

# PROCÉDÉS DE FABRICATION

---

Concevoir par anticipation de la réalisation  
Évaluer les dispersions de fabrication

# Introduction

Il existe une grande variété de procédés de fabrication. L'objectif de cette présentation n'est pas de fournir une vue exhaustive des procédés mais d'en découvrir les principales familles et de mettre l'accent sur les procédés susceptibles d'être utilisés dans le cadre du projet.



# Les grandes familles de procédés

- On a coutume de classer les procédés de fabrication mécanique parmi les familles suivantes :

Procédés  
d'obtention par  
fusion

Procédés  
d'obtention par  
enlèvement de  
matière

Procédés  
d'obtention par  
déformation

Procédés  
d'obtention par  
assemblage



# Procédés d'obtention par fusion

Quelques exemples de procédés d'obtention par fusion :

Injection  
plastique

Prototypage  
rapide par  
dépose de fil

Fonderie



# Procédés d'obtention par enlèvement de matière

Quelques exemples de procédés d'obtention par enlèvement de matière :

Fraisage

Tournage

Électro érosion

Découpage



# Procédés d'obtention par déformation

Quelques exemples de procédés d'obtention par déformation :

Emboutissage

Forgeage

Pliage

Thermoformage



# Procédés d'obtention par assemblage

Quelques exemples de procédés d'obtention par assemblage :

Frittage

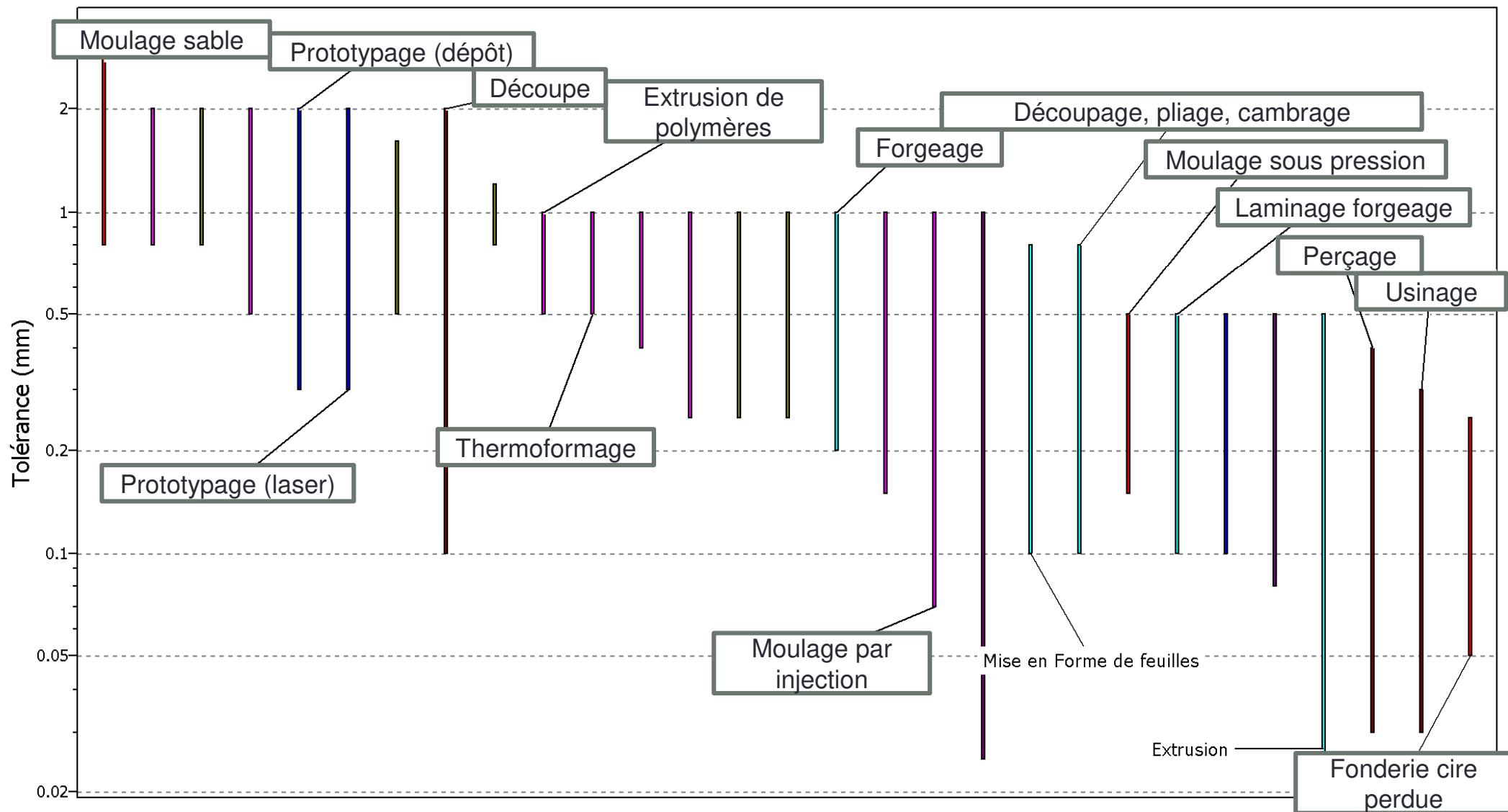
Soudage

Rivetage

Collage



# Précision - dispersion

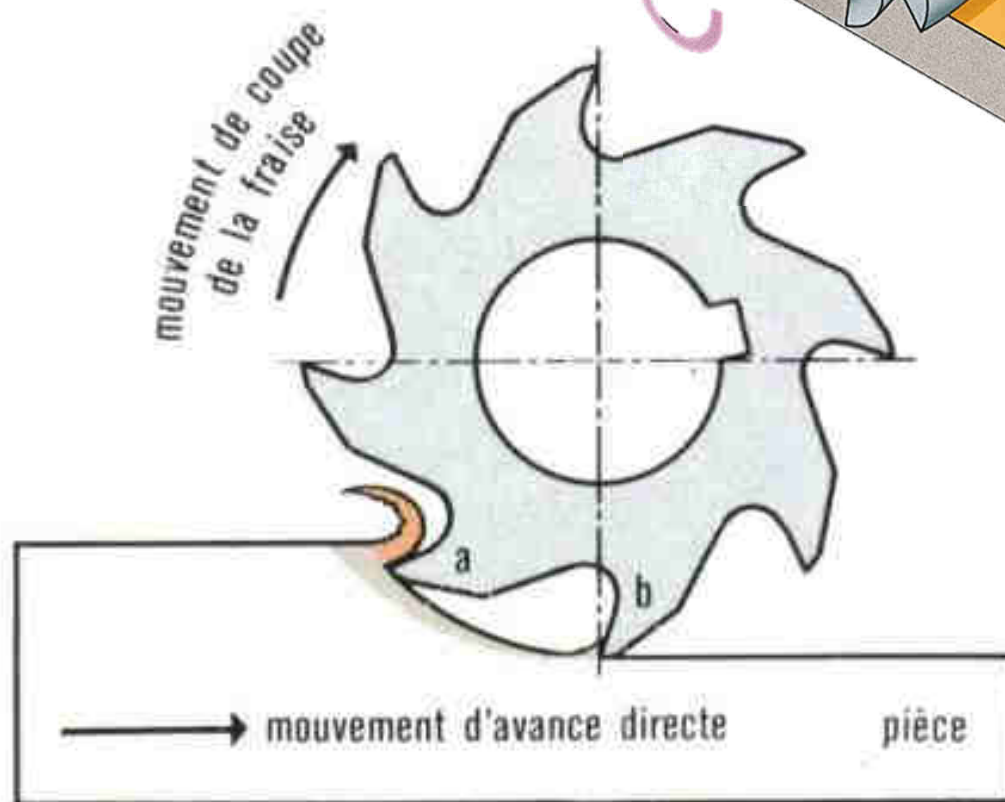
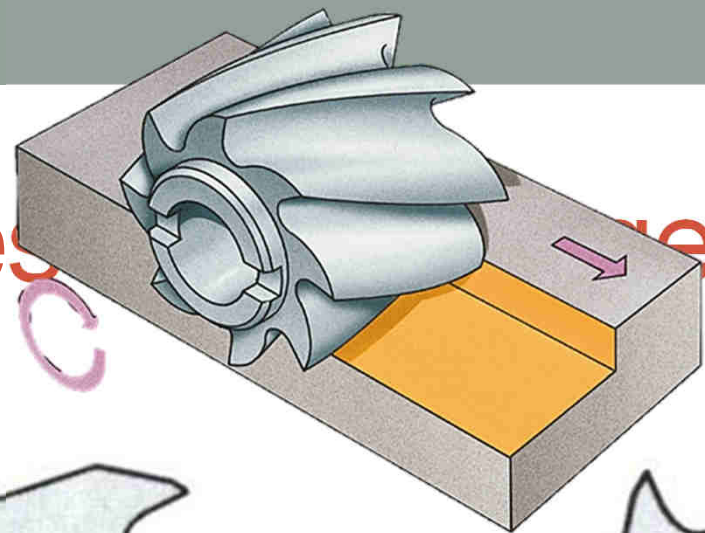




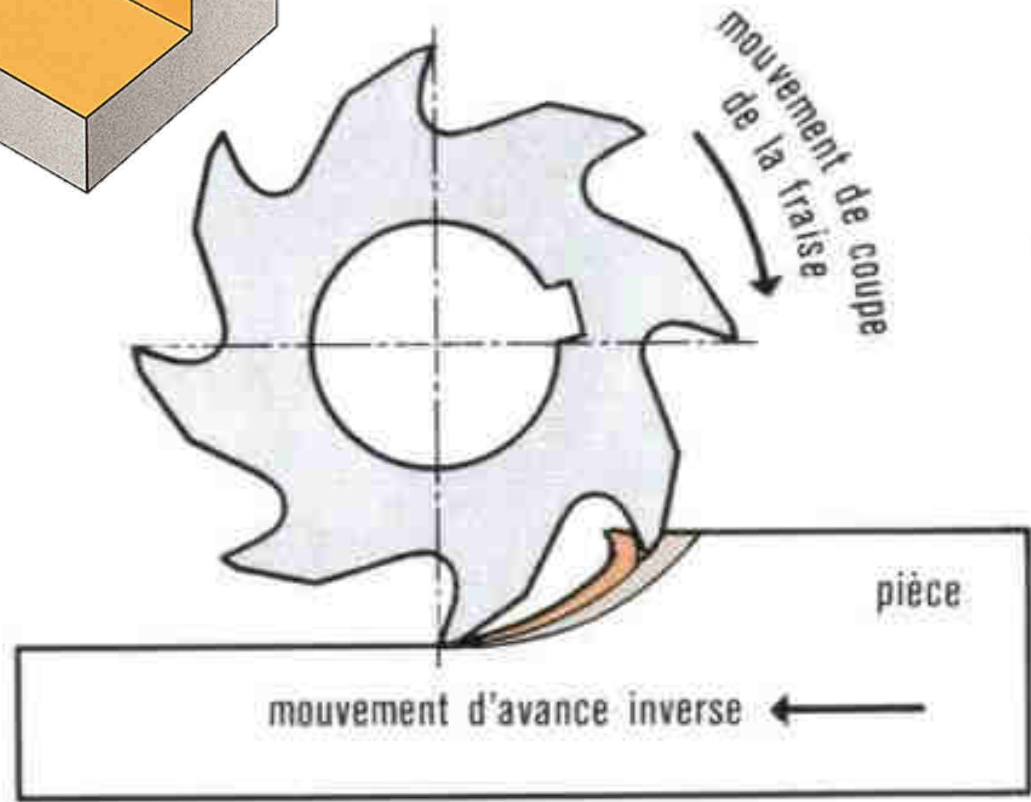
# L'USINAGE

---

# Généralités



Fraisage direct.



Fraisage en avalant.

[video](#)

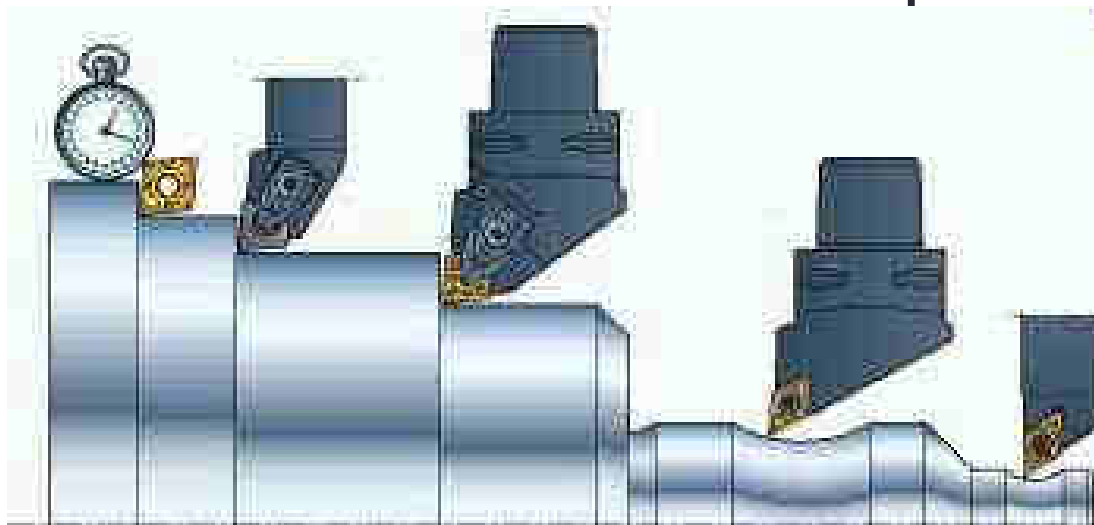


# Généralités sur l'usinage

- On distingue habituellement 3 procédés d'usinage traditionnels :

Le tournage pour lequel l'enlèvement de matière résulte de la combinaison

- De la rotation d'une pièce à usiner
- De l'avance d'un outil de coupe



[video](#)

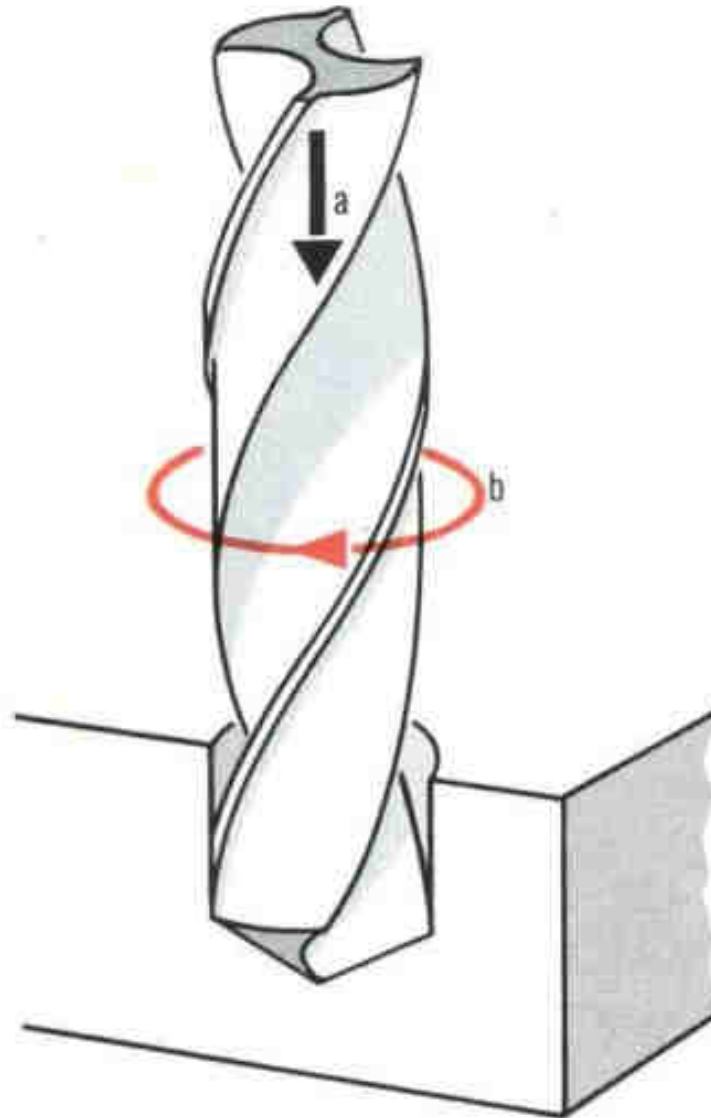


# Généralités sur l'usinage

- On distingue les usinages traditionnels :

Le perçage pour exemple :

