

# **IMPRESSION 3D**

## **VOS PIÈCES NETTES ET PRÉCISES**



# **LE GUIDE ULTIME DU PARAMÉTRAGE**

Renaud Ittis - [TamTam3D.fr](https://tamtam3d.fr)

# Chapitre 1

**vidéo associée :** <https://youtu.be/k4sNSu0eijE>

**article associé :** <https://tamtam3d.fr/fabrication-numerique/parametres-impression3d-1/>

## Règle n°1 :

Il ne faut pas éteindre ou débrancher votre imprimante tout de suite à la fin d'une impression, il faut attendre que le ventilateur de la tête chauffante s'arrête.

## Règle n°2 :

L'épaisseur de couche maximale sera de 80% du diamètre de buse.

## Règle n°3 :

L'épaisseur minimale de la première couche sera de 0.2mm (mais attention à la règle n°2).

## Règle n°4 :

Tant qu'on est pas expert en impression 3D, la largeur de cordon doit être au minimum le diamètre de la buse.

## Règle n°5 :

Tant qu'on est pas expert en impression 3D, la largeur de cordon doit être idéalement le double de la hauteur de couche (mais attention à la règle n°4).

## Caractérisation des hauteurs de couches et valeurs numériques :

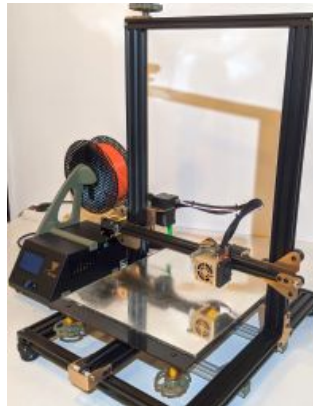
Une hauteur de **0.33mm** correspond à une **impression rapide**, on privilégie la vitesse. Les stries seront très visibles.  
Une hauteur de **entre 0.2 et 0.25mm** correspond à une recherche de **compromis entre vitesse et aspect**. Temps d'impression raisonnable et aspect très correct.  
Une hauteur de **0.1mm** correspond à une **impression fine**. Durée importante mais stries très atténuées.

## Priorité des règles :

Quand deux règles sont en contradiction une fois qu'on a fait les calculs, celle qui a le plus petit numéro est prioritaire.  
La règle n°2 est prioritaire sur la règle n°3.  
La règle n°4 est prioritaire sur la règle n°5.

## Tableau d'exemples numériques :

<b>Diamètre de buse</b>	0.6mm	0.4mm	0.4mm	0.4mm	0.2mm
<b>Hauteur de couche maxi - règle n°2</b>	0.48mm (0.8 x Ø buse)	0.33mm (0.8 x Ø buse)			0.16mm (0.8 x Ø buse)
<b>Première couche maxi - règle n°2</b>					
<b>Première couche mini - règle n°3</b>	0.2mm	0.2mm			0.16mm (la règle n°2 est prioritaire sur la n°3)
<b>Hauteur de couche choisie H</b>	0.4mm	0.33mm	0.25mm	0.1mm	0.1mm
<b>Largeur de cordon mini - règle n°4</b>	0.6mm (Ø buse)	0.4mm (Ø buse)			0.2mm (Ø buse)
<b>Largeur de cordon "idéale" - règle n°5</b>	0.8mm (2 x H)	0.66mm (2 x H)	0.5mm (2 x H)	0.4mm (Ø buse) (la règle n°4 est prioritaire sur la n°5)	0.2mm (2 x H)



# Les explications du Chapitre 1

## Petite mise en garde préalable :

Les valeurs, formules et techniques présentées forment mon approche pour bien débuter le calibrage d'une impression 3D.

Mais il n'y a pas de vérité universelle en impression 3D, car le nombre de paramètres pouvant varier est très important.

Vous pourrez donc trouver d'autres approches ou valeurs maxi et mini sur le net, notamment en terme de vitesse, d'épaisseur de couche ou de largeur de cordon.

Mon conseil est de d'abord maîtriser votre process de base avec les valeurs de référence que je vous donne, avant d'explorer les valeurs extrêmes si vous en ressentez le besoin.

Dans ce guide je pars du principe que vous utilisez une imprimante correctement montée, fonctionnelle, avec un plateau plan et réglé de niveau.

Je pars aussi du principe que vous commencez avec un filament de qualité (= pas du low cost) en PLA coloré classique. Pas de paillettes, pas de fini mat, pas d'effet bois, pas d'ABS, pas de PETG. Car toutes ces "options" sont autant de variables supplémentaires par rapport à une impression de base.

Mon conseil est de maîtriser d'abord le PLA de base, qui est la matière la plus facile à imprimer. Une fois le PLA maîtrisé, vous pourrez aller vers d'autres filaments en suivant à nouveau le présent guide.

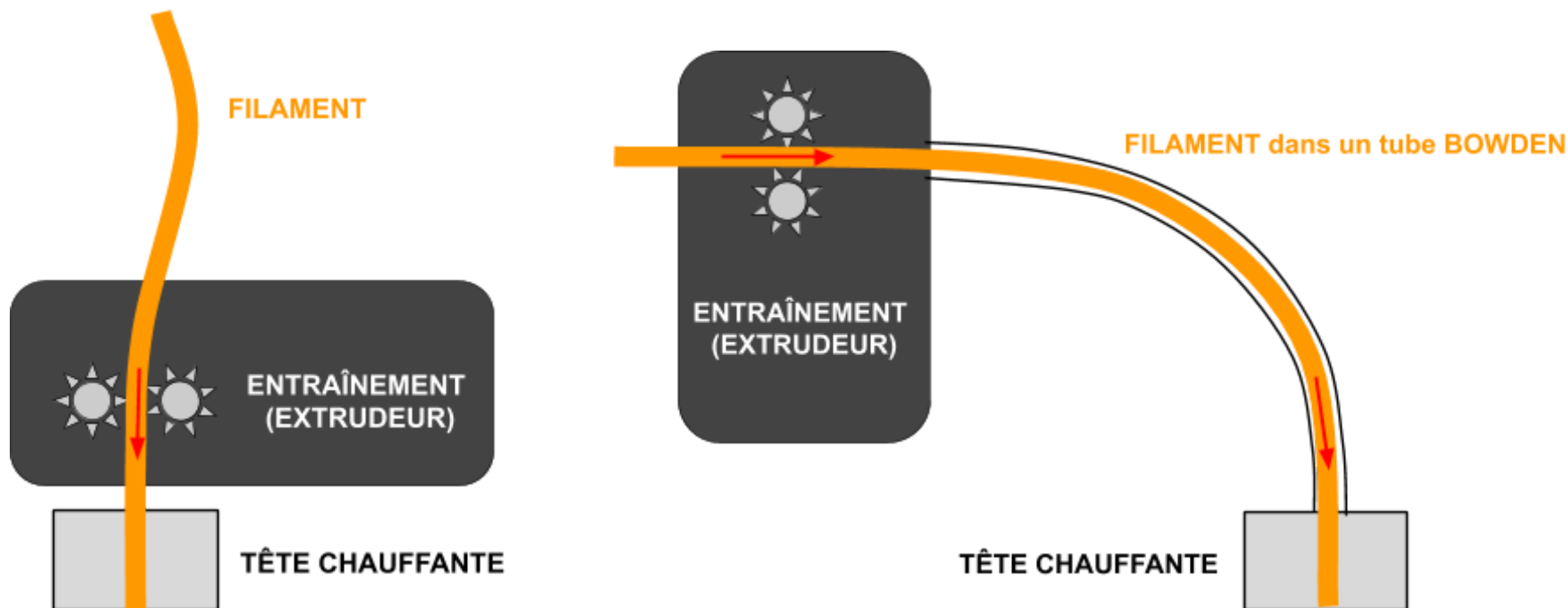
En suivant mes conseils, avec une machine bien montée et un filament de bonne qualité, vous devriez obtenir des impressions très satisfaisantes.

## Explication Règle 1 - Comprendre l'extrudeur et en prendre soin

Dans nos imprimantes, un filament cylindrique dur est poussé par un système d'entraînement dans une tête chauffante métallique.

