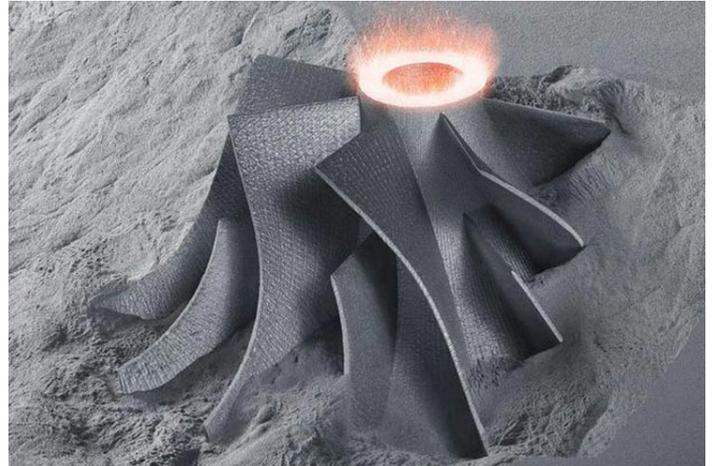


# Procédés d'obtention des pièces



Pièce réalisée par UGV  
(usinage à grande vitesse)



Fabrication additive en métal (frittage laser direct de métal (DMLS)) d'une pièce

## Sommaire

1	généralités .....	2
2	par enlèvement de matière .....	3
2.1	L'usinage à outil coupant .....	3
2.2	L'électroérosion .....	3
3	par déformation de matière .....	4
3.1	L'estampage et le matriçage .....	4
3.2	Le découpage .....	4
3.3	Le thermoformage .....	5
4	par ajout de matière .....	6
4.1	Le prototypage par dépôt d'un fil fondu .....	6
4.2	Le frittage laser .....	6
4.3	Le moulage .....	6
	Moulage à cire perdue	
	Injection plastique .....	8
	D'autres procédés de moulage.....	8

# 1 GÉNÉRALITÉS

On entend par procédé de mise en forme tout moyen permettant de passer du virtuel au réel.

Les procédés de mise en forme ont une incidence directe sur les caractéristiques morphologiques et mécaniques des pièces. Il est donc nécessaire de connaître les principes physiques et technologiques de ceux-ci afin de concevoir efficacement les produits.

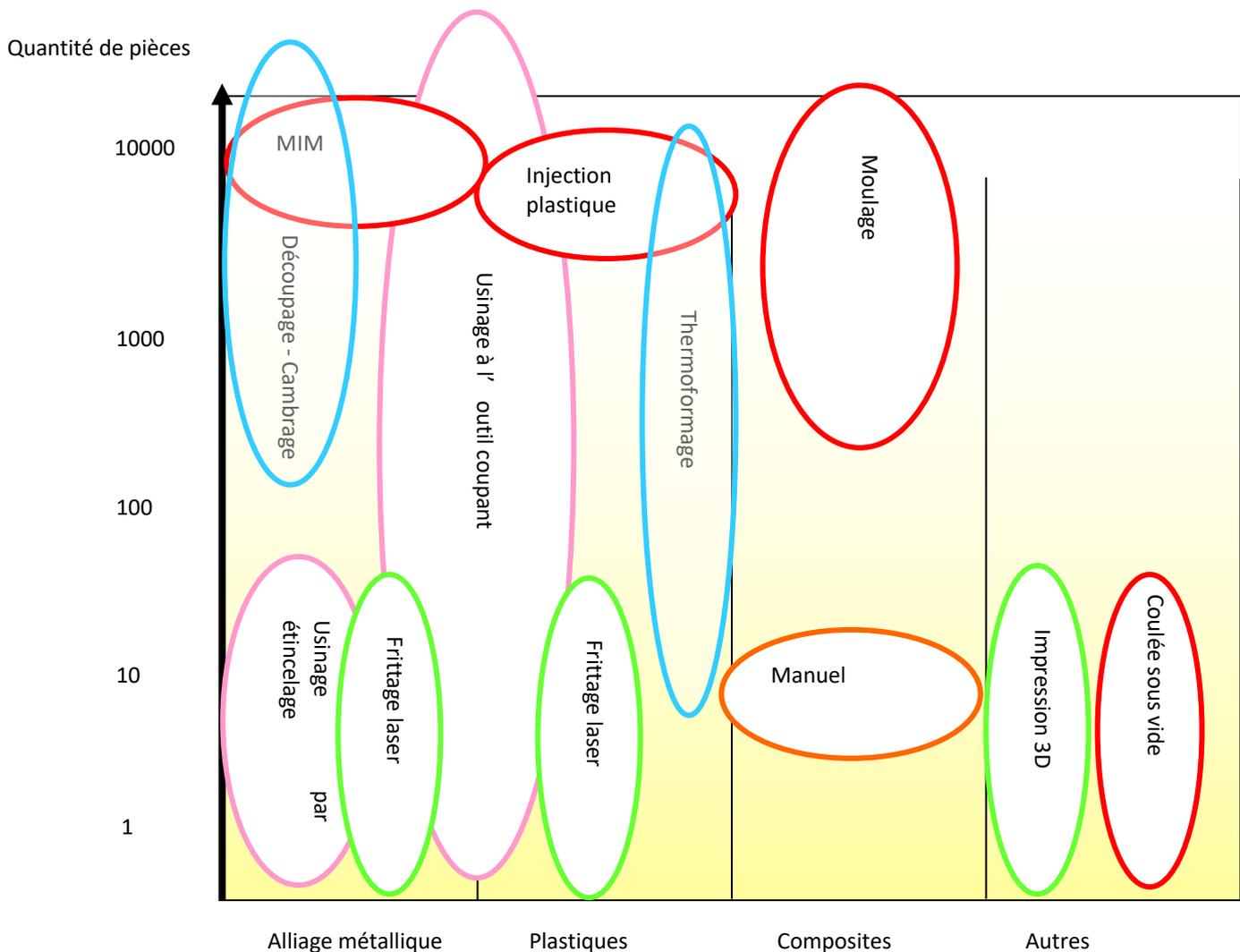
Le choix d'un procédé de mise en forme est fonction du matériau retenu et des caractéristiques du produit. En effet, chaque procédé dépend d'une famille de matériaux et impose certaines règles de conception. De la même manière, les caractéristiques des pièces peuvent imposer un procédé.

