



# Formation FreeCAD

Initiation au logiciel FreeCAD et à l'impression 3D



## LIVRET STAGIAIRE

Version : 01-2023-mod 3 (01/03/2023)

Date : Novembre 2023-Mod3

Auteur(s) : Eric PRIOUL

Licence :  CREATIVE COMMONS 4.0

# Table des matières

Introduction	3
1. Présentation du logiciel FreeCAD 	4
2. Etape 1 - Conception de la pièce support	12
3. Etape 2 - Modification de la pièce support	31
4. Etape 3 - Conception du Logo	50
5. Etape 4 - Conception du Prénom	60
6. Etape 5 - Fusion des corps	66
7. Etape 6 - Préparation de l'impression 3D	69
8. Etape 7 - Impression 3D de la pièce : mise en oeuvre de l'imprimante	78
9. Annexe - Plans et Catalogue des polices	94
10. Ressources Web	97
11. Licence Creative Commons :	98
12. Suivi des modifications du document	100
Glossaire	101
Crédits des ressources	103

# Introduction

## \* Objectifs

A l'issue de cette formation vous serez capable :

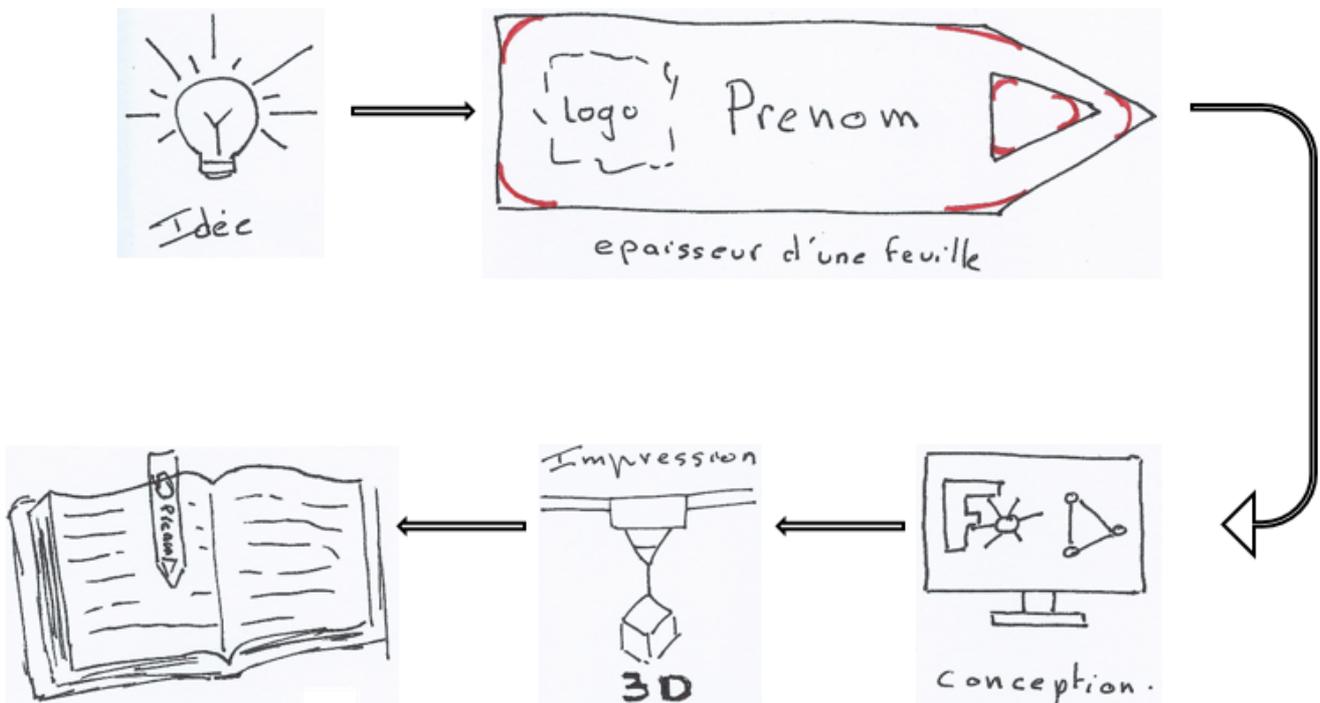
- de concevoir une pièce en 3D,
- de fabriquer cette pièce en mettant en oeuvre une imprimante 3D.

# 1. Présentation du logiciel FreeCAD

Pour rendre cette formation concrète, nous vous proposons de fabriquer un marque page qui comportera :

- Une forme en pointe,
- L'adjonction d'un Logo
- La personnalisation par incrustation de votre Prénom.

Cette formation a pour objectif de vous initier à la conception d'une pièce simple en apprenant à utiliser le logiciel libre FreeCAD , puis de mettre en oeuvre une imprimante 3D.



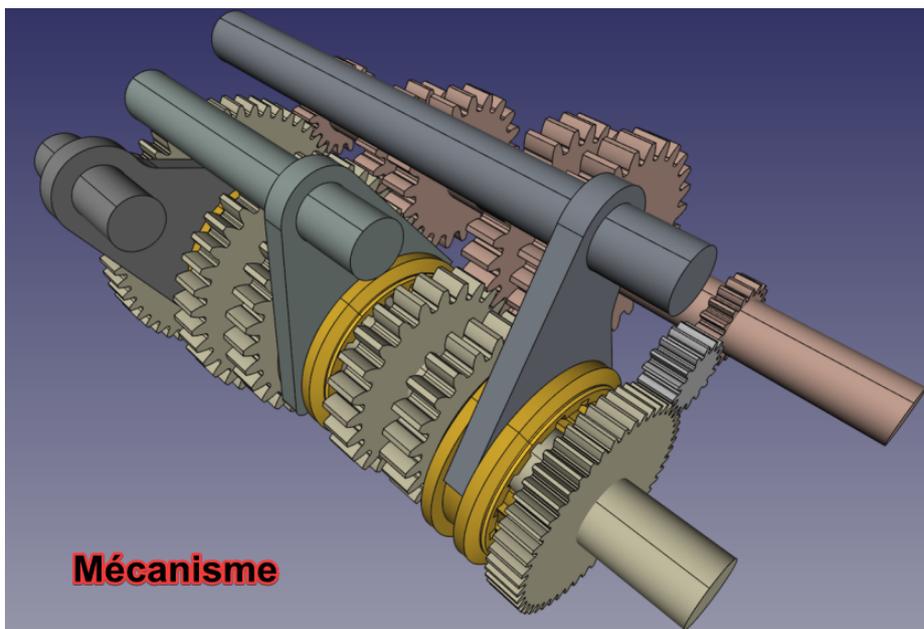
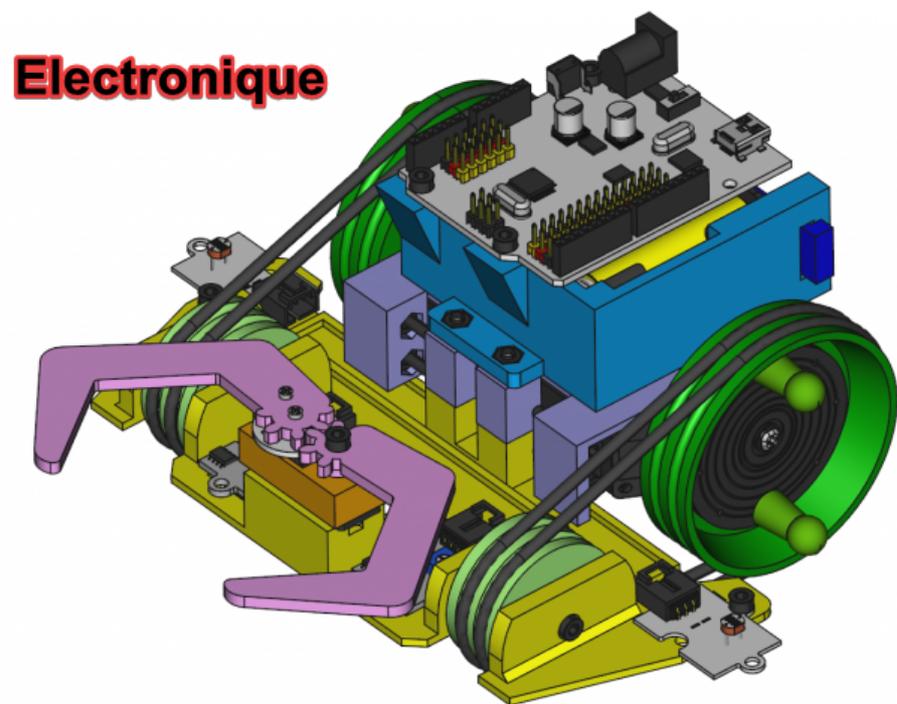
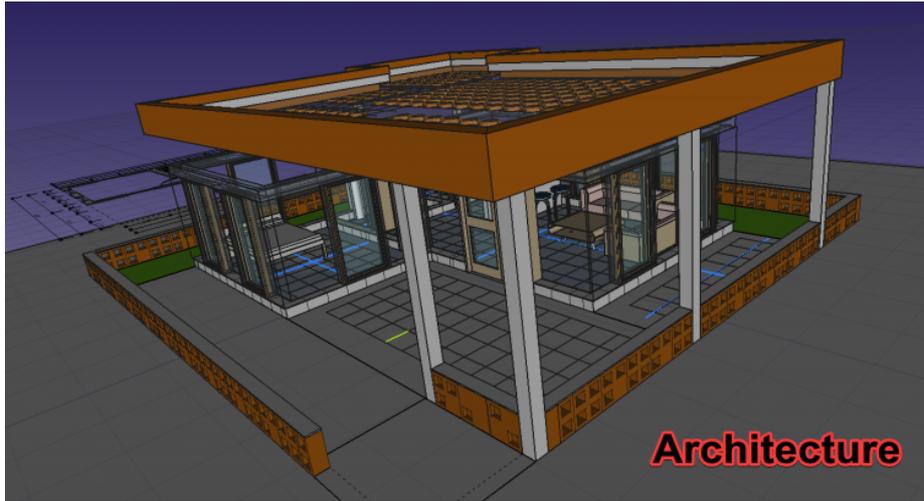
## Qu'est que FreeCAD ?

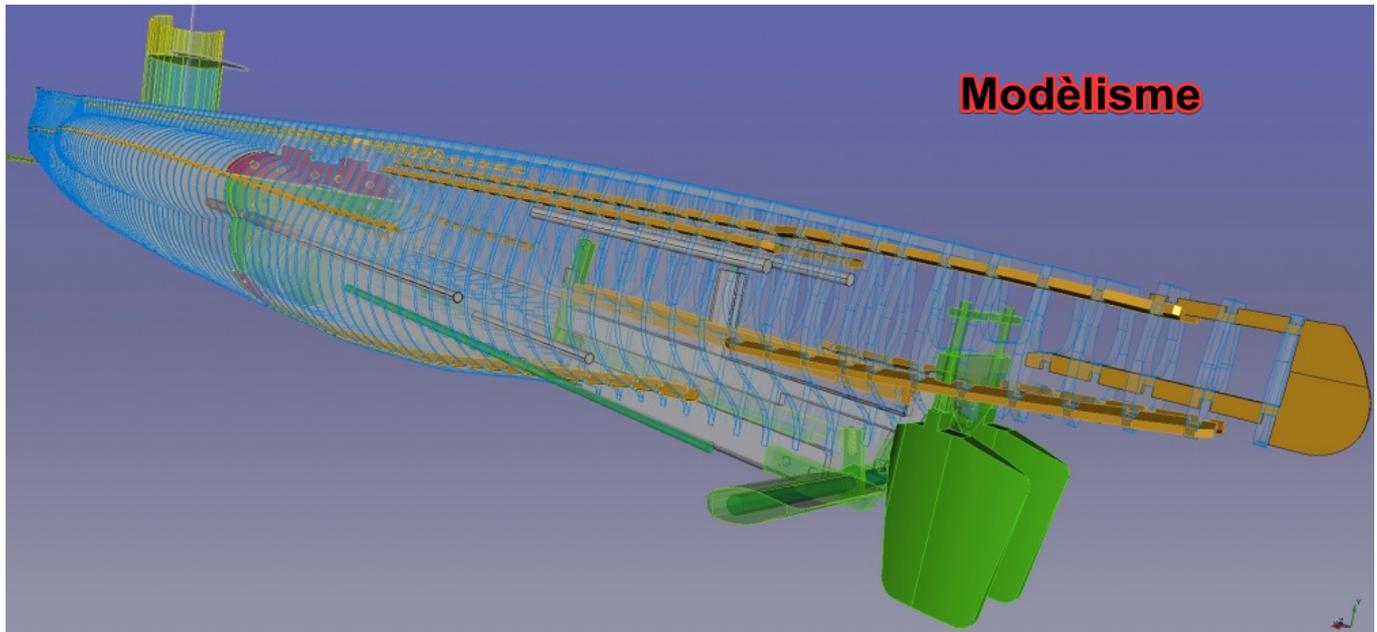
FreeCAD est une application de modélisation paramétrique 3D.

L'objectif de FreeCAD est de vous permettre de créer des modèles 3D de haute précision, de maintenir un contrôle serré de ces modèles (être capable de revenir en arrière dans l'historique de la modélisation et de modifier les paramètres) et finalement de construire ces modèles (via l'impression 3D, l'usinage CNC ou même les chantiers de construction). Il est donc très différent des autres applications 3D conçues pour d'autres fins, tels que le film d'animation ou les jeux.

Sa courbe d'apprentissage peut être ardue, spécialement si c'est votre premier contact avec la modélisation 3D

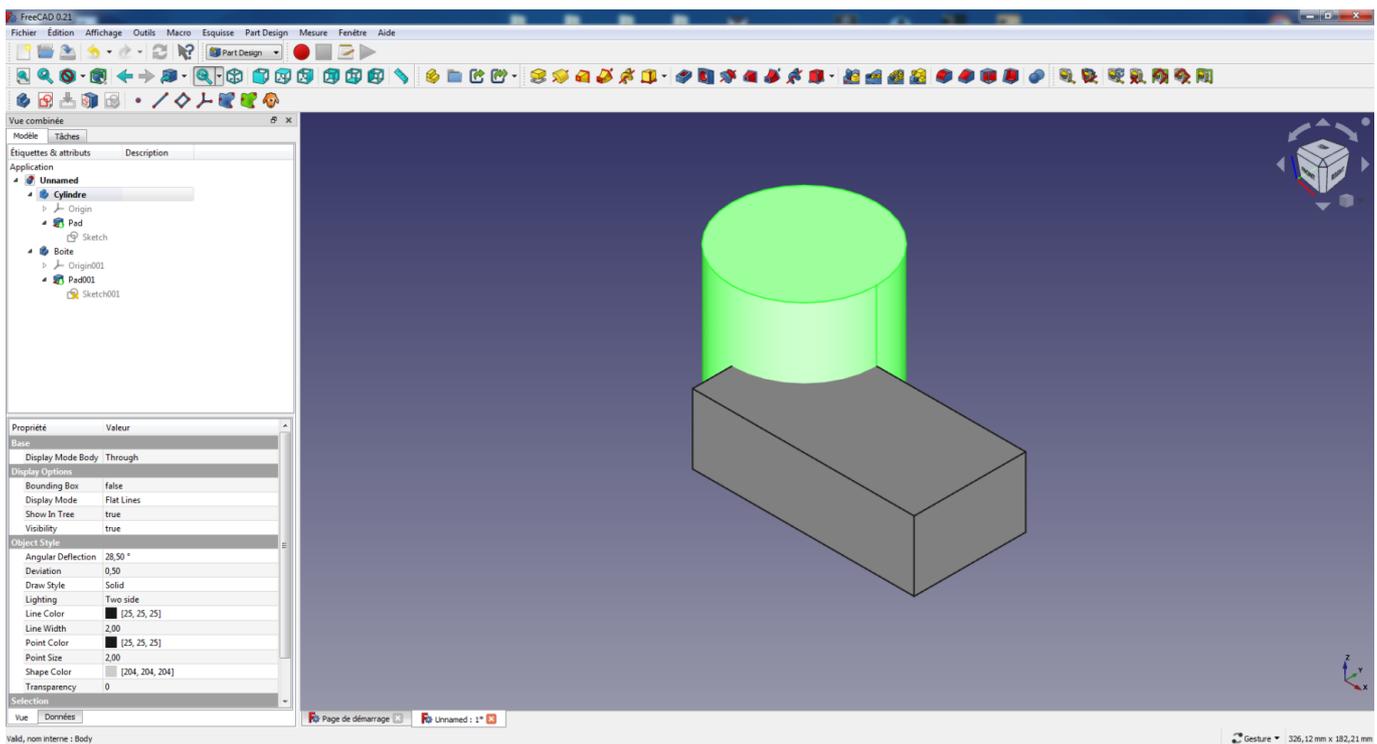
## Exemples d'utilisation de FreeCAD





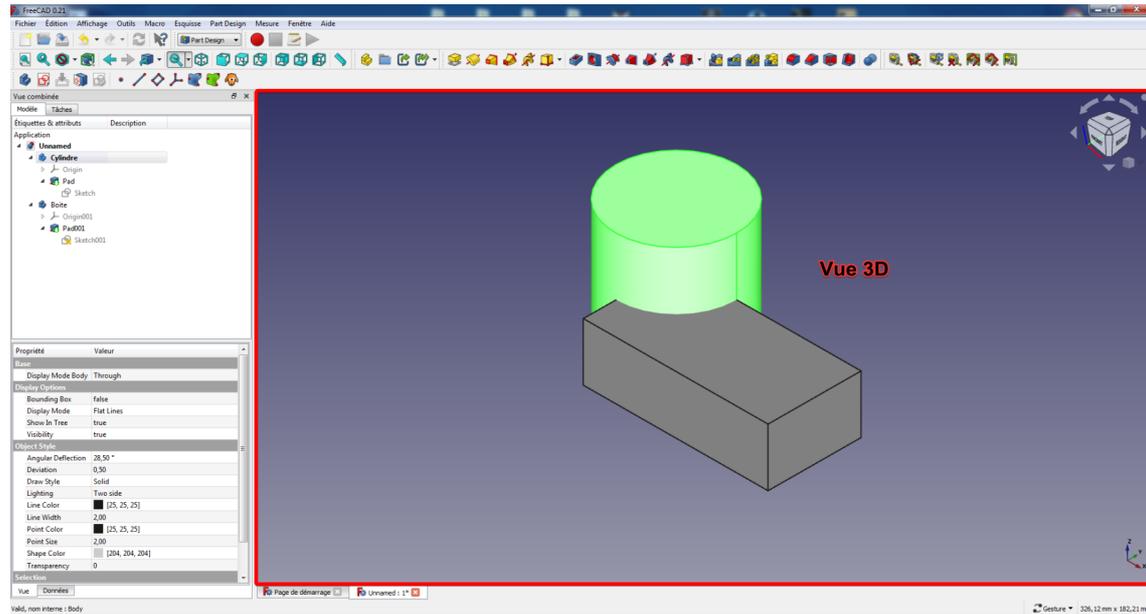
Le logiciel FreeCAD  est Open Source sous Licence publique générale limitée<sup>[p.101]</sup> GNU (LGPL2+). La version utilisée pour cette formation est la version 0.21 build 30922 (Git) du 10/11/2022.

## Présentation de l'interface du logiciel FreeCAD



## « Zone » de travail : Vue 3D

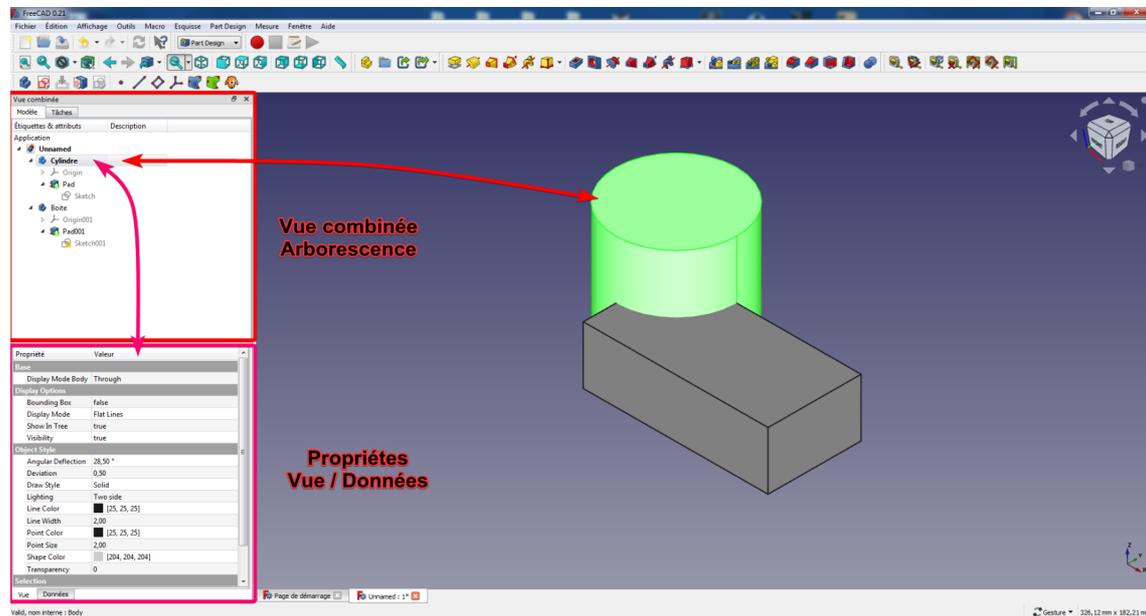
C'est la zone dans laquelle nous allons dessiner notre pièce à l'aide la souris et des différents outils de chaque atelier.



## Vue combinée : onglet Modèle

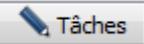
Il permet d'afficher :

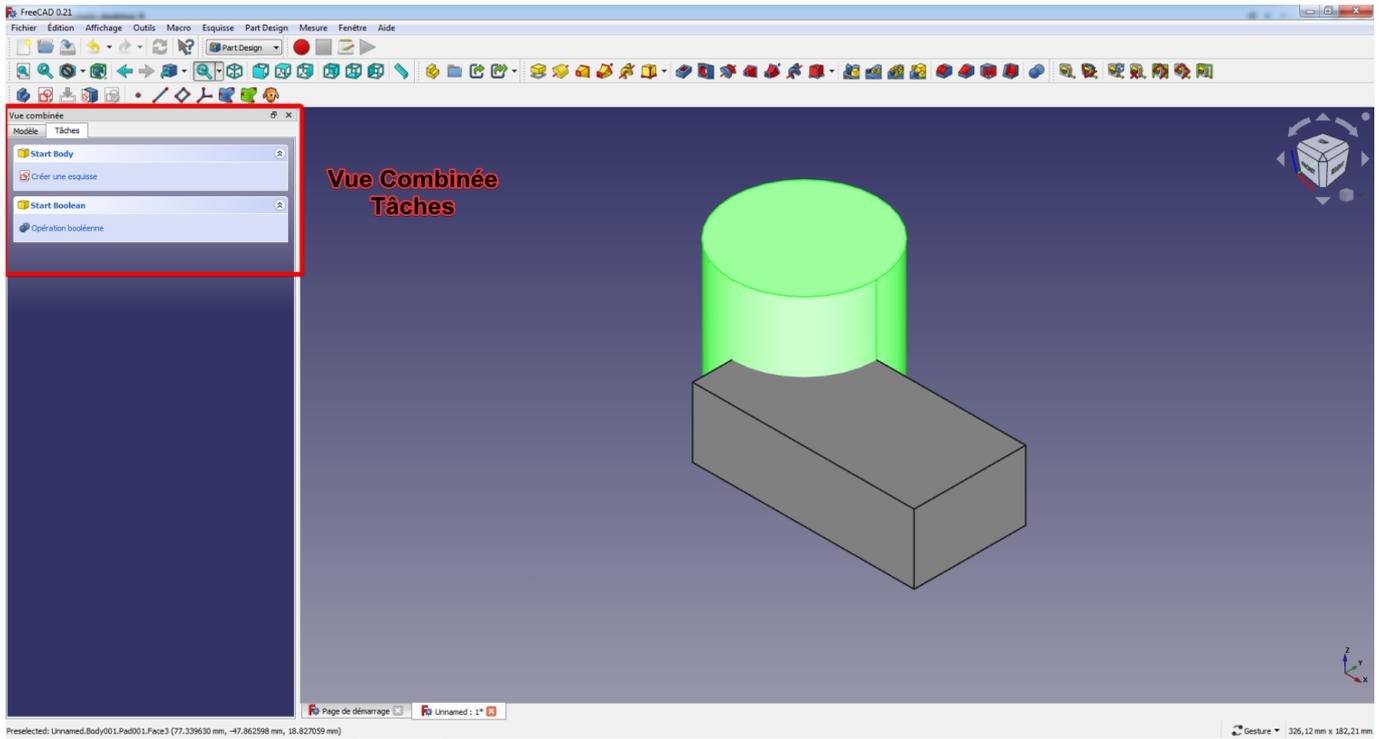
- l'organisation de la pièce au travers une arborescence,
- les différentes propriétés d'un élément de l'arborescence.



## Vue combinée : onglet Tâches

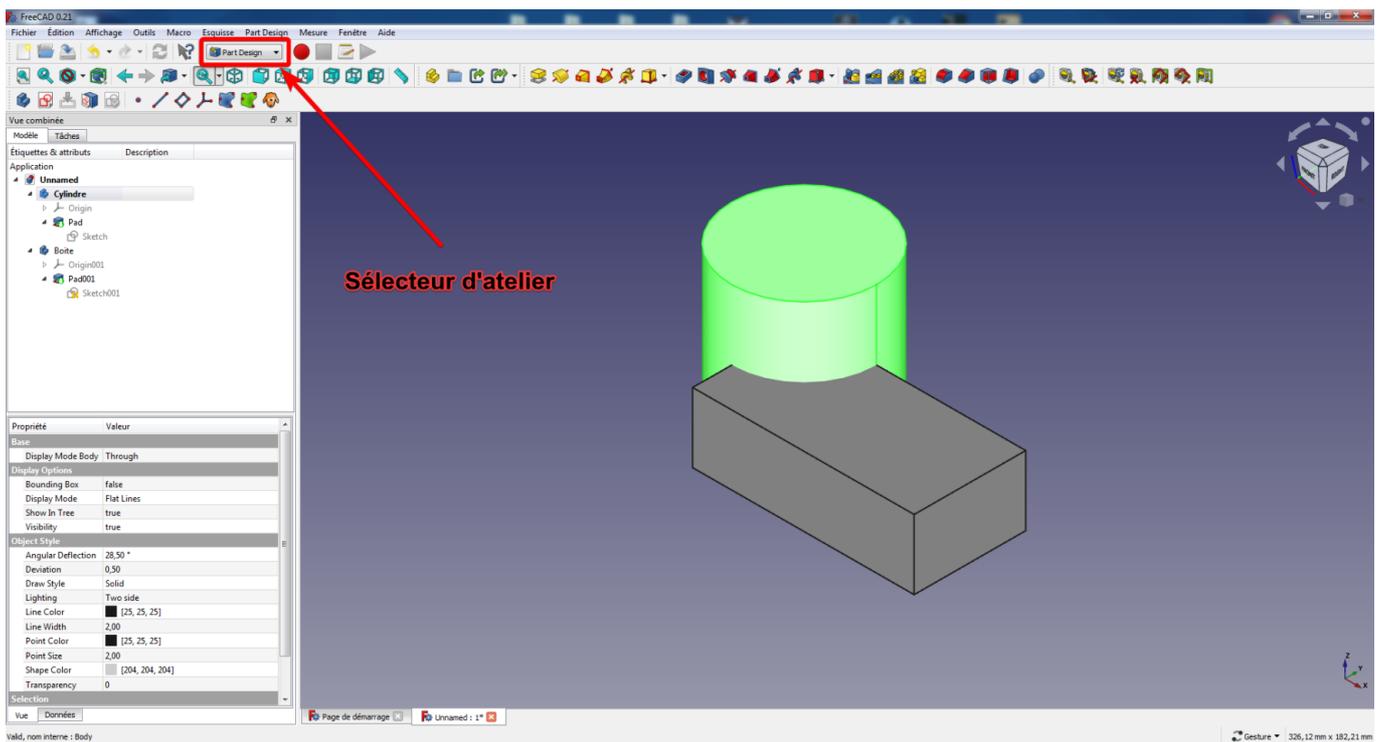
Il permet d'afficher les différentes réalisables en fonction de l'atelier sélectionné.

Lorsqu'une tâche est ouverte l'onglet prend cette forme : . Dans certains cas, aucune action ne sera possible tant que la tâche reste active. A la fermeture de la tâche, l'onglet reprend son apparence initial : 



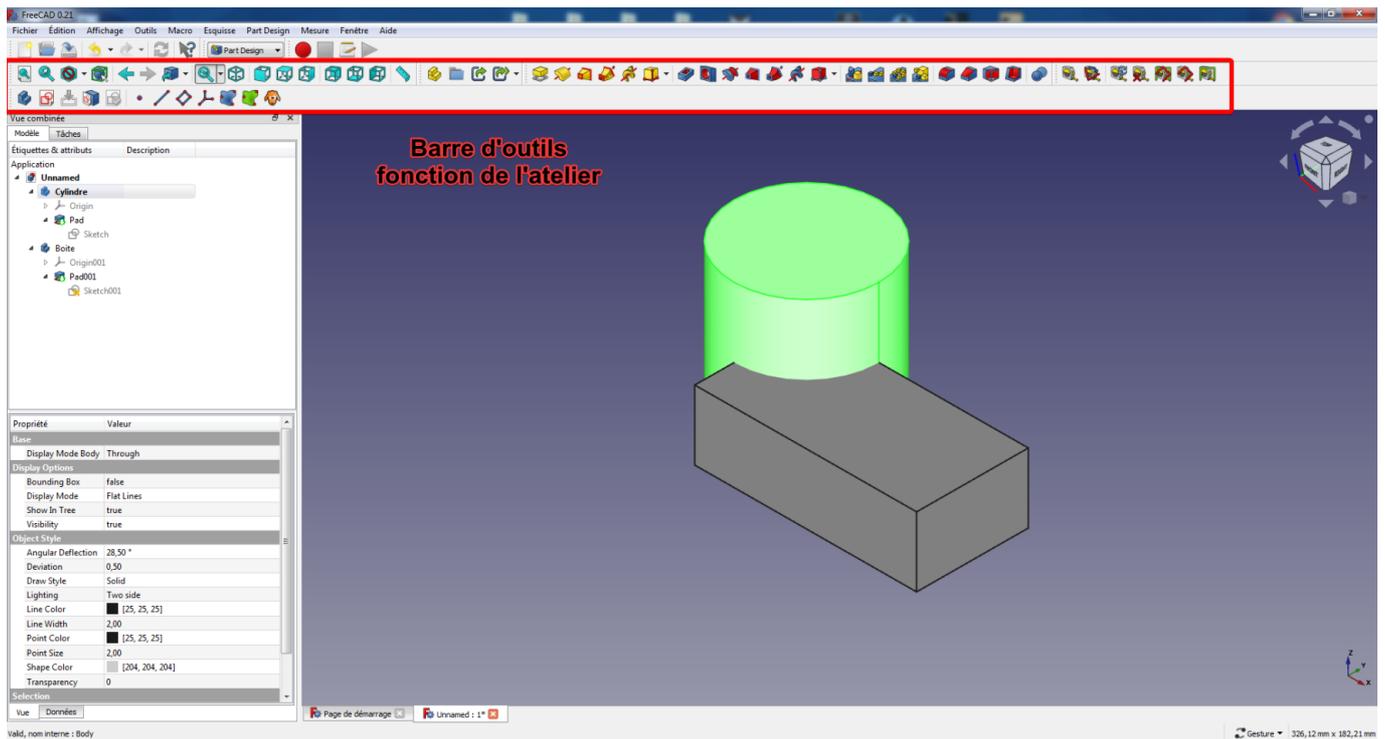
## Sélecteur d'atelier

FreeCAD fonctionne selon le principe d'atelier. Chaque atelier contient des outils spécifiques à sa tâche.



## Barre d'Outils

Les barres d'Outils sont asservies au sélecteur d'atelier.



## Présentation des principaux ateliers

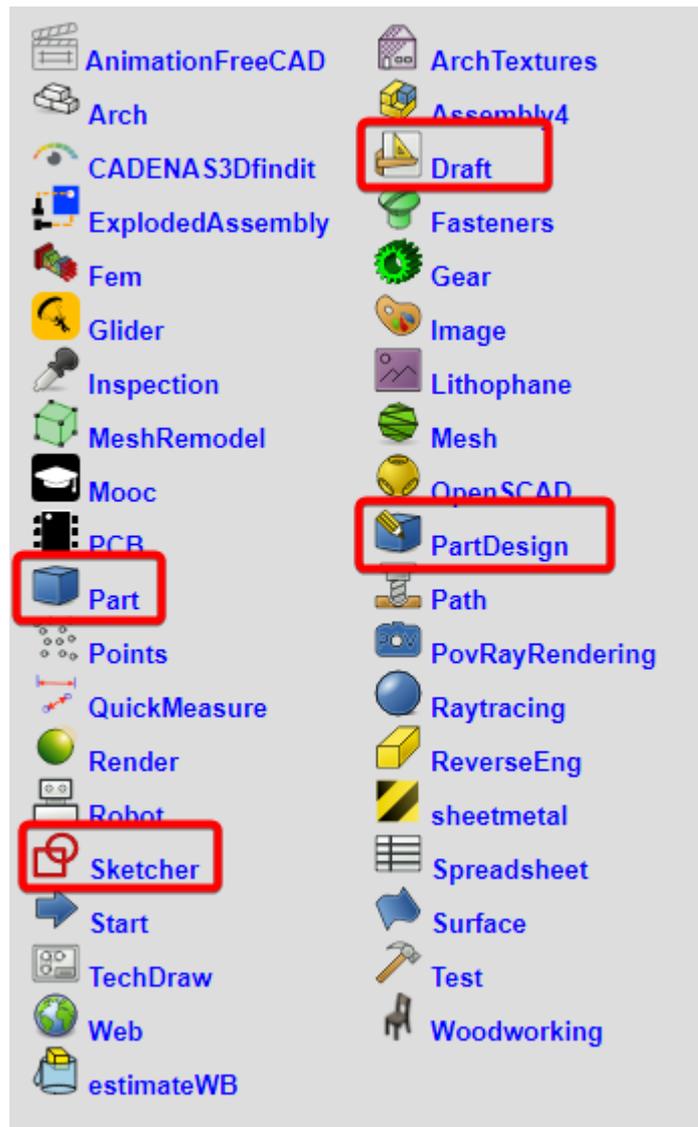
FreeCAD est basé sur le concept d'atelier.

Un atelier peut être considéré comme un ensemble d'outils spécialement regroupés pour une tâche donnée. Dans un atelier de fabrication de meubles traditionnels, vous disposerez d'une table de travail pour la personne qui travaille le bois, d'une autre pour celui qui travaille avec des pièces métalliques et peut-être d'une troisième pour le gars qui monte toutes les pièces ensemble.

Le même principe s'applique dans FreeCAD. Les outils sont regroupés sous des ateliers, selon les tâches auxquelles ils sont destinés.

Quand vous basculez d'un atelier à un autre, les outils disponibles dans l'interface changent. Les barres d'outils, les barres de commande et sûrement d'autres parties de l'interface basculent vers le nouvel atelier, mais le contenu de votre scène ne change pas. Vous pouvez par exemple commencer à dessiner des formes 2D dans la planche à dessin, puis continuer à travailler sur ces objets dans l'atelier Pièce.

## Ateliers utilisés lors de la formation

**Atelier Draft** 

L'atelier Draft  est principalement axé sur la création et la modification d'objets 2D dans FreeCAD.

**Atelier Part** 

Les objets créés avec l'atelier Part  sont relativement simples. ils sont destinés à être utilisés avec des opérations booléennes (unions et coupes) afin de créer des formes plus complexes.

**Atelier Part Design** 

L'atelier Part  fournit des outils avancés pour la modélisation de pièces complexes et solides.

L'atelier PartDesign  est étroitement lié à l'atelier Sketcher (Esquisse) . L'utilisateur crée normalement une esquisse, puis utilise l'outil PartDesign Protrusion  pour l'extruder et créer un solide de base, ensuite ce solide peut être à nouveau modifié.

## Atelier Sketcher

L'atelier Sketcher  de FreeCAD permet de créer des géométries 2D nommées **esquisses**, destinées à être utilisées dans les ateliers Part Design , Arch et d'autres ateliers.

Une esquisse 2D peut être « extrudée » pour créer une forme 3D.

L'atelier Sketcher comporte des "contraintes", permettant aux formes 2D de suivre des définitions géométriques précises.



### Atelier Part / Atelier Part Design

Alors que l'atelier Part  est basé sur la méthodologie de géométrie de construction de solides (CSG<sup>[p.101]</sup> en anglais: "Constructive Solid Geometry") pour la construction de formes, l'atelier PartDesign  utilise une méthodologie paramétrique d'édition de fonctions, ce qui signifie qu'un solide de base est transformé de manière séquentielle en lui ajoutant des fonctions jusqu'à l'obtention de la forme finale.

## 2. Etape 1 - Conception de la pièce support

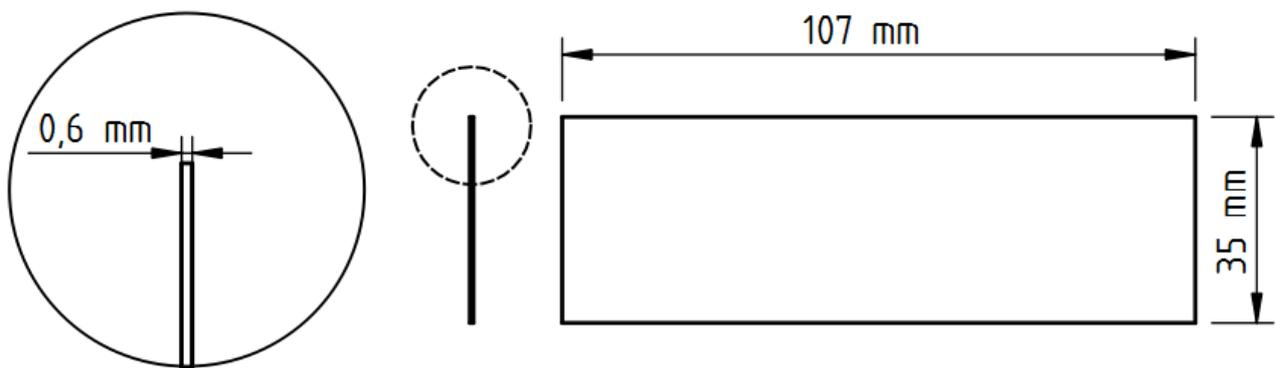
### Procédure Pas à Pas

A l'issue de cette étape, vous serez capable :

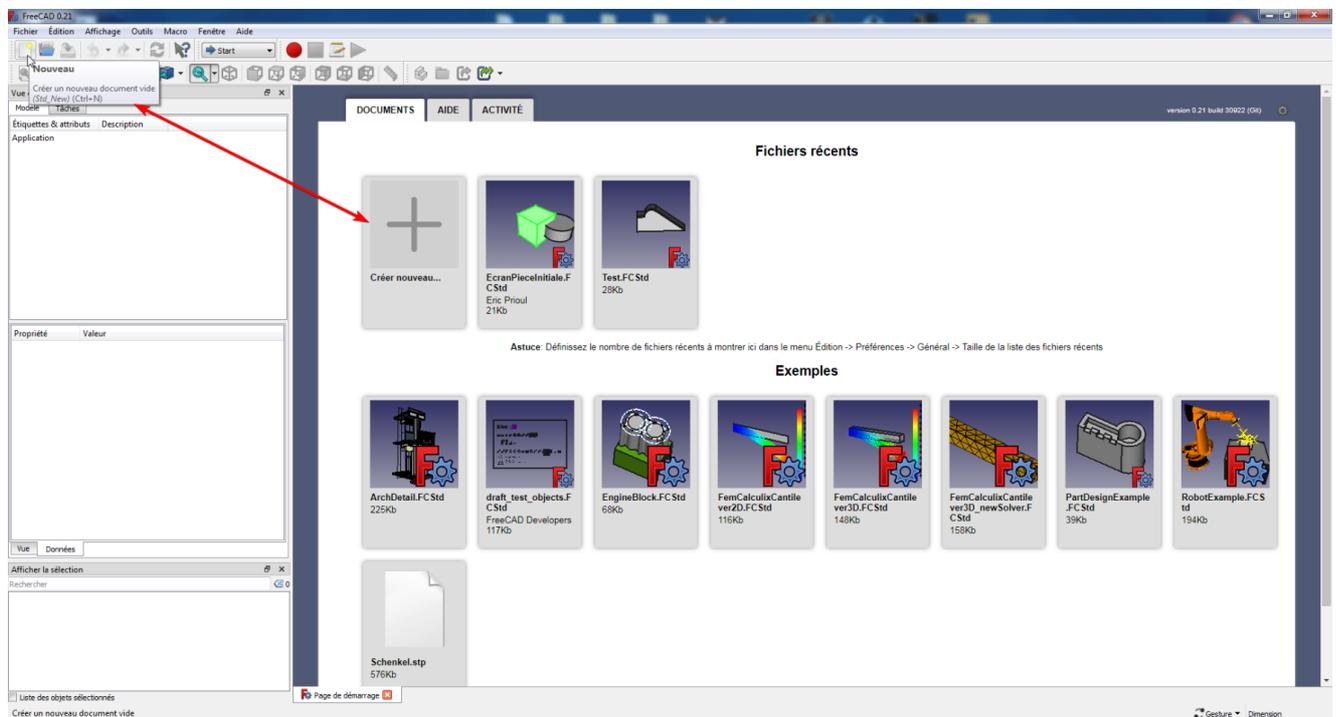
- de dessiner une esquisse  totalement contrainte
- de créer un corps  en 3D.

