

Calculatrice et un document format A4 personnels autorisés  
 Téléphones portables interdits même éteints.  
 Réponses **justifiées** et **concises** sur ce document.  
 Qualité de la rédaction prise en compte dans la notation.  
 Answers in English authorized

/ 20

**Première Partie : MSP par la mesure**

Le service qualité décide de placer une cote critique, la longueur d'une pige, sous surveillance.

Spécification :  $L=100,05 \pm 0,05$

La cadence de production est de :  $c = 240$  pièces / heure.

On procède initialement à un prélèvement de **4 pièces toutes les 10 minutes**, usinées consécutivement, sans réglage, sans changement de lot de pièces, ni intervention d'opérateur.

N° pièce	Echantillon									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100.043	100.034	100.049	100.035	100.039	100.052	100.031	100.066	100.056	100.058
2	100.044	100.034	100.048	100.053	100.058	100.056	100.055	100.061	100.061	100.062
3	100.035	100.055	100.053	100.058	100.048	100.06	100.062	100.056	100.077	100.068
4	100.031	100.057	100.038	100.048	100.05	100.056	100.054	100.046	100.055	100.059
<b>Moyenne</b>	<b>100.038</b>	<b>100.045</b>	<b>100.047</b>	<b>100.048</b>	<b>100.049</b>	<b>100.056</b>	<b>100.050</b>	<b>100.057</b>	<b>100.062</b>	<b>100.062</b>
<b>R</b>	<b>0.013</b>	<b>0.023</b>	<b>0.015</b>	<b>0.023</b>	<b>0.019</b>	<b>0.008</b>	<b>0.031</b>	<b>0.020</b>	<b>0.022</b>	<b>0.010</b>
		<b>100.052</b>								
		<b>0.0107</b>								
		<b>0.0184</b>								

1. La mesure a été réalisée à l'aide d'un micromètre de résolution 0,001 mm. Une étude GR&R, réalisée avec 3 opérateurs et 10 pièces représentatives, a permis d'obtenir les résultats suivants :
- AV%=18% (appraiser variation)
  - EV%=13% (équipement variation)
  - GRR%=22%

La limite acceptable de GRR% est égale à 20%. Proposer un plan d'action.

/1

*Pour la suite on suppose les mesures validées et la distribution normale.*

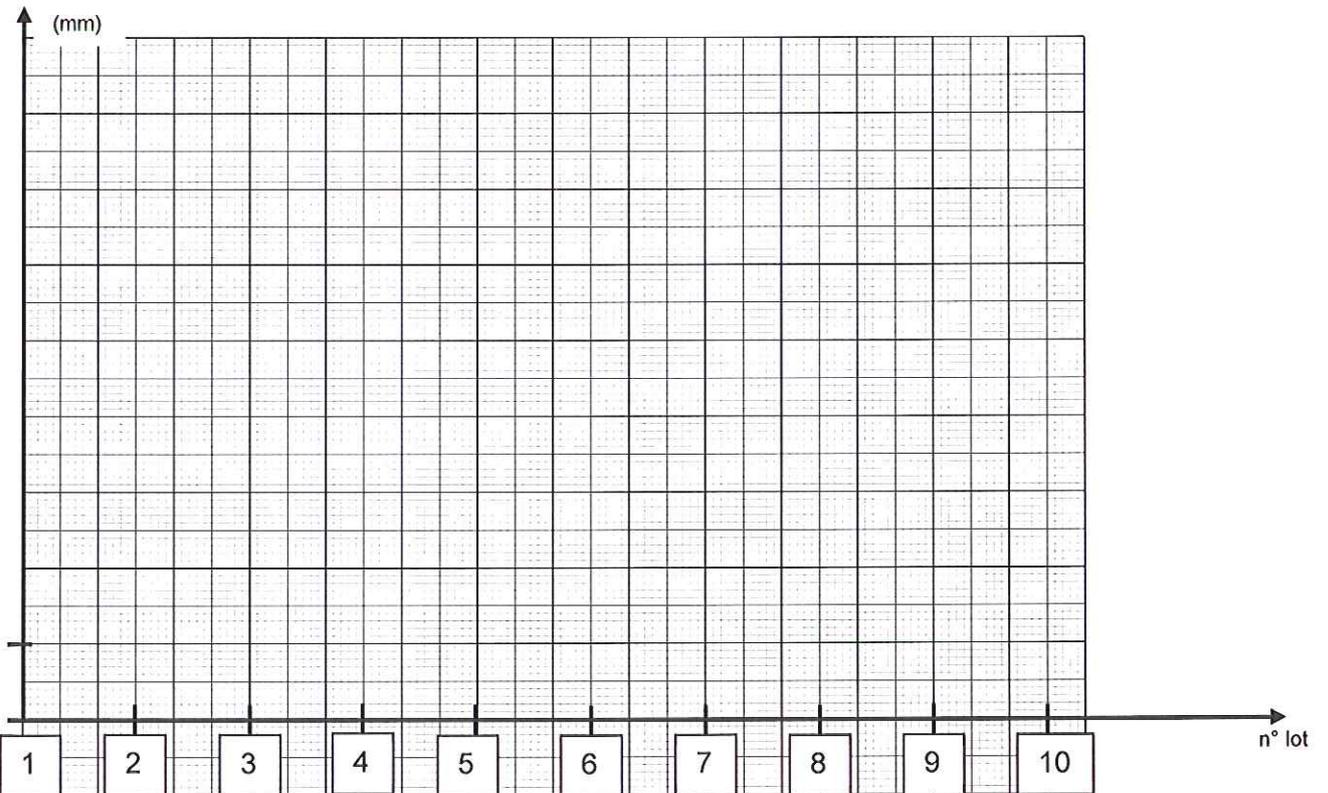
2. Calculer l'écart-type à court terme  $\sigma_{CT}$  moyen des 10 échantillons.