- De la rotation



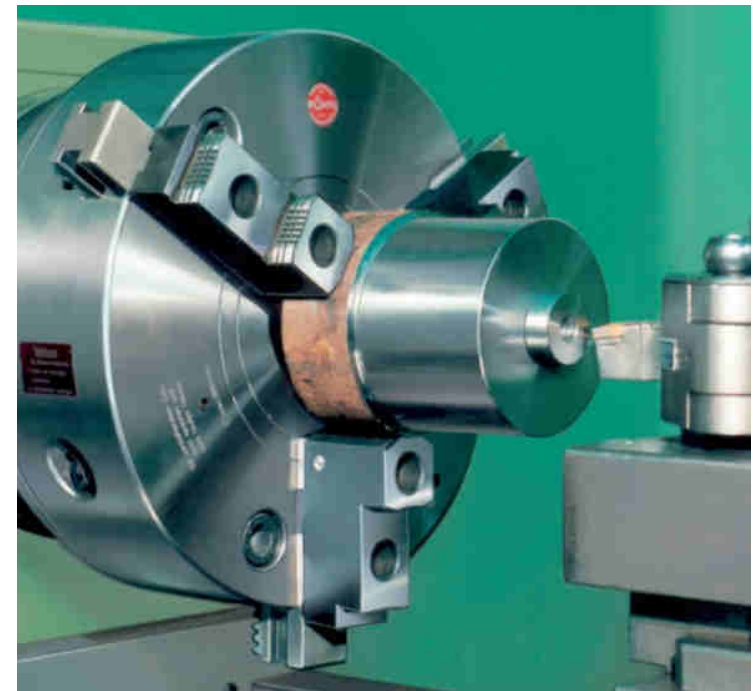
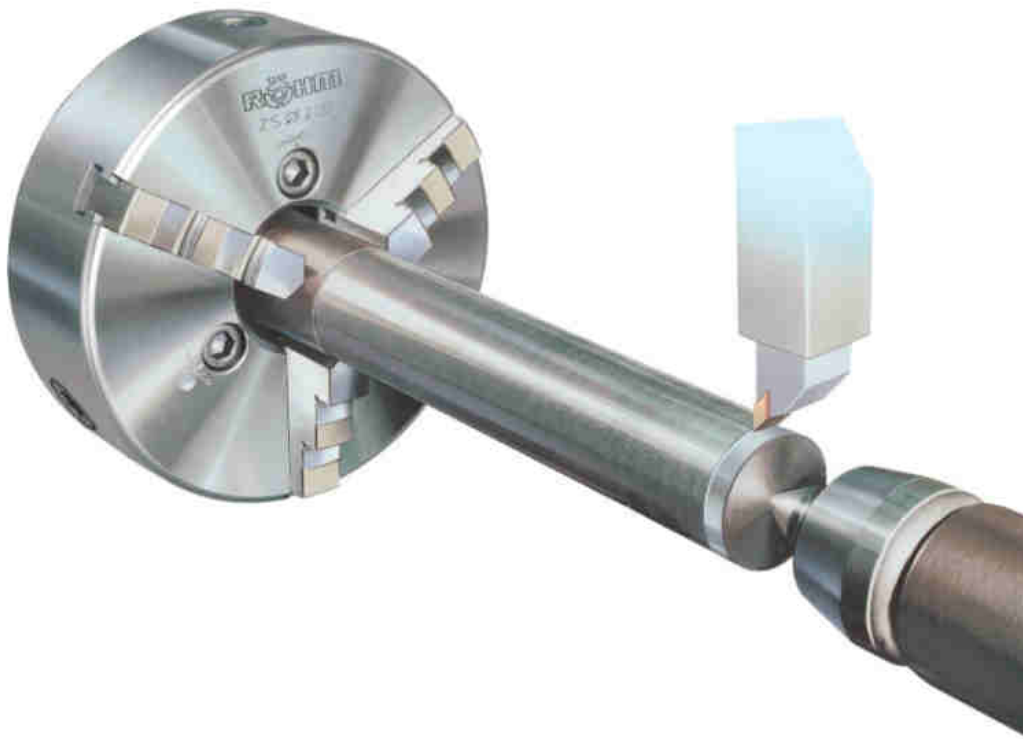
d'usinage

matériau résulte :  
l'outil de coupe



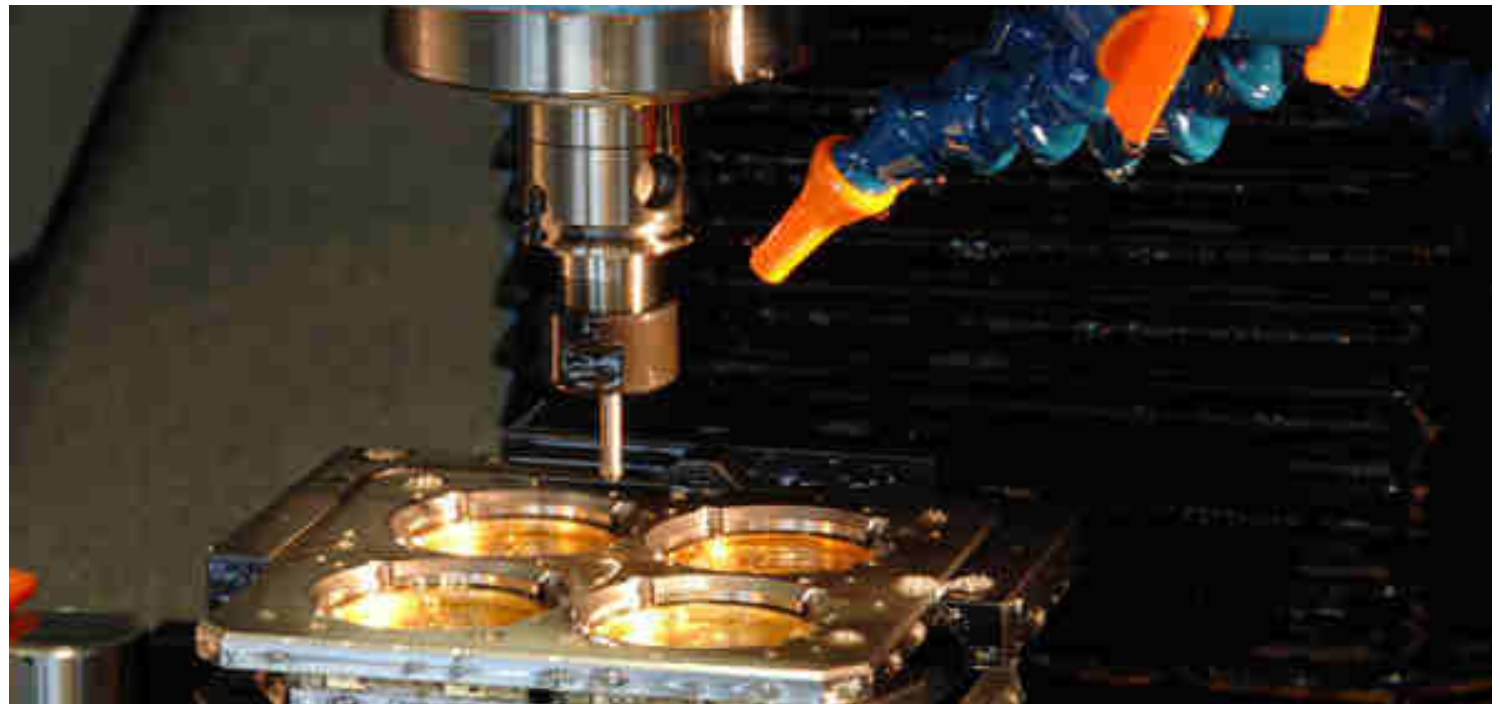
# Généralités sur l'usinage

- Montage de tournage

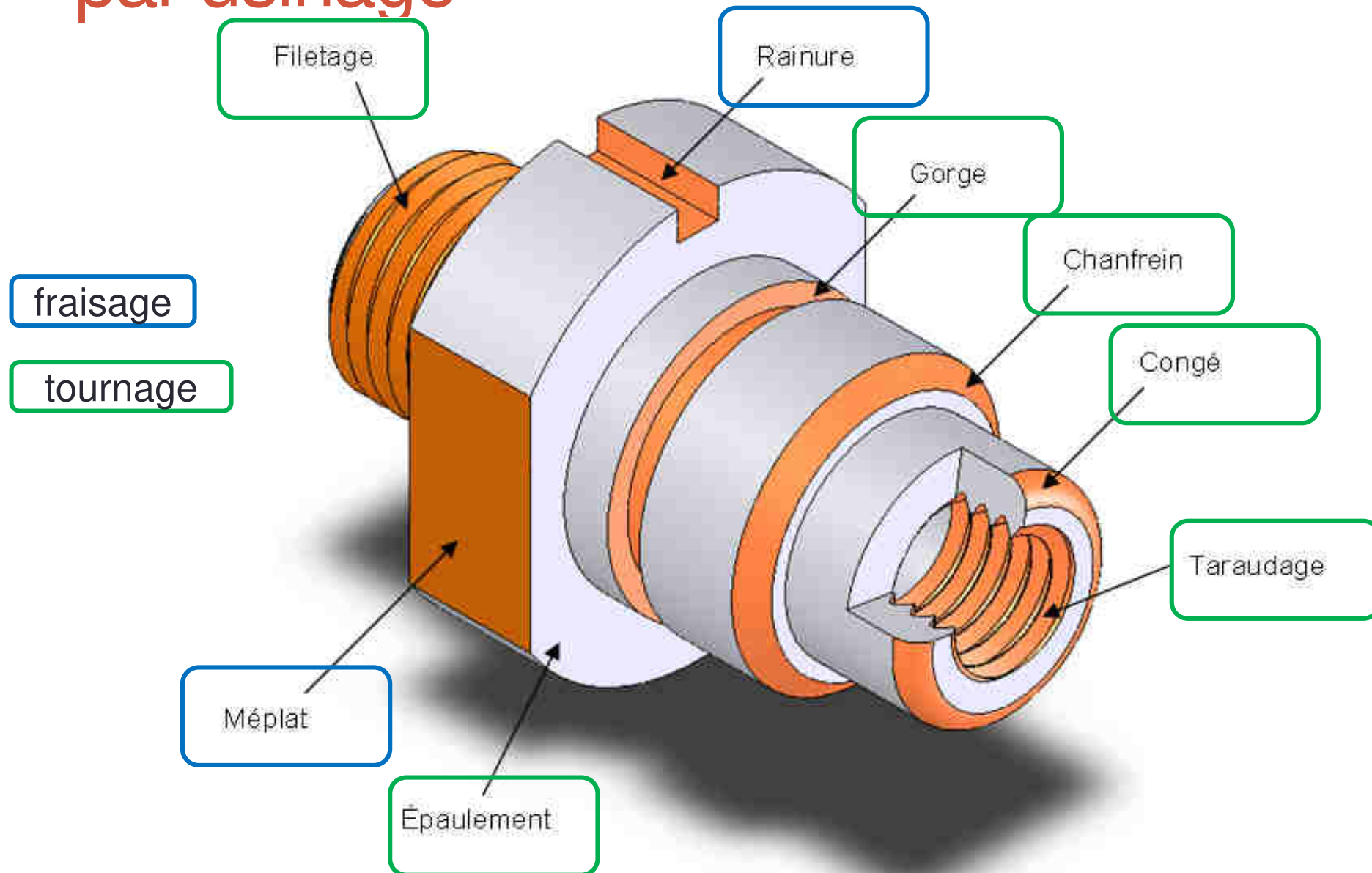


# Généralités sur l'usinage

- Montage de fraisage

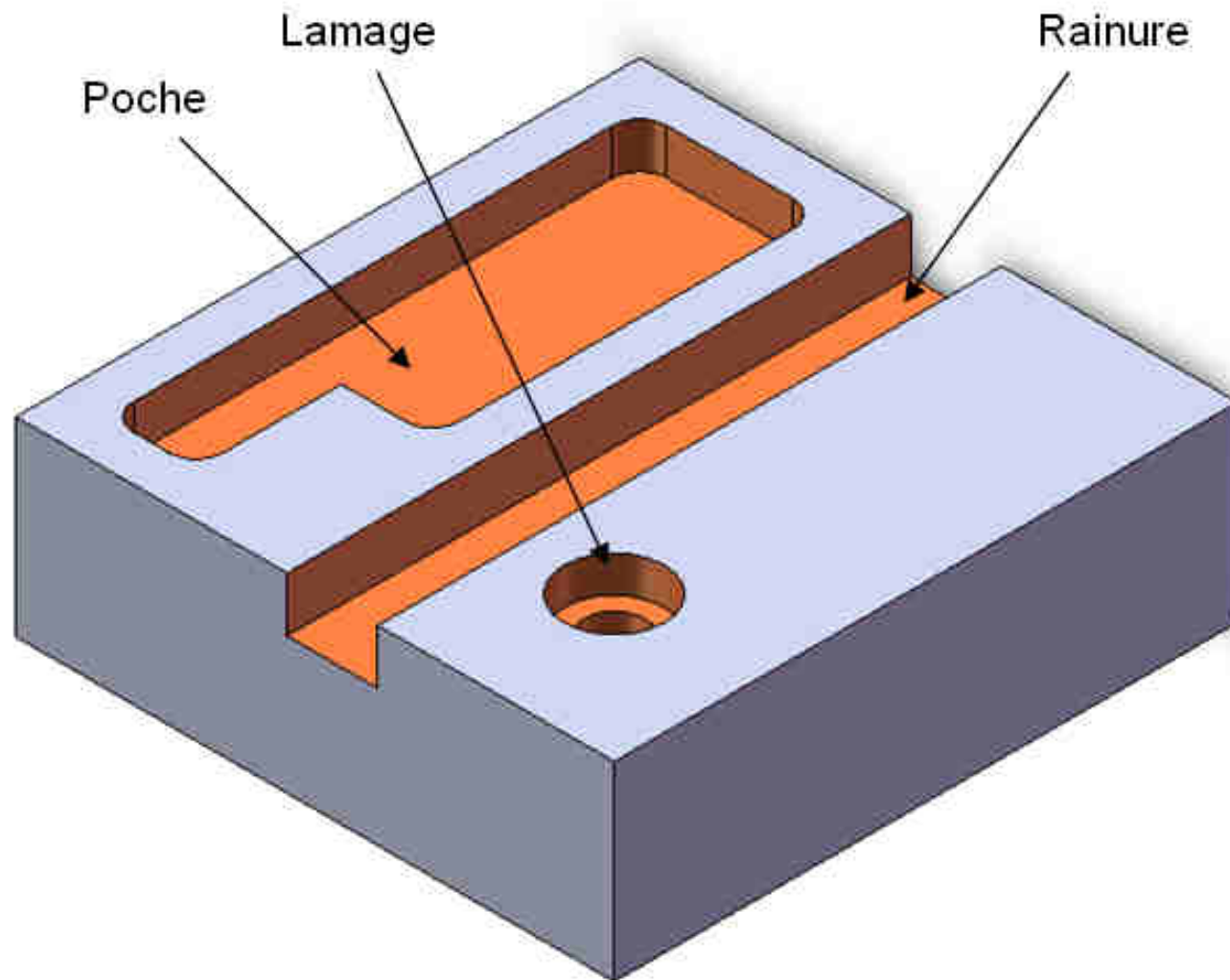


# Vocabulaire de quelques formes obtenues par usinage





# Vocabulaire de quelques formes obtenues par usinage



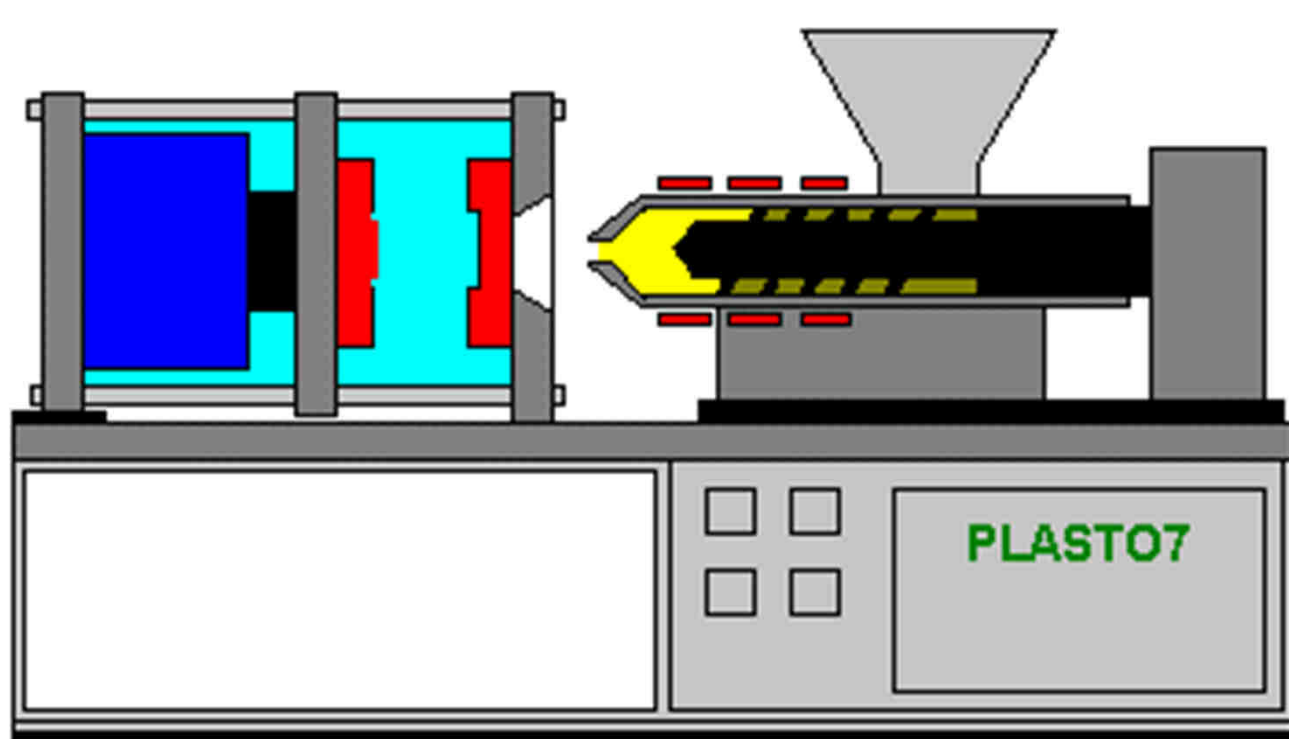


# L'INJECTION PLASTIQUE

---

# L'injection plastique

- Procédé particulièrement adapté à de grandes ou de très grandes séries.
- Principe :



# Quelques règles de conception en injection plastique

- Ce procédé repose sur l'injection de plastique à l'état liquide dans un moule métallique. Les phénomènes thermiques sont donc importants
- La contraction de la matière lors de son retour à température ambiante s'accompagne d'une déformation des formes injectées. Cette contraction d'appelle le retrait.
- Pour minimiser les conséquences de ces déformations, certaines règles de conception sont à respecter.



