



12 - Atelier CAM

FreeCAD 1.1 - 31/03/2025 -



Auteur(s) - mél : dominique.lachiver @ lachiver.fr

web : <https://lachiver.fr/>

Extrait du Parcours guidé FreeCAD : 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
2.1. Choix des unités	15
2.2. Préférences des tâches	17
2.3. Fonctions avancées	18
3. Gérer les outils coupants 	20
3.1. Gestionnaire des outils coupants	20
3.2. Installation de la bibliothèque « <i>Default</i> »	21
3.3. Créer une nouvelle bibliothèque	23
3.4. Créer une nouvel outil coupant	24
4. Usinages 2,5D	27
4.1. Travail préparatoire	27
4.1.1. Créer la tâche 	27
4.1.2. Choisir l'outil	28
4.1.3. Définir le brut et l'alignement	30
4.1.4. Ajuster la configuration globale	33
4.2. Créer une 1 ^{ère} opération	35
4.3. Simuler le parcours	37
4.4. Réaliser le posttraitement	39
4.5. Ajouter des opérations	41
4.5.1. Créer le surfacage 	41
4.5.2. Créer le profilage 	42
5. Finitions de parcours 	44
5.1. Création des attaches	44
6. Gravures	46
6.1. Gravure simple	46
6.1.1. Créer une nouvelle forme d'outil	46
6.1.2. Travail préparatoire	51
6.1.3. Créer la gravure	53
6.2. Gravure en V	56
6.2.1. Créer un outil vbit	56
6.2.2. Gravure en V	57
Glossaire	61

Introduction

Objectifs

- Utiliser l'atelier CAM^[p.61]  pour programmer des opérations d'usinage dans un environnement de fabrication **personnelle**, à savoir l'utilisation d'une CNC^[p.61] 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**^[p.62] qui générera un fichier G-CODE^[p.61] adapté à votre machine CNC afin d'y être exécuté ;

Fabrication 2.5D & 3D

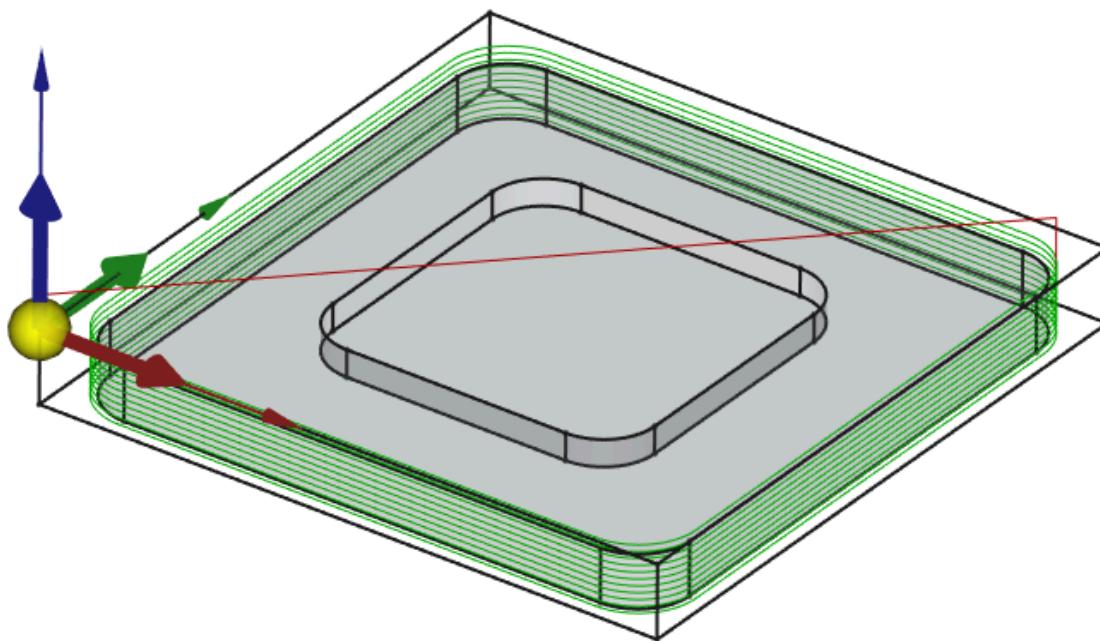
- En FAO 2.5D, l'outil se déplace essentiellement dans un plan horizontal (axes X et Y). L'axe vertical (Z) est utilisé « par paliers » : chaque passe se fait à une profondeur fixe, ce qui limite la géométrie usinable à des formes découpées par niveaux, sans inclinaisons complexes ;
- À l'inverse, en 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.

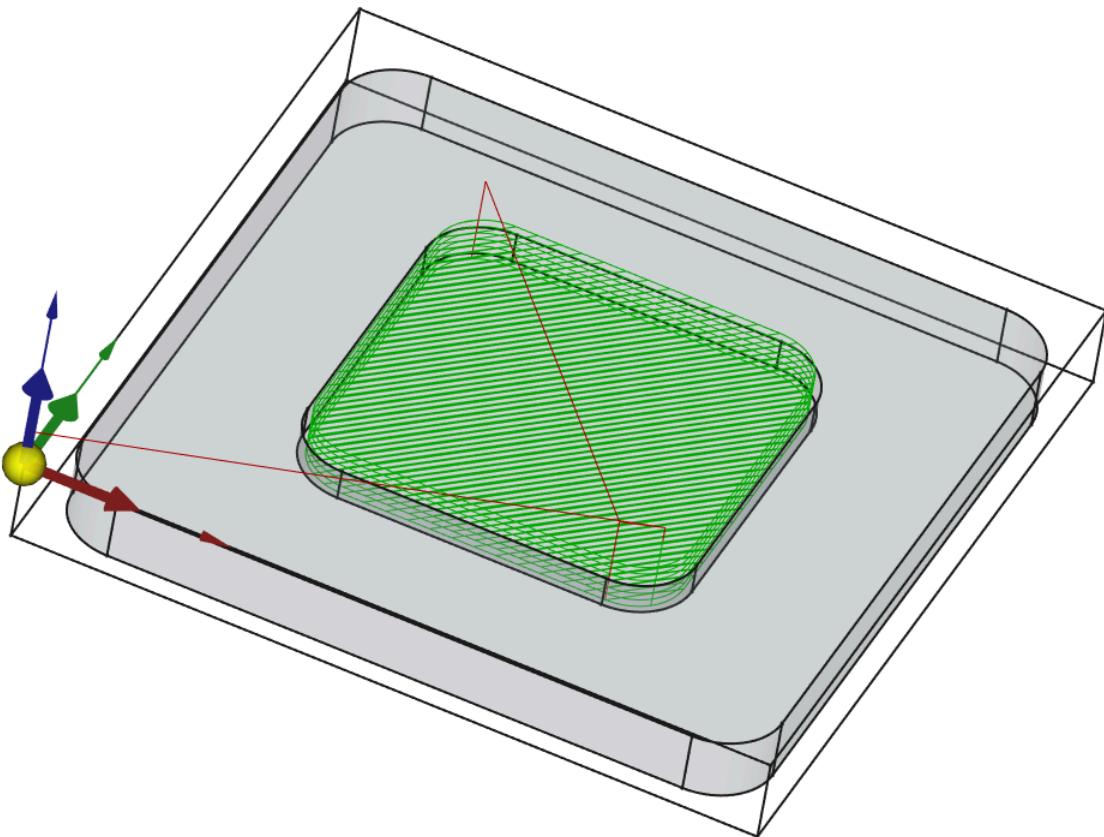


Exemple de profilage

-  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.

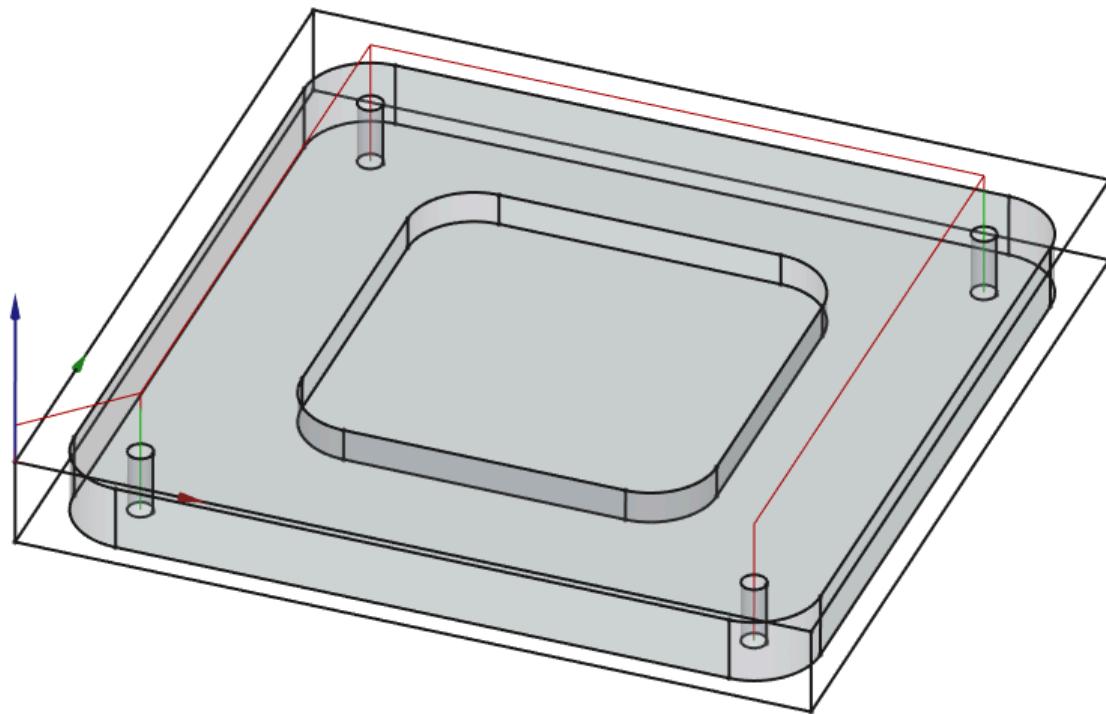


Exemple Créez une poche

-  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).

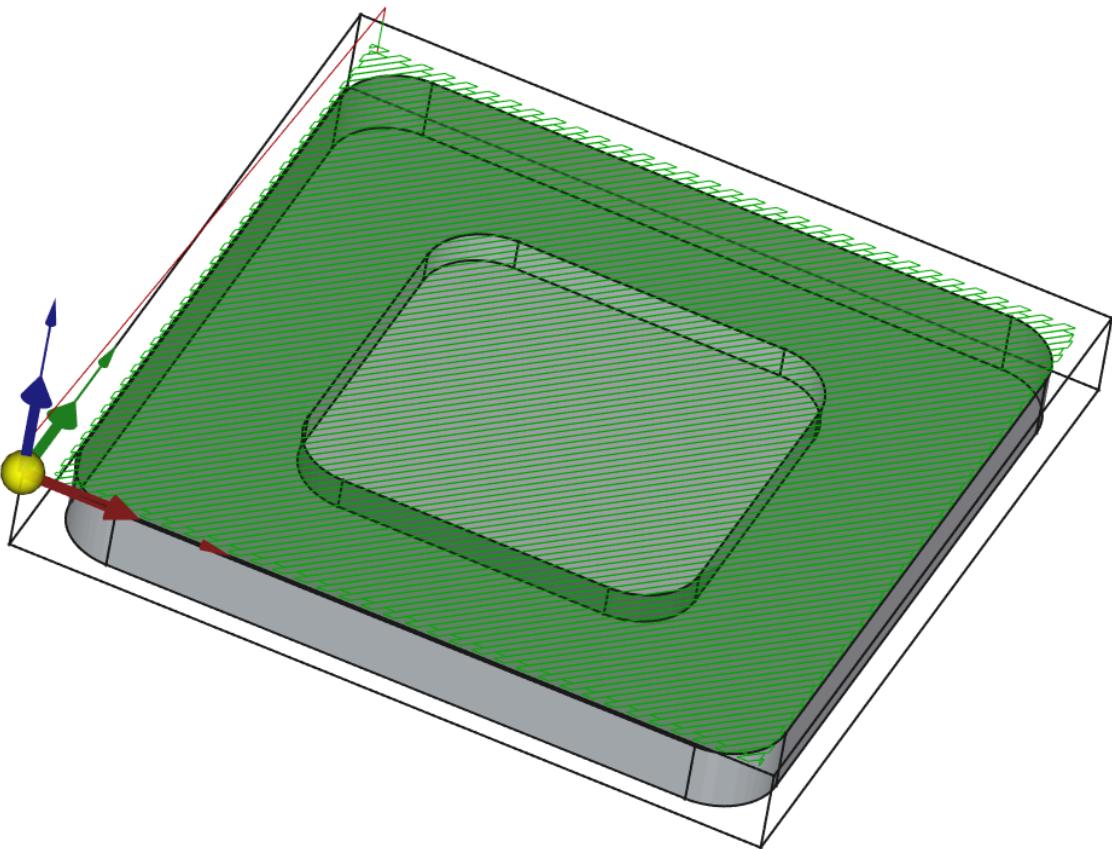


Perçage

-  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 adaptive** 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**.

