

Résumé Semaine 3

Règles complémentaires de représentation

Principes fondamentaux de la cotation

Dr. S. Soubielle

S. Soubielle

1

Résumé semaine 3

ME-105 – Introduction à la Conception Mécanique

Règles complémentaires (1/2)

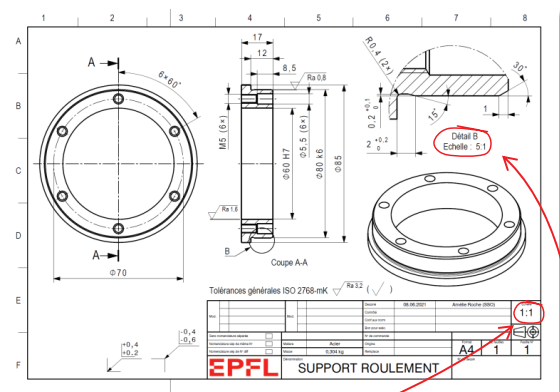
- **Formats de dessin** Portrait → A4
Paysage → A4, A3, A2, A1, A0

- **Éléments graphiques permanents (principaux)**

- Marges
- Système de coordonnées
- Cartouche

- **Echelles de représentation**

- **Principale** → Notée dans le cartouche
- **Secondaire** → Notée au bas de la (des) vue(s) concernée(s)



Pièce issue du projet
GrowBotHub 2020-2021

S. Soubielle

2

Règles complémentaires (2/2)

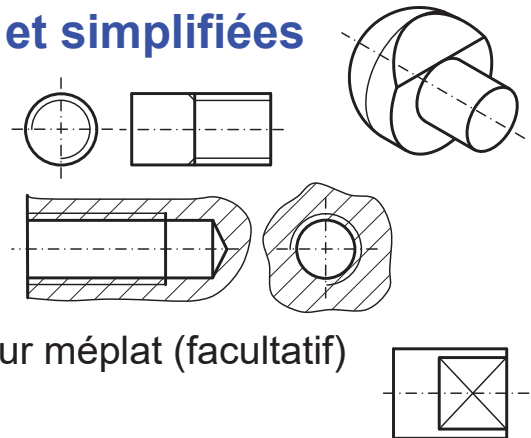
• Représentations particulières et simplifiées

- Filetages et taraudages

- Arêtes fictives (facultatif)

→ À mettre sur les axonométriques, mais pas sur les orthogonales

- Diagonales en traits continus fins sur méplat (facultatif)



• Types de traits (principaux)

→ Continu fort

→ Interrompu fin

→ Mixte fin (à un point et un tiret long)

- Si surface axisymétrique → Obligatoire
- Si plan de symétrie → Facultatif

Principes de la cotation (1/2)

• Fonction de la cotation

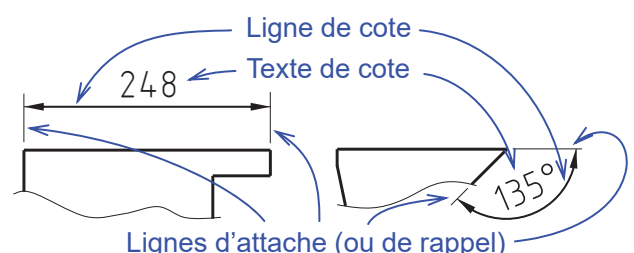
- Spécifier les dimensions (cotes) de la pièce
- Une cote a valeur d'exigence (pour la production)
- **Exception : cote auxiliaire « (...) » → donnée à titre indicatif**

• Règles à respecter

- Information complète, mais non redondante / surabondante
- Cotation sur traits interrompus fins → **! INTERDITE !**
- Toujours indiquer les cotes d'encombrement

• Construction d'une cote

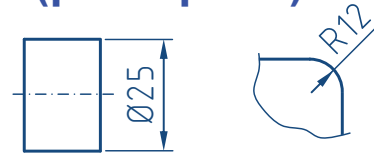
- À l'extérieur du contour de la pièce (si possible)
- mm = unité par défaut (linéaire)



Principes de la cotation (2/2)

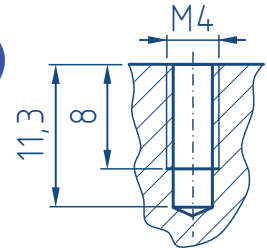
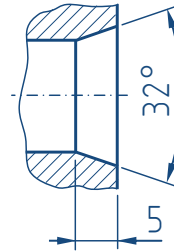
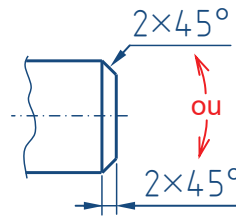
- **Cotation des diamètres et rayons (principaux)**

- Diamètre sur cylindre
- Rayon de congé



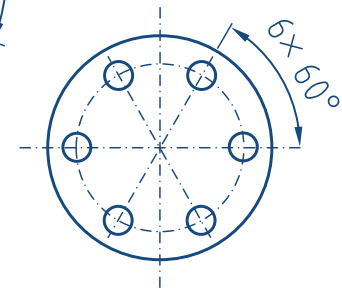
- **Cotation des éléments usuels (principaux)**

- Chanfreins / fraisures
- Trous taraudés



- **Divers**

- Cotation en série / en parallèle
- Éléments équidistants, multiples, et utilisation des symétries



Notes personnelles

Notes personnelles

A large grid of graph paper for taking notes, consisting of 20 columns and 40 rows of small squares.