Exemples :

- le procédé de forgeage est retenu pour la fabrication d'essieux de camions car il améliore les caractéristiques mécaniques du matériau ;
- le procédé d'injection plastique est retenu pour la fabrication de coques de téléphones portables car il permet une grande cadence de production à faible coût.

D'autre part, les procédés peuvent être associés : une obtention de pièce en fonderie peut être suivie par une reprise en usinage, tout comme une pièce réalisée en frittage laser métal peut être rectifiée.

Chaque procédé dépend essentiellement du matériau et du nombre de pièces à réaliser. On retrouve ainsi le triptyque Produit – Matériau – Procédé.



Il existe beaucoup d'autres procédés : rotomoulage, soufflage, extrusion, laminage, forgeage...

On peut classer les procédés comme suit :

- **par enlèvement de matière** (usinage, électroérosion...);
- **par ajout de matière** (prototypage rapide (impression 3D), frittage, moulage...);
- **par déformation de matière** (découpage, thermoformage, forgeage...).

## 2 PAR ENLÈVEMENT DE MATIÈRE

Les procédés de réalisation par enlèvement de matière les plus courants sont :

- l'usinage à l'outil coupant ;
- l'électroérosion (usinage par étincelage).

On peut également mettre en œuvre de l'enlèvement de matière par abrasion (rectification). Ce procédé correspond généralement à l'amélioration de l'état de surface de la pièce.

### 2.1 L'usinage à outil coupant

L'usinage à l'outil coupant regroupe les opérations de fraisage, de tournage et de perçage. La mise en œuvre se fait sur des machines spécifiques (centre de tournage ou centre de fraisage) ou sur des machines à cinématique « multiprocess » (tournage et fraisage).