#### 1. Création d'un nouveau document

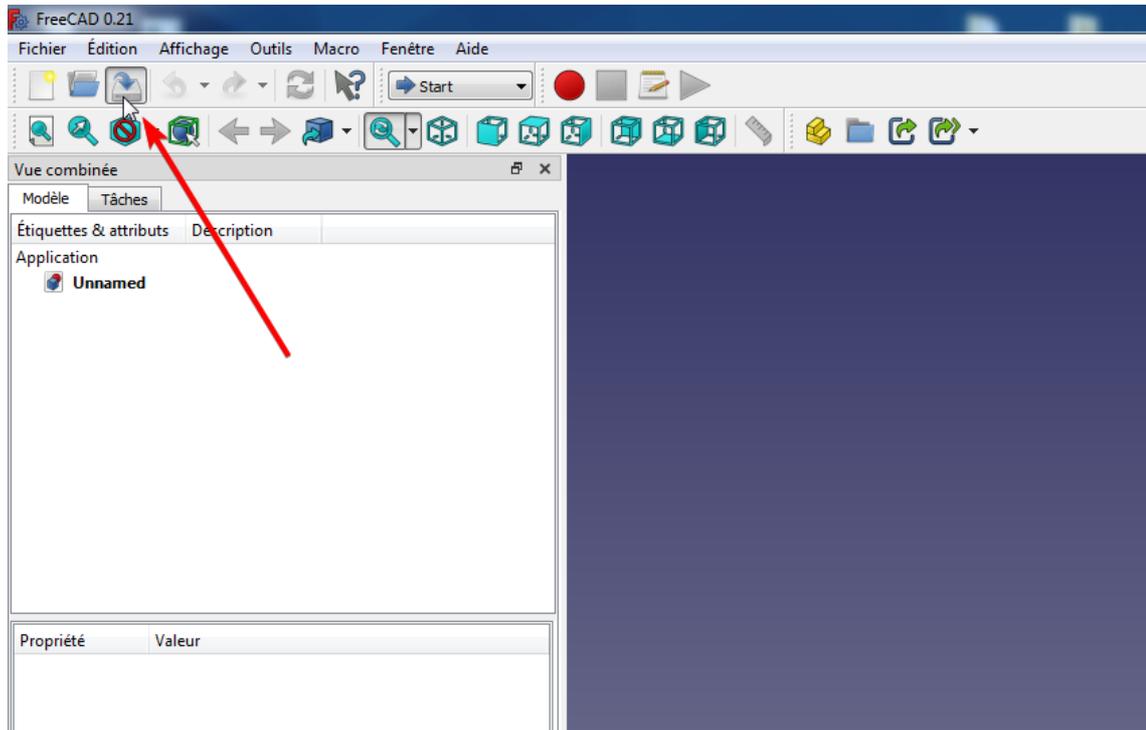
Plan de la pièce à réaliser



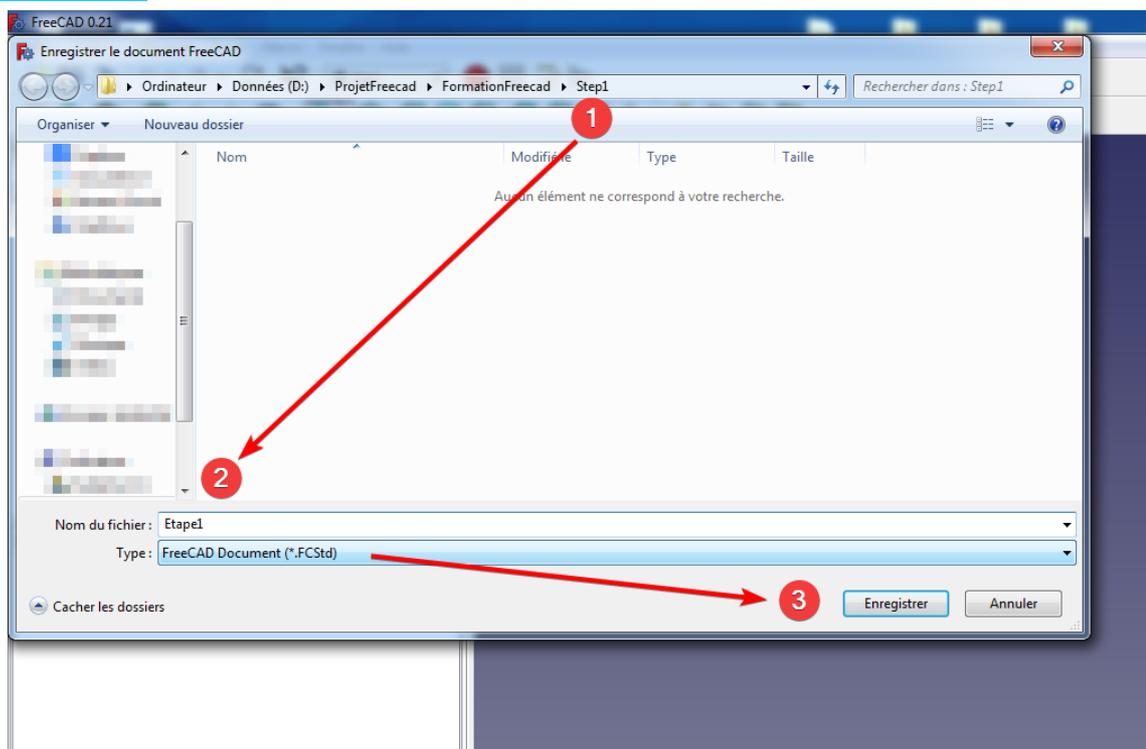
Créer un nouveau document 



L'enregistrer  avec le nom « Etape1 »

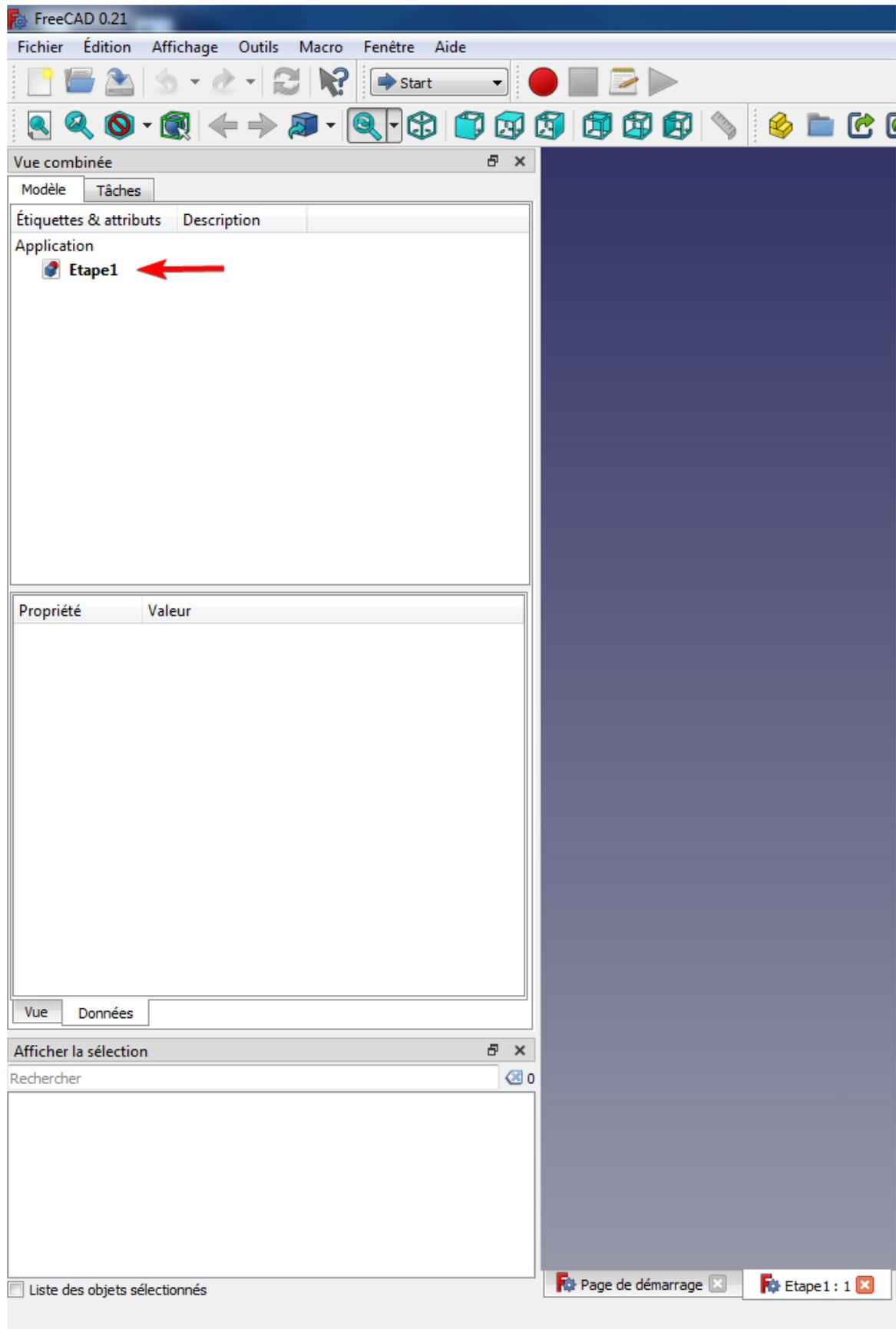


- 1 Choix du répertoire d'enregistrement
- 2 Saisie du nom de fichier. le format est laissé tel quel
- 3 **Enregistrer**



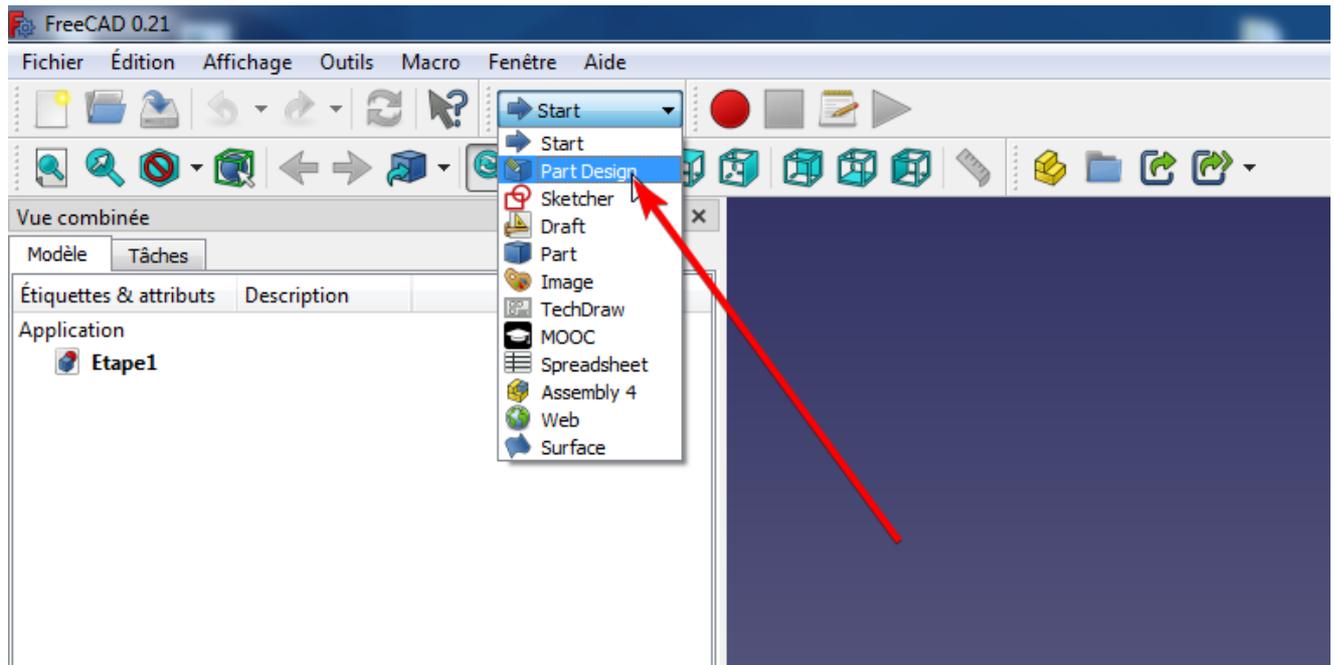
- ⚠** Nommage des fichiers ou des items
- L'informatique ayant horreur du vide, le nom des fichiers et des items de l'arborescence de la **Vue combinée** ne doivent comporter ni espace ni accentuation. Les nommages seront écrit ainsi : PieceSupport ou Piece\_Support<sup>[p.102]</sup>.

Remarquez dans la fenêtre **Vue combinée**, le nom du document apparaît à la racine de l'arborescence

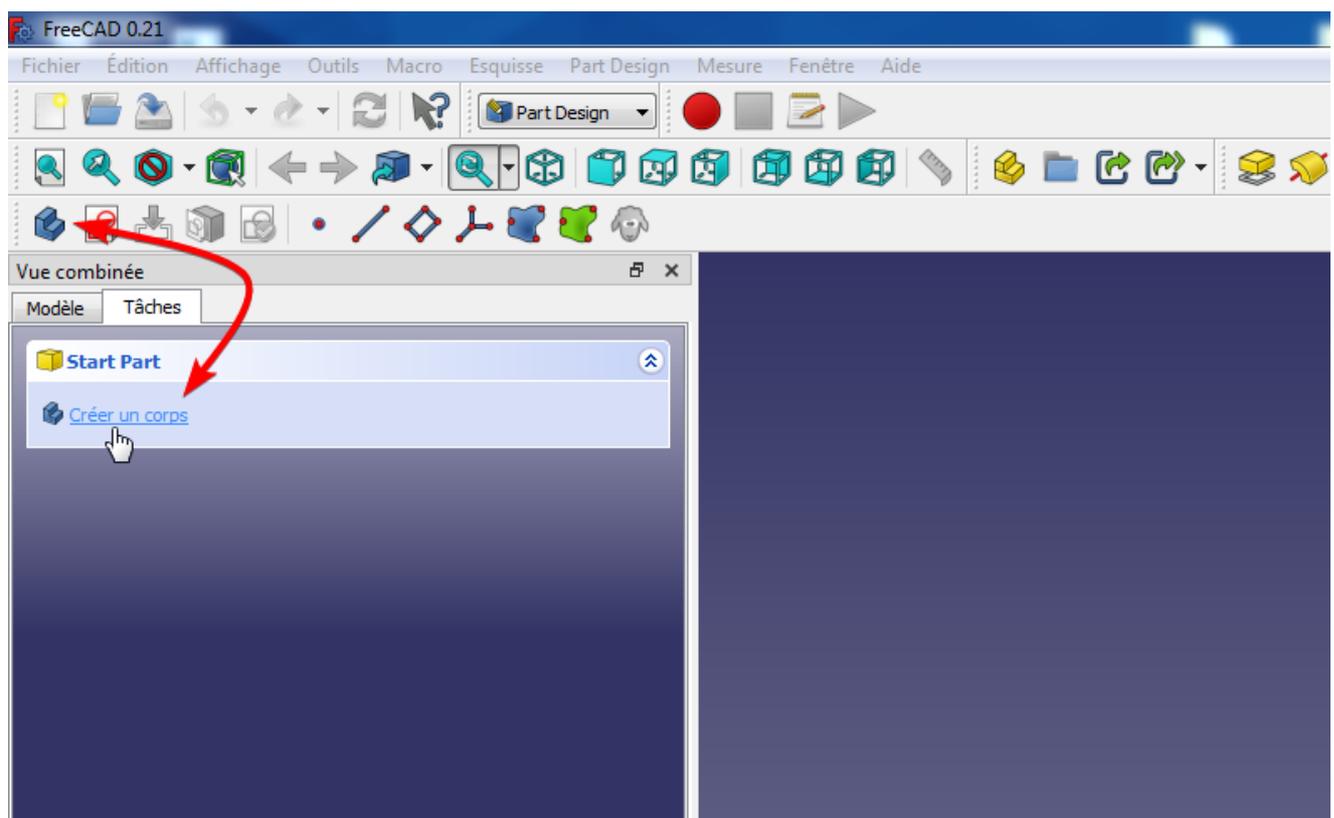


## 2. Atelier Part Design : création d'un Corps

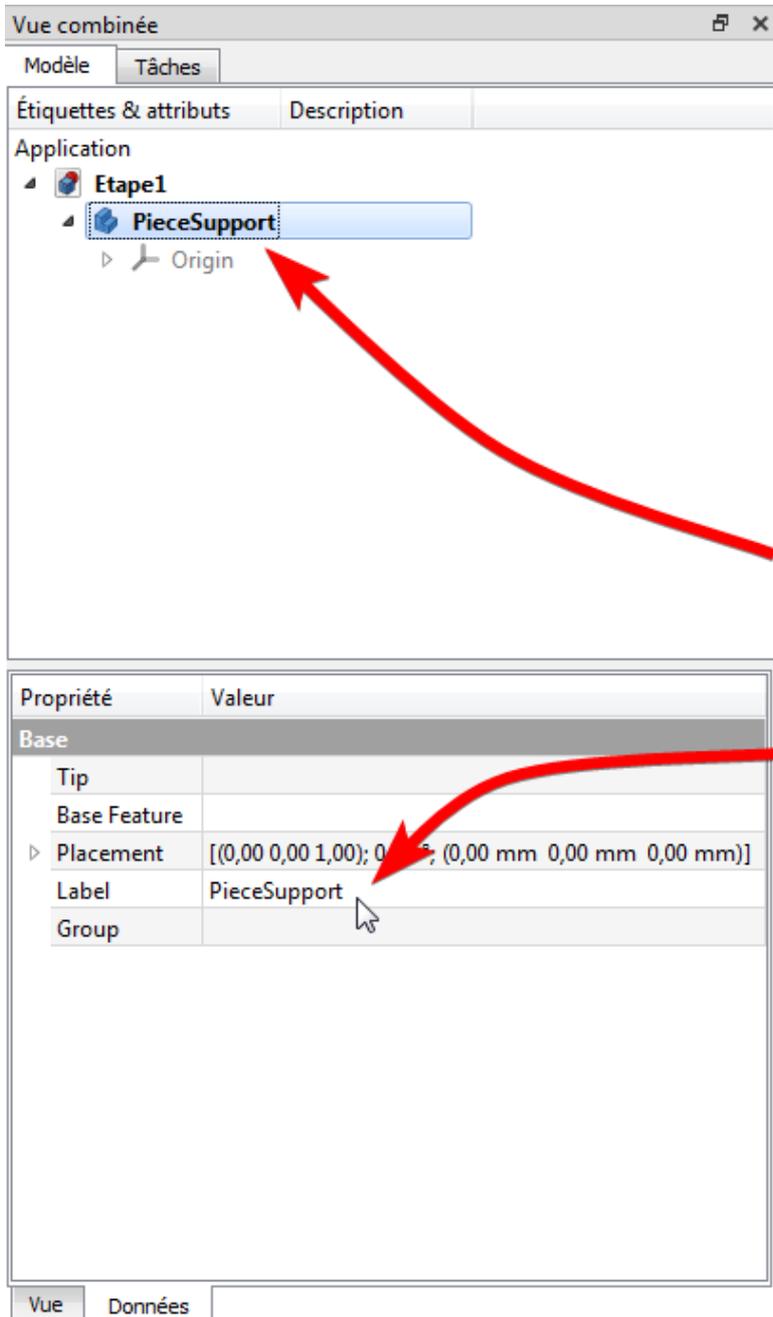
Sélectionner l'atelier Part Design  dans le sélecteur d'atelier



Créer un Corps  (alternative via la barre d'outils)



Sélectionner le corps  dans l'arborescence, touche F2 puis le renommer en  **PieceSupport**



F2 puis saisie

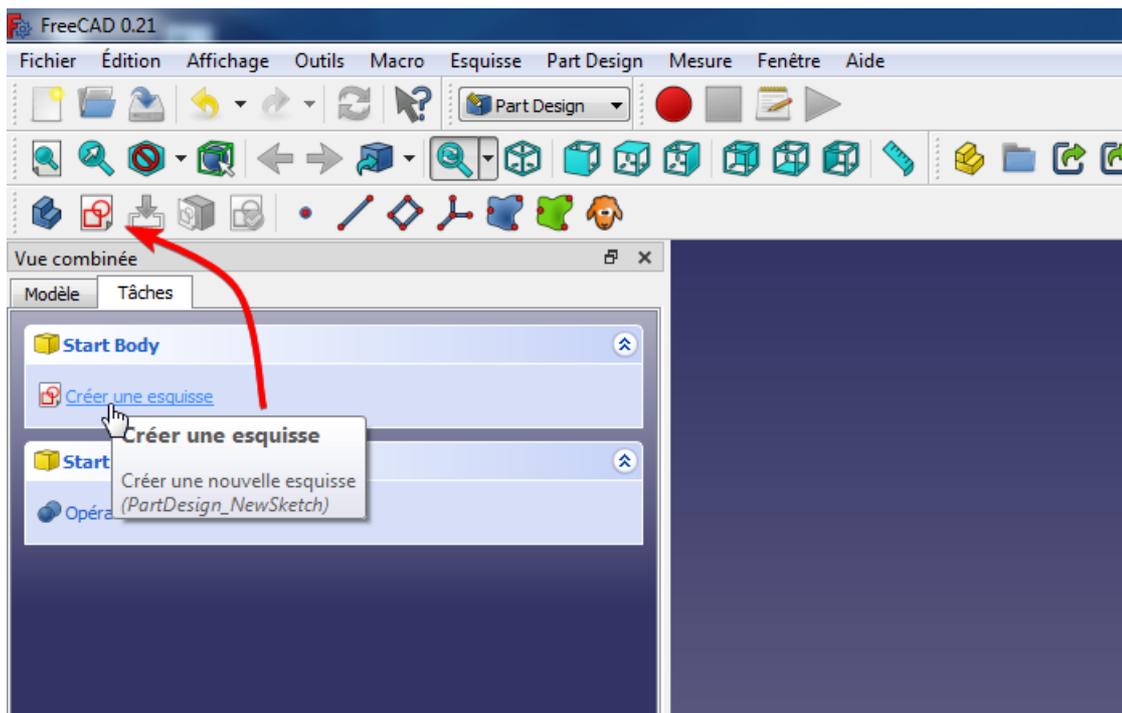
ou

Données/Label puis saisie

Le nom du Corps  peut également être renommé via la fenêtre « **Propriétés/Données/Label** »

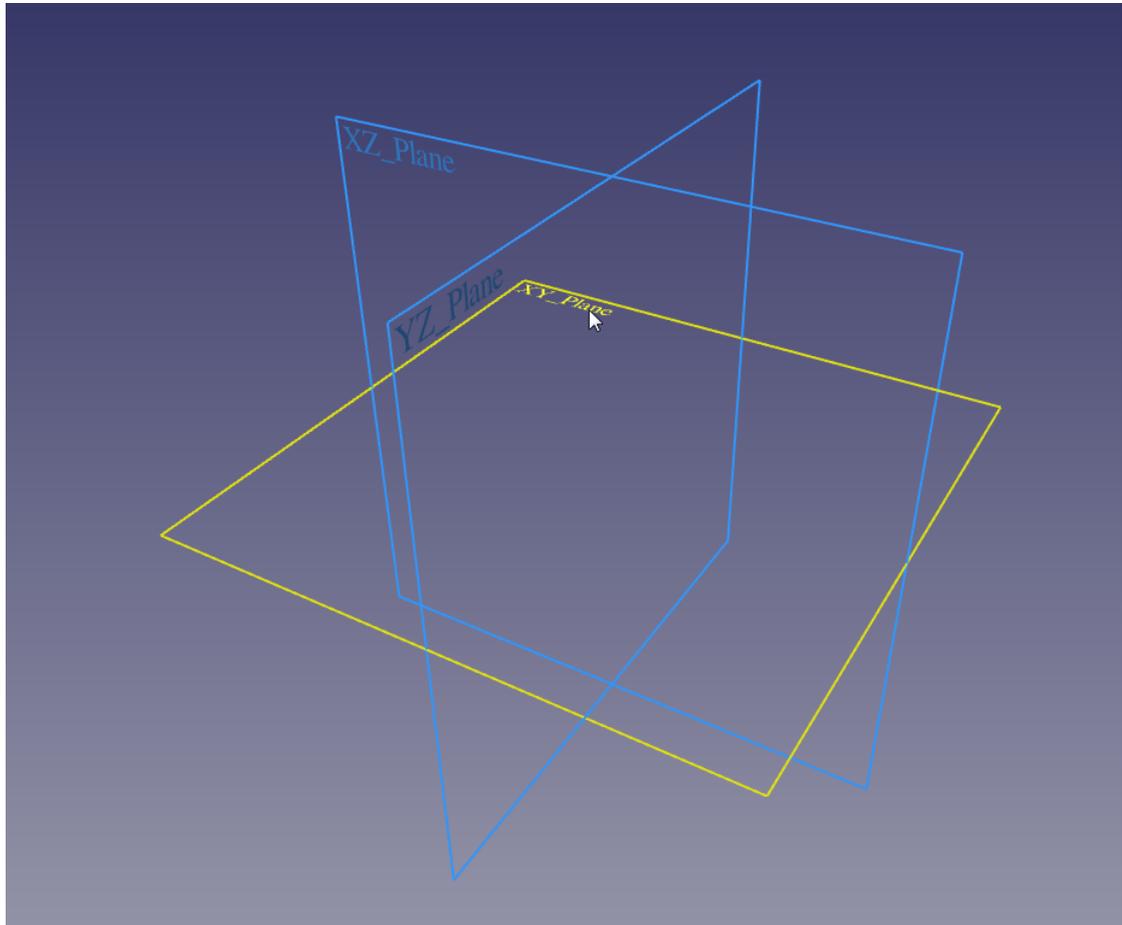
### 3. Sélection du repère de travail

Dans la fenêtre **Tâches** clic sur créer une esquisse  (alternative via la barre d'outils)

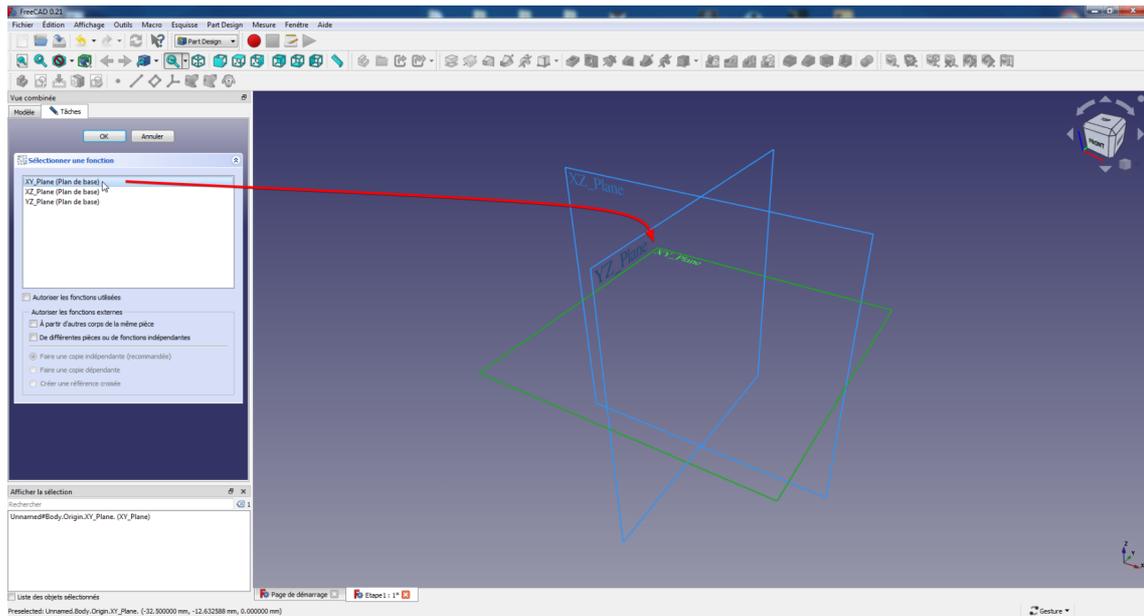


Sélectionner le repère  dans lequel vous souhaitez travailler. Sélectionner le repère **XY**, 2 solutions :

- soit par sélection du plan dans la vue 3D



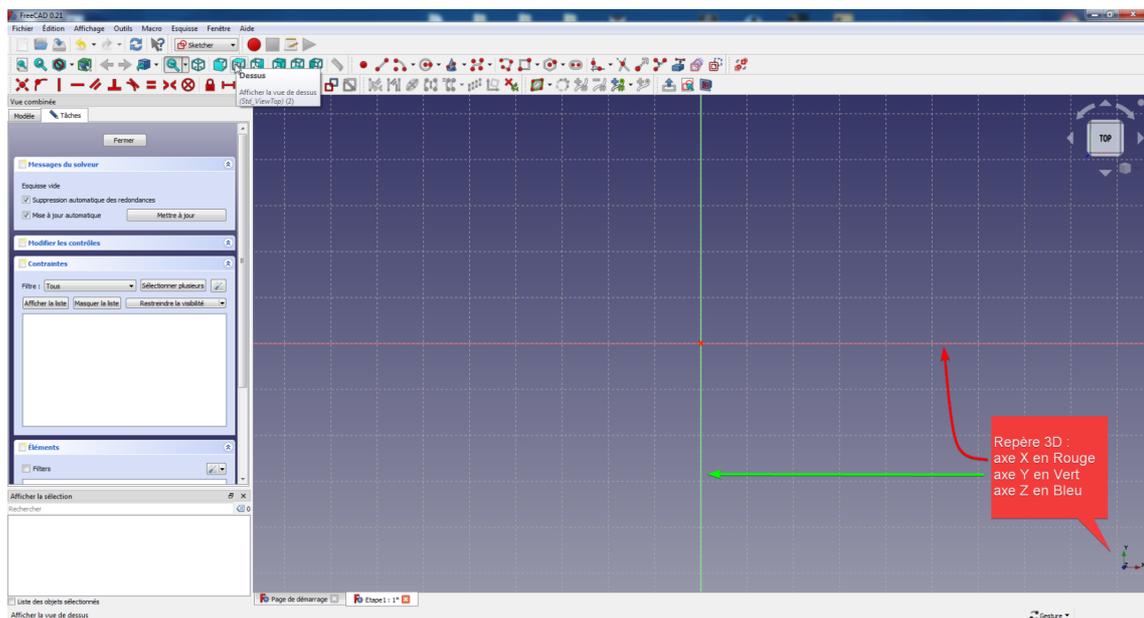
- soit dans la fenêtre **Tâches / Sélectionner une fonction**



#### 4. Atelier Sketcher - dessin de l'esquisse du rectangle

Vous êtes maintenant dans l'atelier Sketcher 

Clic dans la barre d'outils sur « Vue de dessus »  afin d'être certain que le repère soit Orthogonal<sup>[P.101]</sup>



#### Couleur des axes du repère

La couleur des axes du repère dans la vue 3D reprennent la couleur du trièdre  en bas à droite :

- o X = **ROUGE**
- o Y = **VERT**
- o Z = **BLEU**

 Barre d'outils Sketcher que nous utiliserons

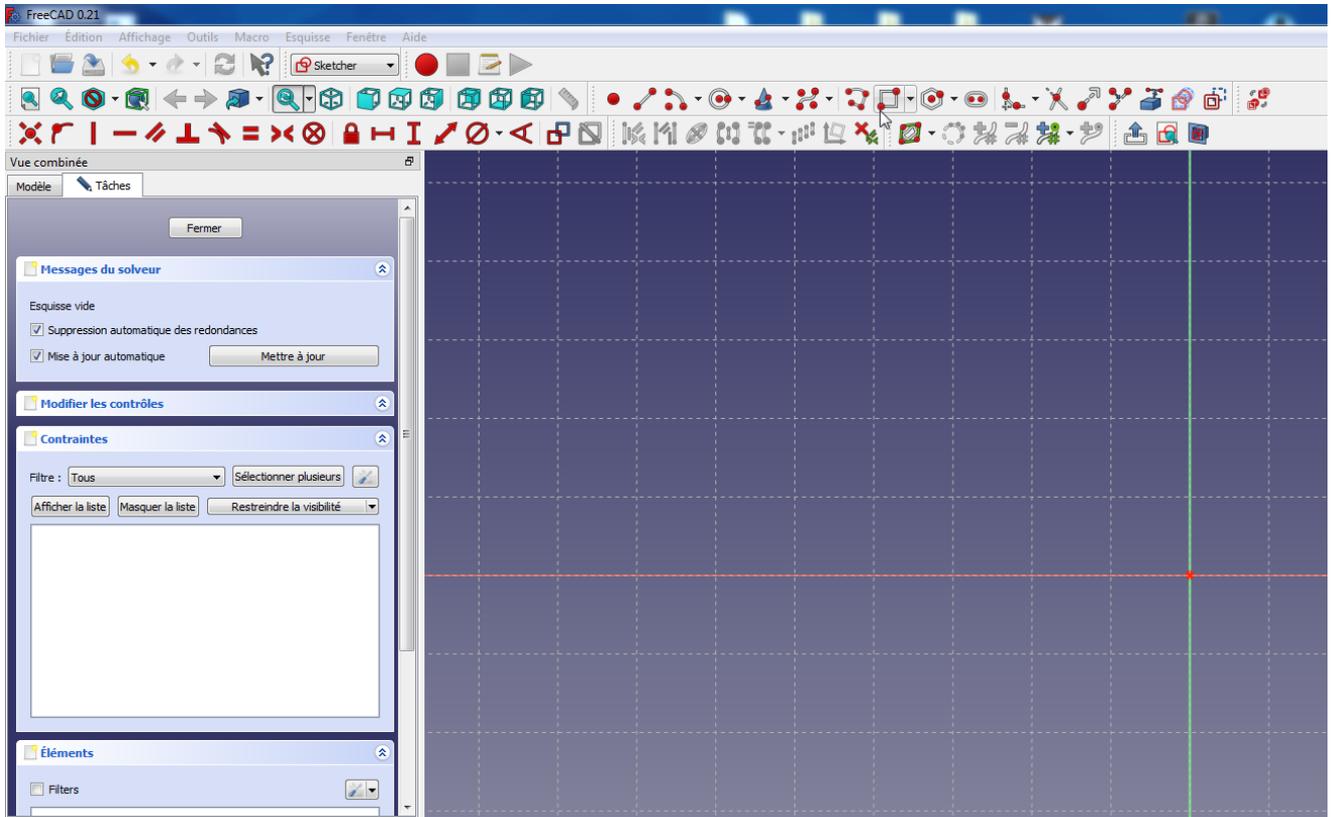
Barre outils de géométrie d'esquisse



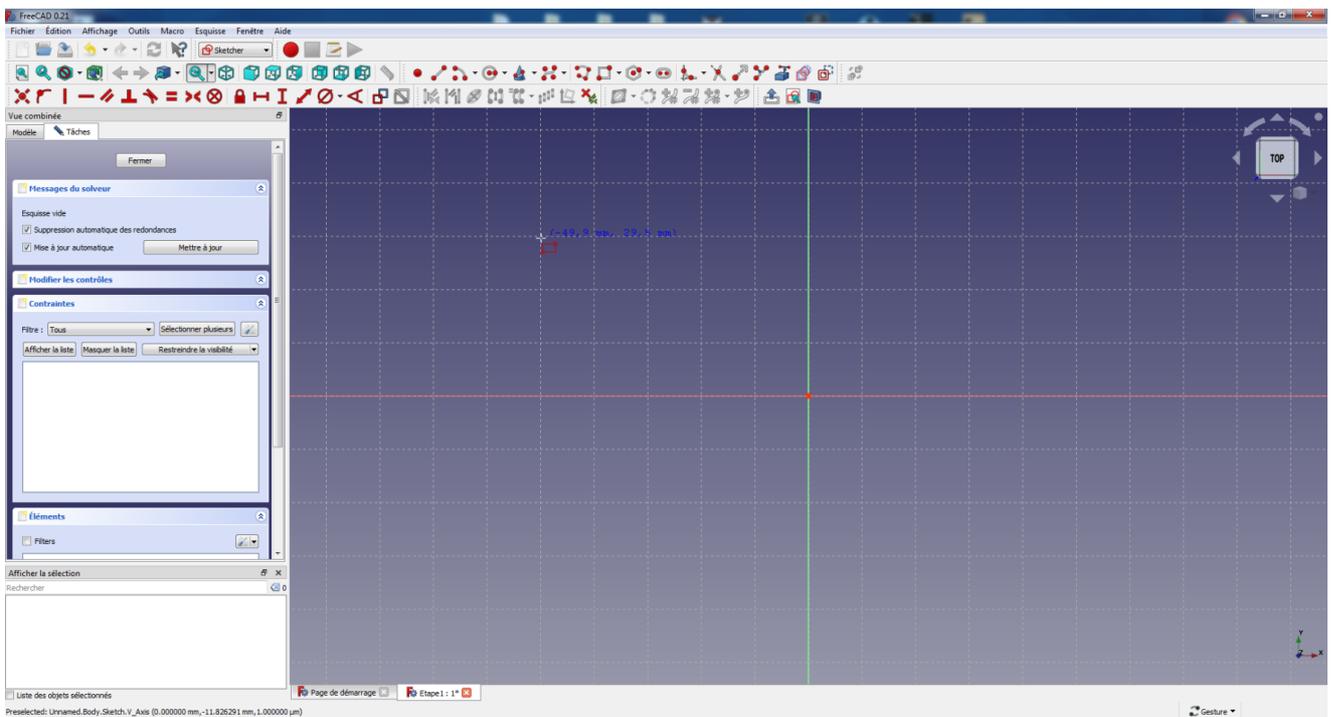
Barre outils de contraintes d'esquisse



Sélection de l'icône « Créer des rectangles » 

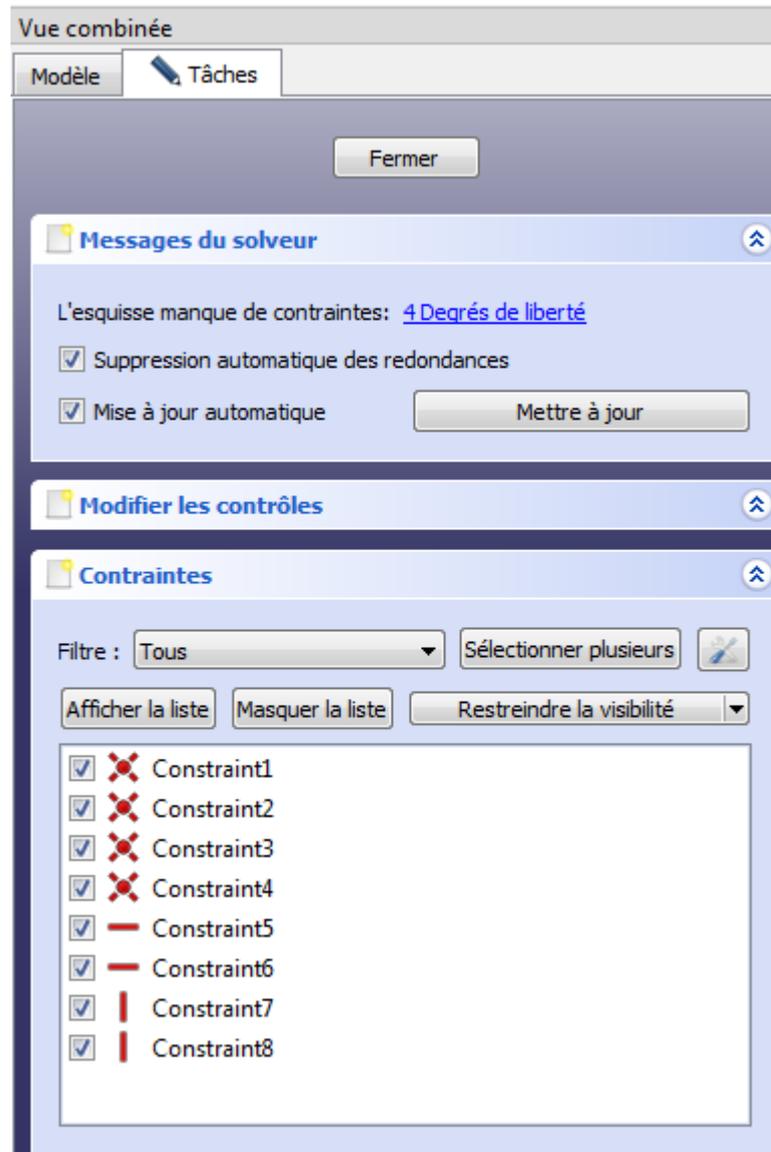


Clic Gauche dans la vue 3D où vous le souhaitez



Puis déplacer la souris à la position diamétralement opposée, votre rectangle se dessine





## Définition de l'Esquisse Contrainte sous

La méthode traditionnelle de la DAO<sup>[p.101]</sup> hérite de la technique de la planche à dessin. Des vues orthogonales sont dessinées manuellement afin de produire des dessins techniques (aussi appelés plans).

Les éléments sont dessinés précisément à leur taille réelle (ou à l'échelle). Si vous voulez dessiner une ligne horizontale de 100 mm de longueur débutant aux coordonnées (0,0), il faut activer l'outil ligne, cliquer à l'écran ou saisir au clavier les coordonnées du premier point, puis faire un second clic ou saisir les coordonnées du second point, soit (0,100). Ou encore, vous pouvez dessiner la ligne sans vous soucier de sa position, pour la déplacer ensuite. Lorsque vous avez terminé votre dessin, vous ajoutez les cotes.

Le Sketcher  s'éloigne de cette logique. Les objets n'ont pas à être dessinés aux dimensions exactes que vous planifiez, puisqu'ils seront définis ultérieurement par des contraintes.

Ils peuvent être dessinés librement, et tant qu'ils ne sont pas contraints, ils peuvent être manipulés et modifiés. Ces objets en quelque sorte flottent et peuvent être déplacés, étirés, pivotés, redimensionnés, etc. Ceci permet une très grande souplesse au processus de conception.

## Degré de liberté

Les contraintes sont utilisées pour limiter les degrés de liberté d'un objet. Par exemple, une ligne sans contrainte a 4 degrés de liberté (abréviation française "DDL" et anglaise "DOF") : elle peut être déplacée horizontalement ou verticalement, étirée, subir une rotation.

L'application d'une contrainte horizontale ou verticale, ou une contrainte d'angle (par rapport à une autre ligne ou à l'un des axes), limite la capacité de rotation, la laissant ainsi avec 3 degrés de liberté. Le verrouillage d'un de ses points par rapport à l'origine va encore supprimer 2 degrés de liberté.

Et, l'application d'une contrainte de dimension va supprimer le dernier degré de liberté. La ligne est alors considérée comme entièrement contrainte.

Il existe deux types de contraintes : géométriques et dimensionnelles.



## Génération d'une erreur dans la fenêtre de rapport

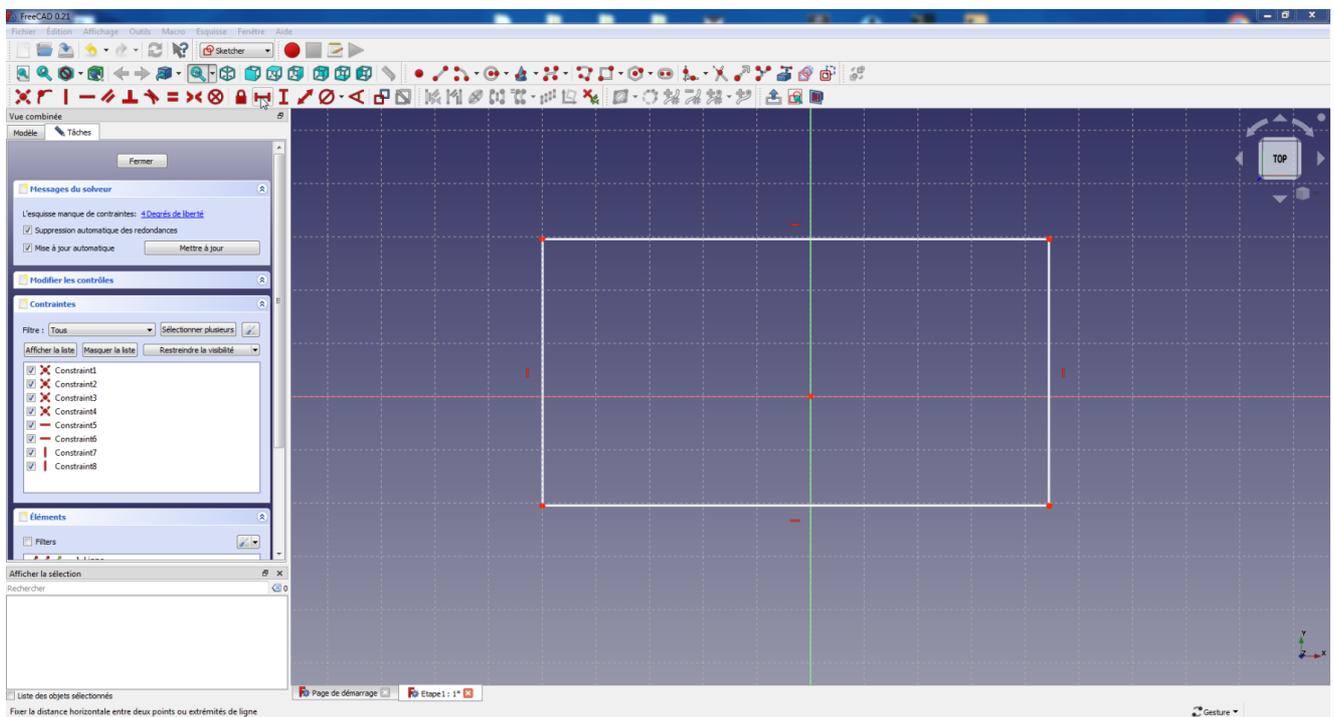
Le dessin d'une esquisse doit toujours être clos, sinon la création du solide 3D sera impossible

## 5. Atelier Sketcher - Ajout des contraintes de dimension

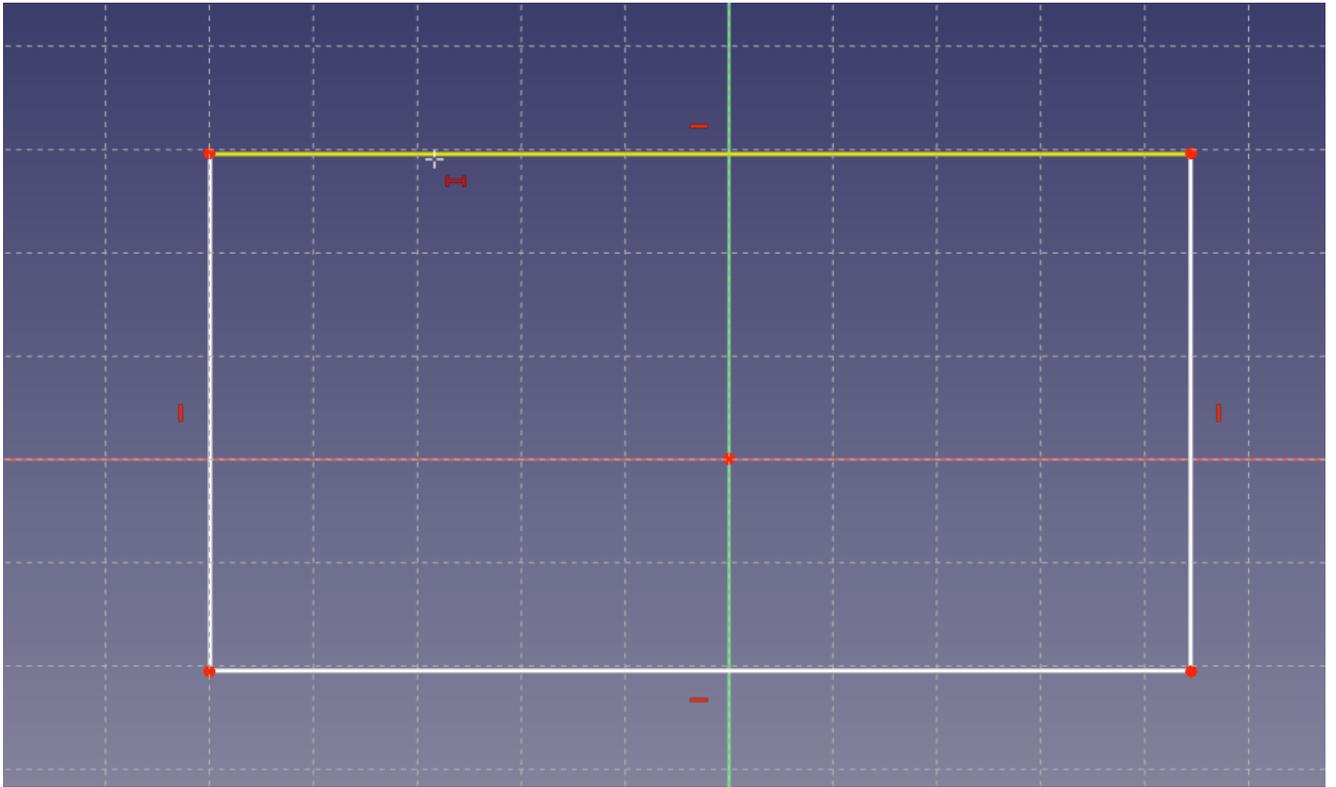
Création de la contrainte de Longueur  $L = 107 \text{ mm}$

Notre rectangle est partiellement contraint, il reste 4 DDL.