Procédés de fabrication par usinage

Physique de la coupe,
tournage & fraisage,
matériaux, formes et défauts

Dr. S. Soubielle



Dans ce cours, nous allons...

... Définir la physique de coupe en usinage

- ... Mouvements outil / matière et formation du copeau
- ... Sollicitations sur l'outil et matière de l'outil

... Décrire les procédés de tournage et de fraisage

- ... Mouvements de l'outil / de la pièce dans la machine
- ... Opérations de tournage / de fraisage et topologie de pièce
- ... Paramètres d'usinage et qualité des surfaces usinées

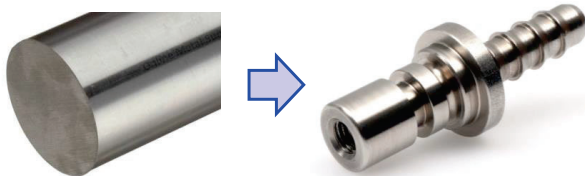
... Design et mise en plan de pièces usinées

- ... Limitations de forme, design vs. coût de fabrication

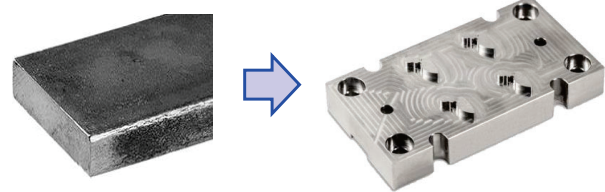
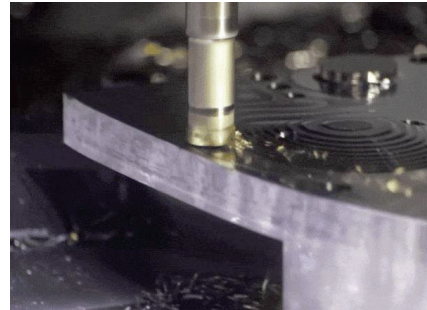
Principe et types d'usinage

Usinage = Fabrication par enlèvement de matière

Tournage

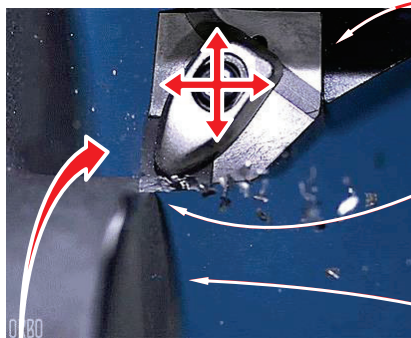


Fraisage



Outil de coupe et mouvements outil / pièce

Tournage



Matière à usiner

→ En rotation (axe fixe)

Outil de coupe

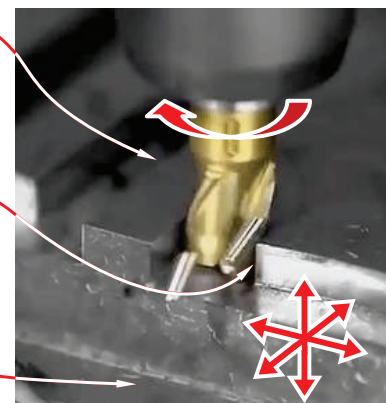
→ En translation (deux axes)

Outil de coupe

Formation du copeau

Pièce en cours d'usinage

Fraisage



Outil de coupe

→ En rotation

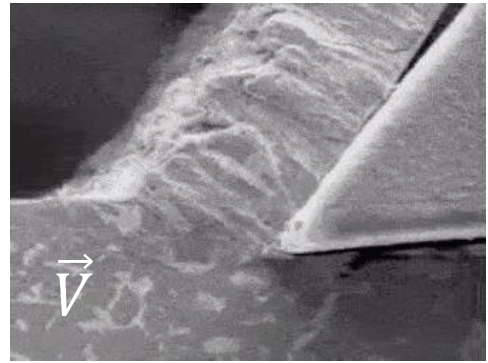
+ Mouvement de translation (trois axes)

→ Sur l'outil ou sur la pièce

Physique de coupe et matériau de l'outil

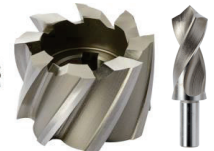
• Physique de coupe

- **Mouvement relatif matière / outil**
+ **pointe tranchante de l'outil**
→ Arrachage de matière (copeau)
- **Forte déformation locale + friction**
→ Echauffement local (→ 600-800 °C)



