

Mitutoyo

MANUEL DE RÉFÉRENCE POUR LA MESURE ET LE CONTRÔLE QUALITÉ

Équivalences

Conversions

Formules

Terminologies et définitions

Mesures comparatives de la dureté

Symboles de tolérances géométriques

Géométrie des surfaces

Formules et cartes de contrôle SPC

UNE LARGE GAMME DE PRODUITS COUVRANT TOUS LES CHAMPS D'APPLICATION



1 Nos outils SPC peuvent être reliés à une large gamme d'instruments Digimatic. Leurs unités de traitement sont dotées de fonctions complètes pour l'analyse statistique et la sortie des résultats.



2 Premier fabricant de micromètres au monde, Mitutoyo offre une large gamme répondant à tous les besoins. Les micromètres Digimatic permettent le transfert des données de mesure vers une unité de traitement SPC.



3 Notre gamme de pieds à coulisse comporte une grande variété de modèles à montre, à vernier et Digimatic, de différentes dimensions, pour tous types d'applications. Les modèles Digimatic permettent également le transfert des données de mesure vers une unité de traitement SPC.



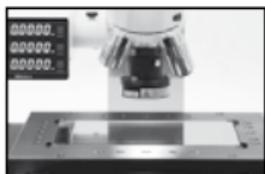
4 Notre gamme de trusquins comporte une grande variété de modèles à vernier ou Digimatic répondant à tous les besoins. Les colonnes de mesure offrent des fonctionnalités complètes pour les mesures bi-dimensionnelles.



5 Une large gamme de comparateurs à palpeur à mouvement axial ou à levier (palpeur orientable), comprenant des modèles Digimatic pour le transfert des données vers une unité de traitement SPC.



6 Les techniques les plus variées (mesure laser, mesure de profils, mesure de surface) en métrologie dimensionnelle de précision, pour une utilisation en atelier ou en salle blanche, avec toujours la possibilité d'exporter les données de mesure vers une unité de traitement SPC.



7 Les projecteurs de profils et microscopes de mesure assurent un contrôle visuel des pièces très aisé. Les projecteurs de profils peuvent en outre être connectés au système informatique de mesure 2D ainsi qu'à un contrôle statistique en cours de fabrication (SPC).



8 Nos testeurs de dureté de haute qualité permettent de mesurer les duretés Rockwell, Vickers et Micro-Vickers. Cette gamme d'instruments est complétée par un large éventail d'accessoires spécifiques.



9 Premier constructeur de machines à mesurer tridimensionnelles (MMT), Mitutoyo propose un large choix de modèles, depuis les MMT à commande manuelle offrant un excellent rapport qualité/prix, aux machines à commande numérique les plus sophistiquées équipées des logiciels les plus performants.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	P.2
FORMULES UTILES	P.4
CONVERSIONS (SYSTEME IMPÉRIAL / MÉTRIQUE)	P.4
TABLEAU DE CONVERSION	P.5
TABLEAU DES AJUSTEMENTS	P.6
TERMINOLOGIES ET DÉFINITIONS	P.8
SIGNES ET SYMBOLES MATHÉMATIQUES	P.8
MESURES COMPARATIVES DE LA DURETÉ	P.9
ILLUSTRATION SUR LA NOTION DE MICRON	P.13
SYMBOLES DE TOLÉRANCES GÉOMÉTRIQUES	P.14
CARACTÉRISTIQUES	P.15
FORMULES RELATIVES AU TRIANGLE QUELCONQUE	P.19
FORMULES RELATIVES AU TRIANGLE RECTANGLE	P.20
CALCULS DES SURFACES	P.20
LES PARAMÈTRES D'ÉTATS DE SURFACE	P.21
FORMULES DES CALCULS STATISTIQUES	P.24
CARTES DE CONTRÔLES – FORMULES	P.25
TABLE D'UTILISATION DES CARTES DE CONTRÔLE	P.26
DIAGRAMME DE DISTRIBUTION SUIVANT LA LOI NORMALE	P.27
CARTE DE CÔNTROLE PROCÉDÉ \bar{X} ET R	P.28
INTERPRÉTATION DES HISTOGRAMMES	P.30
CALCULS GÉOMÉTRIQUES	P.32
EQUIVALENCES DES DÉCIMALES	P.33
RACCORDS A CÔNES MORSE	P.36
DÉTERMINATION DES COORDONNÉES DE PERCAGE D'ALÉSAGES ÉQUIDISTANTS SELON UN CERCLE	P.37

Le plus grand soin a été porté pour garantir l'exactitude et la précision des informations contenues dans ce document. Mitutoyo ne pourra en aucun cas être tenu responsable des erreurs éventuelles qui subsisteraient dans le texte.

INTRODUCTION

De la fourniture d'équipements au support technique, en passant par la sous-traitance, Mitutoyo met tout son savoir-faire, et son expérience dans la métrologie dimensionnelle de précision, au service de ses clients.

L'importance que nous accordons au développement de nouveaux produits et à la maîtrise des nouvelles technologies est concrétisée par les investissements que nous effectuons en Europe et dans le monde entier.

Nous vous proposons aujourd'hui de nombreux services complémentaires : formations, assistance sur site, fourniture de pièces détachées et accessoires, opérations de maintenance et de dépannage, développement informatique personnalisés et contrats de services spécifiques.

Pour recevoir le catalogue général de nos produits et services :

www.mitutoyo.fr

SIÈGE SOCIAL DE ROISSY



FORMULES UTILES

		métrique	impérial
tr/min (RPM)	= tours par minute	-	-
av/tr	= avance par tour	mm	pouce
Ø	= diamètre	mm	pouce
S	= vitesse surfacique (par minute)	m	pied
av/min	= avance par minute	mm	pouce
PC	= profondeur de coupe	mm	pouce
T	= temps d'usinage	-	-

Données connues	Valeur à déterminer	Métrique	Impérial
diamètre	vitesse surfacique	$\frac{S \times 1000}{\text{Ø} \times 3,142}$	$\frac{S \times 12}{\text{Ø} \times 3,142}$
diamètre	tours/minute	$\frac{\text{tr/min} \times \text{Ø} \times 3,142}{1000}$	$\frac{\text{tr/min} \times \text{Ø} \times 3,142}{12}$
diamètre	vitesse surfacique	$\frac{\text{av/min} \times \text{Ø} \times 3,142}{S \times 1000}$	$\frac{\text{av/min} \times \text{Ø} \times 3,142}{S \times 12}$
tours/minute	avance/minute	$\frac{\text{av/min}}{\text{tr/min}}$	$\frac{\text{av/min}}{\text{tr/min}}$
avance/tour	tours/minute	tr/min x av/tr	tr/min x av/tr
profondeur de coupe	avance/minute	$\frac{\text{pc}}{\text{av/min}}$	$\frac{\text{pc}}{\text{av/min}}$

CONVERSIONS (système impérial/métrique)

Longueur

1 cm = 0,3937 pouces

1 m = 3,2808 pieds

1 km = 0,6214 miles

1 pouce = 25,4 mm

1 pied = 0,3048 m

1 mile = 1,6093 km

Poids

1 g = 0,0353 onces

1 kg = 2,2046 livres

1 tonne = 0,9842 tonnes

1 once = 28,35 g

1 livre = 0,4536 kg

1 tonne = 1,016 tonnes

Surface

1 m² = 1,196 yard²

1 hectare = 2,471 acres

1 pouce² = 645,2 mm²

1 yard² = 0,8361 m²

1 acre = 0,4047 hectares

1 mile = 259 hectares

TABLEAU DE CONVERSION

Des mesures impériales en mesures métriques		Des mesures métriques en mesures impériales
pouces (in)	x 25,4 = millimètres (mm)	mm x 0,04 = in
pieds (ft)	x 0,3 = mètres (m)	m x 3,3 = ft
yards (yds)	x 0,9 = mètres (m)	m x 1,1 = yds
miles (mi)	x 1,6 = kilomètres (km)	km x 0,6 = mi
pouces carré (in ²)	x 6,5 = centimètres carré (cm ²)	cm ² x 0,16 = in ²
pieds carré (ft ²)	x 0,09 = mètres carré (m ²)	m ² x 11,00 = ft ²
yards carré (yd ²)	x 0,8 = mètres carré (m ²)	m ² x 1,2 = yd ²
acres (a)	x 0,4 = hectares (ha)	ha x 2,5 = a
pouces cube (in ³)	x 16,0 = centimètres cube (cm ³)	cm ³ x 0,06 = in ³
pieds cube (ft ³)	x 0,03 = mètres cube (m ³)	m ³ x 35,0 = ft ³
yards cube (yd ³)	x 0,8 = mètres cube (m ³)	m ³ x 1,3 = yd ³
quarts (qt)	x 0,9 = litres (l)	l x 1,05 = qt
gallons (gal)	x 0,004 = mètres cube (m ³)	m ³ x 264,2 = gal
onces (oz)	x 28,3 = grammes (g)	g x 0,035 = oz
livres (lb)	x 0,45 = kilogrammes (kg)	kg x 2,20 = lb
chevaux vapeurs (h.p.) . . .	x 0,75 = kilowatts (kW)	kW x 1,34 = h.p.
pieds par seconde (ft/s) . . .	x 0,304 = mètres par seconde (m/s)	m/s x 3,280 = ft/s
onces-force (ozf)	x 0,278 = newtons (N)	N x 3,597 = ozf
livres-force (lbf)	x 4,448 = newtons (N)	N x 0,224 = lbf
pieds-livre (ft.lb)	x 1,355 = newton-mètres (Nm)	N.m x 0,737 = ft.lb
pieds-livre (ft.lb)	x 1,355 = joules (J)	J x 0,737 = ft.lb
pouces-force (in.lb)	x 0,112 = newton-mètres (Nm)	N.m x 8,850 = in.lb
livres par pied (lb/ft)	x 14,593 = newton par mètre (N/m)	N.m x 0,068 = lb/ft
cycles par seconde (cps) . .	x 1,0 = hertz (Hz)	Hz x 1,0 = cps
Unité thermique brit. (Btu) .	x 1055,06 = joules (J)	J x 0,00094 = Btu
degrés Fahrenheit (°F) . . .	x 5/9 - 32 = degrés Celsius (°C)	°C x 9/5 + 32 = °F

Nota :

La formule indiquée pour la conversion des pouces en millimètres est exacte. En revanche, le coefficient de conversion des millimètres en pouces est arrondi (mm x 0,039370).

Lors de toute conversion, il convient d'arrondir les résultats en fonction de la précision désirée.

