



12 - Atelier CAM

FreeCAD 26.3 - 10/09/26



Auteur(s) – mél : dominique.lachiver @ lachiver.fr
web : <https://lachiver.fr/>

Extrait du Parcours guidé FreeCAD 26.3 : [version web](#)  - [version papier](#)  -

Réalisé avec [Scenari Dokiel](#)  ;

Licence –



Table des matières

Introduction	4
1. Présentation de l'atelier	5
2. Configuration de l'atelier	14
3. Gérer les outils coupants 	21
4. Usinages 2,5D	27
4.1. Travail préparatoire	27
4.2. Poche 	35
4.3. Simuler le parcours 	38
4.4. Post-traitement 	40
4.5. Surfaçage 	42
4.6. Profilage 	43
5. Finitions de parcours 	45
5.1. Création des attaches	45
6. Gravures	47
6.1. Forme d'outil	47
6.2. Créer une nouvelle forme d'outil	50
6.3. Gravure simple 	57
6.3.1. Travail préparatoire	57
6.3.2. Créer la gravure	59
6.4. Gravure en V 	62
6.4.1. Créer un outil vbit	62
6.4.2. Gravure en V	65

Introduction

Objectifs

- Utiliser l'atelier CAM  pour programmer des opérations d'usinage dans un environnement de fabrication **personnelle**, à savoir l'utilisation d'une CNC type 3018 de dimensions 300 x 200 mm ;

Environnement professionnel

Dans un environnement **professionnel**, les concepts et procédures décrits dans ce parcours restent applicables, seules les données d'application (dimensions, vitesses...) seront à adapter ;

Attention à la sécurité !

Une mauvaise programmation dans l'atelier CAM peut entraîner des dommages matériels (casse d'outils, dégradation de la CNC, détérioration de la pièce...) et/ou humains (blessure de l'opérateur) : la **sécurité** est donc un enjeu spécifique et essentiel de cet atelier.

En particulier, les opérations effectuées dans l'atelier CAM ne connaissent pas les mécanismes de serrage utilisés pour fixer la pièce à votre CNC : la **simulation** vous permettra de vérifier les parcours que vous générez avant d'envoyer le code à votre machine.

1. Présentation de l'atelier

Atelier CAM

≈ Atelier Path

Anciennement atelier PATH, la finalité de l'**atelier CAM**^W est de générer, à partir d'une modélisation 3D ou 2D, un programme, une liste d'instructions, pour une **machine-outil à commande numérique (CNC)** permettant d'usiner la pièce modélisée ;

Grandes étapes de la FAO dans FreeCAD

1. **Modéliser** un solide dans l'atelier  PartDesign  (3D) ou un chemin dans l'  atelier Draft  (2D) ;
2. Créer une **tâche**  dans l'  atelier CAM  :
 - à partir d'un brut de matière (stock),
 - d'un contrôleur d'outils,
 qui décrira une suite d'opérations (surfaçage, poche, perçage, profilage, gravure...) à réaliser ;
3. Visualiser une **simulation** de la tâche  afin de vérifier le bon déroulement des opérations ;
4. Réaliser un **post-traitement** qui générera un fichier G-CODE adapté à votre machine CNC afin d'y être exécuté ;

Fabrication 2.5D & 3D

- En FAO 2.5D, l'outil se déplace essentiellement dans un plan horizontal (axes X et Y). L'axe vertical (Z) est utilisé « par paliers » : chaque passe se fait à une profondeur fixe, ce qui limite la géométrie usinable à des formes découpées par niveaux, sans inclinaisons complexes ;
- À l'inverse, en FAO 3D, l'outil se déplace **simultanément** sur les trois axes (X, Y et Z), permettant ainsi de réaliser des surfaces continues et complexes avec des variations fluides de profondeur et de courbure ;

La plupart des opérations proposées dans l'atelier CAM sont conçues pour une fraiseuse/routeur CNC standard à 3 axes (XYZ) simples et sont donc limitées à une fabrication 2.5D.



Principaux usinages gérés

- Usinage 2.5D

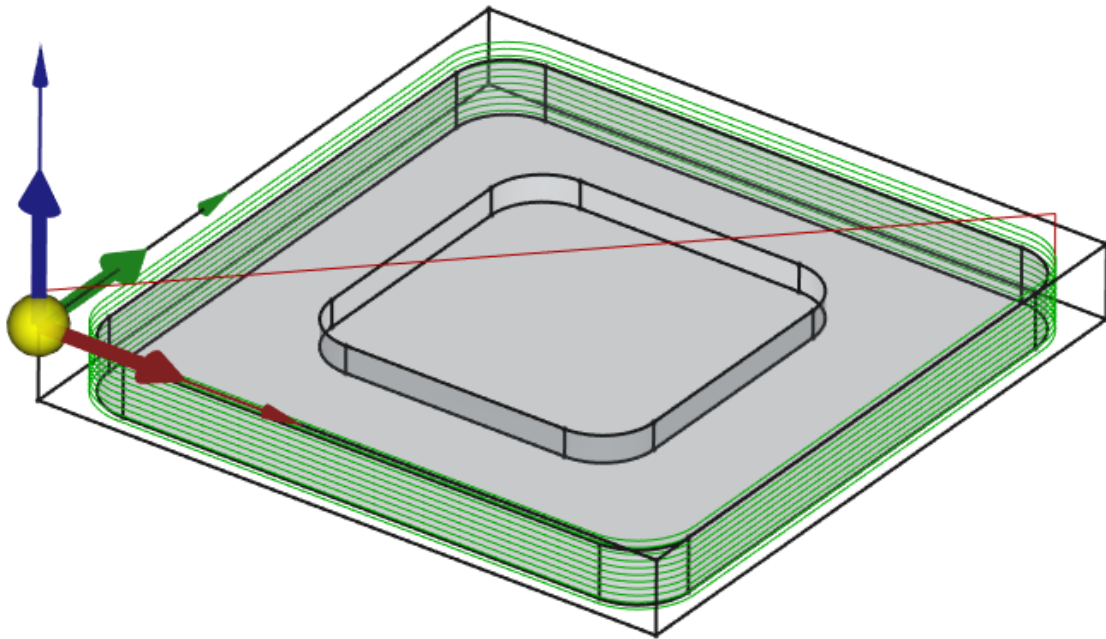


Profilage

https://wiki.freecad.org/CAM_Profile/fr

- L'outil suit le **périmètre d'une forme** (contour externe ou interne).
- Peut être utilisé pour **découper complètement une pièce** ou pour créer des **détails précis** sur les bords.
- Permet de définir la **profondeur de coupe** et le **décalage latéral** par rapport au tracé.

- Peut inclure des **rampes d'entrée/sortie** pour éviter les marques d'arrêt brutales sur la pièce.
- Prend en charge le **multi-passes** si la profondeur de coupe est trop importante pour être réalisée en une seule passe.



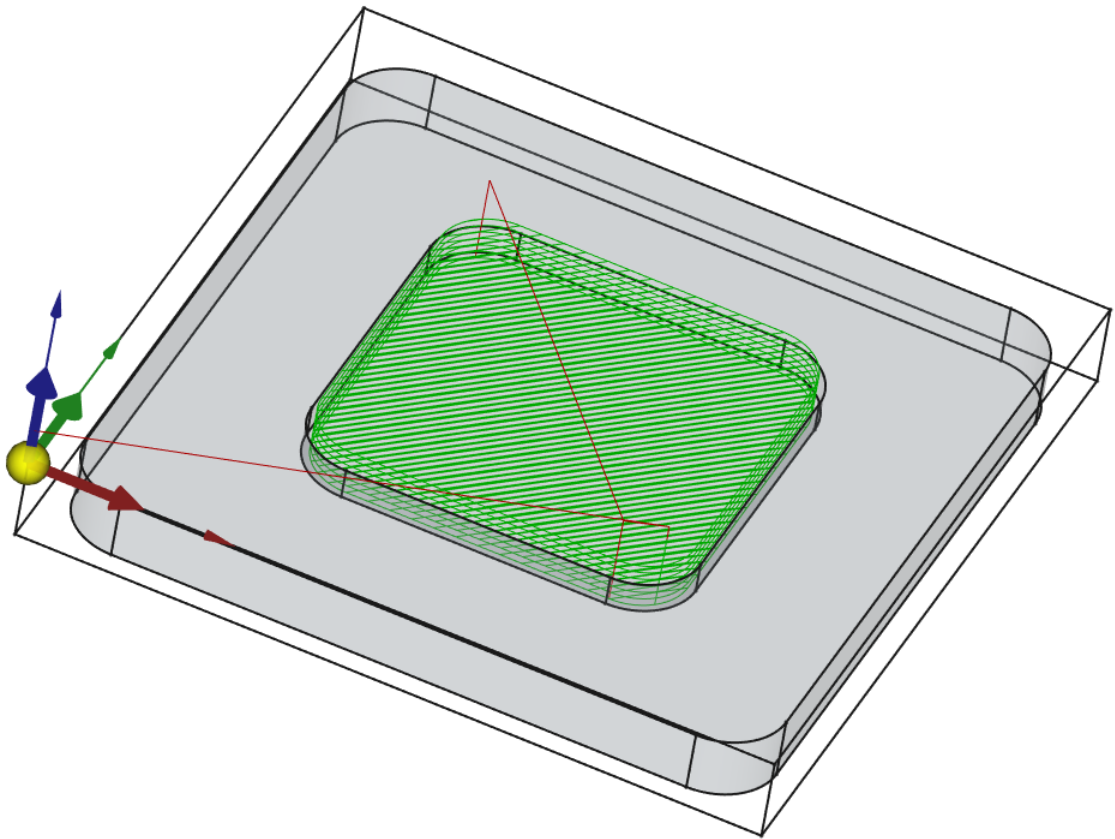
Exemple de profilage



Poche

https://wiki.freecad.org/CAM_Pocket_Shape/fr

- Creuse une **zone fermée** en retirant toute la matière à l'intérieur.
- Peut être utilisée pour réaliser des **trous, poches rectangulaires ou formes complexes**.
- Possibilité de définir la **profondeur de coupe** et le **nombre de passes** (si la profondeur est trop grande pour être retirée en une seule fois).
- Différentes stratégies de parcours d'outil, comme :
 - **Linéaire** : l'outil avance en lignes parallèles.
 - **Spirale** : suit un mouvement circulaire progressif.
 - **Zigzag** : suit un motif en va-et-vient pour optimiser l'enlèvement de matière.

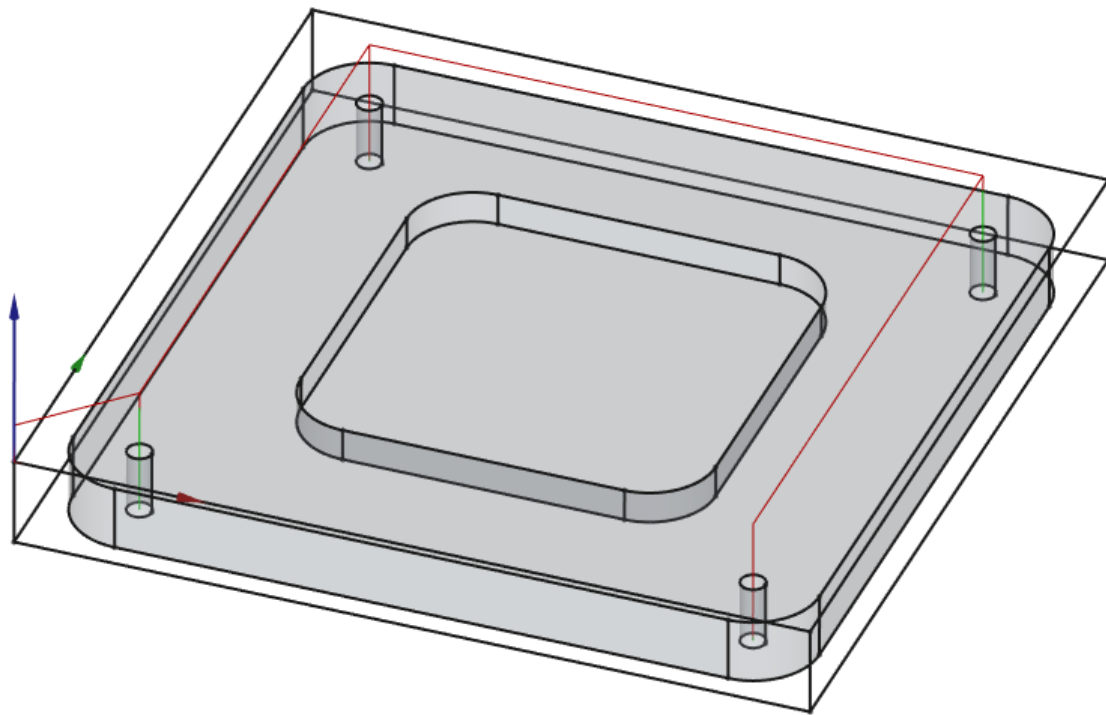


Exemple Créer une poche

- Perçage

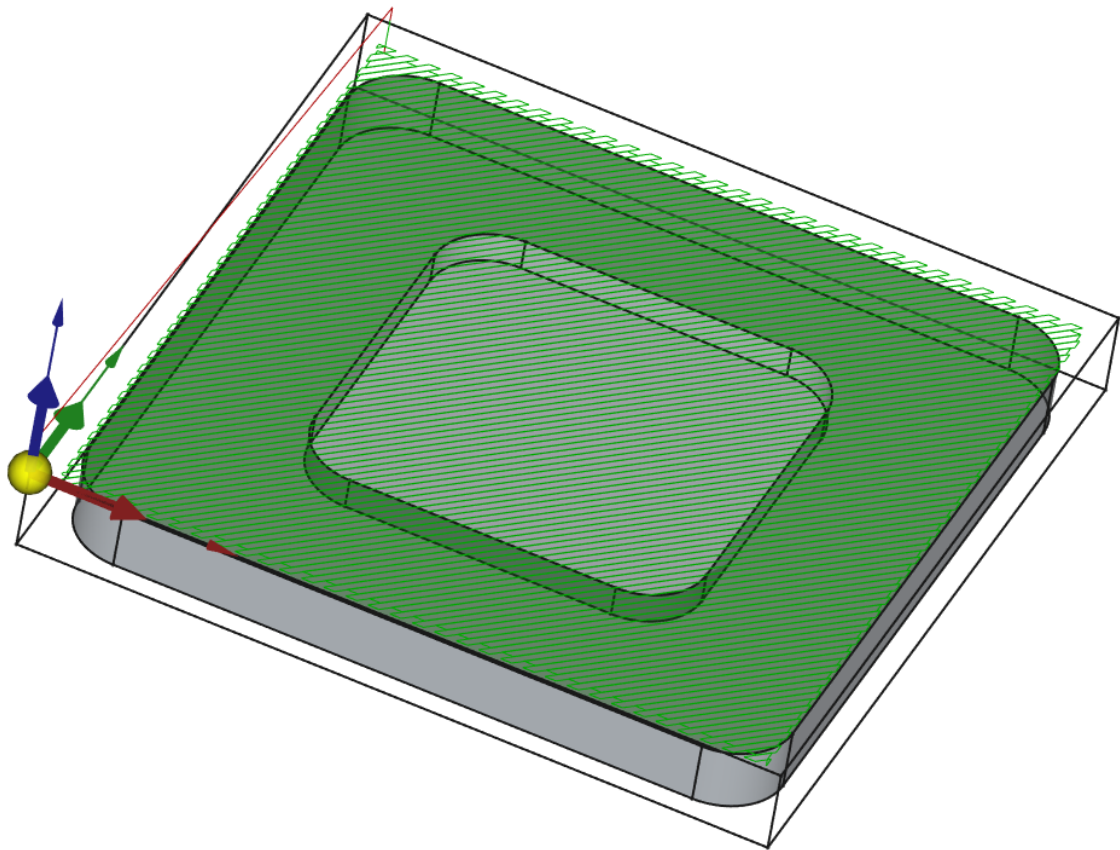
https://wiki.freecad.org/CAM_Drilling/fr

- Permet de forer des **trous précis** aux emplacements définis.
- Fonctionne sur des **points spécifiques** (comme les centres de cercles).
- Possibilité de définir :
 - **Profondeur du trou** (perçage total ou partiel).
 - **Nombre de passes** (pour percer progressivement).
 - **Type d'entrée** (perçage direct, perçage progressif, etc.).
 - **Retrait de l'outil** entre les passes (pour évacuer les copeaux).



Perçage

-  Surfaçage
 - https://wiki.freecad.org/CAM_MillFace/fr
 - Retire une **couche uniforme** de matière sur une surface.
 - Sert à **créer une surface plane et régulière** sur une pièce brute.
 - Permet de définir :
 - **Profondeur de coupe** (épaisseur de matière à enlever).
 - **Recouvrement** (chevauchement des passes pour éviter les irrégularités).
 - **Stratégie de parcours** (zigzag, lignes parallèles, spirale, etc.).
 - Souvent utilisé comme **première opération d'usinage** pour préparer la pièce avant d'autres opérations.

*Exemple Surfaçage*

- Détourage hélicoïdale

https://wiki.freecad.org/CAM_Helix/fr

- Permet de **creuser un trou circulaire** sans nécessiter de perçage préalable.
- L'outil descend progressivement en **spirale** jusqu'à la profondeur définie.
- Évite les contraintes mécaniques liées aux plongées verticales brusques.
- Peut être utilisé avec **des fraises droites ou en bout** (contrairement au perçage qui nécessite un foret).
- Offre une **meilleure finition** et un **meilleur enlèvement de copeaux** par rapport à un perçage traditionnel.

- Détourage adaptatif

https://wiki.freecad.org/CAM_Adaptive/fr

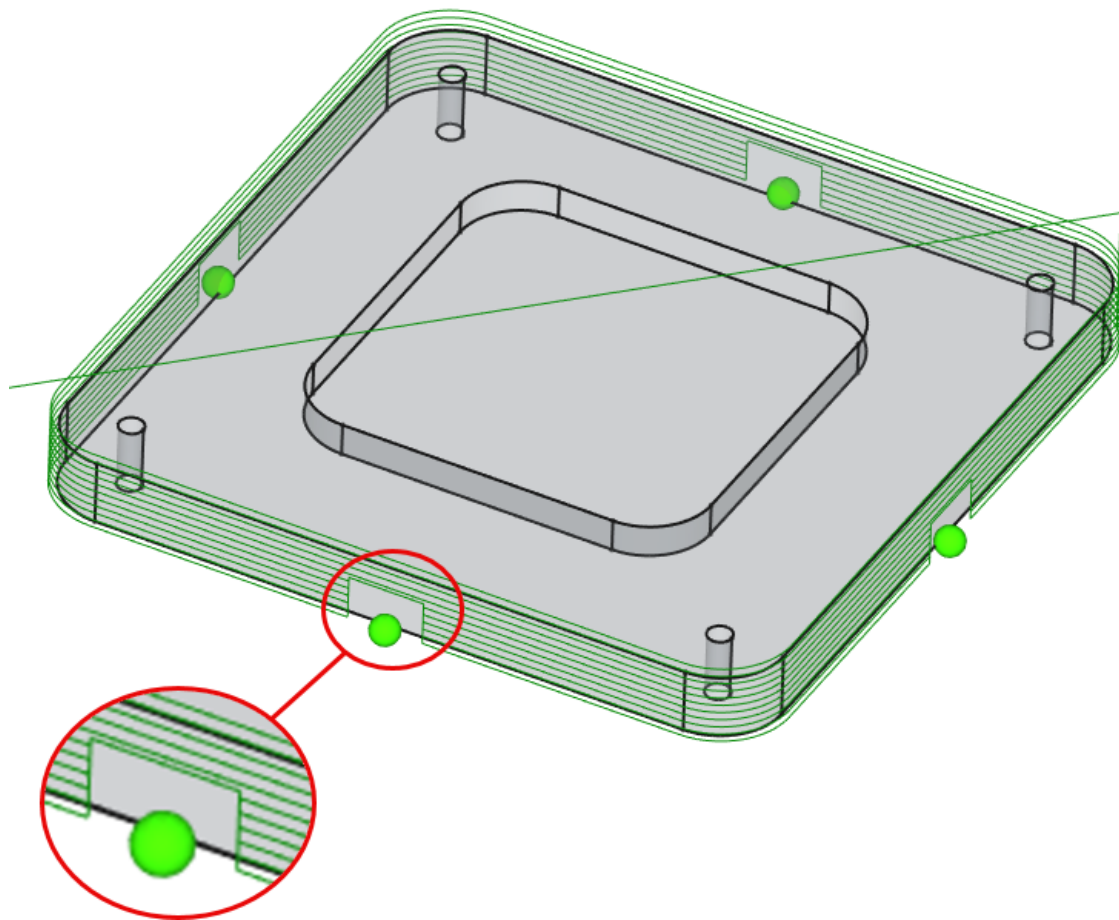
Méthode avancée d'usinage permettant de découper un contour en optimisant l'engagement de l'outil avec la matière.

- Suit le contour d'une pièce comme un **détourage classique**, mais avec une **stratégie d'usinage optimisée**.
- Utilise une **approche adaptative** pour **réduire l'usure de l'outil** et optimiser l'usinage.
- Évite les mouvements brusques et privilégie des trajectoires **fluides et progressives**.
- Permet d'**augmenter la vitesse d'usinage** tout en préservant la fraise.
- Réduit l'accumulation de matière coupée et améliore l'**évacuation des copeaux**.

- Finitions

- Attaches

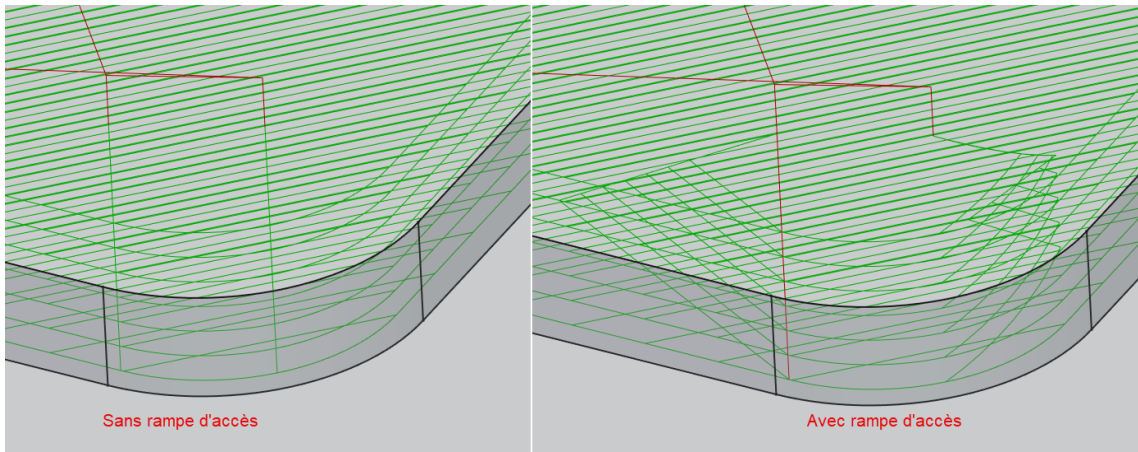
- Ajoute des **attaches (tabs)** à un parcours d'usinage, généralement lors d'une opération de **détourage**.
- Lorsque l'on découpe complètement une pièce dans un matériau brut, elle risque de se détacher avant la fin de l'usinage, ce qui peut entraîner des vibrations, des dommages ou même un mauvais positionnement.
- Les **attaches** sont de petites **sections non usinées** qui maintiennent temporairement la pièce en place jusqu'à la fin de l'opération. Elles doivent ensuite être retirées manuellement, par ponçage ou coupe.



Finition de parcours : attaches

- Rampe d'entrée

- permet d'ajouter une entrée en **rampe** au parcours d'usinage.
- Plutôt que de plonger l'outil directement à la verticale dans la matière (ce qui peut l'endommager ou créer des vibrations), l'entrée en **rampe** fait plonger l'outil de façon **progressive** et **en douceur**, ce qui réduit les efforts de coupe et augmente la durée de vie de l'outil.



