

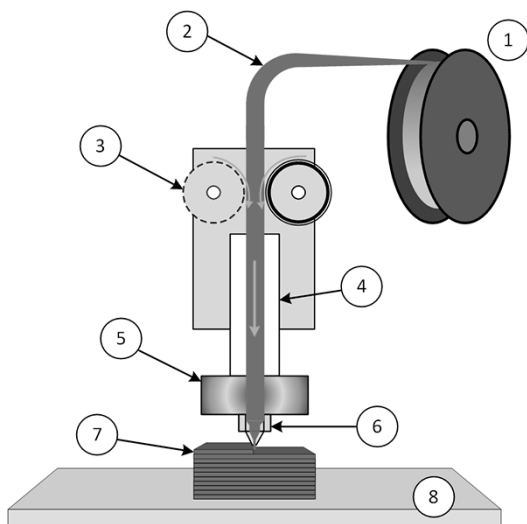
Chapitre 3

Premiers pas avec mon imprimante 3D

1. Composition d'une imprimante 3D FFF

On distingue différents types d'imprimantes FFF (*Fused Filament Fabrication*) sur le marché de l'impression 3D. Toutes fonctionnent sur le même principe : le dépôt couche par couche de filament plastique fondu. Les couches additionnées forment l'objet à imprimer. Voyons, étape par étape, comment le processus d'impression 3D peut être décomposé.

42 L'impression 3D FDM - Le guide complet pour vos impressions 3D



Le procédé d'impression 3D par dépôt de filament plastique fondu étape par étape

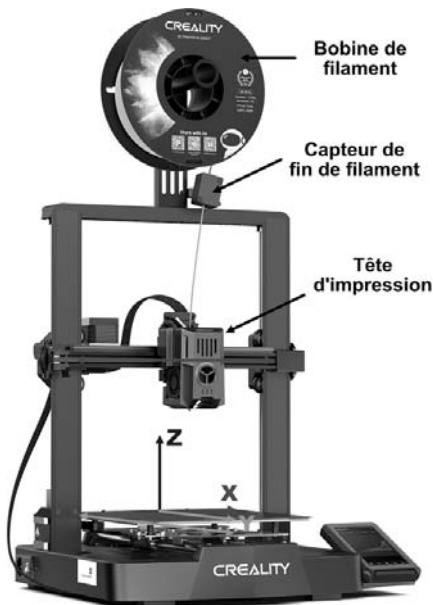
- **Étape 1** : une bobine de filament plastique d'un diamètre constant est placée en amont de l'imprimante 3D. Elle va se dérouler pendant l'impression.
- **Étape 2** : le filament se dirige vers le système d'extrusion.
- **Étape 3** : le système d'extrusion possède un moteur pas-à-pas et une roue crantée pour faire avancer ou reculer le filament. Grâce à ce système, l'imprimante peut gérer avec précision la quantité de matière à utiliser.
- **Étape 4** : le filament est guidé au travers d'un guide-filament. Ce dernier est souvent refroidi par air ou par eau avant le passage du filament à l'étape suivante, le bloc de chauffe.
- **Étape 5** : le bloc chauffant permet de faire fondre le filament plastique.
- **Étape 6** : le filament fondu est poussé par le système d'extrusion au travers de la buse dotée d'une sortie à faible diamètre (souvent entre 0,2 et 0,6 mm).
- **Étape 7** : le plastique extrudé est déposé en fines couches définies par la hauteur de couche donnée dans le logiciel de découpe pour l'impression 3D (*slicer 3D*).

La première couche de filament fondu est déposée sur un « plateau » ou un « lit » (8), qui est souvent chauffé pour améliorer l'adhésion de la pièce imprimée. En parallèle de ces étapes d'extrusion du filament, la tête d'impression et/ou le lit se déplacent selon les axes X, Y et Z pour déposer la matière à l'endroit prévu.

1.1 Les axes d'une imprimante 3D

1.1.1 Imprimantes cartésiennes

Les axes sont toujours définis selon les vecteurs X, Y et Z. Sur la plupart des imprimantes 3D, on retrouve le plateau en mouvement sur l'axe Y. L'axe X, quant à lui, est régi par le déplacement de la tête d'impression sur le chariot d'impression. Ce même chariot est monté ou descendu sur l'axe Z.



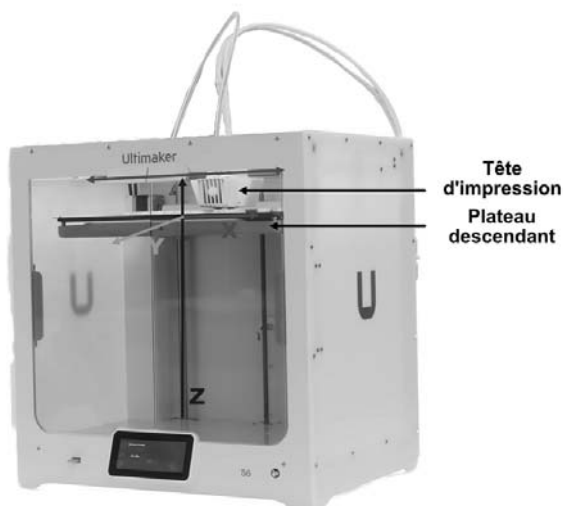
Les axes d'impression sur Creality Ender 3 V3 KE (source <https://www.creality.com>)

Ci-dessus, la représentation d'une imprimante XYZ standard avec :

- axe Z : montée/descente du chariot d'impression d'axe X,
- axe X : mouvement de la tête d'impression sur le chariot d'impression,
- axe Y : déplacement du plateau.