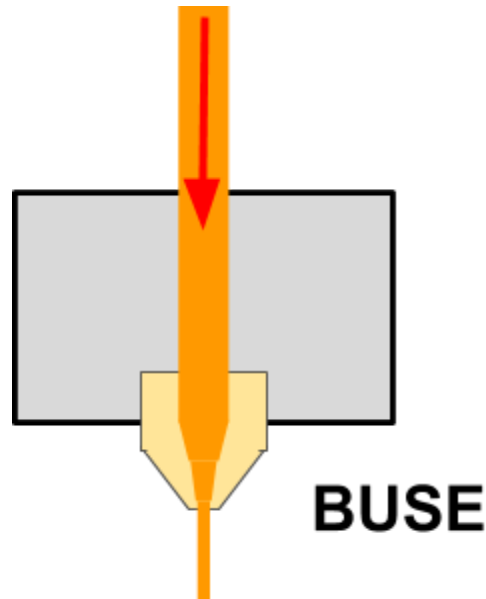
Quand l'entraînement est collé à la tête chauffante, on parle d'extrusion directe (Direct Drive en anglais) :

Quand l'entraînement est déporté et que le filament est guidé dans un tube souple fixé entre l'entraînement et la tête chauffante, on parle de système Bowden :



Cette distinction entre Direct Drive et Bowden a son importance dans les paramètres finaux de calibrage du filament, il me fallait donc prendre le temps de cette explication pour que nous nous comprenions bien.

Le filament rigide est donc poussé dans une tête chauffante qui le rend pâteux. Cela permet de pousser la matière visqueuse au travers d'une buse métallique munie d'un orifice de sortie beaucoup plus petit que le diamètre du filament :



Les valeurs les plus couramment utilisées à l'heure où j'écris sont 1.75mm de diamètre pour le filament, 0.4mm de diamètre pour la buse, et 200°Celsius pour la température de la tête chauffante.

Cette température - élevée - de la tête chauffante impose de refroidir le haut de la tête pour éviter une remontée de chaleur. En effet, si la chaleur remonte, le filament fond trop tôt, trop haut, l'extrusion va mal se passer et le plastique risque de colmater la tête.

Sur les imprimantes grand public, ce refroidissement est assuré par un ventilateur qui est asservi à la température de la tête (mesurée en permanence par une sonde). (Photo du ventilateur de la Tornado).

Quand la tête chauffe, le ventilateur se met en route, quand elle a refroidi après la fin d'une impression, il s'arrête.

Il y a même souvent deux ventilateurs, un pour refroidir le corps de chauffe (celui dont je vous parle) et un pour refroidir la pièce et le cordon extrudé par la buse sur la pièce. Je reviendrai sur ce deuxième ventilateur plus tard.



Ces explications nous amènent à la règle numéro 1 : **il ne faut pas éteindre ou débrancher votre imprimante tout de suite à la fin d'une impression, car la tête est encore - très - chaude.**

Si vous coupez le courant, vous coupez le ventilateur (qui tourne toujours normalement, tant que la température n'est pas descendue suffisamment), et sans le ventilateur ce sont les composants de votre imprimante qui vont évacuer les calories encore stockées dans la tête chauffante, à la place de l'air pulsé par le ventilateur.

Les pièces à proximité vont alors se dégrader et faire baisser la qualité des vos impressions.

Dans le cas d'un Direct Drive, vous aurez notamment le moteur pas-à-pas de votre extrudeur qui va encaisser de la chaleur. Les bobinages risquent de ne pas apprécier le traitement très longtemps.

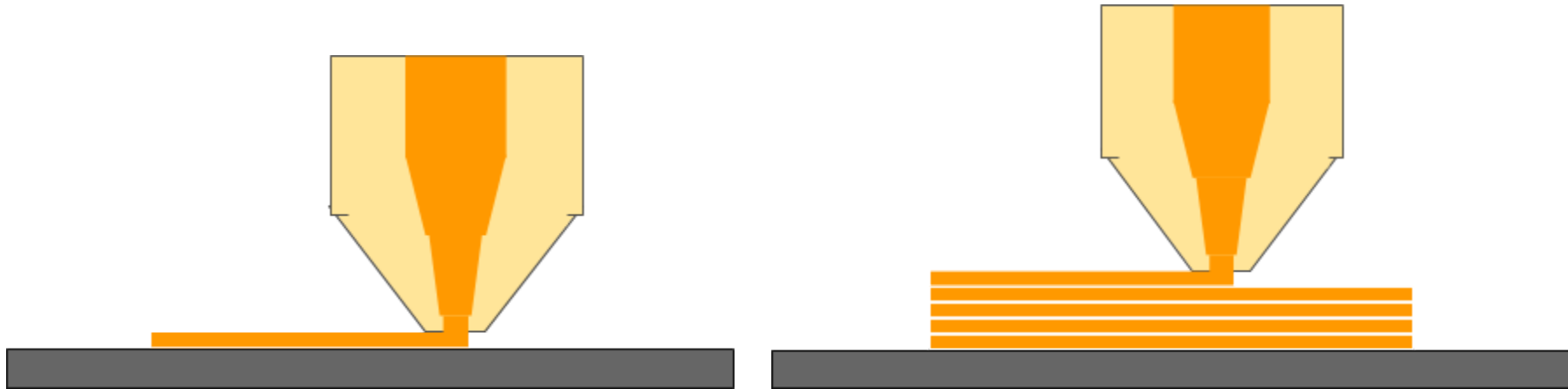
Dans le cas d'un tube Bowden, c'est la liaison étanche avec la tête et le tube lui-même qui vont morfler.

Et je vous laisse imaginer le résultat à long terme sur les têtes d'impression qui comprennent des pièces en plastique - dont le ventilateur - voire qui sont entièrement en plastique.

## Explication règles 2 & 3 - Choisir la bonne épaisseur de couche

Le cordon qui sort de la buse doit être appliqué sur une surface.

Pour la première couche il s'agira de la surface du plateau (le bed). Pour les couches suivantes, il s'agira du dessus de la couche précédente.



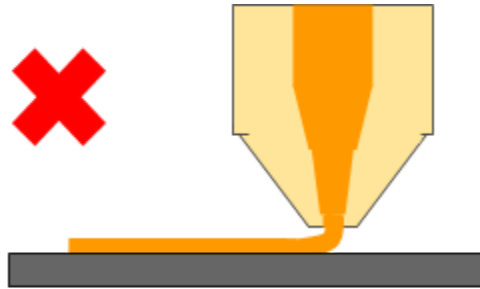
Assez intuitivement, on comprend que pour avoir une bonne adhérence avec le plateau ou entre les couches, il faut que le nouveau cordon soit suffisamment écrasé.

Écrasé sur le plateau d'abord, car cela garantit l'adhérence de la première couche qui est vraiment la fondation sur laquelle la pièce sera bâtie. Et comme pour un immeuble, des fondations bien réalisées garantissent un ensemble solide et droit.

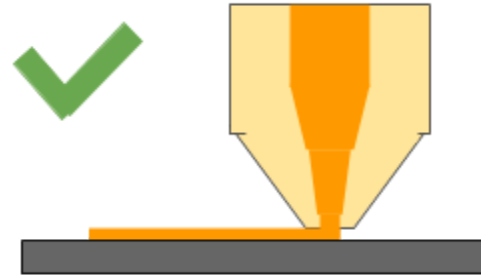
Écrasé sur la couche précédente ensuite, car cela permet à la matière chaude de transmettre localement sa chaleur à la matière solide pour la faire fondre localement et provoquer ainsi la soudure du nouveau cordon sur la couche inférieure.



Il ne faut donc pas laisser trop d'espace entre la buse et la surface d'appui du cordon extrudé :

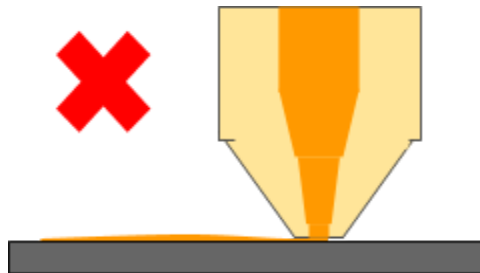


**ÉPAISSEUR DE COUCHE TROP IMPORTANTE, LE CORDON N'EST PAS ASSEZ ÉCRASÉ !**



**ÉPAISSEUR DE COUCHE PARFAITE, EXTRUSION FACILE ET BONNE ADHÉRENCE !**

Toujours aussi intuitivement, on comprend que lorsque la première couche est déposée sur le plateau rigide, il faut quand même laisser un peu d'espace sous la buse pour laisser la matière s'écouler. Si la couche est trop fine, l'extrusion risque d'être interrompue au moindre défaut de planéité du plateau et les fondations de votre pièce ne seront pas correctes puisqu'il risque d'y avoir des manques de matières.



**ÉPAISSEUR DE COUCHE TROP FAIBLE, LE CORDON NE PEUT PAS BIEN SORTIR**



**ÉPAISSEUR DE COUCHE PARFAITE, EXTRUSION FACILE ET BONNE ADHÉRENCE !**

C'est moins un souci pour les couches suivantes car la buse est chaude et va faire refondre les excès de matière sur son passage, donc on peut avoir des couches très très fines quand on n'est plus au contact du plateau, mais pas pour la première couche.

