



Cofinanciado por
la Unión Europea



ENTRAÎNEMENT

COMMENT UTILISER LES
ÉQUIPEMENTS TECHNOLOGIQUES DE
POINTE EN CLASSE.



1ο Επαγγελματικό
Λύκειο Πάτρας

Coordinateur:

Ikasia Technologies SL

Écrit par :

Luis Martins

Laura Gómez Estrada

Luis Gómez Estrada

Pierre Carrolaggi

Carlo Zoli

Juliana Oliveira

Panagiotis Chatzipapas

Georgios Charalampidis

Panagiotis Karampelas

Dimitrios Fligos

Raquel Navarro Cerveró

César Almarcha

Ce document est issu du projet Erasmus+ « Didactech : Apporter les technologies les plus récentes aux élèves vulnérables du secondaire comme outil d'inclusion et d'accès au marché du travail technologique, tout en soutenant les écoles primaires aux ressources limitées ». Ce projet a été financé avec le soutien de la Commission européenne. Cette publication n'engage que son auteur et la Commission ne saurait être tenue responsable de l'utilisation qui pourrait être faite des informations qu'elle contient.



**Co-funded by
the European Union**

Toutes les images utilisées sont libres de droits.

Licence Creative Commons : Ce document est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution-Partage à l'Identique, qui autorise son téléchargement et son partage, à condition que l'auteur soit cité, mais il ne peut être modifié d'aucune manière ni utilisé à des fins commerciales.



CONTENTE



Tampon 3D

5-11

-
- Temps
 - Objectif de la session
 - Méthodologie
 - Développement de contenu



Comment fonctionne une imprimante 3D ?

12-16

-
- Temps
 - Objectif de la session
 - Méthodologie
 - Développement de contenu



Types de filaments

17-23

-
- Temps
 - Objectif de la session
 - Méthodologie
 - Développement de contenu



Prévention des risques

24-31

-
- Temps
 - Objectif de la session
 - Méthodologie
 - Développement de contenu



Outils de conception 3D

32-45

-
- Temps
 - Objectif de la session
 - Méthodologie
 - Développement de contenu



Outils de lamination 3D

46-59

-
- Temps
 - Objectif de la session
 - Méthodologie
 - Développement de contenu



Comment construire un modèle d'atome de carbone

60-78

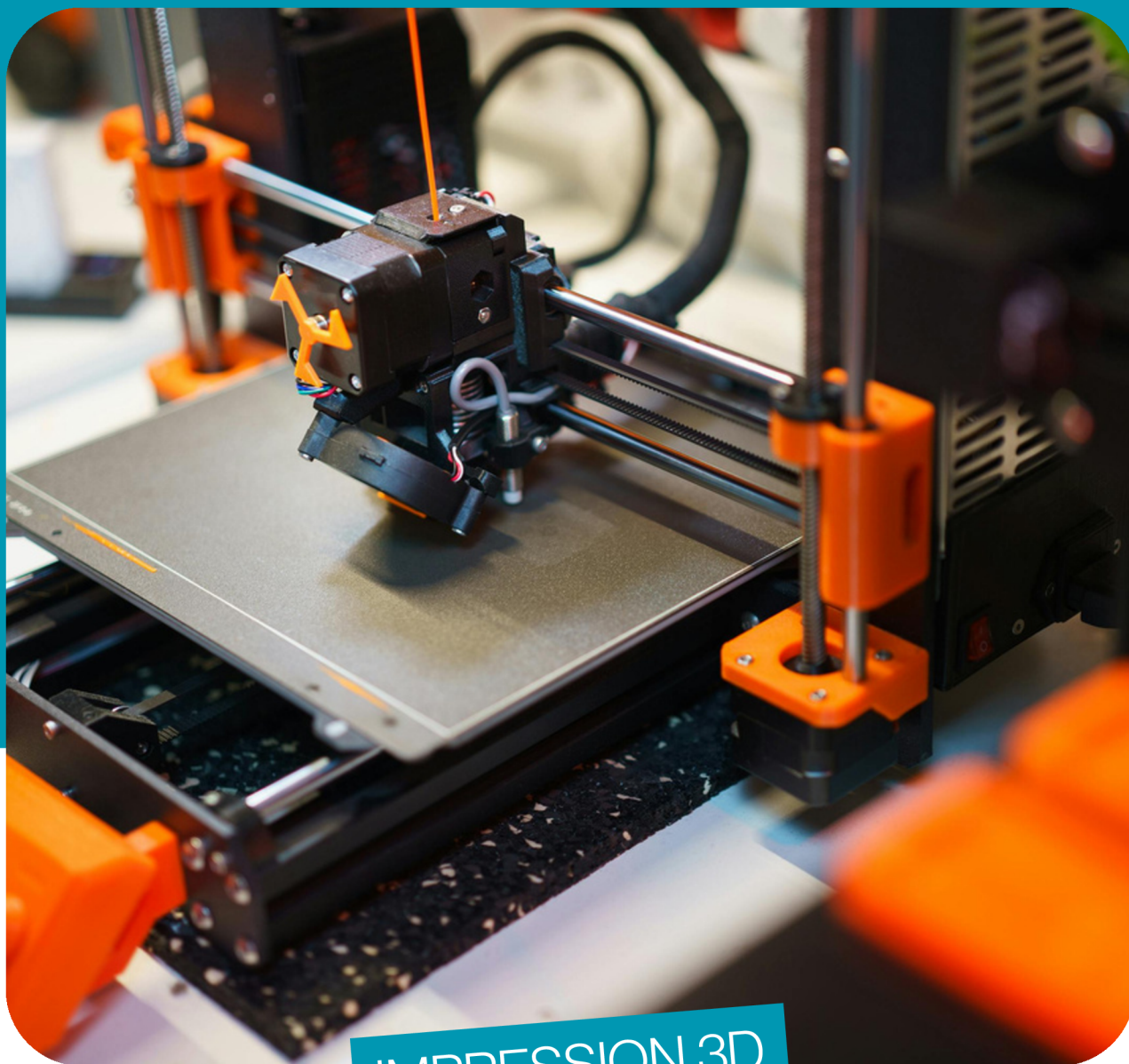
-
- Temps
 - Objectif de la session
 - Méthodologie
 - Développement de contenu



durabilité environnementale

79-92

-
- Temps
 - Objectif de la session
 - Méthodologie
 - Développement de contenu



IMPRESSION 3D

IMPRESSION 3D

Temps

Une partie de la session	Description	terme
Module 1. Qu'est-ce que l'impression 3D ?	Concept de fabrication additive et applications de l'impression 3D.	20 minutes
Bloc 2. Procédé d'impression 3D	Description générale du processus : conception, lamination et impression.	20 minutes

Objectifs

- Comprendre ce qu'est l'impression 3D et comment elle fonctionne.
- Découvrez le processus d'impression 3D.
- Identifier les fichiers et logiciels d'impression 3D.

Méthodologie

La séance se déroulera selon une approche à la fois explicative et participative. Les explications théoriques seront complétées par l'observation de pièces imprimées et d'une imprimante 3D.

Développement de contenu

Module 1. Qu'est-ce que l'impression 3D ?

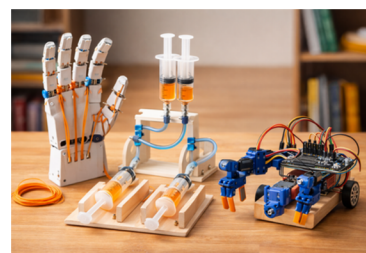
L'impression 3D est une technique de fabrication additive. Ce procédé consiste à créer un objet en superposant des couches de matériau.

En ce sens, contrairement aux méthodes de fabrication traditionnelles où la matière est découpée, percée ou enlevée (comme les méthodes soustractives, le fraisage, etc.), l'impression 3D construit l'objet progressivement. Cela permet de créer plus facilement des formes complexes, de réduire la quantité de matière utilisée et de faciliter la création de matériaux personnalisés adaptés aux contextes éducatifs.

Actuellement, l'utilisation de l'impression 3D s'est étendue à des domaines aussi divers que la médecine (pour la création de prothèses, d'implants dentaires, etc.), l'architecture (maquettes, etc.) et l'éducation (laboratoires technologiques, formations plus dynamiques, etc.).

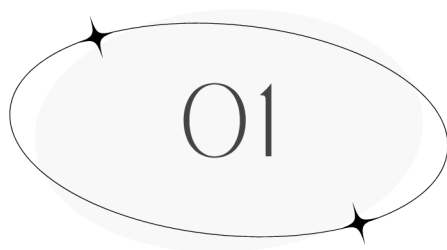
Dans le cadre du projet Erasmus+ « Didactech », nous avons développé la méthodologie Techlab, une stratégie pédagogique visant à promouvoir les sciences et les technologies dans l'enseignement secondaire. Cette stratégie se concrétise par la création de Techlabs, des laboratoires d'impression 3D où les élèves apprennent par la pratique. Dans ces laboratoires, ils travaillent sur des projets concrets, tels que la conception et l'impression 3D, afin de développer des compétences pratiques en STIM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques) grâce à l'expérimentation, la collaboration et l'application des connaissances à des situations réelles. Cette initiative démocratise l'accès à l'innovation technologique et l'utilise comme outil d'inclusion, de motivation et de développement personnel.

De plus, le Techlab constitue un axe transversal pour l'établissement, intégrant différentes disciplines et activités, avec le soutien et la formation des enseignants et la collaboration d'experts externes. Il comporte également une dimension sociale, puisque les produits créés sont partagés avec d'autres établissements scolaires, notamment dans des contextes défavorisés, promouvant ainsi les valeurs de solidarité, d'équité et d'engagement.



Bloc 2. Le processus d'impression 3D

Le processus d'impression 3D comprend plusieurs phases qui permettent de passer de la conception à l'impression d'un objet tridimensionnel.



Concevoir la pièce en 3D.

Tout commence par la conception numérique de la pièce à imprimer, pour laquelle un logiciel de modélisation 3D est nécessaire. Dans le domaine de l'éducation, il existe des programmes gratuits et intuitifs, faciles à utiliser. Voici quelques suggestions :

- Tinkercad : Particulièrement recommandé pour les débutants et les lycéens.
- Fusion 360 (Licence éducative) : Plus avancé, idéal pour les projets techniques.
- FreeCAD : Logiciel gratuit basé sur la modélisation paramétrique.
- SketchUp Free : Utile pour les projets simples et les environnements architecturaux.

Cependant, nous pouvons « sauter » cette étape, puisqu'il existe actuellement des bases de données en ligne proposant des modèles 3D libres de droits qui peuvent être téléchargés gratuitement, sans avoir besoin de concevoir l'objet à partir de zéro.

Voici quelques-unes de ces pages :

- Thingiverse
- Matériel d'impression
- Ma mini-usine
- Le monde des créateurs

02

Exportez le fichier STL.

Après avoir créé le modèle 3D, il faut l'exporter dans un format compatible avec l'impression 3D : le format .stl. Remarque : si vous choisissez de télécharger des modèles 3D prêts à l'emploi, assurez-vous qu'ils soient au format .stl, car c'est l'un des formats les plus compatibles avec les logiciels de découpe.

Qu'est-ce qu'un fichier STL ?



Ce fichier représente la forme géométrique de la pièce 3D sous forme de maillage. Autrement dit, il contient les informations visuelles de ce que nous souhaitons imprimer, quelle que soit la machine utilisée. C'est le format universel compatible avec les logiciels de découpe 3D (que nous aborderons à l'étape suivante).

03

Préparez le modèle de laminadora.

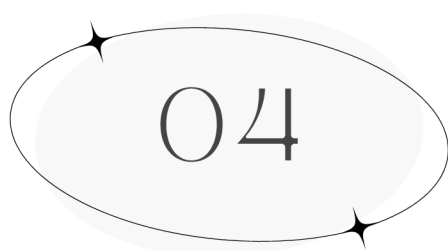
L'imprimante ne peut pas interpréter le fichier STL. Pour l'imprimer, il faut le convertir en couches et générer les instructions d'impression. Cette opération s'effectue à l'aide d'un logiciel appelé « slicer », qui transforme le modèle en un fichier d'instructions (code G) exécutable par l'imprimante.

Nous vous suggérons quelques logiciels de plastification gratuits et faciles à utiliser :

- Ultimaker Cura
- PrusaSlicer
- Bamboo Studio
- Créateur d'idées

À ce stade, des paramètres tels que la qualité d'impression, le remplissage des pièces et la température sont configurés, bien que de nombreux programmes incluent des profils préconfigurés qui facilitent leur utilisation dans les environnements éducatifs.

La section 6 explique en détail comment utiliser Ultimaker Cura à titre d'exemple. Ces logiciels disposent également de bases de données contenant des tutoriels en ligne qui facilitent leur utilisation.



Générer un fichier d'impression en code G

Après avoir configuré tous les paramètres d'impression, nous pouvons facilement générer le code G avec le programme.

Qu'est-ce que le code G ?



Ce fichier contient toutes les instructions détaillées que l'imprimante 3D suivra pour imprimer la pièce : les déplacements, le dépôt de matériau, la température d'impression, la vitesse, etc.

Autrement dit, c'est le langage qui permet à la machine d'imprimer l'objet.

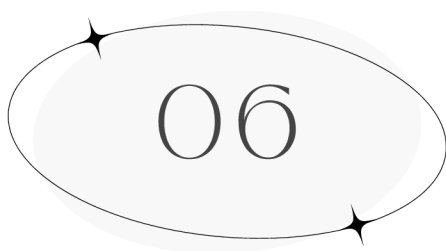
Remarque importante : le G-code est unique à chaque machine. Cela signifie que le G-code généré pour une imprimante ne fonctionnera pas correctement sur une autre, car chaque machine possède ses propres paramètres (comme le volume d'impression).



Imprimez la pièce en 3D.

La dernière étape consiste à envoyer le fichier G-code à l'imprimante 3D pour qu'elle puisse lancer l'impression. Certaines imprimantes permettent l'envoi de ces fichiers via Wi-Fi, tandis que d'autres nécessitent une carte SD ou un câble USB connecté directement à l'imprimante.

Le temps d'impression peut varier de quelques minutes à plusieurs heures, en fonction de la taille de l'objet et de la qualité choisie.



Post-production (optionnelle)

Une fois la pièce imprimée en 3D obtenue, nous pouvons souhaiter apporter des modifications mineures, comme la suppression de supports ou l'amélioration de la finition de la pièce (par exemple, par ponçage).

Au cours de ce processus, nous recommandons de prendre en compte les pratiques de durabilité environnementale incluses dans la section 8.



IMPRESSION 3D

OPÉRATION À PARTIR D'UNE IMPRIMANTE 3D

Temps

Une partie de la session	Description	terme
Bloc 1. Fonctionnement d'une imprimante 3D	Pièces, axes, mouvements et temps d'impression	30 minutes
Bloc 2. Types d'imprimantes 3D	Technologies clés et différences fondamentales	15 minutes

Objectifs

- Comprendre, de manière générale, comment fonctionne une imprimante 3D.
- Identifiez ses principales parties et leurs fonctions de base.
- Comprendre le système de mouvement le long des axes (X, Y, Z).
- Considérer les délais d'impression comme un facteur pédagogique.
- Découvrez les principaux types d'imprimantes 3D et leurs différences.

Méthodologie

Cette session se déroulera selon une approche à la fois explicative et participative. Son objectif est de fournir une compréhension globale du fonctionnement de l'impression 3D de manière simple, pratique et dynamique.

Développement de contenu

Bloc 1. Fonctionnement d'une imprimante 3D

1. Pièces de machines

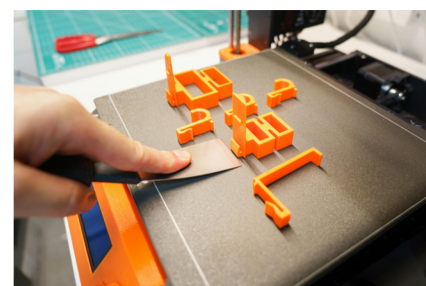
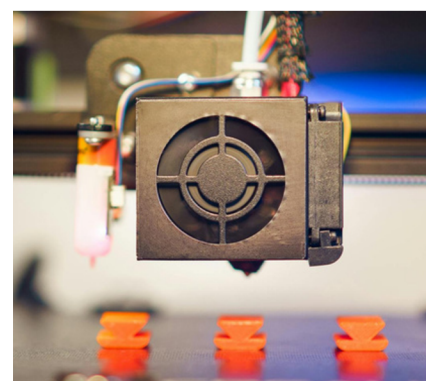
Les imprimantes 3D sont composées de plusieurs éléments qui interagissent lors du processus d'impression. La conception de chaque imprimante varie selon le modèle, le type et le fabricant. Cependant, elles partagent toutes certains éléments communs :

Structure : Il s'agit de la « structure » de l'imprimante, garante de sa stabilité. Plus la structure est solide et stable, moins il y aura de vibrations pendant l'impression, ce qui permettra d'obtenir des pièces finales plus précises. Une structure solide n'est pas forcément plus volumineuse, mais plutôt composée de composants bien assemblés qui assurent la stabilité pendant l'impression.

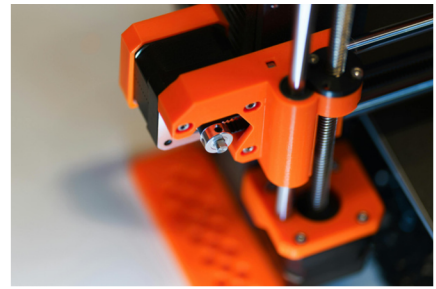
Tête d'impression : Il s'agit de l'une des pièces les plus importantes de la machine. Elle est composée de l'extrudeuse (l'élément qui extrude le filament) et de la buse (l'élément qui chauffe le filament pour qu'il puisse être extrudé).

La tête d'impression dépose le filament fondu en suivant les instructions du code G pour imprimer la pièce couche par couche.

Plateau d'impression. Il s'agit de la surface sur laquelle la pièce est imprimée. Sur la plupart des imprimantes 3D, ce plateau peut être chauffé afin d'améliorer l'adhérence du matériau et d'éviter les déformations pendant l'impression. Ces déformations sont dues à la dilatation du matériau sous l'effet de la chaleur et à sa contraction lors du refroidissement. Pendant l'impression, certaines zones de la pièce peuvent refroidir plus rapidement que d'autres, créant des contraintes qui peuvent provoquer, par exemple, un soulèvement des angles.



Moteurs et système de mouvement. Ceux-ci permettent à la tête d'impression et/ou au plateau d'impression de se déplacer le long de différents axes (X, Y, Z) pour construire la pièce couche par couche.



Panneau de commande ou écran. Permet de donner des instructions à l'imprimante, comme démarrer l'impression, déplacer les axes, ajuster les températures ou vérifier l'état d'impression.



Système de commande. Celui-ci comprend tous les composants électroniques et les logiciels qui coordonnent le fonctionnement de la machine.

2. Mouvements et axes d'une imprimante 3D

Pour imprimer une pièce en 3D, la machine doit se déplacer dans différentes directions à l'intérieur de la zone d'impression (le plan de travail). Ces mouvements sont organisés selon trois axes :

- X : mouvement horizontal de gauche à droite.
- Et aussi : mouvement horizontal vers l'avant et vers l'arrière.
- Z : mouvement vertical.

3. Temps d'impression

Il est important de garder à l'esprit que l'impression 3D, bien que rapide, n'est pas instantanée et que le temps d'impression dépend de plusieurs facteurs, tels que la taille de la pièce, la quantité de matériau et de supports utilisés, la hauteur de la pièce, la vitesse d'impression et la densité de remplissage.

Ainsi, une impression peut durer de quelques minutes à plusieurs heures. Comme nous le verrons plus loin, lors de la génération du fichier d'impression (G-code), le logiciel de découpe indique la durée d'impression et la quantité de filament nécessaire.

Développement de contenu

Bloc 2. Types d'imprimantes 3D

Bien qu'il existe plusieurs technologies d'impression 3D, nous nous concentrerons ici sur celles les plus couramment utilisées dans les établissements d'enseignement en raison de leur accessibilité et de leur facilité d'utilisation.

1. Imprimantes FFF/FDM (les plus courantes dans les environnements éducatifs)

Les imprimantes FFF (Fused Filament Fabrication) ou FDM (Fused Deposition Modeling) sont les plus recommandées dans le domaine de l'éducation car :

- Ils sont moins chers.
- Plus facile à utiliser.
- Ils utilisent des matériaux plus simples.
- Maintenance relativement simple

Ces imprimantes fonctionnent en faisant fondre un filament thermoplastique (un matériau plastique qui fond lorsqu'il est chauffé et se solidifie à nouveau lorsqu'il est refroidi), qui est déposé couche par couche jusqu'à ce que l'objet soit complet.

2. Imprimantes à résine (SLA/MSLA)

Les imprimantes à résine utilisent une technologie différente. Au lieu de faire fondre un filament, elles utilisent une résine liquide photosensible qui se solidifie sous l'effet des rayons ultraviolets.

Ces imprimantes permettent la production de composants avec un niveau de détail bien supérieur et des finitions plus précises, et sont donc couramment utilisées pour les miniatures, le prototypage de précision, etc. Leurs principaux avantages sont donc :

- Finitions plus lisses
- Haute précision et niveau de détail.
- Utile pour les composants petits et complexes.
- Au contraire, elles présentent des limitations, telles que :
- Ils nécessitent plus d'entretien et de nettoyage.
- La résine nécessite une manipulation soigneuse.
- Le post-traitement de la pièce est presque toujours nécessaire.



IMPRESSION 3D

TYPES DE MATÉRIELS

Temps

Une partie de la session	Description	terme
Bloc 1. Types de filaments	Caractéristiques, utilisations et différences entre le PLA, l'ABS et le PETG.	30 minutes

Objectifs

- Découvrez les types de filaments les plus courants pour l'impression 3D.
- Comprendre les caractéristiques, les avantages et les limites de chaque filament.

Méthodologie

La séance se déroulera selon une approche à la fois explicative et participative. Les explications théoriques seront complétées par des observations de filaments et de pièces imprimées réalisées avec chaque filament, afin de mettre en évidence leurs différences.

Développement de contenu

Bloc 1. Types de filaments

Dans cette session, nous nous concentrerons sur les filaments PLA, PETG et ABS :

PLA (acide polylactique)

Il s'agit d'un polymère thermoplastique issu de ressources renouvelables, comme l'amidon de maïs ou la canne à sucre. En impression 3D, c'est l'un des filaments les plus utilisés grâce à sa facilité d'utilisation et son faible impact environnemental.

Pour des performances optimales, nous recommandons d'imprimer à des températures relativement basses (entre 205 °C et 220 °C) et avec une température du plateau d'impression comprise entre 50 °C et 60 °C. Ceci facilite son utilisation avec des imprimantes plus simples. De plus, son processus de refroidissement rapide permet des impressions détaillées.

Les principales caractéristiques de ce filament sont :

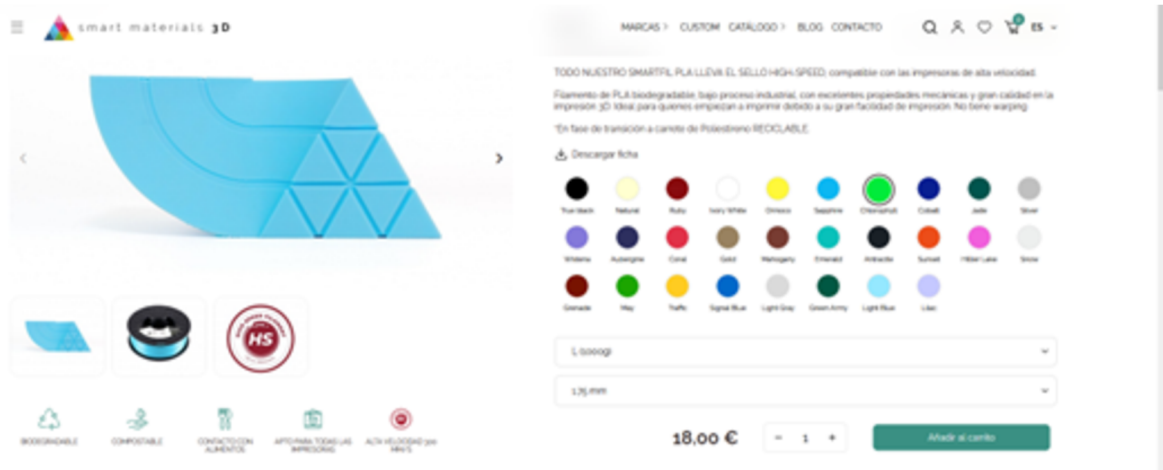
- Biodégradable.
- Rigide et relativement fragile.
- Une légère contraction, c'est-à-dire une réduction minimale.
- Surface lisse et brillante.

Parmi les principaux avantages que nous avons constatés :

- Facilité d'impression
- Faible impact environnemental.
- Température d'extrusion basse.
- Elle génère de très faibles niveaux d'émissions et d'odeurs lors de l'impression, ce qui la rend plus adaptée au secteur de l'éducation.

