



# Technologies

MECA-H-201



Patrick HENDRICK, Stéphane GODET et Pierre LAMBERT / 2011-12

## Introduction

- **Définition des technologies (ou procédés) de fabrication**
- **Conception (design)**
- **Sélection des matériaux**
- **Sélection des procédés de fabrication**
- **Assemblage**
- **Nouvelles tendances et contraintes des procédés de fabrication**

## Définition des technologies (1/2)

---

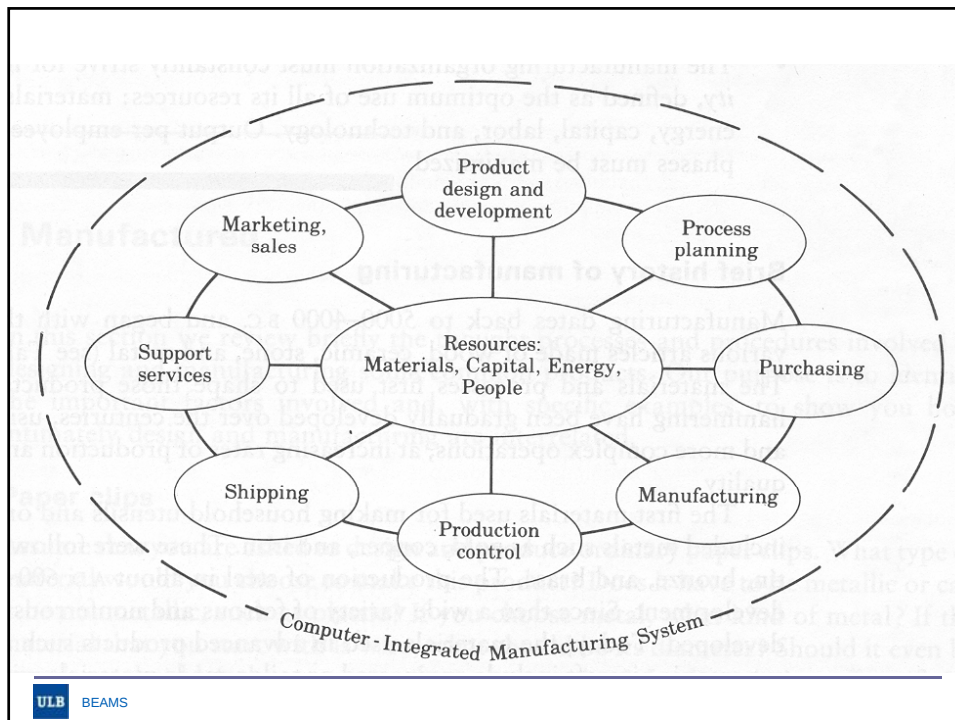
- transformation de matières premières et assemblage de composants
- procédés de fabrication ou de production (*manufacturing*)
- fabrication **discrète (par batch) ou continue**

## Définition des technologies (2/2)

---

- produits sont constitués **d'un seul composant ou d'une combinaison de plusieurs pièces**