Ce qui nous amène aux règles numéro 2 et 3 pour des impressions de qualité :

**L'épaisseur de couche maxi sera limitée à 80% du diamètre de buse.**

En terme de valeur, avec une buse de 0.4mm, on peut avoir une couche maxi de  $0.4 * 80/100 = 0.32\text{mm}$  d'épaisseur (mettons 0.33mm pour avoir 3 couches pour 1 mm de hauteur).

**L'épaisseur mini de la première couche sera de 0.2mm, pas moins.**

D'une manière générale, les épaisseurs de couche classiques sont comprises entre 0.2 à 0.33mm. Dans ces cas de figure, pas de problème, on fait la première couche de la même épaisseur que les suivantes.

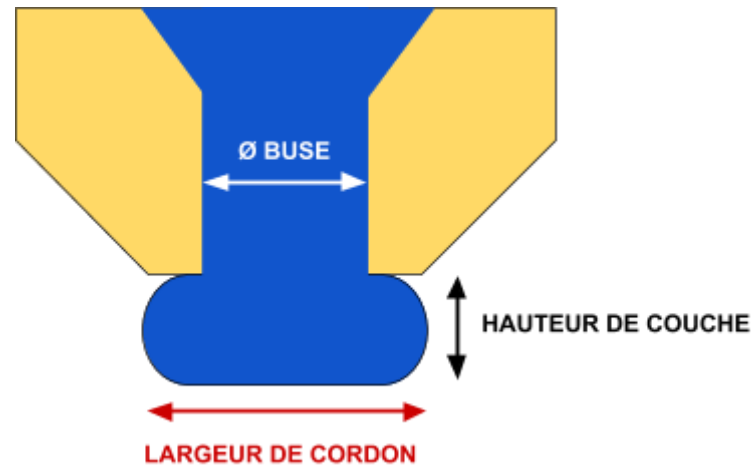
Mais dans le cas de couches plus fines - 0.1mm, voire moins - qui sont surtout utilisées par les spécialistes des figurines, il faudra changer l'épaisseur de la première couche pour l'augmenter à 0.2mm.

Plus les couches sont fines plus le résultat final est propre, mais plus l'impression dure longtemps. C'est une question de compromis entre le temps dont on dispose et la qualité que l'on souhaite obtenir.

## Explication règles 4 et 5 - Choisir la bonne largeur de cordon

On vient de voir que l'épaisseur du cordon est un paramètre important pour la solidité de la pièce dans le plan vertical (fusion des différentes couches entre elles).

Mais on est en impression 3D, et il faut aussi garantir cette solidité dans le sens horizontal, et ça, ça dépend de la précision et de la régularité de la largeur du cordon.



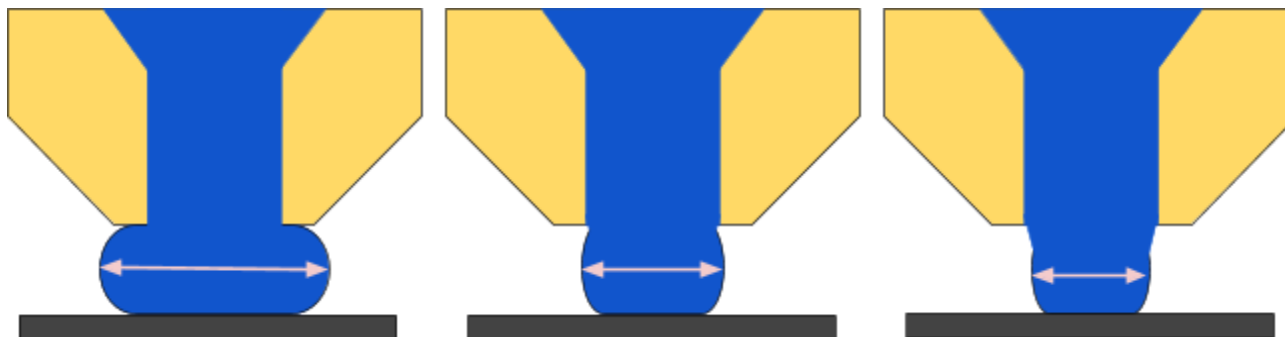
Quand on débute l'impression 3D on peut se dire intuitivement, en première approche, que largeur de buse = largeur de cordon.

En tout cas moi c'est ce que je croyais. Buse de 0.4mm = cordon de 0.4mm de large.

Sauf que ce n'est ni représentatif de la réalité, ni représentatif des possibilités.

Pour s'en convaincre et mieux comprendre, voici la vidéo d'un pâtissier montrant comment avec la même poche à douille, il obtient des cordons de largeur différentes : [https://youtu.be/N\\_aP08\\_d69Q?t=102](https://youtu.be/N_aP08_d69Q?t=102)

En impression 3D, c'est pareil : en faisant varier la quantité de matière extrudée pendant le mouvement, la même buse on peut donner plusieurs largeurs de cordon :



On peut même avoir une largeur de cordon inférieure au diamètre de la buse. Mais c'est un peu délicat ça. Il vaudra mieux être déjà bien à l'aise en impression 3D pour s'y essayer. D'où la règle n°4 :

**Tant qu'on est pas expert en impression 3D,  
la largeur de cordon doit être au minimum le diamètre de la buse.**

Pour obtenir des impressions de qualité quand on débute, il vaut mieux avoir une largeur de cordon légèrement plus large que le diamètre de la buse :



En terme de valeur, je vous conseille la règle numéro 5 :

**Tant qu'on est pas expert en impression 3D, la largeur de cordon doit être et idéalement le double de la hauteur de couche (mais attention à la règle n°4).**

En terme de valeurs, avec une buse de 0.4mm de diamètre :

si vous choisissez une hauteur de couche de 0.25mm, vous pouvez définir une largeur de cordon de  $2 \times 0.25 = 0.5\text{mm}$ .

si vous choisissez une hauteur de couche de 0.1mm, le double fait seulement 0.2mm, c'est insuffisant vis-à-vis de la règle n°4, il faudra prendre le diamètre de la buse, soit 0.4mm.

Dans le prochain chapitre, nous verrons comment les logiciels gèrent les cordons extrudés les uns à côté des autres car c'est très important pour savoir comment dessiner en 3D des pièces solides et aux bonnes épaisseurs.

Et d'ailleurs si vous ne savez pas encore comment dessiner en 3D vos propres pièces, prenez donc le temps - avant le prochain chapitre de ce guide - de suivre ma formation gratuite à la conception 3D de pièces fonctionnelles, sur [tamtam3d.fr/dessin3d](http://tamtam3d.fr/dessin3d)

## Chapitre 2

**vidéo associée :** <https://youtu.be/jLKTHr0vHYw>

**article associé :** <https://tamtam3d.fr/fabrication-numerique/parametres-impression3d-2/>

### **Règle n°6 :**

Les vitesses d'impression se choisissent avant de régler la température, en fonction de la qualité recherchée et du temps dont on dispose pour imprimer.

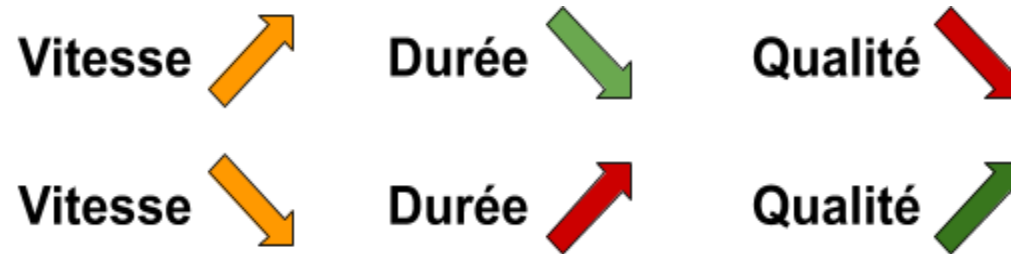
### **Règle n°7 :**

Pour un filament donné, d'une couleur donnée, la température d'extrusion se définit à partir des vitesses d'impression, de la provenance du filament et de la couleur du filament.

## 1 - Choix d'une vitesse d'impression

La vitesse de déplacement de la buse se choisit en fonction de la qualité d'impression souhaitée.











D'une manière générale, et pour rester simple, plus la vitesse augmente moins la qualité est bonne, et vice-versa.