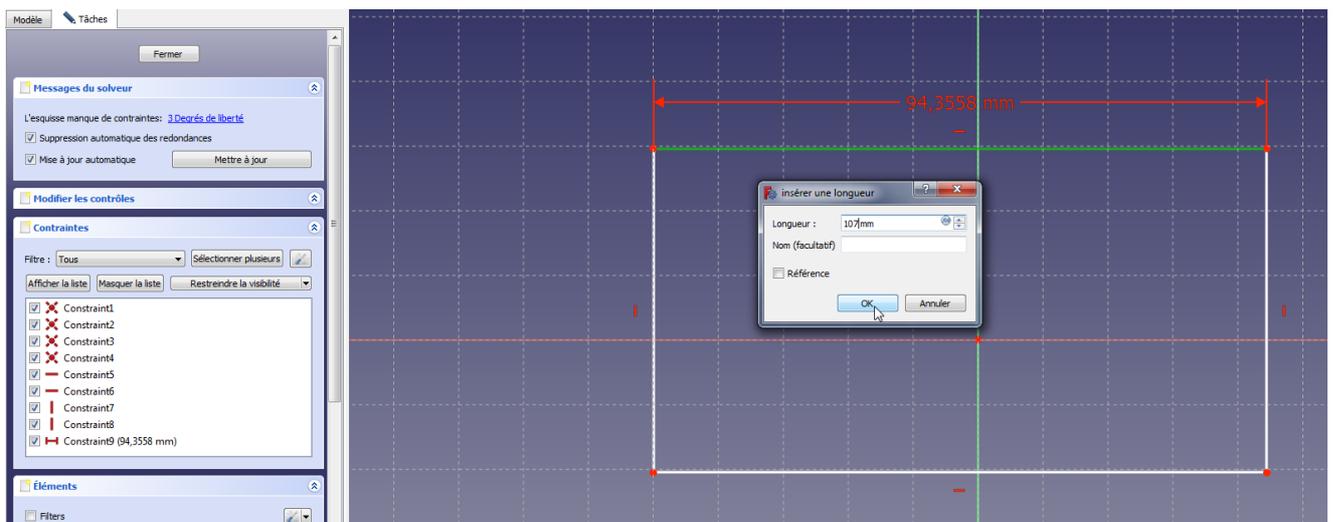
Sélection de l'icône  contrainte de distance horizontale



Préparation de la sélection du segment de droite horizontal



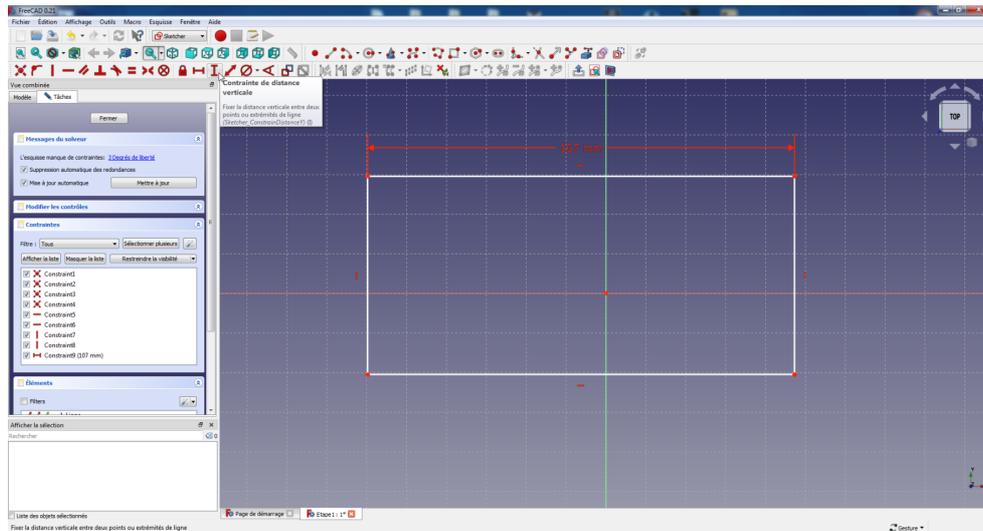
Clic Gauche sur le segment en jaune, il passe en vert. La fenêtre d'insertion de la longueur apparaît, saisir la valeur 107 mm



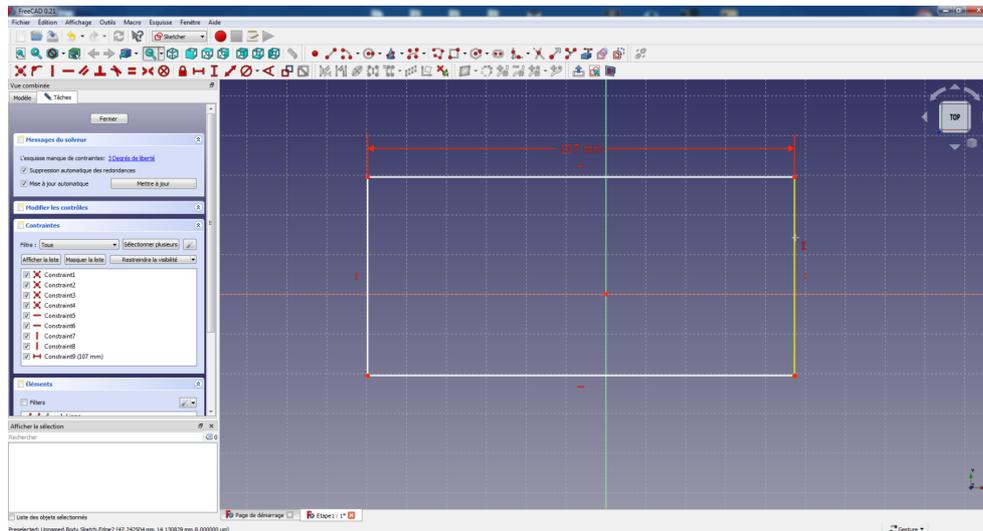
### Remarque

Dans la fenêtre du « solveur » (à gauche), vous remarquerez que le DDL est passé à 3 degrés de liberté.

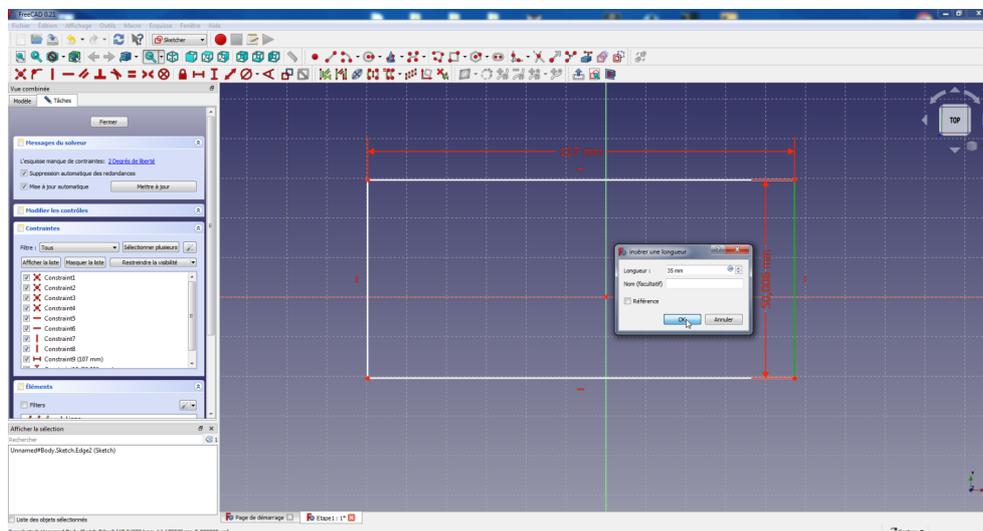
Création de la contrainte de Largeur  $l = 35$  mm  
 Notre rectangle est partiellement contraint, il reste 3 DDL.  
 Sélection de l'icône  contrainte de distance verticale



Préparation de la sélection du segment de droite vertical



Clic Gauche sur le segment en jaune, il passe en vert. La fenêtre d'insertion de la longueur du segment apparaît, saisir la valeur 35 mm





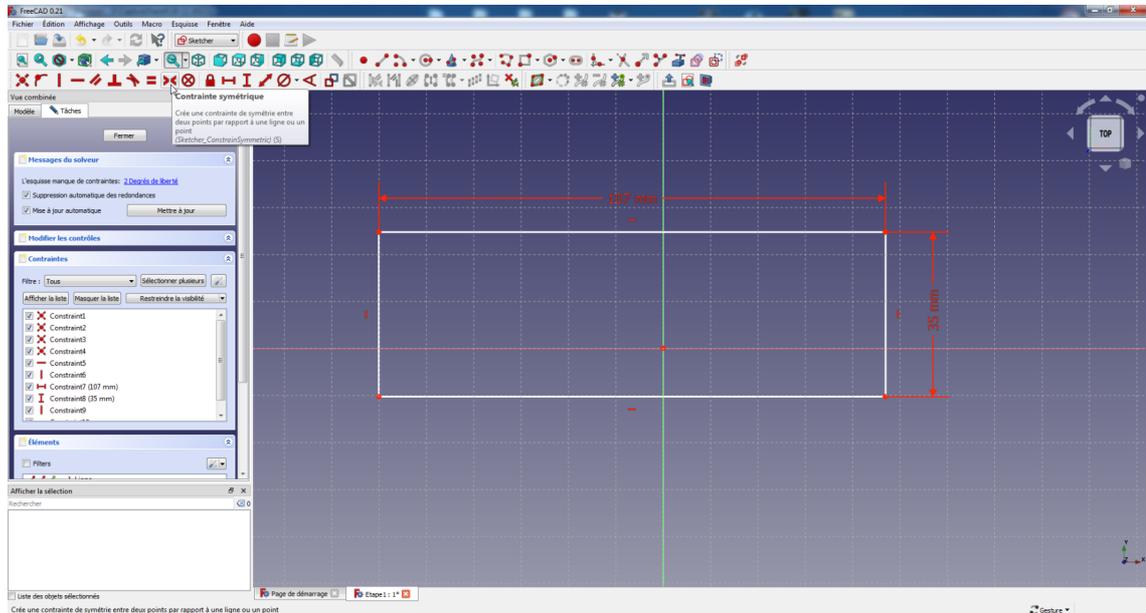
## Remarque

Dans la fenêtre du « solveur » (à gauche), vous remarquerez que le DDL est passé à 2 degrés de liberté.

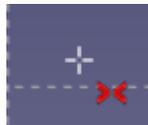
## 6. Atelier Sketcher - Ajout de contraintes de symétrie

Création de la contrainte de symétrie par rapport à l'axe X

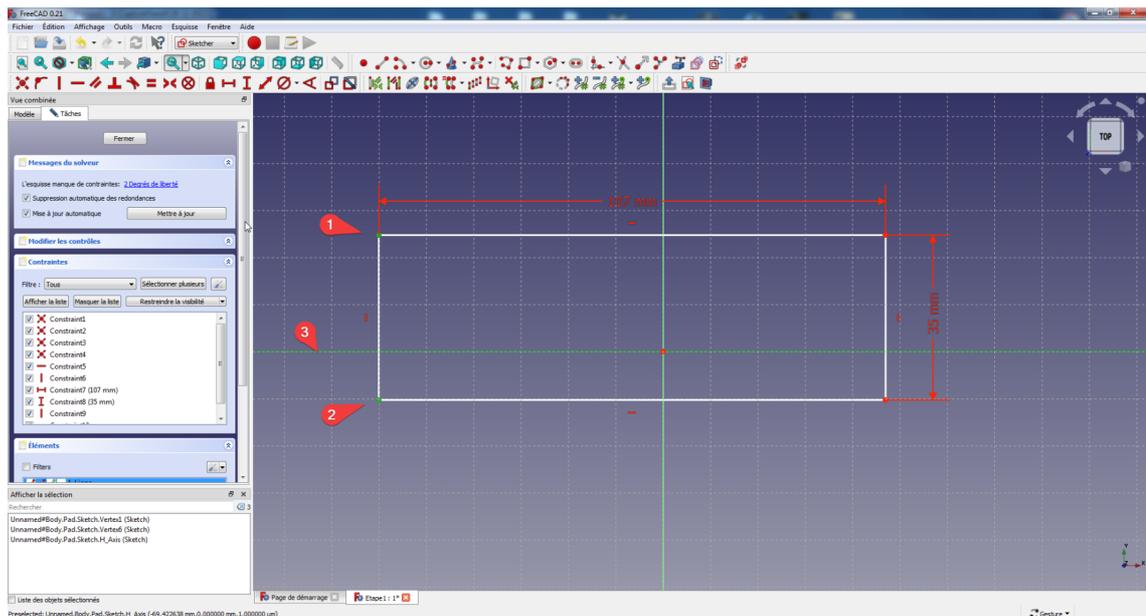
Clic gauche sur l'icone  contrainte symétrique



Le pointeur de la souris prend l'aspect suivant :



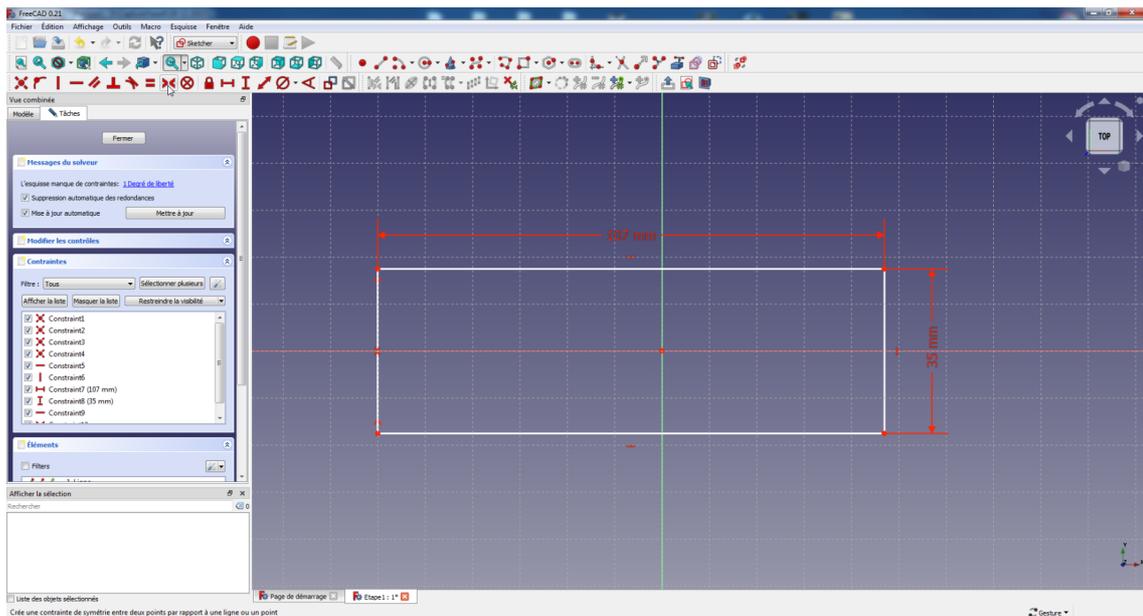
### 1 Clic gauche pour sélectionner le point



### 2 Clic gauche pour sélectionner le point

### 3 Clic gauche pour sélectionner l'axe X

Le rectangle est maintenant centré sur l'axe X



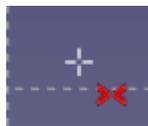
### Remarque

Dans la fenêtre du « solveur » (à gauche), vous remarquerez que le DDL est passé à 1 degré de liberté.

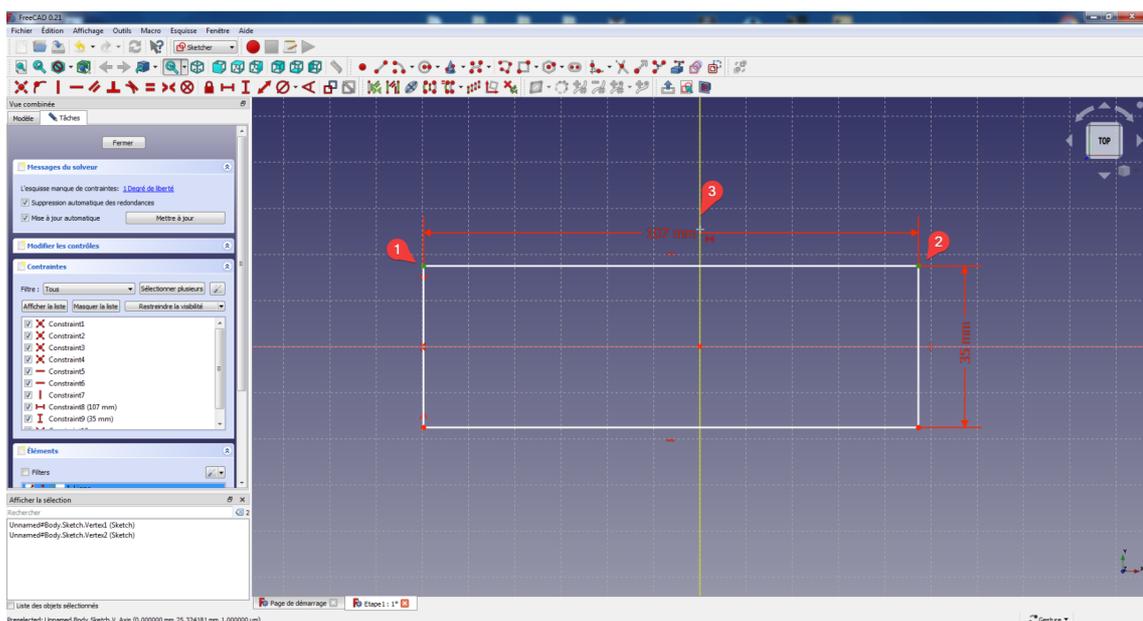
Création de la contrainte de symétrie par rapport à l'axe Y

Clic gauche sur l'icone  contrainte symétrique

Le pointeur de la souris prend l'aspect suivant :



### 1 Clic gauche pour sélectionner le point

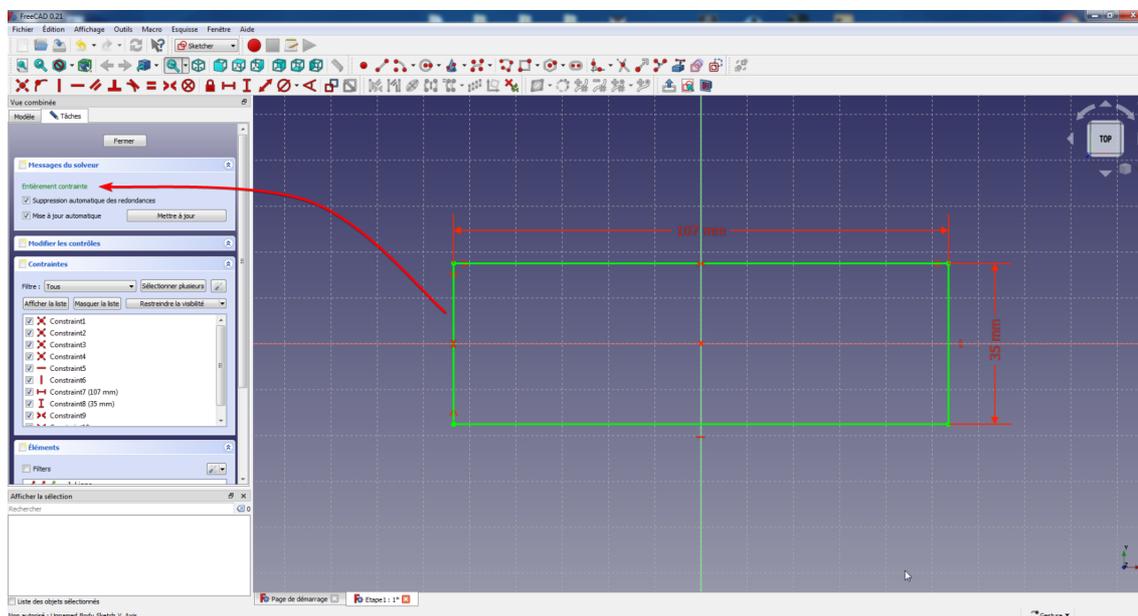


2 Clic gauche pour sélectionner le point

3 Clic gauche pour sélectionner l'axe X

Le rectangle est maintenant centré sur l'axe Y

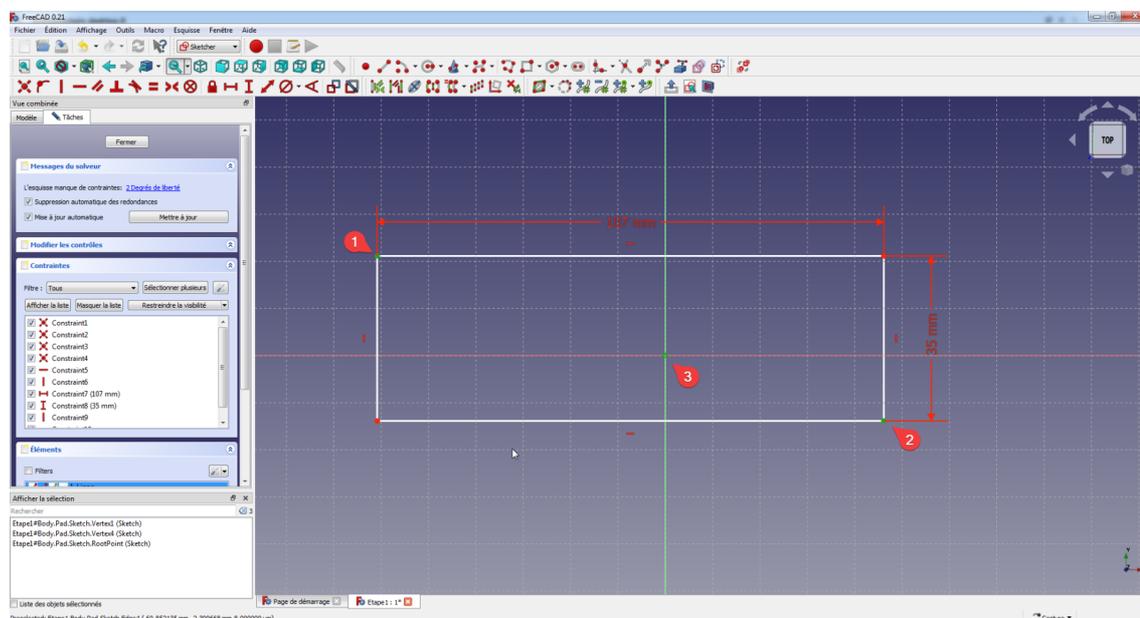
Le rectangle est maintenant de couleur verte « Fluo » signifiant que l'esquisse est totalement contrainte



Autre méthode pour réaliser la contrainte de symétrie

Avec  il existe souvent plusieurs méthodes pour obtenir un même résultat.

Aussi dans notre cas, il est possible d'appliquer la symétrie par rapport au centre du repère orthogonale.



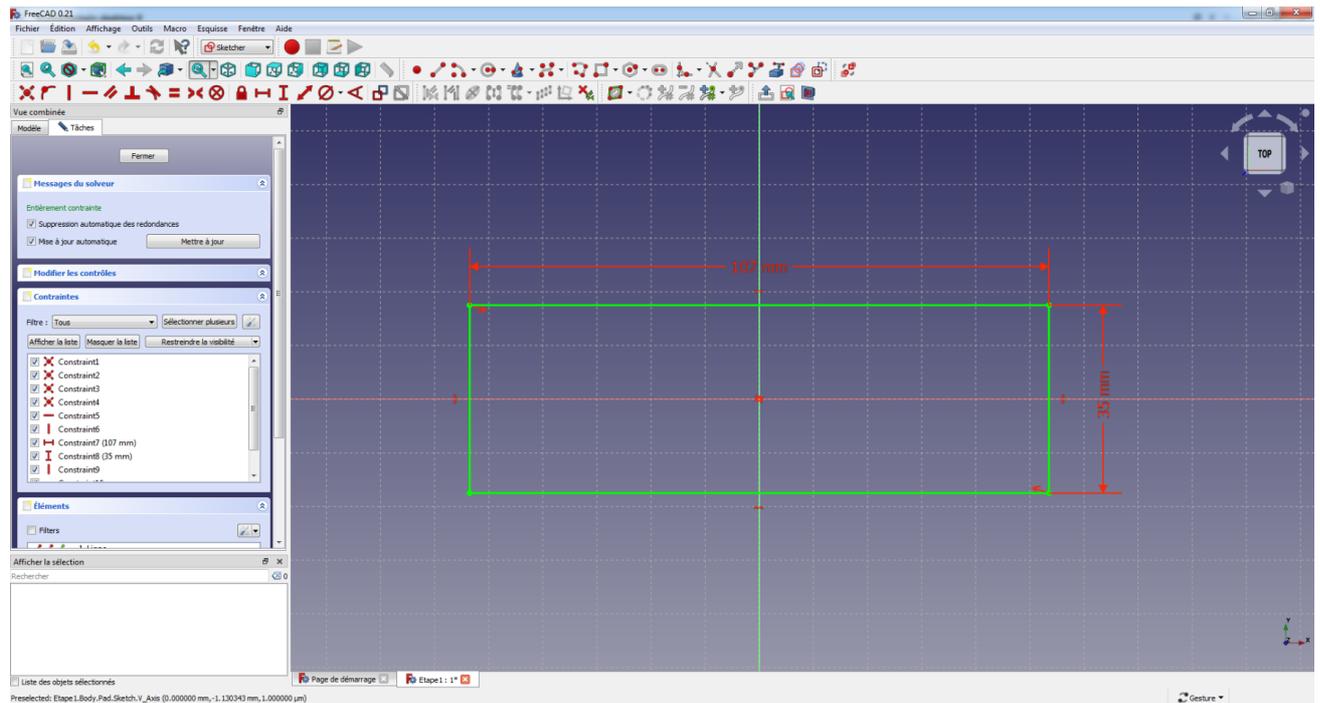
1 Clic gauche pour sélectionner le point

2 Clic gauche pour sélectionner le point

3 Clic gauche pour sélectionner le centre du repère XY

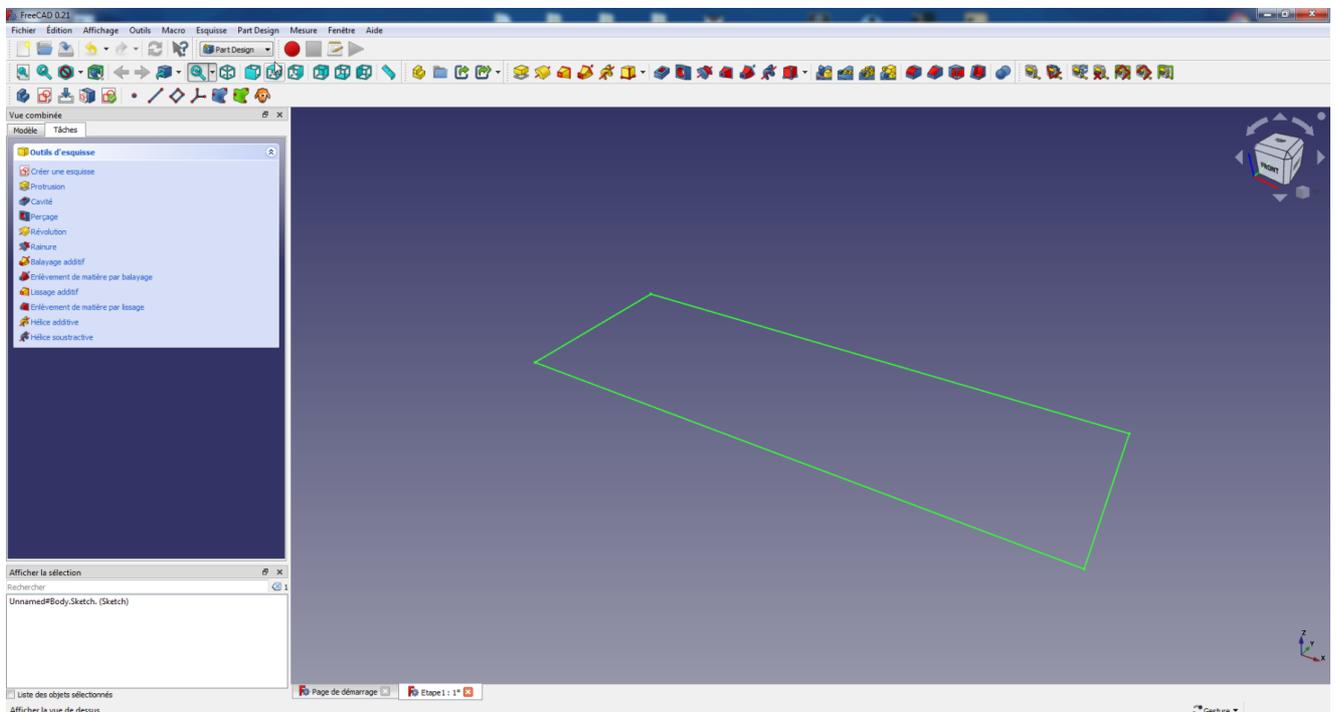
Clic sur l'icône de symétrie 

La contrainte de symétrie est maintenant appliquée, le rectangle est centré sur le centre du repère.



Fermer la fenêtre Esquisse  soit par le bouton  ou l'icone 

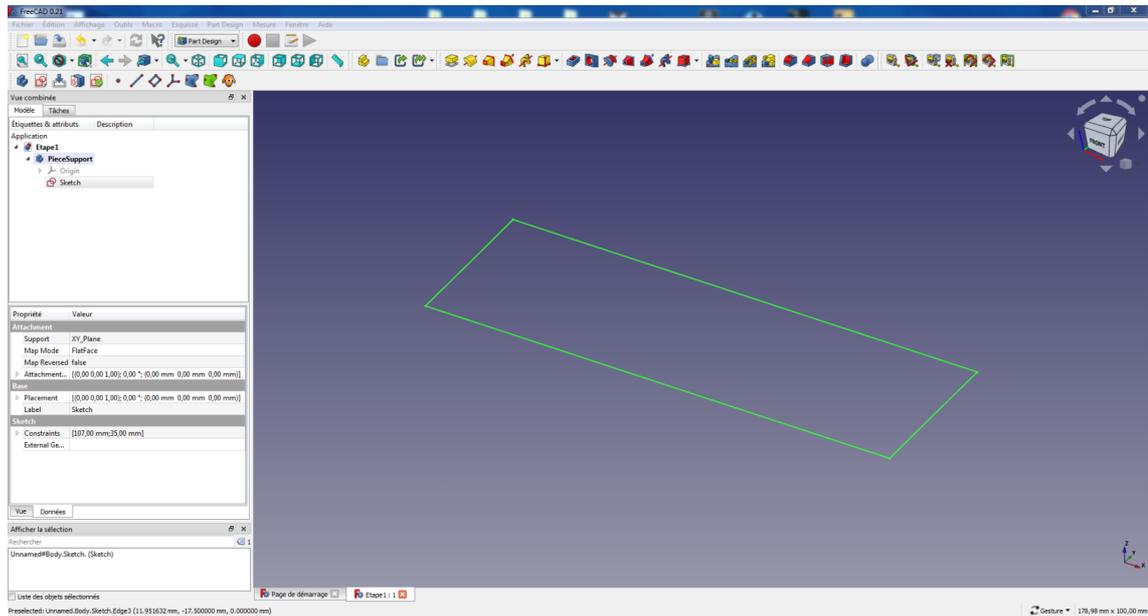
De nouveau dans l'atelier , vous pouvez admirer votre en esquisse en perspective soit à l'aide des icônes de vues orthogonale  soit avec votre souris, clic gauche maintenu+déplacement de la souris



## 7. Atelier PartDesign - Création du solide

### Utilisation de l'Esquisse pour créer le solide

Sélectionner l'esquisse dans l'arborescence de la vue combinée/Modèle

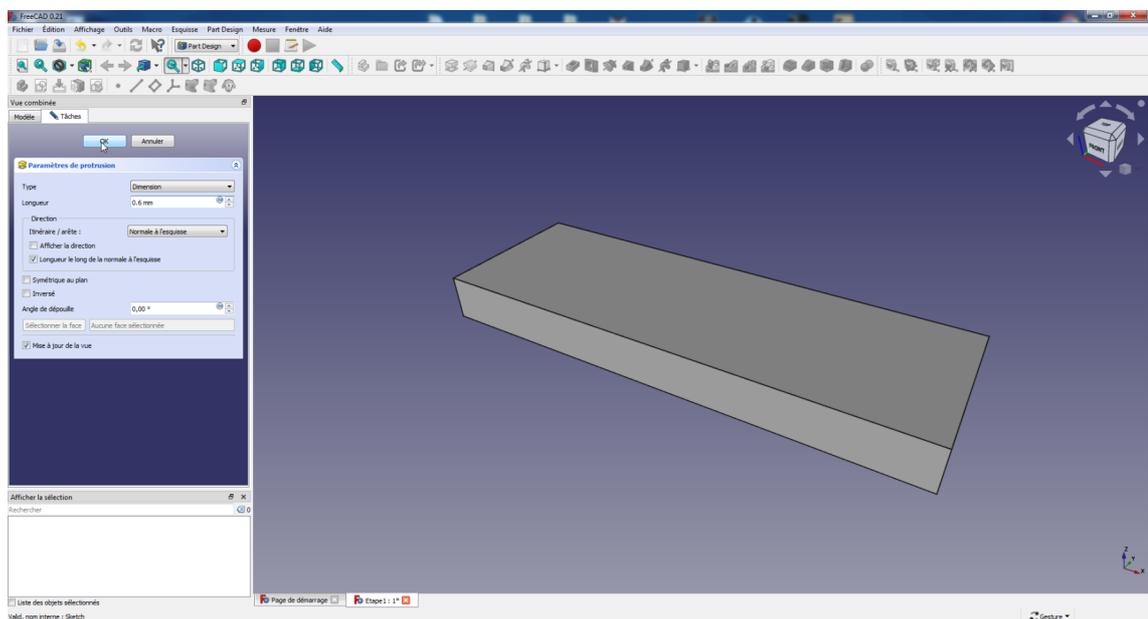


Barre outils de modélisation

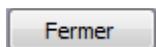


Clic sur l'icone  de la barre d'outils de modélisation

Une fenêtre de paramétrage s'ouvre :



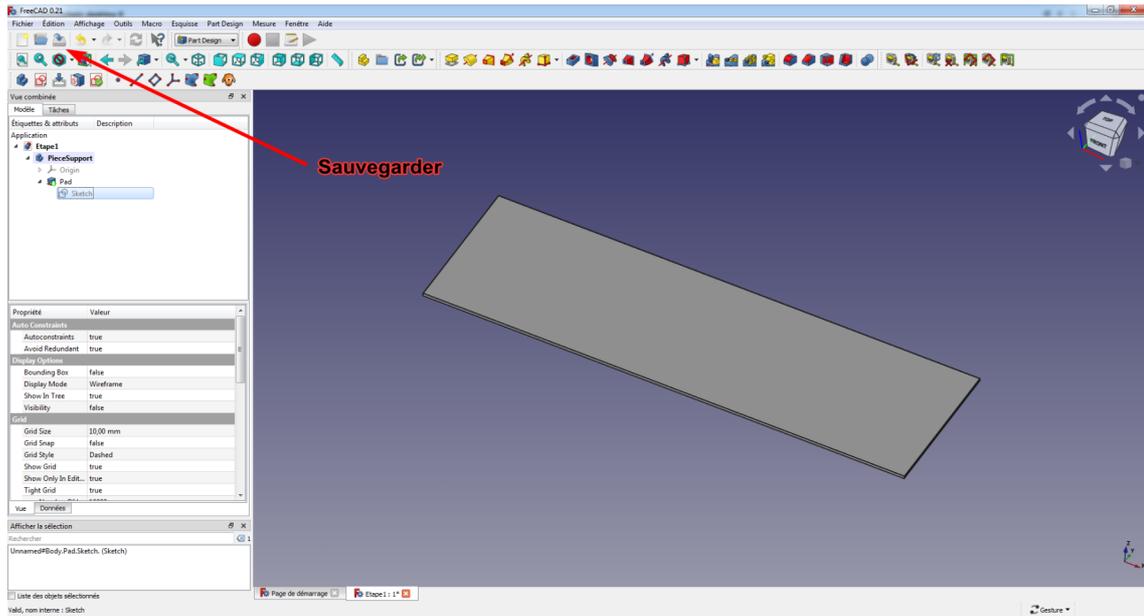
Saisir l'épaisseur = 0,6 mm



, le solide apparaît dans la vue 3D selon notre paramétrage d'épaisseur.

l'arborescence du corps a changé. Un Pad , dépendant de l'esquisse construite, est apparu. Il symbolise la pièce en 3D.

Visualiser votre corps en utilisant votre souris ou en utilisant les icônes de vue (comme indiqué plus haut)



Sauvegarder 



Truc & astuce

CTRL+Z permet d'annuler la dernière opération

Résultat

Vous venez de réaliser votre première pièce en 3D

## 3. Etape 2 - Modification de la pièce support

### Procédure Pas à Pas

A l'issue de cette étape, vous serez capable :

- de créer un corps  en 3D
- de changer l'aspect de ce corps en apportant des modifications à l'esquisse 
- de créer des congés  sur le corps  en 3D

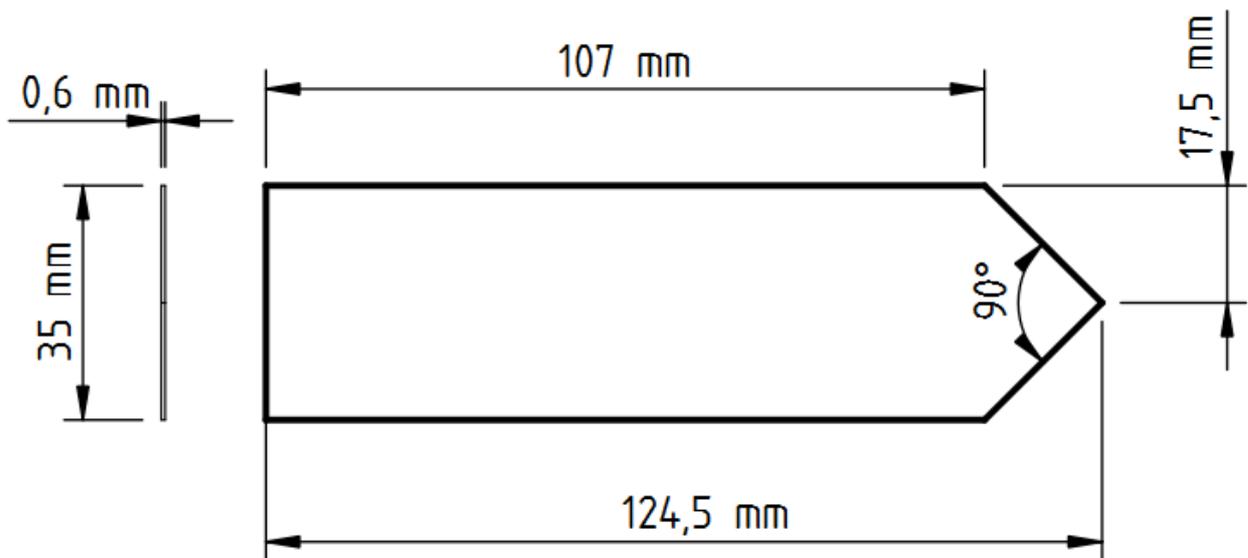
### Prérequis

Considérant l'étape 1 comme acquise, créer un nouveau document , l'enregistrer  sous Etape2. Redessiner le rectangle avec une esquisse totalement contrainte.

### Procédure

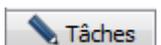
1. Atelier Sketcher  - Modification de l'esquisse

Plan de la pièce à réaliser

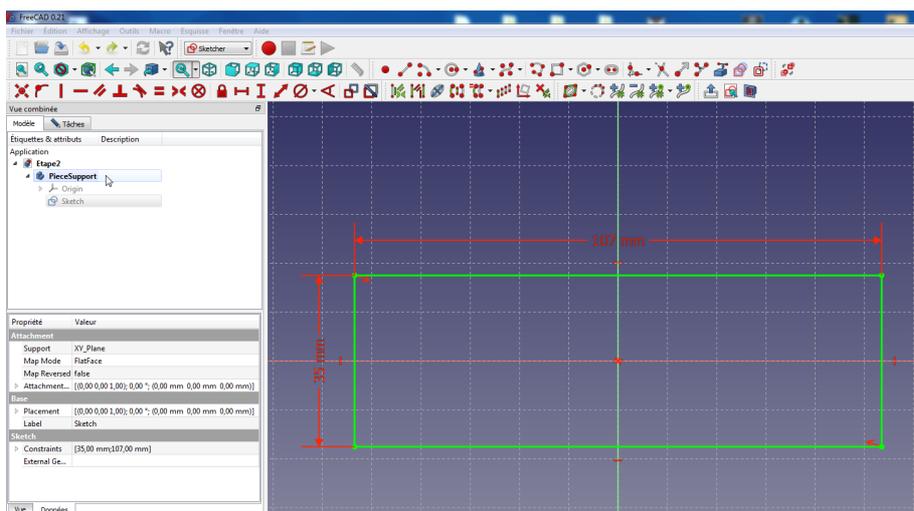
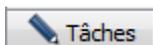


#### Onglet Tâche

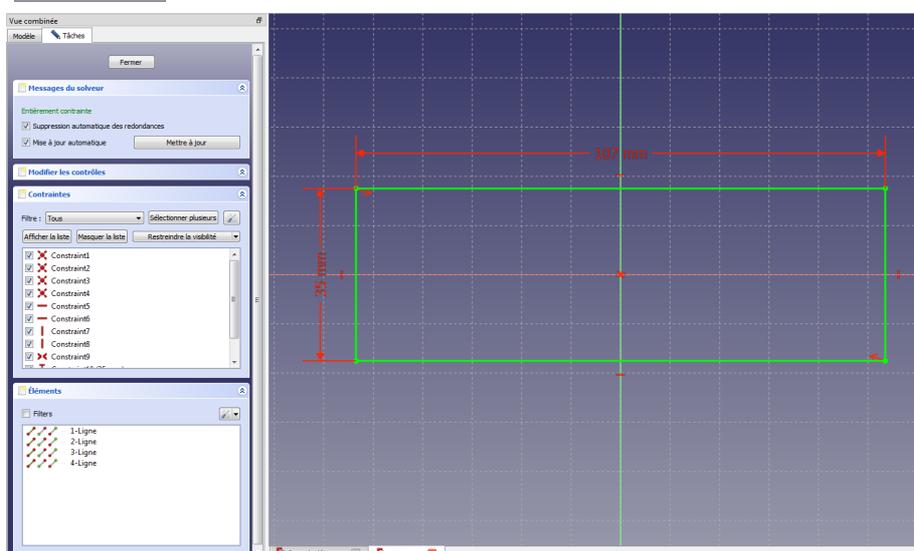
Lorsqu'une Tâche est ouverte, cela est indiqué par l'affichage d'un Crayon dans l'onglet



Partons de l'esquisse contrainte de l'étape 1, l'esquisse étant activée



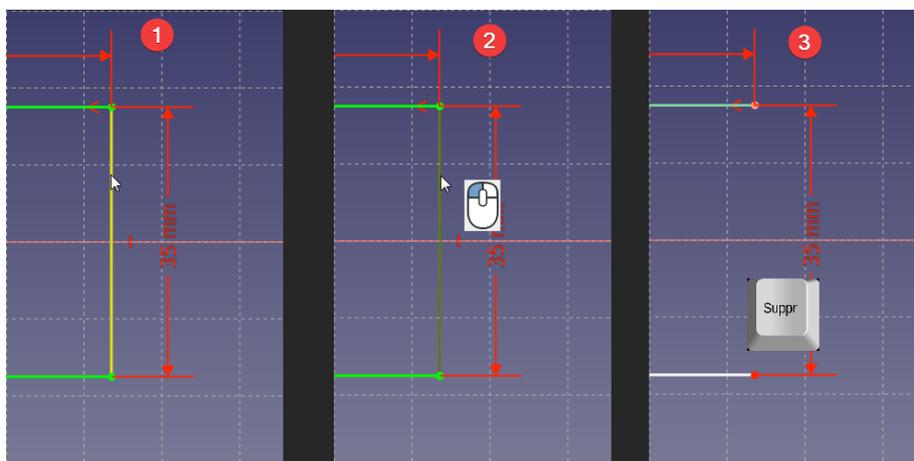
Clic sur l'onglet pour visualiser le solveur



Début de modification de l'esquisse : suppression du segment vertical droite

- 1 Survol du segment avec le curseur de la souris : la couleur du segment passe en jaune.
- 2 Clic gauche sur le segment : la couleur du segment passe en vert, il est sélectionné.
- 3 Action sur la touche **Suppr** (ou clic droit, menu contextuel, « effacer »), le segment est supprimé.