			Arbres*	H 6	H 7	H 8	H 9	H 11					
Pièces mobiles l'une par rapport à l'autre	Pièces dont le fonctionnement nécessite un grand jeu (dilatation, mauvais alignement, portées très longues, etc.)		c				9	11					
			d				9	11					
	Cas ordinaire des pièces tournant ou glissant dans une bague ou palier (bon graissage assuré)		e		7	8	9						
			f	6	6-7	7							
Pièces avec guidage précis mouvements de faible amplitude		g	5	6									
Pièces immobiles l'une par rapport à l'autre	Démontage et remontage possible sans détérioration des pièces	L'assemblage ne peut pas transmettre d'effort	Mise en place possible à la main	h	5	6	7	8					
			Mise en place au maillet	js	5	6							
		L'assemblage peut transmettre des efforts	Mise en place à la presse	k	5								
			Mise en place à la presse ou par dilatation (vérifier que les contraintes imposées au métal ne dépassent pas la limite élastique)	m		6							
	Démontage impossible sans détérioration des pièces	L'assemblage peut transmettre des efforts	Mise en place à la presse	p		6							
			Mise en place à la presse ou par dilatation (vérifier que les contraintes imposées au métal ne dépassent pas la limite élastique)	s			7						
				u			7						
				x			7						
PRINCIPAUX ÉCARTS EN MICROMÈTRES			Température de référence : 20 °C										
Alésage	≤ 3	3 à 6	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500
D 1	+60 +20	+78 +30	+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80	+220 +100	+260 +120	+305 +145	+355 +170	+400 +190	+440 +210	+480 +230
F 7	+16 +6	+22 +10	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 +30	+71 +36	+83 +43	+96 +50	+108 +56	+119 +62	+131 +68
G 6	+8 +2	+12 +4	+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9	+25 +10	+34 +12	+39 +14	+44 +15	+49 +17	+54 +18	+60 +20
H 6	+6 0	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0	+22 0	+25 0	+29 0	+32 0	+36 0	+40 0
H 7	+10 0	+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0	+35 0	+40 0	+46 0	+52 0	+57 0	+63 0
H 8	+14 0	+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0	+72 0	+81 0	+89 0	+97 0
H 9	+25 0	+30 0	+36 0	+43 0	+52 0	+62 0	+74 0	+87 0	+100 0	+115 0	+130 0	+140 0	+155 0
H 10	+40 0	+48 0	+58 0	+70 0	+84 0	+100 0	+120 0	+140 0	+160 0	+185 0	+210 0	+230 0	+250 0
H 11	+60 0	+75 0	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+210 0	+250 0	+290 0	+320 0	+360 0	+400 0
H 12	+100 0	+120 0	+150 0	+180 0	+210 0	+250 0	+300 0	+350 0	+400 0	+460 0	+520 0	+570 0	+630 0
H 13	+140 0	+180 0	+220 0	+270 0	+330 0	+390 0	+460 0	+540 0	+630 0	+720 0	+810 0	+890 0	+970 0
J 7	+4 -6	+6 -6	+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11	+18 -12	+22 -13	+26 -14	+30 -16	+36 -16	+39 -18	+43 -20
K 6	0 -6	+2 -6	+2 -7	+2 -9	+2 -11	+3 -13	+4 -15	+4 -18	+4 -21	+5 -24	+5 -27	+7 -29	+8 -32
K 7	0 -10	+3 -9	+5 -10	+6 -12	+6 -15	+7 -18	+9 -21	+10 -25	+12 -28	+13 -33	+16 -36	+17 -40	+18 -45
M 7	-2 -12	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57	0 -63
N 7	-4 -14	-4 -16	-4 -19	-5 -23	-7 -28	-8 -33	-9 -39	-10 -45	-12 -52	-14 -60	-14 -66	-16 -73	-17 -80
N 9	-4 -29	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	0 -100	0 -115	0 -130	0 -140	0 -155
P 6	-6 -12	-9 -17	-12 -21	-15 -26	-18 -31	-21 -37	-26 -45	-30 -52	-36 -61	-41 -70	-47 -79	-51 -87	-55 -95
P 7	-6 -16	-8 -20	-9 -24	-11 -29	-14 -35	-17 -42	-21 -51	-24 -59	-28 -68	-33 -79	-36 -88	-41 -98	-45 -108
P 9	-9 -31	-12 -42	-15 -51	-18 -61	-22 -74	-26 -88	-32 -106	-37 -124	-43 -143	-50 -165	-56 -186	-62 -202	-68 -223

Arbres	≤ 3	3 à 6	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500	
a 11	-270 -330	-270 -345	-280 -370	-290 -400	-300 -430	-320 -470	-360 -530	-410 -600	-580 -710	-820 -950	-1050 -1240	-1350 -1560	-1650 -1900	
c 11	-60 -120	-70 -145	-80 -170	-95 -205	-110 -240	-130 -280	-150 -330	-180 -390	-230 -450	-280 -530	-330 -620	-400 -720	-480 -840	
d 9	-20 -45	-30 -60	-40 -75	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -207	-145 -245	-170 -285	-190 -320	-210 -350	-230 -385	
d 10	-20 -60	-30 -78	-40 -98	-50 -120	-65 -149	-80 -180	-100 -220	-120 -250	-145 -305	-170 -355	-190 -400	-210 -440	-230 -480	
d 11	-20 -80	-30 -105	-40 -130	-50 -160	-65 -195	-80 -240	-100 -290	-120 -340	-145 -395	-170 -460	-190 -510	-210 -570	-230 -630	
e 7	-14 -24	-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-72 -107	-85 -125	-100 -146	-110 -162	-125 -182	-135 -198	
e 8	-14 -24	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126	-85 -148	-100 -172	-110 -191	-125 -214	-135 -232	
e 9	-14 -39	-20 -50	-25 -61	-32 -75	-40 -92	-50 -112	-60 -134	-72 -159	-85 -185	-100 -215	-110 -240	-125 -265	-135 -290	
f 6	-6 -12	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-36 -58	-43 -68	-50 -79	-56 -88	-62 -98	-68 -108	
f 7	-6 -16	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83	-50 -96	-56 -106	-62 -119	-68 -131	
f 8	-6 -20	-10 -28	-13 -35	-16 -43	-20 -53	-25 -64	-30 -76	-36 -90	-43 -106	-50 -122	-56 -137	-62 -151	-68 -165	
g 5	-2 -6	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-12 -27	-14 -32	-15 -35	-17 -40	-18 -43	-20 -47	
g 6	-2 -8	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -39	-15 -44	-17 -49	-18 -54	-20 -60	
h 5	0 -4	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	0 -23	0 -25	0 -27	
h 6	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -29	0 -32	0 -36	0 -40	
h 7	0 -10	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57	0 -63	
h 8	0 -14	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39	0 -46	0 -54	0 -63	0 -72	0 -81	0 -89	0 -97	
h 9	0 -25	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	0 -100	0 -115	0 -130	0 -140	0 -155	
h 10	0 -40	0 -48	0 -58	0 -70	0 -84	0 -100	0 -120	0 -140	0 -160	0 -185	0 -210	0 -230	0 -250	
h 11	0 -60	0 -75	0 -90	0 -110	0 -130	0 -160	0 -190	0 -220	0 -250	0 -290	0 -320	0 -360	0 -400	
h 13	0 -140	0 -180	0 -220	0 -270	0 -330	0 -390	0 -460	0 -540	0 -630	0 -720	0 -810	0 -890	0 -970	
j 6	4 -2	6 -2	7 -2	8 -3	9 -4	11 -5	12 -7	13 -9	14 -11	16 -13	16 -16	18 -18	20 -20	
js 5	+/-2	+/-2,5	+/-3	+/-4	+/-4,5	+/-5,5	+/-6,5	+/-7,5	+/-9	+/-10	+/-11,5	+/-12,5	+/-13,5	
js 6	+/-3	+/-4	+/-4,5	+/-5,5	+/-6,5	+/-8	+/-9,5	+/-11	+/-12,5	+/-14,5	+/-16	+/-18	+/-20	
js 9	+/-12	+/-15	+/-18	+/-21	+/-26	+/-31	+/-37	+/-43	+/-50	+/-57	+/-65	+/-70	+/-77	
js 11	+/-30	+/-37	+/-45	+/-55	+/-65	+/-80	+/-95	+/-110	+/-125	+/-145	+/-160	+/-180	+/-200	
k 5	+4 0	+6 +1	+7 +1	+9 +1	+10 +2	+15 +2	+16 +2	+13 +2	+15 +3	+18 +3	+21 +4	+24 +4	+27 +4	+32 +5
k 6	+6 0	+9 +1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+25 +3	+28 +3	+33 +4	+36 +4	+40 +4	+45 +5	
m 5	+6 +2	+9 +4	+12 +6	+15 +7	+17 +8	+20 +9	+24 +11	+28 +13	+33 +15	+37 +17	+43 +20	+46 +21	+50 +23	
m 6	+8 +2	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+35 +13	+40 +15	+46 +17	+52 +20	+57 +21	+63 +23	
n 6	+10 +4	+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17	+39 +20	+45 +23	+52 +27	+60 +31	+66 +34	+73 +37	+80 +40	
p 6	+12 +6	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+59 +37	+68 +43	+79 +50	+88 +56	+98 +62	+108 +68	

JS = +/- IT/2

* Utiliser de préférence les qualités teintées

TERMINOLOGIES ET DÉFINITIONS

Mesure	Unité	Symbole	Définition
Fréquence	Hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
Force	Newton	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$
Pression	Pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
Energie	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$
Puissance	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/S}$
Quantité d'électricité	Coulomb	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ As}$
Potentiel électrique	Tension	Volt	$V \quad 1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
Capacité électrique	Farad	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
Résistance	Ohm	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
Conductance	Siemens	S	$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$
Inductance	Henry	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}^2$
Flux lumineux	Lumen	lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd sr}$
Eclairage (lumineux)	lux	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$

SIGNES ET SYMBOLES MATHÉMATIQUES

+	plus ou positif	\geq	supérieur ou égal à
-	moins ou négatif	\leq	inférieur ou égal à
\pm	plus ou moins, positif ou négatif	$\sqrt{\quad}$	racine carrée
\times	multiplié par	∞	infini
\div	divisé par	\propto	proportionnel à
=	égal à	Σ	somme de
\equiv	congru à	\prod	produit de
\neq	différent de	Δ	différence
\ncong	non congru à	\angle	angle
\approx	approximativement égal à	//	parallèle à
\sim	de l'ordre de, similaire à	\perp	perpendiculaire à
$>$	(strictement) supérieur à		
$<$	(strictement) inférieur à		
\nlessgtr	pas supérieur à		
\nlessgtr	pas inférieur à		

MESURES COMPARATIVES DE LA DURETÉ

Dureté Vickers	Dureté Rockwell						Dureté Brinell	Résistance à la traction
	A	C	D	15N	30N	45N		
HV/10	60 Kgf Diamant	150 Kgf Diamant	100 Kgf Diamant	15 Kgf Diamant	30 Kgf Diamant	45 Kgf Diamant	3000 Kgf	N/mm ²
240	60,7	20,3	40,3	69,6	41,7	19,9	228	770
245	61,2	21,3	41,1	70,1	42,5	21,1	233	785
250	61,6	22,2	41,7	70,6	43,4	22,2	238	800
255	62,0	23,1	42,2	71,1	44,2	23,2	242	820
260	62,4	24,0	43,1	71,6	45,0	24,3	247	835
265	62,7	24,8	43,7	72,1	45,7	25,2	252	850
270	63,1	25,6	44,3	72,6	46,4	26,2	257	865
275	63,5	26,4	44,9	73,0	47,2	27,1	261	880
280	63,8	27,1	45,3	73,4	47,8	27,9	266	900
285	64,2	27,8	46,0	73,8	48,4	28,7	271	915
290	64,5	28,5	46,5	74,2	49,0	29,5	276	930
295	64,8	29,2	47,1	74,6	49,7	30,4	280	950
300	65,2	29,8	47,5	74,9	50,2	31,1	285	965
310	65,8	31,0	48,4	75,6	51,3	32,5	295	995
320	66,4	32,2	49,4	76,2	52,3	33,9	304	1030
330	67,0	33,3	50,2	76,8	53,6	35,2	314	1060
340	67,6	34,4	51,1	77,4	54,4	36,5	323	1095
350	68,1	35,5	51,9	78,0	55,4	37,8	333	1125
360	68,7	36,6	52,8	78,6	56,4	39,1	342	1155
370	69,2	37,7	53,6	79,2	57,4	40,4	352	1190
380	69,8	38,8	54,4	79,8	58,4	41,7	361	1220
390	70,3	39,8	55,3	80,3	59,3	42,9	371	1255
400	70,8	40,8	56,0	80,8	60,2	44,1	380	1290
410	71,4	41,8	56,8	81,4	61,1	45,3	390	1320
420	71,8	42,7	57,5	81,8	61,9	46,4	399	1350
430	72,3	43,6	58,2	82,3	62,7	47,4	409	1385
440	72,8	44,5	58,8	82,8	63,5	48,4	418	1420
450	73,3	45,3	59,4	83,2	64,3	49,4	428	1455
460	73,6	46,1	60,1	83,6	64,9	50,4	437	1485
470	74,1	46,9	60,7	83,9	65,7	51,3	447	1520
480	74,5	47,7	61,3	84,3	66,4	52,2	(456)	1555
490	74,9	48,4	61,6	84,7	67,1	53,1	(466)	1595
500	75,3	49,1	62,2	85,0	67,7	53,9	(475)	1630

MESURES COMPARATIVES DE LA DURETÉ (SUITE)