Lorsqu'on regarde le paramétrage des vitesses d'un logiciel d'impression 3D, on peut être un peu perdu. Il n'y a pas UNE vitesse, il y a DES vitesses :

#### Vitesse pour les déplacements d'impression

■ Périmètres:	 • <input type="text" value="60"/>	mm/s
■ Périmètres courts:	 • <input type="text" value="15"/>	mm/s ou %
■ Périmètres externes:	 • <input type="text" value="50%"/>	mm/s ou %
■ Remplissage:	 • <input type="text" value="80"/>	mm/s
■ Remplissage solide:	 • <input type="text" value="20"/>	mm/s ou %
■ Remplissage solide supérieur:	 • <input type="text" value="15"/>	mm/s ou %
■ Support:	 • <input type="text" value="60"/>	mm/s
■ Interface des supports:	 • <input type="text" value="100%"/>	mm/s ou %
■ Ponts:	 • <input type="text" value="60"/>	mm/s
■ Remplissage des trous:	 • <input type="text" value="20"/>	mm/s

#### Vitesse pour les déplacements sans impression

■ Déplacement:	 • <input type="text" value="130"/>	mm/s
----------------	--	------

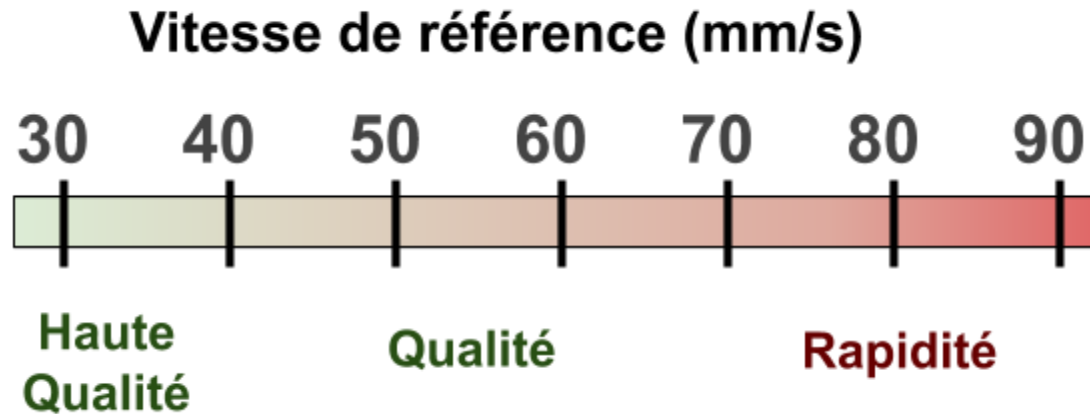
#### Modificateurs

■ Vitesse de la première couche:	 • <input type="text" value="30"/>	mm/s ou %
----------------------------------	---	-----------

- Dans cette liste de vitesses, **la vitesse de référence est celle des périmètres internes**.

Si vous lisez sur internet “j'imprime à 60mm/s”, c'est d'elle qu'on parle. C'est la vitesse de la buse lorsqu'elle extrude les cordons qui forment la partie non-visible de la coquille de la pièce imprimée, à l'exception des parties horizontales.

En terme de valeurs, sur les imprimantes actuelles, une vitesse de référence de 50mm/s ou 60mm/s est plutôt qualitative, alors qu'à 80 ou 90mm/s on est cherché à gagner du temps, au détriment de la qualité. Pour faire de la haute qualité, on pourra baisser encore en vitesse, à 40, voire 30mm/s.



Les vitesses qui découlent de cette vitesse de référence peuvent être exprimés soit en pourcentage de celle-ci, soit en valeur absolue.

L'utilisation des pourcentages évite d'avoir à recalculer les valeurs quand on modifie la vitesse de référence. Ici par exemple les périmètres externes seront parcourus à 50% de 60mm/s soit  $60 \times 50 / 100 = 30$  mm/s.

- **Les périmètres courts** sont les périmètres des détails : les petits trous, les petits îlots.

Ces trajets nécessitent une vitesse lente sinon le filament n'a pas le temps de s'extruder au bon endroit avant que la tête ne change de direction, et les dimensions ne sont pas respectées (trous et îlots plus petits que prévu).

On réduit donc significativement la vitesse pour ces périmètres : 15, voire 10mm/s pour respecter les dimensions. Notez que même avec une vitesse faible, il faut quand même souvent surdimensionner les petits trous à la conception pour obtenir le diamètre voulu.

- **Les périmètres externes** sont les cordons qui forment toutes les parties visibles de l'objet qui ne sont pas horizontales.

Pour ces périmètres, on est en recherche de qualité, donc on baisse la vitesse. On prend classiquement 50% de la vitesse des périmètres internes. Attention cependant, s'il y a de trop gros défauts sur les périmètres internes, ils ne pourront pas être rattrapés par le périmètre externe, même avec une vitesse basse.

- La vitesse de **Remplissage** est la vitesse de la buse lorsqu'elle extrude les cordons qui forment le maillage interne des objets imprimés en 3D.

Ces cordons sont invisibles de l'extérieur, donc leur qualité visuelle importe peu et on peut les extruder à grande vitesse. Attention toutefois, ce sont eux qui apportent de la solidité à l'objet. Si on va trop vite, on diminue la cohésion entre les couches et de ce fait on diminue la solidité de la pièce. 80 ou 90mm/s sont des vitesses classiques.

- Sautons quelques lignes pour passer à la **vitesse des Ponts**. Cette vitesse est utilisée à chaque fois qu'un cordon est extrudé "en l'air".

Les ponts apparaissent dans deux cas de figure :

- le plus évident est lors de la jonction entre deux "poteaux" d'une pièce
- le plus fréquent (mais auquel on ne pense pas forcément), lors de la fermeture d'un maillage interne par une surface horizontale pleine

Lors de la création d'un pont, le plastique se solidifie sous l'action du ventilateur de refroidissement, au fur et à mesure de son extrusion. Il ne faut pas aller trop doucement, car la buse chaude doit rapidement s'éloigner de la zone qui durcit. On utilise généralement la **même vitesse que pour les périmètres internes** (la vitesse de référence du début).

- Remontons un peu jusqu'à la ligne **Remplissage solide supérieur** : c'est la vitesse utilisée pour les couches horizontales au-dessus desquelles il n'y a plus rien, il y a l'air.

Ces couches sont visibles et donnent le fini du dessus de la pièce, elles sont donc généralement parcourues à faible vitesse pour bien lisser la surface. On peut prendre par exemple la vitesse des périmètres courts (15mm/s).

Si l'aspect du dessus de la pièce n'est pas un critère important, il est intéressant d'augmenter cette vitesse pour gagner du temps. On peut par exemple mettre la même vitesse que les périmètres externes (30mm/s).

- On peut enfin passer à la vitesse de **Remplissage solide**. Il s'agit des cordons qui forment les surfaces horizontales et qui ne sont ni des ponts, ni des surfaces solides supérieures.

Ce sont typiquement les couches pleines en contact avec le plateau, et les couches pleines situées entre les ponts et la surface supérieure. Les remplissages solides peuvent s'exprimer en pourcentage de la vitesse de remplissage initiale, celle du maillage interne

- Les **supports** sont les cordons qui servent à créer des structures légères pour supporter les porte-à-faux et les ponts.

On prend généralement la vitesse de référence pour les créer.

- La vitesse de **remplissage des trous** correspond aux cordons qui ont une section inférieure à la section demandée parce qu'il n'y a pas assez de place pour un cordon standard.

Cette forme de remplissage est assez similaire à du remplissage solide, donc on reprend généralement la vitesse du remplissage solide.

- La vitesse des **Déplacements** est la vitesse de la tête dans tous les déplacements où elle n'extrude pas.