• Matière de l'outil de coupe

- **Carbures métalliques (cermet)**
 - Obtenus par frittage de poudres (WC+Co)
 - Plaquette cermet fixée sur un porte-outil
- **« Aciers rapides supérieurs » (ARS / HSS)**
 - Aciers alliés trempés
 - Grande variété de formes

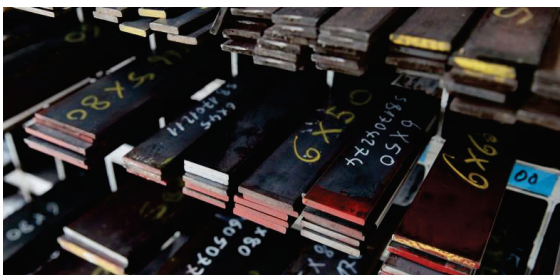


S. Soubielle

5

Matières pouvant être usinées

• Métaux (principaux)



Métaux ferreux (aciers & fontes)

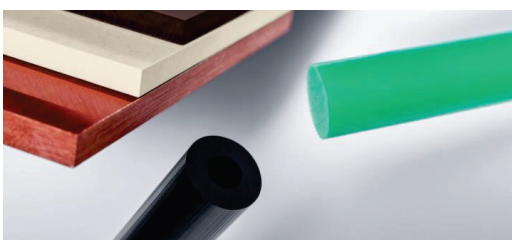


Aluminiums



Laitons

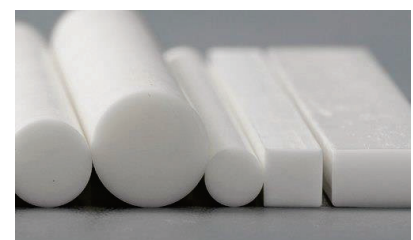
• Autres



Matières plastiques « dures »



Bois



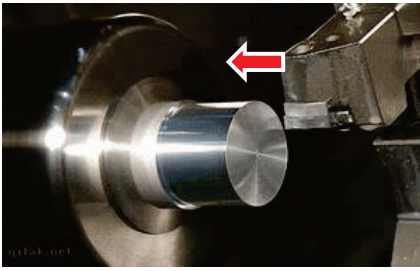
Céramiques

S. Soubielle

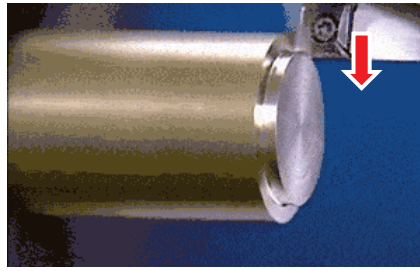
6

Terminologie et typologie en usinage

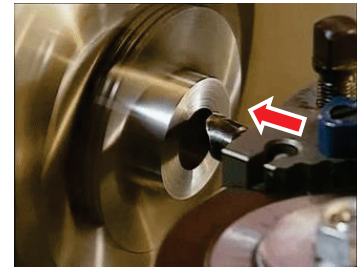
• Opérations en tournage (terminologie)



chariotage



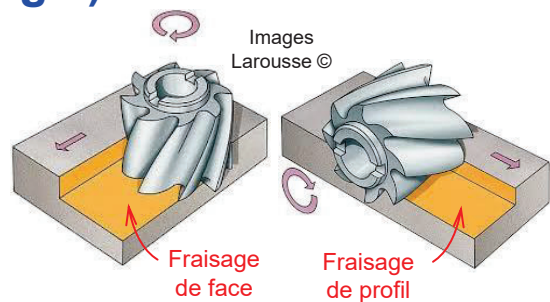
dressage



alésage

• Opérations en fraisage (typologie)

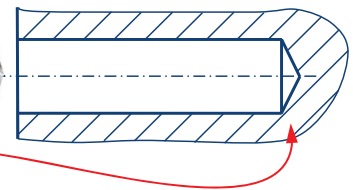
- **Fraisage de face (= en bout)**
→ Face usinée \perp à l'axe de la fraise
- **Fraisage de profil (= en roulant)**
→ Face usinée \parallel à l'axe de la fraise



Zoom sur l'opération de perçage

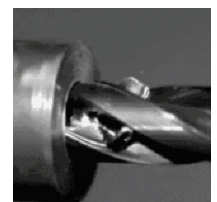
• Généralités

- Trou borgne ou débouchant / traversant
- Outil = forêt
- Si borgne → fond de trou conique à 120°
- Peut être obtenu en tournage ou en fraisage



• Limitations

- **Evacuation difficile du copeau (espace confiné)**
- **Qualité médiocre des surfaces obtenues**
→ Finition à l'alésoir si besoin d'une bonne qualité