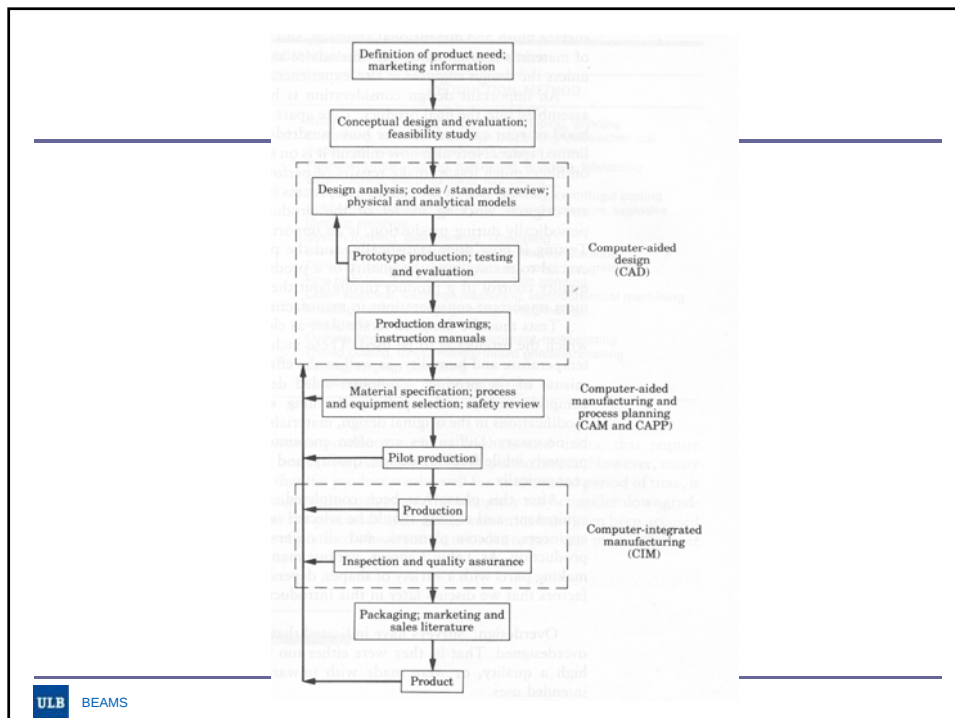


## Exigences de la fabrication

- satisfaction du cahier des charges (*design requirements and specifications*)
- minimiser les coûts
- qualité
- flexibilité
- évaluation des nouveaux développements
- intégration
- organisation

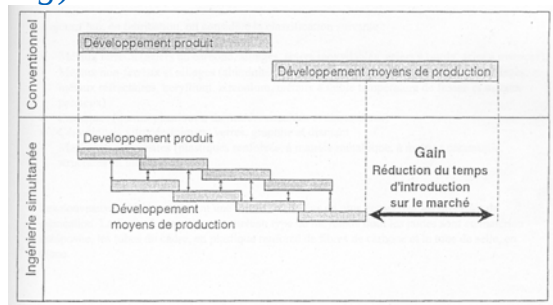
## La conception (*design*) (1/2)

- connaissance approfondie des fonctionnalités et des performances attendues du produit.
- nouveau type de produit ou une version modifiée (variante).



## La conception (*design*) (2/2)

- conception en vue de la fabrication (*Design for Manufacture*)
- ingénierie simultanée (*Concurrent or simultaneous engineering*)



## Exemple : conception et fabrication des attache-tout

- Quel matériau choisir ?
- Quel diamètre de fil ? La section, de quelle forme ?
- Le fini de surface est-il important ?
- Comment transformer un morceau de fil en attache-tout ? A la main, à l'aide d'une machine ?
- L'approche est-elle différente en fonction des volumes à produire ?

## Fabrication des trombones

### Offre de sous-traitance (NSIC, Inde)

---

- Unité de production de trombones:

- Capacité de production:

- 120 à 150 pièces par minute
    - 25 kg / 8h

- Dimensions des trombones:

- 22 à 35 mm
    - 22 mm – triangulaire
    - 30 mm – rectiligne
    - 35 mm – rectiligne

## Fabrication des trombones

### Offre de sous-traitance (NSIC, Inde)

---

- Unité de production de trombones:

- Procédure de fabrication:

- Redressage du fil
    - Pliage
    - Rectification à la meule
    - Placage et polissage
    - Séchage
    - Finition

- Matières premières:

- Fil diamètre 0.86 mm
    - Chlorure d'étain, sulfate de cuivre, carbonate de soude, produits chimique de polissage, zinc

## Fabrication des trombones

Offre de sous-traitance (NSIC, Inde)

---

- Unité de production de trombones:
  - Ressources:
    - Energie: 10kW
    - Eau
    - Superficie: 100 - 200 m<sup>2</sup>
    - Main d'œuvre: 2 personnes qualifiées, 4 personnes non qualifiées