/1

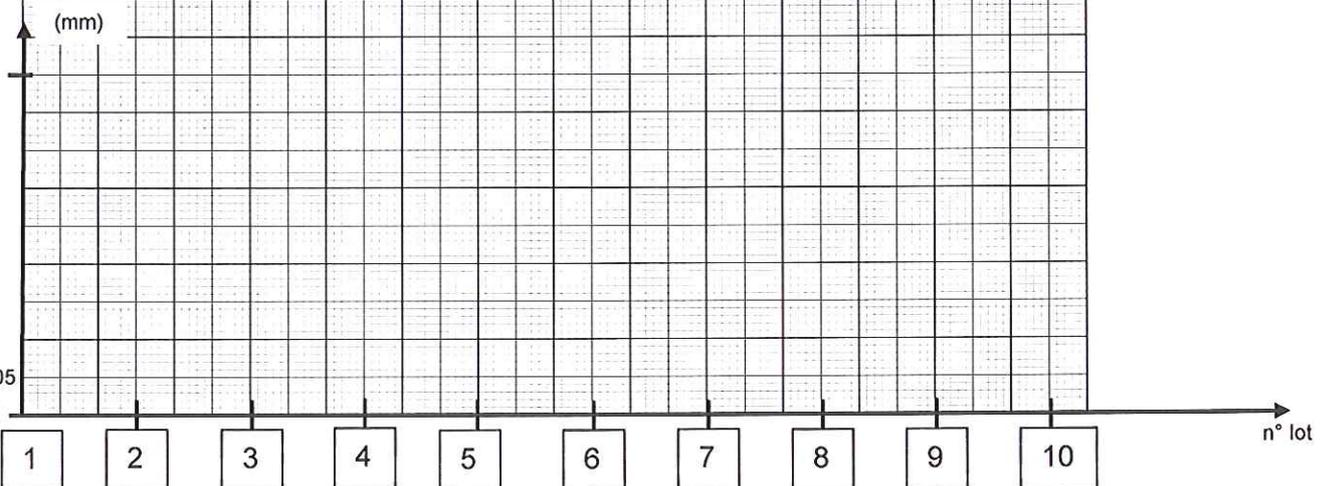
3. Calculer les limites inférieures et supérieures de contrôle de la moyenne ( ) et de l'étendue ( )

1/2

4. Représenter ci-dessous les cartes de contrôle de la moyenne et de l'étendue.



1/2



1/2

5. Analyser les cartes de contrôle.

12

6. Etude des capabilités

Calculer et analyser les capabilités intrinsèques et de centrage à court et long terme,  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$ ,  $P_{pk}$ .