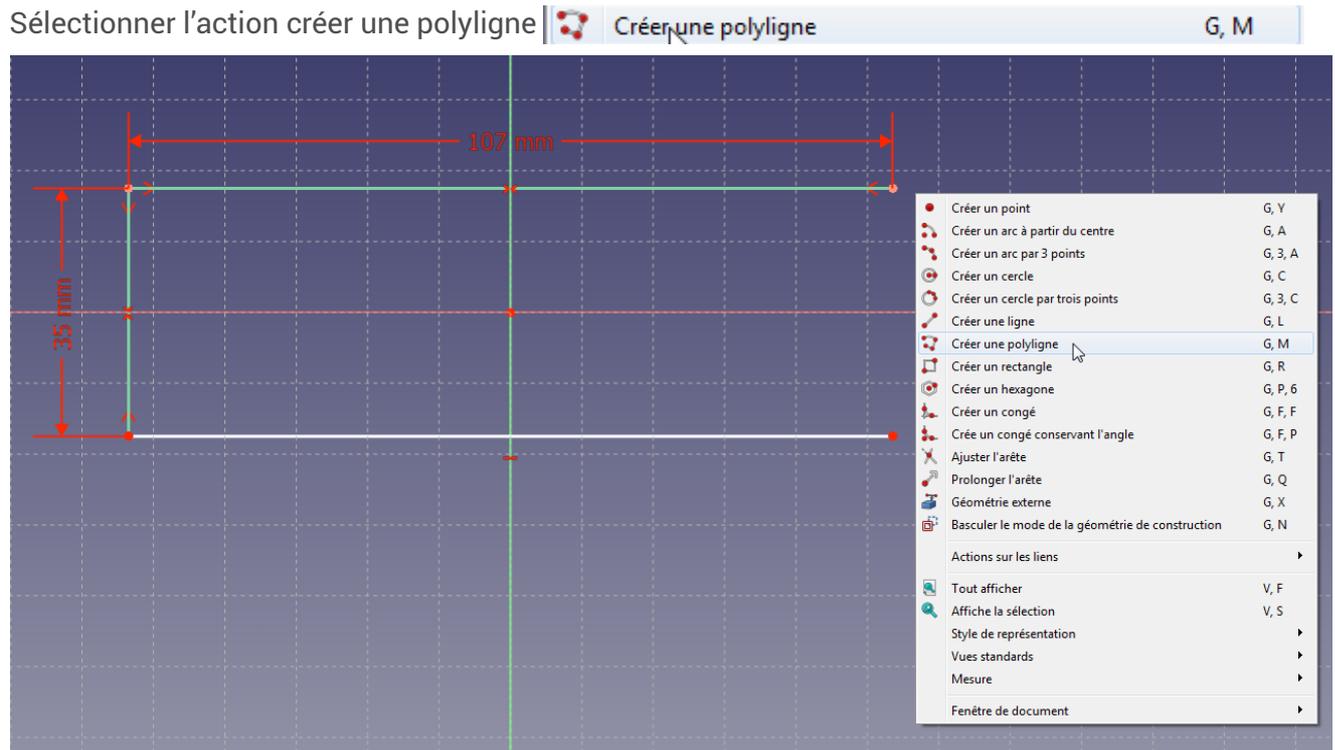
L'esquisse de la PieceSupport est maintenant ouverte : DDL = 1



Début de construction de la pointe de la PieceSupport

Clic droite, apparition du menu

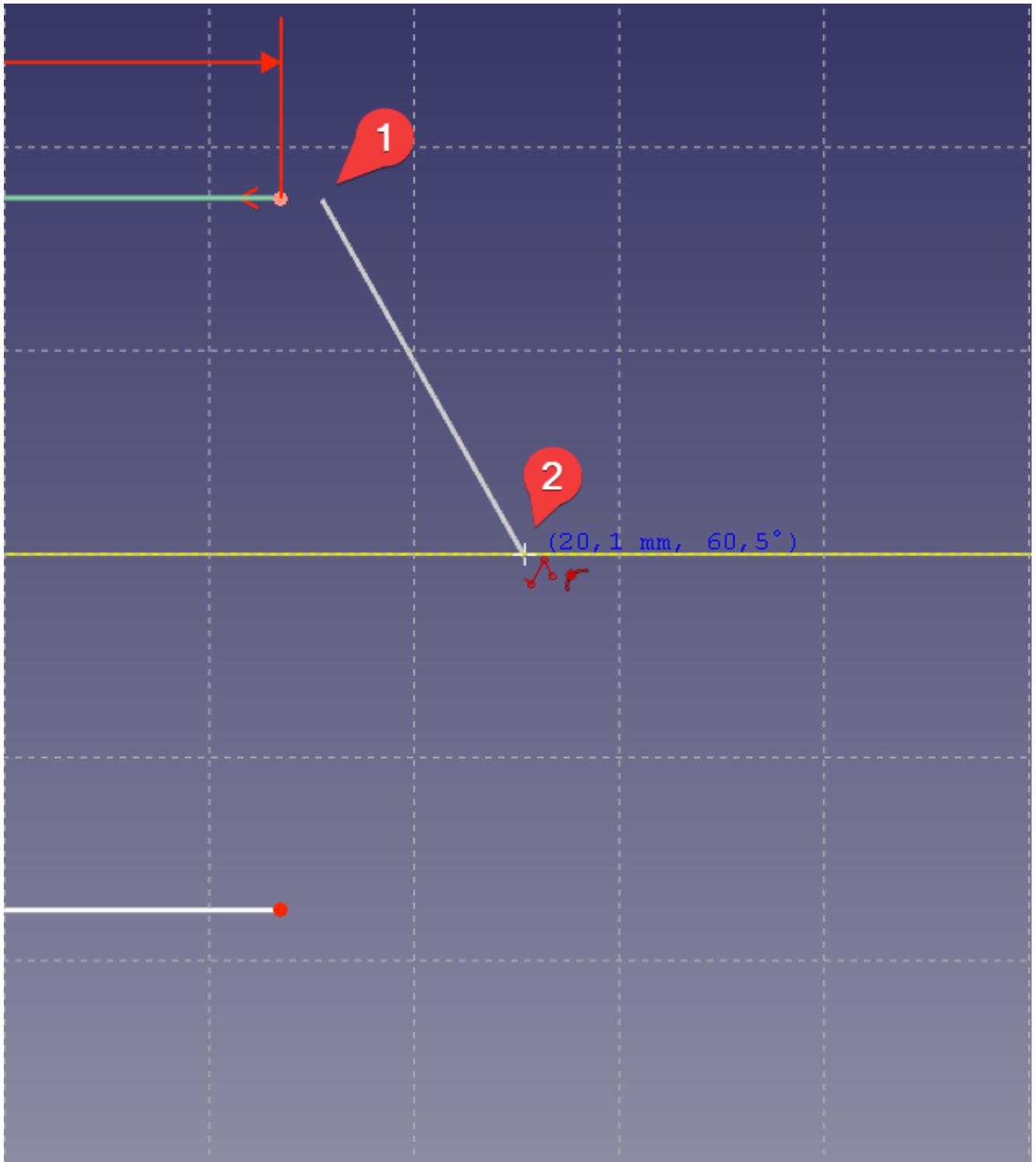
Sélectionner l'action créer une polyligne



1 Clic gauche pour « ancrer » le début du segment, puis déplacer la souris vers le point 2, le segment se dessine

2 Au survol du curseur sur l'axe X, la contrainte de point sur objet  apparaît, clic gauche pour « ancrer » le bout du segment sur l'axe X

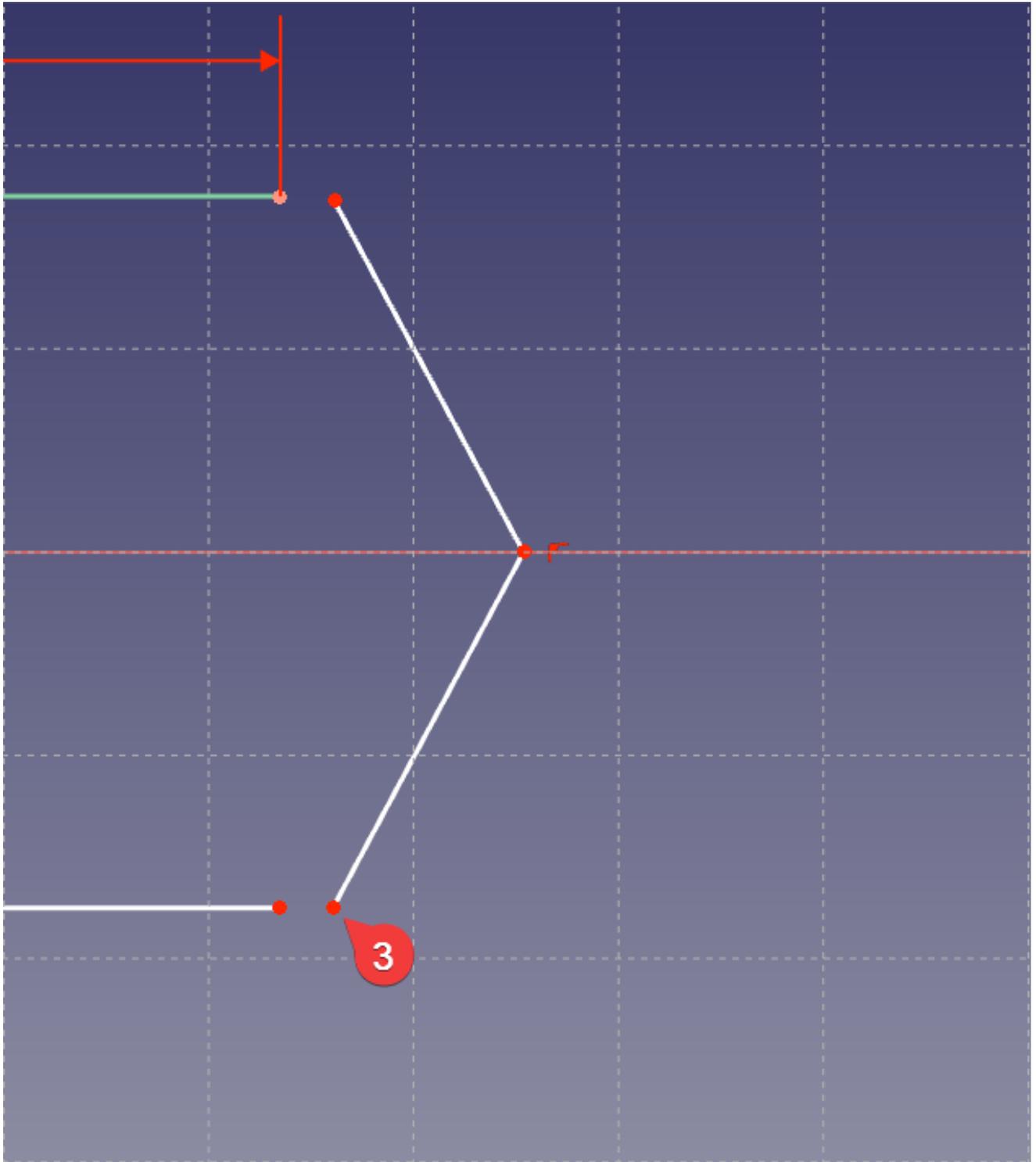
Remarquez au passage les indications de longueur du segment et d'angle avec l'axe X en bleu.



Poursuivre le dessin du deuxième segment de la pointe en déplaçant la souris

③ Clic gauche pour finir le deuxième segment, éloignez le curseur du dernier point puis clic droit pour sortir de l'outil « créer une polygone » 

DDL = 6



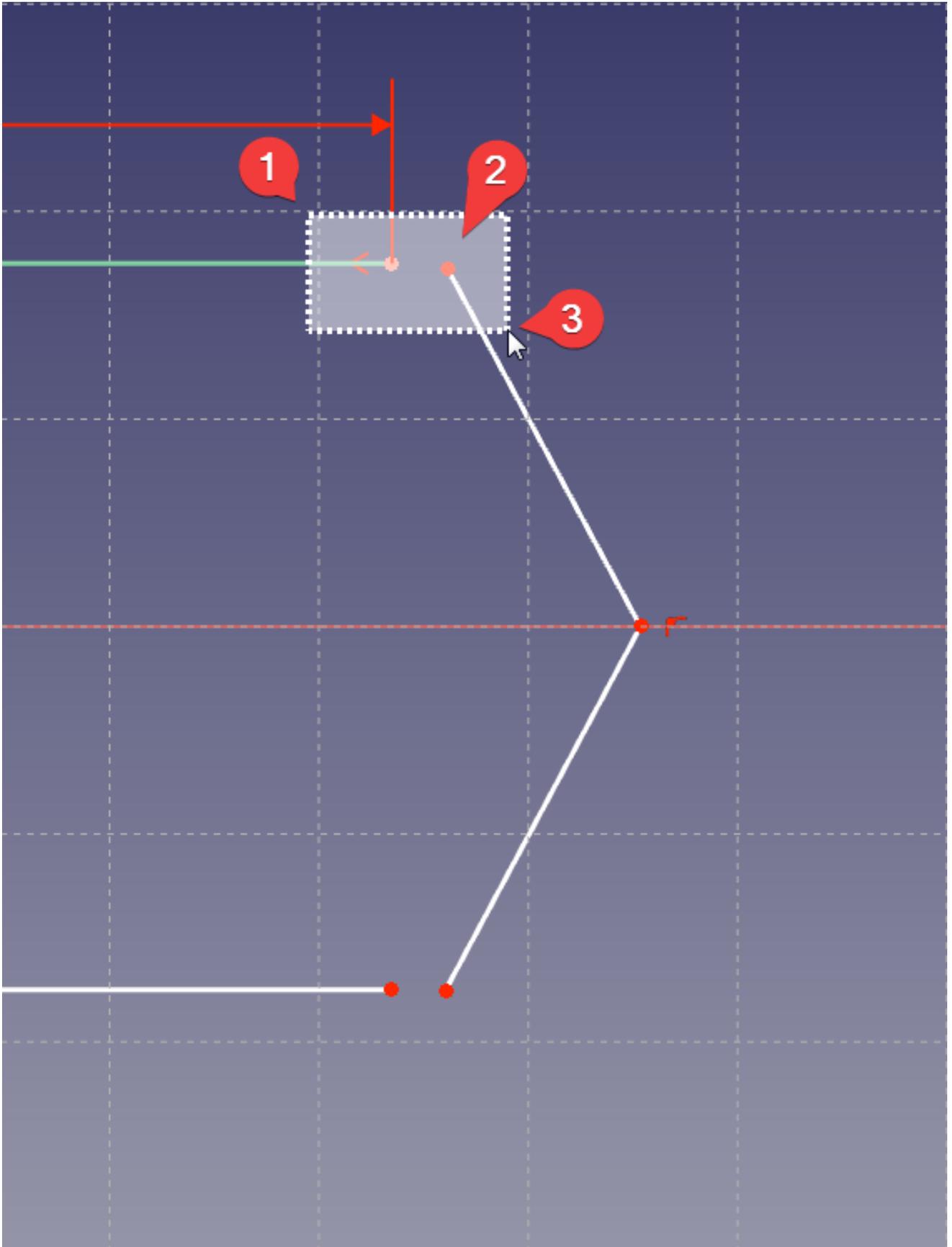
### Point Orange

Vous remarquerez qu'un point du rectangle est passé en orange. Cela vous averti que ce point est déjà contraint.

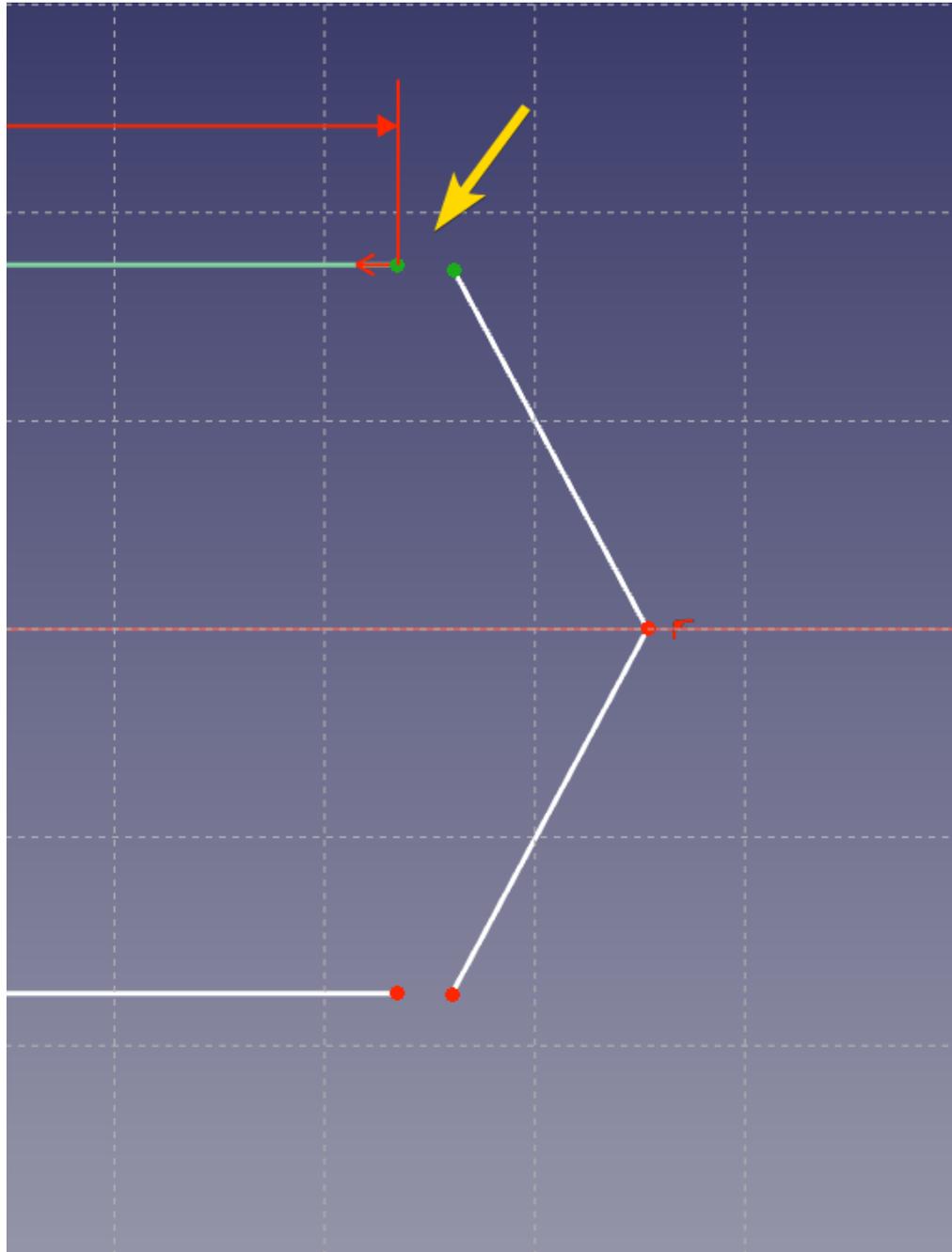
Une redondance de contrainte peut générer un rapport d'erreur.

Sélection Multiple par « Drag and Drop »

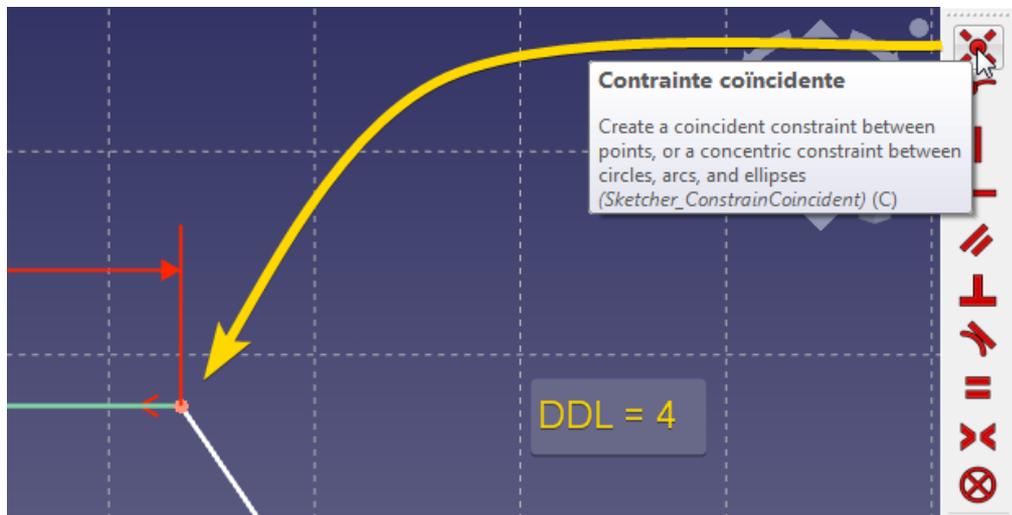
- 1 Clic gauche **maintenu**
- 2 Déplacer la souris pour sélectionner les 2 points, apparition du rectangle de sélection
- 3 Relâcher le clic gauche



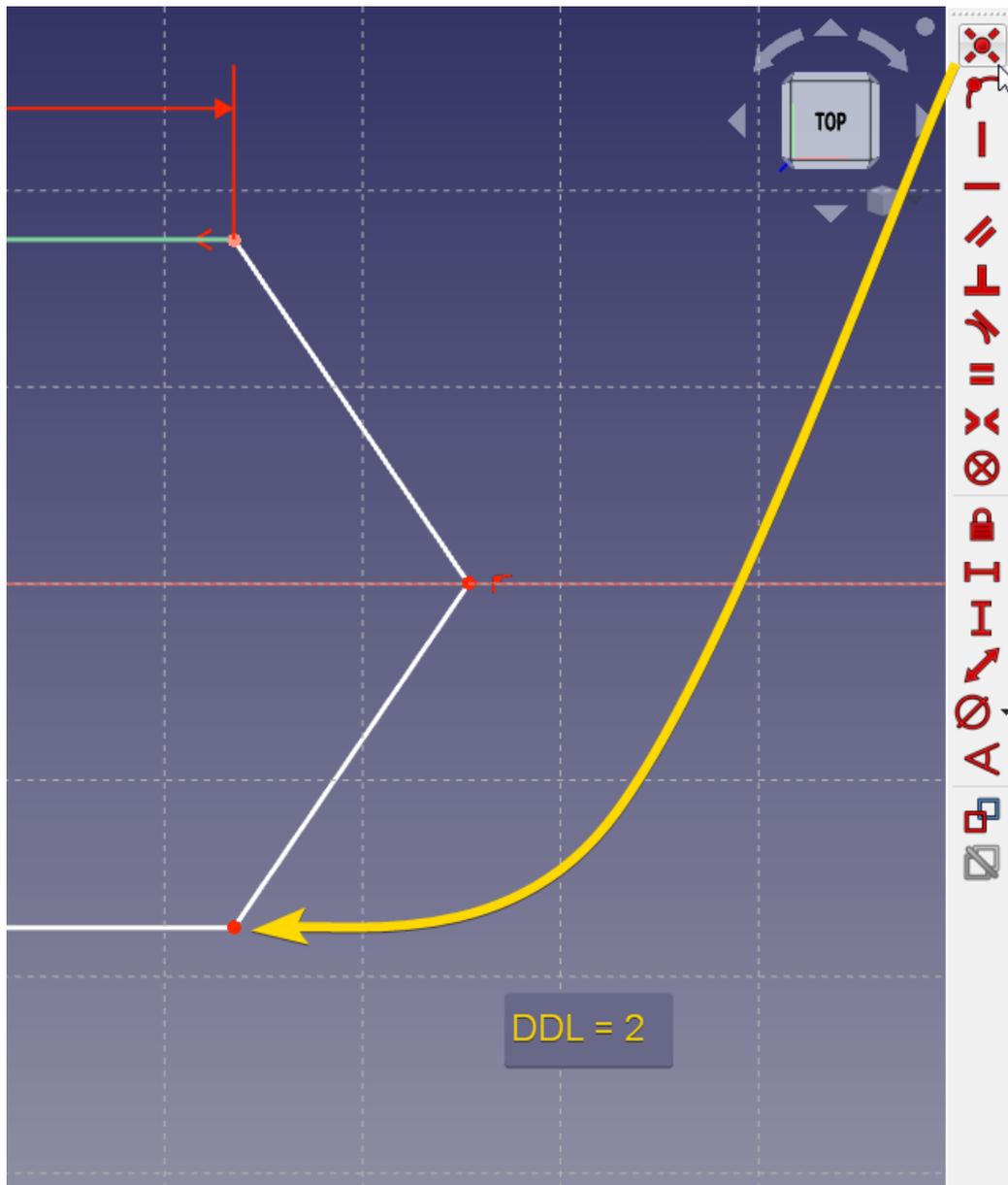
Les 2 points sont maintenant en vert, ce qui signifie qu'ils sont sélectionnés et prêts à être contraints.



Application de la contrainte de coïncidence , le DDL passe à 4

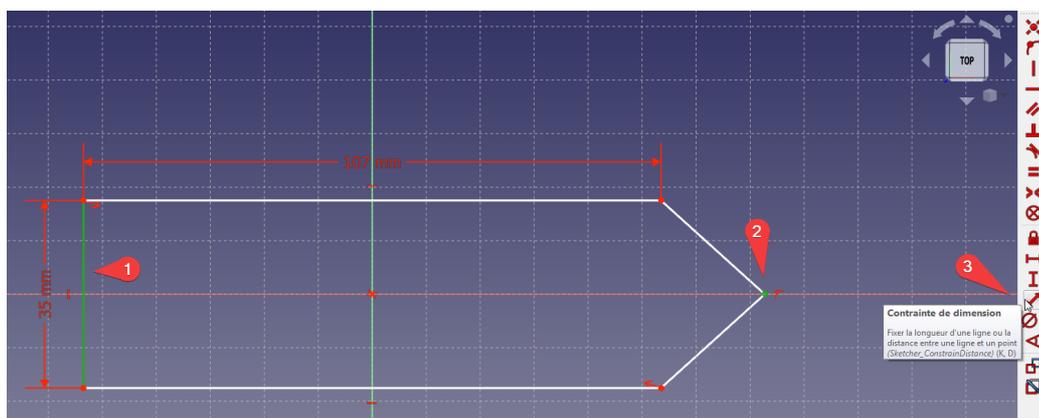


Faire de même avec le point bas, le DDL passe à 2

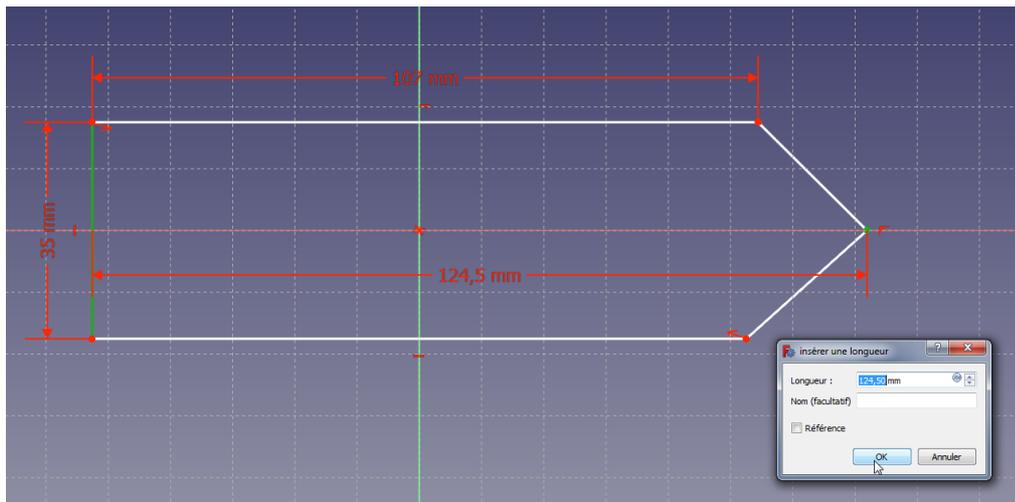


Application de la longueur du plan, cad 124.5 mm

- 1 Sélectionner le segment vertical gauche
- 2 Sélectionner le point tangent sur l'axe X
- 3 Clic sur l'icone contrainte de dimension



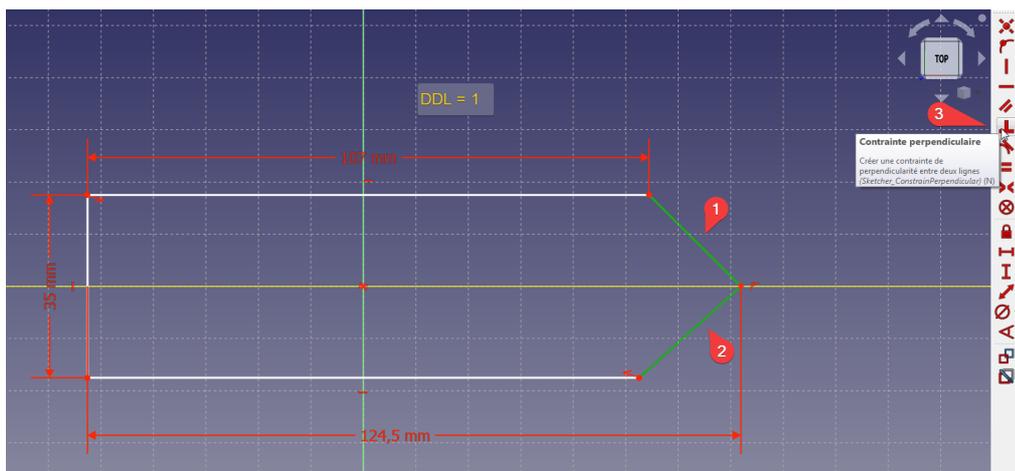
La fenêtre de saisie apparaît. saisir la longueur = 124.5 mm puis



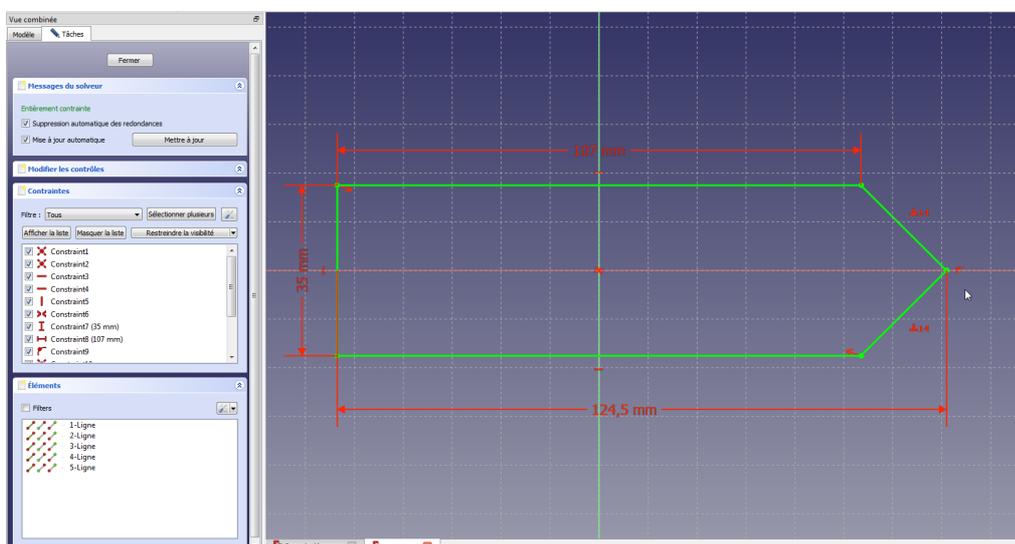
Le DDL passe à 1

Il nous reste à contraindre les deux segments rajoutés formant la pointe

- 1 Clic gauche pour sélectionner le premier segment
- 2 Clic gauche pour sélectionner le deuxième segment
- 3 Clic sur l'icone de contrainte perpendiculaire 



L'esquisse  est maintenant totalement contrainte. nous pouvons la fermer.

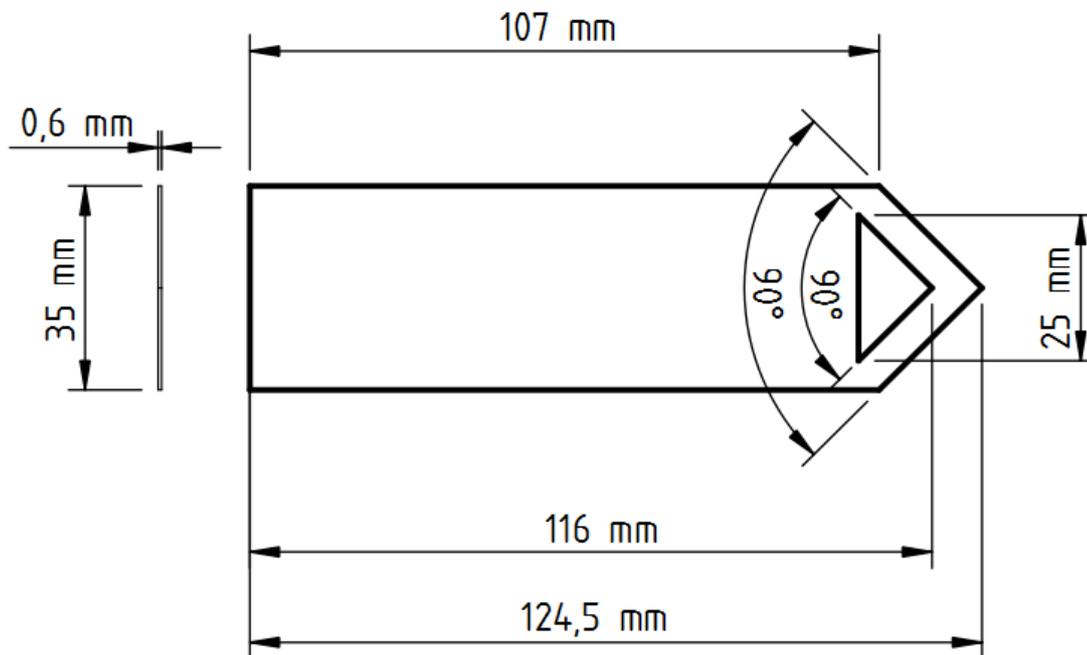


## 2. Atelier Part Design - Création du solide 3D

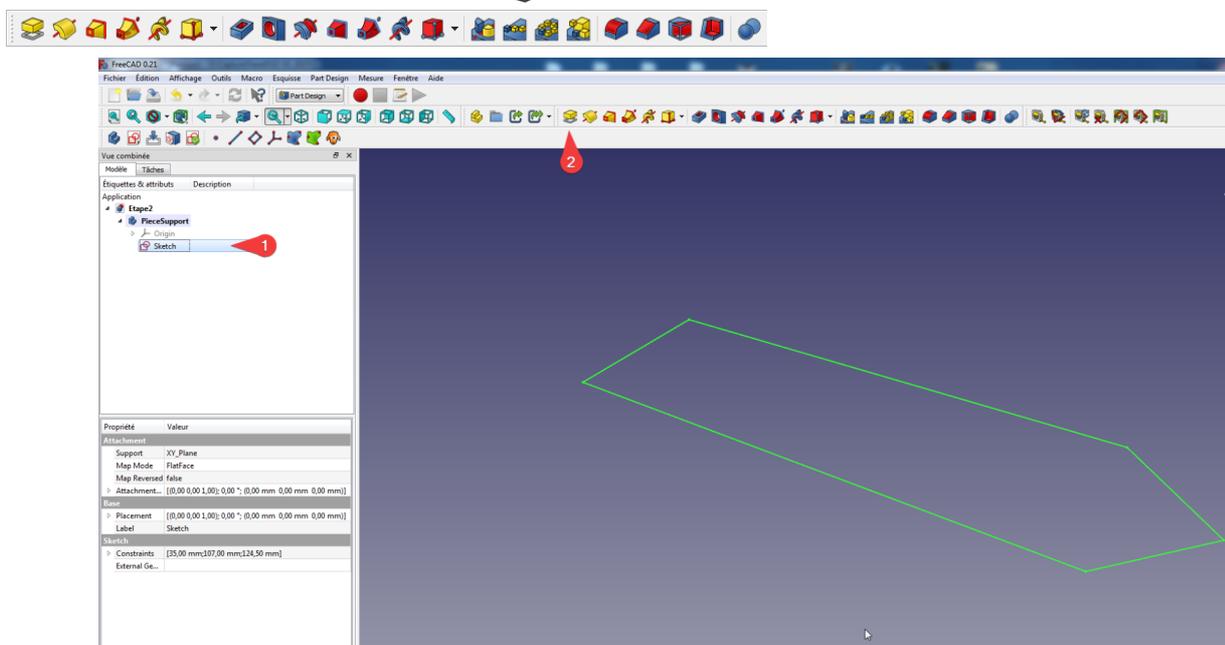
### Remarque

Cette partie est censée être maîtrisée depuis l'étape 1.

Plan de la pièce à réaliser



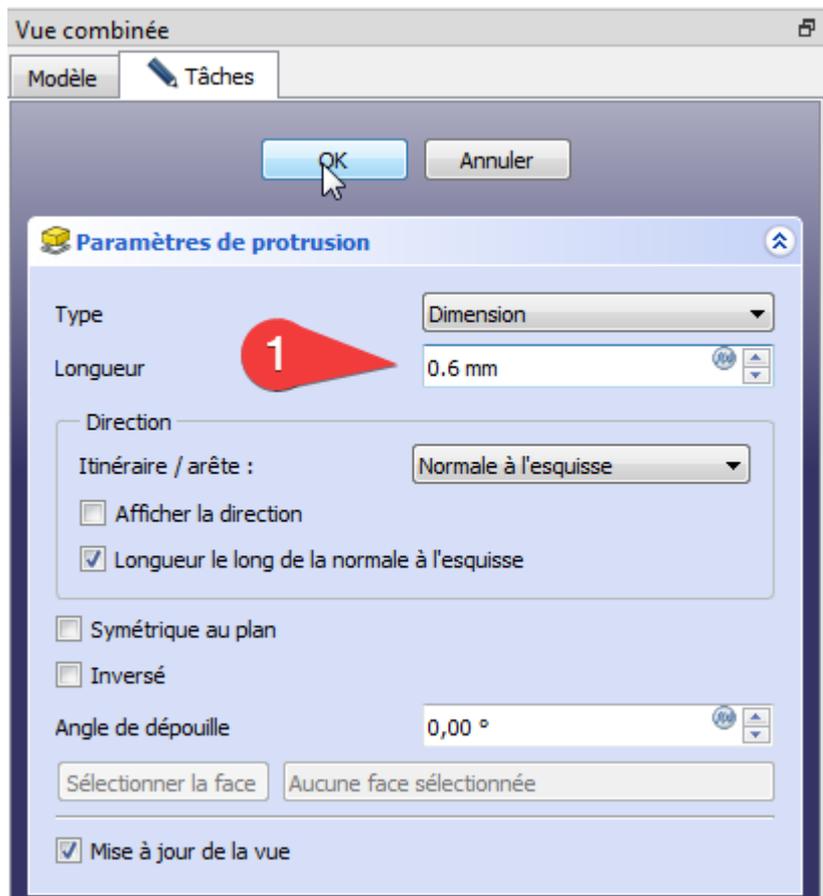
- 1 Sélectionner le Sketch  dans l'arborescence
- 2 Clic Gauche sur l'icône Protusion  de la barre de modélisation Part Design



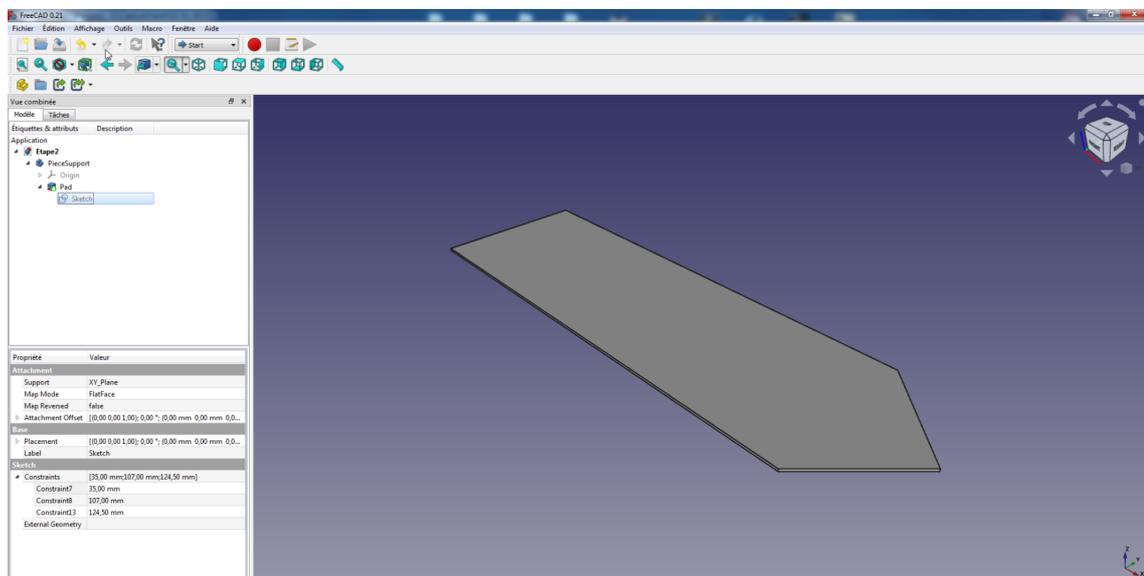
La fenêtre  Paramètres de protusion apparaît dans la « vue combinée »

- 1 saisir la longueur = 0.6 mm

la fenêtre



Nous pouvons visualiser dans la fenêtre Vue 3D le nouveau corps



### 3. Atelier - - Création de l'évidement en forme de triangle

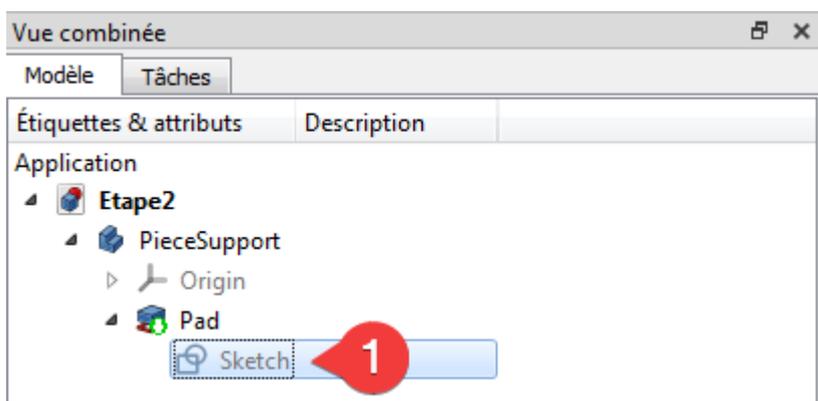


#### Remarque

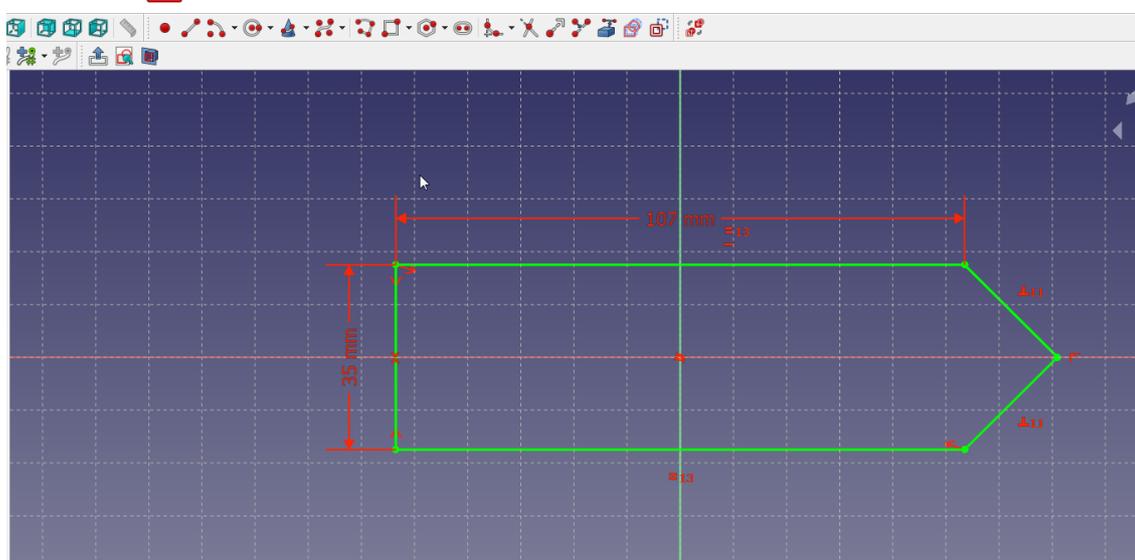
Notre solide existe sous le nom de  Pad <sup>[p.102]</sup> dans l'arborescence. nous allons ré ouvrir le Sketch  associé pour y inclure l'évidement en triangle.

