continu et management
Dominique THIBAUDON et André CHARDONNET - Édition Organisation
www.editions-organisation.com/php.management/Ouvrages/9782708128392.php3
- Appliquer la maîtrise statistique des procédés MSP/SPC (2002)
Maurice PILLET - Édition GEODIF
- Applications sur tableur, sur la MSP - **D. DURET**
<http://www.ogp-annecy.com/>
<http://www.ogp.univ-savoie.fr/>
- Les cartes de contrôle - Fichiers à télécharger :
Site de **Sylvain NICOLAS**
<http://sn1.chez-alice.fr/>
- La MSP - Cours de **Daniel GRAU** - IUT de Bayonne
www.iutbayonne.univ-pau.fr/%7egreeau/STID/intromsp.html
- Cartes de contrôle multidimensionnelle
Une invention de **Daniel LAFAYE de MICHEAUX**
www.gpc-system.fr/AnnCommun/doc/msp-m0998c.pdf