

# Résumé Semaine 6

## Principes fondamentaux de la cotation

Dr. S. Soubielle

## Principes de la cotation (1/2)

### • Fonction de la cotation

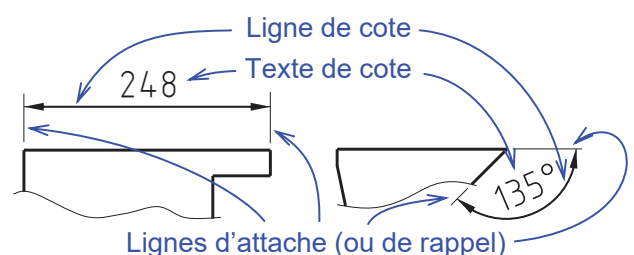
- Spécifier les dimensions (cotes) de la pièce
- Une cote a valeur d'exigence (pour la production)
- **Exception : cote auxiliaire « (...) » → donnée à titre indicatif**

### • 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

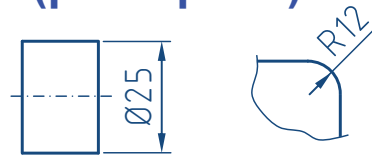
- À l'extérieur du contour de la pièce (si possible)
- mm = unité par défaut (linéaire)



# Principes de la cotation (2/2)

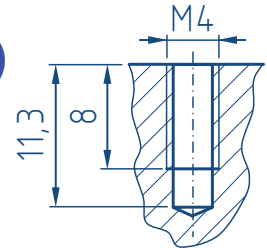
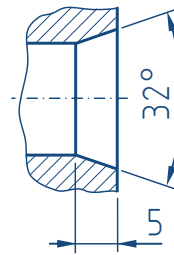
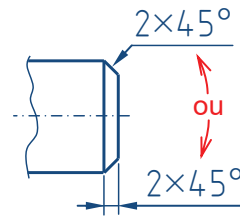
- **Cotation des diamètres et rayons (principaux)**

- Diamètre sur cylindre
- Rayon de congé



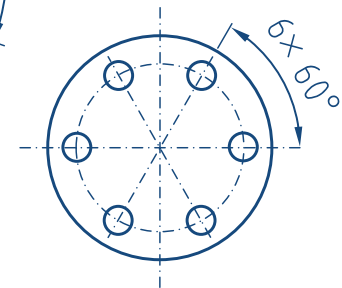
- **Cotation des éléments usuels (principaux)**

- Chanfreins / fraises
- Trous taraudés



- **Divers**

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



# Quiz TurningPoint (me101)

A large grid area provided for taking the quiz.

# 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 thermomécaniques sur l'outil
- ... Matières et types d'outils

### ... Décrire les procédés de tournage et de fraisage

- ... Types de mouvements de l'outil / la pièce dans la machine
- ... Types de machines, d'opérations, terminologie
- ... Topologie d'une pièce de tournage / de fraisage
- ... Paramètres d'usinage et qualité des surfaces usinées

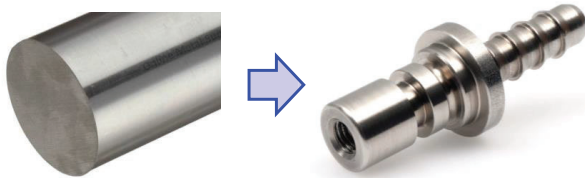
### ... Design et mise en plan de pièces usinées

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

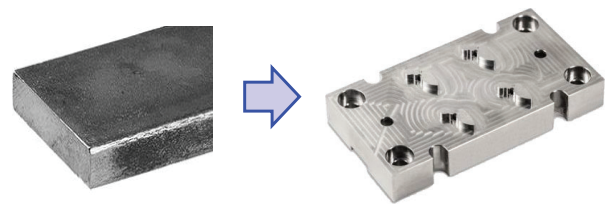
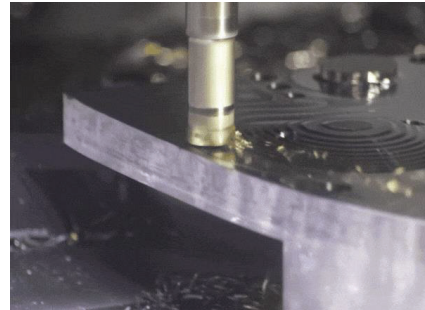
# Principe et types d'usinage