# Quelques règles de conception en injection plastique

- Deux défauts sont majoritairement rencontrés lors du refroidissement de la pièce et de l'éjection du moule :

## Les retassures



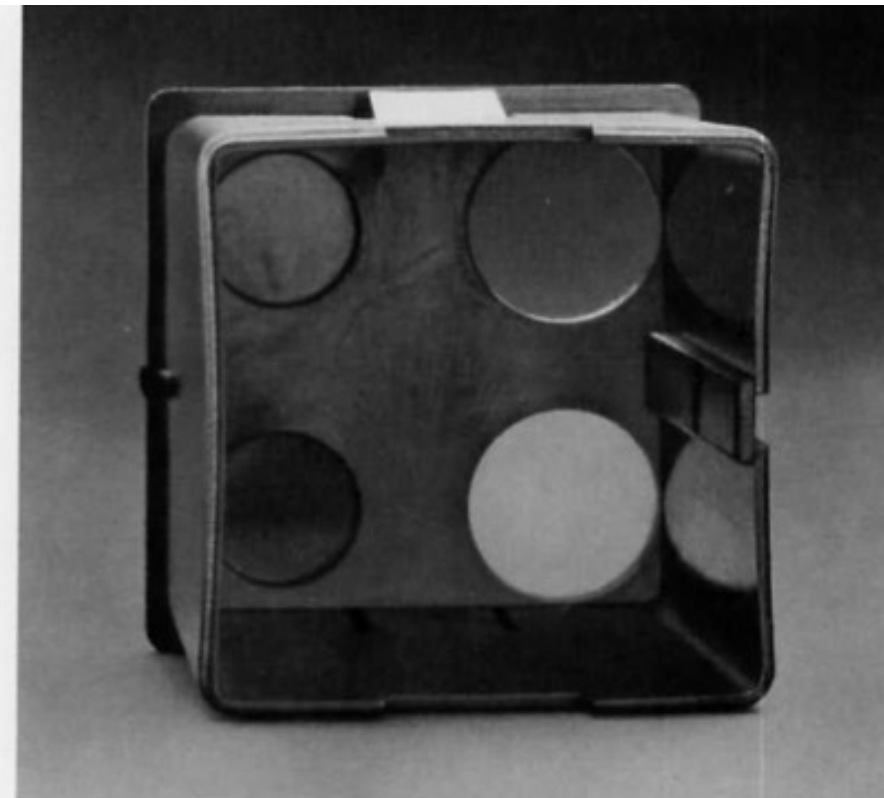
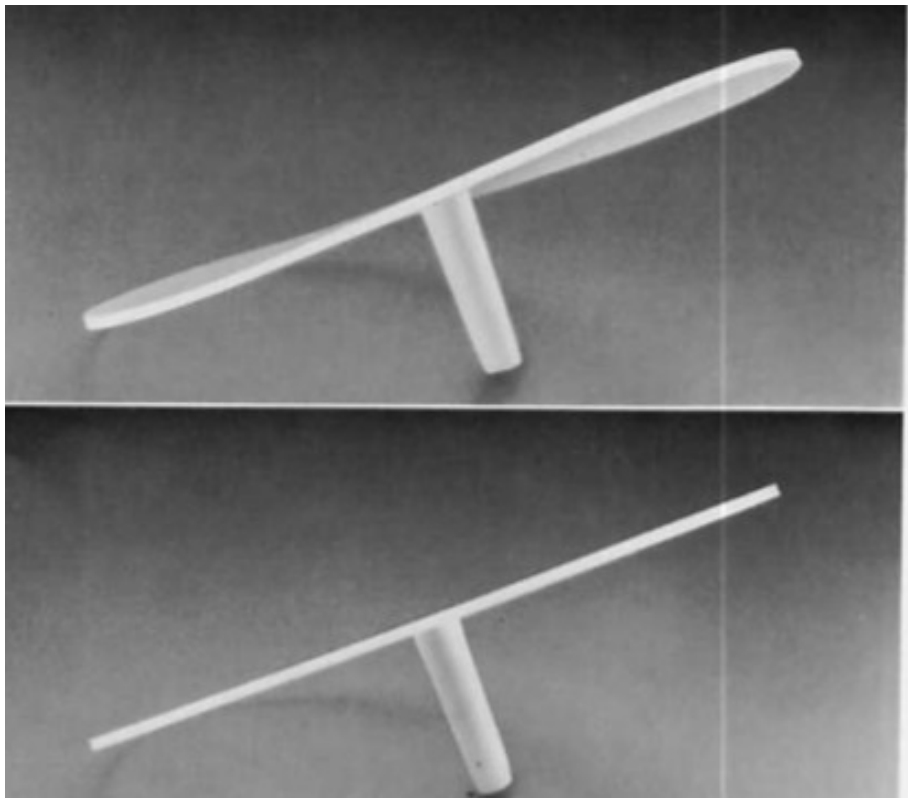
Ces défauts de forme sont liés aux écarts d'épaisseur de la matière.



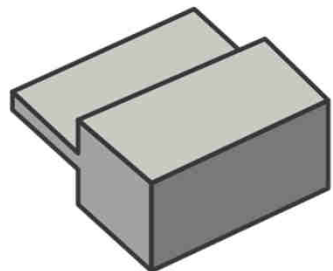
# Quelques règles de conception en injection plastique

- Deux défauts sont majoritairement rencontrés lors du refroidissement de la pièce et de l'éjection du moule :

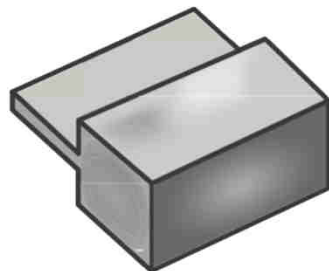
## Le gauchissement



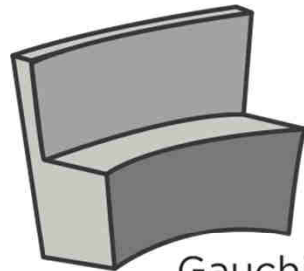
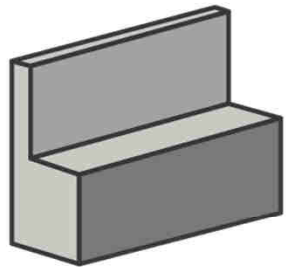
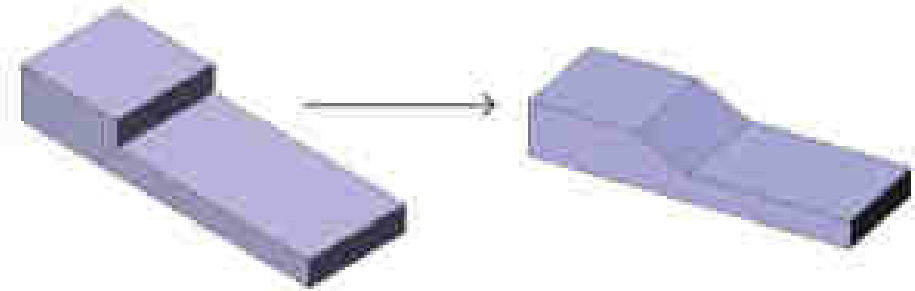
# Quelques règles de conception en injection plastique



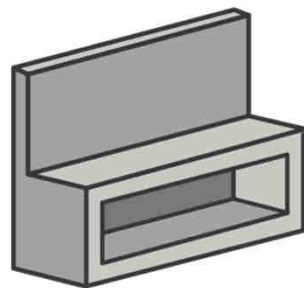
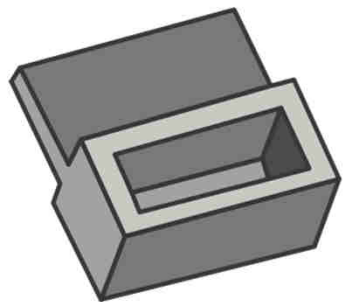
Conception de la pièce



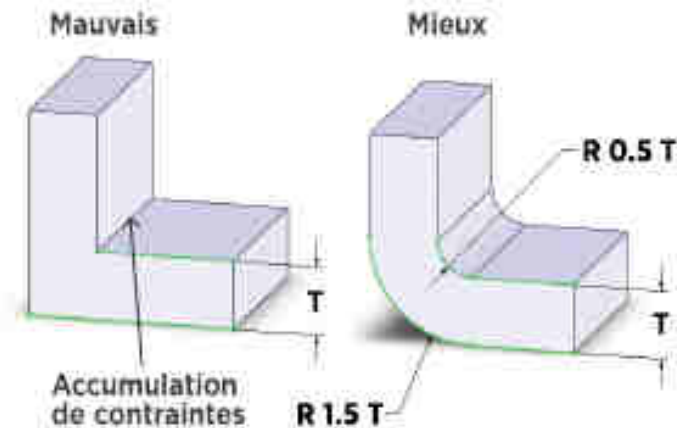
Résultat du moulage



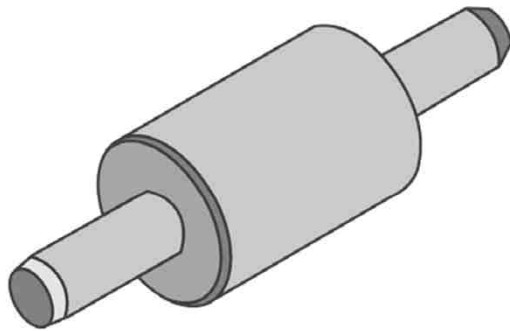
Gauchissement



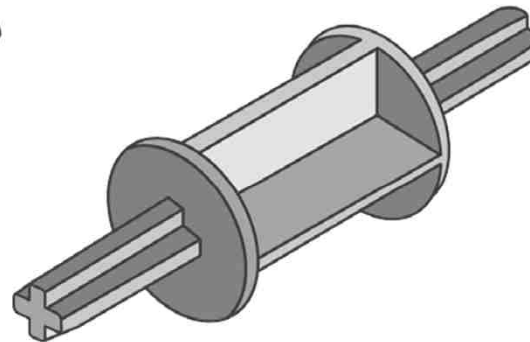
La géométrie des noyaux



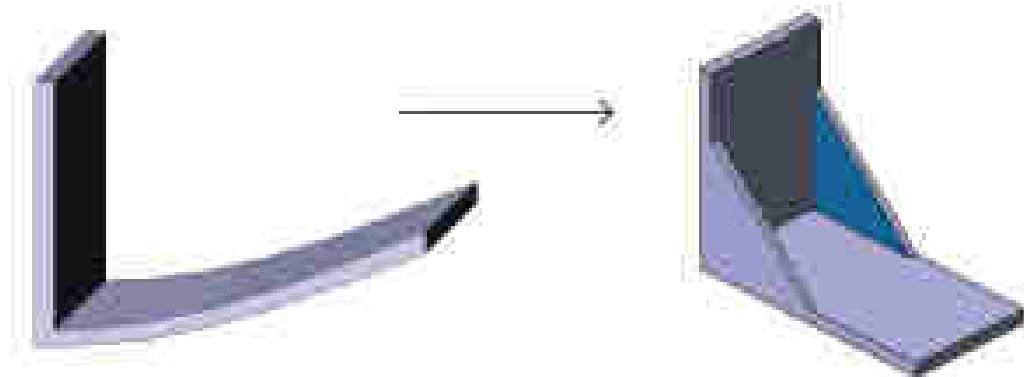
# Quelques règles de conception en injection plastique



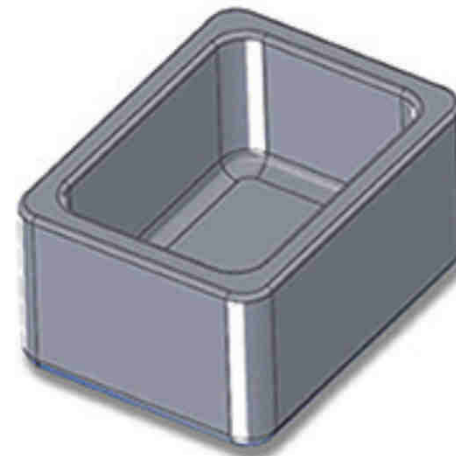
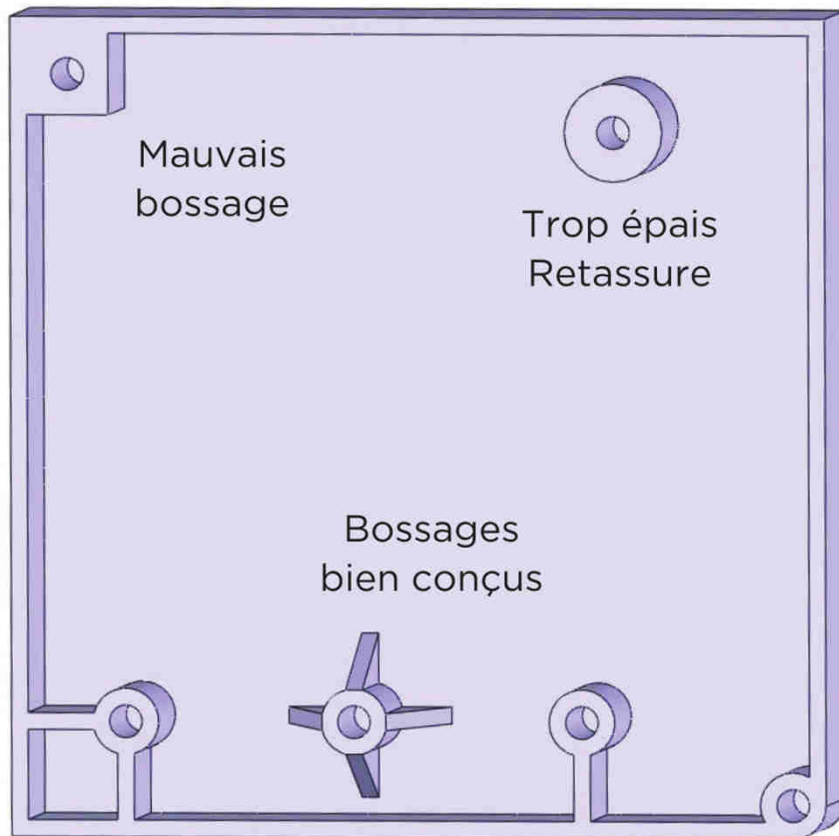
Pièce  
originale



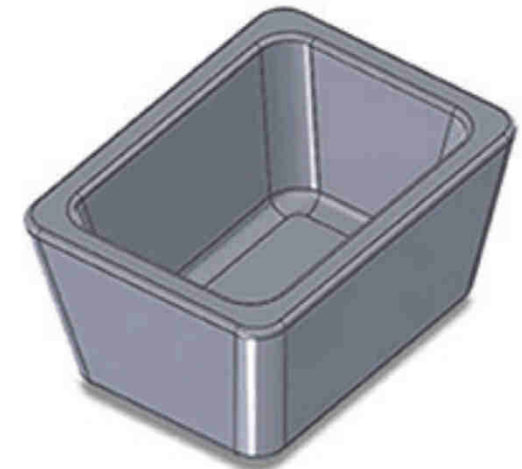
Pièce avec  
nervures



# Quelques règles de conception en injection plastique



SANS  
DÉPOUILLE

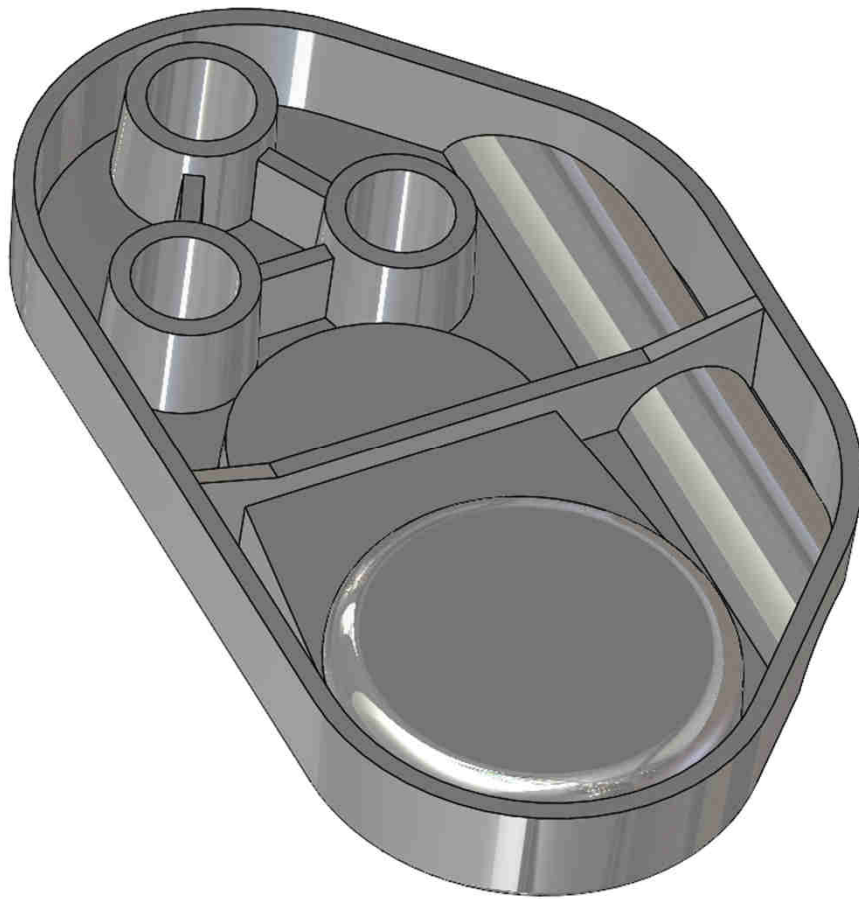


AVEC  
DÉPOUILLE





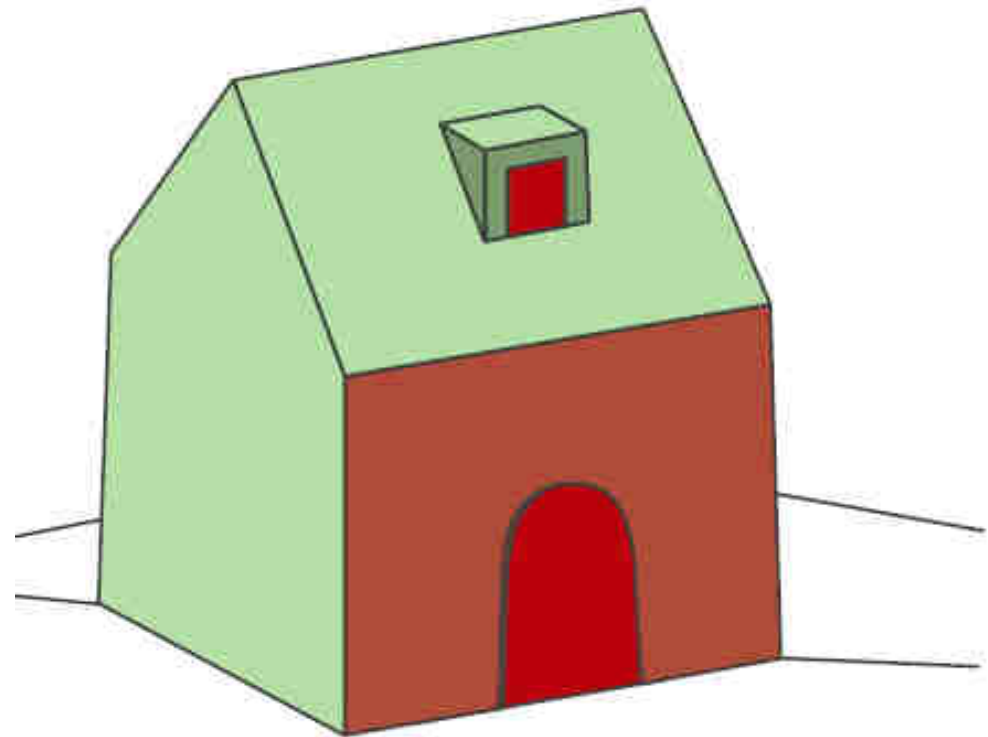
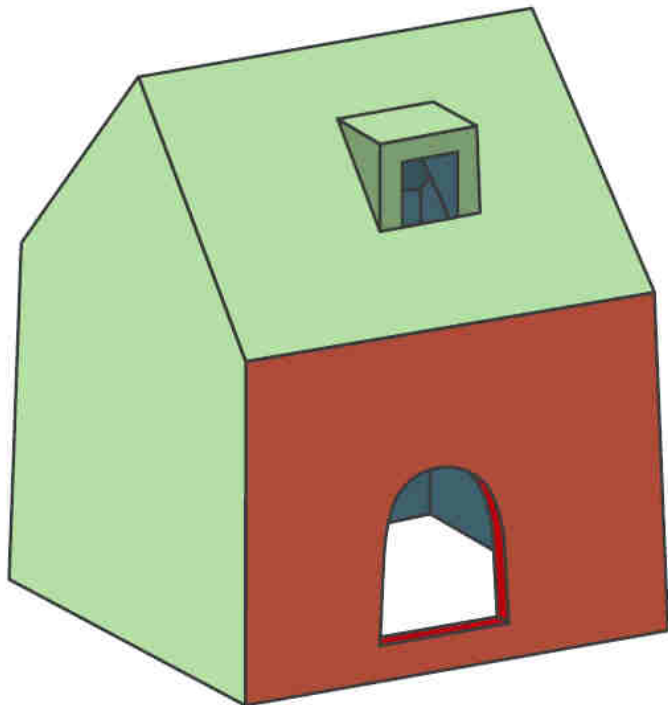
# Quelques règles de conception en injection plastique