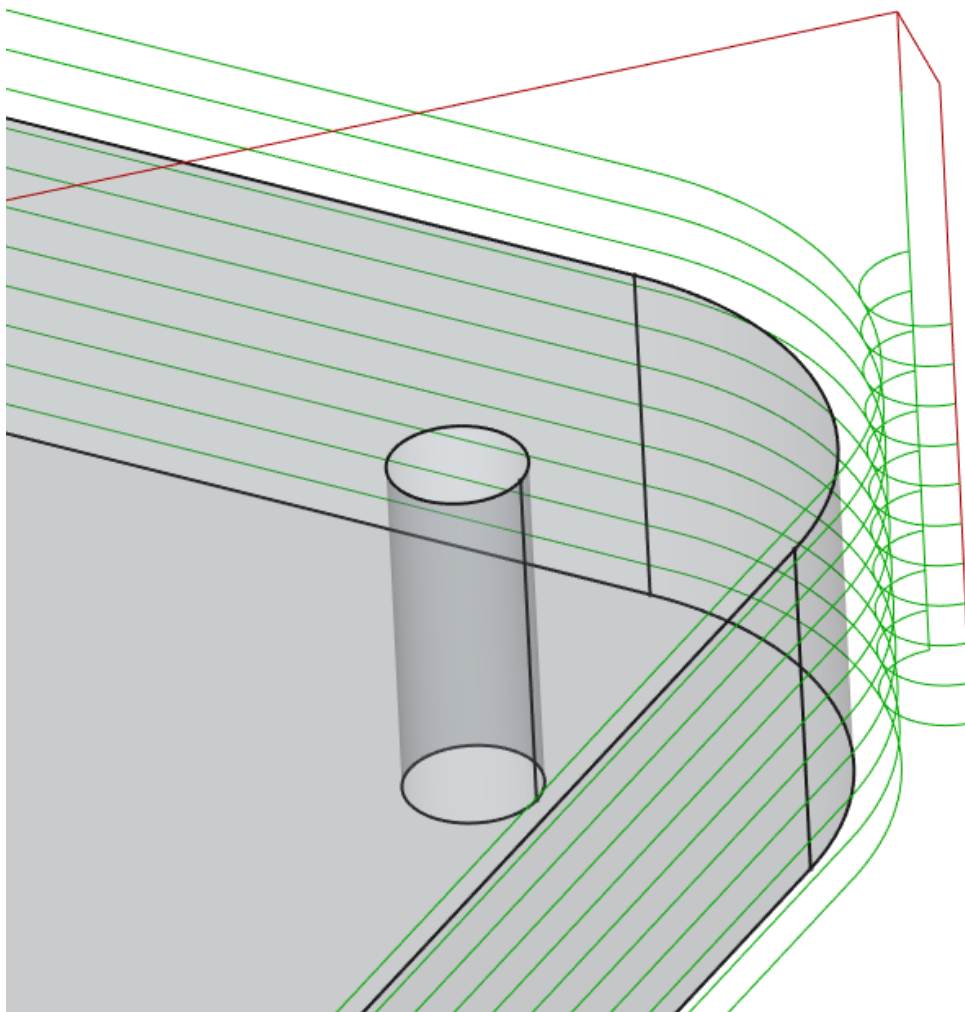
Finition de parcours : Rampe d'entrée

- Entrée / sortie

Permet d'ajouter des mouvements spécifiques d'**entrée** et de **sortie** au parcours d'usinage.

Par défaut, l'outil peut entrer ou sortir **verticalement**, ce qui peut causer des marques sur la pièce, générer des vibrations ou accélérer l'usure de l'outil.

L'opération **Entrée/Sortie** permet d'ajouter un mouvement progressif et contrôlé pour améliorer la qualité de coupe et la durabilité des outils.



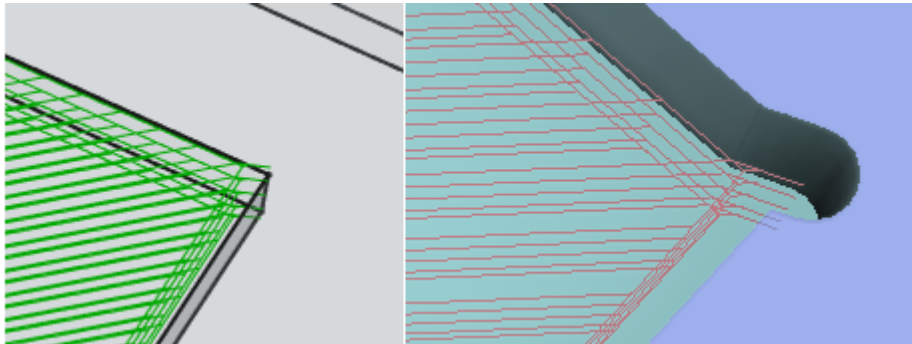
Finition de parcours : entrée / sortie

- Dégager les angles

utilisée pour **ajouter des dégagements arrondis** aux coins internes d'une pièce usinée avec une fraise cylindrique.

Quand on usine une pièce avec une fraise cylindrique, les coins internes ne peuvent jamais être parfaitement **carrés** à cause de la forme de l'outil. Cela peut poser problème si la pièce doit s'assembler avec une autre (par exemple, pour un assemblage bois de type tenon-mortaise).

L'opération **Dogbone** ajoute de petits arrondis ou dégagements aux coins internes, permettant ainsi un meilleur ajustement des pièces.



Finition de parcours : Dégager des angles

- Usinage 2D

- Graver

https://wiki.freecad.org/CAM_Engrave/fr

- Utilise une fraise de type **pointue** ou une fraise cylindrique.
- Suit **exactement** le tracé du contour sélectionné.
- Idéal pour graver du texte ou des formes avec une **profondeur constante**.
- Ne prend pas en compte l'épaisseur du trait ou la largeur de la coupe, ce qui signifie que la gravure aura toujours la largeur de l'outil utilisé.

- Graver en V

https://wiki.freecad.org/CAM_Vcarve/fr

- Conçue pour une **fraise en V**.
- Ajuste automatiquement la **profondeur de coupe** pour élargir ou rétrécir la gravure en fonction de la géométrie de la forme gravée.
- Idéal pour des **lettres avec des variations de largeur**, des reliefs décoratifs ou des incrustations précises.
- Produit un effet de **biseau** sur les bords de la gravure, donnant un rendu plus esthétique.

- Usinage 3D (expérimental)

- Évider en 3D

https://wiki.freecad.org/CAM_Pocket_3D/fr

- Surfacier en 3D

https://wiki.freecad.org/CAM_Surface/fr

-  Ligne de niveau

https://wiki.freecad.org/CAM_Waterline/fr

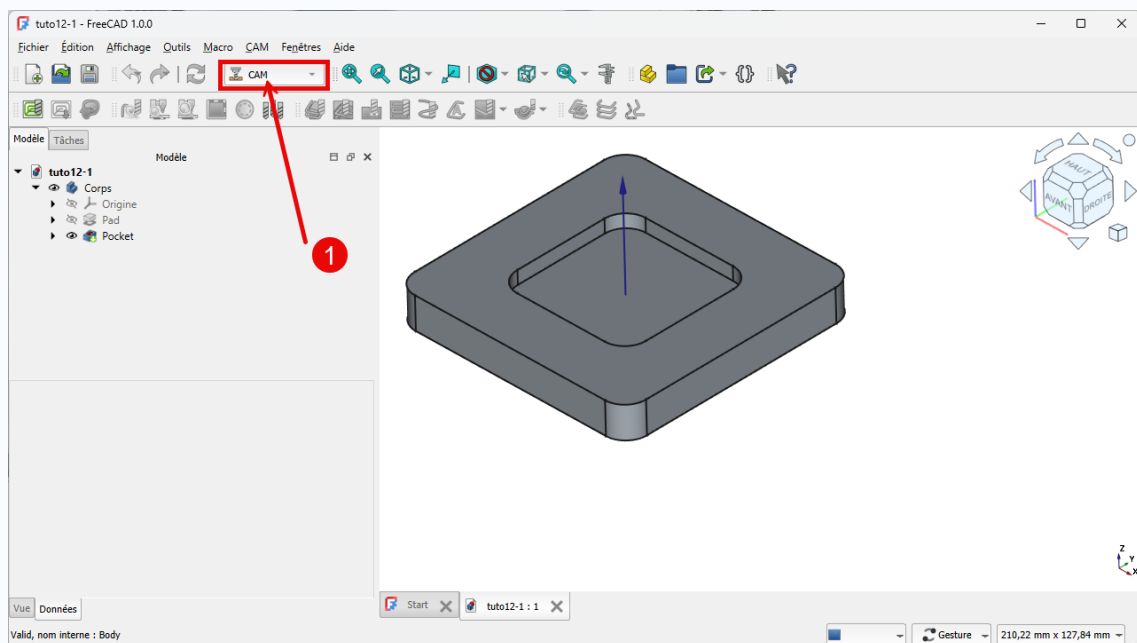
2. Configuration de l'atelier

Objectifs

- L'utilisation de l'atelier  CAM nécessite une adaptation de la configuration générale de FreeCAD ;
- De plus, nous allons définir plusieurs réglages de l'atelier  CAM afin de ne pas avoir à le refaire pour chaque nouvelle tâche  ;

Tâches préliminaires

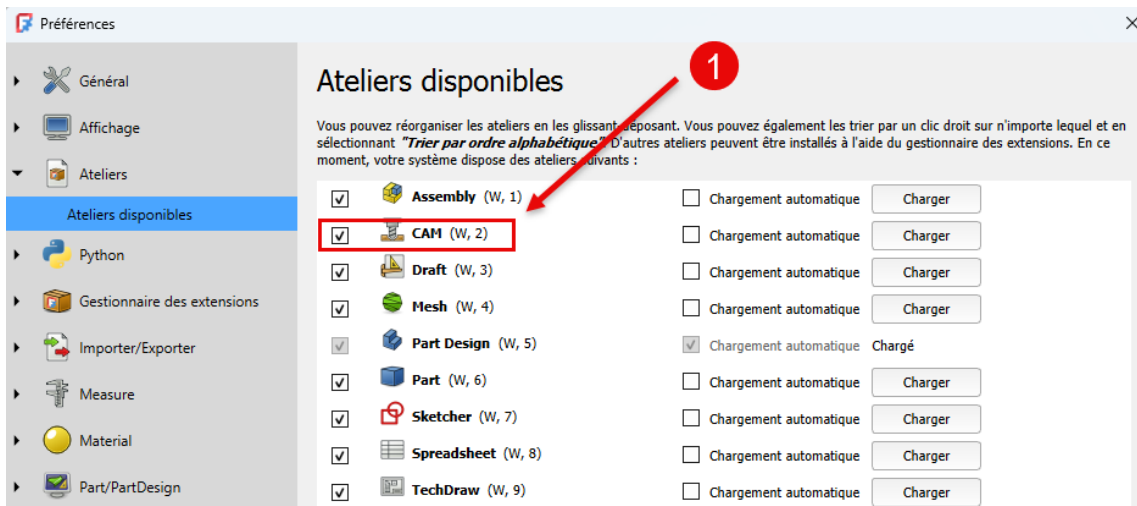
- Télécharger le fichier  [tuto12-1-initial.FCStd](#) sur votre ordinateur et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer le document sous le nom  tuto12-1 ;
- Sélectionner l'atelier CAM  ;



Tuto12-1 initial

+ Si vous ne trouvez pas CAM dans la liste déroulante des ateliers :

- Sélectionner la commande  Préférences → Ateliers → Ateliers disponibles ;
- Cocher   CAM ;

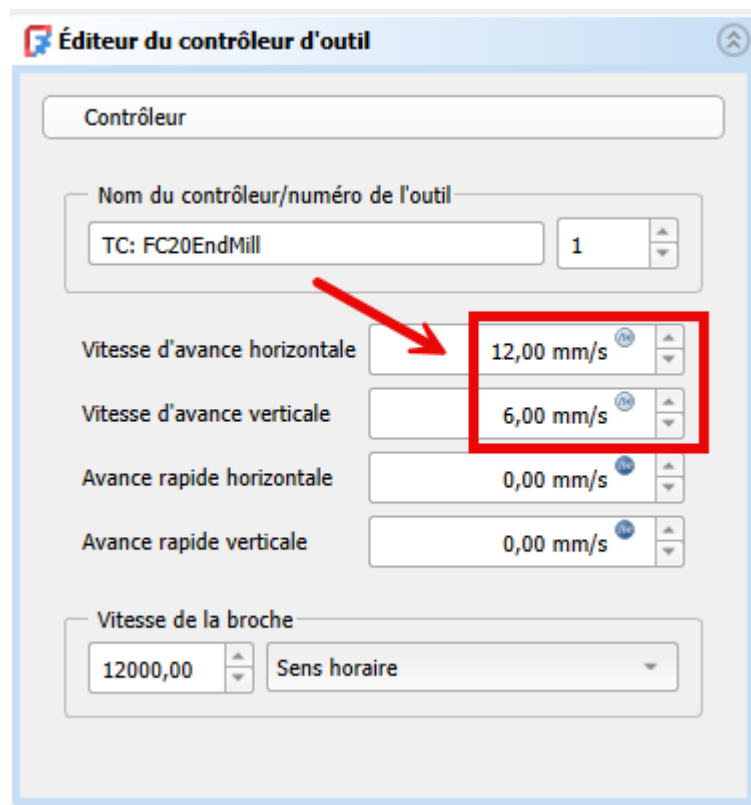


Rendre disponible l'atelier CAM

Choix des unités

Système d'unité Standard

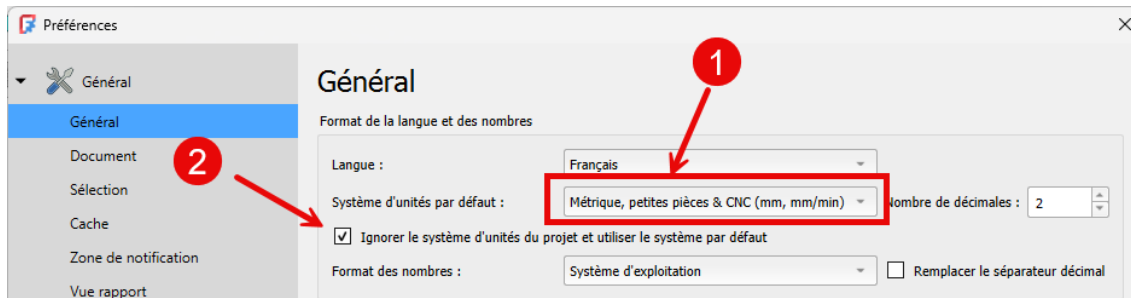
Avec le système d'unités  Standard, FreeCAD utilise le **mm** pour les longueurs et la seconde **s** pour le temps : les vitesses d'avance des outils devraient être saisies en **mm/s**, ce qui n'est pas habituel dans l'univers de la fabrication mécanique et risque d'entraîner des erreurs de saisie.



Système d'unités  Standard : saisie des vitesses d'avance en mm/s

Tâche à réaliser

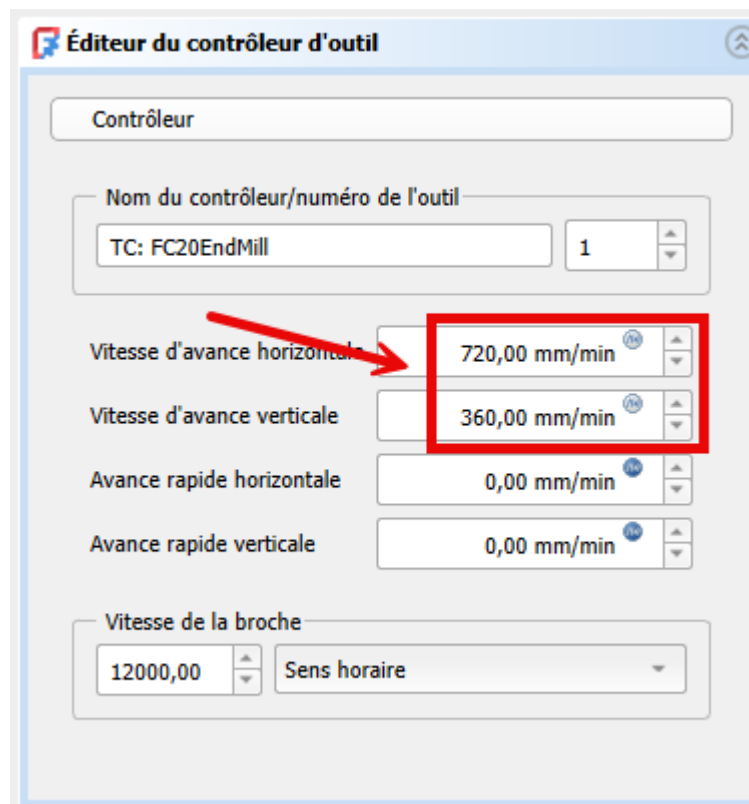
- Sélectionner la commande  Préférences → Général → Général ;
- Modifier le réglage comme ci-dessous :



Choix du système d'unités « Métrique, petites pièces & CNC »

Système d'unités Métrique, petites pièces & CNC

Avec le système d'unités  Métrique, petites pièces & CNC, les vitesses d'avance des outils seront saisies en mm/minute : les valeurs enregistrées dans le projet resteront codées en mm et s.

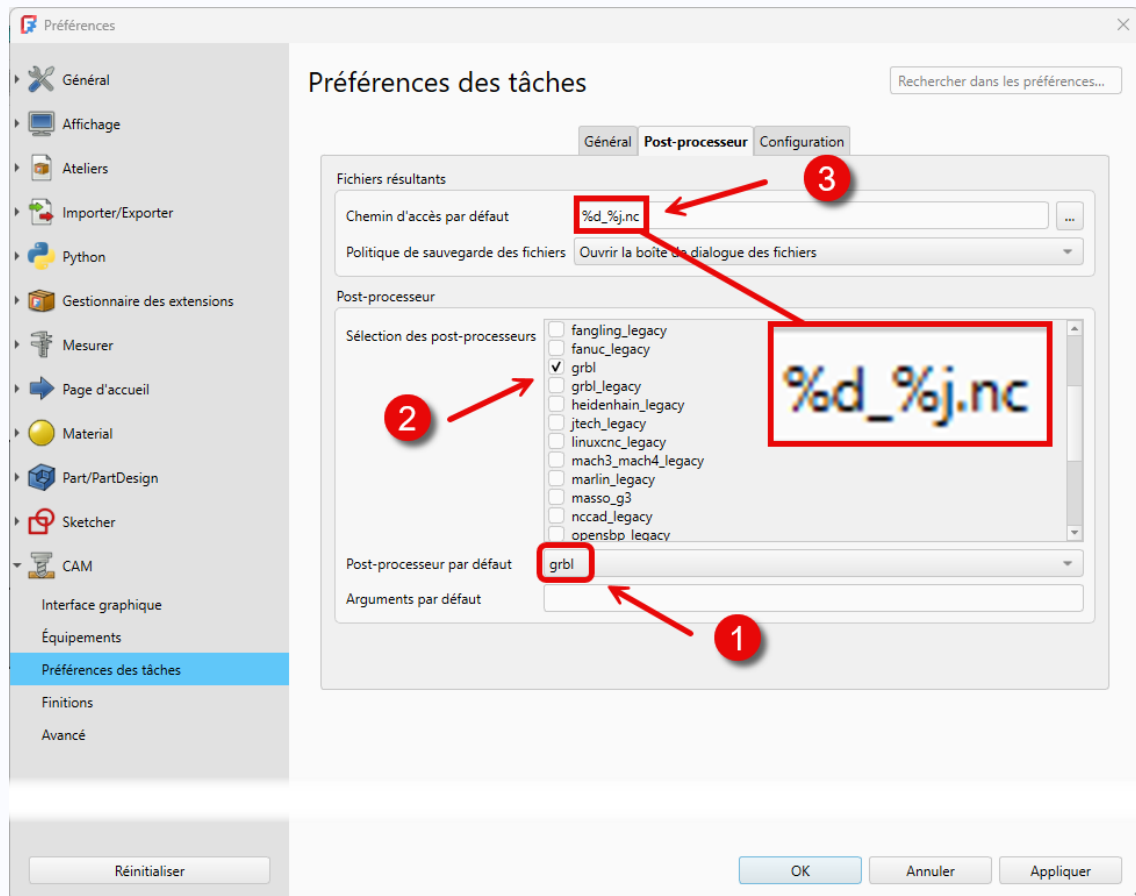


Système d'unités  Métrique, petites pièces & CNC : saisie des vitesses d'avance en mm/min

Préférences des tâches

Tâches à réaliser

- Sélectionner la commande  Préférences → CAM → Préférences des tâches ;
- Cliquer sur l'onglet **Post-processeur** :
 - saisir le **Chemin d'accès par défaut** :  %d_%j.nc pour le fichier résultant,
 - saisir le **post-processeur par défaut** :  grbl ;



Fichier résultant & choix du post-processeur

Fichier résultant %d_%j.nc

- Lors de la création du fichier g-code, FreeCAD reprendra le nom du fichier FCStd, suivi du nom de la tâche  et ajoutera l'extension « .nc » ;
- Il faudra peut-être adapter cette extension à votre environnement de travail ;

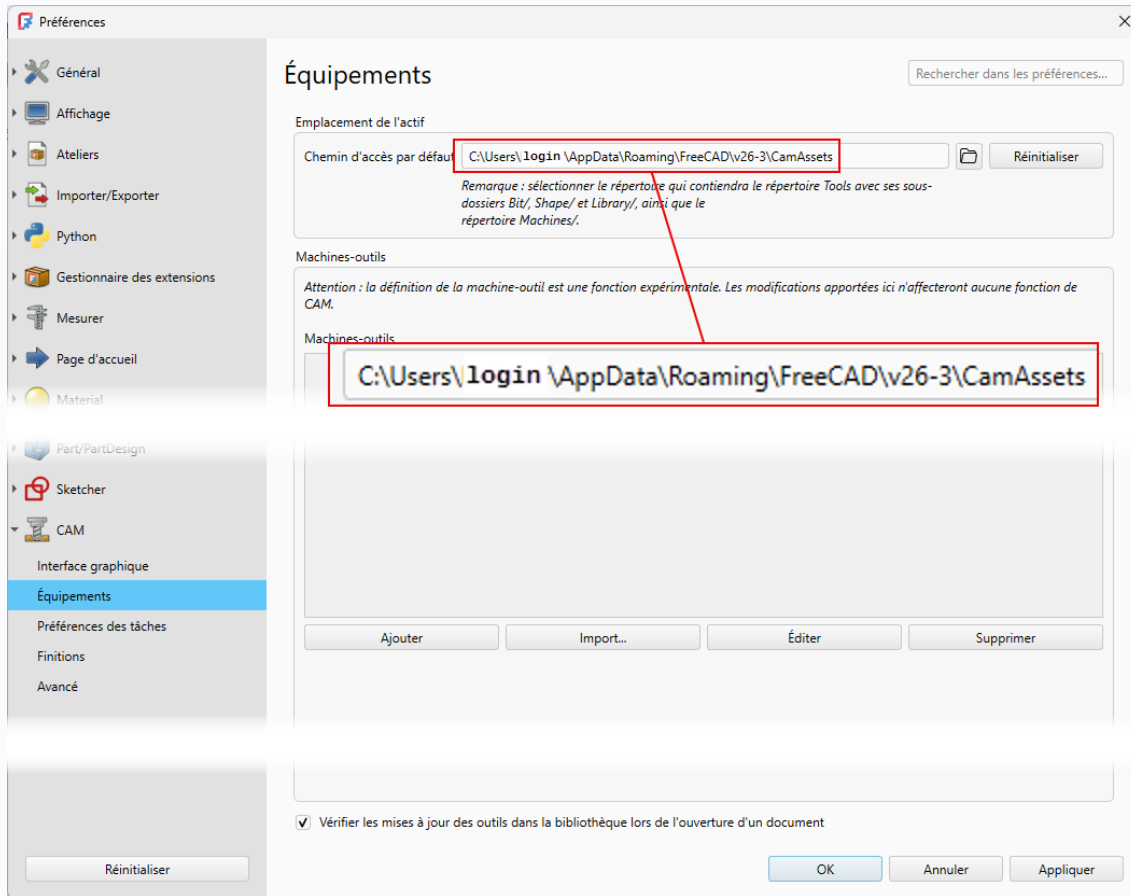
Post-processeur

- Il faut remplacer  grbl par le post-processeur de votre environnement de production ;
- Vous pouvez décocher les autres post-processeurs non utilisés ;

Équipements

Emplacement des bibliothèques d'outils

- Sélectionner la commande  Préférences → CAM → Équipements :



-  Noter l'emplacement de ce dossier ;

Aide

- Ce dossier  Tools n'est pas forcément facile d'accès (dossier caché) , je vous conseille de créer un raccourci vers ce dossier dans votre espace personnel ;

Emplacement des bibliothèques d'outils

Par défaut, l'atelier CAM  de FreeCAD crée un dossier  CamAssets pour gérer les bibliothèques d'outils :

- sous  :  c:\Users**votrelogin**\AppData\Roaming\FreeCAD\v26-3\CamAssets\Tools ;
- sous  :  /Users/**votrelogin**/Library/Application Support/FreeCAD/V26-3/CamAssets/Tools ;
- sous  :  /home/**votrelogin**/.local/share/FreeCAD/V26-3/CamAssets/Tools/ ;

Contenu du dossier Tools

Le dossier Tools contient 3 sous-dossiers :

Sous-dossiers	Contenus		Extensions	Format
Bits	Contient la liste des outils	Chaque fichier .fctb contient la description de l'outil (nom, description, dimensions, forme...)	« .fctb »	Format JSON
Library	Contient la liste des bibliothèques	Chaque fichier .fctl contient la liste des outils de la bibliothèque	« .fctl »	
Shape	Contient les formes d'outils personnalisées	vide par défaut		

Le sous-dossier  `.\Mod\CAM\Tools\Shape\` du dossier programme FreeCAD contient un ensemble de fichiers « .svg » et « .fcstd » constituant la base des formes d'outils proposées par FreeCAD ;

Fonctions avancées

OpenCAMlib

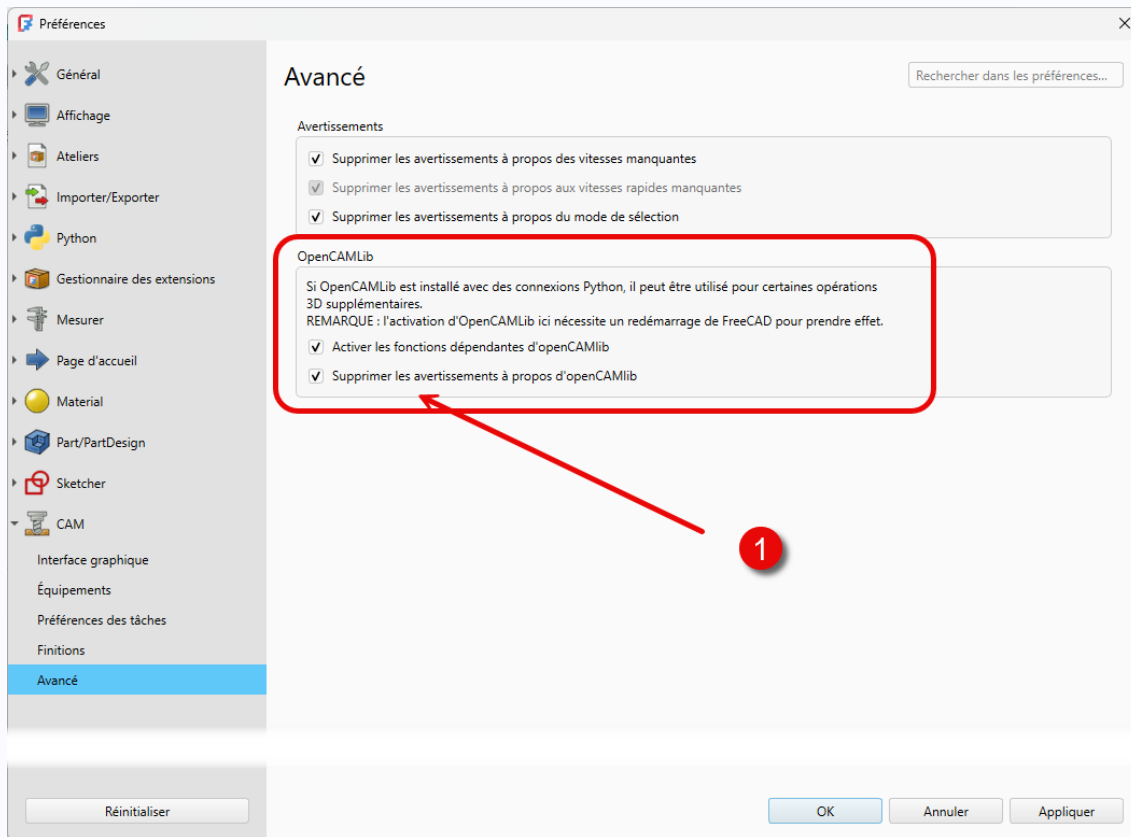
OpenCamLib (OCL) est une bibliothèque open source conçue pour fournir des algorithmes de fabrication assistée par ordinateur (FAO). Dans FreeCAD, elle est utilisée pour des opérations expérimentales de l'atelier CAM, notamment les opérations de surfacage 3D et de lignes de niveau.