**Usinage = Fabrication par enlèvement de matière**

**Tournage**



**Fraisage**



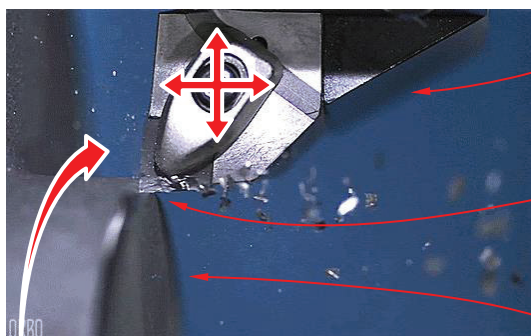
# Principe et cinématique de la coupe

**Tournage**



**Principe de la coupe**

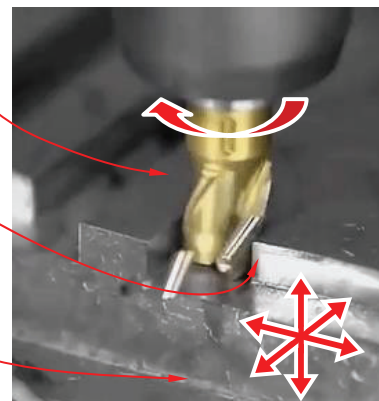
**Fraisage**



Outil de coupe

Formation du copeau

Pièce en cours d'usinage



**Cinématique de la coupe**

**Matière à usiner** → En rotation  
**Outil de coupe** → En translation (deux axes)

**Matière à usiner** → En translation (trois axes)  
**Outil de coupe** → En rotation

# Physique de coupe

- **Formation du copeau**

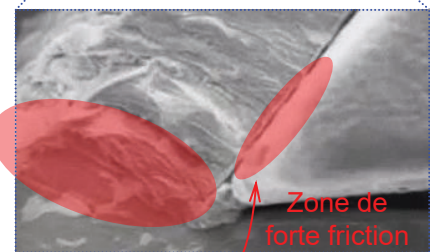
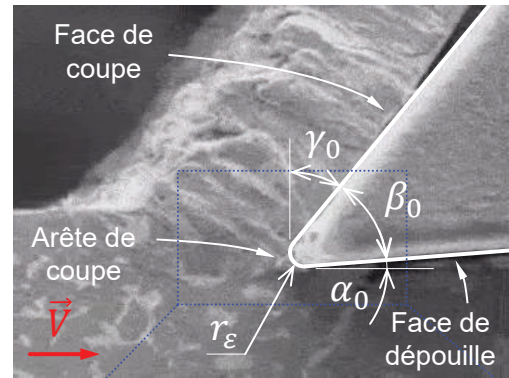
- Mouvement relatif matière / outil
- + Pointe tranchante de l'outil
- Arrachage de matière (copeau)

- **Physique des matériaux**

- Forte contrainte locale (cisaillement)
- Déformation plastique intense
- Echauffement local (→ 600-800 °C)

- **Géométrie de l'outil**

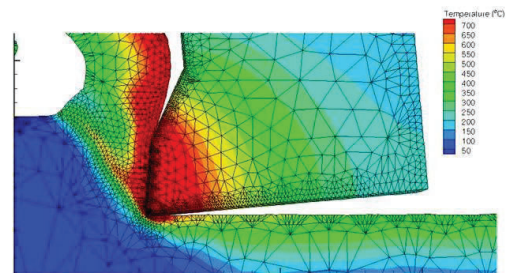
- Arête de coupe → Sépare le copeau
- Face de coupe → Écarte le copeau ( $0 < \gamma_0 < 90^\circ$ )
- Face de dépouille → Ne doit pas être en contact ! ( $\alpha_0 > 0^\circ$ )
- Rayon d'outil  $r_\epsilon$  → Empêche une contrainte  $\infty$  sur la pointe



# Matériaux et types d'outils

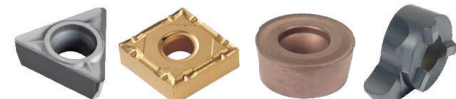
- **Propriétés requises**

- Résistance à l'abrasion +++
- Limite élastique  $R_e$  +++
- Dureté de surface  $H$  +++



- **Matière de l'outil de coupe**

- **Carbures métalliques (cermet)**
  - Obtenus par frittage de poudres (WC+Co)
  - Plaquette fixée sur un porte-outil