Centre d'usinage multiprocess

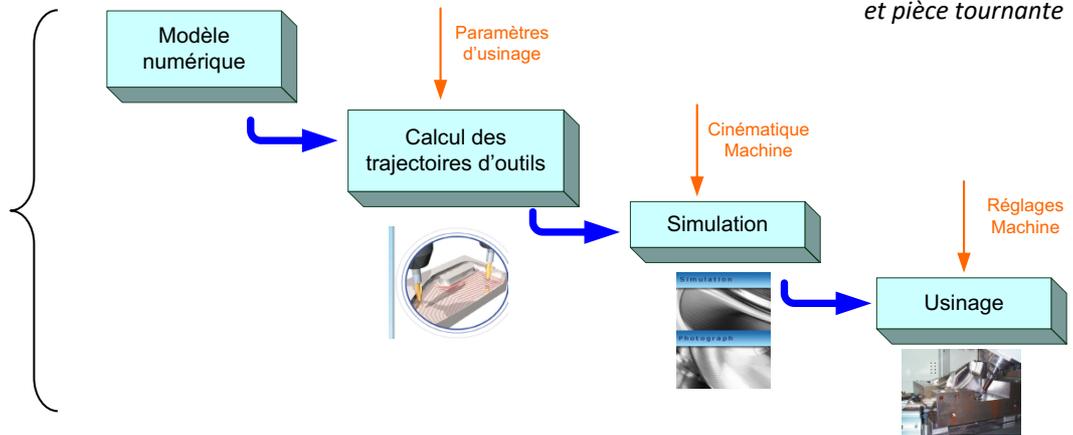


Cinématique du fraisage : outil tournant et pièce fixe



Cinématique du tournage : outil fixe et pièce tournante

Du modèle au réel  
FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur



Morphologie des pièces obtenues :



### 2.2 L'électroérosion

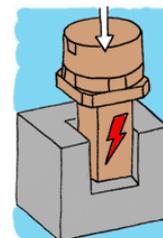
L'électroérosion est un procédé d'usinage qui consiste à enlever de la matière dans une pièce en utilisant des décharges électriques comme moyen d'usinage. Cette technique se caractérise par son aptitude à usiner tous les matériaux conducteurs de l'électricité (métaux, alliages, carbures, graphites...) quelle que soit leur dureté. Les formes obtenues peuvent être complexes ou très compliquées à réaliser avec d'autres procédés (perçage de forme carrée par exemple).

L'usinage par étincelage regroupe l'électroérosion par enfonçage (reproduction de l'empreinte d'une électrode dans la pièce) et l'électroérosion à fil (le parcours du fil de laiton correspond à la forme de l'empreinte désirée).

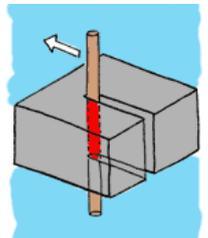
Morphologie des pièces obtenues :



Électroérosion par enfonçage



Électroérosion à fil



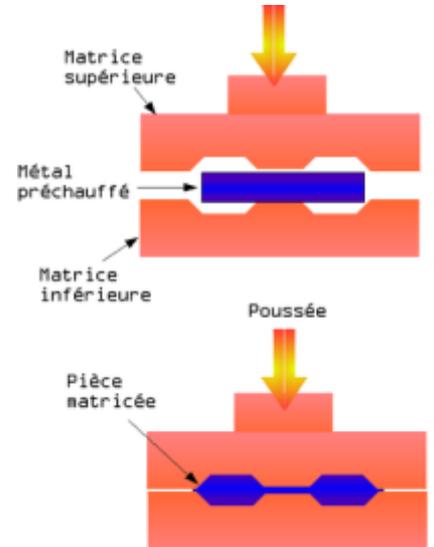
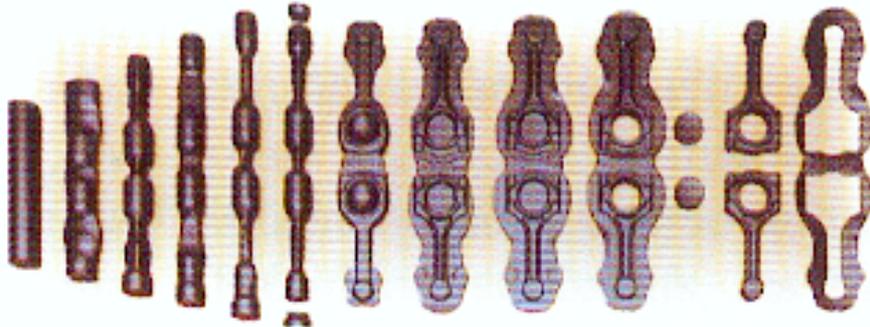
### 3 PAR DÉFORMATION DE MATIÈRE

Les procédés de réalisation par déformation de matière les plus courants sont :

- l'estampage, le matriçage (forgeage) ;
- le découpage, l'emboutissage ;
- le thermoformage.