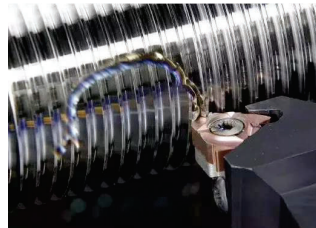
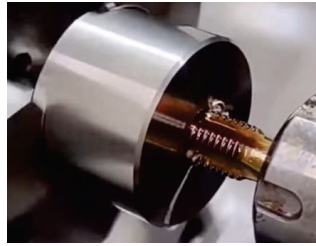


Zoom sur les opérations de filetage

• En tournage

✓ Filetage intérieur & filetage extérieur

→ OK si axe du filetage
= axe de révolution
de la pièce



• En fraisage

✓ Filetage intérieur

✗ Filetage extérieur

→ Impossible, sauf
outillage spécifique
(hors programme)



Motifs de stries des surfaces usinées

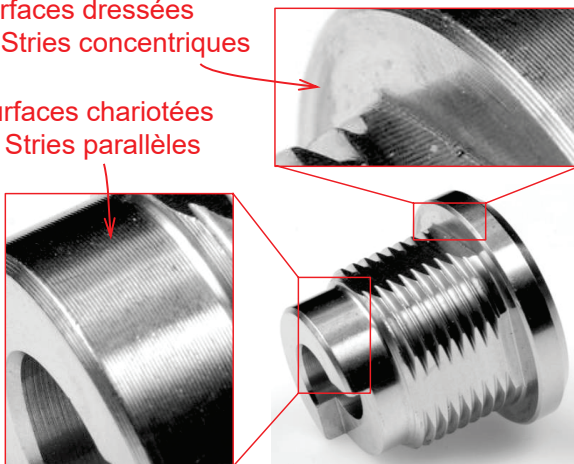
Présence de stries sur les surf. usinées

Tournage



Surfaces dressées
→ Stries concentriques

Surfaces chariotées
→ Stries parallèles



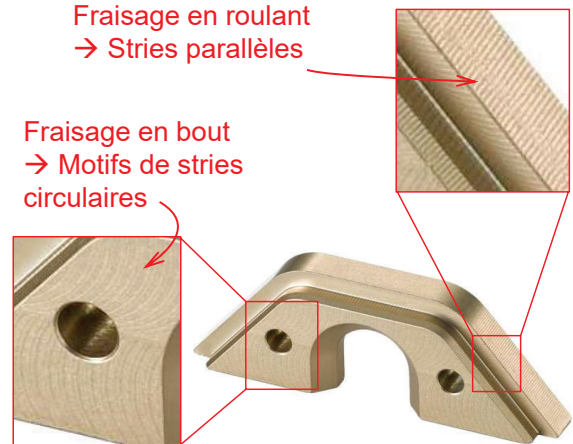
Images : www.decolletage-legendre.com

Fraisage



Fraisage en roulant
→ Stries parallèles

Fraisage en bout
→ Motifs de stries
circulaires

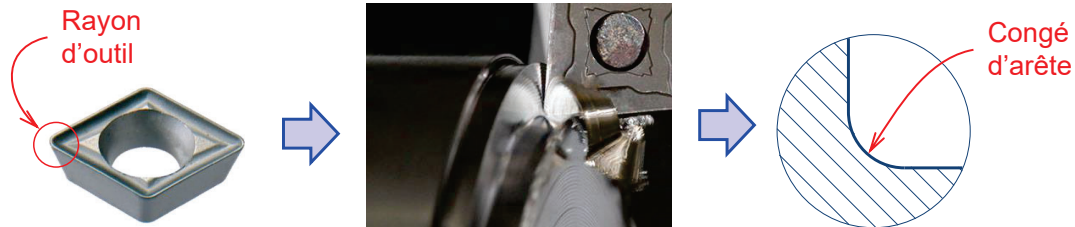


Images : www.rochmecanique.fr

Arêtes rentrantes et arêtes sortantes

- Arêtes rentrantes**

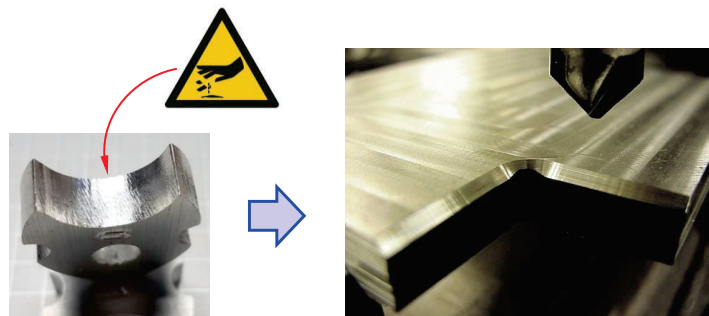
Présence d'un rayon d'outil → Congé d'arête sur arêtes rentrantes