Pour plus d'infos sur le frittage des plaquettes : <https://www.youtube.com/watch?v=ma7zCeBwNCD>



- « **Aciers rapides supérieurs** » (ARS)
  - Aciers alliés trempés
  - Grande variété de formes





# Brut d'usinage – matière

## • Métaux (principaux)



Métaux ferreux (aciers & fontes)



Aluminiums



Laitons

## • Autres



Matières plastiques

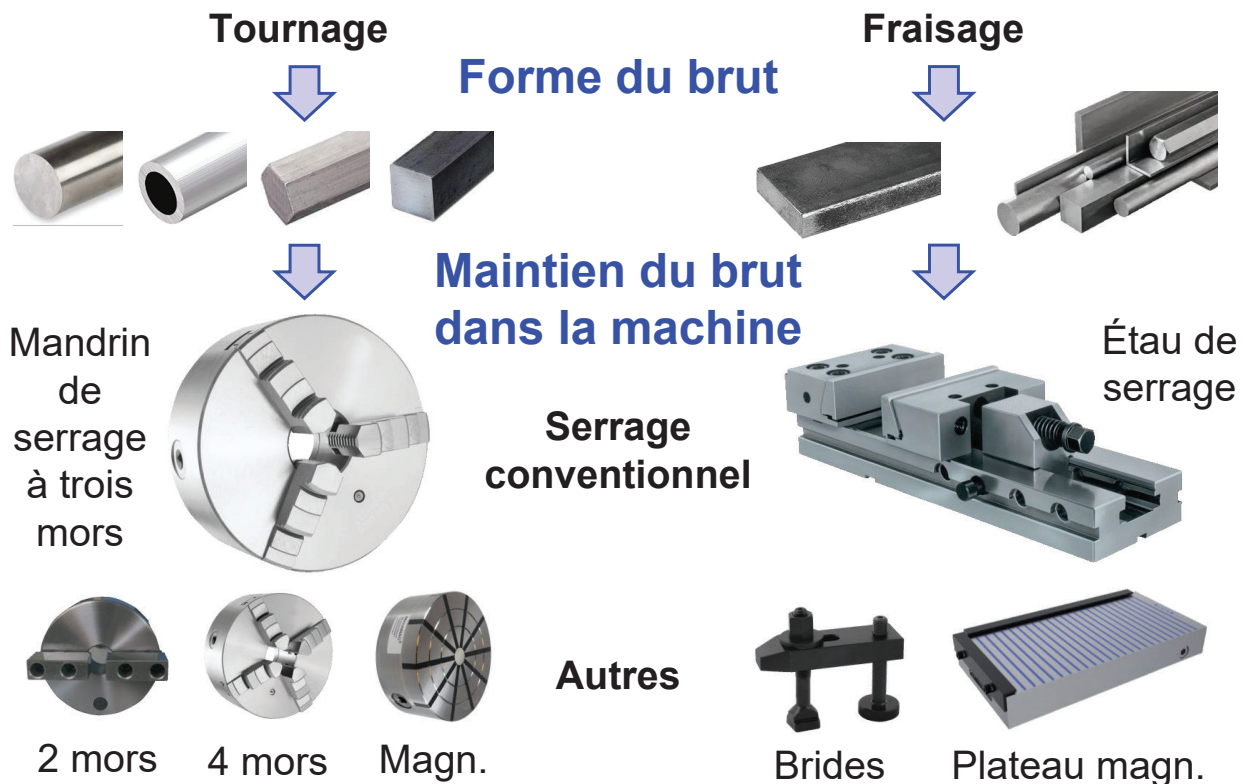


Céramiques



Bois

# Brut d'usinage – forme et serrage



# Liquides de coupes

## • Fonctions

- Réduire les frottements
  - Dégagement de chaleur ↓
  - Efforts tangentiels ↓
  - Contraintes mécaniques ↓
  - Rendement énergétique ↑
- Évacuer les calories
  - T° locales (outil et pièce) ↓
- Évacuer les copeaux



## • Types

- Huiles de coupe
- Solutions aqueuses (émulsions)