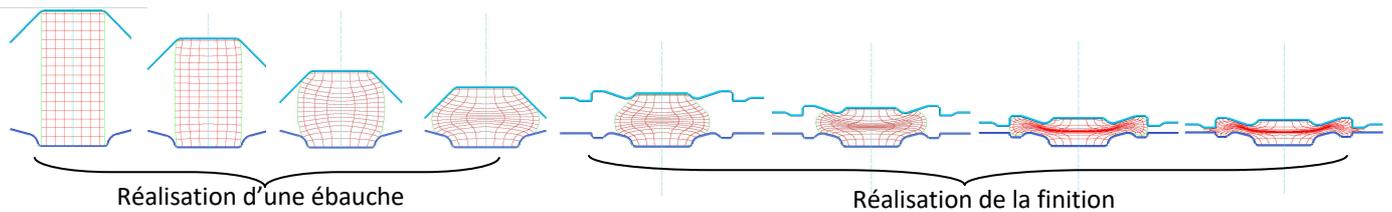
#### 3.1 L'estampage et le matriçage

Le principe est de mettre en œuvre un matériau ferreux (estampage) ou non ferreux (matriçage) à l'aide de matrices par choc ou pression. L'objectif de ce procédé n'est pas seulement de mettre en forme le matériau mais il est de renforcer les caractéristiques mécaniques.

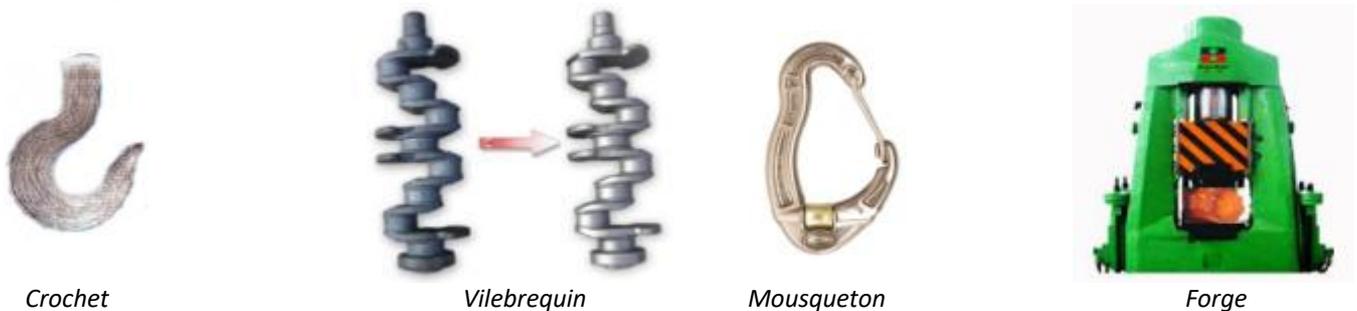


#### Mise en forme

La mise en forme se fait par opérations successives sur des outillages d'ébauche, de finition et d'ébavurage.

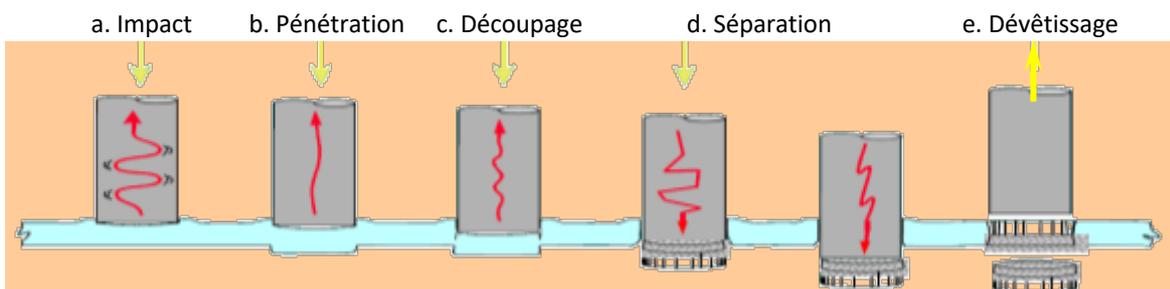


#### Morphologie des pièces obtenues



#### 3.2 Le découpage

Le découpage permet à partir d'un flan métallique (tôle), d'effectuer des coupes à l'aide d'un poinçon et d'une matrice. Ce procédé est utilisé en fabrication série car la réalisation de l'outillage a un coût élevé.



Deux autres procédés sont complémentaires du découpage :

- le **cambrage** est une opération consistant à effectuer sur la tôle un pli rectiligne ;
- l'**emboutissage** permet de déformer la matière entre un poinçon et une matrice, ce qui entraîne une variation d'épaisseur de la bande.

Ces trois procédés peuvent se retrouver sur le même outillage, ce qui permet sur une même opération, d'obtenir une pièce très complexe.