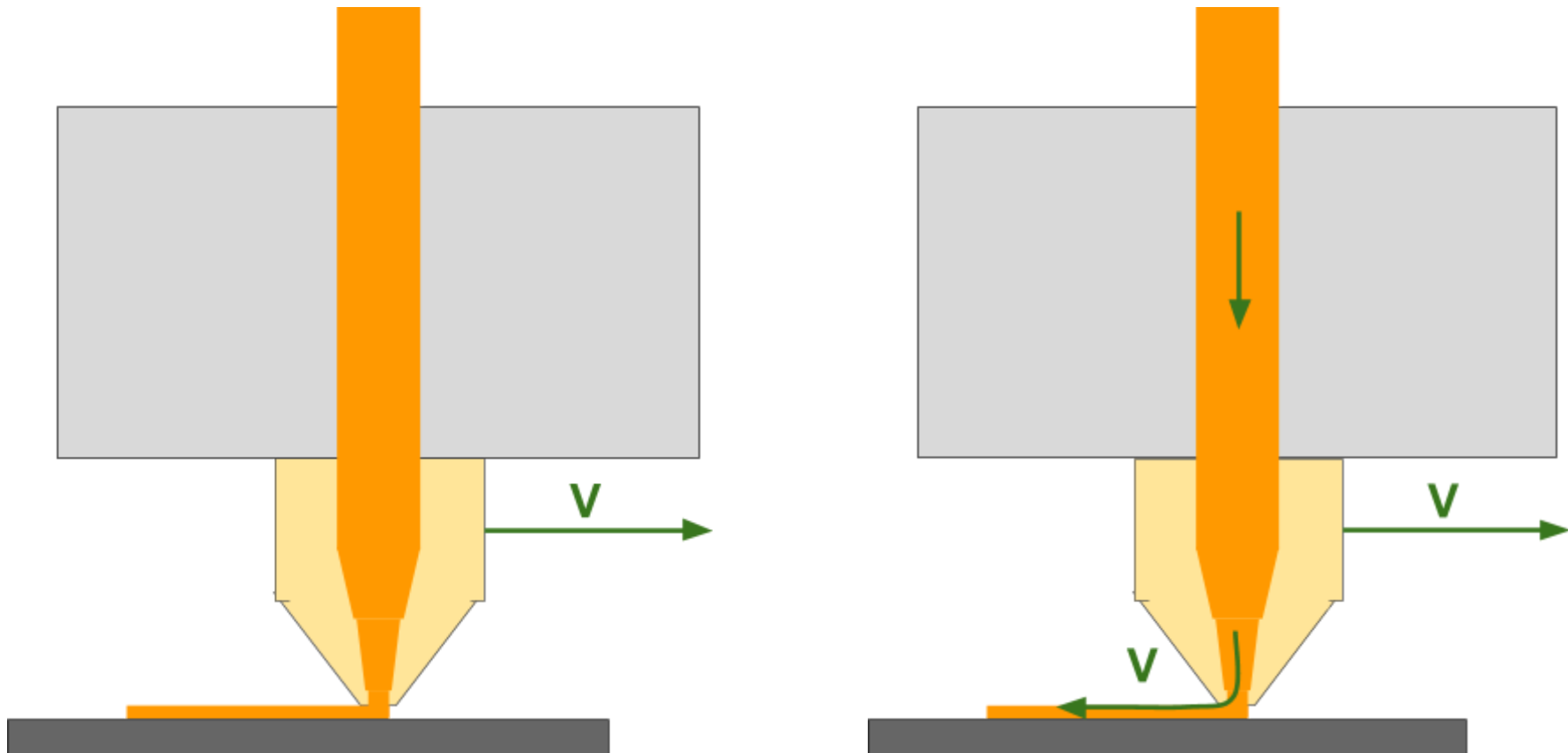
On peut aller très vite, il n'y a pas d'extrusion. Les limites sont celles de la mécanique de la machine.

- Toutes ces vitesses peuvent être modulées pour la première couche afin d'optimiser l'adhérence sur le plateau. Le paramètre **Vitesse de la première couche** supprime ainsi tous les autres sur la première couche s'il est exprimé en mm/s ou bien il module tous les autres s'il est exprimé en pourcentage.

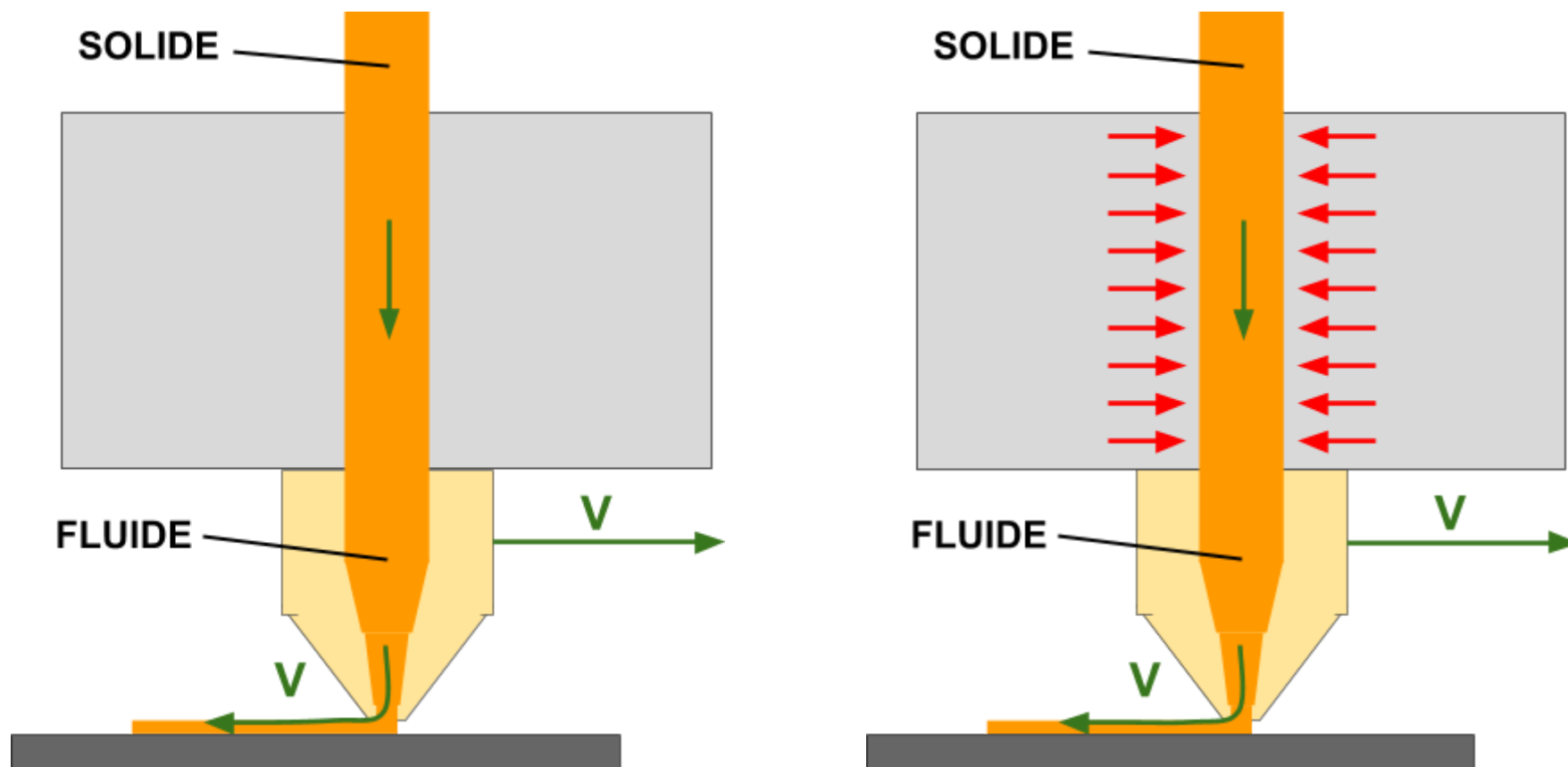
## 2 - Influence de la vitesse sur la température

Pour une vitesse de déplacement de la buse choisie, il existe une température d'extrusion idéale. Si on augmente la vitesse, il faut augmenter la température.

Explication : Plus la tête d'impression se déplace vite, plus le filament va devoir s'écouler rapidement de la buse.



Et plus le filament doit s'écouler rapidement, plus la transition entre l'état solide et l'état fluide du filament doit être rapide. C'est-à-dire que sur un même intervalle de temps, le corps de chauffe va devoir transmettre plus de calories au filament.



Et pour ça il faut augmenter la température.

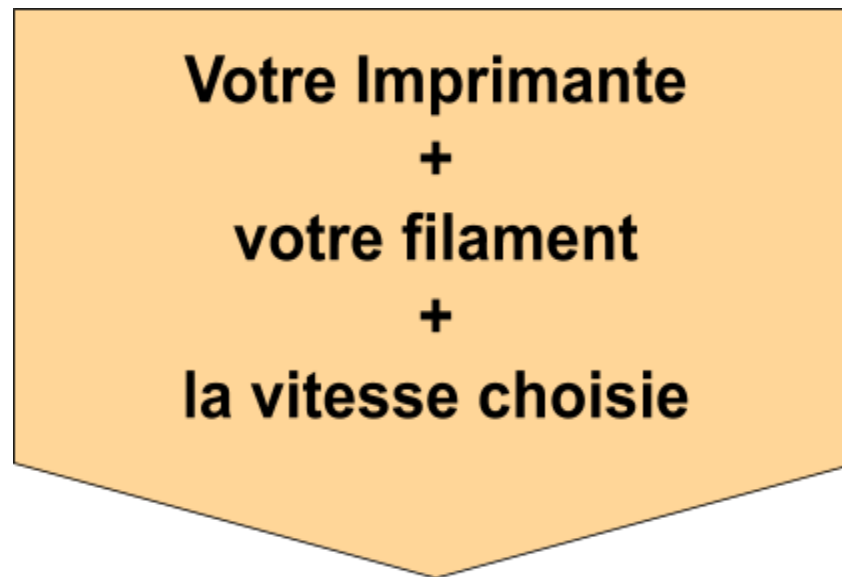
Plus de vitesse, plus de température, moins de vitesse, moins de température.