## La sélection des matériaux

---

- classification
- propriétés
- disponibilité et coûts (catalogues)
- apparence, durée de vie et élimination des déchets

## Classification

- Métaux ferreux (aciers et alliages),
- Métaux non-ferreux et alliages (aluminium, magnésium, cuivre, nickel, titane, ...)
- Plastiques (thermoplastiques, thermodurcissables et élastomères)
- Céramiques, vitrocéramiques, verres, ...
- Matériaux composites (plastiques renforcés, à matrice métallique, à matrice céramique, structures en nids d'abeilles)



BOEING 757 AIRFRAME  
MATERIALS (WEIGHT, PERCENT)

|            | 1980 | 1990 | 1995 |
|------------|------|------|------|
| Aluminum   | 78   | 70   | 62   |
| Steel      | 12   | 10   | 8    |
| Titanium   | 6    | 10   | 12   |
| Composites | 4    | 10   | 18   |

## Propriétés des matériaux

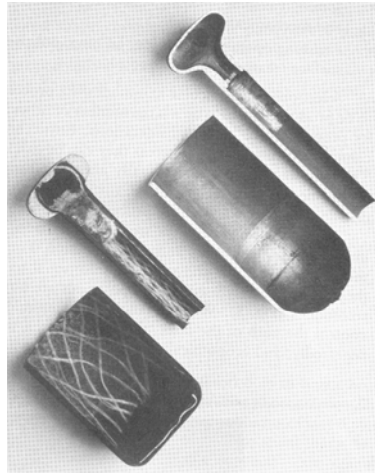
---

- mécaniques : limite élastique, limite de rupture, dureté, résistance à la fatigue, au fluage,...
- physiques : densité, chaleur spécifique, coefficient de dilatation, conductibilité, température de fusion, propriétés électriques et magnétiques,...
- chimiques : l'oxydation, la corrosion, la dégradation des propriétés, la toxicité, l'inflammabilité, l'impact sur l'environnement,....
- de fabrication : elles déterminent si les matériaux peuvent être aisément coulés, formés, usinés, soudés et traités thermiquement. Inversement, les procédés de fabrication peuvent influencer les propriétés finales du matériau et sa durée de vie.

## Exemple : Sélection d'un matériau pour la fabrication des battes de base-ball

---

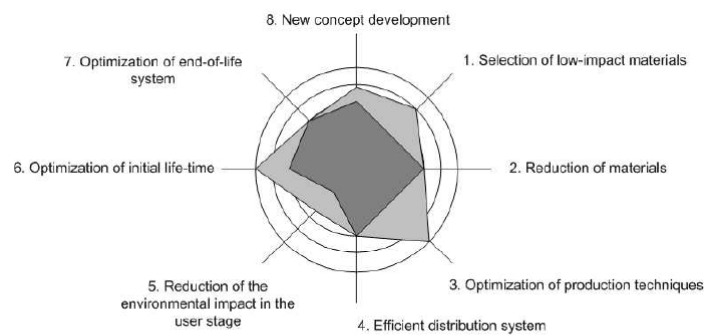
- ces battes sont traditionnellement faites dans un bois de frêne particulier (de plus de 45 ans).
- la stabilité dimensionnelle
- le module d'élasticité élevé
- le rapport résistance-poids élevé
- une bonne résistance au choc
- une faible densité
- matériaux de remplacement : aluminium et matériaux composites



## Eco-conception

### LiDS wheel (Life-Cycle Design Strategy)

- Sélection des matériaux en vue de leur recyclabilité

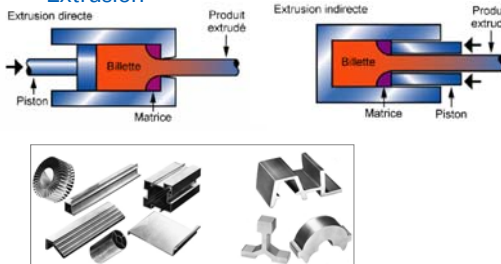


## Sélection des procédés de fabrication

- Mise en forme
  - Déformation
  - Fonderie
  - Mise en forme des composites
  - Mise en œuvre des poudres
  - Moulage
  - Prototypage
  - Usinage
- Assemblage
  - Adhésifs
  - Fixations mécaniques
  - Soudages mécaniques
  - Soudages thermiques
- Finition
  - Enductions de surface
  - Peintures et impressions
  - Polissage / Attaque chimique / Finition / Texturation
  - Traitements chimiques

