S6.3-Les processus de contrôle: Contrôle en cours de production

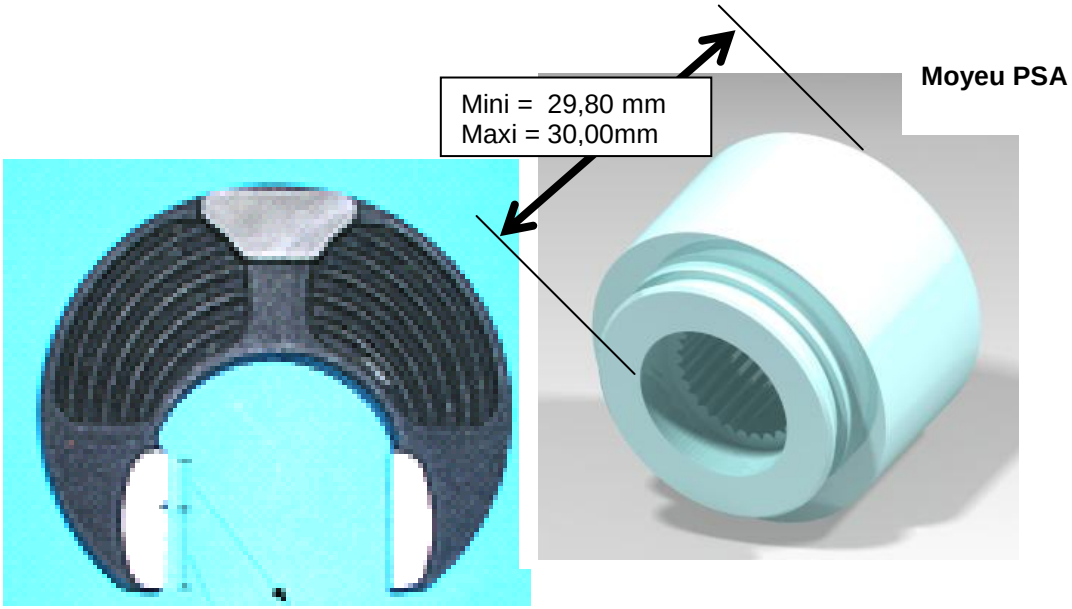
Introduction au contrôle statistique, EXEMPLE :

Il s'agit d'une production en milieu industriel de volants d'automobiles. Le volant est composé d'une armature métallique obtenue en mécano soudage, garni d'un revêtement plastique. L'armature est composée d'un moyeu central soudé à deux bras, eux même soudé au cercle du volant.

Problème : Contrôle d'une cote du moyeu en production. La cadence de production étant de 800 volants par jour.

Solution matérielle de contrôle : calibre mini maxi.

Remarques préliminaires : Le procédé génère une dispersion correspondant à l'intervalle de tolérance et le réglage de la machine est bien centré.



ETUDE 1 :

Ce calibre est réalisé sur mesure avec les conditions Suivantes :

Cote du coté « entre » : 29.98 ± 0.02

Cote du coté « n'entre pas » : 29.80 ± 0.02

ETUDE 2 :

Partant des mêmes principes de réalisation des calibres de contrôle, on souhaite réduire les risques tels que : $\alpha \leq 1\%$

Il s'agit donc de déterminer les intervalles de tolérances à imposer à la réalisation des calibres.

ETUDE 3 :

Dans le cas d'une production « grande série », le contrôle de la cote l'alésage suivante : Ø32 H9 est assurée par un calibre de contrôle mini-maxi, (dit tampon lisse).

Ø32 H9 a les valeurs limites suivantes : mini : 32,000 mm
Maxi : 32,062 mm

Dimension du calibre mini-maxi : coté entre : 32,002 ± 0,003
Coté n'entre pas : 32,060 ± 0,003

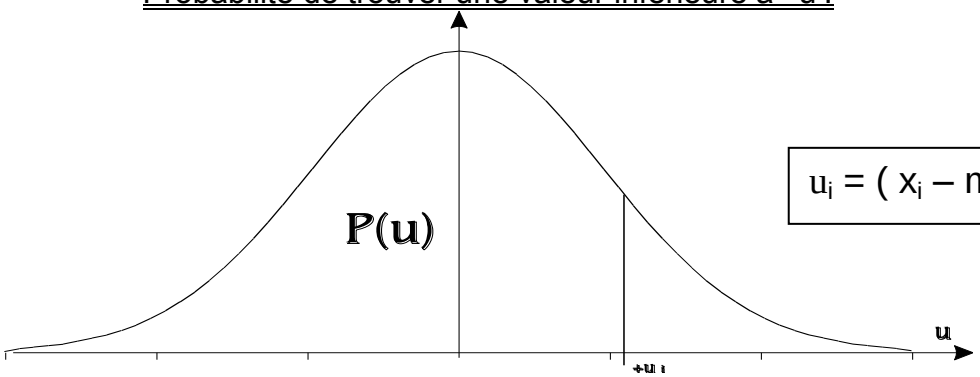
On relève pour le procédé employé à la réalisation des lots de pièces les indicateurs de capabilités suivants :

