



# Impression 3D



Patrick Hainaut 2025

# But de cette présentation

- L'impression 3D a révolutionné notre façon de concevoir des objets et de les créer
- Réservée initialement aux industriels et destinée exclusivement au prototypage, elle a envahi notre quotidien en se démocratisant
- Actuellement, tout le monde peut créer un objet et l'imprimer, que ce soit une pièce de rechange, une conception à partir de rien, une figurine, ...
- Il est essentiel d'avoir les notions de base concernant cette technique que l'on retrouve dans tous les secteurs

# Introduction

- Pour obtenir une pièce imprimée en 3D, il faut passer par plusieurs étapes:
  - Obtenir un fichier STL via une conception avec un logiciel de dessin 3D ou via une bibliothèque de modèles existants
  - Choisir une imprimante 3D et choisir le filament/la résine avec lequel on va imprimer l'objet
  - Transformer le fichier STL en fichier GCODE compréhensible par l'imprimante 3D
  - Transmettre ce fichier à l'imprimante 3D, lancer l'impression et ... attendre
  - Appliquer éventuellement un post-traitement sur l'objet imprimé: enlèvement des supports éventuels, ponçage, lissage, mise en peinture, ...

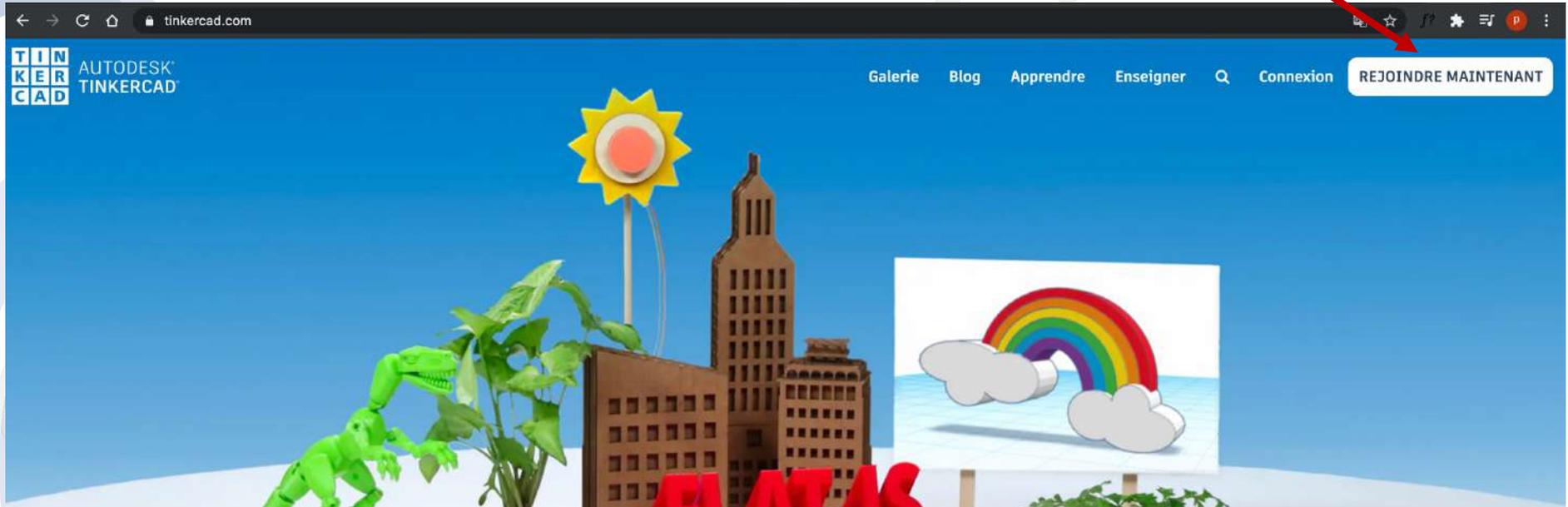
# 1. CONCEPTION 3D

# Logiciels de conception 3D

- Il existe plusieurs logiciels de conception 3D:
  - Certains gratuits, comme: Blender, FreeCAD, 3D Builder, TinkerCAD, ...
  - D'autres payants, comme: CATIA, Fusion 360, Inventor, SolidWorks, ...
- Il existe aussi des logiciels d'analyse/réparation de fichiers 3D, comme NetFabb (payant) ou MeshMixer (gratuit)
- Pour cette introduction au monde de la 3D, nous utiliserons TinkerCAD (et MeshMixer dans une moindre mesure) pour le côté intuitif de la prise en main

# Mise en route

- TinkerCAD est un outil en ligne accessible via [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com)
- La première étape est de créer un compte utilisateur



# Mise en route

- Il suffit de donner les renseignements usuels pour créer ce compte

Commencer à utiliser Tinkercad

Comment utiliserez-vous Tinkercad?

À l'école?

Enseignants, commencez ici

Étudiants, rejoignez un cours

Par vous-même

Créer un compte personnel

Vous possédez déjà un compte?  
**Connexion**

Commencer à utiliser Tinkercad

Comment créer un compte?

S'inscrire avec une adresse

Se connecter avec Google

Se connecter avec Apple

Autres options de connexion...

Vous possédez déjà un compte?  
**Connexion**

## Créer un compte



Pays, territoire ou région

Belgique

Date de naissance

mai

4

1977

SUIVANT

VOUS AVEZ DÉJÀ UN COMPTE? [CONNECTEZ-VOUS](#)

## Créer un compte

Adresse e-mail

prenom.nom@cdatac.org

Mot de passe

.....

✓ Au moins 1 lettre

✓ Au moins 1 chiffre

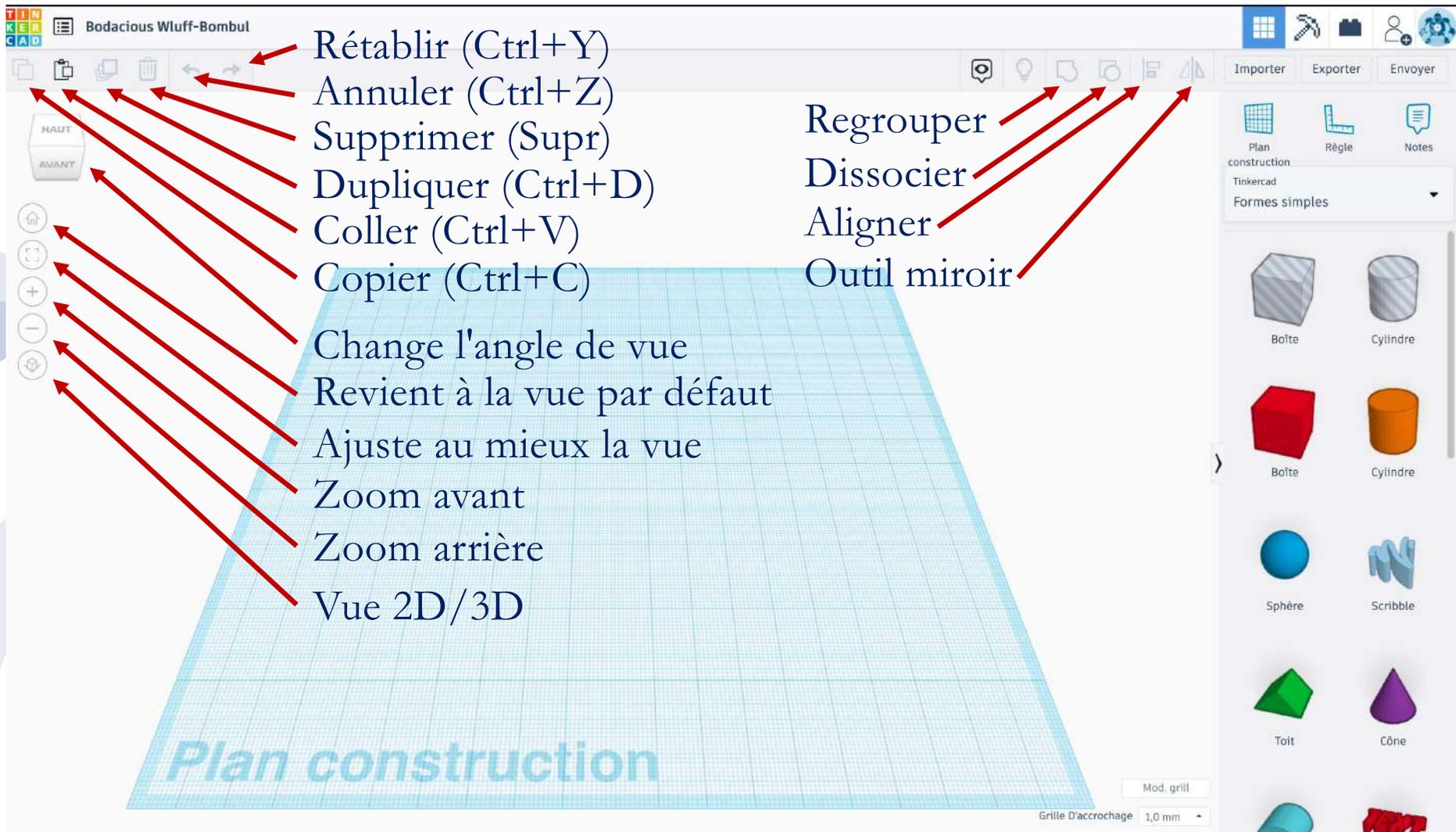
✓ 8 caractères minimum

✓ Au moins 3 caractères uniques

J'accepte les [Conditions d'utilisation Tinkercad](#) et la [Déclaration de confidentialité d'Autodesk](#).

CRÉER UN COMPTE

# L'interface



# Premiers pas

On glisse-dépose, sur le plan, un cylindre et la règle

On peut choisir la couleur du cylindre et le nombre de côtés (plus il y a de côtés, plus il sera lisse)

rotation verticale

hauteur

profondeur

20.00

20.00

0.00

distance par rapport au sol

27.00

20.00

10.00

Rotation horizontale

longueur

On peut modifier les dimensions et l'orientation du cylindre

Forme

Solide

Perçage

Côtés: 20

Bevel: 0

Segments: 1

Boîte

Cylindre

Boîte

Cylindre

Sphère

Scribble

Toit

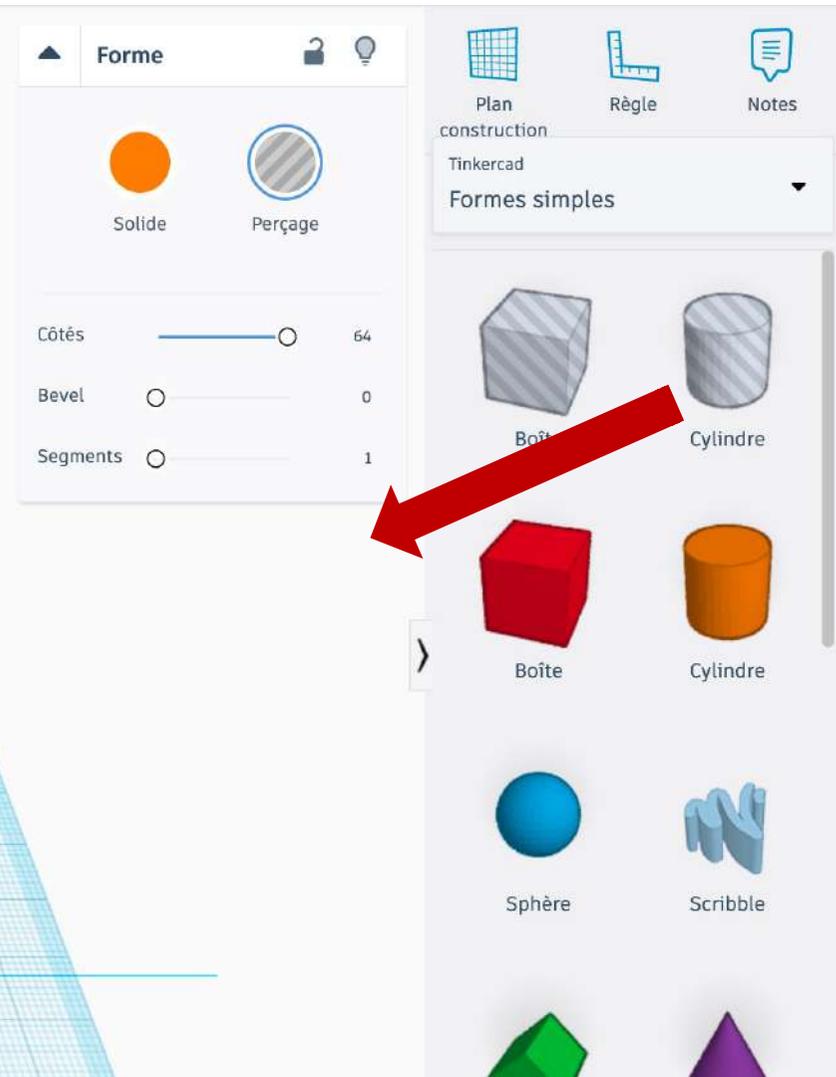
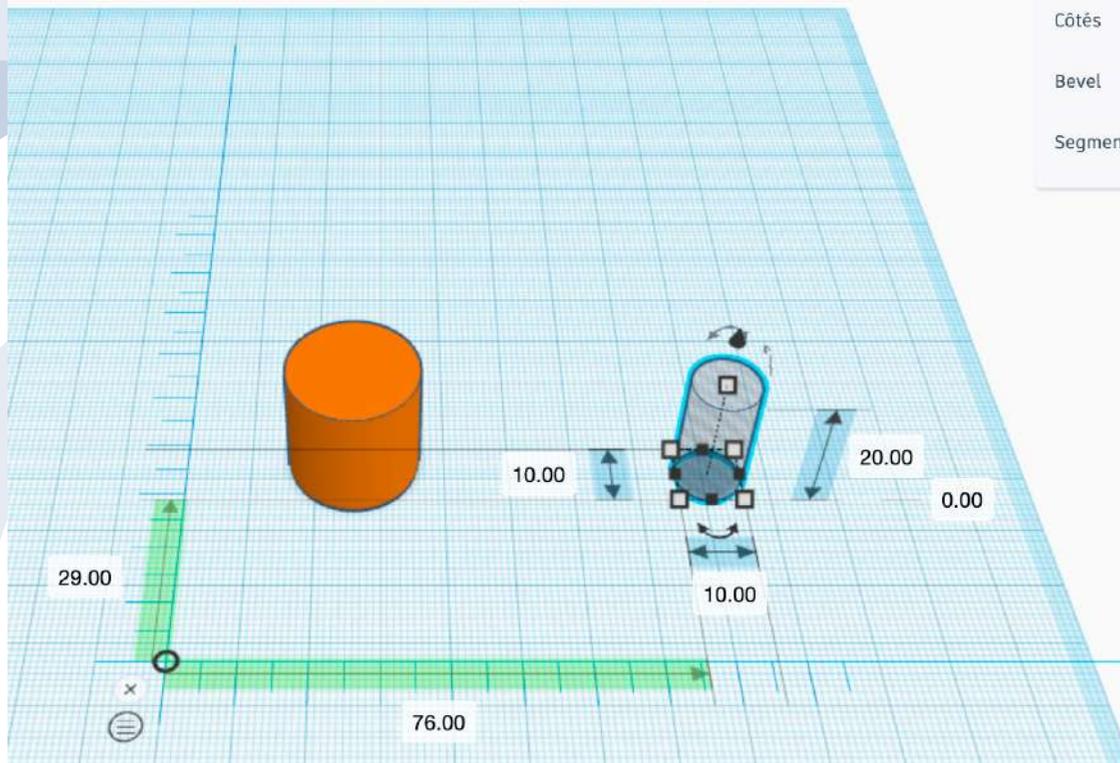
Cône

Mod. grill

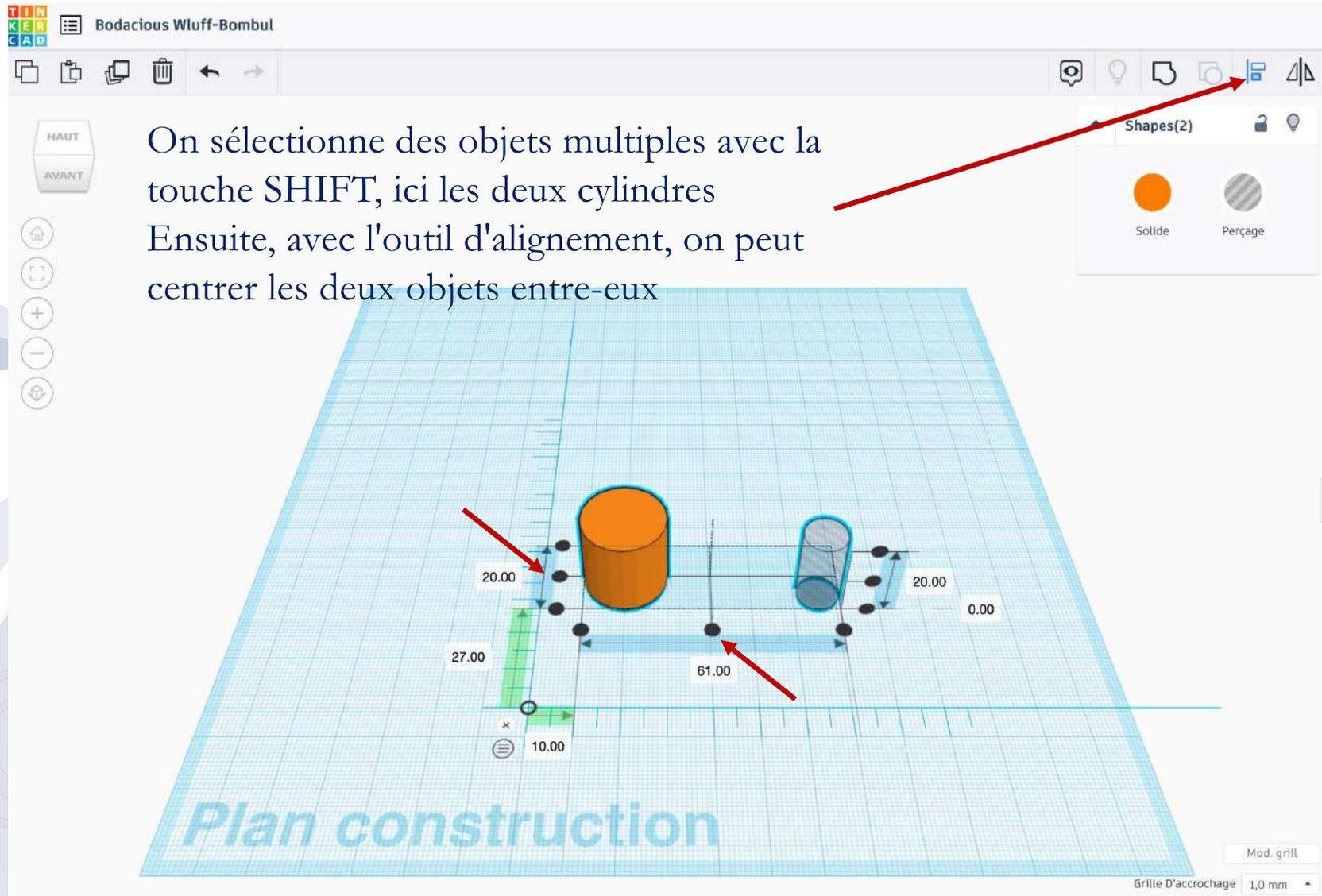
Grille D'accrochage 1,0 mm

# Premiers pas

On ajoute, sur le plan, un cylindre de perçage, qu'on peut dimensionner également ainsi que le nombres de côtés (facettes)

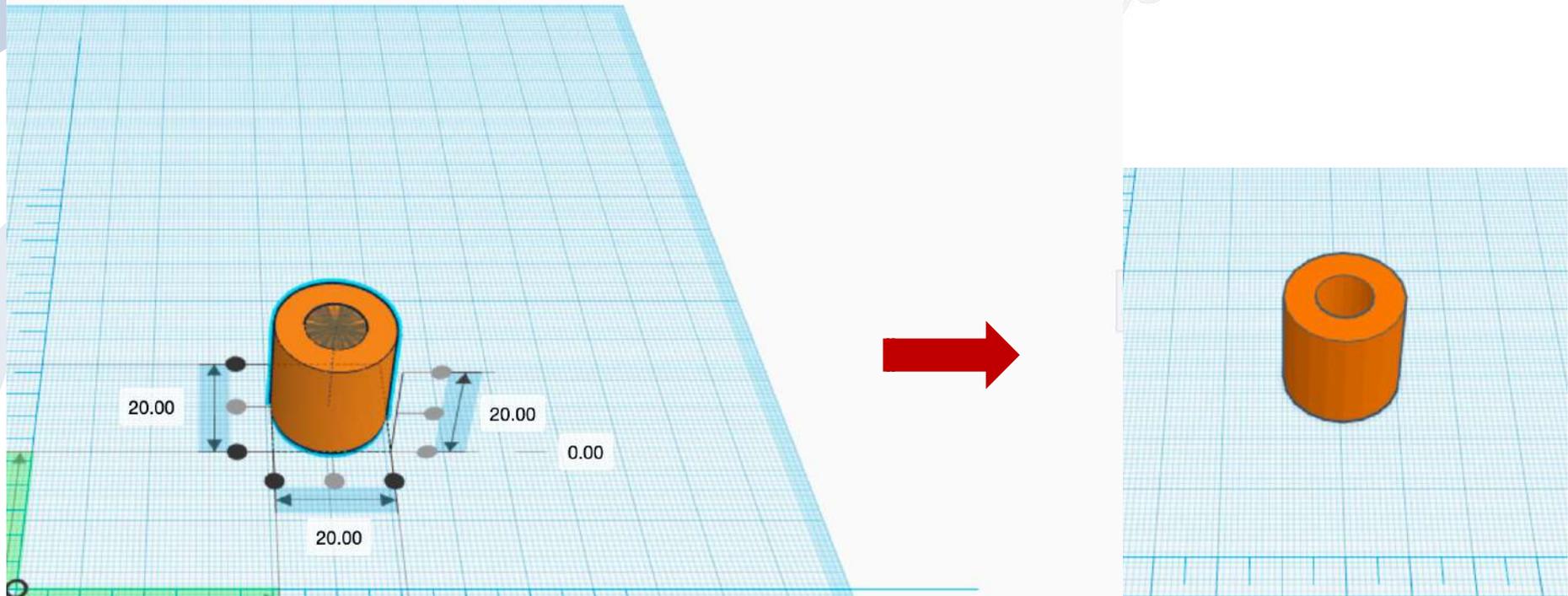
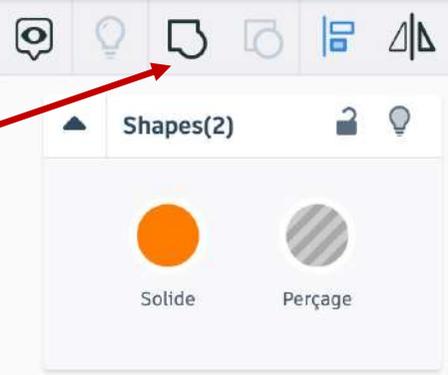