- Arêtes sortantes**

Les arêtes vives à 90° sont coupantes

→ Chanfreins à 45° sur toutes les arêtes vives

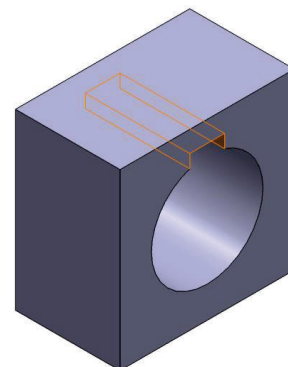
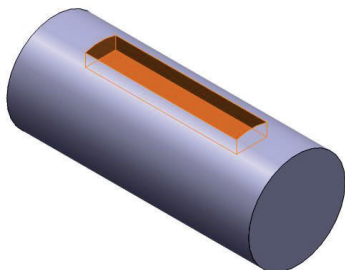


Exercice d'application



Usable ou pas usable ?

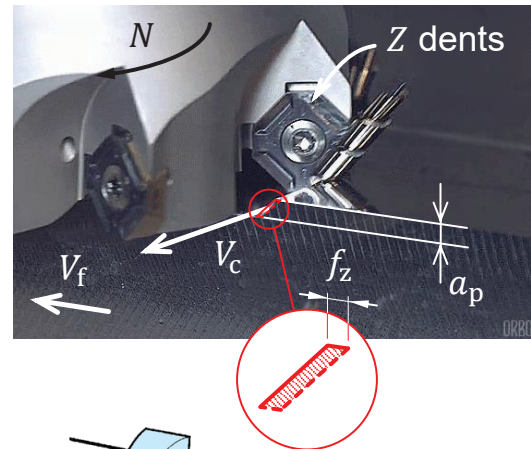
Est-il possible d'obtenir les formes suivantes (surfaces oranges) par usinage ?



Choix des paramètres de coupe (1/3)

• Paramètres à régler sur la machine

- Vitesse de rotation N [tr/min]
- Vitesse de translation V_f [m/min] (appelée « vitesse d'avance »)
- Profondeur de passe a_p



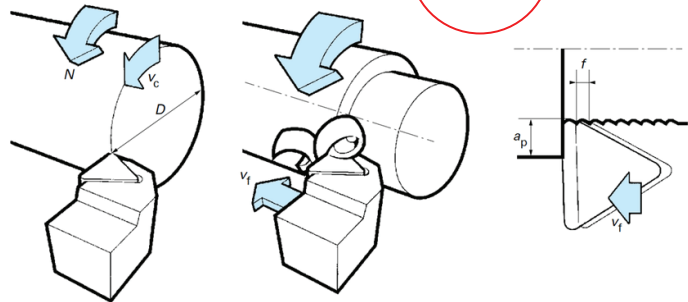
• Paramètres de génération du copeau

- Vitesse de coupe V_c

$$V_c = \pi d \cdot N$$

- Avance par dent f_z

$$V_f = N \cdot f_z \cdot Z$$



Choix des paramètres de coupe (2/3)

• Valeurs de V_c , f_z et a_p , et effets sur l'usinage

- Vitesse de coupe V_c

Valeurs selon tableau →→→→

⚠ → Intensité des efforts de coupe

⚠ → Niveau d'échauffement et vitesse d'usure de l'outil

Matière à usiner	V_c [m/min]	
	Outil ARS	Outil Cermet
Acier - fonte	15 – 30	60 - 120
Aluminium - laiton	60 - 120	250 - 500
PA6 - POM - PC	120 - 240	250 - 500

- Avance par dent f_z

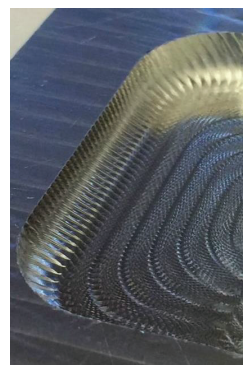
De qq centièmes à qq dixièmes de mm

⚠ → Largeur et profondeur des stries d'usinage

- Profondeur de passe a_p

De qq dixièmes de mm à 1-2 mm max.

⚠ → Puissance machine requise (en combinaison avec V_c et f_z)



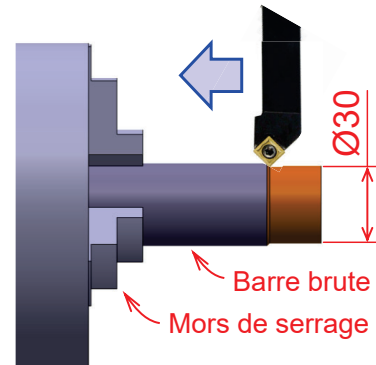
Choix des paramètres de coupe (3/3)



Exercice d'application

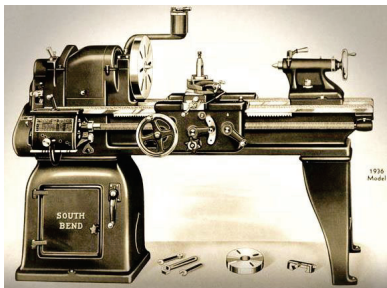
On souhaite effectuer l'opération de tournage décrite sur la figure ci-contre. La barre brute est en acier, et l'outil doit avoir une avance par tour de $f = 0,3 \text{ mm}$.