Parmi les principales limitations que nous avons rencontrées :

- Il présente une faible résistance à la chaleur. Il se déforme à des températures supérieures à 60 °C.
- Sa résistance aux chocs est moindre.
- Il n'est pas flexible, ce qui signifie qu'il peut se casser sous la contrainte.
- Ne convient pas à une exposition prolongée au soleil ou à des environnements humides.



Source : Matériaux intelligents

ABS (acrylonitrile butadiène styrène)

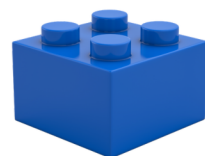
L'ABS est un polymère thermoplastique (un plastique qui devient flexible ou malléable à la chaleur et se solidifie en refroidissant) dérivé du pétrole, reconnu pour sa haute résistance et sa durabilité. Il est largement utilisé dans la fabrication industrielle et la création de prototypes fonctionnels (boîtiers, supports, etc.). Contrairement au PLA, il est imprimé à des températures plus élevées (entre 240 °C et 260 °C) et avec un plateau chauffant entre 90 °C et 110 °C afin d'éviter les déformations et d'assurer une bonne adhérence du matériau au plateau.

En revanche, des émanations à forte odeur peuvent être dégagées lors de l'impression et nécessitent une ventilation.

Anecdote amusante : les briques LEGO sont fabriquées en plastique ABS.

Les principales caractéristiques de ce filament sont :

- Matériau très résistant, dur et rigide.
- Haute résistance à la chaleur.
- Plus flexible ; résiste aux chocs sans se casser.
- Il peut se déformer et rétrécir en refroidissant.
- Une surface plus mate que le PLA.
- Il est possible d'obtenir des pièces translucides car, à l'état naturel, sa transparence est de 91 %.



Parmi les principaux avantages que nous avons constatés :

- Très robuste et durable.
- Il résiste aux hautes températures sans se déformer.
- Flexible.
- Il permet le ponçage, le collage et le post-traitement (par exemple, avec de l'acétone).

Parmi les principales limitations que nous avons rencontrées :

- Il émet des vapeurs.
- Difficile à imprimer pour les débutants.
- Il risque de rétrécir en refroidissant.
- En raison du retrait, la précision des détails fins peut être réduite.
- Coût plus élevé.



Source : Matériaux intelligents

PETG (polyéthylène téréphtalate glycol)

Le PETG est un filament thermoplastique solide et durable qui peut être imprimé à des températures comprises entre 230 °C et 250 °C, avec un plateau chauffant entre 70 °C et 90 °C. Il se déforme moins que l'ABS et présente une meilleure résistance aux chocs que le PLA.

Les principales caractéristiques de ce filament sont :

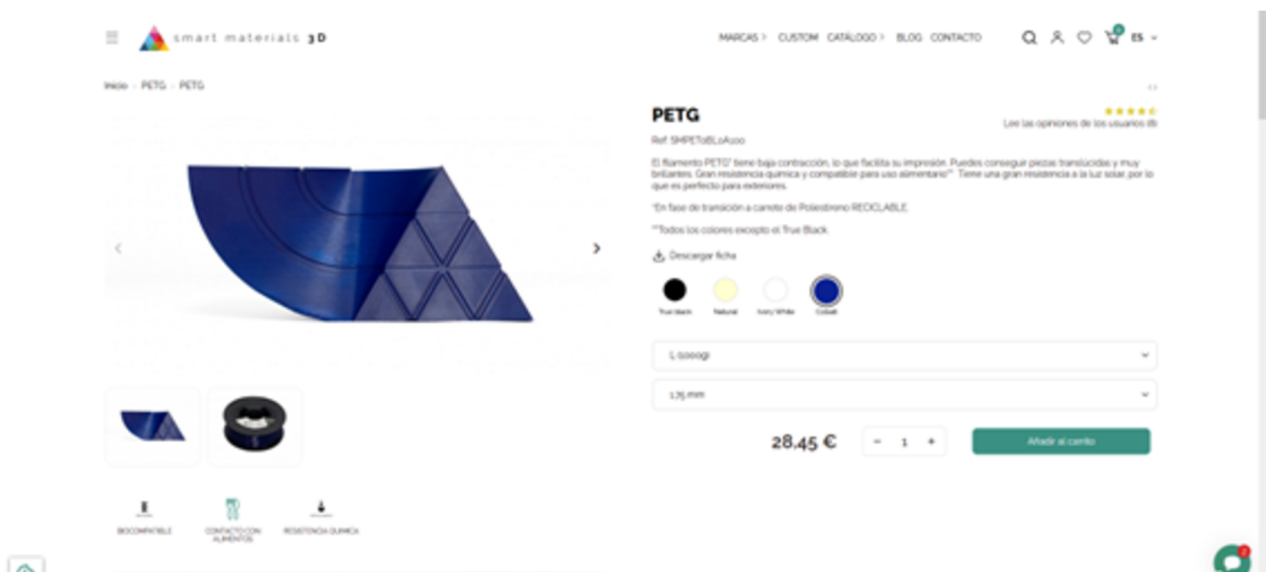
- Translucide, avec une finition brillante.
- Moins de contractions abdominales
- Stable dans le temps, il ne se dégrade pas facilement.
- résistant aux chocs

Parmi les principaux avantages que nous avons constatés :

- Plus facile à imprimer que l'ABS.
- Flexible face aux impacts
- Résistant à l'eau et à l'humidité.
- Finition lisse et brillante

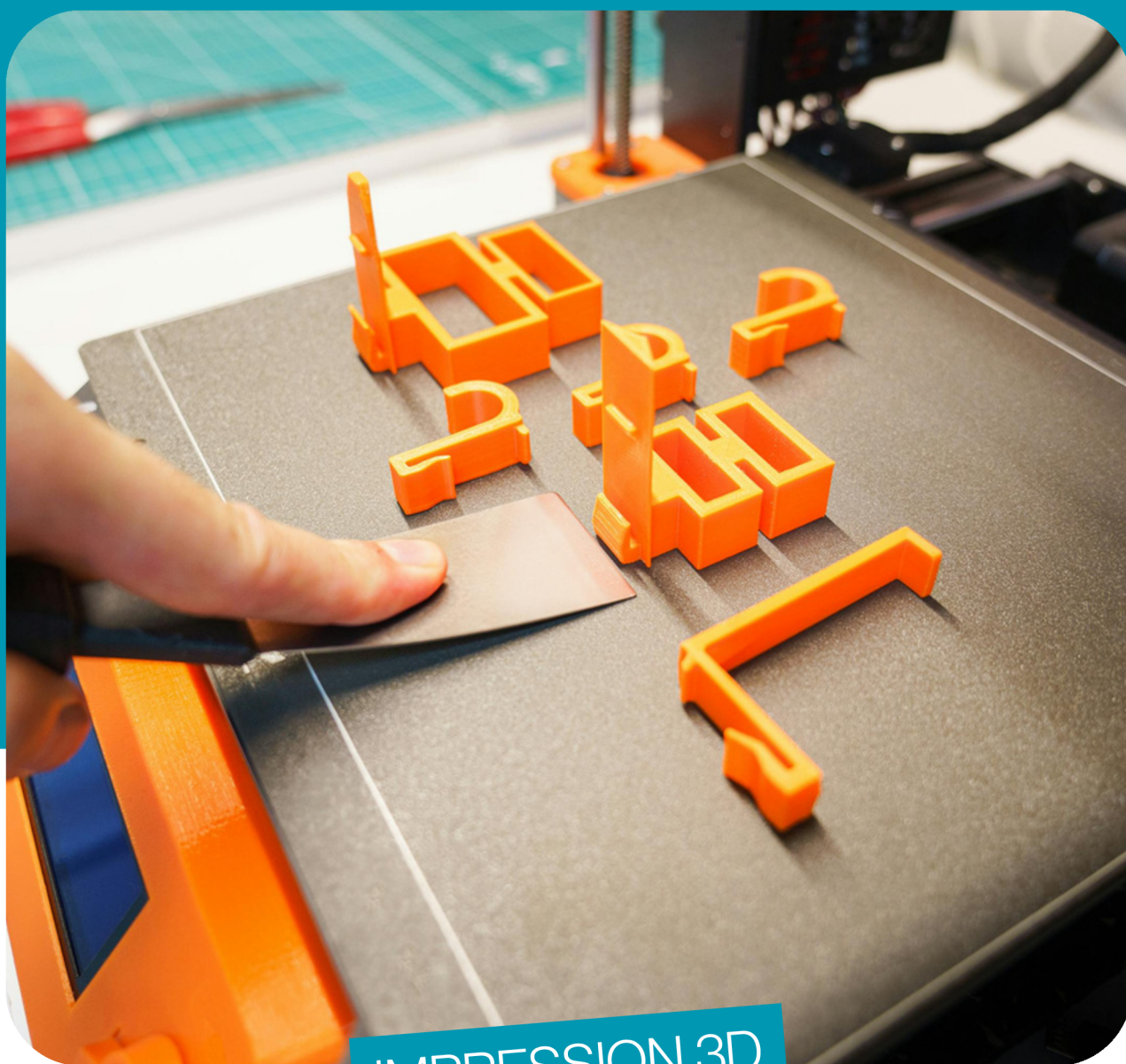
Parmi les principales limitations que nous avons rencontrées :

- L'adhérence au lit est plus complexe que l'adhérence au PLA.
- Il n'est ni biodégradable ni compostable.
- Moins rigide que le PLA.



Source : Matériaux intelligents

Matériau	°C	Facilité	Résistance à la chaleur	Émissions	Retrait	Durabilité
PLA	205–220	Très facile	Faible	Très faibles	Très faible	Élevée
ABS	240–260	Difficile	Élevée	Élevées	Élevé	Faible
PETG	230–250	Moyenne- élevée	Moyenne	Faibles	Faible	Moyenne



IMPRESSION 3D

PRÉVENTION DES RISQUES

Temps

Une partie de la session	Description	terme
Bloc 1. Prévention des risques liés aux imprimantes 3D	Identification des risques et lignes directrices pour l'intervention en classe.	40 minutes

Objectifs

- Comprendre l'importance de la sécurité dans l'utilisation éducative des imprimantes 3D.
- Identifier les principaux risques liés à l'utilisation des imprimantes 3D en classe.
- Découvrez les mesures préventives de base applicables dans un environnement Techlab.
- Promouvoir une utilisation responsable, sûre et durable des technologies en classe.

Méthodologie

La session se déroulera selon une méthodologie explicative axée sur des situations concrètes au sein du Techlab. Des explications simples seront combinées à des études de cas illustrant les difficultés potentielles liées à l'utilisation d'une imprimante 3D FFF en milieu éducatif.

Développement de contenu

Bloc 1. Prévention des risques liés à l'utilisation des imprimantes 3D.

L'utilisation d'imprimantes 3D dans les laboratoires technologiques de Techlab offre de nombreuses possibilités pédagogiques en sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM). Toutefois, il est essentiel de connaître les principaux risques potentiels et les mesures de prévention afin de garantir un environnement sûr pour les élèves et les enseignants.

Il ne s'agit pas ici de semer la panique ni de laisser entendre que les imprimantes 3D sont dangereuses ou difficiles à utiliser ; dans des conditions normales d'utilisation, elles n'explorent pas et ne causent pas de problèmes graves. Il est simplement important, comme pour tout outil pédagogique, de connaître quelques règles de base pour une utilisation en toute sécurité et d'éviter les risques mineurs et facilement évitables.

Par ailleurs, nous tenons à vous rappeler que les recommandations formulées lors de cette formation sont de nature indicative et préventive, et se basent sur l'utilisation pédagogique normale d'une imprimante 3D au sein du Techlab.



Il est important que :

- Consultez les fiches techniques et les fiches de données de sécurité (FDS) des matériaux utilisés.
- Suivez les consignes de sécurité du fabricant de l'imprimante.
- Respectez la réglementation en vigueur concernant la prévention des risques professionnels et la sécurité du centre.

Le centre éducatif et les enseignants chargés de l'utilisation du matériel 3D sont responsables de la mise en œuvre de ces mesures.

Quels risques devons-nous prendre en compte ?



Concentrons-nous sur cinq risques :

- Mécanique. Celles qui concernent les composants mobiles de l'imprimante, tels que la tête d'impression, le plateau d'impression ou les mouvements des différents axes.
- Facteurs thermiques. Ceux qui sont liés aux températures de composants tels que la buse, le filament et le plateau d'impression.
- Électricité. Celles qui concernent les connexions électriques et électroniques de l'imprimante.
- Substances chimiques. Celles qui sont liées à l'émission de gaz ou d'odeurs qui se produisent lors de l'impression en raison de l'utilisation de certains filaments.
- Environnementaux. Ceux qui résultent de la production de déchets et de matériaux plastiques lorsqu'ils ne sont pas gérés correctement.

RISQUES MÉCANIQUES

Risques potentiels :



- En-tête en mouvement.
- L'imprimante tombera si on la pousse accidentellement.
- Une légère sensation de picotement se fait sentir lorsque vous insérez votre main pendant l'impression.
- Placez votre doigt dans l'extrudeuse.
- Touchez les ventilateurs en mouvement.

Comment pouvons-nous les éviter ?



- Il est important d'expliquer aux élèves qu'ils ne doivent pas toucher l'imprimante lorsqu'elle est en marche (par exemple, pour éviter qu'ils ne posent leurs mains sur la zone d'impression). Cette mesure préventive, comme nous le verrons, s'applique à pratiquement tous les risques.
- Après l'impression, il est important d'attendre quelques minutes avant de retirer la pièce ou de toucher la machine.
- Gardez une distance de sécurité.
- Placez toujours l'imprimante sur une surface stable. Autrement dit, évitez les tables instables ou bancales.

RISQUES THERMIQUES

Risques potentiels :



- Vous risquez de vous brûler en touchant la buse. Selon le filament utilisé, la température de la buse peut varier entre 180 °C et 260 °C.
- Brûlures dues au contact avec le plateau chauffant. Cette surface n'atteint pas la température de la buse, mais elle peut tout de même atteindre 50 °C (dans le cas du PLA).
- Elle provoque des brûlures au contact du filament fondu.

Comment pouvons-nous les éviter ?



- Il est important d'expliquer aux élèves qu'ils ne doivent pas toucher l'imprimante pendant son fonctionnement (par exemple, les empêcher de poser leur main sur la zone d'impression).
- Après l'impression, il est important d'attendre quelques minutes avant de retirer la pièce ou de toucher la machine.
- Utilisez des outils comme une pince à épiler pour toucher le filament ou nettoyer la buse.
- Le retrait des pièces devrait de préférence être effectué par l'enseignant.
- Informez les élèves des dangers liés aux objets chauds et de l'importance de ne pas les toucher.

RISQUES ÉLECTRIQUES

Risques potentiels :



- Câbles endommagés
- mauvaise manipulation
- Liquide renversé près de l'imprimante.
- Crampes

Comment pouvons-nous les éviter ?



- Si l'une de ces situations se produit, la première chose à faire est d'éteindre immédiatement l'appareil et d'en informer le fabricant.
- Débranchez l'appareil de la prise de courant.
- Ne placez pas de liquides à proximité, tels que des verres ou des bouteilles ouverts, car ils pourraient tomber et provoquer des dysfonctionnements électriques.
- Vérifiez visuellement l'état du cordon d'alimentation.
- Il est important d'expliquer aux élèves qu'ils ne doivent pas toucher aux branchements de l'imprimante.

RISQUES CHIMIQUES

On distingue deux principaux risques : ceux liés aux émissions gazeuses et ceux liés aux émissions de particules.

En raison des émissions de gaz

Il est important de rappeler que, même si le risque n'est pas immédiat, il n'existe aucun risque d'intoxication soudaine et que, grâce à l'utilisation de matériaux appropriés, ce risque est très faible. Lors de l'impression 3D d'une pièce, le filament chauffe et peut libérer de petites quantités de gaz et de composés volatils dans l'air.

Par conséquent, nous recommandons d'examiner les caractéristiques indiquées par le fabricant pour le matériau.

De plus, nous recommandons l'utilisation du PLA, car il émet de très faibles niveaux de substances nocives, génère moins d'odeurs et est plus sûr dans les environnements scolaires.

Risques potentiels :



- Inconfort causé par les odeurs
- Air stagnant dans les espaces clos
- Exposition prolongée sans ventilation

Comment pouvons-nous les éviter ?



- Utilisation du PLA comme matériau principal
- Maintenir une ventilation naturelle dans la salle de classe.
- Évitez d'imprimer pendant plusieurs heures d'affilée dans des environnements mal ventilés.
- Ne placez pas plusieurs imprimantes dans des espaces réduits et mal ventilés.
- Si vous utilisez des polymères tels que l'ABS, placez la machine dans une pièce sécurisée, protégée par des filtres qui capturent les produits chimiques présents dans l'air.

En raison de l'émission de particules

Le risque de présence de particules résiduelles survient lors du post-traitement. Autrement dit, une fois l'impression 3D terminée, il peut être nécessaire d'effectuer des ajustements sur la pièce, tels que le ponçage ou le polissage.

Ce processus produit des particules très fines qui peuvent pénétrer dans nos yeux, que nous pouvons transporter ailleurs (sur nos mains, par exemple, si nous touchons quelque chose) ou même ingérer sans nous en rendre compte.

Comment pouvons-nous les éviter ?



- Code d'identification de l'utilisateur
- Portez un masque
- Portez des lunettes
- Utilisez des gants
- Veillez à la propreté des lieux. Nous vous recommandons de passer l'aspirateur.

RISQUES ENVIRONNEMENTAUX

L'utilisation d'imprimantes 3D peut avoir un impact environnemental si les matériaux et les déchets générés pendant le processus d'impression ne sont pas gérés correctement.

De plus, certains matériaux plastiques ne sont pas biodégradables et nécessitent une gestion appropriée des déchets.

Risques potentiels :

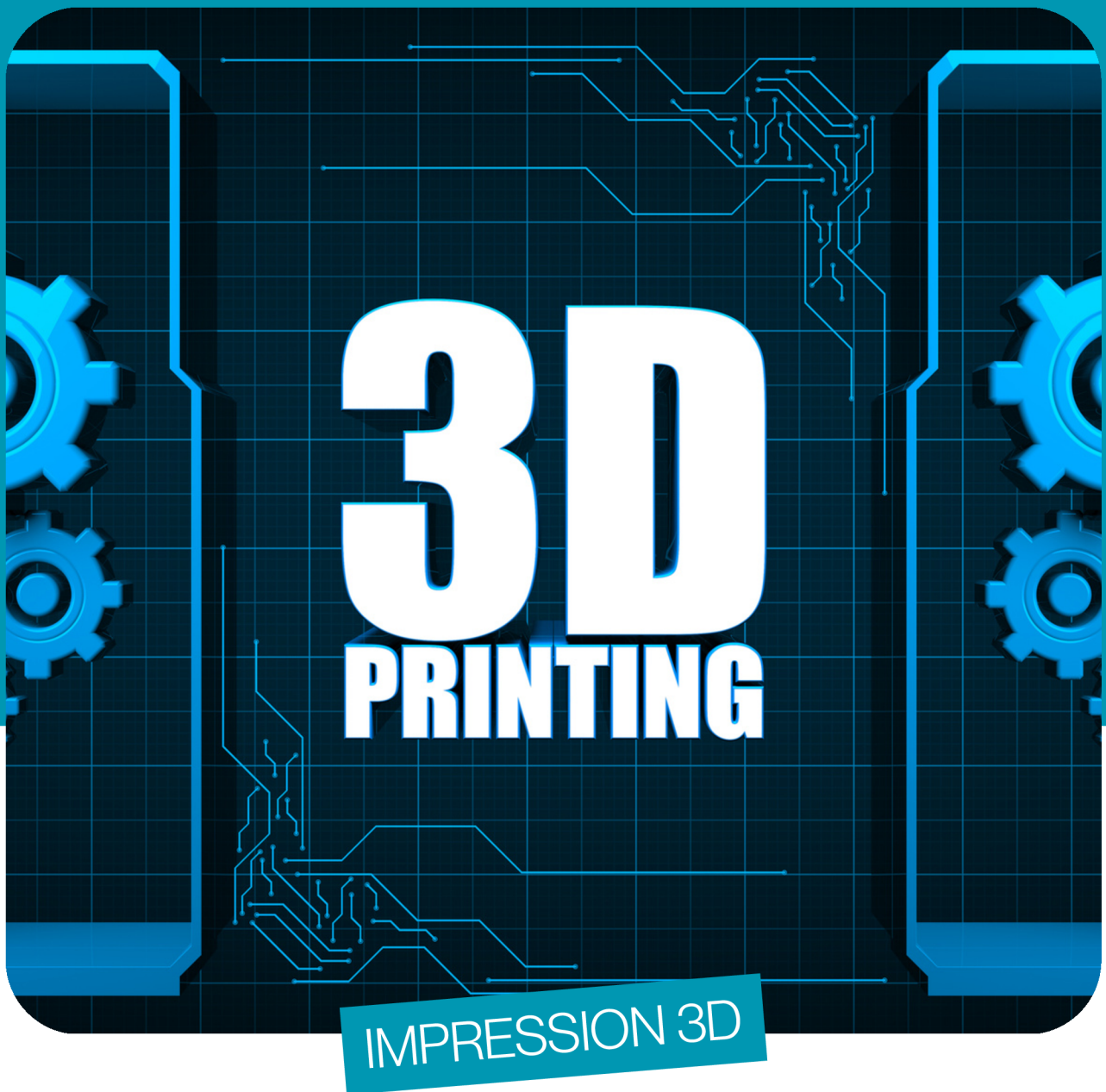


- Accumulation de déchets plastiques
- Pollution environnementale due à une mauvaise gestion des déchets.
- Sale en classe
- Dispersion de petits morceaux ou fragments

Comment pouvons-nous les éviter ?



- Utilisez un conteneur spécialement conçu pour les déchets d'impression 3D.
- Encouragez la réutilisation des composants défectueux chaque fois que cela est possible.
- Gardez votre espace de travail propre et organisé.
- Nettoyez la pièce en passant l'aspirateur afin d'éviter de remettre les particules en suspension.
- Nettoyer avec un chiffon humide ou un essuie-tout et ranger dans un sac en plastique pour éviter la pollution de l'air.
- Récupérez les restes après chaque séance.
- Utilisez des matériaux plus durables chaque fois que cela est possible (comme le PLA).
- Évitez d'imprimer des documents inutiles ou non éducatifs.
- Réutilisez les matériaux autant que possible grâce aux programmes de collecte (voir la section suivante).



OUTILS

CONCEPTION 3D

Temps

Une partie de la session	Description	terme
Bloc 1. Les logiciels libres et leurs avantages pour les établissements d'enseignement.	Explication de ce qu'est un logiciel libre, de ses fonctionnalités et des avantages qu'il offre aux établissements scolaires.	15 minutes
Bloc 2. Comment utiliser FreeCAD étape par étape.	Une explication pratique et guidée de l'utilisation de FreeCAD.	60 minutes

Objectifs

- Comprendre ce qu'est un logiciel libre.
- Comprendre les avantages pour le centre éducatif et l'inclusion des élèves handicapés.
- Apprenez à utiliser le logiciel FreeCAD pour la conception 3D, en vous concentrant sur sa mise en œuvre chez Techlabs.

Méthodologie

La session se déroulera selon une méthodologie à la fois explicative et participative. Les explications théoriques seront complétées par des exercices guidés étape par étape, permettant aux enseignants de comprendre comment utiliser le logiciel gratuit FreeCAD pour la conception 3D.

Durant la session, la participation active sera encouragée, favorisant l'acquisition d'une autonomie dans l'utilisation de base du logiciel.

Développement de contenu

Bloc 1. Les logiciels libres et leurs avantages pour les établissements d'enseignement.

Un logiciel libre est un logiciel dont le code source peut être librement étudié, modifié, utilisé, copié et distribué à toutes fins.

Selon la Free Software Foundation (FSF), « un logiciel libre est un logiciel qui vous donne la liberté de le partager, de l'étudier et de le modifier. Nous l'appelons logiciel libre parce qu'il est gratuit pour vous. » [1]

Selon Richard Stallman, fondateur de la Free Software Foundation (FSF) et du mouvement du logiciel libre, pour être considéré comme libre, un logiciel doit posséder quatre libertés essentielles[2] :

- Objectif : Ce logiciel peut être utilisé à toutes fins, sans restriction de licence ni limitation géographique. Par conséquent, tout utilisateur peut l'utiliser sur n'importe quel système et à toutes fins, sans avoir à en informer le propriétaire.
- Distribution : Le logiciel peut être partagé et copié librement, avec ou sans modifications.
- Étude : N'importe qui peut étudier le fonctionnement du logiciel.
- Modifications : Le logiciel peut être modifié par n'importe quel utilisateur, et les versions modifiées peuvent être partagées.