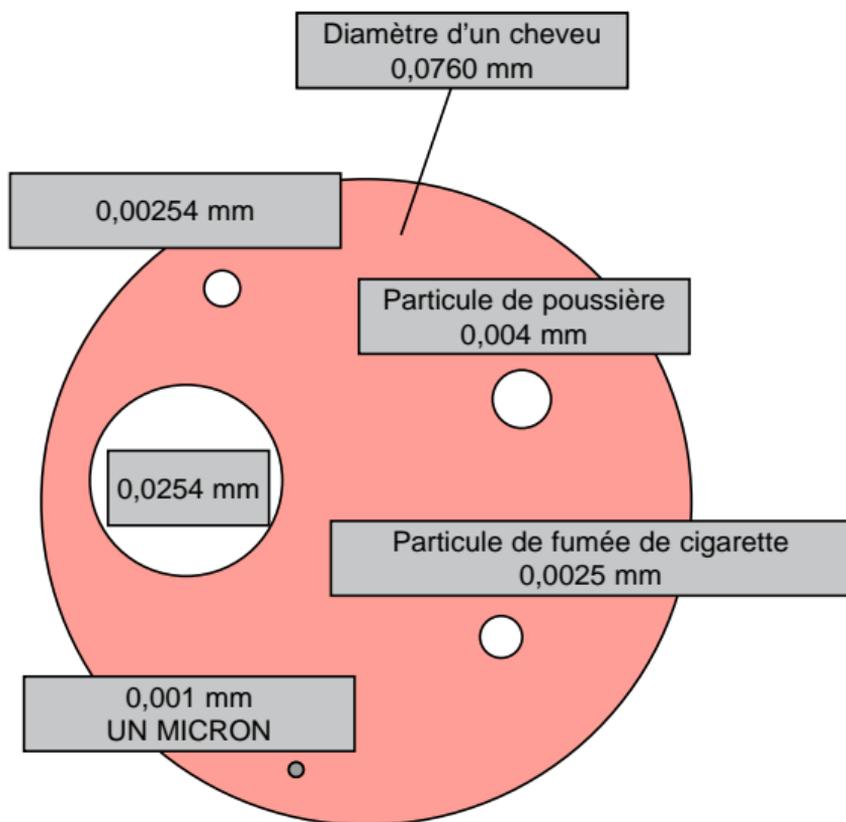
Dureté Vickers	Dureté Rockwell						Dureté Brinell	Résistance à la traction
	A	C	D	15N	30N	45N		
HV/10	60 Kgf Diamant	150 Kgf Diamant	100 Kgf Diamant	15 Kgf Diamant	30 Kgf Diamant	45 Kgf Diamant	3000 Kgf	N/mm ²
510	75,7	49,8	62,9	85,4	68,3	54,7	(485)	1665
520	76,1	50,5	63,5	85,7	69,0	55,6	(494)	1700
530	76,4	51,1	63,9	86,0	69,5	56,2	(504)	1740
540	76,7	51,7	64,4	86,3	70,0	57,0	(513)	1775
550	77,0	52,3	64,8	86,6	70,5	57,8	(523)	1810
560	77,4	53,0	65,4	86,9	71,2	58,6	(532)	1845
570	77,8	53,6	65,8	87,2	71,7	59,3	(542)	1880
580	78,0	54,1	66,2	87,5	72,1	59,9	(551)	1920
590	78,4	54,7	66,7	87,8	72,7	60,5	(561)	1955
600	78,6	55,2	67,0	88,0	73,2	61,2	(570)	1995
610	78,9	55,7	67,5	88,2	73,7	61,7	(580)	2030
620	79,2	56,3	67,9	88,5	74,2	62,4	(589)	2070
630	79,5	56,8	68,3	88,8	74,6	63,0	(599)	2105
640	79,8	57,3	68,7	89,0	75,1	63,5	(608)	2145
650	80,0	57,8	69,0	89,2	75,5	64,1	(618)	2180
660	80,3	58,3	69,4	89,5	75,9	64,7	-	-
670	80,6	58,8	69,8	89,7	76,4	65,3	-	-
680	80,8	59,2	70,1	89,8	76,8	65,7	-	-
690	81,1	59,7	70,5	90,1	77,2	66,2	-	-
700	81,3	60,1	70,8	90,3	77,6	66,7	-	-
720	81,8	61,0	71,5	90,7	78,4	67,7	-	-
740	82,2	61,8	72,1	91,0	79,1	68,6	-	-
760	82,6	62,5	72,6	91,2	79,7	69,4	-	-
780	83,0	63,3	73,3	91,5	80,4	70,2	-	-
800	83,4	64,0	73,8	91,8	81,1	71,0	-	-
820	83,8	64,7	74,3	92,1	81,7	71,8	-	-
840	84,1	65,3	74,8	92,3	82,2	72,2	-	-
860	84,4	65,9	75,3	92,5	82,7	73,1	-	-
880	84,7	66,4	75,7	92,7	83,1	73,6	-	-
900	85,0	67,0	76,1	92,9	83,6	74,2	-	-
920	85,3	67,5	76,5	93,0	84,0	74,8	-	-
940	85,6	68,0	76,9	93,2	84,4	75,4	-	-

Rockwell B	Rockwell A	Rockwell F	Rockwell E	Rockwell superficielle			Dureté Vickers	Brinell
				15T	30T	45T		
10 Kgf Bille 1/16"	60 Kgf Diamant	60 Kgf Bille 1/16"	100 Kgf Bille 1/8"	15 Kgf Bille 1/16"	30 Kgf Bille 1/16"	45 Kgf Bille 1/16"	HV/10	3000 Kgf Bille Ø 10 mm
100	61,5	-		93,1	83,1	72,9	240	240
99	60,9	-		92,8	82,5	71,9	234	234
98	60,2	-		92,5	81,8	70,9	228	228
97	59,5	-		92,1	81,1	69,9	222	222
96	58,9	-		91,8	80,4	68,9	216	216
95	58,3	-		91,5	79,8	67,9	210	210
94	57,6	-		91,2	79,1	66,9	205	205
93	57,0	-		90,8	78,4	65,9	200	200
92	56,4	-		90,5	77,8	64,8	195	195
91	55,8	-		90,2	77,1	63,8	190	190
90	55,2	-		89,9	76,4	62,8	185	185
89	54,6	-		89,5	75,8	61,8	180	180
88	54,0	-		89,2	75,1	60,8	176	176
87	53,4	-		88,9	74,4	59,8	172	172
86	52,8	-		88,6	73,8	58,8	169	169
85	52,3	-		88,2	73,1	57,8	165	165
84	51,7	-		87,9	72,4	56,8	162	162
83	51,1	-		87,6	71,8	55,8	159	159
82	50,6	-		87,3	71,1	54,8	156	156
81	50,0	-		86,9	70,4	53,8	153	153
80	49,5	-		86,6	69,7	52,8	150	150
79	48,9	-		86,3	69,1	51,8	147	147
78	48,4	-		86,0	68,4	50,8	144	144
77	47,9	-		85,6	67,7	49,8	141	141
76	47,3	-		85,3	67,1	48,8	139	139
75	46,8	99,6		85,0	66,4	47,8	137	137
74	46,3	99,1		84,7	65,7	46,8	135	135
73	45,8	98,5		84,3	65,1	45,8	132	132
72	45,3	98,0		84,0	64,4	44,8	130	130
71	44,8	97,4	100	83,7	63,7	43,8	127	127
70	44,3	96,8	99,5	83,4	63,1	42,8	125	125
69	43,8	96,2	99,0	83,0	62,4	41,8	123	123
68	43,3	95,6	98,0	82,7	61,7	40,8	121	121

MESURES COMPARATIVES DE LA DURETÉ (SUITE)

Rockwell B	Rockwell A	Rockwell F	Rockwell E	Rockwell superficielle			Dureté Vickers	Brinell
				15T	30T	45T		
10 Kgf Bille 1/16"	60 Kgf Diamant	60 Kgf Bille 1/16"	100 Kgf Bille 1/8"	15 Kgf Bille 1/16"	30 Kgf Bille 1/16"	45 Kgf Bille 1/16"	HV/10	3000 Kgf Bille Ø 10 mm
67	42,8	95,1	97,5	82,4	61,0	39,8	119	119
66	42,3	94,5	97,0	82,1	60,4	38,7	117	117
65	41,8	93,9	96,0	81,8	59,7	37,7	116	116
64	41,4	93,4	95,5	81,4	59,0	36,7	114	114
63	40,9	92,8	95,0	81,1	58,4	35,7	112	112
62	40,4	92,2	94,5	80,8	57,7	34,7	110	110
61	40,0	91,7	93,5	80,5	57,0	33,7	108	108
60	39,5	91,1	93,0	80,1	56,4	32,7	107	107
59	39,0	90,5	92,5	79,8	55,7	31,7	106	106
58	38,6	90,0	92,0	79,5	55,0	30,7	104	104
57	38,1	89,4	91,0	79,2	54,4	29,7	103	103
56	37,7	88,8	90,5	78,8	53,7	28,7	101	101
55	37,2	88,2	90,0	78,5	53,0	27,7	100	100
54	36,8	87,7	89,5	78,2	52,4	26,7	-	-
53	36,3	87,1	89,0	77,9	51,7	25,7	-	-
52	35,9	86,5	88,0	77,5	51,0	24,7	-	-
51	35,5	86,0	87,5	77,2	50,3	23,7	-	-
50	35,0	85,4	87,0	76,9	49,7	22,7	-	-
49	34,6	84,8	86,5	76,6	49,0	21,7	-	-
48	34,1	84,3	85,5	76,2	48,3	20,7	-	-
47	33,7	83,7	85,0	75,9	47,7	19,7	-	-
46	33,3	83,1	84,5	75,6	47,0	18,7	-	-
45	32,9	82,6	84,0	75,3	46,3	17,7	-	-
44	32,4	82,0	83,5	74,9	45,7	16,7	-	-
43	32,0	81,4	82,5	74,6	45,0	15,7	-	-
42	31,6	80,8	82,0	74,3	44,3	14,7	-	-
41	31,2	80,3	81,5	74,0	43,7	13,6	-	-
40	30,7	79,7	81,0	73,6	43,0	12,6	-	-
39	30,3	79,1	80,0	73,3	42,3	11,6	-	-
38	29,9	78,6	79,5	73,0	41,6	10,6	-	-
37	29,5	78,0	79,0	72,7	41,0	9,6	-	-
36	29,1	77,4	78,5	72,3	40,3	8,6	-	-
35	28,7	76,9	78,0	72,0	39,6	7,6	-	-
34	28,2	76,3	77,0	71,7	39,0	6,6	-	-
33	27,8	75,7	76,5	71,4	38,3	5,6	-	-
32	27,4	75,2	76,0	71,0	37,6	4,6	-	-
31	27,0	74,6	75,5	70,7	37,0	3,6	-	-
30	26,6	74,0	75,0	70,4	36,3	2,6	-	-

ILLUSTRATION SUR LA NOTION DE MICRON



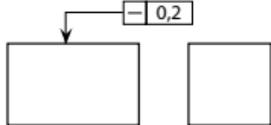
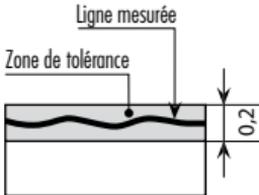
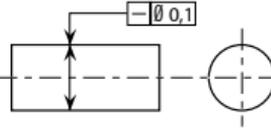
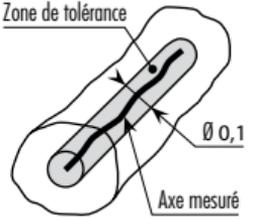
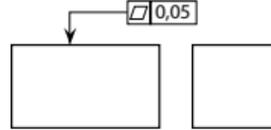
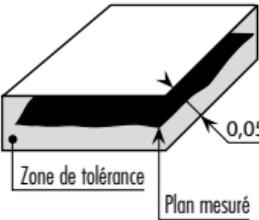
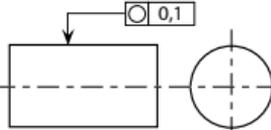
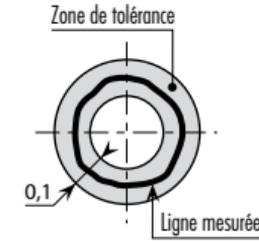
La longueur d'une tige de fer de 100 mm variera d'environ 0,012 mm pour une variation de température de 10°C.

