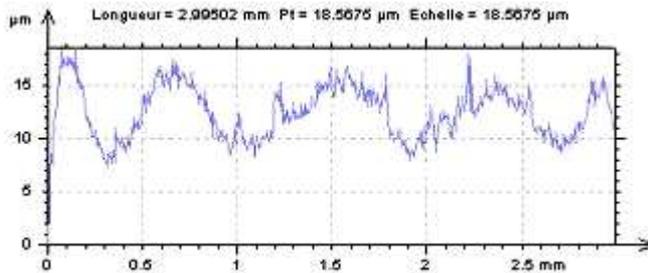


LES ÉTATS DE SURFACE



Objectifs :

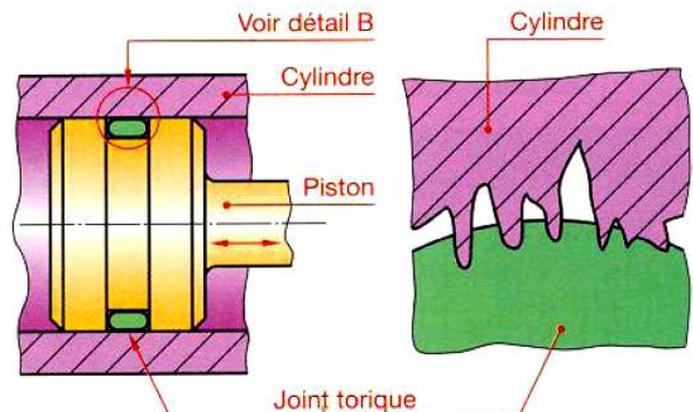
- Généralités (surface d'un corps, surface nominale, spécifiée, réelle et mesurée)
- Les défauts du premier au quatrième ordre
- Écart moyen arithmétique Ra
- Indication d'un état de surface
- Coût relatif d'un usinage en fonction de l'état de surface
- Fonctions et états de surface

L'aptitude d'une pièce, à une fonction donnée, dépend d'un ensemble de conditions, notamment des caractéristiques de ses états de surface.

Par exemple, la figure 1 montre que l'étanchéité et l'usure du joint sont essentiellement fonction de l'état de surface de l'alésage du cylindre.

Un joint torique est un joint en forme de tore (tube courbé refermé sur lui-même). Son utilisation peut être statique ou dynamique.

1 Ensemble partiel de vérin



GÉNÉRALITÉS

Surface d'un corps : c'est le lieu des points qui délimitent une portion de l'espace. La surface d'une pièce est composée d'une ou plusieurs surfaces élémentaires. Par exemple, pour la pièce (figure 2) on distingue :

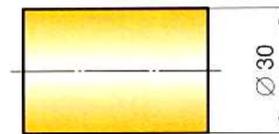
- une surface cylindrique ;
- deux surfaces planes.

Surface nominale : c'est une surface parfaite, elle est définie géométriquement par des cotes nominales. Par exemple, pour la surface cylindrique : $\varnothing 30$.

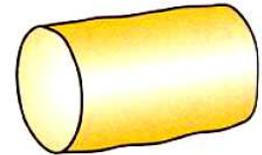
Surface spécifiée : c'est la surface géométrique affectée des tolérances de fabrication.

Surface réelle : c'est la surface qui résulte des procédés de fabrication, la figure 2 montre (en amplifiant les défauts) que la surface réelle diffère sensiblement de la surface nominale.