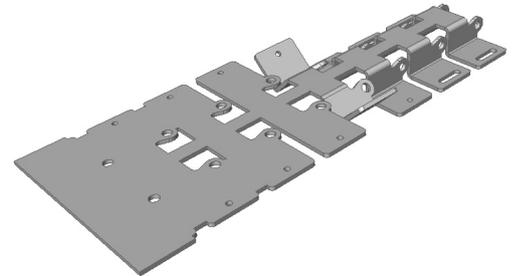
**Morphologie des pièces obtenues**



*Emboutissage et découpage dans une portière de voiture*



*Emboutissage et découpage de lames de mixers*

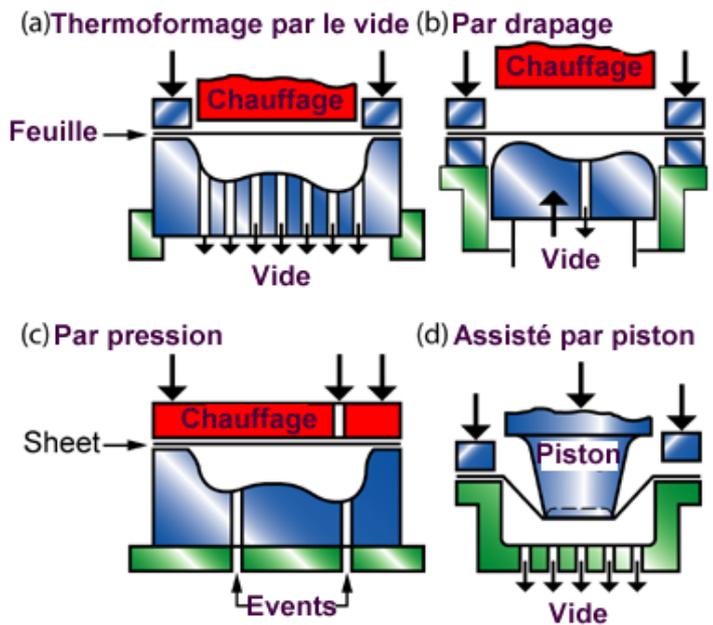


**3.3 Le thermoformage**

On peut mettre en forme de grandes feuilles thermoplastiques de manière économique par thermoformage.

Dans le thermoformage par le vide, une feuille thermoplastique chauffée jusqu'à son point de ramollissement, est aspirée par le vide sur les contours du moule prenant ainsi sa forme ; elle est ensuite refroidie, se solidifiant au contact du moule.

Le thermoformage sous pression utilise une pression de plusieurs atmosphères pour forcer la feuille de polymère chaude dans le moule.



**Morphologie des pièces obtenues**



*Barquettes alimentaires, gobelets jetables, pots de yaourt...*

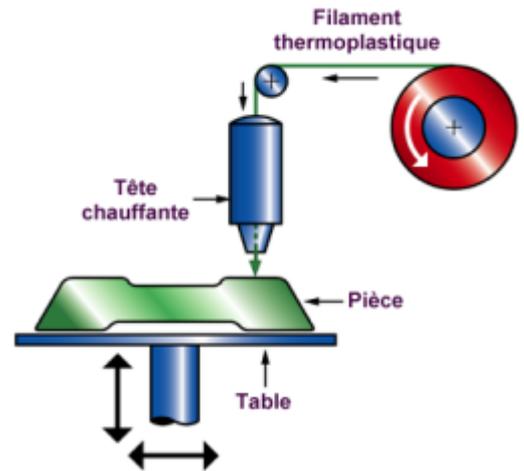
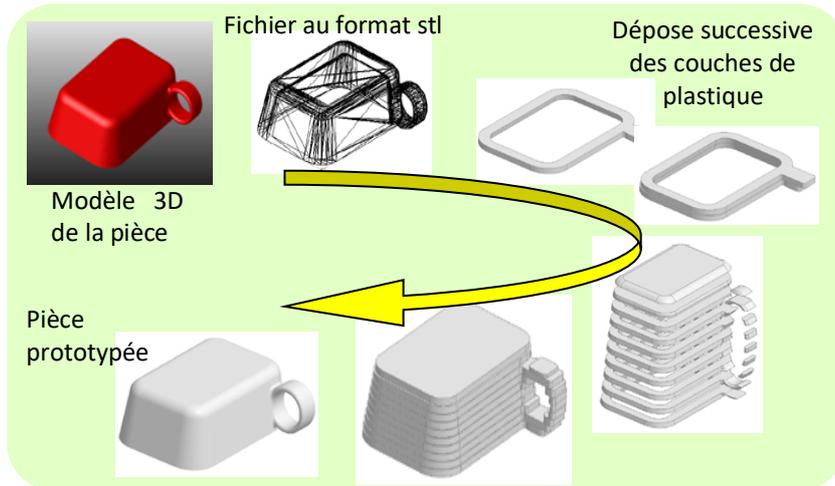
## 4 PAR AJOUT DE MATIÈRE

