

L'impression 3D – comment ça marche

Une vue d'ensemble de l'impression 3D grand public : le processus complet du modèle au filament fondu, les principales technologies d'imprimantes, et les types de filaments que tu vas croiser le plus souvent.

3TTR

4TTR

6GMS

 Découverte

Tu sais maintenant modéliser un objet dans TinkerCad. Mais entre ton fichier `.stl` et l'objet en plastique qui sort de la machine, il y a plusieurs étapes que la plupart des gens ignorent. Ce cours met les choses au clair : ce qu'il se passe vraiment, quelles machines existent, et avec quels matériaux on imprime.



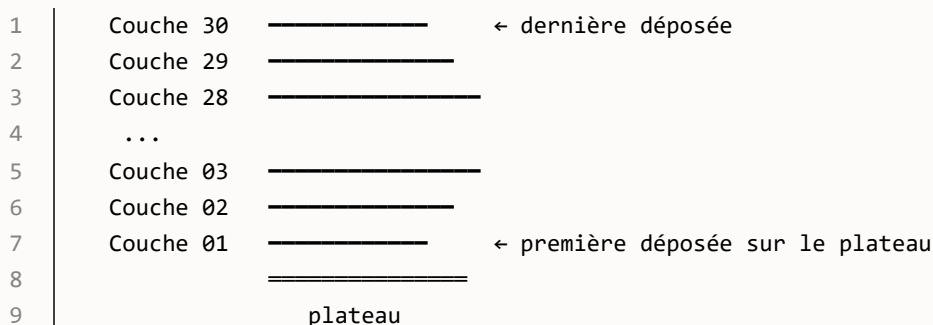
Objectifs

À la fin de ce cours, tu seras capable de :

1. Décrire les **étapes** entre un fichier 3D et un objet imprimé.
2. Expliquer ce qu'est un **licer** et à quoi il sert.
3. Distinguer les principales **technologies** d'impression 3D grand public (FDM, résine).
4. Choisir un type de **filament** adapté à un objet donné (jouet, pièce technique, prototype...).

Partie 1 – Le principe : empiler des couches

Toutes les imprimantes 3D grand public reposent sur le même principe : **construire l'objet couche par couche, du bas vers le haut**. Au lieu d'enlever de la matière (comme une fraise ou un tour), on en ajoute petit à petit. C'est ce qu'on appelle la **fabrication additive** (GB *additive manufacturing*).



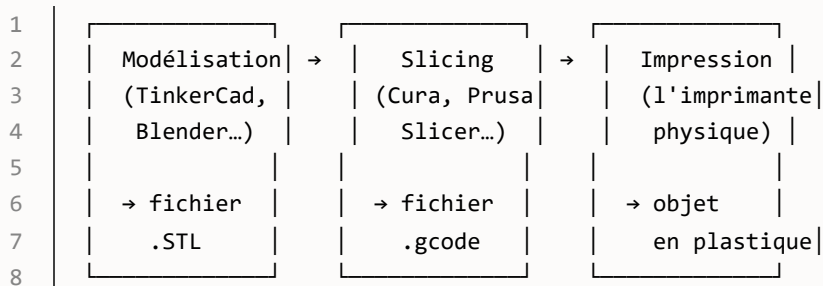
Chaque couche fait typiquement entre **0,1 mm et 0,3 mm** d'épaisseur. Plus la couche est fine, plus l'objet sera détaillé – mais plus l'impression sera longue. C'est un des compromis classiques de l'impression 3D : **qualité**

contre temps.

💡 **ORDRE DE GRANDEUR** : un objet de la taille d'une balle de ping-pong (40 mm de haut) en couches de 0,2 mm = 200 couches. Si chaque couche prend 30 secondes, l'impression dure 1 h 40. Une vraie pièce technique avec des couches fines peut tourner toute la nuit.

Partie 2 – Le processus complet

Du modèle à l'objet, il y a trois étapes :



Étape 1 – Modéliser

C'est ce que tu as appris à faire dans le cours précédent : dessiner ton objet en 3D dans Tinkercad (ou Blender, Fusion 360, FreeCAD...) et l'**exporter en STL**.

Le fichier STL contient juste **la forme** de l'objet — un maillage de triangles qui décrit la surface. Aucune information sur la couleur, le matériau, ou comment l'imprimer.

Étape 2 – Trancher (slicer)

Le STL ne suffit pas à piloter une imprimante. Il faut maintenant le découper en **tranches horizontales** — c'est le boulot du **slicer**.

