

États de surface

Définitions et notations,
mesurage, influence du procédé
de fabrication, rectification

Dr. S. Soubielle



Dans ce cours, nous allons...



... Définir les paramètres d'état de surface

- ... Influence du procédé de fabrication
- ... Quantification de l'état de surface
- ... Mesurage de l'état de surface

... Lister les valeurs de référence d'état de surface

- ... Pour les principaux types de procédés
- ... Avec un focus sur la rectification mécanique

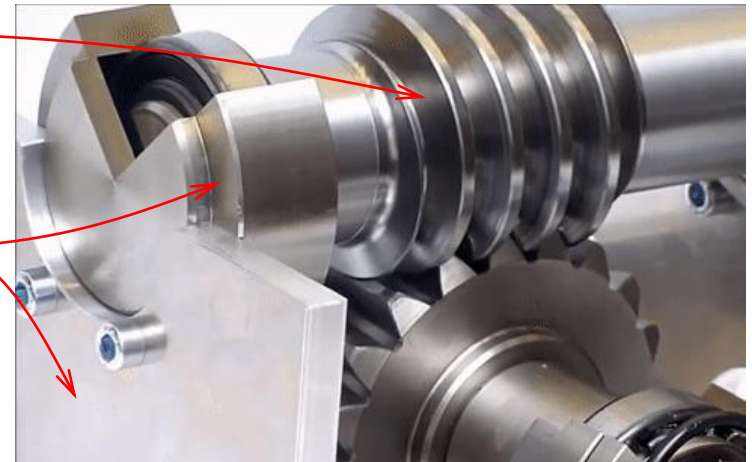
... Définir la manière de spécifier les états de surface sur un plan

- ... Etat de surface général / local
- ... Spécification du type de procédé

Etat de surface et fonction technique

- **Constat**

- Pas besoin de la même qualité de surface partout
- Dépend des fonction techniques à satisfaire
 - Contact + mouvement relatif (roulement et/ou glissement)
→ Qualité élevée requise
 - Ø contact ou contact statique
→ Qualité de surface basse ok



- **Quantification et contrôle**

- Comment quantifier une qualité d'état de surface ?
- Comment contrôler la qualité de surface lors de la fabrication ?

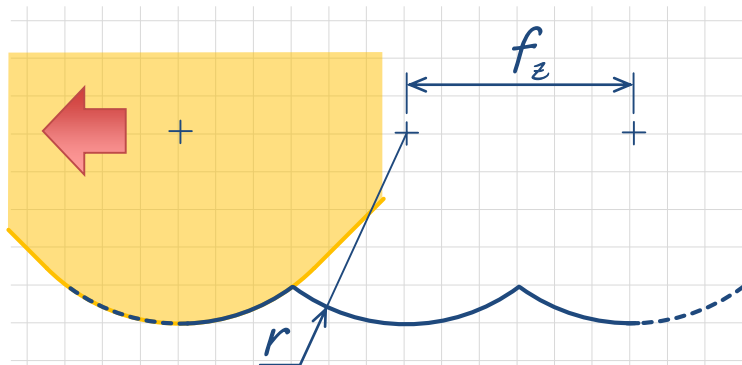
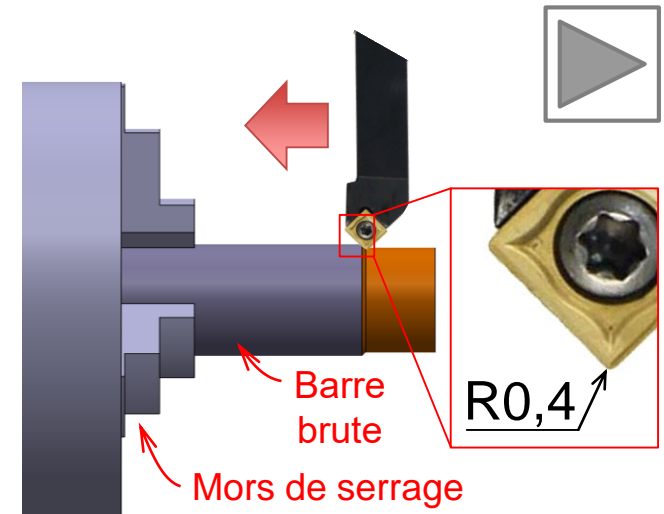
Retour sur l'usinage

• Exercice de mise en situation



L'outil de coupe utilisé pour réaliser l'opération de chariotage ci-contre a un rayon de pointe $r = 0,4 \text{ mm}$.

