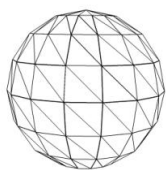


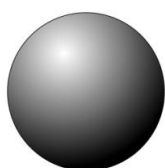
Prototypage et Outillage Rapide

Conversion en triangles (format STL)
Construction des supports éventuels



Processus
de tranchage

Génération des données
pour guider la machine



Modèle CAO



Fabrication par couche



TS CPI

lycée loritz
NANCY

PROTOTYPAGE et OUTILLAGE RAPIDES

✓ Introduction

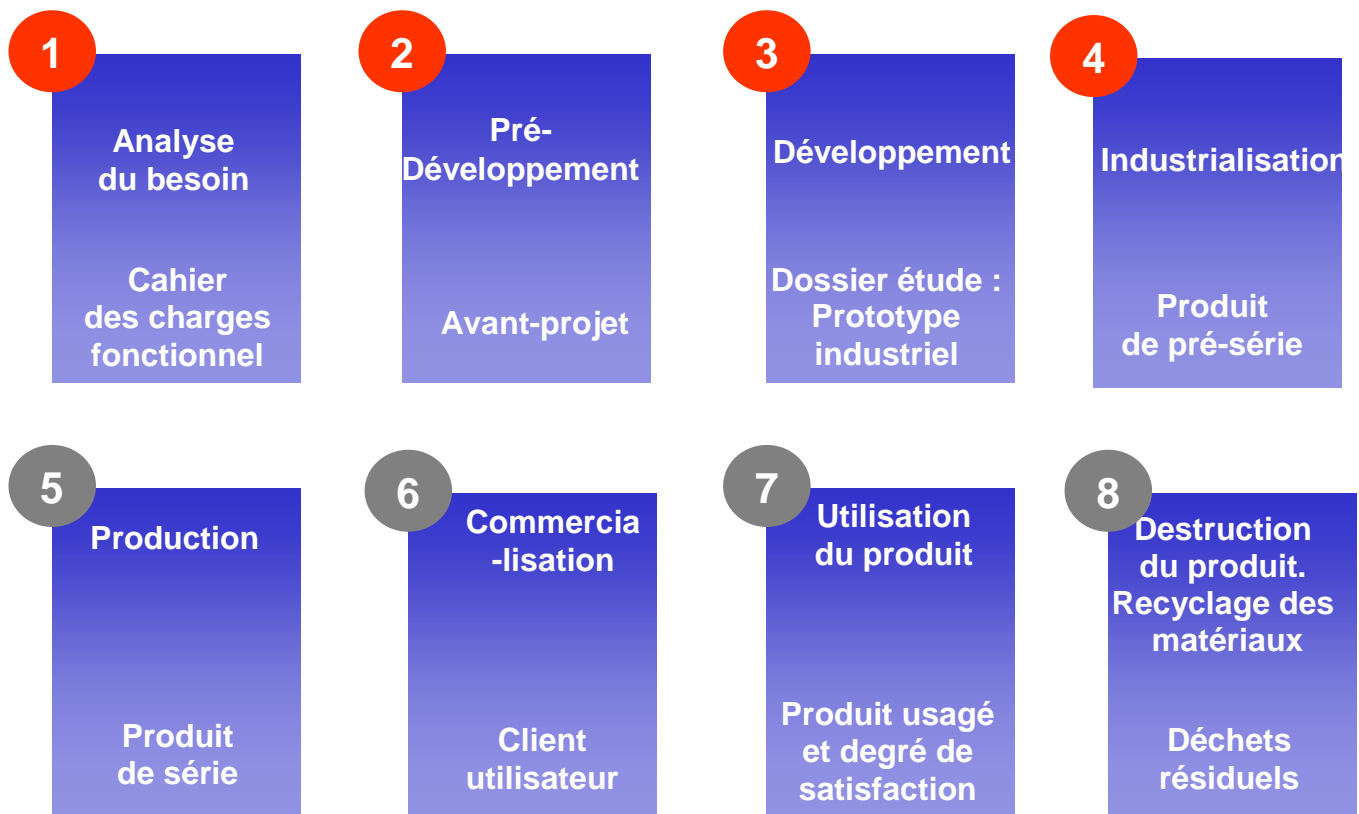
Les technologies de développement de produits nouveaux font aujourd'hui appel aux technologies numériques (CAO volumique, calcul numérique, FAO, ...), ceci afin de répondre aux préoccupations des entreprises en termes de performances et de compétitivité.