Cette représentation n'est pas à l'échelle

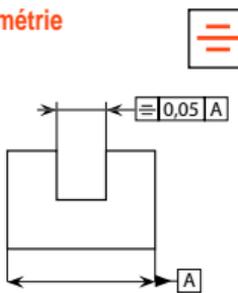
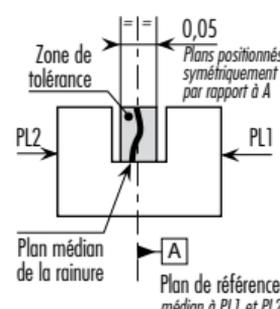
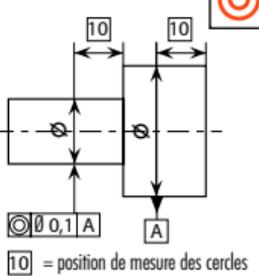
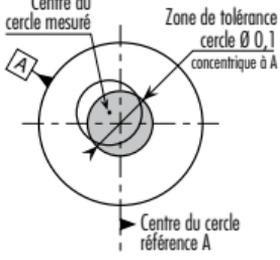
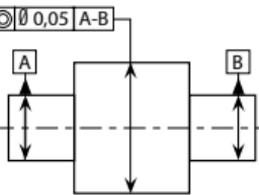
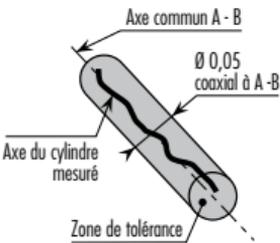
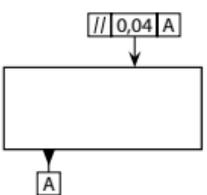
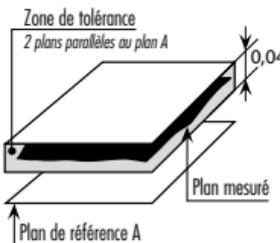
SYMBOLES DE TOLÉRANCES GÉOMÉTRIQUES

		Caractéristiques	Symboles	
Tolérances de profil d'éléments isolés	Profil d'une ligne quelconque			
	Profil d'une surface quelconque			
Tolérances de forme	Tolérances d'éléments isolés	Rectitude		
		Circularité		
		Planéité		
		Cylindricité		
	Tolérances d'éléments associés	Tolérance d'orientation	Parallélisme	
			Perpendicularité	
			Inclinaison	
		Tol. battement	Battement	
Tolérances de position d'éléments associés	Localisation			
	Symétrie			
	Concentricité & coaxialité			
		Condition au maximum de matière		
		Exigence de l'enveloppe		
		Zone de tolérance projetée		
		Condition au minimum de matière		
		Diamètre		

CARACTÉRISTIQUES

Exemple de cotation	Indication	Interprétation
<p>Rectitude (ligne)</p> 	<p>L'élément tolérancé est une ligne parallèle au plan de projection.</p> <p>La ligne mesurée doit être comprise entre 2 droites parallèles espacées de 0,2.</p>	
<p>Rectitude (axe)</p> 	<p>L'élément tolérancé est l'axe du cylindre.</p> <p>L'axe du cylindre doit être compris dans un cylindre de $\varnothing 0,1$.</p>	
<p>Planéité</p> 	<p>L'élément tolérancé est une surface.</p> <p>La surface mesurée doit être comprise entre 2 plans parallèles espacés de 0,05.</p>	
<p>Circularité</p> 	<p>Les éléments tolérancés sont toutes les lignes des sections droites du cylindre.</p> <p>Les lignes des sections droites mesurées doivent être comprises entre deux cercles concentriques espacés de 0,1.</p>	

CARACTÉRISTIQUES (SUITE)

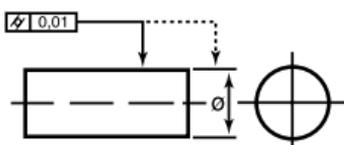
Exemple de cotation	Indication	Interprétation
<p>Symétrie</p> 	<p>L'élément tolérancé est le plan médian de la rainure. Le plan médian doit être compris entre deux plans parallèles positionnés symétriquement par rapport au plan médian A et espacés de 0,05.</p>	
<p>Concentricité</p> 	<p>L'élément tolérancé est le centre d'un cercle. Le centre du cercle doit être compris dans un cercle de $\varnothing 0,1$, concentrique au centre du cercle de référence A.</p>	
<p>Coaxialité</p> 	<p>L'élément tolérancé est l'axe du cylindre. L'axe du cylindre doit être compris dans un cylindre de $\varnothing 0,05$ coaxial à l'axe commun A-B.</p>	
<p>Parallélisme</p> 	<p>L'élément tolérancé est une surface. Cette surface doit être comprise entre 2 plans parallèles espacés de 0,04 et parallèles au plan A.</p>	

CARACTÉRISTIQUES (SUITE)

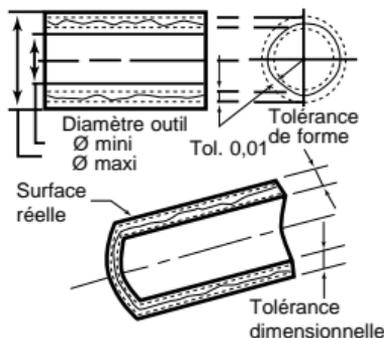
Exemple de cotation	Indication	Interprétation
<p style="color: orange;">Localisation</p>	<p>L'élément tolérancé est l'axe du trou. L'axe du trou doit être compris dans un cylindre de \varnothing 0,05 orienté par rapport au référentiel spécifié.</p>	<p>Axe du trou mesuré</p> <p>Zone de tolérance</p> <p><i>un cylindre \varnothing 0,05 dont l'axe est parallèle aux plans A et B et positionné par rapport aux côtes encadrées</i></p>
<p style="color: orange;">Forme de ligne quelconque</p>	<p>L'élément tolérancé est une ligne de la surface parallèle au plan de projection. La ligne mesurée doit être comprise entre 2 lignes enveloppes espacées par des cercles de \varnothing 0,1 centrés par rapport au profil théorique.</p>	<p>Profil théorique</p> <p>Profil mesuré</p> <p>Cercles \varnothing 0,1 centrés sur le profil théorique</p> <p>Zone de tolérance</p>
<p style="color: orange;">Forme de surface quelconque</p>	<p>L'élément tolérancé est une surface. Cette surface doit être comprise entre deux surfaces enveloppes espacées par des sphères de \varnothing 0,1 centrées sur la surface théorique.</p>	<p>Surfaces enveloppes limitant la tolérance mini et maxi</p> <p>Zone de tolérance</p> <p>Sphère \varnothing 0,1 dont les centres sont positionnés sur la surface théorique</p> <p>Surface théorique</p>

CARACTÉRISTIQUES (SUITE)

Cylindricité



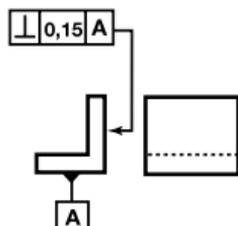
Interprétation :
2 cylindres concentriques



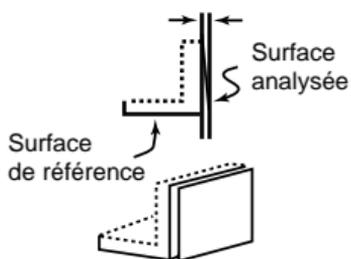
Perpendicularité



Exemple :

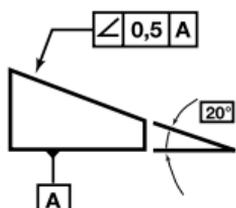


Tol. 0,15



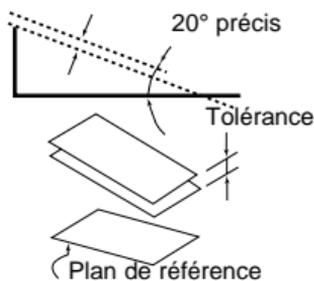
Inclinaison

Exemple :



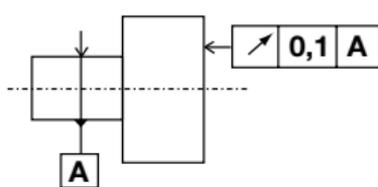
Interprétation : 2 plans parallèles

Tol. 0,5



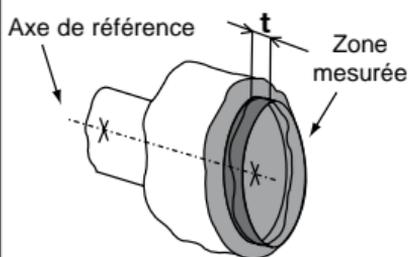
Battement

Exemple :

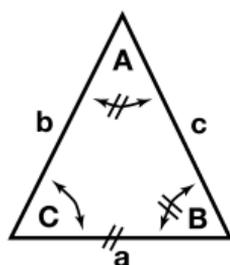


Interprétation :

Zone de tolérance



FORMULES RELATIVES AU TRIANGLE QUELCONQUE



Calculer les éléments d'un triangle connaissant :

①- un côté (a) et deux angles (A et B)

$$C = 180^\circ - (A+B)$$

$$b = \frac{a \sin B}{\sin A} \quad c = \frac{a \sin C}{\sin A}$$

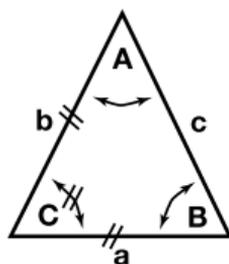
$$\text{Surface} = \frac{a \times b \times \sin C}{2}$$

②- un angle (C) et les deux côtés adjacents (a et b)

$$\tan A = \frac{a \sin C}{b - a \cos C} \quad A = \text{Arc Tg} \frac{a \sin C}{b - a \cos C}$$

$$b = \frac{a \sin B}{\sin A} \quad c = \frac{a \sin C}{\sin A}$$

$$\text{Surface} = \frac{a \times b \times \sin C}{2}$$

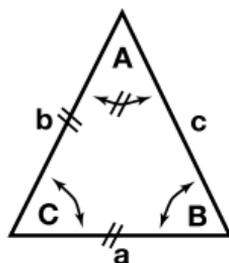


③- deux côtés (a et b) et l'angle (A par exemple)

$$\sin B = \frac{b \sin A}{A}$$

$$b = \frac{a \sin C}{\sin A} \quad C = 180^\circ - (A+B)$$

$$\text{Surface} = \frac{a \times b \times \sin C}{2}$$

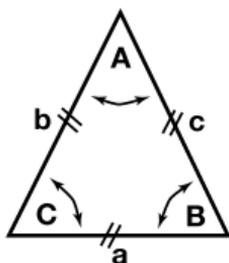


④- les trois côtés (a, b et c)

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

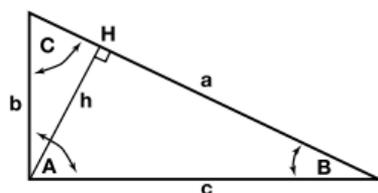
$$\sin B = \frac{b \sin A}{A} \quad C = 180^\circ - (A+B)$$

$$\text{Surface} = \frac{a \times b \times \sin C}{2}$$



NB : Le symbole // indique les caractéristiques connues

FORMULES RELATIVES AU TRIANGLE RECTANGLE



a = hypoténuse
 b = côté opposé
 c = côté adjacent (base)

tangente	$B = \frac{b}{c}$	cotangente	$B = \frac{c}{b}$
sinus	$B = \frac{b}{a}$	cosecante	$B = \frac{a}{b}$
cosinus	$B = \frac{c}{a}$	secante	$B = \frac{a}{c}$

Relation de Pythagore
 $AC^2 + AB^2 = BC^2$

CALCUL DES SURFACES

2D

Abréviations

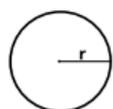
a = petite base
 b = base
 h = hauteur
 r = rayon

$$\pi = 3,1416$$

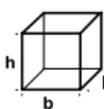
3D

Abréviations

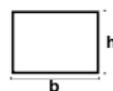
b = base
 h = hauteur
 l = profondeur
 r = rayon



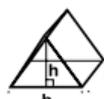
Cercle $\pi \times r^2$



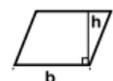
Cube $h \times b \times 6$



Rectangle $b \times h$



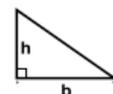
Prisme $(b \times h) + (3 \times l \times b)$



Parallélogramme $b \times h$



Cylindre $(2 \times \pi \times r l) + (2 \times \pi \times r^2)$



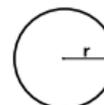
Triangle $1/2 \times b \times h$



Pyramide $(2 \times b \times h) + b^2$



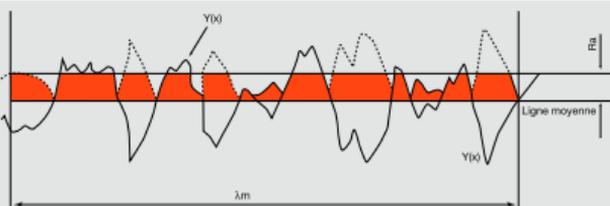
Trapèze $\frac{(a + b) h}{2}$



Sphère $4 \times \pi \times r^2$

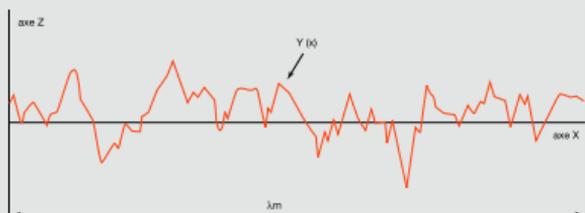
LES PARAMETRES D'ETAT DE SURFACE

$$R_a = \frac{1}{\lambda m} \int_0^{\lambda m} |Y(x)| dx$$



Ra : Moyenne arithmétique de toutes les valeurs d'écart de profil à partir de la ligne moyenne compris sur toute la longueur d'évaluation λm .