# Premiers pas



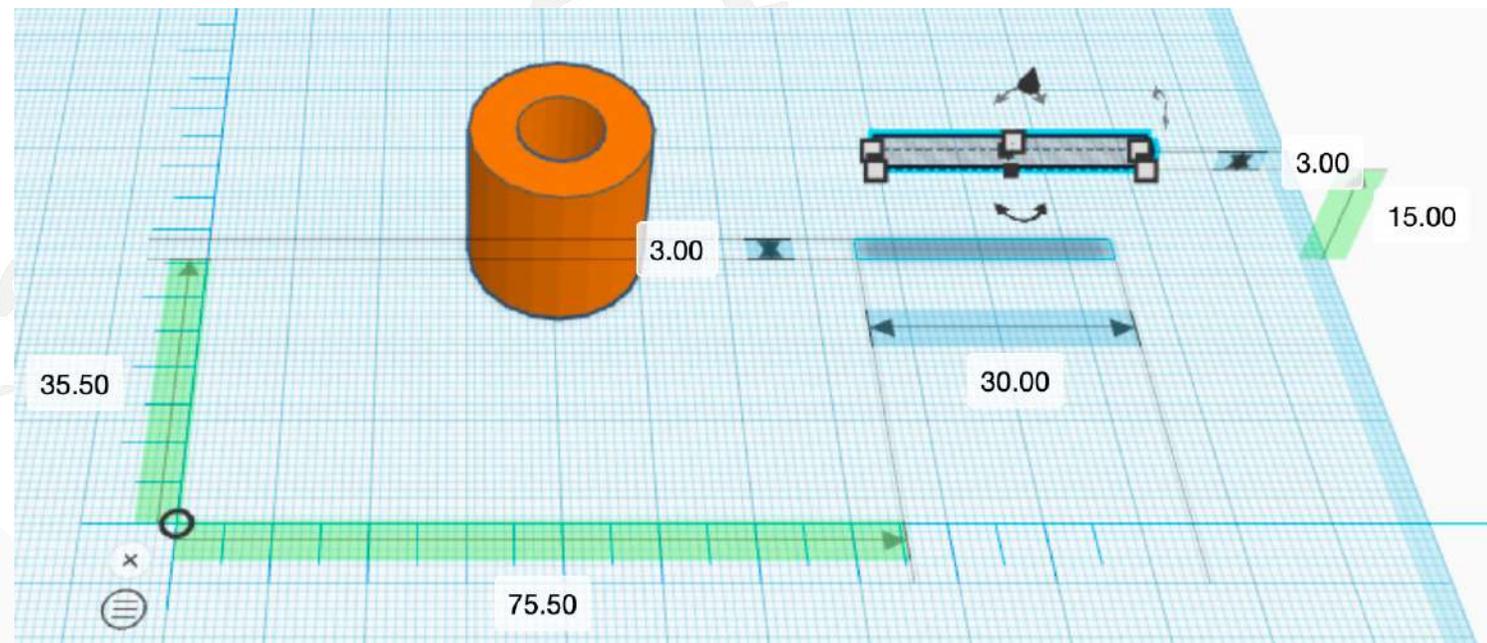
# Premiers pas

Une fois les objets centrés, on peut les fusionner avec l'outil de regroupement



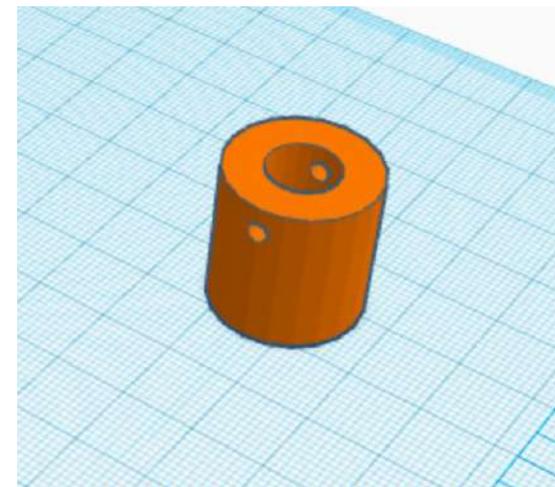
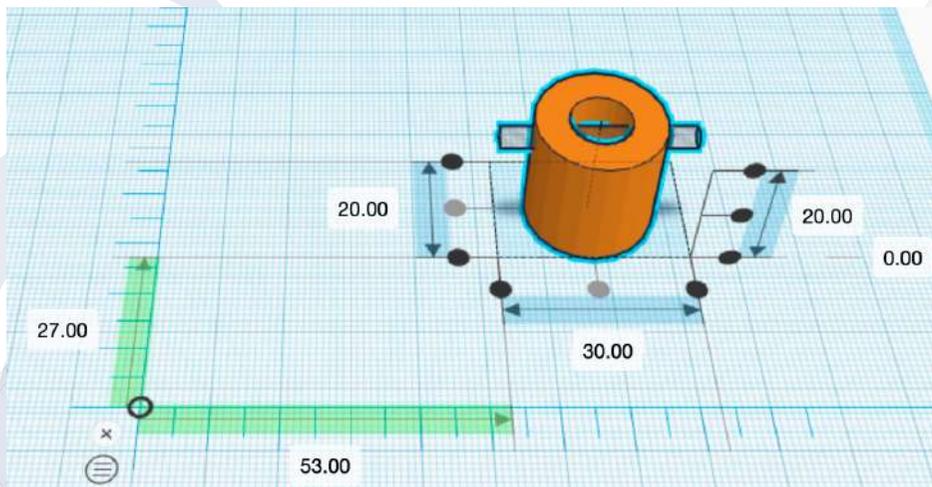
# Premiers pas

- On ajoute ici, un 3<sup>ème</sup> cylindre qui va nous servir à créer un trou de perçage
- Pour cela, on le fait pivoter verticalement de 90°, on redimensionne les cotés à 3 mm, et on adapte la hauteur par rapport au sol, à 15mm (attention, les 15mm ne sont pas à l'axe mais juste en-dessous du 3<sup>ème</sup> cylindre)



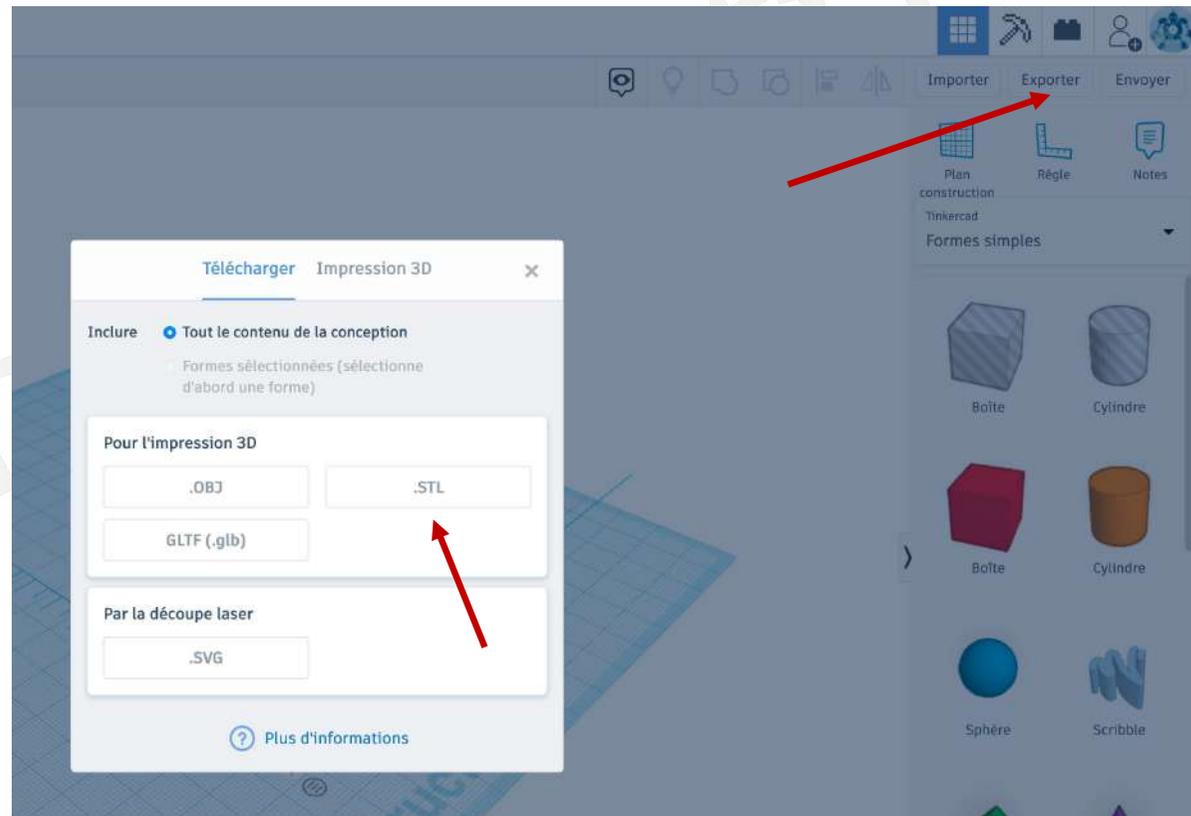
# Premiers pas

- On aligne, on fusionne et on a notre cylindre percé



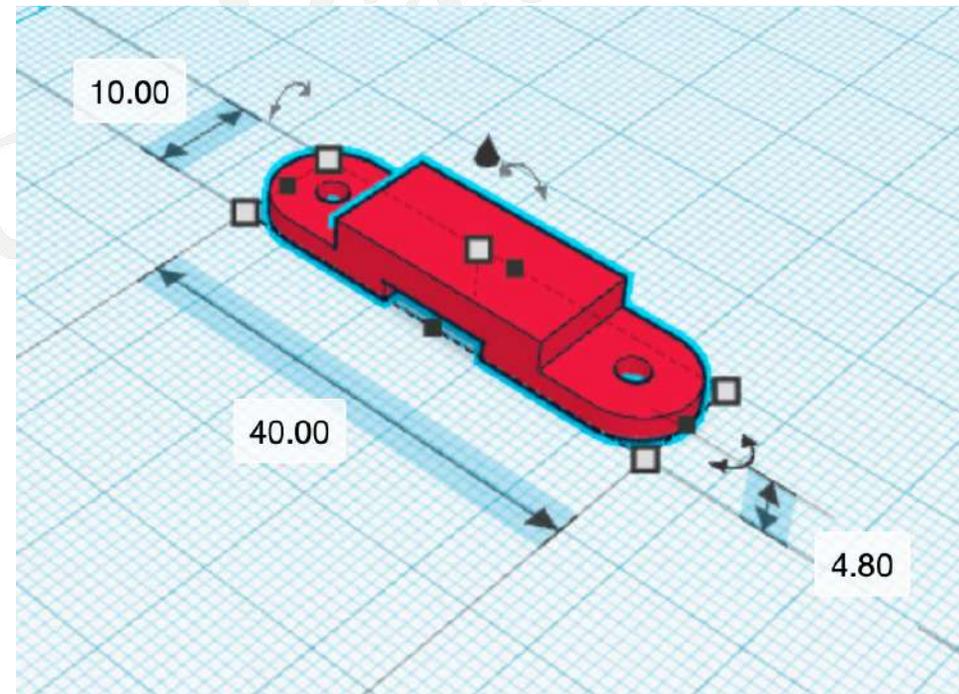
# Premiers pas

- On peut maintenant exporter notre dessin 3D au format STL pour l'impression 3D



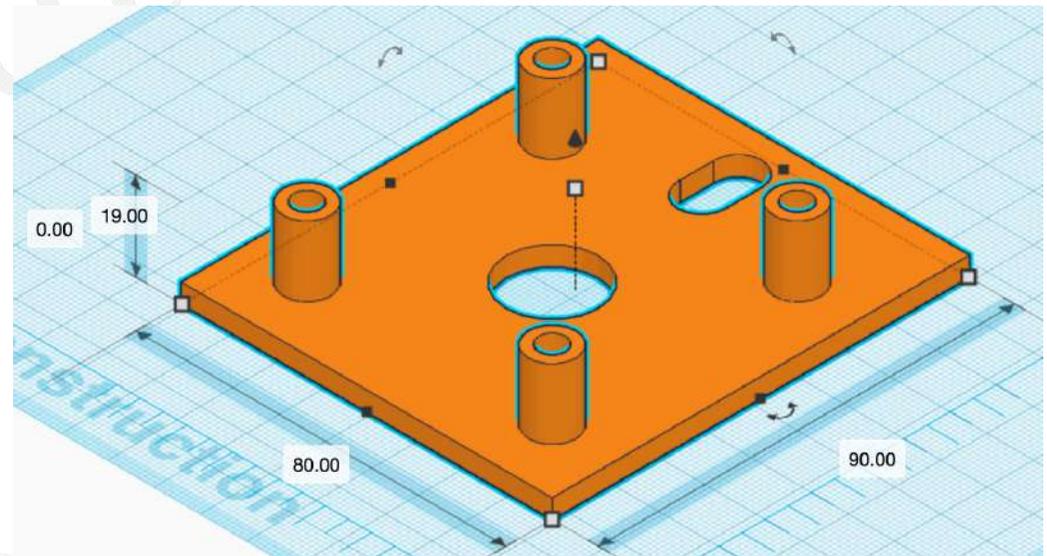
# Exercice 1

- Un cavalier pour solidariser des fils
  - Epaisseur plaque de base: 2 mm
  - Longueur plaque du dessus: 20 mm
  - Largeur trou central: 10 mm
  - Diamètre des trous de fixation: 3 mm
  - Distance entre les trous de fixation (axe): 30 mm



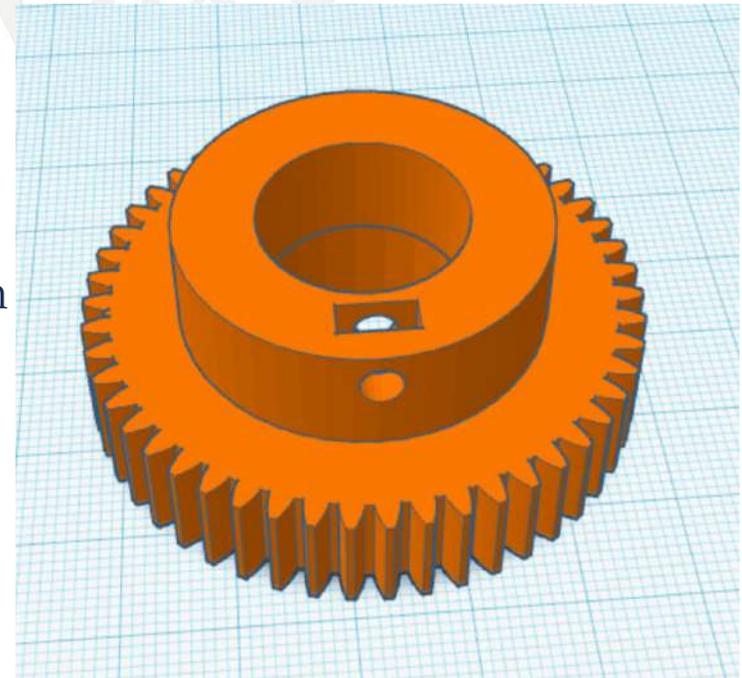
# Exercice 2

- Support
  - Coordonnées trou central (axe): 40 x 40 mm à partir du coin inférieur droit
  - Coordonnées manchette (axe): 40 x 14,2 mm à partir du coin supérieur droit
  - Coordonnées plot inférieur droit (axe): 13,4 x 13,4 mm à partir du coin inférieur droit
  - Distance entre les plots (axe): 53 mm
  - Epaisseur plaque de base: 4 mm
  - Diamètre trou central: 20 mm
  - Largeur manchette: 10,4 mm
  - Longueur manchette: 18,3 mm
  - Diamètre extérieur plots: 10 mm
  - Diamètre intérieur plots: 6 mm



# Exercice 3

- Une roue dentée avec une bague de fixation
  - 50 dents avec un angle de pas égal à 20
  - Hauteur des dents: 1 cm
  - Hauteur totale: 2,33 cm
  - Diamètre extérieur de la bague: 3,4 cm
  - Diamètre intérieur de la bague: 1,94 cm
  - Diamètre du trou du boulon: 4 mm
  - Hauteur du trou du boulon à l'axe: 17 mm
  - Largeur du trou de l'écrou: 7,2 mm
  - Epaisseur du trou de l'écrou: 3,3 mm



# Bibliothèques de STL

- On peut aussi trouver des fichiers STL déjà dessinés, certains gratuits et d'autres payants
- La plus grande collection de fichiers gratuits se trouve sur: [www.thingiverse.com](http://www.thingiverse.com)
- Cette bibliothèque collaborative a été créée par le fabricant d'imprimantes 3D MakerBot
- Il existe aussi makerworld.com créé par BambuLab

## 2. L'IMPRIMANTE 3D

# Imprimante 3D

- Une imprimante 3D permet de transformer un dessin 3D en objet
- Au niveau grand public, deux techniques existent:
  - Les imprimantes FDM (Fused Deposition Modeling) à dépôt de fil fondu
  - Les imprimantes SLA (StereoLithography Apparatus) par photopolymérisation
- Le prix varie entre 150 et 6000€ pour les imprimantes grand public, en fonction de la robustesse, de la taille, de la précision, ...

# Imprimante 3D FDM: fonctionnement

- Une imprimante 3D FDM fonctionne comme une machine outil numérique qui va créer une pièce par ajout de matière
- Elle suit un programme qui va lui indiquer les différentes étapes à suivre et les parcours d'outils nécessaires pour réaliser une pièce
- Elle fonctionne par couches successives Z, d'une épaisseur définie dans le programme, et suis un parcours en X Y, défini pour chaque couche dans le programme

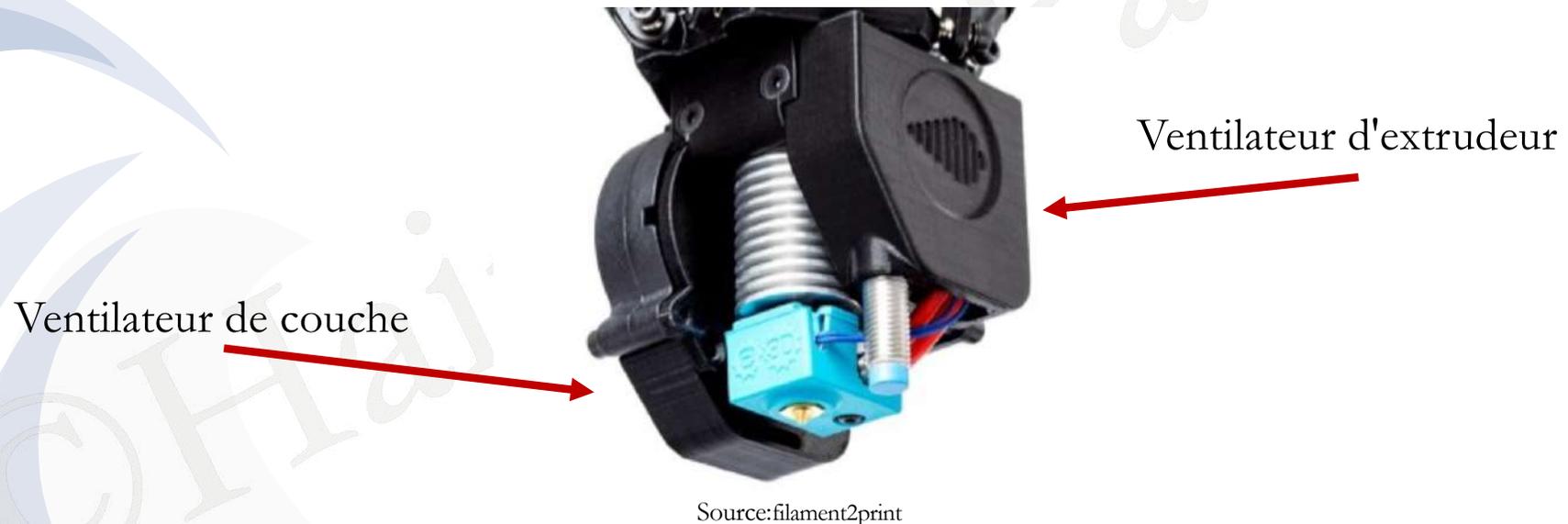
# Imprimante 3D FDM: fonctionnement

- La matière est constituée par un filament d'une certaine matière (plusieurs choix possibles) et d'un certain diamètre (1,75 mm, 2,85 mm et 3 mm)
- Actuellement, on n'utilise quasiment plus que des filaments de 1,75 mm de diamètre car ils présentent moins de problèmes d'obstruction de la tête
- Le filament est chauffé à sa température de fusion, injecté dans la buse et déposé sur la couche précédente (ou le plateau si c'est la première couche)



# Imprimante 3D FDM: fonctionnement

- Un ventilateur, dont l'effet est dirigé vers le plateau, refroidit la matière déposée, pour que la couche suivante puisse s'appuyer dessus



# Imprimante 3D FDM: filaments

- Voici un tableau reprenant les principales matières utilisées

Matière	T° buse	T° plateau	Warping	Solidité	R. à la chaleur
PLA	200 à 220°	0 à 60°	Non	Faible	Faible (50°)
ABS	220 à 255°	80 à 110°	Beaucoup	Très bonne	Très bonne (90°)
PETG	230 à 260°	70 à 90°	Peu	Bonne	Bonne (70°)
TPU	210 à 240°	0 à 60°	Non	Faible	Bonne (75°)
PLA +	200 à 220°	0 à 60°	Non	Bonne	Faible (50°)
Nylon	225 à 265°	70 à 90°	Peu	Excellente	Très bonne (90°)

Le warping est la tendance du matériau à se décoller du plateau au fur à mesure que l'impression avance

Sur la bobine de filament, il est généralement indiqué les températures recommandées pour ce filament

# Imprimante 3D FDM: filaments

- Les données du tableau sont des valeurs moyennes, il faut se référer aux données du fabricant pour plus de précision
- Le prix au kilo varie suivant le type de filament, environ 16€ pour du PLA ou de l'ABS et jusqu'à plus de 60€ pour des filaments spéciaux comme le carbone
- Il existe maintenant des matériaux renforcés au carbone comme le PETG-CF qui améliore les caractéristiques mécaniques des pièces produites
- Comme le carbone est abrasif, il faut utiliser une tête d'impression en acier plutôt qu'en laiton

# Imprimante 3D FDM: filaments

- Les filaments craignent l'humidité et deviennent cassant avec le temps, aussi essayez de terminer une bobine avant d'en commencer une autre
- Vous pouvez aussi acheter un sécheur de filament comme par exemple le Sunlu filadryer S4 qui permet de sécher 4 bobines en même temps tout en permettant l'impression à partir de ces bobines (par les trous sur le côté)
- Le prix varie entre 40 et 220€



# Imprimante 3D FDM: filaments

- Certains filaments, outre un plateau chauffant, ont besoin d'un environnement fermé avec une température stable pour s'imprimer correctement
- C'est le cas de l'ABS, de l'ASA, du PC, du PA et du PET