- 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

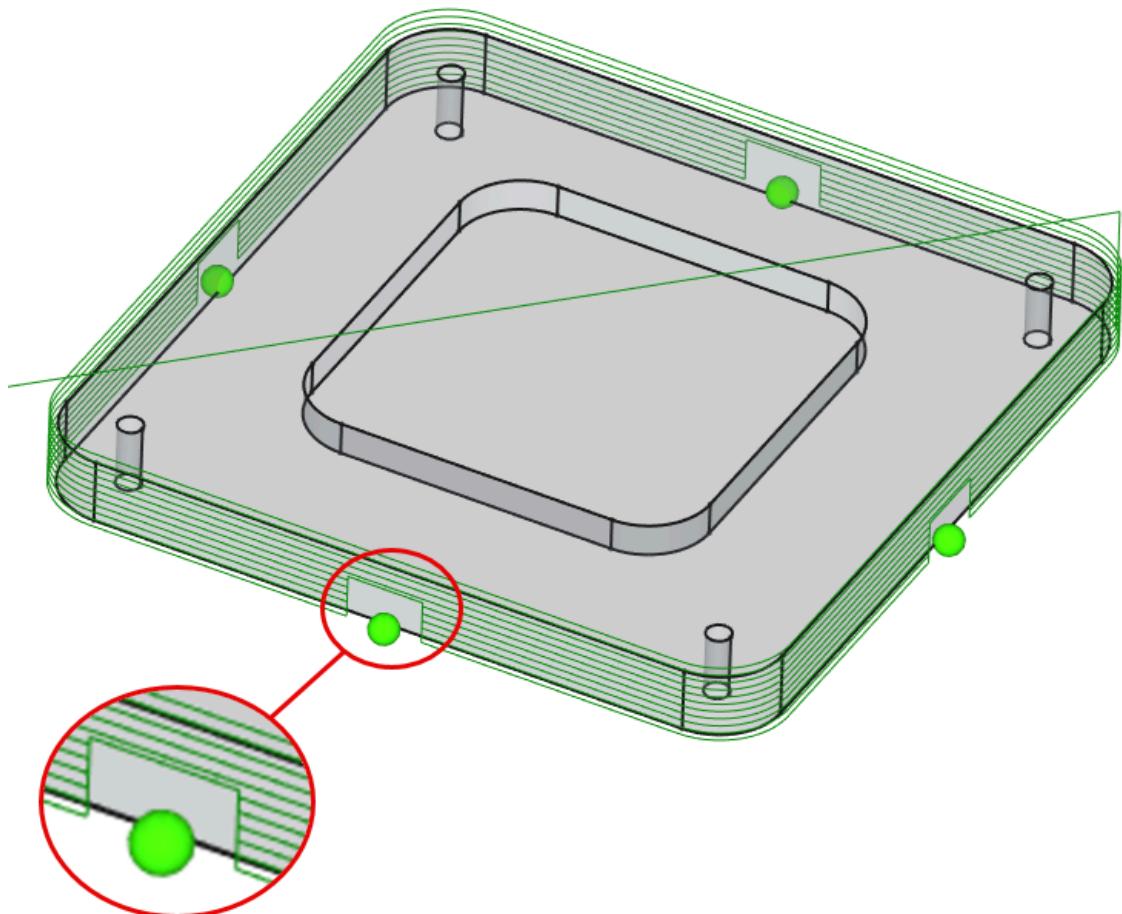
https://wiki.freecad.org/CAM_Vcarve/fr

- 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.

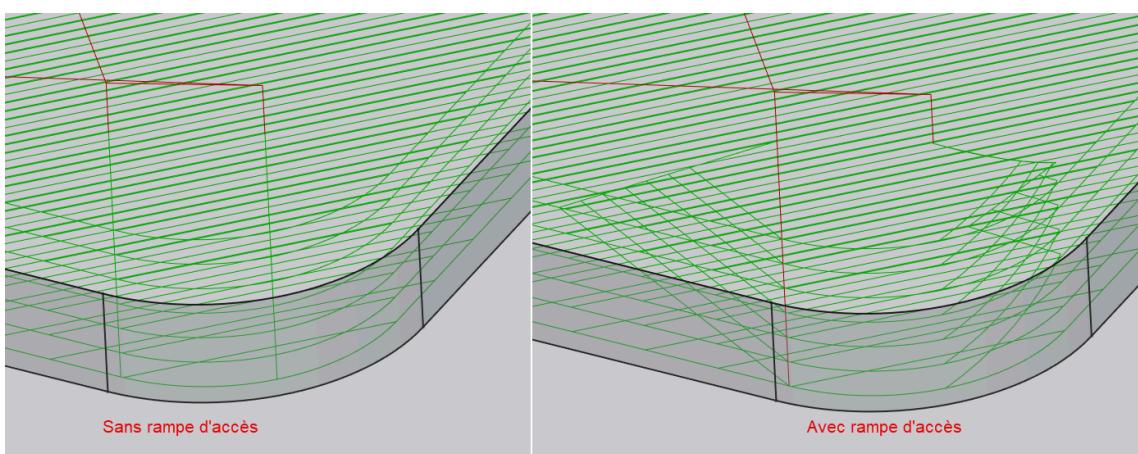
-  Finitions

- 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.

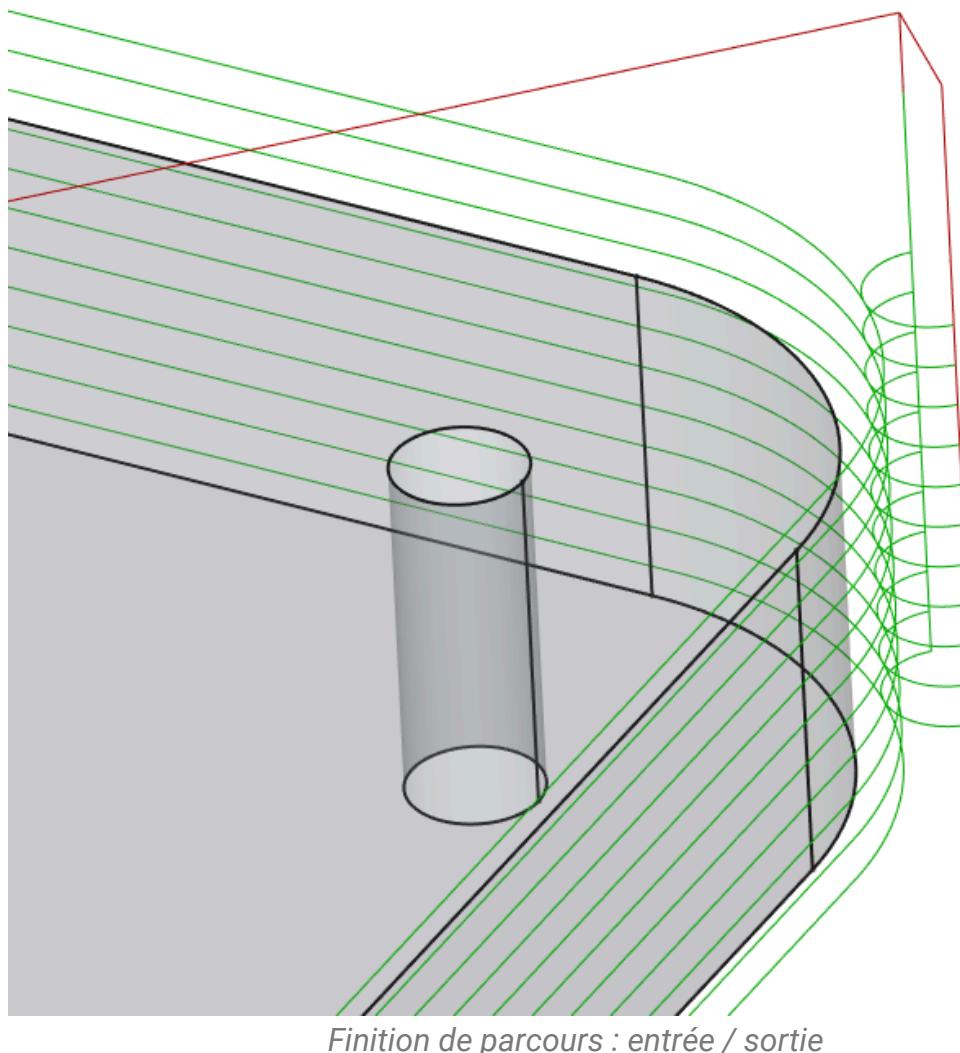
*Finition de parcours : Rampe d'entrée*

- 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.

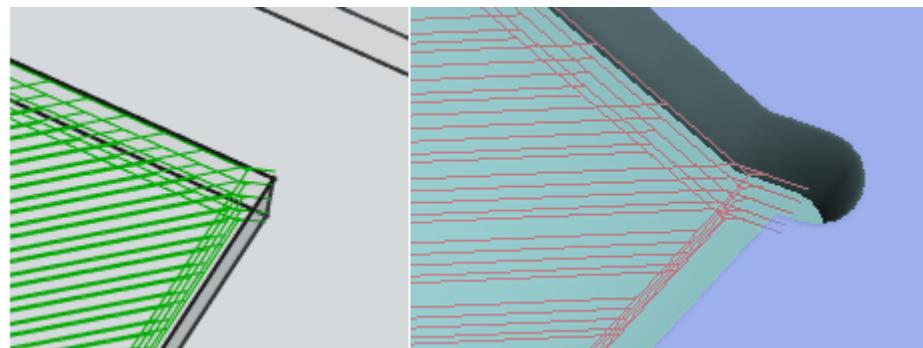


- Dégager les angles

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 3D (expérimental)
 - Évider en 3D
https://wiki.freecad.org/CAM_Pocket_3D/fr
 - Surfacer en 3D
https://wiki.freecad.org/CAM_Surface/fr
 - Ligne de niveau
https://wiki.freecad.org/CAM_Waterline/fr

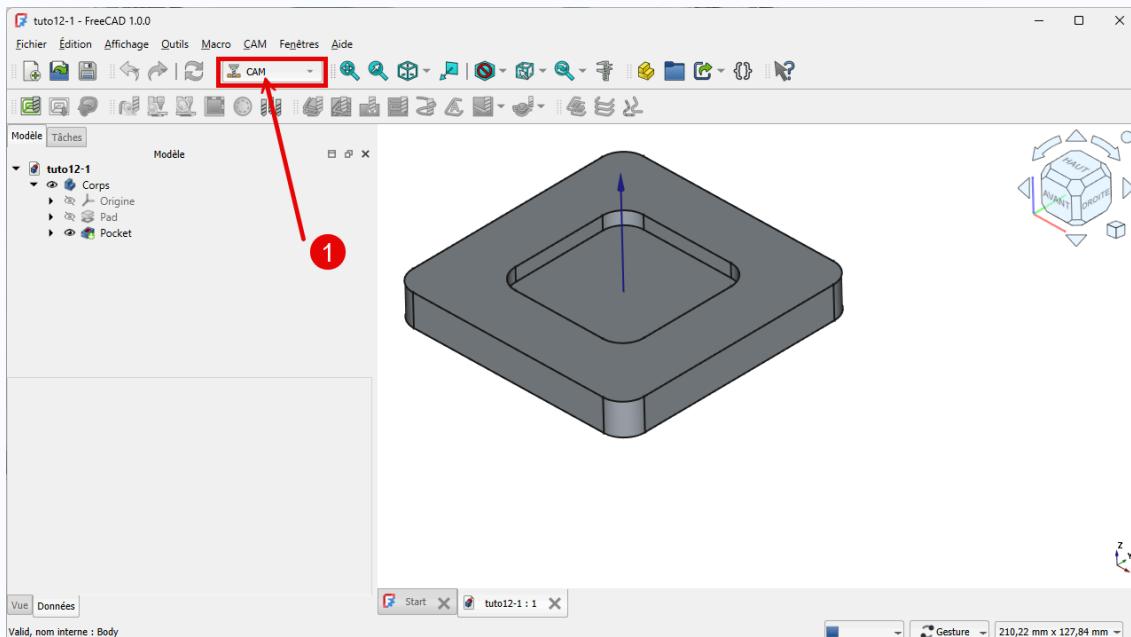
2. Configuration de l'atelier

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

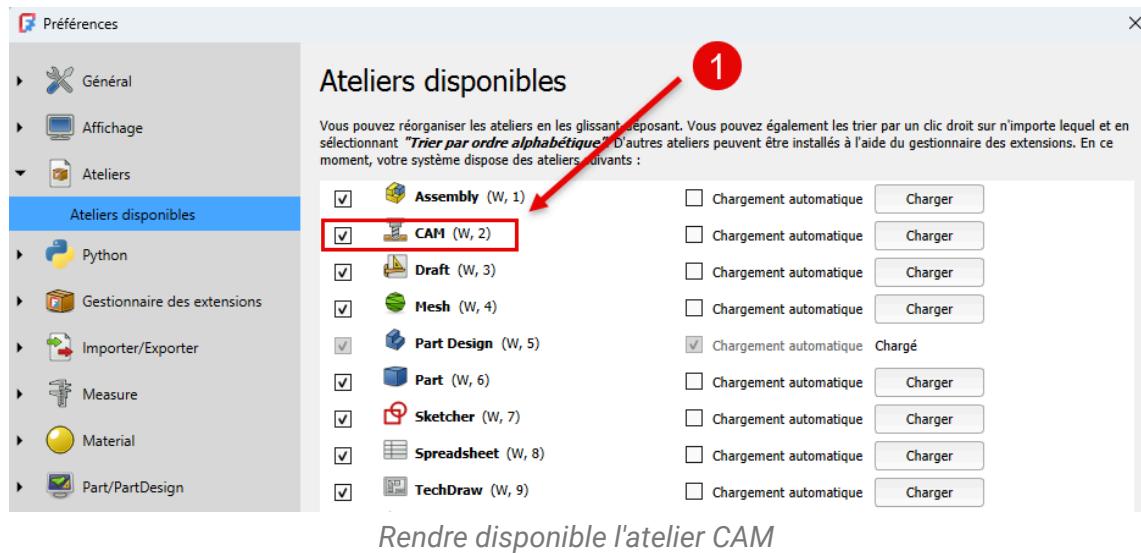
- Télécharger le fichier  [tuto12-1-initial.FCStd](#) sur votre ordinateur et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer le document sous le nom  [tuto12-1](#) ;
- Sélectionner l'atelier CAM  ;



Tuto12-1 initial

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

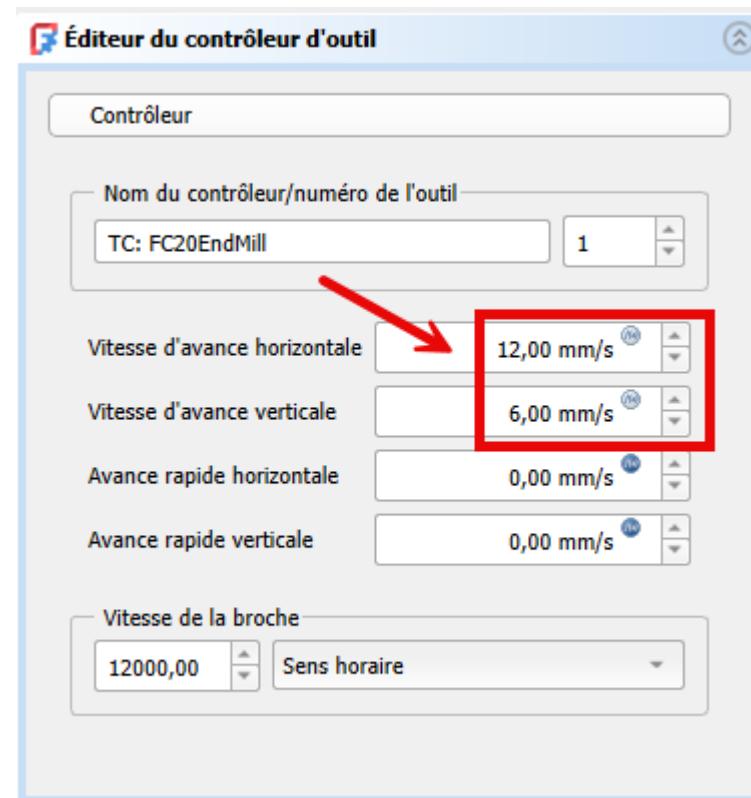
- Sélectionner la commande  Préférences → Ateliers → Ateliers disponibles ;
- Cocher  CAM ;



2.1. Choix des unités

Système d'unité Standard

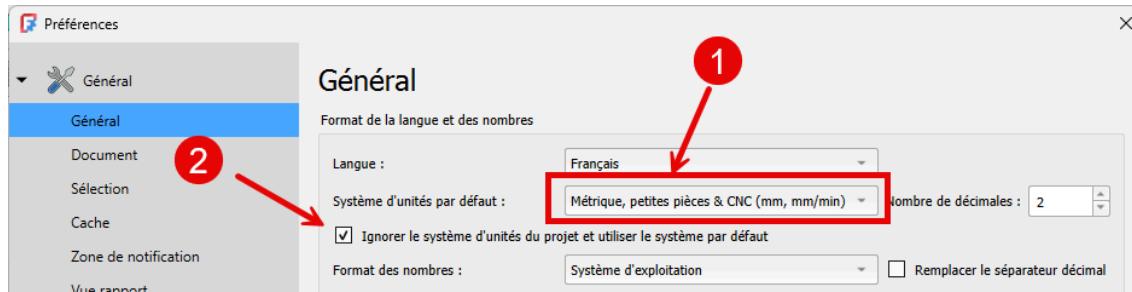
Avec le système d'unités Standard, FreeCAD utilise le **mm** pour les longueurs et la seconde **s** pour le temps : les vitesses d'avance des outils devraient être saisies en **mm/s**, ce qui n'est pas habituel dans l'univers de la fabrication mécanique et risque d'entraîner des erreurs de saisie.