- L'opération **Surfacage 3D**  permet de générer des parcours d'outils pour usiner des surfaces complexes en 3D.
- L'opération **Lignes de niveau**  génère des parcours d'outils suivant des contours horizontaux à différentes hauteurs, ce qui est particulièrement utile pour l'usinage de pièces avec des variations de hauteur.

Pour utiliser ces fonctionnalités avancées, il est nécessaire d'activer les fonctions expérimentales de l'atelier CAM.

Tâches à réaliser

- Sélectionner la commande  Édition → Préférences... → CAM → Avancé ;
- Cocher les cases comme sur la figure ci-dessous :



Activer les fonctionnalités avancées



3. Gérer les outils coupants

Objectifs

- Créer et gérer une bibliothèque d'outils ;

Bibliothèque « *Default* »

Lors de la première utilisation d'outils dans l'atelier CAM , FreeCAD crée une bibliothèque **Default** dans le dossier  CamAssets. Cette bibliothèque n'est pas adaptée à l'utilisation d'une CNC personnelle et aux exemples proposés dans ce parcours ;

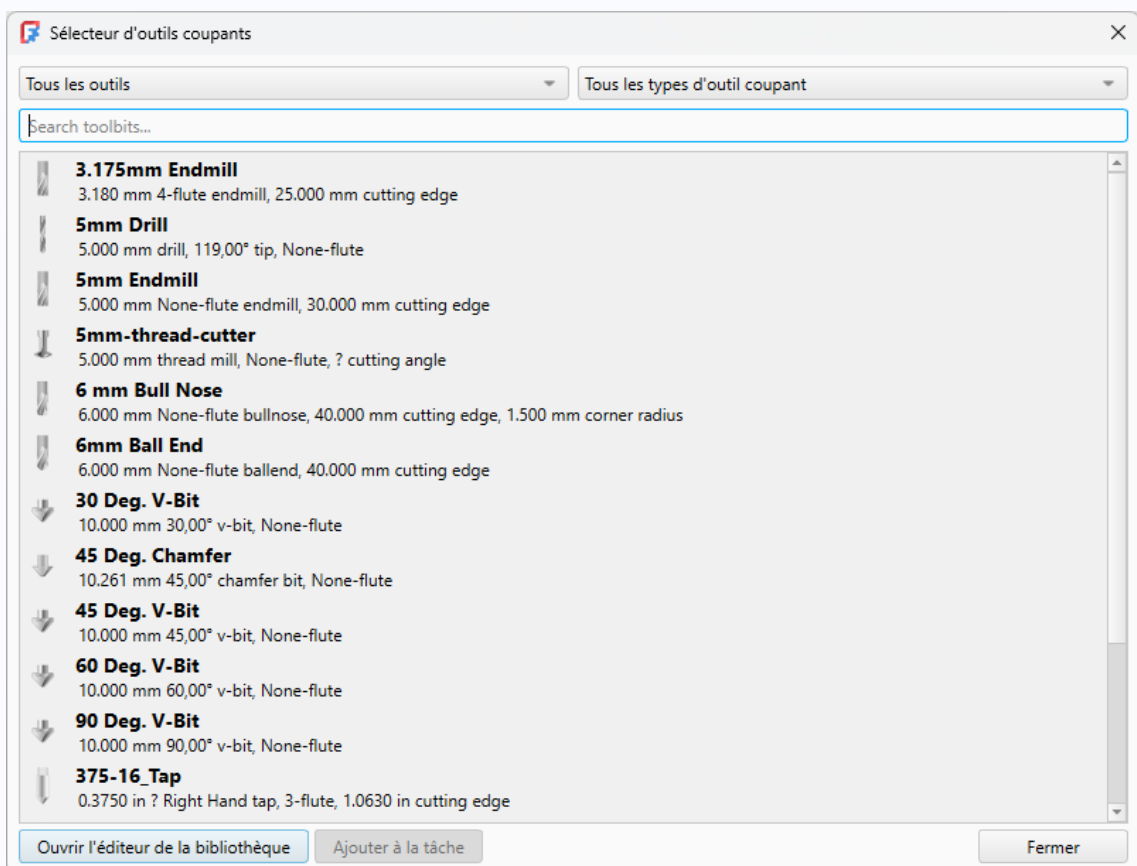
Avant de créer une première tâche , nous allons :

- Créer une nouvelle bibliothèque ;
- Ajouter un outil coupant à cette bibliothèque ;

Sélecteur d'outils coupants

Tâches à réaliser

- Dans l'atelier CAM , cliquer sur la commande **Sélecteur d'outils coupants**  :
FreeCAD ouvre une nouvelle fenêtre  **Sélecteur d'outils coupants** :



Sélecteur d'outils coupants



- Cliquer droit sur le 1er outil et sélectionner la commande Edit

FreeCAD ouvre une seconde fenêtre Éditeur des paramètres des outils coupants :

Paramètres de l'outil

Caractéristiques géométriques

- Le sélecteur d'outils coupants gère principalement les propriétés **géométriques** des outils : forme, dimensions ;
- D'autres propriétés (attributs) peuvent être saisies comme le nombre de dents (flutes), le matériau utilisé pour l'outil, l'avance par dent mais ces informations ne sont pas **directement** utilisées par FreeCAD pour la création du fichier G-Code ;

Contextes d'utilisation

FreeCAD 26.3 propose un second onglet **Vitesses d'avance et de rotation** qui permet d'associer à un même outil différents contextes d'utilisation (matériau, type d'opérations)



Éditer le paramètre prédéfini

Nom :

Matériau : (rien) ☒ Générique (n'importe quel matériau)

Type d'opération :

Vitesse de surface :

Épaisseur de copeaux (par dent) :

Rapport de vitesse d'avance verticale :

Vitesses d'avance et de rotation directes

Vitesse d'avance horizontale :

Vitesse de broche :

Bloc-notes

Saisie d'un contexte d'utilisation

et de calculer une vitesse de broche et une vitesse d'avance horizontale en fonction de la vitesse de coupe (vitesse de surface), l'avance par dent et les caractéristiques géométriques de l'outil ;

3.175mm Endmill - Éditeur des paramètres des outils coupants

Outil coupant **Vitesses d'avance et de rotation**

	Nom	Matériau	Type d'opération	Vitesse de surface	Épaisseur de copeaux	Bloc-notes
1	Bois tendre	(n'importe quel matériau)	pocket	119.9 m/min	0,01 mm	

Affichage de l'onglet Vitesses d'avance et de rotation

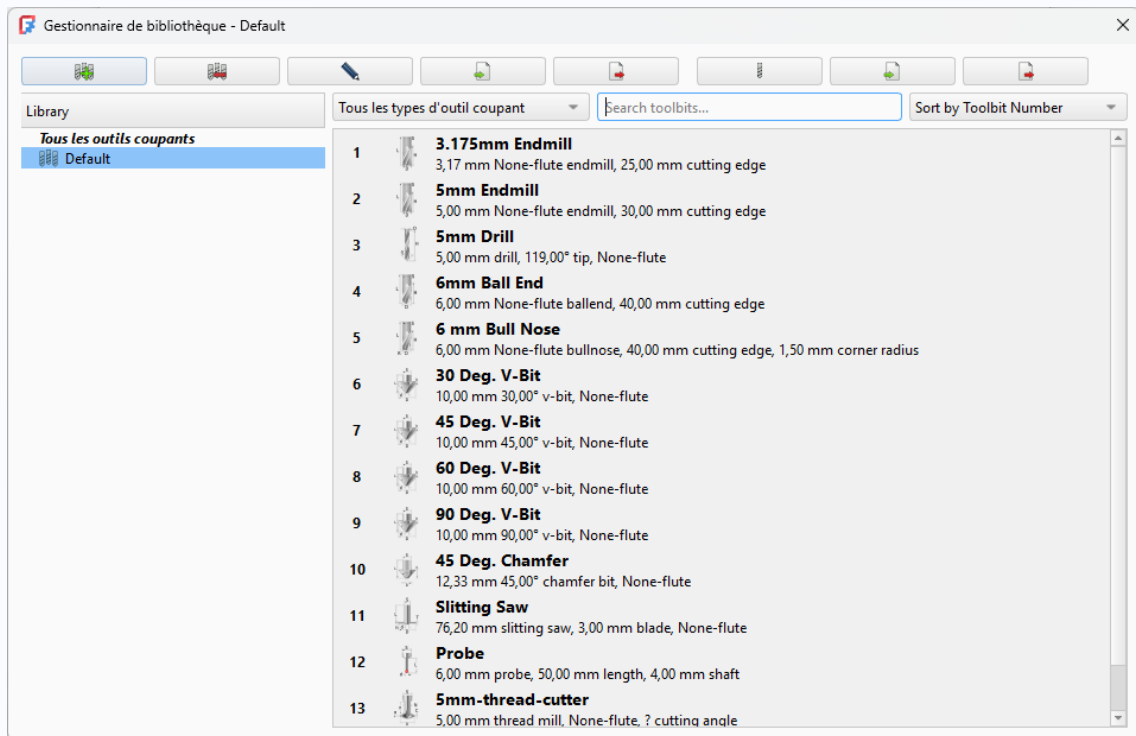


Créer une bibliothèque

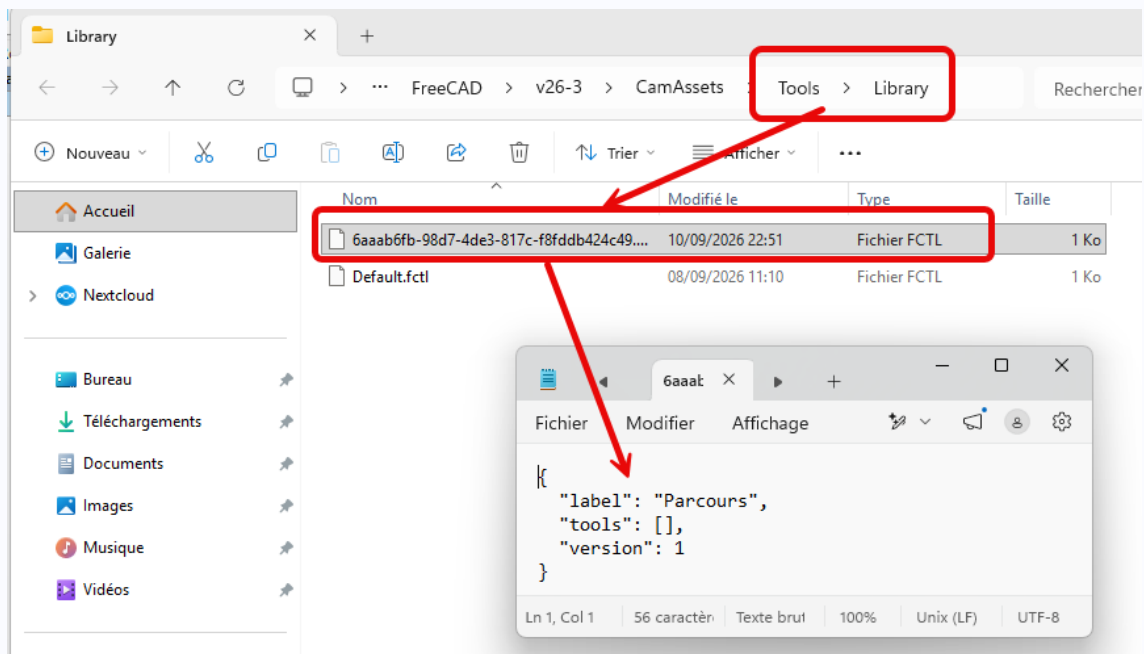
Tâches à réaliser

- Si nécessaire, afficher le sélecteur d'outils coupants  et cliquer sur le bouton Ouvrir l'éditeur de la bibliothèque en bas de la fenêtre :

FreeCAD ouvre une nouvelle fenêtre  Gestionnaire de bibliothèque :



- Créer une nouvelle bibliothèque d'outils «  Parcours » en cliquant sur le bouton  :
- FreeCAD ajoute un nouveau fichier fctl dans le sous-dossier  Library ;



Création de la nouvelle bibliothèque



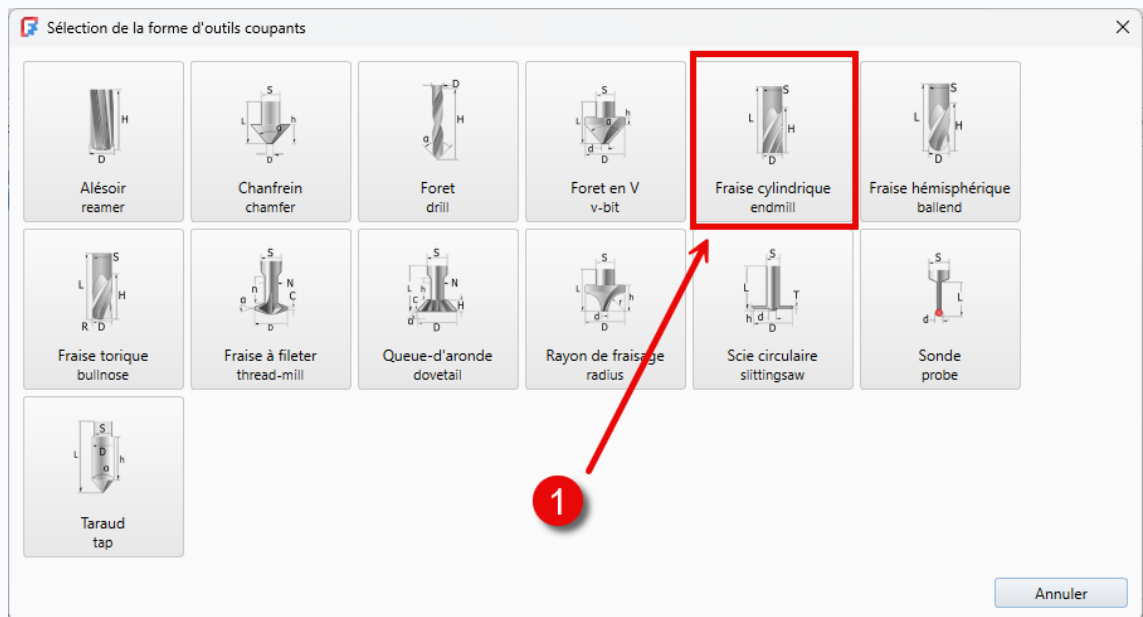
Créer un nouvel outil coupant

Objectifs

- Créer un nouvel outil coupant à partir de la forme  Fraise cylindrique proposée par FreeCAD ;

Tâches à réaliser

- Si nécessaire, sélectionner la commande  Cam → Gestionnaire de la bibliothèque des outils coupants de la barre de menus ;
- Sélectionner la bibliothèque  Parcours ;
- Créer un nouvel outil coupant à l'aide du bouton  :
 - saisir la forme  Fraise cylindrique :



Choix de la forme d'outil



- Double-cliquer sur l'outil et saisir son libellé **FC20EndMill** et ses propriétés géométriques :

Saisie des caractéristiques du nouvel outil

- Cutting Edge Length (H) = 12 mm,
- Diameter (D) = 2 mm,
- Length (L) = 38 mm,
- Shank Diameter (S) = 3.175 mm,
- Refermer la fenêtre ;

Emplacement du nouvel outil :

- FreeCAD a ajouté un fichier fctb dans le sous-dossier Bit ;

Remarque

- Il est possible de créer de nouvelles formes d'outils. Voir la section [Créer une nouvelle forme d'outil](#) [p.50] ;

4. Usinages 2,5D

Objectifs

- Mettre en œuvre les différentes étapes de l'atelier CAM  pour des usinages 2,5D sur un modèle 3D ;
- Utiliser la commande [Créer une tâche](#)  W

4.1. Travail préparatoire

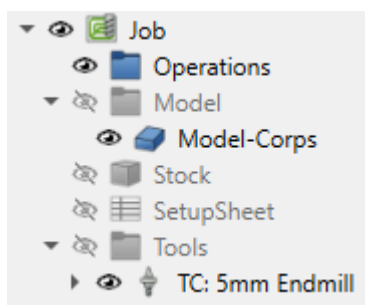
Créer la tâche

Tâches à réaliser

- Sélectionner l'atelier CAM  si nécessaire ;
- Cliquer sur la commande [Créer une tâche](#)  et sélectionner le ☒ Corps 1 du document  tuto12-1 ;
- Parcourir les différents onglets de la tâche **sans rien modifier pour le moment** puis refermer l'onglet **Tâches** en cliquant sur le bouton **OK** ;

Contenu de Job

FreeCAD a ajouté un objet  Job dans l'arborescence du document (onglet **Modèle**).



Contenu de la tâche dans l'onglet Modèle

Cet objet  Job contient :

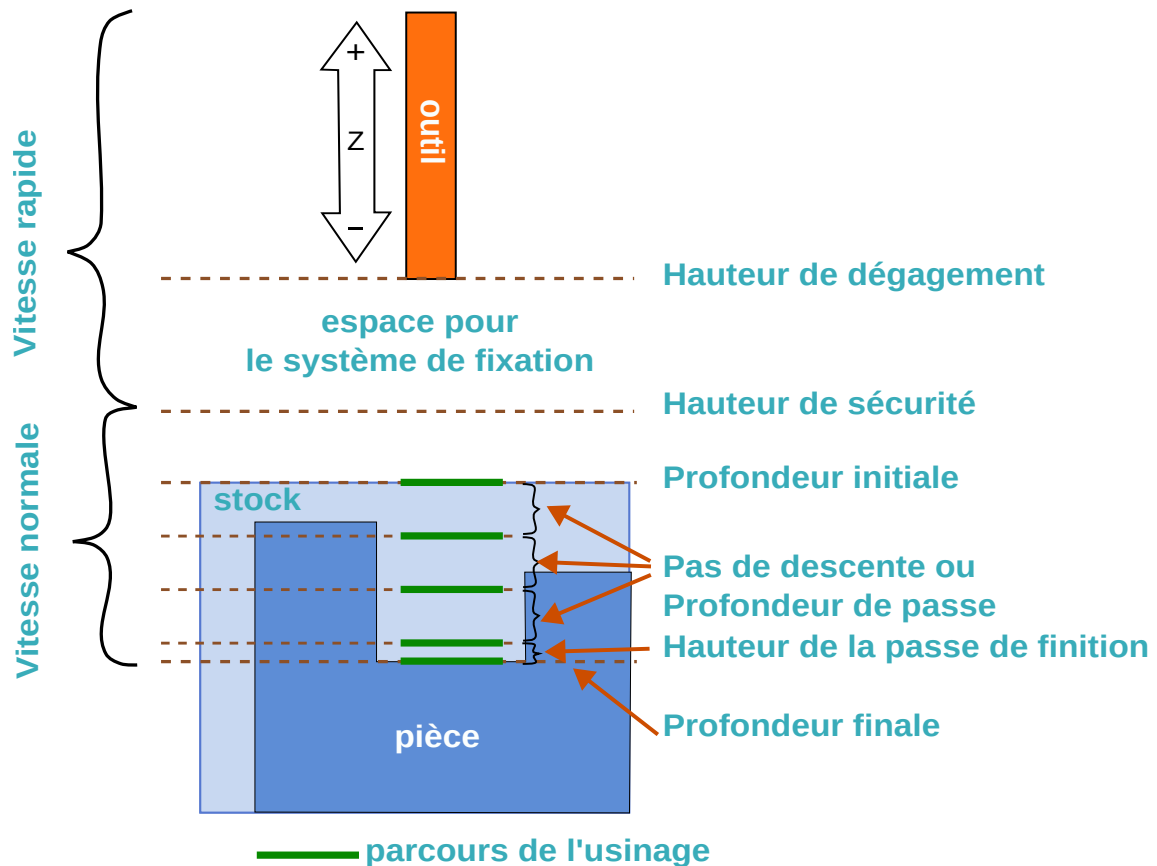
- le dossier  Operations : il contiendra la suite des opérations d'usinage ;
- le dossier  Model : contient un **clone** du modèle sélectionné lors de la création de la tâche  ;
- l'élément  Stock : contient la définition du brut de la pièce ;

- l'élément  SetupSheet : contient une [feuille de configuration](#) ^W ;
- le dossier  Tools : contient la liste des outils coupants utilisés ;

Ajuster la configuration globale

Objectifs

- Vérifier et/ou modifier la hauteur de dégagement et la hauteur de sécurité de la tâche  ;



- Par défaut, FreeCAD fixe la profondeur de passe (pas de descente) à la valeur d'un diamètre de l'outil : nous allons réduire cette valeur à $\frac{1}{2}$ diamètre de l'outil ;
- Saisir les vitesses d'avance rapide : elles dépendent des caractéristiques mécaniques de la CNC, pour une CNC GRBL voir les paramètres \$110, \$111, \$112 ;

Hauteur de dégagement

$\approx$ Clearance Height

Correspond à la hauteur à laquelle l'outil se déplace en mode rapide **G0** lorsqu'il n'est pas en train d'usiner.