Le slicer est un logiciel qui :

1. Prend ton fichier STL en entrée.
2. Te demande **quelle imprimante** tu utilises, **quel filament**, **quelle épaisseur de couche**, etc.
3. Découpe virtuellement l'objet en couches horizontales.
4. Calcule, pour chaque couche, **le chemin exact** que la tête d'impression doit suivre.
5. Génère un fichier **G-code** : la liste des mouvements à faire, dans l'ordre.

Les slicers grand public les plus connus :

Slicer	Particularité
Cura	Le plus populaire, gratuit, développé par Ultimaker

Slicer	Particularité
PrusaSlicer	Excellent et gratuit, optimisé pour les imprimantes Prusa mais marche avec d'autres
OrcaSlicer	Récent, dérivé de PrusaSlicer, très utilisé pour les imprimantes Bambu Lab
Bambu Studio	Le slicer maison de Bambu Lab

Dans le slicer, on règle plein de paramètres importants :

- **Épaisseur des couches** (0,1 à 0,3 mm).
- **Remplissage** (GB *infill*) — l'intérieur de l'objet est creux et rempli d'un motif (souvent en nid d'abeille) à un taux qui va de 10 % à 100 %. Plus le taux est élevé, plus l'objet est solide... et plus l'impression est longue et consomme de filament.
- **Supports** — pour les parties en surplomb (un toit, un bras tendu). Le slicer ajoute des "échafaudages" en plastique qu'on casse à la fin.
- **Vitesse** — combien de mm/s la tête se déplace.
- **Température** — varie selon le filament.

Étape 3 — Imprimer

Une fois le G-code prêt, on l'envoie à l'imprimante (par carte SD, USB, WiFi...). La machine exécute les mouvements un par un, dépose le plastique fondu, et après quelques minutes ou quelques heures, l'objet est terminé.

 **À RETENIR** : un slicer ne **dessine pas** : il **traduit** ton modèle 3D en instructions machine. C'est le pont obligatoire entre le monde 3D et le monde physique. Aucune imprimante grand public ne sait lire un STL directement.

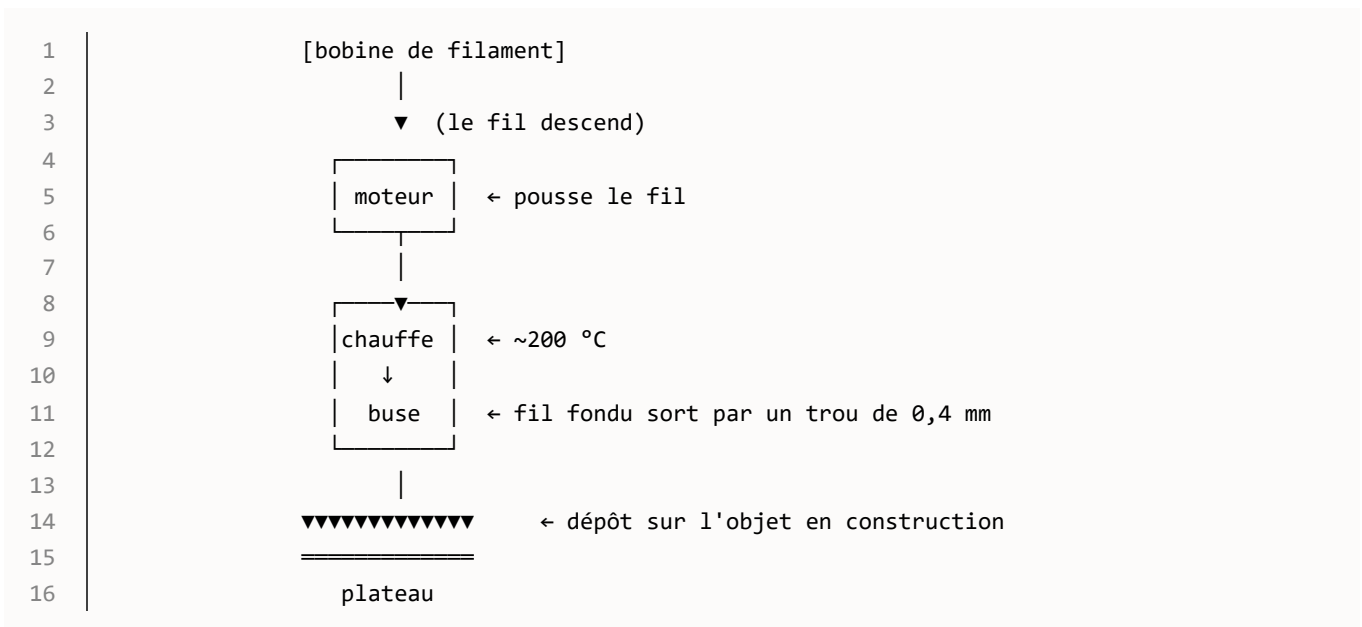
Partie 3 — Les types d'imprimantes 3D grand public

Il existe plusieurs technologies, mais deux dominant largement le grand public.