Sur d'autres imprimantes, les axes XYZ sont toujours respectés, mais le chariot d'impression reste fixe sur l'axe Z. C'est le plateau qui va aller en position haute sur le début de l'impression et qui va descendre à chaque couche. Ainsi, le chariot d'impression effectue les mouvements en X et Y sur le portique qui se situe au-dessus du volume d'impression.

44 L'impression 3D FDM - Le guide complet pour vos impressions 3D

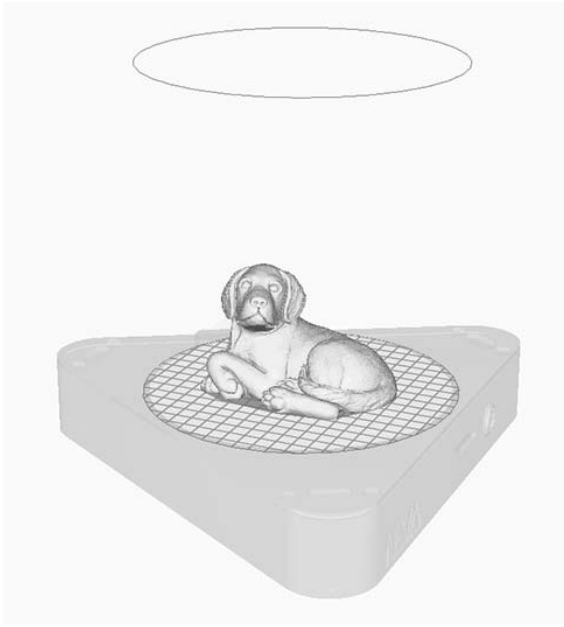


Les imprimantes 3D Ultimaker sont des imprimantes à plateau descendant (source <https://www.ultimaker.com>)

Cette disposition, à plateau descendant, a l'avantage de moins transmettre les vibrations de l'imprimante à la pièce, et donc d'augmenter la précision d'impression, à vitesse égale. Les imprimantes à plateau descendant sont généralement plus onéreuses que les imprimantes standards.

1.1.2 Imprimantes delta

Les imprimantes delta sont des imprimantes dont la tête d'impression est soutenue par trois tiges. Les trois tiges sont couplées en leur extrémité à un système de guidage qui va monter ou descendre chaque tige indépendamment. Bien que le G-Code généré soit identique entre des imprimantes 3D cartésienne et delta, le firmware interprète les positions selon un calcul dans un repère cylindrique et non un repère orthonormé comme sur les imprimantes cartésiennes.



Préparation d'un modèle 3D sur une imprimante delta Dagoma NEVA Magis dans Cura

Le volume d'impression est donc cylindrique sur une imprimante delta. La surface imprimable du plateau est représentée par un disque.

1.2 Le type de système d'extrusion

On recense trois types de systèmes d'extrusion :

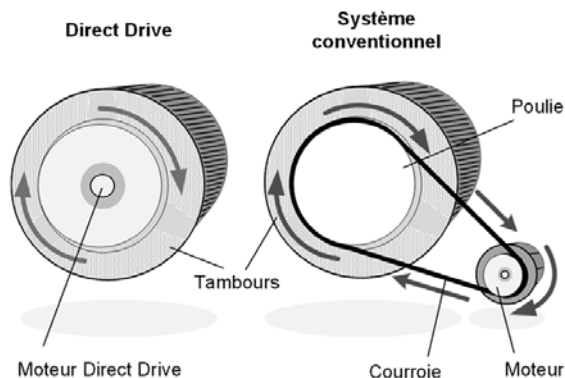
- Le système « *Direct Drive* » : le filament est poussé au plus proche de la buse à l'aide d'un moteur sur la tête d'impression.
- Le système « *Bowden* » : le filament est poussé depuis un moteur situé sur le châssis de l'imprimante.
- Le système « *Direct Drive déporté* » : le filament est poussé au plus proche de la buse à l'aide d'un moteur déporté.

Les deux premiers systèmes d'extrusion sont les plus utilisés. Ils possèdent chacun leurs avantages et leurs inconvénients.

Le dernier système, moins démocratisé, vise à profiter de tous les avantages des deux premiers systèmes tout en limitant au maximum les inconvénients.

1.2.1 Le système Direct Drive

On appelle « *système Direct Drive* » ou « *feeder Direct Drive* » un système d'extrusion dont la mécanique est à entraînement direct.