- Elle est utilisée pour éviter les collisions avec la pièce ou les brides de fixation ;
- C'est la hauteur à laquelle l'outil revient entre deux opérations ou déplacements non coupants ;
- Elle doit être suffisamment élevée pour assurer un dégagement sûr, mais pas trop pour éviter des déplacements inutiles qui allongent le temps d'usinage ;

Hauteur de sécurité

≈ Safe height

Hauteur à laquelle l'outil se déplace entre les passes d'usinage, mais uniquement dans une même opération ;

- Hauteur intermédiaire, utilisée pour les petits déplacements rapides à l'intérieur d'une même opération ;
- Permet d'éviter d'aller trop haut inutilement, réduisant ainsi le temps de cycle ;
- Elle est souvent juste au-dessus de la pièce, mais assez haute pour éviter les collisions avec la surface ;

Différencier hauteur de dégagement et hauteur de sécurité

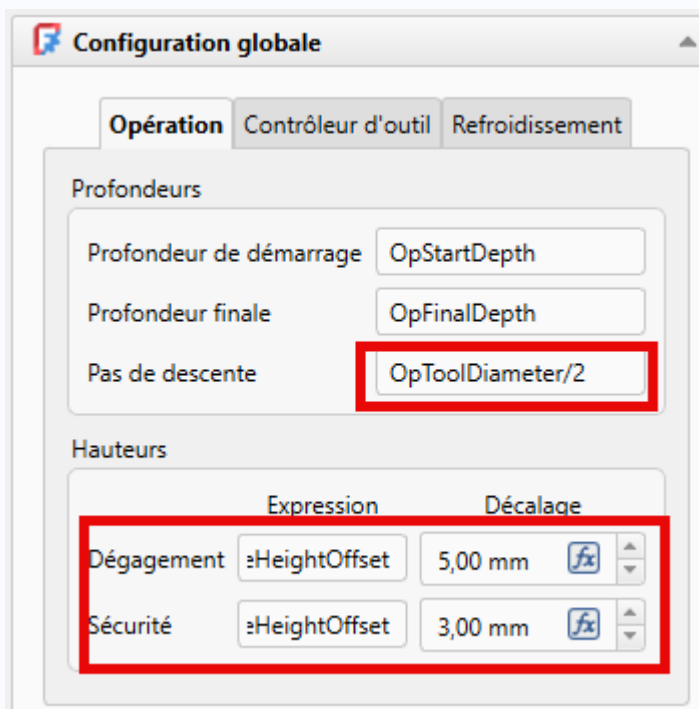
Par exemple, si l'outil doit percer plusieurs trous dans une pièce :

1. Il descend jusqu'à la profondeur de coupe pour percer.
2. Il remonte à la **Hauteur de sécurité** (Safe Height) pour se déplacer au prochain trou sans usiner.
3. S'il doit se déplacer sur une longue distance (par exemple, pour un autre groupe de trous), il remonte à la **hauteur de dégagement** (Clearance Height).

Ajuster correctement ces paramètres permet d'optimiser l'usinage en équilibrant **sécurité** et **efficacité**.

Tâches à réaliser

- Dans la vue modèle, double-cliquer sur l'élément  SetupSheet et sélectionner la rubrique **Configuration globale** (tout en bas de la boîte de dialogue 😊)
- Saisir le nouveau pas de descente :  OpToolDiameter/2 ;
- Modifier si nécessaire les hauteurs de dégagement et de sécurité en fonction de votre dispositif de fixation de la pièce ;



Configuration globale

Opération | Contrôleur d'outil | Refroidissement

Profondeurs

Profondeur de démarrage OpStartDepth

Profondeur finale OpFinalDepth

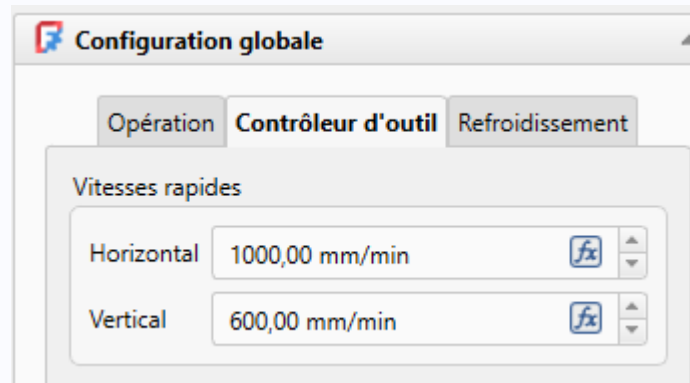
Pas de descente **OpToolDiameter/2**

Hauteurs

	Expression	Décalage
Dégagement	±HeightOffset	5,00 mm
Sécurité	±HeightOffset	3,00 mm

Pas de descente et hauteurs

- Sélectionner l'onglet **Contrôleur d'outil** et saisir les vitesses d'avance rapide correspondant à votre CNC ;

*Configuration des avances rapides*

- Valider ;

Attention

- Ces paramètres dépendent des capacités de la CNC (vitesses de déplacements maximales, rigidité de la machine) ;

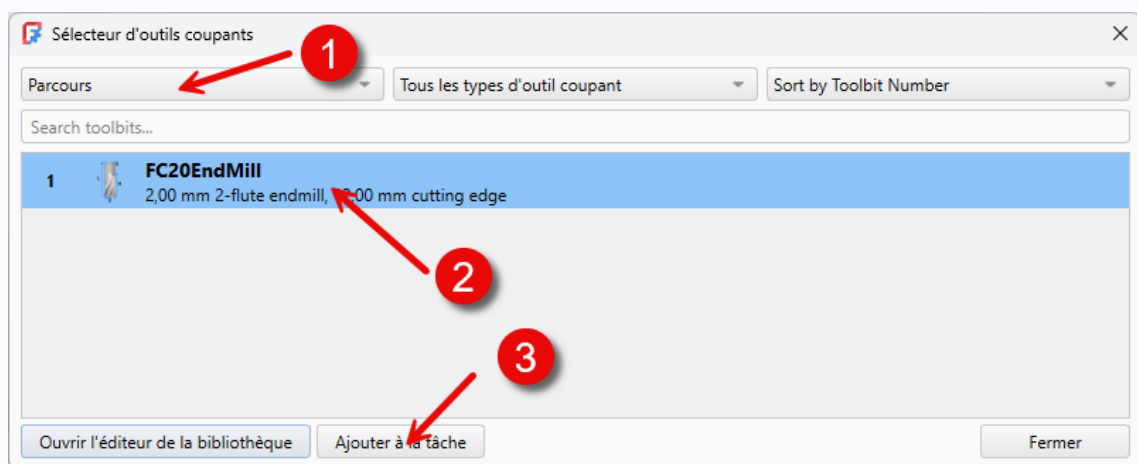
Choisir l'outil

Objectifs

- Sélectionner l'outil coupant pour la tâche  ;
- Définir les caractéristiques mécaniques de l'outil ;

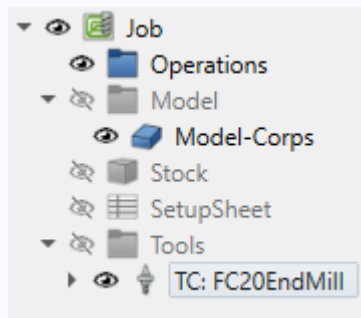
Tâches à réaliser

- Afficher le **sélecteur d'outils** à l'aide du bouton  de la barre d'outils ;
- Sélectionner la bibliothèque  **Parcours** et ajouter l'outil **FC20EndMill** à la tâche puis refermer la fenêtre ;



Ajout de l'outil à la tâche

- Ouvrir le sous-dossier  Tools dans l'onglet **Modèle** et supprimer  TC : TC 5mm EndMill ;



 FC20EndMill ajouté à la tâche

- Double-cliquer sur l'outil  TC :FC20EndMill dans l'onglet **Modèle** pour afficher le [contrôleur d'outils](#) ^W  ;
- Saisir les paramètres **mécaniques** de l'outil :

Éditeur du contrôleur d'outil

Nom du contrôleur/numéro de l'outil

TC: FC20EndMill 2

1 Avance horizontale 720,00 mm/min

2 Avance verticale 360,00 mm/min

3 Avance de l'entrée 720,00 mm/min

Avance de la sortie 720,00 mm/min

Avance de la rampe 720,00 mm/min

Avance de l'outil sans engagement 0,00 mm/min

Rapide horizontale 1000,00 mm/min

Rapide verticale 600,00 mm/min

Vitesse de broche 12000,00 Devant



Contrôleur d'outil

- vitesse d'avance horizontale :  720 mm/min,

- vitesse d'avance verticale :  360mm /min ;
- vitesse de la broche  12000 tours/min ;
- Valider ;

Attention à la sécurité

Les paramètres saisis ci-dessus correspondent à l'utilisation d'une CNC personnelle, d'une fraise carbure à deux dents et à du bois tendre comme matière à usiner ;

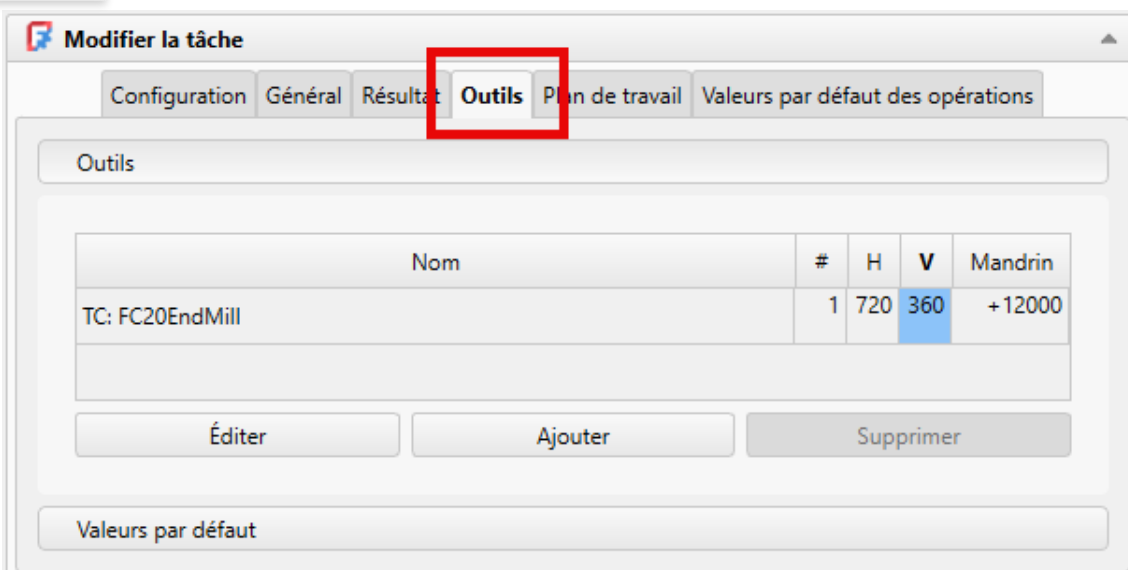
- Si vous souhaitez réaliser l'usinage, il faudra **impérativement** adapter ces paramètres mécaniques à votre environnement de production.

Vitesses d'avance rapide

Les vitesses d'avance rapide proviennent de la feuille de configuration ;

Afficher le contrôleur d'outils

Pour afficher le contrôleur d'outils  , on peut aussi double-cliquer sur la tâche  puis sélectionner l'onglet **Outils** ;



Nom	#	H	V	Mandrin
TC: FC20EndMill	1	720	360	+12000

Buttons: Éditer, Ajouter, Supprimer

Valeurs par défaut

Accès au contrôleur d'outils

Définir le brut et l'alignement

☰ Tâches à réaliser

- Double-cliquer sur l'élément  Job et sélectionner l'onglet **Configuration** ;
- Définir le brut comme ci-dessous et valider :

Brut

Étendre la boîte englobante du modèle Rafraîchir

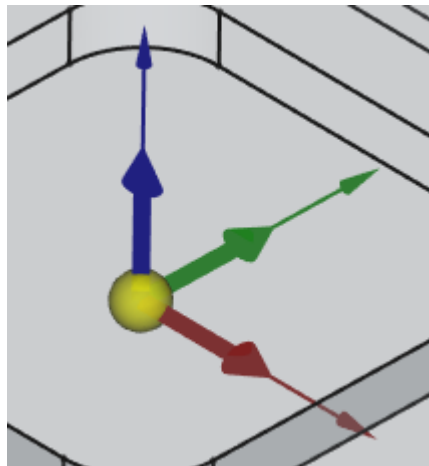
Extension en X	3,00 mm	3,00 mm
Extension en Y	3,00 mm	3,00 mm
Extension en Z	0,00 mm	3,00 mm

 Assigner un matériau

Définition du brut (stock)

💬 Identifier le sens des extensions en X, Y, Z

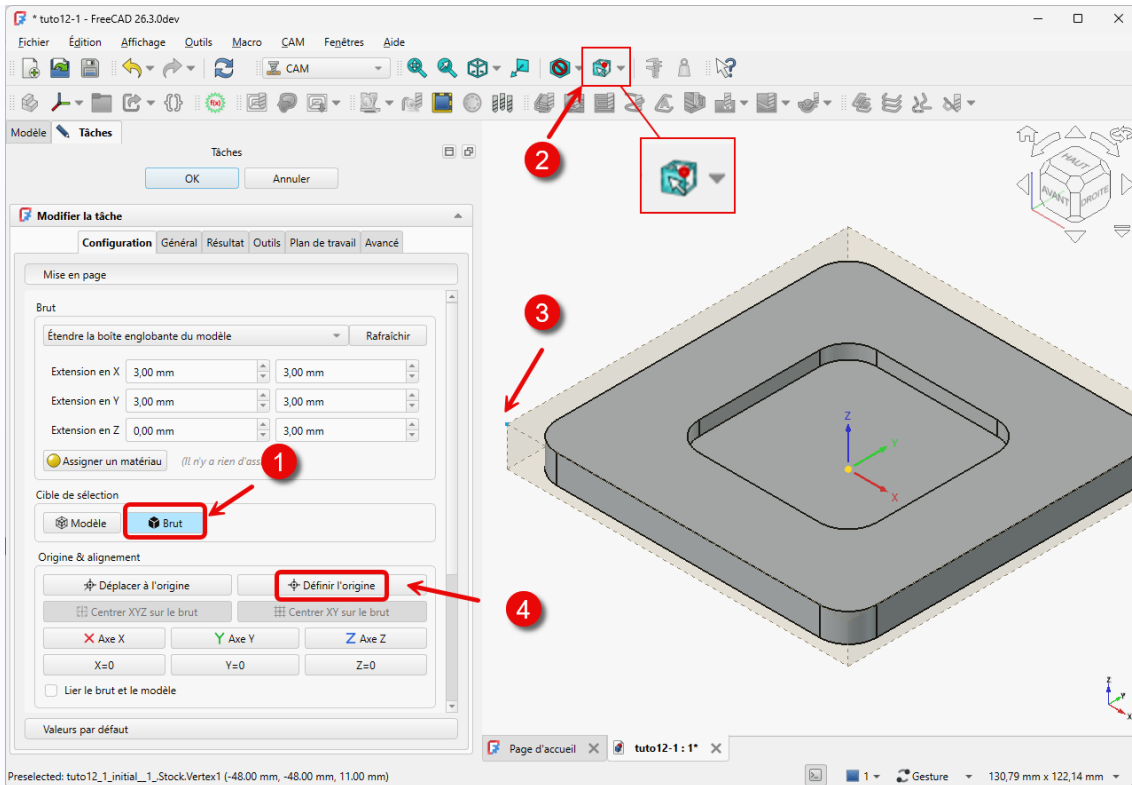
- La première colonne correspond aux valeurs X, Y, Z négatives, la seconde colonne aux valeurs positives ;
- Le repère permet d'identifier le sens des axes :



Sens du repère O - X (Rouge) - Y (Vert) - Z (Bleu)

☰ Tâches à réaliser (suite)

- Si nécessaire, double-cliquer sur l'élément  Job et sélectionner à nouveau l'onglet **Configuration** ;
- Sélectionner la cible  Brut
- Sélectionner le sommet (vertex) comme ci-dessous et cliquer sur le bouton **Définir l'origine** ;

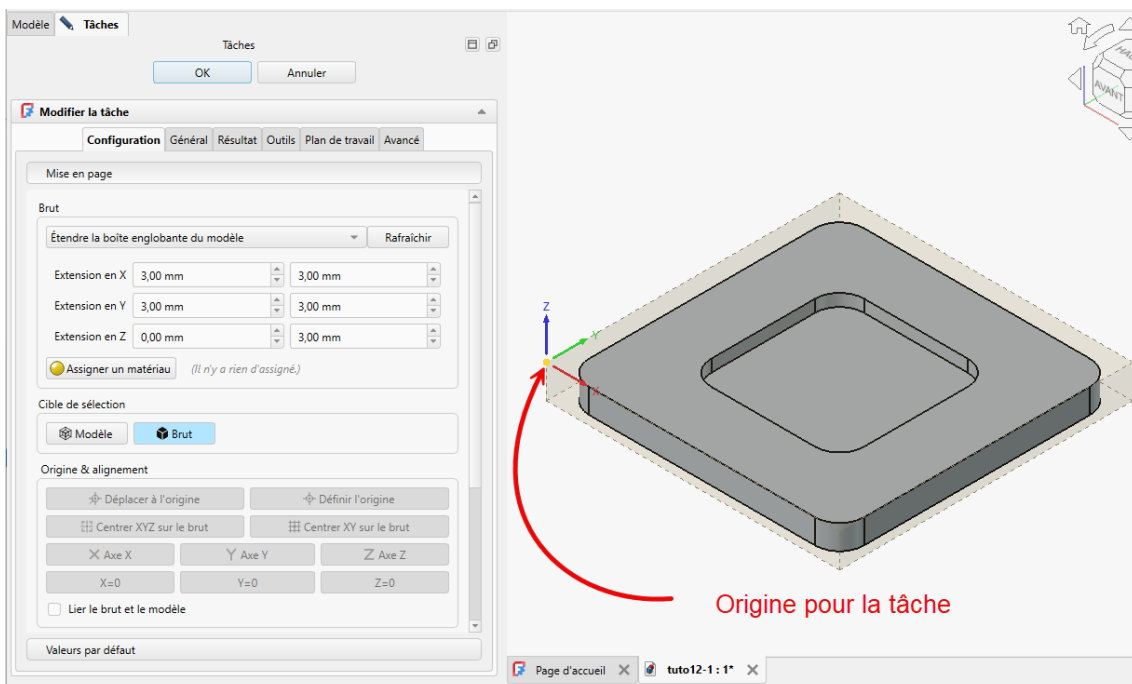


Définir l'origine pour la CNC

Comprendre la commande Définir l'origine ;

Par défaut, FreeCAD prend pour origine des opérations d'usinage, l'origine utilisée pour la modélisation du corps : cette origine ne correspond pas, sauf exception, à l'origine qui sera utilisée pour le réglage des opérations d'usinages sur la CNC.

- La commande **Définir l'origine** modifie le repère du **clone du corps** utilisé pour la programmation de la CNC ;

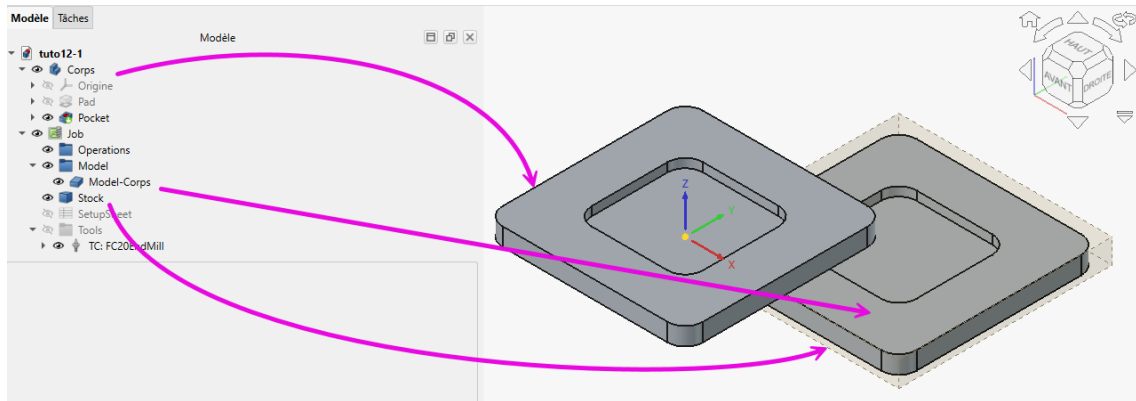


Nouvelle origine pour la tâche

Modèle et clone du modèle

Si vous affichez le modèle  Corps dans la vue 3D, il apparaîtra décalé : **Ne pas s'en préoccuper** :

- l'atelier  PartDesign utilisera le modèle pour le modifier si nécessaire ;
 - toute modification du modèle se répercutera sur le clone,
- l'atelier  CAM utilisera le repère du clone pour la définition des opérations d'usinage ;



Corps et son clone utilisé pour la tâche CAM

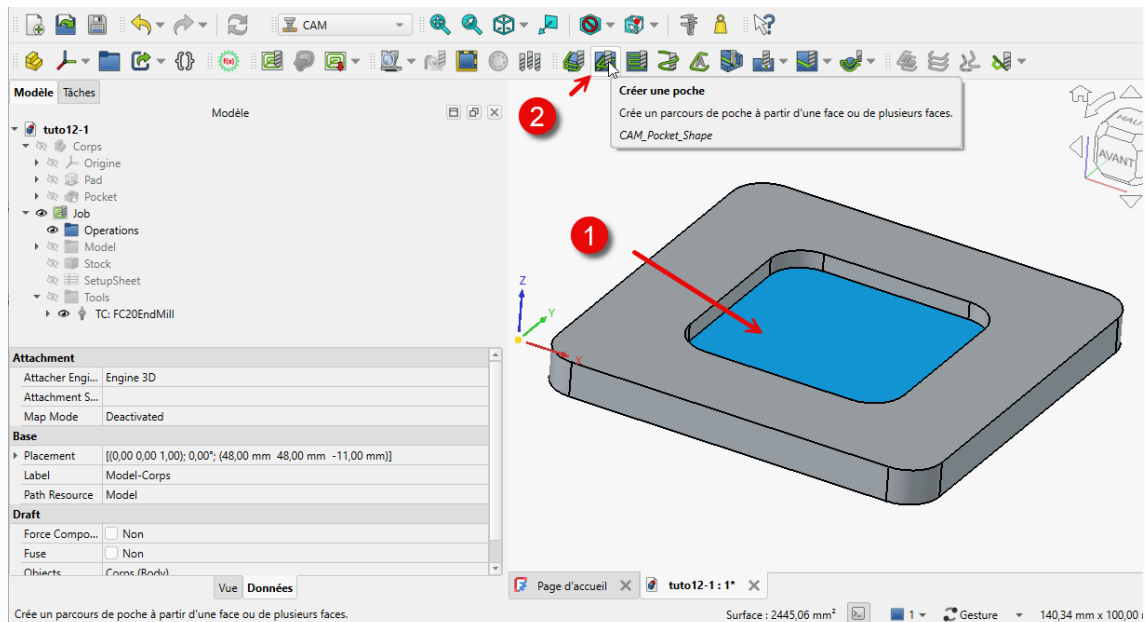
4.2. Poche

Objectif

-  Créer une poche ^W ;

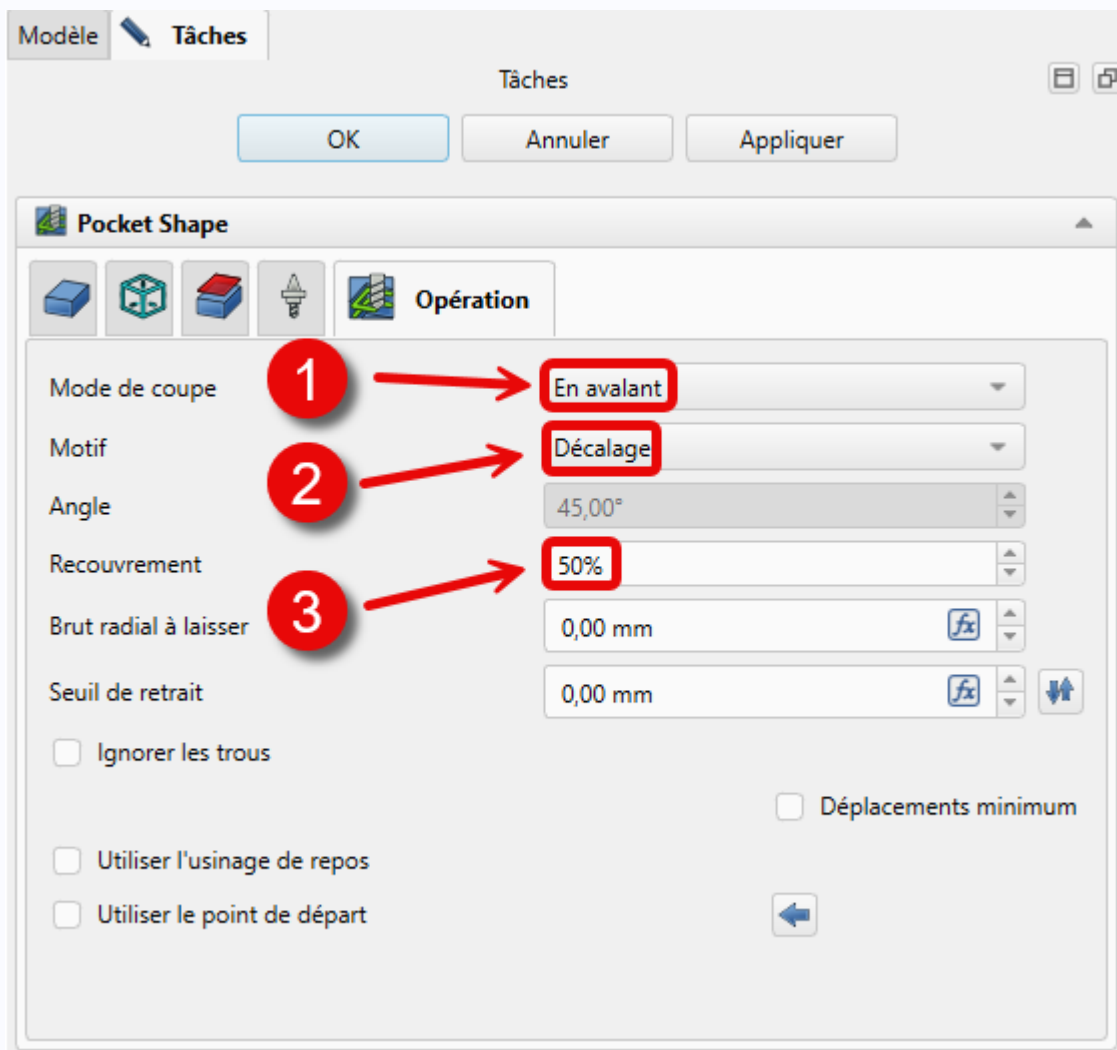
Tâches à réaliser

- Dans l'atelier  CAM, sélectionner le fond de la poche à créer et cliquer sur la commande **Créer une poche**  ;