FDM — la plus répandue

FDM = *Fused Deposition Modeling* (dépôt de fil fondu). C'est la technologie de **95 %** des imprimantes 3D que tu croiseras à l'école, à la maison, au FabLab.

Principe : un **fil de plastique** est tiré depuis une bobine, poussé dans une tête chauffée (la **buse** ou GB *nozzle*), fondu autour de 200 °C, et déposé sur le plateau couche par couche.



Avantages :

- Bon marché (machines à partir de 200-300 €, filament autour de 20 €/kg).
- Simple à utiliser et à entretenir.
- Bonne variété de filaments.

Limites :

- Les couches sont **visibles** à l'œil — surface jamais parfaitement lisse.
- Précision limitée (la buse fait 0,4 mm, on ne fera pas de bijou ultra détaillé avec).

Exemples de marques : Creality (Ender, K1), Prusa, Bambu Lab, Anycubic, Voron (à monter soi-même).

Résine (SLA / MSLA / DLP)

Une autre famille, plus chère mais plus précise.

Principe : un bac contient de la **résine liquide** photosensible. Une **lumière UV** (laser ou écran LCD) durcit la résine couche par couche. Le plateau remonte au fur et à mesure, tirant l'objet hors du bac.

Avantages :

- Précision **bien supérieure** au FDM (couches autour de 0,025 mm, soit 8× plus fines).
- Surfaces très lisses, idéales pour des figurines, des bijoux, des prototypes détaillés.

Limites :

- Plus cher : machine et résine.
- La résine liquide est **toxique** avant durcissement : gants, lunettes, ventilation obligatoires.
- Étapes de post-traitement : lavage à l'alcool, durcissement final aux UV.
- Inadapté aux grandes pièces mécaniques (résine plus cassante).

Exemples de marques : Anycubic Photon, Elegoo Mars, Phrozen, Formlabs.

Comparatif rapide

Critère	FDM	Résine (SLA/MSLA)
Matériau	Fil plastique en bobine	Liquide photosensible
Précision typique	0,1–0,3 mm par couche	0,01–0,05 mm par couche
Coût machine	200–800 €	250–600 €
Coût matière (kg)	~20 €/kg	~50 €/kg
Vitesse	Moyenne à rapide	Moyenne
Sécurité	Buse chaude, mais peu de risque	Résine toxique : gants/ventilation
Idéal pour	Pièces fonctionnelles, prototypes, gros volumes	Figurines, bijoux, détails fins

À l'école, c'est presque toujours du **FDM**. C'est ce qu'on utilisera ici.

Partie 4 – Les principaux filaments FDM

Quand tu achètes une bobine, tu te retrouves face à une jungle de sigles. Voici les quatre filaments que tu vas croiser le plus souvent.

PLA – le filament de base

PLA = *Polylactic Acid* (acide polylactique). C'est le filament **par défaut** quand on débute. Fabriqué à partir d'amidon de maïs, il est en partie **biodégradable**.

- **Température d'impression** : ~200 °C.
- **Plateau** : chauffé à 50-60 °C (ou pas chauffé du tout sur certaines machines).
- **Rigidité** : bonne mais cassant — il se fend plus qu'il ne plie.
- **Tenue à la chaleur** : mauvaise — déforme à partir de 50-60 °C (donc à éviter pour un objet laissé dans une voiture en été).
- **Odeur à l'impression** : légère, plutôt agréable (un peu sucrée).

Idéal pour : prototypes, déco, jouets, objets d'usage normal à l'intérieur. **C'est ce qu'on utilise à l'école.**

PETG – le polyvalent

PETG = *Polyethylene Terephthalate Glycol*. Le grand cousin du plastique des bouteilles d'eau (PET) avec un G ajouté qui le rend imprimable.