Calculer la vitesse de rotation minimum N_{\min} de la barre brute, et la vitesse d'avance $(V_f)_{\min}$ correspondante.

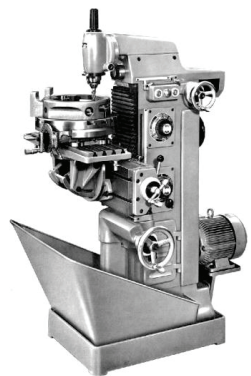


Machines d'usinage

Tour (2-axes)



Fraiseuse (3-axes)



Par le passé

Machines dites
« conventionnelles »

Machines actuelles

Dites « à commande
numérique » (CNC)



© Schaublin 180 CCN

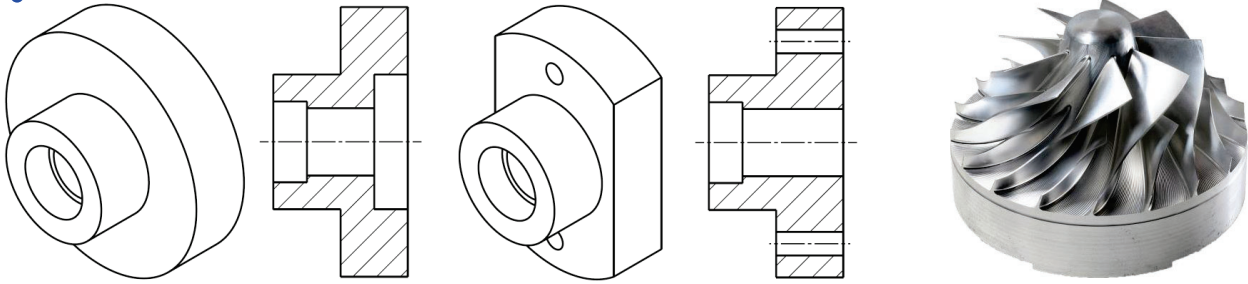


© Schaublin 60CNC

Et si mes pièces sont + complexes ?...



Comment usiner les pièces suivantes ?



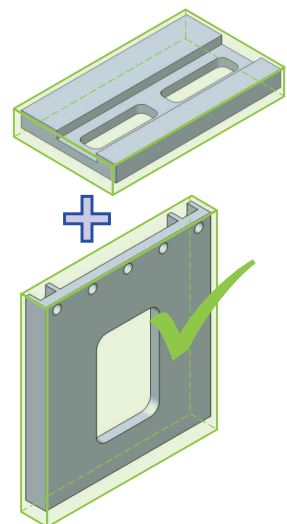
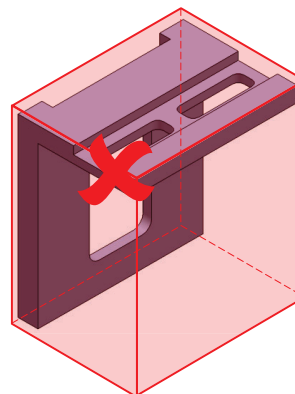
Design et coût d'une pièce d'usinage (1/2)

• Coût d'usinage \propto durée d'usinage

✓ Favoriser les matières qui s'usinent vite

✓ Minimiser le volume de copeau

- Deux pièces plutôt qu'une ?
- Laisser des surfaces brutes ?
- Dimensions de la pièce finie vs. dimensions du brut ?



• Quid des copeaux ?

Collectés pour être recyclés



Design et coût d'une pièce d'usinage (2/2)

• Structure de coût (exemple)

- Engineering (3D + 2D)
- Programmation machines
- Mise en train (outils, réglages)
- Matière
- Usinage
- **TOTAL**

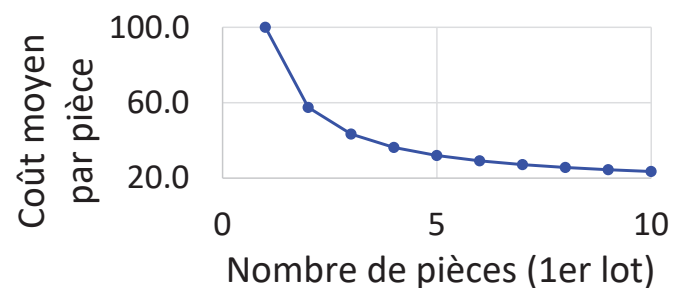
Prototype

Pièces suivantes

→ →
 → →
 → →
 → →
 → →
 → **100 Fr.** →

• Coût par pièce

Effet d'amortissement des coûts d'engineering + prog. machine + mise en train sur le nb de pièces produites



Notes personnelles

États de surface

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

Dr. S. Soubielle



Dans ce cours, nous allons...