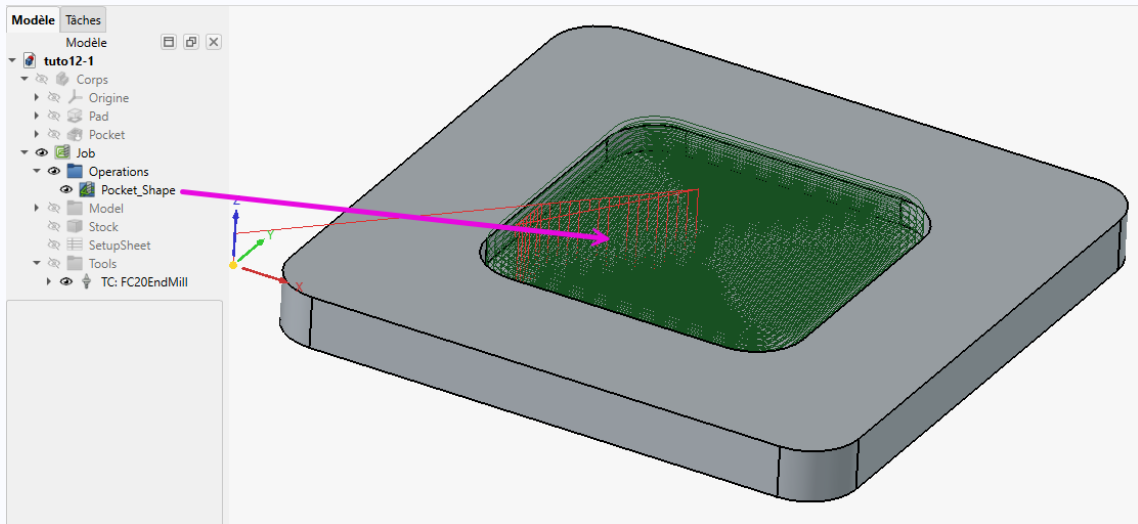


Face à sélectionner pour créer la poche

- Section **Opération**, saisir un motif : **Décalage** et un pourcentage de recouvrement de **50** ;



- Valider



Poche

FreeCAD a ajouté un élément  Pocket_Shape dans le sous-dossier  Opération de  Job ;

Mode de coupe

Détermine le sens de déplacement de la fraise par rapport à la matière :

Caractéristiques	en avalant climb	en opposition Conventional
Sens de rotation	Même sens que l'avance de la pièce	Sens opposé à l'avance de la pièce
Épaisseur du copeau	Maximale au début, nulle à la fin	Nulle au début, maximale à la fin
Force de coupe	Pousse la pièce	Tire la pièce
Finition	Excellente (moins de friction)	Moins bonne (écrouissage au début du contact)
CNC	Nécessite une CNC suffisamment rigide	comportement parfois plus tolérant sur une CNC présentant du jeu

Motif

Détermine la géométrie du parcours utilisé pour enlever la matière :

Motif	Trajectoire	Rapidité	Qualité des parois	Utilisation
Zigzag	lignes aller-retour	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★	Ébauche
Décalage	Contours concentriques	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★	Choix général

Parallèle + contour	lignes + contour	★★★★	★★★★	Très bon compromis
Ligne	Lignes dans une direction	★★★★	★★★	Cas particuliers
Grille	Lignes croisées	★★	★★★★	Grandes surfaces

Autres rubriques de Pocket Shape

- **Géométrie de base** : permet d'ajouter d'autres entités à la tâche ;
- **Extensions** : permet d'ajouter des zones supplémentaires usinées au-delà de la forme sélectionnée, pour garantir un évidement complet et fiable ;
- **Profondeurs** : Permet notamment d'ajuster la profondeur de 1ère passe et de dernière passe
- **Hauteurs** : Permet d'ajuster l'hauteur de dégagement et de sécurité par rapport à la la feuille de configuration ;

4.3. Simuler le parcours

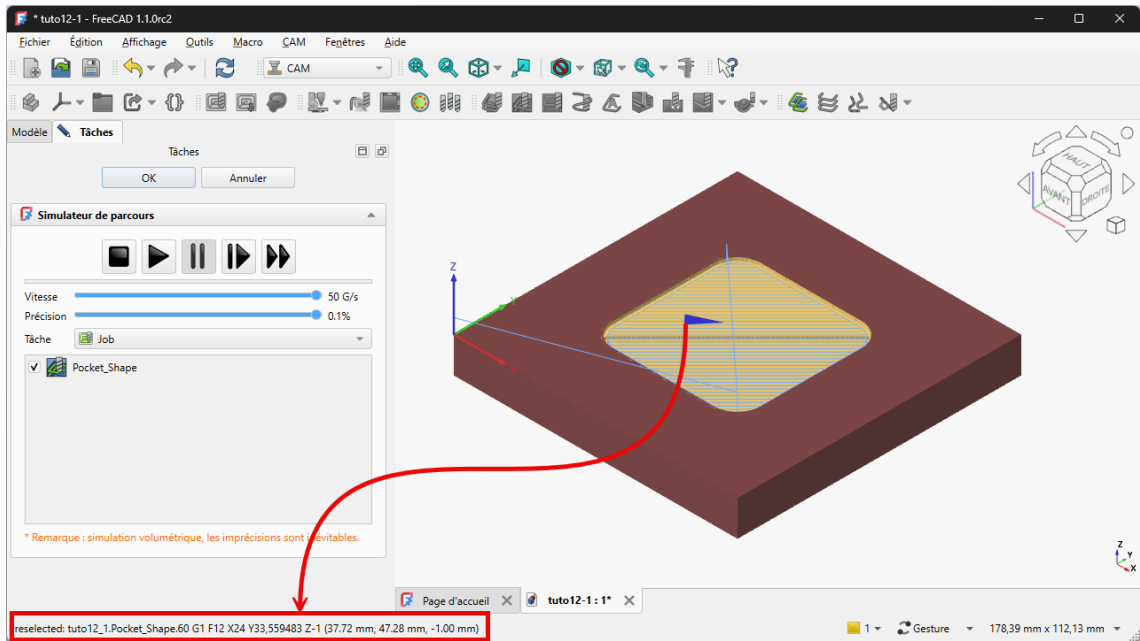
Depuis la version 1.0.0, FreeCAD propose deux simulateurs de parcours :

- le [simulateur GL](#) ^W plus précis et rapide ;
- le [simulateur de parcours « historique »](#) ^W ;

Tâches à réaliser

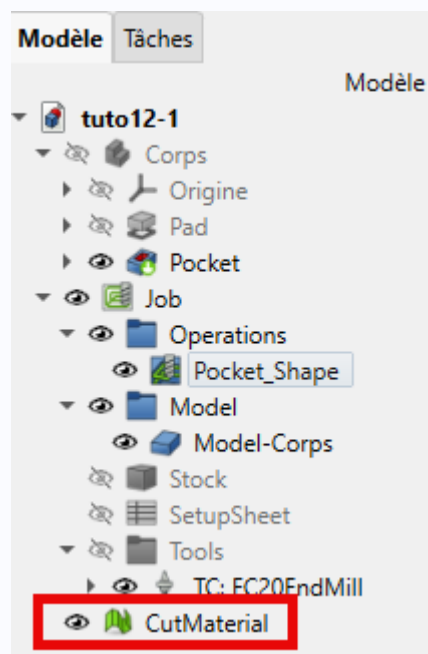
- Cliquer sur le bouton déroulant **Simuler le parcours**  et sélectionner le simulateur historique ;
- Lancer le simulateur en cliquant sur le bouton  ;
- Mettre la simulation en pause en cliquant sur le bouton  ;

- Approcher le pointeur de la souris sur une ligne du parcours et observer la barre d'état :



G-Code correspondant à la ligne sélectionnée du parcours

- Valider l'onglet **Tâche** : FreeCAD a ajouté un élément **CutMaterial** dans l'arborescence du document :



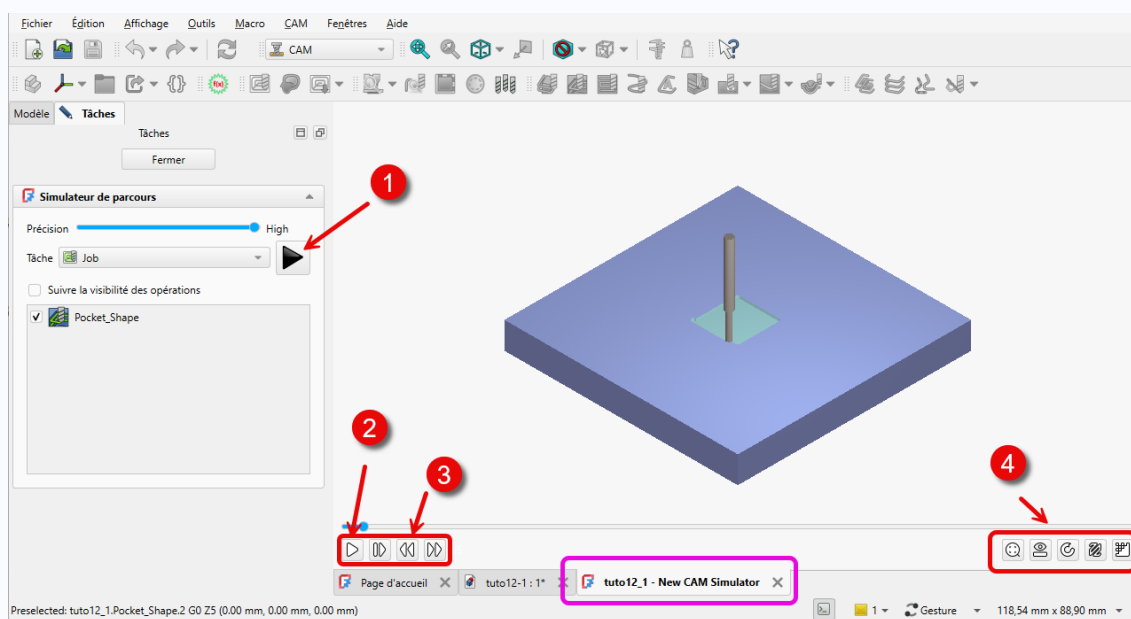
Élément CutMaterial

💡 Truc & astuce

Vous pouvez masquer ou supprimer cet élément **CutMaterial** sans conséquence pour votre modélisation ;

Tâches à réaliser

- Cliquer sur le bouton déroulant **Simuler le parcours**  et sélectionner le **simulateur GL**  ;
 - Lancer le simulateur en cliquant sur le bouton ▶ :
- FreeCAD ouvre une nouvelle fenêtre document :



Simulateur GL

- Tester les différents boutons de commande ;
- Refermer la fenêtre du simulateur :

Aide

Vous pouvez refermer l'onglet CAM Simulator sans conséquence pour votre modélisation ;

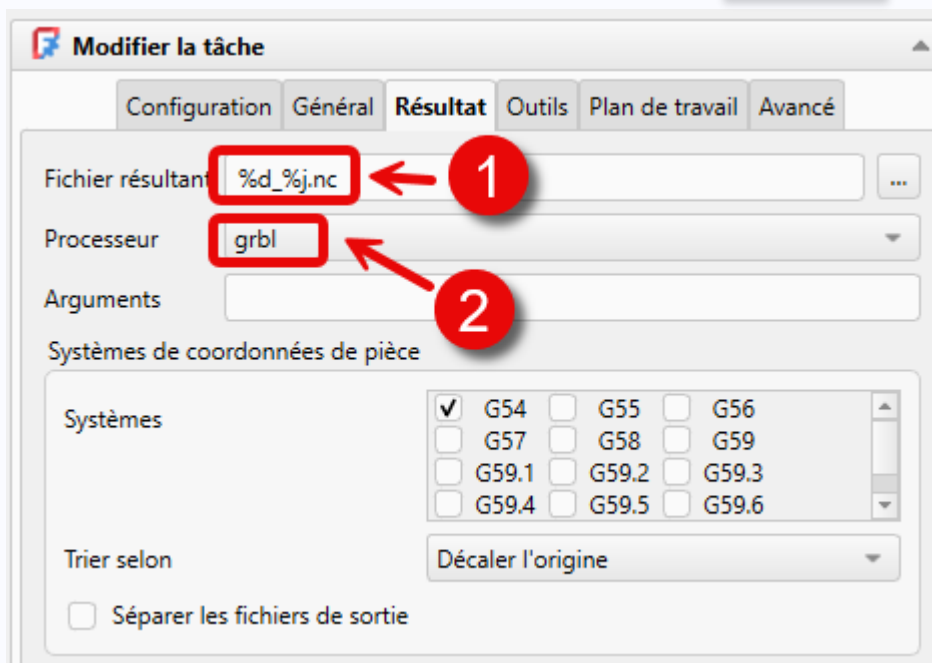
4.4. Post-traitement

Objectif

- Utiliser la commande **Post-traitement**  afin de créer le fichier G-code de la programmation de l'usinage ;

☰ Tâches à réaliser

- Double-cliquer sur la tâche  et vérifier les paramètres de l'onglet **Résultats** :



Modifier la tâche

Configuration Général **Résultat** Outils Plan de travail Avancé

Fichier résultant: **%d_%j.nc** ← 1

Processeur: **grbl** ← 2

Arguments:

Systèmes de coordonnées de pièce

Systèmes	☒ G54	☐ G55	☐ G56
	☐ G57	☐ G58	☐ G59
	☐ G59.1	☐ G59.2	☐ G59.3
	☐ G59.4	☐ G59.5	☐ G59.6

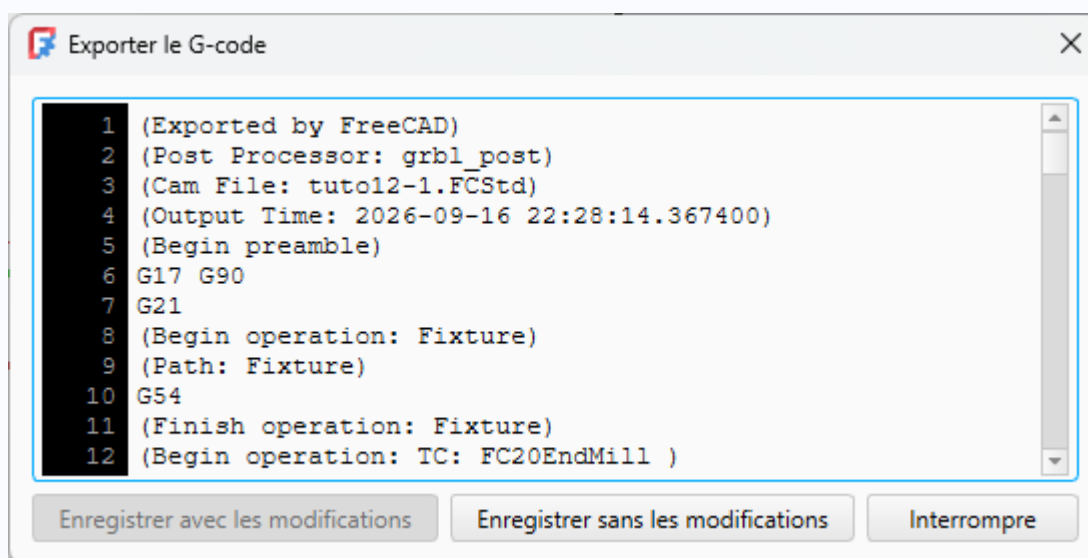
Trier selon: Décaler l'origine

☐ Séparer les fichiers de sortie

Paramètres du post-traitement

Ces paramètres ont été définis au § Configuration de l'atelier ^[p.14] ;

- Sélectionner la tâche  dans l'onglet **Modèle** et cliquer sur le bouton **Post-Traiter**  :
- FreeCAD ouvre une fenêtre contenant le fichier G-Code de la tâche ;



Exporter le G-code

```

1 (Exported by FreeCAD)
2 (Post Processor: grbl_post)
3 (Cam File: tuto12-1.FCStd)
4 (Output Time: 2026-09-16 22:28:14.367400)
5 (Begin preamble)
6 G17 G90
7 G21
8 (Begin operation: Fixture)
9 (Path: Fixture)
10 G54
11 (Finish operation: Fixture)
12 (Begin operation: TC: FC20EndMill )
  
```

Enregistrer avec les modifications Enregistrer sans les modifications Interrompre

Fichier G-Code de la tâche

Vous pouvez :

- modifier le contenu de ce fichier texte ;
- enregistrer le fichier G-Code : **tuto12-1_Job.nc** dans le dossier contenant votre fichier FCStd ; c'est ce fichier qu'il faudra envoyer à votre CNC pour réaliser l'usinage ;

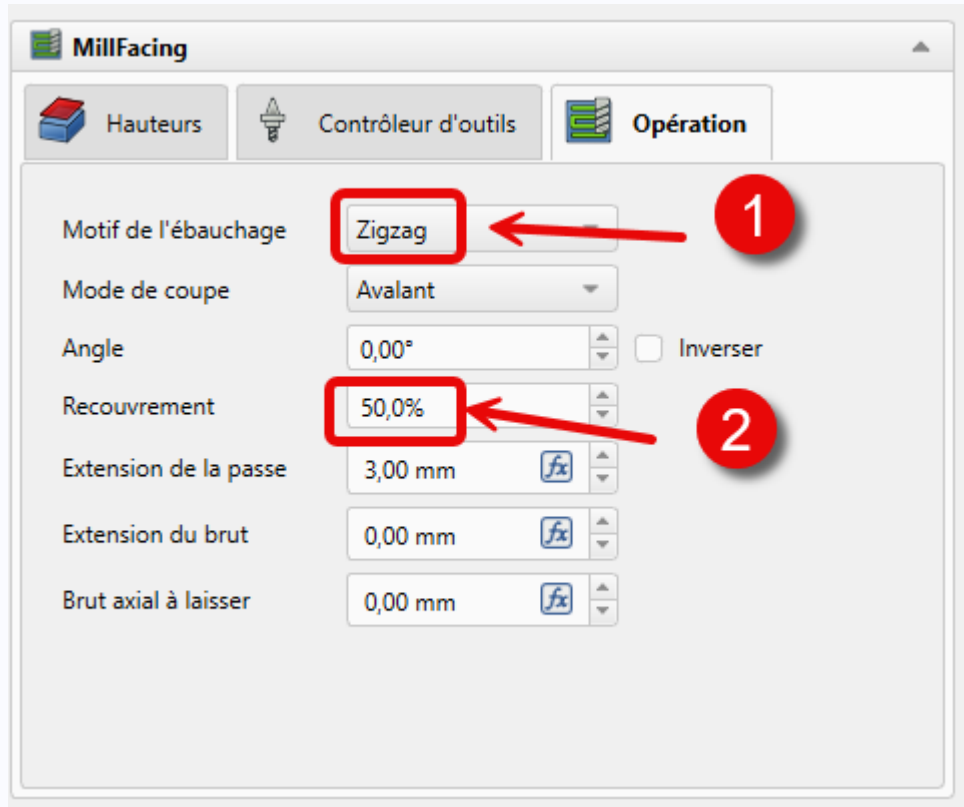
4.5. Surfaçage

Objectif

- Utiliser l'usinage 2,5D **Surfaçage**  ;

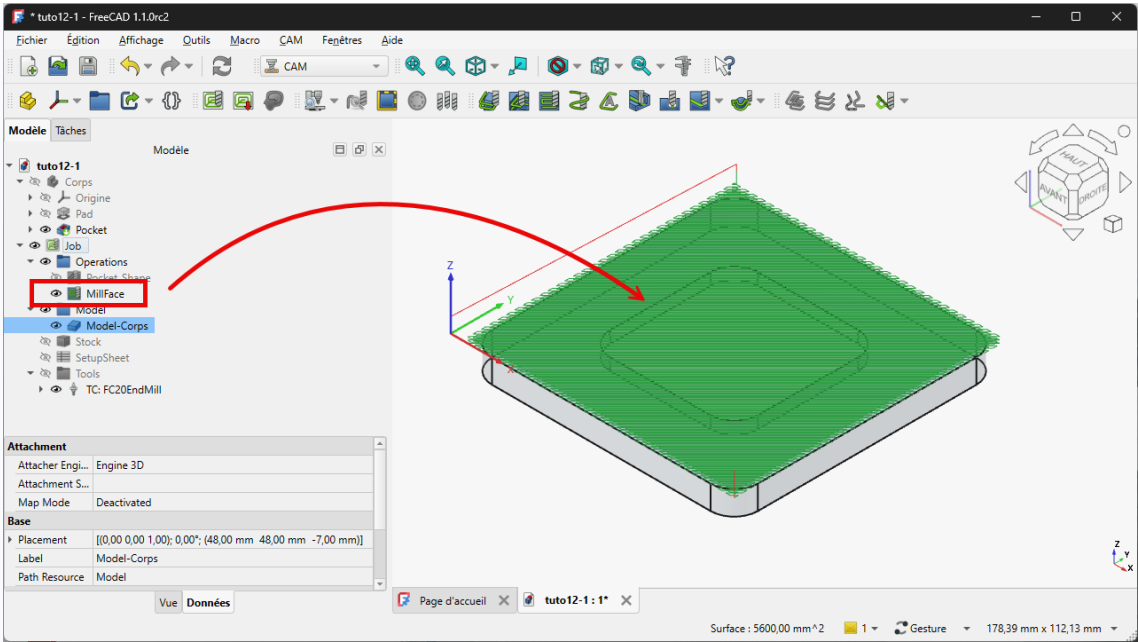
Tâches à réaliser

- Sélectionner la face supérieure du clone et sélectionner la commande **Surfaçage**  ;
- Section  **Opération**, saisir un motif  **Zigzag**, un  pourcentage de recouvrement de  **50** ;



Paramètres du surfaçage

- Valider



Surfacage

FreeCAD a ajouté un élément  MillFace dans le sous-dossier  Operations de  Job ;

 Remarque

Motif	Trajectoire	Avantages / Inconvénients	Utilisation
Zigzag	L'outil fait des lignes parallèles en aller-retour	peu de déplacements à vide ; rapide mais alterne coupe en avalant et coupe en opposition	Choix le plus courant
Bidirectionnel	Organise les passes pour que le mode de coupe choisi soit conservé	conserver l'usinage avalant sur toutes les passes.	Plus long mais coupe régulière
Directionnel	lignes + contour	marques laissées par la fraise sont orientées dans une direction précise	Très utile pour contrôler la finition.
Spirale	fraise suit un parcours continu	limiter les changements brusques de direction.	