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{\lambda m} \int_0^{\lambda m} Y(x)^2 dx}$$



Rq : Ecart moyen quadratique du profil.

Rq est la racine carrée de la moyenne arithmétique des carrés des écarts du profil par rapport à la ligne moyenne.

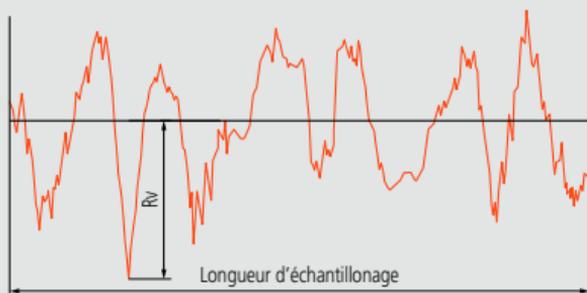
Hauteur maximale du profil primaire Pz, du profil de rugosité Rz, du profil d'ondulation Wz

Somme de la plus grande hauteur de saillie Z_p et la plus grande profondeur de creux Z_v du profil sur une longueur d'échantillonnage.



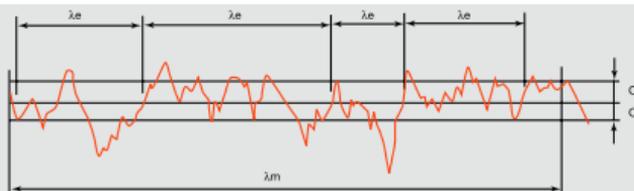
Dans l'ancienne norme JIS et la norme ISO 4287-1: 1984, Rz était utilisé pour indiquer la "hauteur des irrégularités sur 10 points". On accordera une attention particulière à cette valeur car les différences entre les résultats obtenus avec les nouvelles normes et les anciennes ne sont pas toujours négligeables. (Vérifiez si les consignes du dessin relèvent des anciennes ou des nouvelles normes.)

LES PARAMETRES D'ETAT DE SURFACE (SUITE)



Profondeur maximale de creux du profil primaire P_v , de creux du profil de rugosité R_v , de creux du profil d'ondulation W_v

Plus grande profondeur de creux du profil Z_v sur une longueur d'échantillonnage.



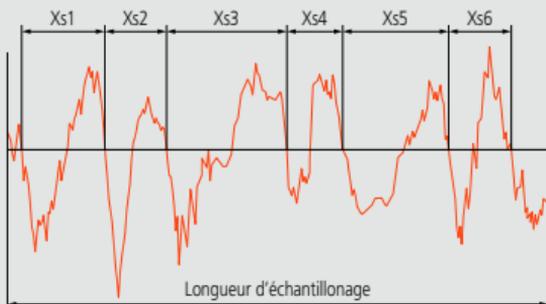
R_{pc} : Nombre de pics qui dépassent d'abord la ligne de coupe C_1 supérieure et ensuite la ligne inférieure centrée par rapport à la ligne moyenne comprise dans la zone d'évaluation λ_m .

Paramètres d'espace

Largeur moyenne des éléments du profil primaire P_{Sm} , des éléments du profil de rugosité R_{Sm} , des éléments du profil d'ondulation W_{Sm} .

Largeur moyenne des éléments du profil X_s sur une longueur d'échantillonnage.

$$P_{Sm}, R_{Sm}, W_{Sm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{Si}$$

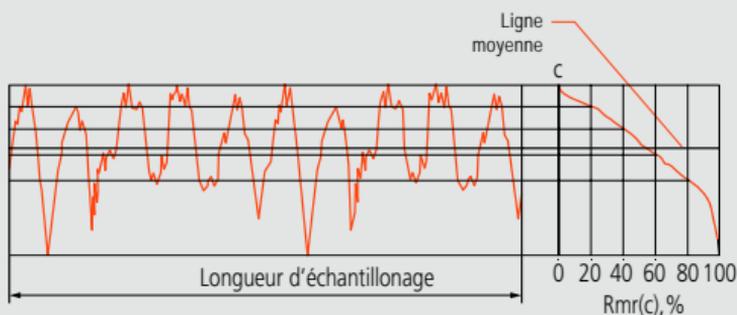




HSC : Soit une ligne située au-dessus du profil parallèlement à la ligne moyenne. Lorsque la saillie du profil située au-dessus de cette ligne comporte une saillie locale, elle est appelée "saillie du nombre de saillies HSC". Le nombre de ces saillies par centimètre est appelé "HSC".

Courbe du taux de longueur portante du profil (courbe Abbott Firestone).

Courbe représentant le taux de longueur portante du profil en fonction du niveau c .

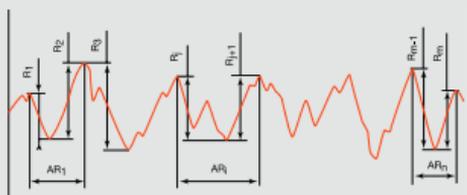


$$Pmr(c), Rmr(c), Wmr(c) = \frac{MI(c)}{ln}$$

Taux de longueur portante du profil primaire $Pmr(c)$, du profil de rugosité $Rmr(c)$, du profil d'ondulation $Wmr(c)$.

Rapport entre la longueur portante du profil $MI(c)$ à un niveau donné c et la longueur d'évaluation.

$$R = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m AR_j$$



R : Moyenne des profondeurs élémentaires de rugosité
ISO 12085

FORMULES DE CALCULS STATISTIQUES

Elément	Symbole	Formule
Nombre de mesures	N	-
Valeur maximum	MAX	-
Valeur minimum	MIN	-
Etendue	R	$R = \text{MAX} - \text{MIN}$
Moyenne (arithmétique)	\bar{X}	$\bar{X} = \frac{\sum xi}{N}$
Ecart type	$\bar{X} -R$ $\bar{X} -S$ $\bar{X} -Rs$	$\hat{\sigma} (\bar{R}) = R/d_2$ $\hat{\sigma} (\bar{S}) = S/C_4$ $\sigma (n-1) = \sqrt{\frac{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{N(N-1)}}$
Indice d'aptitude procédé	Cp	$(Cp) = \frac{USL - LSL}{6 \hat{\sigma}}$ $(Cp) = \frac{USL - LSL}{8 \hat{\sigma}^{(n-1)}}$ <small>(pour $\bar{X}-R, \bar{X}-S$)</small> <small>(pour $X-Rs$)</small>
Indice d'aptitude procédé	Cpk	$Cpk = \frac{Z \text{ min}}{3}$
Indice d'aptitude machine	Cm	$Cm = \frac{USL - LSL}{6 \hat{\sigma}^{(n-1)}}$ $Cm = \frac{USL - LSL}{8 \hat{\sigma}^{(n-1)}}$ <small>(pour $\bar{X}-R, \bar{X}-S$)</small> <small>(pour $X-Rs$)</small>
Indice d'aptitude machine	Cmk	$Cmk = \frac{Z \text{ min}}{3}$ $Cmk = \frac{Z \text{ min}}{4}$ <small>(pour $\bar{X}-R, \bar{X}-S$)</small> <small>(pour $X-Rs$)</small>
Taux de rebut	P	$P = \frac{(+NG) + (-NG)}{N} \times 100$
Taux de rebut estimé	Pe	Calculé à partir de Z_{Lsc}, Z_{LIC} et du graphique de distribution de la loi normale
$\pm 3SD$		SD : Moyenne de (n-1)

*1 : LSC : Limite supérieure de contrôle, LIC : Limite inférieure de contrôle

*2 : Zmin : la plus petite des valeurs suivantes : ZLSC ou ZLIC

$$Z_{usl} = \frac{USL - \bar{X}}{\hat{\sigma} \text{ ou } \sigma (n-1)} \quad Z_{lsl} = \frac{\bar{X} - LSL}{\hat{\sigma} \text{ ou } \sigma (n-1)}$$

*3 : +NG ou -NG correspond au taux de rebut

*4 : "****" est imprimé pour Cp, Cpk, Cm, Cmk et Pe lorsque $\hat{\sigma}(R), \hat{\sigma}(S), \hat{\sigma}(n-1) = 0$

*5 : Les valeurs de Cpk, Cmk et Pe ne sont pas garanties lorsque $X > LSC$ ou $X < LIC$

CARTES DE CONTRÔLE - FORMULES

Symbole	Formule		
	$\bar{X} - R$	$\bar{X} - S$	$\bar{X} - R_s$
\bar{X}	$\bar{X} = \frac{\sum X_j}{n}$ ^{*1}		$\bar{X} = \frac{\sum X_k}{m}$
R,S ou Rs	$R = \text{MAX}(X_i) - \text{MIN}(X_i)$	$S = \sqrt{\frac{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}{n(n-1)}}$	$R_{sk} = X_{k+1} - X_k$
$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{x}_k}{n}$		_____
R,S ou Rs	$\bar{R} = \frac{\sum R_k}{m}$	$\bar{S} = \frac{\sum S_k}{m}$	$\bar{R}_s = \frac{\sum R_{sk}}{m-1}$
X-LSC	$\bar{X} - LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$	$\bar{X} - LSC = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$	$\bar{X} - LSC = \bar{\bar{X}} + 2.659 \bar{R}_s$
X-LiC	$\bar{X} - LiC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$	$\bar{X} - LiC = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$	$\bar{X} - LiC = \bar{\bar{X}} + 2.659 \bar{R}_s$
R-LSC			
S-LSC	$R - LSC = D_4 \bar{R}$	$S - LSC = B_4 \bar{S}$	$RS - LSC = 3.267 \bar{R}_s$
RS-LSC			
R-LiC S-LiC	$R - LiC = D_3 \bar{R}$ ^{*2}	$S - LiC = B_3 \bar{S}$ ^{*3}	_____

- *1 : n = taille de l'échantillon
 m = nombre de sous-groupes
 j = valeur comprise entre 1 et n
 k = valeur comprise entre 1 et m

