LES CARTES DE CONTROLE

1. But des cartes de contrôle

Dans un procédé, certains paramètres sont critiques.

La variation de ces paramètres peut affecter la qualité du produit.

Ces paramètres doivent donc être mesurés et maîtrisés

Les cartes de contrôle permettent de représenter graphiquement des mesures qui reflètent le comportement du procédé :

- prévention par mesures directes sur le procédé
- réaction en temps réel en cas de dérive
- utilisation des statistiques pour limiter le coût du contrôle
- indication de la performance d'un procédé (Cp, Cpk)

Les types de cartes de contrôle étudiés sont :

les cartes pour données variables
- carte de $\overline{x}$ et R
- carte de $\overline{x}$ et σ
- carte de $\overline{x}$ et MR (étendue mobile)

les cartes pour données attributs
- carte de pourcentage ou nombre de non conformités (type P ou NP)
- carte de nombre de défauts par unité(type U)
- carte de nombre de défauts par lot (type C)

Méthode :

Définition des données
- Choix des données et des caractéristiques
- Choix de la taille des échantillons (entre 4 et 20)
- Choix de la fréquence des relevés d'échantillons
- Choix du nombre d'échantillons (15 à 25)

Exploitation des données
- Collecte des données
- Calcul des limites de contrôle
- Tracer les données et les limites
- Interpréter les résultats
- Mener des actions correctives si nécessaire

2. Carte en $\overline{X}$ et en R

données

n = taille des échantillons
x = mesure de la variable surveillée (n mesures par échantillon)
on prélève k échantillons

caractéristiques

$\overline{x}$ = moyenne de l'échantillon
R = étendue de l'échantillon R = x max - xmin

μ_x = moyenne des k valeurs x
$\overline{R}$ = moyenne des k valeurs R

échelles des diagrammes

échelle en $\overline{x}$: indice = $(\overline{x}_{max} - \overline{x}_{min})/2$
l'échelle varie de $\overline{x}_{max}$ + indice à $\overline{x}_{min}$ - indice

échelle en R : l'échelle varie de 0 à R_{max} x 1,5

Limites de contrôle

limites en $\overline{x}$: limite supérieure : LSC = μ_x + (A2 . $\overline{R}$)
limite inférieure : LIC = μ_x - (A2 . R)

limites en R : limite supérieure : LSC = $\overline{R}$. D4
limite inférieure : LIC = R . D3

Tableau de paramètres

Voir tableau des paramètres en annexe

Exemple

On veut surveiller la profondeur d'une rainure de clavette

On choisit : n = 5 k = 15 on prélève un échantillon toutes les 4 heures

k	mesure 1	mesure 2	mesure 3	mesure 4	mesure 5	moyenne	étendue
1	3,53	3,55	3,53	3,53	3,52	3,532	0,03
2	3,59	3,58	3,53	3,56	3,55	3,562	0,06
3	3,53	3,56	3,53	3,54	3,56	3,544	0,03
4	3,50	3,56	3,56	3,56	3,53	3,542	0,06
5	3,49	3,57	3,58	3,57	3,54	3,550	0,09
6	3,51	3,57	3,55	3,51	3,52	3,532	0,06
7	3,58	3,57	3,59	3,57	3,54	3,570	0,05
8	3,56	3,58	3,53	3,57	3,58	3,564	0,05
9	3,51	3,56	3,59	3,57	3,55	3,556	0,08
10	3,51	3,55	3,54	3,52	3,56	3,536	0,05
11	3,55	3,57	3,55	3,57	3,54	3,556	0,03
12	3,53	3,55	3,54	3,54	3,48	3,528	0,07
13	3,49	3,55	3,58	3,55	3,50	3,534	0,09
14	3,52	3,54	3,52	3,56	3,50	3,528	0,06
15	3,53	3,61	3,60	3,55	3,54	3,566	0,08
						3,5467	**0,0593**

$\mu_x = 3,5467$ $\overline{R} = 0,0593$

$\overline{x}_{max} = 3,570$ $\overline{x}_{min} = 3,528$ indice = 0,021 $R_{max} = 0,09$