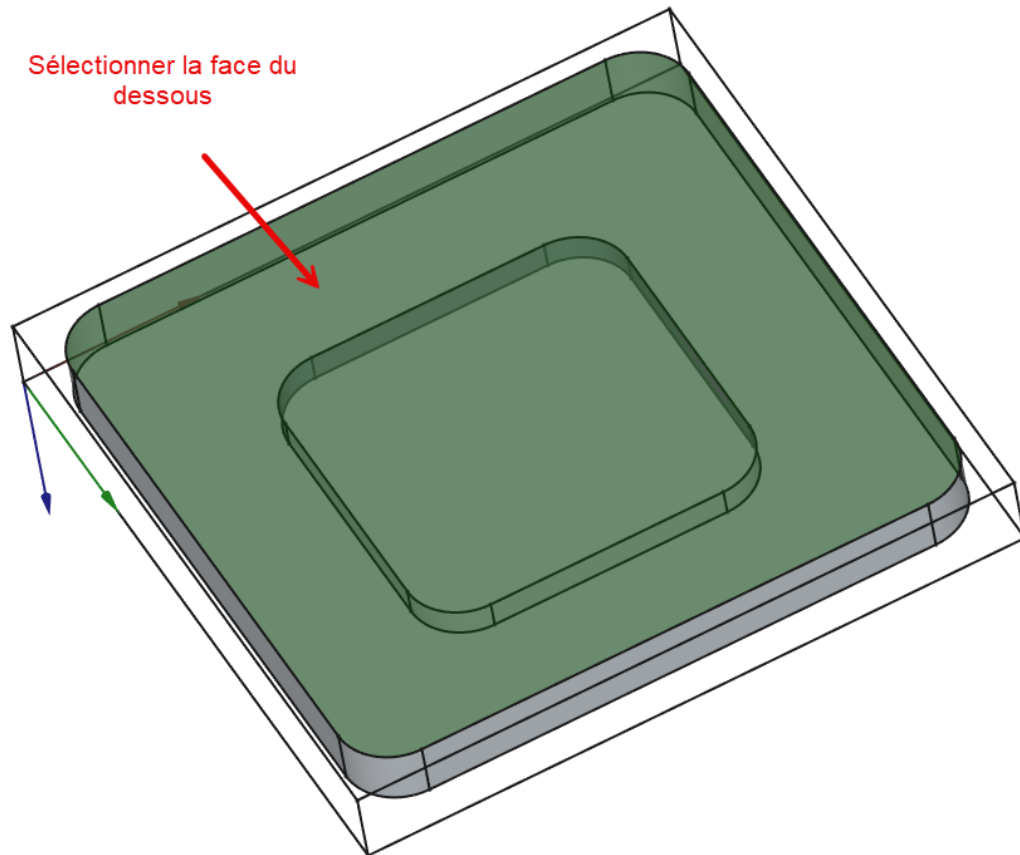
4.6. Profilage

 Objectif

- Utiliser l'usinage 2,5D Profilage  ;

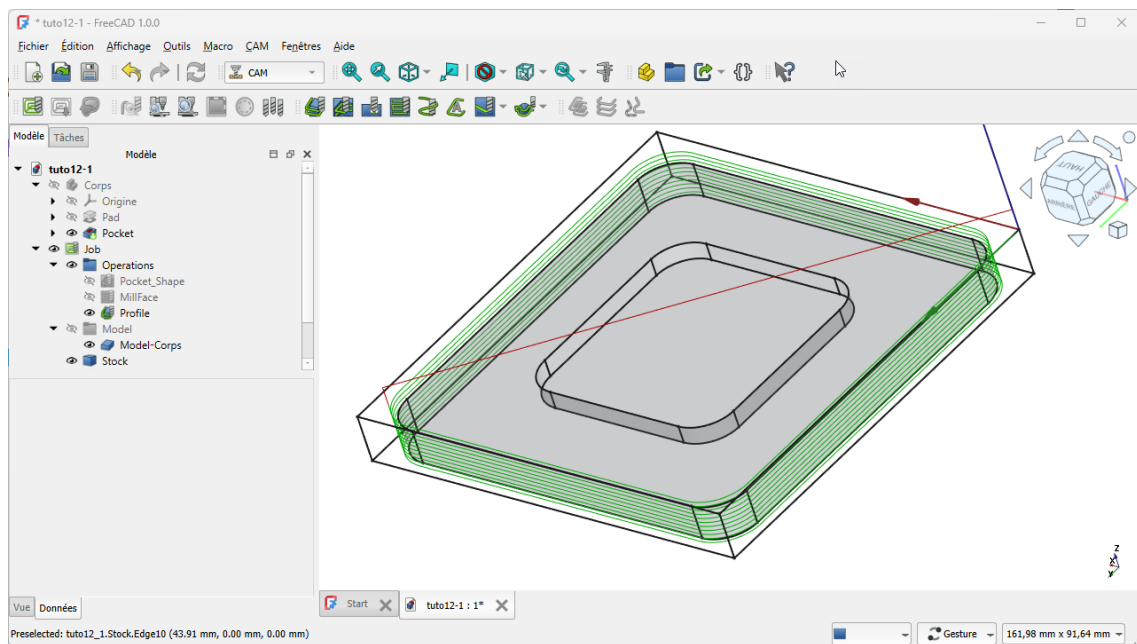
Tâches à réaliser

- Sélectionner la face du dessous du clone et sélectionner la commande Profiler  ;



Sélection de la face du dessous pour le profilage

- Valider



Profilage

FreeCAD a ajouté un élément  Profile dans le sous-dossier  Operation de  Job ;



5. Finitions de parcours

Objectifs

- Utiliser des finitions de parcours  ;

5.1. Création des attaches

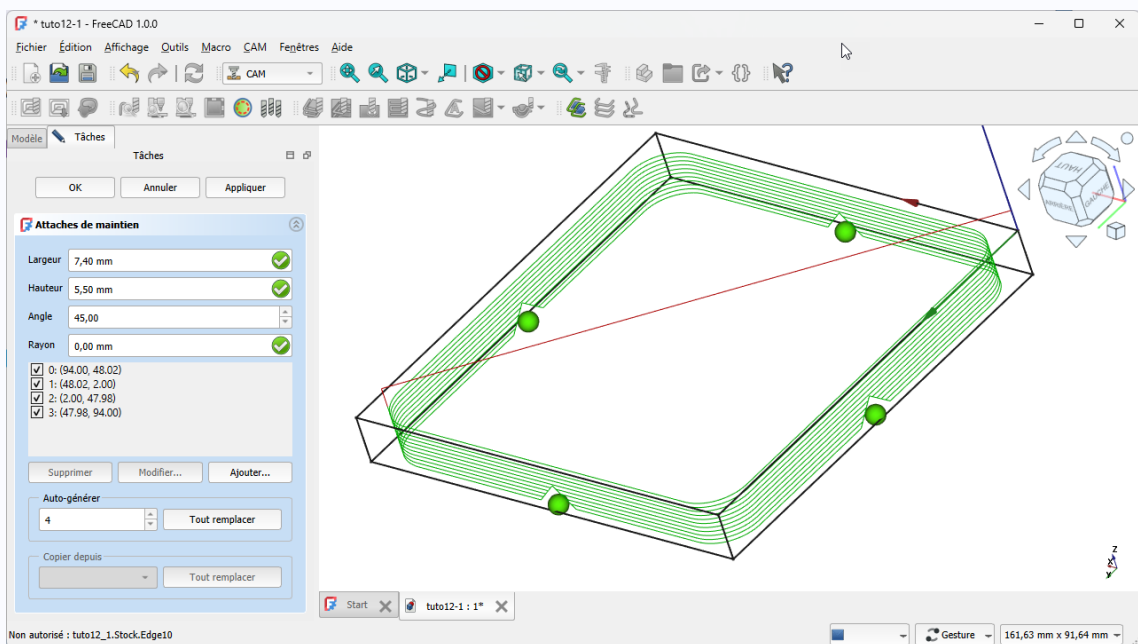
Objectif

- Utiliser une opération Finition de parcours  Attaches^W ;

Nous allons créer des attaches afin d'éviter que la pièce ne se détache avant la fin de l'usinage, ce qui pourrait entraîner des vibrations, des dommages ou même un mauvais positionnement.

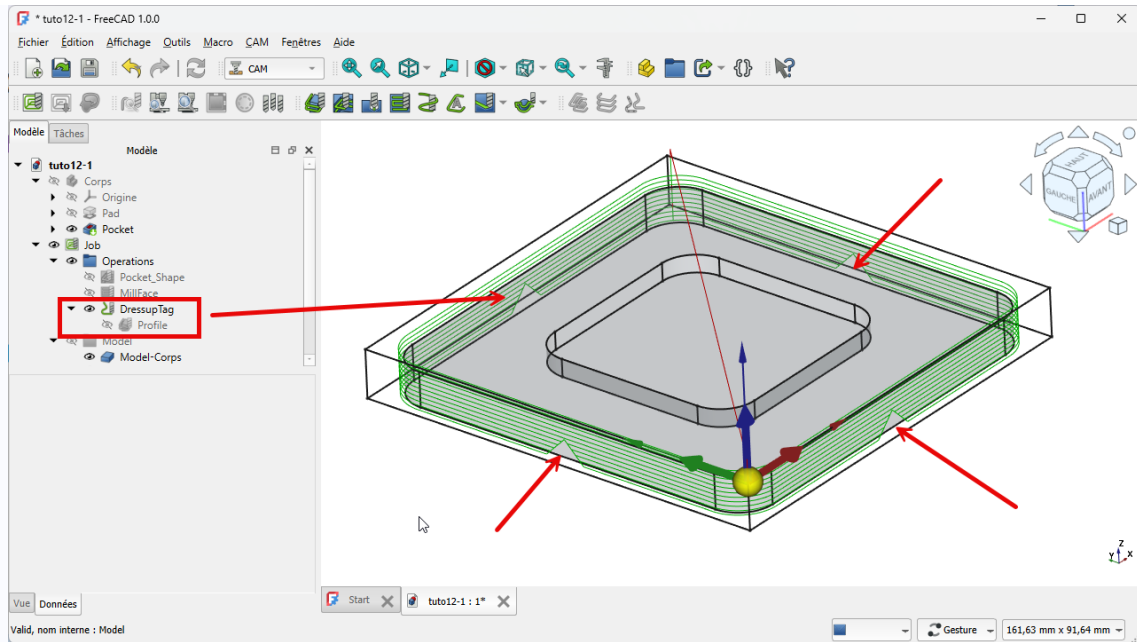
Tâches à réaliser (suite)

- Dans l'onglet **Modèle**, sélectionner l'opération  Profile puis sélectionner la commande  CAM → Finitions de parcours → Attache de la barre de menus ;



Finition Attaches sur l'opération de profilage

- Valider ;



Finition attaches appliquée à Profile

Ajout de la finition DressupTag

- FreeCAD a ajouté un élément  DressupTag dans le sous-dossier  Operation de  Job :  Profile est devenu un sous-élément de DressupTag
- Pour supprimer, une finition de parcours, il suffit de supprimer la finition dans l'onglet **Modèle** ;

6. Gravures

Objectifs

- Mettre en œuvre les différentes étapes de l'atelier CAM  pour des usinages 2D ;

6.1. Forme d'outil

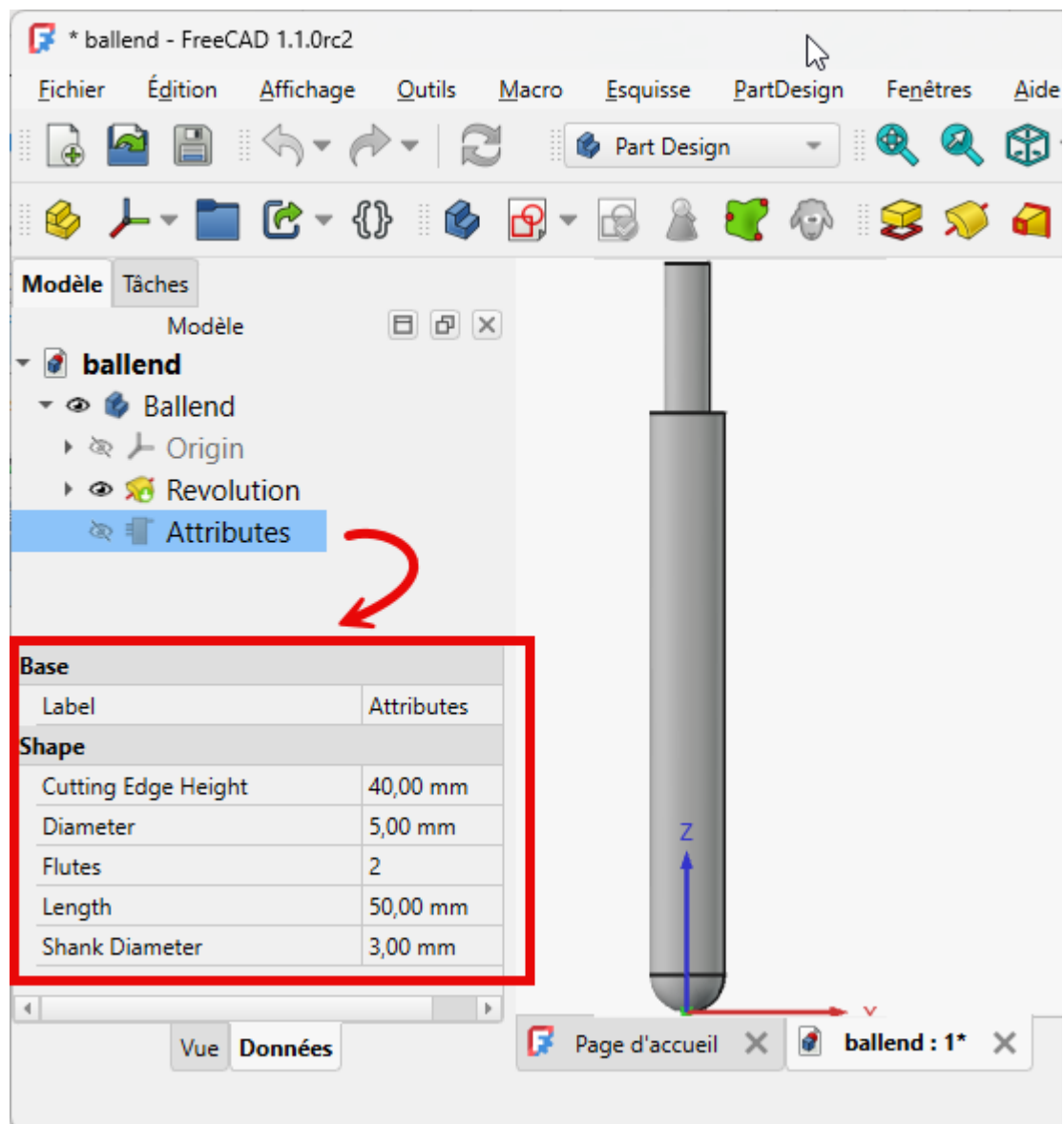
≈ Tool Shape

Une forme d'outil est définie par deux fichiers :

- un fichier FreeCAD contenant la modélisation 3D de l'outil ,
- un fichier SVG contenant le dessin de l'outil utilisé dans la fenêtre du choix de la forme ;

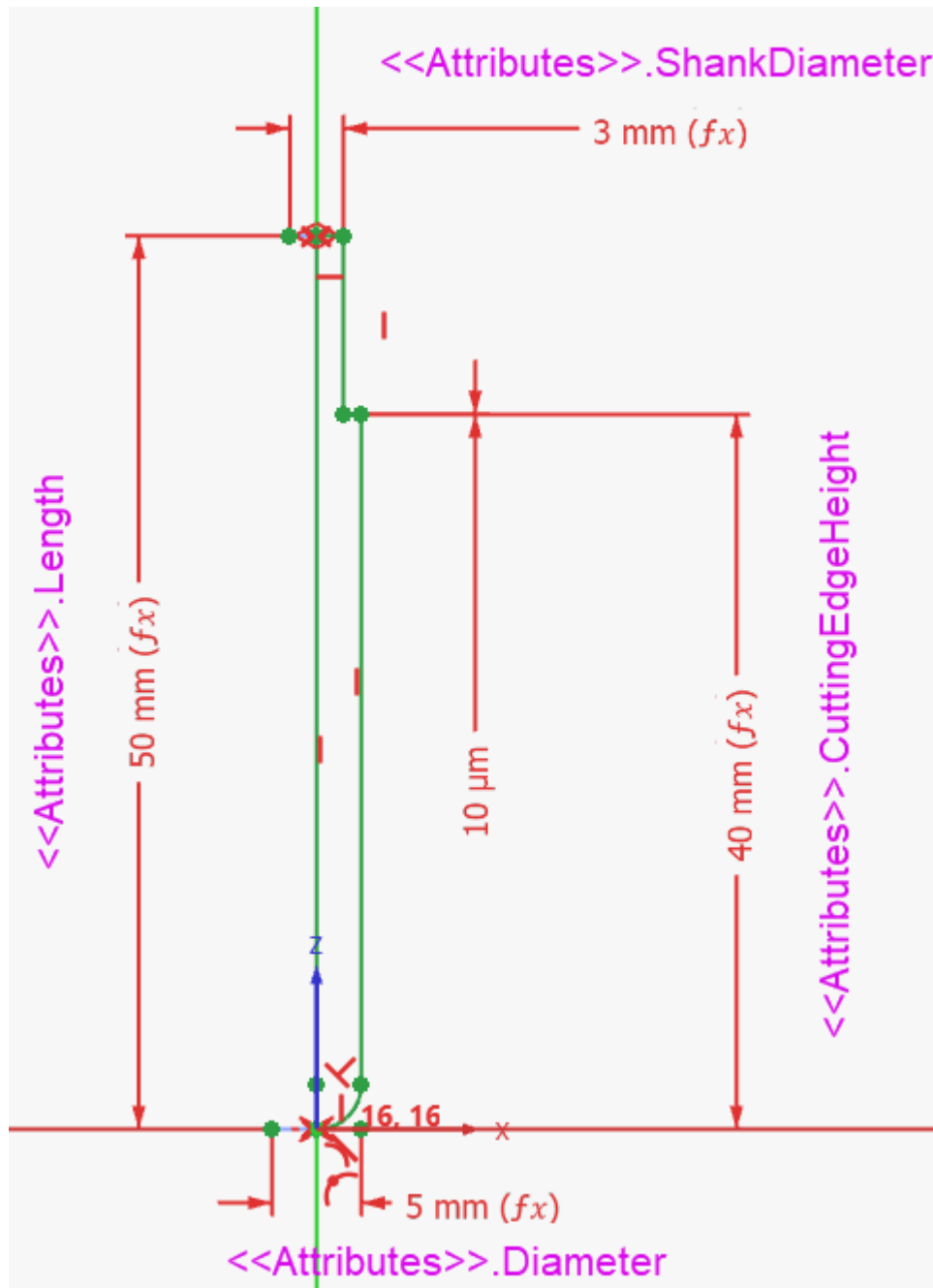
Fichier FreeCAD

Le fichier FreeCAD doit contenir un objet **Attributes** listant les attributs de la forme de l'outil :



Fichier FreeCAD de la forme d'outil ballend

L'esquisse sera définie à partir de ces attributs :



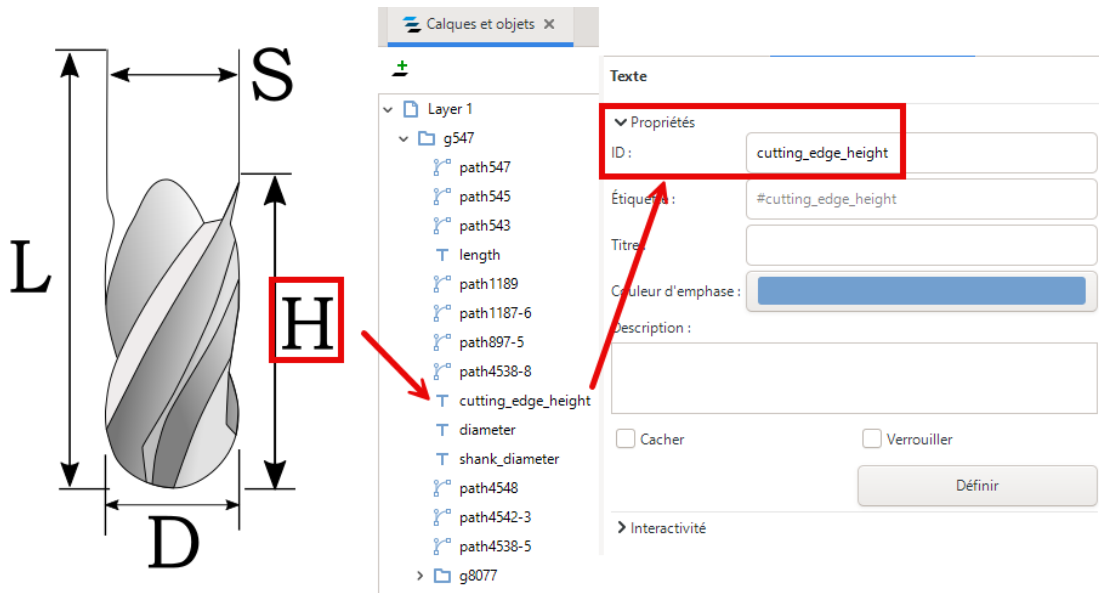
Esquisse de la forme d'outil ballend

Diagramme SVG

Le dessin SVG devra contenir un label (objet Texte) pour chaque attribut. L'ID de ce label devra correspondre au nom de l'attribut :

- un caractère _ avant chaque lettre majuscule,
- tout en caractères minuscules,

Par exemple, *CuttingEdgeHeight* dans FreeCAD devient *cutting edge height* dans Inkscape.

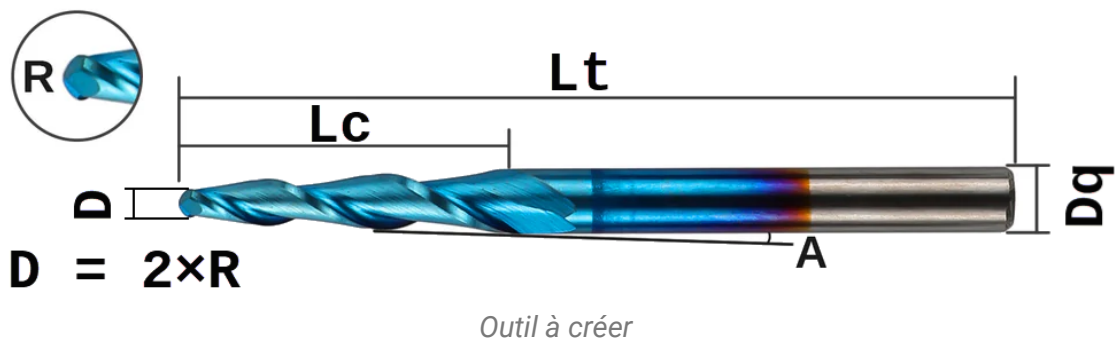


cf. <https://github.com/knipknap/better-tool-library/blob/main/docs/shape.md>

6.2. Créer une nouvelle forme d'outil

Objectifs

- Créer une nouvelle forme d'outil ^W :