2 Surface nominale



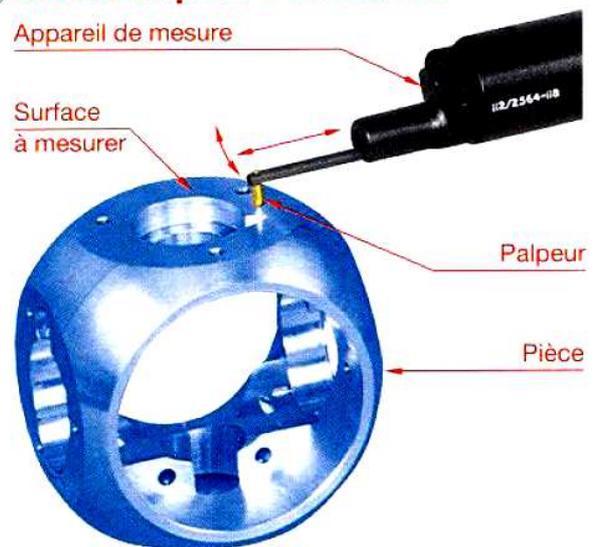
Surface réelle



3 Mesure du profil d'une surface

Appareil de mesure

Surface à mesurer



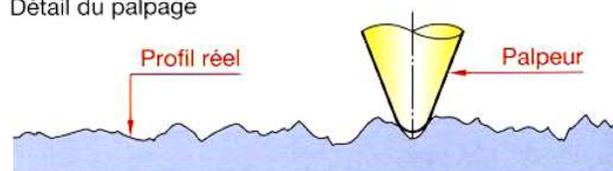
Palpeur

Pièce

Surface mesurée : la surface mesurée est le résultat de l'exploration, à l'aide des instruments de mesure, de la surface réelle. Par exemple, avec l'appareil (rugosimètre) représenté en figure 3, il arrive que le palpeur ne touche pas le fond de la surface réelle. C'est ce qui explique, en partie, la différence entre la surface réelle et la surface mesurée. Les divers types d'instruments et les différentes techniques de mesure, peuvent donner à partir d'une même surface réelle, des surfaces mesurées dissemblables. C'est pourquoi il est nécessaire d'indiquer sur le plan ou sur le cahier des charges :

- l'appareil de mesure choisi ;
- les conditions d'exécution du contrôle.

Détail du palpéage



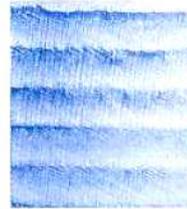
Profil réel

Palpeur

Une autre méthode de contrôle consiste à comparer la surface à contrôler à un échantillon de surface correspondant à la valeur exigée et au procédé de fabrication utilisé (figure 4).

4 Plaquettes d'échantillons viso-tactiles

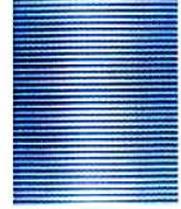
Fraisage en roulant
ou de profil



Fraisage en bout
ou de face



Tournage



ANALYSE D'UNE SURFACE

Si l'on coupe normalement une surface par un plan, on obtient une courbe appelée :

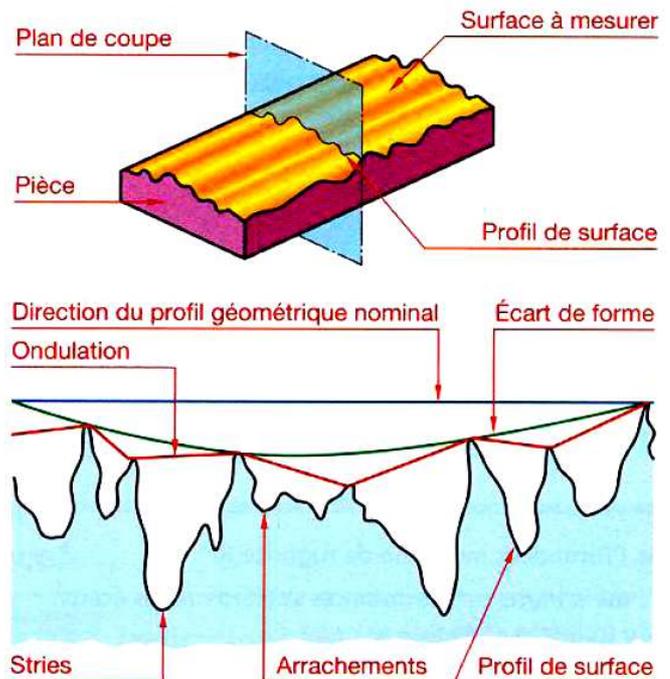
« **profil de surface** ».

C'est à partir de ce profil que l'on analyse les différents défauts de la surface. On classe les défauts géométriques en quatre ordres de grandeur.

Défauts du premier ordre : ce sont des défauts de forme. Par exemple, écart de rectitude, écart de circularité,...

Défauts du deuxième ordre : c'est une ligne ondulée. Elle est caractérisée par une ligne enveloppe supérieure.