[1] Free Software Foundation. (s.d.). Qu'est-ce qu'un logiciel libre et pourquoi est-il si important pour la société ? Consulté le [date de consultation], à l'adresse <https://www.fsf.org/about/what-is-free-software> [2] Free Software Foundation. (s.d.). Définition du logiciel libre. Projet GNU. Consulté le 7 novembre 2025, à l'adresse <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.en.html>

Si on parle de logiciels libres... est-ce la même chose ?

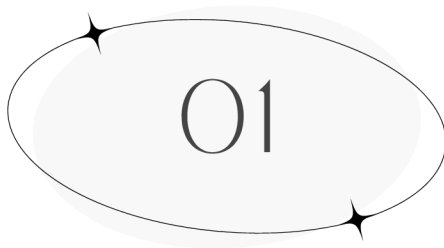
Bien que souvent utilisés comme synonymes, les deux termes n'ont pas exactement la même signification. La principale différence réside dans la philosophie et les objectifs. Alors que le logiciel libre repose sur une vision éthique et sociale visant avant tout à garantir la liberté d'utiliser, d'étudier, de modifier et de partager les logiciels, le logiciel libre se concentre sur les aspects pratiques et les avantages de la disponibilité du code source pour améliorer la qualité des logiciels, l'innovation et la coopération technique, en négligeant la dimension éthique.

Quels sont les principaux avantages de l'utilisation de logiciels libres dans les laboratoires technologiques des centres éducatifs ?

- Accès gratuit. Son principal avantage réside dans le fait que ce logiciel ne représente pas un coût excessif pour les établissements d'enseignement. Ces derniers peuvent donc l'utiliser sans dépendre de contrats ou d'offres commerciales de sociétés externes.
- Inclusion. L'utilisation de ce type de logiciel permet à tous de l'utiliser à l'intérieur comme à l'extérieur de la salle de classe, éliminant ainsi les barrières financières et technologiques et permettant à tous les élèves de participer et d'apprendre sur un pied d'égalité.
- Apprentissage actif. Conformément aux avantages décrits ci-dessus, l'utilisation de ce type de logiciel permet à tous les élèves d'explorer, de modifier et de créer des projets 3D, développant ainsi des compétences essentielles et transversales.
- La collaboration. Bien qu'elle ne soit pas un avantage exclusif aux logiciels libres, son utilisation permet aux étudiants de partager et de travailler en équipe, favorisant ainsi l'acquisition de compétences essentielles.
- Créativité et innovation. À l'instar du précédent avantage, celui-ci n'est pas exclusif aux logiciels libres, mais il représente un atout considérable car la possibilité de tester de nouvelles idées et de traduire la créativité en objectifs concrets accroît la motivation et initie les élèves aux sciences et aux technologies de manière dynamique et pratique, un élément fondamental de leur apprentissage.

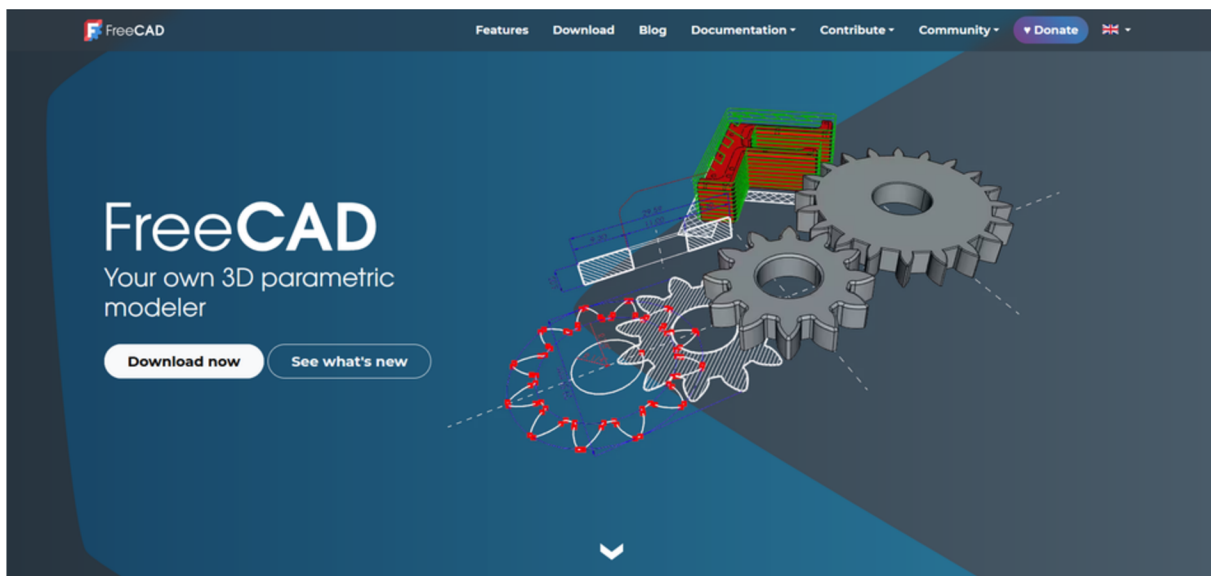
Bloc 2. Comment utiliser FreeCAD étape par étape.

FreeCAD est un logiciel de modélisation 3D gratuit et open source qui offre des outils pour produire, exporter et modifier des modèles solides de haute précision, les exporter pour l'impression 3D ou l'usinage CNC, créer des dessins 2D et des visualisations des modèles, effectuer des analyses telles que l'analyse par éléments finis ou exporter des données de modèle telles que des quantités ou des nomenclatures.

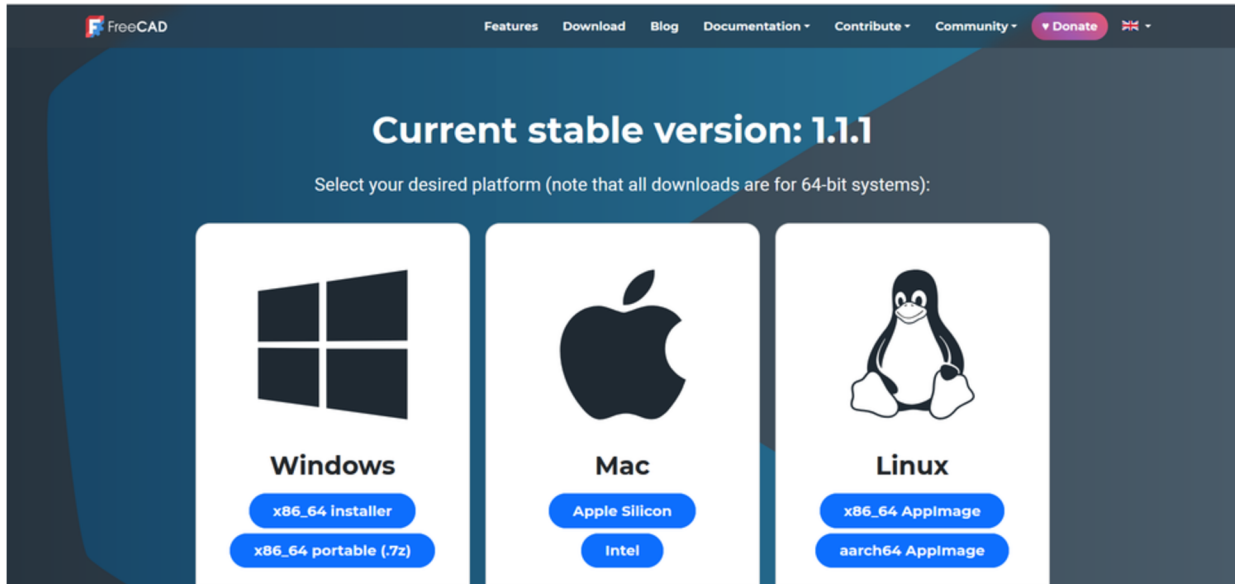


Installez le logiciel

La première étape consistera à installer le logiciel sur les ordinateurs du centre ou sur notre ordinateur portable. Pour ce faire, nous devons nous rendre sur le site web officiel de FreeCAD, où nous pourrions télécharger la version la mieux adaptée à notre système d'exploitation (Windows, macOS, Linux).

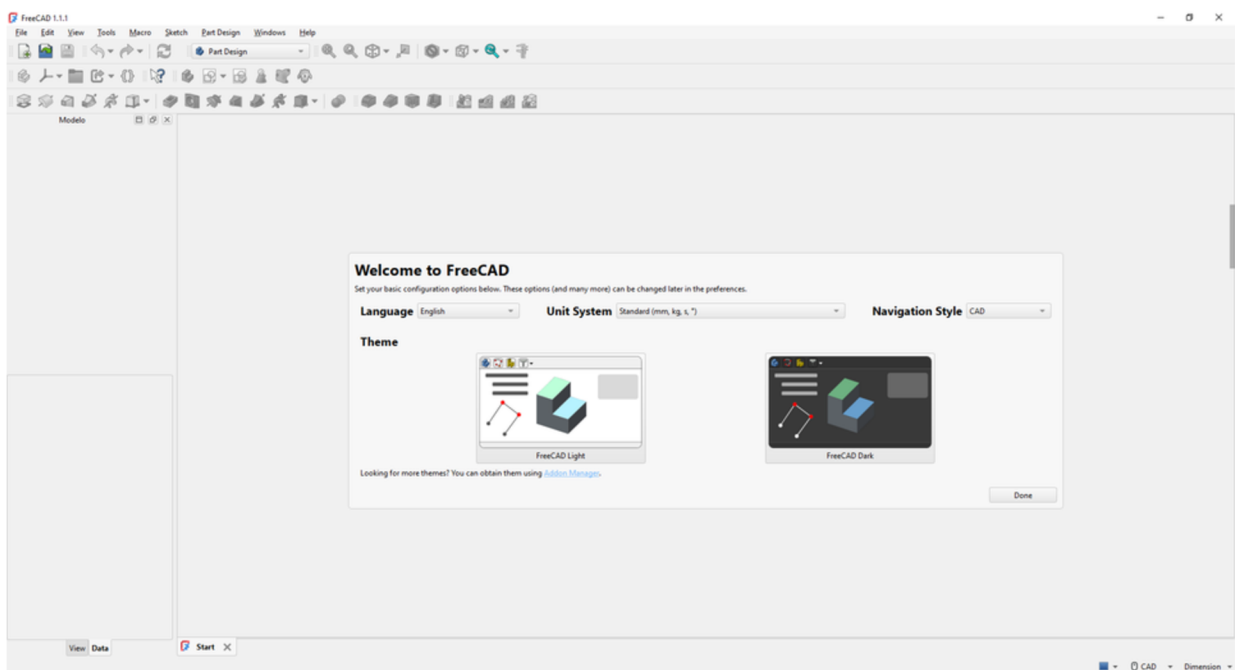


Sur la page d'accueil, le premier lien visible est celui permettant de télécharger le logiciel. En cliquant sur « Télécharger maintenant », on est automatiquement redirigé vers la page de téléchargement, où l'on peut choisir son système d'exploitation.



Le téléchargement démarrera automatiquement. Une fois le téléchargement terminé, ouvrez le programme téléchargé et suivez les instructions d'installation.

Une fois l'installation terminée, ouvrez directement le logiciel et sélectionnez la langue :



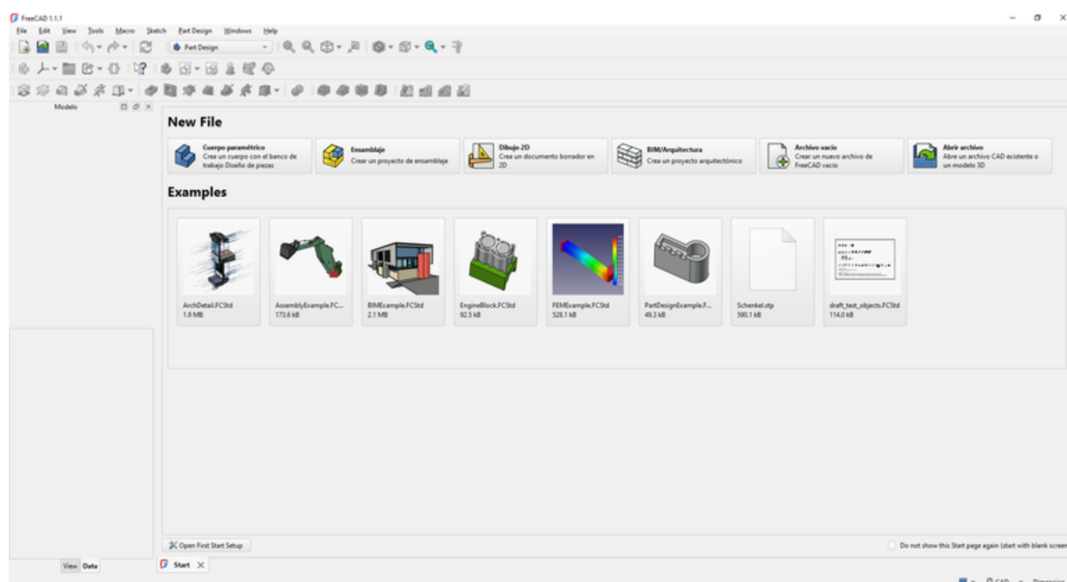


Comment commencer à utiliser le logiciel

Lorsque vous ouvrez le programme, une fenêtre apparaît avec plusieurs options pour créer un nouveau fichier :

- **Modélisation paramétrique.** C'est l'option la plus courante pour la conception 3D. Elle permet de créer et de modifier des pièces solides. C'est la meilleure option pour la création de composants dans Techlab, car cet environnement est conçu pour la création progressive de pièces 3D. Chaque pièce est construite à partir de mesures et de règles, sans utiliser de modèles ou de gabarits prédéfinis.
- **Assemblage.** Cette opération permet d'assembler différentes pièces et de vérifier leur compatibilité. Elle est utile lorsque vous avez plusieurs pièces d'un même objet et que vous souhaitez vous assurer de leur bon fonctionnement.
- **Dessin 2D.** Permet de créer des plans et des schémas. Par exemple, pour indiquer les dimensions exactes d'un composant dans un fichier PDF.
- **BIM/Architecture.** Permet la conception de circuits ou de structures architecturales.
- **Fichier vide.** Ouvrez un nouveau projet vide, sans structure ni environnement actif.
- **Ouvrir un fichier.** Permet d'ouvrir un projet précédemment enregistré.

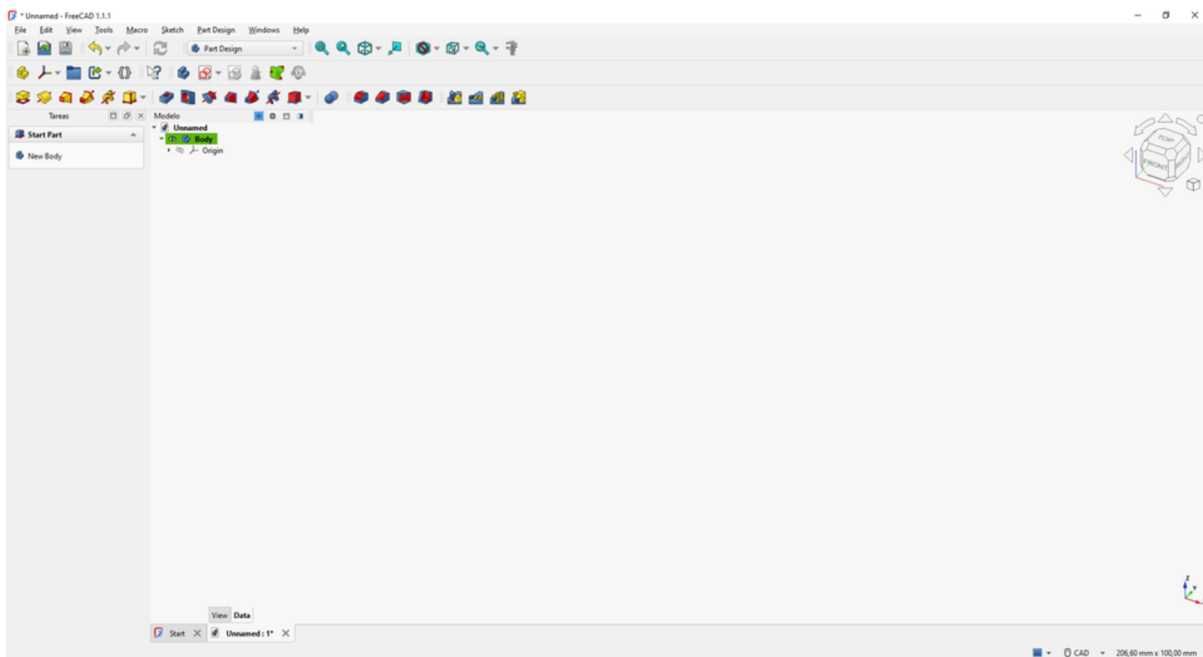
Vous trouverez ci-dessous quelques exemples de fichiers fournis par FreeCAD que vous pouvez ouvrir pour observer comment les modèles sont réalisés.





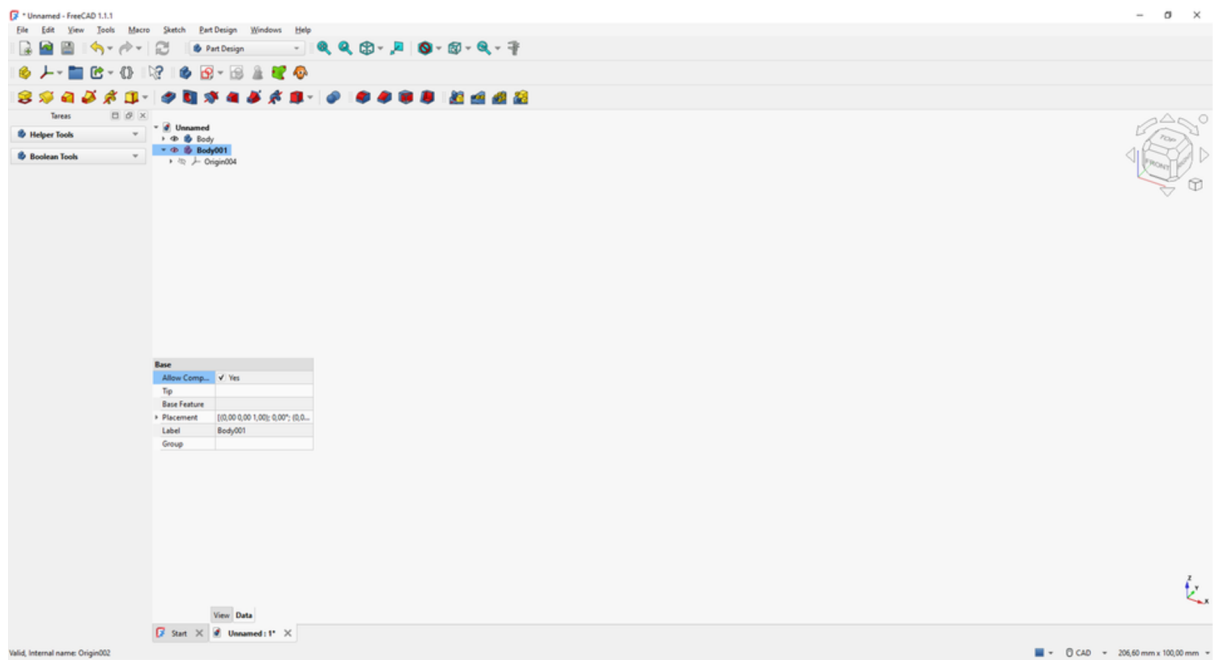
Création de notre premier modèle 3D

Nous commençons par cliquer sur « Partie paramétrique », après quoi l'écran suivant apparaîtra :



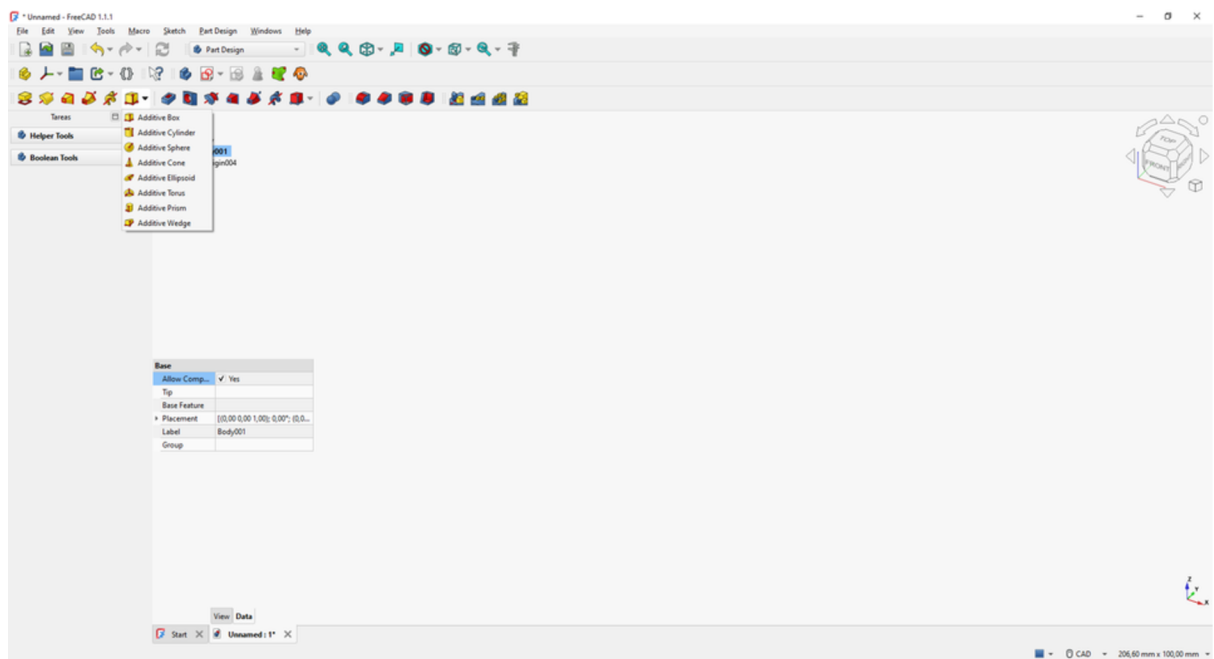
La première chose que l'on voit est un espace vide avec une barre d'outils à l'arrière et une barre latérale à gauche, où l'on trouve « Tâches » (qui affiche les étapes que vous pouvez effectuer) et « Modèle » (qui affiche l'arbre des objectifs du projet).

La première étape consiste à créer un corps. Cela nous permettra de travailler sur une nouvelle pièce. Sélectionnez d'abord « Nouveau corps ». Le corps est le conteneur de la pièce où sont enregistrées les esquisses et les modifications.

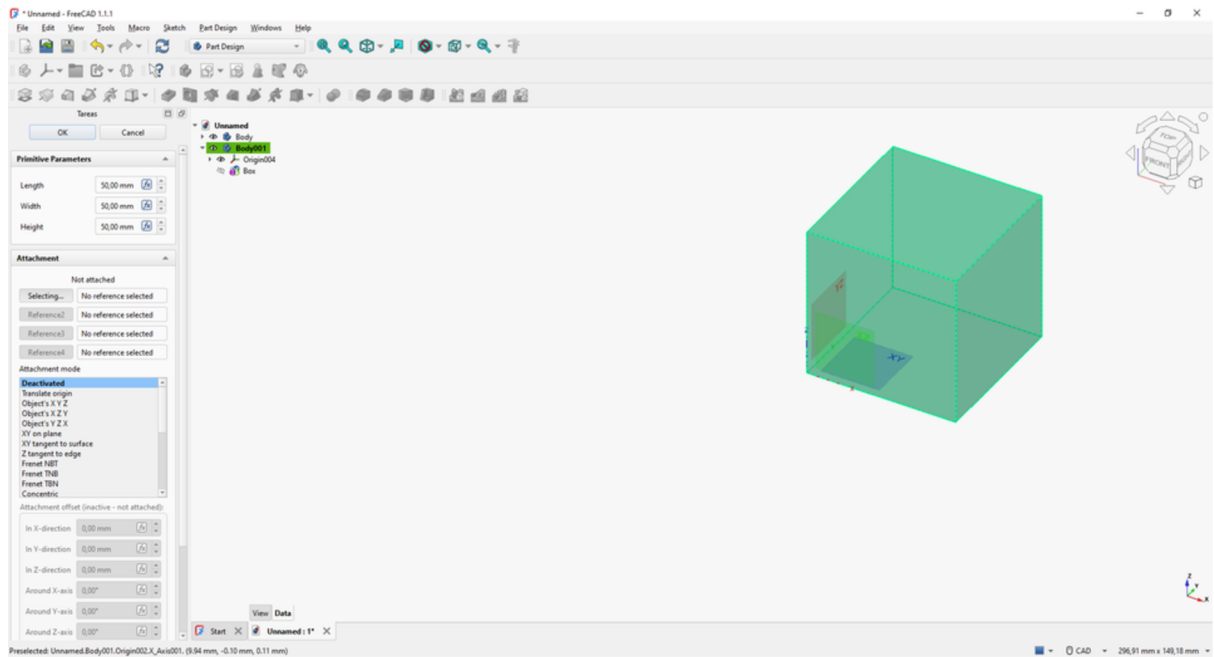


À présent, à l'intérieur de ce corps, nous devons créer une esquisse qui deviendra notre modèle 3D.