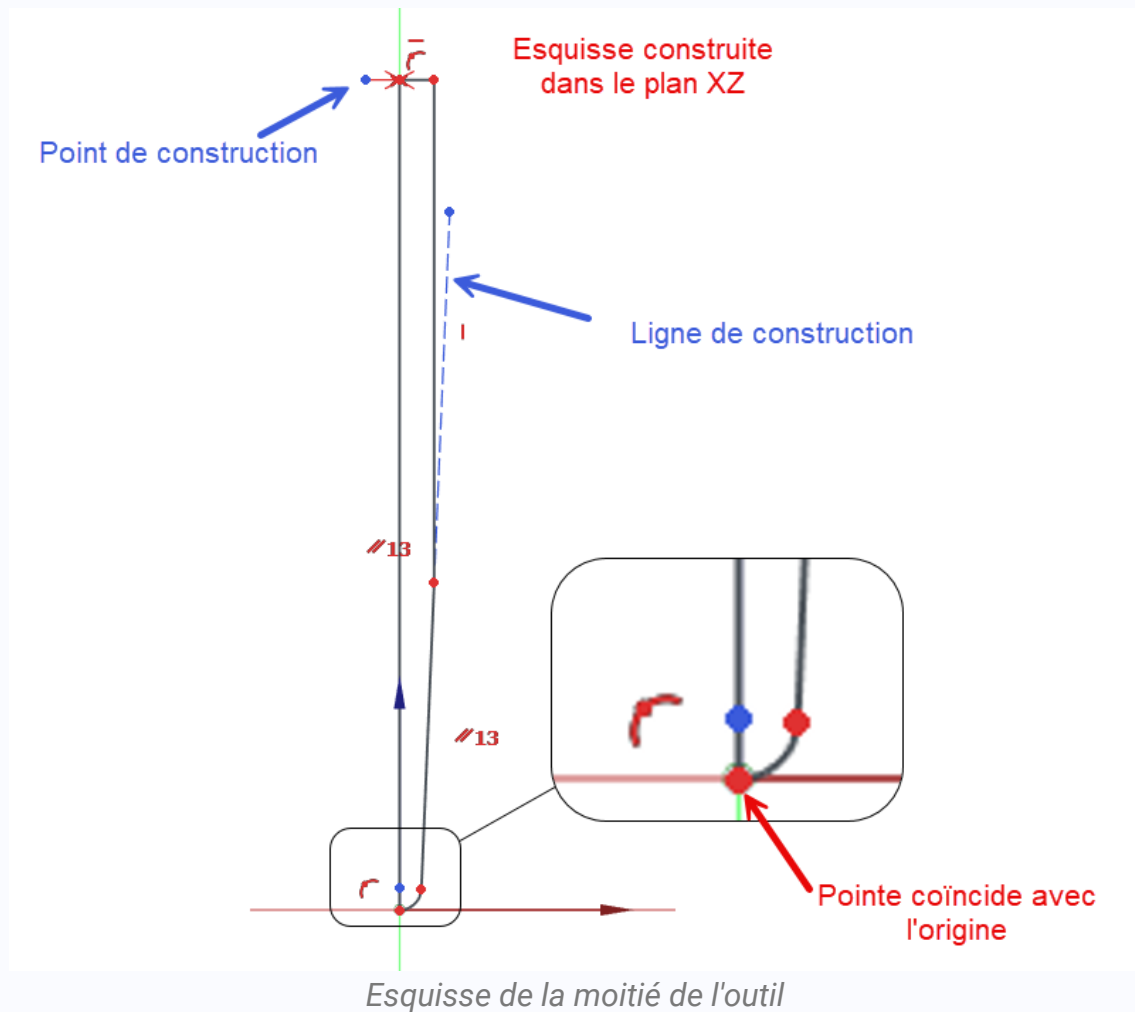


Tâches à réaliser

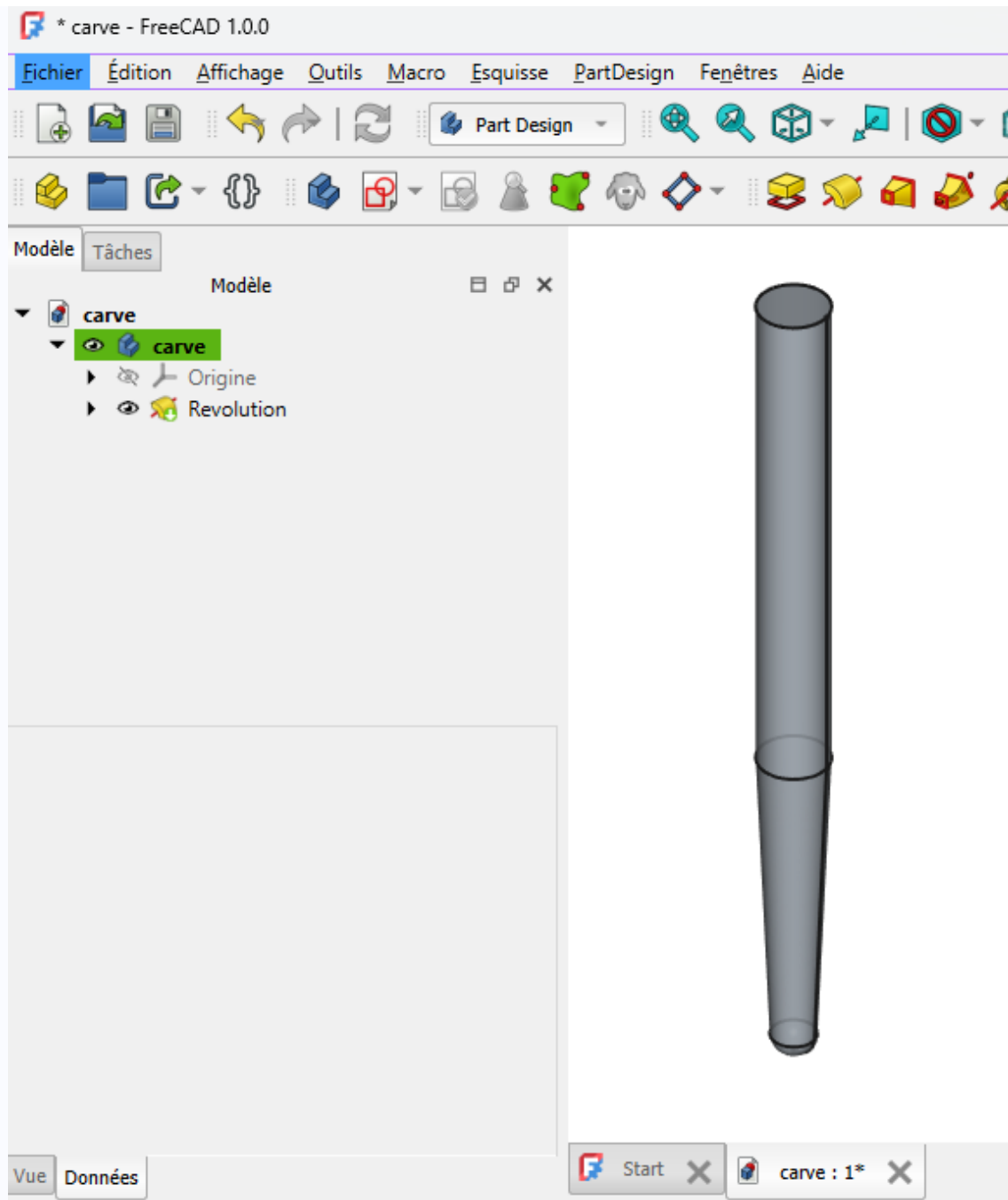
- Télécharger sur votre ordinateur le fichier [carve-initial.FCStd](#) et le fichier [carve_initial.svg](#) à l'aide d'un clic droit ;

- Ouvrir le fichier carve-initial.FCStd dans FreeCAD :

Le document FreeCAD contient un corps   carve et une esquisse   Sketch dans le plan XZ :

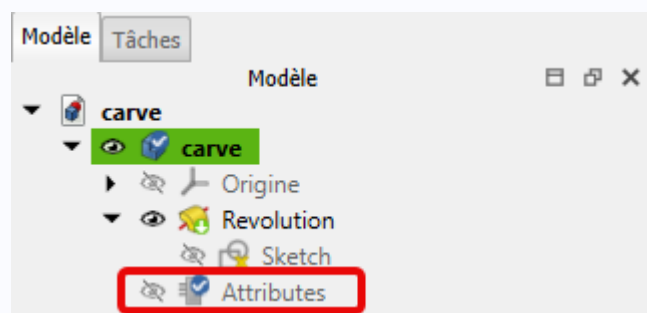


- Enregistrer sous le nom  carve dans le sous-dossier  Shape de votre dossier  CamAssets/Tools/ ;
- Si nécessaire ouvrir l'atelier Part Design  ;
- Créer une révolution  de l'esquisse autour de l'axe vertical de l'esquisse ;



Révolution de l'esquisse

- Ouvrir l'atelier CAM , sélectionner l'esquisse  Sketch dans la vue en arborescence et sélectionner la commande  CAM → Utilitaires → Conteneur d'attributs d'outil coupant de la barre de menus :

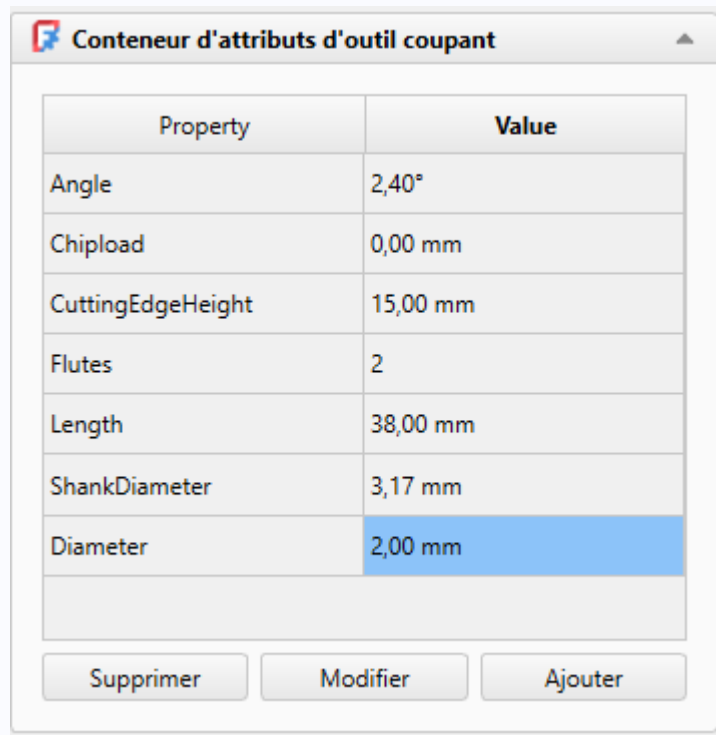


Ajout du conteneur d'attributs

- Double-cliquer sur  **Attributs** et ajouter les propriétés suivantes :

Nom	Groupe	Type	Énumérations	Info-bulle
Diameter	Shape	Length		2 fois le rayon de la pointe
CuttingEdgeHeight	Shape	Length		Longueur coupante
Length	Shape	Length		Longueur totale
ShankDiameter	Shape	Length		Diamètre de queue
Angle	Shape	Angle		Angle de la pointe
Chipload	Attribut	Length		Avance par dent
Flutes	Attribut	Integer		Nombre de dents

- Dans le volet Modèle compléter les valeurs d'  **Attribute** :

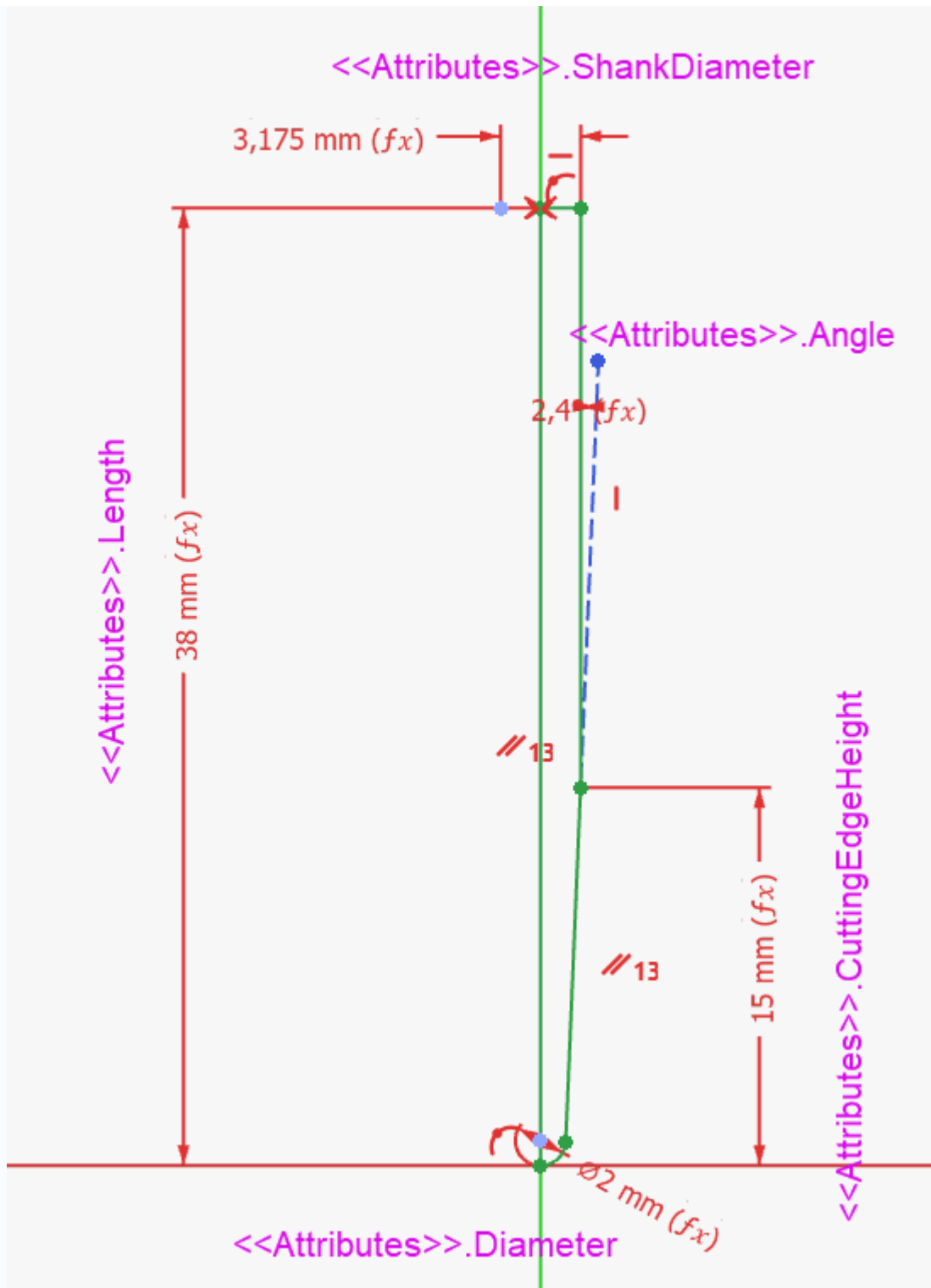


Property	Value
Angle	2,40°
Chipload	0,00 mm
CuttingEdgeHeight	15,00 mm
Flutes	2
Length	38,00 mm
ShankDiameter	3,17 mm
Diameter	2,00 mm

Supprimer Modifier Ajouter

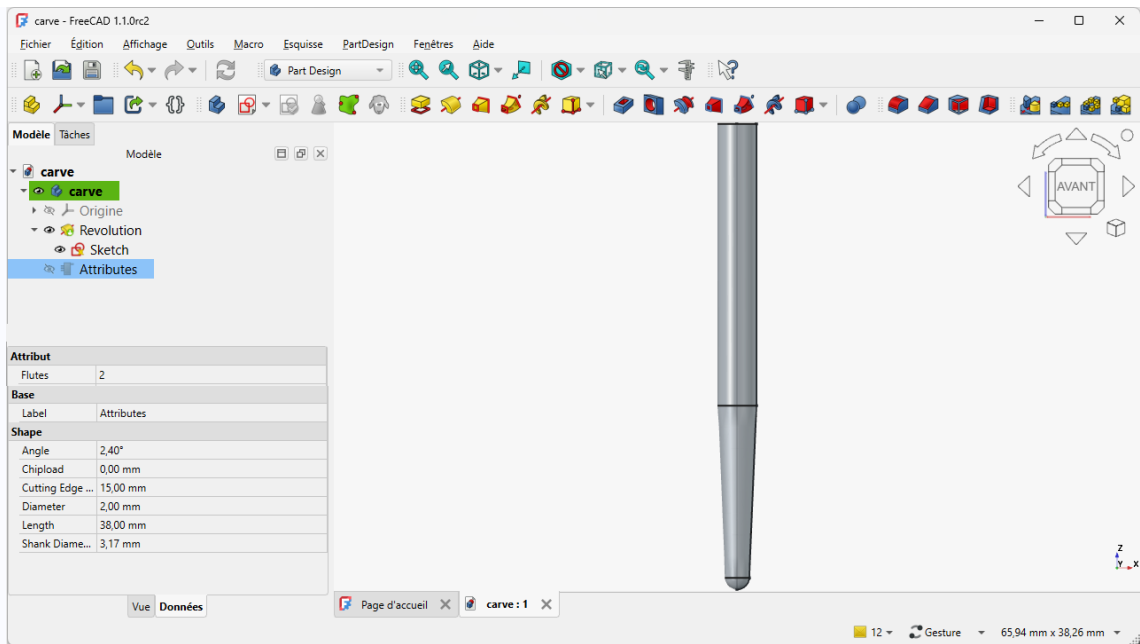
Valeur des attributs

- Revenir à l'atelier PartDesign  et contraindre les dimensions de l'esquisse  à partir des valeurs d'Attributs ;



Contraintes dimensionnelles

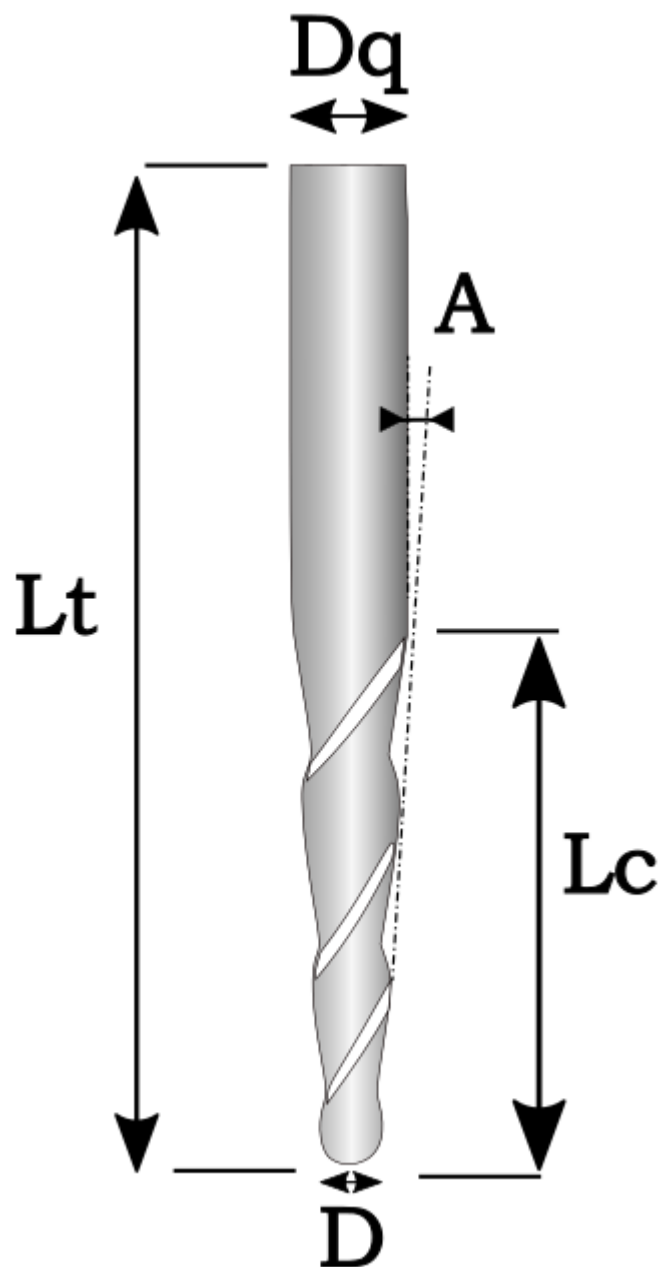
- Afficher la vue 3D avec une vue de face  , cliquer sur la commande  et désactiver l'affichage des axes de coordonnées si nécessaire ;



- Enregistrer votre document **carve**

Tâches à réaliser

- Ouvrir le fichier carve_initial.svg dans Inkscape ;



Le dessin contient 5 objets Texte :

- Modifier les ID de ces 5 objets en respectant les consignes du tableau ci-dessous :

Étiquette	ID
#text1	shank_diameter
#text2	length
#text3	angle
#text4	diameter

#text5

cutting_edge_height

- Enregistrer le dessin sous le nom  carve.svg dans le sous-dossier  Shape de votre dossier  CamAssets/Tools/ ;

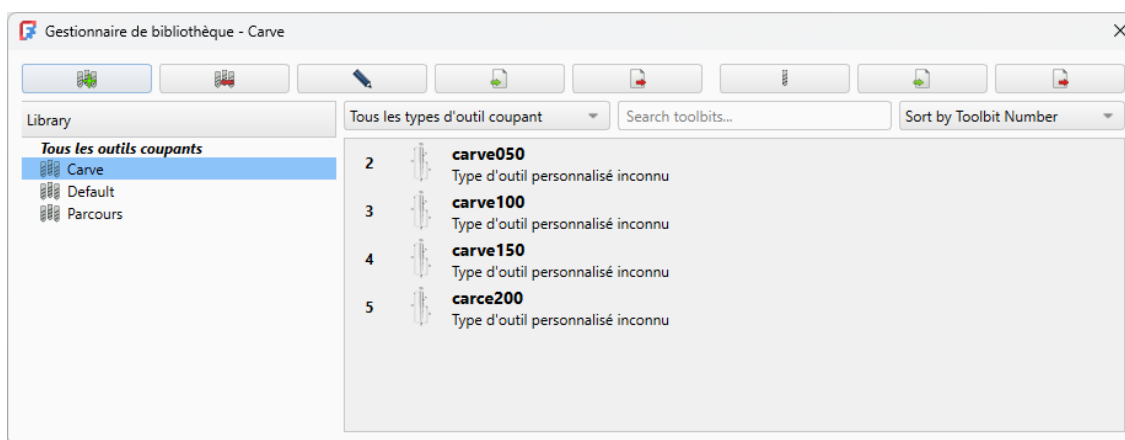
Modifier l'ID des objets Texte

- Sélectionner l'objet Texte et afficher les propriétés de l'objet à l'aide du raccourci clavier  ;
- Saisir l'ID ;
- Cliquer sur le bouton  pour enregistrer votre modification ;

Objectifs

- Créer une nouvelle bibliothèque CARVE d'outils en utilisant la forme carve que vous venez de créer ;

Désignation	D(mm)	Lc (mm)	A	Dq (mm)	Lt (mm)
carve050	0.5	15	5.2°	3.175	38
carve100	1	15	4.3°	3.175	38
carve150	1.5	15	3.4°	3.175	38
carve200	2	15	2.4°	3.175	38



6.3. Gravure simple

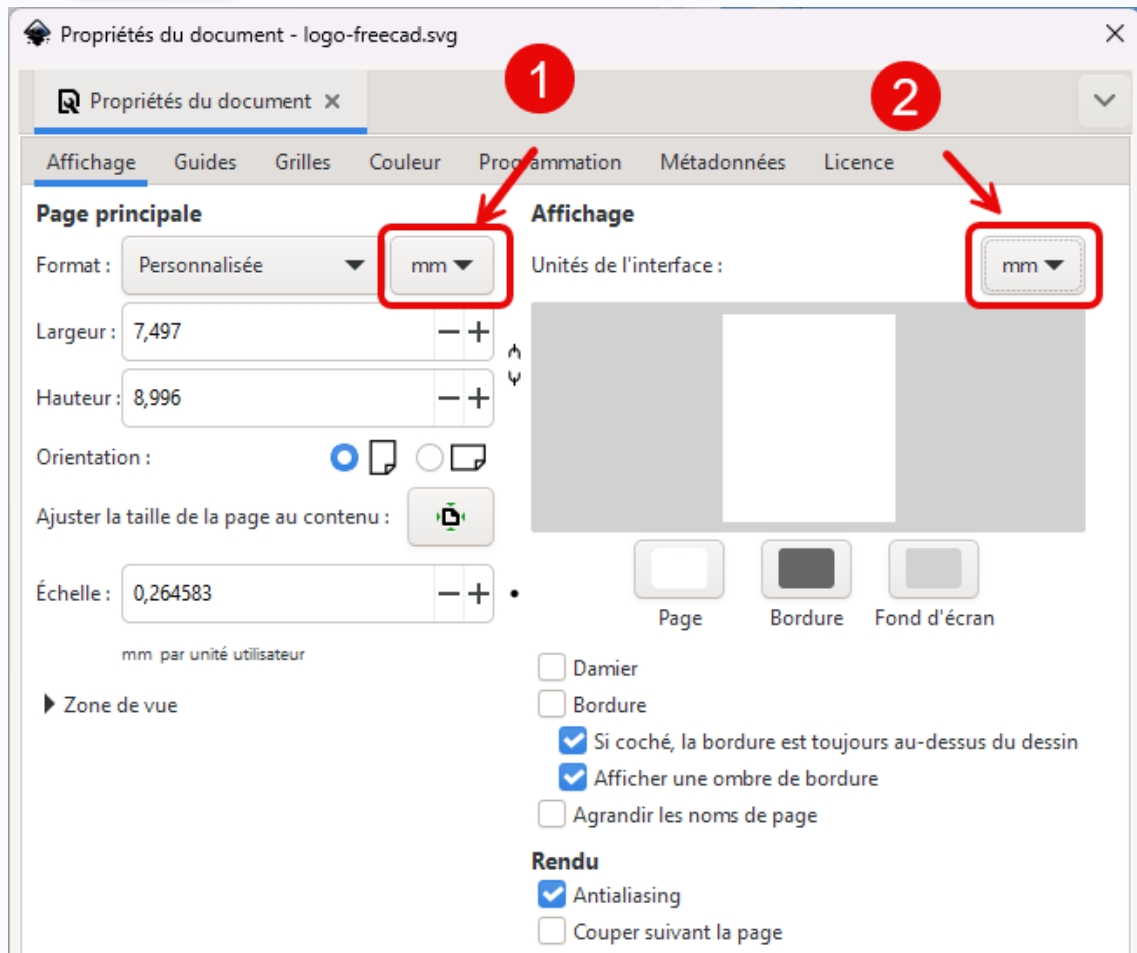
6.3.1. Travail préparatoire

Objectifs

- Modifier le logo de FreeCAD (taille, fond, contour, conversion en chemins) pour pouvoir le graver ;