13

7. Déterminer le TNC (Taux de Non-Conformité) espéré à long terme pour ces conditions d'échantillonnage.

12

8. La tendance linéaire d'évolution de la moyenne peut s'exprimer par l'équation :  
 $y=0,0024x+100,04$

/1

Tracer cette droite sur la carte de contrôle de la moyenne.

9. Déterminer l'usure moyenne par pièce.

/2

10. On tolère un dérèglement sur la moyenne de  $\pm 5\%$  de l'IT autour de la cible.  
Déterminer la durée de production entre 2 réglages.

/2

11. Calculer le TNC (Taux de Non-Conformité) espéré d'une telle production, sur le long terme, pour ces nouvelles conditions d'échantillonnage (la dispersion globale est supposée inchangée).

/2

## Deuxième Partie : MSP par attribut

Un contrôle visuel en fin d'assemblage est réalisé sur un produit. Dès qu'un défaut est détecté (bosse, rayure, teinte peinture non conforme, conditionnement détérioré...), le produit est déclaré non-conforme. Il est à noter que le service qualité n'est pas toujours informé correctement des actions entreprises en production.

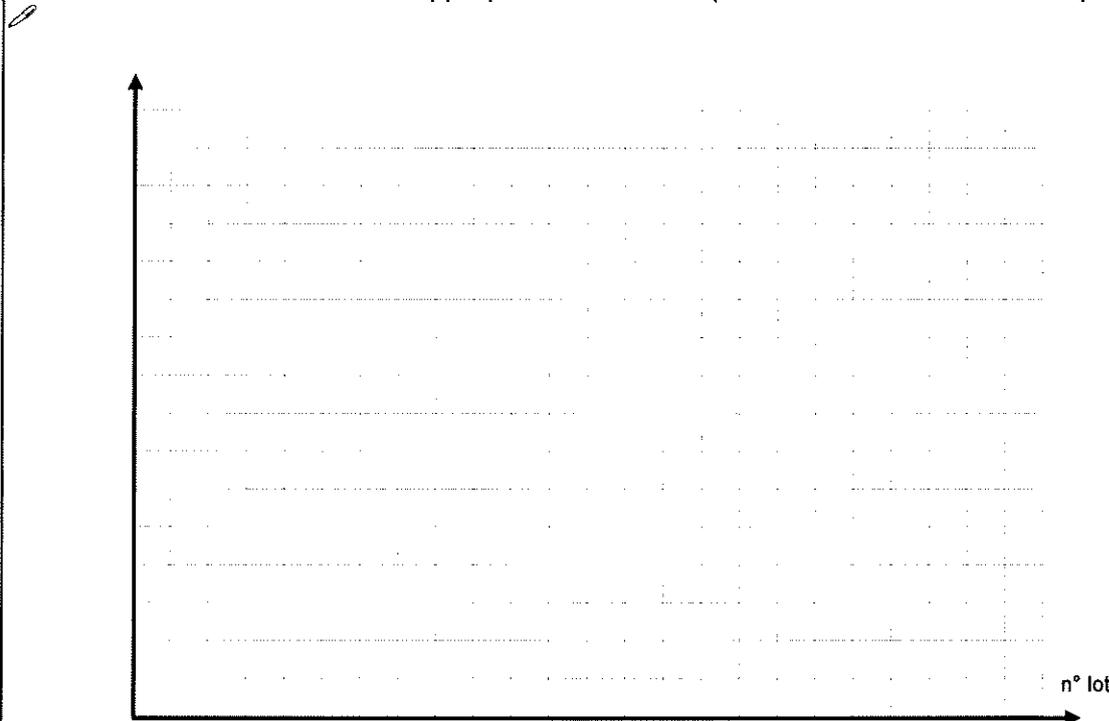
Ce produit est livré par lot de 150.

Le relevé du nombre de non-conformes par lot est donné ci-dessous :

n° lot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
nb non-conformes	12	13	10	11	14	12	4	5	3	6	3	5	4	2	5	6	3	5	4	4

Soit 6,55 produits non-conformes par lot en moyenne.

1. Choisir la carte de contrôle appropriée et la tracer (sans les limites de contrôle pour l'instant).



1/2

2. Analyser le tracé

1/2

3. Déterminer les limites de contrôle à partir desquelles la maîtrise du processus sera étudiée par la suite, et les tracer sur la carte ci-dessus.