Schémas de principe d'un fonctionnement Direct Drive par rapport à un système conventionnel sur l'exemple du lave-linge

On retrouve cette technologie sur les tambours de lave-linge où le moteur est directement couplé au tambour. Ainsi, le lave-linge peut se passer d'une liaison mécanique à base de courroie et de poulie. C'est un avantage côté maintenance. Cependant, le lave-linge Direct Drive doit posséder un moteur plus puissant pour avoir assez de couple pour entraîner le tambour.



Les imprimantes Bambu Lab A1 et Bambu Lab A1 Mini sont des imprimantes à extrusion Direct Drive (source : bambulab.com)

En impression 3D, un système Direct Drive est un système d'extrusion où le moteur d'extrusion se situe directement sur la tête d'impression. Le filament est directement poussé au travers de la tête d'impression jusqu'à la buse.

1.2.2 Le système Bowden

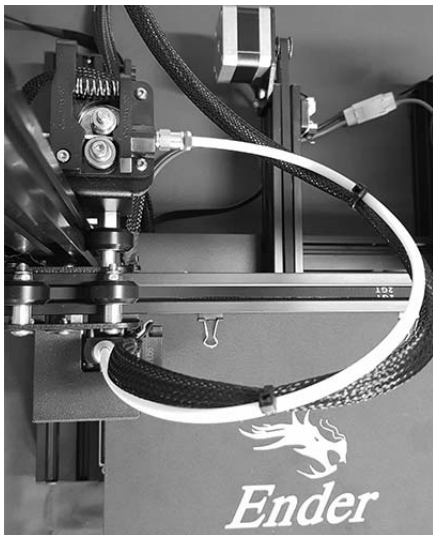
Un système Bowden est un système mécanique à entraînement déporté via un câble passant dans une gaine. Cette technologie a été inventée par Franck Bowden en 1902, lorsque ce dernier inventa le câble Bowden afin de contrôler à distance, depuis des manettes placées sur le guidon, les freins des vélos qu'il vendait. Aujourd'hui, tous les câbles de frein de nos vélos passent dans des gaines pour protéger et guider correctement les câbles de frein. Ce sont des câbles à guidage Bowden.



Câble de frein Bowden sur un vélo de course

48 L'impression 3D FDM - Le guide complet pour vos impressions 3D

En impression 3D, un système d'extrusion Bowden est un système où le moteur d'extrusion n'est pas directement attaché à la tête d'impression. Le moteur d'extrusion (*feeder* en anglais) se retrouve déporté de la tête d'impression.



Système d'extrusion Bowden monté par défaut sur une Creality Ender 3

Le filament est poussé jusqu'à la tête d'impression au travers d'une gaine, le plus souvent en téflon ou en PTFE.

1.2.3 Comparaison Bowden/Direct Drive

Que choisir entre un système Bowden ou un système Direct Drive ? En fait, il n'y a pas de bonne solution. Tout dépend du besoin de l'imprimeur. Un utilisateur cherchant à atteindre de hautes vitesses d'impression et une grande précision va plutôt privilégier un chariot d'impression léger et préférer l'impression en Bowden.

Au contraire, si l'utilisateur cherche à imprimer tout type de filament, notamment les filaments les plus flexibles, l'impression en Direct Drive est fortement recommandée.

Bowden		Direct Drive	
Avantages	- Chariot d'impression léger	- Chariot d'impression lourd	Inconvénients
	- Vitesse d'impression élevée	- Vitesse d'impression plus lente	
	- Accélérations plus élevées	- Accélérations faibles, inertie du poids du chariot	
	- Tête d'impression moins encombrante, gain de longueur d'impression sur le(s) axe(s) du chariot d'impression	- Tête d'impression souvent encombrante, perte de longueur d'impression sur le(s) axe(s) du chariot d'impression	
Inconvénients	- Risque de bouchage plus élevé	- Risque de bouchage faible	Avantages
	- Stringing, "fil d'ange" élevé en cas de mauvaise valeur de rétraction	- Valeur de rétraction faible, précision plus élevée sur la rétraction et la reprise d'extrusion	
	- Compatible filaments rigides et certains semi-flexibles uniquement (selon longueur du tube Bowden)	- Compatibilité avec tout type de filaments	
	- Impossible de terminer entièrement une bobine de filament, il restera la longueur du tube de guidage	- Possibilité de finir quasi-entièrement une bobine. Il ne reste que la longueur après l'entrée de la tête d'impression.	

Ce qu'il faut retenir ici, c'est que les avantages de l'un correspondent aux inconvénients de l'autre. Il est bon, dans un atelier 3D, de posséder les deux types d'imprimantes afin de répondre à tous les besoins possibles.

1.2.4 Le système Direct Drive déporté

Le système d'extrusion Direct Drive déporté réunit le meilleur des deux mondes : la possibilité mécanique d'entraînement direct du filament avec le déport du moteur d'extrusion pour alléger la tête d'impression.

On se retrouve ainsi avec un système d'entraînement du filament sur la tête d'impression et un système de transmission de la roue d'extrusion déporté.