Les procédés de réalisation pas ajout de matière les plus courants sont :

- le prototypage rapide ou l'impression 3D ;
- le moulage et l'injection.

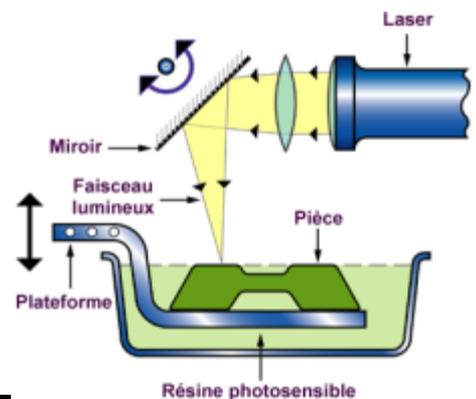
### 4.1 Le prototypage par dépôt d'un fil fondu

(Appellation FDM : Fused Deposition Modelling) permet de déposer grâce à une tête d'extrusion chauffée, suivant les axes x et y, un filament fin de thermoplastique ou de cire. Le polymère fondu est extrudé de la tête chauffée et déposé en couches (typiquement de 0,1 mm d'épaisseur, une couche à la fois en partant de la base). Les couches successives sont liées par fusion thermique. Le procédé est bien adapté pour utiliser de l'ABS, du polycarbonate et du nylon (il est aussi possible d'utiliser un élastomère ce qui permet de faire des prototypes souples).



### 4.2 Le frittage laser

(SLS : Selective Laser Sintering) débute par le dépôt d'une poudre fine thermofusible (un thermoplastique ou une cire) qui est fondue par le balayage d'un faisceau laser, créant une seule couche de l'objet. La table est alors abaissée et une nouvelle couche de poudre est répandue à la surface, prête pour le balayage suivant. En utilisant de la poudre de nylon ou d'ABS, on peut faire un objet totalement fonctionnel avec des fixations encliquetables, des parties filetées et des charnières intégrées. La méthode a été maintenant étendue au frittage des métaux permettant d'obtenir des pièces avec une meilleure résistance mécanique.



Morphologie des pièces obtenues :



### 4.3 Le moulage

On peut mouler tout type de matériaux (plastique, métallique, résine).