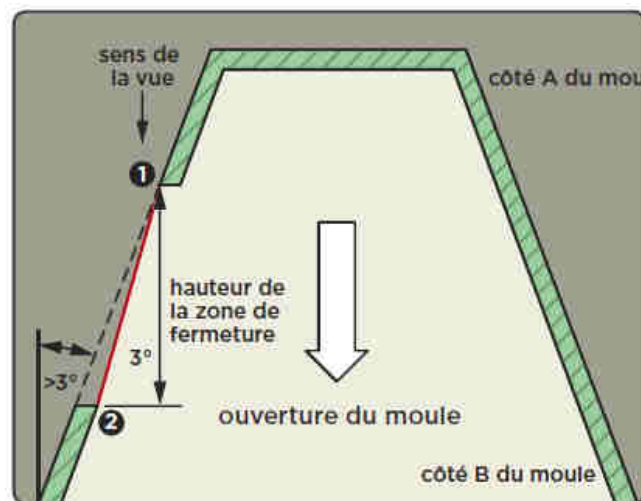
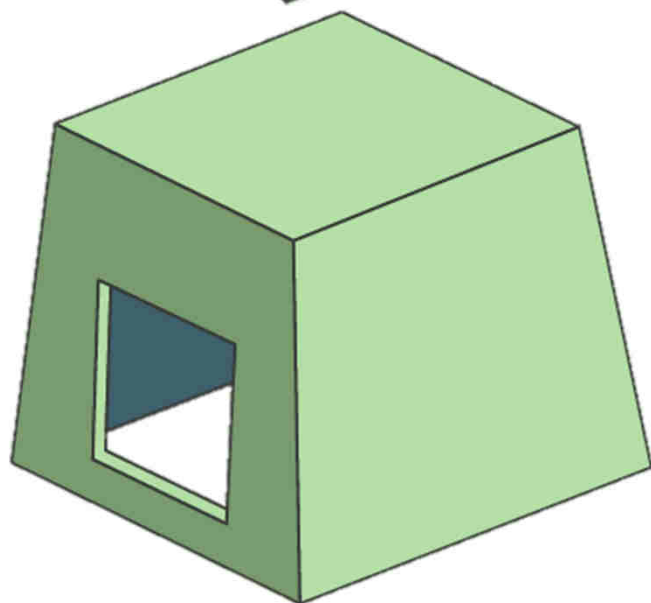
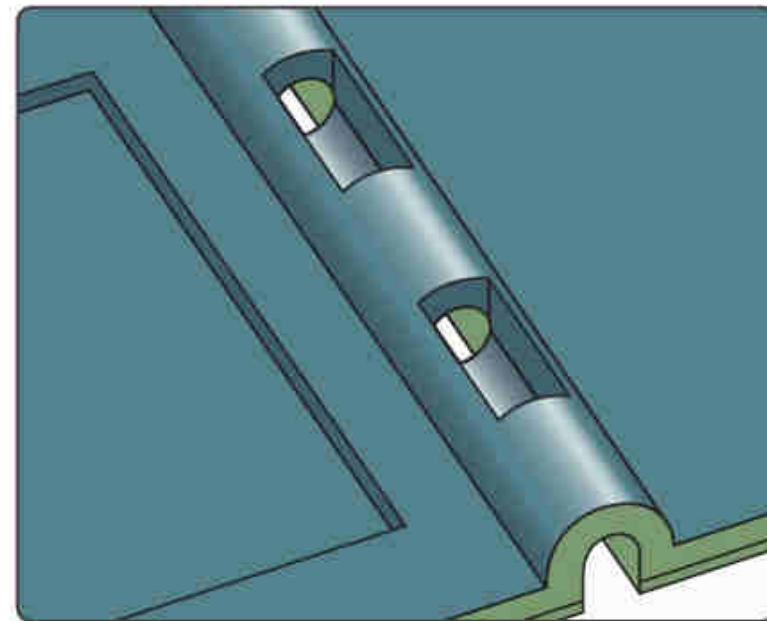
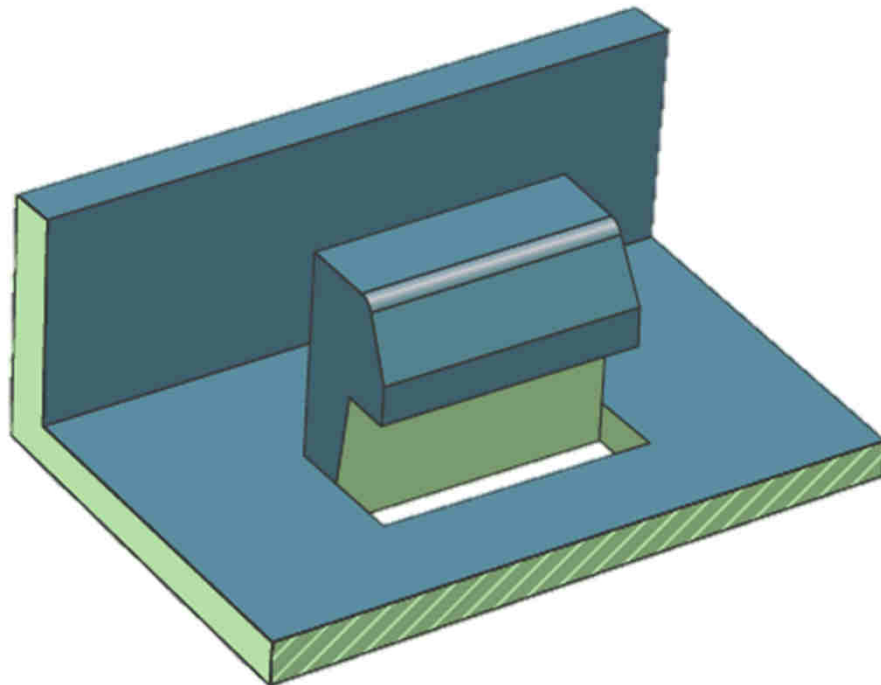
Socle usinage  
Socle injection



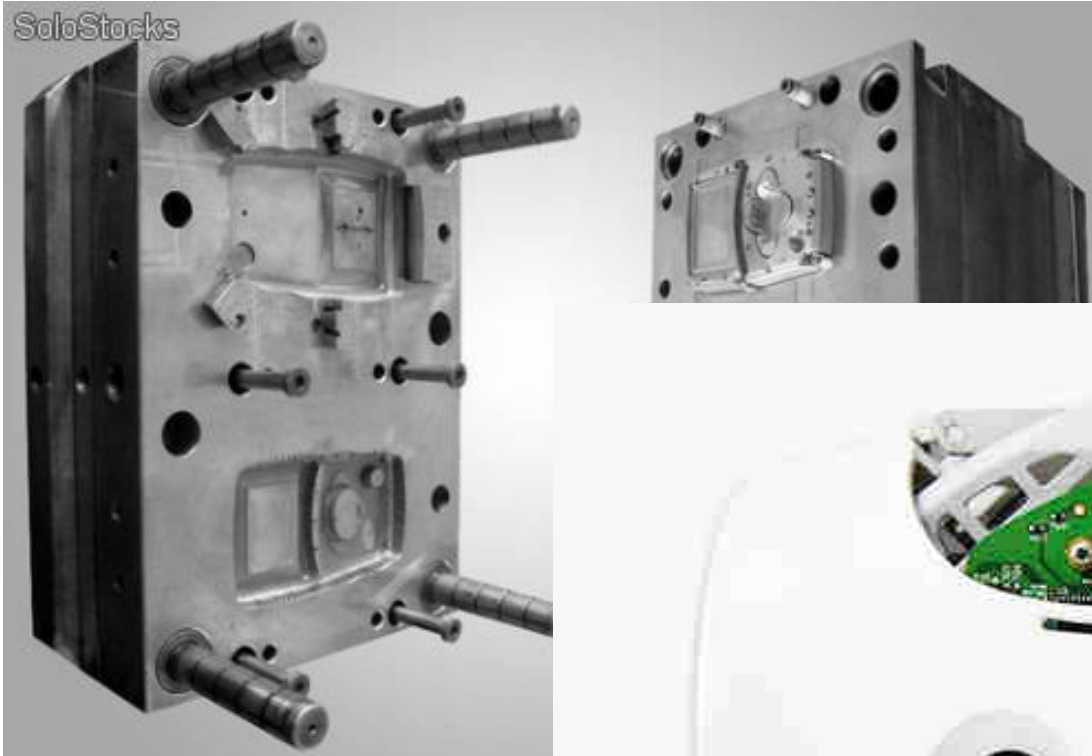
# Formes en contre dépouille et moules à tiroirs