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

Tâche à réaliser

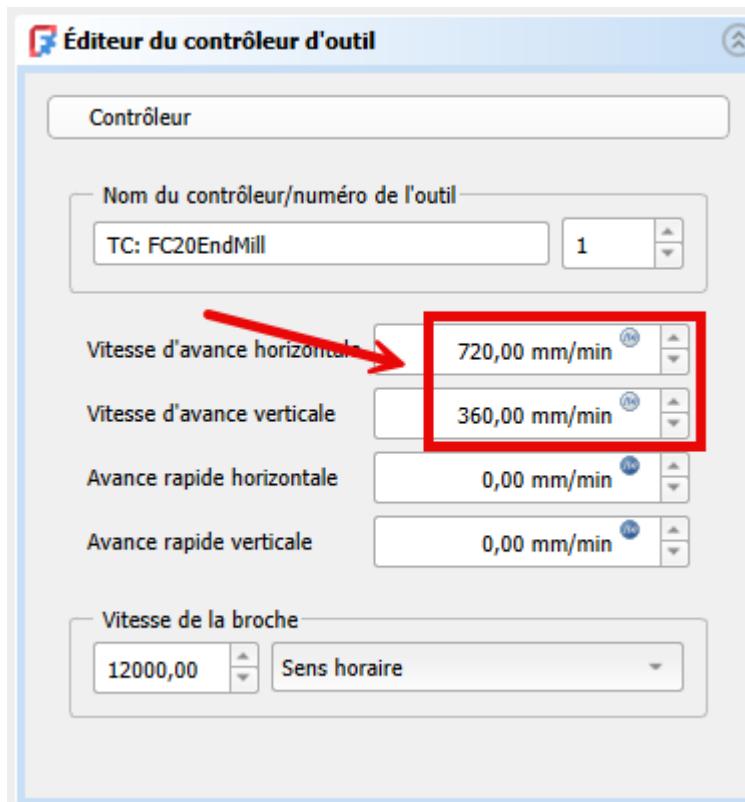
- Sélectionner la commande  Préférences → Général → Général ;
- Modifier le réglage comme ci-dessous :



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

Système d'unités Métrique, petites pièces & CNC

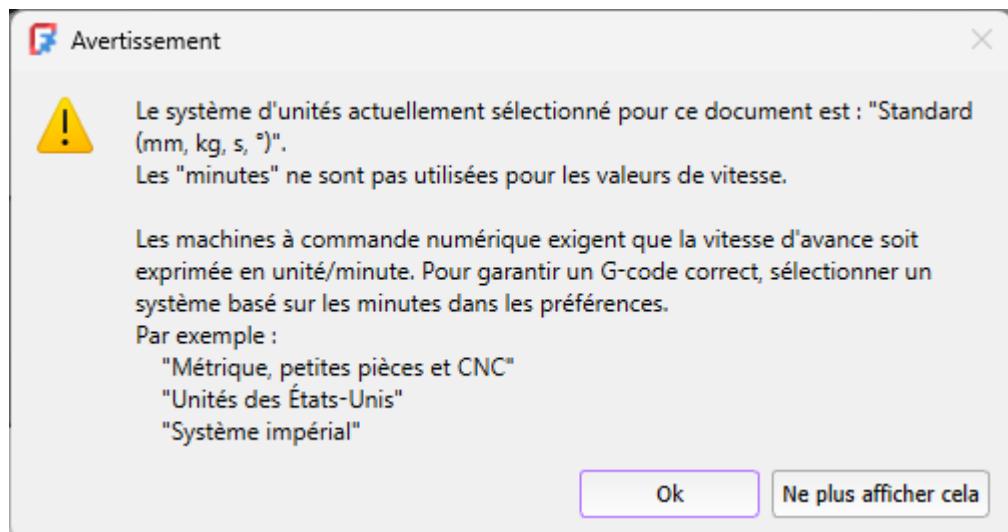
Avec le système d'unités  Métrique, petites pièces & CNC, les vitesses d'avance des outils seront saisies en mm/minute : les valeurs enregistrées dans le projet resteront codées en mm et s.



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

Avertissement

Si vous ne réalisez pas ce réglage, vous verrez apparaître le message ci-dessous lors de la première saisie d'une opération :

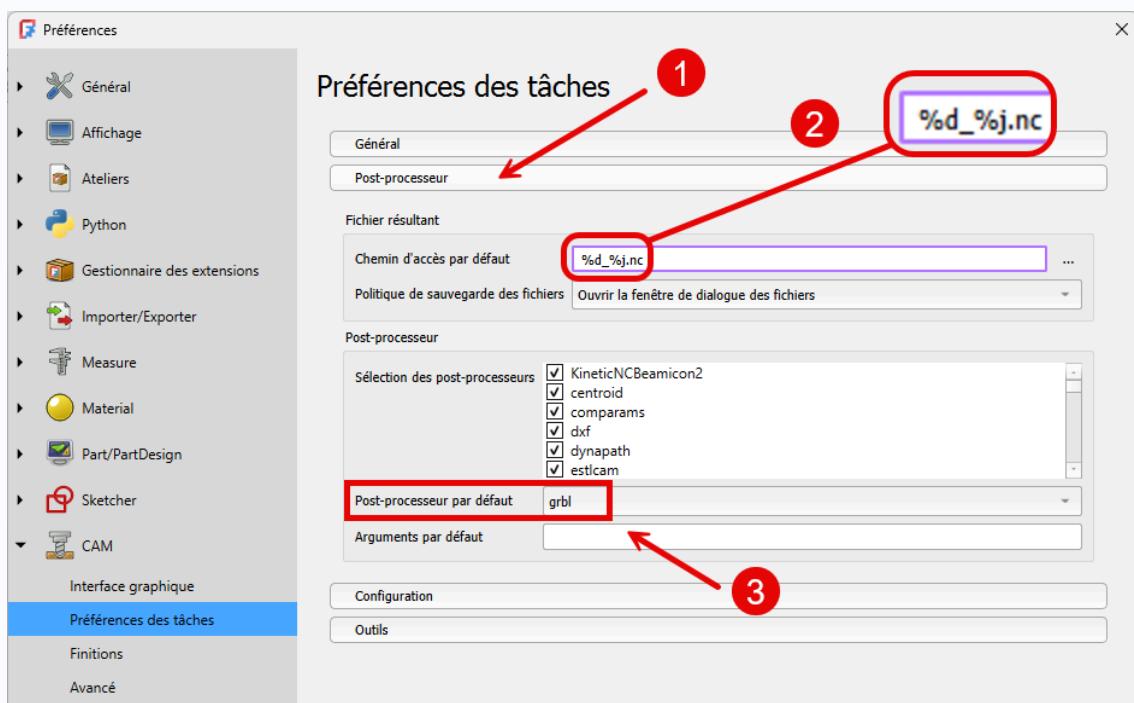


Avertissement : choix du système d'unités

2.2. Préférences des tâches

Tâches à réaliser

- Sélectionner la commande **Préférences → CAM → Préférences des tâches** ;
- Cliquer sur la rubrique **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 faudra peut-être remplacer  grbl par le post-processeur de votre environnement de production ;

2.3. Fonctions avancées

OpenCAMlib

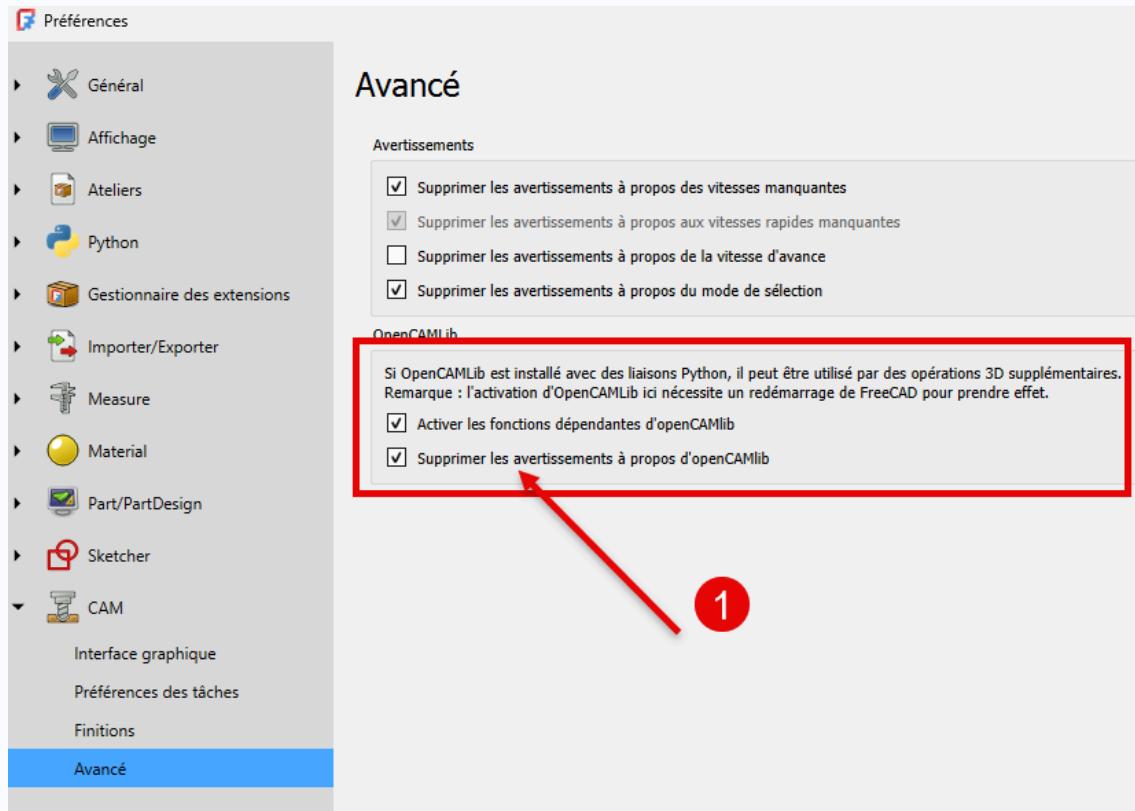
OpenCamLib (OCL) est une bibliothèque open source conçue pour fournir des algorithmes de fabrication assistée par ordinateur (FAO). Dans FreeCAD, elle est utilisée pour des opérations expérimentales de l'atelier CAM, notamment les opérations de surfaçage 3D et de lignes de niveau.

- L'opération **Surfaçage 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

FreeCAD propose une bibliothèque « **Default** » d'outils coupants à installer. Cette bibliothèque n'est pas adaptée à l'utilisation d'une CNC personnelle et aux exemples proposés dans ce parcours ;

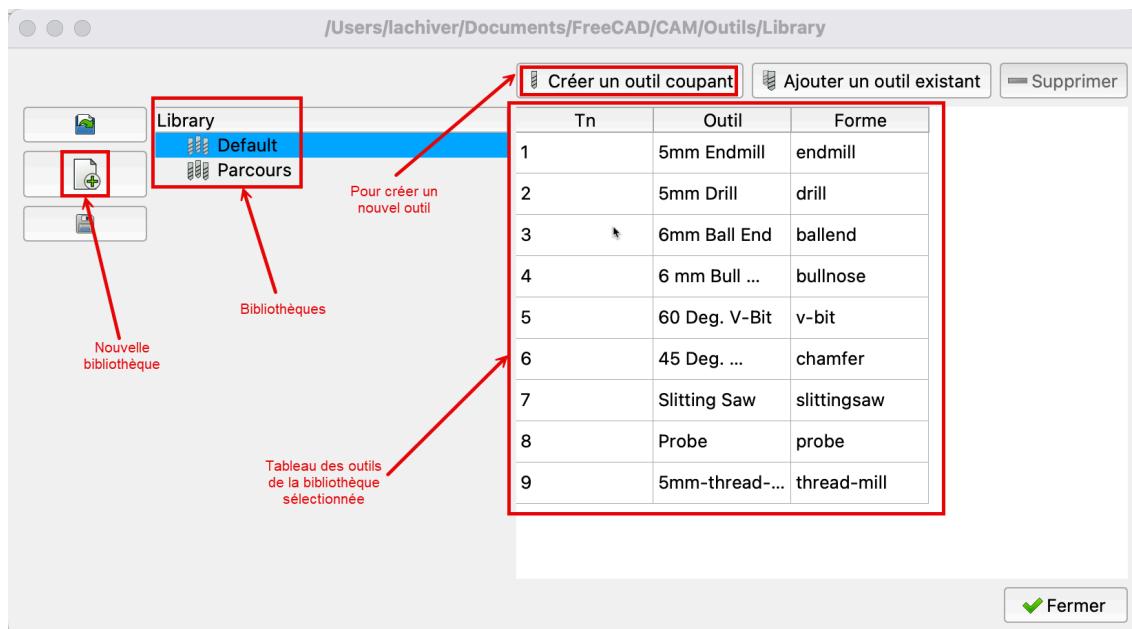
Avant de créer une première tâche  , nous allons :

- Installer la bibliothèque « **Default** » ;
- Créer une nouvelle bibliothèque ;
- Ajouter un outil coupant à cette bibliothèque ;

3.1. Gestionnaire des outils coupants

Remarque

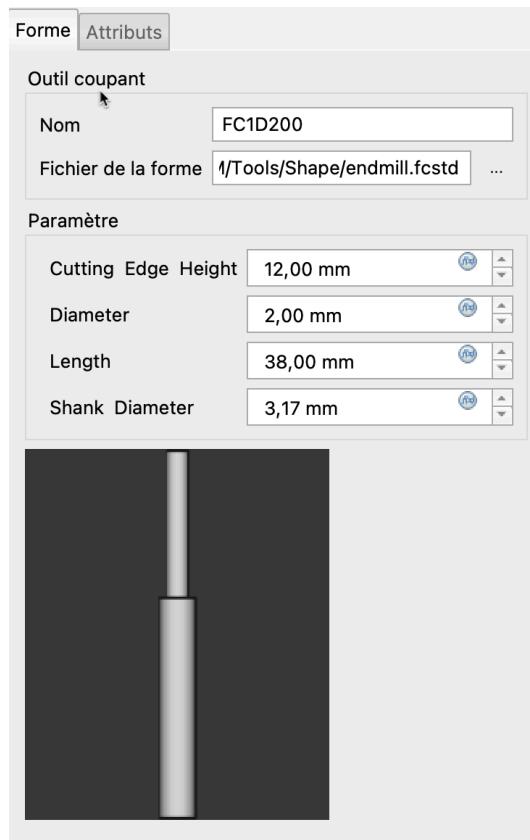
Le [Gestionnaire des outils coupants](#)^W permet de créer, gérer, organiser les outils coupants dans FreeCAD.