Atelier Part Design , « Vue combinée »

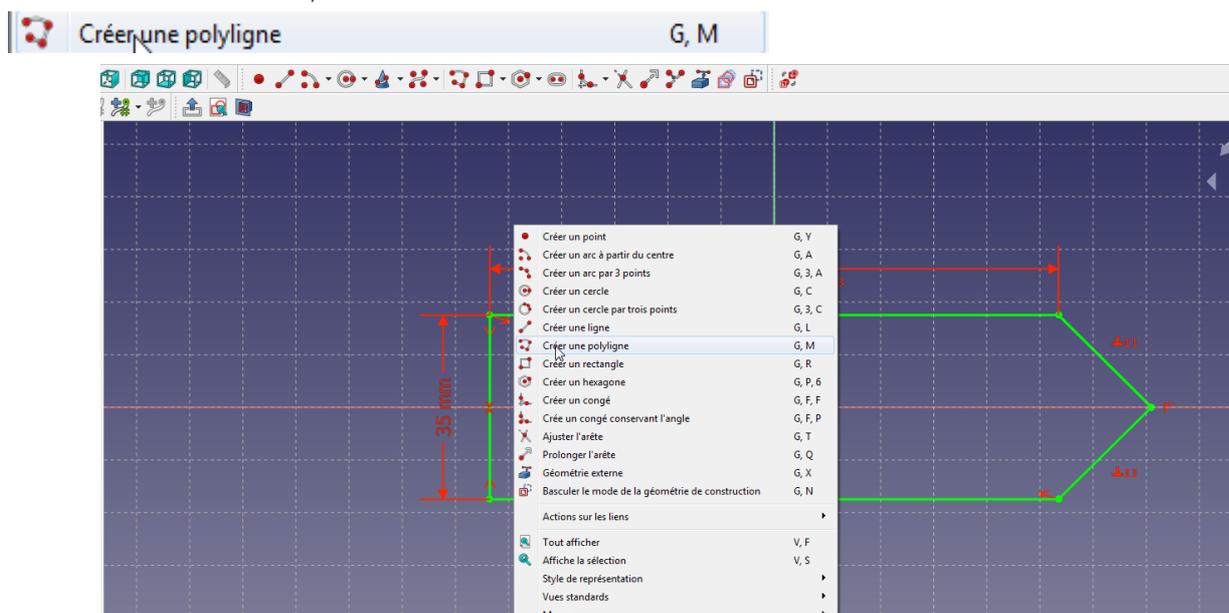
1 Sélectionner le Sketch  puis **Double clic gauche** ou clic gauche sur l'icone modifier l'esquisse



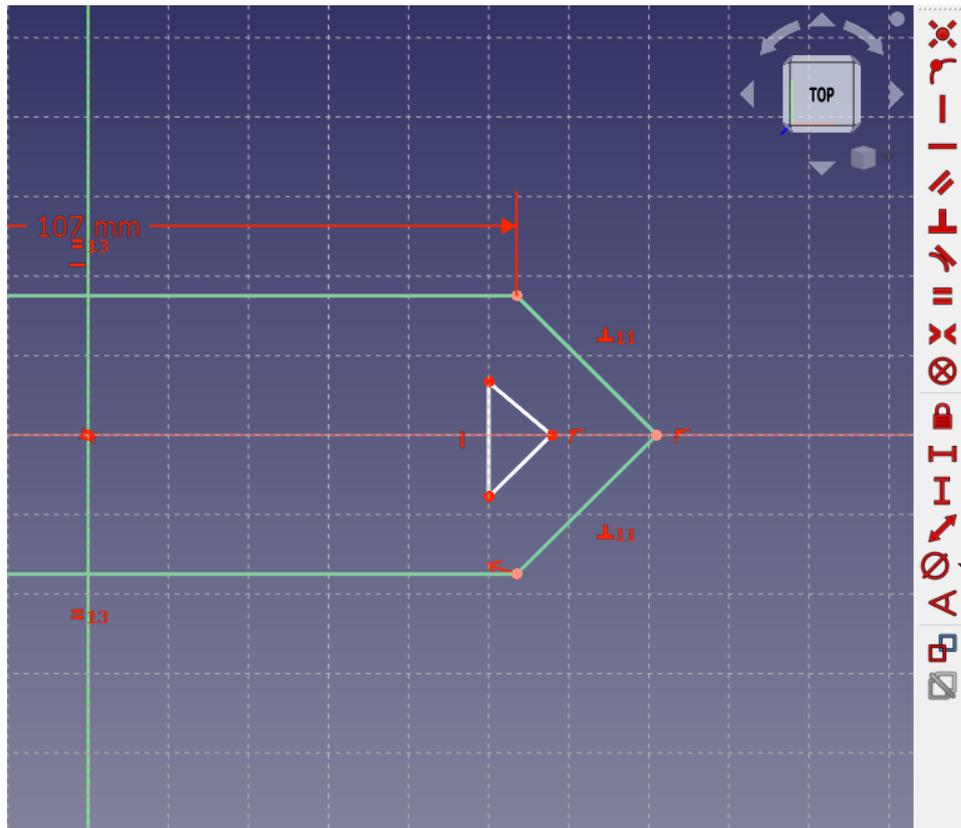
L'atelier Sketcher  s'ouvre



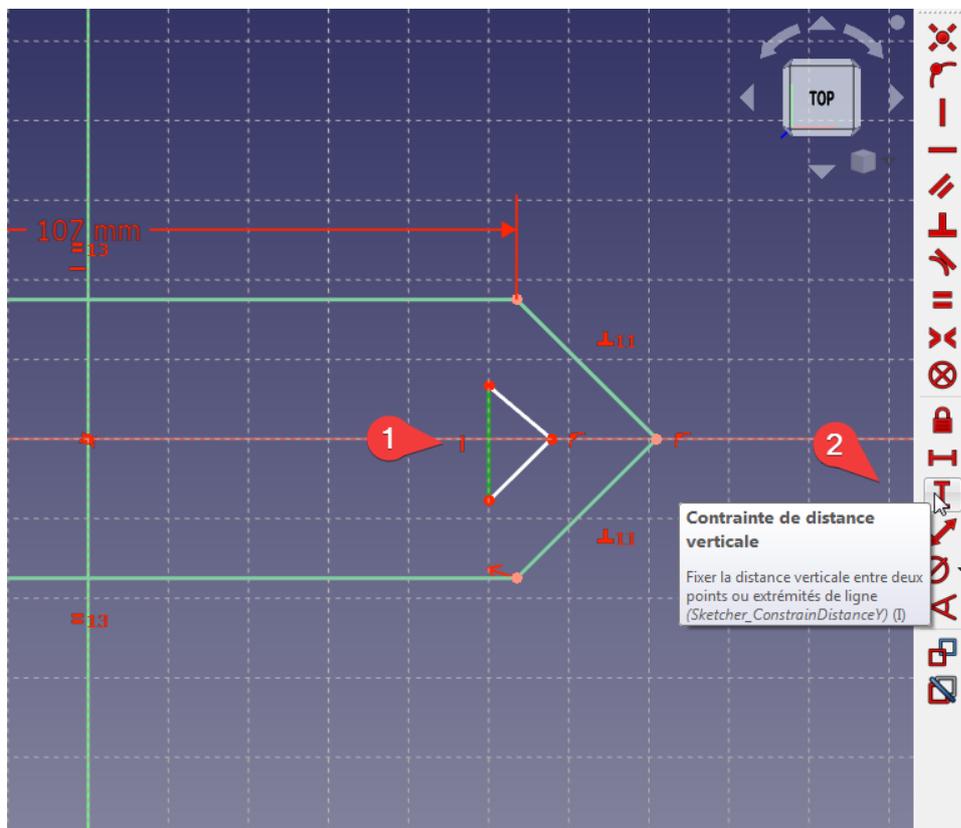
Via le menu contextuel, sélectionner l'outil



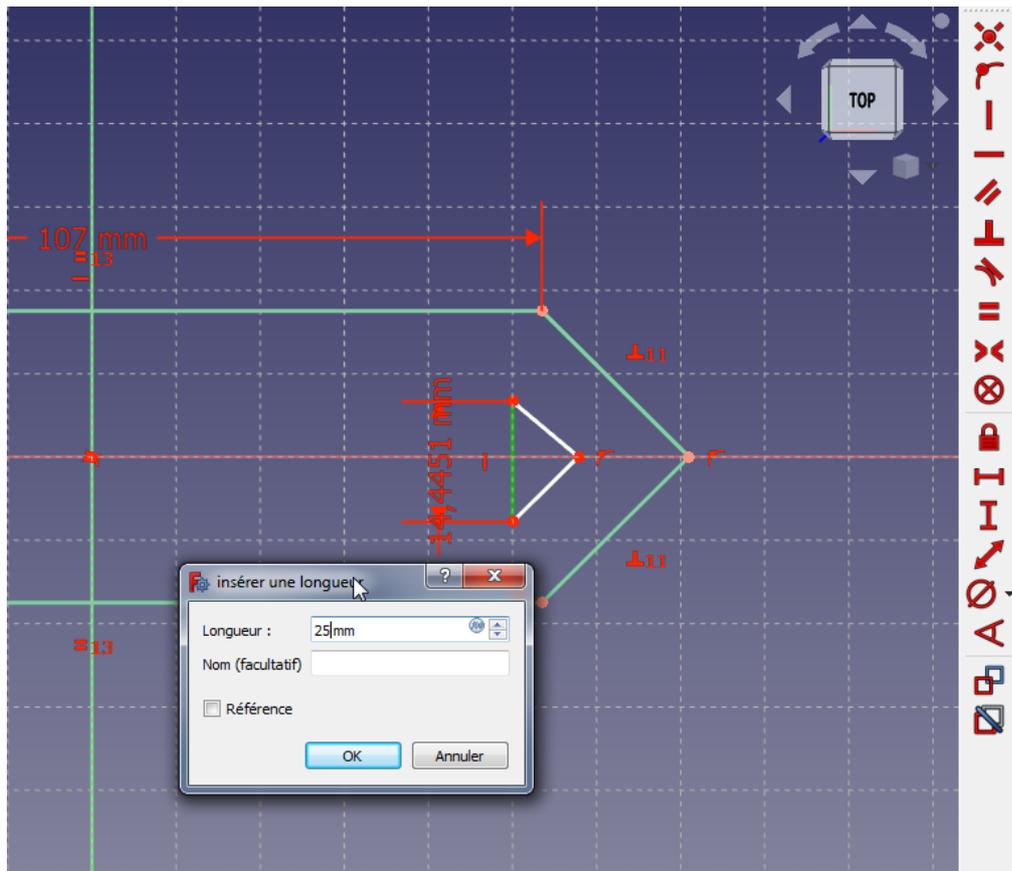
Dessiner le triangle avec 3 segments en utilisant la contrainte automatique de point avec l'axe X et la contrainte de coïncidence entre le dernier et le premier point. **clic droit** pour sortir de l'outils polyligne



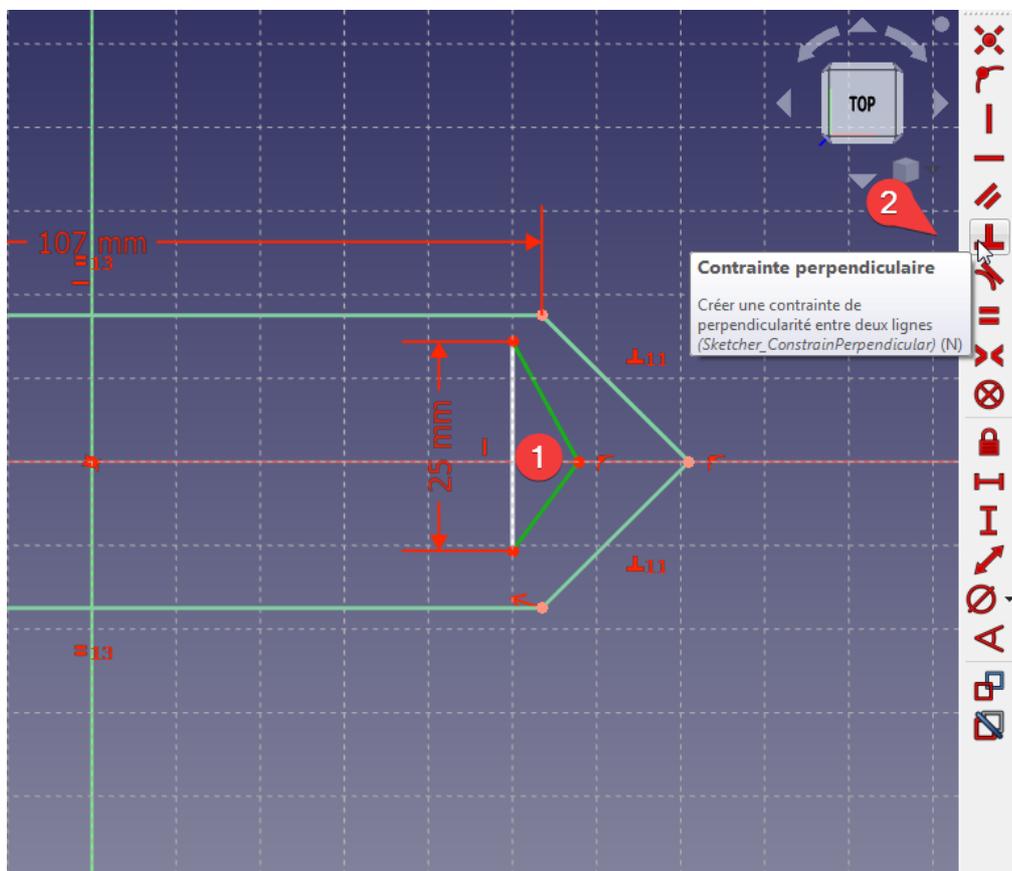
- 1 Sélectionner le segment vertical du triangle
- 2 Clic sur l'icone de contrainte de distance verticale **I**



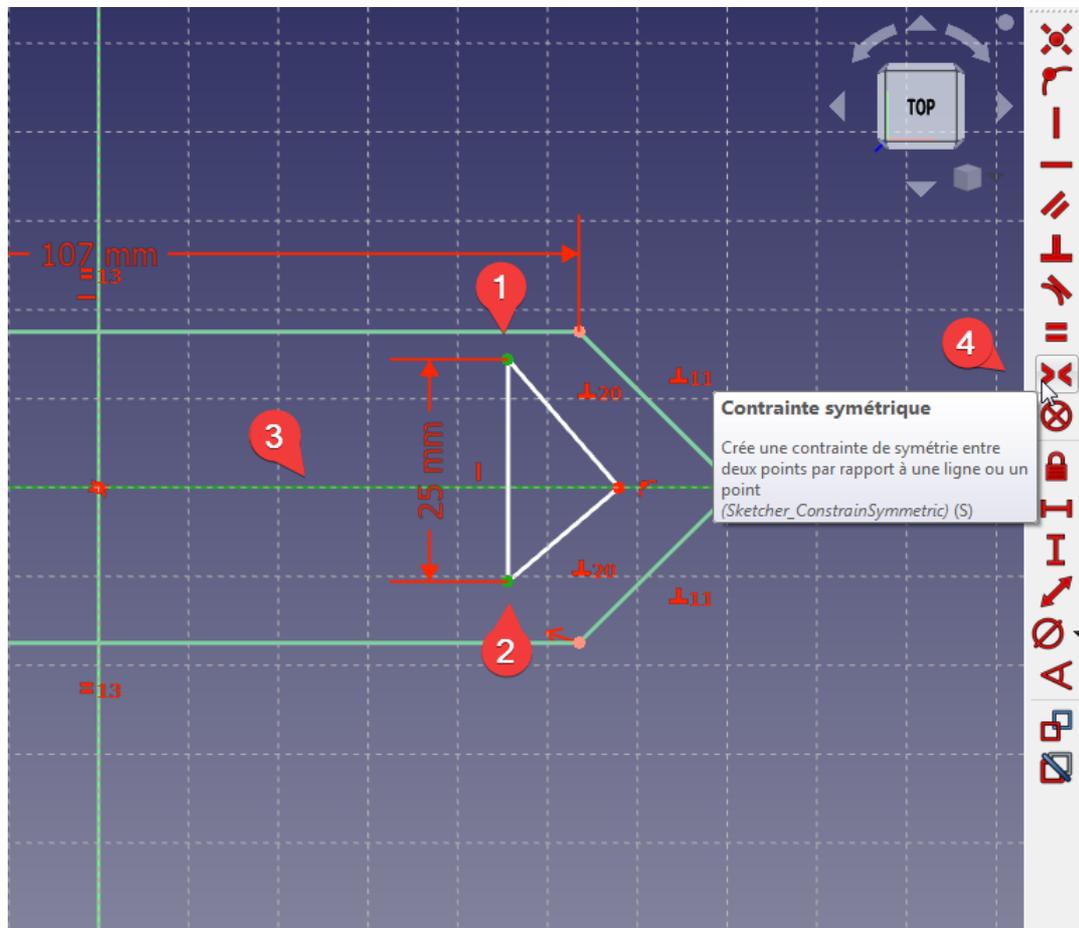
Une fenêtre apparaît, saisir longueur = 25 mm



- 1 Sélectionner les 2 segments obliques
- 2 Clic sur l'icône de contrainte perpendiculaire 



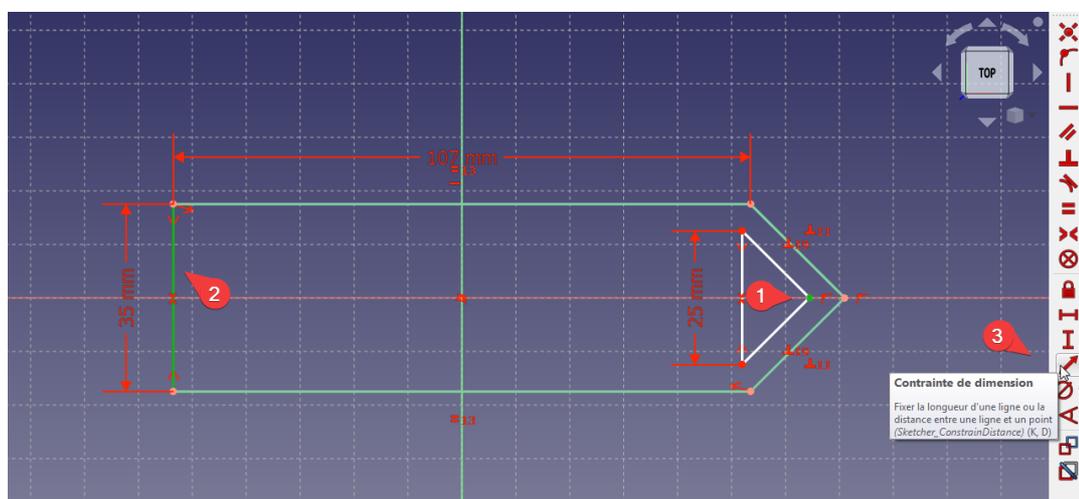
- 1 Sélectionner le point
- 2 Sélectionner le deuxième point
- 3 Sélectionner l'axe X
- 4 Clic sur l'icone de contrainte de symétrie 



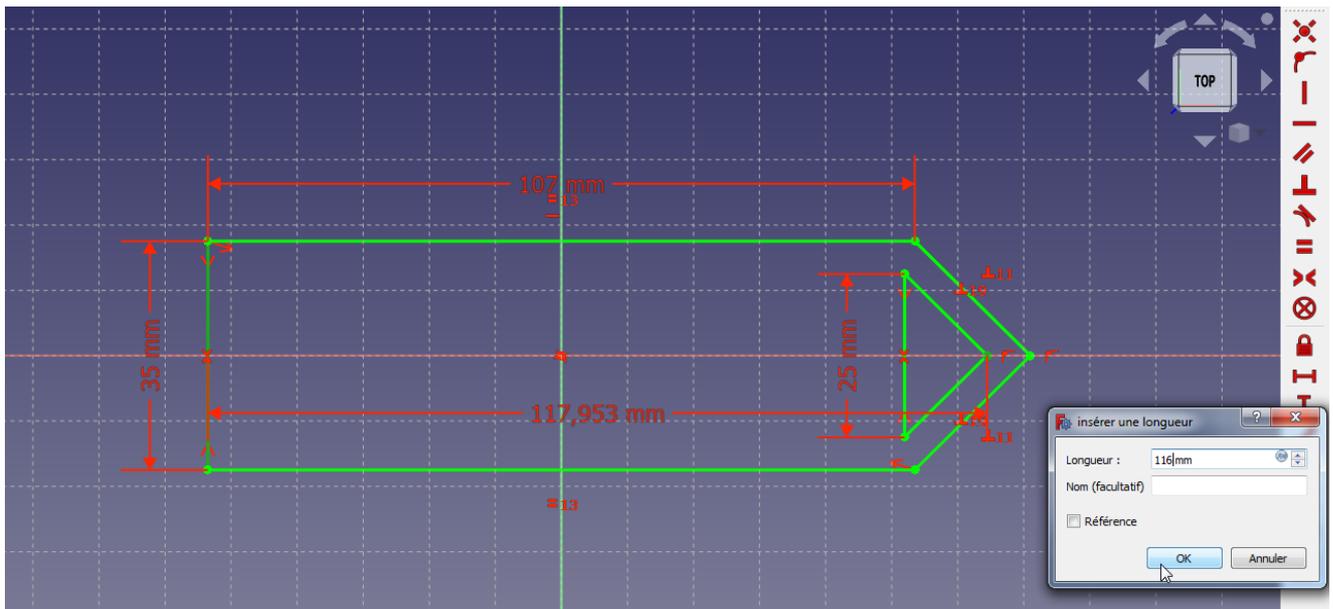
Le Segment est maintenant centré par rapport à l'axe X

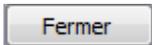
Positionnement du triangle sur l'axe X

- 1 Sélectionner le point aigu du triangle
- 2 Sélectionner le segment Verticale du rectangle
- 3 Clic sur l'icone contrainte de dimension 

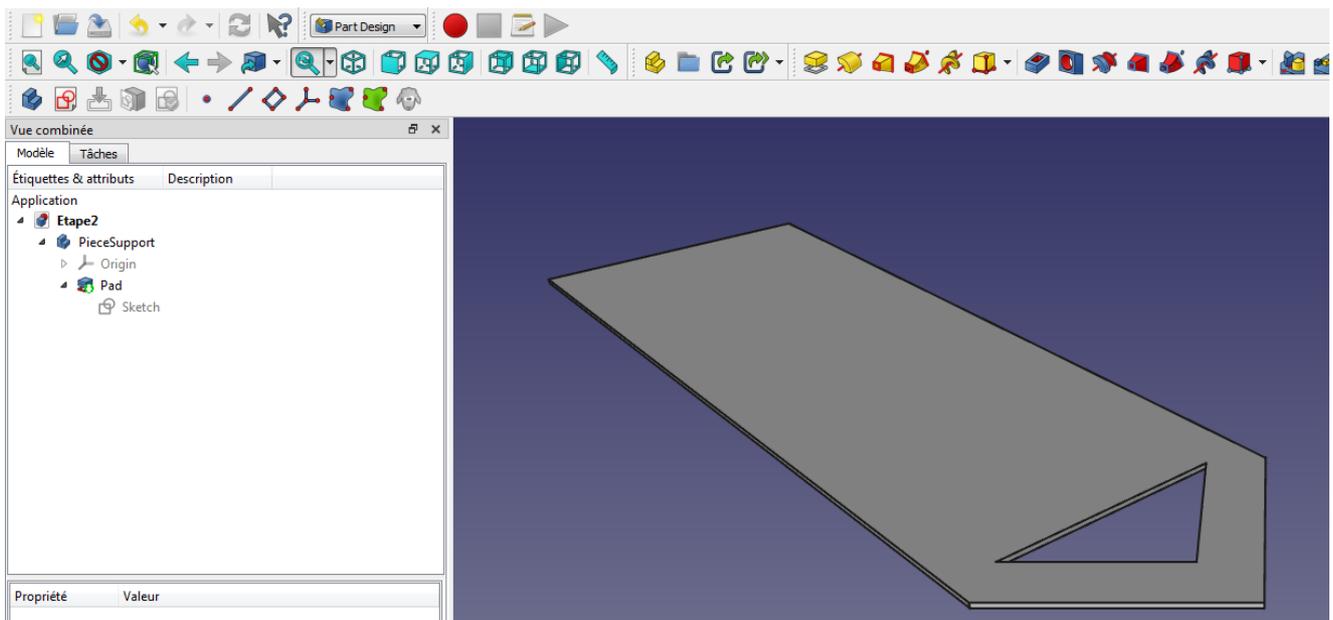


Une fenêtre apparaît, saisir la longueur = 116 mm



L'esquisse est maintenant totalement contrainte. Fermer l'atelier  soit par le bouton  soit en cliquant sur l'icone Quitter l'esquisse 

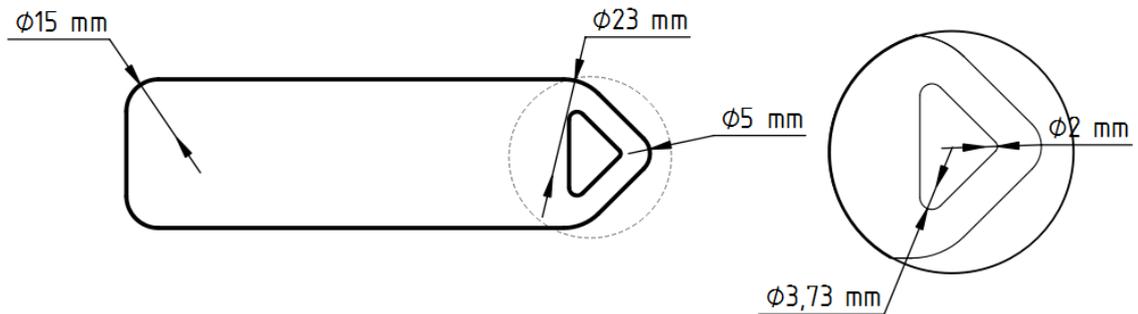
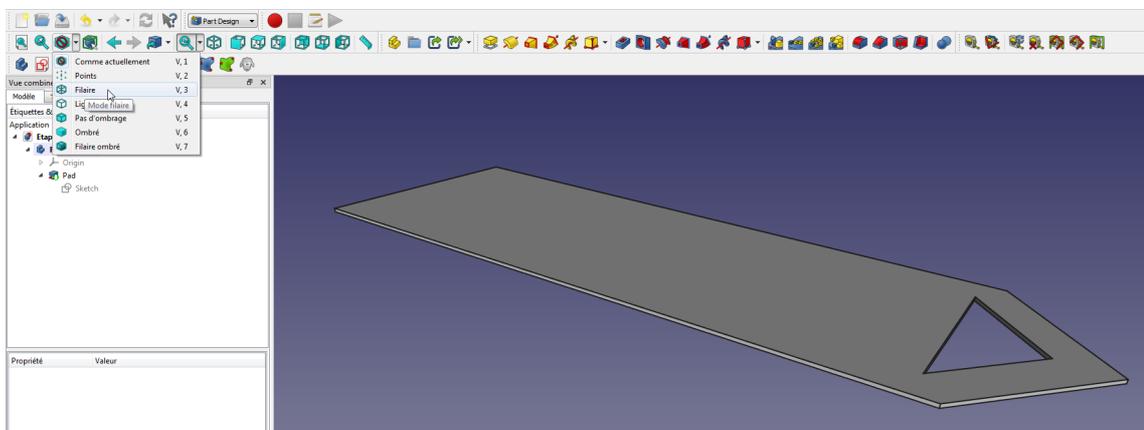
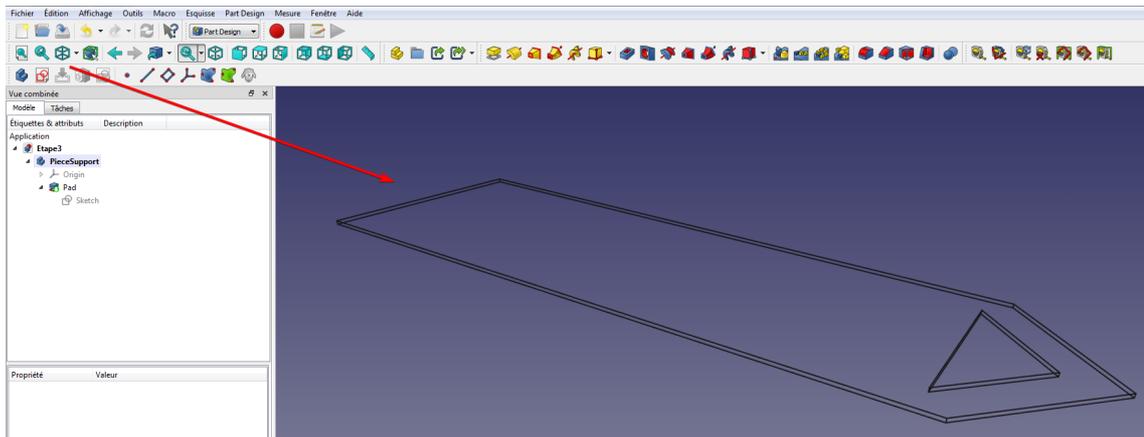
Nous sommes à présent dans l'atelier Part Design  et vous pouvez constater que le solide 3D (Pad) a été mis à jour en fonction des modifications apportées à l'esquisse.



Sauvegarder 

4. Atelier Part Design  - Création des différents congés sur le solide 3D

Plan de la pièce à réaliser

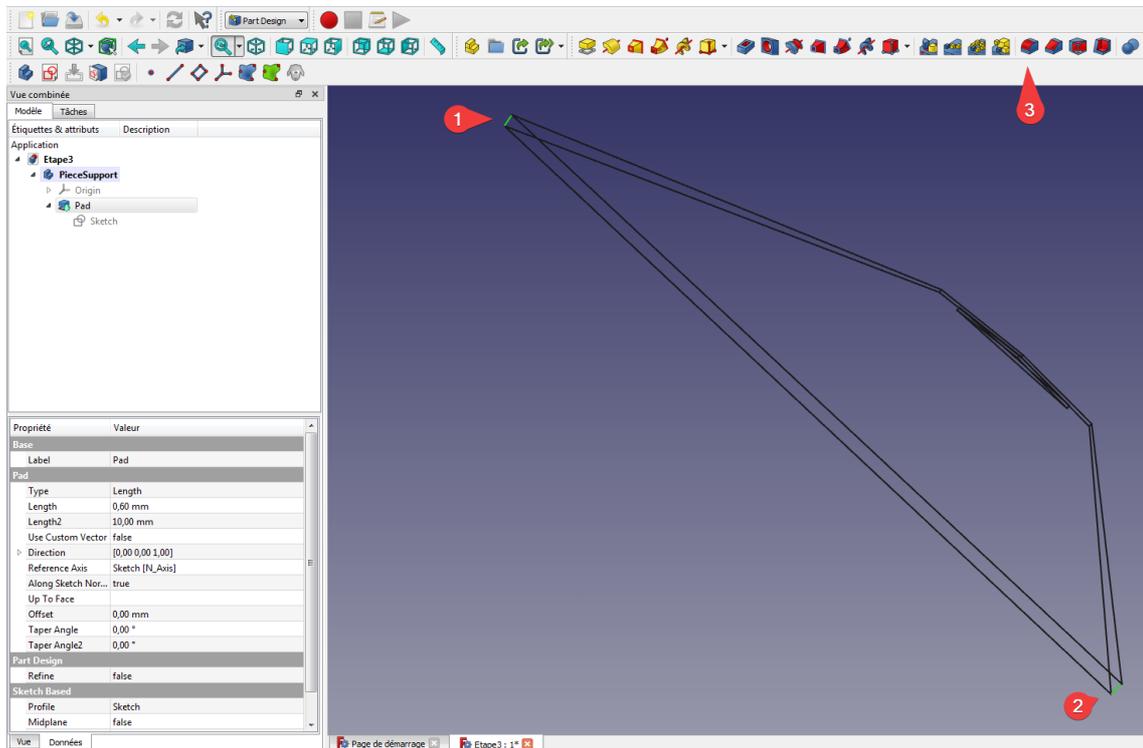
Nous restons dans l'atelier Part Design Passons en mode filaire 

Positionner le Pad à l'aide des différents modes de déplacement de la souris :

-  Clic Gauche maintenu : Rotation dans le plan
-  Clic Gauche et Droite maintenu : Inclinaison de la pièce
-  Roulette avant/arrière : Zoom avant/arrière

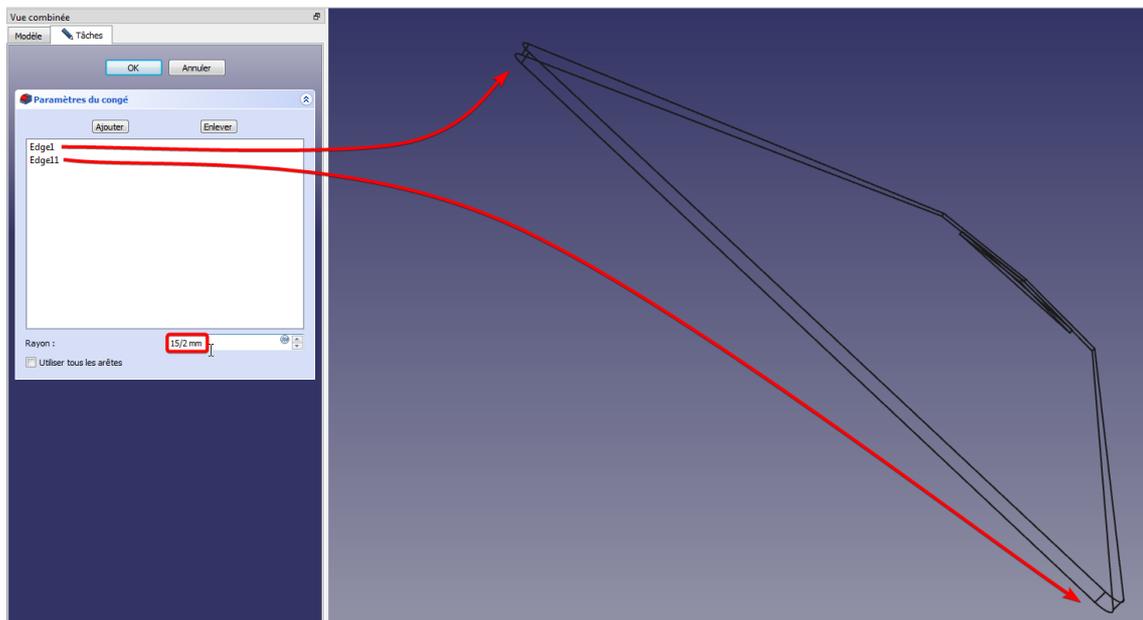
Après avoir positionné votre solide, zoomer de manière à pouvoir distinguer les petites arêtes d'épaisseur

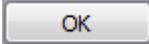
- 1 Sélectionner la première arête par clic gauche
- 2 Touche **CTRL Enfoncée**, sélectionner la deuxième arête. Vous pouvez relâcher la touche CTRL
- 3 Clic gauche sur l'icone congé 



Une fenêtre s'ouvre. Nous voyons le nom des deux arêtes que nous avons sélectionné. Noter que les angles du solide sont arrondis

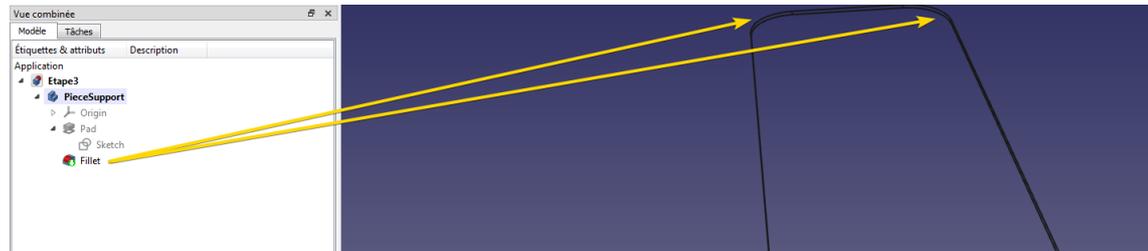
Sur le plan, les diamètres de ces deux coins sont de 15 mm. saisir dans le champ de saisie du rayon 15/2



Fermer la fenêtre par clic sur 

Dans l'arborescence, vous remarquez un item supplémentaire au Pad :  Fillet

Sur le solide, vous pouvez constater que le rayon a changé



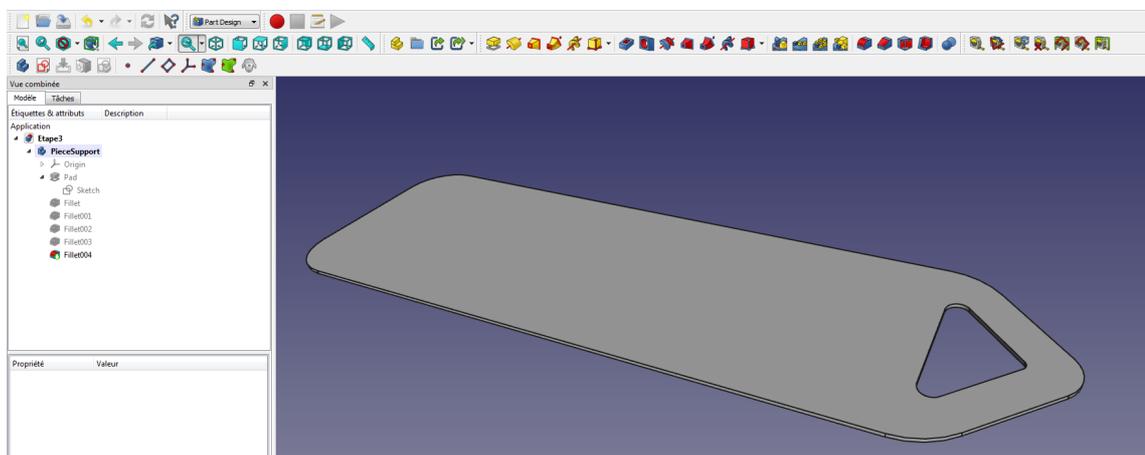
En sélectionnant le  Fillet puis en regardant la fenêtre **Propriété/Données/Fillet/Radius**, la valeur est de 7.5 mm

### Insertion de cote

Lorsqu'il vous est demandé de saisir une valeur, il est possible de saisir une formule mathématique qui calculera automatiquement cette valeur.

### Attention

Je vous laisse le soin de reproduire la procédure ci-dessous pour les autres arrondis du solide. Le résultat final doit être le suivant :



Sauvegarder 

### Résultat

Vous venez de finaliser la pièce support

## 4. Etape 3 - Conception du Logo

### Procédure Pas à Pas

A l'issue de cette étape, vous serez capable :

- d'importer un fichier dessin 2D (Logo), au format SVG<sup>[p.102]</sup>, sous FreeCAD 
- de mettre le logo à l'échelle de votre pièce support
- de positionner le logo précisément sur votre pièce support
- de transformer le logo en corps  3D

### Prérequis

Considérant l'étape 2 comme acquise, créer un nouveau document , l'enregistrer  sous Etape3.

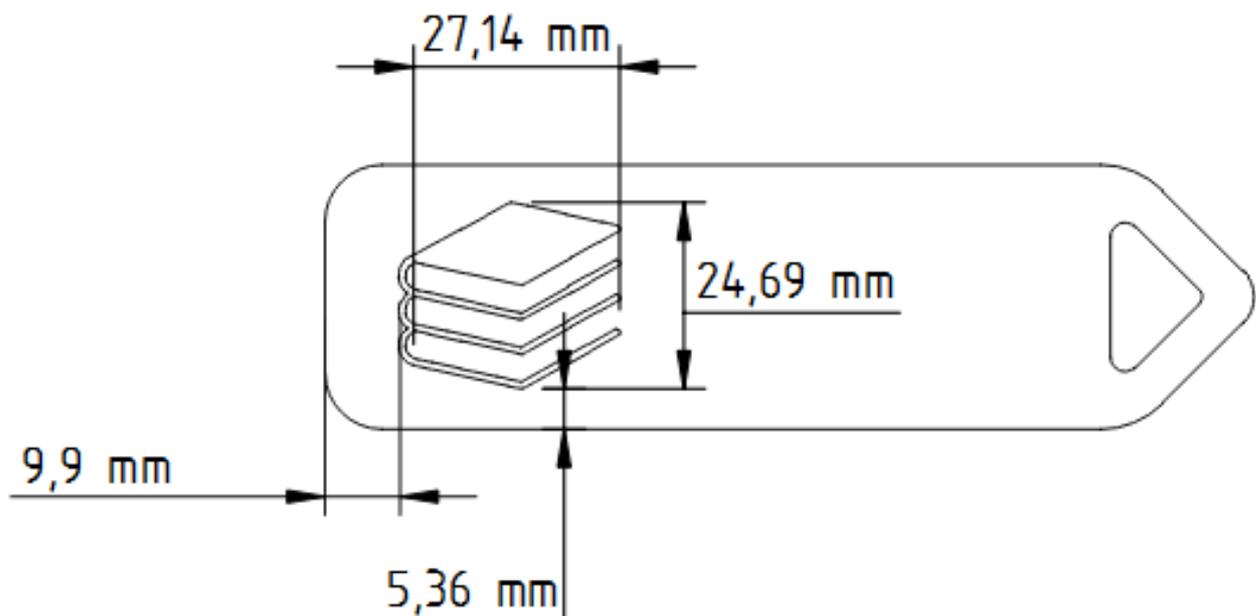
Redessiner la

pièce avec une esquisse totalement contrainte . Renommer le corps  en PieceSupport.

### Procédure

#### 1. Import du Logo en SVG<sup>[p.102]</sup>

Plan de la pièce à réaliser



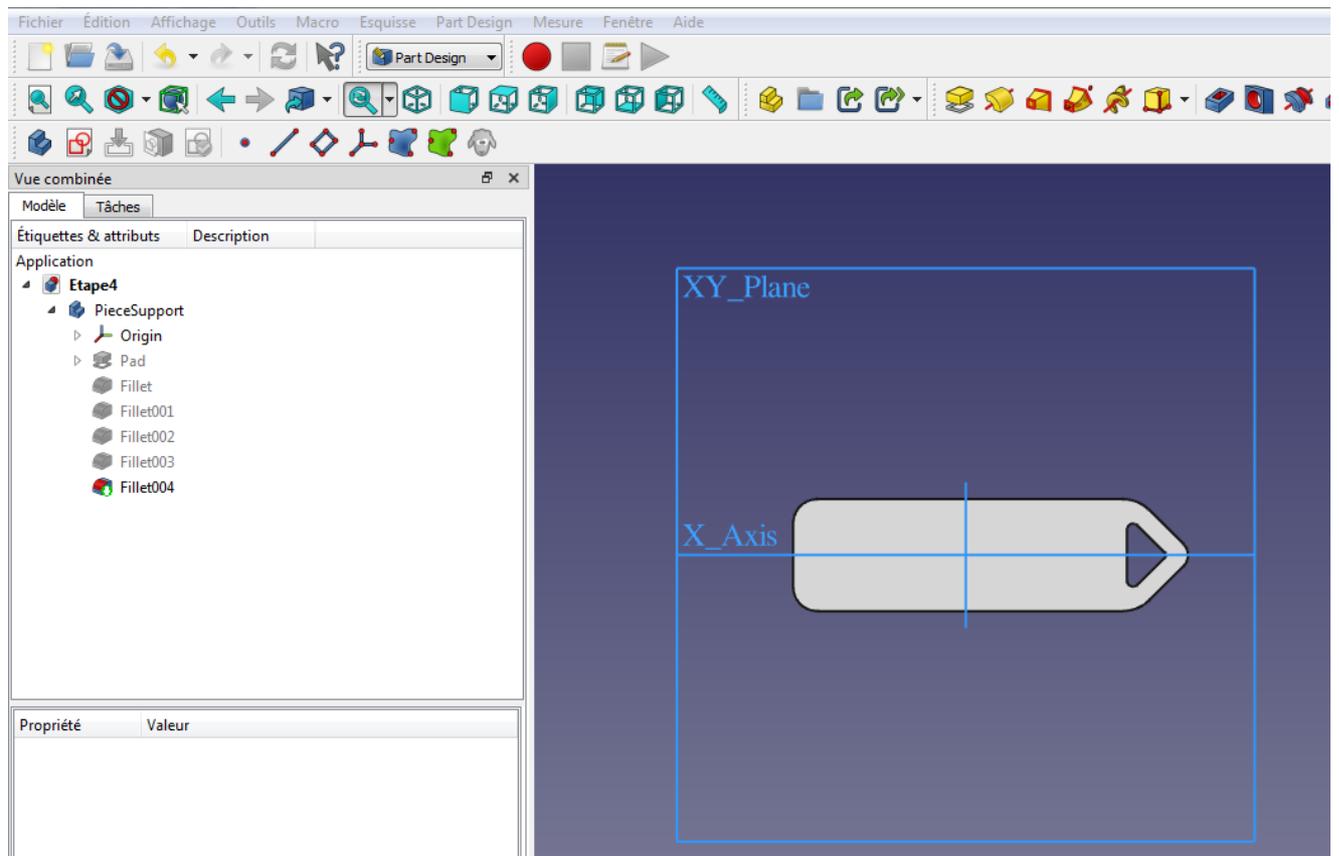
#### Truc & astuce

Le logo peut soit être téléchargé sur un site de clip arts gratuit, soit être créé via le logiciel Inkscape. Dans tous les cas le format doit être Scalable Vector graphics (SVG). Nous allons préparer l'intégration de notre logo.

Le corps **PieceSupport** étant fini, nous pouvons afficher le repères de travail XY.

Sélectionner l'item « **Origin** » dans l'arborescence de la pièce support. l'item est grisé

Action sur la « barre espace », l'item est dégrisé et le repère apparaît s'affiche dans la vue 3D.

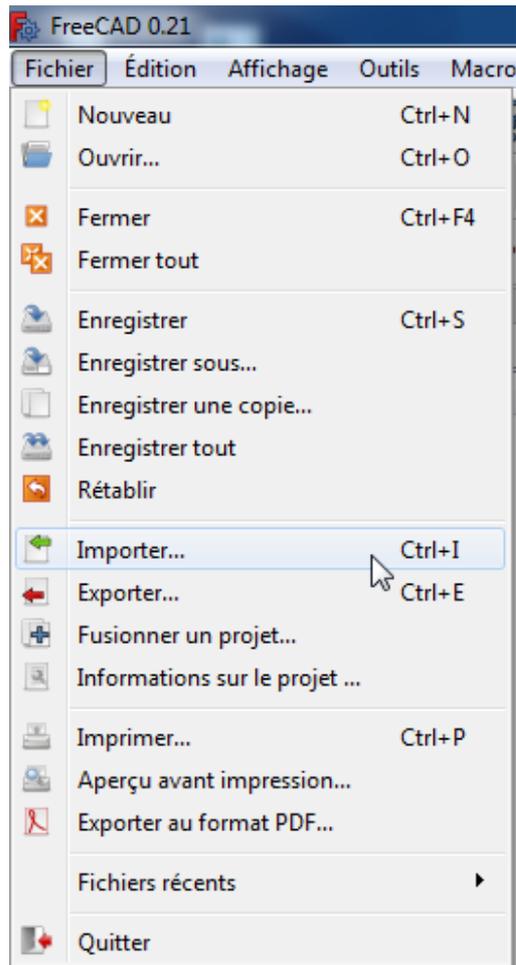


### Truc & astuce

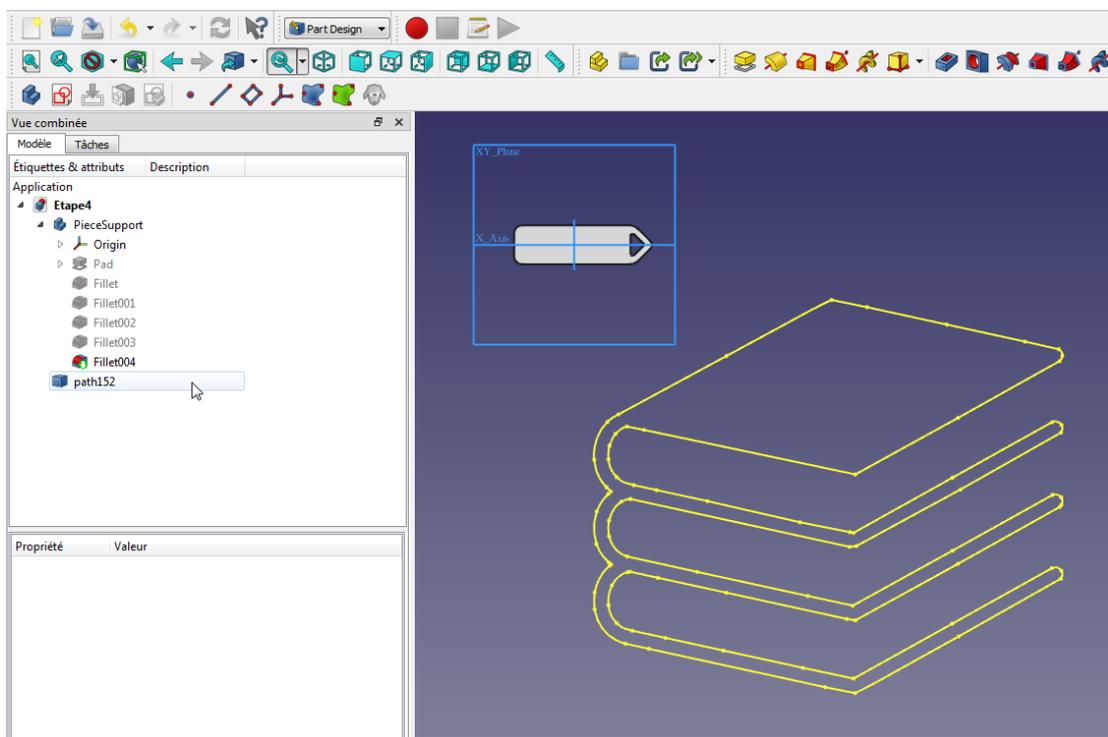
La barre espace permet le masquage/visualisation de l'objet sélectionné.

Importer le logo (ici, le logo livres) :

Fichier/importer, sélectionner le répertoire « Logo » puis le fichier livres.svg.



Le logo apparaît dans la vue 3D à sa taille initiale et un objet `path152` est visible dans l'arborescence.