Le support numérique permet de créer une chaîne informatique sans discontinuité, entre les premiers schémas de la conception et l'industrialisation d'un produit.

Dans ce contexte d'ingénierie simultanée, le prototypage et l'outillage rapides permettent l'obtention d'un ou plusieurs prototypes de manière rapide et conformes au support numérique et offrent de nouvelles perspectives aux entreprises :

- Une réponse rapide aux besoins du marché.
- Une amélioration de la qualité : qualification géométrique et fonctionnelle, mise au point rapide.
- Une diminution des coûts d'industrialisation : fourniture de pièces d'essais avant décision d'investissement dans un outillage onéreux ...

Le schéma suivant présente les principales étapes de l'élaboration d'un produit.



Chacune des étapes de conception du produit (étapes 1 à 4) utilise le prototypage et l'outillage rapides sous différentes formes définies par le type de prototype utilisé.

1) DIFFERENTS TYPES de PROTOTYPES :

On distingue 4 types de prototypes classés suivant leur niveau de fonctionnalité, leur ressemblance à la pièce conçue, leur matière ...

Prototype géométrique :

C'est un prototype physique de la pièce conçue, nécessaire à la validation des formes de la pièce en CAO.
C'est aussi un support de communication entre les divers intervenants du cycle de vie du produit.
Le matériau et le procédé de fabrication sont différents.

Avantages :

Peu coûteux.
Prototype palpable.

Inconvénients :

Mauvaise matière.
Mauvais procédé d'obtention.

Prototype fonctionnel :

C'est un prototype qui présente tous les aspects fonctionnels du prototype géométrique, mais il est, en plus, capable de supporter des tests mécaniques (résistance, fatigue ...), d'étanchéité, de température ...
Le matériau est proche ou identique à la fabrication série et le procédé de fabrication est indifférent.

Avantages :

Bonne matière.
Essais mécaniques réalisables.

Inconvénients :

Plus coûteux.
Mauvais procédé d'obtention.

Prototype technologique :

C'est un prototype qui présente tous les aspects fonctionnels des deux prototypes précédents, mais il est, en plus, capable de supporter des essais en vraie grandeur d'un point de vue obtention des formes en série et il facilitera la mise au point des outillages.
Le matériau et le procédé de fabrication sont proches ou identiques à la fabrication série.

Avantages :

Bonne matière.
Procédé d'obtention identique.
Essais mécaniques et de mise au point procédé possibles.

Inconvénients :

Plus coûteux.

Outillage prototype :

Les fabricants essaient de proposer aux industriels des outillages prototypes. Obtenus en outillage rapide, ils permettent de réaliser des petites pré-séries de pièces et permettent une mise au point rapide des outillages sériels.

Avantages :

Mise au point outillage.
Grand nombre de pièces possibles.
Pièces de pré-série.

Inconvénients :

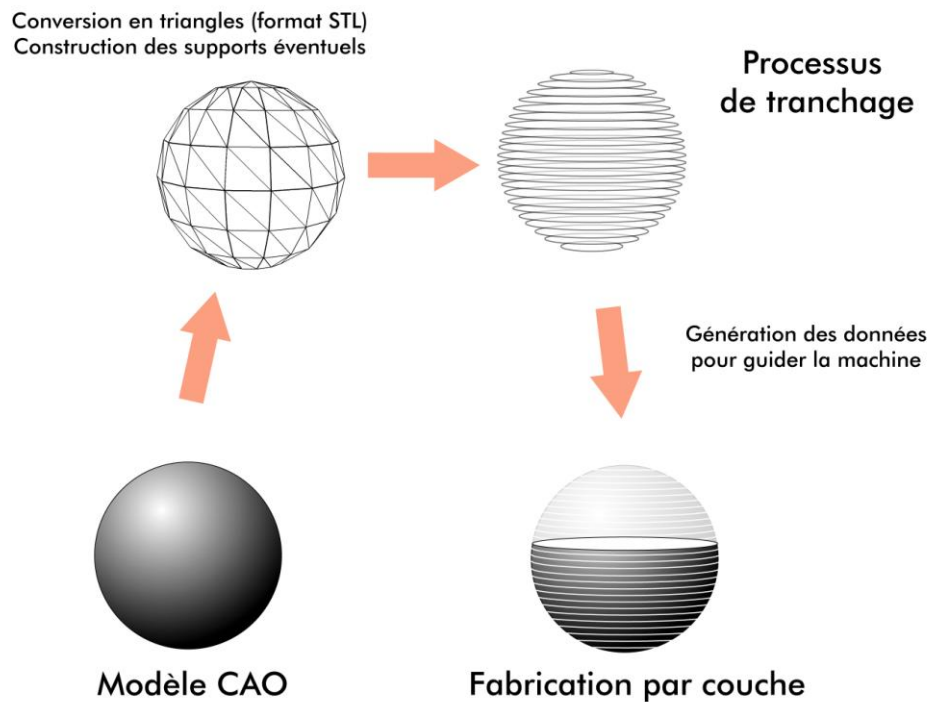
Relativement coûteux.
À réserver à la fabrication en série.