## Mise en forme / Déformations dans la masse

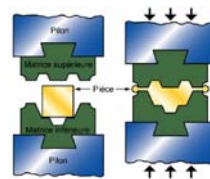
### • Extrusion



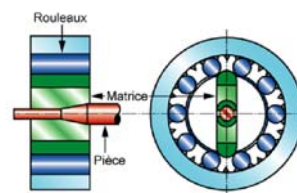
### • Laminage



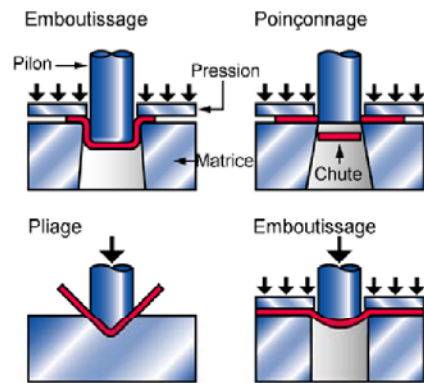
### • Matriçage



### • Tréfilage (Bekaert, BE)



## Mise en forme / Déformations de feuilles



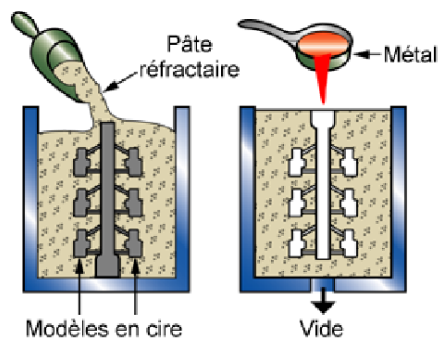
## Mise en forme Moulage à moules permanents (permanent mold)



## Mise en forme

### Moulage à moule perdu (expandable molding)

- Fonderie à cire perdue
- Prothèse (Précimetal, Seneffe)



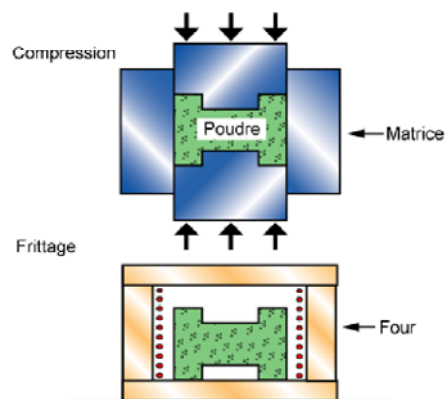
- Instrument médical (Précimétal)



## Mise en forme

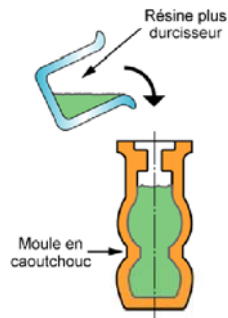
### Mise en œuvre des poudres par compression et frittage

- Compression et frittage + variantes (MIM)



## Mise en forme

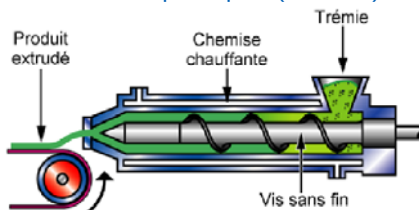
### Moulage thermodurcissables



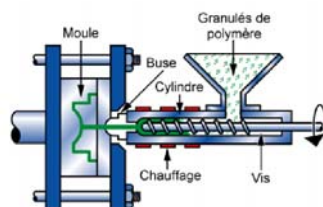
## Mise en forme

### Moulage thermoplastiques

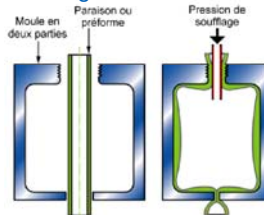
- Extrusion de plastiques (Mediline)