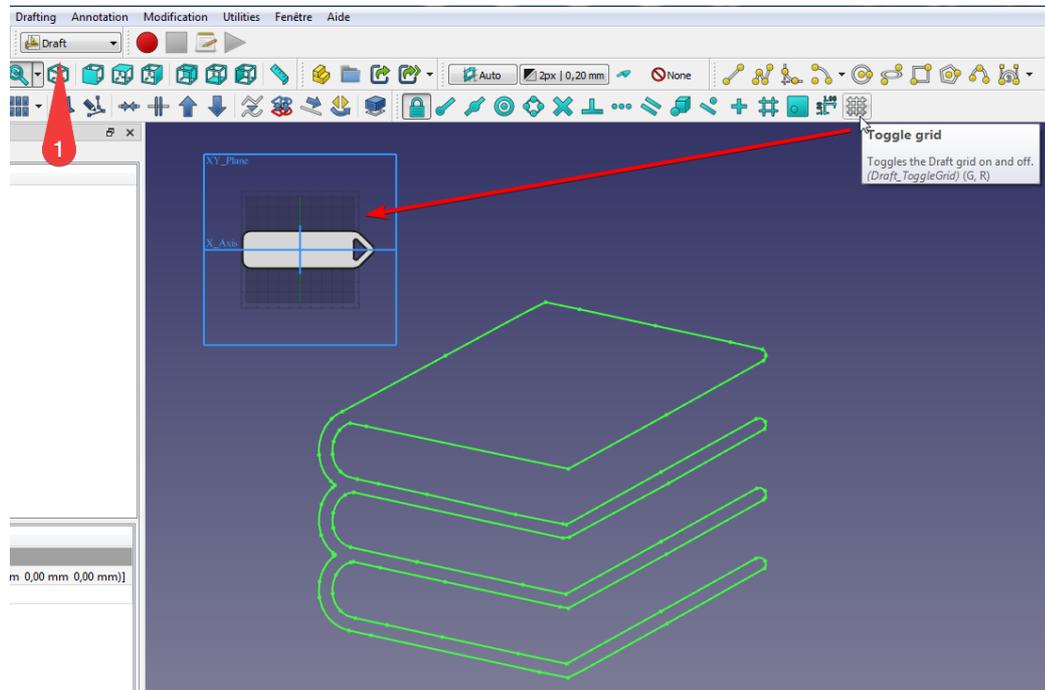


## 2. Calcul de l'échelle du logo

1 Ouvrir l'atelier Draft 

2 Barre outils Draft Snap , clic sur l'icône Toggle Grid 

La grille s'affiche « sous » le corps « PieceSupport »



Barre outils Annotation tools 

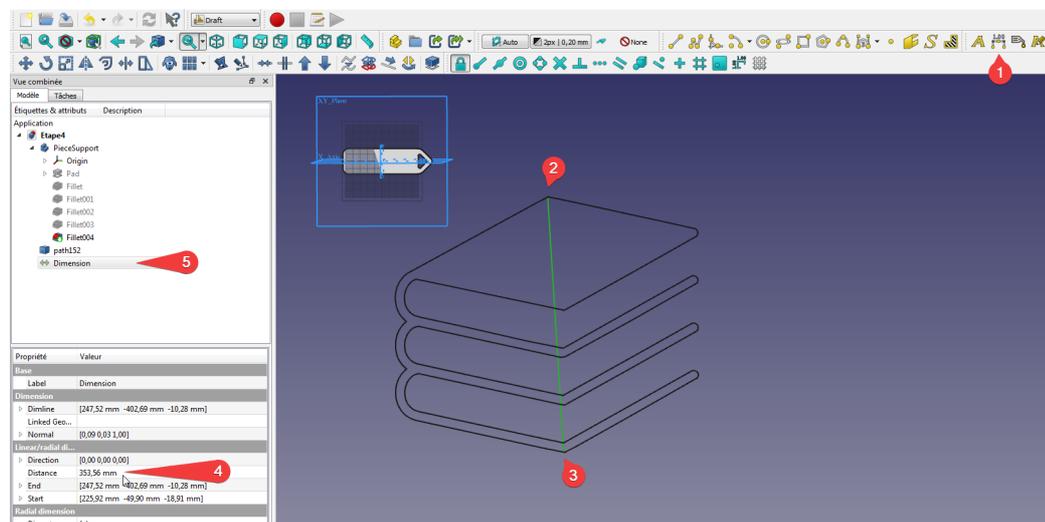
1 Clic sur icône Dimension 

2 Clic gauche sur le point Haut du logo puis faire glisser la souris vers le bas

3 Clic gauche sur le point Bas. Réaliser un deuxième clic gauche à proximité pour sortir du processus de mesure.

4 Relever la valeur dans la fenêtre de **propriétés/Données/Linear radial dimension/distance** = 353 mm

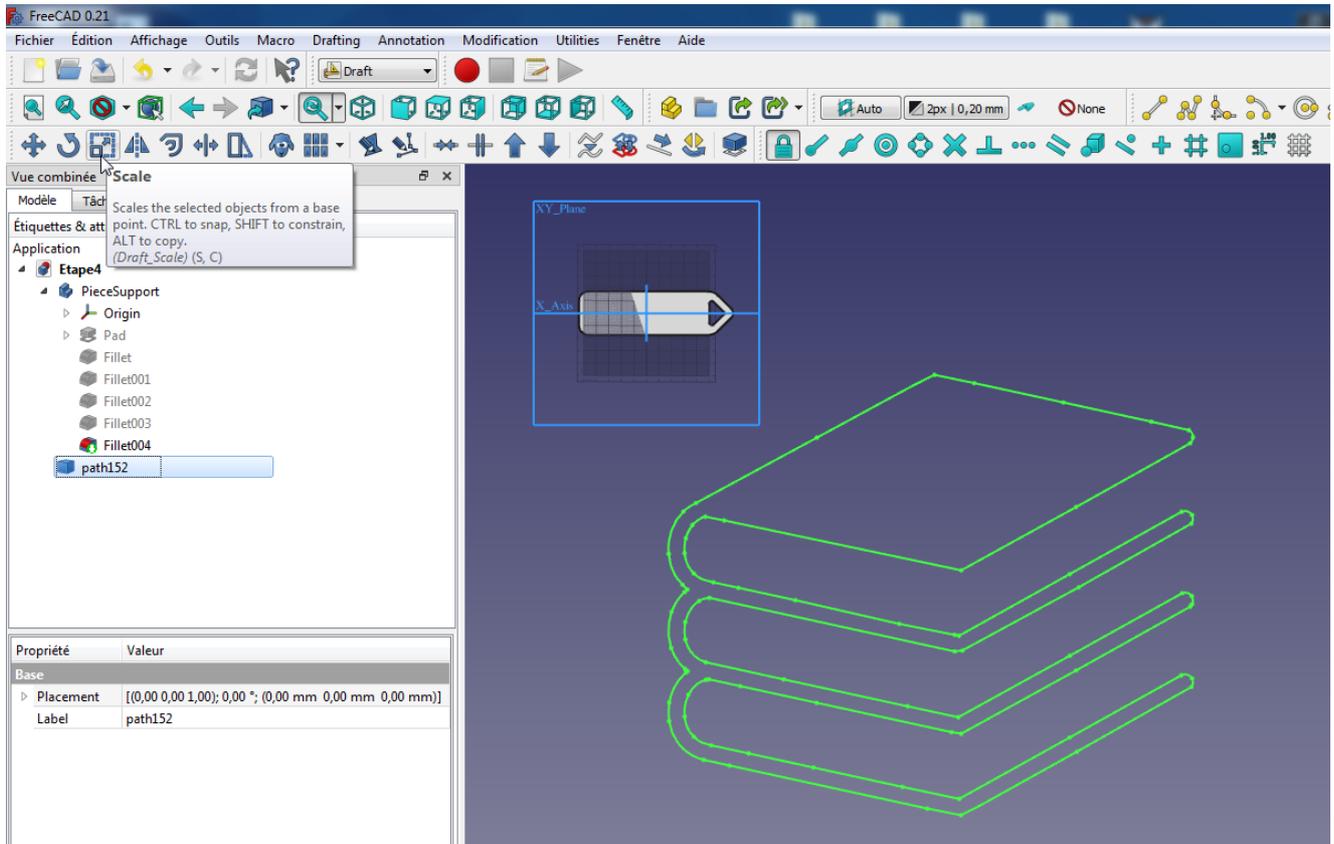
5 Supprimer l'objet dimension apparu dans l'arborescence



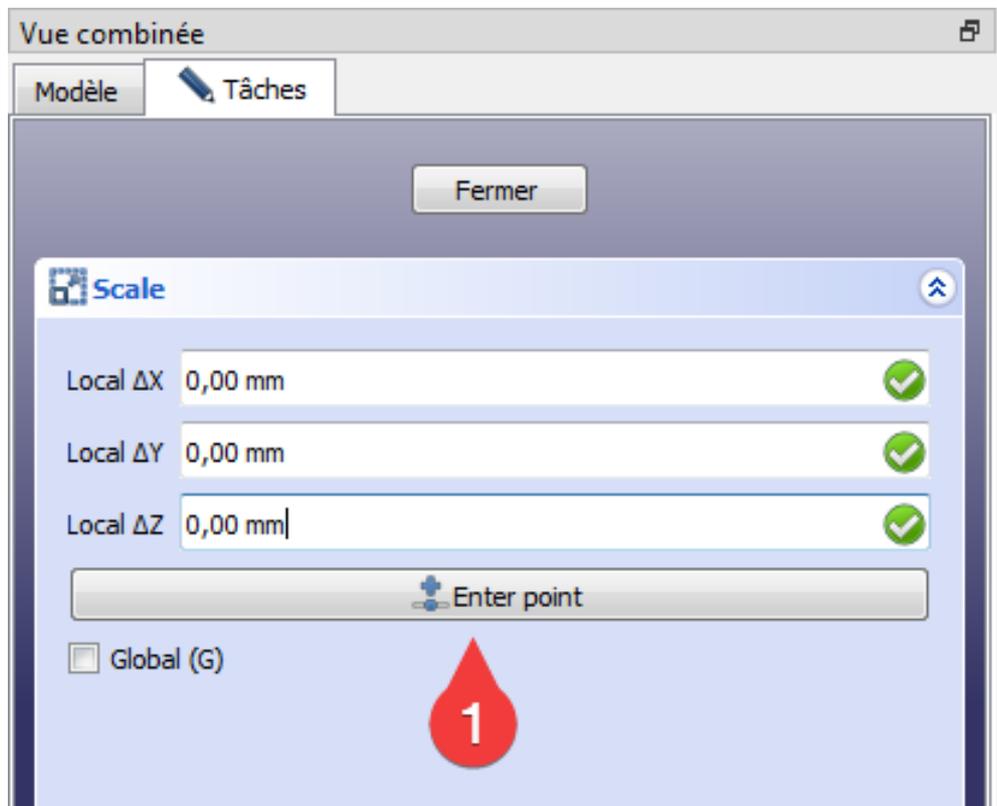
Calculer le rapport d'échelle :  $\text{taille souhaitée}/\text{taille mesurée} = 25/353 = 0,07$

### 3. Mise à l'échelle du Logo

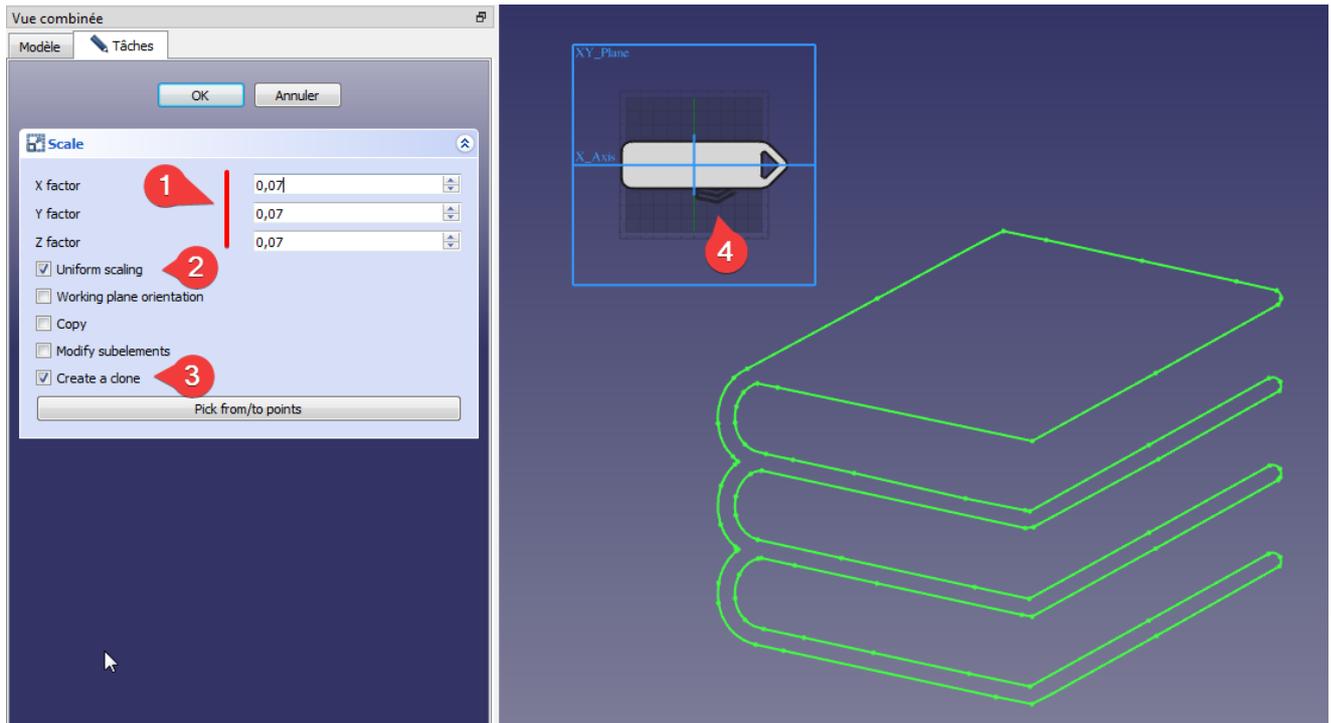
Sélectionner le **path152** dans l'arborescence puis clic sur icône « Scale » (mise à l'échelle)



Une fenêtre apparaît à gauche, clic sur **Enter point**



Une nouvelle fenêtre apparaît :



1 Saisir la valeur 0,07 dans les champs X,Y,Z

Cocher les cases :

2 Uniform scaling

3 Create a clone

Clic sur , la fenêtre se ferme.

Veiller à ce que les valeurs Local Delta X, soient à 0, sinon saisir 0 sur chaque ligne en évitant de survoler la vue 3D

la fenêtre.

**!** Saisie de l'échelle  
Prendre soin de bien mettre une virgule et non un point : 0 virgule 07

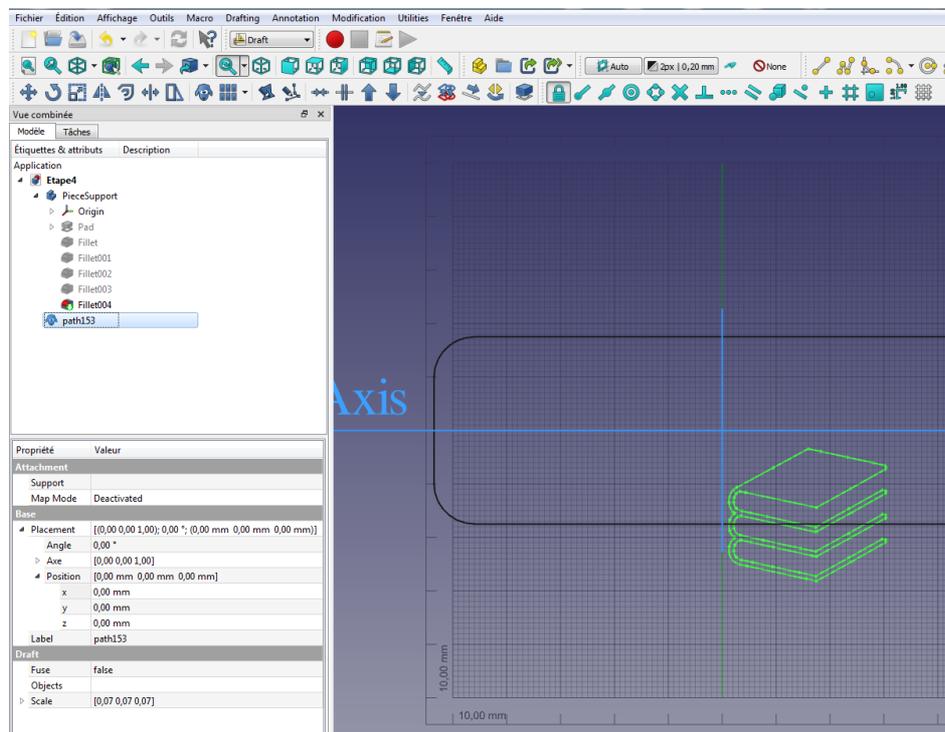
**!** Valeur local Delta X, Delta Y et Delta Z  
Veiller à ce que ces valeurs soient à 0, sinon saisir 0 sur chaque ligne en évitant de survoler la vue 3D

#### 4. Placement du Logo

Vue 3D : le clone apparaît à l'échelle et à la position souhaitée, c'est à dire en 0 X et 0 Y.

Arborescence : un nouvel objet clone  path153 est visible.

Sélectionner le path d'origine ( path152) puis le supprimer (Touche Supp).

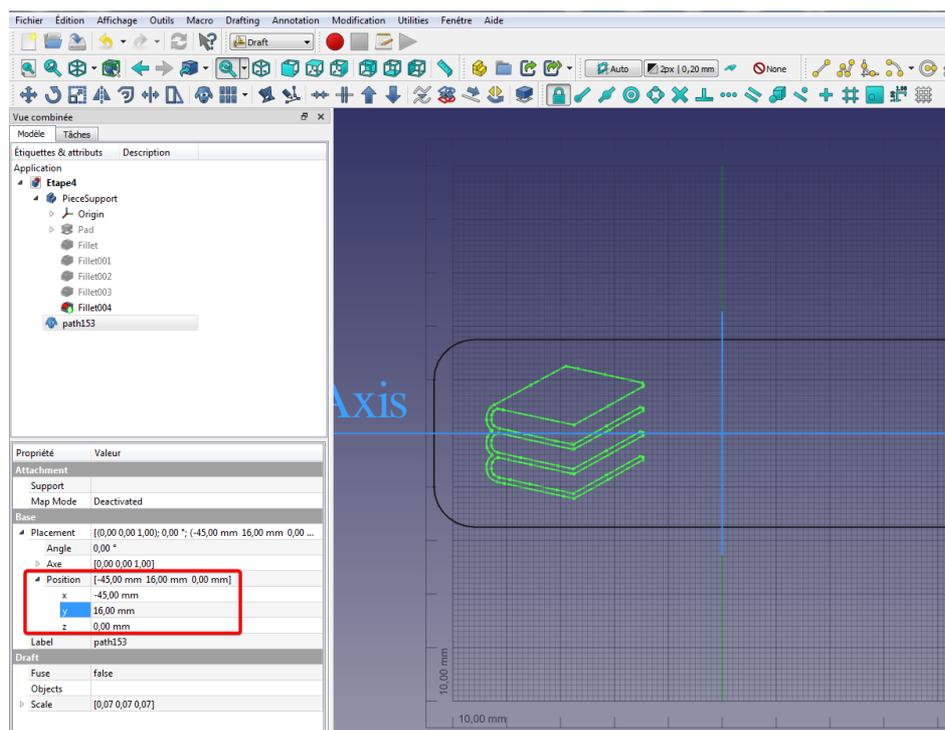


Zoomer (roulette avant) de façon à ce que nous soyons capable de déplacer le logo au mm près.

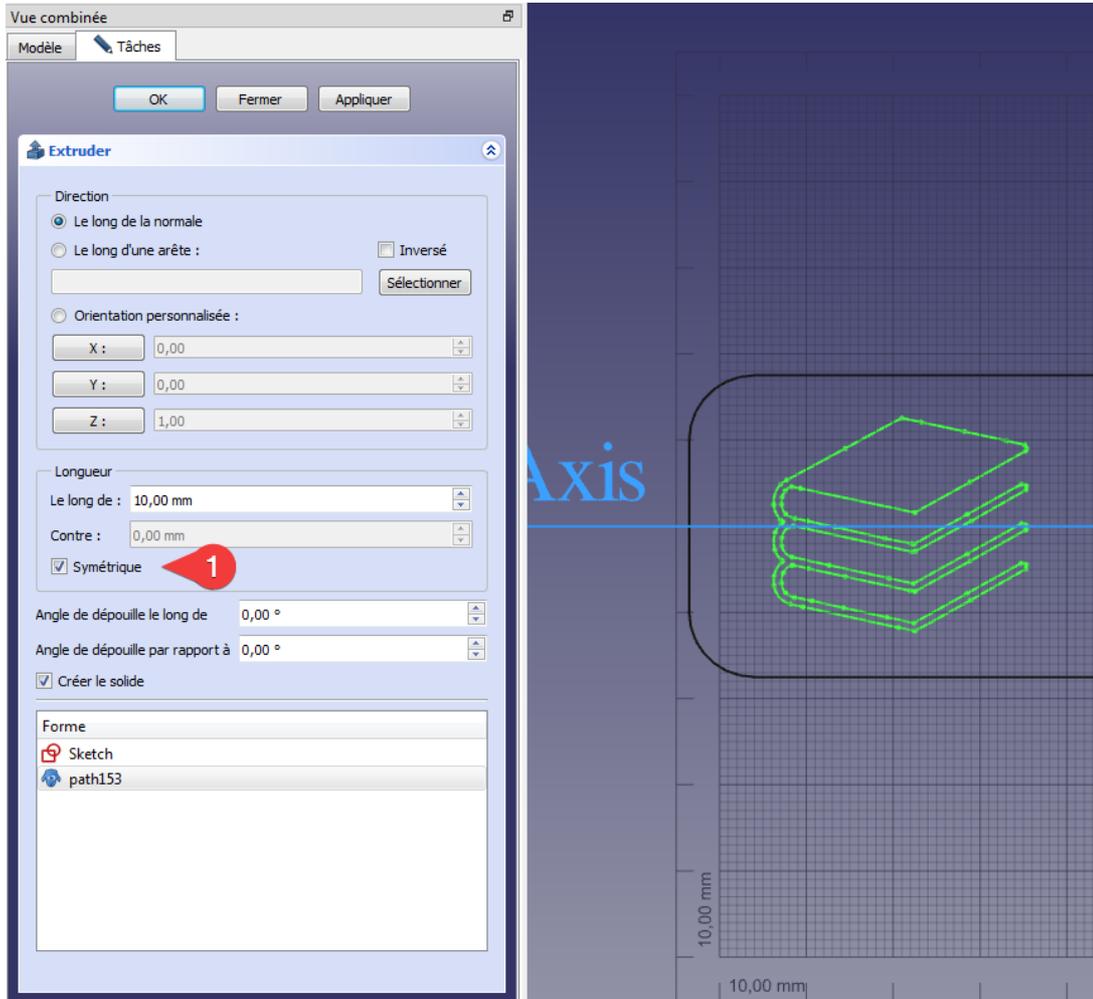
Arborescence, sélectionner l'objet  path153

Affiché dans la fenêtre propriétés, onglet **Données/Base/Placement/position**

Faire varier les valeurs X et Y afin de positionner le logo conformément au plan : X = -45 mm, Y = 16 mm.

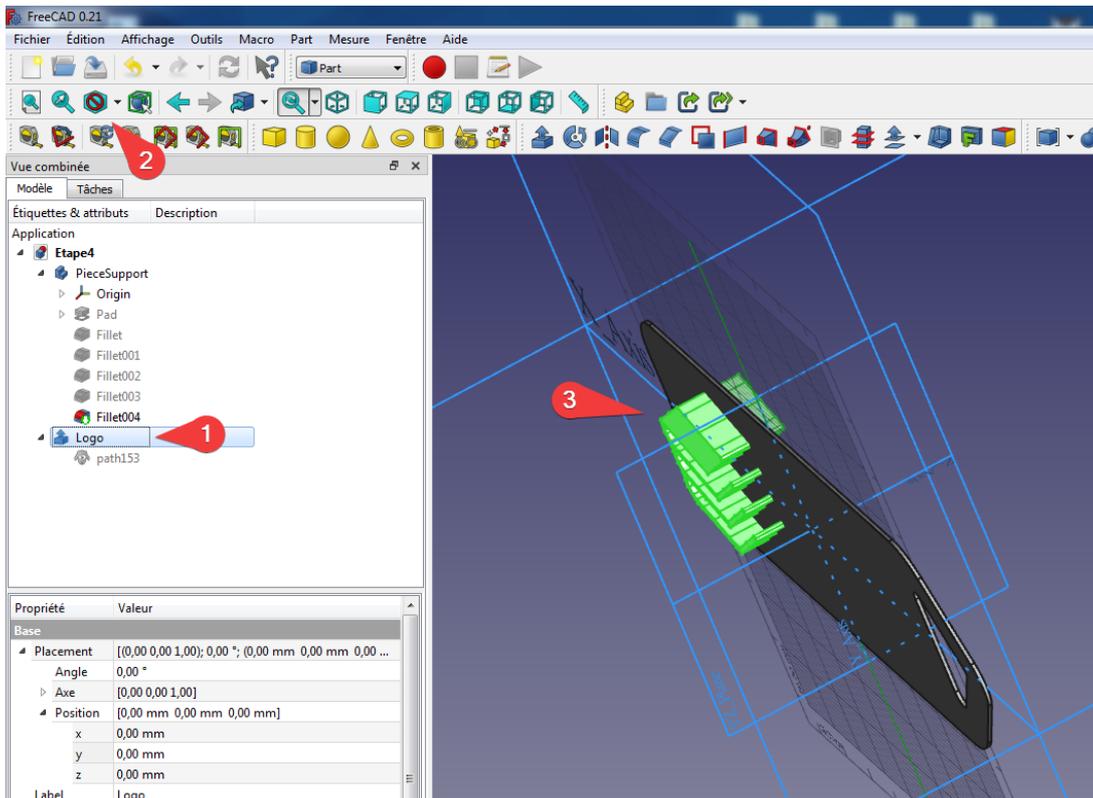






Appliquer puis Fermer ou OK

Le corps du logo est visible dans la vue 3D



- 1 Renommer l'objet « Extrude » en « Logo »
- 2 Repasser en mode normale « comme actuellement » 
- 3 Visualiser le logo en 3D dans la vue 3D

Sauvegarder 

## Résultat

Vous venez de réaliser votre deuxième solide en 3D à partir d'un dessin 2D externe. Votre Logo est prêt à être fusionné avec la pièce support.

## 5. Etape 4 - Conception du Prénom

### Procédure Pas à Pas

A l'issue de cette étape, vous serez capable :

- de transformer un texte en dessin 2D  dans l'atelier Draft 
- de positionner le texte précisément sur votre pièce support
- de transformer ce dessin 2D en esquisse 
- de transformer ce texte en corps  3D

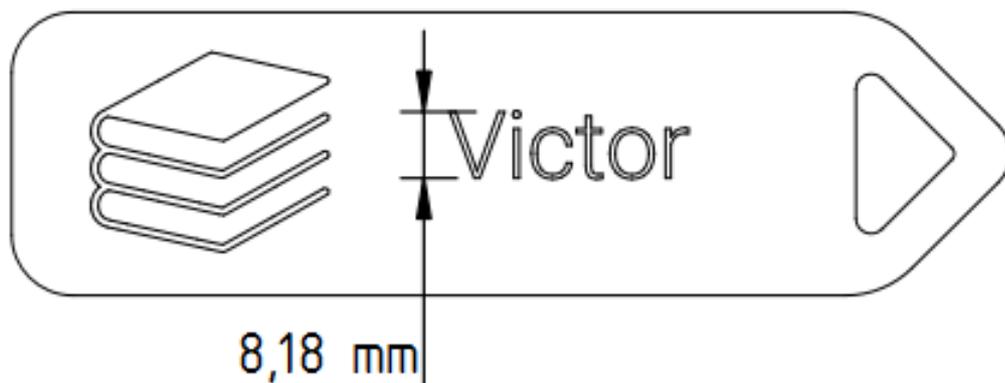
### Prérequis

Il est considéré que l'étape précédente est acquise

### Procédure

#### 1. Création du corps Prenom

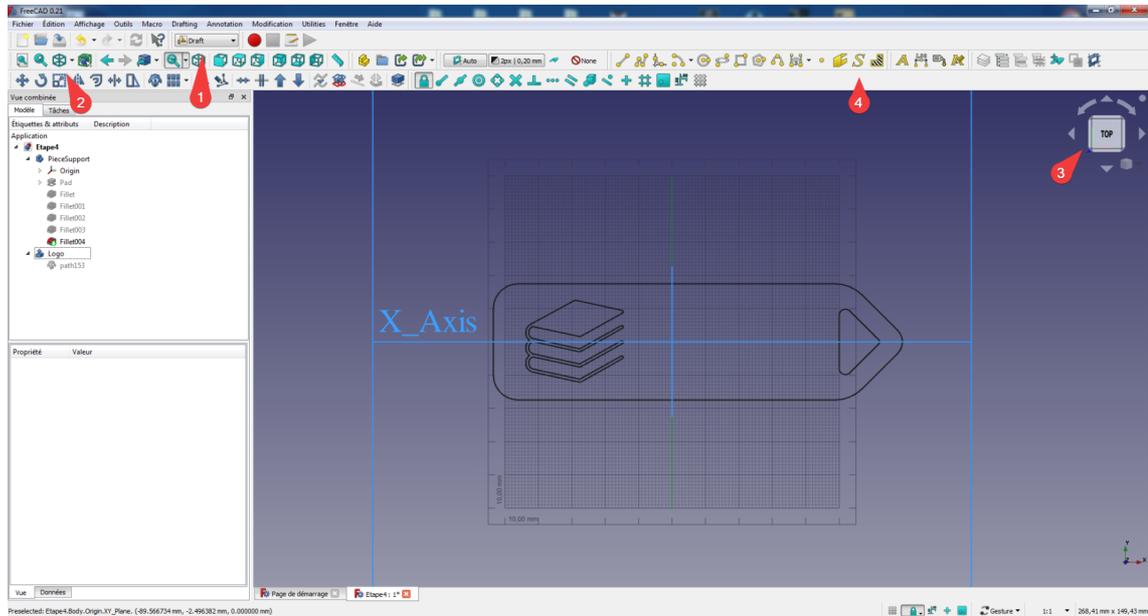
Plan de la pièce à réaliser



#### Bien choisir sa police de caractère

Toutes les polices ne se prêtent pas à la création d'une esquisse (chevauchement, esquisse non fermée)

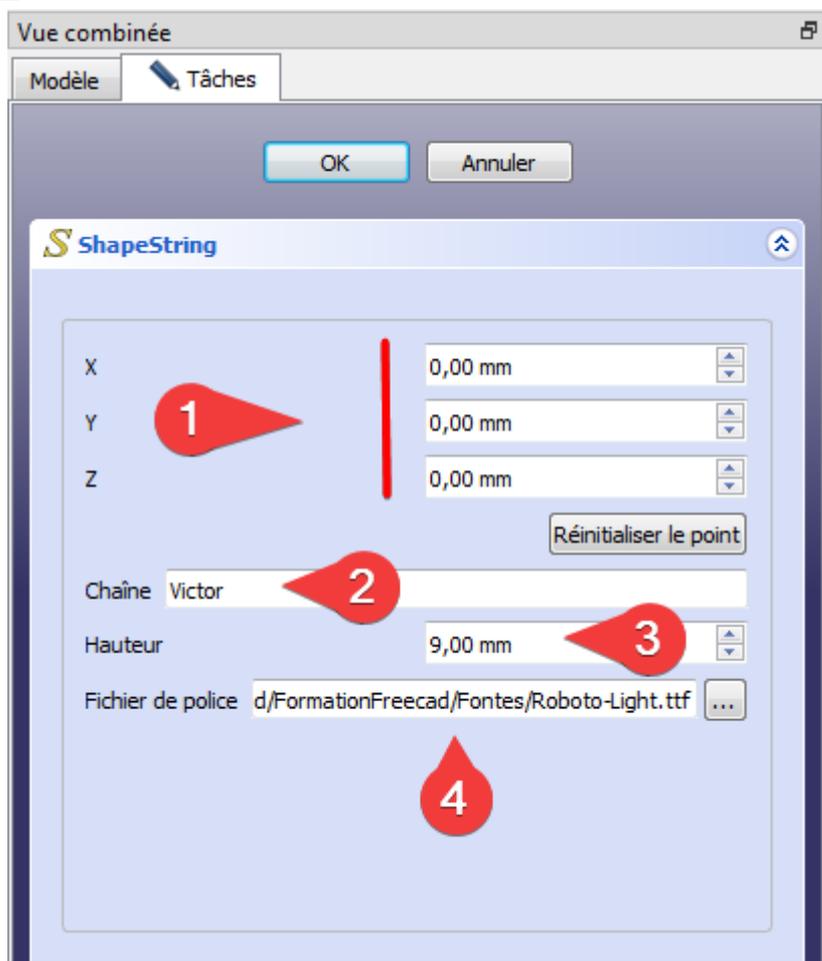
- 1 Ouvrir atelier Draft 
- 2 Passer la visualisation en mode filaire 
- 3 Assurez vous que la vue 3D est bien orthogonale : clic sur icône  ou sur TOP en haut à droite
- 4 Clic sur icône « Shape from text » 



Une fenêtre s'ouvre :

- 1 Veiller à ce que les valeurs X,Y,Z = 0 mm, sinon clic sur
- 2 Saisir le prénom
- 3 Ajuster la taille = 9 mm de haut
- 4 Choisir la police de caractère

Clic sur



Les polices mises à votre disposition sont les suivantes :

New Rocker

Allerta

CREEPSTER

FredokaOne

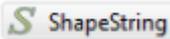
Roboto

Rowdies

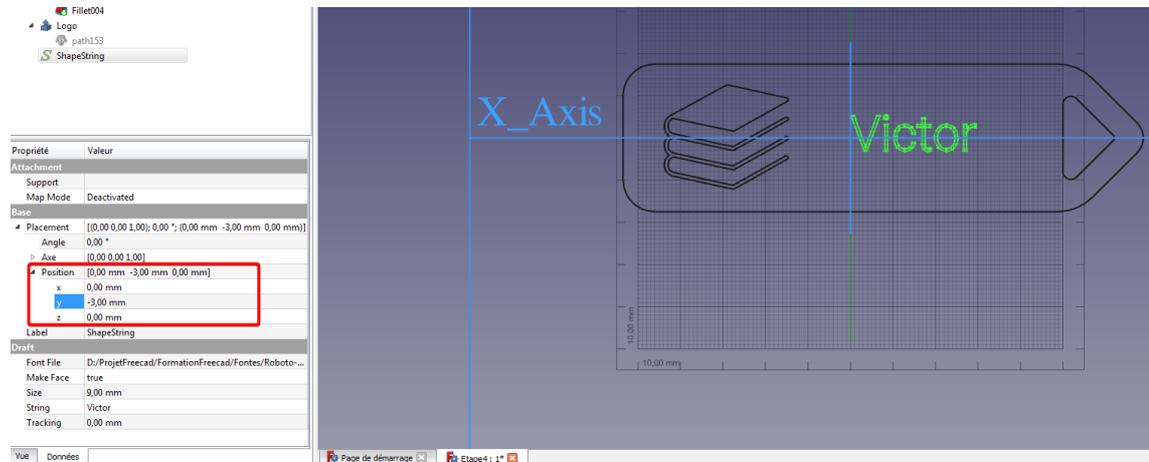
SairaStencilOne

StardosStencil

## 2. Positionnement du dessin Prenom

Un objet  est maintenant visible dans l'arborescence : le sélectionner

Dans la fenêtre propriétés/données/base/placement/position, modifier les valeurs de X et Y de manière à centrer le prénom dans les plans horizontal et vertical.

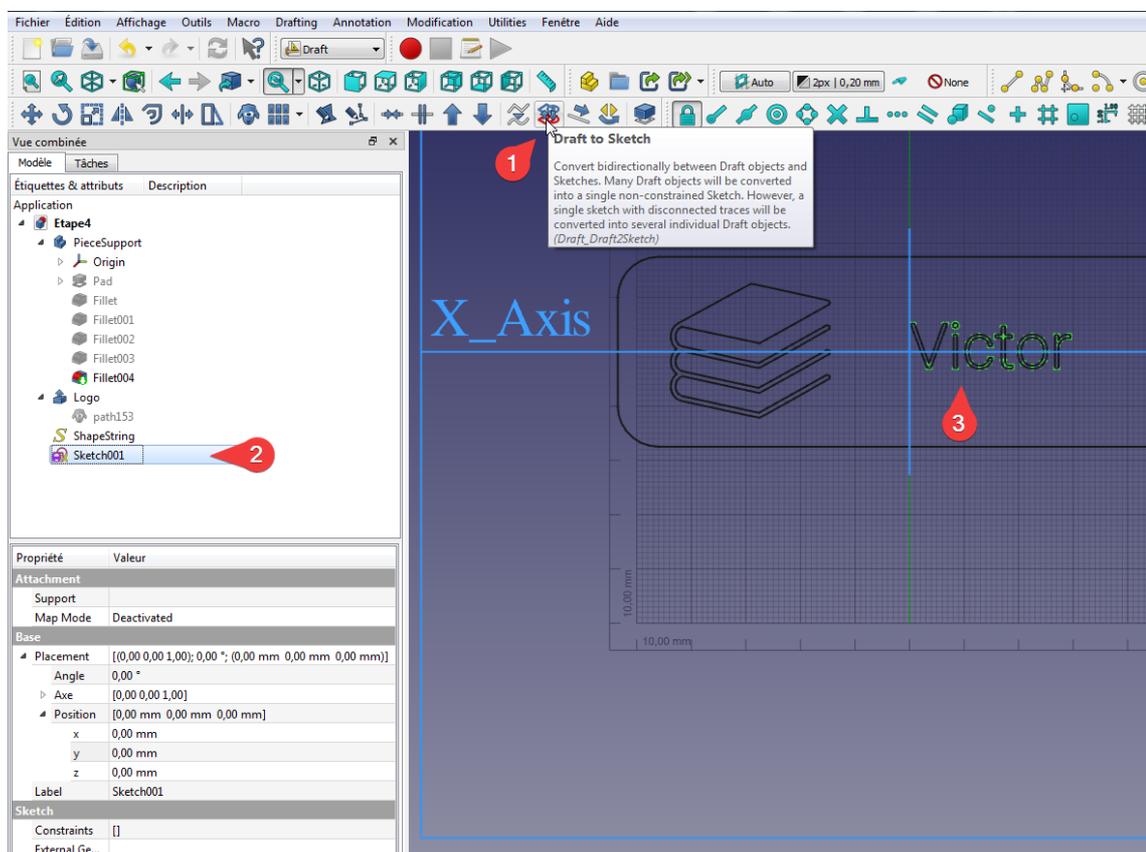


La valeur de X sera fonction de la longueur du Prénom choisi

## 3. Transformation de l'objet en esquisse

sélectionner l'objet 

- 1  Clic gauche sur l'icône Draft to sketch
- 2  Création du  dans l'arborescence : Sketch001
- 3 Le dessin de l'esquisse apparaît en noir dans la vue 3D par dessus le 



Sélectionner le 

Supprimer le 

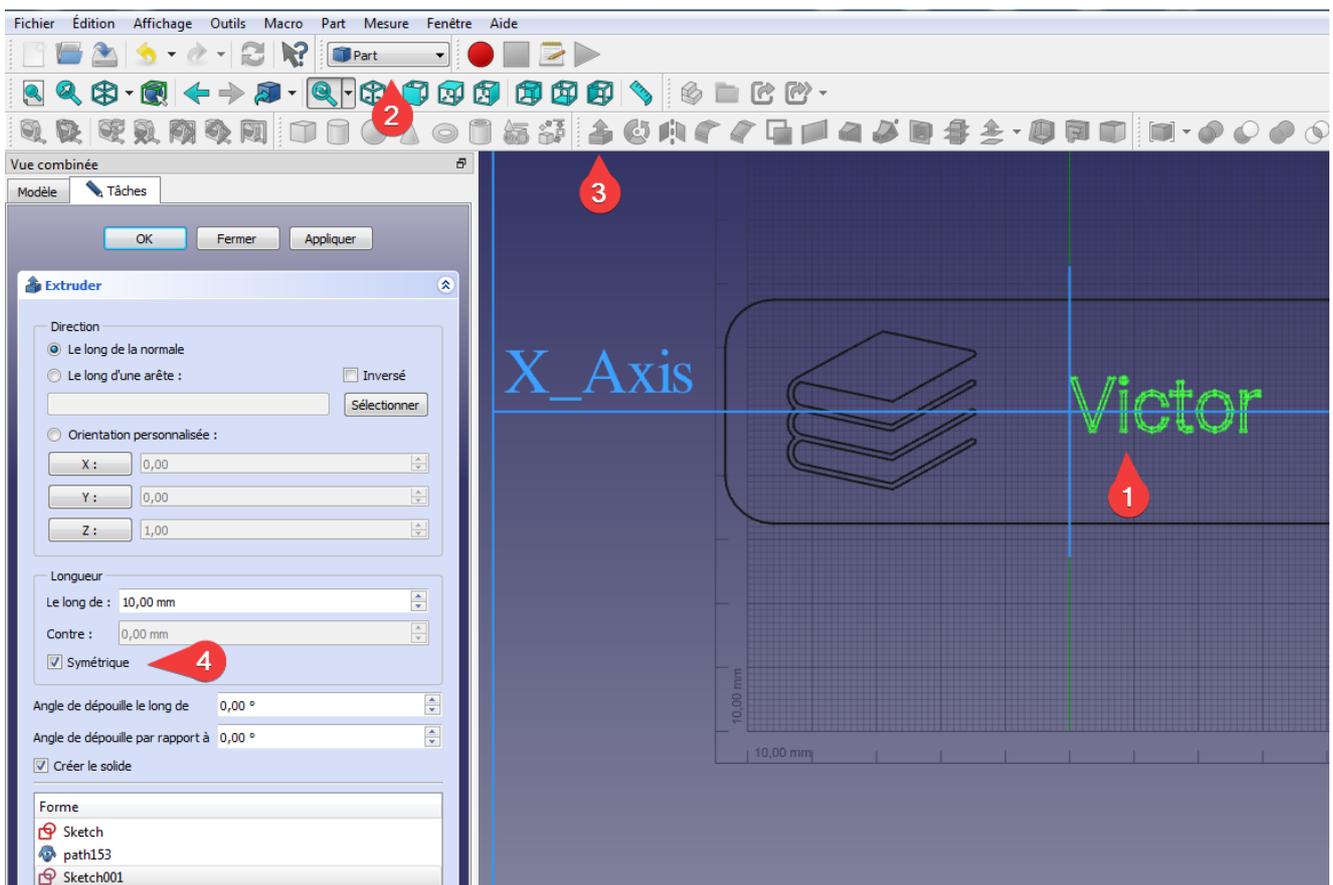
#### Attention

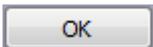
Si jamais vous souhaitez modifier la police de caractère par la suite, il est conseillé de conserver ce fichier.

Il devra être désactivé dans l'arborescence (Sélection  puis **barre espace**) afin de disparaître dans la vue 3D.

#### 4. Transformation de Sketch001 en corps

- 1 Sélectionner le  Sketch001 créé
- 2 Ouvrir l'atelier Part 
- 3 Clic sur l'icone Extrusion 
- 4 Dans la fenêtre qui s'ouvre, cocher l'option Symétrique



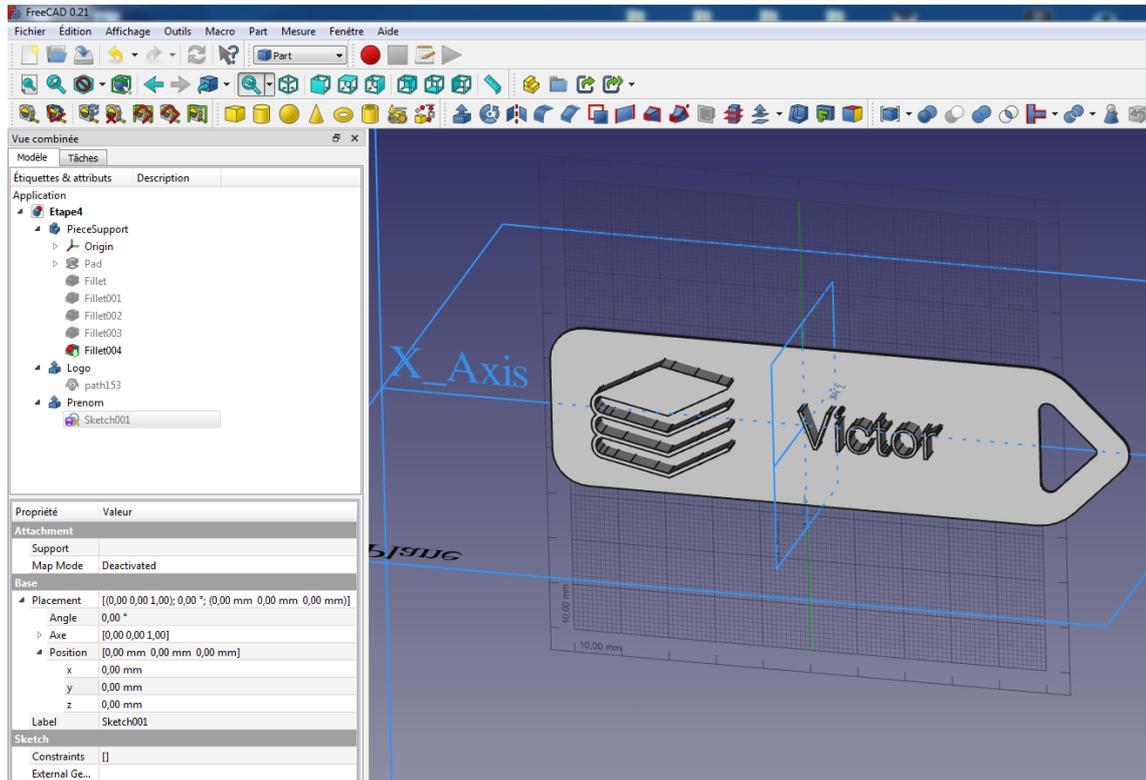
Clic sur 

Sélectionner le nouveau corps Extrude xxx

Touche F2, renommer en Prénom

Repasser en mode « comme actuellement » 

Visualiser le Prénom en 3D dans la vue 3D



Sauvegarder 

## Résultat

Vous venez de réaliser votre troisième solide en 3D à partir d'une police de caractère. Votre Prénom est prêt à être fusionné avec la pièce support.

## 6. Etape 5 - Fusion des corps

### Procédure Pas à Pas

#### Prérequis

Les trois corps suivant doivent être prêt :

- PieceSupport
- Logo
- Prenom

#### Opérations Booléennes

Pour réaliser cette étape, nous allons utiliser les fonctions booléennes du logiciel. Les opérations booléennes sont des fonctions mathématiques, plus précisément, des fonctions logiques permettant de calculer des unions, des différences, des intersections et des sections.

Le principe sous  est le suivant :

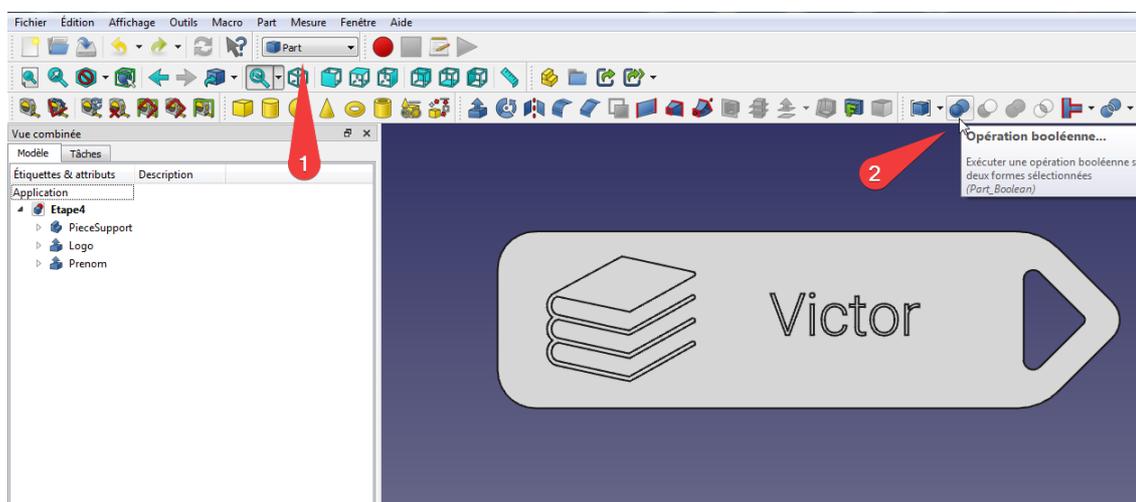
Première forme : c'est la pièce principale sur laquelle on désire ajouter ou retirer de la matière.