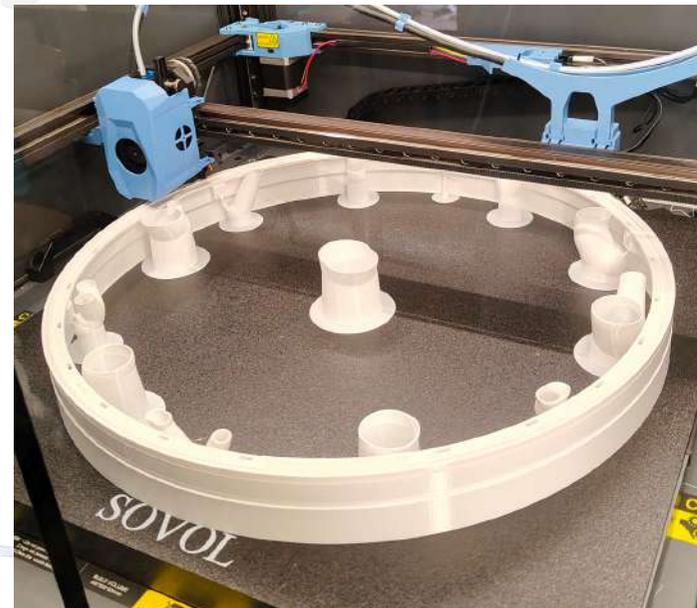
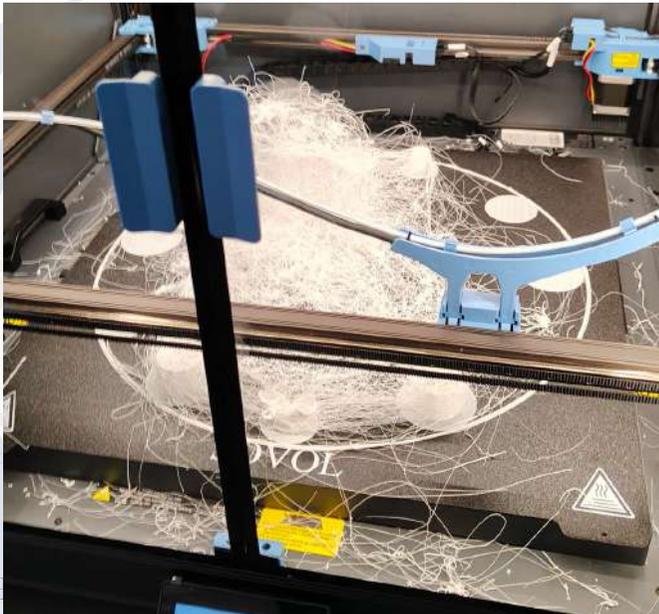
# Imprimante 3D FDM: filaments

- Attention, dans le cas du PLA, qui a une mauvaise tenue en température, on devra, souvent, laisser la porte ouverte de l'enceinte, sous peine de déformation de la pièce
- C'est surtout valable pour les grandes pièces



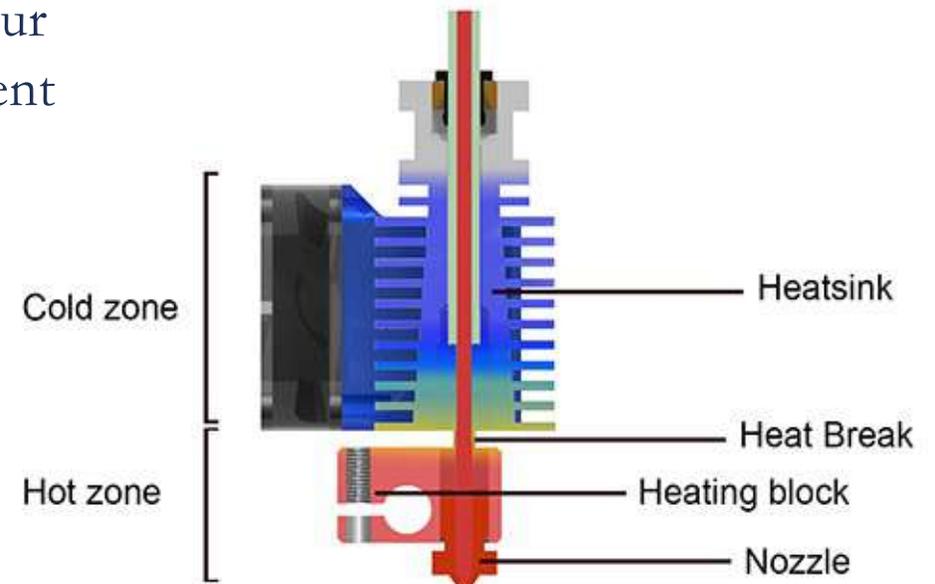
# Imprimante 3D FDM: filaments

- Autre donnée importante à prendre en compte; la vitesse d'impression supportée par le filament car les imprimantes 3D sont de plus en plus rapides
- Si le filament n'est pas prévu pour ces vitesses, vous obtenez la dia de gauche, au lieu de la dia de droite où on a réduit la vitesse de l'imprimante pour s'adapter à celle du filament



# Imprimante 3D FDM: tête d'impression

- La tête d'impression est composée:
  - d'une buse (nozzle) par laquelle le filament fondu est "poussé" vers l'extérieur. On utilise généralement des buses de 0.4 mm et 0.8 mm de  $\varnothing$
  - Cette buse est vissée dans le bloc de chauffe (hot end) qui comprend une cartouche chauffante et une sonde de température
  - Le bloc de chauffe est relié à un ventirad (radiateur sur lequel est fixé un ventilateur) qui va empêcher la chaleur de se propager et éviter que le filament ne fonde trop tôt, ce qui pourrait obstruer le canal
  - La partie supérieure de la tête est reliée à l'extrudeur, généralement par un tube PTFE (teflon)



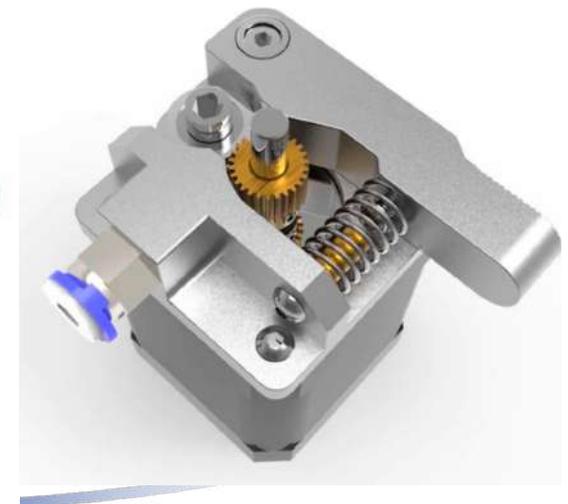
Source: E3D.com

# Imprimante 3D FDM: tête d'impression



# Imprimante 3D FDM: extrudeur

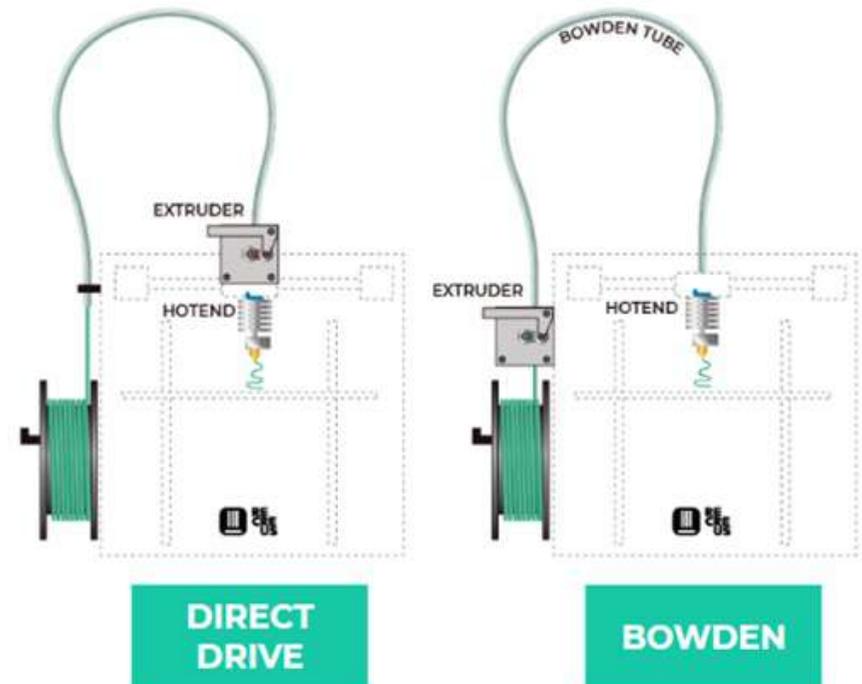
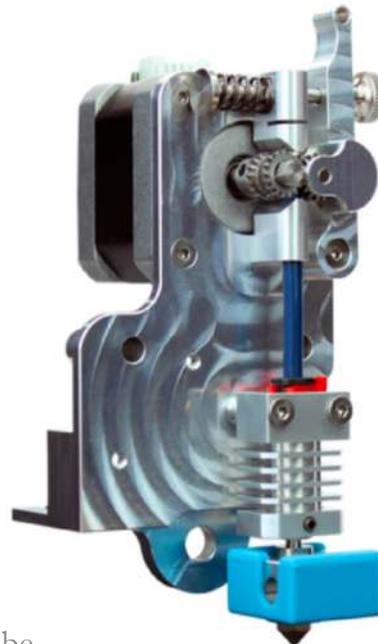
- L'extrudeur (extruder) est chargé d'amener le filament dans la tête d'impression
- Il est composé d'un moteur pas à pas entraînant une roue crantée située à proximité d'un roulement à billes
- Le filament est pressé entre les deux et poussé vers l'avant
- La pression est réglable au moyen d'une vis



# Imprimante 3D FDM: extrudeur

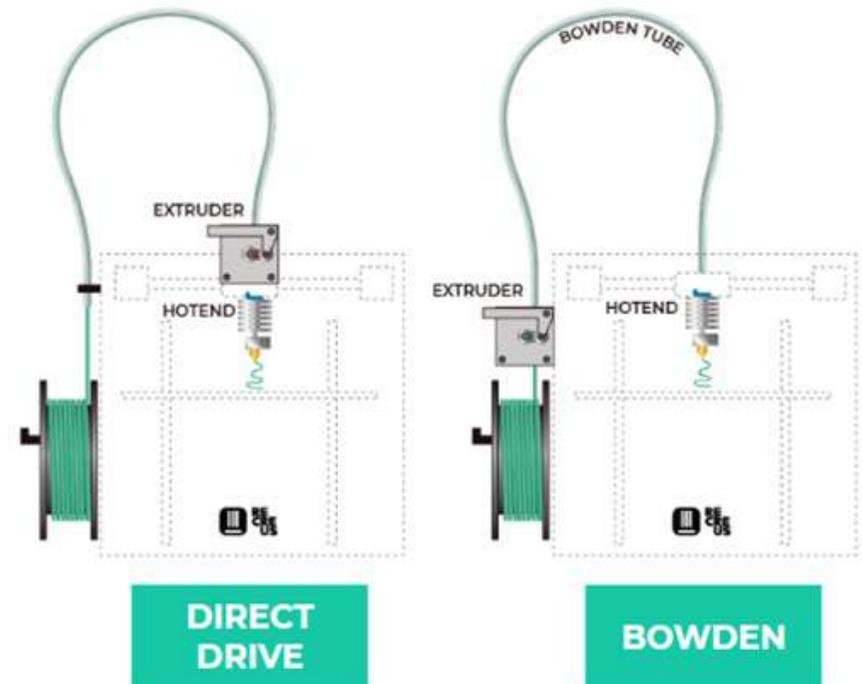
- Il existe deux techniques:
  - Direct drive: l'extrudeur est directement relié à la tête avec comme avantage que le fil se coince difficilement et qu'on peut facilement imprimer du filament flexible

L'inconvénient est que le bloc tête est plus lourd et peut entraîner de l'inertie et des vibrations qui nuisent à la qualité d'impression



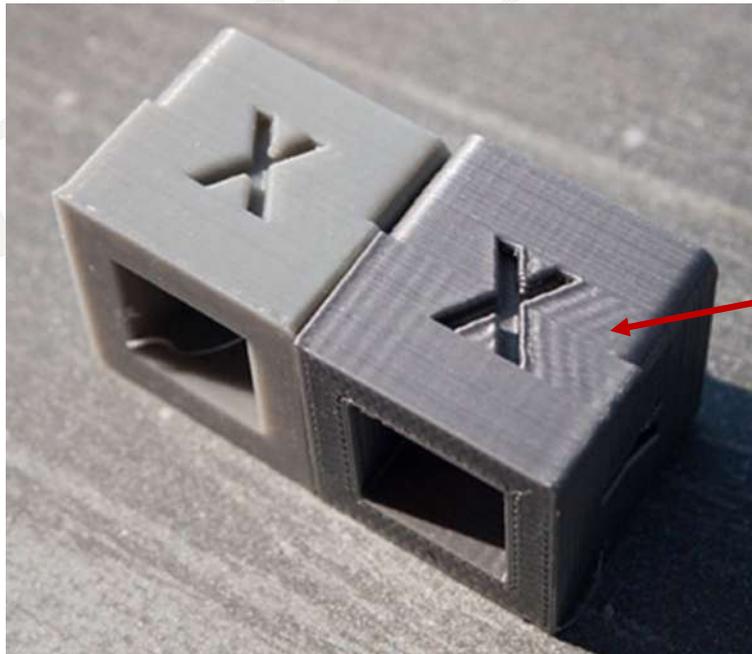
# Imprimante 3D FDM: extrudeur

- Il existe deux techniques:
  - Bowden: L'extrudeur est fixé au châssis de l'imprimante et la pression exercée par l'extrudeur est transmise au moyen d'un tube, fixé de part et d'autre (tube Bowden), dans lequel le filament passe. L'avantage est que la tête est plus légère et l'inconvénient, que le fil peut facilement se coincer et arrêter de sortir de la tête d'impression. L'impression de filament flexible est difficile.



# Imprimante 3D FDM: extrudeur

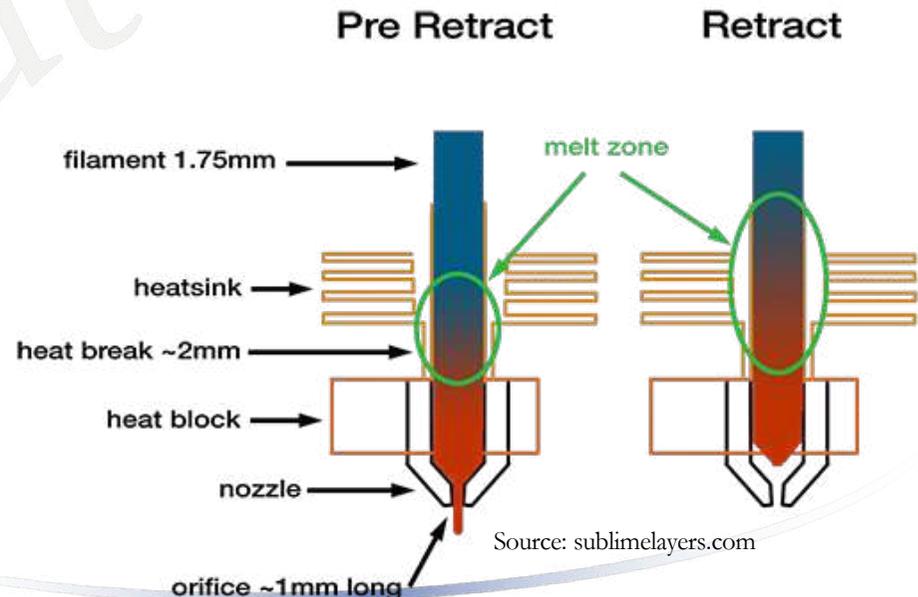
- Plus on imprime vite, plus l'inertie entre en jeu
- Pour réduire cette inertie, il faut diminuer la vitesse ou le poids
- Donc:
  - Si on veut imprimer vite (80 à 100 mm/s), on choisira un système bowden
  - Si on veut imprimer une variété de filaments, mais moins vite (40 à 60 mm/s), on choisira un système direct-drive



Effets de l'inertie et d'une vitesse excessive

# Imprimante 3D FDM: rétractation

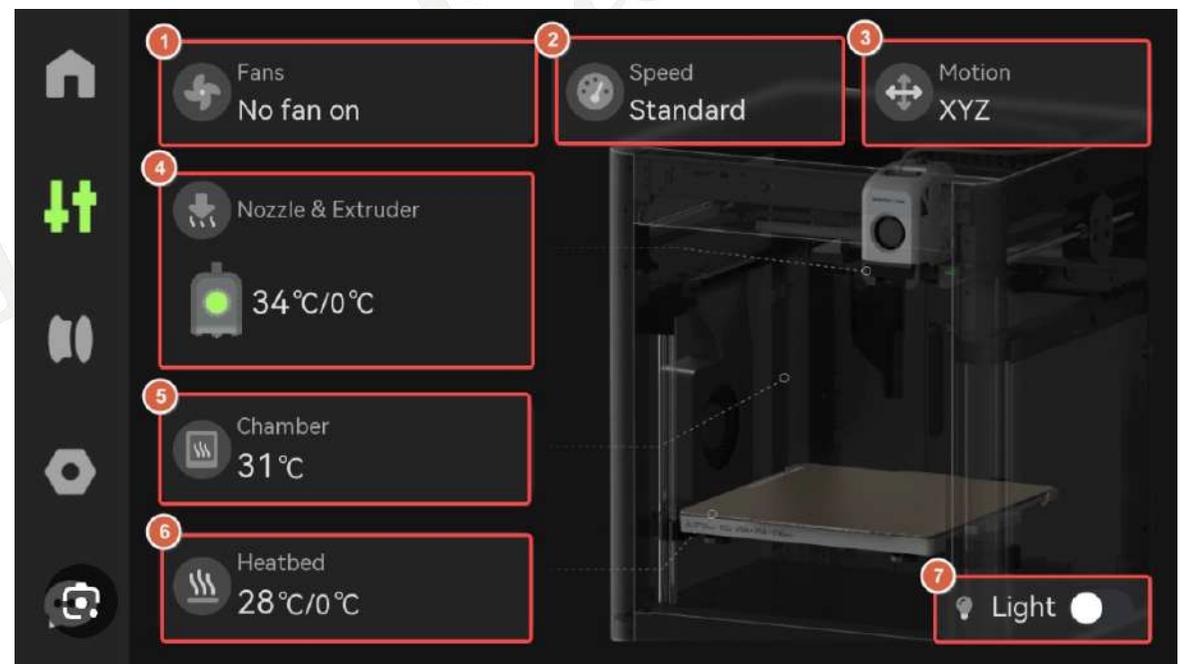
- Quand la tête se déplace entre deux impressions, il ne faut pas seulement arrêter de pousser le fil au moyen de l'extrudeur mais il faut le rétracter sinon du matériau continue à couler
- Plus la distance entre l'extrudeur et la tête d'impression est courte, moins il faudra de pression et moins la distance de rétraction devra être importante:
  - 0,8 à 2 mm -> direct-drive
  - 5 à 6 mm -> bowden
- La rétractation au niveau des systèmes bowden devra être réglée précisément sous peine de bourrage ...



# Imprimante 3D FDM: firmware

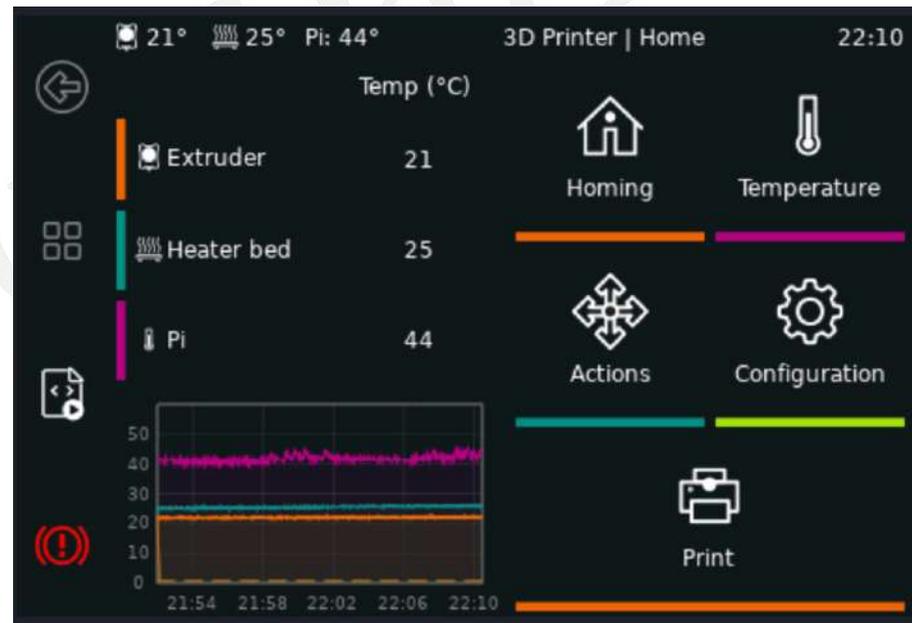
- C'est le logiciel interne à l'imprimante, celui qui va lire les fichiers à imprimer et gérer tout l'aspect mécanique et électrique de l'impression (gestion des capteurs, des moteurs, de l'extrudeur, des températures, ...)