échelle des $\overline{x}$ de 3,507 à 3,592 (en pratique : de 3,500 à 3,600)

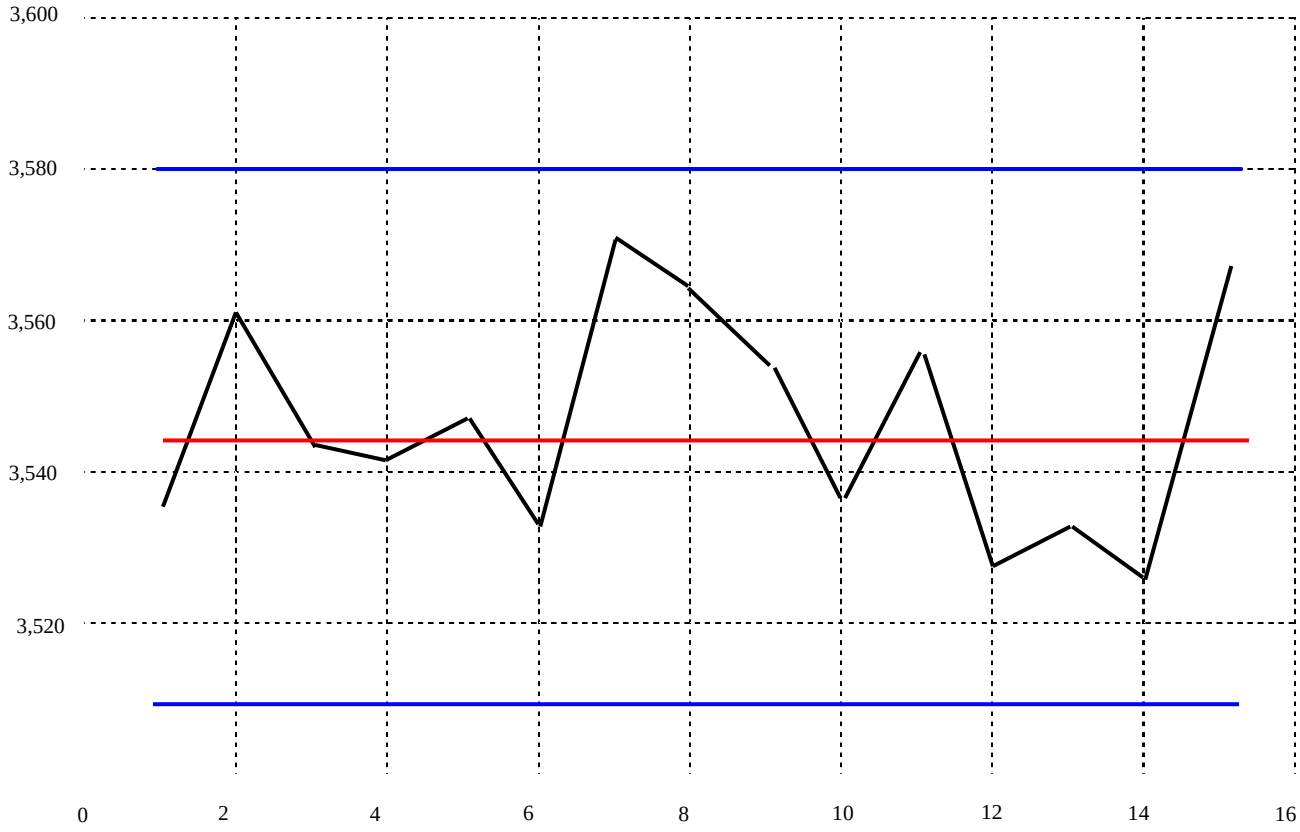
échelle des R de 0 à 0,135

pour n = 5 A2 = 0,58 D3 = 0 D4 = 2,11

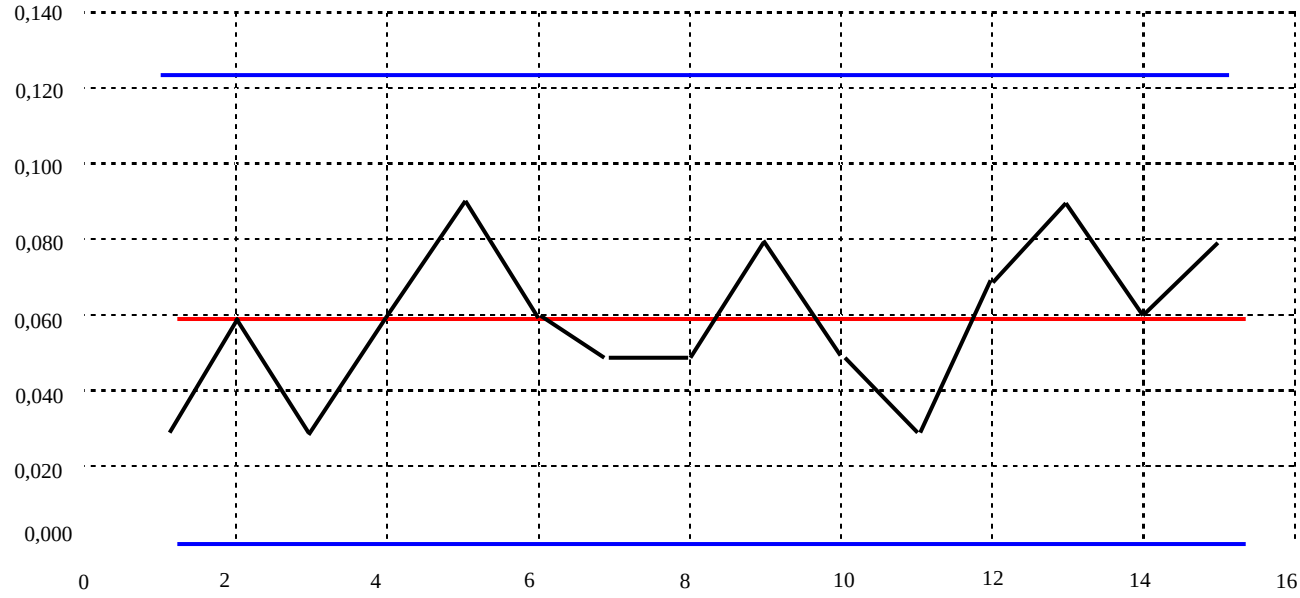
limite inférieure en $\overline{x}$: 3,512
limite supérieure en $\overline{x}$: 3,581

limite inférieure en R : 0
limite supérieure en R : 0,1251

Carte des moyennes



Carte des étendues



Exercice : Tracer les cartes de contrôle suivantes

n = 6 k = 20

k	$\overline{x}$	R		k	$\overline{x}$	R
1	203,1	4,2		11	204,0	2,5
2	205,2	6,1		12	204,5	5,0
3	204,1	5,4		13	203,8	2,4
4	204,4	0,9		14	203,7	3,0
5	203,8	4,8		15	203,6	2,5
6	205,5	2,3		16	201,0	4,1
7	204,5	3,2		17	201,1	3,8
8	202,8	1,9		18	204,8	6,6
9	203,9	7,5		19	205,5	5,0
10	205,5	4,2		20	204,4	4,6

A2 = D3 = D4 =

μ_x = $\overline{R}$ =

R_{max} = $\overline{x}_{min}$ = $\overline{x}_{max}$ =

indice =

échelle en $\overline{x}$: de à

échelle en R de 0 à

limite inférieure en $\overline{x}$

limite supérieure en $\overline{x}$

limite inférieure en R

limite supérieure en R

3. Carte en $\overline{X}$ et en S

On n'utilise pas ces cartes si l'effectif de l'échantillon est inférieur à 10

données

n = taille des échantillons
x = mesure de la variable surveillée (n mesures par échantillon)
on prélève k échantillons

caractéristiques

$\overline{x}$ = moyenne de l'échantillon
S = écart-type biaisé de l'échantillon

μ_x = moyenne des k valeurs $\overline{x}$
$\overline{S}$ = moyenne des k valeurs S

échelles des diagrammes

échelle en $\overline{x}$: indice = $(\overline{x}_{max} - \overline{x}_{min})/2$
l'échelle varie de $\overline{x}_{max}$ + indice à $\overline{x}_{min}$ - indice