Gestionnaire des outils coupants

Pour afficher / modifier les propriétés géométriques de l'outil :

Double-cliquer sur l'outil dans le tableau : FreeCAD ouvre une seconde fenêtre permettant de visualiser et/ou modifier les propriétés géométriques de l'outil : forme, longueur utile, diamètre, longueur totale, diamètre de queue...



Forme et dimensions de l'outil

📎 Caractéristiques géométriques

- Le gestionnaire d'outils coupants gère principalement les propriétés **géométriques** des outils : forme, dimensions ;
- D'autres propriétés (attributs) peuvent être saisies comme le nombre de dents, le matériau utilisé pour l'outil, l'avance par dent^[p.61] mais ces informations ne sont pas directement utilisées par FreeCAD pour la création du fichier G-Code ;

⚠️ Caractéristiques mécaniques

Un même outil pouvant être utilisé dans différents contextes, les caractéristiques **mécaniques** (vitesses d'avance et vitesse de coupe) seront définis avec le contrôleur d'outils de la tâche ;

3.2. Installation de la bibliothèque « Default »

🔗 Objectif

Par défaut, FreeCAD installe les outils dans un sous-dossier du dossier Macro ;

- sous : C :\users\votrelogin\AppData\Roaming\FreeCAD\Macro ;
- sous : /Users/votrelogin/Library/Application Support/FreeCAD/Macros ;
- sous : /home/votrelogin/.local/share/FreeCAD/Macro ;

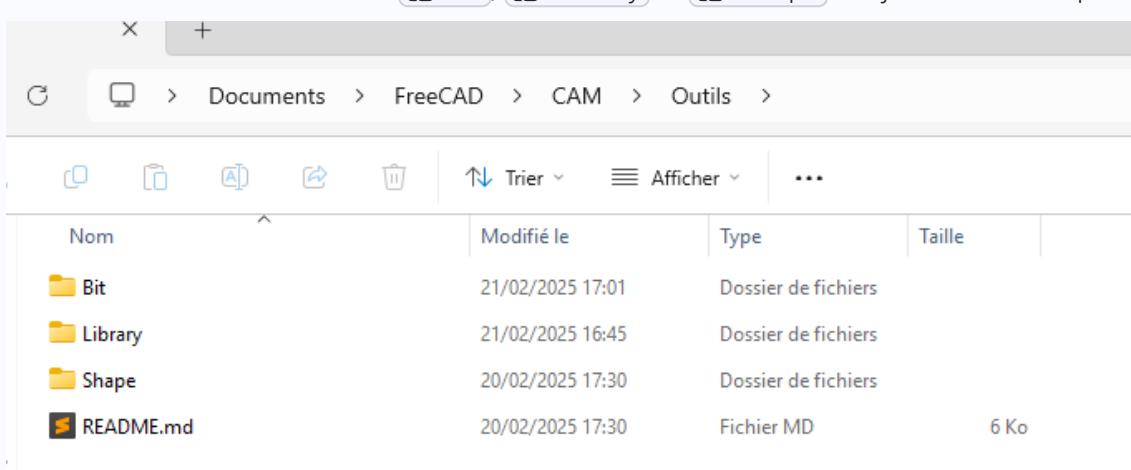
Ce dossier n'est pas facile d'accès.



- Nous allons installer le dossier Outils dans un sous-dossier de l'espace personnel ;

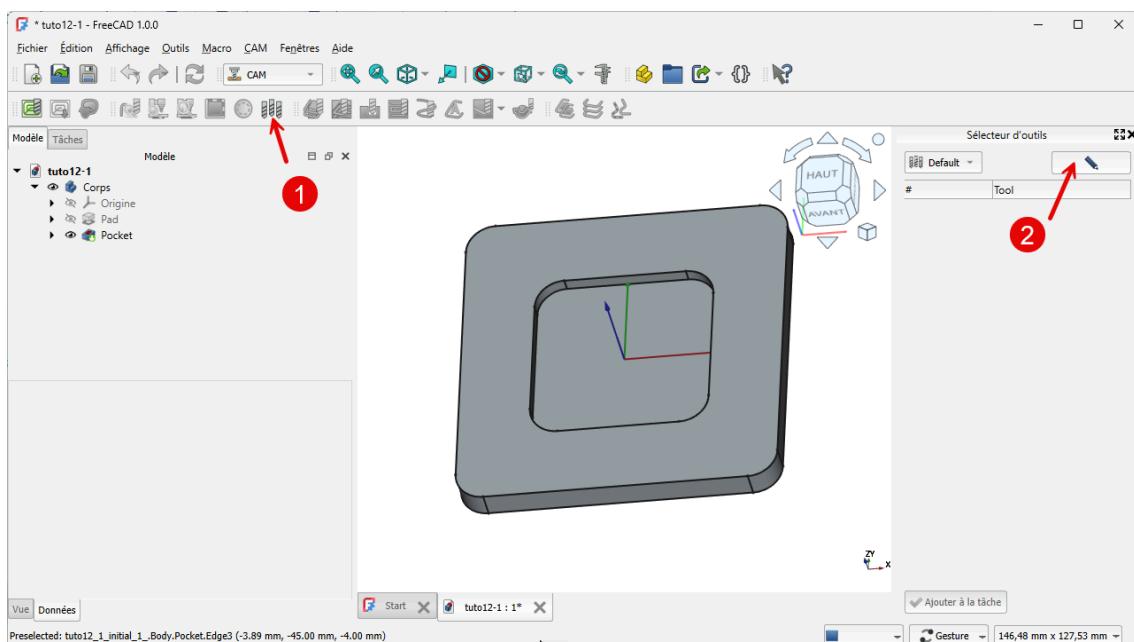
Tâches à réaliser

- Créer un dossier CAM et un sous-dossier Outils dans votre espace personnel. Par exemple :
 - sous : C:\users\votrelogin\Documents\FreeCAD\CAM\Outils ;
 - sous : /Users/votrelogin/Documents/FreeCAD/CAM/Outils ;
 - sous : /home/votrelogin/Documents/FreeCAD/CAM/Outils ;
- Sélectionner la commande CAM → Gestionnaire des outils coupants de la barre de menus ;
- Valider la création d'un dossier de travail pour les outils et sélectionner le sous-dossier Outils créé précédemment pour y installer la bibliothèque d'outils Default ;
- Valider la création des sous-dossiers Bit, Library et Shape et ajouter les exemples ;



Accéder au gestionnaire d'outils coupants

Pour accéder à ce gestionnaire, on peut aussi cliquer sur le bouton Sélecteur d'outils coupants de la barre d'outils puis cliquer sur le bouton Éditer :



Accès au gestionnaire d'outils via le sélecteur d'outils coupants

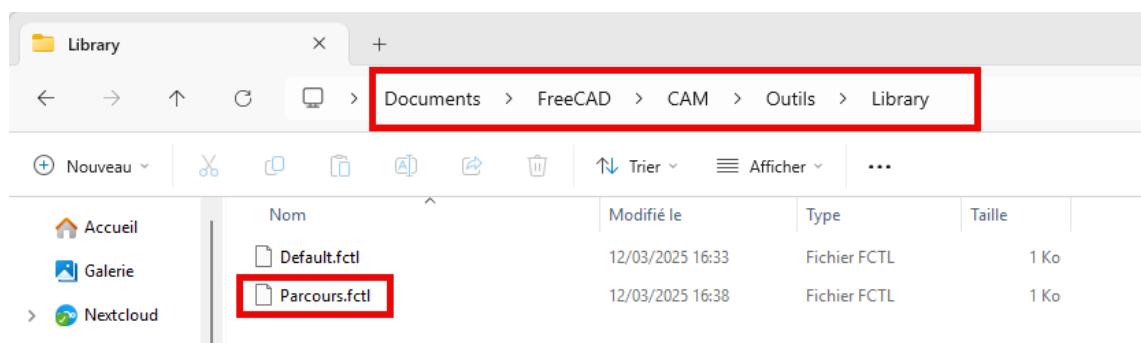
3.3. Créer une nouvelle bibliothèque

☒ Tâches à réaliser

- Si nécessaire, sélectionner la commande **Cam → Gestionnaire des outils coupants** ;
- Créer une nouvelle bibliothèque d'outils « **Parcours** » en cliquant sur le bouton  ;

ⓘ Emplacement de la nouvelle bibliothèque :

- FreeCAD a ajouté un fichier **Parcours.fctl** dans le sous-dossier **Library** ;



Création de la bibliothèque d'outils **Parcours**

⚠️ Affichage de la nouvelle bibliothèque

Pour faire apparaître la nouvelle bibliothèque **Parcours** dans le sélecteur d'outils , il faut quitter et rouvrir FreeCAD ;



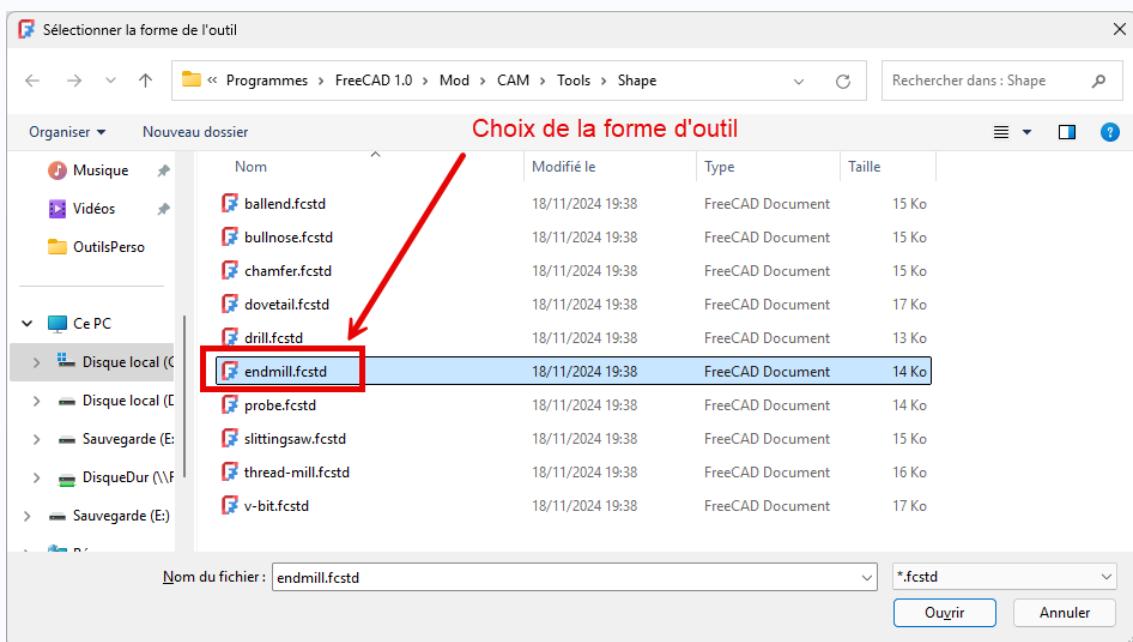
3.4. Créer une nouvel outil coupant

Objectifs

- Créer un nouvel outil coupant à partir d'une forme EndMill proposée par FreeCAD ;

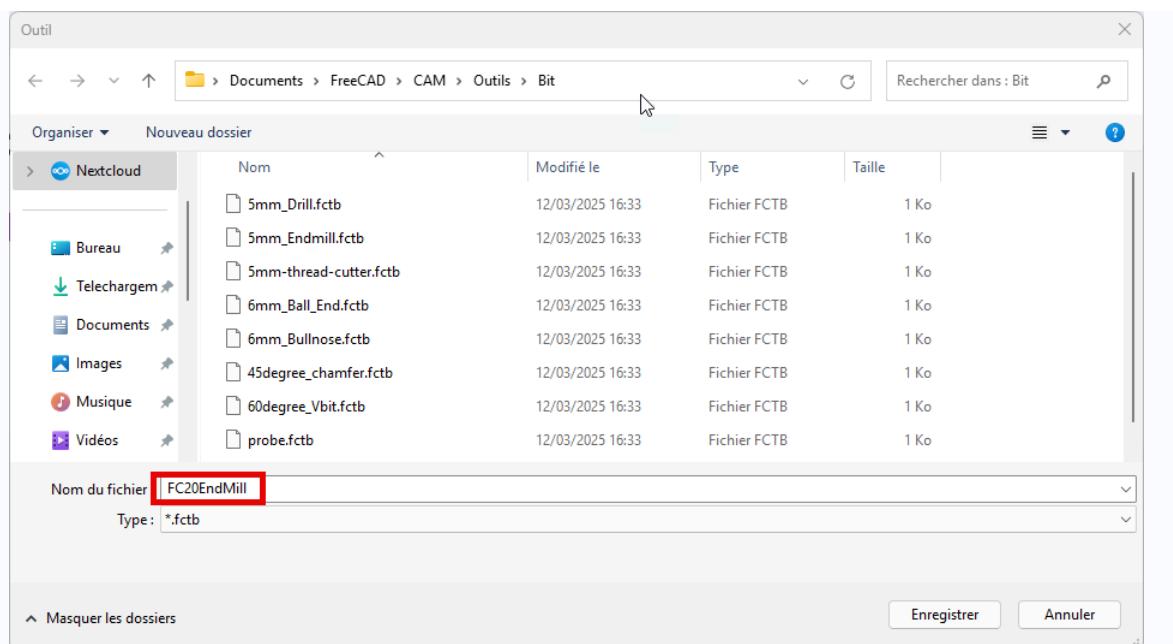
Tâches à réaliser

- Si nécessaire, sélectionner la commande Cam → Gestionnaire 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 (shape) endmill :