Mais par quelle valeur commencer?

### 3 - Choix d'une température d'extrusion

Et bien, vous allez utiliser en première approche la valeur fournie par le vendeur du filament que vous avez acheté.

Mais vous devrez ensuite faire des essais et ajuster la température en fonction de vos observations et de votre matériel. Il y a parfois des différences de 15 ou 20°C par rapport à ce qui est conseillé.



**Température idéale  
(pour vous)**



Voici les lignes directrices qui régissent le réglage de la température :

**Plus la vitesse est élevée, plus il faudra chauffer fort.**

**Plus un filament est foncé, plus il faudra chauffer fort.** C'est lié à la quantité de pigments ajouté dans les filaments foncés. C'est flagrant entre le noir et le blanc d'une même marque. Un PLA blanc ou translucide pourra par exemple être imprimé à 190°C. Sur les exemples que je vous montre, on voit d'ailleurs que la valeur moyenne pour le filament jaune est de 205°Celsius alors que le filament marron a une valeur moyenne de 215°Celsius.

**Il peut y avoir des grandes différences entre des filaments de fournisseurs différents**, même si les filaments sont en apparence semblables. Il ne faut pas hésiter à baisser ou augmenter la température si c'est nécessaire.

**On en a généralement pour son argent.** Les filaments low-cost donnent souvent de moins bons résultats que les filaments plus chers.

**Plus on monte en température**, plus la fusion entre les cordons est facile et se passe bien, **mais plus on a de bavures et des fils** (le stringing en anglais).

Dans un premier temps, quelques essais sur de petites pièces doivent vous permettre de déterminer à 5 ou 10° Celsius près la température qui va bien.

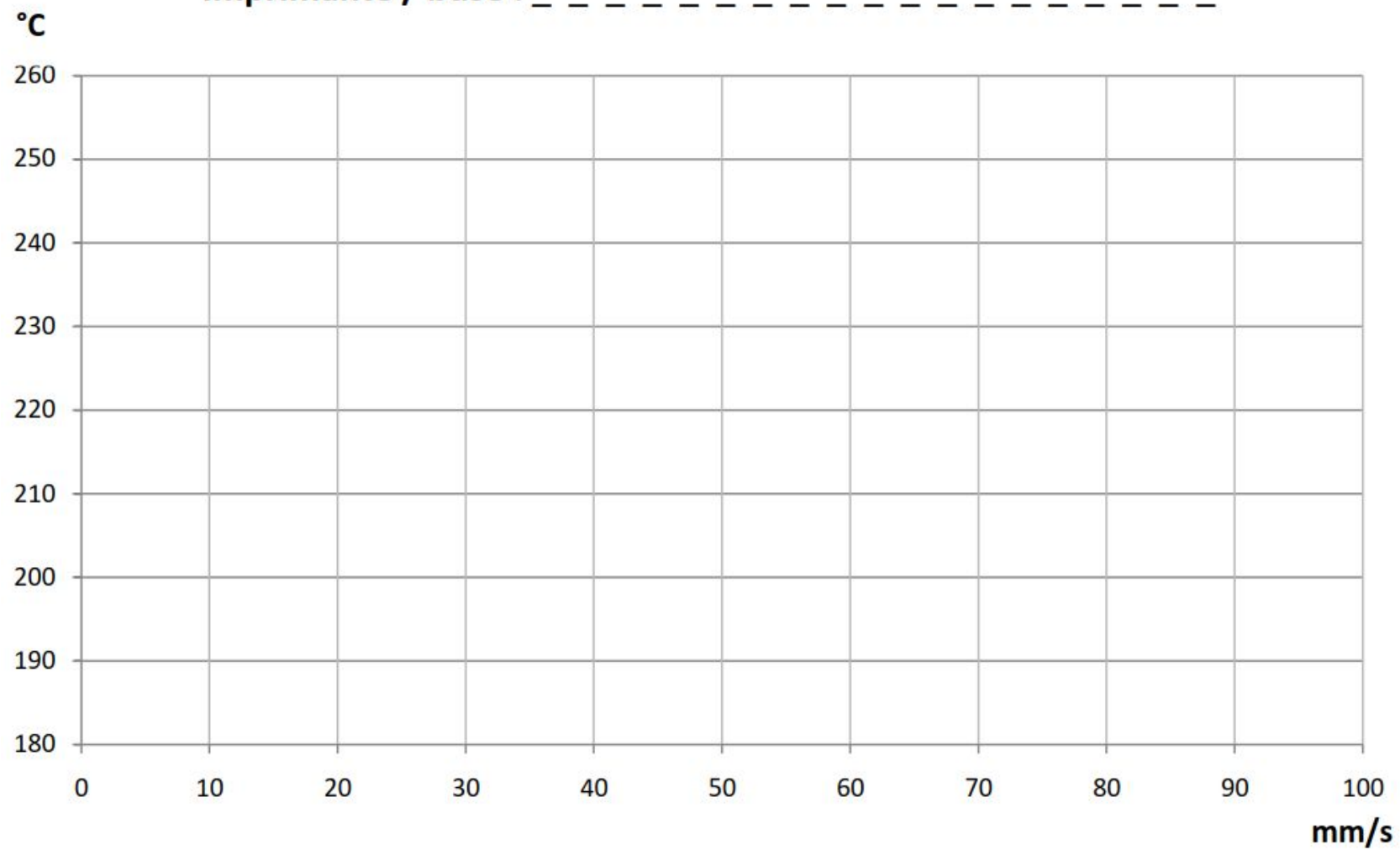
## 4 - Conserver les données

Selon moi, il est important de noter les paramètres de vitesse et de température d'un filament en-dehors de tout logiciel, sur un support physique comme un carnet ou des feuilles dans une pochette, rangée à proximité de l'imprimante.

C'est ainsi beaucoup plus simple de retrouver les informations et ça vous donne une vue d'ensemble essentielle à la maîtrise de votre process.

Pour synthétiser ça au mieux, je vous propose un outil graphique qui permet de saisir rapidement ces informations :

**Imprimante / buse :** \_ \_ \_ \_ \_



**Filament / Informations :** \_ \_ \_ \_ \_

\_ \_ \_ \_ \_

Pour un filament donné, si vous faites les essais pour un point bas et un point haut, vous pouvez trouver les valeurs intermédiaires sur le segment qui relie ces points, sans trop de risque d'erreur.

Le prochain chapitre vous donnera les clés d'une extrusion parfaitement calibrée.

## Chapitre 3

vidéo associée : <https://youtu.be/R8cjSS6bfZg>

article associé : <https://tamtam3d.fr/fabrication-numerique/parametres-impression3d-3/>

### Règle n°8 :

Il faut systématiquement contrôler le **diamètre du filament** et renseigner la valeur exacte dans le logiciel.

### Règle n°9 :

Il faut régler la **pression de la roue d'entraînement du filament** pour qu'il soit entraîné fermement, mais sans être déformé

### Règle n°10 :

Il faut contrôler et régler la **résolution du système d'entraînement du filament**

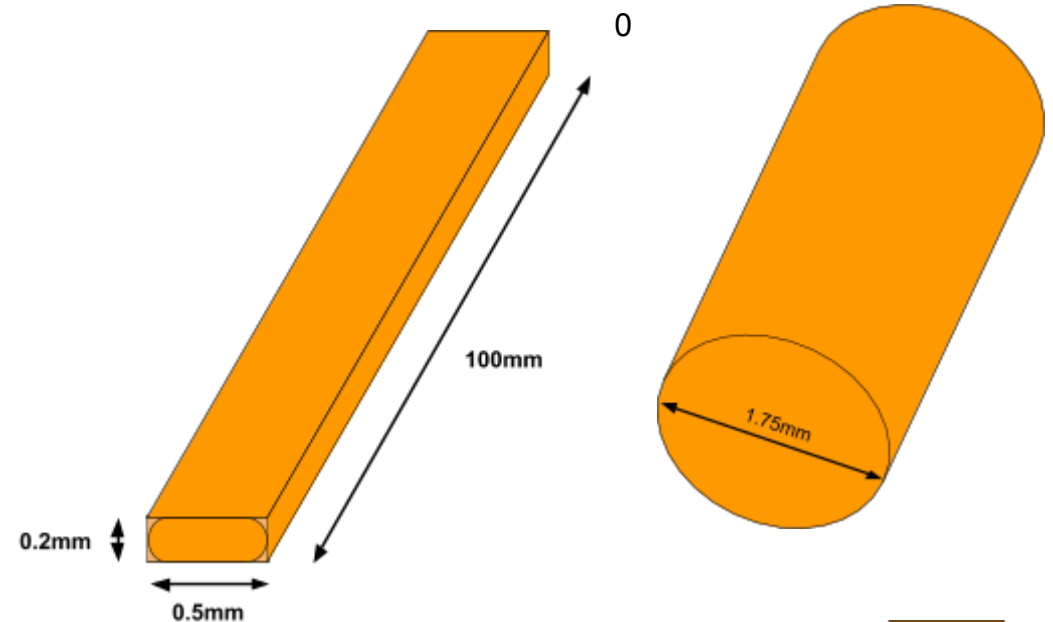
### Et Règle n°11 :

Une fois les règles 1 à 10 respectées, **la largeur du cordon** se contrôle en faisant une impression de test en mode vase et se corrige en jouant sur le **coefficient multiplicateur d'extrusion** (le flow).