La distance d'irrégularité entre deux sommets est comprise entre 0,5 et 2,5 mm environ.



Remarque : les profils représentés sont anamorphosés : échelles horizontales et verticales différentes

Défauts du troisième et quatrième ordre : ils caractérisent la rugosité de la surface. Les défauts du troisième ordre sont constitués par des stries ou sillons. La distance entre deux sillons est comprise entre 0,02 et 0,5 mm environ.

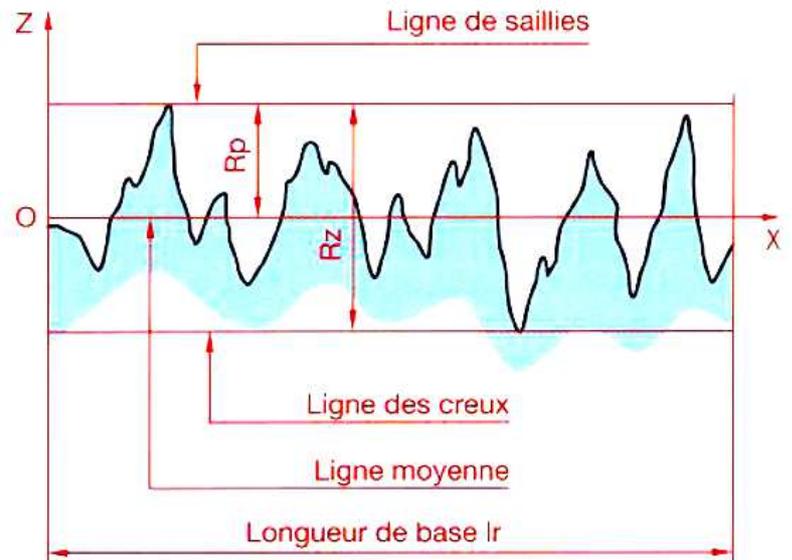
Les défauts du quatrième ordre sont des défauts apériodiques constitués par des arrachements, fentes, ... La distance entre deux pics de ces irrégularités est inférieure ou égale à 20 µm.

PARAMÈTRES LIÉS À LA LIGNE MOYENNE

- Écart moyen arithmétique du profil Ra

Ra est égal à la moyenne arithmétique, calculée sur la longueur de base, de la valeur absolue de l'ordonnée **z** en chaque point du profil et l'axe **OX**.

$$Ra \equiv \frac{|z_1| + \dots + |z_n|}{n}$$



- Hauteur maximale du profil Rz

C'est la distance entre la ligne des saillies et la ligne des creux.

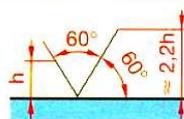
- Hauteur maximale des saillies Rp

C'est la distance entre la ligne des saillies et la ligne des moyennes.

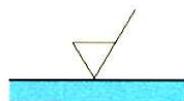
INDICATION D'UN ÉTAT DE SURFACE

Symboles de base

Surface prise en considération.
Ce symbole ne spécifie aucune exigence pour l'état de surface.



Surface à usiner par enlèvement de matière, sans spécification d'exigence pour l'état de surface.



Surface où l'enlèvement de matière est interdit, sans spécification d'exigence pour l'état de surface.

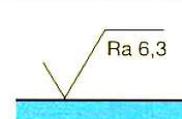


REMARQUE

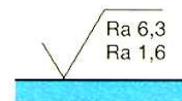
Sur les dessins d'opérations de fabrication, ce troisième symbole peut être employé seul. On spécifie ainsi que la surface doit rester dans l'état obtenu lors d'une précédente opération, qu'il y ait eu ou non enlèvement de matière.

Indications de l'état de surface

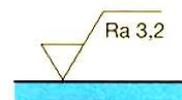
L'état de surface Ra de limite supérieure 6,3 µm peut être obtenu par un procédé d'élaboration quelconque (enlèvement de matière par usinage facultatif).



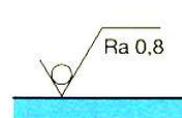
L'écart moyen arithmétique du profil Ra doit être compris entre une limite supérieure de 6,3 µm et une limite inférieure de 1,6 µm.