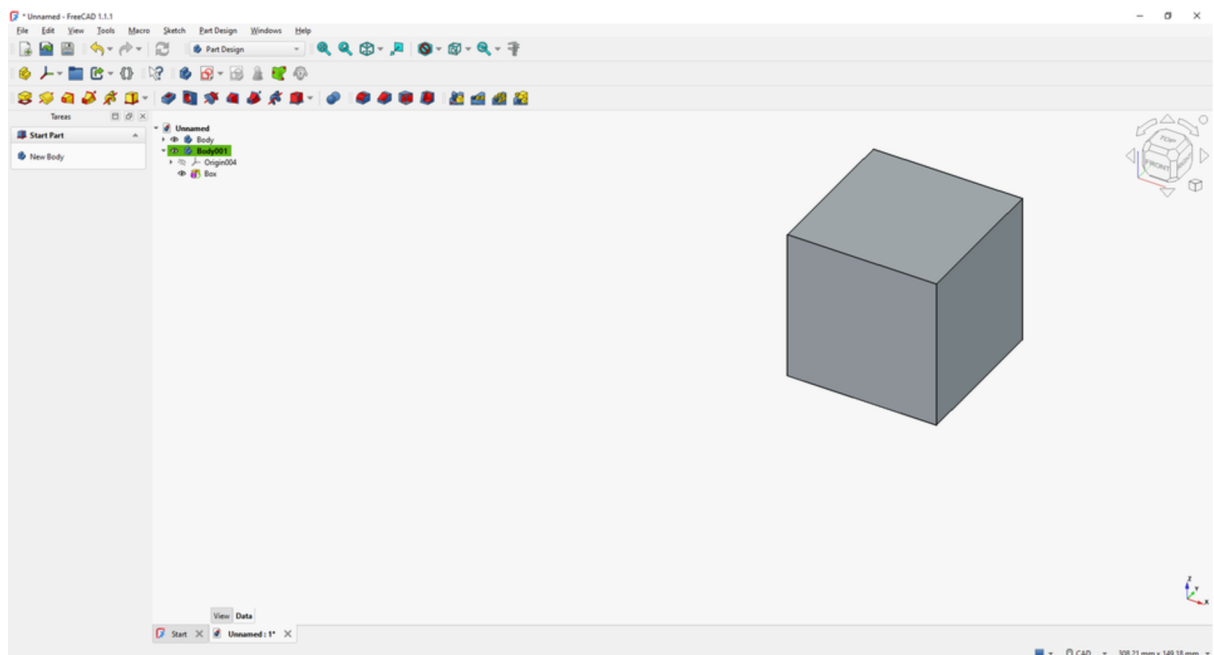
Ensuite, sélectionnez le bouton « Créer une primitive additive », qui propose une forme de base prédéfinie : cube, cylindre, sphère, cône...



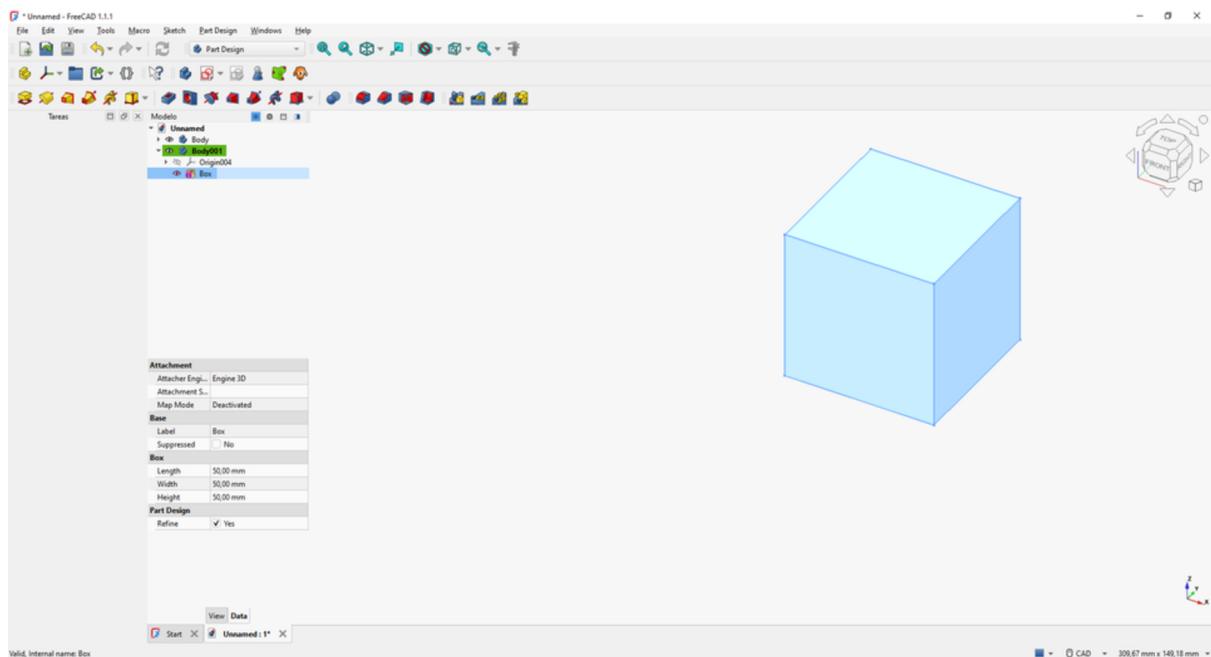
Sélectionnez « cube » pour commencer et saisissez les dimensions souhaitées (longueur, largeur et hauteur). Par exemple : 50 mm x 50 mm x 50 mm



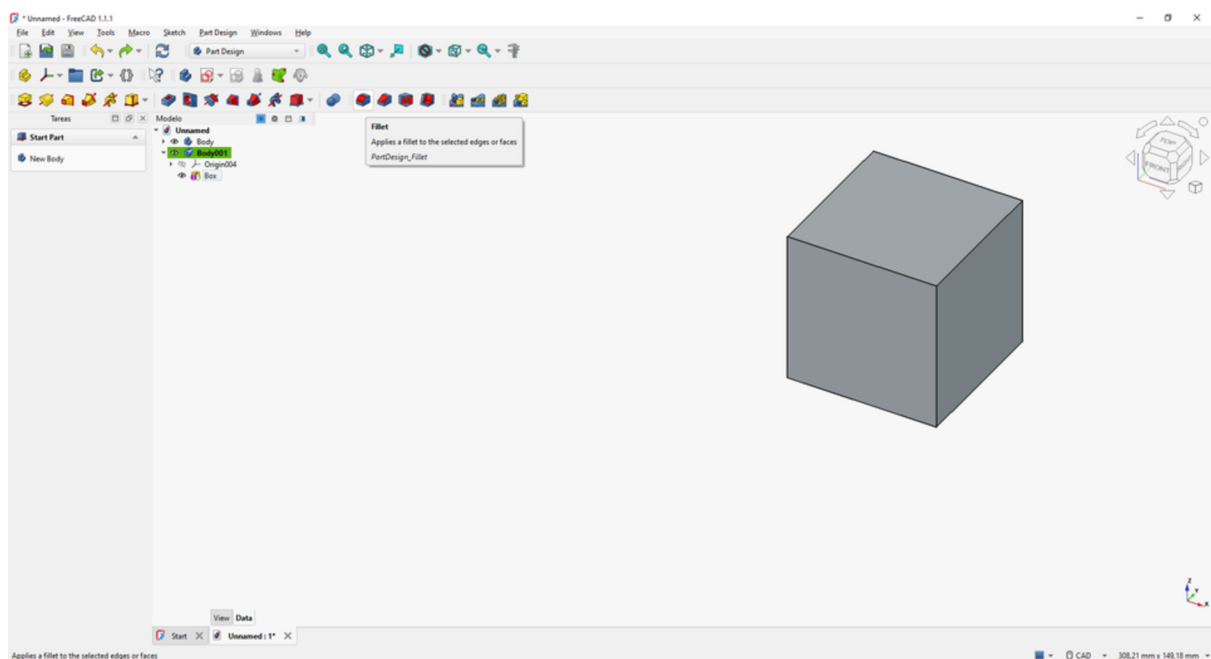
Lorsque vous cliquerez sur « OK », le bloc 3D apparaîtra dans la vue principale et l'option « Modèle » apparaîtra dans le corps du bloc, dans la barre latérale.



Une fois créée, si nous voulons modifier sa taille, nous pouvons le faire en sélectionnant « Boîte » dans la barre latérale ; un onglet « Propriétés » apparaîtra en bas, où nous pourrions effectuer les modifications souhaitées.

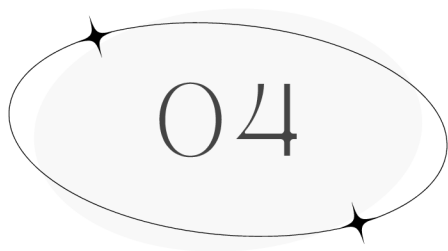


Nous pouvons également effectuer des modifications, comme arrondir les angles, dans la barre d'outils supérieure :



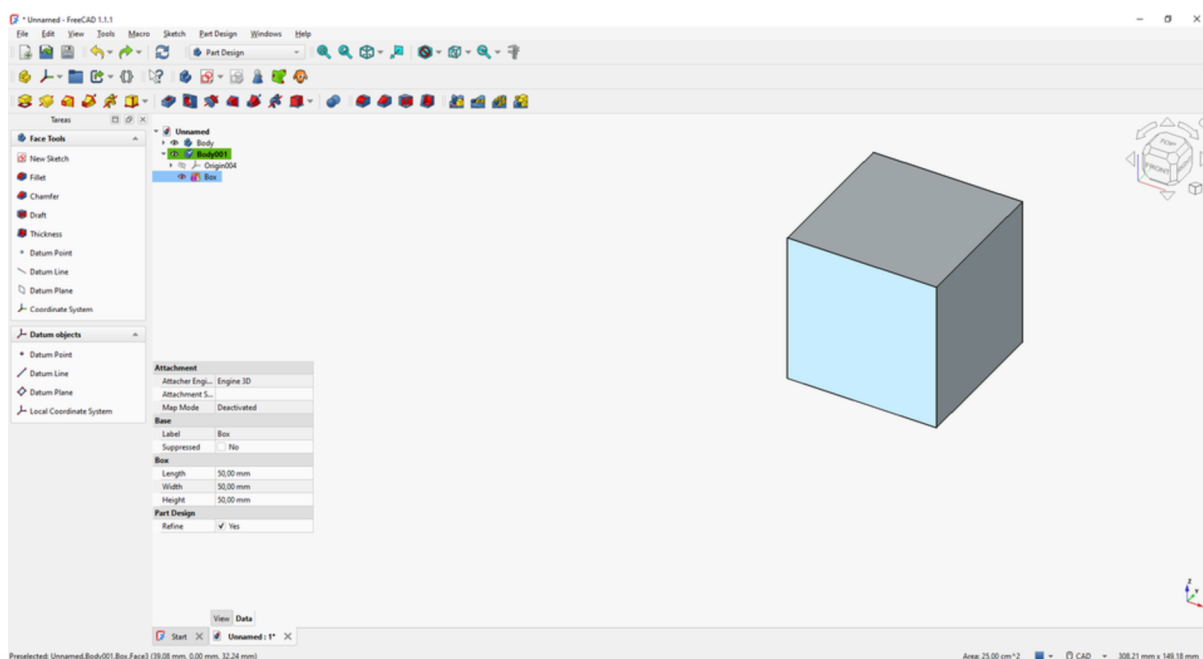
Percez un trou ou créez une autre forme primitive (comme un cylindre) à l'intérieur de notre cube, modifiez l'épaisseur, etc.

Le moment est venu d'explorer et de réfléchir à ce que nous voulons que notre travail soit.



Vérifiez la pièce

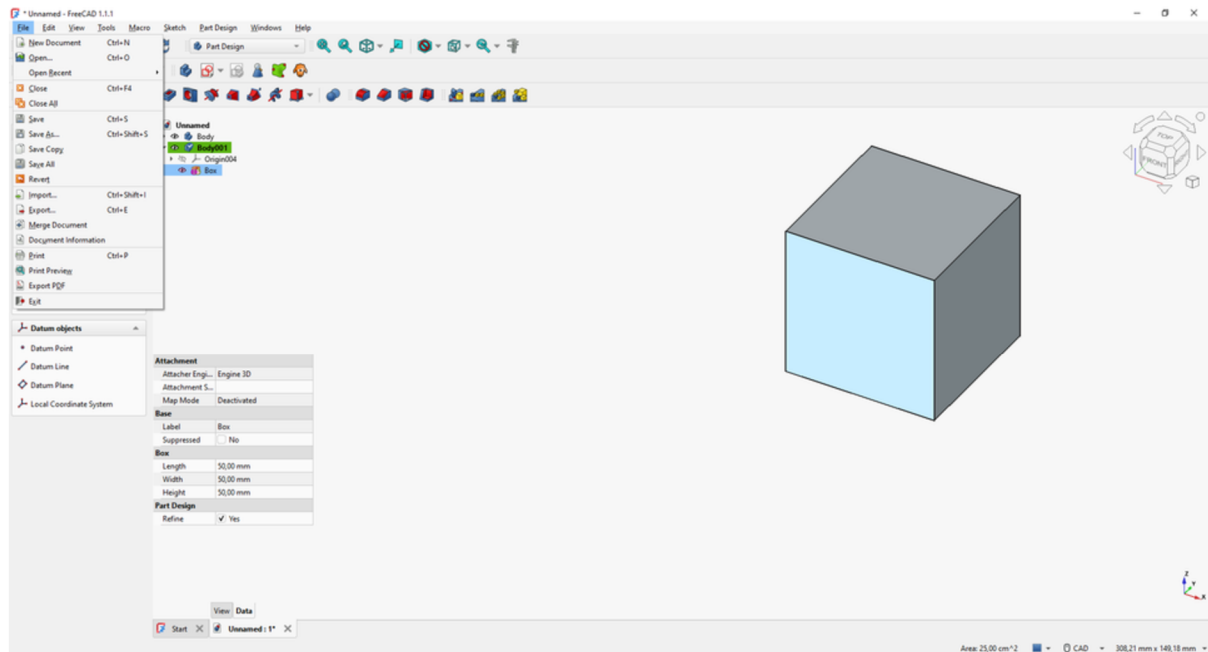
Faites pivoter la pièce dans la vue 3D et assurez-vous que toutes les modifications vous conviennent, en vérifiant également que les mesures sont correctes.

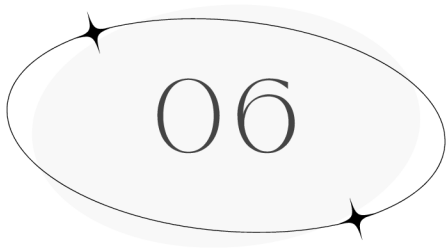




Enregistrer le projet FreeCAD

Allez dans Fichier – Enregistrer et donnez un nom à votre projet. Vous pourrez ainsi le rouvrir plus tard et poursuivre son édition.

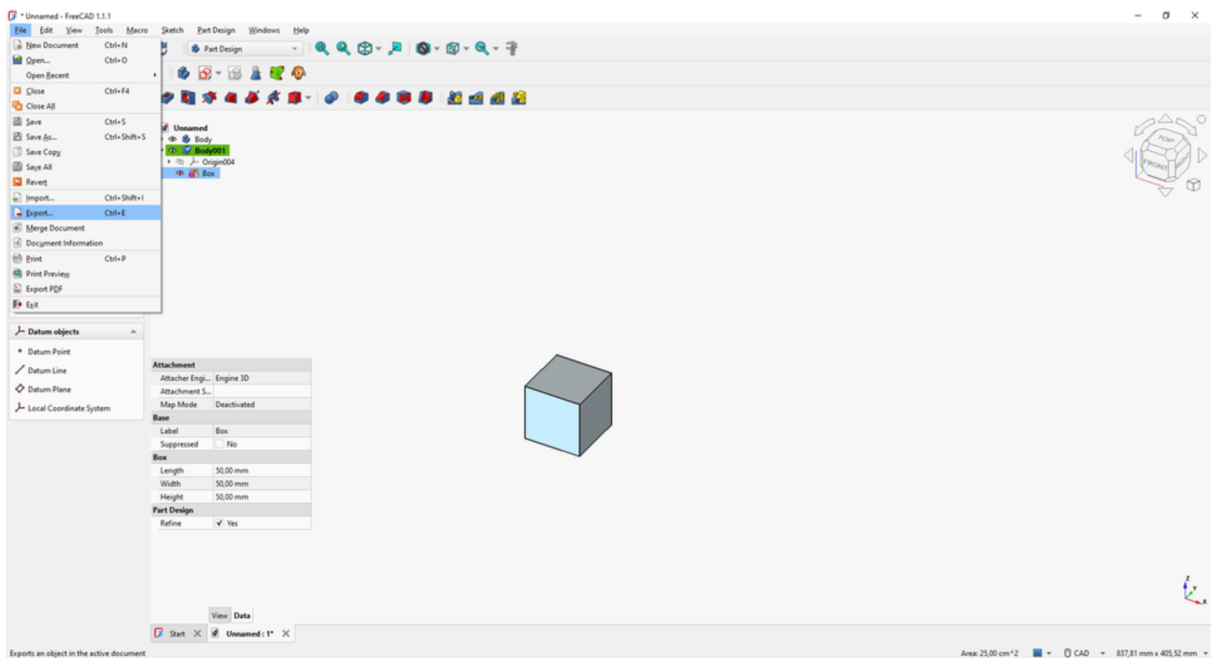




Exportation pour impression 3D

Si vous possédez déjà la pièce finale à imprimer avec l'imprimante 3D Techlab :

- Sélectionnez le dernier élément de la barre latérale « Modèle ».
- Allez dans Fichier – Exporter
- Choisissez le format STL.
- Enregistrez le fichier.





IMPRESSION 3D

OUTILS POUR LA LAMINATION 3D

Temps

Une partie de la session	Description	terme
Bloc 1. Comment utiliser Ultimaker Healing	Une explication pratique et guidée de l'utilisation de CURA : installation, interface, découpage et création de G-code.	60 minutes

Objectifs

- Apprenez à utiliser le logiciel Ultimaker Cura pour le découpage 3D, en vous concentrant sur l'implémentation Techlabs.

Méthodologie

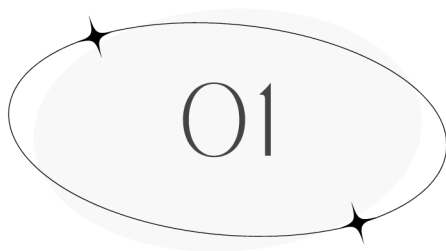
La session se déroulera selon une méthodologie à la fois explicative et participative. Les explications théoriques seront complétées par des exercices guidés étape par étape, permettant aux enseignants de comprendre comment utiliser le logiciel ULTIMAKER CURA pour le découpage 3D.

Durant la session, la participation active sera encouragée, favorisant l'acquisition d'une autonomie dans l'utilisation de base du logiciel.

Développement de contenu

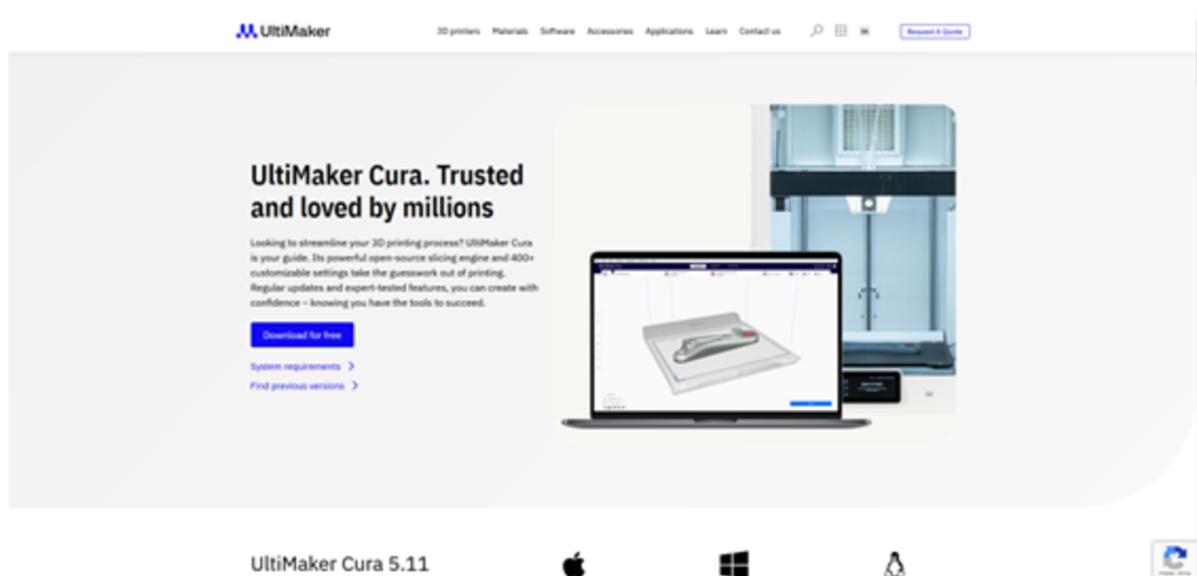
Bloc 1. Comment utiliser Ultimaker Healing

Ultimaker Cura est un logiciel libre et open source développé pour les imprimantes 3D, qui permet de modifier les paramètres d'impression en les transformant en code G et d'imprimer des objets tridimensionnels directement sur l'imprimante 3D.

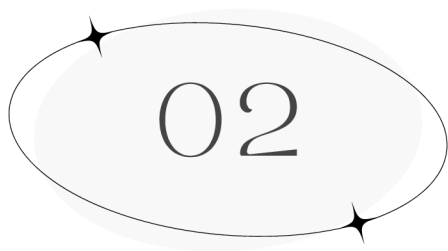


Installez le logiciel

La première étape consiste à installer Ultimaker® Cura sur votre ordinateur. Pour ce faire, rendez-vous sur le site web officiel et téléchargez le programme d'installation, disponible pour Windows, macOS et Linux.



Après avoir téléchargé le fichier d'installation, vous devez l'exécuter et suivre les instructions fournies.