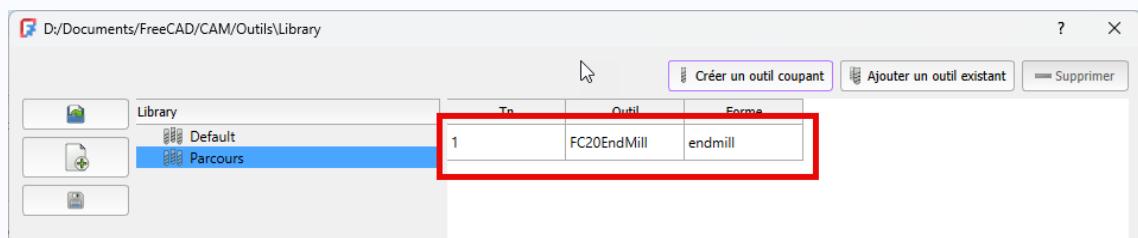


Choix de la forme de l'outil

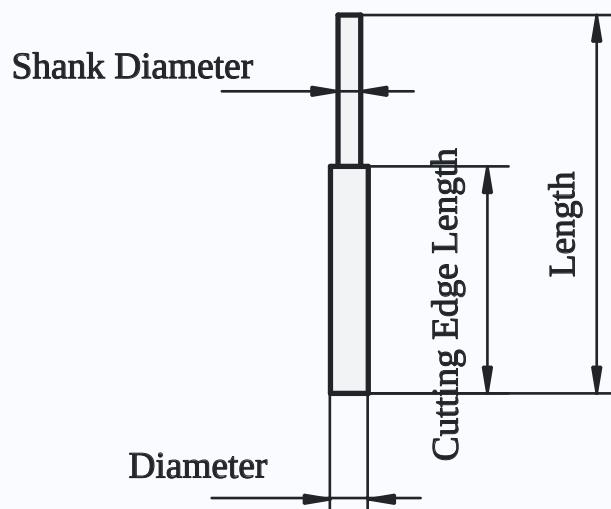
- saisir le nom du fichier : FC20EndMill ;



- Double-cliquer sur l'outil coupant **FC20EndMill** :



- Modifier les propriétés géométriques de l'outil :
 - Cutting Edge Length = 12 mm,
 - Diameter = 2 mm,
 - Length = 38 mm,
 - Shank Diameter = 3.175 mm,



- Refermer la fenêtre ;



💡 Emplacement du nouvel outil :

- FreeCAD a ajouté un fichier FC20EndMill.fct1 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 \[p.46\]](#) ;

4. Usinages 2,5D

Objectifs

- Mettre en œuvre les différentes étapes de l'atelier CAM  pour des usinages 2,5D sur un modèle 3D ;

4.1. Travail préparatoire

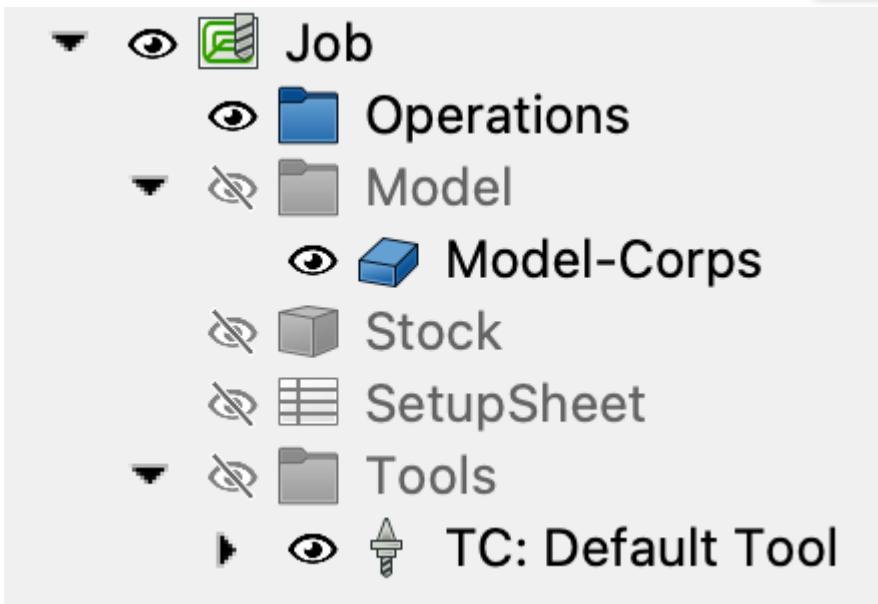
4.1.1. Créer la tâche

Tâches à réaliser

- Sélectionner l' atelier CAM  si nécessaire ;
- Cliquer sur la commande  et sélectionner le corps 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 : 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 ;

4.1.2. Choisir l'outil

Objectifs

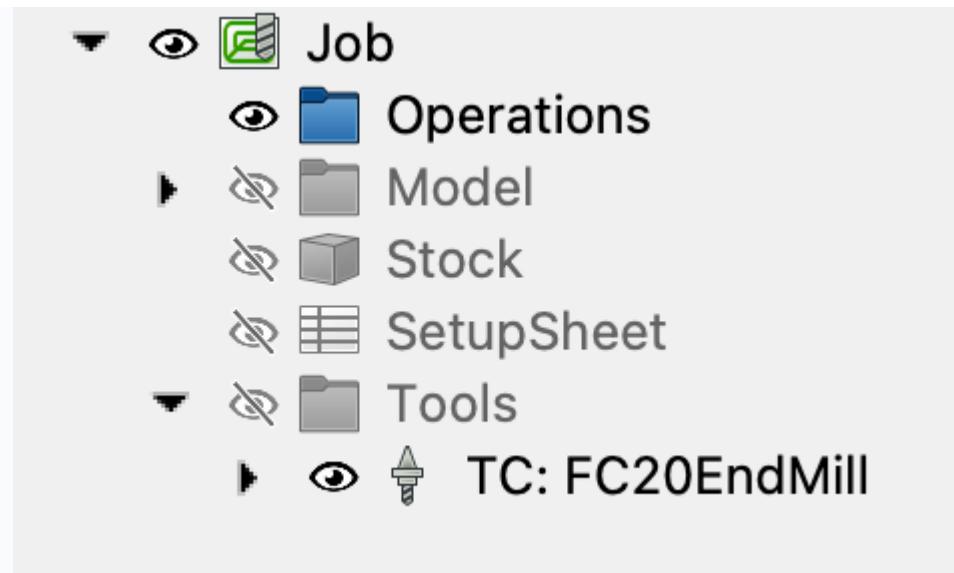
- Sélectionner l'outil coupant pour la tâche  ;
- Définir les caractéristiques mécaniques de l'outil ;

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 ;



- Ouvrir le sous-dossier  Tools dans l'onglet **Modèle** et supprimer  TC : Default Tool ;



- Double-cliquer sur l'outil **[X] TC :FC20EndMill** dans l'onglet **Modèle** pour afficher le **contrôleur d'outils**  ;
- Saisir les paramètres mécaniques de l'outil :
 - vitesse d'avance horizontale : **[I] 720 mm/min**,
 - vitesse d'avance verticale : **[I] 360mm /min**,
 - vitesse de la broche **[X] 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 ;

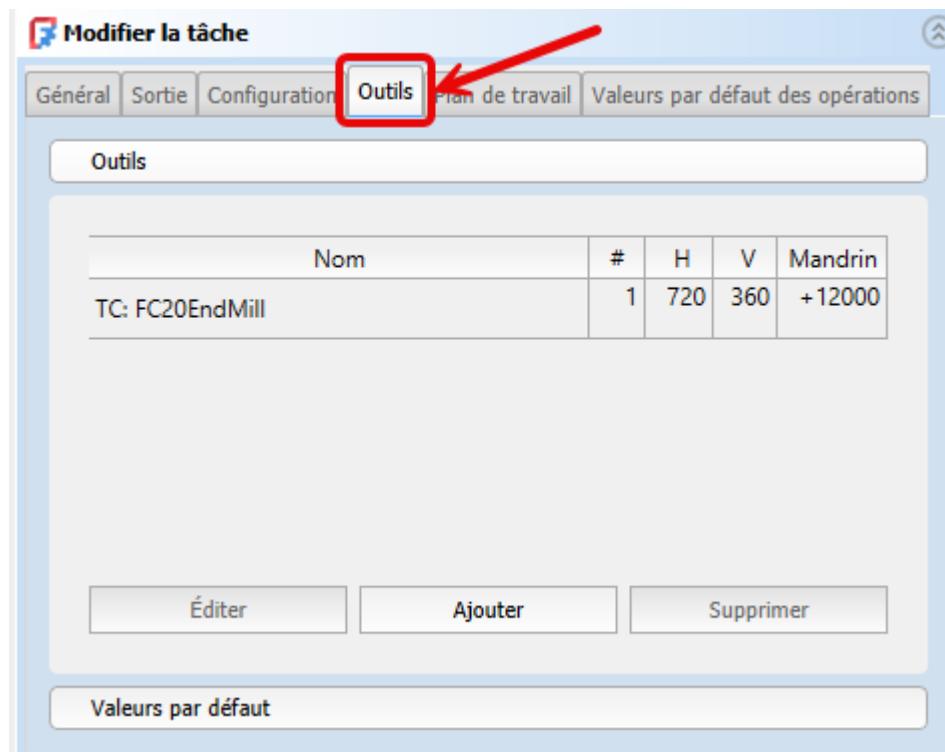
- Si vous souhaitez réaliser l'usinage, il faudra **impérativement** adapter ces paramètres mécaniques à votre environnement de production.

Vitesses d'avance rapide

Les vitesses d'avance rapide seront définies dans 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** ;

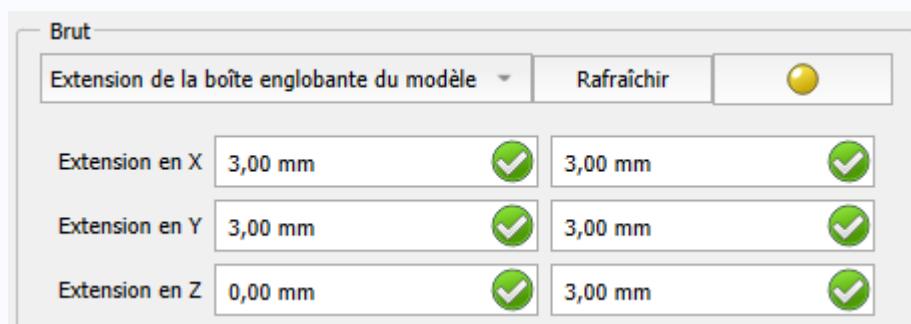


Accès au contrôleur d'outils

4.1.3. Définir le brut et l'alignement

☰ Tâches à réaliser

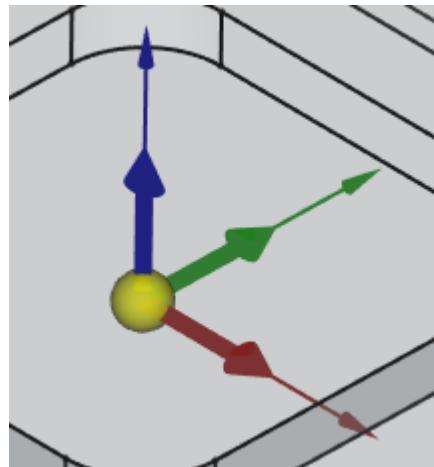
- Double-cliquer sur l'élément Job et sélectionner l'onglet **Configuration** ;
- Définir le brut comme ci-dessous et valider :



Définition du brut (stock)

Identifier le sens des extensions en X, Y, Z

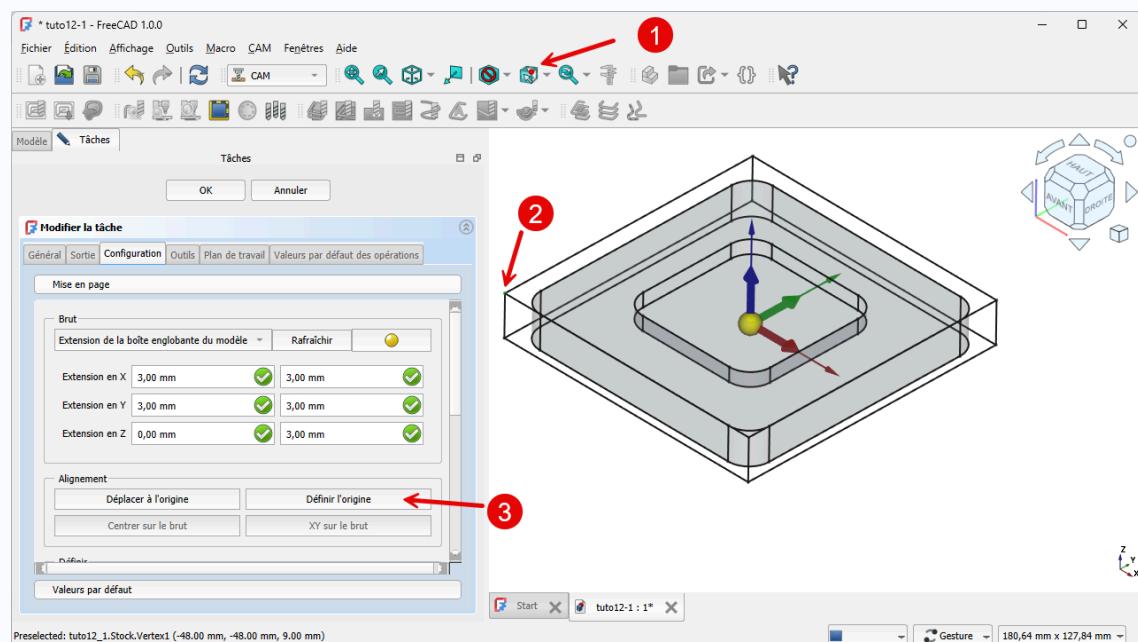
- La première colonne correspond aux valeurs X, Y, Z négatives, la seconde colonne aux valeurs positives ;
- Le repère permet d'identifier le sens des axes :