2) ETAPES de REALISATION d'un PROTOTYPE :

Le prototypage rapide nécessite la réalisation de quatre conditions de base :

- L'obtention rapide de formes complexes en 3D doit être possible.
- Une modélisation CAO doit être utilisée dès les stade initial de conception.
- La chaîne informatique ne doit pas être rompue.
- La réalisation doit faire appel aux procédés de fabrication par couches (PFC).

Le schéma suivant présente les étapes de réalisation d'un prototype par procédé de fabrication par couche :



3) METHODES de PROTYPAGE RAPIDE :

Ce sont aujourd'hui les procédés qui constituent le Prototypage rapide.

Il est aujourd'hui retenu de classer les procédés de fabrication par couches en trois familles, à partir de l'état initial du matériau de base :

- Les procédés de fabrication par couche **liquide/solide (L/S)**
Stéréolithographie (**Polymérisation de résine point par point par laser**)
- Les procédés de fabrication par couche **solide/solide (S/S)**
Laminated Object Manufacturing (LOM) (**Laminage**)
Stratoconception (**Découpe**)
Fused Depositing Modeling (FDM) (**Dépôt de fil fondu**)
- Les procédés de fabrication par couche **poudre/solide (P/S)**
Selective Laser Sintering (SLS), Eosint, D S P C (**Frittage laser de poudre**)

Les procédés de fabrication par imprimantes 3D peuvent être classés dans plusieurs familles.

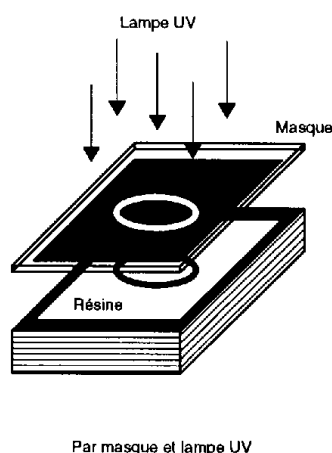
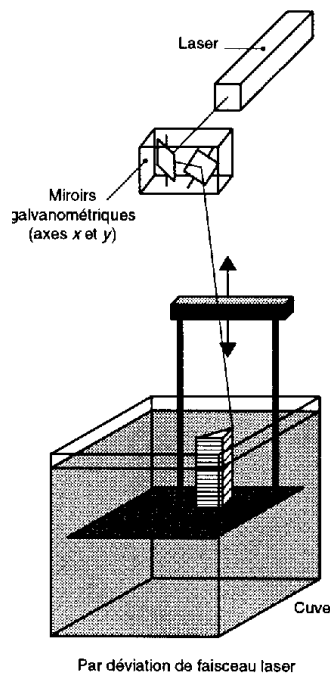
3D Printing, Quadra, Genisys, Model Maker, MJM
(**Projection de liant, d'encre ou de cire**)

31) La stéréolithographie :

Procédé qui consiste à polymériser localement une résine photosensible à l'aide d'une source lumineuse. Deux méthodes d'insolation sélective de la résine existent :

- La première méthode utilise une source lumineuse de type **laser** (hélium-cadmium, HeCd et argon ionisés, Ar+) que l'on dirige dans le plan XY grâce à deux miroirs galvanométriques.
- La seconde utilise un système de **lampe** émettant des ultraviolets (**UV**) au travers d'un masque.

Afin de rigidifier l'objet lors de sa fabrication, il est nécessaire d'ajouter des **supports** à la pièce. Un traitement de **postpolymérisation** est nécessaire et nécessite un four UV.



Quelques applications :

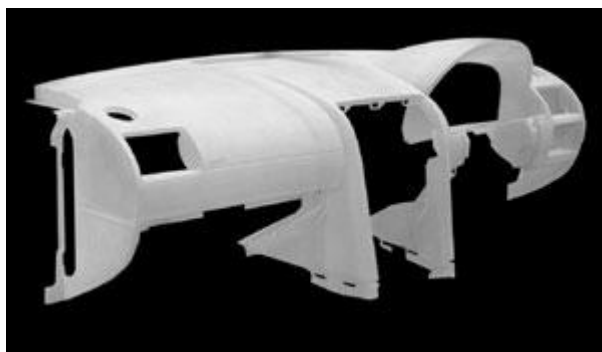


Tableau de bord de maquette d'automobile



Modèle réduit de fauteuil

Avantages :

Faible finition.
Bonne précision des machines.
Productivité correcte.
Prototypes de faibles dimensions.
Possibilité d'obtenir des modèles pour fonderie cire perdue « quick cast ».