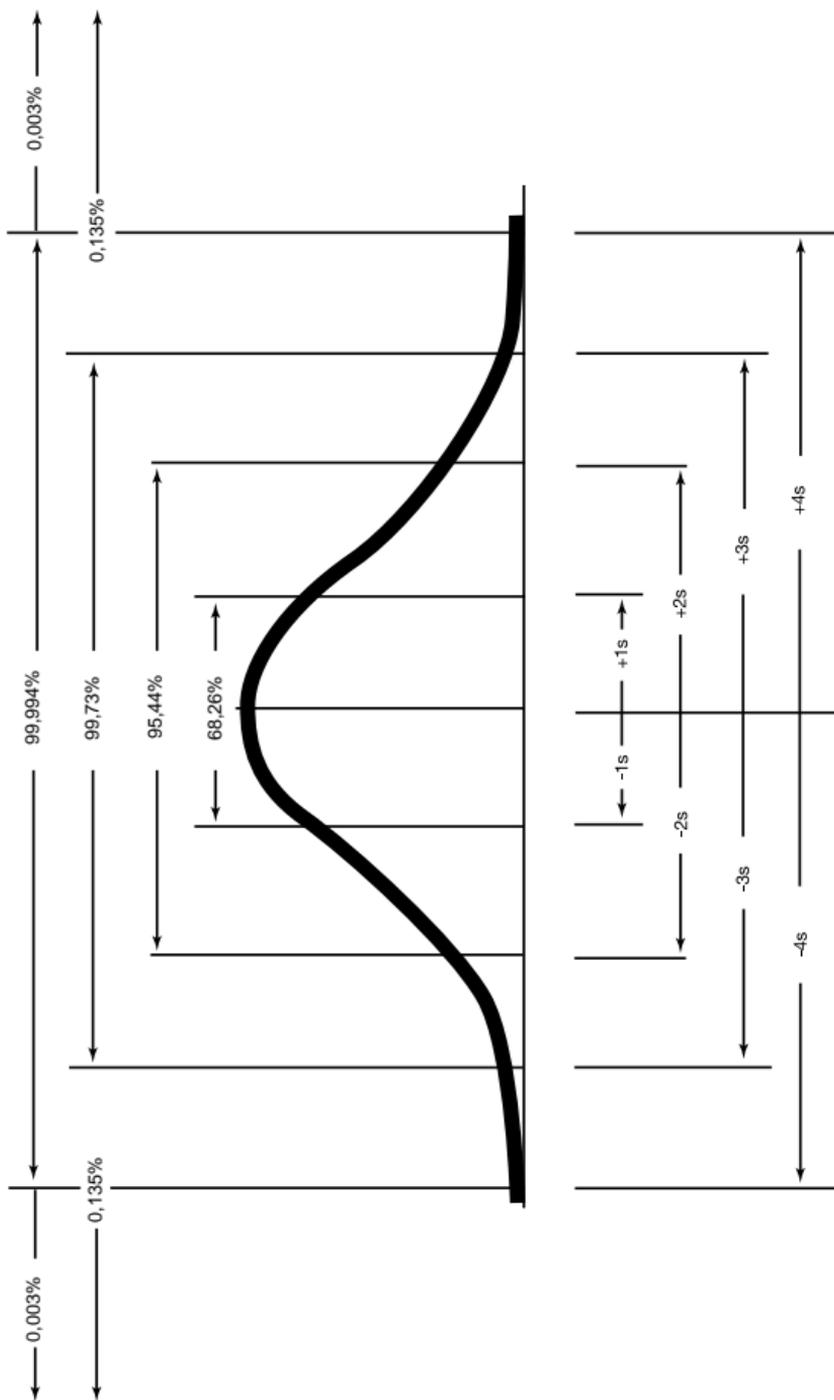
*2 : R-LiC est calculé lorsque la taille de l'échantillon est supérieure à 7.

*3 : S-LiC est calculé lorsque la taille de l'échantillon est supérieure à 6.

TABLE D'UTILISATION DES CARTES DE CONTRÔLE

Taille de l'échantillon	\bar{X} -R				\bar{X} -S			
	A2	d2	D3	D4	A3	C4	B3	B4
2	1,880	1,128	-	3,267	2,659	0,7979	-	3,267
3	1,023	1,693	-	2,674	1,954	0,8862	-	2,568
4	0,729	2,059	-	2,282	1,628	0,9213	-	2,266
5	0,577	2,326	-	2,114	1,427	0,9400	-	2,089
6	0,483	2,534	-	2,004	1,287	0,9515	0,030	1,970
7	0,419	2,704	0,076	1,924	1,182	0,9594	0,118	1,882
8	0,373	2,847	0,136	1,864	1,099	0,9650	0,185	1,815
9	0,337	2,970	0,184	1,816	1,032	0,9693	0,239	1,761
10	0,308	3,078	0,223	1,777	0,975	0,9727	0,284	1,716
11	0,285	3,173	0,256	1,744	0,927	0,9754	0,321	1,679
12	0,266	3,258	0,283	1,717	0,886	0,9776	0,354	1,646
13	0,249	3,336	0,307	1,693	0,850	0,9794	0,382	1,618
14	0,235	3,407	0,328	1,672	0,817	0,9810	0,406	1,594
15	0,223	3,472	0,347	1,653	0,789	0,9823	0,428	1,572
16	0,212	3,532	0,363	1,637	0,763	0,9835	0,448	1,552
17	0,203	3,588	0,378	1,622	0,739	0,9845	0,466	1,534
18	0,194	3,640	0,391	1,608	0,718	0,9854	0,482	1,518
19	0,187	3,689	0,403	1,597	0,698	0,9862	0,497	1,503
20	0,180	3,735	0,415	1,585	0,680	0,9869	0,510	1,490
21	0,173	3,778	0,425	1,575	0,663	0,9876	0,523	1,477
22	0,167	3,819	0,435	1,566	0,647	0,9882	0,534	1,466
23	0,162	3,858	0,443	1,557	0,633	0,9887	0,545	1,455
24	0,157	3,895	0,451	1,548	0,619	0,9892	0,555	1,445
25	0,153	3,931	0,459	1,541	0,606	0,9896	0,565	1,435

DIAGRAMME DE DISTRIBUTION SUIVANT LA LOI NORMALE



CARTE DE CONTRÔLE PROCÉDÉ \bar{X} ET R

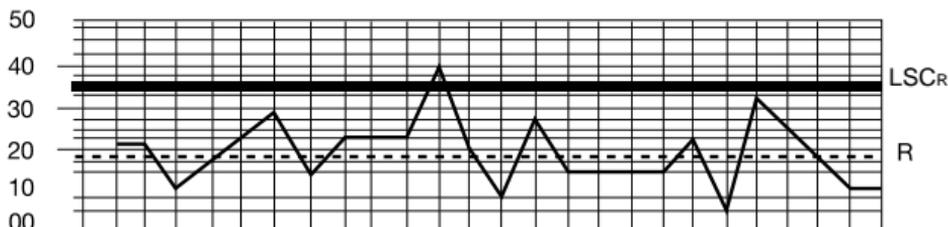
Enregistrer 25 jeux de 5 mesures consécutives à intervalles réguliers.
Calculer \bar{X} et R pour chaque jeu de mesures.

Pour interpréter le graphique d'étendue

Reporter les 25 points correspondant à l'étendue (R) de chaque échantillon sur le graphique d'étendue.

Calculer $\bar{R} = \frac{\text{Somme des 25 étendues (R)}}{25}$

$$\bar{R} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_i$$



\bar{X}	0,70	0,77	0,76	0,60	0,75	0,73	0,73	0,72	0,78	0,87	0,75	0,76	0,72	0,71	0,02	0,76	0,76	0,67	0,70	0,62	0,66	0,68	0,70	0,64	0,66
H	0,20	0,20	0,10	0,15	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20	0,20	0,40	0,20	0,05	0,25	0,15	0,15	0,15	0,10	0,20	0,00	0,00	0,20	0,15	0,10	0,10

Etendues

$$\bar{R} = \frac{4,45}{25} = 0,178$$

Calcul des limites de contrôle

$$LSC_R = D_4 \times \bar{R}$$

$$LIC_R = D_3 \times \bar{R}$$

Taille de l'échantillon	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D4	3,27	2,57	2,28	2,11	2,00	1,92	1,86	1,82	1,78
D3	0	0	0	0	0	0,08	0,14	0,18	0,22

Note : Pour une taille d'échantillon comprise entre 2 et 6, $LIC_R = 0$

$$LSC_R = 2,11 \times 0,178 = 0,376$$

Reporter \bar{R} , LSC_R et LIC_R sur le graphique

Interpréter le graphique de la carte de contrôle à l'aide des critères suivants :

1. Aucun point n'est situé hors des limites de contrôle.
2. Les 2/3 des points se trouvent dans le tiers médian des limites de contrôle.
3. Il n'existe pas de série de 7 points consécutifs situés au-dessus ou au-dessous de la ligne R.
4. Il n'existe pas de série de 8 points consécutifs offrant un tracé croissant ou décroissant.

Si l'un des 4 critères susmentionnés n'est pas respecté, le process est erroné.

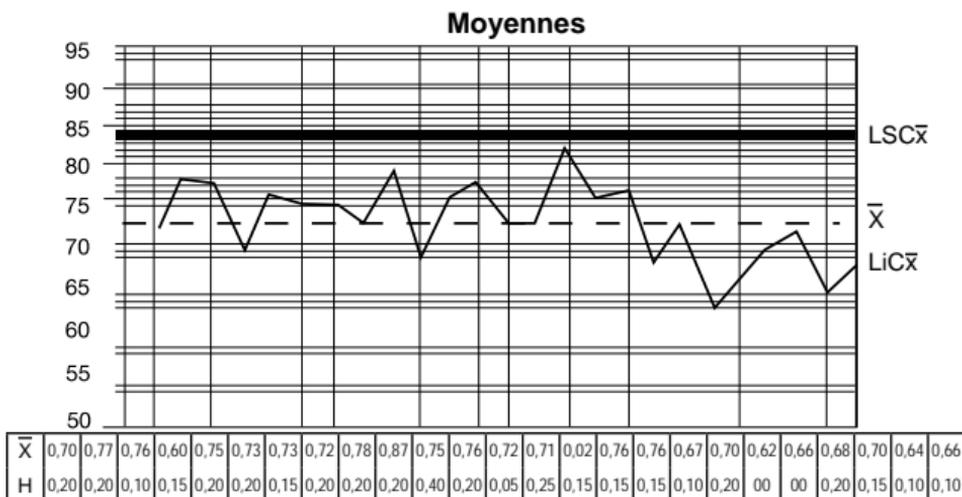
Rechercher les causes et prendre les mesures correctives appropriées.

Si les 4 critères sont respectés, interpréter le graphique de moyenne.

Pour interpréter la carte des moyennes (\bar{X})

Reporter les 25 points correspondant à la moyenne (\bar{X}) de chaque échantillon sur le graphique de moyenne.

Calculer $\bar{X} = \frac{\text{Somme des 25 moyennes } (\bar{X})}{25}$



$$X = \frac{17,90}{25} = 0,716$$

Calcul des limites de contrôle

Taille de l'échantillon	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A2	1,88	1,02	0,73	0,58	0,48	0,42	0,37	0,34	0,31

$$LSC_x = X + (A_2 \times R) \qquad LIC_x = X - (A_2 \times R)$$

$$LSC_x = 0,716 + (0,58 \times 0,178) = 0,819$$

$$LIC_x = 0,716 - (0,58 \times 0,178) = 0,613$$

Reporter X, LSC_x et LIC_x sur le graphique.

Interpréter le graphique de la carte de contrôle à l'aide des critères suivants :

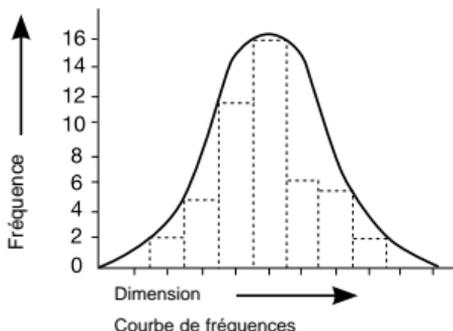
1. Aucun point n'est situé hors des limites de contrôle.
2. Les 2/3 des points se trouvent dans le tiers médian des limites de contrôle.
3. Il n'existe pas de série de 7 points consécutifs situés au-dessus ou au-dessous de la ligne X.
4. Il n'existe pas de série de 8 points consécutifs offrant un tracé croissant ou décroissant.

Si l'un des 4 critères susmentionnés n'est pas respecté, le process est erroné.

Rechercher les causes et prendre les mesures correctives appropriées.

Si les 4 critères sont respectés, le procédé est sous contrôle pour l'étendue et la moyenne.

INTERPRÉTATION DES HISTOGRAMMES



L'histogramme permet de voir rapidement si la variation des effectifs (résultats) suit un modèle particulier. La courbe obtenue en reliant les sommets de chaque barre de l'histogramme dessine une " cloche ".