# Solution d'évitement



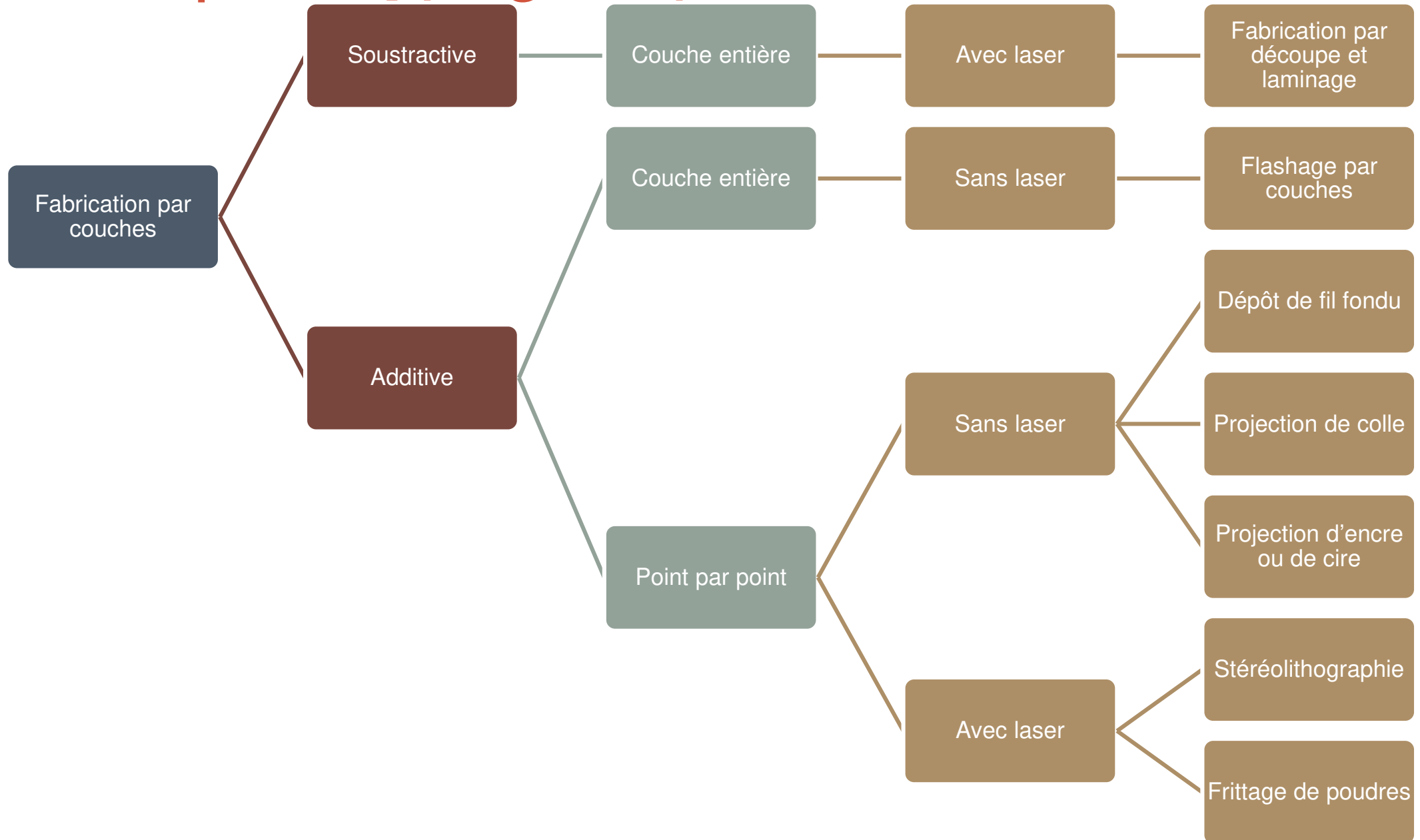
# Injection plastique



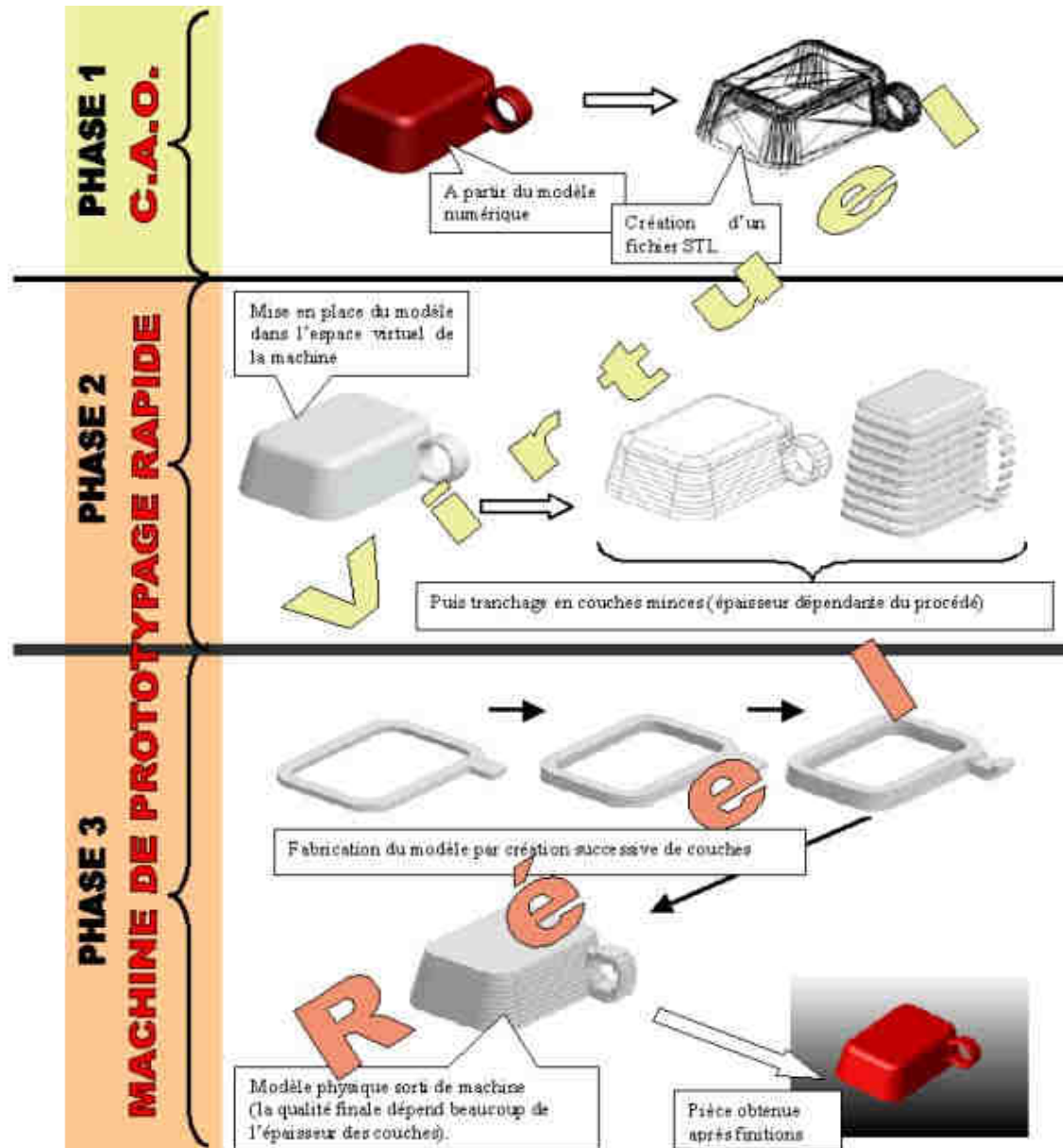
# LE PROTOTYPAGE RAPIDE

---

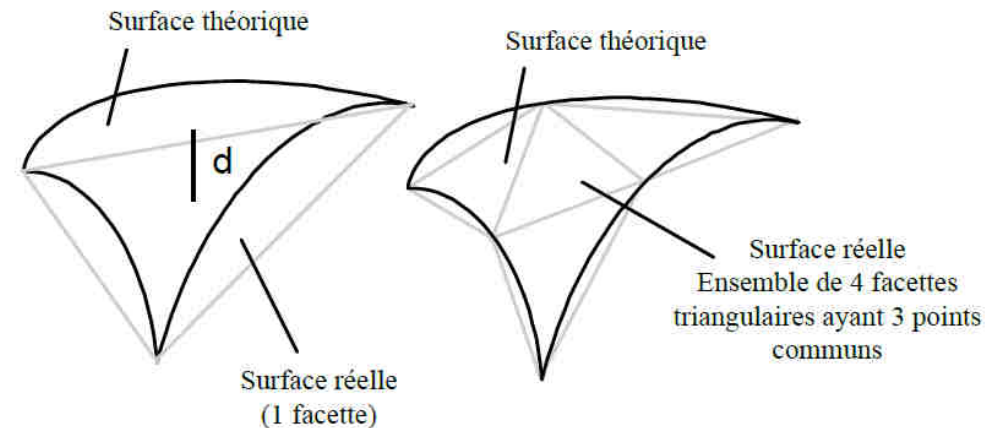
# Le prototypage rapide



# Le prototypage rapide

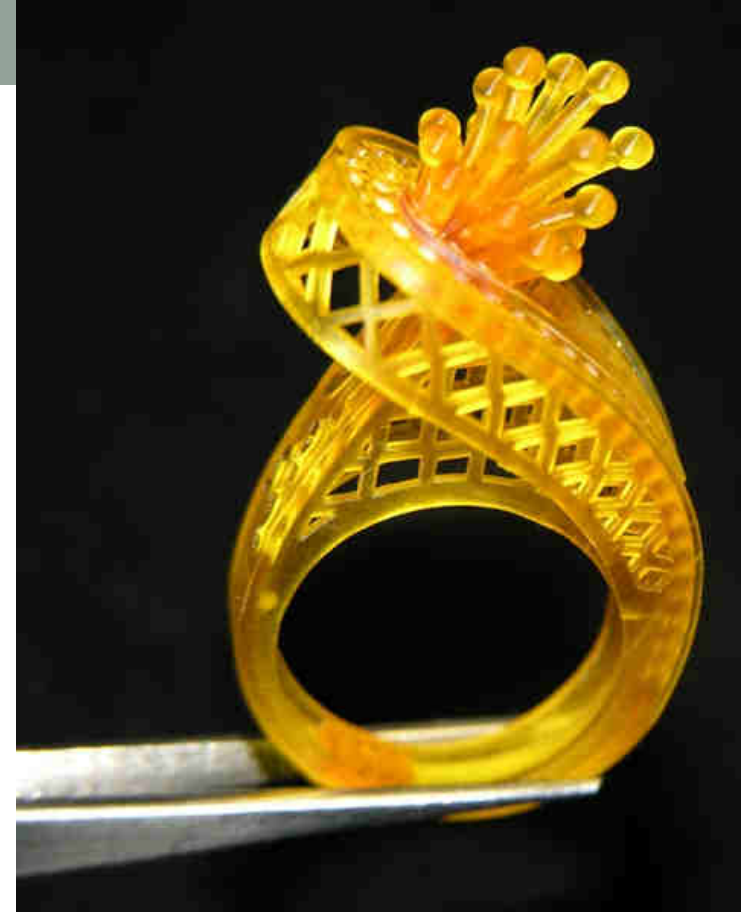
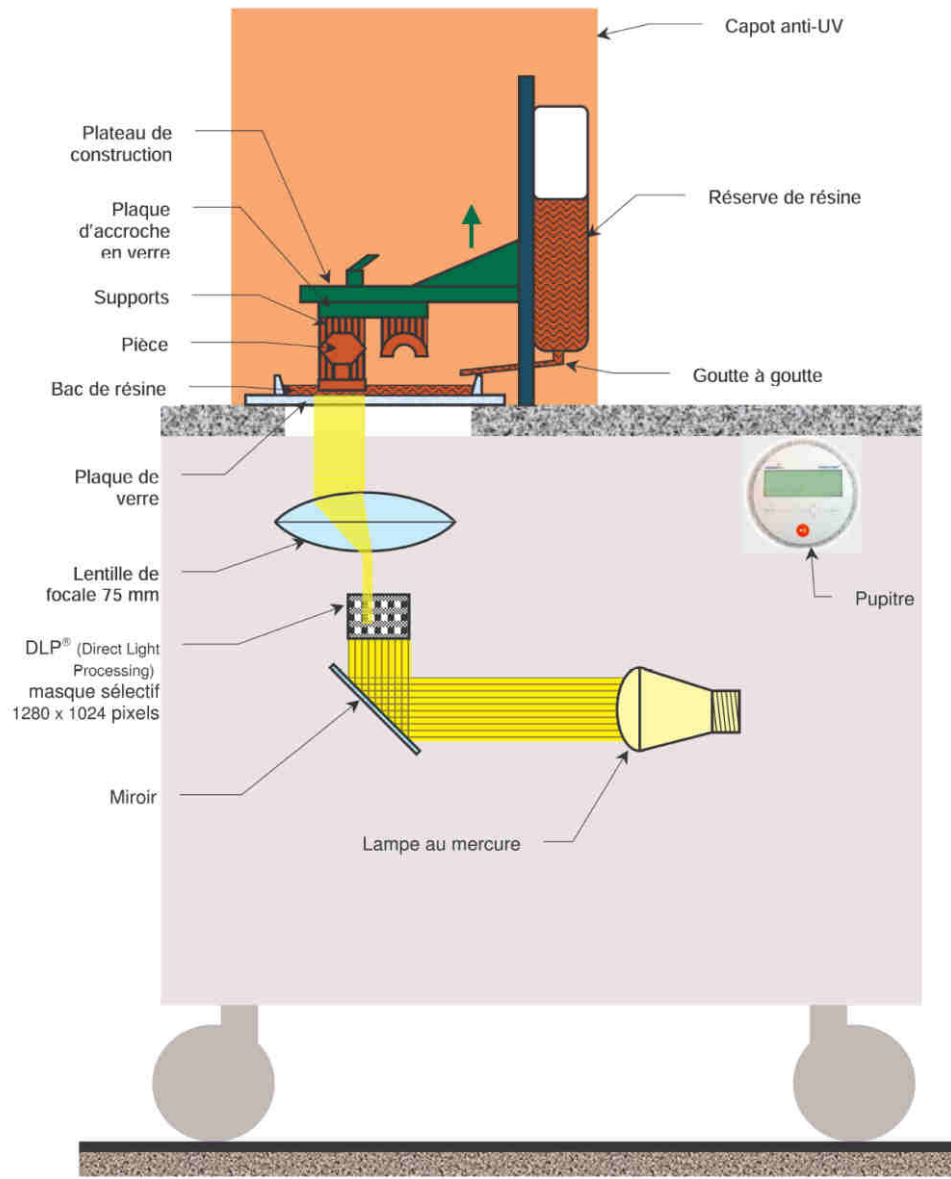


Principe générique du prototypage rapide



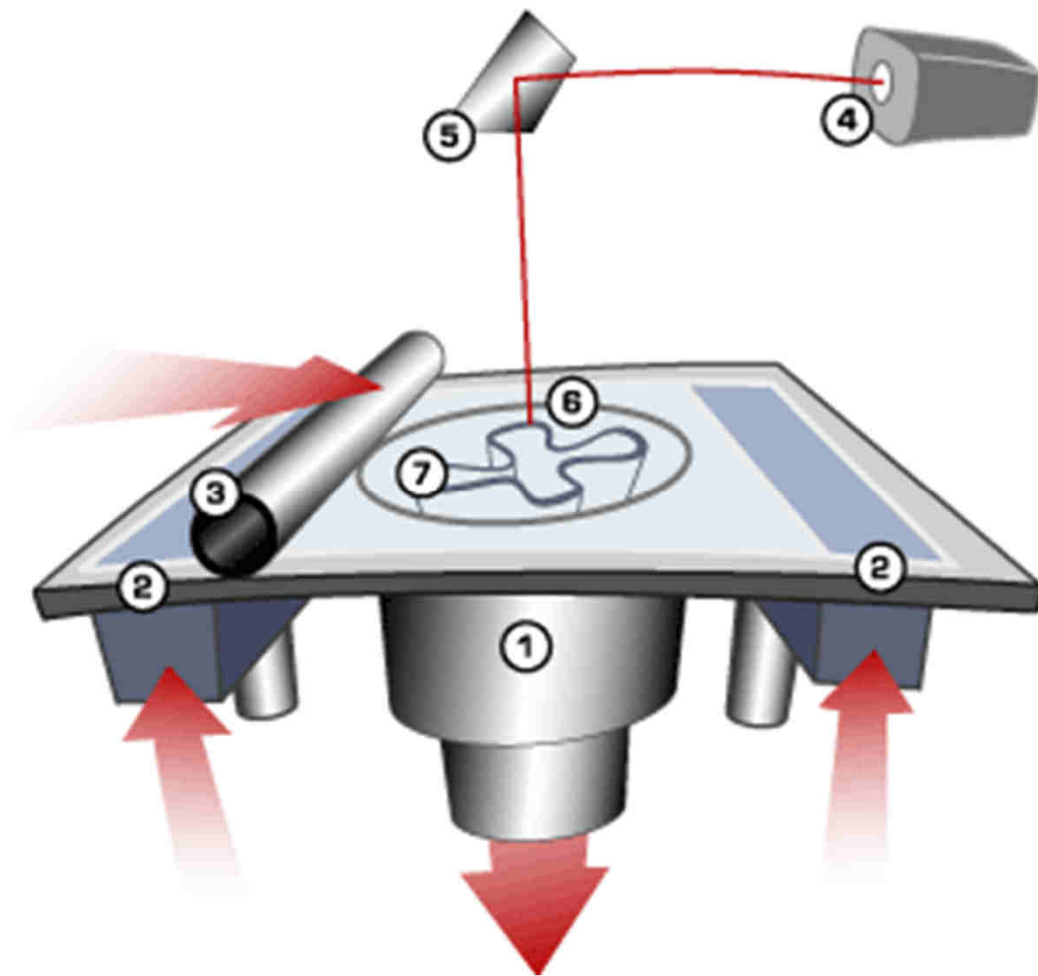


# Stéréolithographie

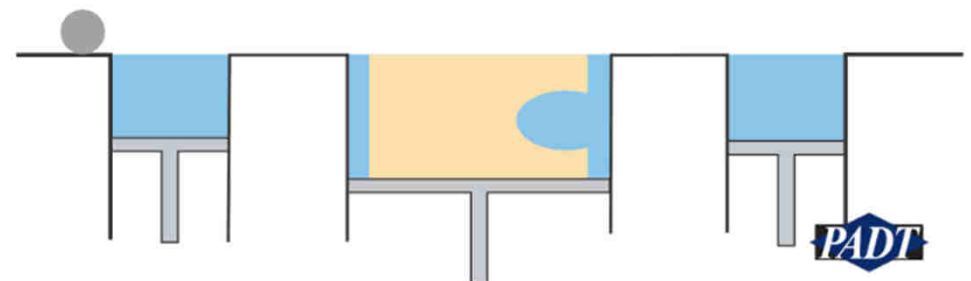




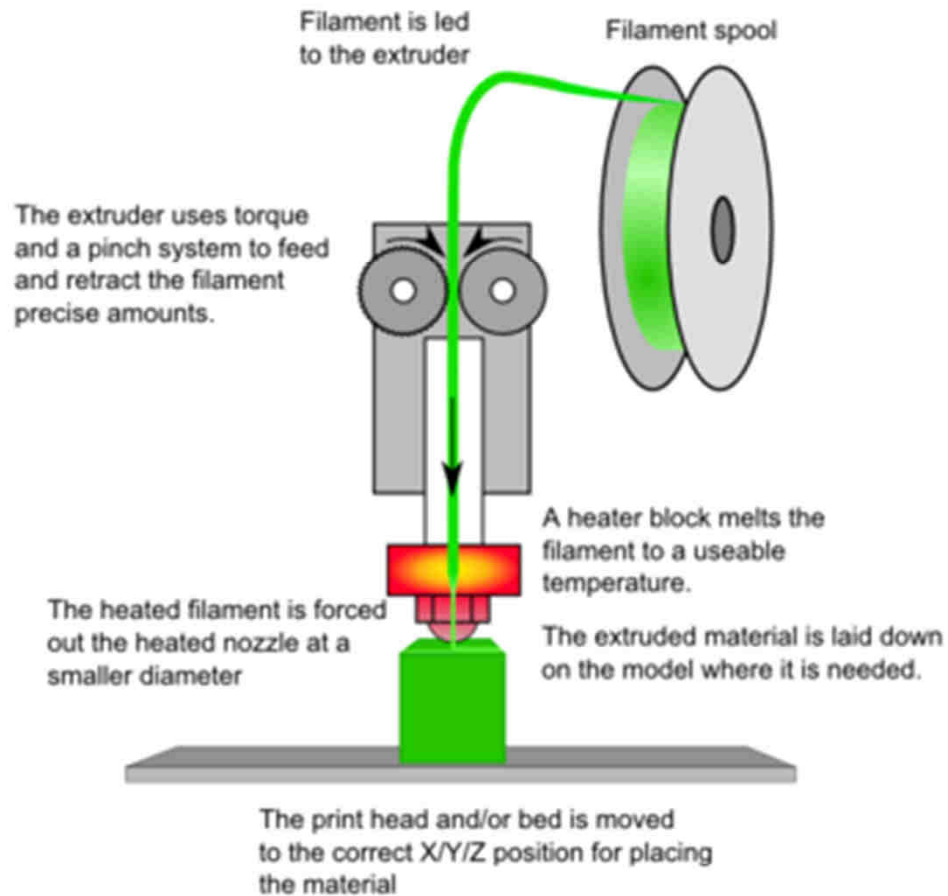
# Frittage de poudres



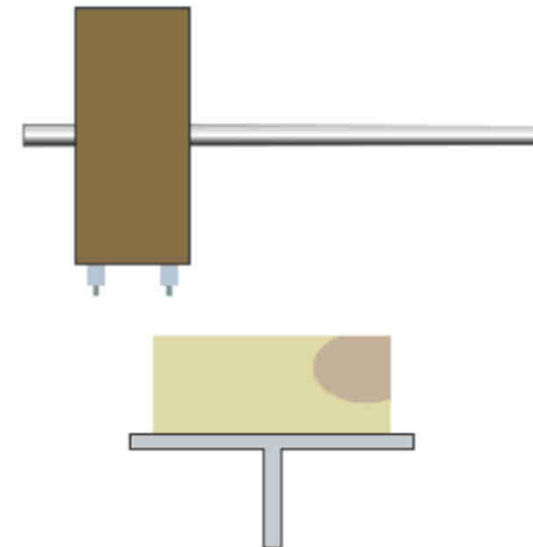
Selective Laser Sintering (SLS)



# Dépose de fil chaud



Fused Deposition Modeling (FDM)



# DÉCOUPAGE, PLIAGE

---

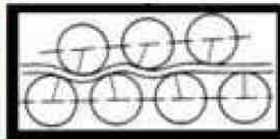
# Découpage, pliage

- Le pliage est une opération de déformation à froid qui consiste à déformer une tôle plane suivant un angle de façon brusque.