... Définir la notion d'état de surface

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

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

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

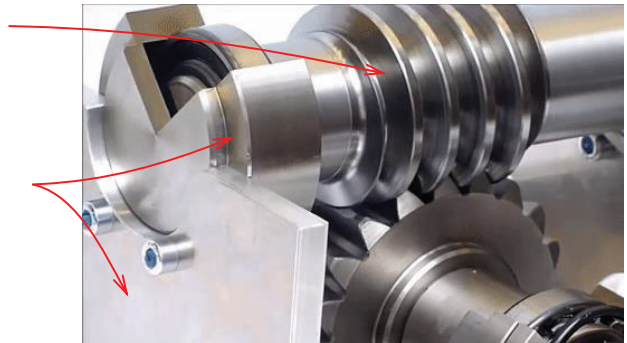
... Définir la manière de spécifier les états de surface sur un plan

- ... Etat de surface général / local
- ... Indications complémentaires

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 « basse » ok



• Quantification et contrôle sur une pièce réelle

- Comment quantifier la qualité d'une surface ?
- Comment contrôler la qualité d'une surface ?

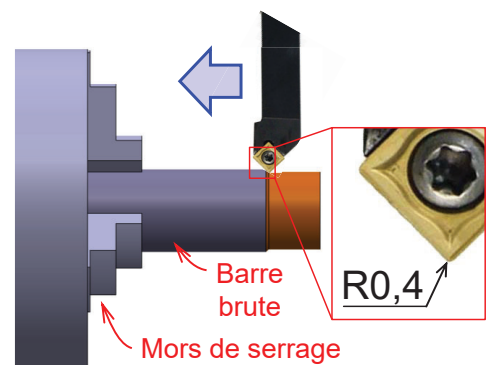
Retour sur l'usinage



Exercice de mise en situation

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

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

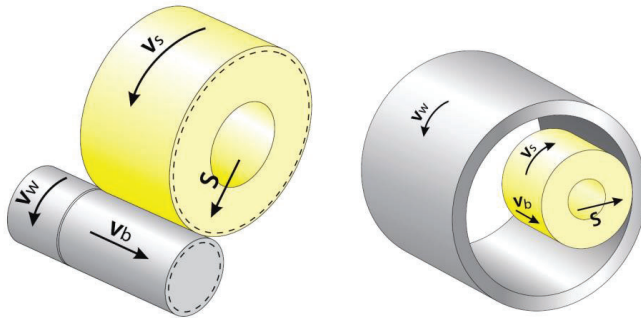


Rectification mécanique

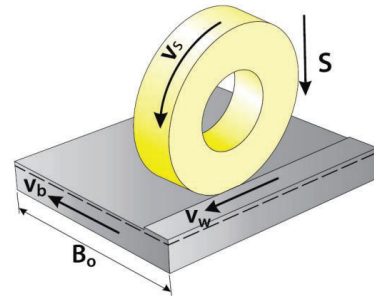
• Principe

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

Rectification circulaire / cylindrique



Rectification plane

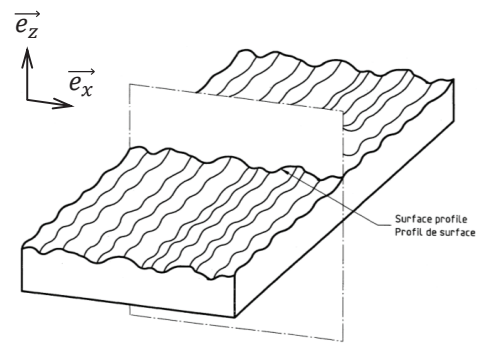


© Swiss Mechanic – Pièce en gris ($V_w \gg V_b$) / Meule en jaune ($V_s \gg S$)

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

• Profil de rugosité

- = Mesure topographique des défauts de surface réels



Norme ISO 4287:1997, Fig. 2

• Rugosimètre

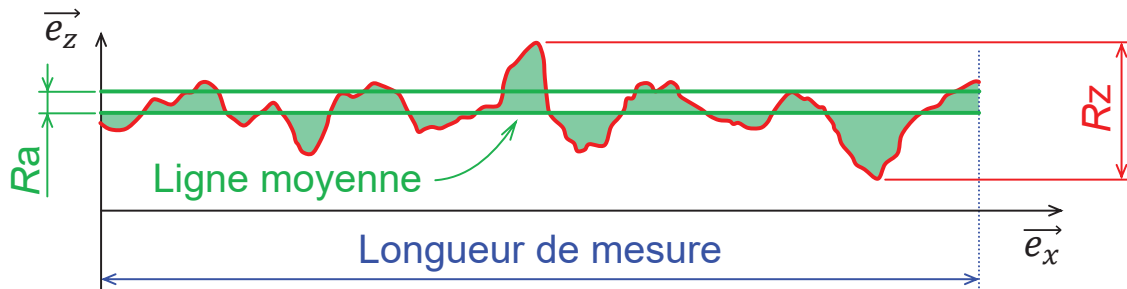
- Scanne le profil de rugosité
- Calcule les paramètres normalisés d'état de surface