Aptitude du procédé

Si le procédé est sous contrôle pour X et R ou pour X et S, l'écart type procédé peut être calculé de la manière suivante :

$$\text{Pour } \bar{X}\text{-R} \quad \hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,178}{2,33} = 0,0764$$

$$\text{Pour } \bar{X}\text{-S} \quad \hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{C_4}$$

$$C_p \text{ - Aptitude procédé} = \frac{LSC - LIC}{6 \hat{\sigma}}$$

$$C_p \text{ - Indice d'aptitude} = \text{plus petite que } \frac{(LSC - \bar{X})}{3 \hat{\sigma}} \text{ et } \frac{(\bar{X} - LIC)}{3 \hat{\sigma}}$$

Un procédé avec un indice d'aptitude Cpk de 1 = procédé apte à $\pm 3 \hat{\sigma}$
 Un procédé avec un indice d'aptitude Cpk de 1,33 = procédé apte à $\pm 4 \hat{\sigma}$

Cartes de contrôle

$$\text{Moyenne du sous-groupe } \bar{X} = \frac{(X_1 + X_2 + \dots + X_n)}{n}$$

$$\text{Étendue du sous-groupe } R = X_{\text{le plus grand}} - X_{\text{le plus petit}}$$

$$\text{Écart type du sous-groupe } \bar{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

(X représente les différentes valeurs mesurées, n représente le nombre de valeurs mesurées)

$$\text{Moyenne procédé (moyenne des moyennes)} \quad \bar{\bar{X}} = \frac{(\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m)}{m}$$

$$\text{Étendue moyenne (moyenne des étendues)} \quad \bar{R} = \frac{(R_1 + R_2 + \dots + R_m)}{m}$$

$$\text{Écart type moyen } \bar{s} = \frac{(S_1 + S_2 + \dots + S_m)}{m}$$

(m représente le nombre de sous-groupes)

$$LSC_{\bar{X}}, LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \pm (A_2) \bar{R}$$

$$LSC_R = (D_4) \bar{R}$$

$$LIC_R = (D_3) \bar{R} \text{ (si } n > 6)$$

$$LSC_s = (B_4) \bar{s}$$

$$LIC_s = (B_3) \bar{s} \text{ (si } n > 5)$$

Les distributions de type " normale " se caractérisent par leur position et leur dispersion, comme illustré ci-dessous :

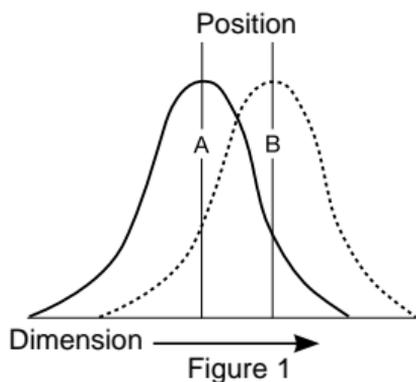


Figure 1 : La forme des deux courbes en cloche A et B est identique, mais leurs valeurs centrales (ou dimensions les plus fréquentes) sont différentes.

\bar{X} : Moyenne différente
R : Dispersion constante

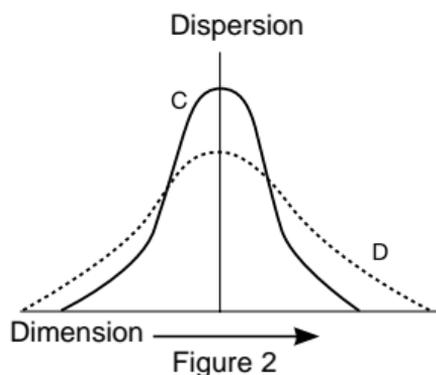


Figure 2 : La valeur centrale des deux courbes en cloche C et D est identique, mais la dispersion de la courbe D est supérieure à celle de la courbe C.

\bar{X} : Moyenne différente
R : Dispersion constante

TABLEAU DES CONSTANTES utilisées pour le SPC

Taille de l'échantillon	A2	B3	B4	C4	D2	D3	D4
2	1,880		3,267	0,7979	1,13		3,267
3	1,023		2,568	0,8862	1,69		2,574
4	0,729		2,266	0,9213	2,06		2,282
5	0,577		2,089	0,9400	2,33		2,114
6	0,483	0,030	1,970	0,9515	2,53		2,004
7	0,419	0,118	1,882	0,9594	2,70	0,076	1,924
8	0,373	0,185	1,815	0,9650	2,85	0,136	1,864
9	0,337	0,239	1,761	0,9693	2,97	0,184	1,816
10	0,308	0,284	1,716	0,9727	3,08	0,233	1,777

CALCULS GÉOMÉTRIQUES

Du diamètre d'un cercle dont l'aire est pratiquement égale à celle d'un carré donné : multiplier le côté du carré par 1,12838.

Du côté d'un hexagone inscrit dans un cercle donné : multiplier le diamètre du cercle par 0,5.

Du diamètre d'un cercle inscrit dans un hexagone : multiplier le côté de l'hexagone par 1,7321.

Du côté d'un triangle équilatéral inscrit dans un cercle : multiplier le diamètre du cercle par 0,866.

Du diamètre d'un cercle inscrit dans un triangle équilatéral : multiplier le côté du triangle par 0,57735.

De l'aire d'un carré ou d'un rectangle : multiplier la base (longueur) par la hauteur.

De l'aire d'un triangle : multiplier la base par la moitié de la hauteur.

De l'aire d'un trapèze : multiplier la moitié de la somme des bases (côtés parallèles) par la hauteur.

De l'aire d'un hexagone régulier : multiplier le carré du côté par 2,598.

De l'aire d'un octogone régulier : multiplier le carré du côté par 4,828.

De l'aire d'un polygone régulier : multiplier la moitié de la somme des côtés par le rayon intérieur.

De la circonférence d'un cercle : multiplier le diamètre par 3,1416.

Du diamètre d'un cercle : multiplier la circonférence par 0,31831.

Du diamètre d'un cercle : multiplier la racine carrée de l'aire par 1,12838.

Du rayon d'un cercle : multiplier la circonférence par 0,159155.

Du rayon d'un cercle : multiplier la racine carrée de l'aire par 0,56419.

De l'aire d'un cercle : multiplier le carré du diamètre par 0,7854.

De l'aire d'un cercle : multiplier le carré de la circonférence par 0,07958.

De l'aire d'un cercle : multiplier la moitié de la circonférence par la moitié du diamètre.

De l'aire d'une sphère : multiplier le carré du diamètre par 3,1416.

Du volume d'une sphère : multiplier le cube du diamètre par 0,5236.

De l'aire d'une ellipse : multiplier le produit du grand diamètre par le petit diamètre par 0,78540.

Du côté d'un carré inscrit dans un cercle : multiplier le diamètre du cercle par 0,7071.

Du côté d'un carré dont l'aire est égale à celle d'un cercle donné : multiplier le diamètre du cercle par 0,8862.

ÉQUIVALENCES DES DÉCIMALES

(système impérial/système métrique)

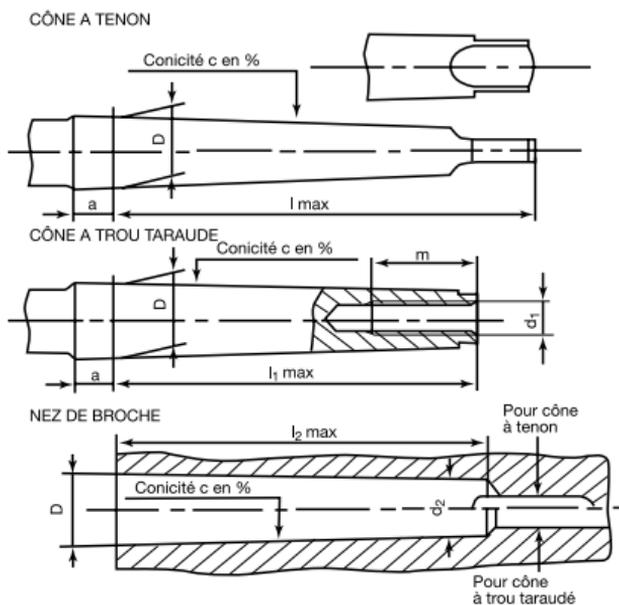
Frac.	mm	Jauge	Pouces	Frac.	mm	Jauge	Pouces	Frac.	mm	Jauge	Pouces
	0,30		0,0118		0,940	63	0,0370		2,083	45	0,0820
	0,32		0,0126		0,95		0,0374		2,10		0,0827
	0,343	80	0,0135		0,965	62	0,0380		2,15		0,0846
	0,35		0,0138		0,98		0,0386		2,184	44	0,0860
	0,368	79	0,0145		0,991	61	0,0390		2,20		0,0866
	0,38		0,0150		1,00		0,0394		2,25		0,0886
1/64	0,397		0,0156		1,016	60	0,0400		2,261	43	0,0890
	0,40		0,0157		1,041	59	0,0410		2,30		0,0906
	0,406	78	0,0160		1,05		0,0413		2,35		0,0925
	0,42		0,0165		1,067	58	0,0420		2,375	42	0,0935
	0,45		0,0177		1,092	57	0,0430		2,381		0,0938
	0,457	77	0,0180		1,10		0,0433	3/32	2,40		0,0945
	0,48		0,0189		1,15		0,0453		2,438	41	0,0960
	0,50		0,0197		1,181	56	0,0465		2,45		0,0965
	0,508	76	0,0200	3/64	1,191		0,0469		2,489	40	0,0980
	0,52		0,0205		1,20		0,0472		2,50		0,0984
	0,533	75	0,0210		1,25		0,0492		2,527	39	0,0995
	0,55		0,0217		1,30		0,0512		2,55		0,1004
	0,572	74	0,0225		1,321	55	0,0520		2,578	38	0,1015
	0,58		0,0228		1,35		0,0532		2,60		0,1024
	0,60		0,0236		1,397	54	0,0550		2,642	37	0,1040
	0,610	73	0,0240		1,40		0,0551		2,65		0,1043
	0,62		0,0244		1,45		0,0571		2,70		0,1063
	0,635	72	0,0250		1,50		0,0591		2,705	36	0,1065
	0,65		0,0256		1,511	53	0,0595		2,75		0,1083
	0,660	71	0,0260		1,55		0,0610		2,778		0,1094
	0,68		0,0268	1/16	1,588		0,0625	7/64	2,794	35	0,1100
	0,70		0,0276		1,60		0,0630		2,80		0,1102
	0,711	70	0,0280		1,613	52	0,0635		2,819	34	0,1110
	0,72		0,0283		1,65		0,0650		2,85		0,1122
	0,742	69	0,0292		1,70		0,0669		2,870	33	0,1130
	0,75		0,0295		1,702	51	0,0670		2,90		0,1142
	0,78		0,0307		1,75		0,0689		2,946	32	0,1160
	0,787	68	0,0310		1,778	50	0,0700		2,95		0,1161
1/32	0,794		0,0312		1,80		0,0709		3,00		0,1181
	0,80		0,0315		1,85		0,0728		3,048	31	0,1200
	0,813	67	0,0320		1,854	49	0,0730		3,10		0,1220
	0,82		0,0323		1,90		0,0748		3,175		0,1250
	0,838	66	0,0330		1,930	48	0,0760	1/8	3,20		0,1260
	0,85		0,0335		1,95		0,0768		3,25		0,1280
	0,88		0,0346	5/64	1,984		0,0781		3,264	30	0,1285
	0,889	65	0,0350		1,994	47	0,0785		3,30		0,1299
	0,90		0,0354		2,00		0,0787		3,40		0,1339
	0,914	64	0,0360		2,05		0,0807		3,454	29	0,1360
	0,92		0,0362		2,057	46	0,0810		3,50		0,1378