# Topologie des pièces usinées

## Tournage



**Surfaces axisymétriques  
(y c. face plane ⊥ axe)**



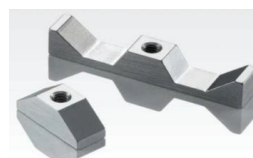
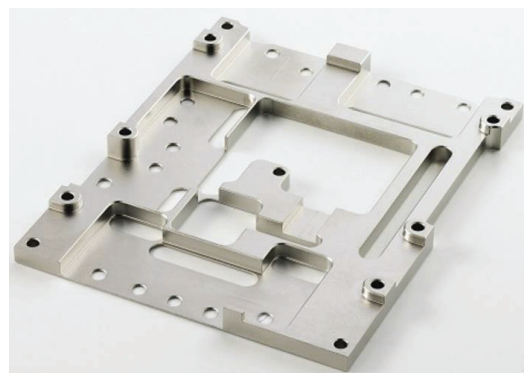
Possibilité de réaliser des filetages et taraudages centrés sur l'axe de révolution

Présence de faces brutes non-axisymétriques

## Fraisage (3-axes)



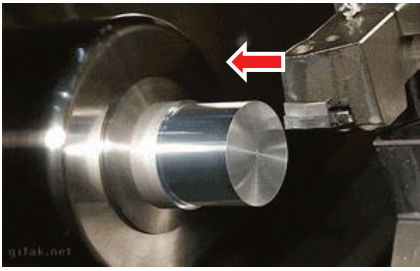
**Surfaces planes ou év. courbées,  
à génératrices rectilignes et //**



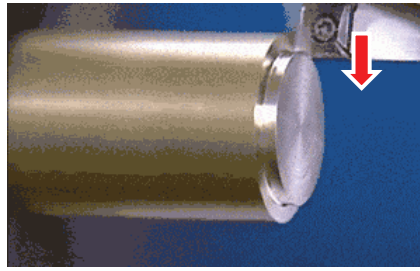
Possibilité de réaliser des trous, év. taraudés, d'axe // à celui des génératrices

# Terminologie et typologie en usinage

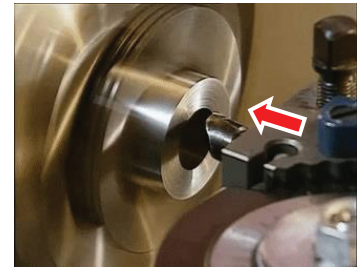
## • Opérations en tournage (terminologie)



chariotage



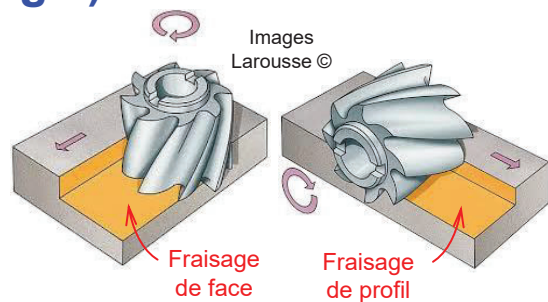
dressage



alésage

## • Opérations en fraisage (typologie)

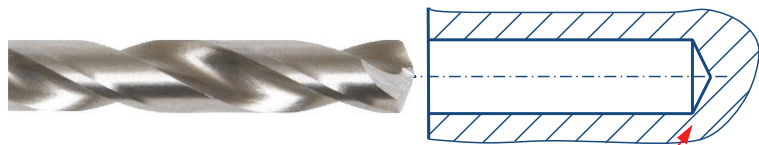
- **Fraisage de face (= en bout)**  
→ Face usinée  $\perp$  à l'axe de la fraise
- **Fraisage de profil (= en roulant)**  
→ Face usinée  $\parallel$  à l'axe de la fraise