## 1 - Diamètre du filament

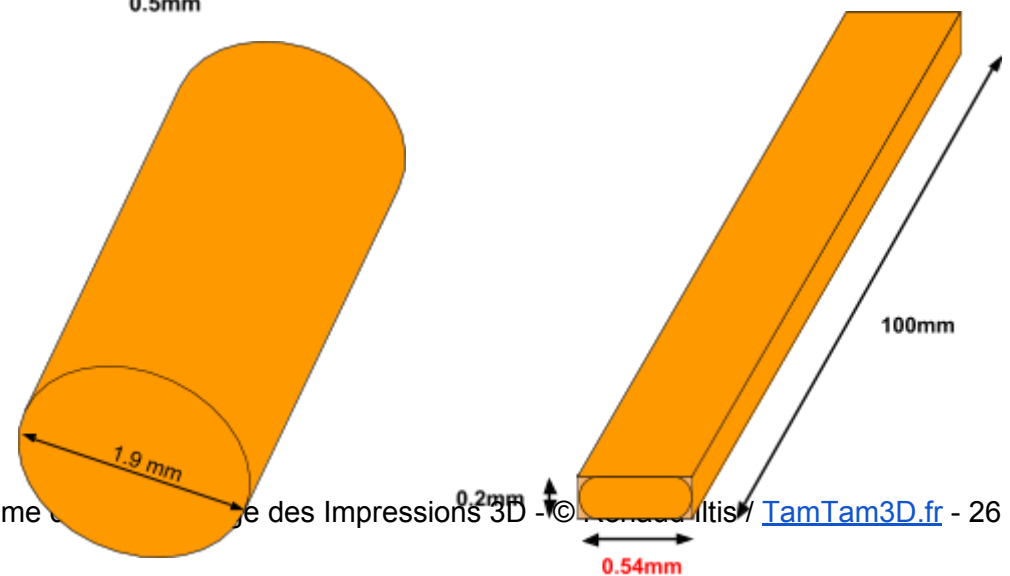
Imaginons que le logiciel ait défini qu'il fallait extruder un cordon de virgule 5 millimètres de large et 0 virgule 2 millimètres de haut sur une longueur de 100 millimètres. Lors de l'impression d'un boîtier par exemple.

Vous avez acheté un filament étiqueté "1.75mm de diamètre" et c'est ce que vous avez saisi dans le logiciel d'impression 3D.



Sauf que le diamètre réel du filament est 1.9mm. Dans ce cas, le cordon fera 0.54mm de large au lieu des 0.50mm attendus.

Cela va nécessairement faire baisser la qualité de l'impression car trop de plastique apporté par rapport à ce qui est prévu peut provoquer des bulles ou des coulures.

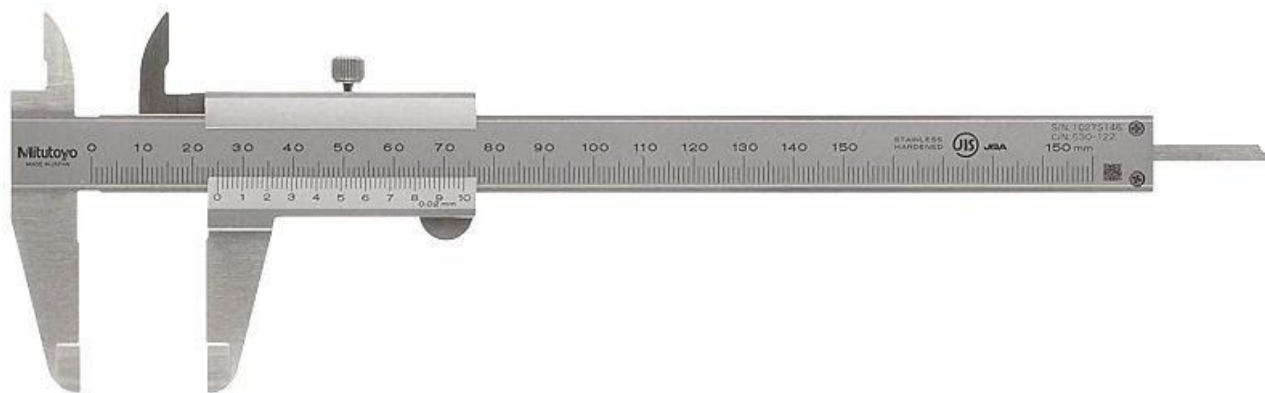


Pour éviter ce risque, il suffit de **mesurer le diamètre réel de votre filament** directement sur la bobine puis de **le saisir dans le logiciel**, et ce **à chaque nouvelle bobine**.

Vous pouvez effectuer la mesure avec un micromètre, qu'on appelle aussi un palmer. [En voici par exemple un qui est correct pour un prix plus que raisonnable](#) :



Si vous préférez la polyvalence d'un pied à coulisse, préférez un modèle de qualité et à vernier (pas besoin de piles qui se déchargent, et tout aussi précis qu'un modèle numérique qui se dérègle tout le temps). [Ce Mitutoyo japonais par exemple](#) :



Si vous ne savez pas lire le vernier d'un tel pied à coulisse, faites une petite recherche Google, il y a plein de tutoriels, c'est très facile.

## 2 - Pression du système d'entraînement du filament

Pour que le filament soit tenu fermement lors de l'entraînement il faut s'assurer que la pression de pincement du système d'entraînement soit suffisante, sinon le pignon d'entraînement risque de riper ce qui entraînera des manques de matière.

D'un autre côté, il ne faut pas non plus que la pression de pincement soit trop forte, car alors elle pourrait déformer le filament qui pourrait avoir du mal à coulisser en aval du système, surtout dans les tubes Bowden.

**Le réglage se fait généralement à l'aide d'une vis qui joue sur la compression d'un ressort.**

Sur ma Tevo Tornado, un filament de PLA est retenu avec une force environ équivalente à un poids de 2kg (20 Newtons) avant de riper (voir la démonstration dans la vidéo).

Concernant la déformation du filament de PLA, un simple passage sur le pignon en tournant la roue d'entraînement à la main, sur l'imprimante froide, ne fait quasiment aucune marque.

**Un filament qui a été utilisé pour une impression, est légèrement marqué, sans être déformé, avec des marques régulièrement espacées :**





### 3 - Résolution du système d'entraînement du filament

Il faut s'assurer que si on demande au moteur de tirer 100 millimètres de filament, le filament va bien avancer de 100 millimètres.

**Pour cela il faut régler les pas par millimètres (steps/mm) de l'extrudeur.**

**Théoriquement**, la résolution de l'extrudeur en pas/mm est calculée à partir des paramètres mécanique et électroniques du système d'entraînement du filament. Par exemple pour l'extrudeur Titan de la Tevo Tornado, si on tient compte de toute la chaîne électronique et mécanique, la résolution est de 418.5 pas par millimètre de filament "tiré" par l'extrudeur (car le moteur est un 200pas/tour sur la Tornado, si le moteur était un 400pas/tour, la résolution serait de 837 pas par millimètre).

On devrait donc, dans un monde idéal, utiliser simplement la valeur fournie par le constructeur.

**Mais** on constate dans la pratique que sur les machines amateurs il y a souvent une différence non négligeable entre les valeurs théoriques et les valeurs observées (c'est ce qu'on appelle **la vraie vie** 😊). C'est dû à l'accumulation de petites erreurs de position et de dimensions des pièces constitutives de la chaîne cinématique, qui sont d'autant plus sensible que les machines amateurs sont de petites dimensions.

**Donc** il faut affiner la résolution théorique par des essais pratiques. Ce que même des constructeurs renommés recommandent, voir par exemple [ici](#) l'article du fabricant du Titan himself.