Cp = 1.19

Cpk = 0.97

FONCTION DE REPARTITION DE LA LOI NORMALE REDUITE

Probabilité de trouver une valeur inférieure à 'u'.



$u_i = (x_i - m) / s$

U	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8079	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8707	0.8728	0.8749	0.8769	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8868	0.8887	0.8906	0.8925	0.8943	0.8961	0.8979	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9146	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9278	0.9292	0.9305	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9648	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9924	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986

Table des grandes valeurs de (u).

u	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	4.0
P(u)	.9986	.9990	.9993	.9995	.9996	.9997	.9998	.9999	.99996

Les indicateurs de capabilité

AFNOR X06-030
Un processus sera déclaré "apte" s'il a démontré, pour les caractéristiques sélectionnées, qu'il était capable de produire pendant une période suffisamment longue, avec un taux théorique de non-conformités inférieur aux exigences internes à l'entreprise ou contractuelles

Capabilité : aptitude d'un procédé de production ou d'un moyen à respecter des spécifications.

Les indices:

- **Pp et Ppk** **(Process Performance).**
- **Cp et Cpk** **(Capability process).**
- **Cm et Cmk.** **(Capabilité machine)**

Les capabilités

$$\text{Indice (Pp, Cp, Cm)} = \frac{\text{Intervalle de tolérance (IT)}}{\text{Six fois l'écart type}}$$

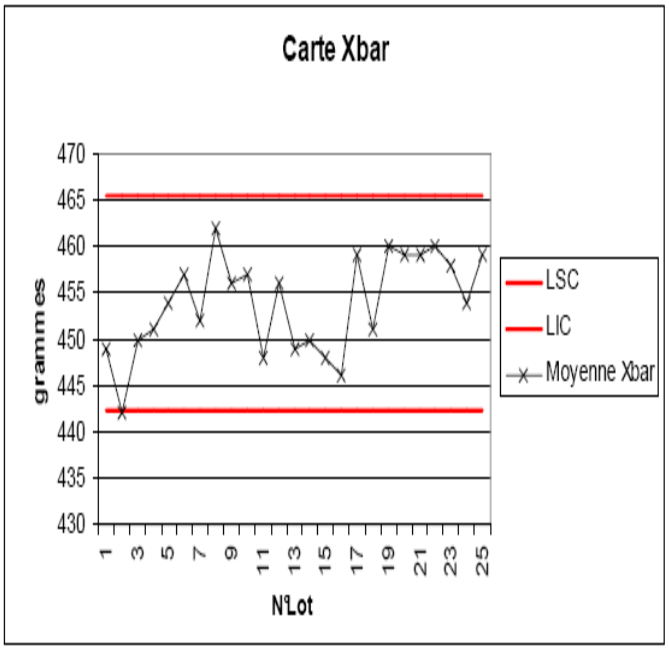
Les capabilités indice k

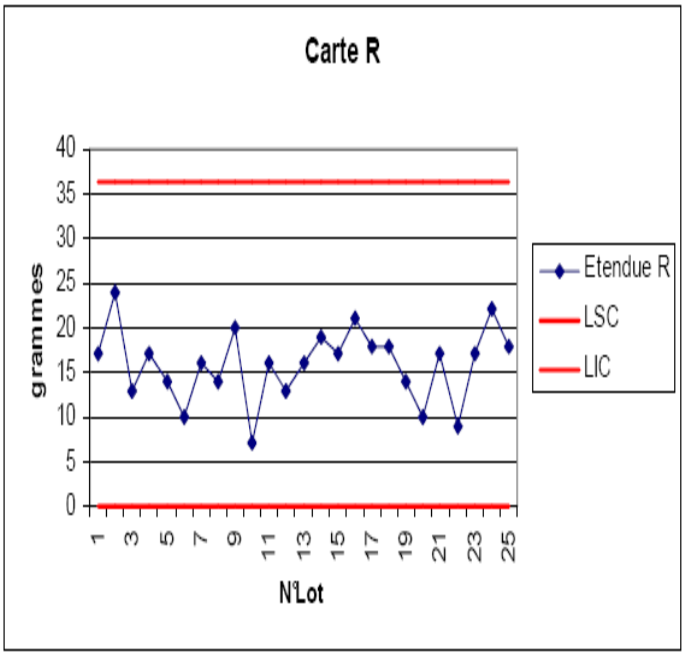
$$\text{Indice (Ppk, Cpk, Cmk)} = \begin{matrix} \text{Min (Ppki, Ppks)} \\ \text{Min (Cpki, Cpks)} \\ \text{Min (Cmki, Cmks)} \end{matrix}$$