# Opération de perçage

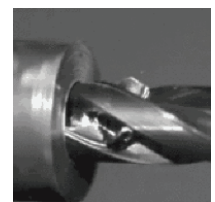
## • Caractéristiques

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



## • Limitations

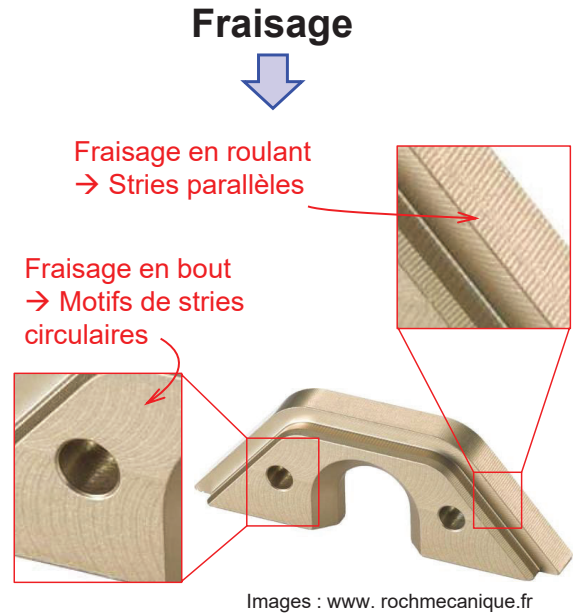
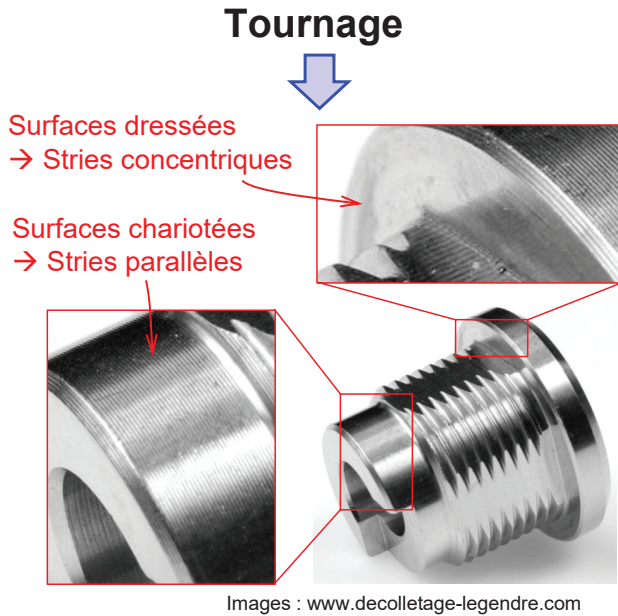
- **Evacuation difficile du copeau (espace confiné)**
- **Qualité médiocre des surfaces obtenues**  
→ Finition à l'alésoir si besoin d'une bonne qualité





# Motifs de stries des surfaces usinées

## Présence de stries sur les surf. usinées



# Arêtes rentrantes et arêtes sortantes

- Arêtes rentrantes**

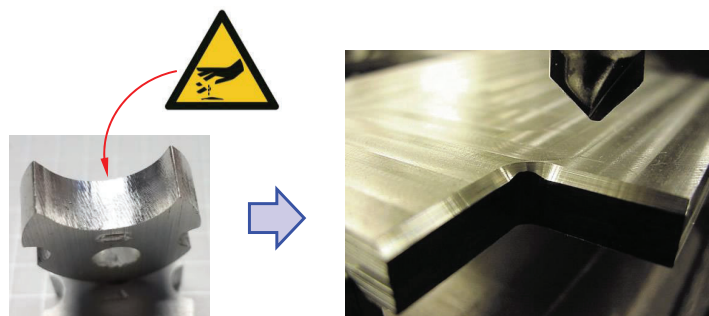
Présence d'un rayon d'outil → Congé d'arête sur arêtes rentrantes



- Arêtes sortantes**

Les arêtes vives à 90° sont coupantes

→ Chanfreins à 45° sur toutes les arêtes vives

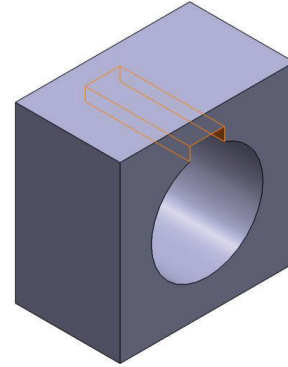
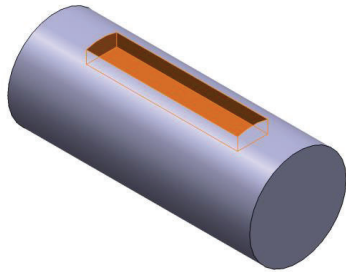


# Exercice d'application



## Usinable ou pas usinable ?

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



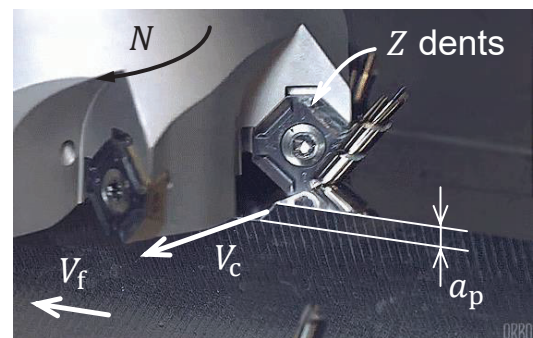
# Choix des paramètres de coupe (1/3)