**Important** : La procédure est à effectuer avec le filament que vous utilisez le plus souvent, car la nature du filament peut jouer sur la résolution. Pour les autres filaments, on compensera la différence en jouant sur le coefficient multiplicateur d'extrusion (le flow, ou débit), comme indiqué en partie 4 ci-dessous.

Voici la procédure à suivre pour calibrer l'extrudeur :

- Mettre la buse en chauffe et charger le filament le plus utilisé
- Utiliser le panneau de contrôle de l'imprimante pour noter la résolution actuelle de la commande du moteur de l'extrudeur
- Prendre un réglet et un marqueur et faire deux marques sur le filament à 100 et 110mm de l'extrudeur
- Utiliser le panneau de contrôle de l'imprimante pour faire avancer le filament de 100mm
- Mesurer la distance entre l'extrudeur et la marque que nous avons fait à 110mm et en déduire la distance effectivement parcourue.
- Appliquer la formule de calcul de la résolution du système d'entraînement du filament (voir ci-dessous)
- Saisir cette nouvelle valeur dans l'imprimante
- Sauvegarder les paramètres dans la mémoire permanente

**Tous les écrans de cette procédure pour les imprimantes du type CR-10, Tevo Tornado, etc. sont détaillés dans un fichier pdf joint à la présente synthèse.**

Voici un modèle du calcul à mener, avec un exemple :

---

Résolution actuelle extrudeur : ..... pas/mm

On a demandé un déplacement de : ..... mm

Donc le logiciel a envoyé au moteur de l'extrudeur

..... x ..... = ..... pas

On a obtenu un déplacement réel de : ..... mm

Donc la résolution réelle de l'extrudeur est :

..... / ..... = ..... pas/mm

Résolution actuelle extrudeur : 420.56 pas/mm

On a demandé un déplacement de : 100 mm

Donc le logiciel a envoyé au moteur de l'extrudeur

420.56 x 100 = 42056 pas

On a obtenu un déplacement réel de : 102.5 mm

Donc la résolution réelle de l'extrudeur est :

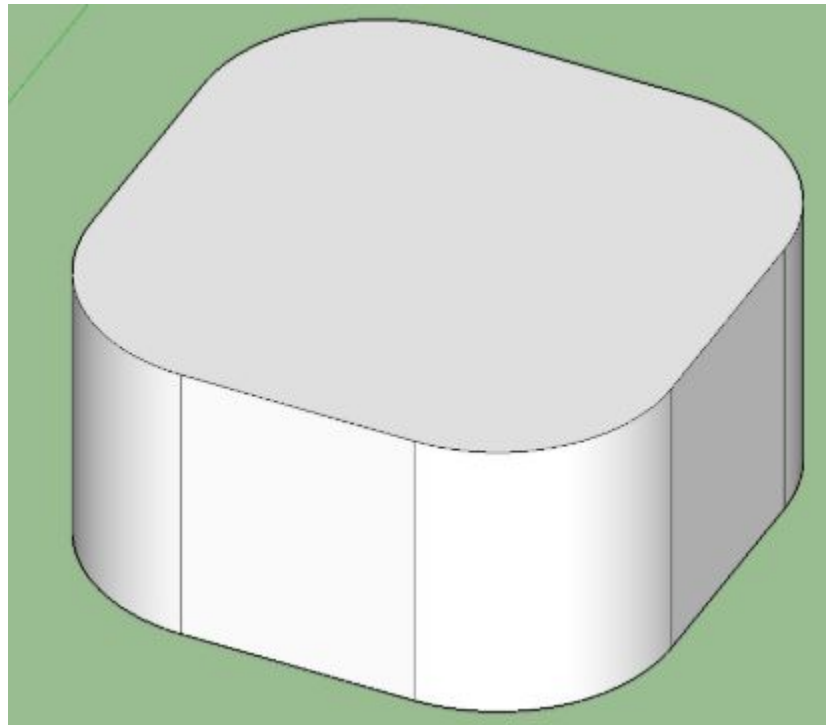
42056 / 102.5 = 410.30 pas/mm

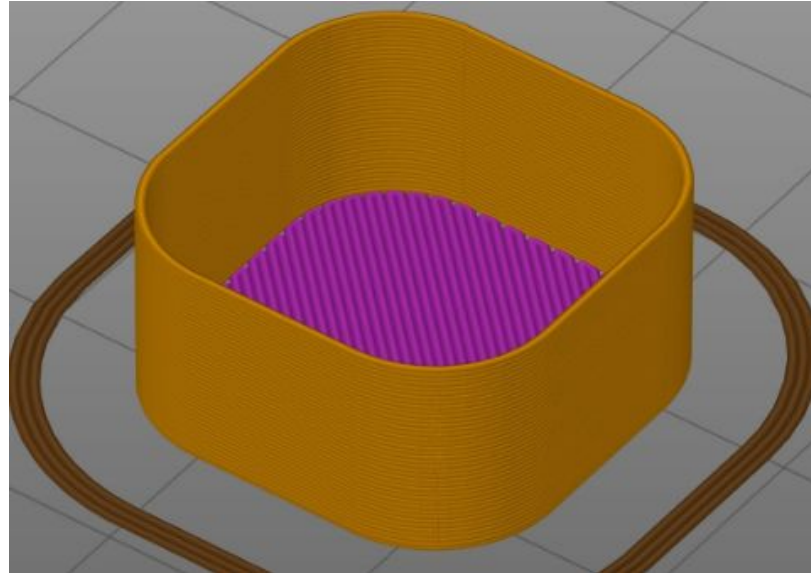
## 4 - Largeur du cordon

Maintenant que tous ces contrôles sont faits, nous allons enfin régler finement la largeur du cordon extrudé en jouant sur le coefficient multiplicateur d'extrusion.

Avant toute chose, il faut **vérifier que le coefficient multiplicateur d'extrusion est réglé sur 1 dans le logiciel d'impression**. Si ce n'est pas le cas, il faut le remettre à 1.

Il faut imprimer la pièce suivante en mode vase, avec une seule couche de base. Le fichier STL de la pièce est joint à la présente synthèse.



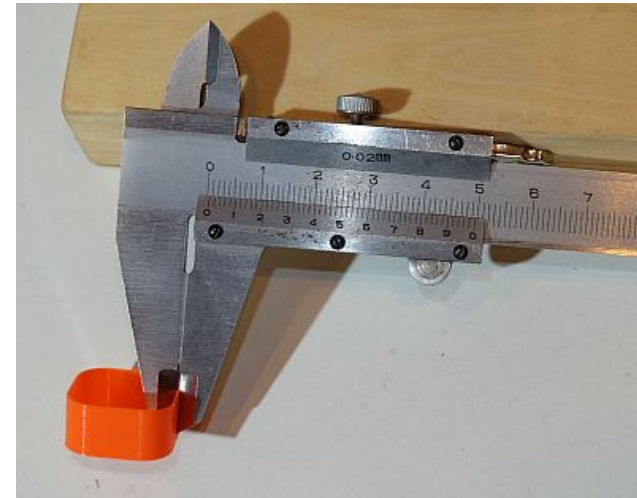


**Attention à bien utiliser les paramètres que vous avez défini en suivant les chapitres 1 et 2 de ce Guide de Paramétrage.**

Une fois la pièce imprimée, il faut tout d'abord noter dessus le coefficient multiplicateur utilisé. Ce sera 1 pour cette première pièce.



On mesure ensuite l'épaisseur de la paroi pour voir si elle correspond à la largeur de cordon demandée. Comme pour le diamètre du filament, la mesure se fait idéalement avec un [micromètre](#), ou à défaut avec un [pied à coulisse de bonne qualité](#).



On effectue ensuite un “produit en croix” pour corriger la valeur du coefficient multiplicateur d’extrusion :

$$\begin{array}{c|c} 1 & 0,49 \\ \hline ? & 0,50 \end{array}$$
$$\frac{1 \times 0,50}{0,49} = 1,02$$

On saisit le nouveau coefficient dans le logiciel (dans les paramètres du filament) :

Filament	
Couleur:	
Diamètre:	1.75 mm
Multiplicateur d'extrusion:	1.02
Densité:	1.24 g/cm <sup>3</sup>
Coût:	24.99 €/kg

Et on refait une impression de test. Normalement la deuxième est la bonne, au pire la troisième.

## 5 - Good job !

Voilà, normalement vos impressions doivent sortir super propres. **Pensez bien à noter vos paramètres sur le document que je vous ai fourni dans le chapitre 2 !**

P.S.: Les liens Amazon fournis dans ce document sont des liens affiliés. Merci de passer par eux si vous faites un achat de micromètre ou de pied à coulisse, cela me permettra de toucher une petite commission, sans que cela ne modifie le prix que vous aurez à payer.

© Renaud ILTIS - <https://tamtam3d.fr>