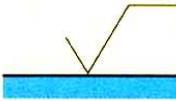
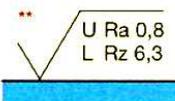
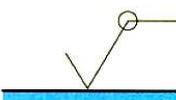
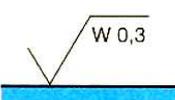
L'état de surface Ra de limite supérieure 3,2 µm doit obligatoirement être obtenu par usinage.



L'état de surface Ra de limite supérieure 0,8 µm doit être obtenu par un procédé sans enlèvement de matière.



Symboles de base

<p>Surface avec spécifications d'exigence complémentaires pour l'état de surface.</p> 	<p>L'état de surface doit respecter deux paramètres de rugosité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ra limite supérieure 0,8 µm, - Rz limite inférieure 6,3 µm. 	<p>**</p> 
<p>L'état de surface est le même pour toutes les surfaces de la pièce.</p> 	<p>La profondeur moyenne d'ondulation du profil W doit être au maximum de 0,3 µm.</p>	

* Ces indications sont relatives aux écarts admissibles des 2^e, 3^e et 4^e ordre.
 ** Afin d'éviter toute ambiguïté, quand les limites supérieures et inférieures sont exprimées au moyen de deux paramètres différents, on fait précéder la spécification de la lettre U pour la limite supérieure et de la lettre L pour la limite inférieure.

Coût relatif d'un usinage en fonction de l'état de surface*

Usinage	État de surface	Coût relatif
Pas d'usinage – État brut	Ra 12,5	1
Usinage ordinaire	Ra 3,2	5
Usinage fin	Ra 0,8	12
Polissage	Ra 0,2	50

* Valeurs données à titre indicatif

FONCTIONS ET ÉTATS DE SURFACE

- Voir page suivante.

3. PROTOTYPAGE DE PIÈCES

3.2 Essais, mesures et validation

Conformité dimensionnelle et géométrique des pièces

Surface	Fonction	Condition	Exemples d'application	Ra*	R*	W*
Avec déplacements relatifs	Frottement de glissement (1)	Moyenne	Coussinets – Portées d'arbres	0,8	2	≤ 0,8R
		Difficile	Glissières de machines-outils	0,4	1	
	Frottement de roulement (2)	Moyenne	Galets de roulement	0,4	1	≤ 0,3R
		Difficile	Chemins de roulements à billes	0,02	0,06	
	Résistance au matage**	Moyenne	Cames de machines automatiques	0,4	1	-
		Difficile	Extrémités de tiges de poussée	0,10	0,25	
	Frottement fluide	Moyenne	Conduits d'alimentation	6,3	16	-
		Difficile	Gicleurs	0,2	0,5	
	Étanchéité dynamique (3)	Moyenne	Portées pour joints toriques	0,4	1	≤ 0,6R
		Difficile	Portées pour joints à lèvres	0,3	0,8	
Avec assemblage fixe	Étanchéité statique (3)	Moyenne	Surfaces d'étanchéité avec joint plat	1,6	4	≤ R
		Difficile	Surfaces d'étanchéité glacées – sans joint	0,1	0,25	
	Assemblage fixe (contraintes faibles)	Moyenne	Portées et centrages de pièces fixes démontables	3,2	10	-
		Difficile	Portées et centrages précis	1,6	4	
	Ajustement fixe avec contraintes	Moyenne	Portées de coussinets	1,6	4	-
		Difficile	Portées de roulements	0,8	2	
Adhérence (collage)	-	Constructions collées	1,6 à 3,2	2 à 10	-	
Sans contrainte	Dépôt électrolytique	-	Indiquer la rugosité exigée par la fonction, après dépôt	0,1 à 3,2	0,25 à 10	-
	Mesure	Moyenne	Faces de calibres d'atelier	0,1	0,25	≤ R
	Revêtement (peinture)	-	Carrosseries d'automobiles	≥ 3,2	≥ 10	-
Avec contrainte	Résistance aux efforts alternés	Moyenne	Alésages de chapes de vérin	1,6	4	-
		Difficile	Barres de torsion	0,8	2	-
	Outils coupants (arête)	Moyenne	Outils en acier rapide	0,4	1	-
		Difficile	Outils en carbure	0,2	0,5	-

* Valeurs données à titre indicatif

** Refoulement plastique d'un matériau soumis à la pression