Inconvénients :

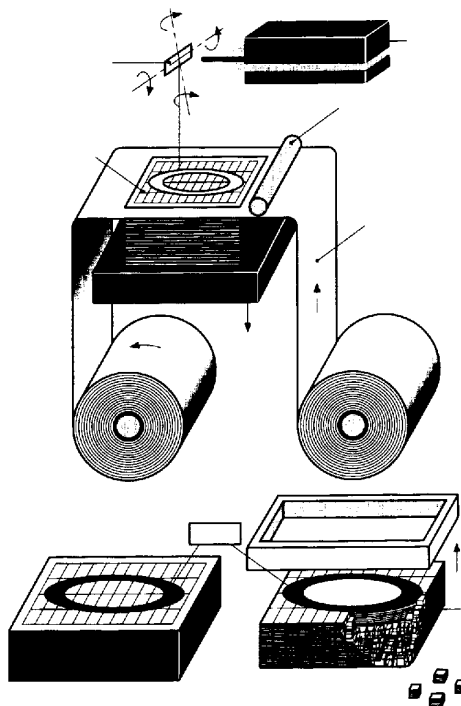
Machine et matériaux coûteux.
Prototypes coûteux et fragiles.

32) Le procédé LOM :

Procédé **LOM** (Laminated Object Manufacturing©) développé par la société Helisys qui consiste à découper par l'intermédiaire d'un **laser CO₂** les différentes sections d'un objet que l'on veut créer, dans une fine couche de **papier thermocollable** (couche polyester).

Les différentes couches sont empilées et sont assemblées par fusion du polyester. Le laser découpe le contour de la pièce et les bords de la feuille pour former un **bloc**, il hachure également les zones extérieures pour faciliter l'**extraction** des pièces.

L'**extraction des parties creuses** limite les formes géométriques.



Quelques applications :



Robinetterie



Modèle pour fonderie sable

Avantages :

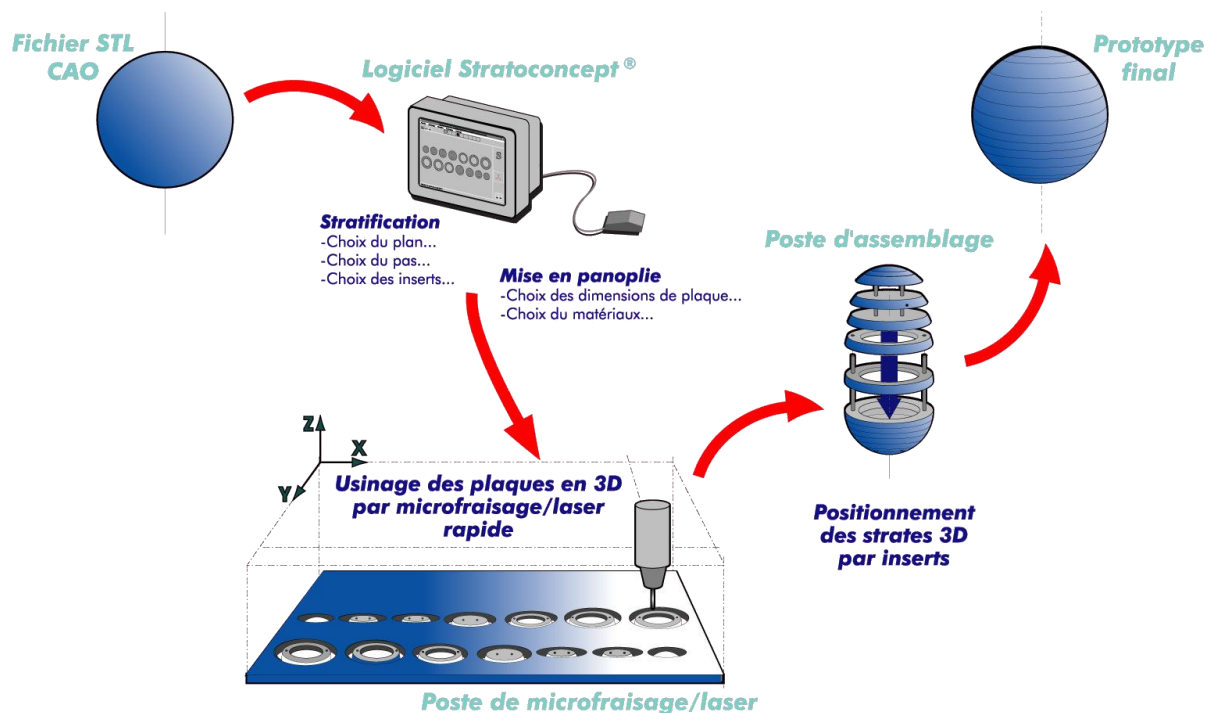
- Matériau peu coûteux.
- Prototypes de tailles moyennes.
- Bonne productivité.
- Possibilité d'obtenir des modèles et plaques modèle pour fonderie.