- La plupart du temps, c'est un firmware propriétaire, propre à l'imprimante



# Imprimante 3D FDM: firmware

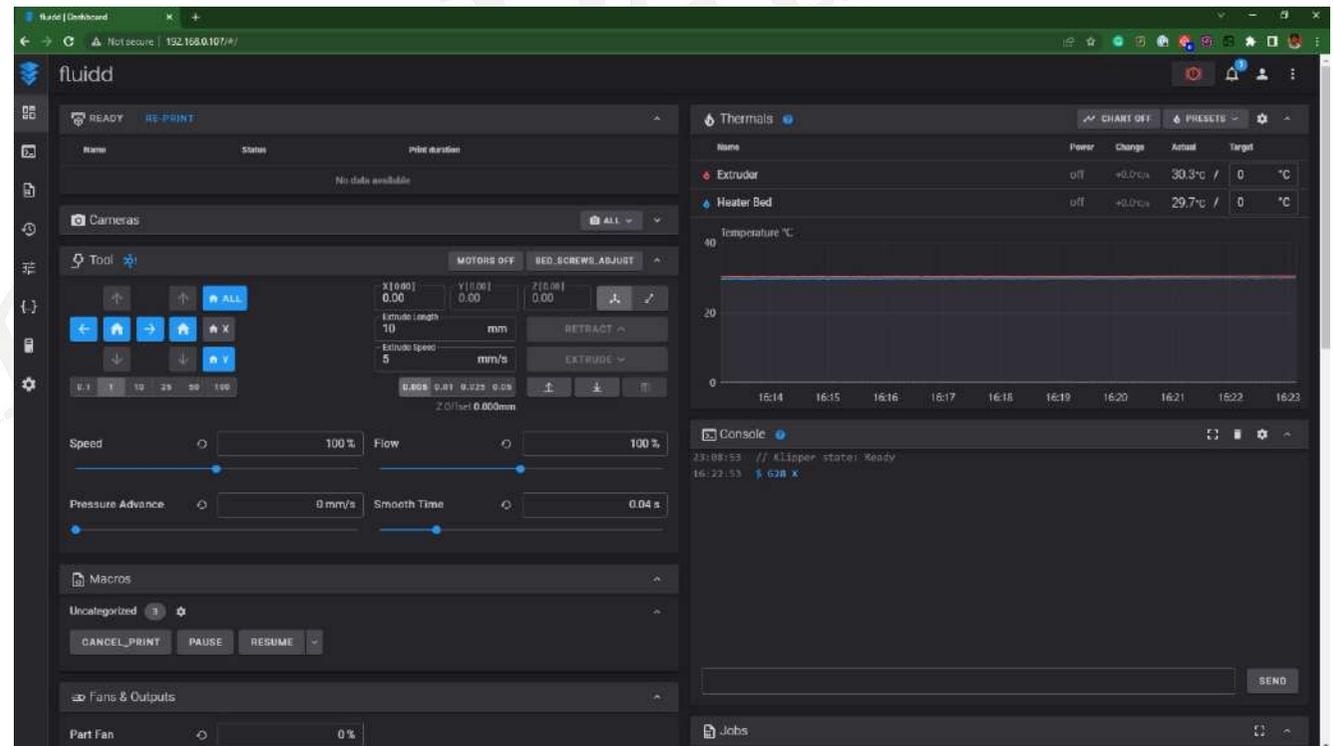
- Certains projets d'imprimante open-source comme la Rat-rig ou la Voron et leurs dérivés (Sovol par exemple) utilisent un firmware open-source: Klipper
- Sur l'imprimante, un écran tactile permet de réaliser les tâches courantes



# Imprimante 3D FDM: firmware

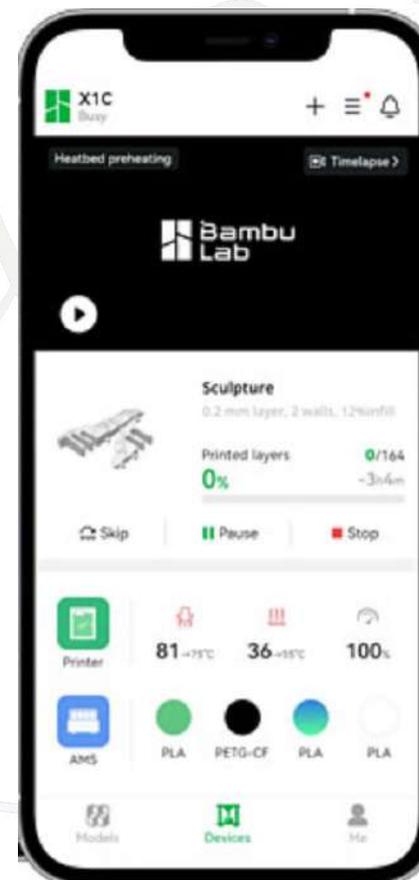
- Si l'imprimante est connectée au réseau, un petit serveur web peut être installé (sur un Raspberry Pi par exemple) avec un logiciel de contrôle à distance (du réseau local) comme Octoprint, Mainsail ou Fluidd

- Avec Klipper comme firmware, il sera possible d'éditer le code et donc les scripts et personnaliser le fonctionnement de l'imprimante



# Imprimante 3D FDM: ctrl à distance

- Les imprimantes récentes et d'un certain prix, pour peu qu'elles soient connectées à Internet via un réseau local, permettent de se connecter à distance (de n'importe où) via une app propriétaire
- Exemple chez BambuLab



# Imprimante 3D FDM: ctrl à distance

- Il existe aussi une app open-source; Obico qui permet de faire la même chose pour les imprimantes sous firmware klipper



# Imprimante 3D FDM: choix

- Ces dernières années, les imprimantes ont beaucoup évoluées et la fiabilité et la facilité d'utilisation ont été augmentées
- Quelques constructeurs emblématiques:
  - Creality
  - BambuLab
  - Anycubic
  - Elegoo
  - ...

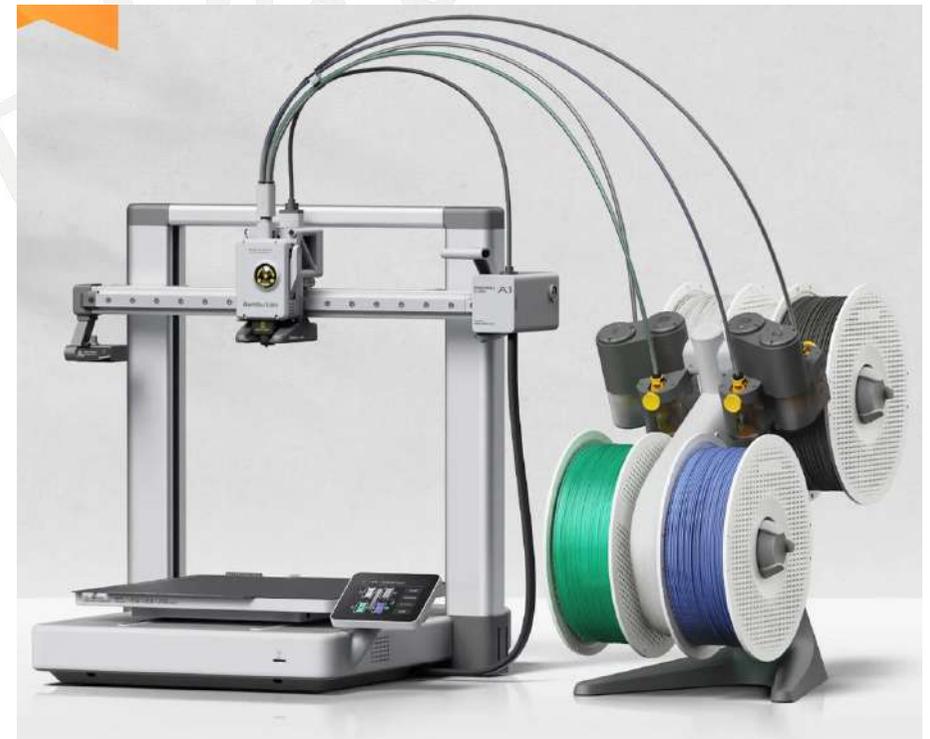
# Imprimante 3D FDM: choix

- Creality Ender 3V1
  - Technologie FDM
  - Plateau chauffant de 220x220x250mm (XxYxZ)
  - Vitesse d'impression jusqu'à 100mm/s
  - Mono-filament, plateau non-amovible
  - Non connectée à Internet, pas de caméra
  - Reprise après coupure de courant
  - Pas de détecteur de fin de fil
  - Z-offset manuel
  - Prix: +/- 200€
  - Inconvénients: le plateau mobile en Y, ce qui limite la vitesse à cause de l'inertie, le réglage niveau du plateau peu performant



# Imprimante 3D FDM: choix

- BambuLab A1 Combo
  - Technologie FDM
  - Plateau chauffant de 256x256x256mm (XxYxZ)
  - Vitesse d'impression jusqu'à 500mm/s
  - Multi-filament (4), plateau amovible
  - Connectée à Internet, caméra
  - Reprise après coupure de courant
  - Détecteur de fin de fil
  - Z-offset automatique
  - Prix: +/- 470€
  - Inconvénients: le plateau mobile en Y, ce qui limite la vitesse à cause de l'inertie



# Imprimante 3D FDM: choix

- Creality K2 Combo
  - Technologie FDM
  - Plateau chauffant de 260x260x260mm (XxYxZ)
  - Vitesse d'impression jusqu'à 600mm/s
  - Multi-filament (4 -> 16), plateau amovible
  - Connectée, caméra
  - Reprise après coupure de courant
  - Détecteur de fin de fil
  - Z-offset automatique
  - Core XY (le plateau ne bouge pas en Y)
  - Enceinte fermée
  - Prix: +/- 660€



# Imprimante 3D FDM: choix

- Sovol SV08 Max
  - Technologie FDM
  - Plateau chauffant de 500x500x500mm (XxYxZ)
  - Vitesse d'impression jusqu'à 700mm/s
  - Mono-filament, plateau amovible
  - Connectée à Internet, caméra
  - Reprise après coupure de courant
  - Détecteur de fin de fil
  - Z-offset automatique
  - Core XY (le plateau ne bouge pas en Y)
  - Enceinte fermée
  - Prix: +/- 1200€



# Distributeur de filament

- CFS chez Creality, AMS chez BambuLab, le distributeur de filament simplifie grandement la gestion du filament
  - Le filament s'humidifie moins vite et certains distributeurs ont une fonction sécheur
  - C'est le distributeur qui fournit et retire le filament de la tête
  - Si une bobine est vide, le distributeur continue d'imprimer automatiquement avec la bobine suivante du même filament (pour peu qu'elle soit présente)
  - Si on place 4 bobines de même technologie (PLA ou PETG ou ...) et de couleurs différentes, on peut imprimer en 4 couleurs



# Distributeur de filament

- Si on combine jusqu'à 4 distributeurs, on peut imprimer jusqu'à 16 couleurs différentes
- Un distributeur revient entre 300 et 350€ selon les marques et les fonctionnalités



# Imprimante 3D SLA: fonctionnement

- Le principe est de polymériser une résine photosensible liquide
- Avantages:
  - Très bonne résolution et précision
  - Surface lisse (pas de couche visible)
  - Diversité des résines: céramique, métal, flexible, ...
- Inconvénients:
  - Post-traitement indispensable
  - Prix de revient des pièces
  - Surface d'impression assez petite



Upside-Down (Inverted) SLA

- 1 Printed Part
- 2 Supports
- 3 Resin
- 4 Build Platform
- 5 UV Laser
- 6 Galvonometers
- 7 X-Y Scanning Mirror
- 8 Laser Beam
- 9 Resin Tank

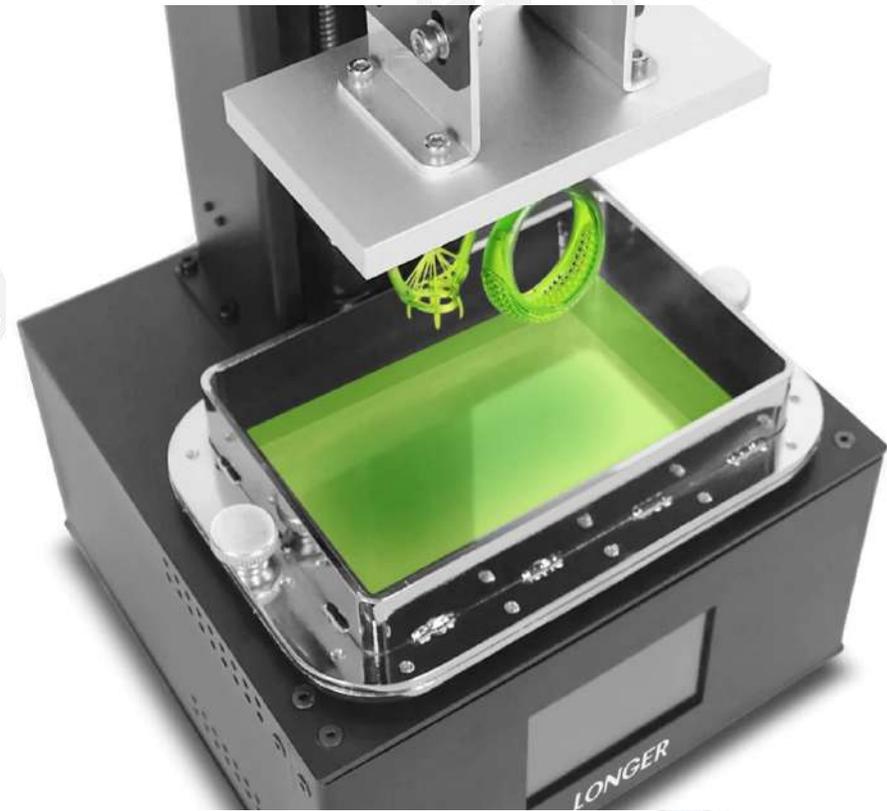
# Imprimante 3D SLA: résines

- Principaux types de résines:
  - Résine colorée standard qui se rince à l'alcool
  - Résine colorée lavable à l'eau
  - Résine résistante (ou abs-like) qui se rince à l'alcool avec des propriétés mécaniques améliorées
  - Résine claire qui est transparente et qui se rince à l'alcool



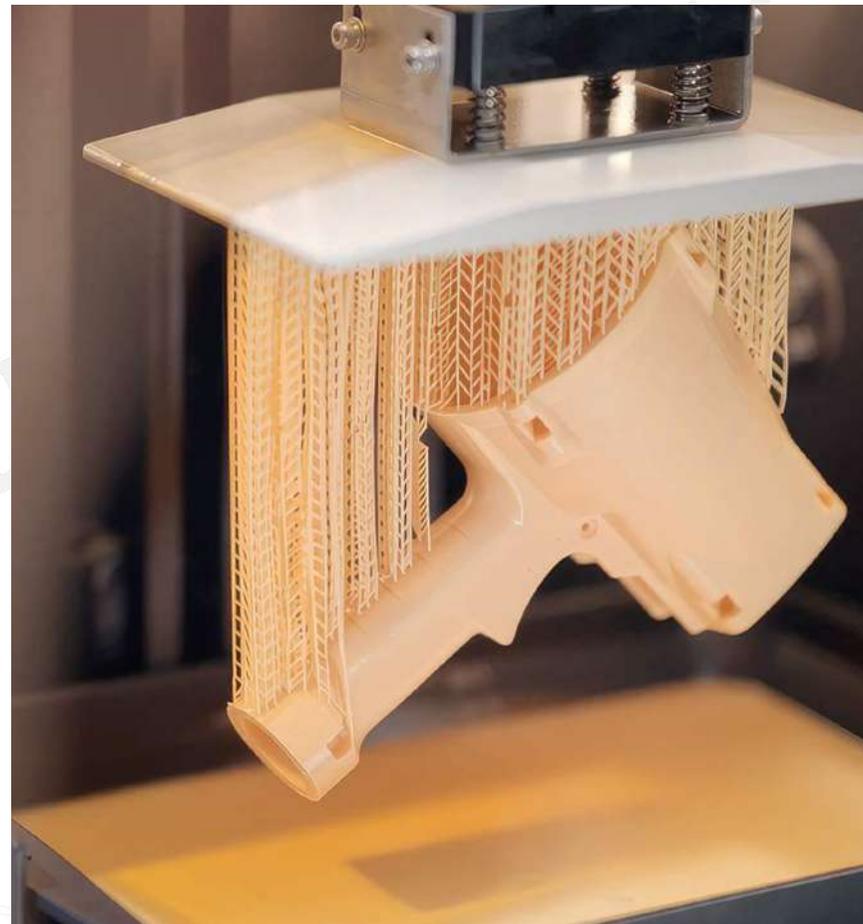
# Imprimante 3D SLA: résines

- On verse la résine dans un bac dont le fond est transparent et en contact avec la fenêtre du projecteur



# Imprimante 3D SLA: impression

- Le plateau plongera dans le bain de résine et sortira petit à petit l'objet 3D
- Une fois la pièce imprimée, il faut la rincer à l'alcool isopropylique ou à l'eau suivant le type de résine



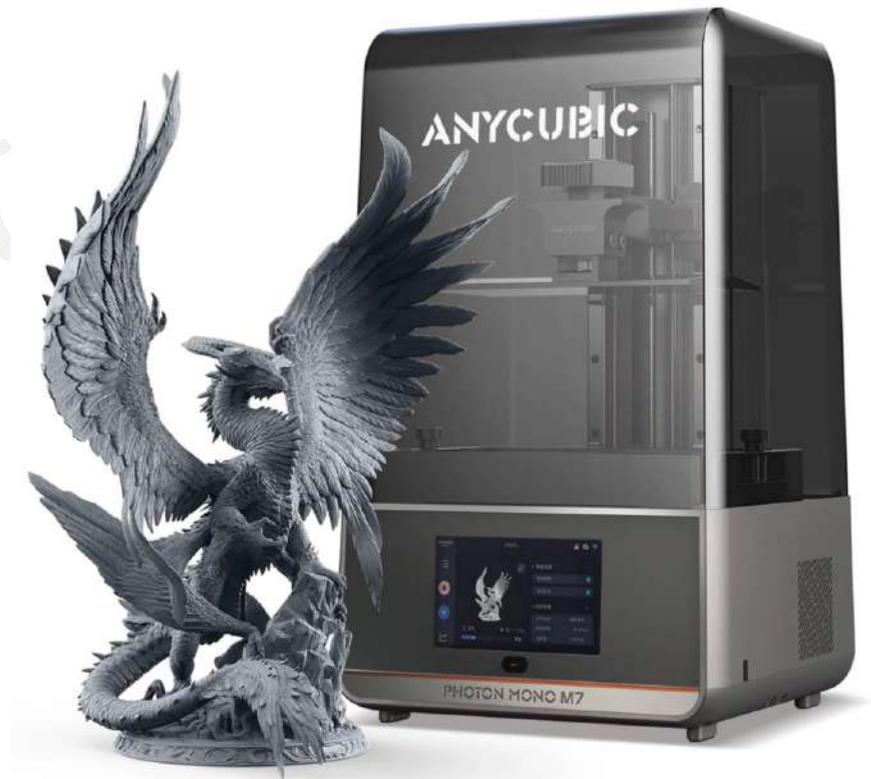
# Imprimante 3D SLA: traitement aux UV

- Pour achever la polymérisation de l'objet 3D, il faut soumettre cet objet à un rayonnement UV pendant un certain temps
- Un appareil spécifique a été créé à cet effet



# Choix d'imprimante 3D SLA

- Anycubic Photon Mono M7
  - Technologie SLA
  - Plateau de 223x126x230mm (XxYxZ)
  - Vitesse d'impression jusqu'à 150 mm/heure avec résine rapide
  - Prix: +/- 300€
- Wash & Cure 3 plus: +/- 170€



# Choix d'imprimante 3D SLA

- Anycubic Photon Mono M7 Max
  - Technologie SLA
  - Plateau de 298x164x300mm (XxYxZ)
  - Vitesse d'impression jusqu'à 83 mm/heure
  - Prix: +/- 700€
- Wash & Cure 3 Max: +/- 300€



# 3. TRANCHAGE DU FICHIER STL

# Slicer

- Une fois qu'on a notre fichier STL, on peut l'introduire dans un logiciel qu'on appelle un trancheur, ou plus communément selon l'appellation anglaise un "slicer", qui va transformer ce fichier STL en fichier GCODE
- Le fichier GCODE contient des codes qui sont interprétés par une machine-outil, et dans ce cas précis, par une imprimante 3D
- Parmi les slicers les plus utilisés, on trouve: OrcaSlicer, Cura, IdeaMaker, Simplify3D, ...

# Slicer

- La première chose à faire est de renseigner le modèle d'imprimante 3D utilisé, soit dans une liste, soit en créant son profil manuellement
- Ensuite, on importe ou on crée un profil d'impression qui détaillera: la vitesse de déplacement de la tête d'impression, la température du plateau, la température de la buse d'impression, la hauteur de couche, la présence ou non de supports, ...

# Slicer: Bambu Studio

- Nous prendrons comme exemple Bambu Studio qui est un slicer propriétaire récent qui gère les distributeurs de filament
- OrcaSlicer qui est slicer open-source est basé sur Bambu Studio, on retrouve les mêmes commandes

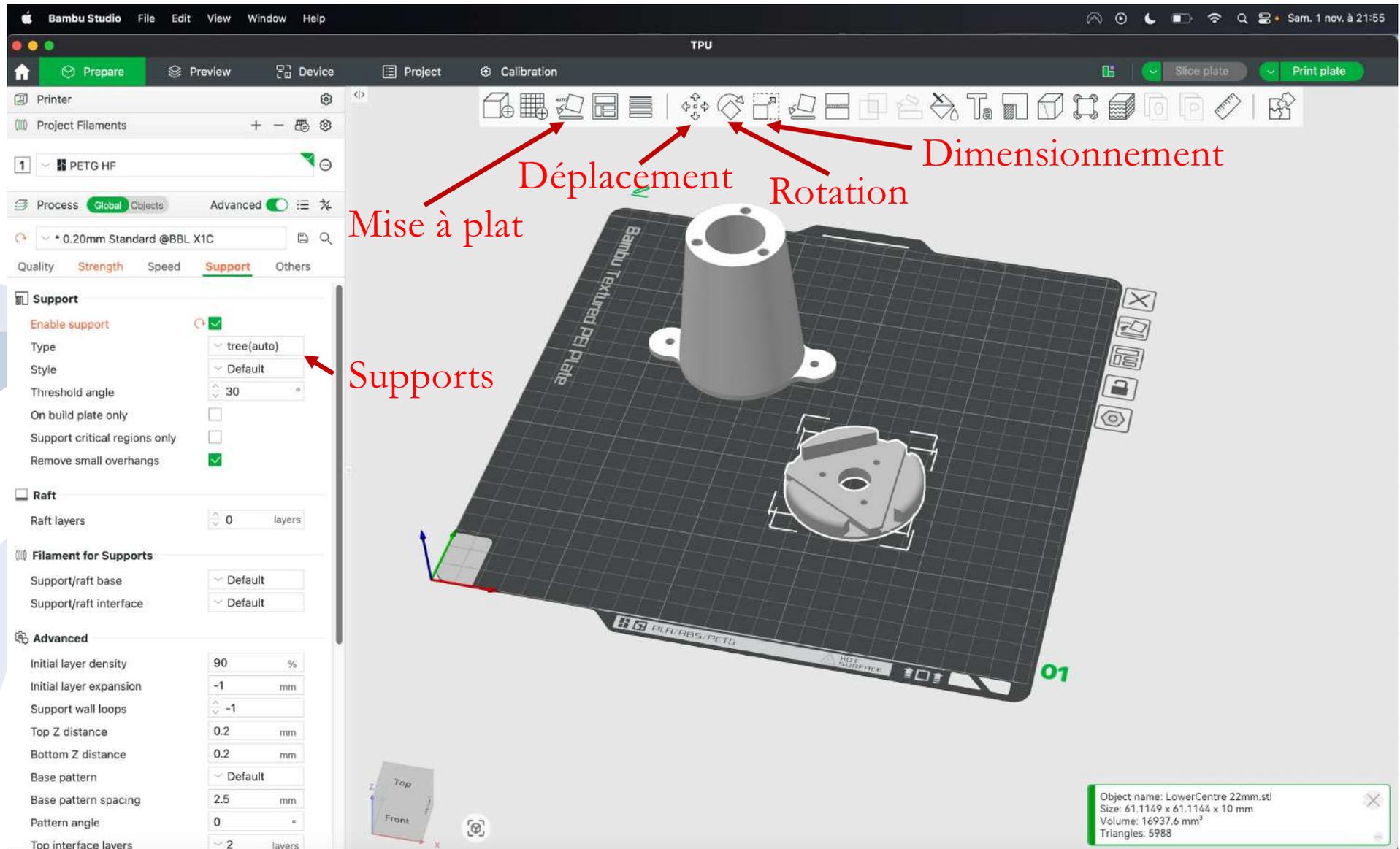
# Slicer: Bambu Studio

The image shows the Bambu Studio software interface with several red arrows pointing to specific features and settings, accompanied by French text annotations:

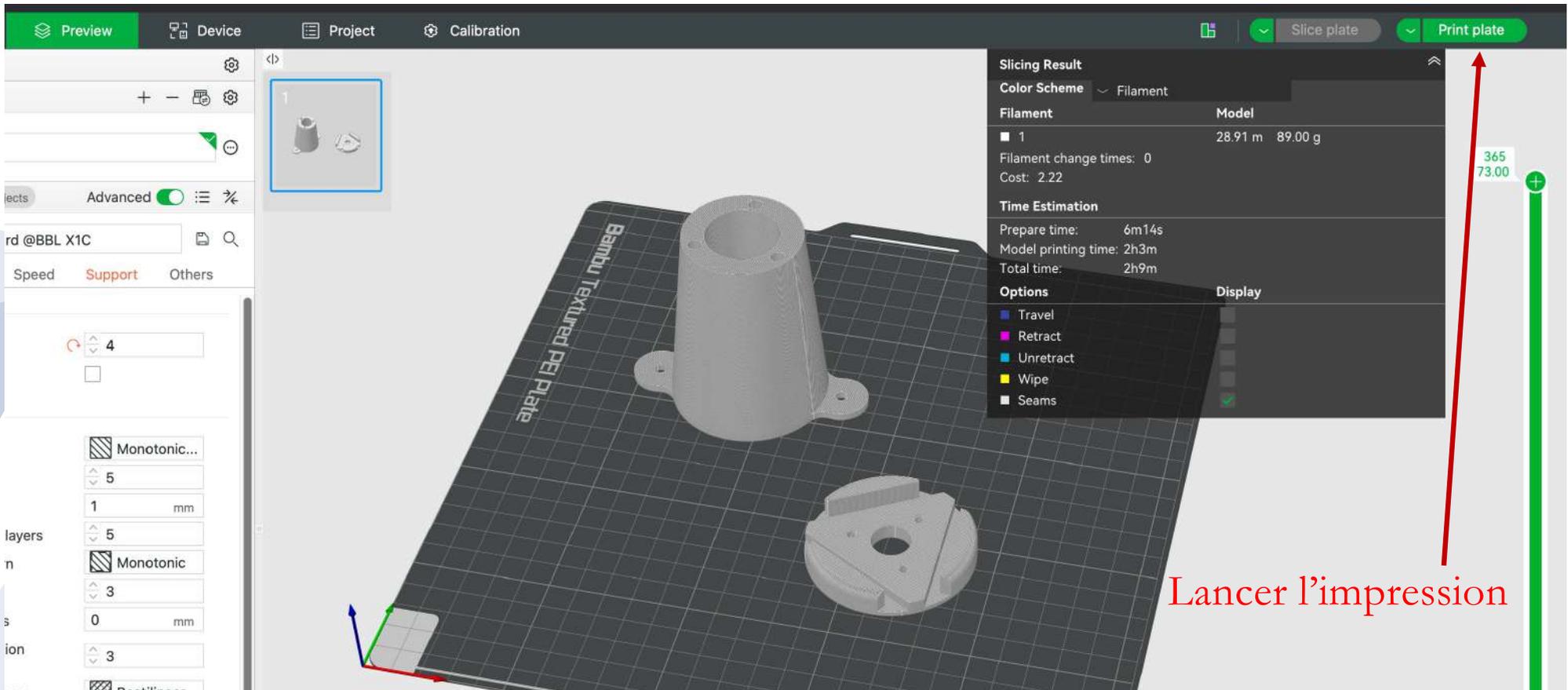
- Ajouter un objet 3D sur le plateau**: Points to the 'Add 3D Object' icon in the top toolbar.
- Type de filament**: Points to the filament selection dropdown in the left sidebar, currently set to 'PETG HF'.
- Hauteur de couche**: Points to the layer height setting in the 'Process' section, currently set to '0.20mm Standard @BBL X1C'.
- Nombre de murs**: Points to the 'Wall loops' setting in the 'Walls' section, currently set to '4'.
- Taux de remplissage**: Points to the 'Sparse infill density' setting in the 'Sparse infill' section, currently set to '30 %'.
- Trancher ce qu'il y a sur le plateau**: Points to the 'Slice plate' button in the top toolbar.

The main 3D view shows a grey cylindrical object and a grey circular object on a dark grey grid representing the print bed. The interface includes a top menu bar (File, Edit, View, Window, Help), a top toolbar with various icons, and a left sidebar with settings for Printer, Project Filaments, Process, Walls, Top/bottom shells, Sparse infill, and Advanced. A status bar at the bottom right displays object information: 'Object name: LowerCentre 22mm.stl', 'Size: 61.1149 x 61.1144 x 10 mm', 'Volume: 16937.6 mm³', and 'Triangles: 5988'.

# Slicer: Bambu Studio



# Slicer: Bambu Studio



# Slicer: Bambu Studio

The screenshot displays the Bambu Studio software interface. The top menu bar includes 'Bambu Studio', 'File', 'Edit', 'View', 'Window', and 'Help'. The main window is titled 'TPU' and features a navigation bar with 'Prepare', 'Preview', 'Device', 'Project', and 'Calibration'. The 'Device' tab is active, showing a camera view of the printer. On the left, a sidebar lists 'Status', 'Storage', 'Update', and 'Assistant(HMS)'. The central area shows the printer's internal components. The right panel, titled 'Control', includes 'Printer Parts', 'Print Options', and 'Calibration' buttons. It displays temperature readings (24/0 °C, 21/0 °C, and a blank one), a fan speed of 100%, and a lamp status. A circular control pad with a home icon and directional arrows is present. Below this, there are buttons for '10', '1', 'Bed', '1', and '10'. The filament management section shows four spools: A1 (PETG K 0.020), A2 (PETG K 0.020), A3 (PETG K 0.020), and A4 (PLA K 0.020). An 'Ext' section shows a TPU K 0.020 spool. An 'Auto-refill' button is located below the spools. A red arrow points from the text 'Gestion des filaments de l'AMS' to the filament management area.

Control

Printer Parts Print Options Calibration

24 / 0 °C

21 / 0 °C

— / — °C

Fan 100% Lamp

Y X -X -Y

10 1 Bed 1 10

Extruder

38% \*

A1 A2 A3 A4

PETG K 0.020 PETG K 0.020 PETG K 0.020 PLA K 0.020

Ext TPU K 0.020

Auto-refill Unload Load

Printing Progress

1 TPU 2h23m32s 97.37g

100% Layer: 365/365 -0m

Finished

Gestion des filaments de l'AMS

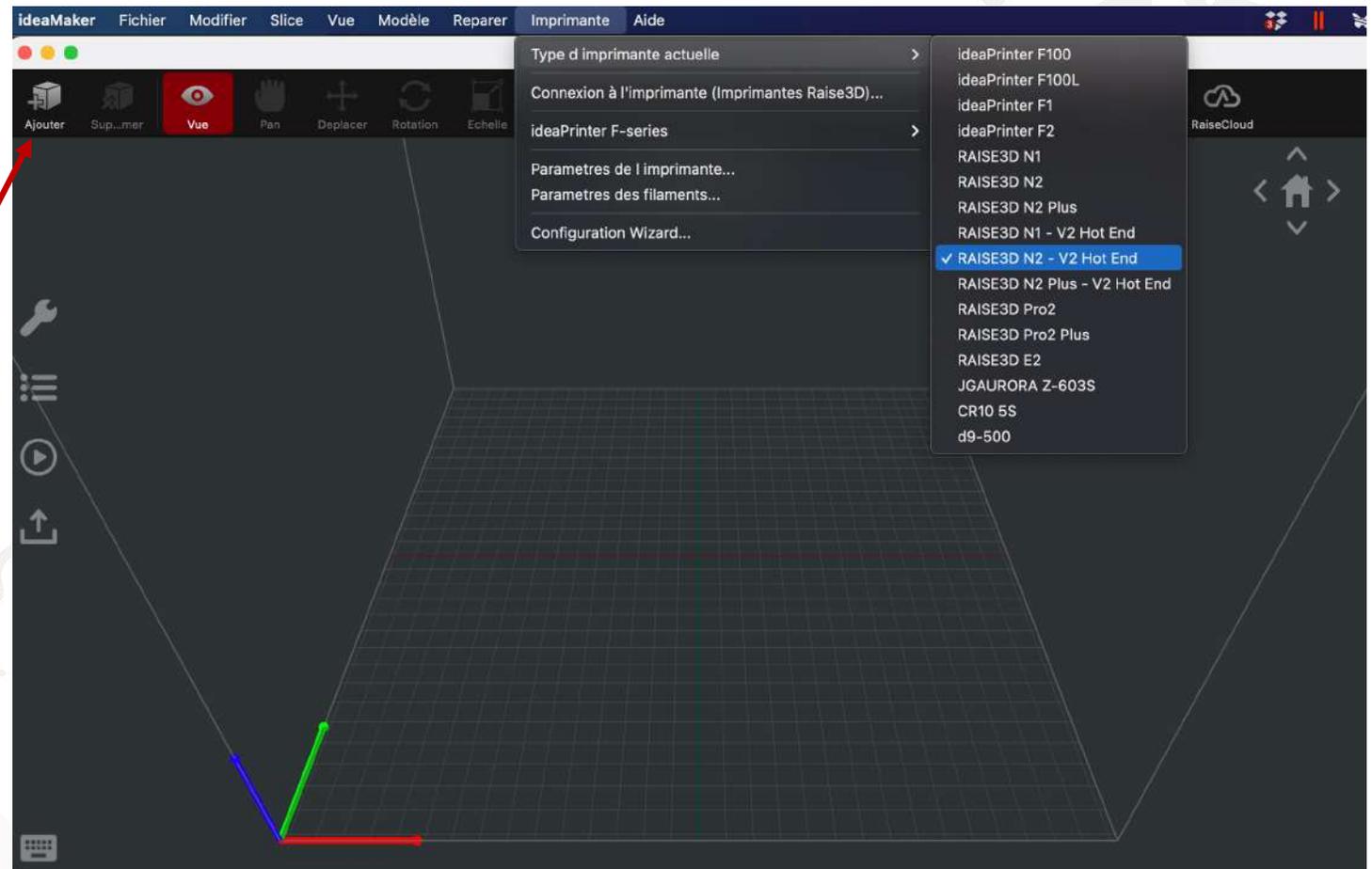
# Slicer

- Comme slicer un peu plus ancien, pour des imprimantes sans distributeur de filaments, on trouve le très efficace IdeaMaker qui est, à mon avis, plus performant que Cura, tout en restant gratuit
- Chris Workshop a réalisé une série de tuto de qualité en français sur IdeaMaker
- Voici le lien du premier:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Wq47mla2AZE>

# IdeaMaker

- On sélectionne l'imprimante 3D avec laquelle on va travailler

- On peut, ensuite, cliquer sur Ajouter pour importer un STL

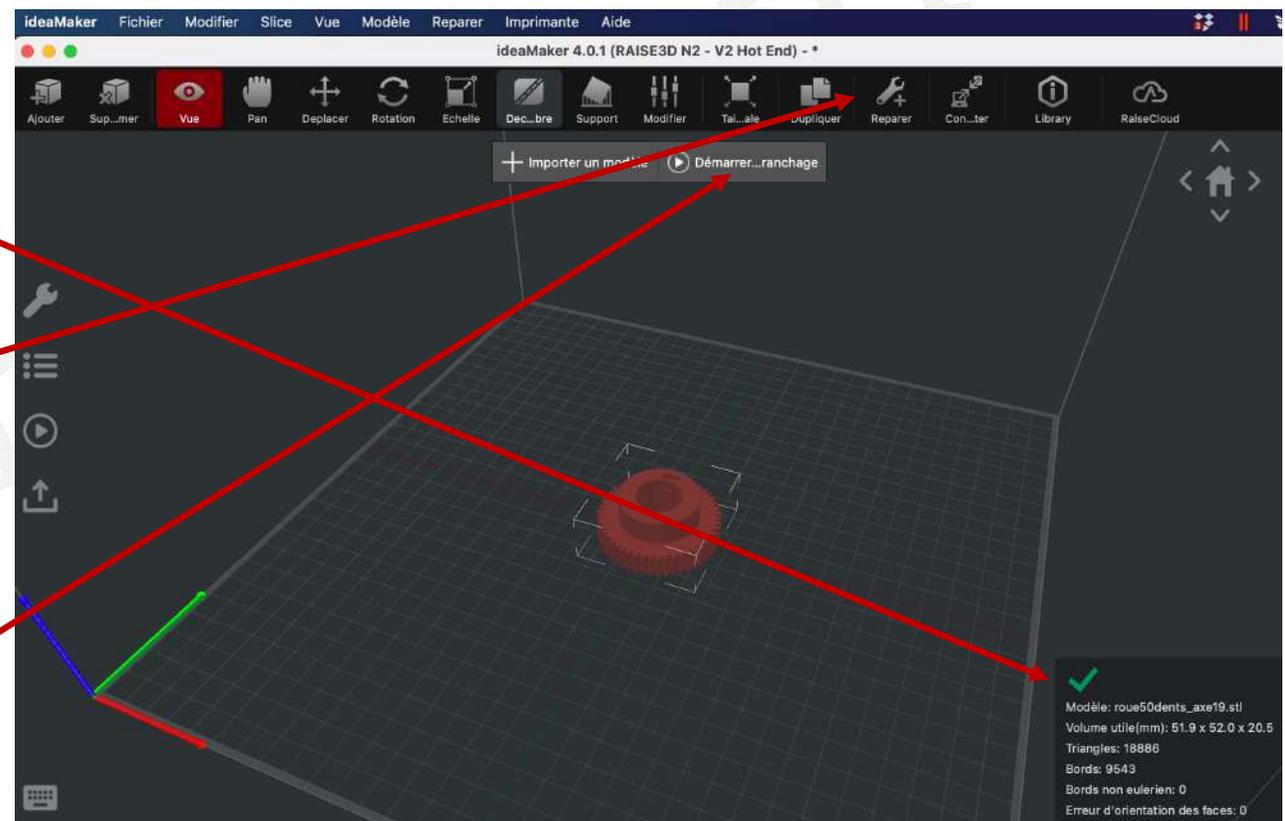


# IdeaMaker

- Une fois le STL importé, on peut le déplacer sur le plateau, changer son orientation, le redimensionner, ...

- Si on a une petite coche verte, c'est que c'est ok, sinon, il faut cliquer sur Réparer

- On peut ensuite, démarrer le slicer

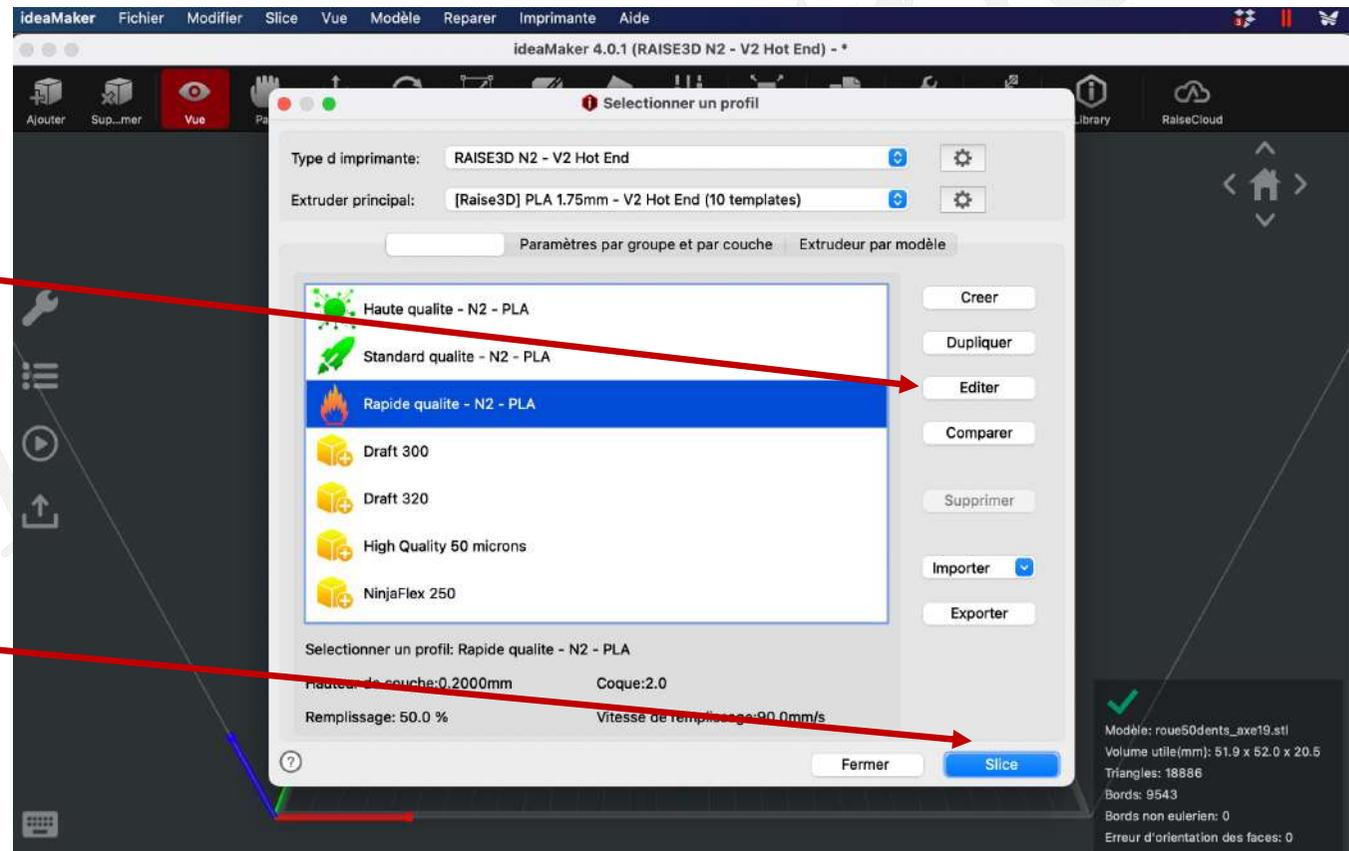


# IdeaMaker

- Ici, on a choisi un profil avec une hauteur de couche de 0.2mm et un remplissage à 50%

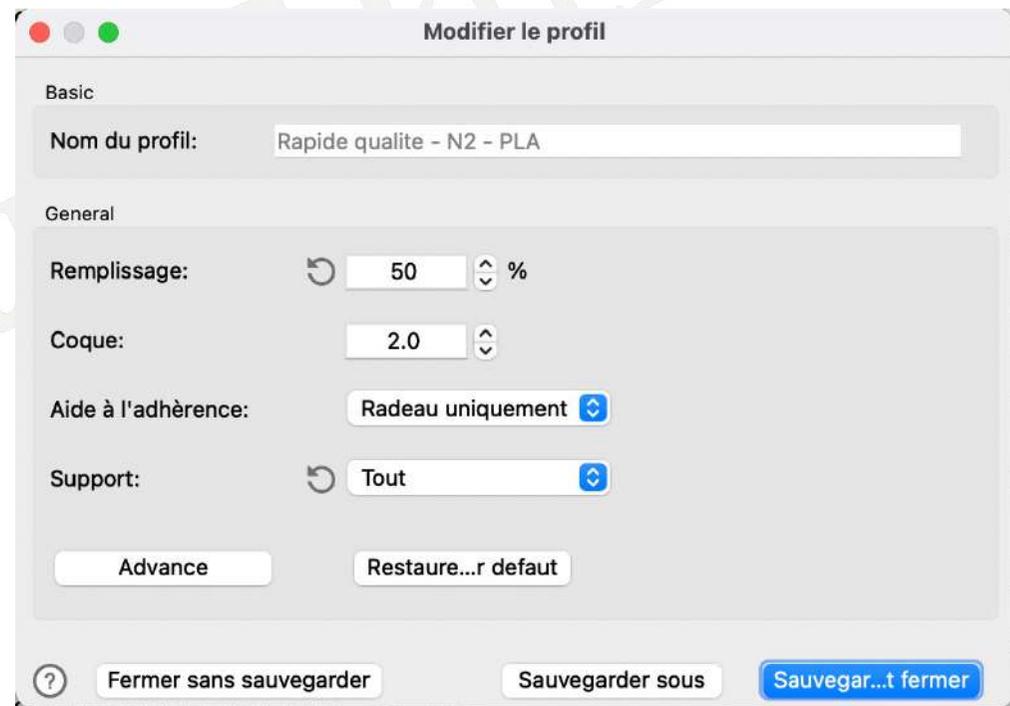
- Ces Paramètres (et plein d'autres) sont éditables

- Quand c'est bon, on clique sur Slice



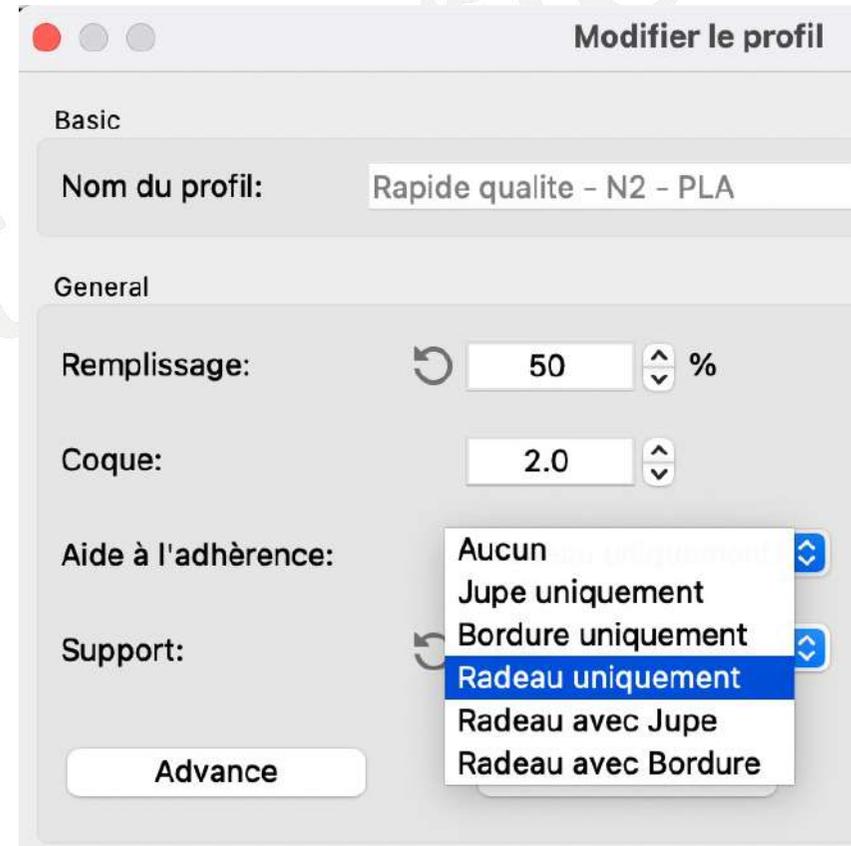
# IdeaMaker

- Dans ces paramètres de base, on peut changer:
  - La densité d'impression
  - Le nombre de coques
  - L'aide à l'adhérence
  - Le type de supports