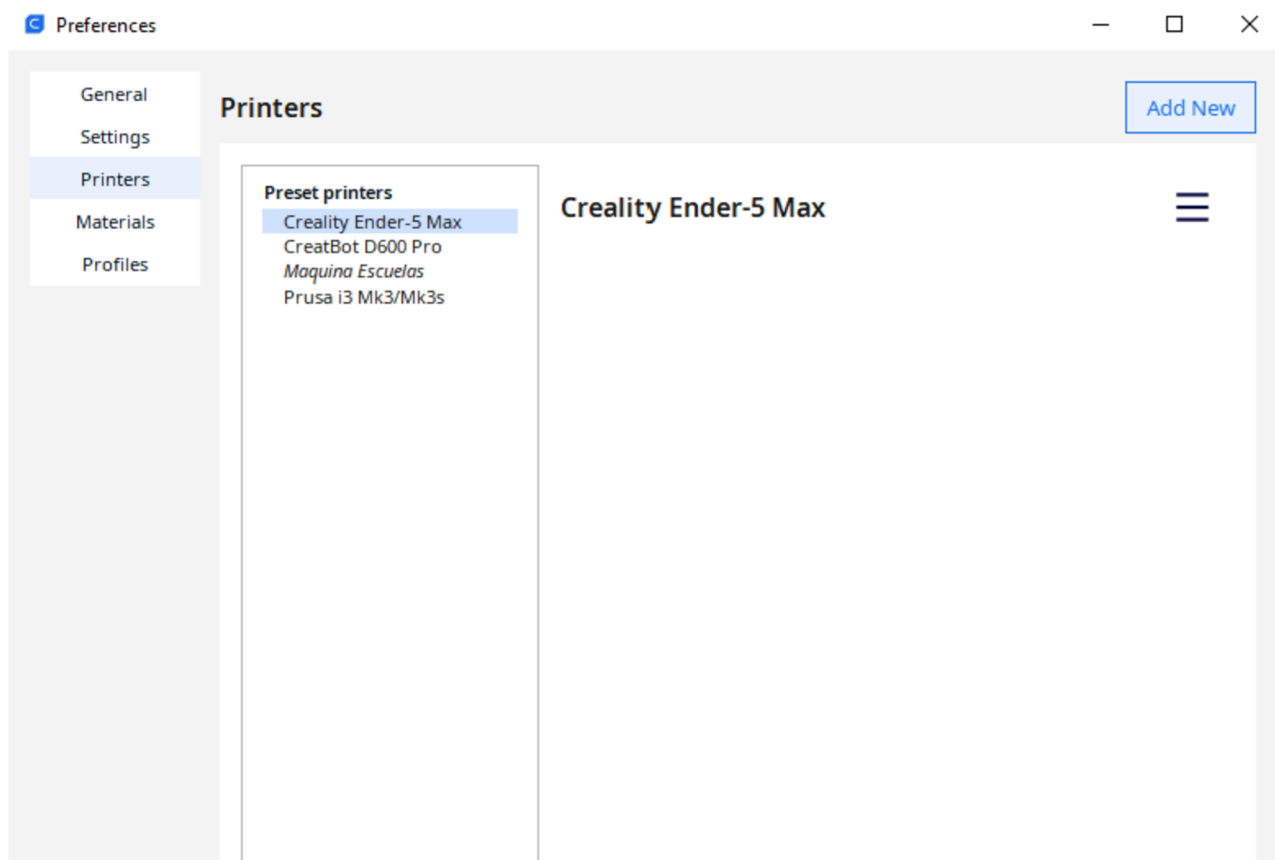


Paramètres initiaux

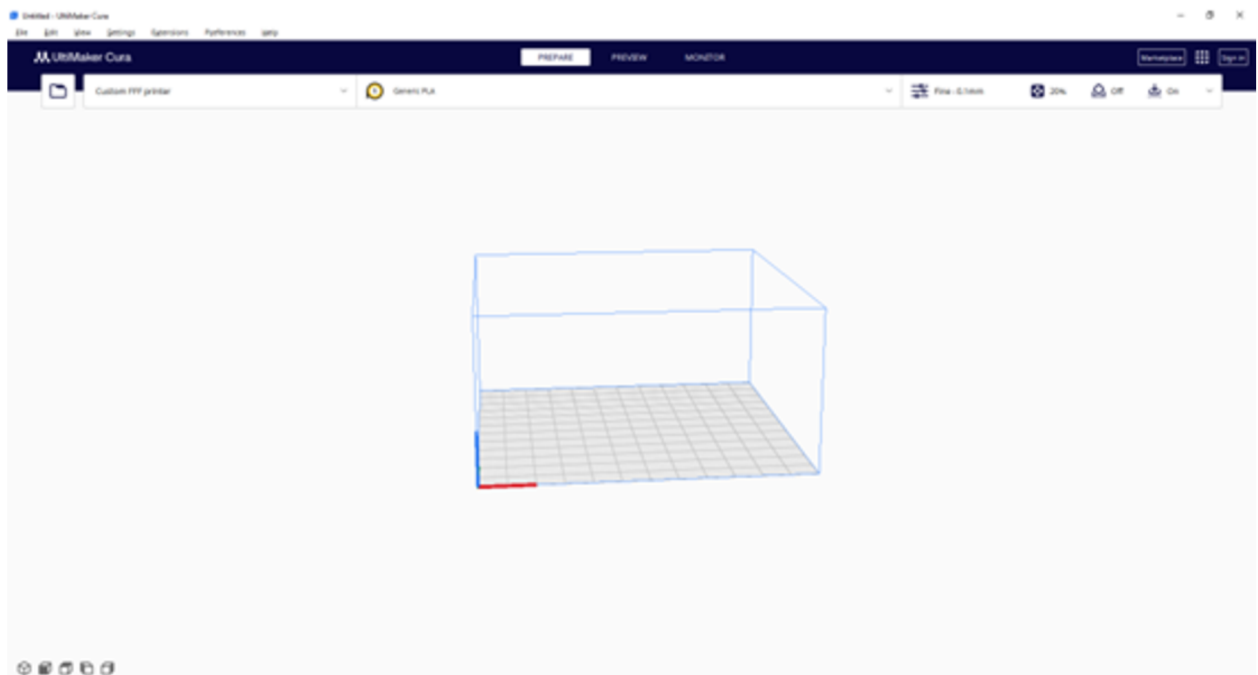
Lors de la première ouverture du logiciel, il vous sera demandé de fournir des informations de base, telles que la langue ou l'imprimante, vous permettant ainsi de créer le profil qui contrôle la génération du code G.

Le G-code est le langage que lisent les imprimantes 3D et contient des instructions détaillées sur les actions qu'elles effectueront pour imprimer la pièce souhaitée.

L'élément le plus important est le choix de l'imprimante.



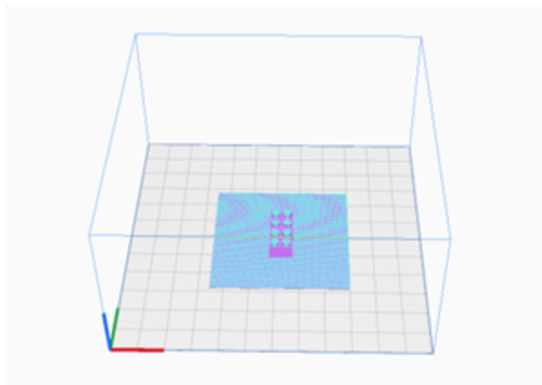
Le programme nous montre une représentation de sa surface d'impression.





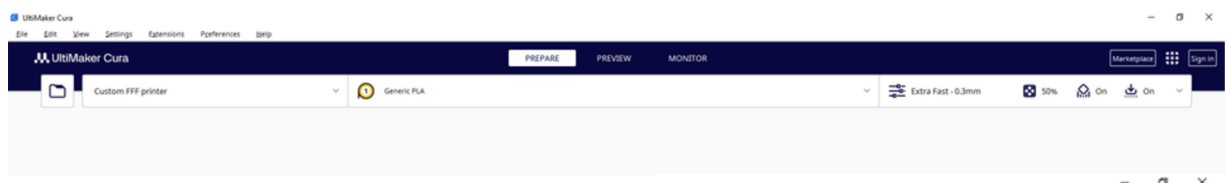
Comprendre l'interface

Zone centrale : simule la plateforme d'impression, sur laquelle nous plaçons notre pièce.

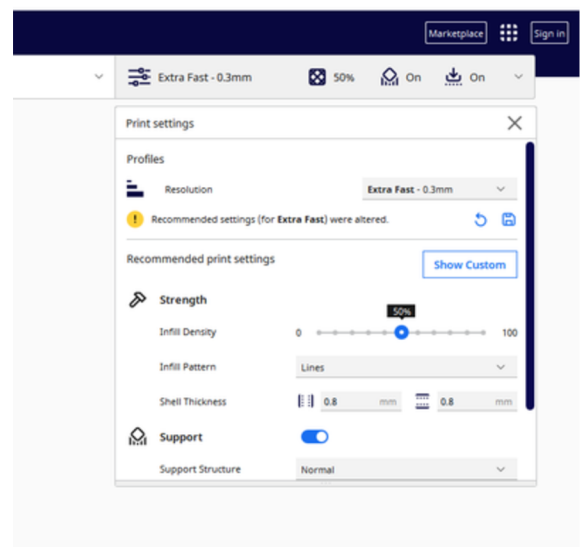


Barre d'outils : vous pouvez ici ouvrir de nouveaux fichiers, les exporter, définir les préférences de Cura...

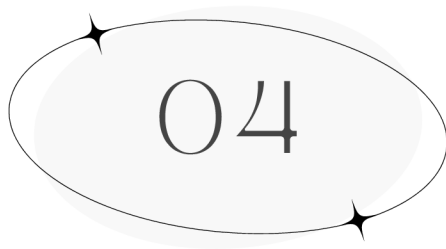
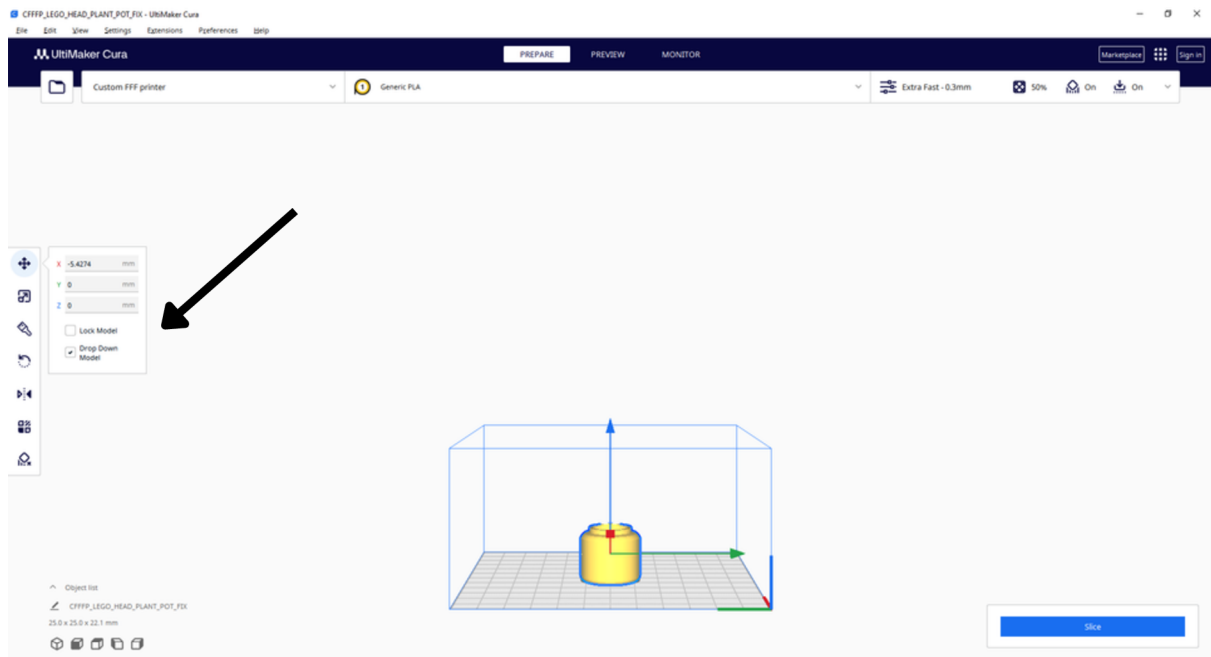
Barre supérieure : Ici, vous pouvez préparer et prévisualiser la destination de votre tâche d'impression.



Panneau supérieur droit : Permet d'effectuer des réglages d'impression (hauteur de couche, remplissage, support, adhérence, etc.).



Panneau de gauche : Ce sont les outils de base pour l'objet que nous allons imprimer (déplacer, redimensionner, faire pivoter, dupliquer, etc.). Ils ne sont actifs que lorsque l'objet est sélectionné.



Importer le modèle 3D

N'oubliez pas qu'il existe plusieurs formats, mais les plus courants sont STL et OBJ. Il faut d'abord importer le fichier. Pour ce faire, il suffit de le glisser-déposer dans la zone centrale ou d'utiliser la barre d'outils.

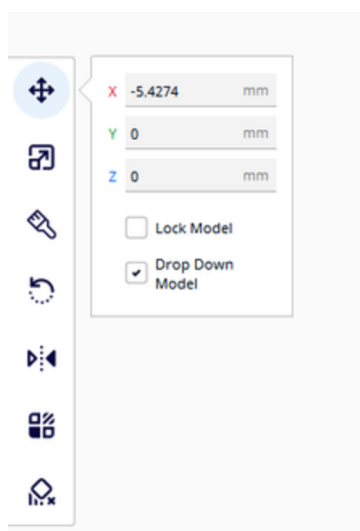
Fichier > Ouvrir un fichier > Sélectionner le fichier



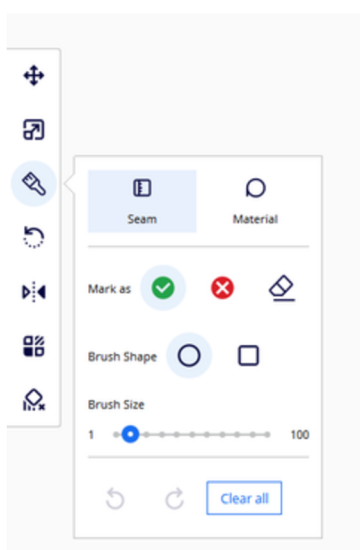
Paramètres de l'objet

Dans le panneau de gauche, nous pouvons apporter des modifications à l'objet, comme le déplacer, le faire pivoter, le redimensionner...

Déplacement : La première icône vous permet de déplacer la cible le long des axes X, Y et Z.



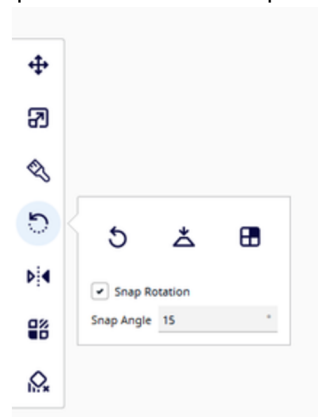
Peinture : La troisième icône vous permet de peindre sur la pièce les zones où vous souhaitez un support et celles où vous n'en avez pas besoin.



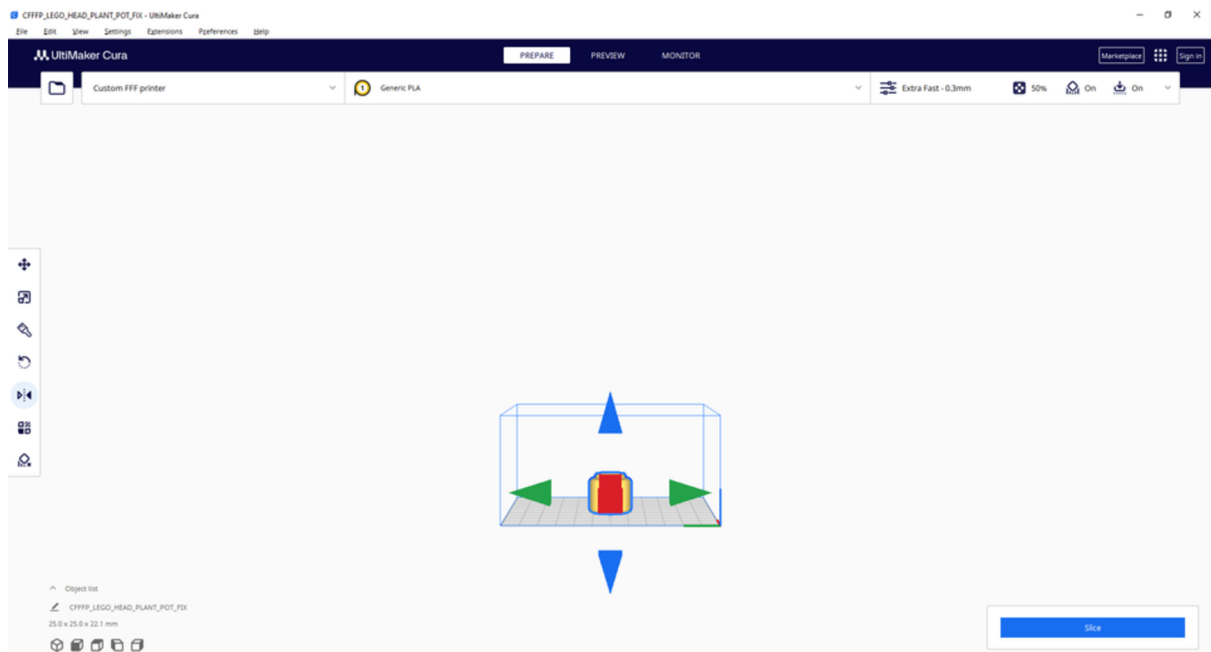
Échelle : Permet de modifier la taille de l'objet. N'oubliez pas que le redimensionnement d'une forme modifiera toutes les tolérances que vous avez spécifiquement définies.



Rotation : Permet de faire pivoter la pièce sur son support. Le positionnement de la pièce est crucial pour optimiser l'impression. Imaginez que vous vouliez imprimer un T ; si vous l'imprimez verticalement, vous aurez besoin de beaucoup de supports. En le faisant pivoter de 180° ou en le positionnant horizontalement, vous économiserez des supports et du temps.

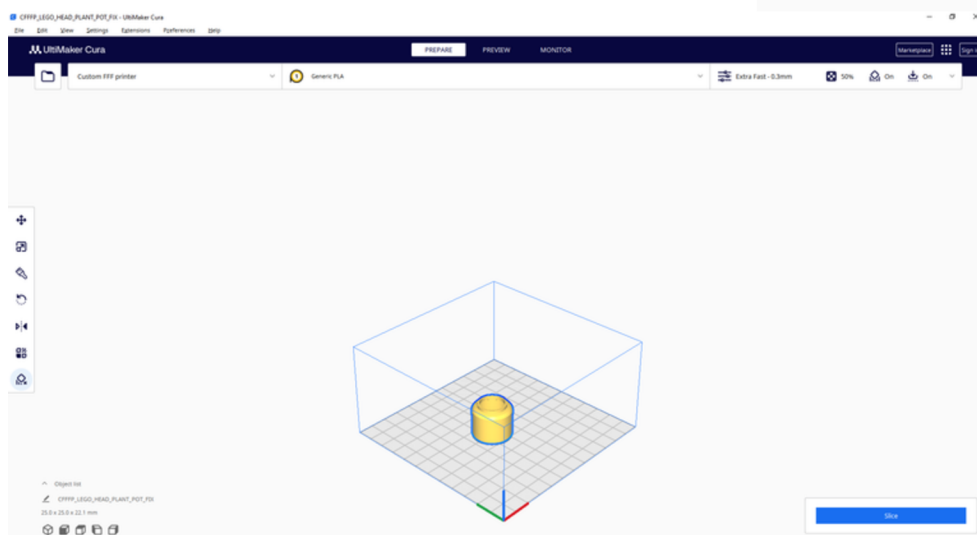
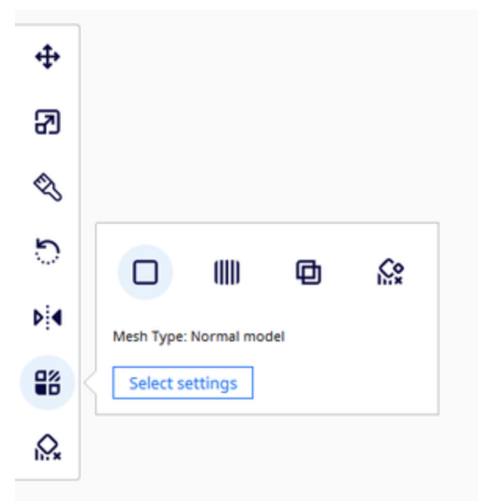


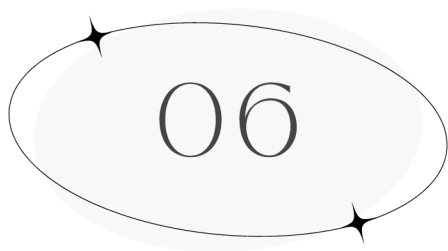
Miroir : La cinquième icône permet de refléter l'objet par rapport à un ou plusieurs axes. Autrement dit, elle permet de créer une image miroir. Cette fonction est très utile lorsque vous disposez d'une face de l'objet et souhaitez en obtenir une copie de l'autre.



Paramètres par modèle : La sixième icône vous permet de configurer des paramètres différents pour chaque objet sur le même plateau d'impression, sans affecter les autres.

Bloc de support : La septième et dernière icône sert à empêcher la génération de supports dans des zones spécifiques du modèle.





Paramètres d'impression

- **Qualité/Hauteur des couches** : Indique l'épaisseur de chaque couche (mm). Une hauteur de couche plus faible permet d'obtenir plus de détails, mais allonge également le temps d'impression.
- **Vitesse d'impression** : mm/s.
- **Remplissage** : structure interne. Il existe différents motifs, tels que des lignes, des grilles, etc.
- **Supports** : Ce sont les structures qui servent de support aux éléments en porte-à-faux.
- **Adhérence au plateau d'impression** (adhérence à la plateforme de construction) : Il existe 3 options : Bri (pour éviter le gauchissement des pièces avec des surfaces de support inadéquates), Skirt (pour tester l'extrusion avant de commencer l'impression) et Radeau (ajoute une base complète pour les pièces complexes).
- **Température** : Il s'agit de la température de l'extrudeuse et du plateau d'impression. Ces valeurs dépendent du filament, comme nous l'avons vu dans les sections précédentes.

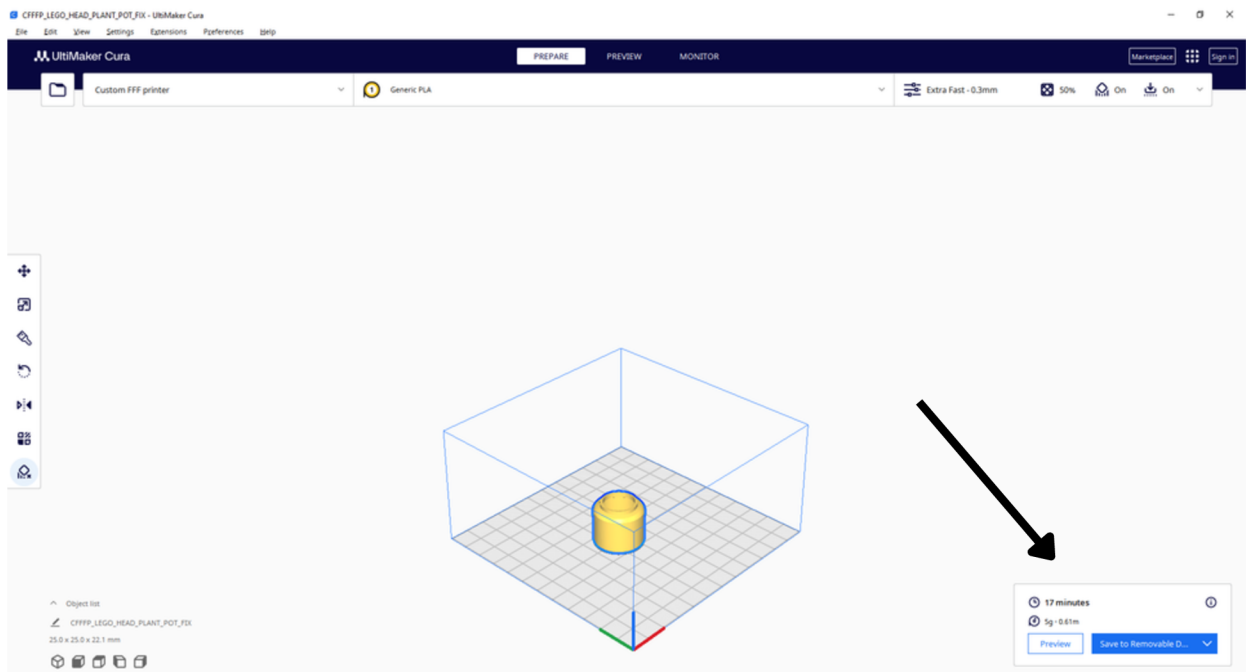


Aperçu et vérification

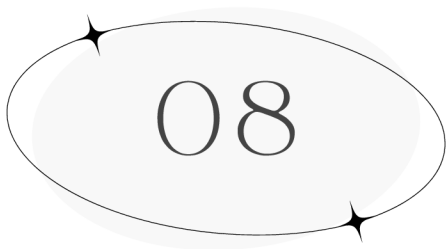
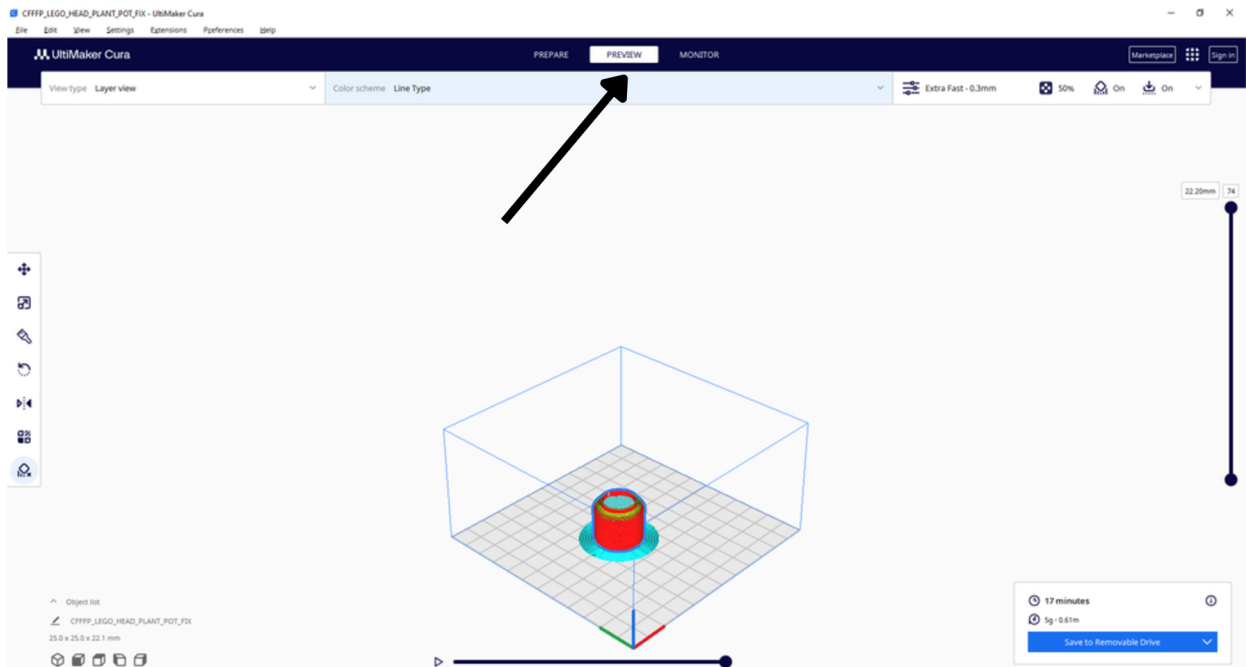
Avant de créer le fichier G-code, nous devons examiner les couches afin d'éviter les surprises, de gagner du temps et d'économiser du filament, ce qui nous permettra d'être plus respectueux de l'environnement.