Inconvénients :

- Finition importante (décubage).
- Tenue des prototypes.

33) La stratoconception :

Procédé qui consiste à décomposer la pièce, par calcul, en un ensemble de couches élémentaires appelées strates, dans lesquels sont introduits des inserts. Les strates sont alors réalisées en FAO par des procédés rapides (découpe 2 axes, 2 ^{1/2} axes ou 5 axes) à partir de matériaux en plaques, puis assemblées pour reconstituer le prototype final.



Quelques applications :



Maquette de turbocompresseur



Carter automobile (aluminium)

Avantages :

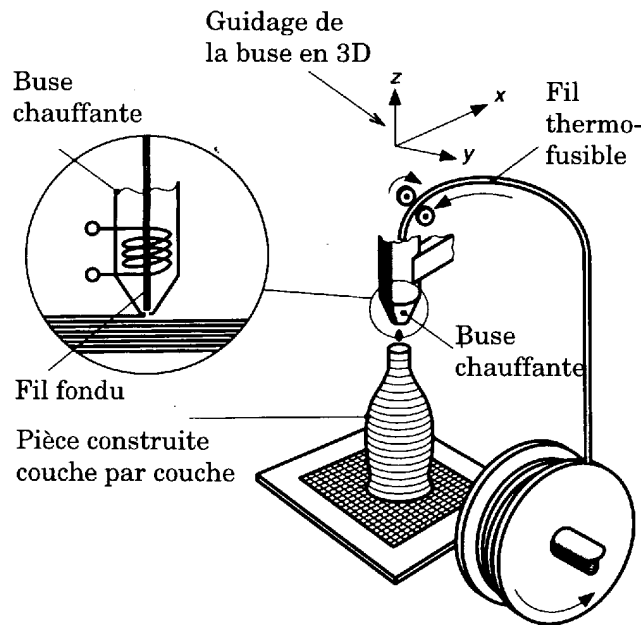
Machines et matériaux peu coûteux.
Prototypes de toutes tailles et peu coûteux.
Grande diversité de matériaux.
Possibilité d'obtenir des modèles et plaques modèle pour fonderie.

Inconvénients :

Finition importante.

34) Le procédé FDM (dépôt de filament) :

Procédé développé par la société **Stratasys** qui consiste à déposer un **cordon de matériau thermofusible**. Un fil de matériau thermofusible circule à l'intérieur d'une buse chauffante afin de le liquéfier. La tête est pilotée suivant les axes x et y. Le cordon déposé se solidifie dès le contact avec la couche précédente pour créer l'objet section par section. Afin de rigidifier l'objet lors de sa fabrication, il est nécessaire d'utiliser des **supports**.



Quelques applications :



Coque de téléphone



Différentiel automobile

Avantages :

Finition faible.

Inconvénients :

Prototypes de petites tailles.
Matière coûteuse.
Productivité moyenne.

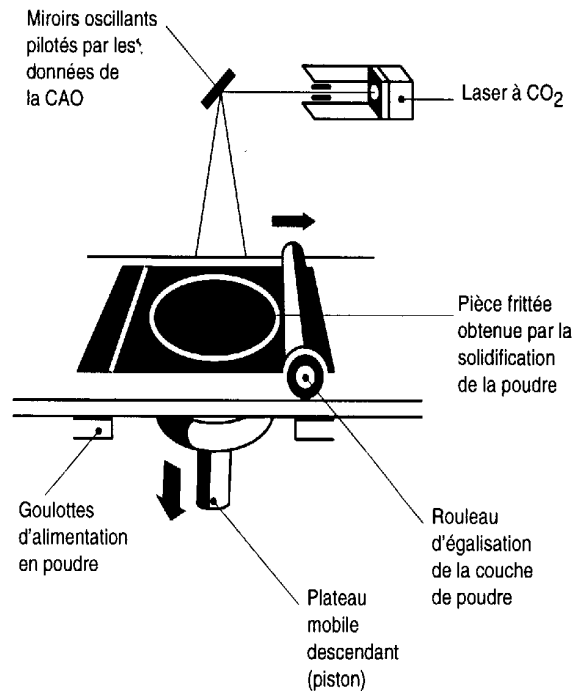
35) Le frittage laser de poudre :

