

L'imprimante 3D ?

Une imprimante 3d est une machine qui permet *par ajout de matière* d'arriver à matérialiser un objet. On parle de fabrication additive.

Les imprimantes 3D

Les premières machines sont apparues, hors prototype de laboratoire, il y a 25 - 30 ans, c'est donc pas d'aujourd'hui ! On peut les classer suivant leur technique de "dépose" de produit :

- Solidifier certaines zones d'un polymère liquide (résine) par faisceau laser ou UV : la «stéréolithographie».
- Souder des grains de poudre plastique, métallique ou céramique par laser ou faisceau d'électrons ou frittage.
- Dépose de matière à l'endroit désiré, au moment de la dépose on s'arrange pour que le produit se solidifie rapidement. (principe du tube de colle).
- Assembler par collage ou soudure de plaques découpées :« strato - conception ». Cette technologie s'applique à une grande variété de matériaux et permet des prototypes de grande taille, mais il est nécessaire de pré-découper des plaques fines.

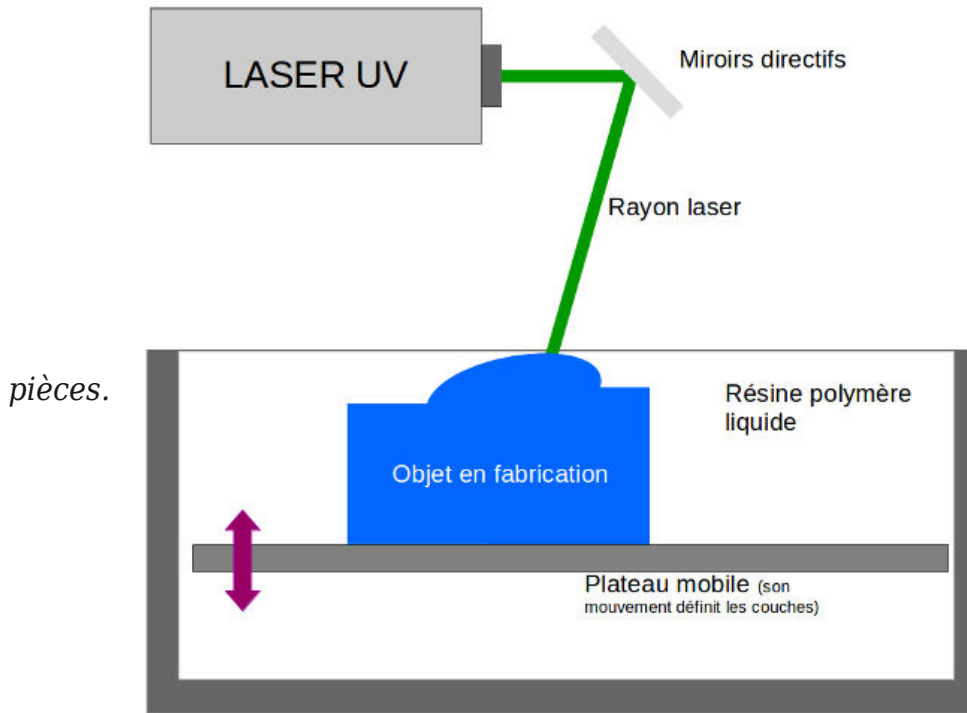
Un des grands principes de ces outils c'est qu'ils travaillent *couches par couches*, c'est vrai pour le 98% de ces machines et encore plus particulièrement pour celles "grand-public", c'est-à-dire vous et moi. LE grand critère définissant la précision et la durée de fabrication (c'est pas le seul) est la *hauteur de ces couches* !