Pour ce faire :

- Cliquez sur « Sélectionner ». Cela vous permettra de calculer les itinéraires, les temps et les quantités de matériaux.



- Aperçu. Dans la barre supérieure, cliquez sur « Aperçu » pour afficher tous les calques et vérifier les erreurs. Vous pouvez visualiser chaque calque individuellement à l'aide de la barre latérale droite.

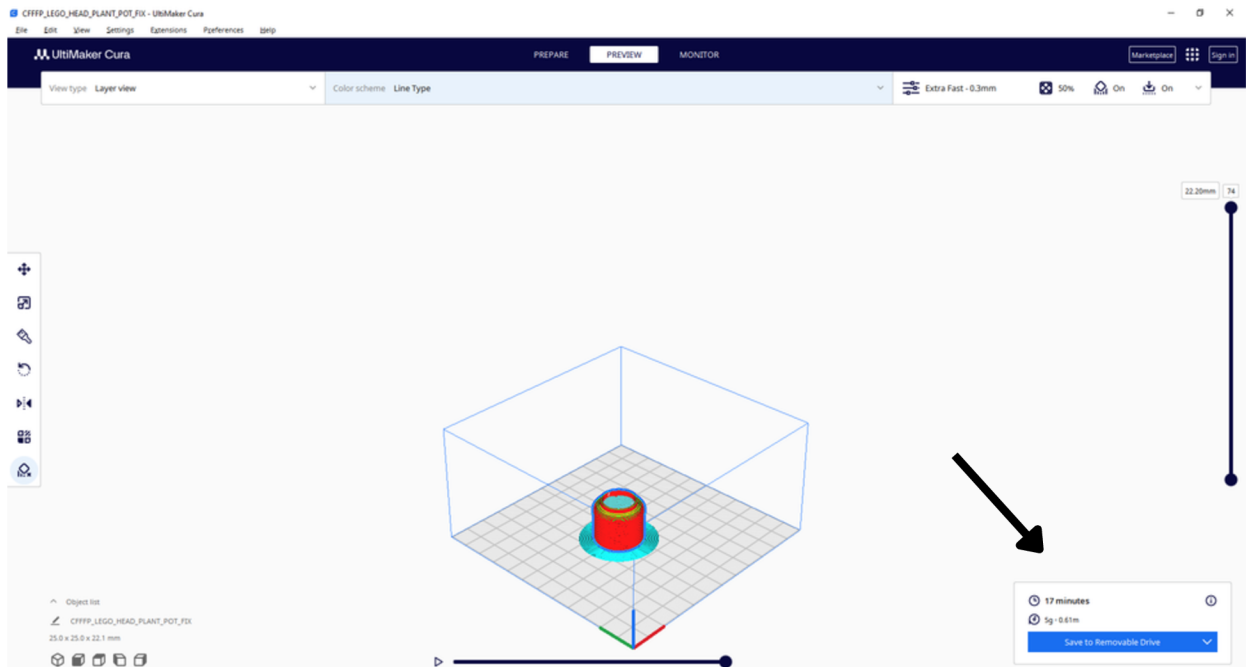


Exporter le code G

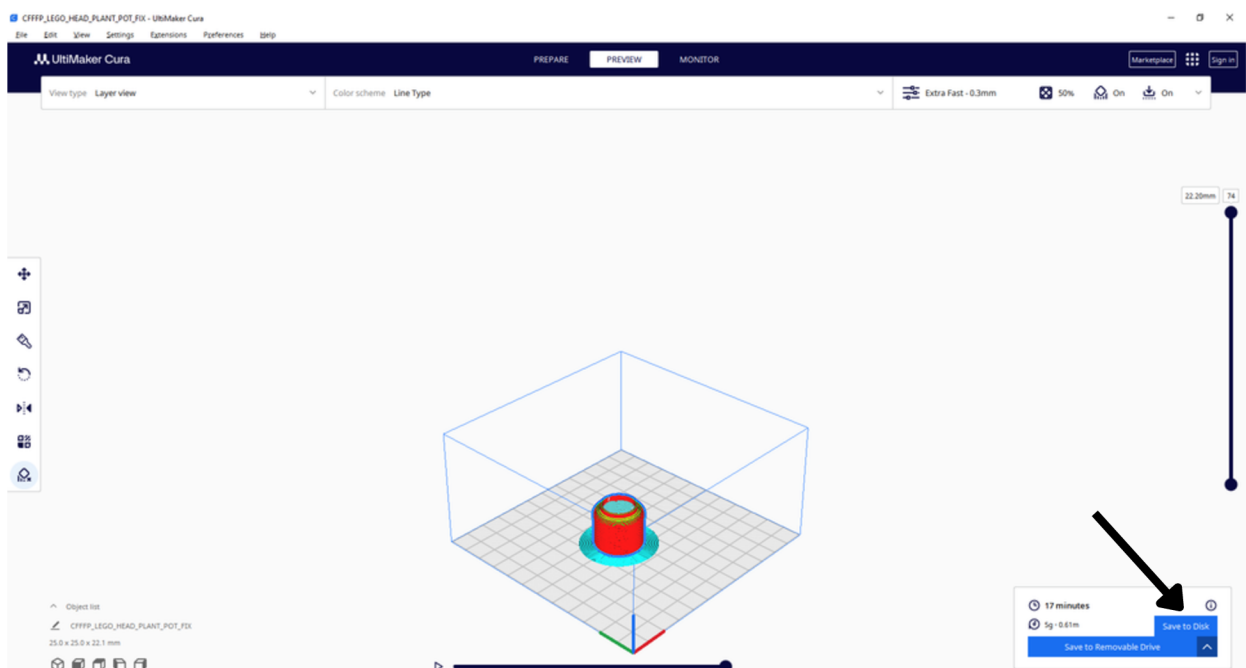
Comme nous l'avons déjà évoqué, le G-code est le langage d'instructions utilisé par les imprimantes 3D pour savoir exactement ce qu'elles doivent faire : où se déplacer, à quelle vitesse, quelle quantité de matériau déposer, à quelle température fonctionner, etc.

Pour le générer, nous avons besoin de :

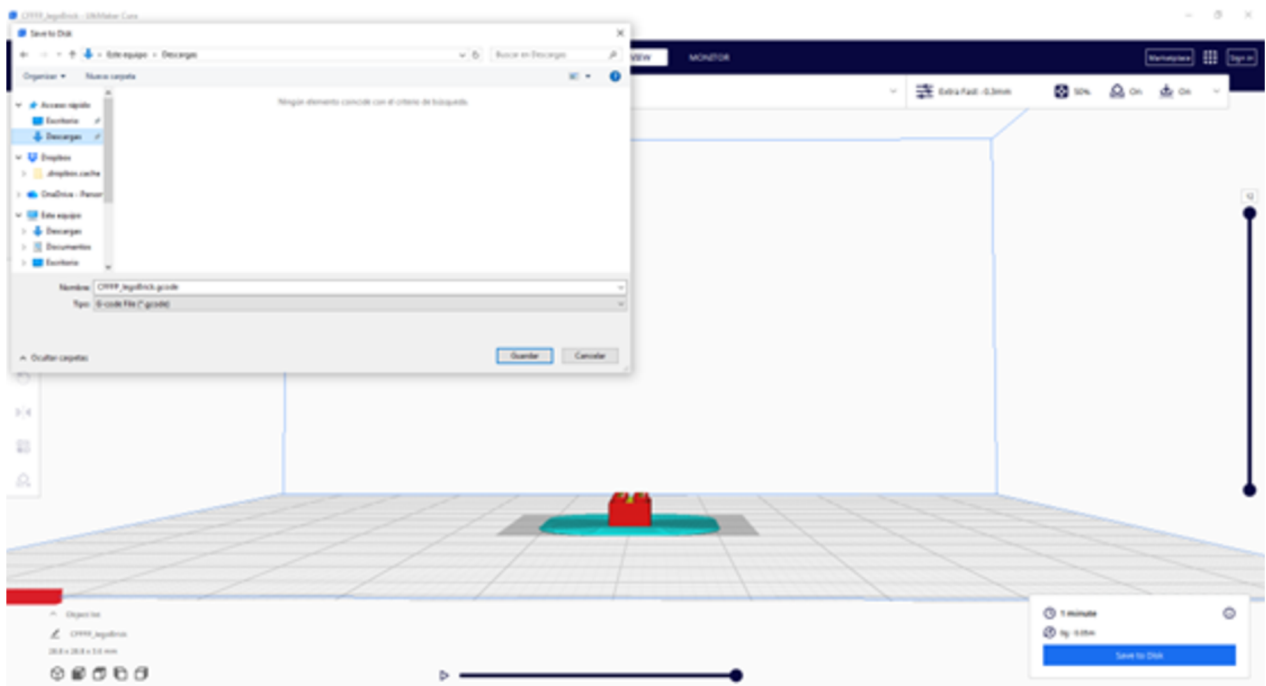
- Cliquez sur « Découper ». Une fois l'étape précédente terminée, vous verrez le temps d'impression et la quantité de filament qui sera utilisée.



- Cliquez sur « Enregistrer sur le disque ».



- Enregistrez le fichier G-code sur votre ordinateur.



Le fichier que nous avons créé contient déjà toutes les instructions nécessaires à l'imprimante pour produire la pièce programmée. Le code G est ensuite inséré dans la mémoire de l'imprimante 3D, généralement une carte SD ou une clé USB.

Le processus est lancé via l'interface de la machine, et l'option de démarrage de l'impression est sélectionnée.



IMPRESSION 3D

COMMENT CONSTRUIRE LE MODÈLE D'UN ATOME DE CARBONE

Temps

Une partie de la session	Description	terme
Bloc 1. Comment créer un atome de carbone en 3D	Explication pratique de la création d'atomes de carbone 3D pour les matières STEM dans Techlab.	60 minutes

Objectifs

Appliquez les concepts appris lors des sessions précédentes pour créer un modèle d'atome de carbone pouvant être utilisé directement dans les implémentations Techlab pour les disciplines STEM telles que la physique et la chimie.

Méthodologie

La séance se déroulera selon une méthodologie à la fois explicative et participative. L'explication théorique sera complétée par une activité pratique guidée, étape par étape, qui permettra aux enseignants de créer des modèles d'atomes de carbone.

Durant la session, la participation active sera encouragée, favorisant l'acquisition d'une autonomie dans l'utilisation de base du logiciel.

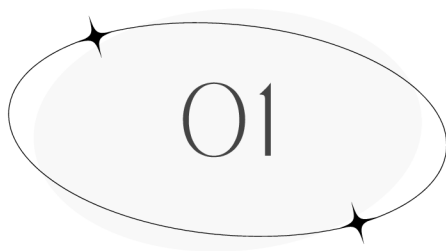
Développement de contenu

Bloc 1. Comment créer un atome de carbone en 3D

Le modèle atomique sera constitué d'une sphère comportant des espaces vides où d'autres atomes pourront se lier. De petits axes seront insérés dans ces espaces vides, les reliant et permettant la rotation autour de la liaison, comme illustré sur la figure 4b.



Figure 4. Modèle de l'atome de carbone, montrant les positions des quatre liaisons simples (le modèle du méthane CH_4 , dans lequel le carbone est lié à 4 atomes d'hydrogène, est également montré) et la partie que nous utiliserons pour joindre deux atomes dans une molécule.



Concevez le composant dans un logiciel de conception 3D.

Il existe de nombreux logiciels de conception 3D, certains gratuits et d'autres payants, chacun avec ses particularités et sa courbe d'apprentissage propres, mais ce que nous allons expliquer ci-dessous s'applique certainement à tous, et si certains des outils que nous utiliserons ne sont pas présents dans un logiciel spécifique, il en existera certainement d'autres très similaires.

Commençons par dessiner une sphère et marquons les points où nous souhaitons insérer les axes formant les liaisons simples. Dans le logiciel de dessin, nous commençons toujours par tracer une esquisse sur un plan spécifique. Nous avons un système de coordonnées xyz dont les origines sont $x=0$, $y=0$ et $z=0$. Trois plans mutuellement perpendiculaires sont également définis : le plan xy, que nous appellerons la vue de dessus ; le plan xz, que nous appellerons la vue en élévation ; et le plan yz, que nous appellerons la vue de profil. Il s'agit du système de représentation dièdre. Nous pouvons commencer à dessiner dans n'importe lequel de ces plans, par exemple, en vue en élévation. Je trace d'abord un demi-cercle centré à l'origine du système de coordonnées et de rayon 15 mm. C'est notre échelle arbitraire. Pour le modèle d'atome de carbone avec un rayon covalent de 77 pm, cette échelle sera de 15 mm, comme nous l'avons déjà mentionné. Je positionne l'atome de sorte qu'une des liaisons pointe vers le haut le long de l'axe z, et que l'autre liaison se trouve dans le plan sur lequel nous dessinons. Les connexions se feront aux sommets d'un tétraèdre inscrit dans le cercle. On peut déterminer la longueur de l'arête de ce tétraèdre à l'aide de la trigonométrie (ou en effectuant une recherche en ligne). On constatera que la longueur de l'arête du tétraèdre, a , est liée au rayon de la sphère, R , par l'équation :

$$a = \frac{4}{\sqrt{6}} R$$

Dans notre cas, $a = 24,5 \text{ mm}$.

La construction géométrique est simple. Il suffit de tracer une ligne partant du point A, qui sera l'un des sommets du tétraèdre, et aboutissant à un point quelconque du demi-cercle tracé. On impose la contrainte que ce point se situe toujours sur le demi-cercle, sauf si le programme le fait automatiquement, et on lui attribue une dimension de $24,5 \text{ mm}$. Le programme positionnera alors correctement l'extrémité de la ligne, le point B, afin que la longueur du côté soit correcte.

Nous pouvons maintenant vous demander d'indiquer la mesure de l'angle formé par les segments OA et OB, qui correspond à l'angle de jonction. Cet angle est déjà déterminé par la position du point B ; la cote indique qu'il est de $109,5^\circ$ et nous ne pouvons pas modifier cette valeur. Il s'agit de la cote imposée, déjà déterminée par d'autres cotes de notre dessin. Nous aurions pu procéder inversement : tracer le segment OB et imposer l'angle entre OA et OB à $109,5^\circ$. Dans ce cas, la cote AB serait la cote imposée.

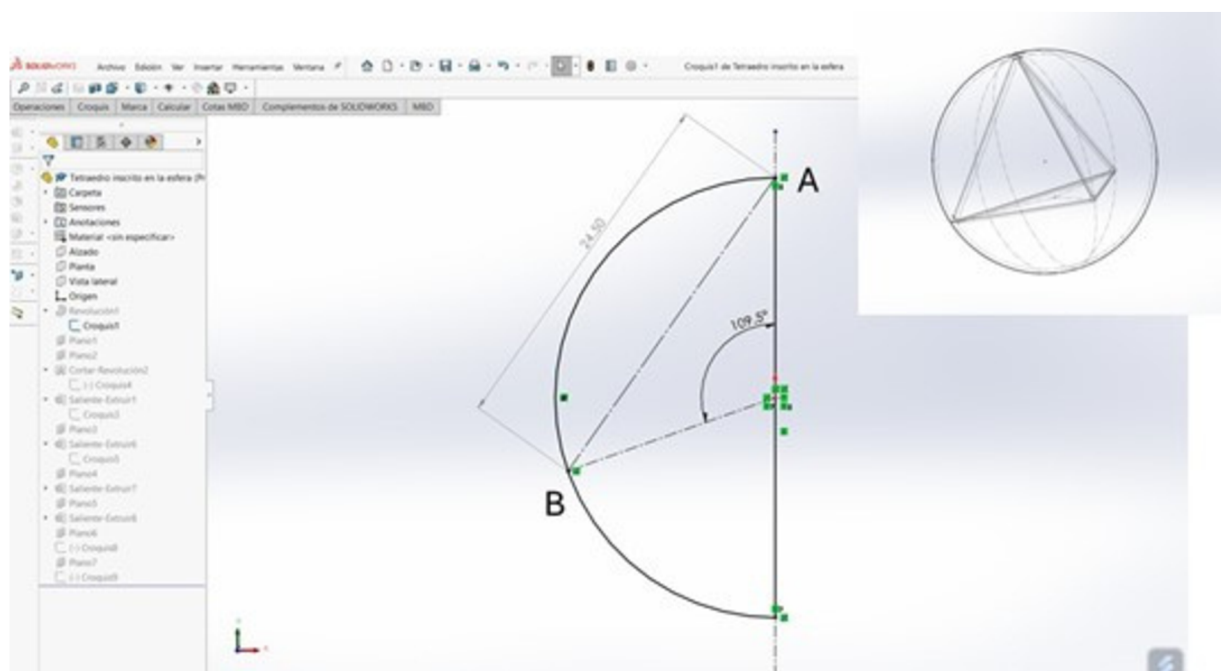


Figure 5. Schéma dans lequel nous dessinons, à l'échelle que nous avons établie, le demi-cercle d'un rayon de 15 mm qui générera la sphère de l'atome de carbone et une arête du tétraèdre inscrit qui déterminera deux des liaisons possibles.



Générer la sphère

L'étape suivante consiste à transformer le demi-cercle en sphère. Cela implique de faire pivoter le demi-cercle autour de l'axe OA. On obtient ainsi la sphère illustrée sur la figure 6. Nous avons maintenant un objet tridimensionnel. Notez que le schéma est resté visible, indiquant l'emplacement de deux des trous où nous insérerons les pièces reliant les différents atomes.

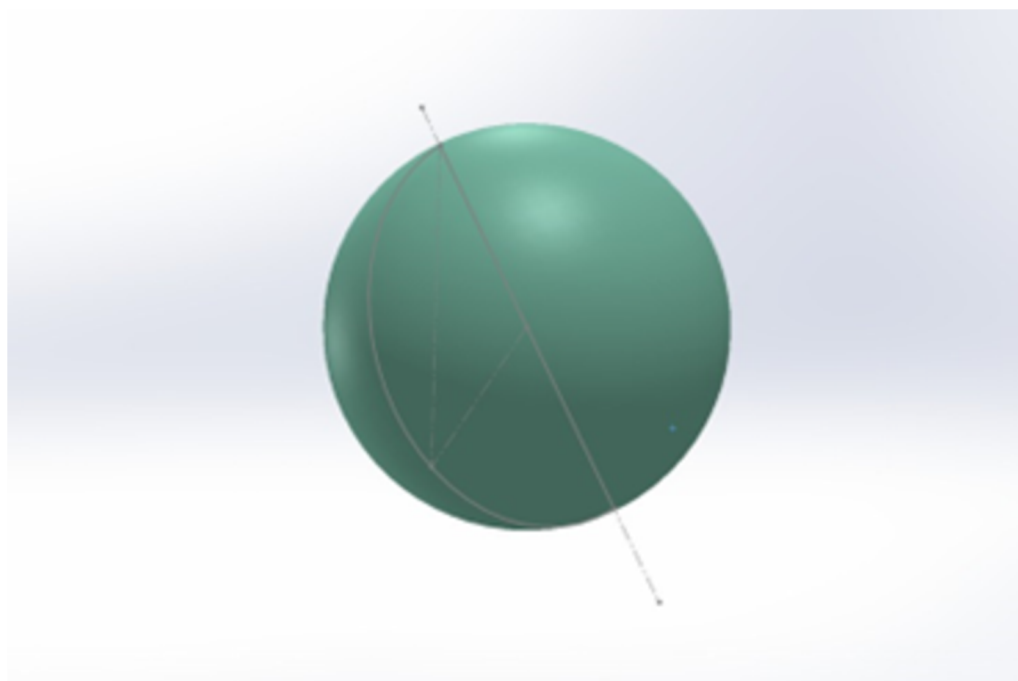


Figure 6. Sphère d'un rayon de 15 mm avec un schéma montrant deux des liaisons que le carbone peut former.



Création du premier trou pour le raccordement.

Il faut percer un trou au point B. Il faut tracer un cercle centré en B et perpendiculaire à la droite OB. Un schéma doit être réalisé sur un plan prédéfini ; c'est ce qu'on appelle la géométrie de référence.

Dans l'outil permettant de créer cette géométrie de référence, nous choisissons un plan et définissons trois contraintes qui déterminent sa position dans l'espace. Nous pouvons par exemple spécifier qu'il doit être tangent à la surface de la sphère et contenir le point B. Nous pourrions également spécifier qu'il doit contenir le point B et être perpendiculaire à la droite OB. Généralement, dans ces logiciels de modélisation 3D, il existe toujours plusieurs façons d'obtenir le résultat souhaité. Le plan est visible sur la figure 7.

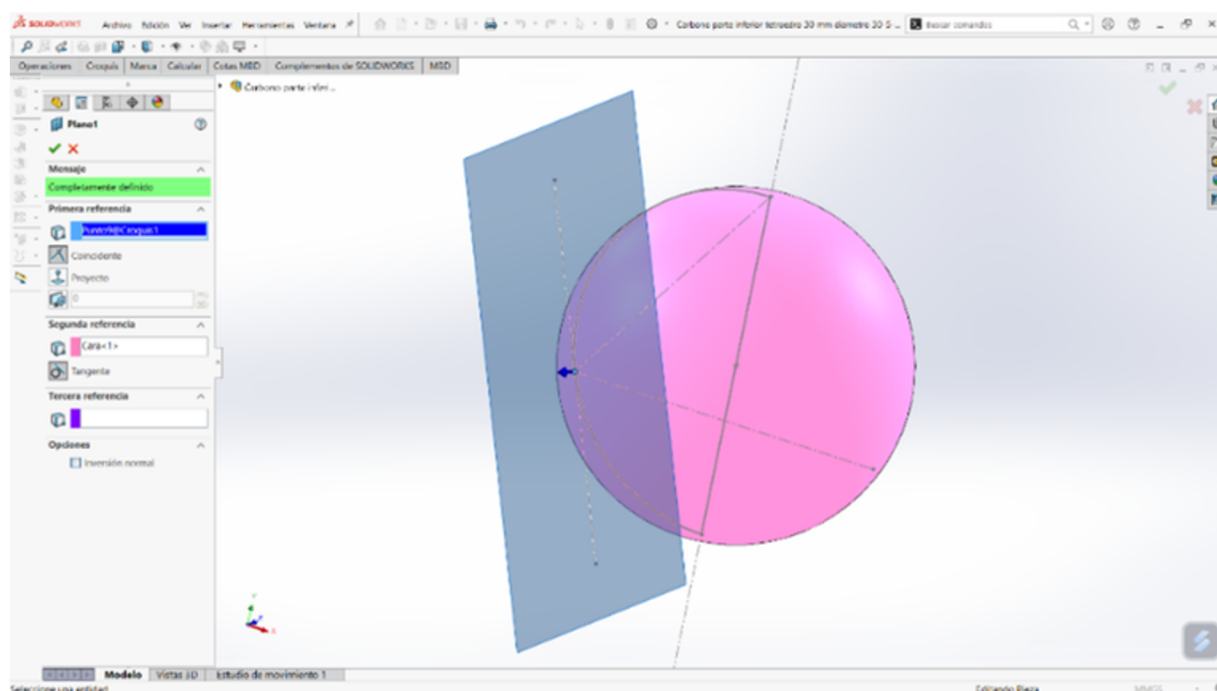


Figure 7. Plan tangent à la surface de la sphère au point B.

Nous nous positionnons maintenant sur ce plan et traçons un simple cercle de centre B et de rayon 3,5 mm (figure 8). Nous générons ensuite un cylindre à partir de ce cercle. Cette opération s'appelle l'extrusion d'une protubérance. Le programme nous demande la direction ; nous choisissons « vers la sphère ». Il nous demande également la hauteur ; nous pouvons la fixer à 1 mm ; cela importe peu, car le cylindre s'intégrera à la sphère, comme illustré sur la figure 8.