Procédé qui consiste à réaliser le frittage local d'un matériau présenté sous forme de **poudre** en le faisant **fondre** sous l'action d'un **laser** de forte puissance.

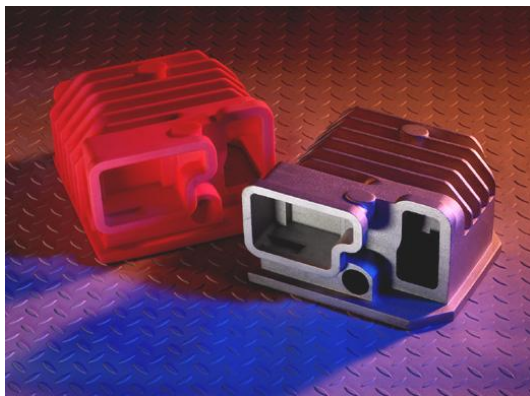
Le laser est dirigé par deux miroirs galvano-métriques sur la zone à solidifier. Ainsi, l'objet se crée section par section. L'enceinte est sous azote, elle est thermostatée en fonction du matériau.

Afin de rigidifier l'objet lors de sa fabrication, il est nécessaire d'ajouter des **soutiens** à la pièce.

Un **post-traitement** thermique est nécessaire pour améliorer les caractéristiques du produit obtenu. Il conduit à un fort retrait.



Quelques applications :



Carter de compresseur



Moule injection plastique

Avantages :

- Bonne précision machine.
- Bonne productivité.
- Grande diversité de matériaux.
- Possibilité d'obtenir des empreintes métalliques pour outillage.
- Possibilité d'obtenir des moules ou noyaux sable, ou modèles cire perdue.

Inconvénients :

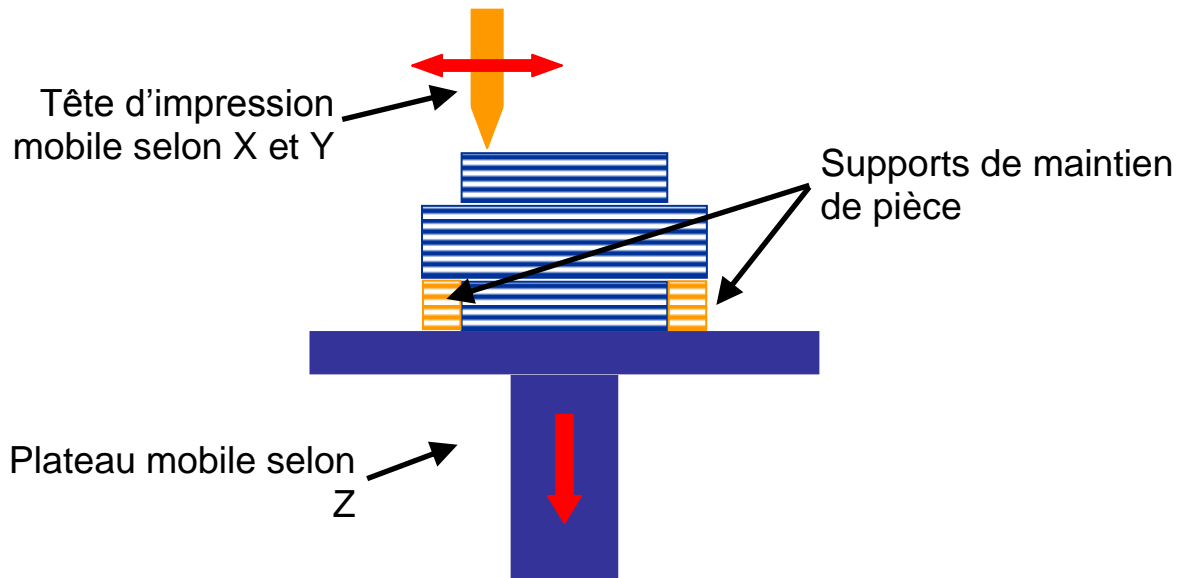
- Machines et matériaux coûteux.
- Prototypes de petites tailles et coûteux.
- Post traitement déformant la pièce.