échelle en R : l'échelle varie de 0 à S_{max} x 1,5

Limites de contrôle

limites en $\overline{x}$: limite supérieure : LSC = μ_x + (A3 . $\overline{S}$)
limite inférieure : LIC = μ_x - (A3 . S)

limites en R : limite supérieure : LSC = $\overline{S}$. B4
limite inférieure : LIC = $\overline{S}$. B3

Tableau de paramètres

Voir tableau des paramètres en annexe

4. Carte en $\overline{X}$ et en MR

MR est l'étendue mobile

Dans ce cas, la taille de l'échantillon est égal à 1 (une seule mesure)

L'étendue mobile MR est donc la différence entre deux relevés consécutifs.

$$MR = \left| X_{n+1} - X_n \right|$$

5. Cartes pour données attribut

Carte P : Proportion de défectueux

S'applique pour une taille n d'échantillon entre 50 et 100 avec 15 à 25 échantillons
La taille de chaque échantillon ne doit pas forcément être la même, mais on ne dépasse pas 25% d'écart entre les tailles.

p = nombre de défectueux dans l'échantillon/n

$\overline{n}$ = nombre moyen de pièce dans les échantillons

$\overline{p}$ = nombre total de défectueux/nombre total de pièces

limite de contrôle supérieure = $\overline{p} + 3\sqrt{\overline{p}(1 - \overline{p}) / \overline{n}}$

limite de contrôle inférieure = $\overline{p} - 3\sqrt{\overline{p}(1 - \overline{p}) / \overline{n}}$

Carte NP : nombre de défectueux

S'applique pour une taille n d'échantillon entre 50 et 100 avec 15 à 25 échantillons
La taille de chaque échantillon doit être la même pour tous.

np = nombre moyen de défectueux pour un échantillon

$\overline{p}$ = nombre total de défectueux/nombre total de pièces

limite de contrôle supérieure = $n\overline{p} + 3\sqrt{n\overline{p}(1 - \overline{p})}$

limite de contrôle inférieure = $n\overline{p} - 3\sqrt{n\overline{p}(1 - \overline{p})}$

La carte montre l'évolution de la quantité np

Carte c : nombre de non conformités

La taille n de l'échantillon est constante.

c = nombre de défauts dans un échantillon

$\overline{c}$ = total des défauts observés/nombre d'échantillons

limite de contrôle supérieure = $\overline{c} + 3\sqrt{\overline{c}}$

limite de contrôle inférieure = $\overline{c} - 3\sqrt{\overline{c}}$

Carte u : nombre de non conformités par unité de mesure

La taille n de l'échantillon peut être variable.

c = nombre de défauts dans un échantillon

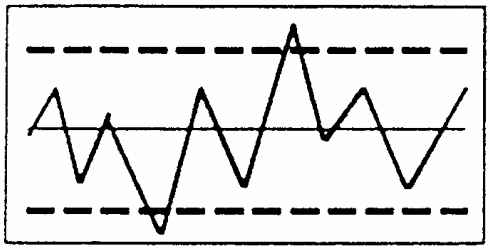
u = c/n pour chaque échantillon

$\overline{u}$ = total des défauts observés/nombre total de pièces

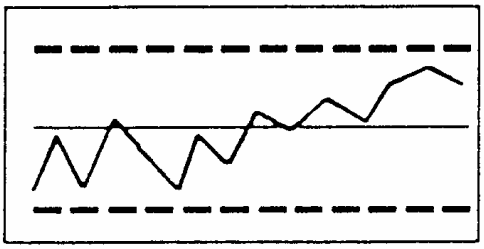
limite de contrôle supérieure = $\overline{u} + 3\sqrt{\overline{u} / \overline{n}}$

limite de contrôle inférieure = $\overline{u} - 3\sqrt{\overline{u} / \overline{n}}$