Ensuite, nous créons le trou de 3 mm de diamètre : nous nous repositionnons sur le plan tangent à la sphère au point B, traçons un cercle de 3 mm de diamètre, puis créons un cylindre en découpant la forme ainsi obtenue. Nous lui donnons une profondeur de 1 mm (figure 9). Cette opération est appelée extrusion par découpe.

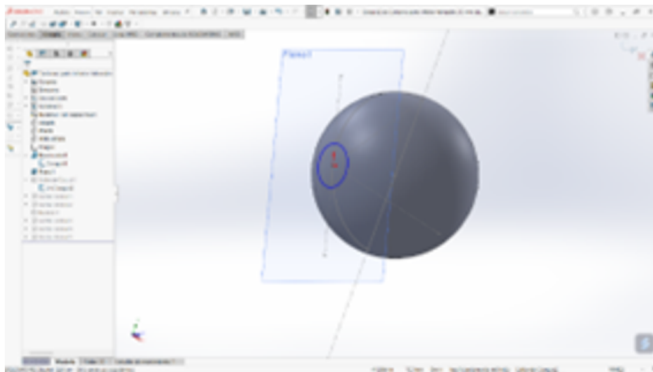


Figure 8. On trace une droite dans le plan tangent à la surface de la sphère. Sur cette droite, on trace un cercle de 3,5 mm de diamètre. À partir de ce cercle, on construit un cylindre qui remplit l'espace jusqu'à la surface de la sphère.

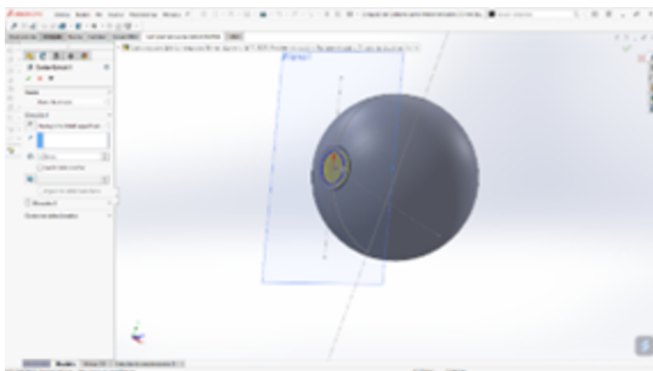


Figure 9. Découpe circulaire avec un rayon de 3 mm et une profondeur de 1 mm. Opération d'extrusion.

Notez que si l'on liait les deux atomes simplement en insérant un axe dans l'espace qui les sépare, même en appliquant une certaine pression, ils auraient tendance à se séparer continuellement. La pièce qui crée la liaison simple est représentée sur la figure 4. Il s'agit d'une sorte de clip qui traverse le trou de 3 mm de diamètre que nous venons de percer, en se déformant légèrement. En traversant ce millimètre de paroi, il se dilate et reste en place, et peut même pivoter. Par conséquent, nous allons élargir le trou vers l'intérieur, mais avec un diamètre légèrement supérieur de 3,2 mm. Nous marquons le fond du trou que nous avons créé (figure 9) et demandons un croquis sur ce plan. Nous traçons le cercle comme précédemment et effectuons l'opération d'extrusion, cette fois-ci jusqu'à une profondeur de 4 mm, obtenant ainsi la forme illustrée sur la figure 10.

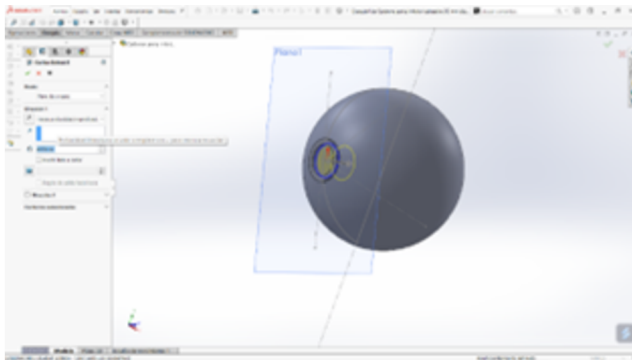
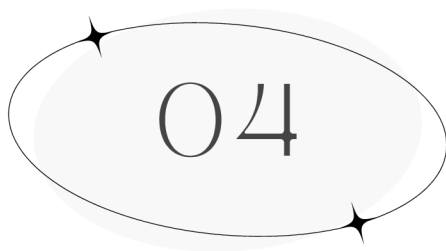


Figure 10. Structure de liaison simple de l'atome de carbone.



Comblar les autres lacunes de connexion

Il nous faut créer des emplacements pour les trois autres connexions possibles, sans avoir à répéter toutes les étapes précédentes (bien que cela soit possible). Une opération permet de copier une série d'opérations sur un réseau linéaire ou cylindrique. Ici, il s'agira d'un réseau cylindrique. Nous allons lui demander de répéter trois fois toutes les étapes effectuées, en effectuant une rotation autour de l'axe OA et en les positionnant tous les 120° . La figure 11 illustre le résultat.

Pour créer la pièce manquante, centrée au point A, on peut copier une autre pièce une seule fois, en la faisant pivoter de 120° autour de l'axe approprié, ou bien, plus rapidement, percer à nouveau le trou comme lors de la première tentative, en se souvenant ainsi de toutes les étapes. Le résultat est illustré à la figure 12.

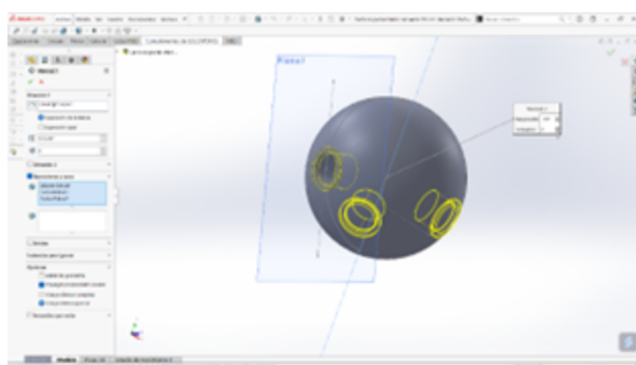


Figure 11. En copiant l'espace vide créé au point B, nous générons deux connexions supplémentaires sur l'une des faces du tétraèdre.

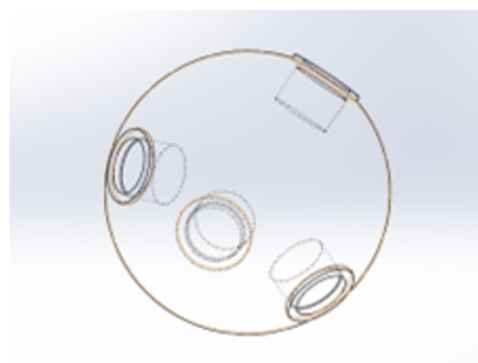
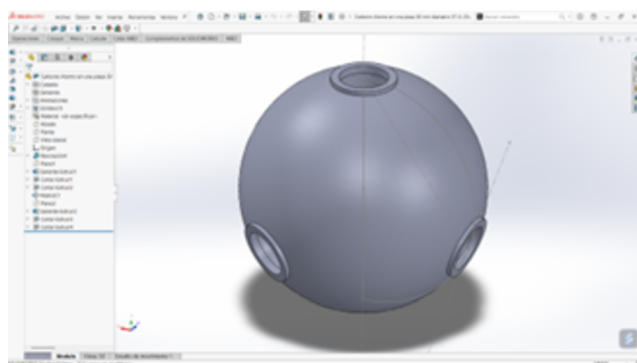


Figure 12. Le modèle complet de l'atome de carbone.

05

Enregistrer le projet

Une fois la conception de la pièce à imprimer terminée, il est nécessaire de l'enregistrer dans un format compatible avec d'autres applications. Le format STL (Standard Tessellation Language ou stéréolithographie) capture les informations relatives à la surface externe de l'objet conçu. Pour ce faire, il le divise en un maillage de triangles et enregistre la position des sommets de chaque triangle. Cela représente un nombre très important, mais fini, de points. La figure 13 illustre comment le logiciel de conception 3D effectue cette conversion lorsque nous lui demandons d'enregistrer notre modèle au format .stl.

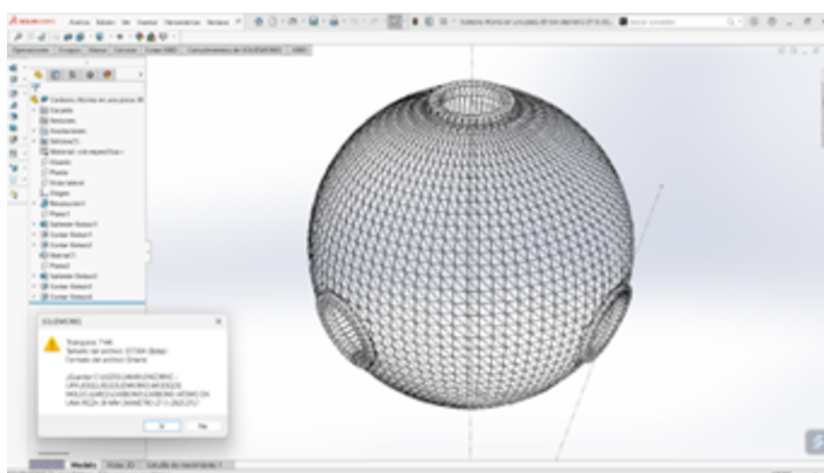
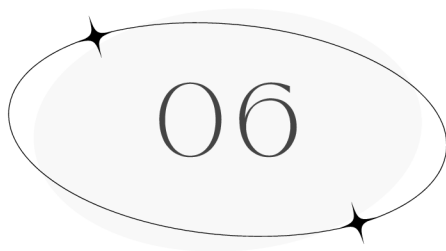


Figure 13. Décomposition de la surface externe de l'objet projeté en un maillage de triangles pour l'enregistrer au format .stl.



Lamination et préparation du fichier d'impression en code G.

L'impression 3D se fait couche par couche. La pièce est construite horizontalement. Dans une imprimante à filament fondu, la machine pousse le filament à travers une extrudeuse, où sa température augmente jusqu'à ce qu'il fonde et s'écoule par une fine buse (généralement de 0,2 à 0,5 mm, bien que dans certaines applications, elle puisse être plus épaisse). La buse se déplace d'un point à l'autre au sein de chaque couche de la pièce, déposant du plastique sur la couche précédente. Une fois le dépôt terminé, la couche est soulevée à une certaine hauteur et la suivante commence à être imprimée.

Le fichier G-code contient les informations qui indiquent à la machine, à chaque instant, la position de la buse, le prochain point à atteindre, la vitesse et la quantité de plastique à déposer, point par point, couche par couche, jusqu'à ce que la pièce soit terminée.

Le programme « slicer » extrait les informations d'un fichier .stl et les utilise pour créer un fichier G-code. Ceci est illustré sur la figure 14. Les images 4a, 4b et 4c montrent trois couches à différentes hauteurs dans la pièce. Les pièces imprimées en 3D ne sont généralement pas pleines ; leur surface extérieure est composée d'une série de lignes ou de parois sélectionnables.

La figure 14g représente en détail la paroi extérieure, visible de l'extérieur, en rouge. Deux autres parois sont ajoutées, représentées en vert et jaune. Dans cet exemple, quatre lignes extérieures forment une paroi de 0,8 mm d'épaisseur. L'intérieur est rempli de parois de géométries variées, dont le type et la densité de remplissage sont configurables.

Dans cet exemple, le remplissage occupe 20 % du volume interne de la pièce et est composé de carrés. Cela suffit amplement à rendre la pièce rigide et résistante. L'impression est réalisée avec du filament d'acide polylactique (PLA), l'un des matériaux les plus utilisés en impression 3D par dépôt de filament fondu. Nous allons également choisir l'épaisseur de couche. Pour les très petites pièces comportant de nombreux détails, une épaisseur de couche de 0,06 mm est envisageable ; avec ce polymère, elle est généralement de 0,15 ou 0,20 mm. La buse a un diamètre de 0,5 mm, ce qui permet d'imprimer une couche plus fine car, lors de l'extrusion du polymère fondu, celui-ci exerce une pression sur le matériau déjà déposé. Selon la géométrie de la pièce, cela peut poser problème. Comme on peut le voir sur la figure 14c, lorsque la machine tente d'imprimer l'anneau extérieur (en rouge), elle ne dispose pas d'une quantité suffisante de matériau pour exercer une pression, et l'impression échoue.

Dans ce cas, il est nécessaire d'ajouter un matériau de support, représenté en bleu sur les images 14d, 14e et 14f. Si l'imprimante ne possède qu'une seule tête d'impression, ce support sera constitué du même matériau que la pièce. Afin de faciliter son retrait ultérieur, les points d'adhérence entre le support et la surface extérieure de la pièce sont très faibles. Cependant, cette méthode est relativement laborieuse et la surface obtenue n'est pas parfaitement lisse. Si l'imprimante permet de changer de matériau ou possède plusieurs têtes d'impression, le support peut être imprimé dans un polymère hydrosoluble et ensuite facilement retiré sans laisser de traces sur la pièce.

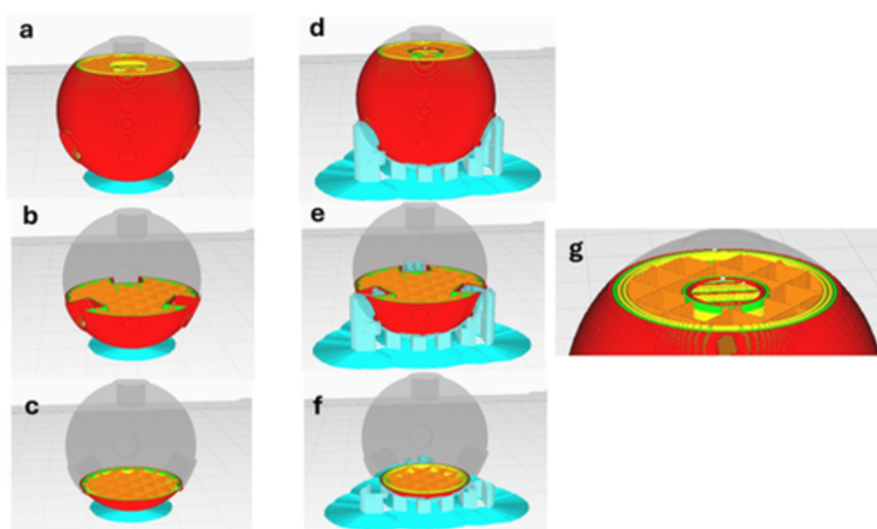


Figure 14. Comment le programme de découpe divise la pièce en une série de couches que l'imprimante 3D imprimera consécutivement, l'une sur l'autre.



Préparer la pièce pour une bonne adhérence.

L'adhérence de la première couche imprimée est cruciale pour la construction de la pièce, car, comme mentionné précédemment, la buse se comprime pendant l'impression et, si la pièce n'adhère pas fermement à la base, elle risque de se détacher.

Pour résoudre ces problèmes, il est nécessaire de revoir la conception du composant. Une solution possible consiste à diviser la sphère en deux. Pour ce faire, on crée une esquisse en vue de face, constituée d'un rectangle dont la base correspond à la hauteur de division souhaitée, comme illustré sur la figure 15. On procède ensuite à une extrusion successive dans un sens puis dans l'autre, sur une distance suffisante pour découper l'ensemble du composant et obtenir ainsi la partie inférieure. Il convient alors de veiller à choisir une hauteur qui ne gêne pas les rainures prévues pour les assemblages simples.

Les logiciels de conception 3D permettent de créer des composants complexes en toute simplicité. Avec un peu de pratique, vous verrez que vous pouvez créer tout ce que vous imaginez. Avec de la patience, bien sûr.

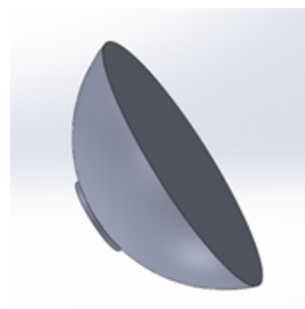
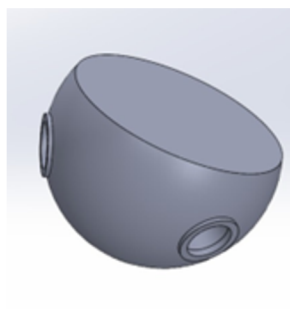
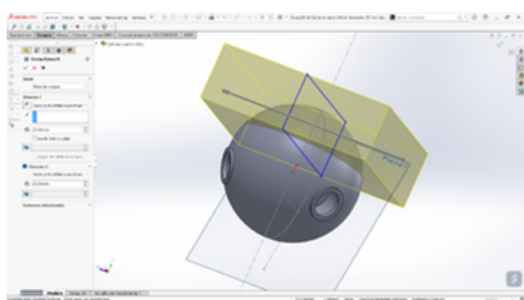
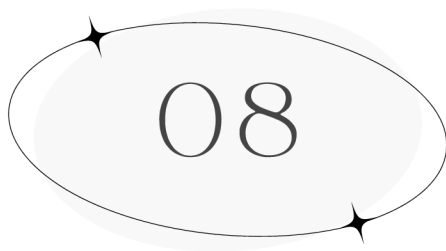


Figure 15. Découpe de la pièce en deux parties.



Assemblez les deux moitiés du modèle.

Pour assembler les deux parties, nous utilisons des clips similaires à ceux utilisés pour connecter deux atomes, mais cette fois-ci, nous voulons éviter toute rotation entre les deux pièces. Les logements des broches seront rectangulaires et nous en utiliserons plusieurs. Par exemple, pour créer quatre trous rectangulaires, nous pouvons suivre les mêmes étapes que pour les logements des connexions simples. Nous en créons d'abord un, puis nous le dupliquons aux autres emplacements. Pour illustrer une autre méthode, dessinons l'esquisse initiale avec les quatre rectangles. Comme le montre la figure 16, nous traçons d'abord un carré de référence (pour la construction) centré sur le cercle qui forme la base de notre pièce. Nous traçons également un axe de référence horizontal et un axe de référence vertical.

À l'un des sommets, par exemple celui en haut à gauche, on dessine un rectangle, ici de 2 x 4 mm. On demande ensuite au programme de dessiner un rectangle symétrique par rapport à l'axe vertical, puis un autre symétrique par rapport à l'axe horizontal, à partir des deux rectangles déjà obtenus, ce qui nous donne quatre rectangles. On extrude ensuite le dessin, en découpant la pièce sur une profondeur de 1 mm.

Nous nous positionnons sur le plan inférieur de ce logement et répétons les quatre rectangles légèrement plus grands, mesurant chacun 2 x 4,2 mm. Nous extrudons à nouveau en mode découpe pour obtenir 4 mm de profondeur supplémentaires, et c'est tout. Les parties supérieure et inférieure seront maintenant assemblées à l'aide de clips semblables à ceux illustrés sur la figure 17. La rainure centrale du clip a une section de 2 x 4 mm, tandis que sur les côtés, elle s'élargit à 2 x 4,2 mm. Une fois insérés dans leurs logements, les clips passent à travers l'ouverture en surface grâce à leur forme qui leur permet de se déformer légèrement. Après le passage de la partie la plus épaisse, son élasticité provoque une nouvelle ouverture de l'intérieur, assurant ainsi une fixation plus sûre qu'un clip à section constante maintenu uniquement par friction.

09

Préparation des pièces au laminoir.

Maintenant que les deux pièces sont conçues, nous enregistrons les fichiers au format STL et les envoyons au logiciel de découpe. Nous pouvons les imprimer ensemble en plaçant leurs bases plates sur le plateau chauffant de l'imprimante 3D, comme illustré sur la figure 18. Cela crée une liaison solide entre la pièce et le plateau d'impression, et aucun matériau de support n'est nécessaire car chaque couche assure un support solide aux précédentes. Nous pouvons imprimer les deux pièces ensemble, mais en réalité, nous pouvons en imprimer beaucoup plus. Le logiciel de découpe permet de réaliser plusieurs copies, comme illustré sur la figure 19, qui est configurée pour imprimer 6 pièces à la fois. L'impression sera évidemment plus longue, mais les machines sont conçues pour fonctionner de manière très fiable sans surveillance. Vous pouvez les laisser fonctionner pendant plusieurs heures, voire toute la nuit, pendant que vous effectuez d'autres tâches, et retrouver les pièces imprimées à votre retour.

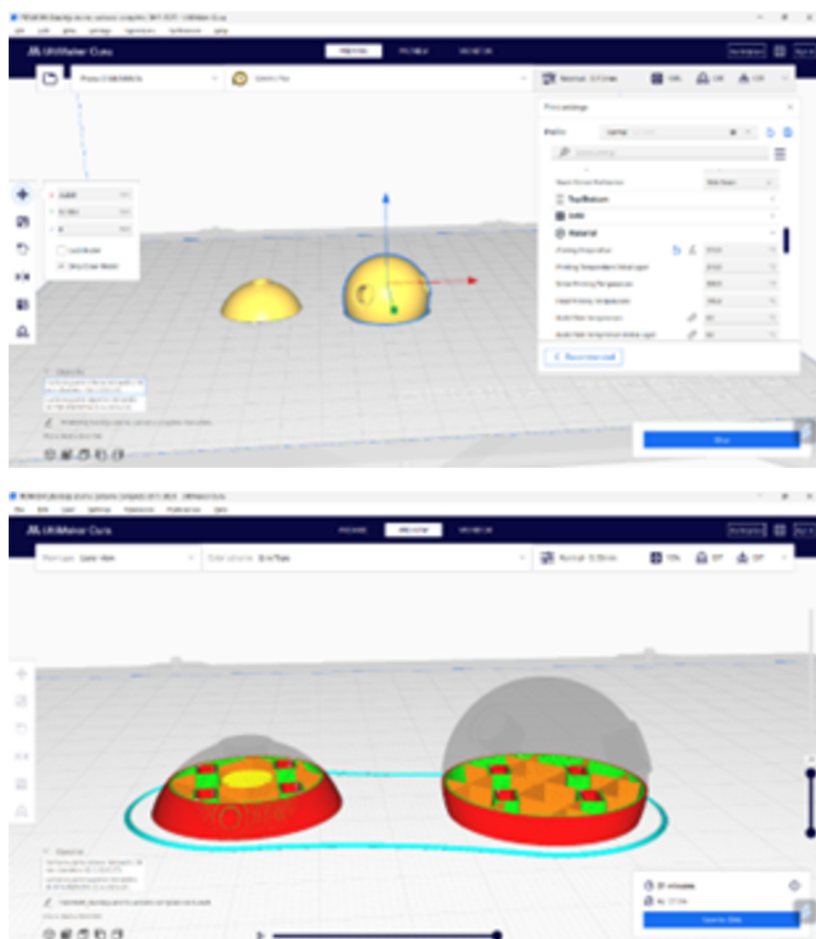


Figure 18. Les deux parties du modèle d'atome de carbone sur l'écran de la machine à laminier.

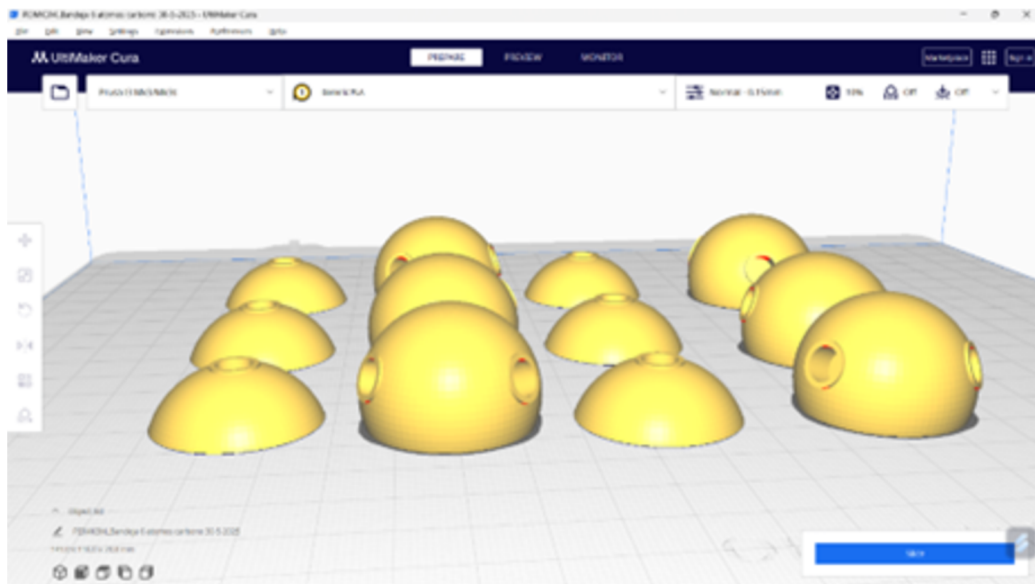
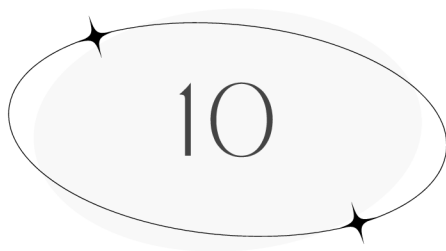


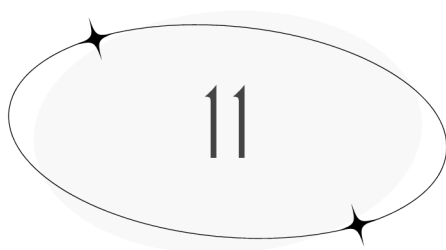
Figure 19. Image de l'écran de lamination préparé pour l'impression de 6 modèles d'atomes de carbone.