Impression stéréolithographie

Dans l'industrie les premières machines utilisées furent les imprimantes de type "stéréolithographie". Leur principe est la solidification d'une résine polymère liquide par

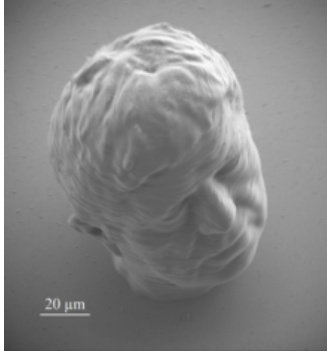
un faisceau laser. Les inconvénients principaux étaient :

- la fragilité des pièces, car la résine n'était pas des plus optimales
- le retrait, car après l'impression la pièce devait passer un certain temps dans un four pour la solidifier définitivement. Lors de cette opération le retrait important était difficile à réellement prévoir. C'était tout "l'art" de l'opérateur, entre la préparation du fichier pour la machine et la réalisation seul un bon spécialiste pouvait arriver à produire des



Et une pièce faites en "stéréo...", remarquez la qualité de la surface. Actuellement ces machines sont toujours utilisées, car les liquides polymères ont énormément évolués et permettent un travail de haute qualité.

Petite vidéo d'une machine nouvelle génération



On assiste à toujours plus de prouesses technologiques dans ce domaine, voir la dernière machine de [Microlight3D](#), dans le domaine de la micro fabrication c'est fantastique ! On navigue ici dans des zones inférieures au micron !

Maintenant dans le domaine de la polymérisation d'une résine, il y a la machine [Carbon](#) qui est spectaculaire et "qui travaille aussi en couche par couche" mais pas vraiment, c'est plutôt du continu ! (désolé c'est en anglais)

Je vous conseille d'aller voir sur leur site l'[explication du fonctionnement](#) de la machine, même si ce n'est pas en français, la vidéo explicative se suffit à elle-même.

Actuellement un frein à la diffusion de ce type de machine est le peu de diversité de résine utilisable.

Impression par la solidification de poudres

C'est un peu le même système que la "stéréo..." sauf que dans ce cas, on a de la poudre en lieu et place du polymère liquide. Le faisceau laser est aussi d'une autre nature et dans la réalité ça donne quoi ?

Les machines les plus répandues sont de type "bain" de poudre.

Les inconvénients sont assez évident, si vous avez vu la vidéo vous n'avez pas pu ne pas remarquer les protections pour le personnel. En effet ces poudres sont très volatiles et pénètrent facilement dans le corps humain par les poumons mais aussi par la peau. Un autre problème c'est l'aspect souvent peu lisse des objets en sortie des machines, c'est granuleux. Généralement un post traitement de finition est nécessaire pour avoir un objet fini.

Avantages : les matériaux utilisables, très vaste possibilité. Précision des réalisations, qualité des détails.

Pulvérisation de poudre, technique moins conventionnelle.

Pour donner un exemple de pièces fabriquées avec ces machines, les ailettes de la dernière génération des moteurs d'avions Airbus. Ce sont des pièces en Titane. L'avantage recherché dans ce cas ; l'amélioration/complication du circuit de refroidissement interne aux ailettes qui est impossible à réaliser dans les techniques classiques de fabrication. La photo présentent des ailettes mais pas celles fabriquées par impression 3D, j'ai pas trouvé ! ☐



Impression par la dépose de matière

Dans ce cas, on dépose un produit à l'endroit désiré. Ce produit est sous forme liquide/pâteux, et juste après sa dépose il doit se solidifier. Les machines utilisant cette technique peuvent être de très grande taille (fabrication de maison, voiture, etc).

Les Chinois sont le plus en avance dans le domaine immobilier. La très grande difficulté est le produit (le béton) qui doit être fluide pour la dépose et qui doit se solidifier rapidement juste après cette dépose. Le pionnier chinois explique qu'ils ont tâtonné pendant une dizaine d'années avant de réussir à trouver le "béton" adéquat. Ma foi, je trouve le résultat plutôt bien réussi. □