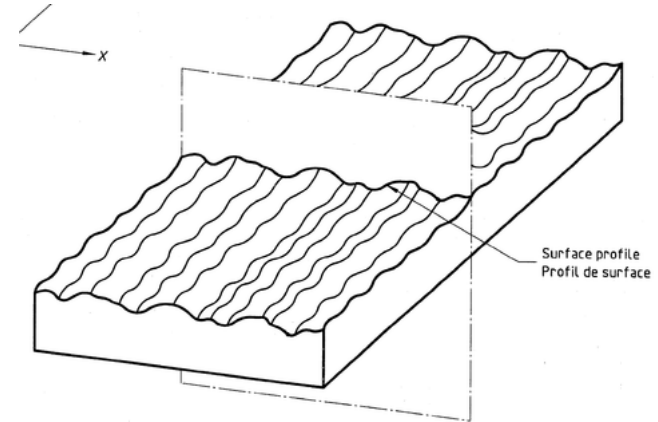
1. Quelle est la hauteur des stries si l'avance par tour $f_z = 0,3 \text{ mm}$?
2. Quelle valeur de f_z doit-on imposer pour obtenir une hauteur de stries de $10 \mu\text{m}$?



Quantification de l'état de surface (1/3)

- **Profil de rugosité**

- Mesure topographique des défaut de surface réels
= « profil de rugosité »
- Mesure faite sur un échantillon de la surface selon une direction de mesure définie



normes ISO 4287:1997, Fig. 2

- **Rugosimètre**

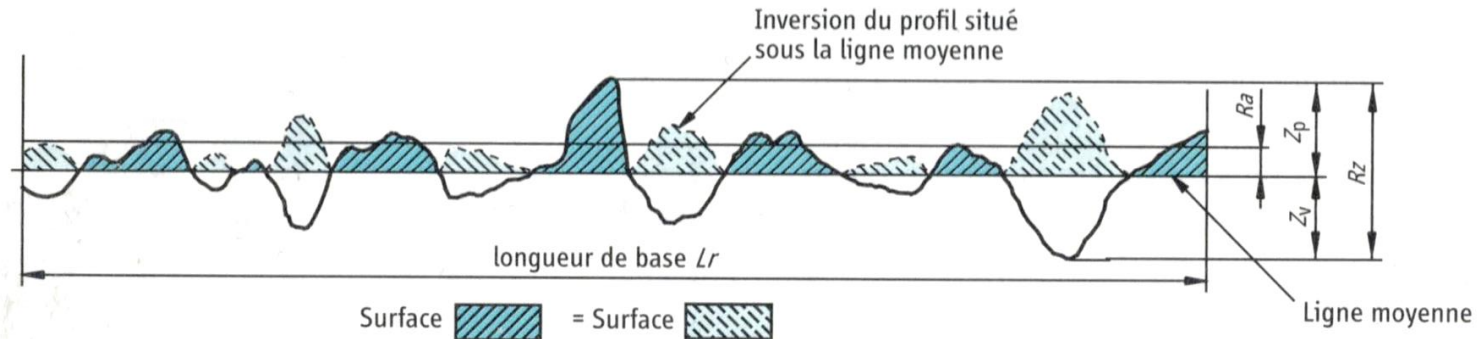
- Scanne le profil de rugosité
- Calcule les paramètres normalisés d'état de surface



<https://www.youtube.com/watch?v=s7rrlhEikg4>

Quantification de l'état de surface (2/3)

• Profil de rugosité et paramètres normalisés



© Extrait de Normes 2018, p. 88, Fig. 88/3

Hauteur maximale du profil R_z

= Hauteur de saillie Z_p + profondeur de creux Z_v

→ Souvent utilisée pour spécifier des surfaces avec contact frottant

Écart moyen arithmétique R_a (« average roughness »)

= Surface bleue / longueur de mesure

→ Critère le plus souvent utilisé

--> pas d'indication des écarts max avec R_a

Quantification de l'état de surface (3/3)