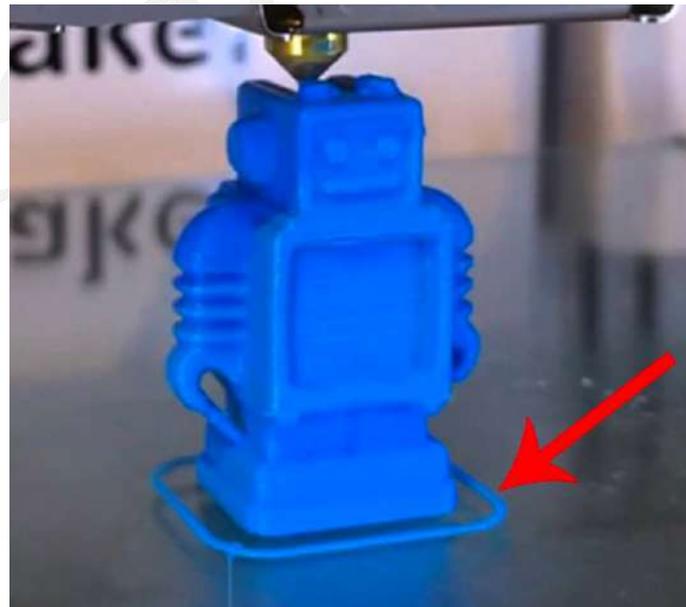
# IdeaMaker

- Au niveau de l'aide à l'adhérence, plusieurs options possibles:
  - Jupe (skirt): imprime le contour de la pièce à une certaine distance de celle-ci
  - Bordure (brim): imprime le contour de la pièce sur une certaine largeur, en contact avec la pièce
  - Radeau (raft): imprime une couche de base sur laquelle la pièce sera imprimée



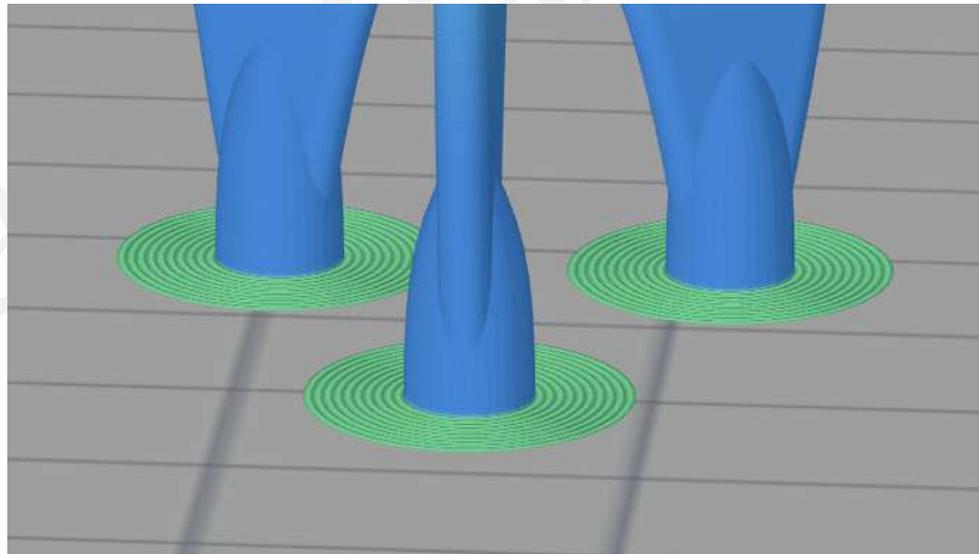
# Aides à l'impression

- La jupe (skirt) permettra de purger la buse et de démarrer la production du fil avant de s'attaquer à la production de la pièce
- Si on imprime un jupe sur la hauteur du modèle, on le protège un peu mieux des différences de températures (pour l'ABS)



# Aides à l'impression

- La bordure (brim) permet d'augmenter la surface de contact avec le plateau lorsque le modèle est étroit et éviter ainsi un décollement de la pièce



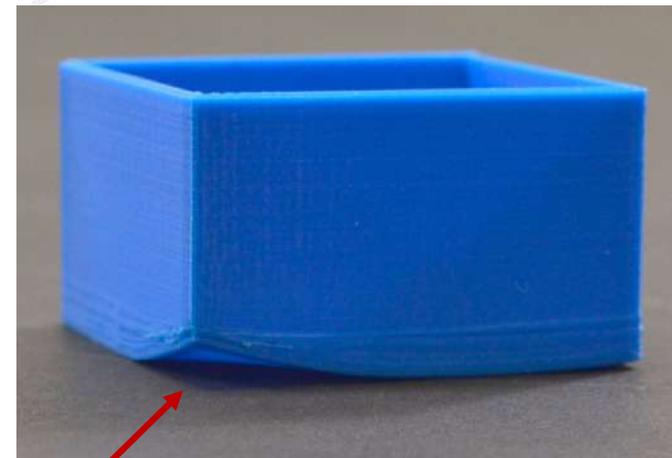
Source: simplify3d.com

# Aides à l'impression

- Le radeau (raft) permet de diminuer ou d'annuler le warping
- Ca permet aussi de ne pas être affecté par un revêtement de plateau abimé



Source: qbmaker.com

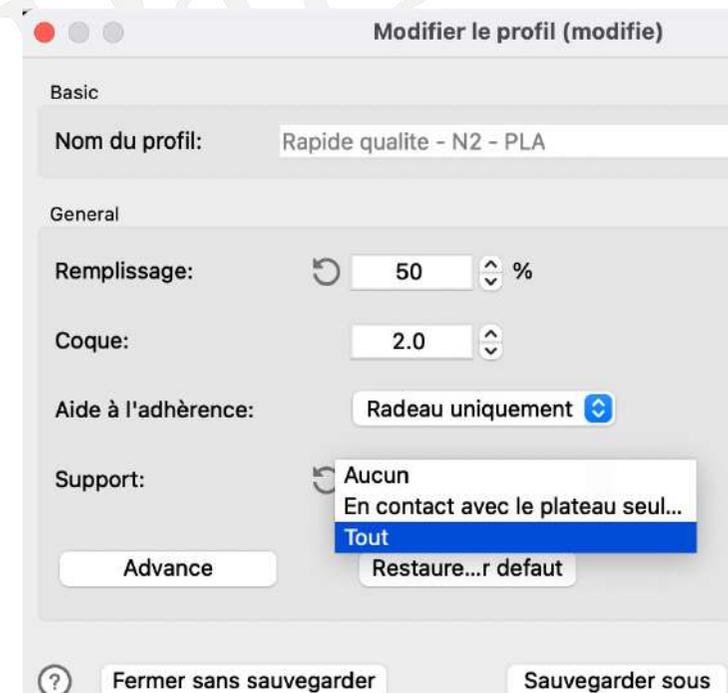


Source: all3dp.com

warping

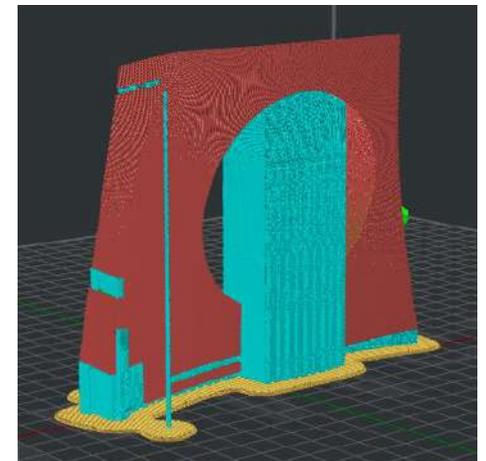
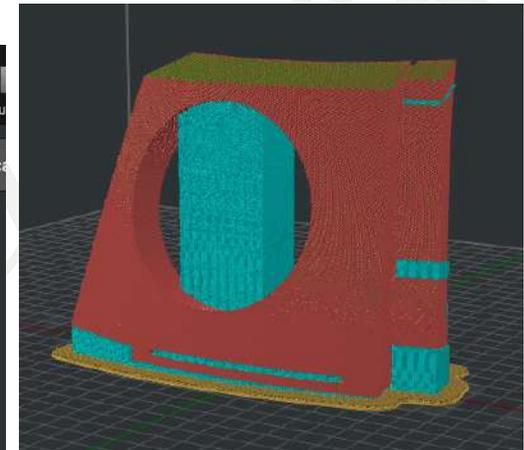
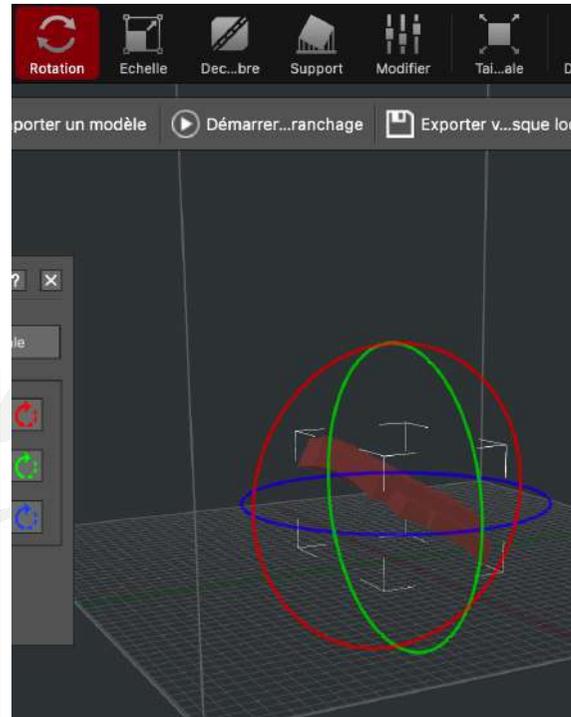
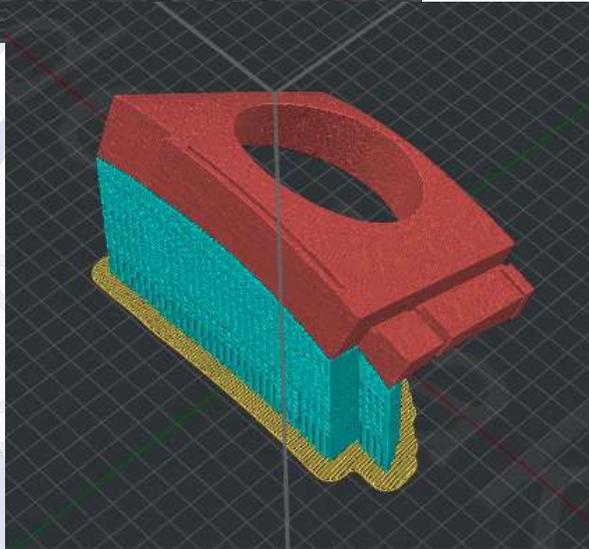
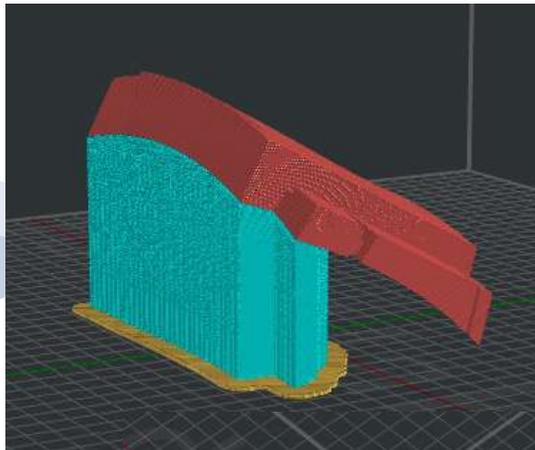
# Aides à l'impression

- Au niveau des supports, on a le choix entre imprimer tous les supports nécessaires (c'est le logiciel qui détermine cela) ou uniquement les supports en contact avec le plateau
- Par défaut, choisissez tout et vous pourrez toujours adapter par après



# Aides à l'impression

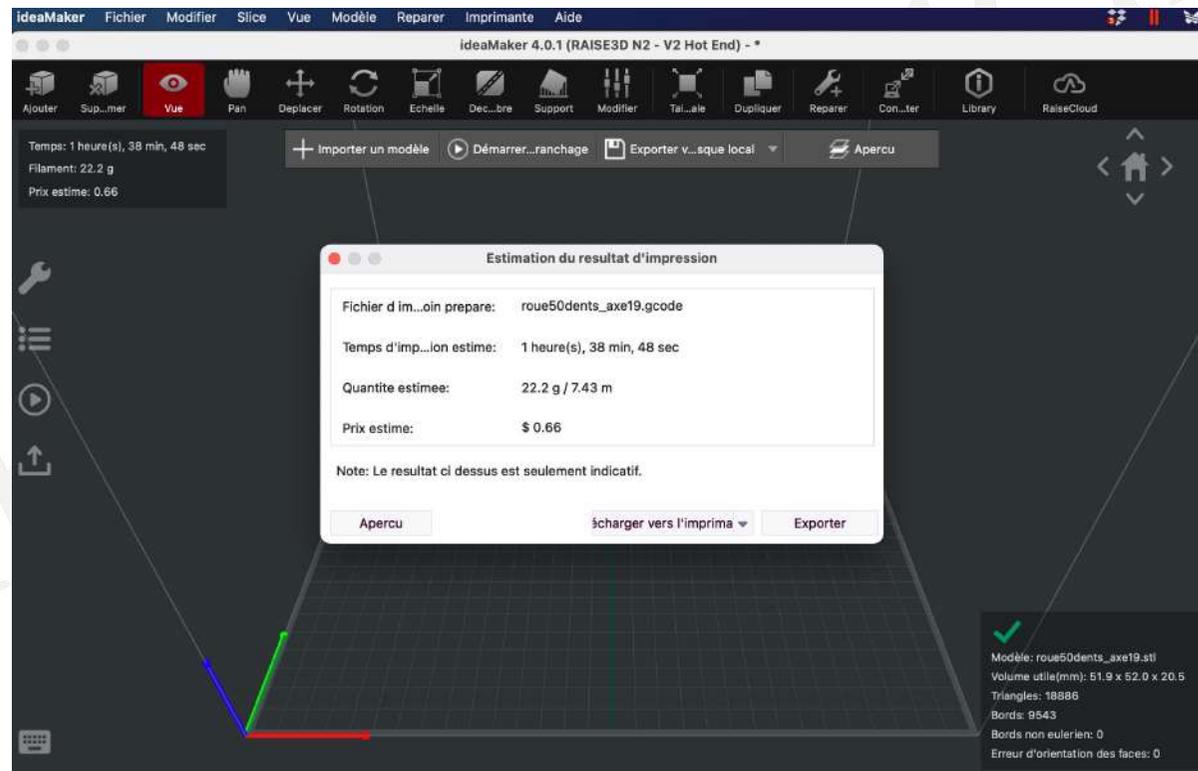
- Exemples de supports suivant l'orientation de la pièce



# IdeaMaker

- Une fois le fichier gcode produit, on peut l'exporter vers une clé USB, par exemple, pour le fournir à l'imprimante

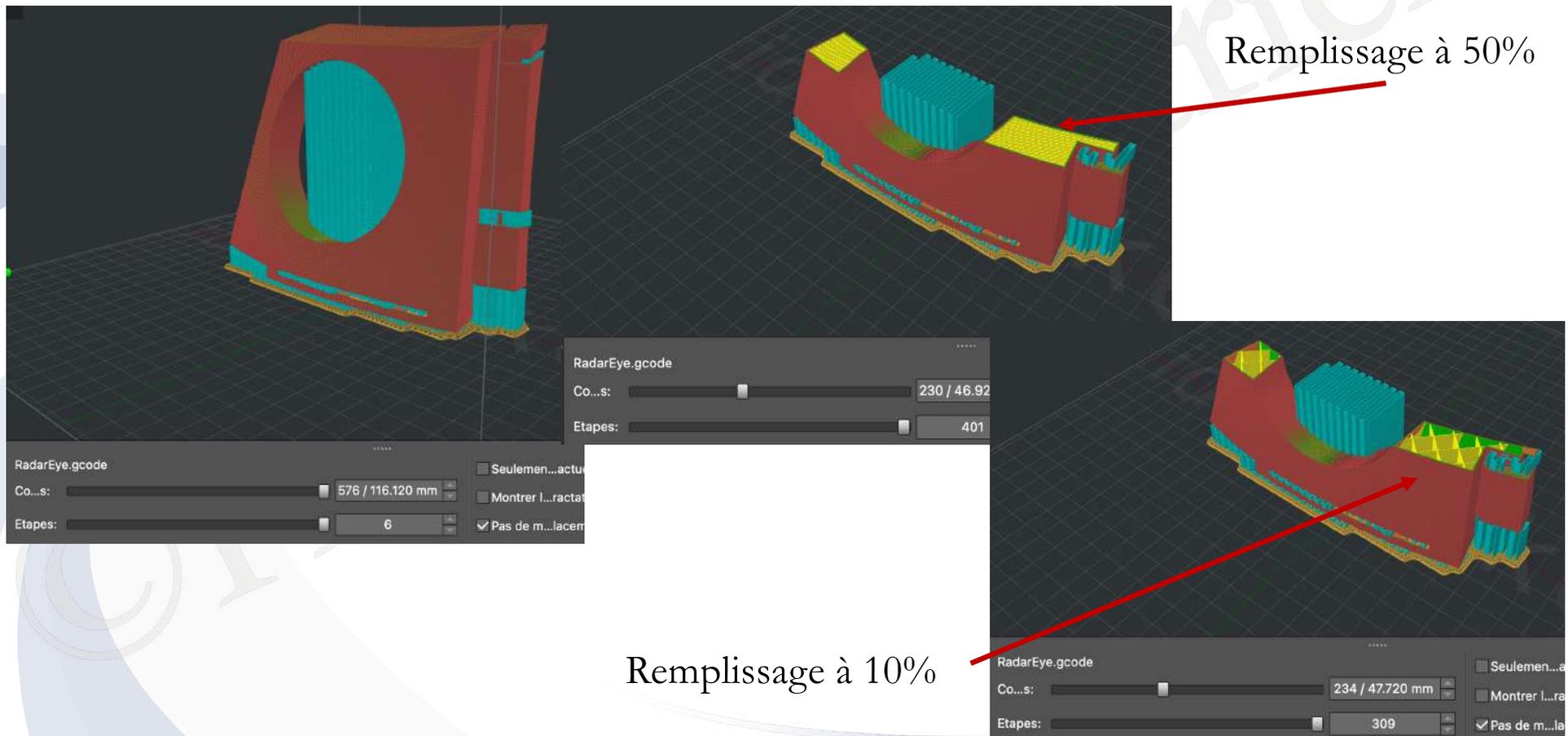
- On a également une indication de la quantité de fil consommé ainsi que du temps nécessaire à l'impression



- La fonction Aperçu permet de visualiser la façon dont va se dérouler l'impression

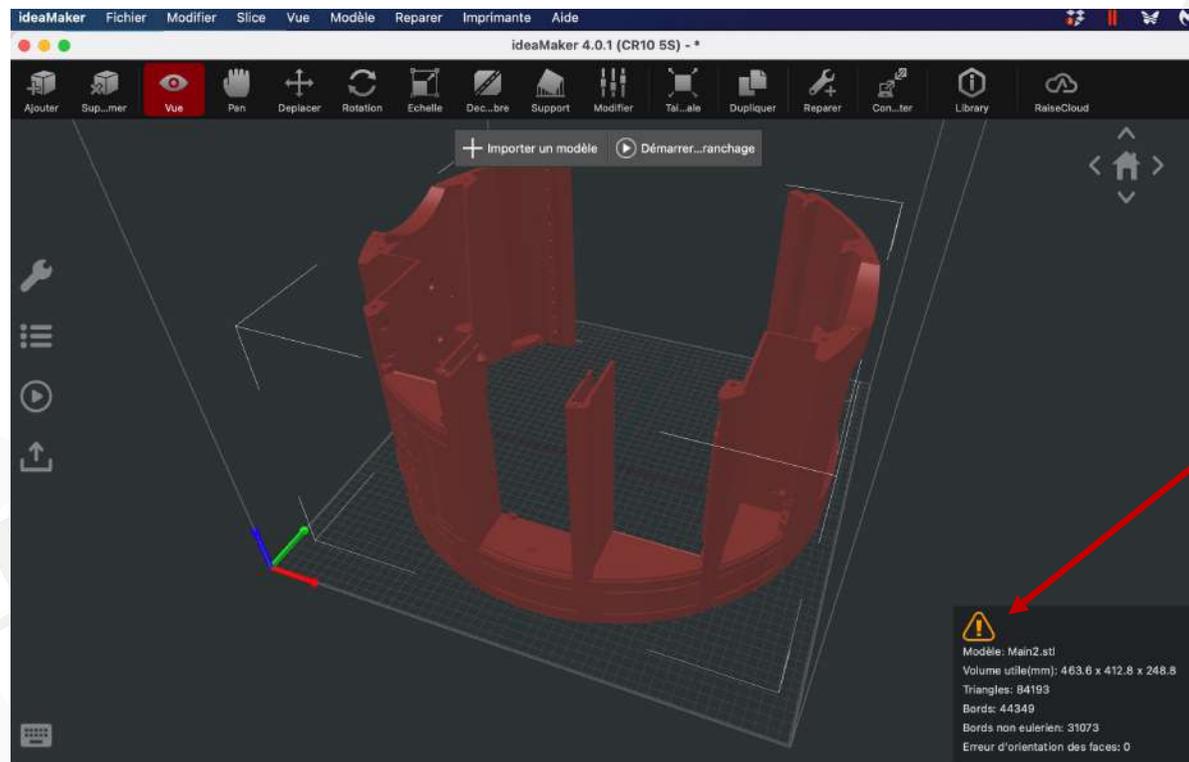
# IdeaMaker

- Exemple d'utilisation de l'aperçu pour voir le radeau, les différents supports et les étapes



# Réparation de fichier STL

- Parfois le stl reçu comporte des erreurs, signalées par le slicer
- La plupart du temps, on peut utiliser la réparation automatique du slicer



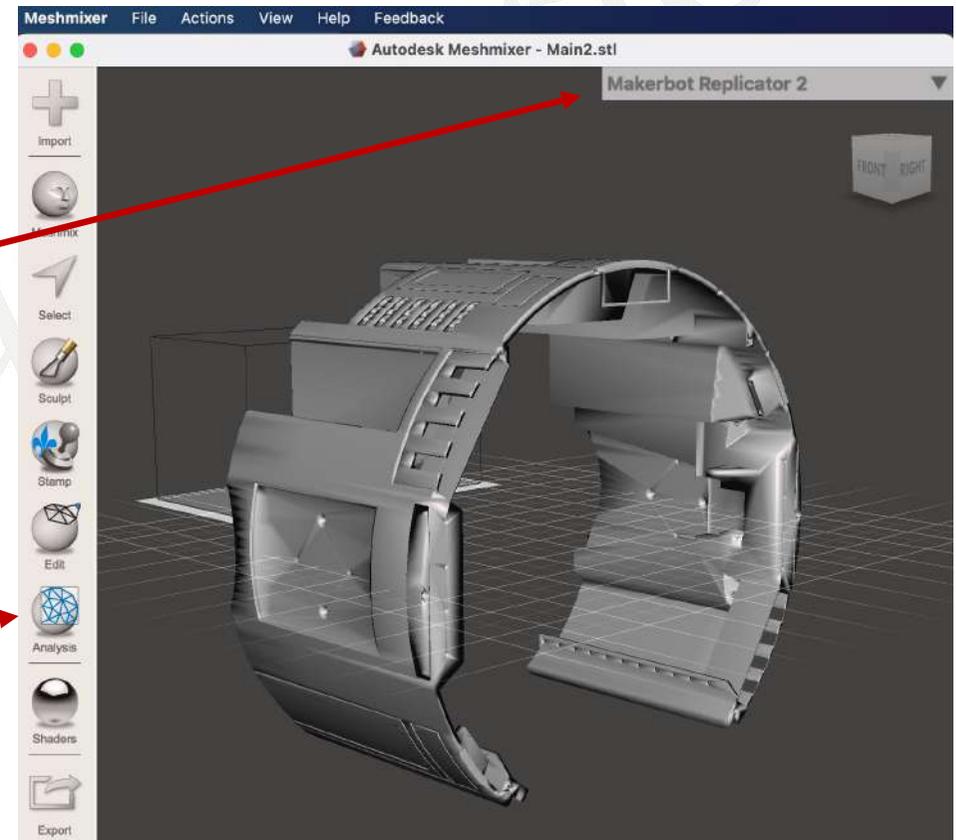
- Quand ça ne fonctionne pas, il faut alors passer par un autre logiciel, meshmixer, pour réparer le fichier STL