# Découpage, pliage

## Fabrication de la ferrure de ceinture de sécurité



Redressage



Découpage

Rayonnage  
des arrêtes

Découpage  
extérieur

Pliage  
à 60°

Pliage  
à 90°



Pièce  
finale

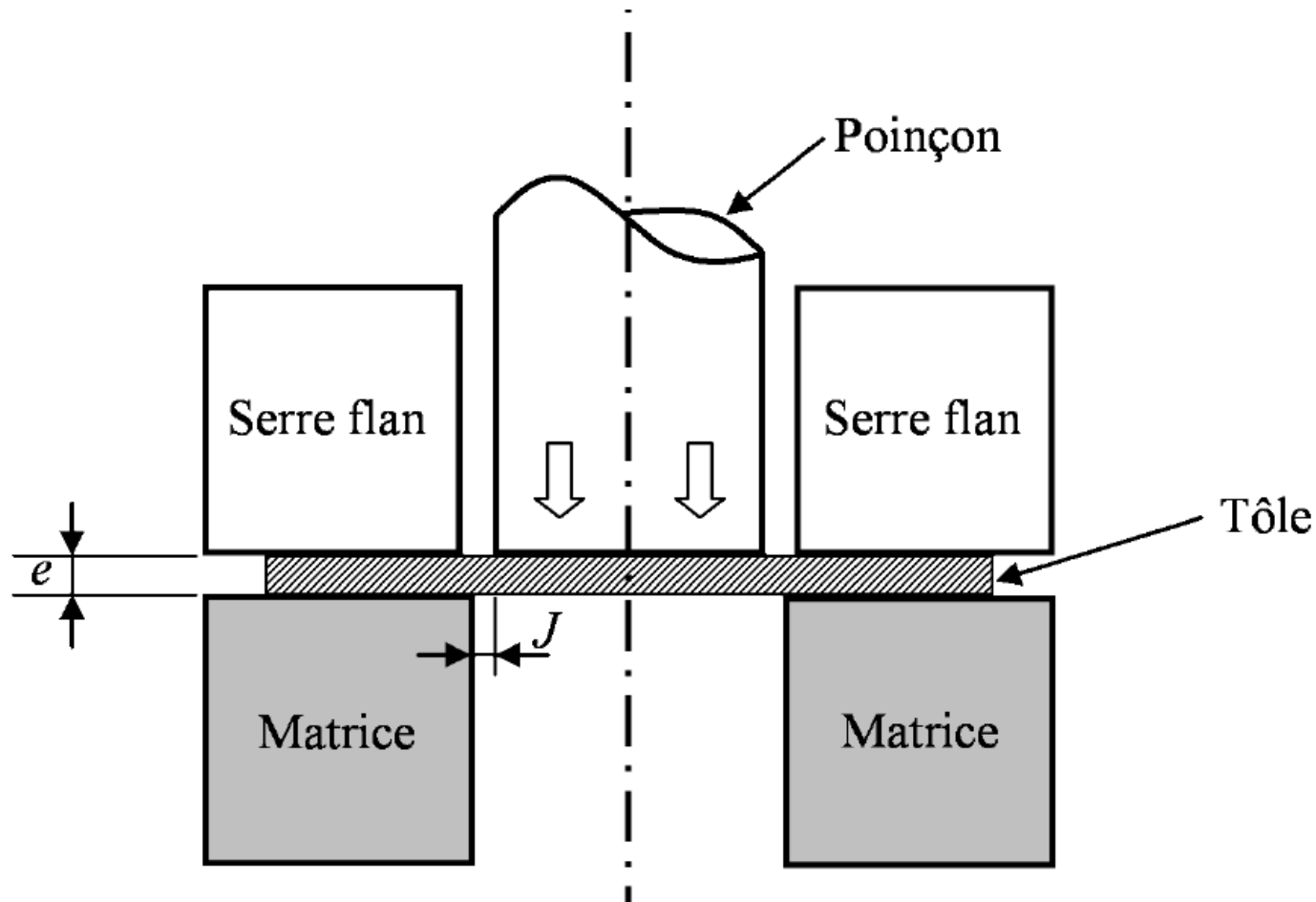
Bobine ceintrée

Débobinage



# Découpage, pliage

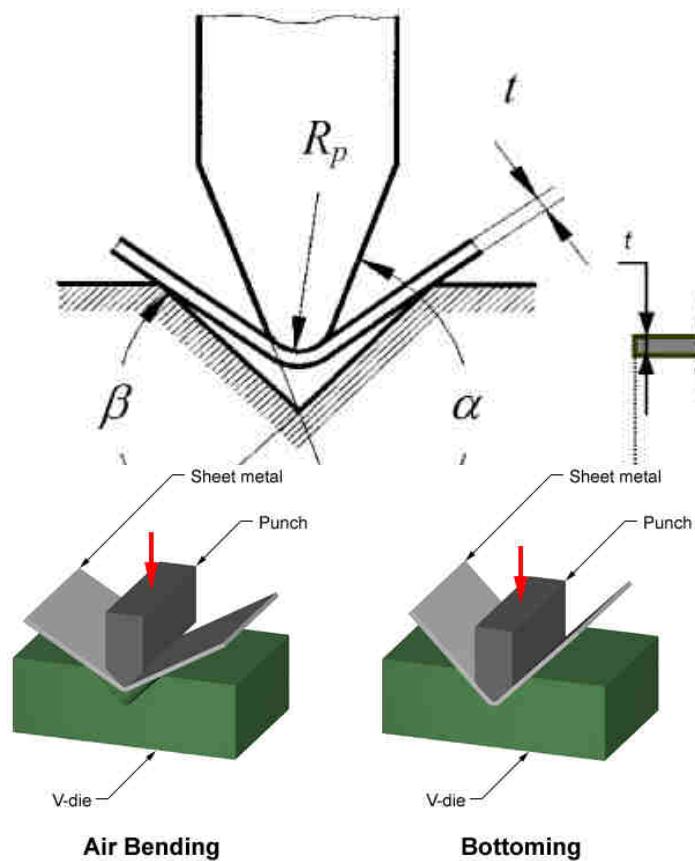
Terminologie : vocabulaire employé en tôlerie



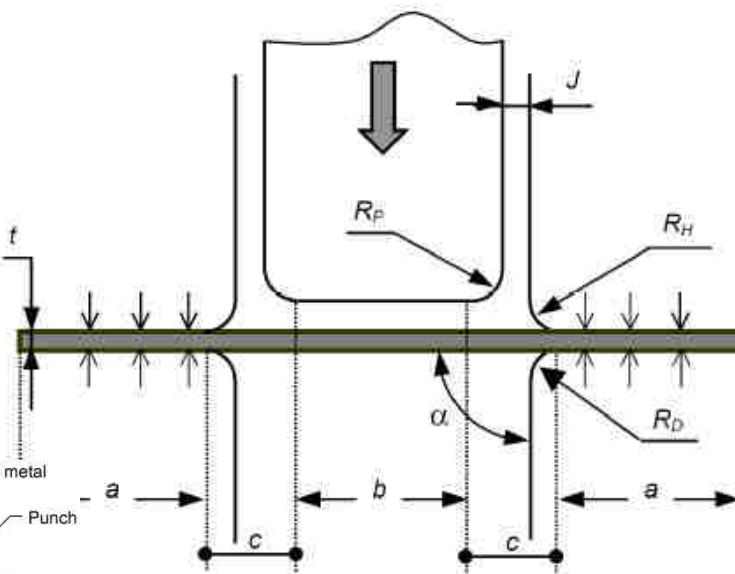
# Découpage, pliage

Il existe différents procédés de pliage.

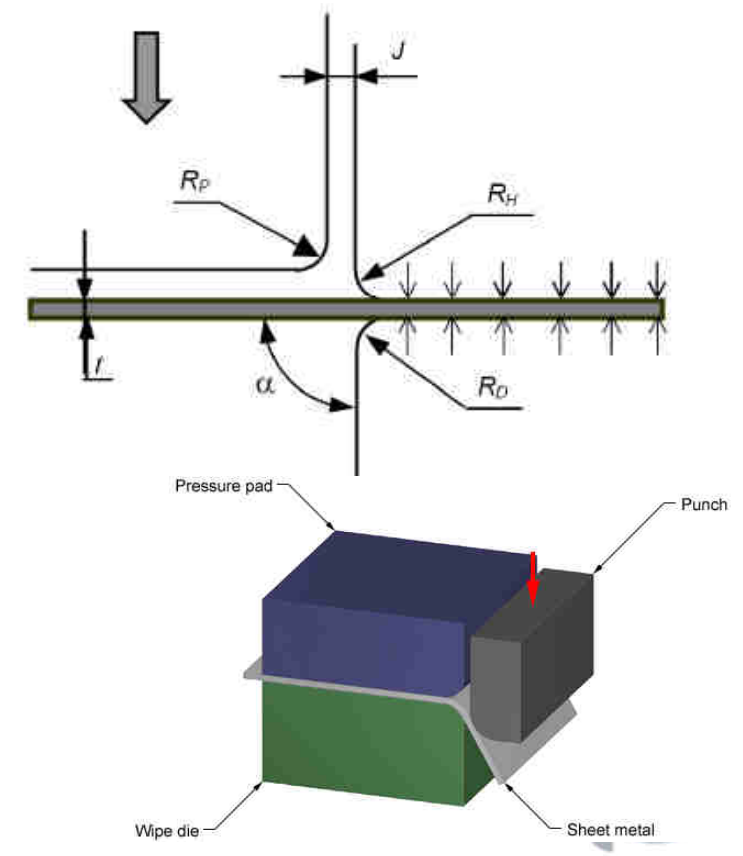
Pliage en V



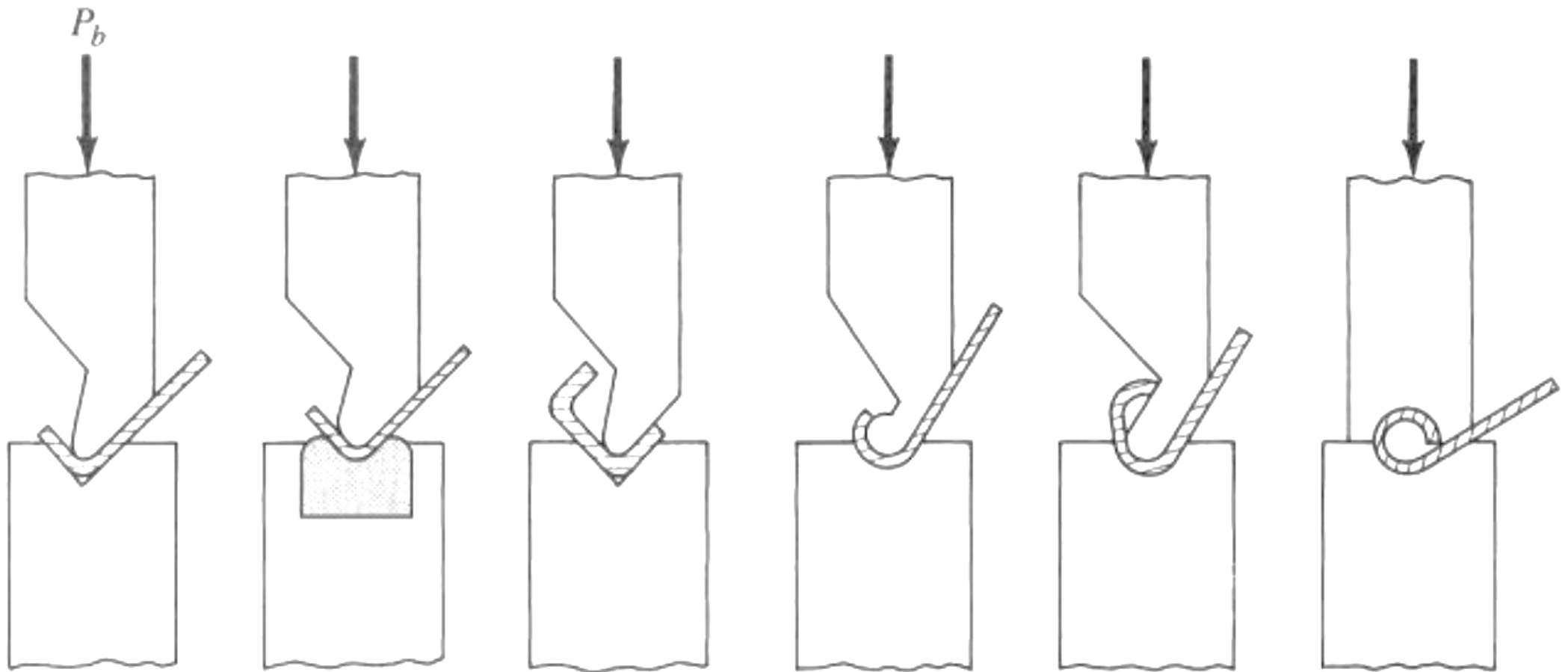
Pliage en U



Pliage en tombé de bord

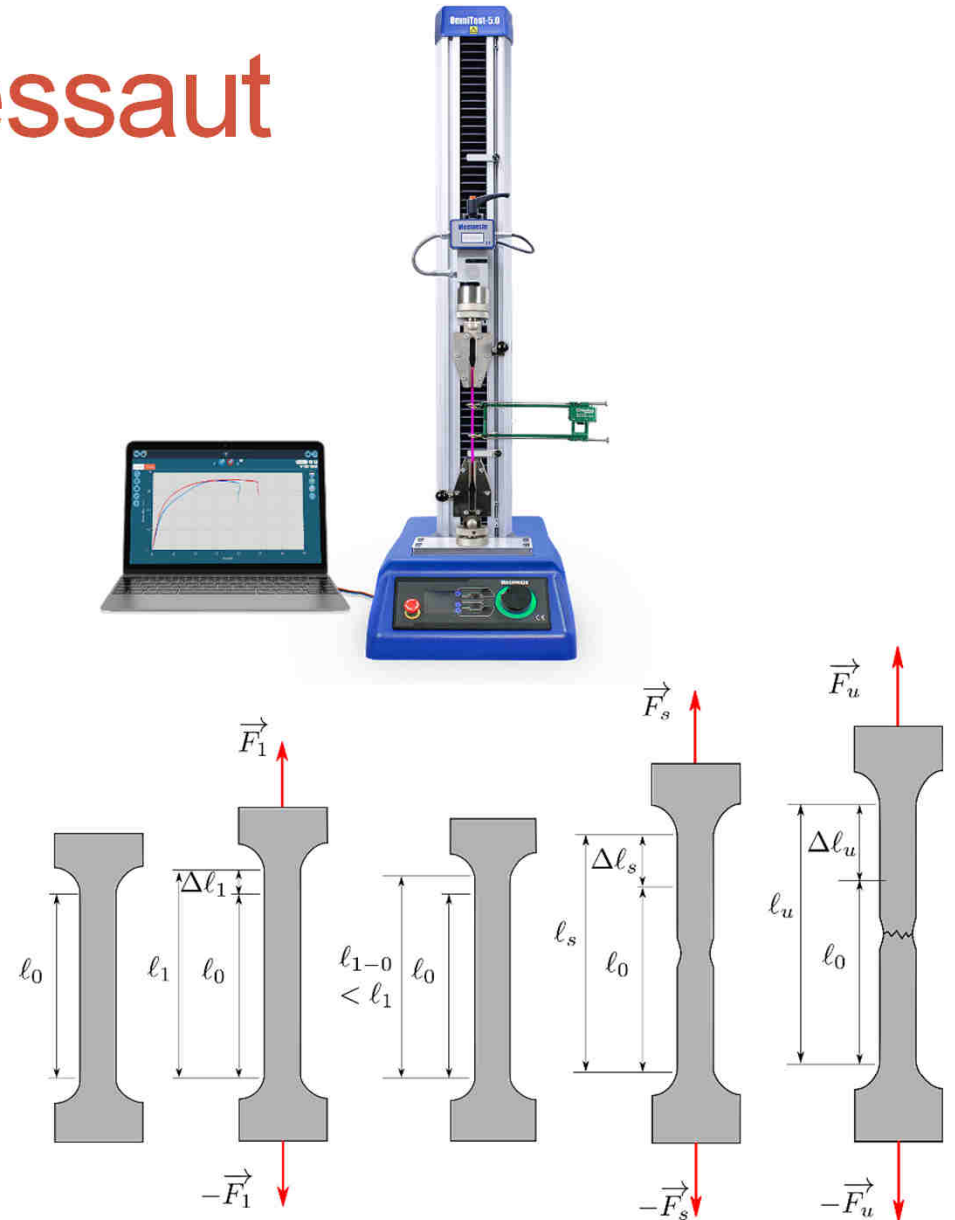
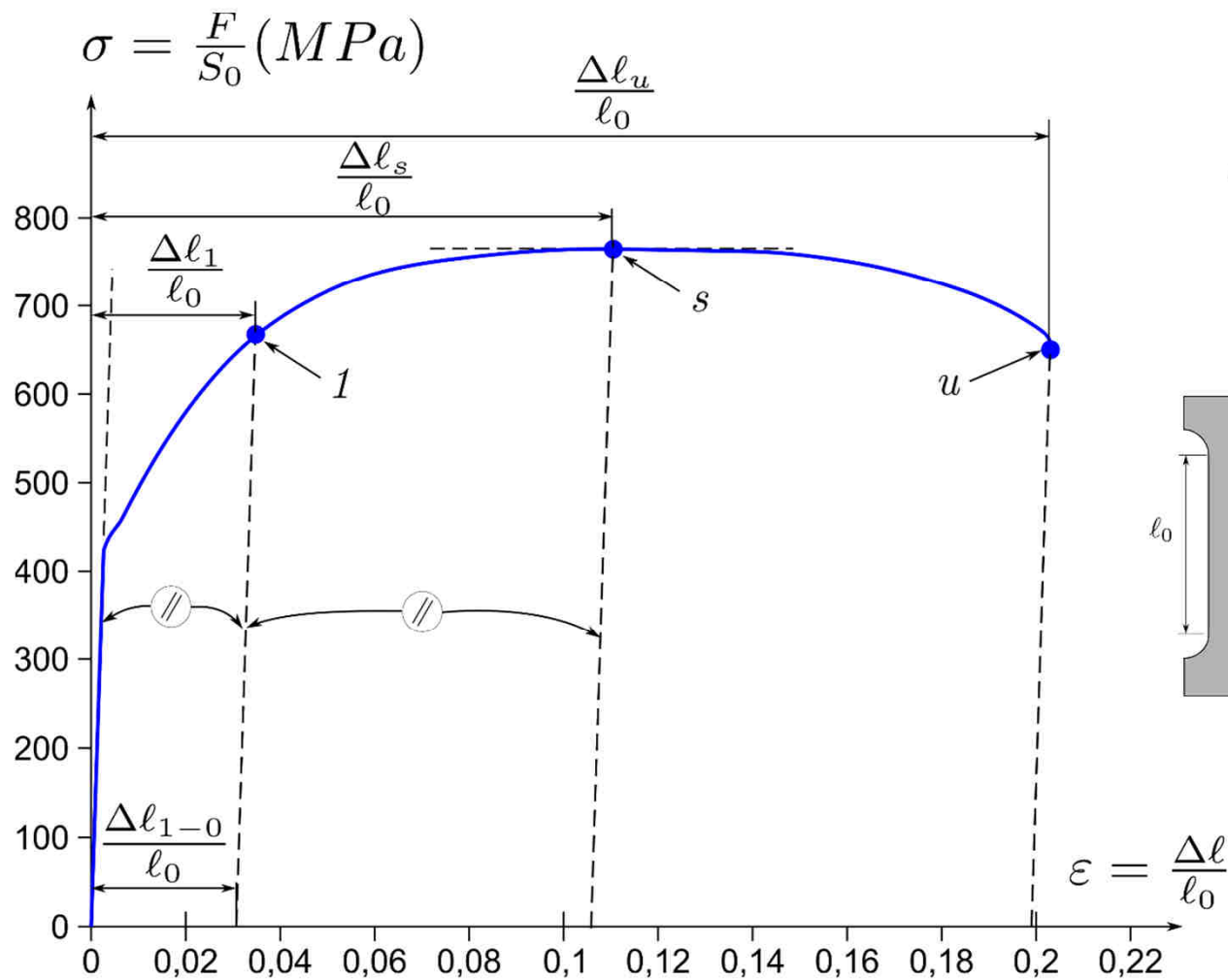