36) L'impression 3D :

Le principe de l'impression 3D a pour but de livrer aux concepteurs des machines de bureau (imprimantes), permettant l'obtention de pièces de faibles et moyennes dimensions sans intervention humaine.

Plusieurs fabricants proposent des procédés identiques aux précédents (LOM, dépôt de filament), mais la majorité des procédés utilisent une ou plusieurs têtes d'impression mobile suivant deux axes et un plateau mobile suivant le troisième axe.

La tête d'impression dépose du matériau par couches successives pour former le prototype final.



Quelques applications :



Maquette bâtiment



Carter automobile



Coque de téléphone

Avantages :

Pas de finition.
Concept imprimante (pas d'intervention humaine)
Grande diversité de matériaux.
Précision.

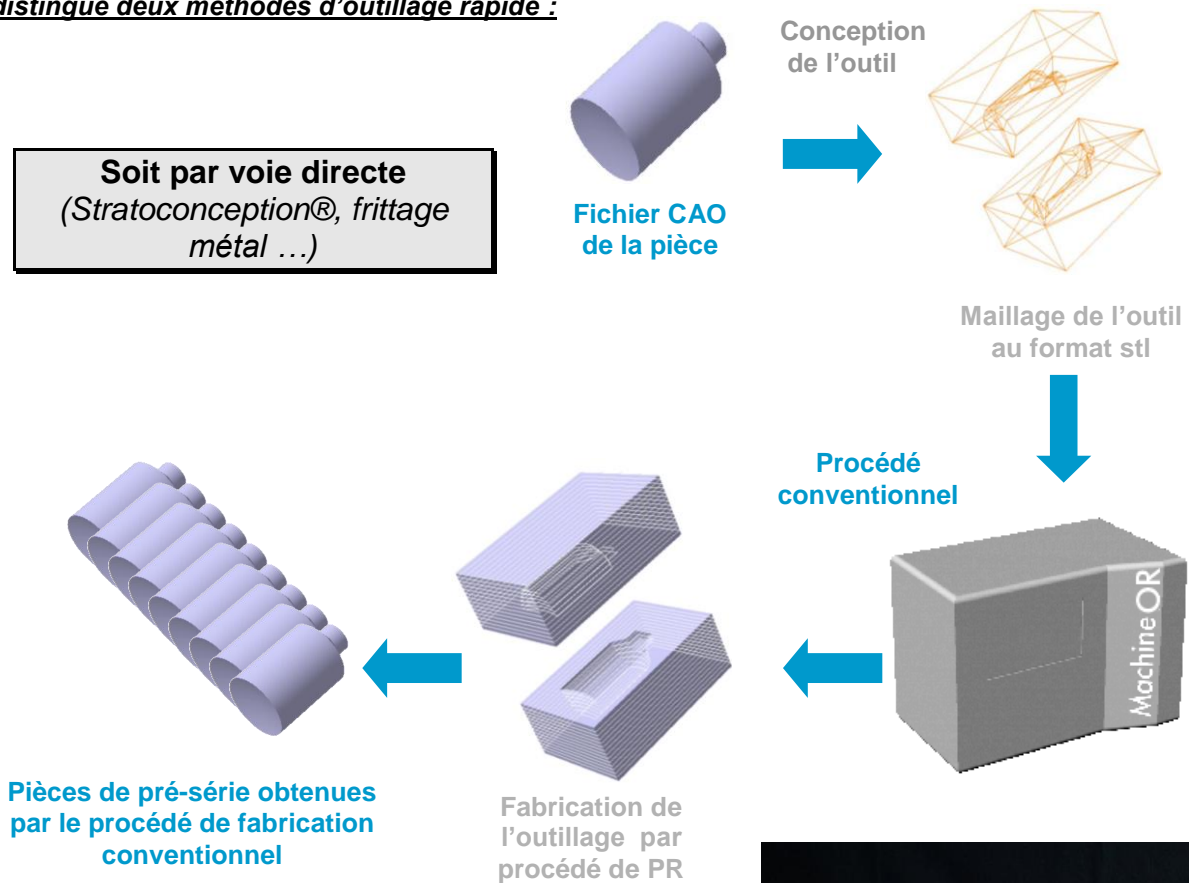
Inconvénients :

Prototypes de petites tailles.
Matière souvent coûteuse.