## • Principe

**Vitesse relative outil / matière & dim. du copeau → impact sur :**

- Contraintes thermomécaniques (vues par la pièce et par l'outil)
- Efforts sur la machine d'usinage
- Puissance nécessaire à la coupe
- Qualité des surfaces usinées

$f_z$  = avance par dent



## • Paramètres de coupe

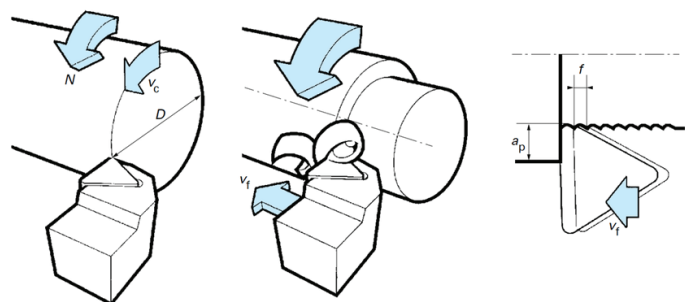
- **Vitesse de coupe  $V_c$  :**

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

- **Vitesse d'avance  $V_f$  :**

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

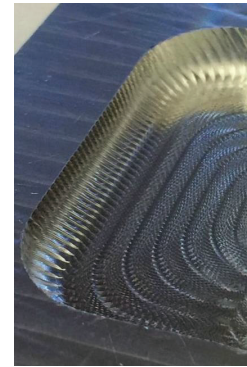
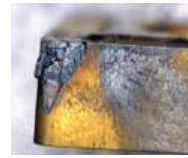
- **Profondeur de passe  $a_p$**



# Choix des paramètres de coupe (2/3)

- Conséquences d'un choix inapproprié de  $V_c / V_f / a_p$**

- Usure prématurée de l'outil
- Piètte qualité des surfaces usinées
- Puissance insuffisante de la machine
- Défauts de forme des surfaces usinées



- Valeurs de référence pour  $V_c$**

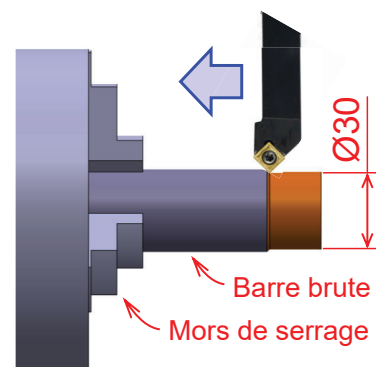
Matière à usiner	Vitesse de coupe $V_c$ (m/min)	
	Outil ARS	Outil Cermet
Aciers - fontes	15 - 30	60 - 120
Aluminium	75 - 400	150 - 1000
Cuivre - laiton	40 - 60	120 - 160
PA6 - POM – PC	200 - 400	

# Choix des paramètres de coupe (3/3)

 **Exercice d'application**

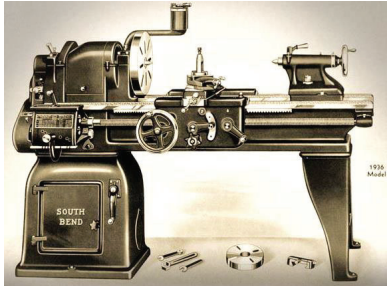
On souhaite effectuer l'opération de tournage décrite sur la figure ci-contre. La barre brute est en acier, et l'outil doit avoir une avance par tour de  $f = 0,3$  mm.

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

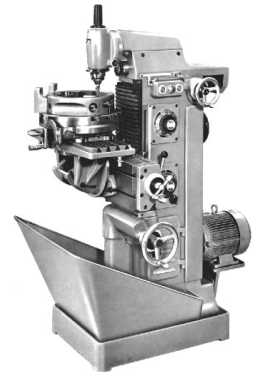


# Machines d'usinage

## Tour (2-axes)



## Fraiseuse (3-axes)



Par le passé

Machines dites « conventionnelles »

Machines actuelles

Dites « à commande numérique » (CNC)