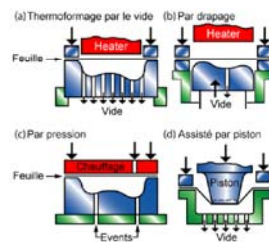
- Injection (Simonis Plastics)



- Soufflage

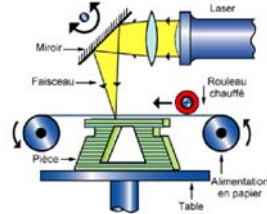


- Thermoformage

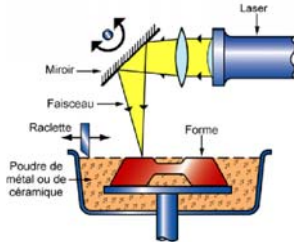


## Mise en forme Prototypage rapide (lasers)

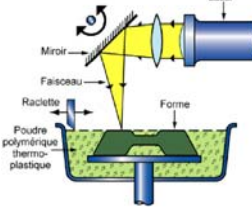
- Fabrication d'objet laminé



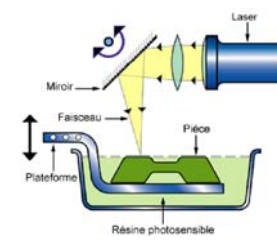
- Frittage sélectif de poudres métalliques



- Frittage sélectif de poudre polymère

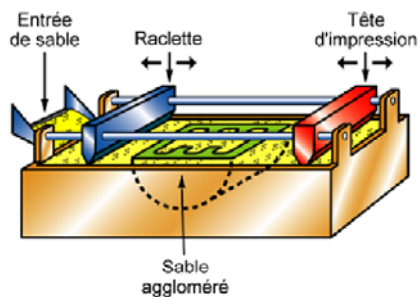


- Stéréolithographie

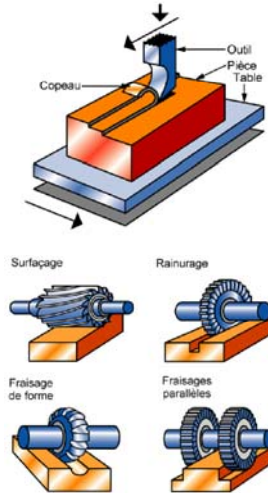
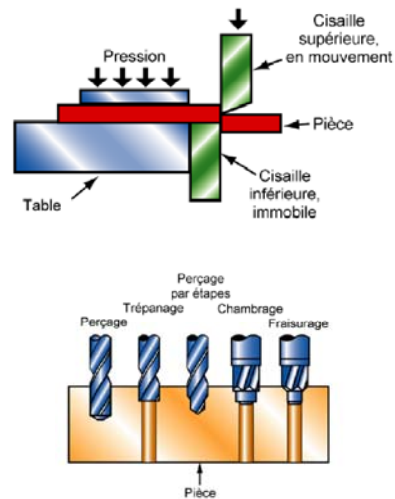


## Mise en forme Prototypage rapide par dépôt

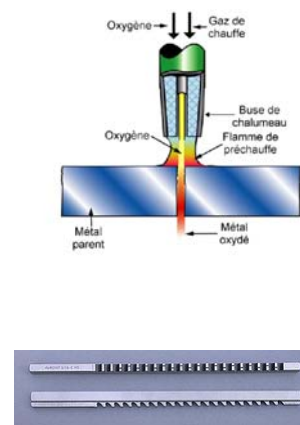
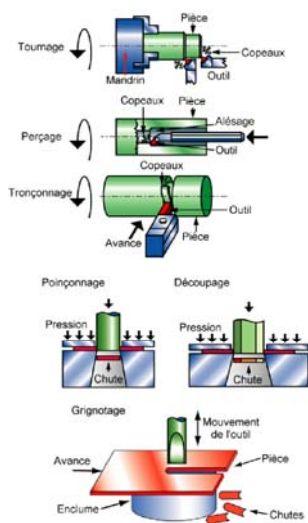
- 3D Thermojet (CRIF, BE) – Ne correspond au schéma