Avec:

$$Cpki = \frac{m - Ti}{3 \times s} \qquad Cpks = \frac{Ts - m}{3 \times s}$$

Les cartes de contrôle: Moyennes et étendues:





Détermination des limites (NF X 06-031) :

LSC = Limite Supérieure de contrôle

LSS = Limite Supérieure de Surveillance

LIS = Limite Inférieure de surveillance

LIC = Limite inférieure de Contrôle

- Carte de contrôle de la moyenne :

	m et s connus	m et s inconnus	
		Ecart type s estimé à partir de la moyenne des étendus des échantillons	Ecart type s estimé à partir de la moyenne des écarts type des échantillons
LSC =	**m + Ac x s**	**Xbarbar + A'c x Rbar**	**Xbarbar + A''c x Rbar**
LSS =	**m + As x s**	**Xbarbar + A's x Rbar**	**Xbarbar + A''s x Rbar**
LIS =	**m - As x s**	**Xbarbar - A's x Rbar**	**Xbarbar - A''s x Rbar**
LIC =	**m - Ac x s**	**Xbarbar - A'c x Rbar**	**Xbarbar - A''c x Rbar**

- Carte de contrôle de l'étendue:

	m et s connus	m et s inconnus
		Ecart type s estimé à partir de la moyenne des étendus des échantillons
LSC =	**Dc2 x s**	**Dc'2 x s**
LSS =	**Ds2 x s**	**Ds'2 x s**
LIS =	**Ds1 x s**	**Ds'1 x s**
LIC =	**Dc1 x s**	**Dc'1 x s**

- Carte de contrôle de l'écart type :

	m et s connus		m et s inconnus
	n≥ 30	n<30	ecart type estimé à partir de la moyenne des écarts types
LSC =	**s + Ac x s**	**s x Bc2**	**sbar x B'c2**
LSS =	**s + As x s**	**s x Bs2**	**sbar x B's2**
LIS =	**s - As x s**	**s x Bs1**	**sbar x B's1**
LIC =	**s - Ac x s**	**s x Bc1**	**sbar x B'c1**

TABLEAUX DES CONSTANTES :

1)Ecart type connu :

	Contrôle de la moyenne		Contrôle de l'étendue				Contrôle de l'écart-type			
Effectifs	Ac	As	Dc1	Dc2	Ds1	Ds2	Bc1	Bc2	Bs1	Bs2
2	2,185	1,386	0,00	4,65	0,04	3,17	0,001	2,327	0,022	1,585
3	1,784	1,132	0,06	5,06	0,30	3,68	0,026	2,146	0,130	1,568
4	1,545	0,980	0,20	5,31	0,59	3,98	0,078	2,017	0,232	1,529
5	1,382	0,876	0,37	5,48	0,85	4,20	0,135	1,922	0,311	1,493
6	1,262	0,800	0,54	5,62	1,06	4,36	0,187	1,849	0,372	1,462
7	1,168	0,741	0,69	5,73	1,25	4,49	0,233	1,791	0,420	1,437
8	1,092	0,693	0,83	5,82	1,41	4,61	0,274	1,744	0,459	1,415
9	1,030	0,653	0,96	5,90	1,55	4,70	0,309	1,704	0,492	1,396
10	0,977	0,620	1,08	5,97	1,67	4,79	0,339	1,670	0,520	1,379

2)Ecart type estimé à partir de l'étendue R :

	Contrôle de la moyenne		Contrôle de l'étendue			
Effectifs	A'c	A's	D'c1	D'c2	D's1	D's2
2	1.937	1.229	0.00	4.12	0.04	2.81
3	1.054	0.668	0.04	2.99	0.18	2.17
4	0.750	0.476	0.10	2.58	0.29	1.93
5	0.594	0.377	0.16	2.36	0.37	1.81
6	0.498	0.316	0.21	2.22	0.42	1.72
7	0.432	0.274	0.26	2.12	0.46	1.66
8	0.384	0.244	0.29	2.04	0.50	1.62
9	0.347	0.220	0.32	1.99	0.52	1.58
10	0.317	0.202	0.35	1.94	0.54	1.56