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** ;
- Selectionner le sommet (vertex) comme ci-dessous et cliquer sur le bouton **Définir l'origine** ;

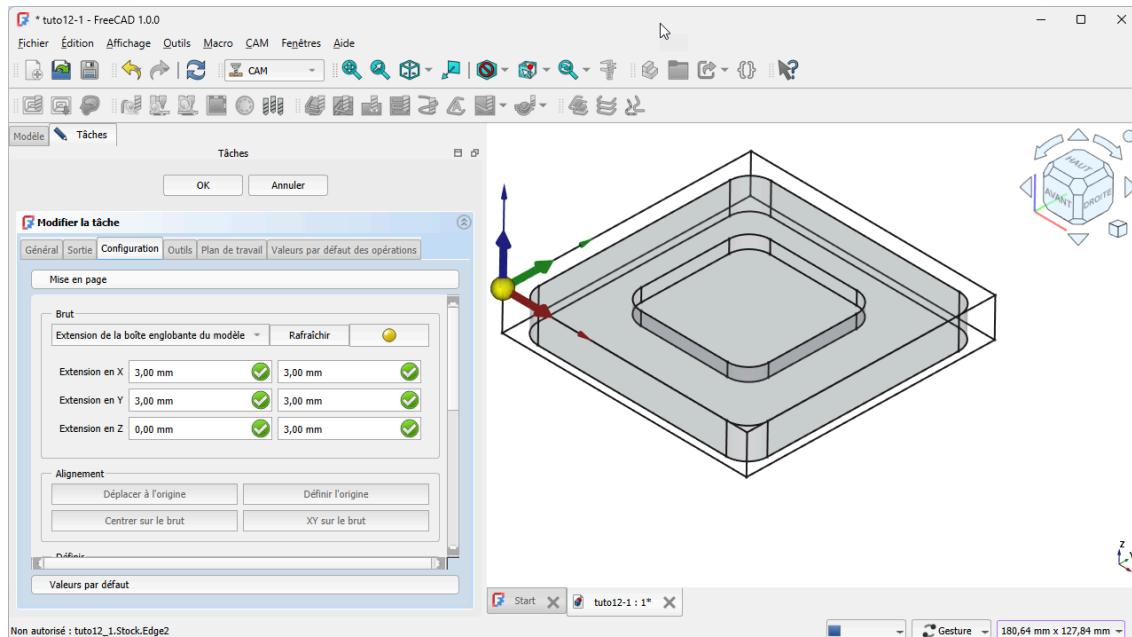


Définir l'origine pour la CNC

💡 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.

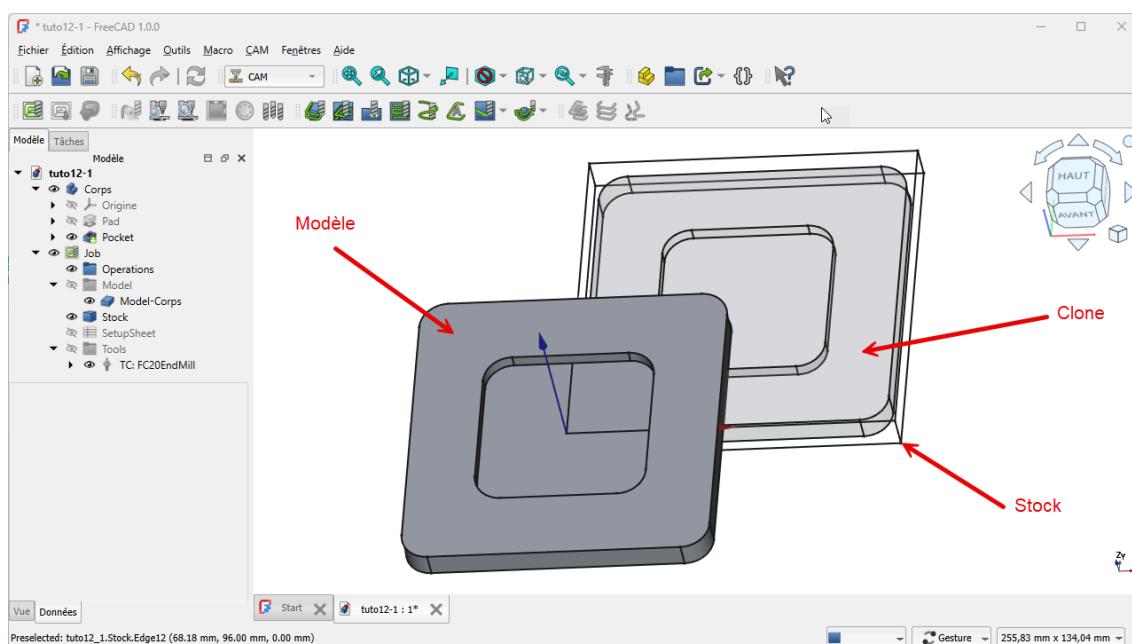
- La commande **Définir l'origine** modifie le repère du **clone du corps** utilisé pour la programmation de la CNC ;



💬 Modèle et clone du modèle

Si vous affichez le modèle Corps dans la vue 3D, il apparaitra 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 ;

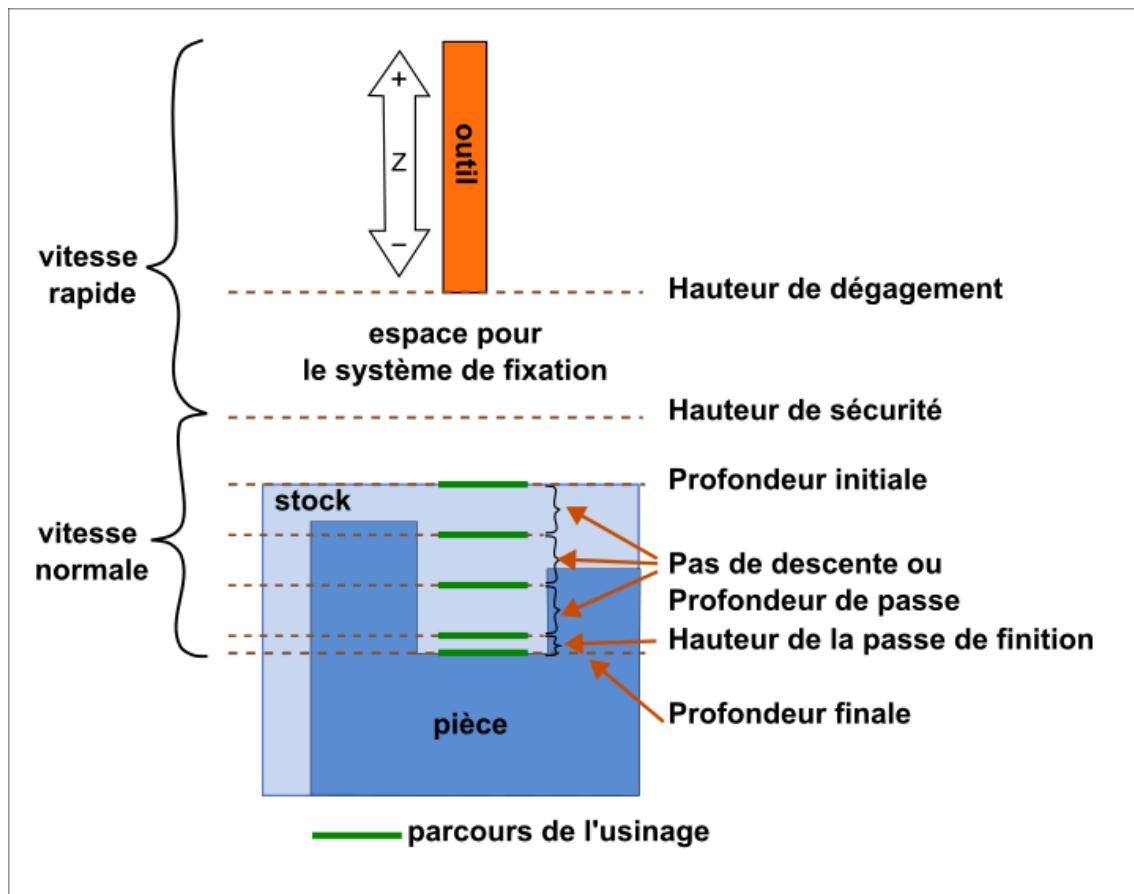


Corps et clone du corps utilisé pour la tâche CAM

4.1.4. 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

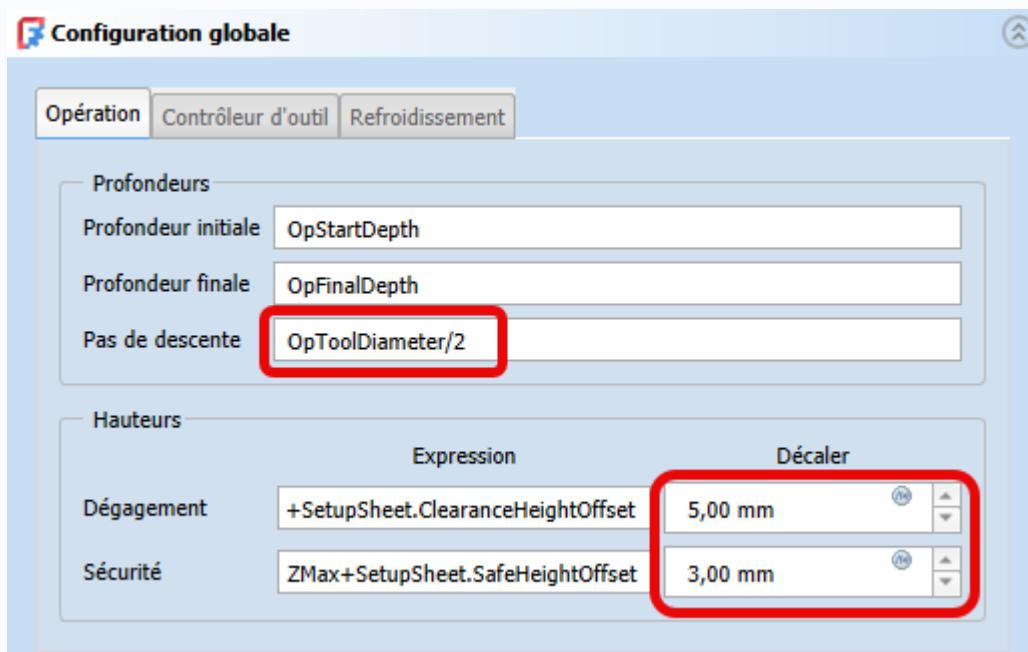
Par exemple, si l'outil doit percer plusieurs trous dans une pièce :

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).

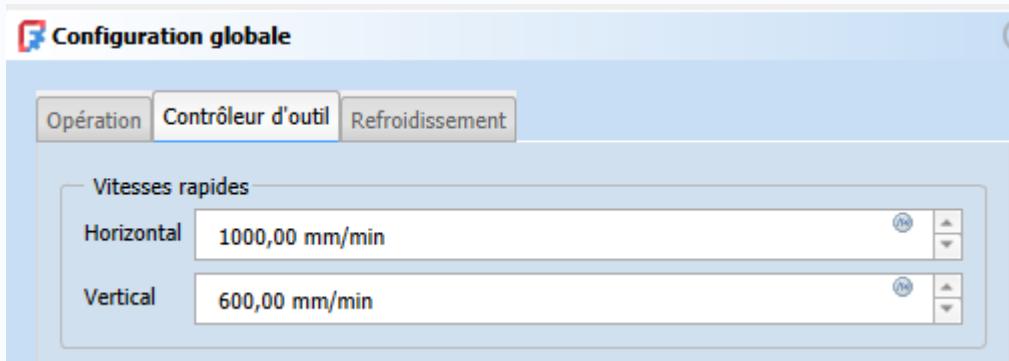
Ajuster correctement ces paramètres permet d'optimiser l'usinage en équilibrant **sécurité** et **efficacité**.