- **Température d'impression** : ~230 °C.
- **Rigidité** : souple, moins cassant que le PLA.
- **Tenue à la chaleur** : meilleure que le PLA (jusqu'à ~70-80 °C).

- **Résistance à l'humidité** : bonne — utilisable en extérieur.

Idéal pour : pièces qui prennent des chocs (clip de fixation, bras articulé), contenants alimentaires (sous certaines conditions), objets exposés au soleil.

ABS — le technique

ABS = *Acrylonitrile Butadiene Styrene*. Le plastique des Lego, du tableau de bord de ta voiture, des coques d'électroménager.

- **Température d'impression** : ~240-260 °C.
- **Plateau** : chauffé à 100 °C minimum, **enceinte fermée** recommandée.
- **Rigidité** : très solide et résistant aux chocs.
- **Tenue à la chaleur** : excellente (jusqu'à ~100 °C).
- **Inconvénient majeur** : **odeur très désagréable et nocive** à l'impression. À utiliser uniquement dans une pièce ventilée ou avec une imprimante en enceinte fermée.

Idéal pour : pièces mécaniques, pièces exposées à la chaleur, pièces qui doivent durer.

TPU — le souple

TPU = *Thermoplastic Polyurethane*. Un filament **flexible** — l'objet imprimé se plie comme du caoutchouc.

- **Température d'impression** : ~220 °C.
- **Souplesse** : variable selon le grade (de la semelle de chaussure au pneu).
- **Difficulté** : délicat à imprimer (le fil souple a tendance à s'emmêler dans l'extrudeur).

Idéal pour : coques de téléphone, joints, semelles, jouets antichoc, pneus de petits véhicules.

Comparatif rapide

Filament	Température	Solidité	Chaleur	Toxicité odeur	Niveau
PLA	200 °C	Cassant	Faible	Faible	Débutant
PETG	230 °C	Souple	Bonne	Faible	Intermédiaire
ABS	250 °C	Très bon	Excellent	Forte	Avancé
TPU	220 °C	Flexible	Moyenne	Faible	Avancé

 **À RETENIR** : à l'école et pour 95 % de tes premiers projets, c'est **PLA**. Il pardonne tout, sent presque rien, et donne de beaux résultats. Tu changeras de filament quand un projet précis le demandera.

Partie 5 – Quelques pièges classiques

Avant de te lancer, sache que l'impression 3D **rate parfois**. C'est normal. Les ratés les plus fréquents :

- **L'objet ne tient pas au plateau** → la première couche s'arrache. Cause : plateau pas propre, mal nivelé, ou trop loin de la buse. Solution : on règle le **nivellement** (manuel ou automatique) et on nettoie le plateau à l'alcool.
- **Spaghetti monstrueux** → l'imprimante continue d'extruder dans le vide après que l'objet s'est décollé. Toujours rester à proximité au début d'une impression.
- **Décalage de couches** → toutes les couches au-dessus d'un certain niveau sont décalées de quelques mm. Cause : un choc, ou une courroie détendue.
- **Surplombs ratés** (GB *overhangs*) → des parties en l'air s'affaissent. Solution : ajouter des **supports** dans le slicer, ou orienter l'objet autrement avant d'imprimer.
- **Filament humide** → bruits crépitants à l'impression, surface granuleuse. Le filament absorbe l'humidité de l'air. Solution : garder les bobines dans une boîte fermée avec un sachet déshydratant.

Aucun de ces problèmes n'est dramatique : c'est l'apprentissage classique de la machine.



À retenir

- L'impression 3D grand public dépose la matière **couche par couche**, du bas vers le haut.
- Trois étapes : **modéliser** (TinkerCad → STL), **trancher** (slicer → G-code), **imprimer**.
- Le **slicer** est obligatoire : il traduit un modèle 3D en mouvements machine.
- **FDM** (fil fondu) domine le grand public – bon marché, polyvalent, surfaces visibles en couches.
- **Résine** (SLA/MSLA) est plus précise mais plus chère et plus dangereuse à manipuler.
- Les filaments courants : **PLA** (débutant, déco), **PETG** (extérieur, robuste), **ABS** (technique, chaleur), **TPU** (flexible).
- À l'école : **PLA**, presque toujours.

Suite

Tu as les concepts, tu sais modéliser et tu sais ce que fait une imprimante. Il est temps de tout mettre en œuvre : dans le prochain travail, tu vas **concevoir et faire imprimer ton premier objet**, dans un format compact qu'on peut produire en classe.