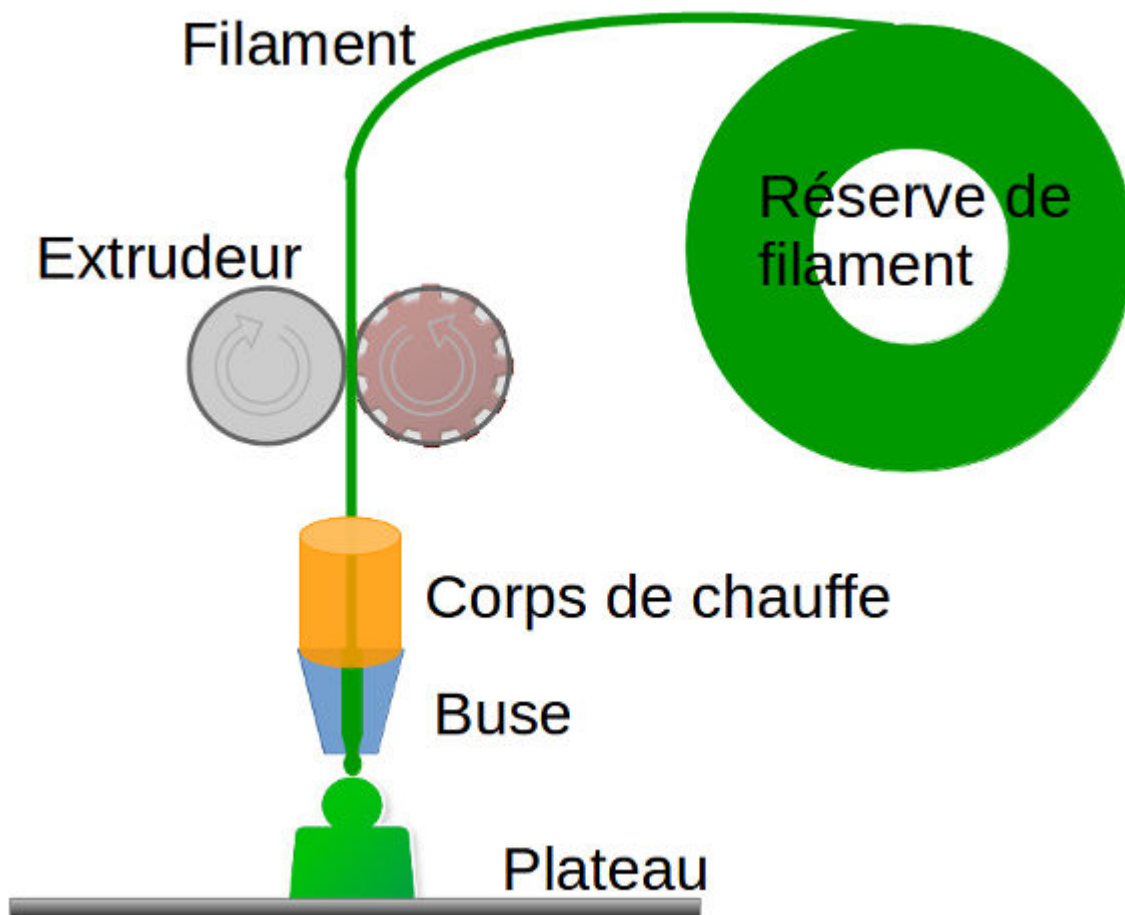


Autre exemple de machine de grande taille, pour la construction d'un pont métallique. Cette technique est un peu entre la pulvérisation de poudre et la dépose de produit, ici on est dans le "goutte-à-goutte".

LA FDM (FUSED DEPOSITION MODELING)

C'est cette technique qui a rendu l'imprimante 3D célèbre ces dernières années. La puissance des ordinateurs de "Monsieur Tout-le-monde" a grandement facilité cet envahissement. L'électronique c'est également considérablement simplifiée grâce aux possibilités de pilotage des microcontrôleurs. Enfin la mode de "faire soi-même" alliée à des prix bas ont permis aux imprimantes 3D d'entrer chez chacun d'entre nous.