3)Ecart type estimé à partir de la moyenne des écarts types

	Contrôle de la moyenne		Contrôle de l'écart-type			
Effectifs	A''c	A''s	B'c1	B'c2	B's1	B's2
2	3.874	2.457	0.002	4.126	0.039	2.810
3	2.464	1.564	0.036	2.964	0.180	2.166
4	1.936	1.228	0.098	2.528	0.291	1.916
5	1.643	1.042	0.161	2.285	0.370	1.775
6	1.452	0.921	0.215	2.128	0.428	1.682
7	1.315	0.834	0.262	2.017	0.473	1.618
8	1.209	0.767	0.303	1.931	0.508	1.567
9	1.127	0.714	0.338	1.864	0.538	1.527
10	1.059	0.672	0.367	1.809	0.563	1.494

4)Coefficient pour l'estimation de l'écart type :

Effectifs	dn
2	1.128
3	1.693
4	1.2059
5	2.326
6	2.534
7	2.704
8	2.847
9	2.97
10	3.078

Cartes de contrôles: Etude de cas 1

Mise sous contrôle de la réalisation d'une cote de diamètre d'un cylindre creux :

Diamètre 60H7 : mini = 60.000
maxi = 60.030

	Numéro des pièces d'échantillons						
Echantillons	1	2	3	4	5	Xbar	R
1	60.012	60.016	60.012	60.011	60.014	60.0130	
2	60.012	60.014	60.020	60.016	60.010	60.0144	
3	60.014	60.012	60.016	60.022	60.014	60.0156	
4	60.022	60.020	60.014	60.014	60.012	60.0164	
5	60.016	60.016	60.020	60.006	60.020	60.0156	
6	60.012	60.012	60.016	60.016	60.016	60.0144	
7	60.010	60.018	60.018	60.024	60.018	60.0176	
8	60.016	60.016	60.024	60.012	60.014	60.0164	
9	60.014	60.016	60.014	60.022	60.014	60.0160	
10	60.018	60.018	60.018	60.018	60.008	60.0160	

- **Déterminer :**

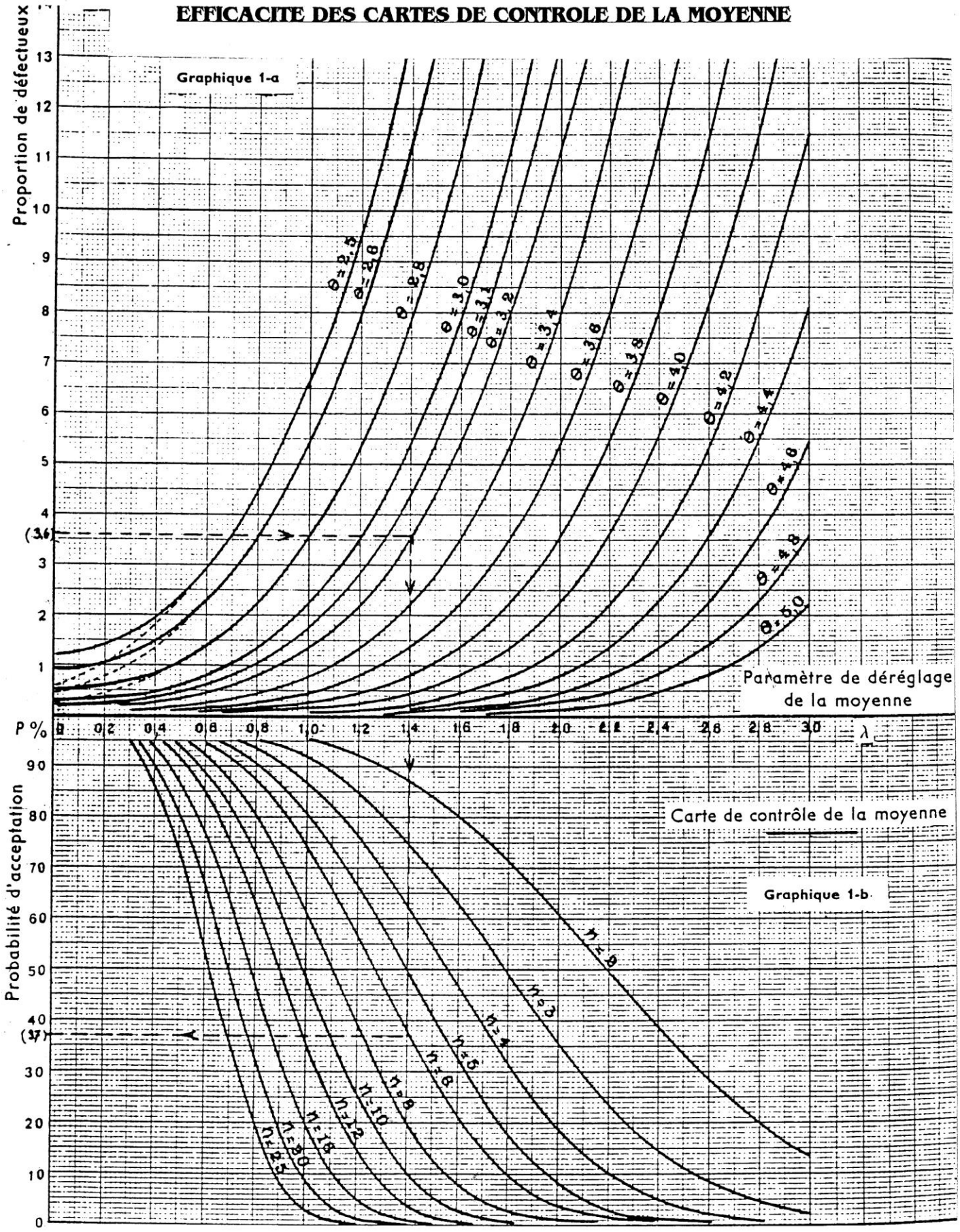
  X bar bar (moyenne des moyennes d'échantillons)
  R bar
  Sp
  Cp
  Cpks
  Cpki
  Cpk
  LSC
  LIC