1/4

### Troisième Partie : Plans d'expériences

**Objectif :** Déterminer la configuration optimale d'un procédé de montage de Circuit Intégré.

**Données :**

L'objectif est de maximiser la résistance d'adhésion lors du montage d'un circuit intégré sur un support en verre métallisé.

La réponse est une longueur d'adhésion, que l'on souhaite la plus grande possible.

Les facteurs et les niveaux fixés sont les suivants :

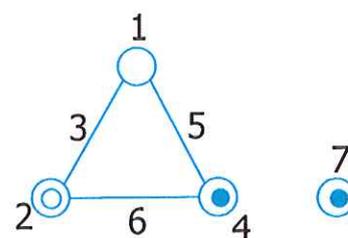
Facteurs		Niveaux		Difficulté à régler
		1	2	
A	Type de colle	D2A	H-1E	++
B	Matériau conducteur	Cu	Ni	+++
C	Temps de chauffe à 90°C	90 min	120 min	+
D	Revêtement final Circuit Imprimé	Sn	Ag	++++

Les interactions retenues sont :

AB	Type de colle / Matériau conducteur
AC	Type de colle / Temps de chauffe
BC	Matériau conducteur / Temps de chauffe

**Matrice d'essais :**

N° essai	1	2	3	4	5	6	7	Résultat
	B	A		C			D	
1	1	1	1	1	1	1	1	33,11
2	1	1	1	2	2	2	2	39,92
3	1	2	2	1	1	2	2	37,65
4	1	2	2	2	2	1	1	36,74
5	2	1	2	1	2	1	2	37,74
6	2	1	2	2	1	2	1	34,93
7	2	2	1	1	2	2	1	33,57
8	2	2	1	2	1	1	2	40,82
								36,81