## Mise en forme Usinage traditionnel

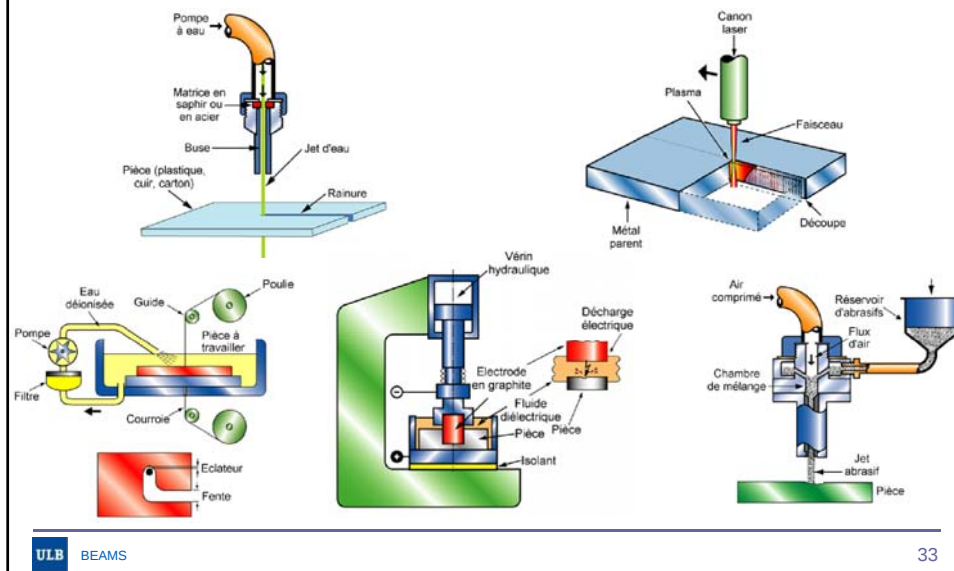


## Mise en forme Usinage traditionnel



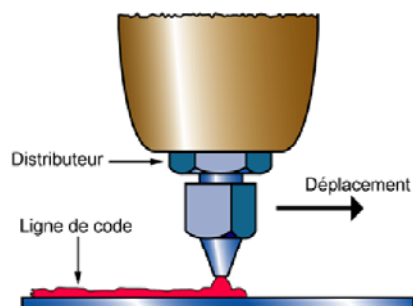
## Mise en forme

### Usinage non traditionnel



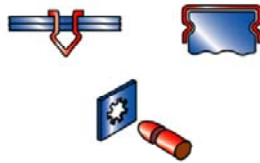
## Assemblage

### Adhésifs



## Assemblage

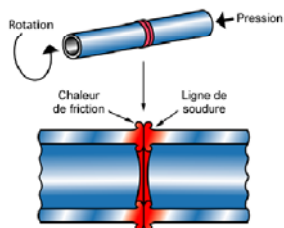
### Fixations mécaniques



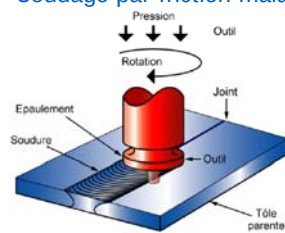
## Assemblage

### Soudages mécaniques

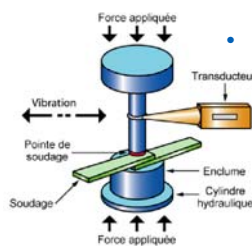
- Soudage par friction



- Soudage par friction malaxage



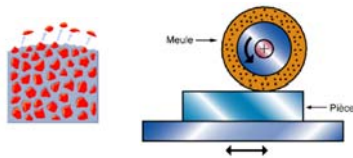
- Soudage par ultrason (boîtiers de montres)