Tâches à réaliser

- Dans la vue modèle, double-cliquer sur l'élément  SetupSheet et sélectionner la rubrique **Configuration globale** ;
- 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 ;



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



Configuration des avances rapides

- Valider ;

4.2. Créer une 1^{ère} opération

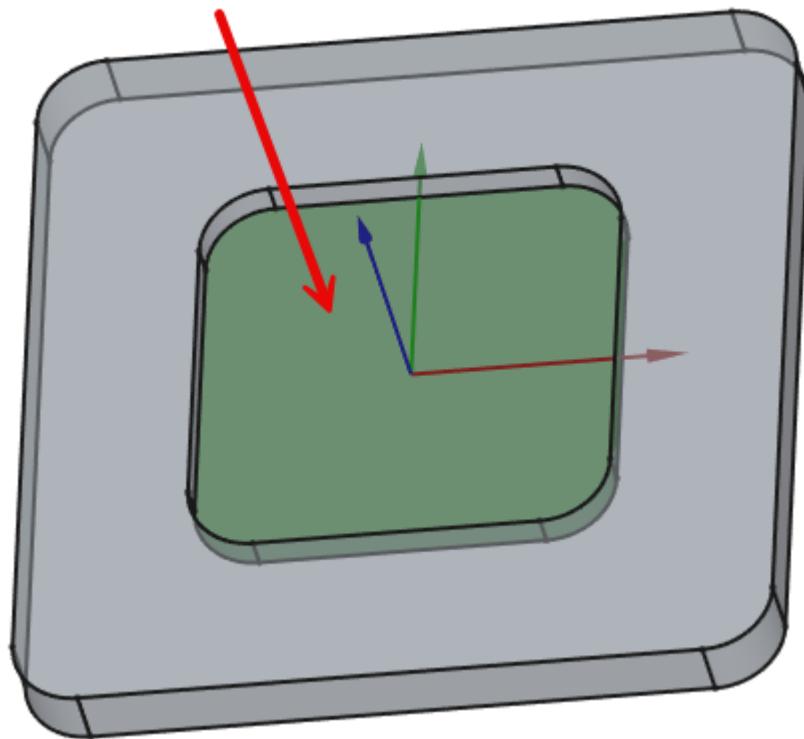
Objectif

- 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



Face à sélectionner pour créer la poche

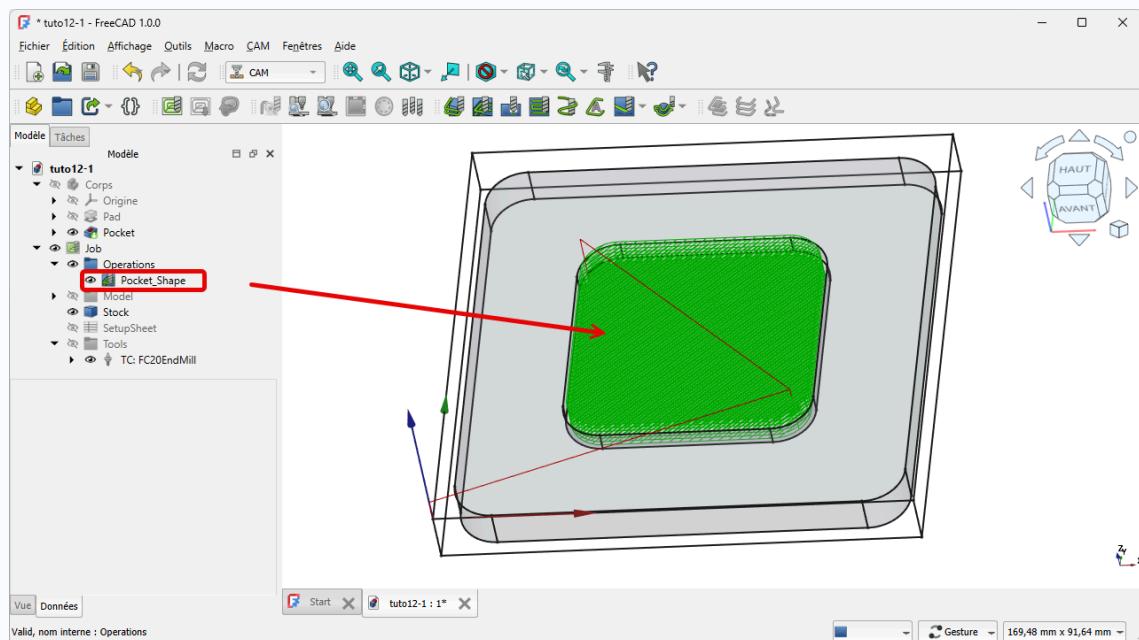
- Section **Opération**, saisir un motif : **Décalage du zig-zag** et un pourcentage de recouvrement de **70** ;

Opération

Contrôleur d'outil	TC: FC20EndMill
Mode de refroidissement	None
Mode de coupe	Avalant
Motif	Décalage du zigzag
Angle	45,00 ° (checkmark)
Pourcentage de recouvrement	70
Extension de la passe	0,00 mm (checkmark)
<input type="checkbox"/> Utiliser le point de départ	<input type="checkbox"/> Utiliser le contour
<input type="checkbox"/> Utiliser l'usinage de reprise	<input type="checkbox"/> Trajet minimum

Paramètres de l'opération Poche

- Valider



Poche

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

Choix du motif Décaler du zigzag

- Le motif ZigZag est le plus rapide mais ne permet pas de suivre le profil de la poche ;

4.3. Simuler le parcours

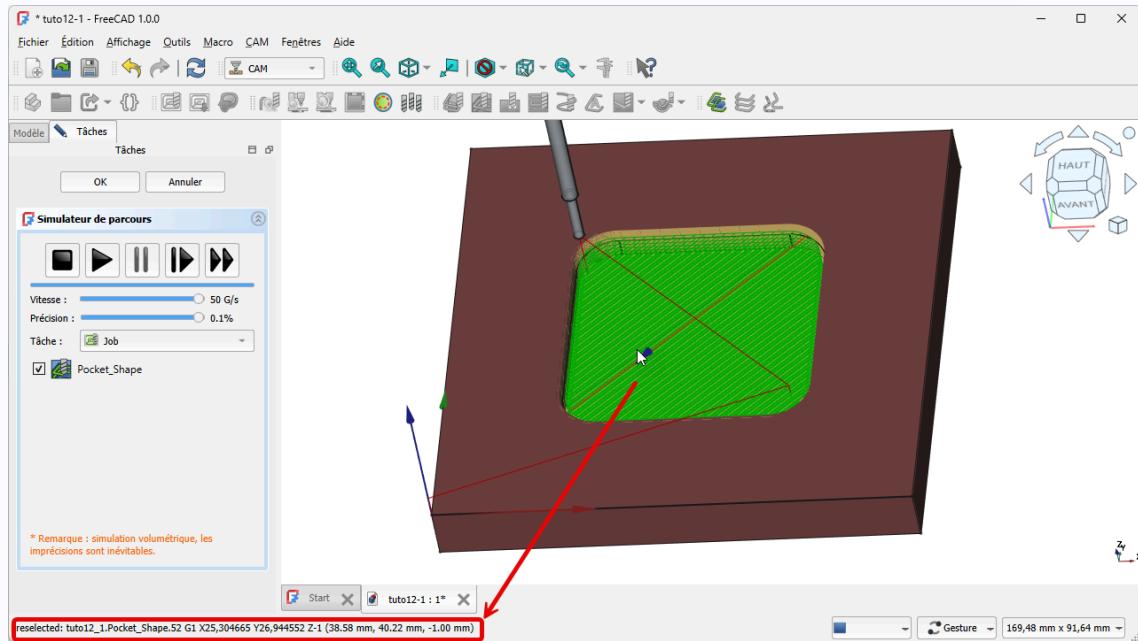
Depuis la version 1.0.0, FreeCAD propose deux simulateurs de parcours:

- le [simulateur de parcours](#) de base ;
- le [simulateur GL](#) plus précis et rapide ;

Tâches à réaliser

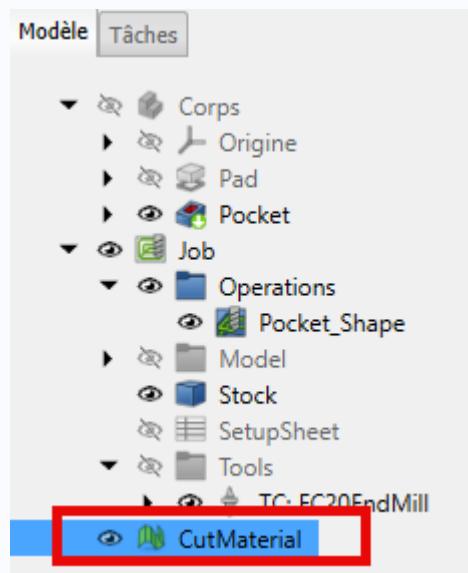
- Cliquer sur le bouton **Simuler le parcours** ;
- Lancer le simulateur en cliquant sur le bouton ;
- Mettre la simulation en pause en cliquant sur le bouton ;

- 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 :



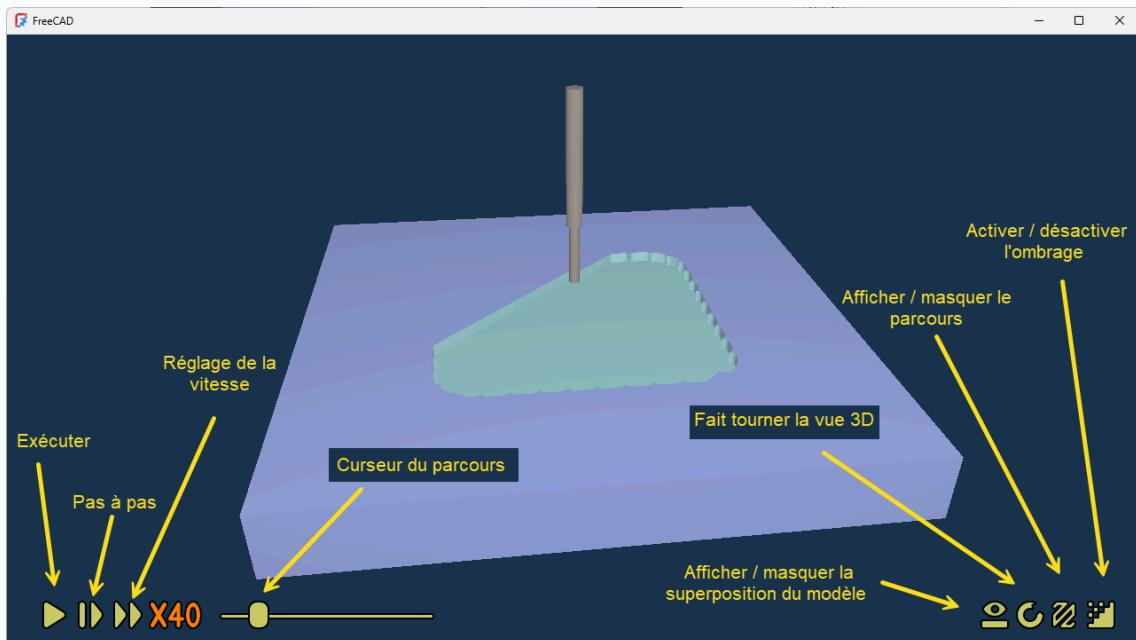
Élément CutMaterial

💡 Truc & astuce

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

❖ Tâches à réaliser

- Cliquer sur le bouton **Simulateur GL** ;
- Lancer le simulateur en cliquant sur le bouton ➤ : Ouvre une nouvelle fenêtre :



Commandes du simulateur GL

- Refermer la fenêtre du simulateur

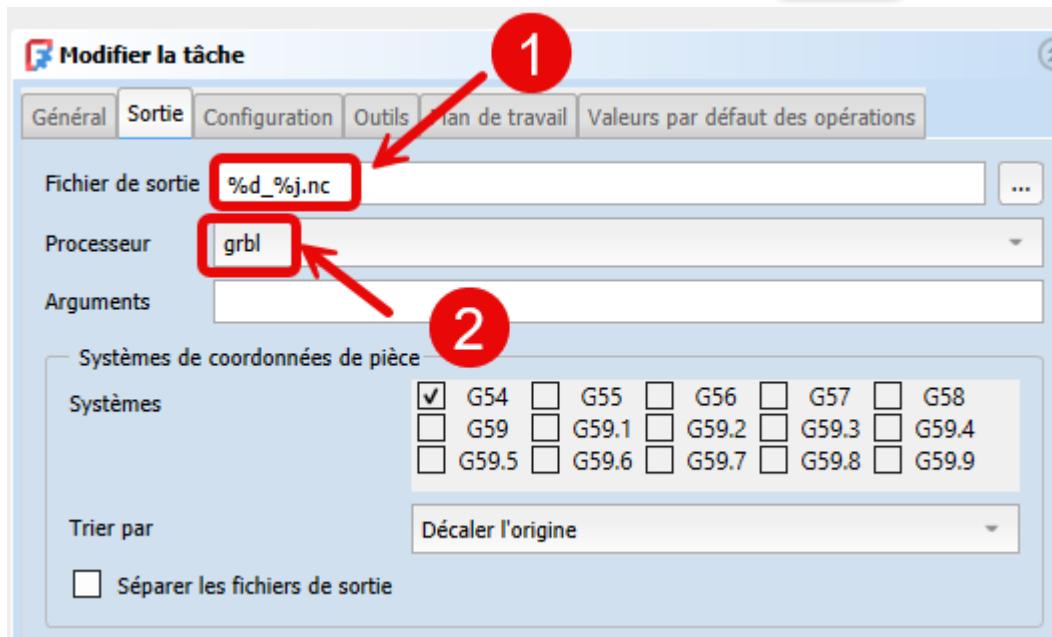
4.4. Réaliser le posttraitemetnt

⌚ 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 **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 :

1. FreeCAD ouvre une fenêtre contenant le fichier G-Code de la tâche ;

```

|(Exported by FreeCAD)
(Post Processor: script_module)
(Output Time:2025-03-18_22:10:50.972786)
(Begin preamble)
G17 G90
G21
(Begin operation: Fixture)
(Path: Fixture)
G54
(Finish operation: Fixture)
(Begin operation: TC: FC20EndMill)
(Path: TC: FC20EndMill)
(TC: FC20EndMill)
(Begin toolchange)
( M6 T1 )
M3 S12000
(Finish operation: TC: FC20EndMill)
(Begin operation: Pocket_Shape)
(Path: Pocket_Shape)
(Pocket_Shape)
G0 Z5.000
G0
G0 X69.949 Y26.051
G0 X69.949 Y26.051 Z3.000
G1 X69.949 Y26.051 Z-2.000 F360.000
G3 X71.966 Y30.331 Z-2.000 I-4.942 J4.944 K0.000 F720.000
G1 X65.669 Y24.034 Z-2.000 F720.000
G2 X63.372 Y24.000 Z-2.000 I-1.495 J23.359 K0.000 F720.000
G1 X72.000 Y32.628 Z-2.000 F720.000
G1 X72.000 Y34.890 Z-2.000 F720.000
G1 X61.110 Y24.000 Z-2.000 F720.000

```

Fichier G-Code de la tâche

2. FreeCAD a créé un fichier **tuto12-1-poche_Job.nc** dans le dossier contenant le fichier FCStd : c'est ce fichier qu'il faudra envoyer à votre CNC pour réaliser l'usinage ;