1. Indiquer le nombre d'essais que l'on aurait du faire pour réaliser un plan factoriel complet

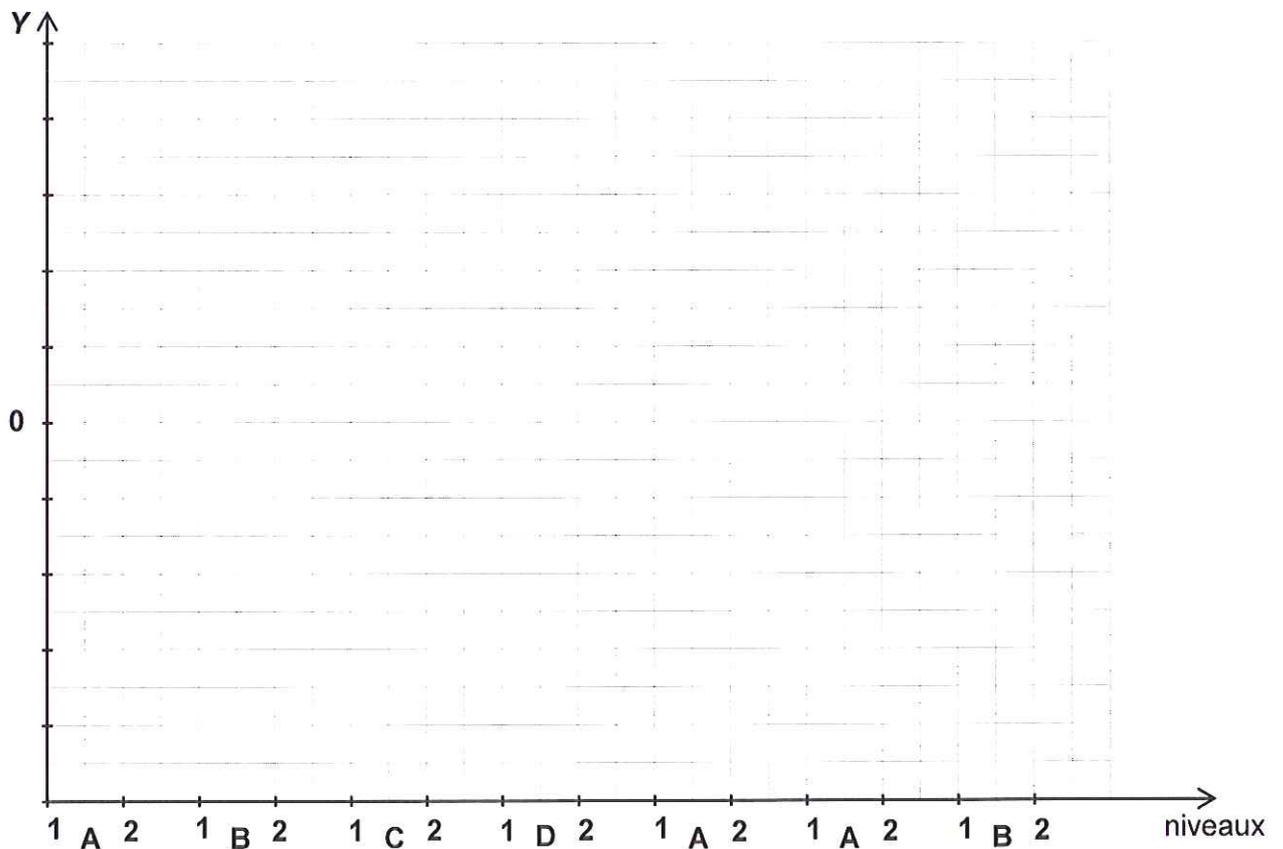
11

2. Expliquer en quoi cette affectation de facteurs aux colonnes permet de réduire le temps total d'expérimentation.

11

3. On donne :  
 $EA1 = -0.385$  ;  $EA2 = 0.385$   
 $EB1 = 0.045$  ;  $EB2 = -0.045$   
 Calculer les effets simples de C et D, puis représenter et commenter tous les effets.

13



12

4. On donne :  
 $IA1B1 = IA2B2 = 0,045$  ;  $IA2B1 = IA1B2 = -0.045$   
 $IA1C1 = IA2C2 = 0,292$  ;  $IA2C1 = IA1C2 = -0.292$   
 Calculer les effets de l'interaction BC, puis représenter (sur le graphe ci-dessus) et commenter les effets de toutes les interactions.

12

La réponse espérée s'exprime par :  $Y \sim +E_A + E_B + E_C + E_D + I_{AB} + I_{AC} + I_{BC}$   
Proposer une configuration de niveaux de facteurs permettant d'obtenir l'objectif



12

5. Un essai de confirmation est réalisé avec la configuration des niveaux de facteurs optimum; on obtient comme réponse 41,17 mm; conclure.



12

Limites de cartes de contrôle

Cartes de contrôle	Ligne centrale	LSC	LIC	Estimation de l'écart-type
$\bar{X}$	$\bar{\bar{X}} = \sum \frac{\bar{X}_j}{k}$	$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$	$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$	$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}$
$\bar{X}$	$\bar{\bar{X}} = \sum \frac{\bar{X}_j}{k}$	$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s}$	$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s}$	$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4}$
$X$	$\bar{X} = \sum \frac{X_i}{k}$	$LSC_X = \bar{X} + E_2 \bar{R}_{EM}$	$LIC_X = \bar{X} - E_2 \bar{R}_{EM}$	$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}_{EM}}{d_2}$
$R_{EM}$	$\bar{R}_{EM} = \sum \frac{R_{EMi}}{k-1}$	$LSC_{R_{EM}} = D_4 \bar{R}_{EM}$	$LIC_{R_{EM}} = D_3 \bar{R}_{EM}$	

Coefficients

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$c_4$	0,798	0,886	0,921	0,940	0,951	0,959	0,965	0,969	0,973
$d_2$	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078
$A_2$	1,88	1,023	0,729	0,577	0,483	0,419	0,373	0,337	0,308
$B_3$	0	0	0	0	0,030	0,118	0,185	0,239	0,284
$B_4$	3,267	2,568	2,266	2,089	1,970	1,882	1,815	1,761	1,716
$D_3$	0	0	0	0	0	0,076	0,136	0,184	0,223
$D_4$	3,267	2,575	2,282	2,115	2,004	1,924	1,864	1,816	1,777

cartes de contrôle par attributs

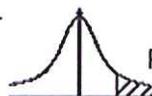
	Produits non conformes	Non-conformités
Nombre (échantillon de taille constante)	Carte np	Carte c
Proportion (échantillon de taille non nécessairement constante)	Carte p	Carte u