# Finition

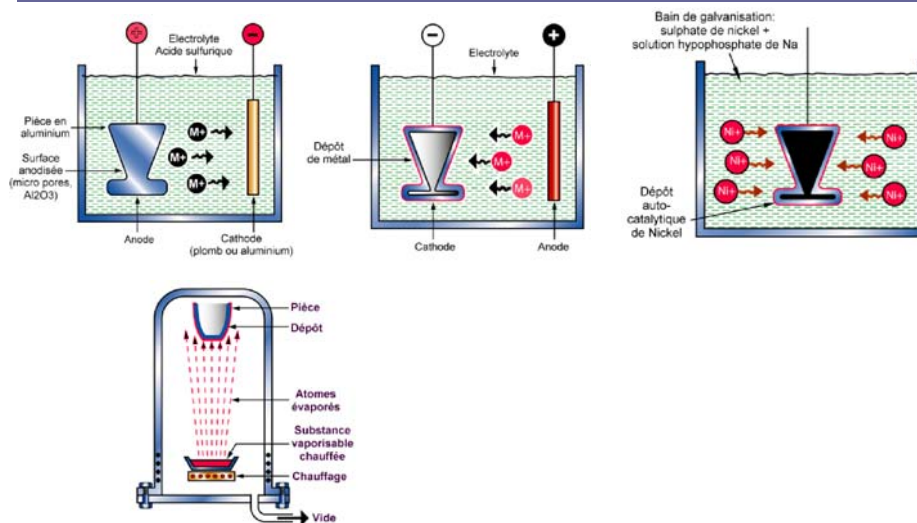
## Procédés mécaniques

- Honage (honing)
- Meulage (polishing)
- Galetage (burnishing)
- Ebavurage (deburring)



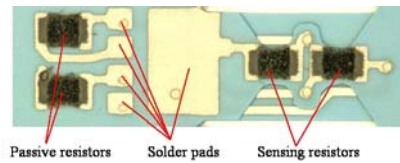
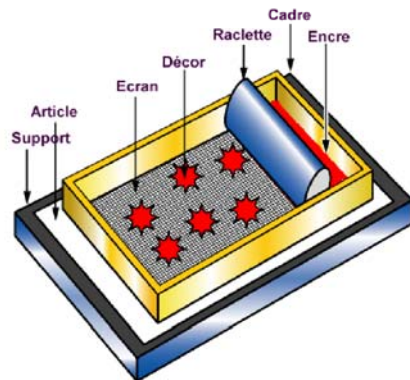
# Finition