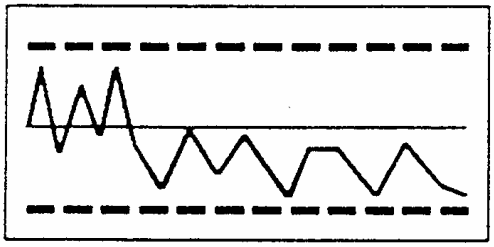
6. Interprétation des graphiques



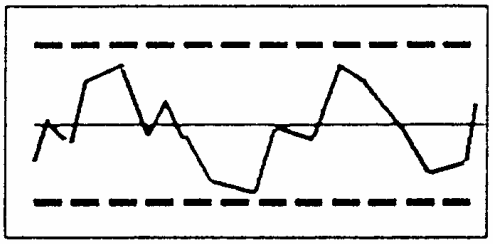
Certains points sont extérieurs aux limites
=> rebuts



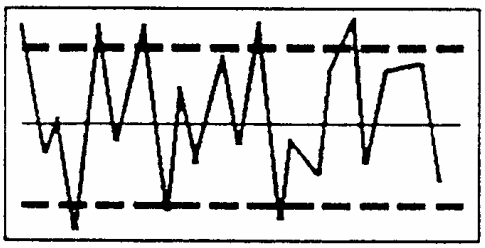
La courbe montre une tendance à la dérive



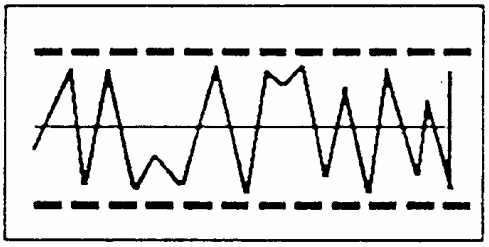
On constate un glissement : les réglages ont changé



La courbe montre l'existence d'un phénomène cyclique



Le procédé est instable et non maîtrisé



Le graphique montre l'existence d'un mélange de 2 populations de pièces

TABLEAU DES CONSTANTES SPC

POUR LES VARIABLES MESUREES

taille des échantillons	constantes de calcul de l'écart-type $\hat{\sigma}$			constantes de calcul des limites de contrôle						
				carte de la moyenne $\bar{x}$		carte de l'étendue R		carte de l'écart-type s		carte médiane
n	dn=d2	cn=C4	bn	A2	A3	D3	D4	B3	B4	A4
2	1.128	0,7979	0,564	1,880	2.659	-	3.267	-	3.267	1.880
3	1.693	0,8862	0.724	1,023	1.954	-	2.574	-	2.568	1.187
4	2.059	0,9213	0.798	0,729	1.628	-	2.282	-	2.266	0.796
5	2.326	0.9400	0.841	0.577	1.427	-	2.114	-	2.089	0.691
6	2.534	0,9515	0.869	0.483	1.287	-	2.004	0.030	1.970	0.548
7	2.704	0,9594	0.888	0.419	1.182	0.076	1.924	0.118	1.882	0.508
8	2.847	0,9650	0.903	0.373	1.099	0.136	1.864	0.185	1.815	0.433
9	2.970	0.9693	0.914	0.337	1.032	0.184	1.816	0.239	1.761	0.412
10	3.078	0,9727	0.923	0.308	0,975	0.223	1.777	0.284	1.716	0.362
11	3.173	0.9754	0.930	0,285	0,927	0.256	1.744	0.321	1,679	-
12	3.258	0,9776	0,936	0,266	0.886	0.283	1.717	0.354	1.646	-
13	-	0,9794	0.941	0,249	0.850	0.307	1.693	0.382	1.618	-
14	-	0.9810	0.945	0.235	0,817	0.328	1.672	0.406	1.594	-
15	-	0,9823	0.949	0.223	0.789	0.347	1.653	0.428	1.572	-
16	-	0,9835	0,952	0.212	0.763	0.363	1.637	0.448	1.552	-
17	-	0,9845	0,955	0.203	0.739	0.378	1,622	0.466	1.534	-
18	-	0,9854	0.958	0.194	0.718	0.391	1.608	0.482	1.518	-
19	-	0.9862	0.960	0.187	0.698	0.403	1.597	0.497	1.503	-
20	-	0.9869	0.962	0.180	0.680	0.415	1.585	0.510	1.490	-