Carte	Limite supérieure	Limite inférieure
np	$LSC_{np} = \bar{np} + 3\sqrt{np(1-\bar{p})}$	$LIC_{np} = \bar{np} - 3\sqrt{np(1-\bar{p})}$

$$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{k} = \frac{\text{nb total de non-conformes}}{\text{nb d' échantillons}}$$

$$\bar{p} = \frac{\bar{np}}{n}$$

Table de la loi normale centrée réduite



Probabilité de trouver une valeur supérieure à z

z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0	5,00E-01	4,96E-01	4,92E-01	4,88E-01	4,84E-01	4,80E-01	4,76E-01	4,72E-01	4,68E-01	4,64E-01
0,1	4,60E-01	4,56E-01	4,52E-01	4,48E-01	4,44E-01	4,40E-01	4,36E-01	4,33E-01	4,29E-01	4,25E-01
0,2	4,21E-01	4,17E-01	4,13E-01	4,09E-01	4,05E-01	4,01E-01	3,97E-01	3,94E-01	3,90E-01	3,86E-01
0,3	3,82E-01	3,78E-01	3,74E-01	3,71E-01	3,67E-01	3,63E-01	3,59E-01	3,56E-01	3,52E-01	3,48E-01
0,4	3,45E-01	3,41E-01	3,37E-01	3,34E-01	3,30E-01	3,26E-01	3,23E-01	3,19E-01	3,16E-01	3,12E-01
0,5	3,09E-01	3,05E-01	3,02E-01	2,98E-01	2,95E-01	2,91E-01	2,88E-01	2,84E-01	2,81E-01	2,78E-01
0,6	2,74E-01	2,71E-01	2,68E-01	2,64E-01	2,61E-01	2,58E-01	2,55E-01	2,51E-01	2,48E-01	2,45E-01
0,7	2,42E-01	2,39E-01	2,36E-01	2,33E-01	2,30E-01	2,27E-01	2,24E-01	2,21E-01	2,18E-01	2,15E-01
0,8	2,12E-01	2,09E-01	2,06E-01	2,03E-01	2,00E-01	1,98E-01	1,95E-01	1,92E-01	1,89E-01	1,87E-01
0,9	1,84E-01	1,81E-01	1,79E-01	1,76E-01	1,74E-01	1,71E-01	1,69E-01	1,66E-01	1,64E-01	1,61E-01
1	1,59E-01	1,56E-01	1,54E-01	1,52E-01	1,49E-01	1,47E-01	1,45E-01	1,42E-01	1,40E-01	1,38E-01
1,1	1,36E-01	1,33E-01	1,31E-01	1,29E-01	1,27E-01	1,25E-01	1,23E-01	1,21E-01	1,19E-01	1,17E-01
1,2	1,15E-01	1,13E-01	1,11E-01	1,09E-01	1,07E-01	1,06E-01	1,04E-01	1,02E-01	1,00E-01	9,85E-02
1,3	9,68E-02	9,51E-02	9,34E-02	9,18E-02	9,01E-02	8,85E-02	8,69E-02	8,53E-02	8,38E-02	8,23E-02
1,4	8,08E-02	7,93E-02	7,78E-02	7,64E-02	7,49E-02	7,35E-02	7,21E-02	7,08E-02	6,94E-02	6,81E-02
1,5	6,68E-02	6,55E-02	6,43E-02	6,30E-02	6,18E-02	6,06E-02	5,94E-02	5,82E-02	5,71E-02	5,59E-02
1,6	5,48E-02	5,37E-02	5,26E-02	5,16E-02	5,05E-02	4,95E-02	4,85E-02	4,75E-02	4,65E-02	4,55E-02
1,7	4,46E-02	4,36E-02	4,27E-02	4,18E-02	4,09E-02	4,01E-02	3,92E-02	3,84E-02	3,75E-02	3,67E-02
1,8	3,59E-02	3,51E-02	3,44E-02	3,36E-02	3,29E-02	3,22E-02	3,14E-02	3,07E-02	3,01E-02	2,94E-02