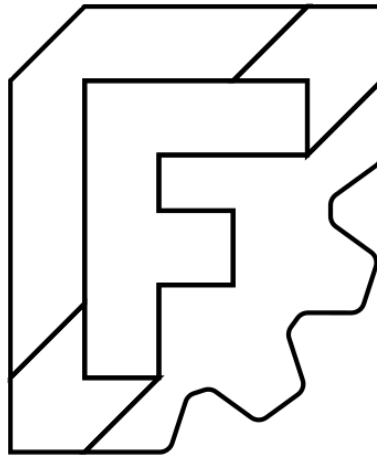
Tâches à réaliser

- Télécharger l'image  à l'aide d'un clic droit sur votre ordinateur ;
- Ouvrir cette image dans Inkscape  ;
- Modifier les propriétés du document pour travailler en mm à l'aide du raccourci **Ctrl Maj D** (sous  **⌘ Maj D**) ;



Choix des unités en mm

- Sélectionner le contenu à l'aide d'un **Ctrl A** (sous  **⌘ A**) et fixer la largeur de l'ensemble à 80 mm en respectant les proportions ;
- Ajuster le taille du document à la sélection à l'aide du raccourci **Ctrl Maj R** (sous  **⌘ Maj R**) ;
- Supprimer le fond et ajouter un contour noir de 1mm ;
- Dégroupier le document à l'aide du raccourci **Maj Ctrl G** (sous  **⌘ Maj G**) pour transformer le groupe en 4 chemins séparés ;
- Enregistrer le document sous le nom  importLogoFreeCAD.svg ;

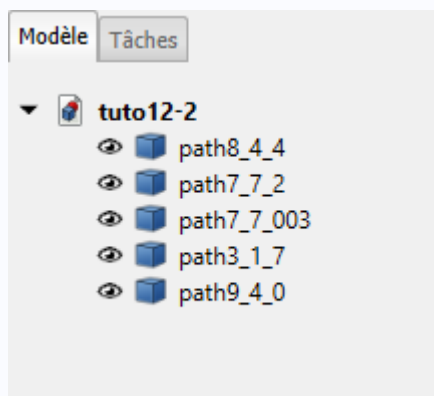


- Quitter Inkscape ;

6.3.2. Créer la gravure

✓☰ Tâche à réaliser

- Créer un nouveau document  tuto12-2 dans FreeCAD ;
- Importer le fichier  importLogoFreeCAD.svg en sélectionnant l'option  SVG as geometry ;



Import du fichier svg

- Dans l'atelier Draft , sélectionner les 5 chemins et créer une esquisse à l'aide de la commande  ;
- Masquer les 5 chemins ;

- Dans l'atelier CAM  et créer une nouvelle tâche  :
 - choisir l'esquisse  Sketch comme modèle,
 - définir le stock :

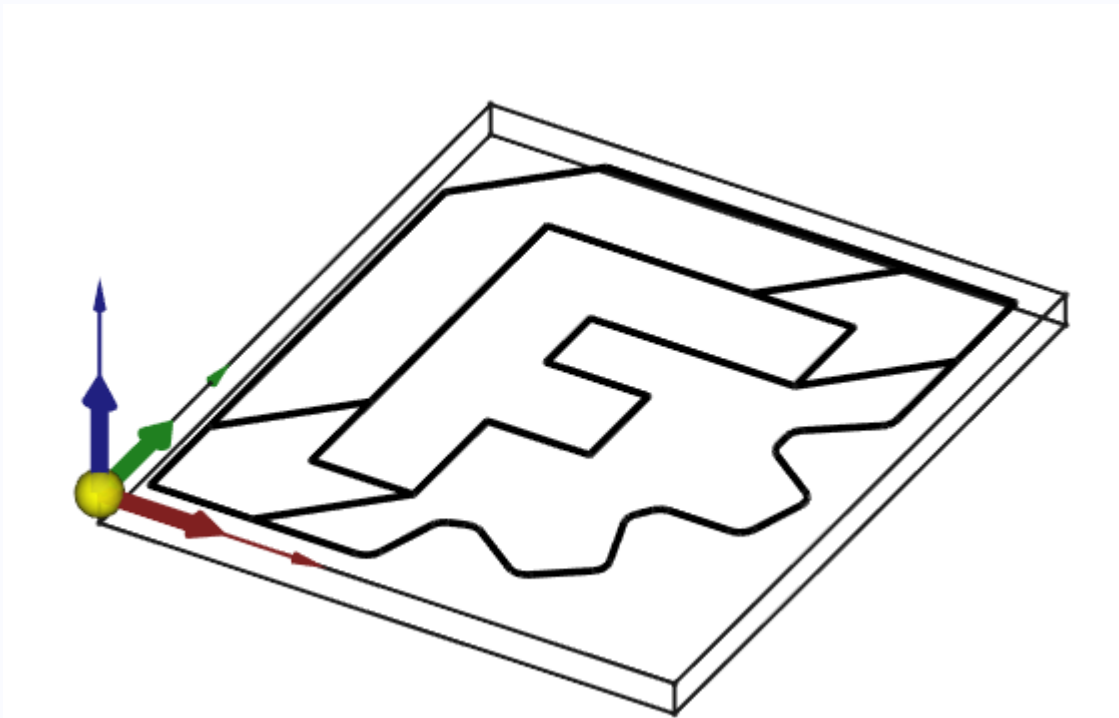
Brut

Extension de la boîte englobante du modèle Rafraîchir 

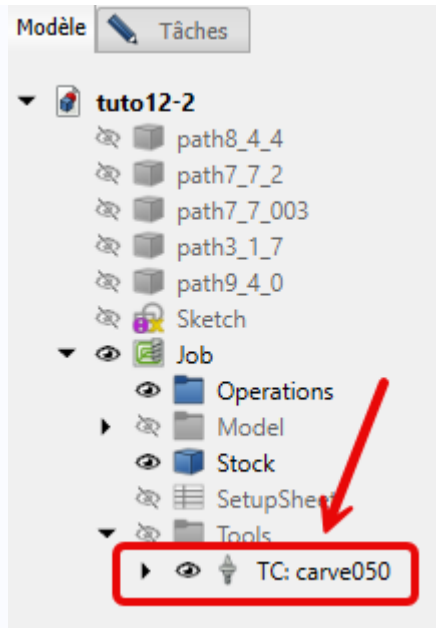
Extension en X	5,00 	5,00 mm 
Extension en Y	5,00 mm 	5,00 mm 
Extension en Z	5,00 mm 	0,00 mm 

Définition du stock

- Définir l'origine :

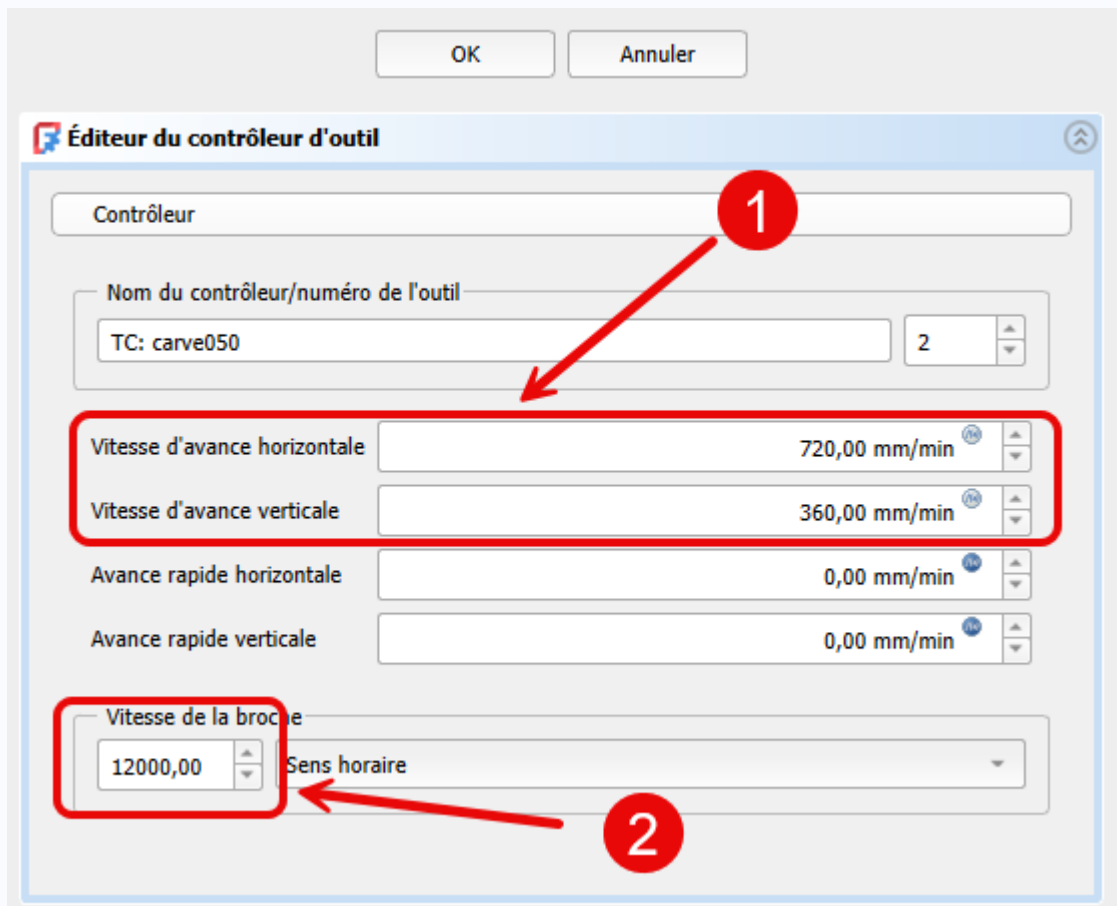
*Choix de l'origine*

- Ajouter l'outil  carve050 créé précédemment comme outil par défaut et supprimer l'outil  TC Default Tool ;



Choix de l'outil

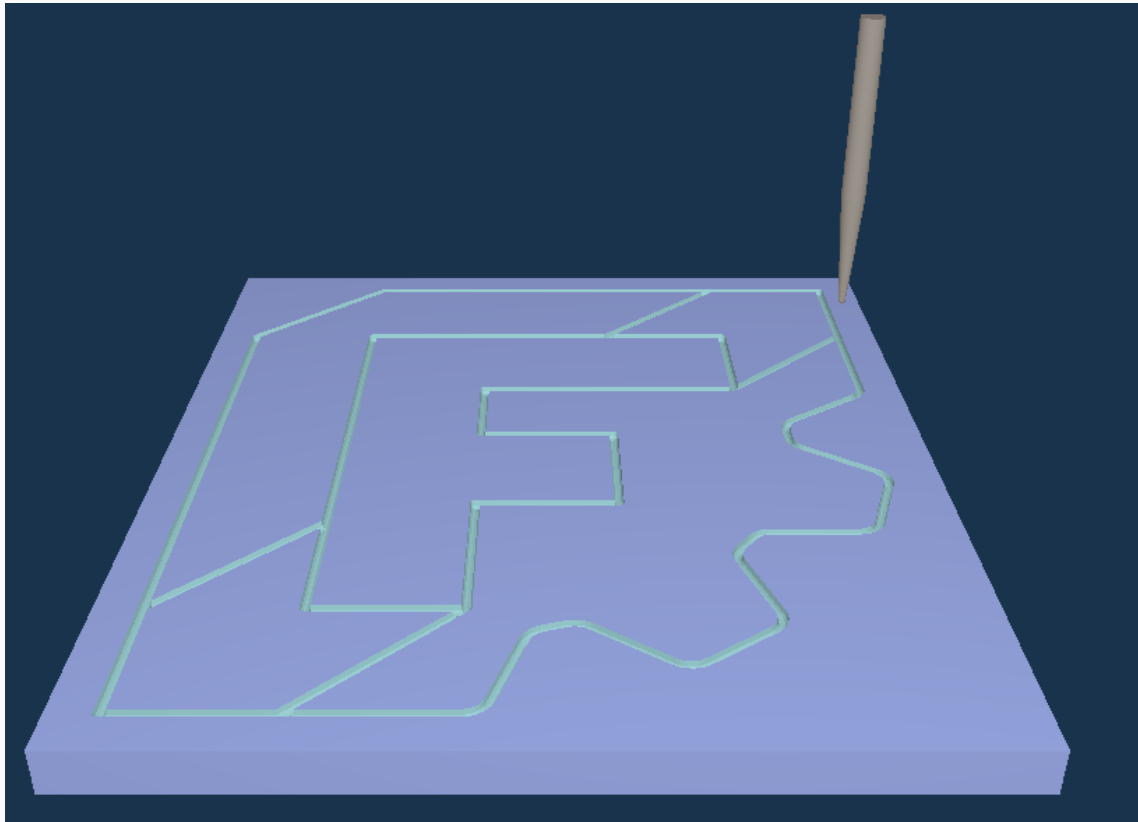
- Fixer les propriétés mécaniques de l'outil ;



Saisie des propriétés mécaniques de l'outil

- Modifier l'élément SetupSheet pour fixer le pas de descente à $\text{OpToolDiameter}/2$ et modifier si nécessaire les hauteurs de dégagement, de sécurité et les vitesses d'avance rapide ;
- Sélectionner le modèle Model-Sketch et sélectionner la commande Gravure ;

- Simuler le parcours Cliquer  ;



Simulation du parcours

- Sélectionner la tâche  dans l'onglet **Modèle** et cliquer sur le bouton **Post-Traiter** ^W  pour créer le fichier G-Code ;

Positionner la gravure

- Les extensions en X et en Y du stock permettent de positionner horizontalement la gravure ;
- Par défaut, FreeCAD utilise l'attribut Diameter de l'outil pour définir la profondeur de la gravure ;

6.4. Gravure en V

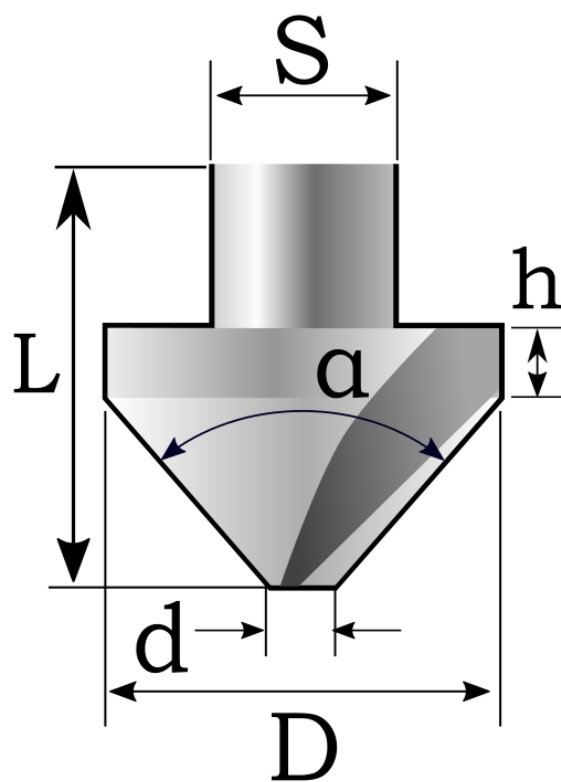
6.4.1. Créer un outil vbit

Objectifs

- Créer un nouvel outil vbit à partir d'une forme v-bit fournie par FreeCAD ;

Tâches à réaliser (suite)

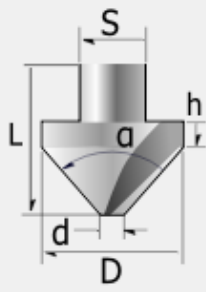
- Ouvrir FreeCAD et créer un nouveau document  tuto12-3 ;
- Ouvrir le gestionnaire des outils coupants  de l'atelier CAM , créer une nouvelle bibliothèque  vcarve et ajouter un nouvel outil  vcarve60-317 à cette bibliothèque à partir de la forme v-bit ;



- Compléter les des dimensions comme ci-dessous :

Éditeur des paramètres des outils coupants

Outil coupant



Outil coupant

Libellé : vcarve60-317

Identifiant : 39d3e832-1dba-4a8a-a3c3-845826117f1b

Numéro de l'outil : 6

Propriétés

Spindle direction: Forward

Material: HSS

Cutting edge angle (α): 60,00°

Cutting edge height (h): 0,01 mm

Diameter (D): 3,17 mm

Flutes: 2

Length (L): 38,00 mm

Shank diameter (S): 3,17 mm

Tip diameter (d): 0,20 mm

Chipload: 0,00 mm

OK Annuler

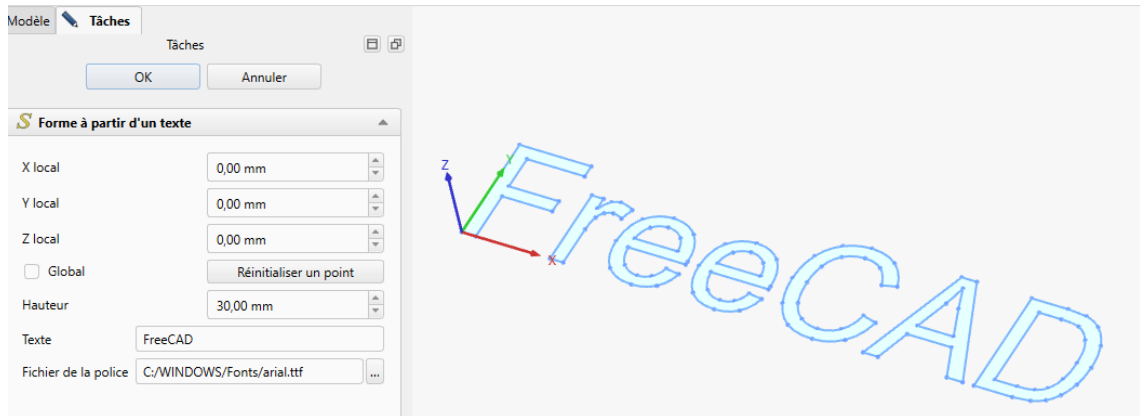
CutterEdgeAngle : 60°, CuttingEdgeLenght : 0.01 mm, Diameter : 3.175 mm, Length : 38 mm, ShankDiameter : 3.175 mm, TipDiameter : 0.2 mm ;

- Enregistrer votre document et redémarrer FreeCAD afin que la nouvelle bibliothèque vcarve apparaisse dans le gestionnaire des outils coupants ;

6.4.2. Gravure en V

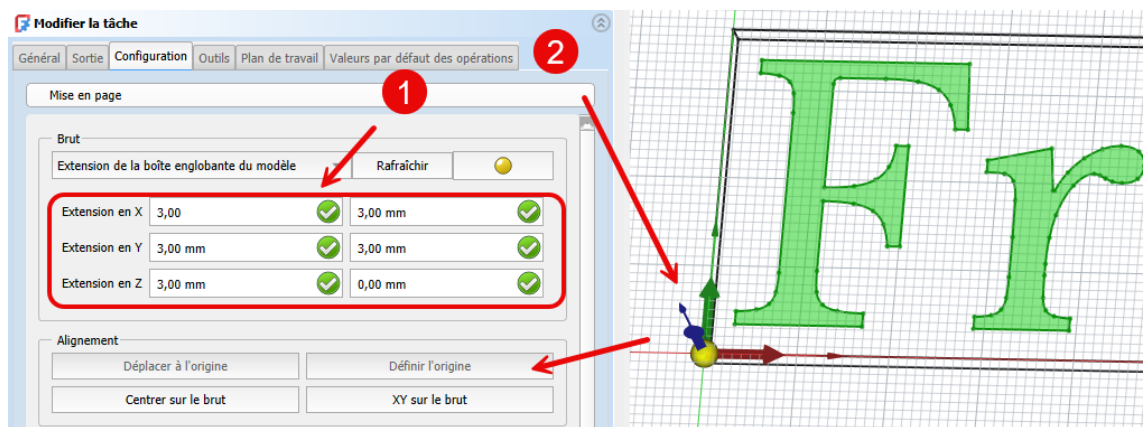
Taches à réaliser

- Sélectionner l'atelier  Draft  ;
- Sélectionner la commande Forme à partir d'un texte  et compléter le formulaire comme ci-dessous :



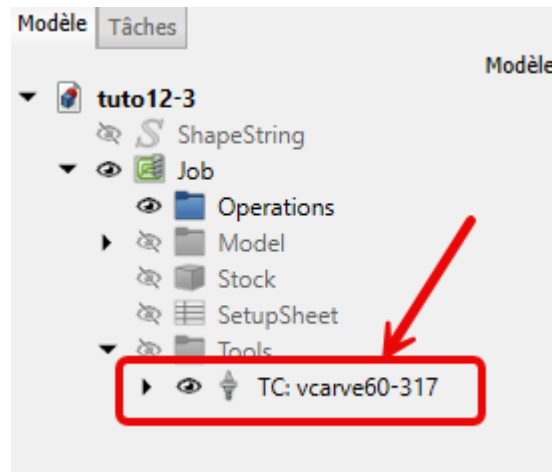
Shape String

- Sélectionner l'atelier CAM  et créer une tâche  ;
 - choisir l'esquisse   Shapestring comme modèle,
 - définir le stock et l'origine :

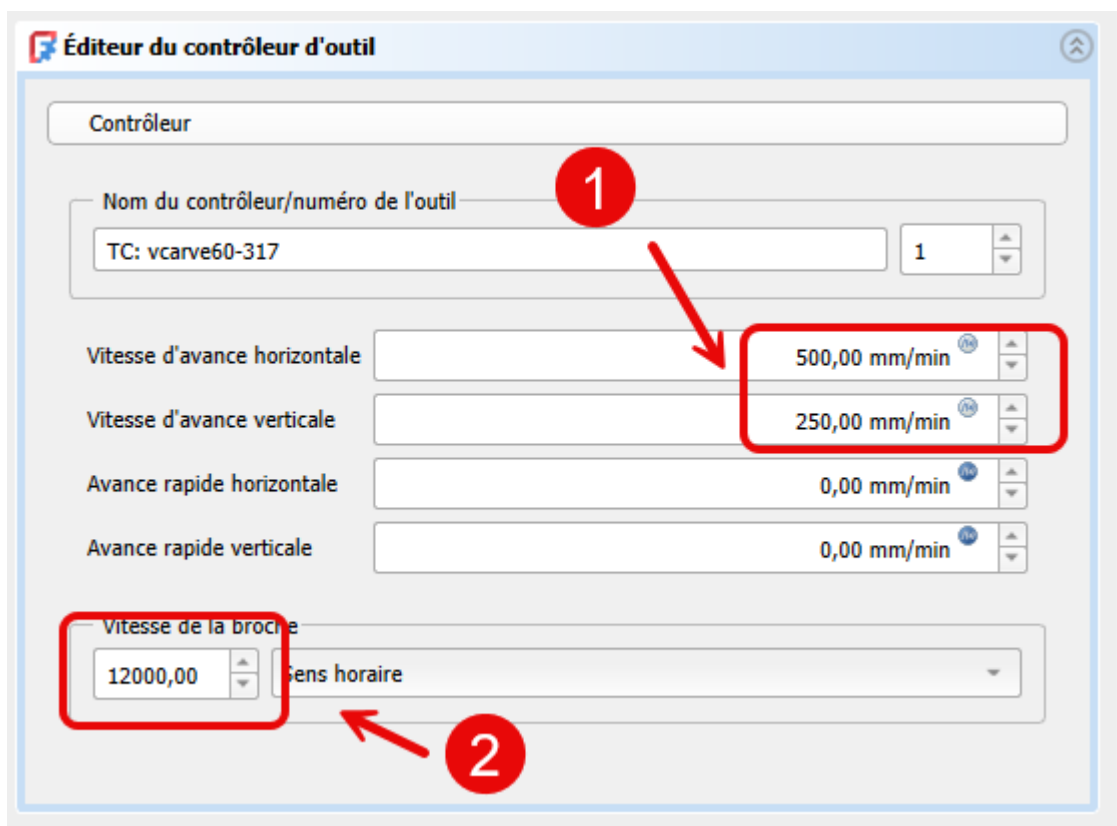


Définition du stock et de l'origine

- Ajouter l'outil  vcarve60-317 créé précédemment comme outil par défaut ;



- Fixer les propriétés mécaniques de l'outil ;



Propriétés mécaniques de l'outil

- Modifier l'élément  SetupSheet pour fixer le pas de descente à  OpToolDiameter/2 et modifier si nécessaire les hauteurs de dégagement, de sécurité et les vitesses d'avance rapide ;
- Sélectionner le modèle  Model-ShapeString et sélectionner la commande Gravure en V  ;
- Simuler le parcours  ;



Gravure en V

- Sélectionner la tâche  dans l'onglet **Modèle** et cliquer sur le bouton [Post-Traiter](#) ^W  pour créer le fichier G-Code ;

Positionner la gravure

- Les extensions en X et en Y du stock permettent de positionner horizontalement la gravure ;
- Par défaut, FreeCAD utilise l'extension en Z du dessous pour définir la profondeur de la gravure ;