4) OUTILLAGE RAPIDE :

Le but de l'outillage rapide est de réaliser des outillages prototypes par les procédés de prototypage rapide. Il permet de fabriquer rapidement des pièces prototypes bonne matière proche du bon procédé par les procédés de fabrication conventionnels.

On distingue deux méthodes d'outillage rapide :



Quelques applications :

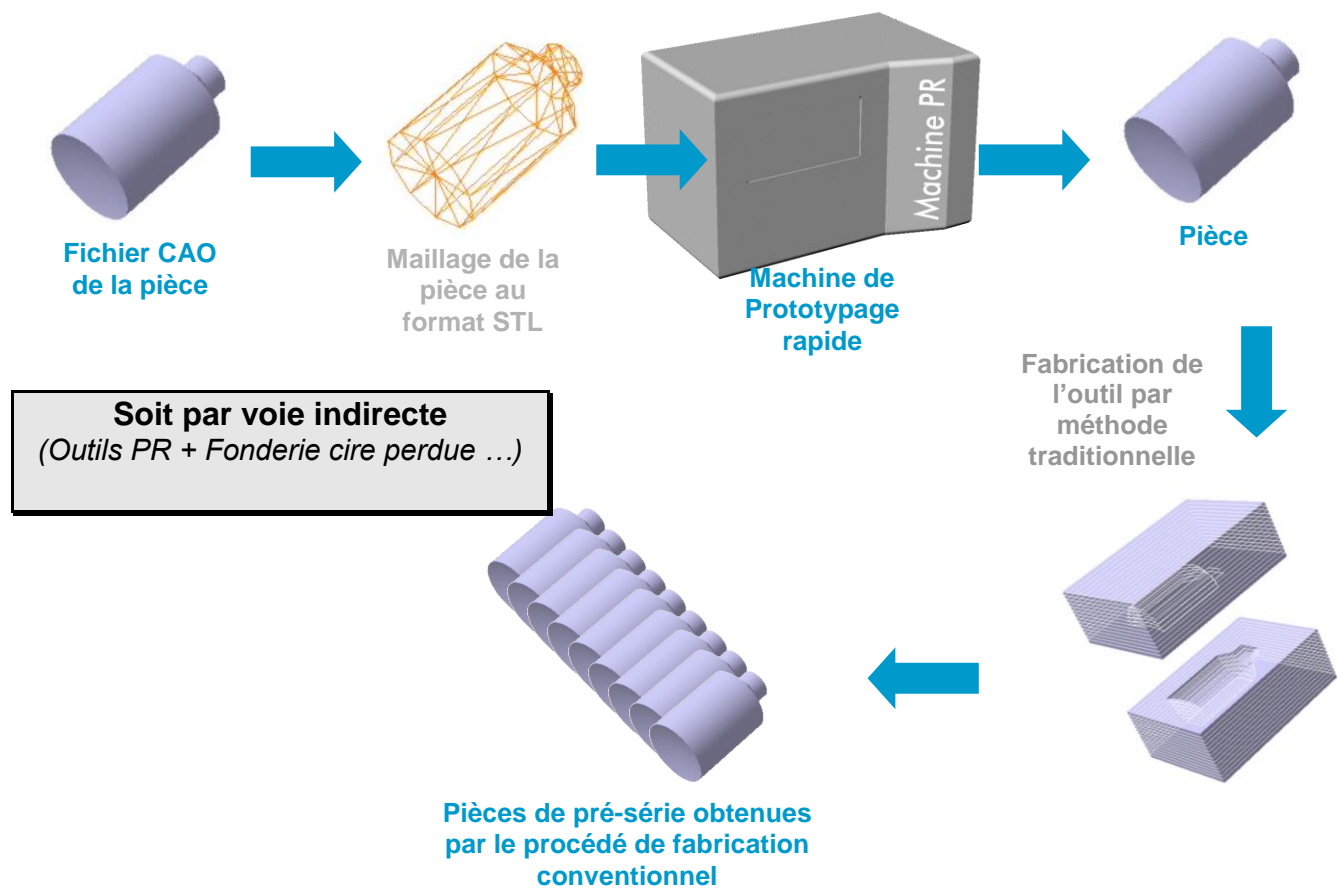


Outillage d'injection plastique obtenu en frittage de poudre métallique.



Outillage de soufflage réalisé en stratoconception.





Plusieurs méthodes sont utilisables dans ce cas :

- Création de modèles ou plaques modèle pour fonderie sable.
- Création de modèles pour fonderie cire perdue.
- Création de modèles pour thermoformage.
- Création de moules silicones pour obtention de pièces plastiques ...