(LSC et LIC : Limites pour la moyenne et l'étendue de la carte de contrôle provisoire.)

- **Etablir la carte de contrôle provisoire**
- **Reporter les résultats du tableau des relevés sur la carte**
- **Analyser la forme du graphique obtenu et interpréter.**

La cadence de production est de 225 pièces par heure
On souhaite produire au plus 1 pièce défectueuse avant détection avec une probabilité de détection de 70%, on maintien un effectif d'échantillon n=5

- **Déterminer la période de contrôle T**


EFFICACITE DES CARTES DE CONTROLE DE LA MOYENNE
Graphique 1-a
Proportion de défectueux
Paramètre de déréglage de la moyenne
P %
λ
Probabilité d'acceptation
Carte de contrôle de la moyenne
Graphique 1-b

S6.3-Les processus de contrôle: Contrôle en cours de production

1 : Efficacité des cartes de contrôles :

Exemple 1 :
Soit une cote à surveiller dont l'intervalle de tolérance : IT = 0.6 mm d'écart type S=0.1mm

- Quelle est la valeur du déréglage de la moyenne qui engendre une proportion de défectueux de 2%
- Quel est l'effectif d'échantillon qui correspond à une probabilité d'acceptation de 50%
- Quelle est la probabilité d'acceptation pour un effectif d'échantillon n=4

Exemple 2 :
Soit une cote à surveiller dont l'intervalle de tolérance : IT = 0.2 mm d'écart type S=0.025mm
On souhaite une probabilité d'acceptation P% qui soit inférieure à 5% lorsque la production se met à générer une proportion de défectueux supérieure à 1%.

- Déterminer l'effectif d'échantillon.

Exemple 3 :
Soit une cote à surveiller dont l'intervalle de tolérance : IT = 1 mm d'écart type S=0.161mm

- Quelle est la proportion de défectueux dans le cas d'un effectif d'échantillon n=5 avec une chance sur deux de détecter un déréglage.

2 : Etude de cas :

Mise en place d'une carte de contrôle pour la cote d'alésage suivante :12H8 : mini = 12.000 et maxi = 12.027.
La cadence de production est de 145 pièces/heure avec une capabilité procédé : Cp=1.07 et un écart type S=0.0042

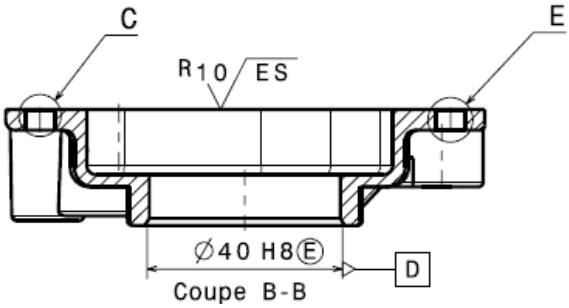
- Déterminer les paramètres de mise en place de la carte de contrôle de la moyenne et de l'étendue puis tracer la carte pour les dix prélèvements ci-dessous.
- Conditions : Il faut moins de 4 pièces défectueuses produites avant détection avec une probabilité de détection de 80%.