1,9	2,87E-02	2,81E-02	2,74E-02	2,68E-02	2,62E-02	2,56E-02	2,50E-02	2,44E-02	2,39E-02	2,33E-02
2	2,28E-02	2,22E-02	2,17E-02	2,12E-02	2,07E-02	2,02E-02	1,97E-02	1,92E-02	1,88E-02	1,83E-02
2,1	1,79E-02	1,74E-02	1,70E-02	1,66E-02	1,62E-02	1,58E-02	1,54E-02	1,50E-02	1,46E-02	1,43E-02
2,2	1,39E-02	1,36E-02	1,32E-02	1,29E-02	1,25E-02	1,22E-02	1,19E-02	1,16E-02	1,13E-02	1,10E-02
2,3	1,07E-02	1,04E-02	1,02E-02	9,90E-03	9,64E-03	9,39E-03	9,14E-03	8,89E-03	8,66E-03	8,42E-03
2,4	8,20E-03	7,98E-03	7,76E-03	7,55E-03	7,34E-03	7,14E-03	6,95E-03	6,76E-03	6,57E-03	6,39E-03
2,5	6,21E-03	6,04E-03	5,87E-03	5,70E-03	5,54E-03	5,39E-03	5,23E-03	5,08E-03	4,94E-03	4,80E-03
2,6	4,66E-03	4,53E-03	4,40E-03	4,27E-03	4,15E-03	4,02E-03	3,91E-03	3,79E-03	3,68E-03	3,57E-03
2,7	3,47E-03	3,36E-03	3,26E-03	3,17E-03	3,07E-03	2,98E-03	2,89E-03	2,80E-03	2,72E-03	2,64E-03
2,8	2,56E-03	2,48E-03	2,40E-03	2,33E-03	2,26E-03	2,19E-03	2,12E-03	2,05E-03	1,99E-03	1,93E-03
2,9	1,87E-03	1,81E-03	1,75E-03	1,69E-03	1,64E-03	1,59E-03	1,54E-03	1,49E-03	1,44E-03	1,39E-03
3	1,35E-03	1,31E-03	1,26E-03	1,22E-03	1,18E-03	1,14E-03	1,11E-03	1,07E-03	1,04E-03	1,00E-03
3,1	9,68E-04	9,35E-04	9,04E-04	8,74E-04	8,45E-04	8,16E-04	7,89E-04	7,62E-04	7,36E-04	7,11E-04
3,2	6,87E-04	6,64E-04	6,41E-04	6,19E-04	5,98E-04	5,77E-04	5,57E-04	5,38E-04	5,19E-04	5,01E-04
3,3	4,83E-04	4,66E-04	4,50E-04	4,34E-04	4,19E-04	4,04E-04	3,90E-04	3,76E-04	3,62E-04	3,49E-04
3,4	3,37E-04	3,25E-04	3,13E-04	3,02E-04	2,91E-04	2,80E-04	2,70E-04	2,60E-04	2,51E-04	2,42E-04
3,5	2,33E-04	2,24E-04	2,16E-04	2,08E-04	2,00E-04	1,93E-04	1,85E-04	1,78E-04	1,72E-04	1,65E-04
3,6	1,59E-04	1,53E-04	1,47E-04	1,42E-04	1,36E-04	1,31E-04	1,26E-04	1,21E-04	1,17E-04	1,12E-04
3,7	1,08E-04	1,04E-04	9,96E-05	9,57E-05	9,20E-05	8,84E-05	8,50E-05	8,16E-05	7,84E-05	7,53E-05
3,8	7,23E-05	6,95E-05	6,67E-05	6,41E-05	6,15E-05	5,91E-05	5,67E-05	5,44E-05	5,22E-05	5,01E-05
3,9	4,81E-05	4,61E-05	4,43E-05	4,25E-05	4,07E-05	3,91E-05	3,75E-05	3,59E-05	3,45E-05	3,30E-05
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,17E-05	2,07E-05	1,33E-05	8,54E-06	5,41E-06	3,40E-06	2,11E-06	1,30E-06	7,93E-07	4,79E-07
5	2,87E-07	1,70E-07	9,96E-08	5,79E-08	3,33E-08	1,90E-08	1,07E-08	5,99E-09	3,32E-09	1,82E-09
6	9,87E-10	5,30E-10	2,82E-10	1,49E-10	7,77E-11	4,02E-11	2,06E-11	1,04E-11	5,23E-12	2,60E-12