© Schaublin 180 CCN



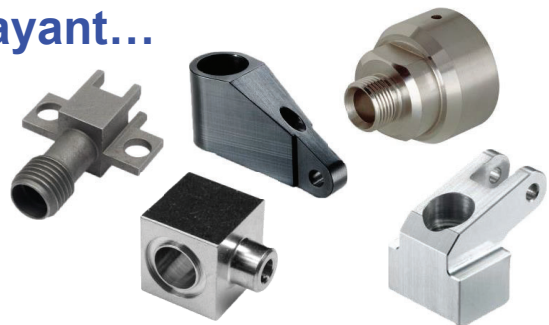
© Schaublin 60CNC

# Et si mes pièces sont + complexes ?...

## • Comment usiner des pièces ayant...

... Des faces planes non  $\perp$  à l'axe (si pièces de révolution)

... Des surfaces courbes ayant des génératrices non // entre elles



### → Reprise de pièce

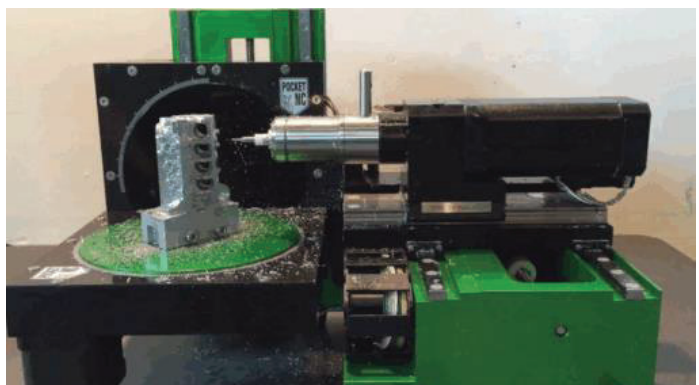
Pièce installée successivement dans  $\neq$  positions et/ou machines

### → Fraiseuse 5-axes

2 axes de rotation en plus des 3 axes de translation

### → Centre d'usinage

À la fois tour et fraiseuse (généralement 5-axes)





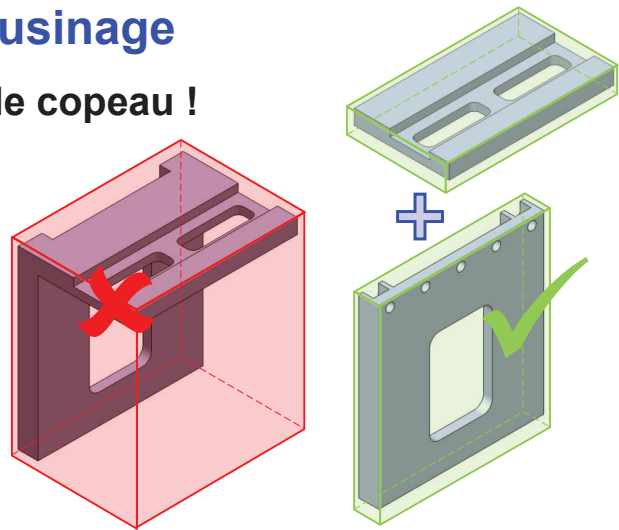
# Design et coût d'une pièce d'usinage (1/2)

- Coût d'usinage  $\propto$  durée d'usinage**

→ Il faut minimiser le volume de copeau !

→ Deux pièces plutôt qu'une, si le volume de copeau est significativement réduit

→ Dimensions extérieures ajustées sur les dimensions du brut



- Quid des copeaux ?**

Collectés dans des bacs (acier / aluminium / cuivre) pour être recyclés



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

- Structure de coût (exemple)**

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

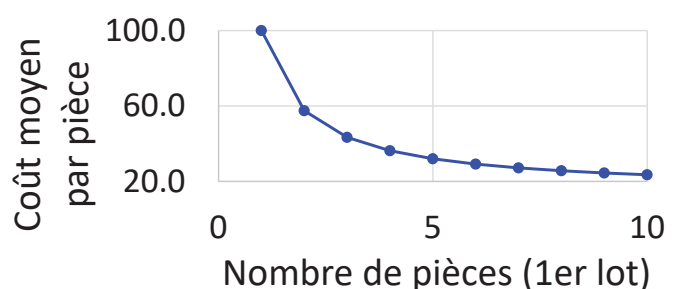
**Prototype**

**Pièces suivantes**

- 
- 
- 
- 
- 
- 

- Coût par pièce**

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



# Notes personnelles

---

A large grid of graph paper for taking notes, consisting of a uniform pattern of small squares covering the majority of the page.