Deuxième forme : c'est la pièce qui forme la matière à retirer ou à ajouter.

#### Procédure

##### 1. Fusion du Logo avec la PieceSupport

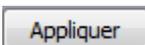
- 1 Ouvrir l'atelier Part 
- 2 Clic sur l'icone Opérations booléennes 

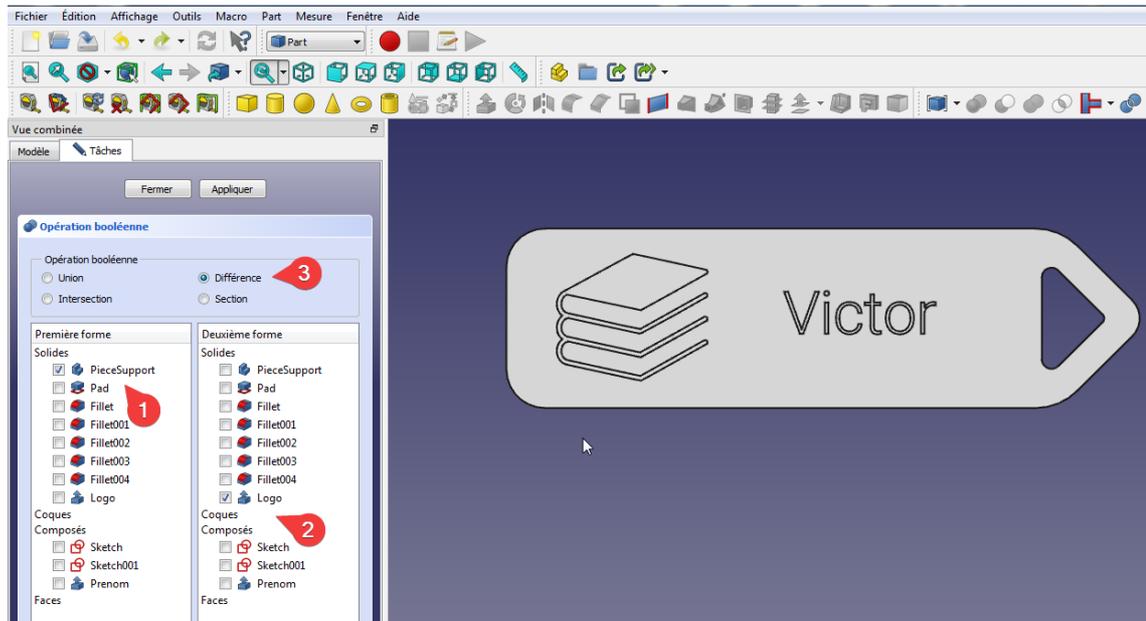


Une fenêtre s'ouvre

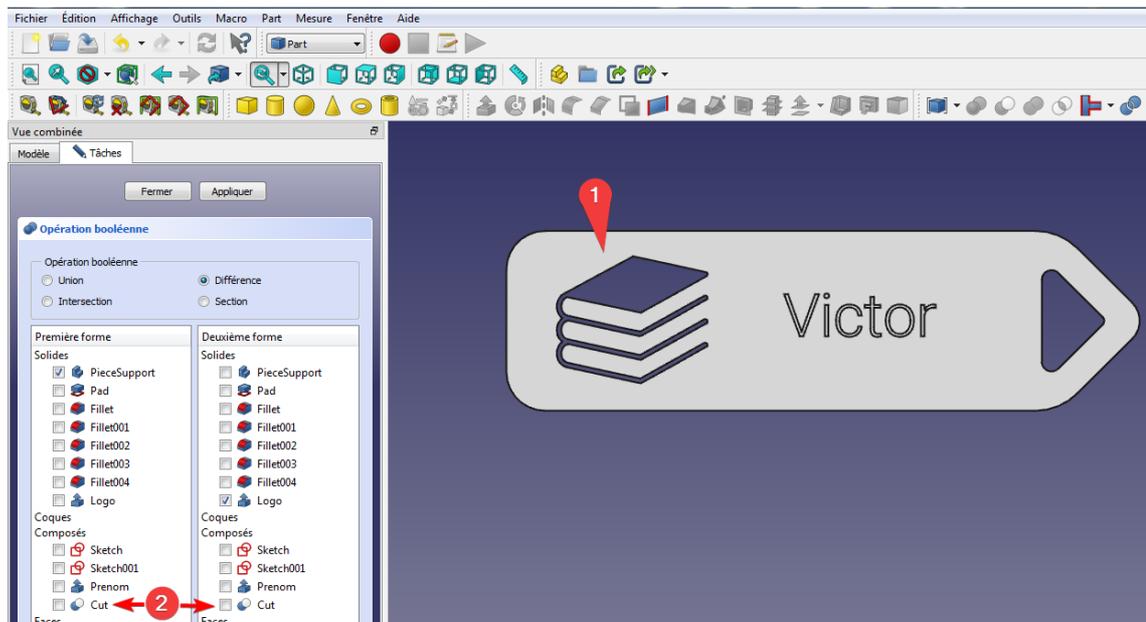
Première fusion :

- 1 Dans la colonne Première forme, cocher PieceSupport
- 2 Dans la colonne Deuxième forme, cocher Logo
- 3 Opération souhaitée = Différence

Action sur bouton 



- 1 Résultat de la fusion dans la vue 3D : évidement du Logo
- 2 Remarquez l'apparition d'un nouveau corps « Cut »



Laisser la fenêtre ouverte

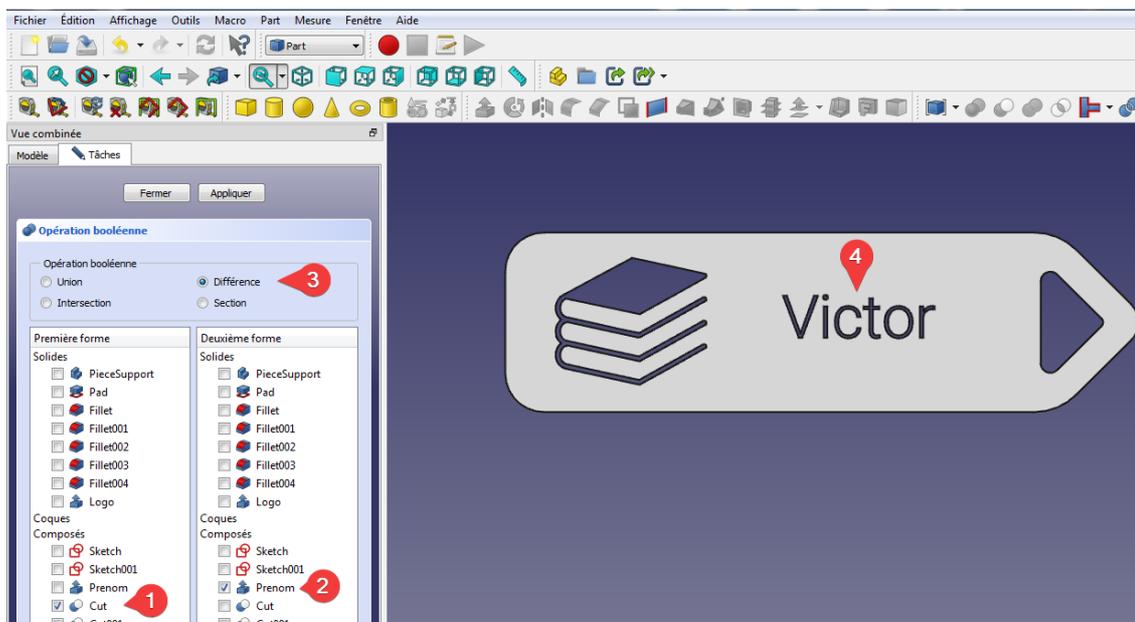
## 2. Fusion du Prenom avec le nouveau corps « Cut »

Deuxième fusion :

- 1 Dans la colonne Première forme, cocher Cut
- 2 Dans la colonne Deuxième forme, cocher Prenom
- 3 Opération souhaitée = Différence

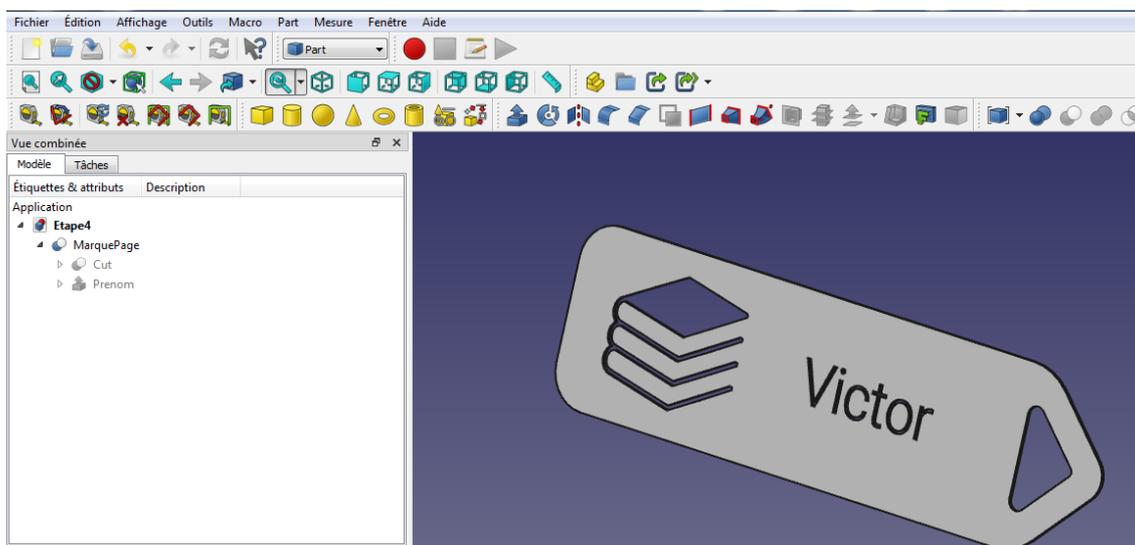
Action sur bouton Appliquer

- 4 Résultat de la fusion dans la vue 3D : évidement du Prenom



Fermer la fenêtre

Renommer le corps **Cut001** en **MarquePage**



Sauvegarder 

## Résultat

La conception de votre marque page est terminée. Prochaine étape : l'impression à l'aide d'une imprimante 3D

## 7. Etape 6 - Préparation de l'impression 3D

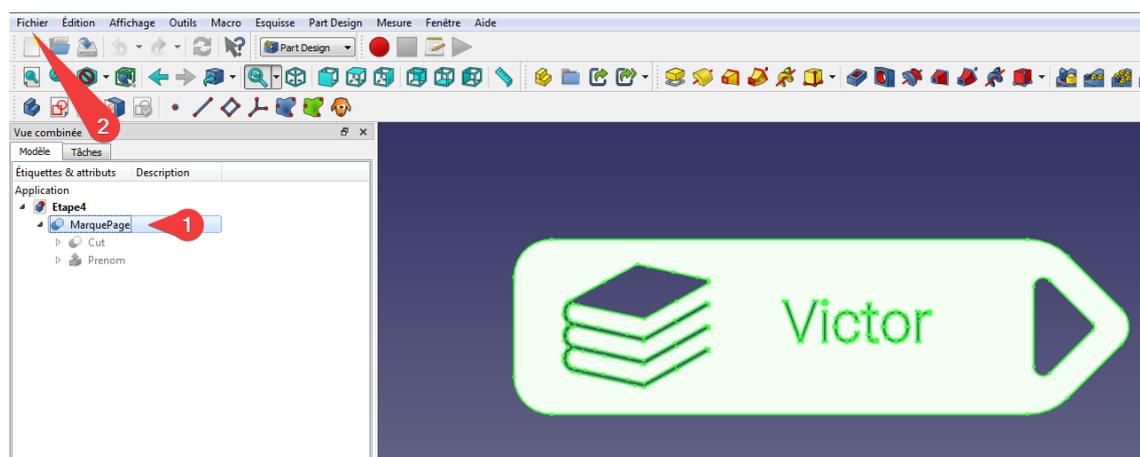
### Prérequis

La conception de votre pièce « Marque Page » doit être terminée

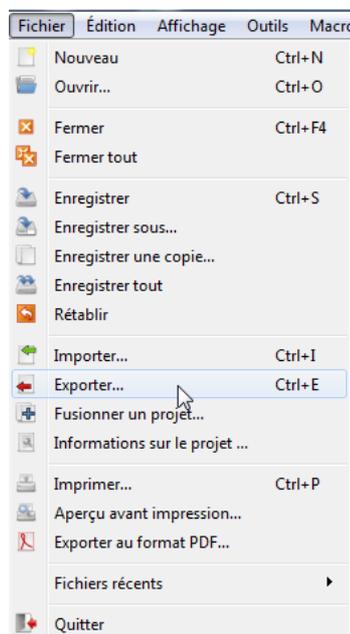
### Procédure

#### 1. Exportation du Marque page au format STL

- 1 Sélectionner le corps issue de la fusion **MarquePage**
- 2 Clic gauche sur « Fichier »

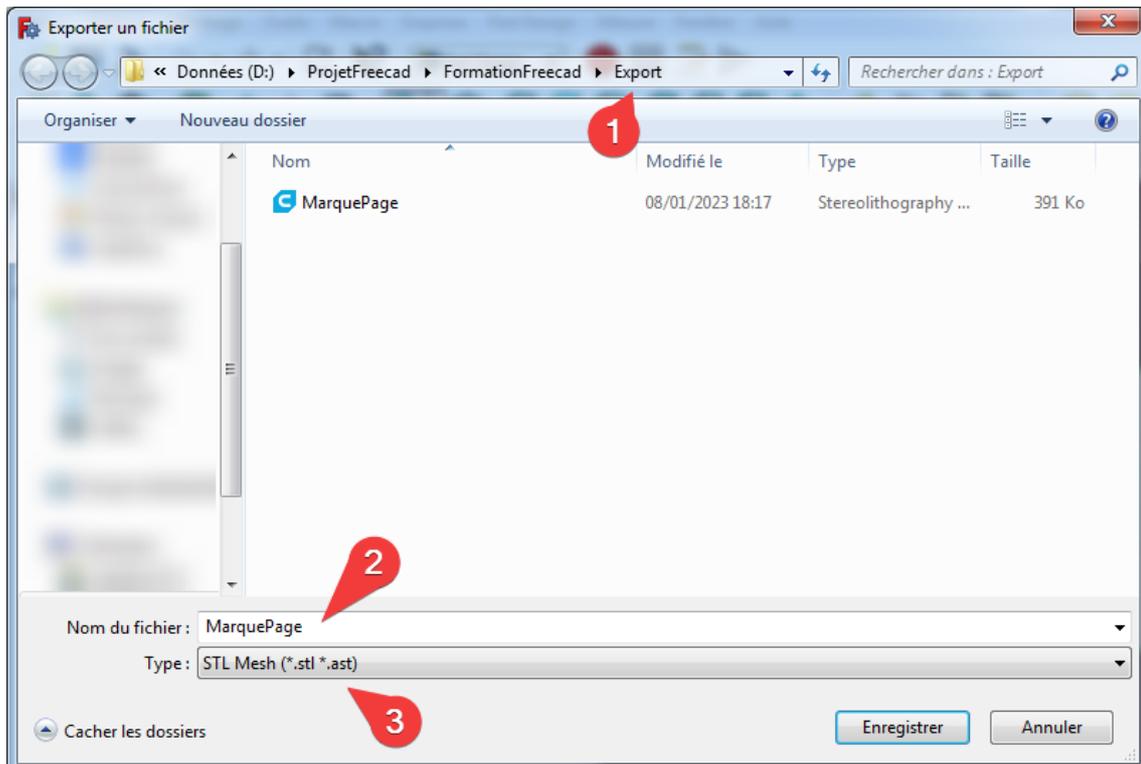


Sélectionner le menu « Exporter ... »



- 1 Sélectionner le répertoire d'exportation
- 2 Saisir le nom du fichier (sans espace) : **MarquePage**
- 3 Dans la rubrique Type, sélectionner **STL Mesh (\*.stl \*.ast)**

Clic Gauche sur **Enregistrer**



## + Le format STL

STL est l'acronyme pour « Stéréolithographie », l'un des formats de fichiers d'impression 3D les plus anciens. Développé à la fin des années 1980, ce type de format demeure très utilisé aujourd'hui. Il décrit la géométrie de surface d'un objet en 3D sans représenter la couleur, la texture ou autre attribut. Le format STL a pour extension « .STL ». Ces fichiers sont générés par un programme de conception assistée par ordinateur (CAO).

Le fichier STL va simplifier une surface 3D sous forme de « pavage », une série de petits triangles dont le nombre va augmenter quand il s'agit de représenter et recréer au mieux les surfaces courbe. Lorsqu'il faut utiliser un grand nombre de triangles, la taille du fichier au format STL d'un modèle 3D se trouve rapidement gonflée.

Votre marque page est maintenant prêt à être traité par le logiciel de découpage (Slicer), préambule à l'impression 3D.

## 2. Préparation du fichier d'impression GCODE

### + Le format GCODE

Le fichier portant l'extension .GCODE contient les commandes permettant de définir la façon dont une imprimante 3D doit réaliser une impression. Il stocke les instructions telles que la vitesse d'impression, la température de réglage et l'endroit où les éléments à imprimer doivent se déplacer. Ce format de fichier 3D est créé avec des programmes de découpage.

### 👁 Exemple

```
1 ;FLAVOR:Marlin
2 ;TIME:1252
3 ;Filament used: 0.843198m
4 ;Layer height: 0.2
5 ;MINX:59.808
6 ;MINY:83.5
```

```

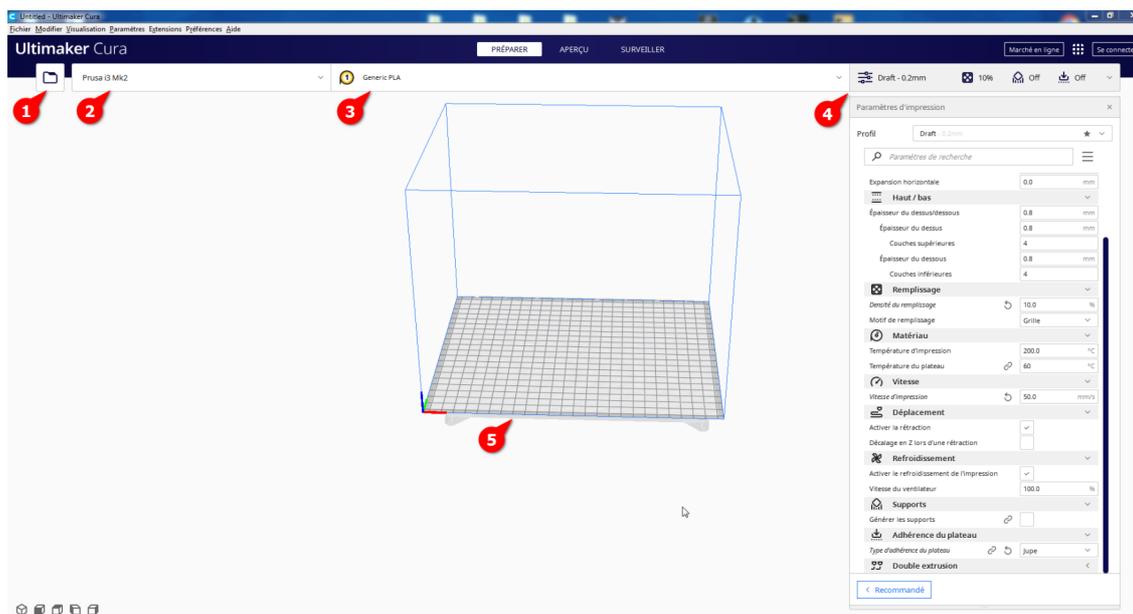
7 ;MINZ:0.15
8 ;MAXX:190.214
9 ;MAXY:126.5
10 ;MAXZ:0.55
11 ;Generated with Cura_SteamEngine 4.13.1
12 M82 ;absolute extrusion mode
13 G21 ; set units to millimeters
14 G90 ; use absolute positioning
15 M82 ; absolute extrusion mode
16 M104 S200 ; set extruder temp
17 M140 S60 ; set bed temp
18 M190 S60 ; wait for bed temp
19 M109 S200 ; wait for extruder temp
20 G28 W ; home all without mesh bed level
21 G80 ; mesh bed leveling
22 G92 E0.0 ; reset extruder distance position
23 G1 Y-3.0 F1000.0 ; go outside print area
24 G1 X60.0 E9.0 F1000.0 ; intro line
25 G1 X100.0 E21.5 F1000.0 ; intro line
26 G92 E0.0 ; reset extruder distance position
27 G92 E0
28 G92 E0
29 G1 F1500 E-6.5
30 ;LAYER_COUNT:3
31 ;LAYER:0
32 M107
33 G0 F3600 X73.822 Y87.302 Z0.15
34 ;TYPE:SKIRT
35 G1 F1500 E0
36 G1 X74.237 Y86.954 E0.01351
37 G1 X74.389 Y86.832 E0.01837
38 G1 X74.849 Y86.483 E0.03278
39 G1 X75.014 Y86.365 E0.03784
40 G1 X75.485 Y86.044 E0.05205
41 G1 X75.648 Y85.938 E0.0569
42 G1 X76.123 Y85.647 E0.0708
43 G1 X76.286 Y85.553 E0.07549
44 G1 X76.779 Y85.282 E0.08953
45 G1 X76.954 Y85.191 E0.09445
46 G1 X77.461 Y84.944 E0.10852
47 G1 X77.649 Y84.859 E0.11366
48 G1 X78.155 Y84.644 E0.12738
49 G1 X78.332 Y84.573 E0.13213
50 G1 X78.881 Y84.37 E0.14674
51 G1 X79.078 Y84.303 E0.15193
52 G1 X79.617 Y84.135 E0.16601
53 G1 X79.804 Y84.082 E0.17086
54 G1 X80.329 Y83.946 E0.18439
55 G1 X80.5 Y83.905 E0.18877
56 G1 X81.074 Y83.783 E0.20341

```

Découverte de l'interface du logiciel de « découpage » (slicer) Ultimaker Cura (gratuit).

- 1 Icône permettant l'ouverture fichier STL de notre marque page
- 2 Sélection de l'imprimante 3D : Prisa i3 Mk2
- 3 Sélection du type de filament utilisé : PLA<sup>[p.101]</sup>, de son diamètre (ici 1.75 mm) et ainsi que la taille de la buse, ici 0.4 mm

- 4 Panneau simplifié des réglages ainsi que les paramètres d'impression. dans notre cas nous nous contenterons du paramétrage **Basic**
- 5 L'espace de dépôt de la pièce à imprimer. Il représente le plateau de l'imprimante.



Focus sur le panneau simplifié :

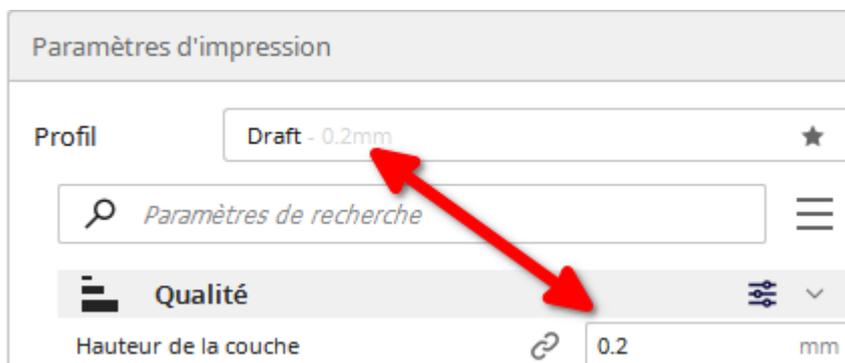
- 1 Qualité d'impression : 0,2 mm
- 2 Niveau de remplissage de la pièce
- 3 Activation des « supports » : Pas nécessaire pour notre pièce
- 4 Activation de l'outils d'adhérence au lit chauffant : Pas nécessaire pour notre pièce



**+** Détails des outils de paramétrage importants

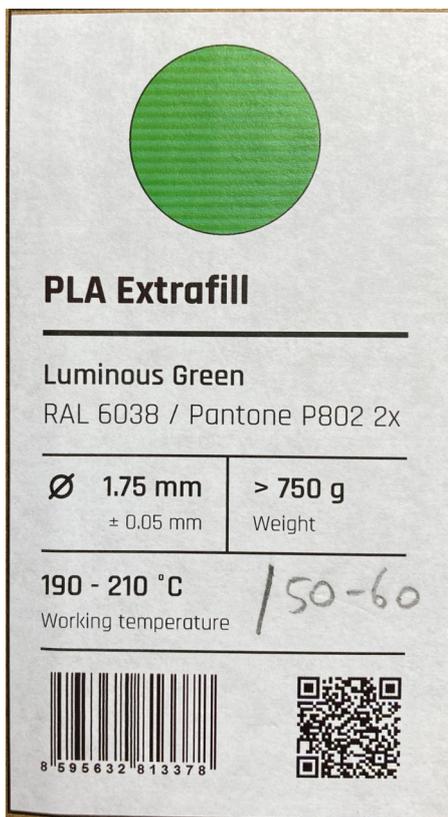
**Qualité :**

Il est lié avec le choix de la qualité d'impression



**Matériau :**

En fonction du type de filament choisi (Matériau), les températures d'utilisation peuvent varier. il faut se référer aux indications inscrites sur la bobine de filament ou la boîte de conditionnement.



Température d'impression : C'est la température à laquelle la buse doit être pour fondre le filament. La plage de température d'emploi du filament que nous allons utiliser est comprise entre 190 à 210°C. Nous choisirons 200°C.

Température du plateau : c'est la température à laquelle le lit doit être pour permettre une bonne adhérence de la pièce durant l'impression. La plage de température du plateau est comprise entre 50 et 60°C. Nous choisirons 50°C.

Ces choix sont le résultat d'essais préalables permettant d'obtenir une impression de bonne qualité.

⊙ <b>Matériau</b> ▾	
Température d'impression	200.0 °C
Température du plateau	50.0 °C

### Support :

Lorsque des pièces ont un aplomb important, il est nécessaire d'avoir des supports de « soutien » : la dépose de filament dans le vide n'est pas possible. Dans notre cas, pas de support.

🏠 <b>Supports</b> ▾	
Générer les supports	<input type="checkbox"/>

### Adhérence :

Cette option est nécessaire lorsque les pièces ont un faible empiètement. Dans ce cas, le simple passage de la buse pour déposer du filament fondu peut entraîner un décollement de la pièce sur le lit. Il existe des options pour augmenter l'empiètement donc l'adhérence. Dans notre cas, pas de support.



c

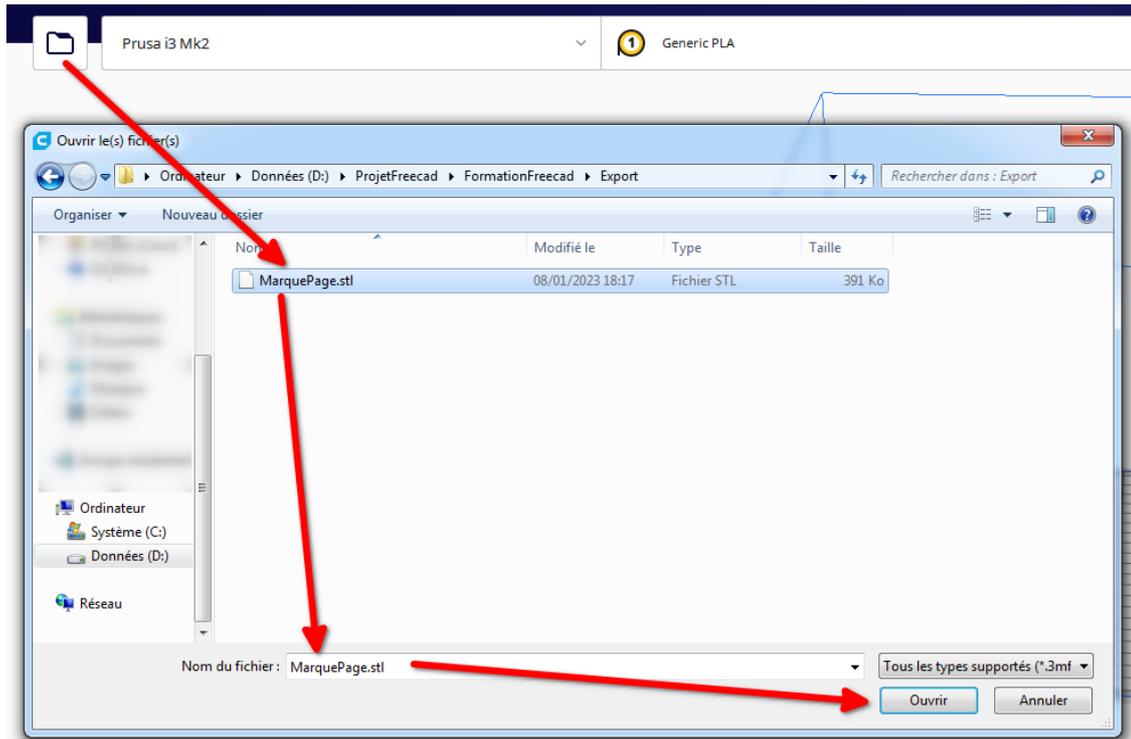
Chargement du fichier STL :

Clic gauche sur 

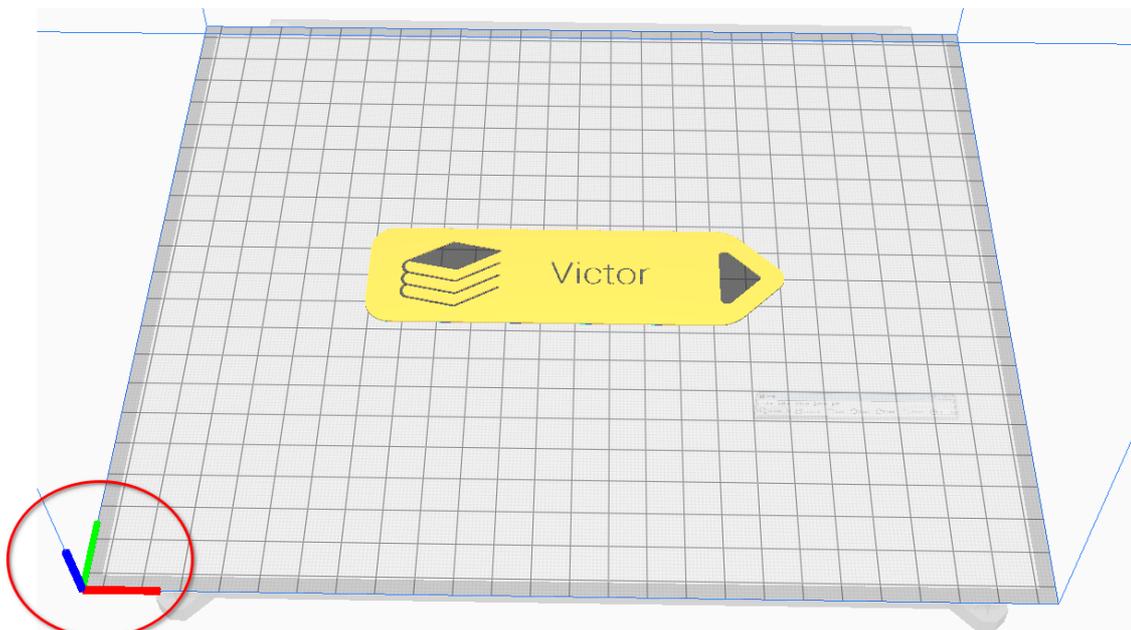
Une fenêtre s'ouvre :

Sélectionner le répertoire où est enregistré le fichier STL,

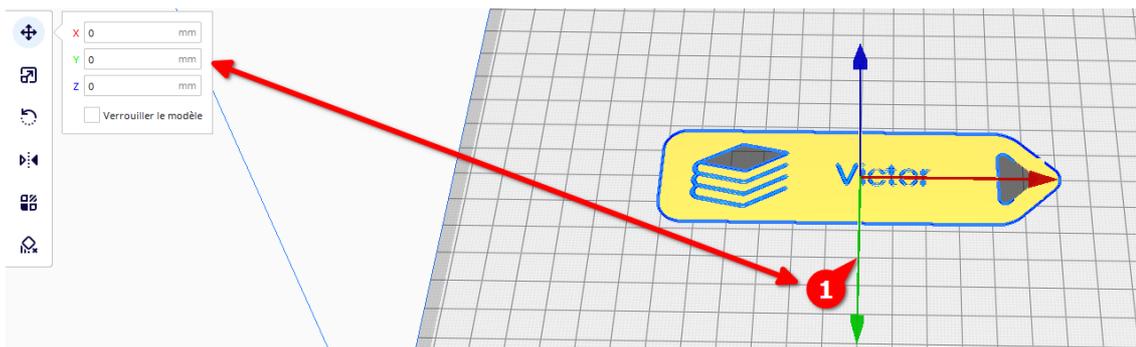
Sélectionner le fichier STL puis action sur 



La pièce apparaît sur le plateau. remarquer au passage que nous retrouvons le trièdre XYZ

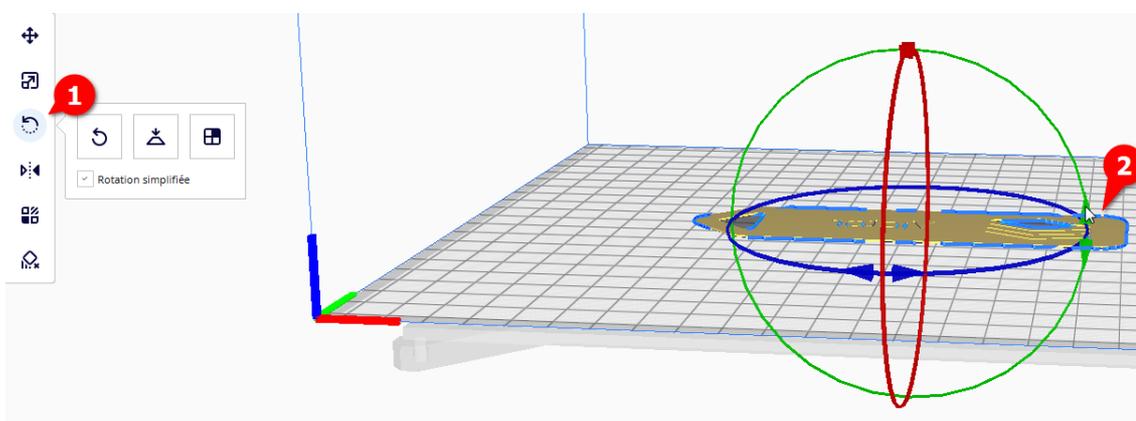


Il est possible de déplacer la pièce sur le plateau, soit à la souris par clic gauche maintenu ou soit par saisie des valeurs X, Y, Z



Par commodité, nous allons retourner la pièce afin de l'imprimer à l'envers :

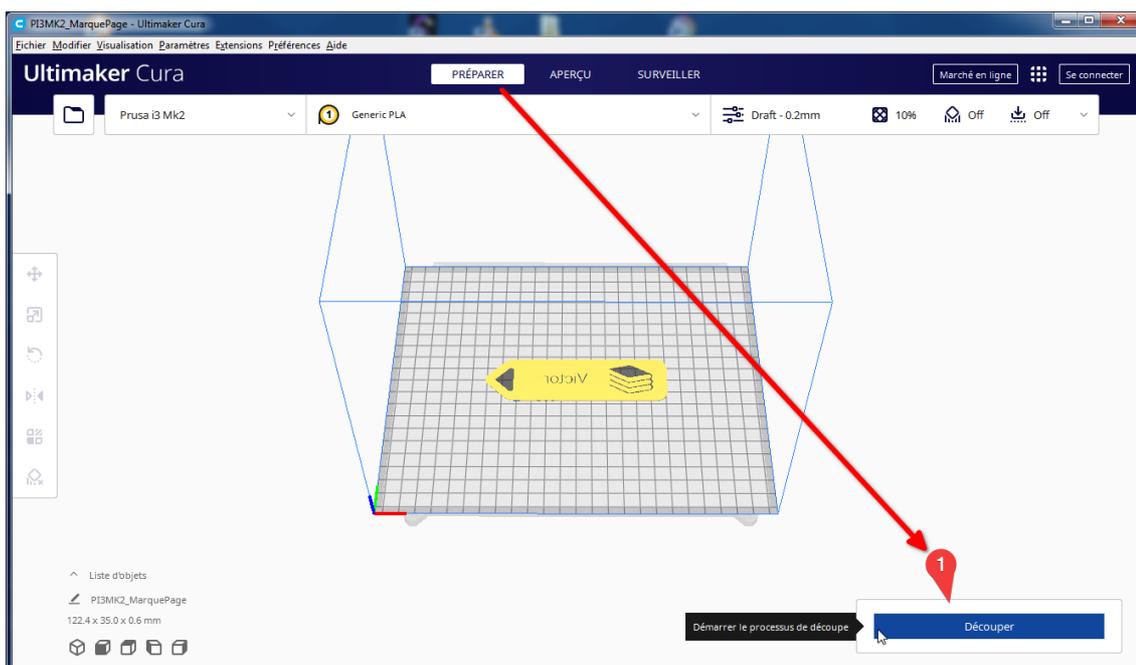
- 1 Clic gauche sur , cela active les cercles XYZ
- 2 Clic gauche maintenu puis déplacement de la pièce sur l'axe sélectionné, ici X



La pièce est prête à être découper :

S'assurer d'être dans l'espace « PRÉPARER »

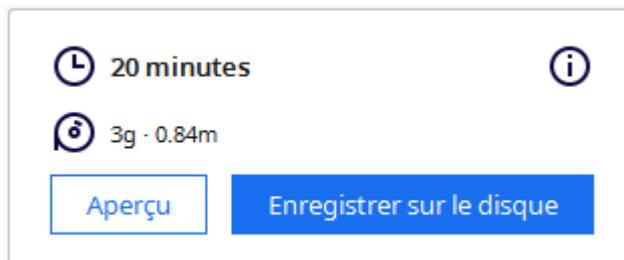
- 1 Clic Gauche sur « Découper »



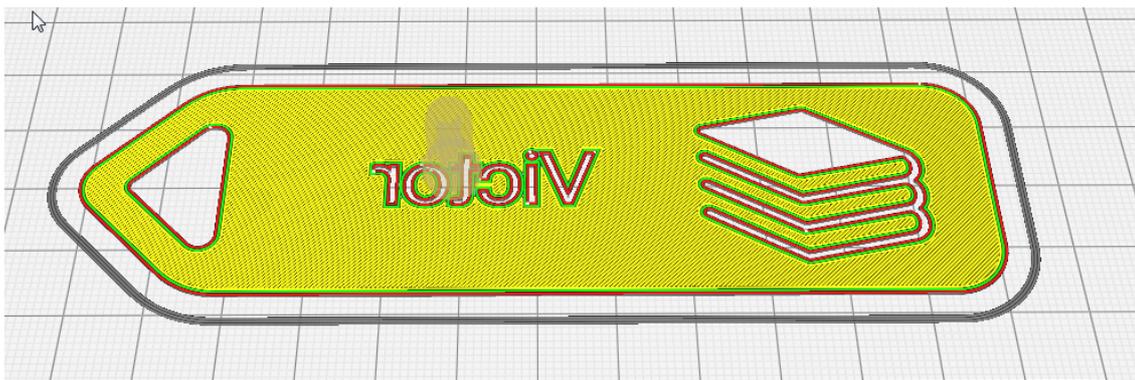
Une fois l'opération Terminer la fenêtre affiche :

La durée d'impression = 20 minutes

La masse de la pièce = 3 grammes et la longueur de filament utilisé = 0.84 m



Clic gauche sur « Aperçu » (ci-dessus), vous pouvez visualiser la simulation d'impression



Enregistrement du fichier GCODE :

1 Clic gauche sur « Enregistrer le fichier sur le disque »

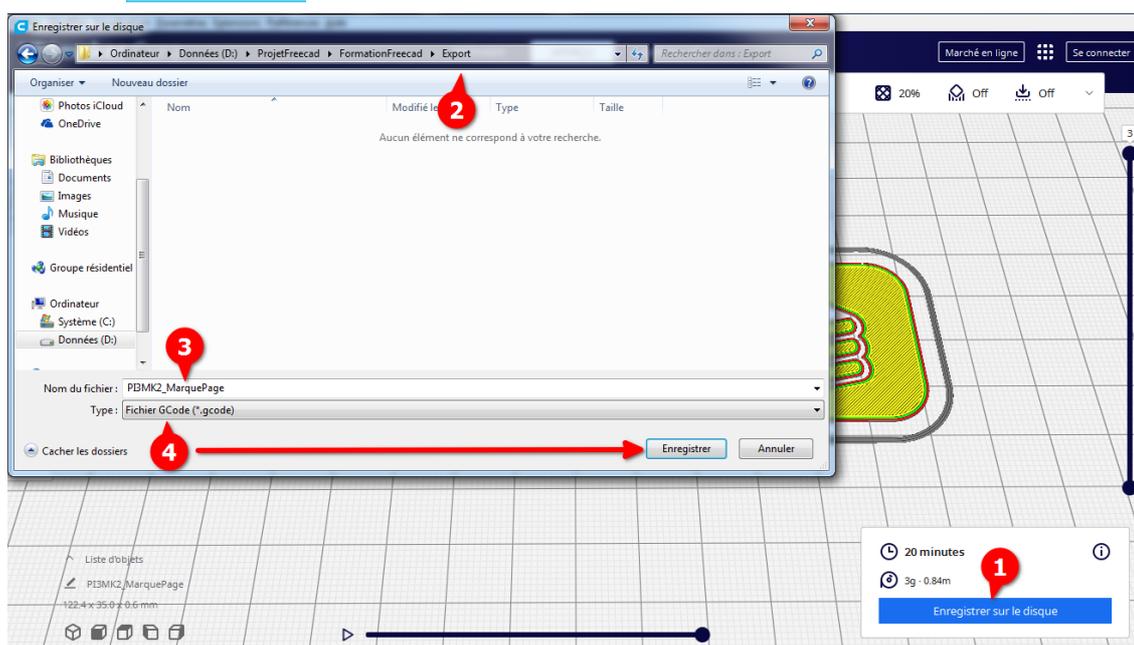
Une fenêtre s'ouvre,

2 Sélectionner le répertoire

3 Accepter le nom du fichier proposé

4 Assurer vous que le type de fichier est bien « GCODE »

Clic gauche sur **Enregistrer**



Copier le fichier GCODE généré sur la carte mémoire de votre imprimante.

## Résultat

Il ne vous reste plus maintenant qu'à réaliser l'impression de votre marque page : **Félicitation**, vous êtes maintenant capable de réaliser une pièce pour l'imprimer en 3D

## 8. Etape 7 - Impression 3D de la pièce : mise en oeuvre de l'imprimante

### Prérequis

Après passage au slicer, vous devez être en possession de fichier Gcode

### Procédure

#### 1. Précautions d'emploi de l'imprimante 3D

La mise en oeuvre d'une imprimantes 3D requiert de respecter quelques précautions élémentaires.

#### Attention



Une **distance de sécurité de 30 cm** tout autour de l'imprimante doit être respectée.



Ne pas laisser des **enfants sans surveillance** lors du fonctionnement de

l'imprimante.



L'imprimante étant alimentée par le réseau VAC 230 Volts, 50 Hz, le **risque**

**d'électrocution** reste possible en cas de mauvaises manipulations.



Le contact de l'**alcool Isopropylique** avec la peau, les yeux et l'inhalation peuvent

entraîner des **irritations dangereuses pour la santé**.



L'**alcool Isopropylique** ne doit pas rentrer en contact avec des pièces chaudes ou

incandescentes sous **risque de vaporisation et/ou d'inflammation**.



Ne pas laisser sans surveillance l'imprimante 3D durant l'impression, **Risque**

possible d'incendie.



Durant l'impression, de nombreuses **pièces sont en mouvement**. Ne pas mettre

les mains dans le dispositif aux **risques de blessures**.



Le plateau (Bed) pouvant atteindre 100° et la buse pouvant atteindre 300°, des

**risques de brûlures** sont possibles. Pour mémoire, des températures  $\geq 40^\circ$  sont dangereuses.



La fusion du filament peuvent générer des **odeurs** et **l'émission de particules fines**.

Veiller à bien ventiler le local.

## 2. Transfert du fichier « Gcode » vers l'imprimante

Après transformation de votre fichier 3D en fichier « Gcode » à l'aide d'un logiciel de découpage comme « Ultimaker Cura ©», vous devez transférer votre fichier « Gcode » sur la carte mémoire de l'imprimante.

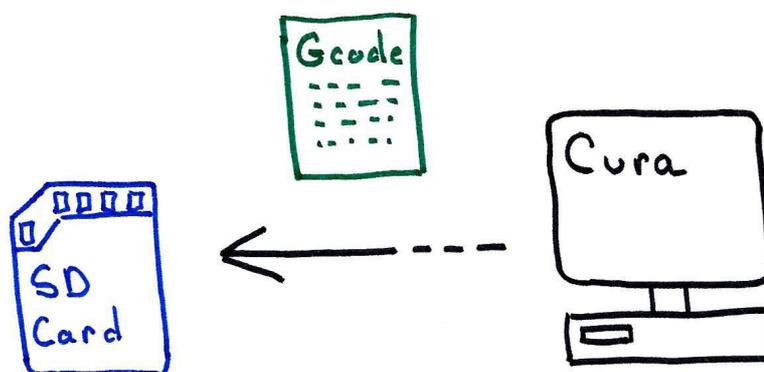
Se munir de la carte SD de l'imprimante,

Insérer la carte SD dans le lecteur de l'ordinateur ou dans un lecteur de carte raccordé à votre ordinateur,

Ouvrir l'explorateur de fichier et accéder au répertoire « Export »

Par copier-coller, réaliser le transfert de votre PC vers la carte SD du fichier « Gcode »

**PI3MK2\_MarquePage.gcode** enregistré précédemment.



Retirer la carte SD de votre PC puis l'insérer dans le lecteur de l'imprimante 3D situé sur le boîtier de commande.