Principes et éléments de base



- La réserve de filament est très souvent une **bobine de filament**.
- Le **filament** le plus utilisé est le **PLA**, c'est une plastique biodégradable.
- **Extrudeur** est très souvent composé d'une roue avec des dents (engrenage) qui par appui sur le filament l'entraîne, un **moteur pas à pas** est principalement utilisé pour effectuer et contrôler cette rotation.
- **Corps de chauffe** est une résistance de chauffe qui est fixée dans un bloc (aluminium généralement). Elle chauffe le filament à sa température de fusion via ce bloc métallique. Pour les machines courantes la température maximum est de l'ordre de 300°C, avec quelques modifications (un bloc extrudeur-buse spécifique) on peut arriver à >400°C.
- **La buse** est une pièce en laiton, acier trempé ou en acier inoxydable (voire céramique) qui canalise et calibre le flux du plastique. Les tailles du trou de passage sont de 0.1 à 1 mm, encore une fois ce sont des valeurs génériques
- **Le plateau** qui peut être chauffant ou non. Actuellement la plupart des imprimantes du marché proposent un plateau chauffant. Ce plateau ("bed" en anglais) peut-être en verre, aluminium recouvert de ruban adhésif, de colle, de laque de tout "truc" permettant de fixer solidement la première couche de plastique déposée au plateau.

Il y a plusieurs types de construction mécanique pour ces machines (cartésienne, delta, etc) , mais je pense que l'on peut distinguer deux familles dans les imprimantes FDM. Cette distinction est importante car cela conditionne les paramètres de mouvement du filament et surtout le fonctionnement de l'**extrudeur**.

- L'extrudeur, le corps de chauffe et la buse forme un bloc.
- L'extrudeur est fixe et le filament est guidé (généralement par un tube de Téflon) jusqu'au corps de chauffe qui lui forme un bloc avec la buse. On parle d'extrudeur type "bowden".

remarques :

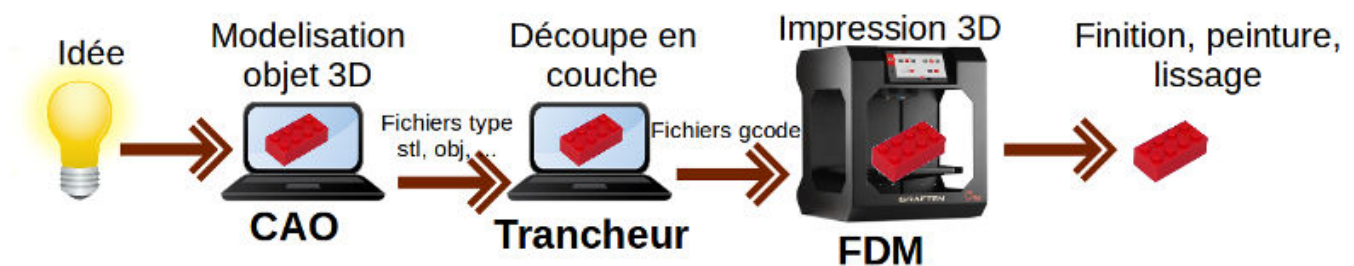
Il y a une relation entre la taille du trou de la buse ($\varnothing B$), la hauteur de la couche (H) et la largeur de la dépose (L). Quelques règles empiriques mais réalistes :

- la hauteur de la couche $H = 0.8 \times \varnothing B$ soit pour une buse classique $0.4 * 0.8 = 0.32$ mm
- La largeur de dépose est 20% plus que $\varnothing B$, soit pour une buse $0.4 * 1.2 = 0.48$ mm

Ceci donne une idée des détails possibles pour votre objet et son temps de fabrication.

COMMENT FABRIQUE-T-ON ?