	Frac.	mm	Jauge	Pouces	Frac.	mm	Jauge	Pouces	Frac.	mm	Jauge	Pouces		
9/64	3,569	28	0,1405	7/32	5,309	4	0,2090	5/16	7,671	N	0,3020			
	3,572		0,1406		5,40		0,2126		7,70		0,3032			
	3,60		0,1417		5,410	3	0,2130		7,75		0,3051			
	3,658	27	0,1440		5,50		0,2165		7,80		0,3071			
	3,70		0,1457		5,556		0,2188		7,90		0,3110			
	3,734	26	0,1470		5,60		0,2205		7,938		0,3125			
	3,75		0,1476		5,613	2	0,2210		8,00		0,3150			
	3,797	25	0,1495		5,70		0,2244		8,026	O	0,3160			
	3,80		0,1496		5,75		0,2264		8,10		0,3189			
	3,861	24	0,1520		5,791	1	0,2280		8,20		0,3228			
	3,90		0,1535		5,80		0,2283		8,204	P	0,3230			
	5/32	3,912	23		0,1540	15/64	5,90			0,2323	21/64	8,25		0,3248
3,969			0,1562	5,944	A		0,2340	8,30		0,3268				
3,988		22	0,1570	5,953			0,2344	8,334		0,3281				
4,00			0,1575	6,00			0,2362	8,40		0,3307				
4,039		21	0,1590	6,045	B		0,2380	8,433	Q	0,3320				
4,089		20	0,1610	6,10			0,2402	8,50		0,3346				
4,10			0,1614	6,147	C		0,2420	8,60		0,3386				
4,20			0,1654	6,20			0,2441	8,611	R	0,3390				
4,216		19	0,1660	6,248	D		0,2460	8,70		0,3425				
4,25			0,1673	6,25			0,2461	8,731		0,3438				
4,30			0,1693	6,30			0,2480	8,75		0,3445				
11/64		4,305	18	0,1695	1/4		6,350	E	0,2500	11/32		8,80		0,3465
	4,366		0,1719	6,40			0,2520	8,839	S		0,3480			
	4,394	17	0,1730	6,50			0,2559	8,90			0,3504			
	4,40		0,1732	6,528		F	0,2570	9,00			0,3543			
	4,496	16	0,1770	6,60			0,2598	9,093	T		0,3580			
	4,50		0,1772	6,629		G	0,2610	9,10			0,3583			
	4,572	15	0,1800	6,70			0,2638	9,128			0,3594			
	4,60		0,1811	6,747			0,2656	9,20			0,3622			
	4,623	14	0,1820	6,75			0,2657	9,25			0,3642			
	4,70	13	0,1850	6,756		H	0,2660	9,30			0,3661			
	3/16	4,75		0,1870		17/64	6,80		0,2677		23/64	9,347	U	0,3680
		4,762		0,1875			6,90		0,2717			9,40		0,3701
4,80		12	0,1890	6,909	I		0,2720	9,50		0,3740				
4,851		11	0,1910	7,00			0,2756	9,525		0,3750				
4,90			0,1929	7,036	J		0,2770	9,576	V	0,3770				
4,915		10	0,1935	7,10			0,2795	9,60		0,3780				
4,978		9	0,1960	7,137	K		0,2810	9,70		0,3819				
5,00			0,1968	7,144			0,2812	9,75		0,3839				
5,055		8	0,1990	7,20			0,2835	9,80		0,3858				
5,10			0,2008	7,25			0,2854	9,804	W	0,3860				
13/64		5,105	7	0,2010	9/32		7,30		0,2874	3/8		9,90		0,3898
		5,159		0,2031			7,366	L	0,2900			9,922		0,3906
	5,182	6	0,2040	7,40			0,2913	10,00			0,3937			
	5,20		0,2047	7,493		M	0,2950	10,084	X		0,3970			
	5,220	5	0,2055	7,50			0,2953	10,10			0,3976			
	5,25		0,2067	7,541			0,2969	10,20			0,4016			
	5,30		0,2087	7,60		19/64	0,2992	10,25			0,4035			

Frac.	mm	Jauge	Pouces	Frac.	mm	Jauge	Pouces	Frac.	mm	Jauge	Pouces
13/32	10,262	Y	0,4040	13,70	Z	0,5394	13/16	20,638	Z	0,8125	
	10,30		0,4055	13,75		0,5413		20,75		0,8169	
	10,319		0,4062	13,80		0,5433		21,00		0,8268	
	10,40		0,4094	35/64	13,891	0,5469	53/64	21,034		0,8281	
	10,490	Z	0,4130		13,90	0,5472		21,25		0,8366	
	10,50		0,4134		14,00	0,5512	27/32	21,431		0,8438	
27/64	10,60		0,4173		14,25	0,5610		21,50		0,8465	
	10,70		0,4213	9/16	14,288	0,5625		21,75		0,8563	
	10,716		0,4219		14,50	0,5709	55/64	21,828		0,8594	
	10,75		0,4232	37/64	14,684	0,5781		22,00		0,8661	
	10,80		0,4252		14,75	0,5807	7/8	22,225		0,8750	
	10,90		0,4291		15,00	0,5906		22,25		0,8760	
7/16	11,00		0,4331	19/32	15,081	0,5938		22,50		0,8858	
	11,10		0,4370		15,25	0,6004	57/64	22,622		0,8906	
	11,112		0,4375	39/64	15,478	0,6094		22,75		0,8957	
	11,20		0,4409		15,50	0,6102		23,00		0,9055	
	11,25		0,4429		15,75	0,6201	29/32	23,019		0,9062	
	11,30		0,4449	5/8	15,875	0,6250		23,25		0,9154	
29/64	11,40		0,4488		16,00	0,6299	59/64	23,416		0,9219	
	11,50		0,4528		16,25	0,6398		23,50		0,9252	
	11,509		0,4531	41/64	16,272	0,6406		23,75		0,9350	
	11,60		0,4567		16,50	0,6496	15/16	23,812		0,9375	
	11,70		0,4606	21/32	16,669	0,6562		24,00		0,9449	
	11,75		0,4626		16,75	0,6594	161/64	24,209		0,9531	
15/32	11,80		0,4646		17,00	0,6693		24,25		0,9547	
	11,90		0,4685	43/64	17,066	0,6719		24,50		0,9646	
	11,906		0,4688		17,25	0,6791	31/32	24,606		0,9688	
	12,00		0,4724	11/16	17,462	0,6875		24,75		0,9744	
	12,10		0,4764		17,50	0,6890		25,00		0,9843	
	12,20		0,4803		17,75	0,6988	63/64	25,003		0,9844	
31/64	12,25		0,4823	45/64	17,859	0,7031		25,25		0,9941	
	12,30		0,4843		18,00	0,7087	1	25,400		1,0000	
	12,303		0,4844		18,25	0,7185		25,50		1,0039	
	12,40		0,4882	23/32	18,256	0,7188		25,75		1,0138	
1/2	12,50		0,4921		18,50	0,7283	11/64	25,797		1,0156	
	12,60		0,4961	47/64	18,653	0,7344		26,00		1,0236	
	12,70		0,5000		18,75	0,7382	11/32	26,194		1,0312	
	12,75		0,5020		19,00	0,7480		26,25		1,0335	
	12,80		0,5039	3/4	19,050	0,7500		26,50		1,0433	
33/64	12,90		0,5079		19,25	0,7579	13/64	26,591		1,0469	
	13,00		0,5118	49/64	19,447	0,7656		26,75		1,0531	
	13,097		0,5156		19,50	0,7677	11/16	26,988		1,0625	
	13,10		0,5157		19,75	0,7776		27,00		1,0630	
	13,20		0,5197	25/32	19,844	0,7812		27,25		1,0728	
	13,25		0,5217		20,00	0,7874		27,25		1,0728	
17/32	13,30		0,5236	51/64	20,241	0,7969	15/64	27,384		1,0781	
	13,40		0,5276		20,25	0,7972		27,50		1,0827	
	13,494		0,5312		20,422	0,8040		27,75		1,0925	
	13,50		0,5315		20,50	0,8071	13/32	27,781		1,0938	
	13,60		0,5354								

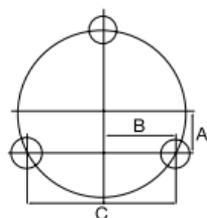
RACCORDS À CÔNES MORSE

CÔNES MORSE							
N°	0	1	2	3	4	5	6
c en %	5,205	4,988	4,995	5,020	5,194	5,263	5,214
D	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348
a	3	3,5	5	5	6,5	6,5	8
d ₁	-	M 6	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24
d ₂	6,7	9,7	14,9	20,2	26,5	38,2	54,6
l	56,5	62	75	94	117,5	149,5	210
l ₁	50	53,5	64	81	102,5	129,5	182
l ₂	52	56	67	84	107	135	188
m	-	16	24	28	32	40	50

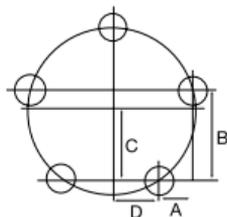


CÔNES 5 % (conicité c = 5 %)							
D	4	6	80	100	120	160	200
a	2	3	8	10	12	16	20
d ₁	-	-	M 30	M 36	M 36	M 48	M 48
d ₂	3	4,6	71,5	90	108,5	145,5	182,5
l	-	-	220	260	300	380	460
l ₁	23	32	196	232	268	340	412
l ₂	25	34	202	240	276	350	424
m	-	-	65	80	80	100	100

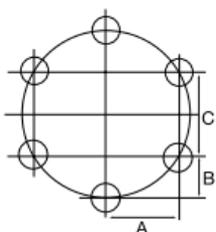
DÉTERMINATION DES COORDONNÉES DE PERÇAGE D'ALÉSAGES ÉQUIDISTANTS SELON UN CERCLE



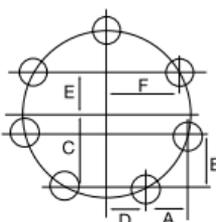
3 alésages
 $A = 0,25000$
 $B = 0,43301$
 $C = 0,86603$



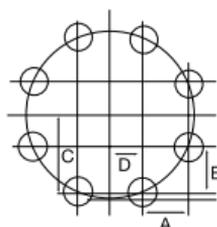
5 alésages
 $A = 0,18164$
 $B = 0,55902$
 $C = 0,40451$
 $D = 0,29389$



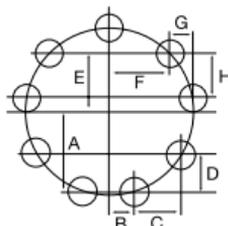
6 alésages
 $A = 0,43301$
 $B = 0,25000$
 $C = 0,50000$



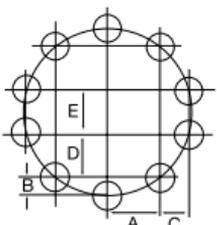
7 alésages
 $A = 0,27052$
 $B = 0,33922$
 $C = 0,45049$
 $D = 0,21694$
 $E = 0,31175$
 $F = 0,39092$



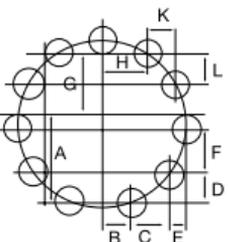
8 alésages
 $A = 0,27059$
 $B = 0,27059$
 $C = 0,46194$
 $D = 0,19134$



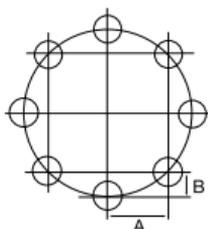
9 alésages
 $A = 0,46985$
 $B = 0,17101$
 $C = 0,26201$
 $D = 0,21985$
 $E = 0,38302$
 $F = 0,32139$
 $G = 0,17101$
 $H = 0,29620$



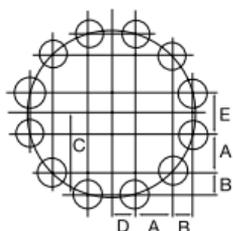
10 alésages
 $A = 0,29389$
 $B = 0,9549$
 $C = 0,18164$
 $D = 0,25000$
 $E = 0,15451$



11 alésages
 $A = 0,47975$
 $B = 0,14087$
 $C = 0,23700$
 $D = 0,15231$
 $E = 0,11704$
 $F = 0,25627$
 $G = 0,42063$
 $H = 0,27032$
 $K = 0,18449$
 $L = 0,21291$



8 alésages
 $A = 0,35355$
 $B = 0,14645$



12 alésages
 $A = 0,22415$
 $B = 0,12941$
 $C = 0,48296$
 $D = 0,12941$
 $E = 0,25882$

Pour obtenir les réglages longitudinal et transversal du chariot porte-outil de la perceuse à référentiel, afin de permettre l'usinage d'alésages équidistants selon un cercle, les constantes indiquées doivent être multipliées par le diamètre du cercle de référence correspondant.



○ Représentations commerciales

● Agences

Mitutoyo

MITUTOYO France

Paris nord 2 - 123, rue de la Belle Etoile

BP 59267 ROISSY EN FRANCE

95957 ROISSY CDG CEDEX

Tél. : +33 (0) 1 49 38 35 00

www.mitutoyo.fr