• Classes de rugosité ISO

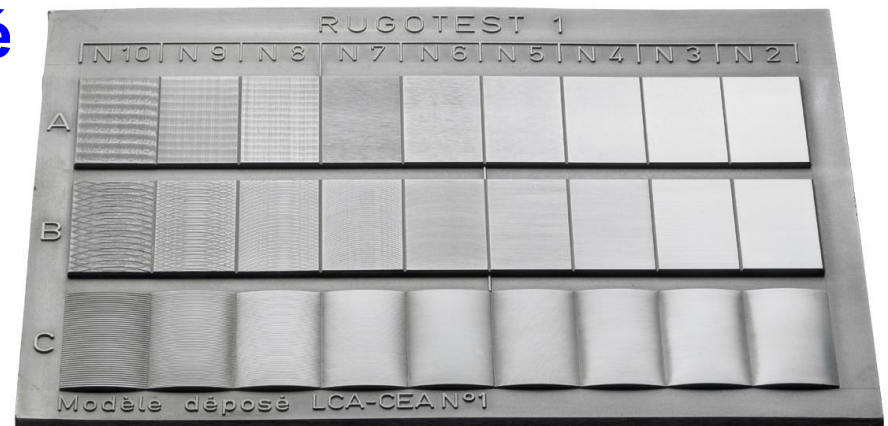
- Critère antérieure à R_a et R_z , encore souvent utilisé
- Notation : « N » suivi d'un nombre entre 1 et 12

→ Table de correspondance N vs. R_a

Rugosité R_a [μm]	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50
Classe ISO [-]	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12

• Estimation de la rugosité ISO par « rugotest »

- Plaquette de référence
- Mesure estimative, par comparaison visuelle ou tactile (grattage à l'ongle)



Rugotest L.C.A. – C.E.A – modèle n°1

Rugosité et procédés de fabrication

• Tableau 94/1 de l'extrait de normes (p. 94)

Groupe principal	Procédé de fabrication	Valeurs de rugosité R_a maximales														Rugosités moyennes R_z																							
		200	100	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0,012	1000	630	400	250	160	100	63	40	25	16	10	6,3	4	2,5	1,6	1	0,63	0,4	0,25	0,16	0,1	0,06	
		Classes de rugosité																																					
Sans enlèvement de matière	Désignation	-	-	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1	-																							
	Coulage en sable ¹⁾																																						
	Coulage en carapace																																						
	Coulage en coquille																																						
	Coulage de précision																																						
	Coulage sous pression																																						
	Matricage/Laminage à chaud																																						
	Laminage à froid																																						
	Emboutissage (à chaud ou à froid)																																						
	Extrusion																																						
	Etréage (à froid)																																						
	Brunissage (gaufrage)																																						
	Oxycoupage ¹⁾																																						
	Découpage au plasma																																						
	Découpage au laser																																						
	Découpage au jet d'eau																																						
	Electroérosion à fil																																						
	Sciage																																						
	Tronçonnage à la meule																																						
	Découpage (étampage, étampage fin)																																						
Sablage (sable, grenaille)																																							
Grenaillage aux billes (durcissement de surface)																																							
Dressage/Tournage longitudinal																																							
Tournage au diamant (tournage très fin)																																							
Rabotage/Perçage																																							
Mortaisage																																							
Contre-fraisage/Alésage																																							
Avec enlèvement de matière	Lamage																																						
	Fraisage en bout																																						
	Fraisage en roulant																																						
	Brochage/Grattage																																						
	Rectification circulaire																																						
	Planage à la meule																																						
	Rectification en plongée/Rectification frontale																																						
	Polissage à la meule/Superfinish/rodage																																						
Honage																																							
Polissage																																							

Usinage:

grossier normal fin

normal = Rugosité obtenue en pratique normale d'atelier.

fin = Rugosité obtenue par des soins particuliers ou par des méthodes spéciales.

grossier = Limite supérieure de rugosité pour l'ébauchage.

Valeurs usuelles

Usinage standard

→ $R_a = 3,2 - 6,3$

Usinage fin

→ $R_a = 0,8 - 1,6$

Rectification

→ $R_a = 0,4 - 0,8$

Découpe laser

→ $R_a = 6,3 - 12,5$

Moulage au sable

→ $R_a \geq 25$

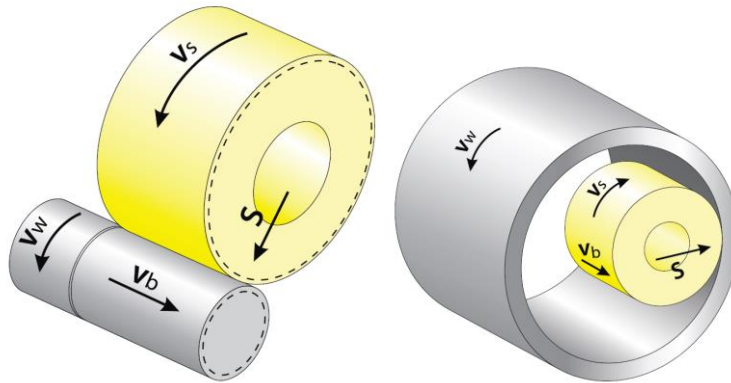
↑ © Extrait de Normes 2018, p. 94, Tableau 94/1