# Réparation de fichier STL: meshmixer

- Une fois dans l'interface, on clique sur Import, puis on attend que le programme importe le dessin ce qui peut prendre du temps

- Peu importe l'orientation de la pièce et l'imprimante renseignée, ça ne change rien à la réparation

- On clique sur Analysis

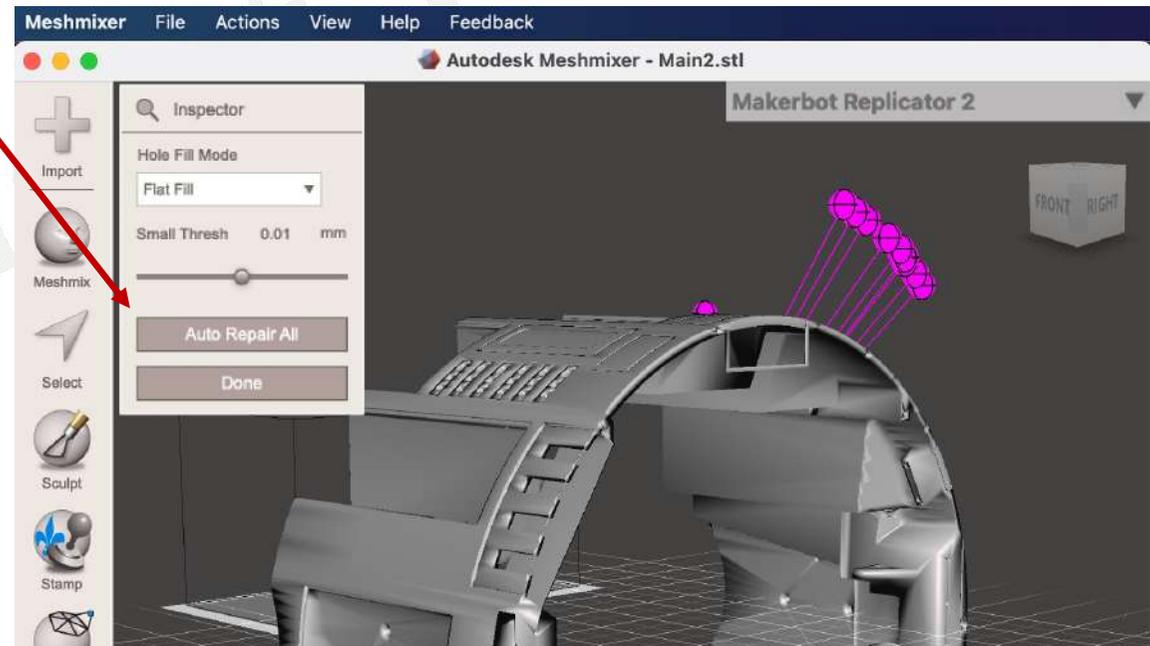


# Réparation de fichier STL: meshmixer

- Il faut ensuite cliquer sur Inspector



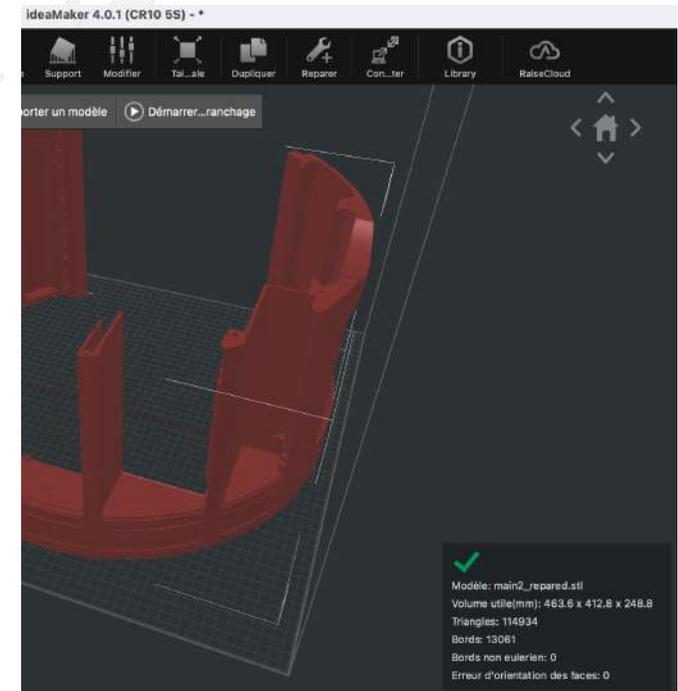
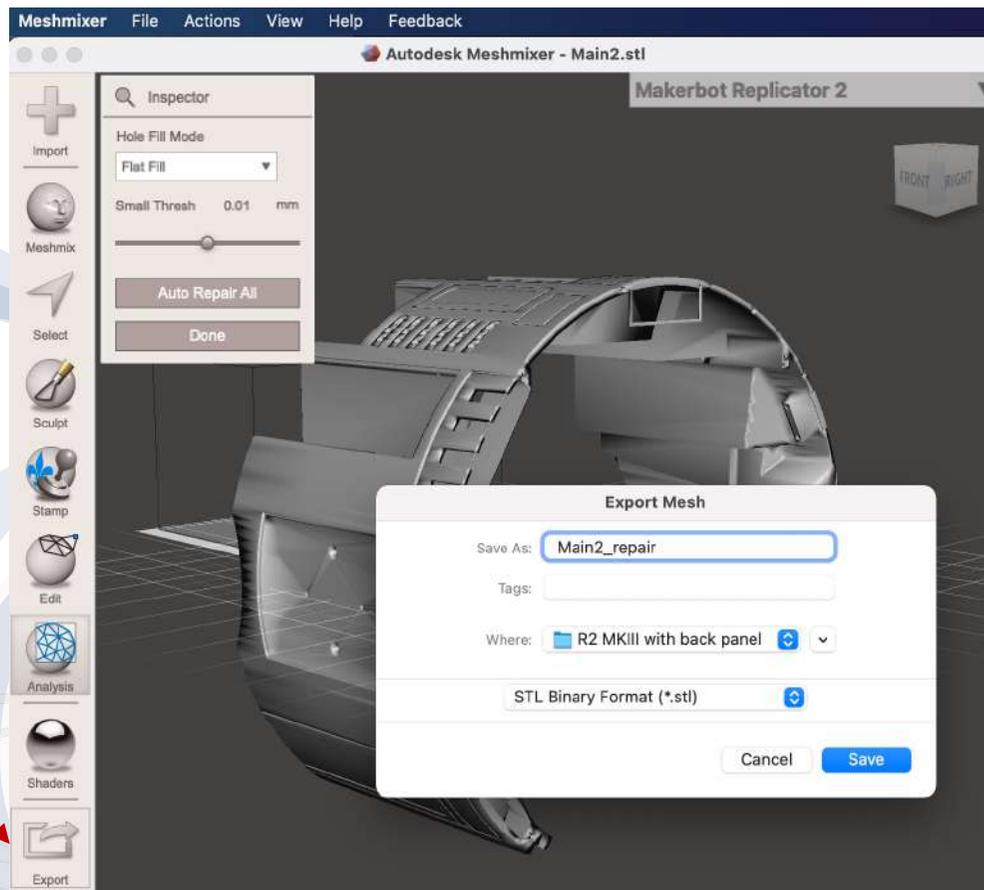
- Puis sur Auto Repair All



# Réparation de fichier STL: meshmixer

- Une fois le modèle réparé, on peut cliquer sur Export et

réimporter le fichier réparé dans IdeaMaker



# 4. IMPRESSION 3D ET POST-TRAITEMENT

# Impression 3D: lecture du fichier GCODE

- Une fois le fichier GCODE obtenu, on peut le transmettre à l'imprimante par clé USB, carte mémoire, réseau local, cloud, ... suivant le modèle de l'imprimante
- Attention que certaines imprimantes utilisant des cartes SD lisent cette carte en permanence et que si on retire cette carte alors que l'imprimante imprime, l'imprimante s'arrête et l'impression est ratée
- D'autres chargent le fichier en mémoire et le support peut être retiré -> à tester donc pour éviter de perdre du fil et du temps

# Impression 3D: en manque de fil

- Certaines imprimantes ont un détecteur de fin de fil, d'autres non ...
- Avec un détecteur de fin de fil, l'imprimante met l'impression en pause quand il n'y a plus de fil et on a la possibilité de changer le fil avant de reprendre l'impression
- Sinon, il faut estimer si on a assez de fil dans la bobine ou passer voir régulièrement

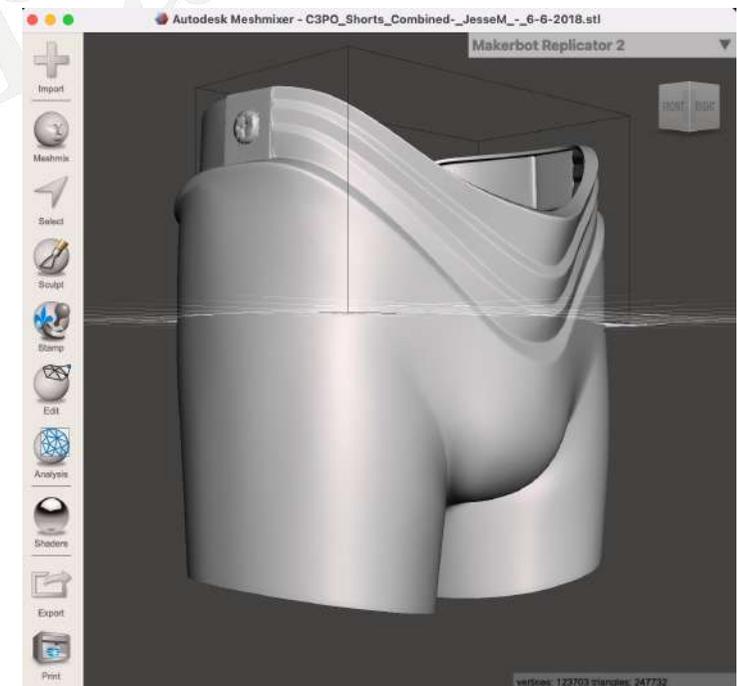
# Impression 3D: coupure de courant

- Certaines imprimantes peuvent reprendre le travail en cours après une coupure de courant, d'autres non ...
- Dans ce cas, deux solutions:
  - Soit, on recommence depuis le début
  - Soit, on mesure précisément la hauteur de l'objet déjà imprimée et avec meshmixer on coupe le modèle en deux au niveau de cette dimension  
On imprime alors la deuxième partie et on colle les deux parties

# Impression 3D: découpe avec meshmixer

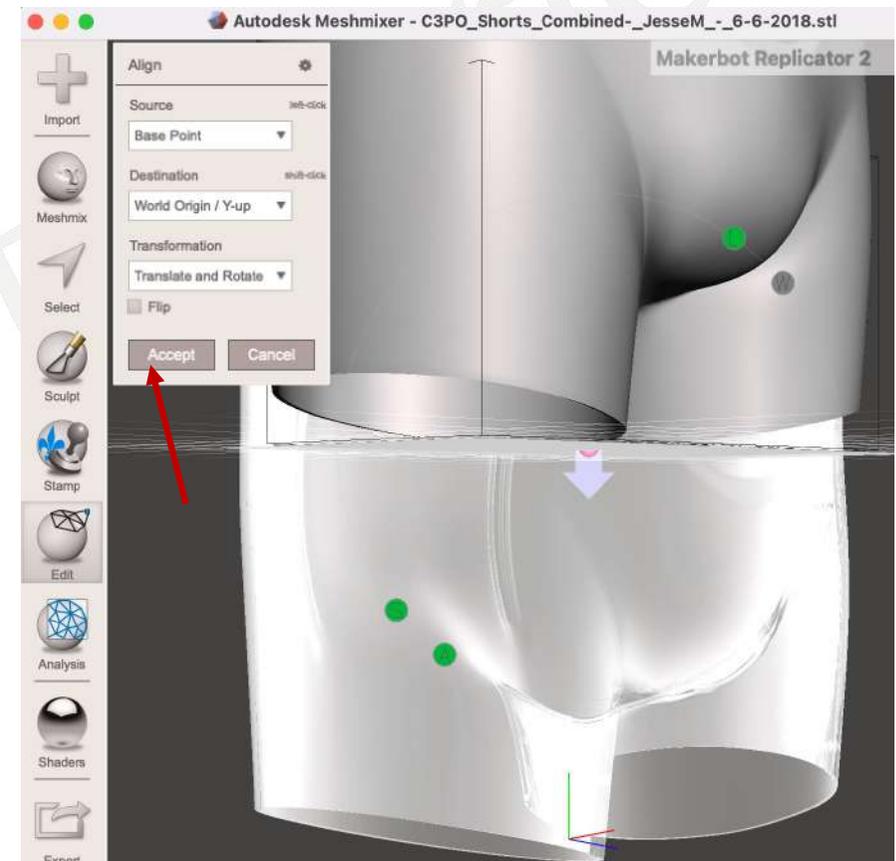
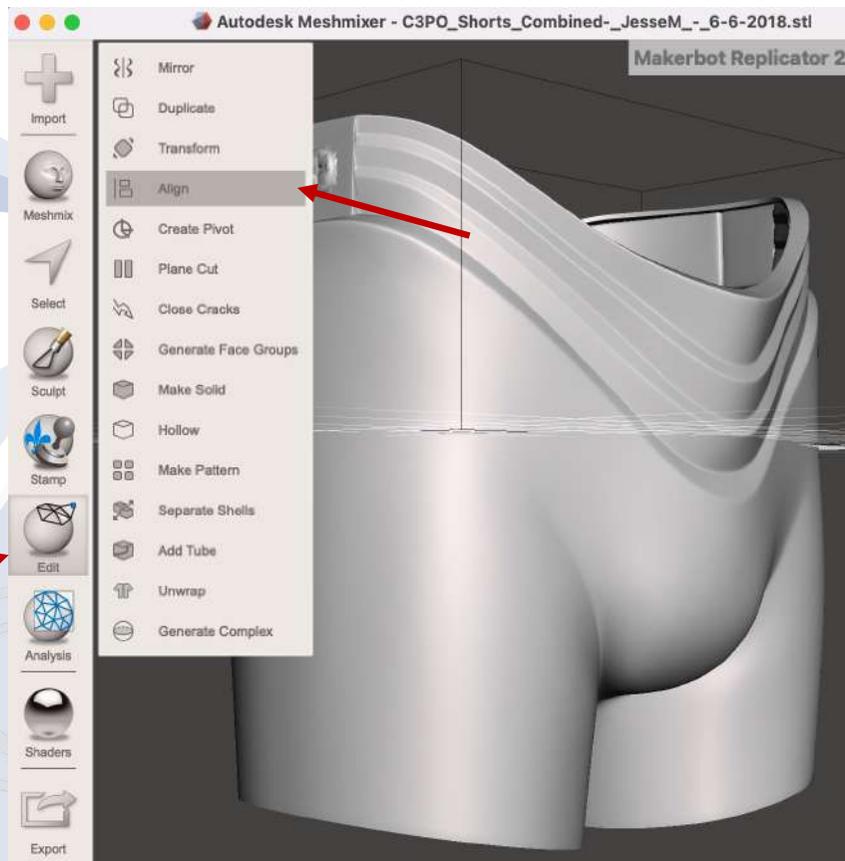
- Si on doit imprimer un objet en plusieurs fois car l'impression a été interrompue (coupure de courant, bourrage, coupure du fil, ...) ou que le plateau est trop petit pour imprimer en une fois, on peut couper l'objet en plusieurs parties avec meshmixer

- On va montrer ici comment faire une coupure plane
- Prenons comme exemple le short de c3po



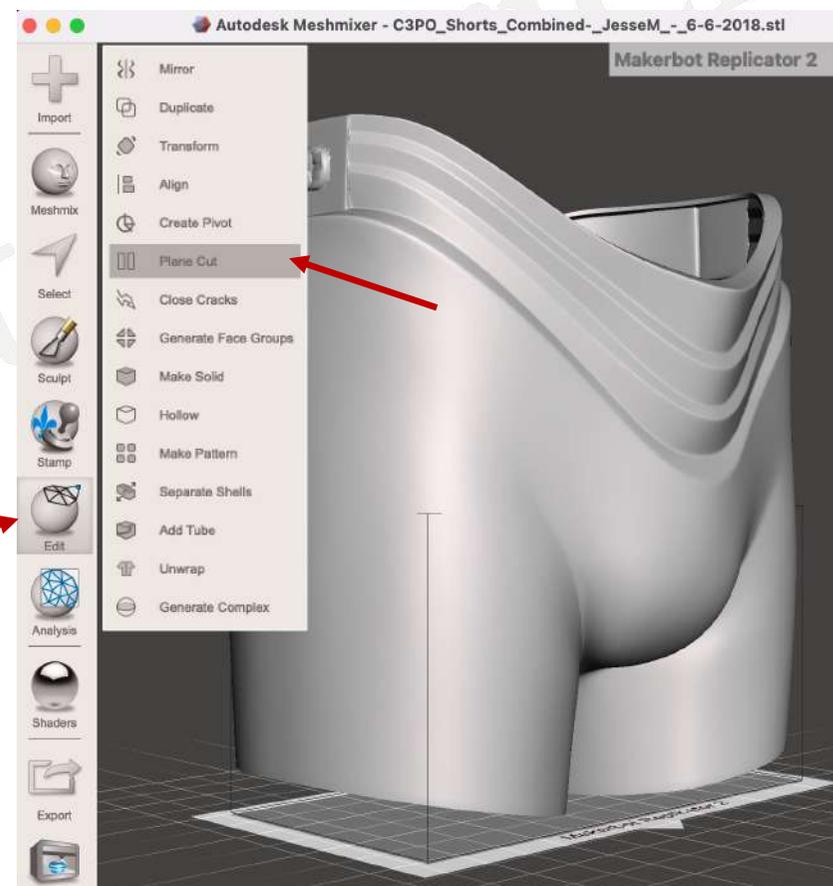
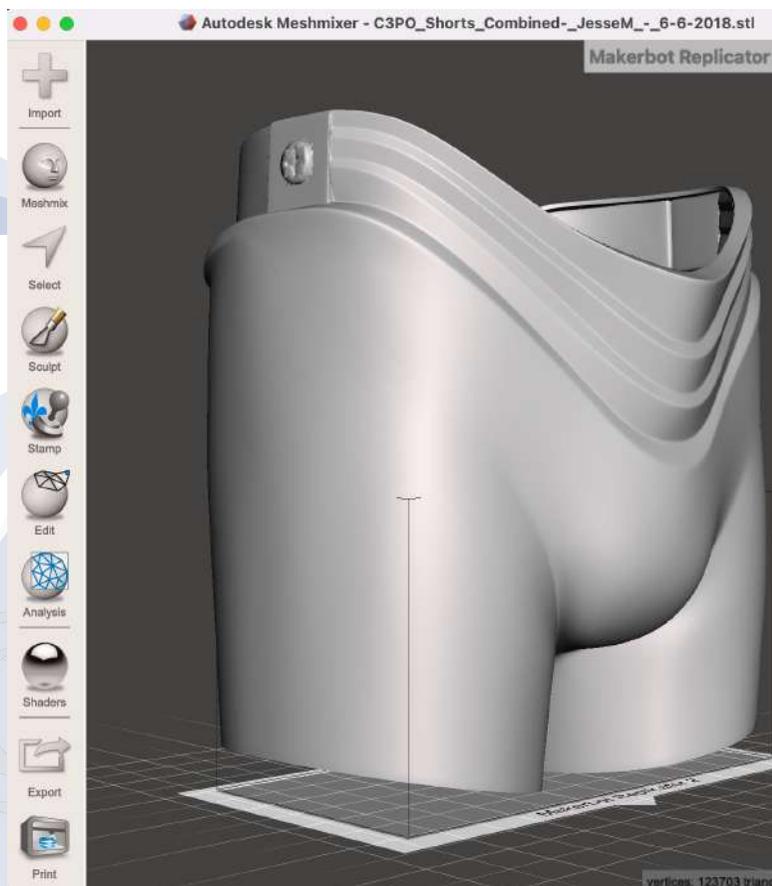
# Impression 3D: découpe avec meshmixer

- On va d'abord aligner l'objet pour qu'il soit posé à 0 sur l'axe Z
- Automatiquement, meshmixer va proposer cette opération



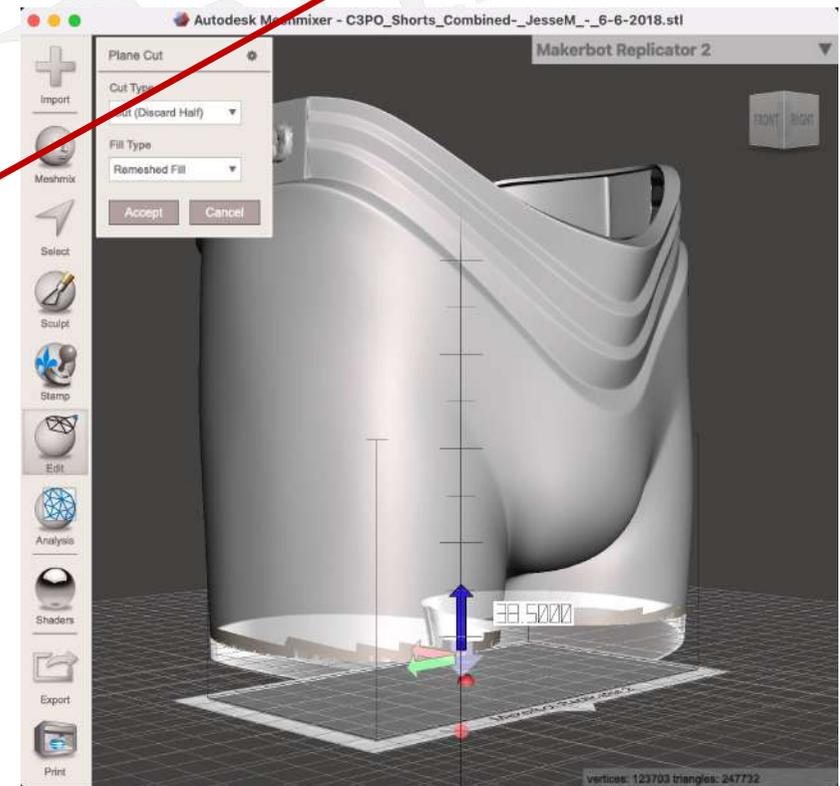
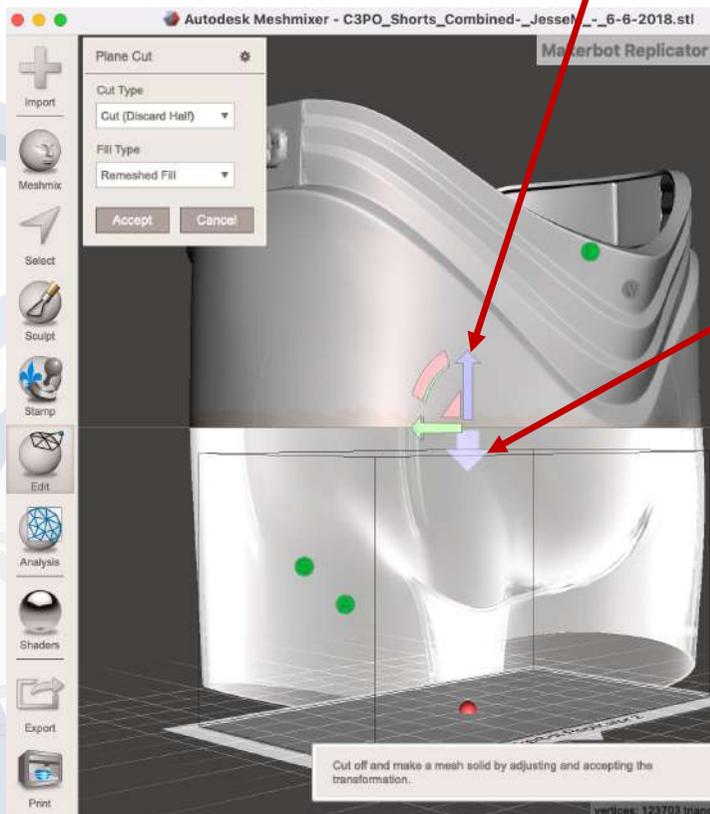
# Impression 3D: découpe avec meshmixer