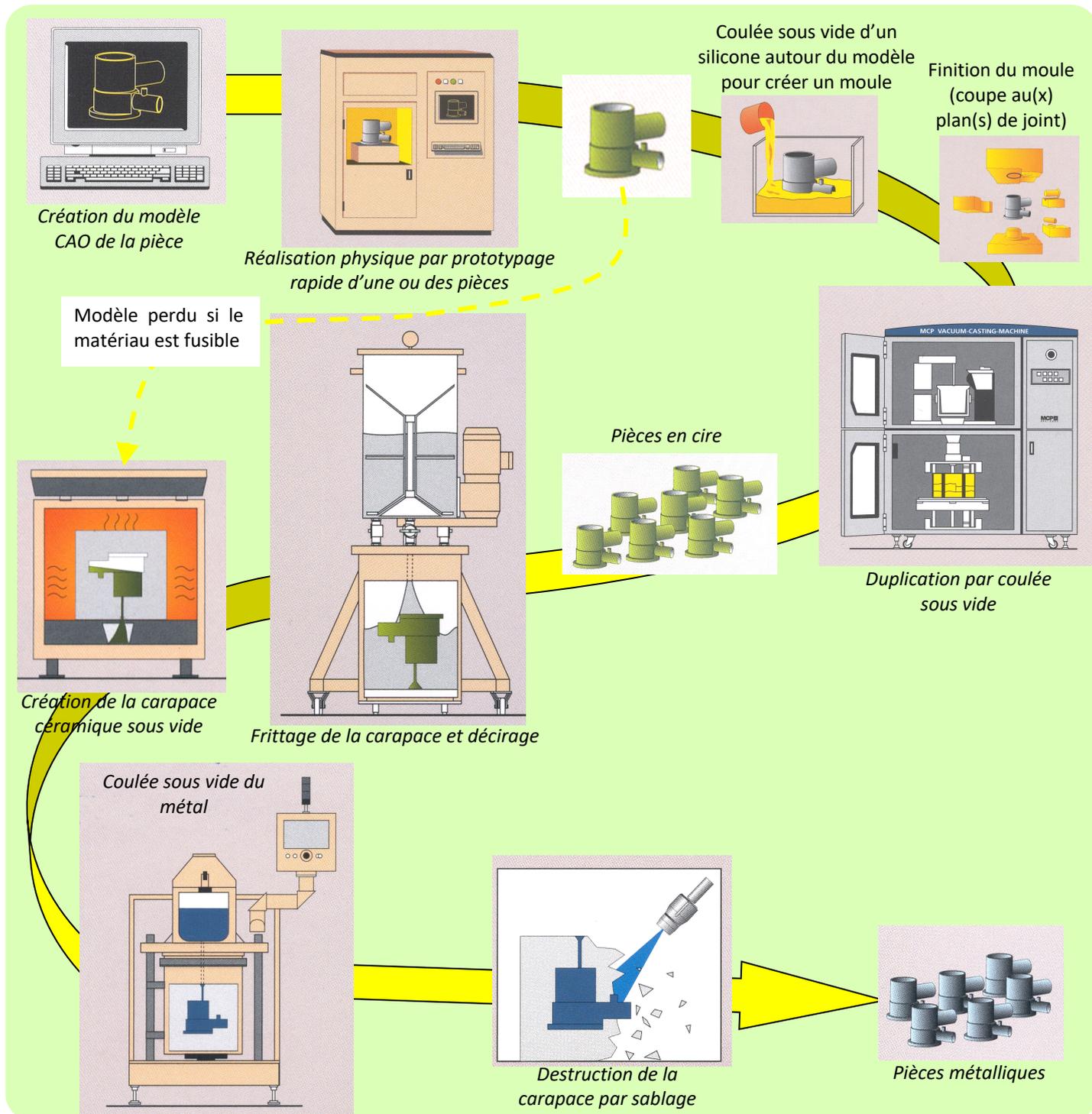
Ces procédés nécessitent la réalisation d'un moule, et sont donc réservés à la fabrication de pièces en série. Mais les techniques de prototypage rapide peuvent être utilisées afin d'optimiser l'utilisation de ces procédés.

Les moules peuvent être :

- Permanent, dans ce cas le moule est en plusieurs parties et s'ouvre pour libérer la pièce ;
- non permanent, dans ce cas le moule est détruit pour récupérer la pièce.

Suivant le matériau à mouler et le nombre de pièces souhaité, les moules sont réalisés en silicone, en plâtre, en sable ou en acier.

## Moulage à cire perdue



### Morphologie des pièces obtenues

Les pièces réalisées en fonderie cire perdue doivent respecter certaines règles de tracé. Il est nécessaire de concevoir ces pièces avec une épaisseur constante et n'ayant pas d'angles vifs. Cependant ce procédé ne nécessite aucun plan de joint ou de système d'éjection.

Il est donc possible de concevoir des pièces d'une grande complexité.



Bagues avant la phase de « dégrappage »



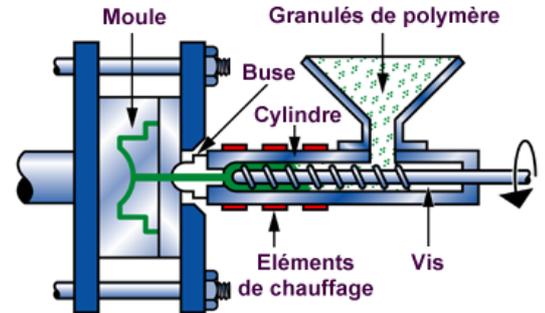
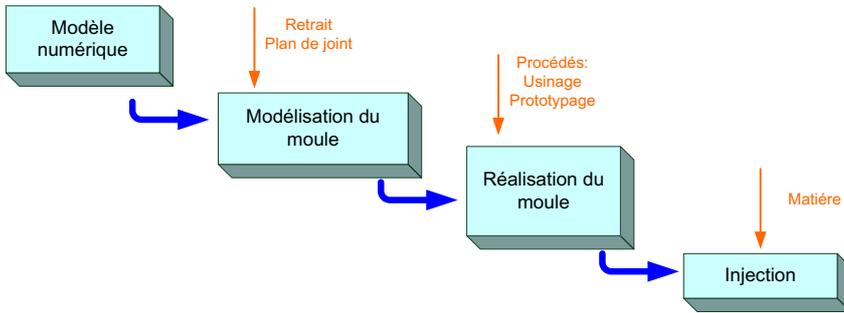
Bloc moteur GM Vortec (méthode « mousse perdue »)