Finition mécanique = rectification

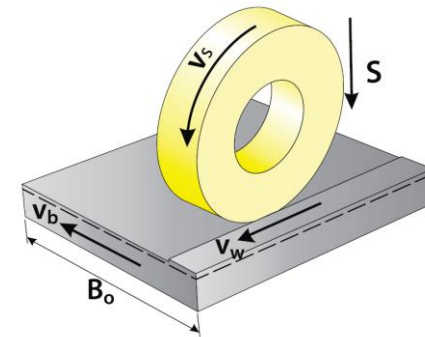
• Principe

- Opération de finition pour haute qualité d'état de surface
- Abrasion de la surface au moyen d'une meule cylindrique

Rectification cylindrique



Rectification plane



© Swiss Mechanic – Pièce en gris ($V_w \gg V_b$) / Meule en jaune ($V_s \gg S$)

- Valeurs de R_a
 - R_a 0,4 pour de la rectification cylindrique
 - R_a 0,8 pour du planage

Inscription normalisée (1/2)

• Symboles pour l'indication des états de surface

– Symbole de base... → 

<-- Aucune exigence par rapport à la méthode d'obtention

– Spécification « avec ou sans enlèvement de matière »

• Si doit être obtenu par enlèvement de matière → 

• Si doit être obtenu sans enlèvement de matière → 

– Indication de la valeur de rugosité exigée

• Par exemple « $Ra\ 1,6$ » →  $Ra\ 1,6$

• Indication du procédé de fabrication (optionnel)

Ex. si l'état de surface doit être obtenu par rectification →  rectifié

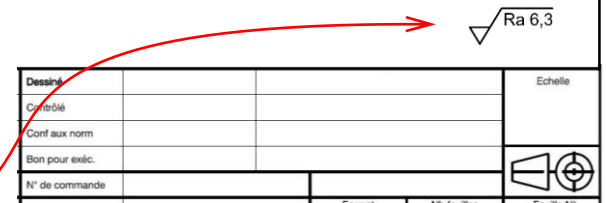
Inscription normalisée (2/2)

• Indications sur le dessin de fabrication

– État de surface « général »

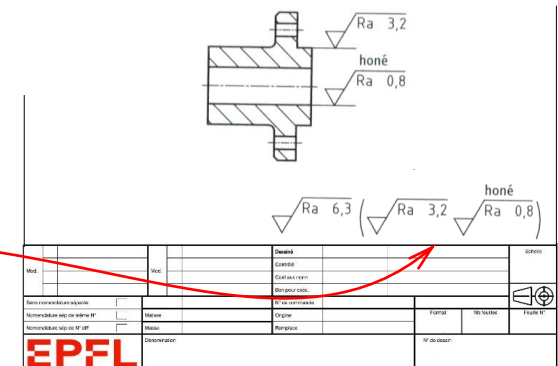
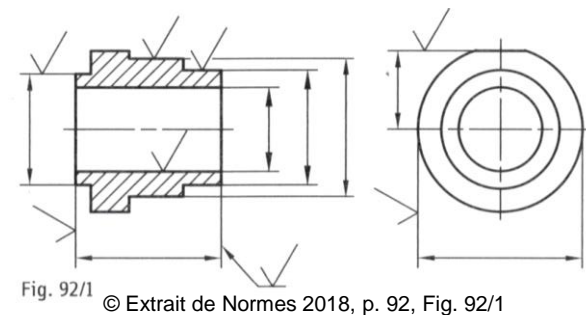
Symbole placé à proximité du cartouche

Exemple: rugosité générale Ra 6,3
avec enlèvement de matière



– État de surface « local »

- Exigence particulière sur une surface
- Symbole placé sur une arête visible de la surface concernée, ou sur une ligne de rappel qui la prolonge.
- Rappelé à proximité du cartouche (noté entre parenthèses, après l'état de surface général)



Des questions ?



Références normatives principales

- ISO 1302** Spécification géométrique des produits (GPS) — Indication des états de surface dans la documentation technique de produits
- ISO 4287** Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: Méthode du profil — Termes, définitions et paramètres d'état de surface
- ISO 8015** Spécification géométrique des produits (GPS) — Principes fondamentaux — Concepts, principes et règle
- ISO 80000-3** Grandeurs et unités - Partie 3: Espace et temps