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

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

• Paramètres normalisés



Écart moyen arithmétique Ra (« average roughness »)

= Surface rouge / longueur de mesure

→ Caractérise la qualité de surface globale

Hauteur maximale du profil Rz

→ Caractérise l'amplitude max. de défaut (local)

→ Utile pour spécifier la qualité des surfaces avec contact « frottant »

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

• Classes de rugosité ISO

– Critère antérieur à Ra et Rz , encore souvent utilisé

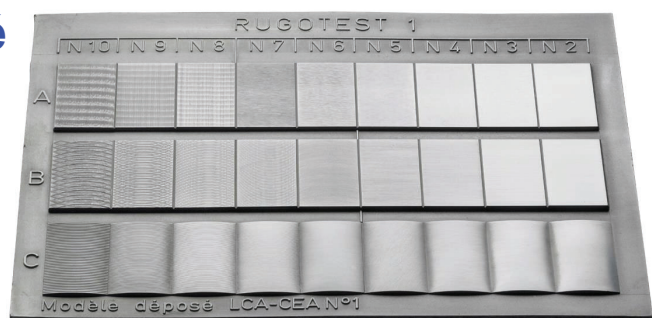
– Notation : « N » suivi d'un nombre entre 1 et 12

→ **Table de correspondance N vs. Ra**

Rugosité Ra [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 »...

... Par la comparaison visuelle ou tactile (grattage à l'ongle) de plaquettes témoins avec la pièce réelle



Rugotest L.C.A. – C.E.A – modèle n°1

Rugosités et procédés de fabrication

• Plages de R_a et R_z en usinage et en rectification

Procédé De fabrication	Rugosité arithmétique R_a [μm]											Hauteur maximale de profil R_z [μm]																
	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1		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
	Classe de rugosité ISO																											
	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3																		
Tournage et fraisage																												
Perçage																												
Rectification circulaire																												
Rectification plane																												

• Valeurs à utiliser pour les plans des pièces usinées

■ = Travail en ébauche (grossier)
■ = Pratique normale d'atelier
■ = Travail en finition (soins particuliers)

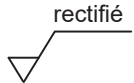
- Rugosité générale → R_a 6,3 (3,2)
- Rugosité locale, en usinage → R_a 1,6 (0,8)
- Rugosité locale, en rectif. → R_a 0,8 (0,1) / R_z 1,6 (0,1)

Notation normalisée sur le plan (1/2)

• Symboles pour l'indication des états de surface

- Symbole de base... → ✓
- Valeur de rugosité maximale admissible
Par exemple « R_a 1,6 » → $\sqrt{R_a\ 1,6}$
- Spécification avec / sans enlèvement de matière (optionnel)
 - La surface doit être obtenue par enlèvement de matière → ✓
 - La surface doit être obtenue sans enlèvement de matière → ✓
(Cours de CM → = laissée brute, c'est-à-dire non usinée)

• Indication du procédé de fabrication (optionnel)

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

Notation normalisée sur le plan (2/2)

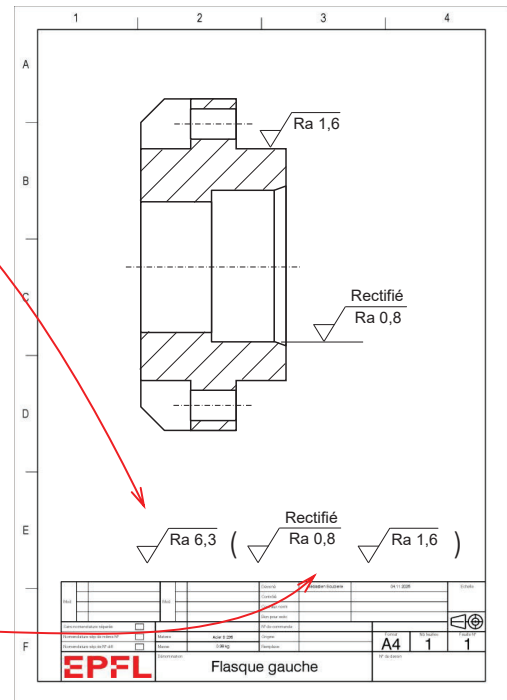
• Indications sur le dessin de fabrication

– État de surface « général »

Symbole placé
à proximité du cartouche

– État de surface « local »

- Exigence spécifique à une surface
- Symbole placé...
 - ... sur une arête visible de la surface concernée
 - ou ... sur une ligne de rappel qui la prolonge
- + Rappel à proximité du cartouche (noté entre parenthèses)



Notes personnelles