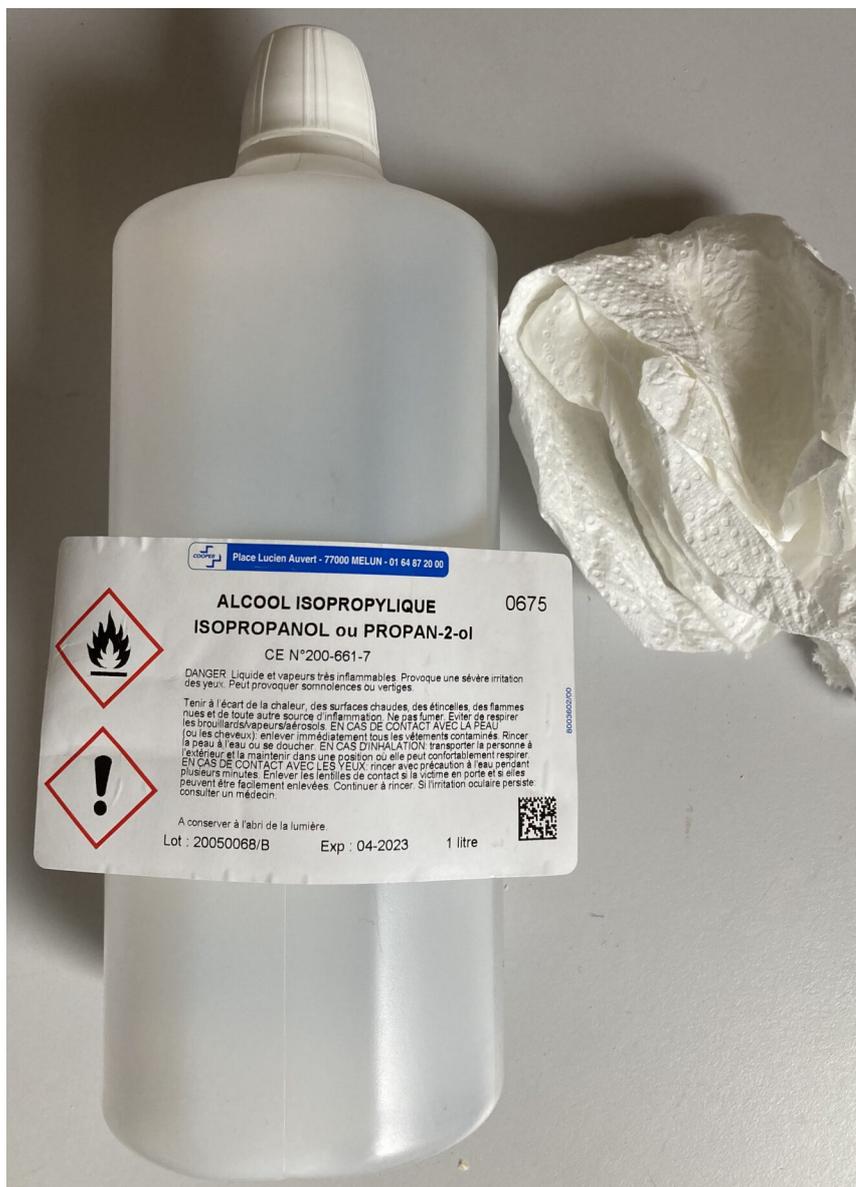
**⚠ Attention**

La carte SD doit être insérée avant la mise en fonction de l'imprimante au risque de possiblement la détériorer.

### 3. Préparation du plateau d'impression (Bed)

Afin de réaliser une impression dans les meilleures conditions, il est nécessaire de « nettoyer » le plateau d'impression.

Se munir d'un chiffon propre (tissu ou papier type « sopalin ») et du bidon d'alcool isopropylique,



Imbiber le chiffon d'alcool puis nettoyer le plateau,

Veiller à retirer tous les éléments de filament fondu présent sur le plateau.

Le Plateau est prêt pour l'impression.

### 4. Le boîtier de commande

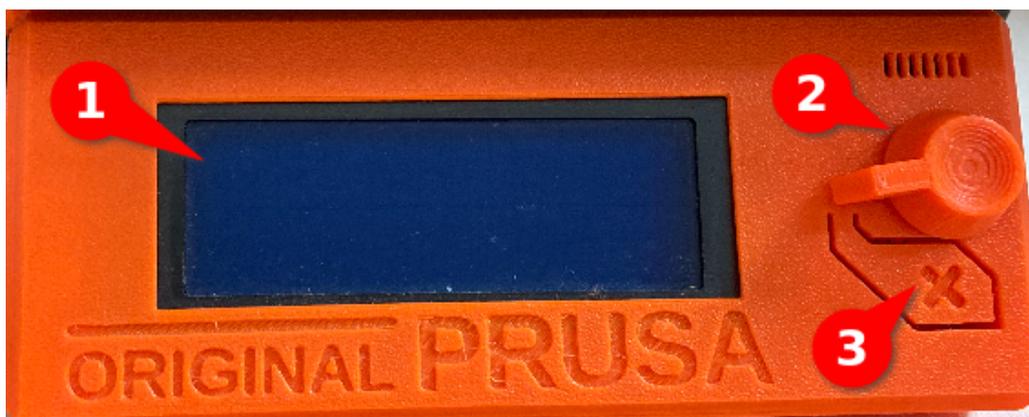
Le boîtier de commande est l'interface entre vous et l'imprimante.

Il est composé d'un écran LCD **1** qui permet :

- d'afficher des informations relatives à l'activité de l'imprimante,
- d'afficher les différents menu de commande de l'imprimante.

Les boutons de commandes placés à droites sont le « Btn LCD » **2** et le bouton de « Reset (X) » **3**

Ce dernier ne sera pas utilisé pour réaliser les impressions.



Le bouton «Btn LCD» possède deux fonctionnalités :

- Rotation dans les deux sens, il permet de naviguer dans les menus affichés à l'écran. Le menu sélectionné par notre action est symbolisé par le signe . Ce signe se déplace sur le côté gauche de l'écran,
- L'appui sur le centre du bouton permet de valider les choix fait à l'écran.

Lors de la navigation les symboles suivants peuvent apparaître :

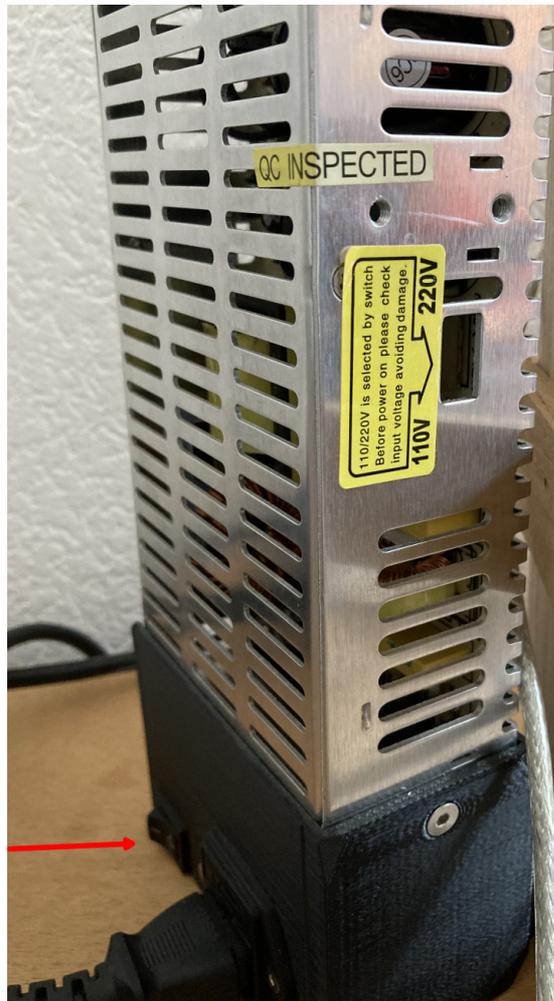
-  Il indique que des sous menu sont disponibles,
-  En validant ce menu, nous retournons au menu « parent ».

## 5. Mise en route de l'imprimante 3D

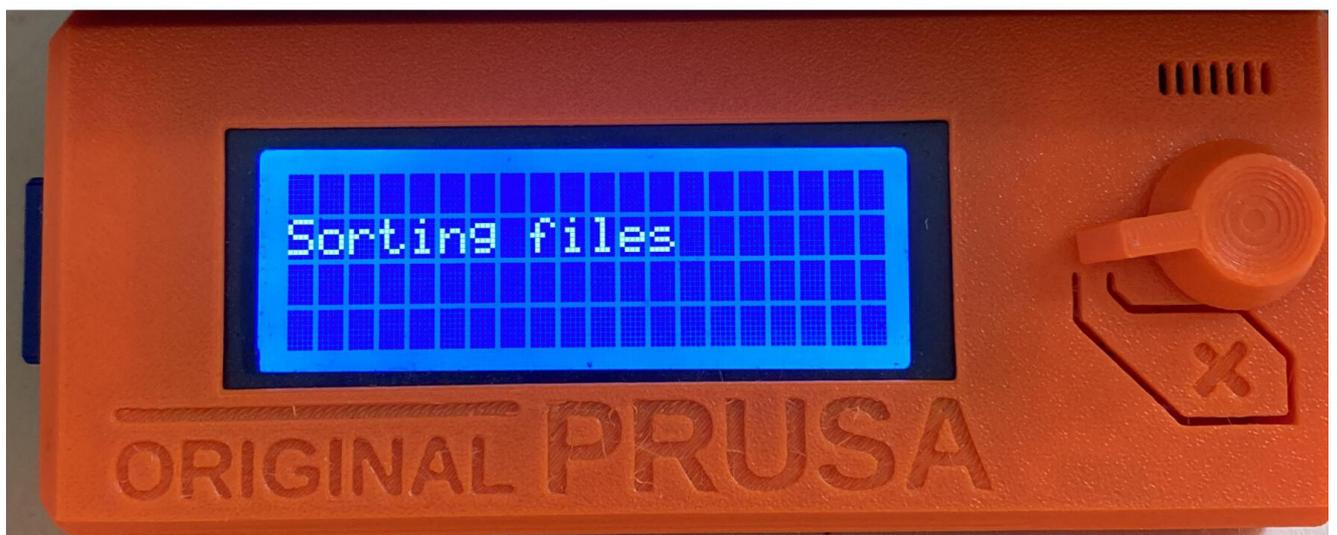
Avant mise en route, s'assurer qu'aucun objet ne puisse bloquer les mouvements de l'imprimante  
Le boîtier de commande est éteint



Après s'être assuré que le cordon d'alimentation est raccordé au secteur, actionner le bouton « marche » situé sur le boîtier d'alimentation



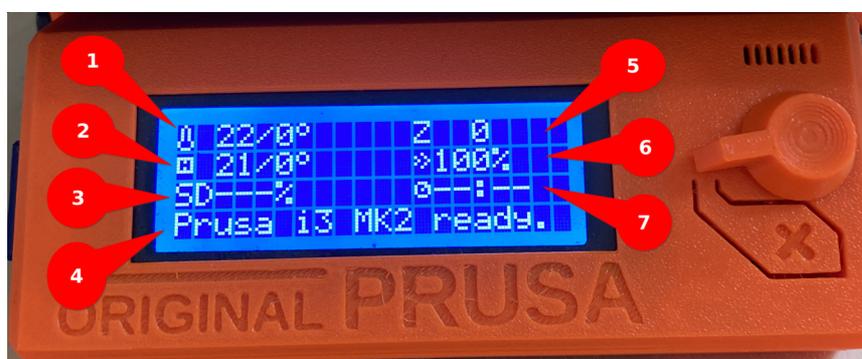
L'imprimante démarre. Le boîtier de commande affiche « Sorting files » indiquant que les fichiers contenus sur la SD Card sont triés par ordre alphabétique



Après quelques instants, l'imprimante est prête. Les informations suivantes s'affichent sur l'écran de contrôle du boîtier de commande :



Explications des informations de l'écran de contrôle



- 1 Température de la buse (actuelle / consigne)
- 2 Température du plateau ( actuelle / consigne)
- 3 Affiche la source du fichier, ici, la carte « SD » et la progression de l'impression en %. Cette dernière information est affichée uniquement durant l'impression.
- 4 Information sur l'état en temps réel de l'imprimante : « Ready », « Heating », etc,... .
- 5 Affichage de la position sur l'axe « Z »
- 6 Affiche la vitesse d'impression, ce qui influe sur la qualité d'impression. Cette dernière est réglable. il est conseillé de ne dépasser 200%
- 7 Affiche le temps d'impression passé. Cette information est affichée uniquement durant l'impression.

## 6. Chargement du fichier à imprimer

Votre fichier Gcode est sur la carte SD.

Pour charger le fichier à imprimer procéder ainsi :

Manœuvrer le «Btn LCD» afin de faire dérouler les différents menus,

Sélectionner le menu « Print from SD ». vous remarquerez le pointeur  indiquant l'existence d'un sous menu



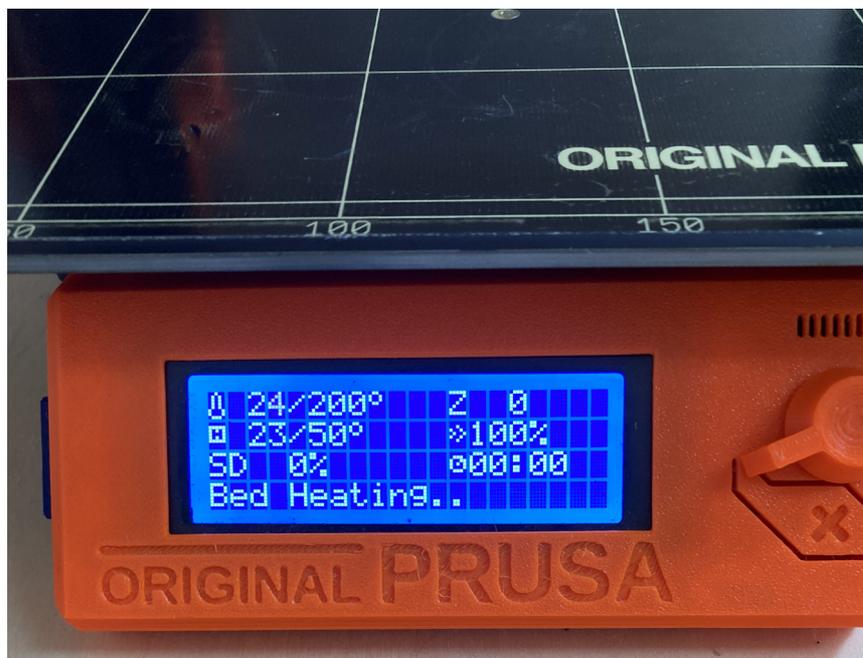
Valider le menu précédemment sélectionné par appui sur le «Btn LCD», clic

La liste des fichiers d'impression contenu sur la carte SD apparaissent



Déplacez vous dans la liste jusqu'à visualiser le nom de votre fichier

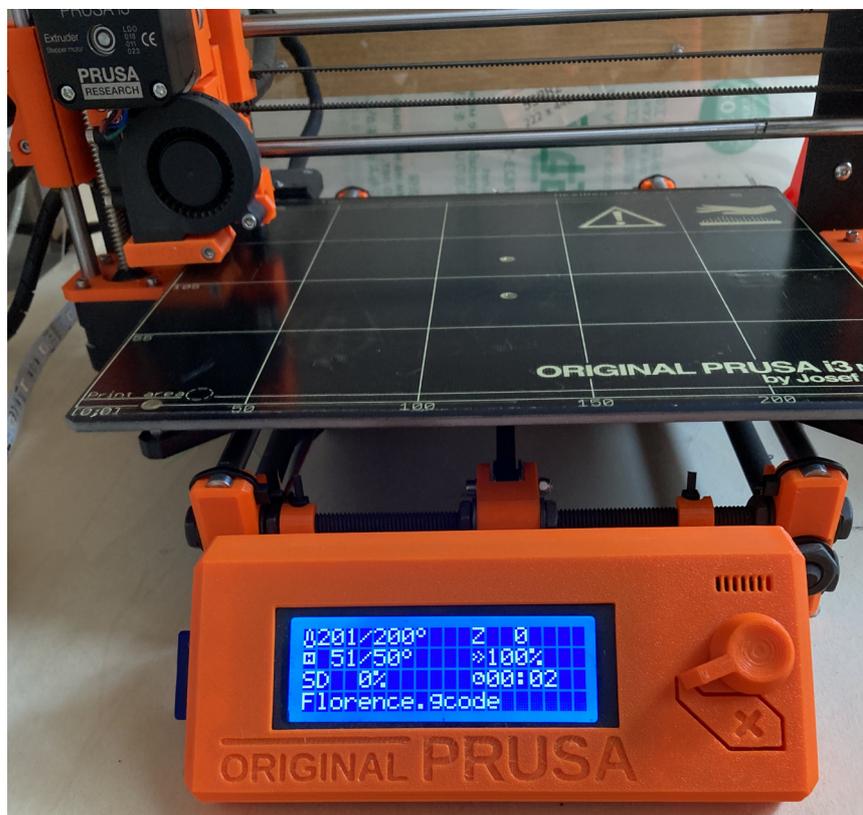
Le fichier sélectionné (pointeur ) , clic. Cette action initialise le processus d'impression.



Les températures de consignes sont lisibles, soit ici, 200° pour la buse et 50° pour le plateau. La « mise en chauffe » de l'imprimante commence par le plateau (Bed Heating) puis la buse. Après quelques instants (température de buse à environ 50°), le ventilateur de refroidissement de la buse se met en fonction .

## 7. Calibration de l'imprimante

Après avoir atteint Les températures de consignes de la buse et du plateau (BED), l'imprimante va initier une séance de calibration.



Vous noterez au passage que le nom du fichier en cours d'impression est affiché dans la barre de statut.

Cette séquence a pour objectif de relever, via un capteur, les différences de niveau du plateau en plusieurs points de celui-ci.

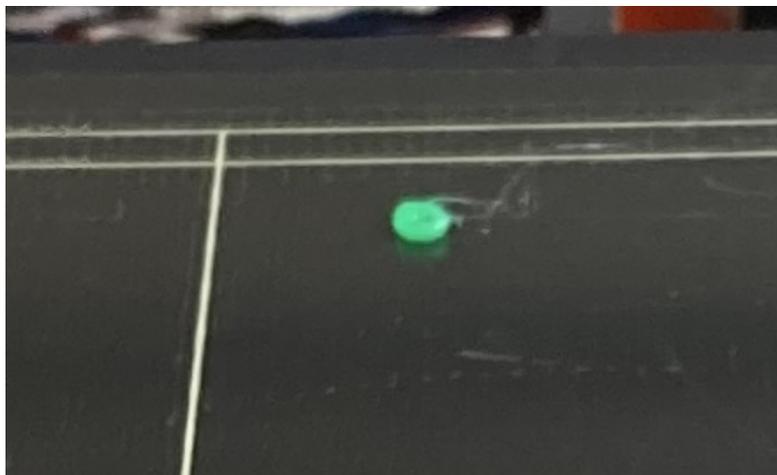


Ces valeurs sont ensuite intégrées sur l'axe « Z » ce qui permettra d'obtenir une planéité du « BED ».

### ⚠ Attention

Lors de la calibration, l'imprimante est susceptible de déposer du filament fondu sur les différents points de mesure.

Aussi, veillez à retirer ces « plots » avant que l'impression commence.



## 8. Démarrage de l'impression

### ⚠ Attention

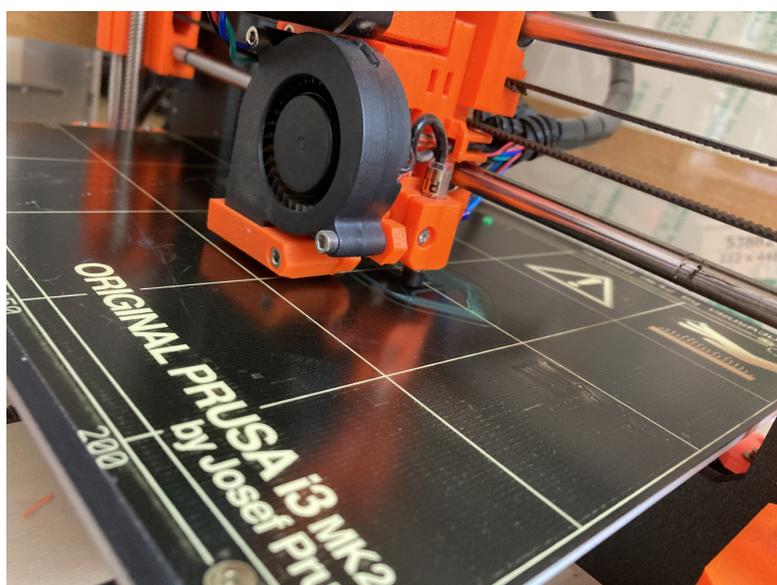
Il est primordial de surveiller l'impression de la première couche car c'est la phase « d'adhérence » au plateau.

Des problèmes inhérents à la technologie d'impression peuvent survenir (plateau trop chaud, « bavure » du filament,...) ce qui mettra en péril le résultat.

Lors de la préparation de notre fichier d'impression, nous avons fait le choix d'ajouter une « jupe ». L'impression commence par un déplacement de gauche à droite au bord du plateau. Cette opération permet de « purger » la buse d'un surcroît de filament fondu.



L'impression enchaîne sur la réalisation de la « jupe » puis continue sur la pièce.



Durant l'impression, il est possible de contrôler la progression de l'impression :

- 1 Le pourcentage d'impression réalisée,
- 2 Le temps d'impression écoulé.



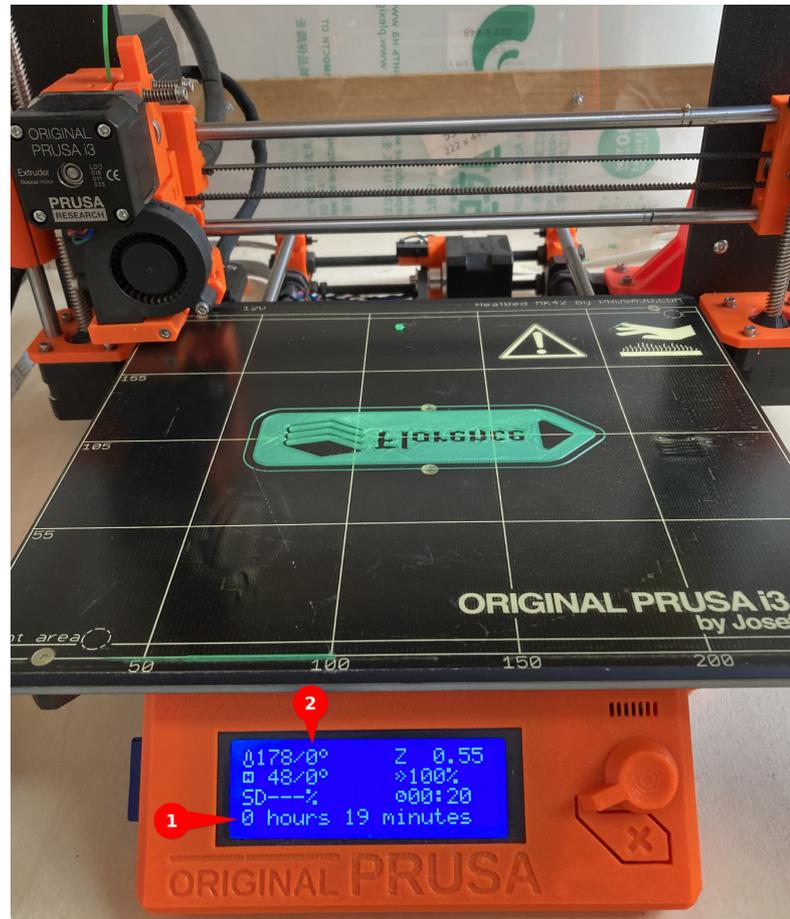
### Conseil

Lors d'impression devant durer plusieurs heures, il est prudent de surveiller le bon déroulement. En effet, vous pouvez soit être en manque de filament ou bien votre pièce a pu se détacher du plateau entraînant dans ce cas une impression dans le vide.



Lorsque l'impression est terminée, le plateau est avancé vers le boîtier de commande et la tête d'impression reprend son poste d'attente.

- 1 La barre de statut affiche la durée de l'impression,
- 2 Vous pouvez constater que les températures de consignes sont à 0° et que le plateau et la buse refroidissent doucement.



## 9. Récupération de la pièce imprimée

Avant de commencer à « décoller » la pièce du plateau, il est nécessaire d'attendre quelques minutes (environ température Plateau divisée par 2).

En fonction de la pièce réalisée, la méthode peut varier :

- pour les pièces conséquentes, prendre en main la pièce et effectuer des mouvements doux de levier. Dans le cas où cela ne fonctionne pas, attendre que le plateau soit totalement refroidi.
- l'emploi du « couteau » fourni avec l'imprimante est possible. Il est préférable d'employer exceptionnellement cette méthode car le « couteau » risque de détériorer le plateau.



- Dans notre cas, compte tenu de la faible épaisseur de la pièce, la délicatesse est de mise sous peine de la déformer.

Commencer par retirer la « jupe ».

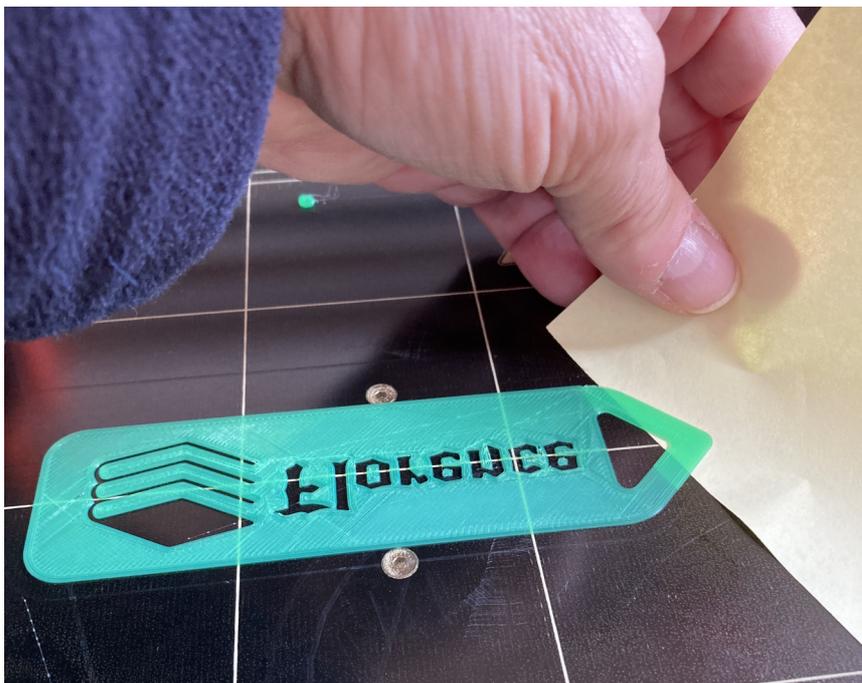


Ensuite, nous procédons au décollage de pièce.

Commencer par soulever légèrement un point « anguleux » de la pièce à l'aide de votre ongle par exemple.

A l'aide d'une feuille de papier, glissez cette dernière entre la pièce et le Plateau.

Poursuivez « délicatement » le décollage tout autour de la pièce avec la feuille de papier.



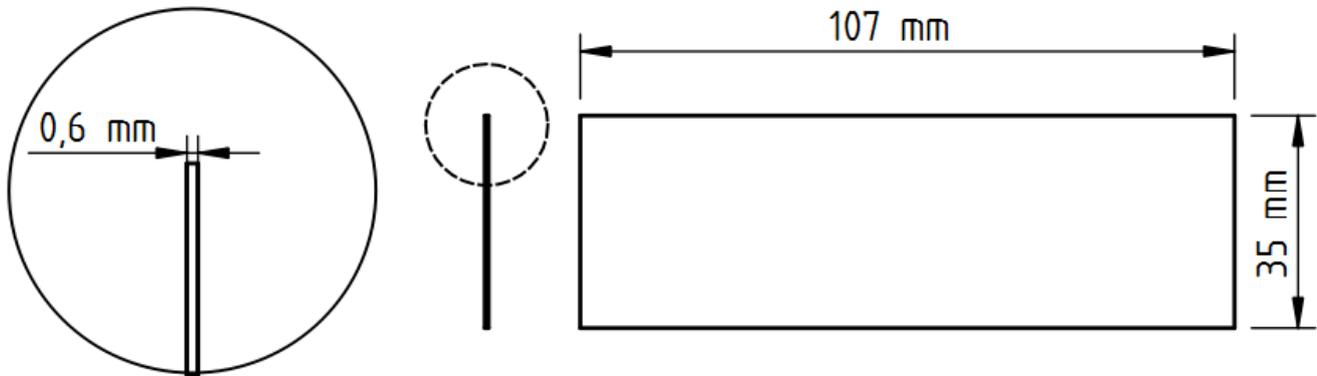
Votre pièce est maintenant terminée !



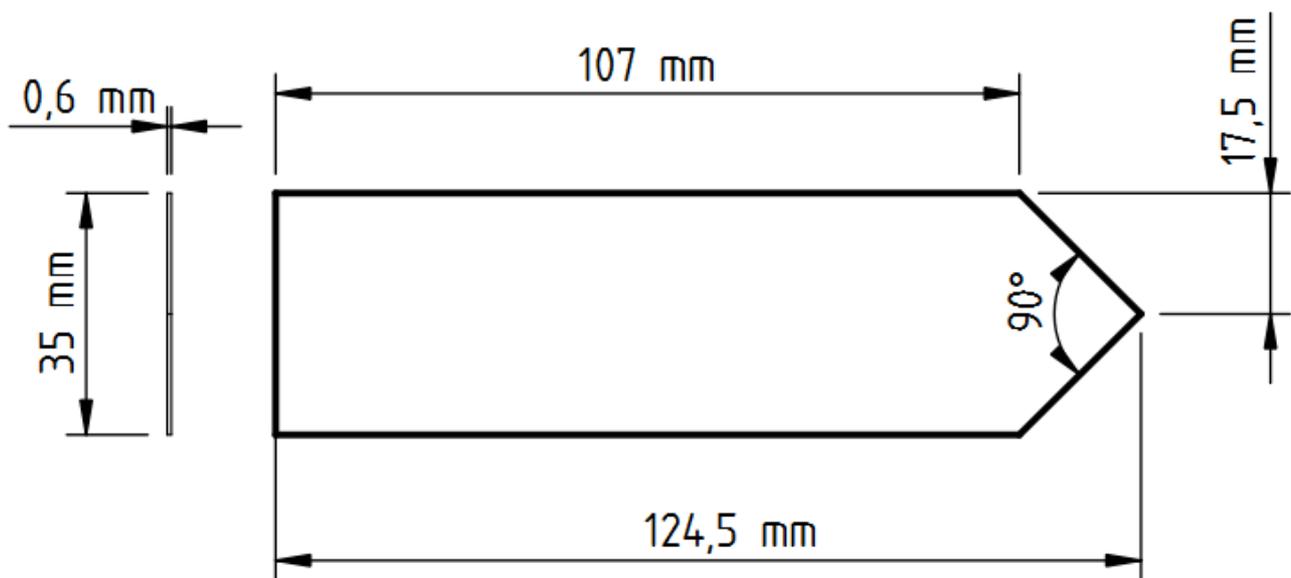
Félicitation, vous avez conçu et réalisé votre première pièce en impression 3D.

## 9. Annexe - Plans et Catalogue des polices

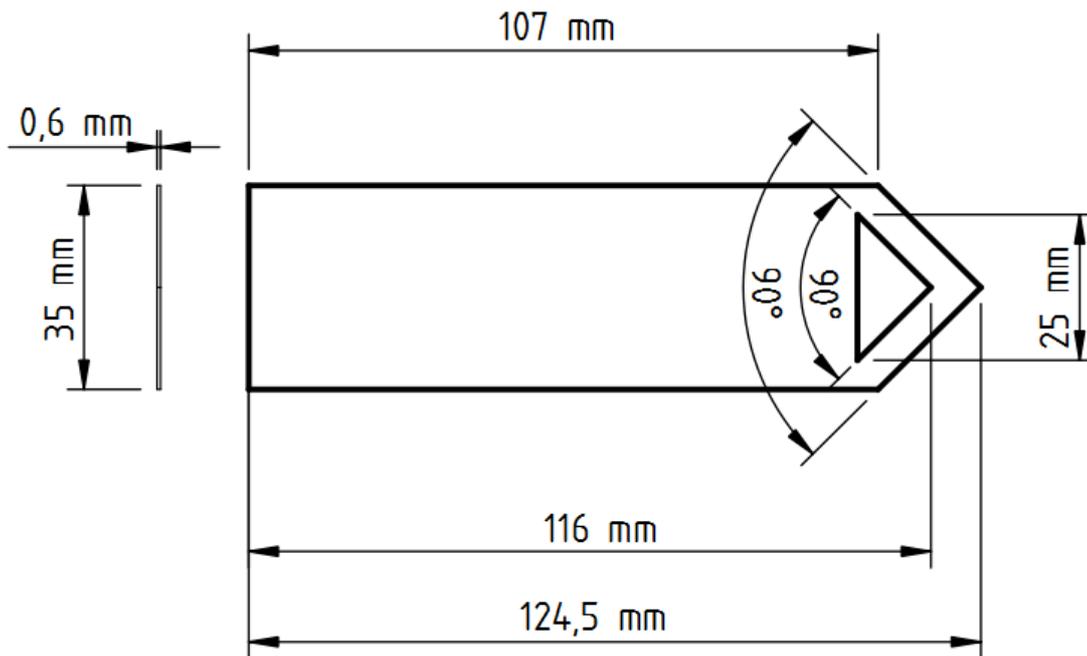
Plan Etape 1



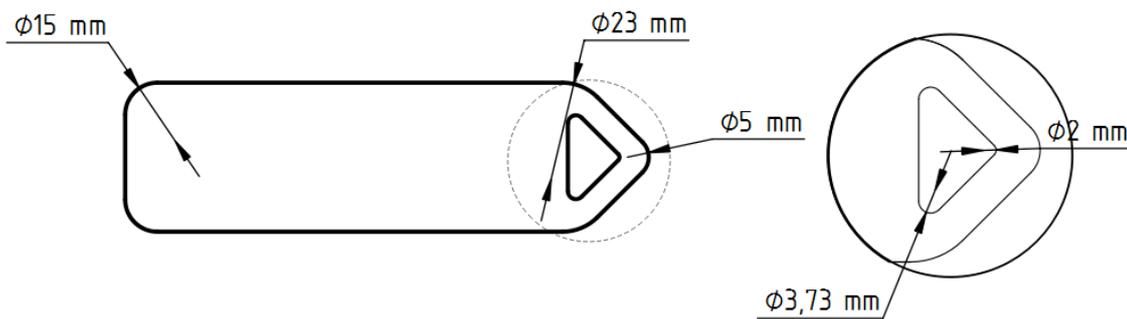
Plan Etape 2.1



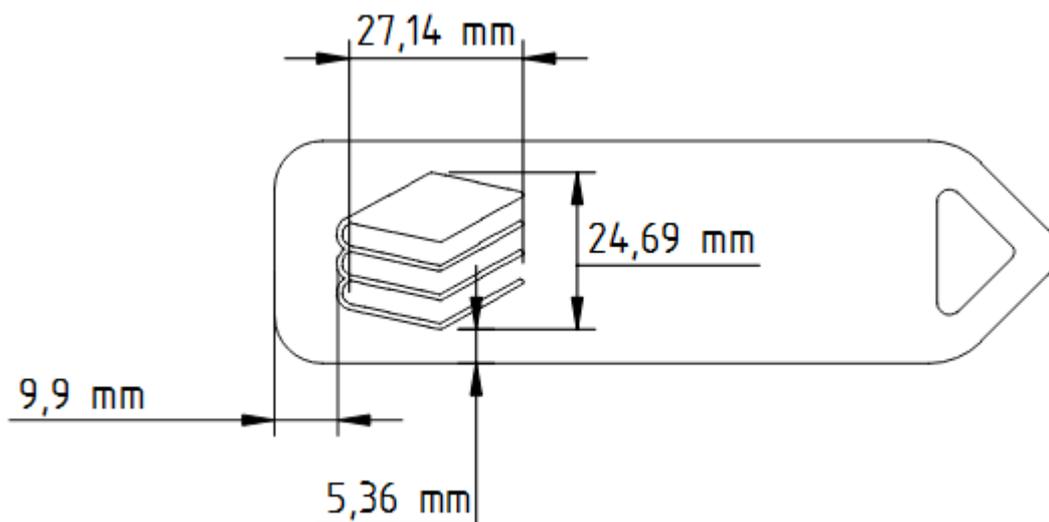
Plan Etape 2.2



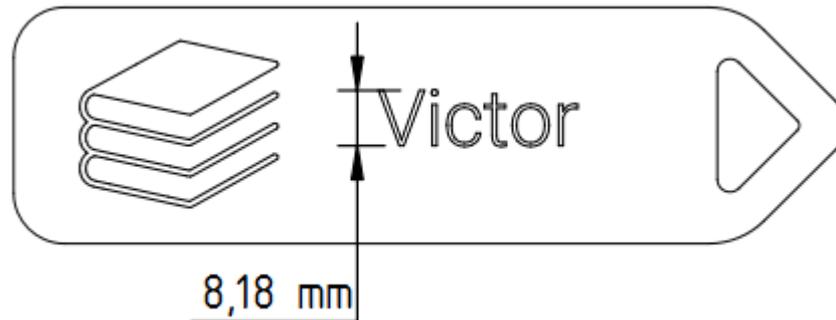
Plan Etape 2.3



Plan Etape 3



## Plan Etape 4



## Catalogue de Polices

New Rocker

Allerta

CREEPSTER

FredokaOne

Roboto

Rowdies

SairaStencilOne

StardosStencil

# 10. Ressources Web

Portail Freecad [\[https://www.freecadweb.org/index.php?lang=fr\]](https://www.freecadweb.org/index.php?lang=fr)

Documentation FreeCAD [\[https://wiki.freecadweb.org/Main\\_Page/fr\]](https://wiki.freecadweb.org/Main_Page/fr)

Atelier Start [\[https://wiki.freecadweb.org/Std\\_Base/fr\]](https://wiki.freecadweb.org/Std_Base/fr)

Atelier PART [\[https://wiki.freecadweb.org/Part\\_Module/fr\]](https://wiki.freecadweb.org/Part_Module/fr)

Atelier Part Design [\[https://wiki.freecadweb.org/PartDesign\\_Workbench/fr\]](https://wiki.freecadweb.org/PartDesign_Workbench/fr)

Atelier Sketcher [\[https://wiki.freecadweb.org/Sketcher\\_Workbench/fr\]](https://wiki.freecadweb.org/Sketcher_Workbench/fr)

Atelier Draft [\[https://wiki.freecadweb.org/Draft\\_Workbench/fr\]](https://wiki.freecadweb.org/Draft_Workbench/fr)

Ateliers externes FreeCAD [\[https://wiki.freecad.org/External\\_workbenches/fr\]](https://wiki.freecad.org/External_workbenches/fr)

Macro commandes FreeCAD [\[https://wiki.freecad.org/Macros/fr\]](https://wiki.freecad.org/Macros/fr)

# 11. Licence Creative Commons :

## Termes de la licence



This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the license [\[https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode\]](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode).

Avertissement [\[https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#\]](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#).

### Vous êtes autorisé à :

- **Partager** – copier, distribuer et communiquer le matériel par tous moyens et sous tous formats
- L'Offrant ne peut retirer les autorisations concédées par la licence tant que vous appliquez les termes de cette licence.

Selon les conditions suivantes :

-  **Attribution** – Vous devez créditer [\[https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#\]](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#) l'Œuvre, intégrer un lien vers la licence et indiquer [\[https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#\]](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#) si des modifications ont été effectuées à l'Œuvre. Vous devez indiquer ces informations par tous les moyens raisonnables, sans toutefois suggérer que l'Offrant vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé son Œuvre.
-  **Pas d'Utilisation Commerciale** – Vous n'êtes pas autorisé à faire un usage commercial de cette Œuvre, tout ou partie du matériel la composant.
-  **Pas de modifications** – Dans le cas où vous effectuez un remix, que vous transformez, ou créez à partir du matériel composant l'Œuvre originale, vous n'êtes pas autorisé à distribuer ou mettre à disposition l'Œuvre modifiée.
- **Pas de restrictions complémentaires** – Vous n'êtes pas autorisé à appliquer des conditions légales ou des mesures techniques [\[https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#\]](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#) qui restreindraient légalement autrui à utiliser l'Œuvre dans les conditions décrites par la licence.

Notes:

- Vous n'êtes pas dans l'obligation de respecter la licence pour les éléments ou matériel appartenant au domaine public ou dans le cas où l'utilisation que vous souhaitez faire est couverte par une exception [\[https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#\]](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#).

- Aucune garantie n'est donnée. Il se peut que la licence ne vous donne pas toutes les permissions nécessaires pour votre utilisation. Par exemple, certains droits comme les droits moraux, le droit des données personnelles et le droit à l'image<sup>[<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr#>]</sup> sont susceptibles de limiter votre utilisation.

## 12. Suivi des modifications du document

### **Modification N°1 - janvier 2023**

- Simplification de la présentation de l'interface de FreeCAD
- Simplification de la présentation des ateliers FreeCAD

### **Modification N°2 - mars 2023**

- Modification de la présentation de l'interface : remplacement du « Slide Show » par une succession de « Bloc Information » (impact sur la présentation Web)
- Etape 1 : changement du nom de corps Etape1 en PieceSupport  
Mise à jour des captures d'écran
- Etape 2, séquence 1 : modification de la méthodologie  
Ajout du bloc remarque « Onglet Tâche »
- Ajout de la section « Suivi des modifications du document »
- Ajout de la section « Licence Creative Commons »
- Suppression du lien « Licence Creative Commons » dans la section Webographie
- Mise à jour des consignes « Formateur » dans le fichier »module.scen »
- Modification illustration en première page des livrets formateur et stagiaire

### **Modification N°3 - novembre 2023**

- Page de garde :  
Changement d'illustration,  
Transformation copyright par auteur,  
Mise à jour du numéro de version.
- Attribution de la source des images dans la rubriques « Présentation du logiciel FreeCAD, Exemples d'utilisation de FreeCAD »
- Livret Formateur - note Formateur :  
Modification durée du stage,  
Précision du nombre de stagiaire,  
Modification de la rubrique « Configuration FreeCAD ... »
- Etape 4 : Rajout de la liste des polices de caractère proposées.  
Etape 6 : Ajout d'informations concernant le choix des températures de buse et de plateau.  
mise à jour de la capture d'écran associée.
- Ajout de l'étape 7 - Impression 3D de la pièce : mise en oeuvre de l'imprimante.
- Ajout d'une annexe avec Plans et catalogue des polices proposées.

# Glossaire

Dessin Assisté par ordinateur	Le dessin assisté par ordinateur est une discipline permettant de produire des dessins techniques avec un logiciel informatique
Géométrie Solide Constructive	<p>La géométrie solide constructive (<b>CSG</b>) est un paradigme de modélisation utilisé dans de nombreux systèmes de CAO traditionnels. Cela consiste essentiellement à utiliser des objets solides primitifs et à effectuer des opérations booléennes, telles que la fusion, la soustraction et l'intersection, afin de créer une forme finale.</p> <p>Dans FreeCAD, cette méthode est principalement utilisée avec l'atelier Part  qui permet de créer des objets primitifs tels que des boîtes , des cylindres , des sphères  et de les fusionner, ou de les utiliser pour couper d'autres objets avec des outils tels que Part Soustraction .</p>
Lesser General Public License - Licence publique générale limitée	<p>Cela signifie :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tous les utilisateurs</li> </ul> <p>Tout le monde peut télécharger, utiliser et redistribuer FreeCAD gratuitement, sans aucune restriction. Votre copie de FreeCAD est vraiment la vôtre, tout comme les fichiers que vous produisez avec FreeCAD. Vous ne serez pas obligé de mettre à jour FreeCAD après un certain temps, ni de modifier votre utilisation de FreeCAD. L'utilisation de FreeCAD ne vous lie à aucun type de contrat ou d'obligation. Le code source de FreeCAD est public et peut être inspecté. Il est donc possible de vérifier qu'il ne fait rien à votre insu, tel que l'envoi de vos données personnelles quelque part.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichiers</li> </ul> <p>Les modèles et autres fichiers produits avec FreeCAD ne sont soumis à aucune licence indiquée ci-dessus, ni à aucun type de restriction ou de propriété. Vos fichiers sont vraiment les vôtres. Vous pouvez définir le propriétaire du fichier et spécifier vos propres conditions de licence pour les fichiers que vous créez dans FreeCAD, via le menu Fichier → Informations sur le projet.</p>
Orthogonale	La projection Orthogonale signifie que notre point de vue est parfaitement perpendiculaire au plan de dessin
Polylactic Acid	Le <b>filament 3D</b> PLA (Polylactic Acid) est le plastique le plus couramment utilisé en <b>impression 3D</b> . Ce biomatériau à base d'amidon de maïs est idéal pour une majorité des applications de <b>impression 3D</b>

---

Protusion (PAD Tools)	La protusion, également nommée extrusion permet de donner du volume à un dessin en 2D le long d'une trajectoire droite.
Scalable Vector Graphics - graphique vectoriel adaptable	Les SVG est un format graphique conçu pour décrire des ensembles de graphiques vectoriels . il permet de réaliser des images dont la taille n'engendre aucun effet de déformation (absence de pixellisation comme pour les fichiers de type BMP ou JPG)
Underscore ≈ <i>Tiret Bas</i>	Caractère typographique correspondant au « tiret bas ». Sur un clavier français (AZERTY), l' <b>underscore</b> est en touche 8 ( <i>sur les ordinateurs Apple, l'<b>underscore</b> est en touche -</i> )

---

# Crédits des ressources

p. 5, 5, 5, 6

<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/fr/>, [wiki.freecad.org/Screenshots](http://wiki.freecad.org/Screenshots)

p. 12, 31, 40, 47, 50, 60, 82, 82, 83, 83, 84, 84, 85, 85, 86, 86, 87, 87, 88, 88, 88, 89, 91, 91, 92, 92, 94, 94, 95, 95, 95, 96, 96

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/fr/>, Eric PRIOUL

p. 90

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/fr/>,

[https://www.reddit.com/r/prusa3d/comments/d1q8cj/mmm\\_delicious\\_spaghetti/?rdt=52555](https://www.reddit.com/r/prusa3d/comments/d1q8cj/mmm_delicious_spaghetti/?rdt=52555)