Voilà pour la théorie, vous avez une imprimante 3D comment procéder pour avoir un bel objet bien réel en main ? Cette procédure de fabrication d'objet avec les imprimantes 3D est très semblable à celle suivie avec les [machines-outils traditionnelles](#), type CNC. On peut la résumer comme suit :



L'idée

Si vous n'en avez pas, c'est ennuyeux, mais pas irrémédiable ! Premièrement quelques conseils : dormez suffisamment, prenez un bon petit-déjeuner, faites du sport (ou tout au moins bouger, et pas seulement les doigts sur le clavier), etc Je vous laisse compléter la chose, éventuellement un truc, moi c'est souvent quand je vais aux toilettes que j'ai mes meilleures idées (bon ça marche peut-être seulement pour moi!) ☐

Plaisanterie à part, regardez sur internet [les photos de pièces créées](#) cela vous donnera des idées de quoi votre machine est capable de réaliser, voir ci-dessous quelques liens.

La modélisation 3D

Réaliser soi-même le dessin 3D de votre idée grâce à un logiciel de [CAO](#). Quelques noms, liste non exhaustive : [Blender](#), [SolidWork](#), [Fusion](#), [Freecad](#), [Inskape](#), [Setchup](#), [TinkerCad](#), [Autocad](#), etc. ... il y en a énormément. Je vous laisse chercher sur le web, forums et autres. Pour moi le meilleur logiciel c'est celui que vous connaissez bien ! Tous ont des avantages et

des inconvénients et dans le domaine, faites attention il y a beaucoup de querelles de clocher, c'est un peu comme les voitures !

Une autre possibilité c'est de télécharger des modèles déjà faits sur des sites de partage d'objet 3D : [Thingiverse](#), [3dContentCentral](#), [Cults3D](#), etc ici aussi énormément de choix.

Découpe en couche

*Vous avez votre modèle 3D ? Il est temps de le rendre compréhensible à votre machine. Pour la plupart des machines d'entrée de gamme, il est nécessaire de "traduire" l'objet 3d en mouvement et extrusion pour votre machine, c'est le rôle d'un autre logiciel spécifique le **trancheur** ("slicer" en anglais).*

Pour que votre imprimante 3D réalise l'objet 3D, elle doit mouvoir soit l'objet, soit la buse, soit un mixte des deux. En plus des mouvements buse/objet, il est nécessaire de lui indiquer la consommation de plastique ainsi que sa température de fusion. Ce sont les principaux paramètres indispensables à fournir à votre machine pour qu'elle puisse travailler, le minimum syndical quoi !

- *positionnement objet/buse*
- *température du corps de chauffe*
- *avance du filament (débit)*

Quelle matière ?

Avant de transférer votre objet dessiné en 3D au trancheur, vous devez définir la matière afin que le trancheur puisse "traduire" (dans le fichier gcode) ce paramètre important, voire primordial afin d'avoir le résultat final correspondant à vos souhaits. En fait, j'imagine que vous avez choisi la matière au moment de l'idée et le design 3D de votre objet incorpore déjà le paramètre matière.

Quelle matière sont possibles sur nos machines ? Écoutez le Monsieur qui cause et vous saurez tout ☐ !

Qu'ajouter à cette brillante présentation ? Le prix peut-être : 1kg PLA c'est de 25 à 30 CHF. Ce prix peut monter jusqu'à 300 CHF pour certain produit particulier.

Conclusion

Ces imprimantes 3D réalisent d'énormes progrès en choix de matière, précision et rapidité. Leur démocratisation est au début, il y a encore beaucoup de simplification à réaliser pour que vraiment nous puissions tous fabriquer nos objets propres. La réalisation de pièce métallique réalisées chez soi n'est pas encore en vue car il y a beaucoup de problème de prix et de sécurité. Malgré tout, cette nouvelle façon de fabriquer des objets est assez révolutionnaire, sympathique et maintenant mature pour l'industrie.

Un autre axe de développement est la vitesse de fabrication et dans ce domaine l'évolution viendra probablement des [imprimantes par hologramme](#) (laser ou ultrasonique).

Je pense néanmoins que ce n'est qu'une étape intermédiaire, spectaculaire certes, mais transitoire vers la fabrication nanométrique (comme la nature qui nous entoure). Ceci sera la vraie révolution, mais c'est une "autre histoire".