# Découpage, pliage

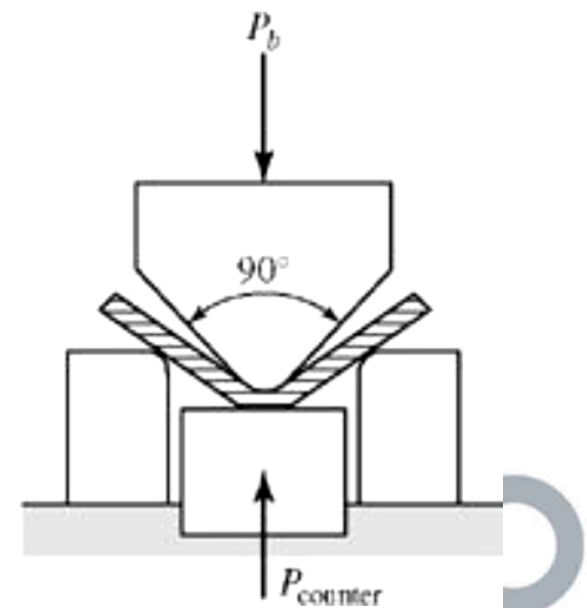
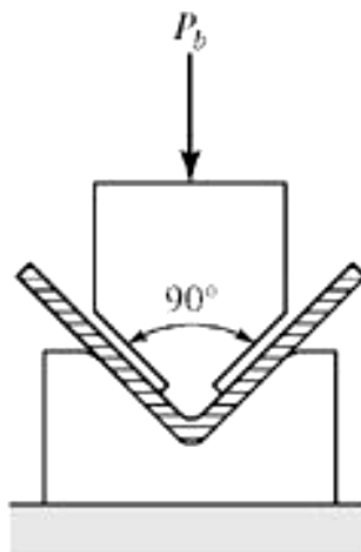
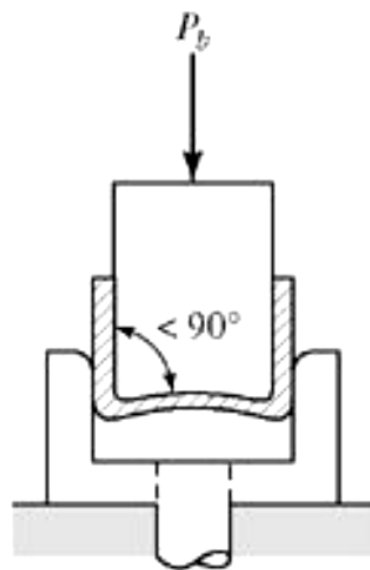
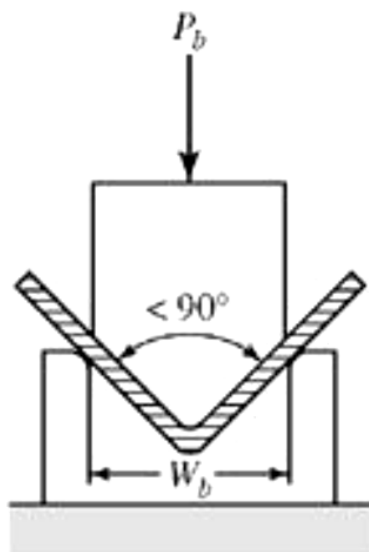
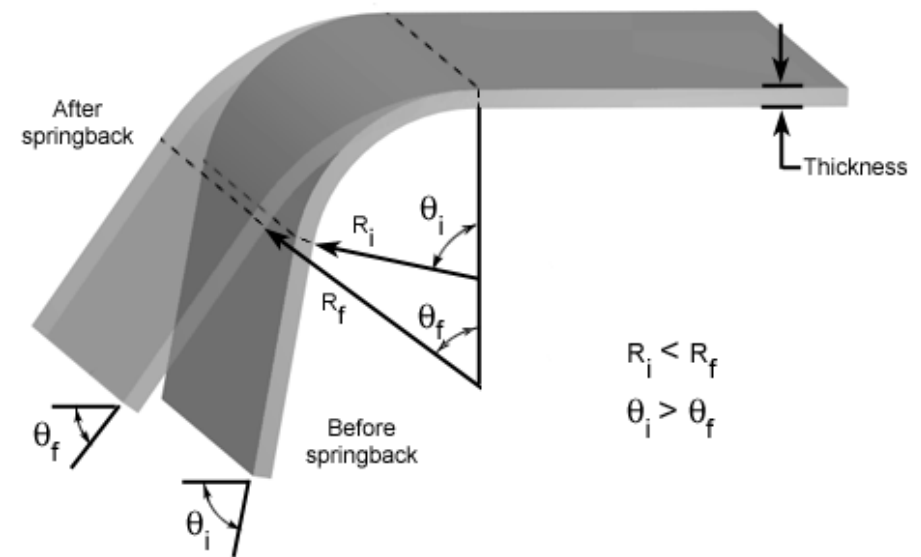
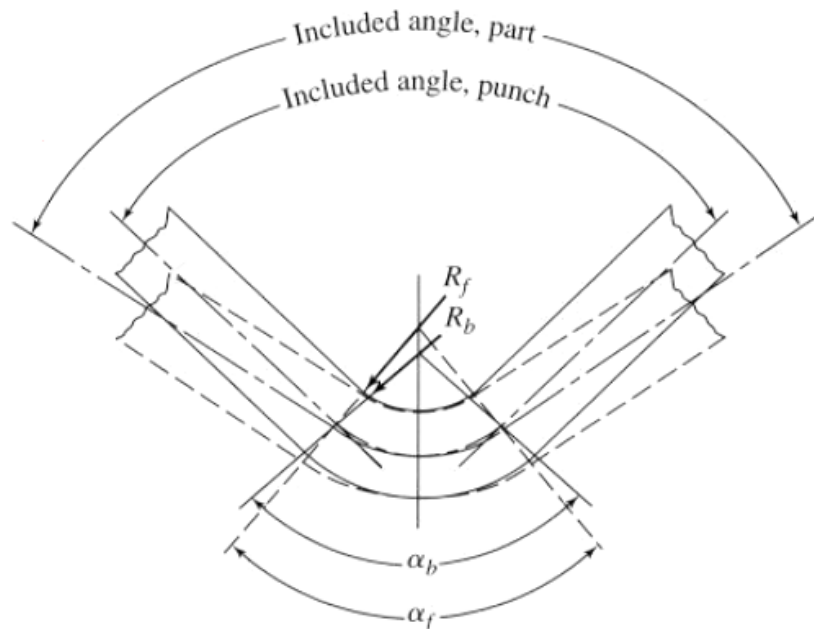




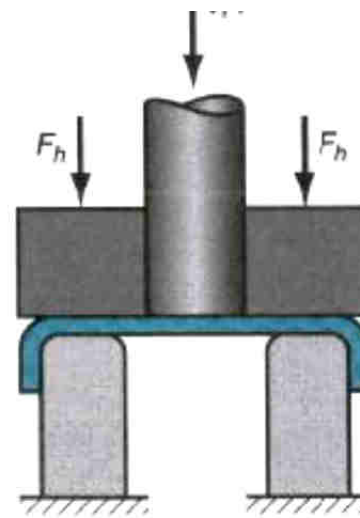
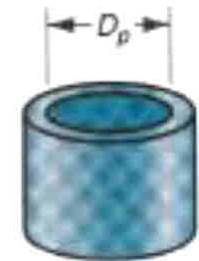
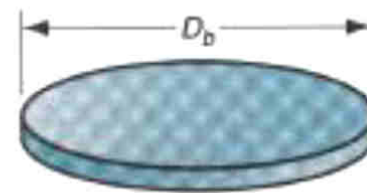
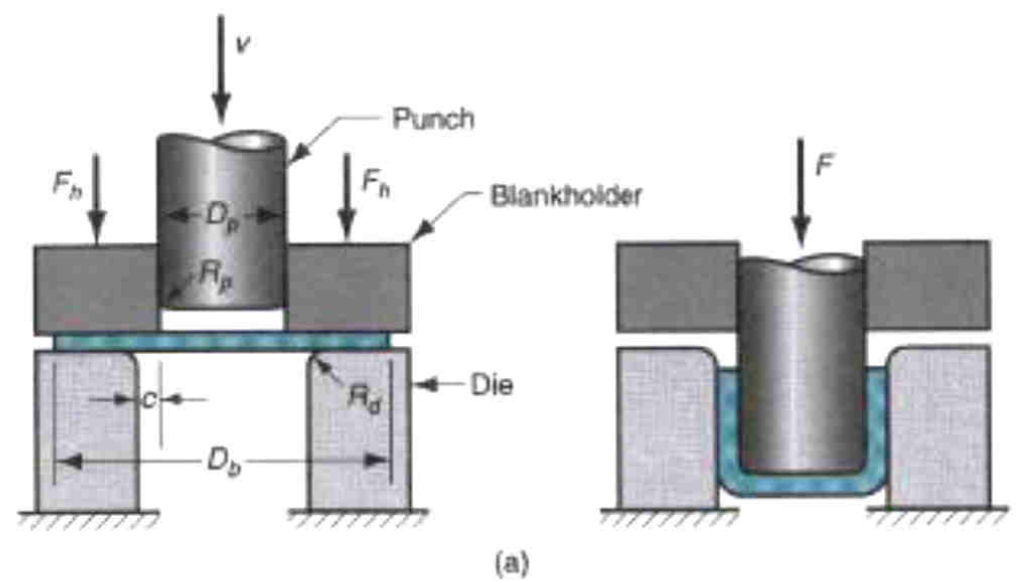
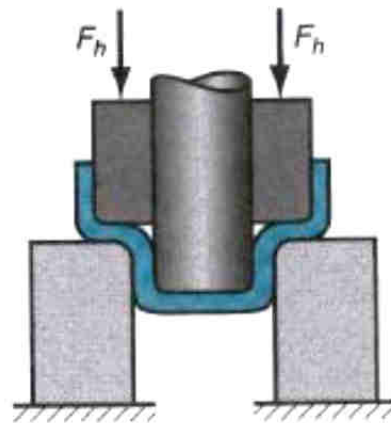
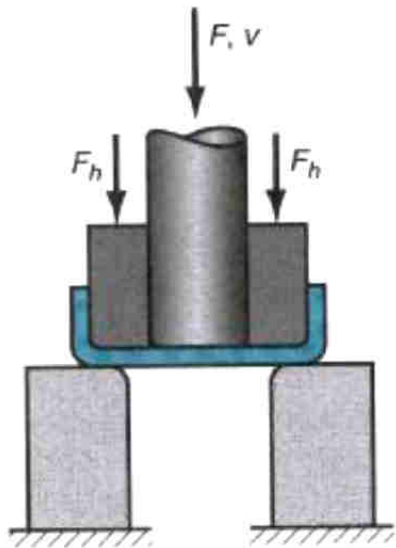
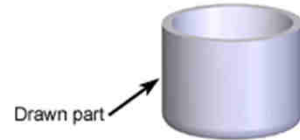
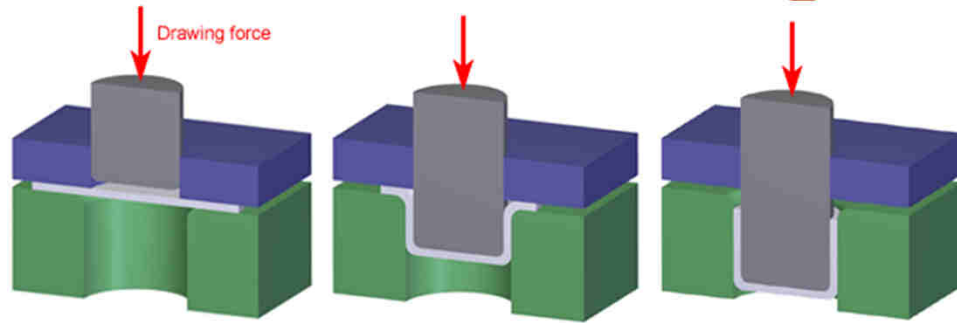
# Le phénomène de ressaut



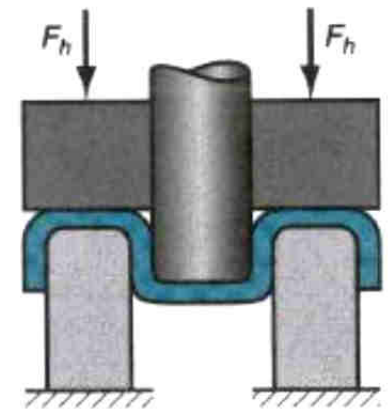
# Le phénomène de ressaut



# L'emboutissage



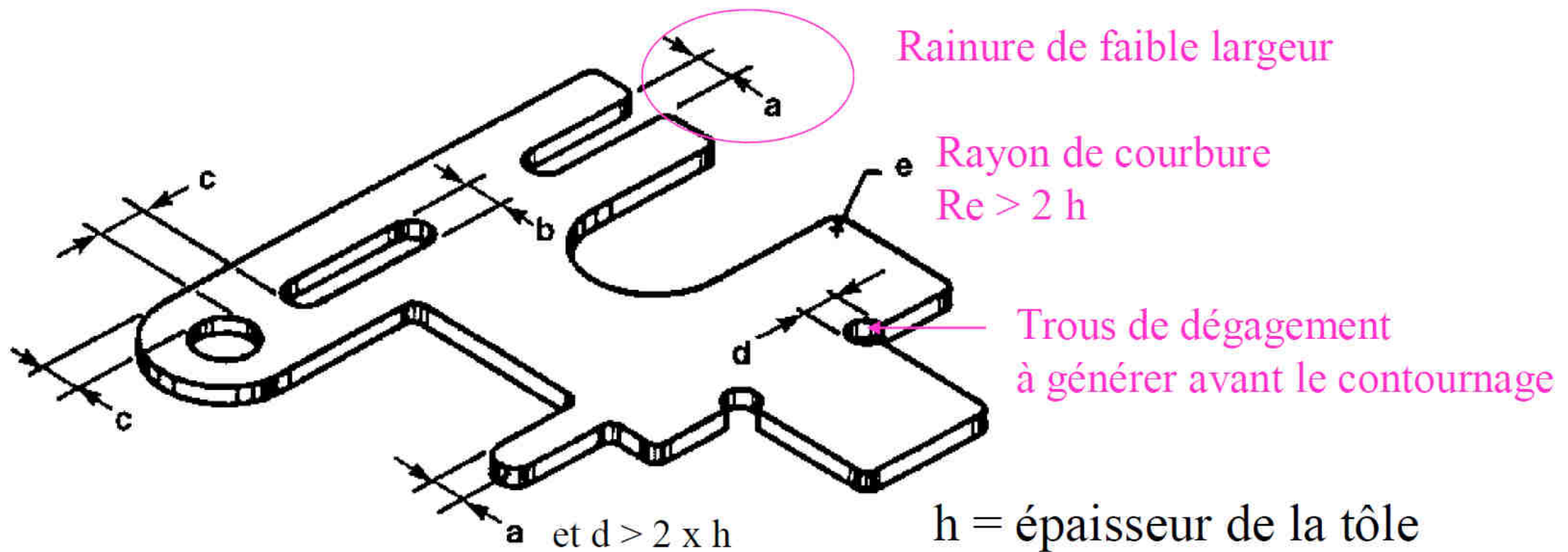
(1)



(2)

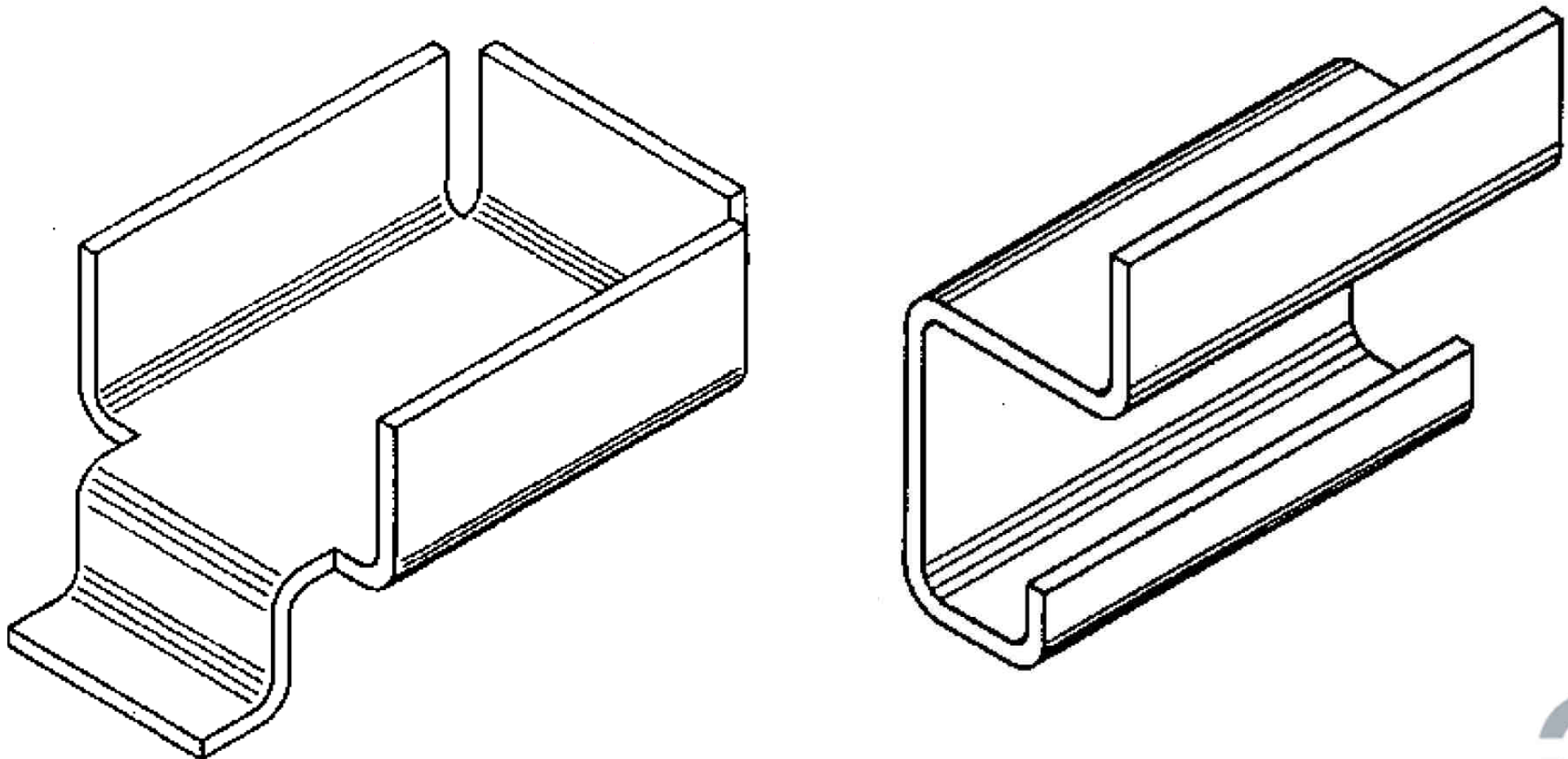


# Règles de conception



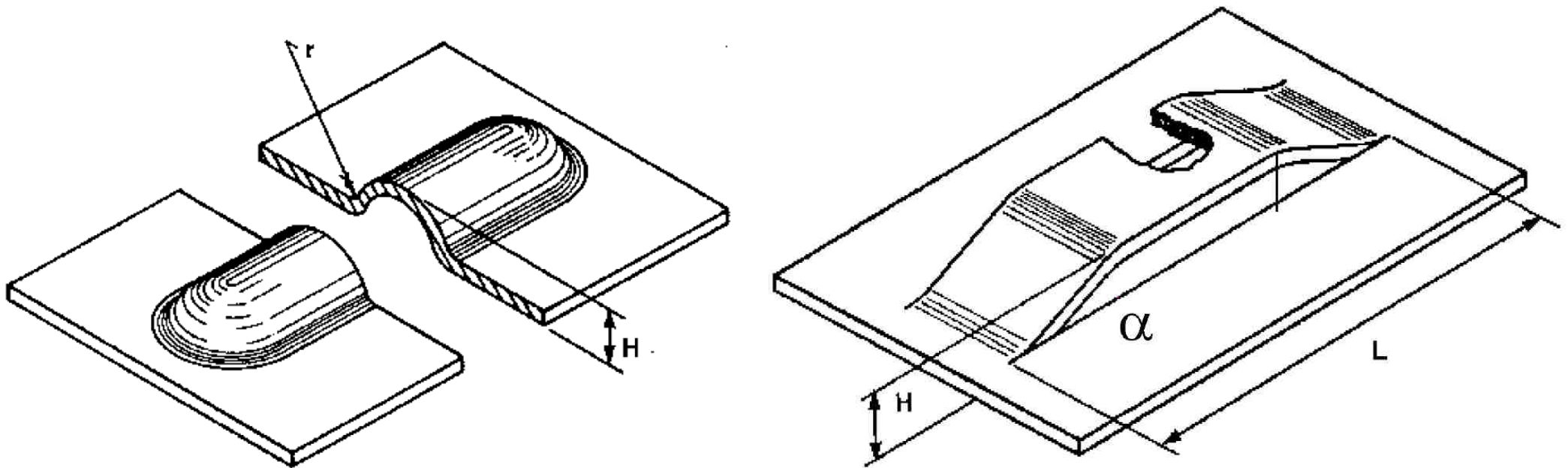
# Règles de conception

Vérifier la faisabilité des différents plis en imaginant le montage correspondant.