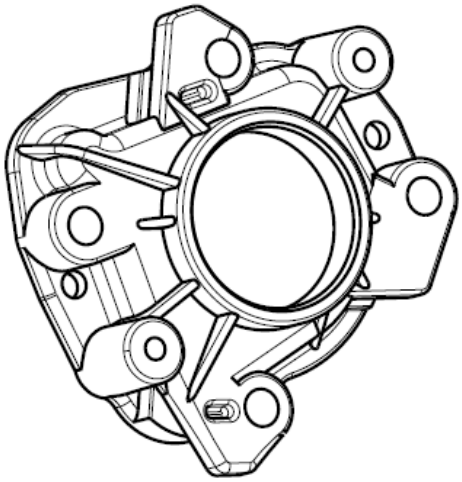
	Numéro des pièces d'échantillons						
Echantillons	1	2	3	4	5	Xbar	R
1	12.012	12.016	12.012	12.010	12.014	12.013	0.006
2	12.012	12.014	12.020	12.016	12.010	12.014	0.010
3	12.014	12.012	12.016	12.022	12.014	12.016	0.010
4	12.022	12.020	12.014	12.014	12.012	12.016	0.010
5	12.016	12.016	12.020	12.006	12.020	12.016	0.014
6	12.012	12.012	12.016	12.016	12.016	12.014	0.004
7	12.010	12.018	12.018	12.024	12.018	12.018	0.014
8	12.016	12.016	12.024	12.012	12.014	12.016	0.012
9	12.014	12.016	12.014	12.022	12.014	12.016	0.008
10	12.018	12.018	12.018	12.018	12.008	12.016	0.010

Xbarbar = 12.016
Rbar = 0.010

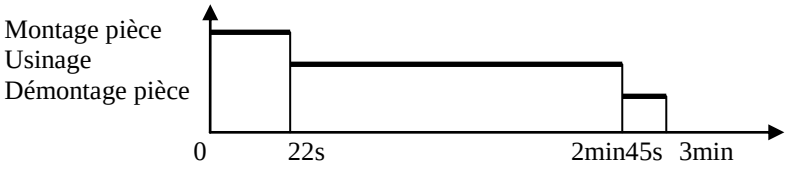
Cartes de contrôles: Etude de cas 2

Détermination des paramètres de mise en place de la carte de contrôle de type SHEWART (moyenne-étendue) pour un poste de production d'une entreprise de sous traitance de pièces de moteurs (corps intermédiaire : CAI).
Cote à surveiller : ∅ 40 H8
Mini = 40.000 mm
Maxi = 40.039 mm





Pour une pièce, la production se décompose de la manière suivante :



Taux horaire machine : 56€/h
20secondes sont nécessaires pour effectuer la mesure d'une pièce
La machine est réglée et stabilisée pour une dimension moyenne obtenue = 40.017mm avec un Cpk = 1.1
L'entreprise ne souhaite pas perdre plus de 10 Euros en coût de production de pièces non-conformes avant détection, avec une probabilité de détection supérieure à 90%

LSC Xbar =
LIC Xbar =
LSC Rbar=
LIC Rbar=
n=
T=

CARTE DE CONTRÔLE DE PROCEDE $\overline{X}$ et R				N° de carte:	NF X 06-031	
Opérateur:	Date:	Désignation pièce:	Spécification:	Fréquence d'échantillonnage:	Opération:	Machine:
Pièce du n° au n°						

$\overline{X}$

R

Taille	A'c	D3	D'c2	dn
2	1,937	0	4,12	1,128
3	1,054	0	2,99	1,693
4	0,75	0	2,58	2,059
5	0,594	0	2,36	2,326

Récapitulatif des résultats:
$\overline{\overline{X}}$ =
$\overline{R}$ =

Indice de capabilité procédé:
Sp =
Cp =
Cpks=
Cpki =

Limites de contrôle:
LSC$\overline{X}$ =
LIC$\overline{X}$ =
LSCR =