## Traitement de surface / Enduction de surface



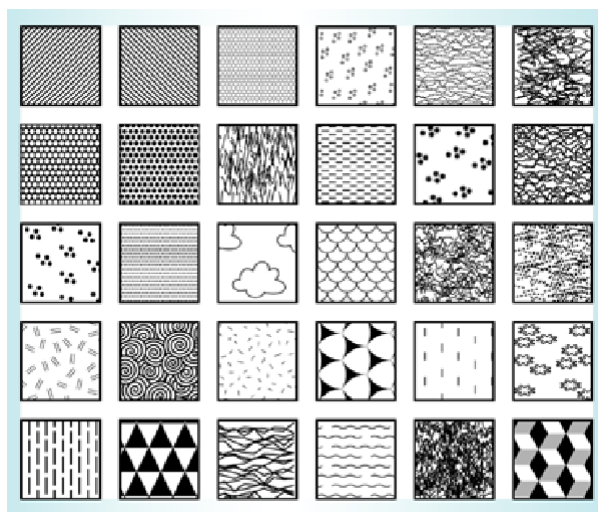
## Finition

### Traitement de surface / Sérigraphie



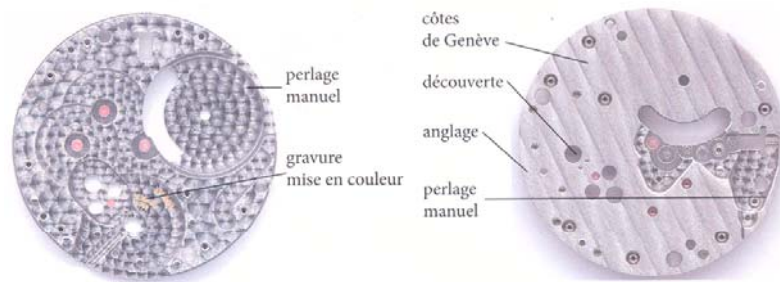
## Finition

### Traitement de surface / Texturation laser



## Finition

### Traitement de surface / Décoration horlogère

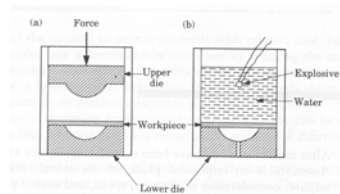


## Procédés dits de microfabrication

- Techniques de salle blanche
  - Spin coating
  - Photolithographie
  - Gravure sèche et humide
  - PVD – CVD
  - LIGA
  - ...
- Source: M. Madou, Fundamentals of Microfabrication, CRC Press, 2002

## Le choix d'un procédé dépend:

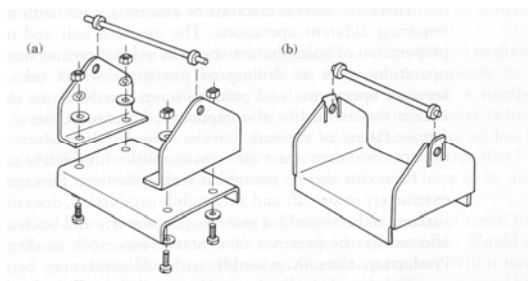
- de la forme à obtenir
- du type de matériau et ses propriétés
- des spécifications dimensionnelles et d'état de surface
- des coûts de fabrication



## L'assemblage

### Design for Assembly

- réduire le nombre de pièces



## L'assemblage

---

### Design for Assembly

- réduire le nombre de pièces
- modifier la forme des composants pour simplifier leur manipulation et leur insertion.
- concevoir des pièces multi-usages qui peuvent être utilisées dans plusieurs produits d'une même famille (conception modulaire)..
- les composants doivent présenter la variabilité la plus faible possible du point de vue de la forme et des dimensions.
- il faut particulièrement étudier les méthodes par lesquelles les composants sont stockés, alimentés et insérés : il faut se pencher sur l'utilisation de convoyeurs, d'alimentations, d'équipements de transfert et de robots industriels.

## Nouvelles tendances et contraintes des procédés de fabrication

---

- La qualité
- L'automatisation et l'impact de l'informatique
- Les aspects économiques

## **Les aspects économiques de la fabrication**

---

### **Règles à suivre :**

- la fabrication et l'assemblage du produit doivent être les plus simples possible
- il faut choisir les matériaux appropriés
- la précision dimensionnelle et le fini de surface doivent correspondre aux besoins de l'application
- les procédés de fabrication additionnels et de finition doivent être évités.

## **Nouvelles tendances et contraintes des procédés de fabrication**

---

- La qualité
- L'automatisation et l'impact de l'informatique
- Les aspects économiques
- Les contraintes de l'environnement

## Les contraintes de l'environnement

---

### Règles :

- réduire le gaspillage de matériaux à la base, c'est-à-dire, diminuer la quantité de matériau à utiliser, lors de la conception
- développer la recherche afin de proposer des produits et des procédés technologiques non-nuisibles à l'environnement
- réduire l'utilisation de matières dangereuses dans les produits et les procédés
- assurer la manutention et le stockage des déchets
- améliorer le traitement des déchets, le recyclage et la réutilisation des matériaux.

## Nouvelles tendances et contraintes des procédés de fabrication

---

- La qualité
- L'automatisation et l'impact de l'informatique
- Les aspects économiques
- Les contraintes de l'environnement
- L'organisation de la fabrication

# L'organisation de la fabrication