# Règles de conception

Penser à limiter les déformations en limitant la hauteur  $h$  sur l'embouti (figure de gauche) et en adaptant les valeurs de  $H$  et  $\alpha$  sur la figure de droite.



Il existe des formules permettant le dimensionnement. Nous nous contenterons de formuler ces règles qualitatives.



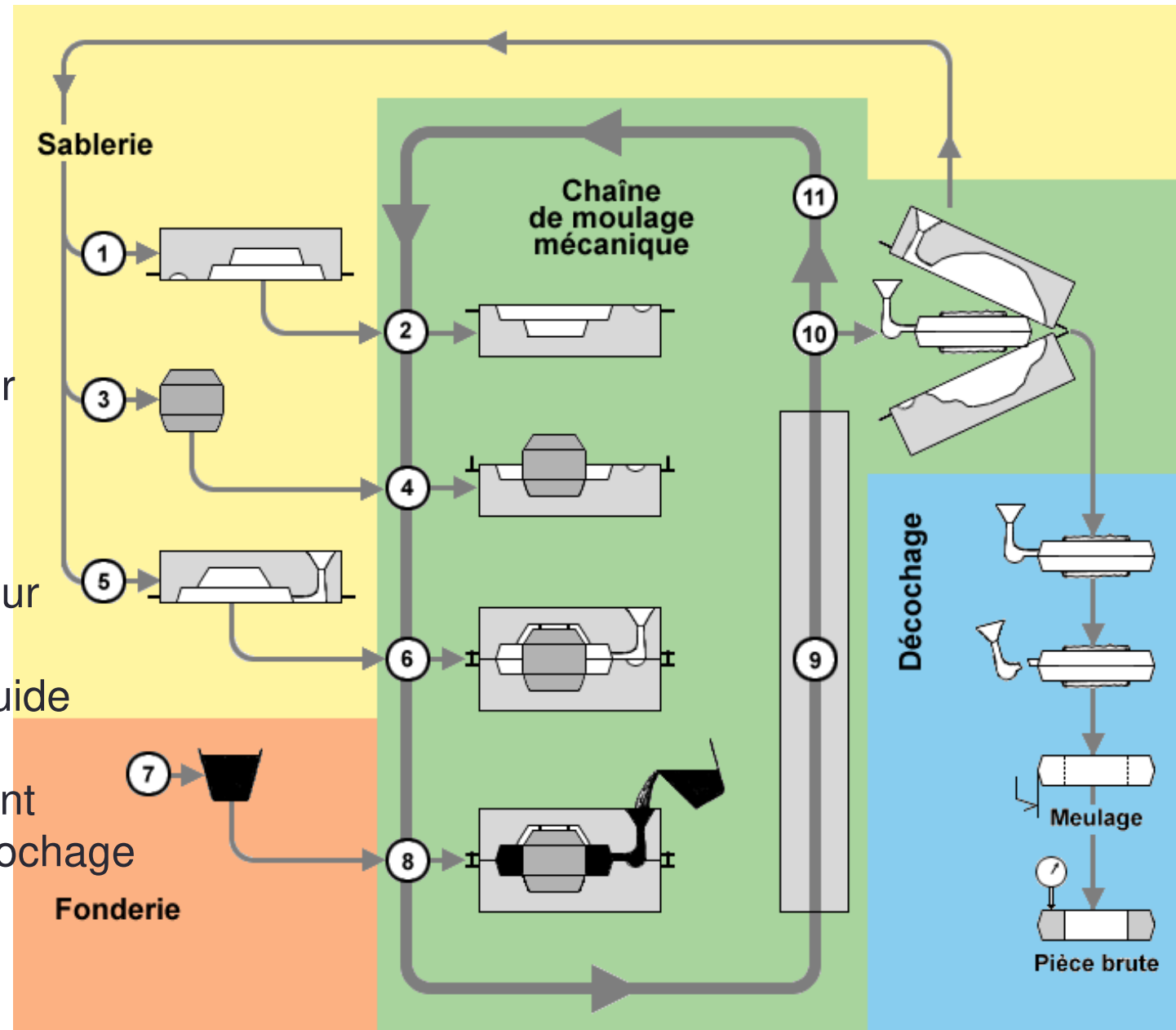
# MOULAGE MÉTALLIQUE

---



# Processus de moulage au sable

1. Serrage châssis inférieur
2. Retournement
3. Noyautage
4. Remoulage noyau
5. Serrage châssis supérieur
6. Fermeture du moule
7. Élaboration du métal liquide
8. Coulée
9. Tunnel de refroidissement
10. Déchargement puis décochage
11. Retour châssis



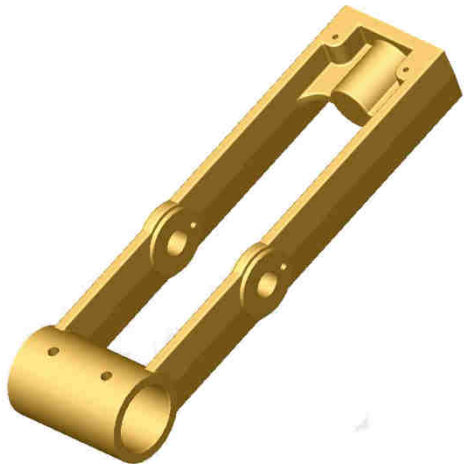


# Processus de moulage au sable

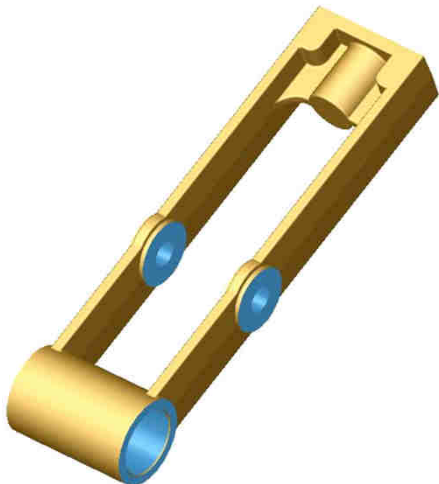
- Les contraintes liées à ce processus montrent certaines analogies avec l'injection plastique :
  - Présence indispensable de dépouille pour faciliter le démoulage
  - Prise en considération dès la conception des phénomènes thermiques liés au refroidissement (retassures, masselottes comme réserves de matière, événements pour l'évacuation de l'air...)



# Chronologie de la conception d'une pièce moulée



La pièce à réaliser. Le contexte fonctionnel de la pièce est connu, le matériau constitutif est conforme au procédé de moulage.



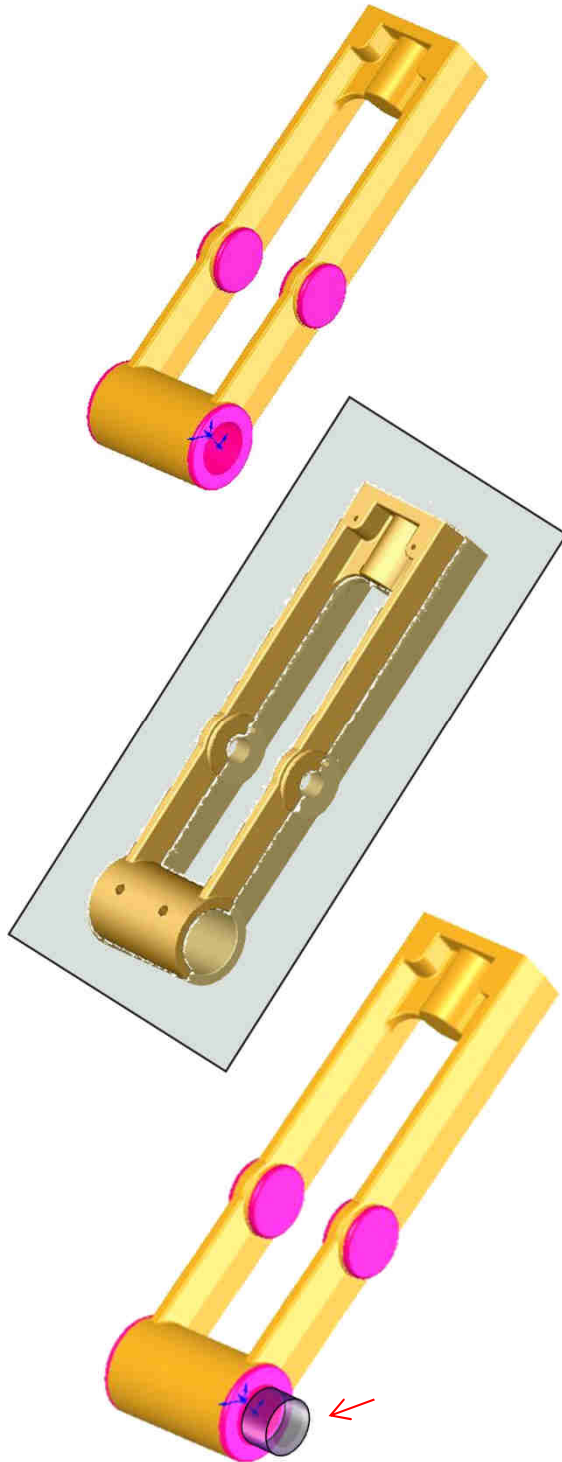
Identification des surfaces fonctionnelles de la pièce (contacts avec d'autres pièces du mécanisme par exemple pour la réalisation technologique de liaisons).



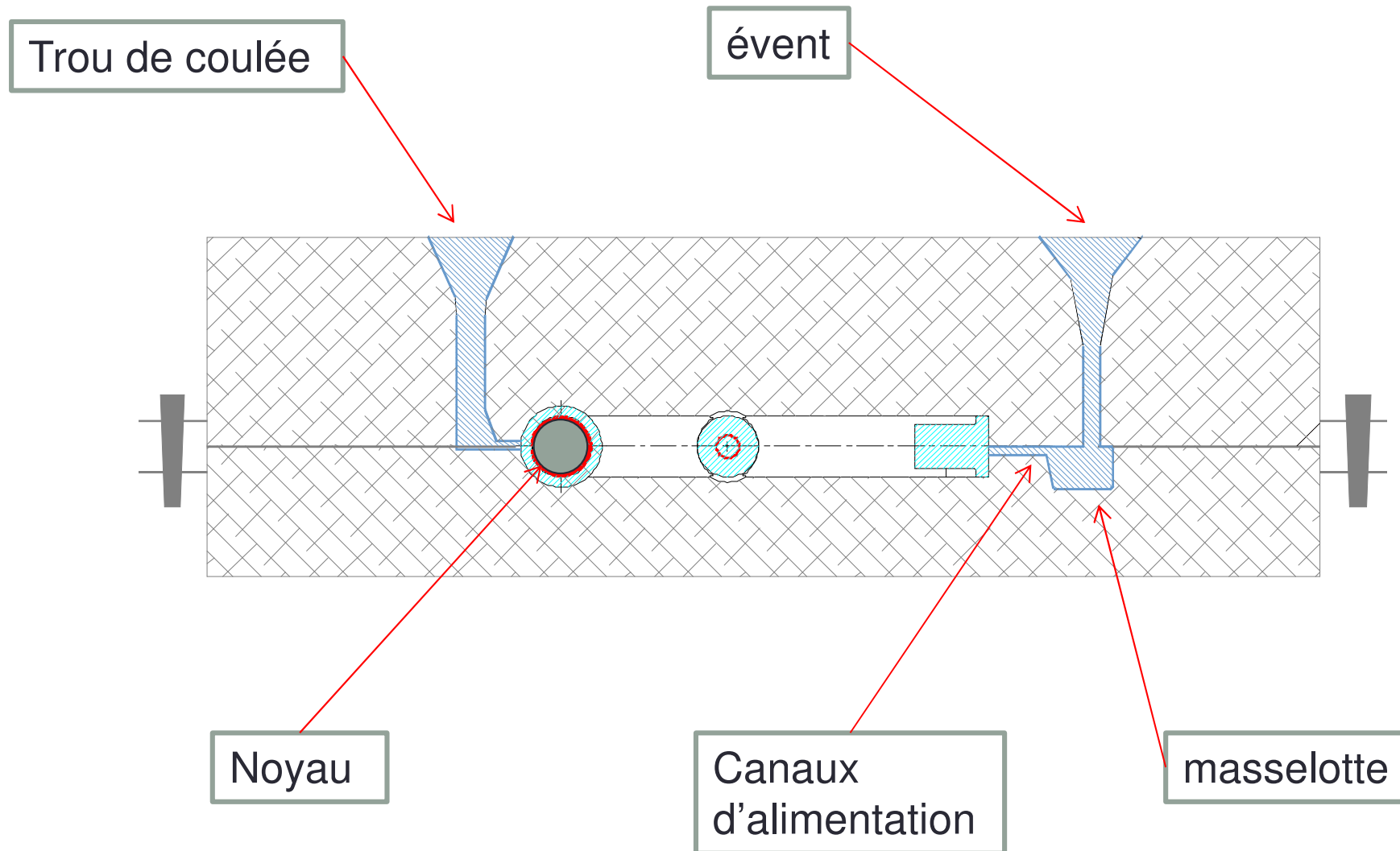
Modélisation des surépaisseurs d'usinage (quantité de matière qui sera retirée par usinage pour obtenir les surfaces fonctionnelles).

Choix du plan de joint.

Mise en place de noyaux éventuels.



# Conception du moule



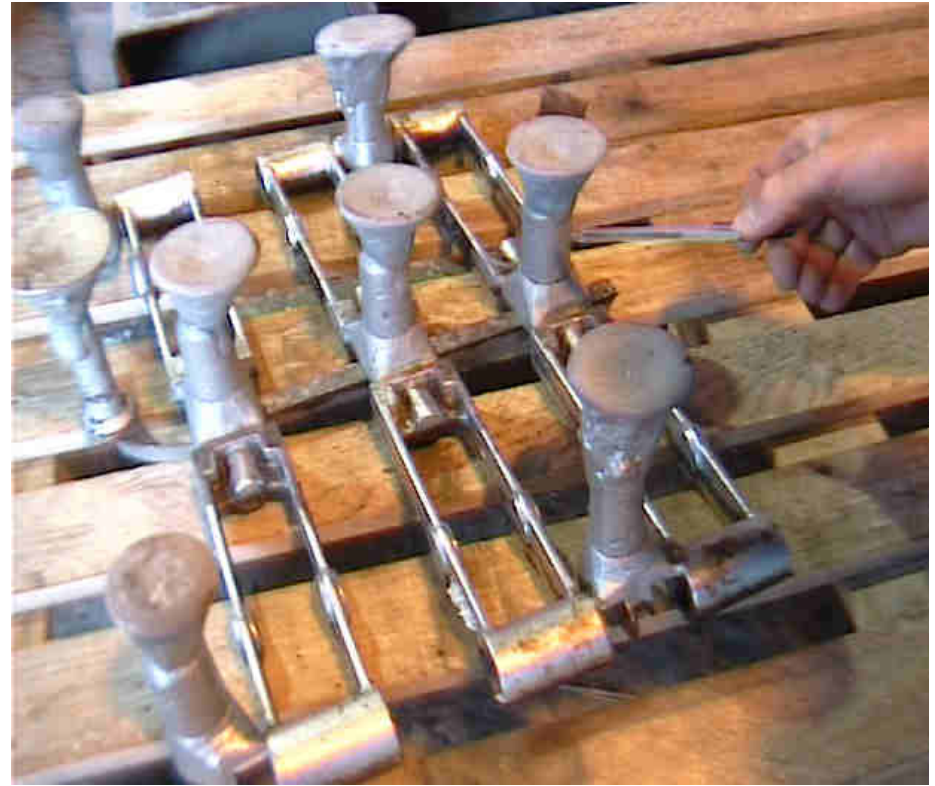
## Mise en place du moule



Coulée



Démoulage





Sciage



Ébarbage