## Injection plastique

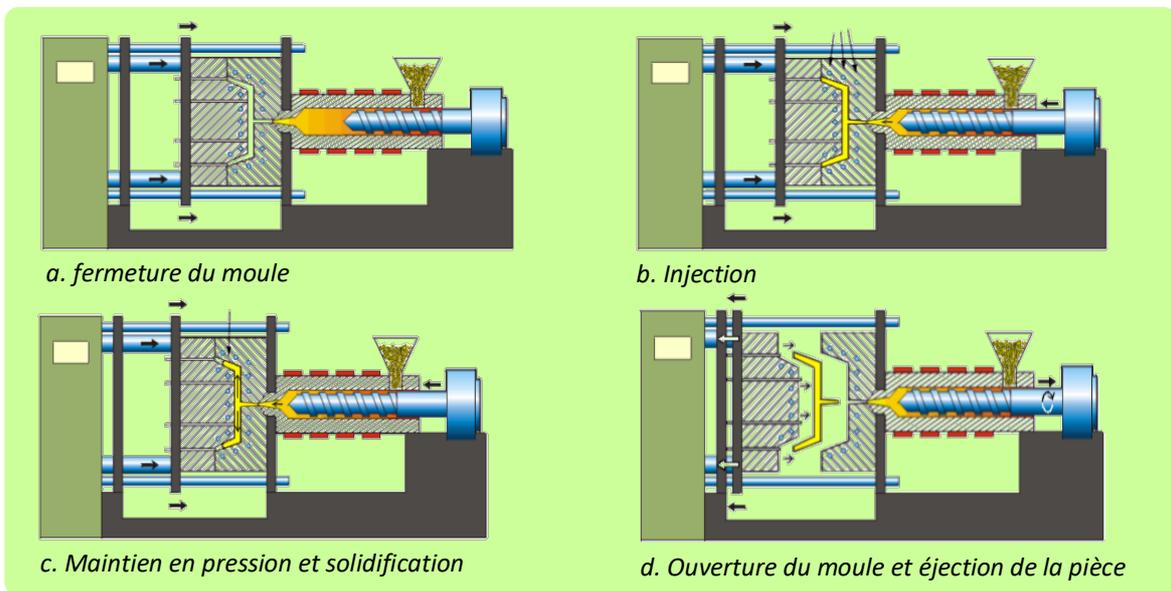
L'Injection plastique utilise un moule permanent généralement métallique, dans lequel on injecte sous pression un polymère à l'état pâteux. Après solidification, le moule s'ouvre et la pièce est éjectée.

Ce procédé permet de grandes cadences de production et est donc utilisé dans le cadre de fabrication série.

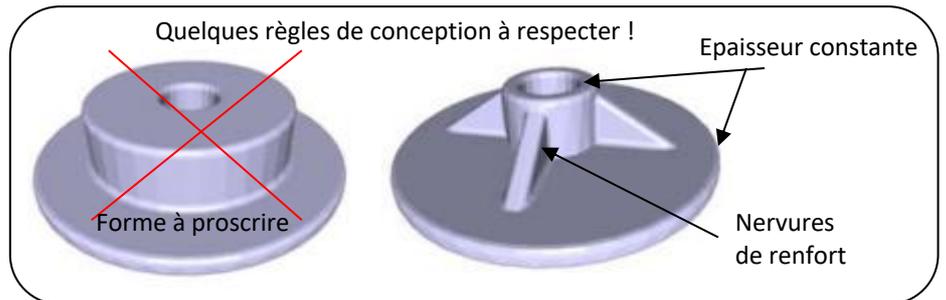
La modélisation et la réalisation du moule sont basées sur le modèle numérique de la pièce. En effet, les modeleurs (Inventor, Solidworks, Catia...) possèdent des modules spécifiques de moulage.



### Cycle de l'injection



### Morphologie des pièces obtenues



### D'autres procédés de moulage

Moulage par gravité (basse et haute pression), rotomoulage... l'univers de cette mise en forme est extrêmement vaste et en perpétuelle évolution.