- Une fois l'objet correctement aligné, on peut se rendre dans l'outil de découpe



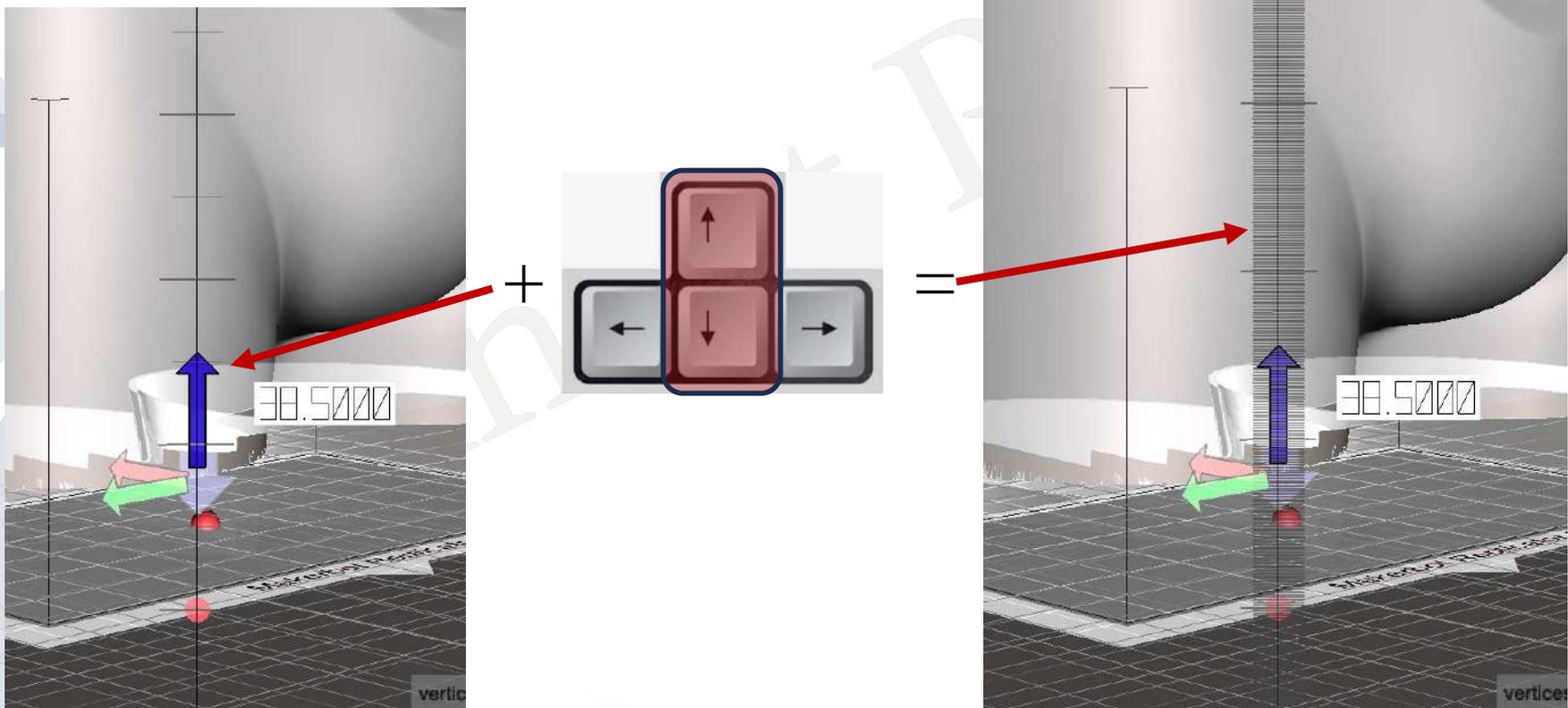
# Impression 3D: découpe avec meshmixer

- On peut faire glisser le curseur vers le haut jusqu'à la dimension à partir de laquelle on veut imprimer (on peut aussi choisir de garder le morceau du bas en appuyant sur la grosse flèche violette)



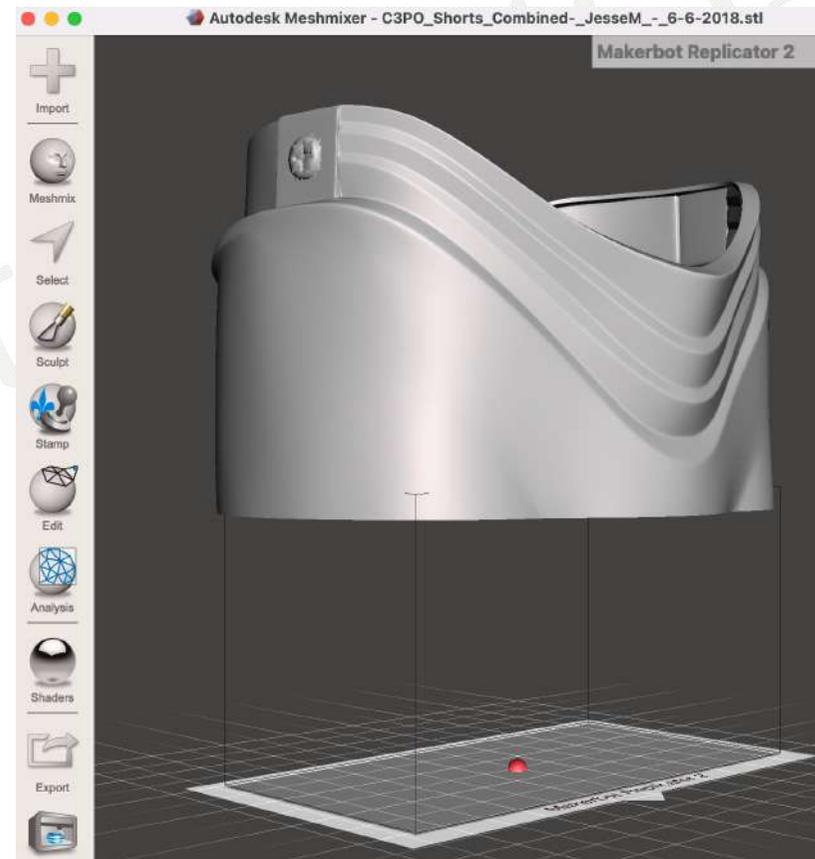
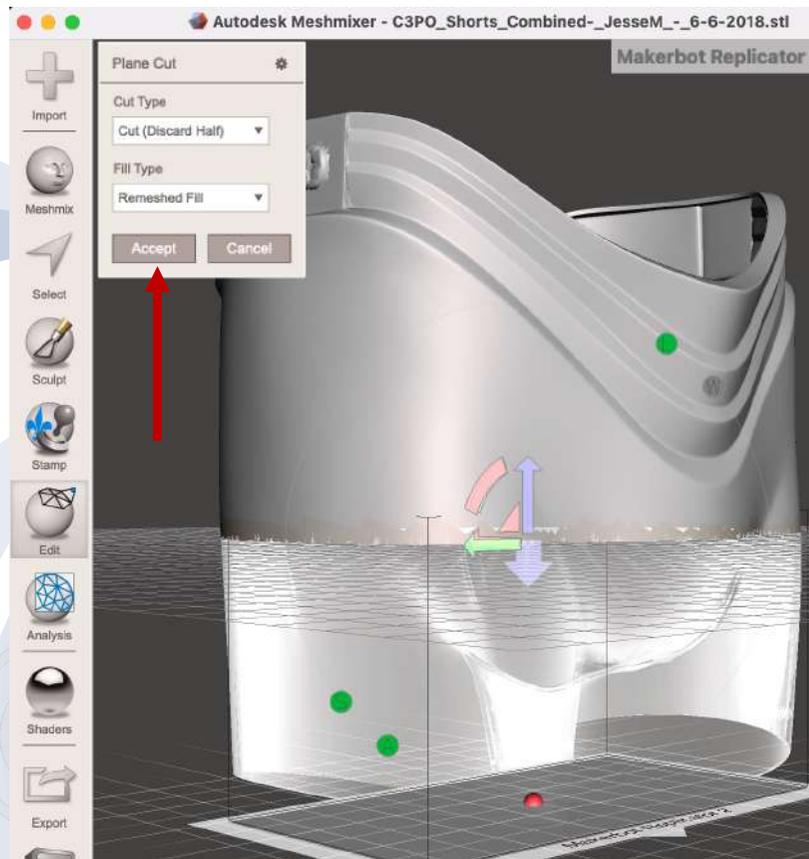
# Impression 3D: découpe avec meshmixer

- La résolution du pas de déplacement peut être ajusté en appuyant sur les touches de direction haut et bas alors que on manipule la flèche de l'axe Z avec la souris



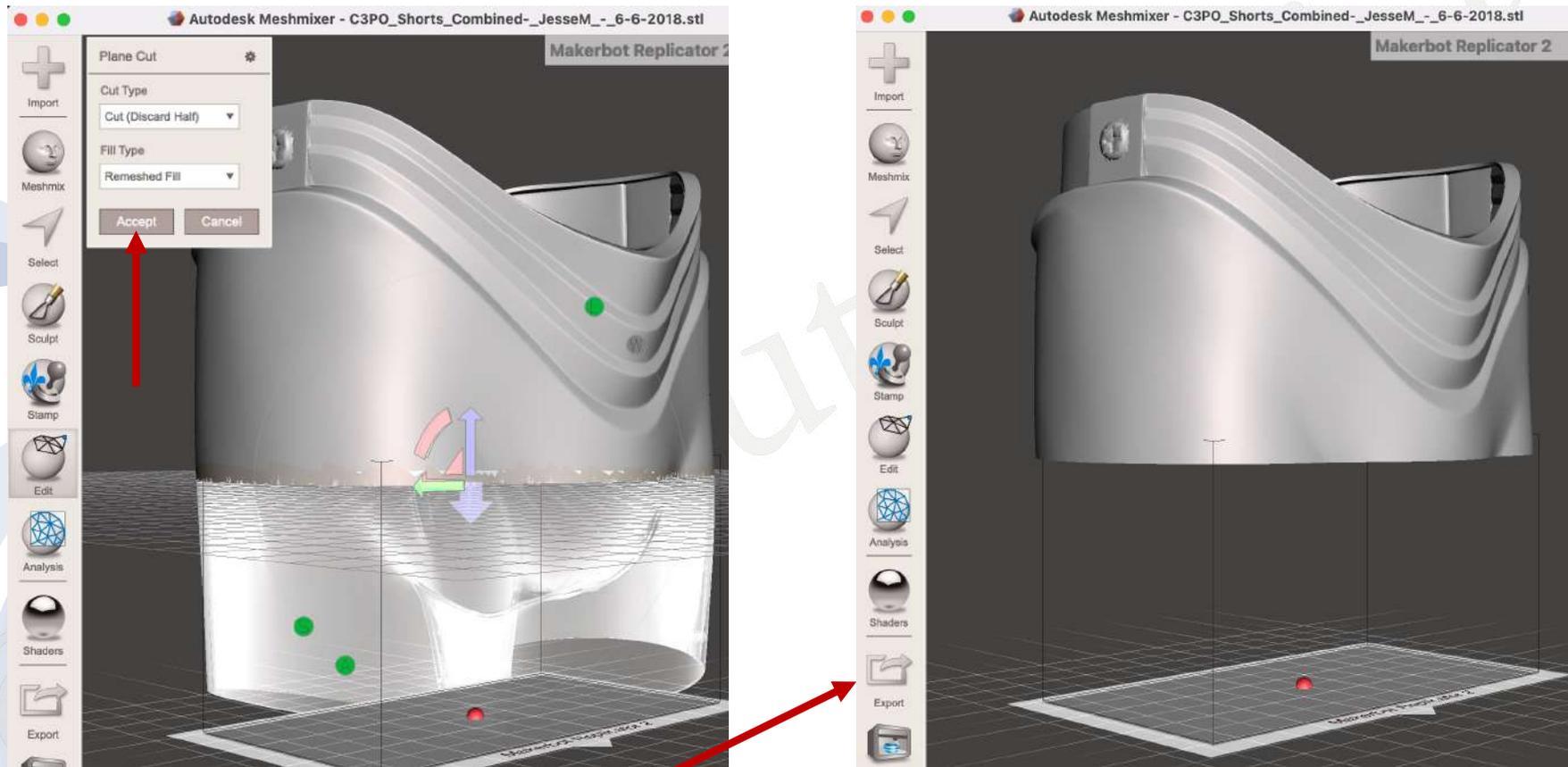
# Impression 3D: découpe avec meshmixer

- Quand est arrivé à la dimension désiré, on clique sur Accept



# Impression 3D: découpe avec meshmixer

- Quand est arrivé à la dimension désirée, on clique sur Accept

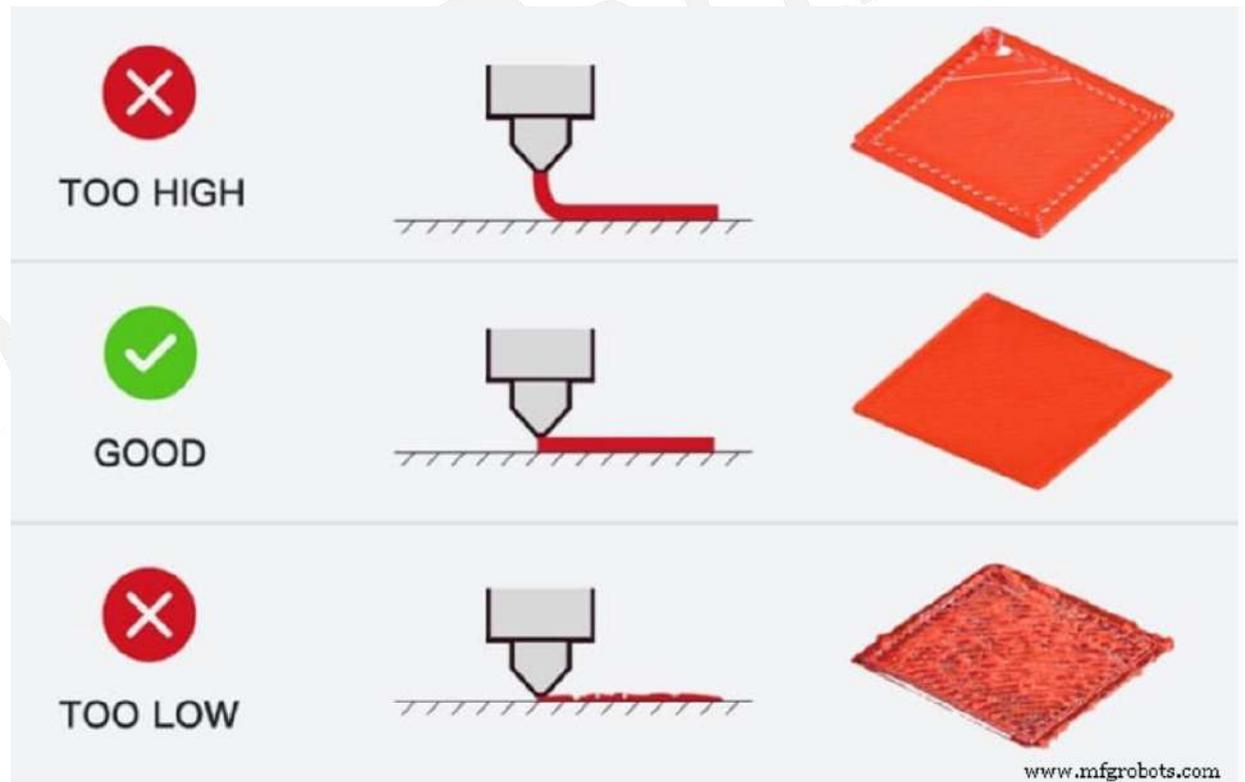


- On peut alors exporter le fichier stl modifié

# Impression 3D: réglage de l'offset Z

- En impression 3D, la première couche est primordiale
- Il faut que la tête d'impression soit suffisamment proche du plateau pour déposer une couche de filament correcte

- Trop loin, la couche n'adhérera pas
- Trop près, elle sera écrasée



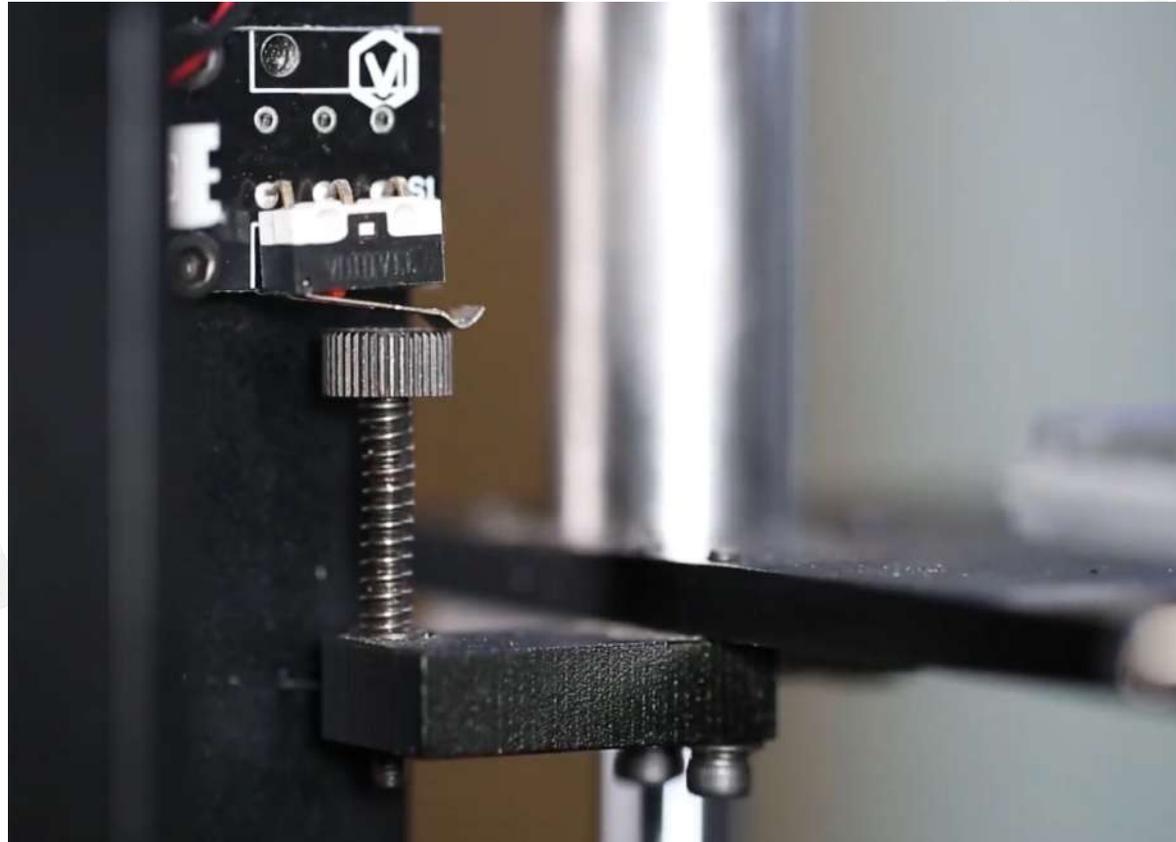
# Impression 3D: réglage de l'offset Z

- Suivant les imprimantes, ce réglage sera plus ou moins facile
- Sur les imprimantes bon marché, le réglage se fait à l'aide de 4 vis sous le plateau -> pas évident et il y a un risque que ça se dérègle avec le temps



# Impression 3D: réglage de l'offset Z

- Sur les imprimantes core x-y, le réglage se fait souvent par une seule vis



# Impression 3D: réglage de l'offset Z

- Sur les imprimantes récentes d'un certain prix, comme les BambuLab P1S ou les Creality K1, un capteur magnétique ou optique fait une cartographie du plateau et règle l'offset Z automatiquement
- Exemple: sur la Sovol SV08 Max, c'est Eddy, le capteur magnétique qui cartographie le plateau



# Impression 3D: adhérence au plateau

- C'est un des problèmes essentiels à régler pour avoir une bonne impression
- Pour imprimer du PLA, on pourra, dans la majorité des cas, se contenter de vaporiser de la laque extra-forte pour cheveux sur le plateau avant l'impression



# Impression 3D: adhérence au plateau

- Si ça ne suffit pas, on peut utiliser un adhésif de plateau comme le buildtak ou remplacer la vitre du plateau par un miroir qu'on sablera avec du papier de verre (grain 600)



# Impression 3D: adhérence au plateau

- Pour l'ABS, on pourra badigeonner le plateau avec un jus d'ABS (ABS fondu dans de l'acétone)



- On attendra que le plateau soit refroidi avant d'enlever la pièce, elle viendra plus facilement
- On fera attention à ne pas abimer le revêtement du plateau

# Impression 3D: adhérence au plateau

- Ces dernières années ont vu l'émergence des plateaux magnétiques amovibles
- Ils sont, pour la plupart texturés et nécessitent rarement une aide à l'adhérence s'ils sont bien dégraissés et chauffés à la bonne température suivant le filament utilisé



# Impression 3D: post-traitement

- Pour les pièces en PLA: ponçage, lissage avec une résine, peinture à l'aérographe ou en bombe (bombes Montana, pas chères et très efficaces)
- Pour les pièces en ABS: lissage à l'acétone

# Impression 3D: collage des pièces

- Pour le PLA, le PETG et la plupart des autres matériaux, le mieux est de prendre de la colle cyanoacrylate (la plus connue étant la super glue 3) comme cette colle pour plastique:



- Pour l'ABS, ça fonctionne également avec de l'acétone

# Conclusion

- Voilà une introduction au monde de la 3D
- Faites vos propres expériences ...