Il est clair qu'il existe de nombreuses alternatives au projet que nous avons décrit ; je suis sûr que les enseignants et les élèves trouveront de meilleures solutions.



Enregistrez le résultat du découpeur dans un fichier G-code.

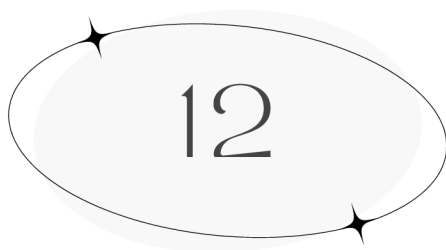
Il ne reste plus qu'à enregistrer les données de la plastifieuse dans un fichier G-code. Il s'agit d'un fichier texte. Les lignes suivantes, surlignées en bleu, correspondent au début de ce fichier. Nous allons brièvement analyser leur signification ; elles indiquent à la machine comment imprimer la pièce.



Le filament

Pour construire notre modèle, nous suggérons d'utiliser du PLA pour fabriquer les sphères et les connecteurs simples qui les relient.

Mais quelle quantité de filament est nécessaire pour imprimer un modèle d'atome ? Le logiciel de découpe fournit cette information lors de la préparation du fichier G-code. Par exemple, pour imprimer un modèle d'atome de carbone, il faut 8 grammes de filament PLA. Compte tenu du prix d'une bobine de 1 kg et des faibles pertes de filament en début d'impression ou lors des changements de filament, le coût réel serait d'environ 0,10 €.



Presse

La dernière étape consiste à imprimer notre composant à l'aide de l'imprimante 3D.



IMPRESSION 3D

DURABILITÉ ENVIRONNEMENTAL

Temps

Une partie de la session	Description	terme
Bloc 1. Introduction	Cadre de référence européen, rôle des enseignants et rôle des laboratoires de technologie.	30 minutes
Module 2. Pratiques durables dans l'utilisation de l'impression 3D.	Pratiques et méthodes de mise en œuvre spécifiques dans les Techlabs.	55 minutes
Bloc 3. Lien avec les objectifs de développement durable dans le laboratoire de technologie	Approche pédagogique et curriculaire	30 minutes

Objectifs

- Comprendre l'importance de la durabilité environnementale dans la mise en œuvre des Techlabs.
- Identifier les pratiques durables à mettre en œuvre dans les Techlabs.
- Apprenez à appliquer des pratiques durables chez Techlabs.
- Comprendre et identifier les stratégies pédagogiques qui relient les laboratoires technologiques aux objectifs de développement durable (ODD).
- Promouvoir la conscience écologique et l'esprit critique chez les étudiants.

Méthodologie

La séance se déroulera selon une méthodologie combinant exposés et participation. Les explications théoriques seront complétées par des exemples pratiques afin d'aider les participants à comprendre comment appliquer les notions abordées en classe.

Durant cette session, le dialogue et la réflexion collective seront encouragés, permettant aux enseignants de partager leurs expériences et leurs points de vue. L'objectif est qu'ils comprennent le rôle du développement durable dans les laboratoires technologiques et qu'ils appliquent concrètement leurs acquis dans leurs pratiques pédagogiques.

Développement de contenu

Bloc 1. Introduction

Ces dernières années, la transition écologique et le développement durable sont devenus des piliers fondamentaux. L'Union européenne encourage des mesures et des initiatives qui contribuent à la transition écologique et à la mise en œuvre de pratiques durables. Dans ce contexte, comme l'explique la recommandation du Conseil sur l'apprentissage pour la durabilité environnementale[i], il est important de créer et de mettre en œuvre des mesures à court terme qui non seulement soutiennent les écoles et les enseignants, mais aident aussi les élèves à développer les compétences et la conscience critique nécessaires à la transition écologique.

Dans ce contexte, nous considérons l'intégration de pratiques durables au sein de Techlabs comme une priorité ; non seulement pour réduire l'empreinte écologique, mais aussi pour apprendre aux étudiants à être plus responsables envers l'environnement et à développer une conscience critique.

[i] Commission européenne. (2022). Proposition de recommandation du Conseil sur l'apprentissage pour la durabilité environnementale [COM(2022) 11 final]. Bruxelles : Commission européenne. Disponible à l'adresse suivante : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52022DC0011>

L'impression 3D repose sur un procédé de fabrication additive couche par couche, ce qui permet de réduire la quantité de matériau utilisé par rapport aux procédés de fabrication plus traditionnels. Cependant, la durabilité environnementale d'un laboratoire de technologie dépend non seulement de ce facteur d'impression, mais aussi d'autres éléments tels que le matériau d'impression choisi, la conception des pièces à imprimer, les procédures de travail, etc.

Par conséquent, conformément aux lignes directrices de la Commission européenne sur l'apprentissage pour la transition écologique et le développement durable[ii], les Techlabs :

- L'étude des enjeux du développement durable est une priorité pour Techlab.
- Ils offrent aux étudiants la possibilité de s'informer sur le changement climatique, les pratiques durables et de développer un esprit critique.
- Ils aident les enseignants à mettre en œuvre des pratiques durables pour lutter contre le changement climatique.
- Ce sont des environnements d'apprentissage qui promeuvent le développement durable dans toutes leurs activités.
- Ils impliquent activement les étudiants.

[ii] Commission européenne. (s.d.). Apprendre pour la transition écologique et le développement durable [Page web]. Espace européen de l'éducation. Consulté à l'adresse : <https://education.ec.europa.eu/es/focus-topics/green-education/learning-for-the-green-transition>

Bloc 2. Pratiques durables dans l'utilisation des Techlabs.

Sélection de documents imprimés

Comme nous l'avons vu lors des séances précédentes, divers matériaux sont disponibles pour l'impression 3D. Cependant, certains sont plus durables car ils utilisent des matériaux recyclés ou biodégradables, réduisant ainsi les déchets plastiques. Le PLA en est un exemple.

Le filament PLA (acide polylactique) est un matériau thermoplastique biodégradable dérivé de ressources naturelles renouvelables telles que le maïs ou la canne à sucre.

Le PLA se caractérise par sa facilité d'utilisation, son faible retrait thermique et son bon état de surface, ce qui le rend particulièrement adapté aux environnements éducatifs. Il n'émet pas de gaz toxiques lors de son utilisation et est sans danger pour les activités pédagogiques.

Conception efficace pour chaque pièce.

Lors de la conception d'une pièce pour l'impression 3D, de nombreux facteurs doivent être pris en compte. Cependant, certaines pratiques permettent de réduire l'impact environnemental sans compromettre la qualité et l'utilisabilité de la pièce, notamment :

- Regroupez plusieurs articles dans une seule tâche d'impression afin d'optimiser la consommation d'énergie.



Figure. Éléments regroupés en une seule image. Photographie de Minku Kang (Unsplash)

- À des fins pédagogiques, examinez les modèles 3D afin de réduire l'épaisseur ou les supports inutiles sans compromettre la qualité de la pièce.

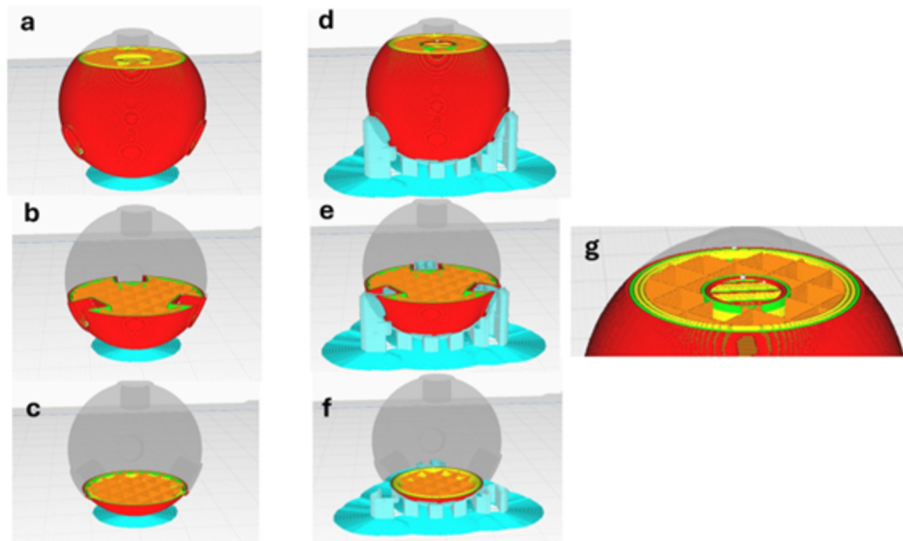


Figure. Comment le logiciel de découpe divise la pièce en une série de couches que l'imprimante 3D imprimera successivement, l'une sur l'autre.

- Calculez la consommation de filament estimée avant l'impression. Dans un logiciel comme Ultimaker Cura, le découpage du fichier générera les trajectoires de l'extrudeuse. Une fois l'opération terminée, vous verrez la trajectoire d'impression couche par couche dans l'aperçu.
 - Regardez dans le coin inférieur droit de l'écran (juste au-dessus du bouton « Enregistrer sur le disque » ou « Enregistrer sur la carte SD »). Cura affichera une estimation similaire à celle-ci :
 - Durée d'impression : 2 heures et 45 minutes
 - Filament : 8,35 m – 25 g
 - Matériaux : PLA

Le temps indiqué correspond à la durée totale d'impression.

La longueur indique le nombre de mètres de filament que vous utiliserez.

Le poids correspond au poids total du matériau qui sera utilisé.

Recyclage des matériaux d'impression

Chaque procédé d'impression 3D génère des déchets, même en petite quantité (supports, lignes d'extrusion ou de purge initiales, pièces défectueuses, etc.). Il est donc important de comprendre les pratiques de recyclage de ce matériau :

- Trier et ranger les restes de matériaux : Prévoir une boîte ou un conteneur dans la classe où les élèves pourront jeter les restes de matériaux et les pièces défectueuses. Si différents types de matériaux sont utilisés (PLA, PETG, ABS, etc.), il est préférable de les trier par type, si possible.
- Programmes de collecte ou centres de recyclage. Si vous accumulez une quantité importante de matériaux, vous pouvez les apporter à un centre de recyclage ou contacter des organismes qui collectent les plastiques usagés issus de l'impression 3D. Vérifiez d'abord si votre ville dispose d'un programme de recyclage actif géré par une entreprise spécialisée. Sinon, plusieurs options s'offrent à vous :
 - SERVICE DE RECYCLAGE MUNICIPAL. Le plus simple est de contacter le service municipal de gestion des déchets ou les centres de recyclage locaux pour savoir s'ils acceptent les restes de filament d'impression 3D.
 - UNIVERSITÉS. De nombreuses universités disposent de centres de recyclage pour les déchets de matériaux, tels que les filaments pour l'impression 3D.

Utilisation efficace de l'énergie et entretien responsable des machines.

- Regroupez plusieurs pièces en une seule impression pour optimiser les temps de préchauffage et d'impression.
- Éteignez l'imprimante lorsqu'elle n'est pas utilisée.
- Analysez le temps d'impression estimé.

Bloc 3. Lien avec les objectifs de développement durable dans le laboratoire de technologie

En septembre 2015, lors de l'Assemblée générale des Nations Unies, les pays du monde entier ont approuvé le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et ses 17 objectifs de développement durable (ODD).

Ces objectifs fondamentaux sont d'éradiquer la pauvreté, de protéger la planète et de garantir que tous les peuples vivent en paix d'ici à 2030, en équilibrant les dimensions sociales, économiques et environnementales du développement.



Source : https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/sustainable-development-goals/eu-and-united-nations-common-goals-sustainable-future_es

Dans ce contexte, les Techlabs sont des espaces d'apprentissage essentiels pour travailler sur les objectifs de développement durable suivants avec une approche pratique :

Bloc 3. Lien avec les objectifs de développement durable dans le laboratoire de technologie

En septembre 2015, lors de l'Assemblée générale des Nations Unies, les pays du monde entier ont approuvé le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et ses 17 objectifs de développement durable (ODD).

Ces objectifs fondamentaux sont d'éradiquer la pauvreté, de protéger la planète et de garantir que tous les peuples vivent en paix d'ici à 2030, en équilibrant les dimensions sociales, économiques et environnementales du développement.

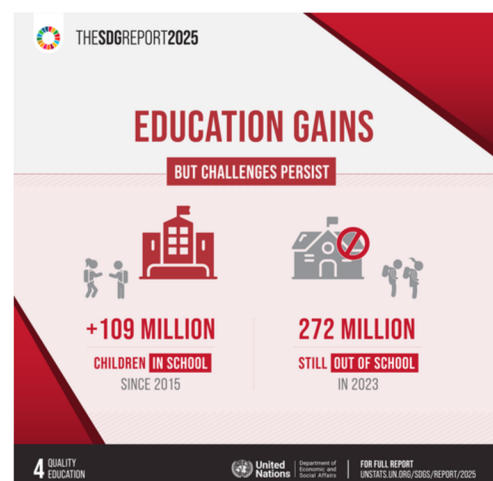
Objectif de développement durable n° 1. Éradiquer la pauvreté.

Bien que les laboratoires technologiques ne puissent éradiquer la pauvreté sous toutes ses formes, ils sont conçus pour pallier les difficultés économiques que peuvent rencontrer les élèves du primaire et du secondaire. Si la scolarité au secondaire est gratuite, l'établissement ne prend pas en charge le matériel et les ressources nécessaires à certaines activités. C'est pourquoi les laboratoires technologiques fournissent gratuitement ce matériel et ces équipements, permettant ainsi à tous les élèves de participer aux activités dans les mêmes conditions.



Objectif de développement durable n° 4 : ÉDUCATION DE QUALITÉ

Garantir une éducation inclusive, équitable et de qualité, en promouvant les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie pour tous.



Les Techlabs transforment la salle de classe en un laboratoire technologique doté d'un environnement d'apprentissage de haute qualité, où les élèves apprennent les sciences et les technologies de manière pratique, dynamique et stimulante, mais aussi dans une perspective inclusive.

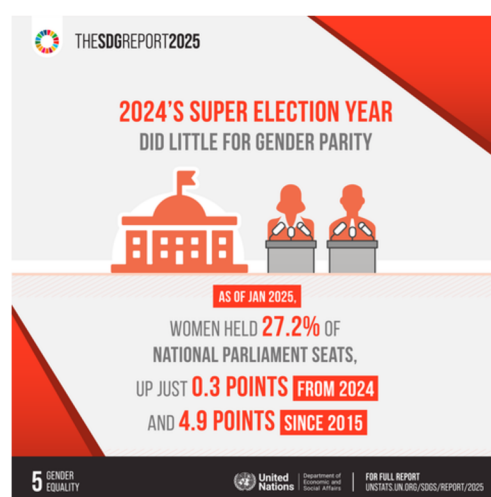
L'apprentissage par la pratique est un outil fondamental pour motiver les élèves en classe, notamment ceux qui rencontrent des difficultés, car ils se sentent plus impliqués et manifestent un intérêt accru lorsqu'ils participent activement au processus d'apprentissage. Au lycée, dans les disciplines STEM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques), cette méthode offre une excellente opportunité de motiver les élèves, car les sciences et les technologies s'apprennent mieux par l'expérience pratique que par la simple lecture ou la mémorisation.

En ce sens, la mise en place d'un Techlab (laboratoire technologique) offre aux enseignants la possibilité de rapprocher les sciences et les technologies des élèves, en transformant les concepts abstraits en un apprentissage concret, dynamique et significatif.

Objectif de développement durable n° 5 : Égalité des sexes

Parvenir à l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles.

L'apprentissage au sein des Techlabs encourage la participation égale de tous les étudiants, en promouvant la participation active des étudiantes et en les exposant à des modèles actuels et réels de femmes scientifiques, afin qu'elles réalisent naturellement que la science est un domaine dans lequel la diversité des genres est essentielle au progrès.

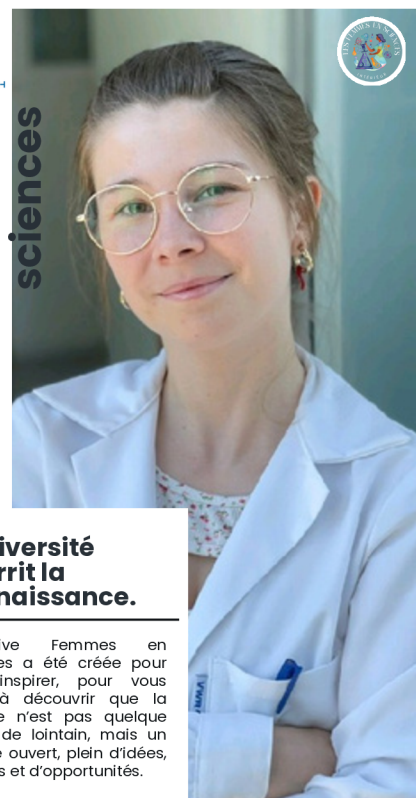


Présenter aux élèves des modèles auxquels ils peuvent s'identifier est une autre stratégie pour les motiver, briser les stéréotypes, promouvoir l'égalité des sexes, nourrir leurs ambitions et démontrer que les carrières scientifiques et technologiques sont accessibles à tous. Se reconnaître dans une histoire ou un exemple concret renforce notre motivation et nos aspirations.

Dans le cadre du projet Erasmus+ « Didactech », la campagne « Les femmes et la science aujourd'hui » a été lancée. Cette initiative novatrice présente aux élèves du secondaire des exemples concrets et actuels de femmes contribuant au progrès scientifique dans divers domaines. La campagne « Les femmes et la science » a été créée avec un objectif clair : inciter les élèves du secondaire à découvrir le potentiel des femmes en sciences et technologies. Contrairement à d'autres initiatives centrées sur les femmes à travers l'histoire, cette campagne se concentre sur le présent, soulignant le rôle crucial que jouent aujourd'hui les femmes, à la tête de centres de recherche de pointe et participant à des projets de recherche qui façonneront l'avenir de l'Europe et du monde.



Les femmes en sciences



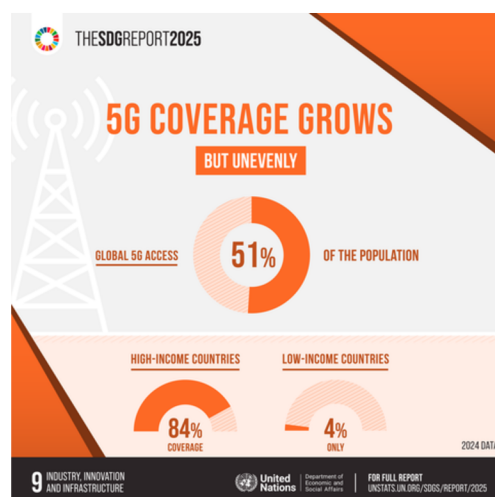
La diversité nourrit la connaissance.

L'initiative Femmes en sciences a été créée pour vous inspirer, pour vous aider à découvrir que la science n'est pas quelque chose de lointain, mais un espace ouvert, plein d'idées, de défis et d'opportunités.

Objectif de développement durable n° 9 : Industrie, innovation et infrastructure

Construire des infrastructures résilientes, promouvoir une industrialisation inclusive et encourager l'innovation.

L'innovation est l'un des piliers fondamentaux de Techlabs. L'intégration de la fabrication additive et de l'impression 3D en classe transforme les méthodes d'apprentissage des élèves et d'enseignement des professeurs. Techlabs favorise un apprentissage innovant basé sur l'expérimentation, la conception et la résolution de problèmes, où les élèves deviennent acteurs de leur propre parcours d'apprentissage.



Le développement de projets au Techlab stimule la curiosité, la créativité et l'esprit critique, incitant les élèves à rechercher des solutions originales et à appliquer les sciences et les technologies de manière responsable. Ainsi, l'innovation n'est plus perçue comme un simple progrès technique, mais comme une méthode d'apprentissage qui allie sciences, technologies et développement durable dans une approche pratique et stimulante.

Objectif de développement durable n° 10. Réduire les inégalités.

Réduire les inégalités au sein des pays et entre eux.

Bien que les laboratoires technologiques soient ouverts à tous les élèves du secondaire, nous accordons une attention particulière à ceux qui rencontrent les plus grandes difficultés, car ce sont eux qui font face aux plus grands obstacles à l'inclusion. Il s'agit d'élèves du secondaire, notamment des filles, issus de milieux défavorisés, qui sont confrontés à des barrières économiques, sociales et d'emploi.



qui rencontrent de sérieuses difficultés d'accès au marché du travail technologique et aux carrières scientifiques de haut niveau, et qui perdent tout intérêt pour ce secteur.

L'égalité de participation de tous les élèves aux projets technologiques est l'un de nos principaux objectifs. Les principales mesures adoptées pour favoriser l'inclusion dans les laboratoires technologiques sont les suivantes :

- Soutien technologique. Il s'agit de l'adaptation des ressources et des outils permettant à tous les élèves de participer aux activités d'apprentissage sur un pied d'égalité, en éliminant les obstacles à l'accès et en favorisant l'autonomie des élèves.

- Accessibilité numérique. Assurez-vous que tous les appareils utilisés en classe répondent aux critères d'accessibilité, tels que les lecteurs d'écran, les options de contraste, les polices adaptées, etc.
- Il est essentiel d'adapter le format et la durée des activités. Il est important de tenir compte de la diversité des élèves et de leurs rythmes d'apprentissage respectifs, notamment ceux qui rencontrent des difficultés. C'est pourquoi nous recommandons de concevoir des activités flexibles, dont la durée et le niveau de difficulté seront adaptés au rythme d'apprentissage de chaque élève. Ainsi, tous les élèves pourront participer et atteindre les objectifs fixés.
- Tutorat individuel et en groupe. Le tutorat en groupe permet aux élèves d'observer la dynamique de classe et le travail d'équipe, mais ils ne se sentent pas toujours à l'aise pour s'exprimer en groupe. C'est pourquoi le tutorat personnalisé est précieux, surtout pour les élèves en difficulté, afin de repérer rapidement les problèmes, de renforcer leur confiance en eux et de les guider dans leur apprentissage. Au lycée, le tutorat existe ; cependant, il n'est pas nécessairement lié aux disciplines scientifiques, technologiques, d'ingénierie et mathématiques (STEM) ni aux projets de laboratoire de technologie. De plus, la charge d'enseignement est importante.
- Interventions conjointes avec les psychologues scolaires. L'une des mesures d'inclusion consiste en des activités menées conjointement avec les équipes d'orientation et de psychologie de l'établissement afin de garantir que les mesures d'inclusion soient adaptées aux besoins des élèves participants et d'assurer un soutien efficace de la part des tuteurs, réduisant ainsi les inégalités entre les élèves.
- Soutien motivationnel. La mise en œuvre de stratégies visant à motiver les élèves dans les matières STEM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques) au niveau secondaire leur permet non seulement d'acquérir des compétences essentielles et transversales, mais démontre également que les sciences et la technologie sont des voies accessibles et inclusives pour leur avenir.

Objectif de développement durable n° 12. Consommation et production responsables.

Afin de garantir des modes de consommation et de production durables.

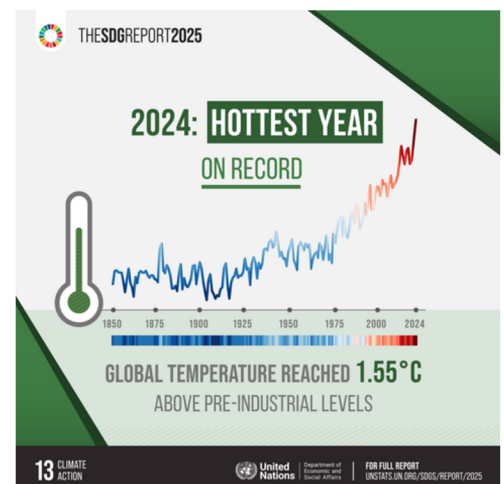
Comme nous l'avons vu dans la section précédente, il existe plusieurs pratiques durables que nous pouvons mettre en œuvre chez Techlabs pour promouvoir une consommation responsable.



Objectif de développement durable n° 13. Action climatique

Il est urgent d'agir pour lutter contre le changement climatique et ses conséquences.

Dans la section précédente, nous avons vu comment la mise en œuvre de Techlabs est réalisée d'un point de vue écologique, en luttant contre le changement climatique et en aidant les étudiants à développer une conscience critique de la nécessité de s'engager dans cette lutte.





Cofinanciado por
la Unión Europea