4.5. Ajouter des opérations

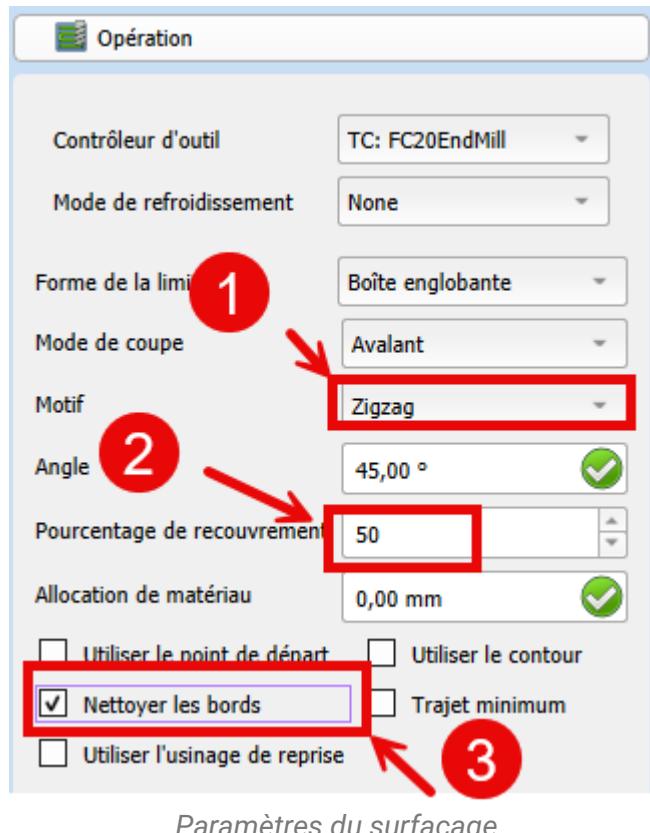
4.5.1. Créer le surfacage

Objectif

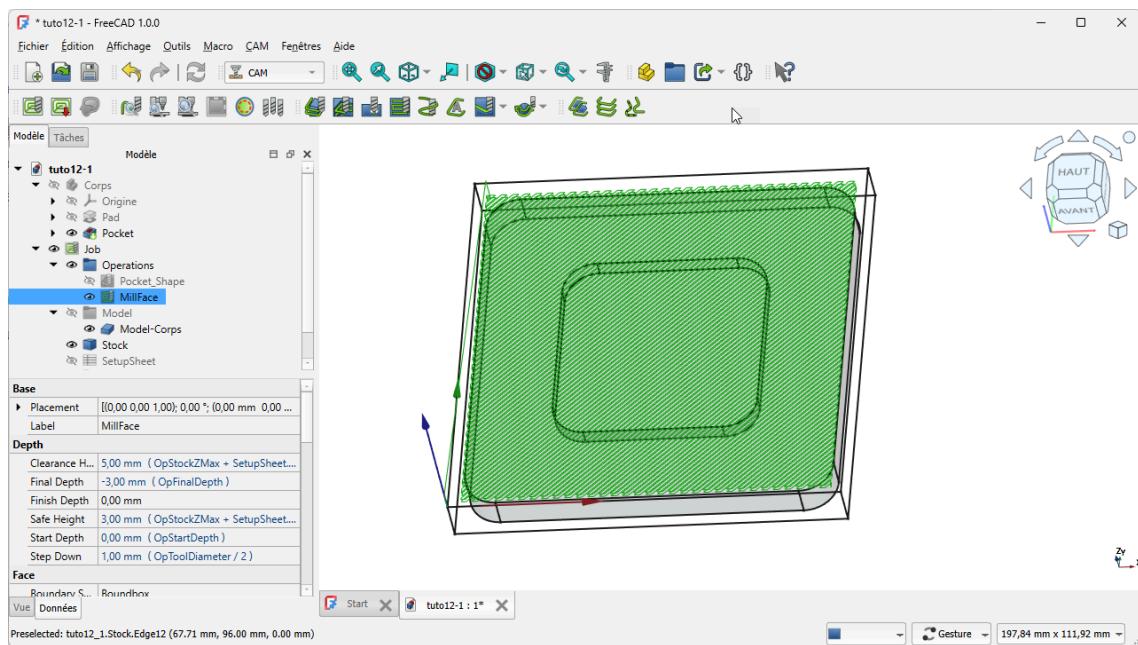
- Utiliser l'usinage 2,5D **Surfacage**  ;

Tâches à réaliser

- Sélectionner la face supérieure du clone et sélectionner la commande Surfacage  ;
- Section **Opération**, saisir un motif **Zigzag**, un pourcentage de recouvrement de **50** et cocher **Nettoyer les bords** ;



- Valider

*Surfacage*

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

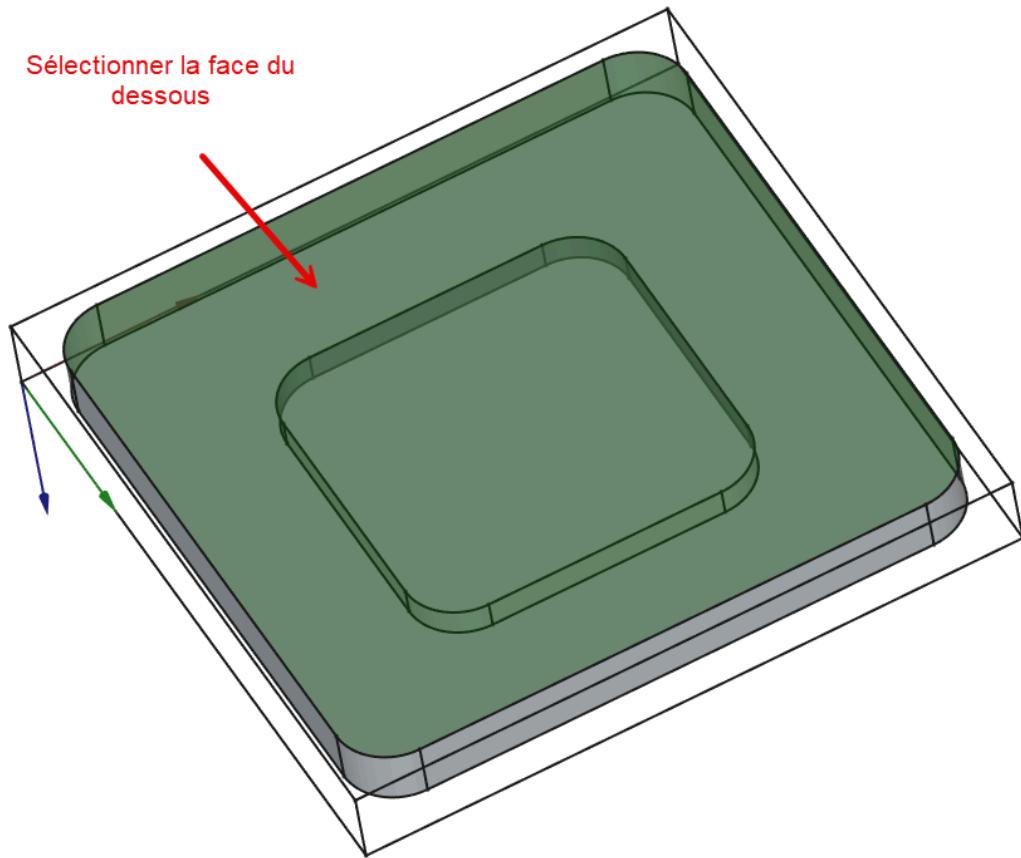
4.5.2. Créer le profilage

Objectif

- Utiliser l'usinage 2,5D Profilage ;

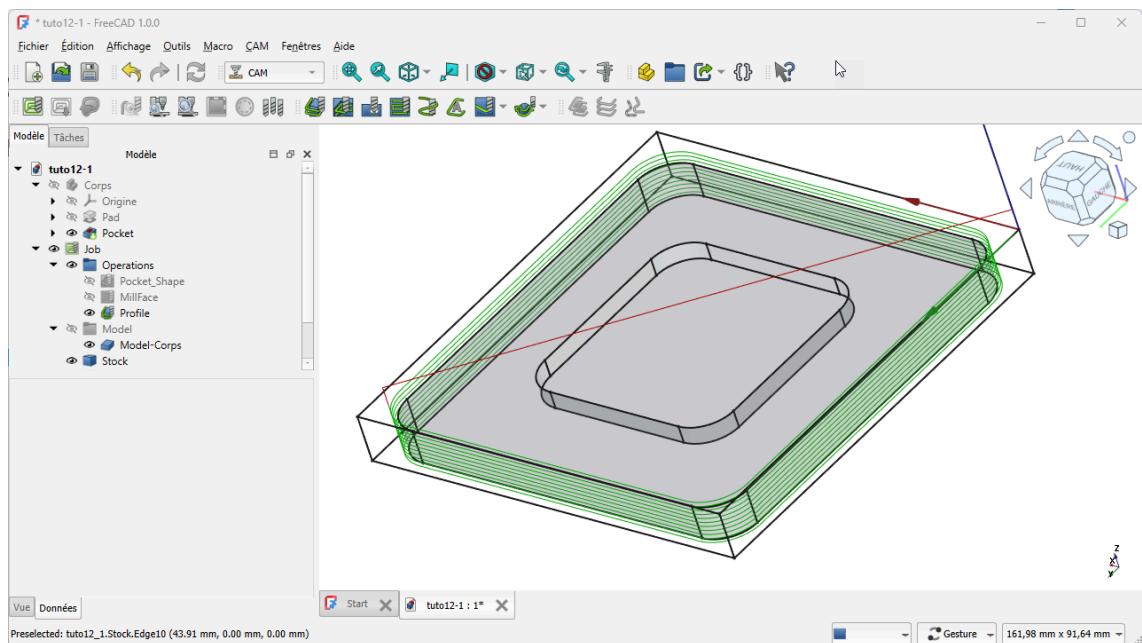
Tâches à réaliser

- 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

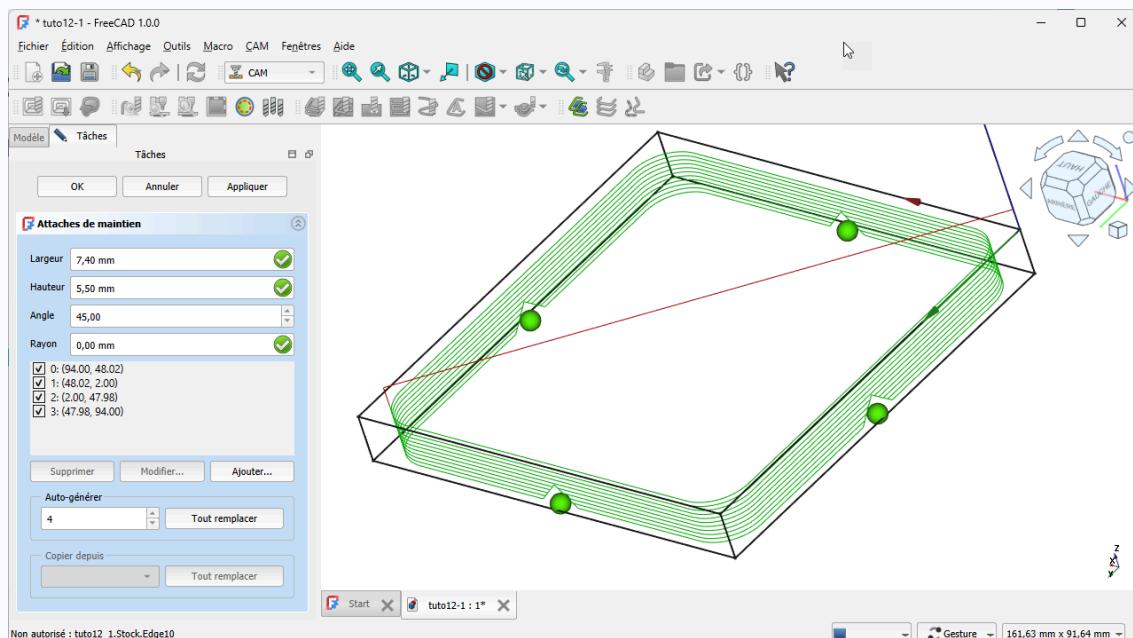
Objectif

- Utiliser une opération Finition de parcours Attaches ;

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.

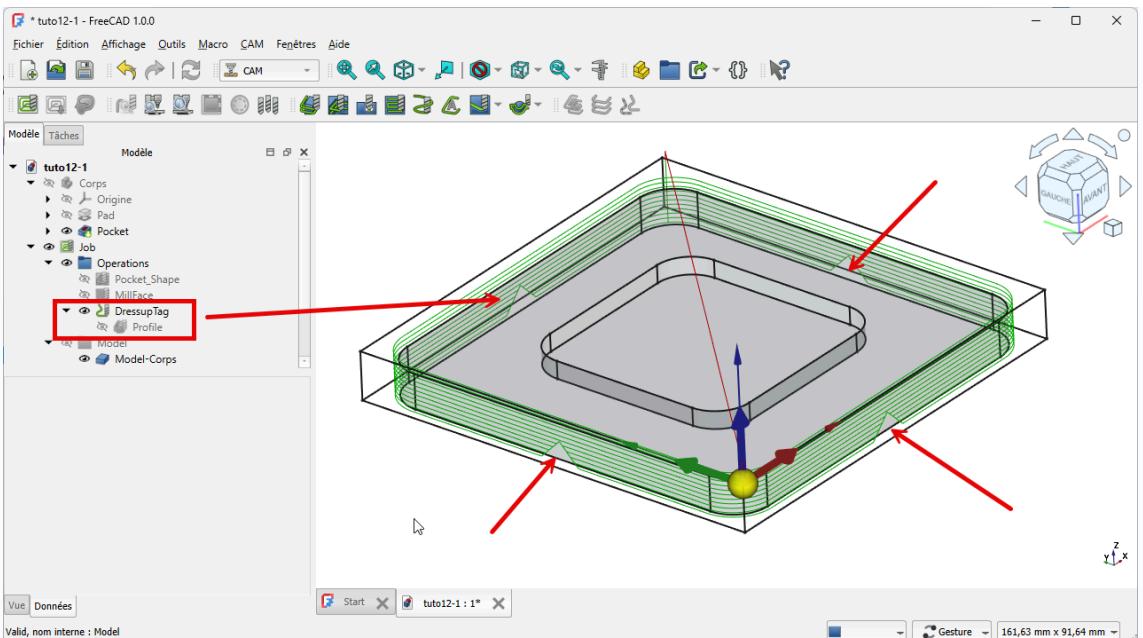
Tâches à réaliser (suite)

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



Finition Attachés sur l'opération de profilage

- Valider ;



Finition attachée appliquée à Profile



Ajout de la finition DressupTag

- FreeCAD a ajouté un élément DressupTag dans le sous-dossier Opération 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

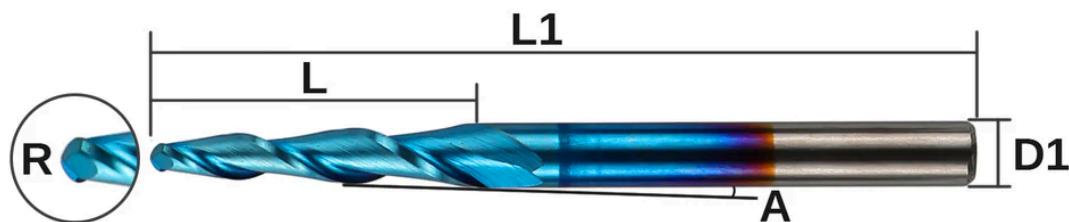
- Mettre en œuvre les différentes étapes de l'atelier CAM  pour des usinages 2D ;

6.1. Gravure simple

6.1.1. Créer une nouvelle forme d'outil

Objectifs

- Créer une nouvelle forme d'outil  :

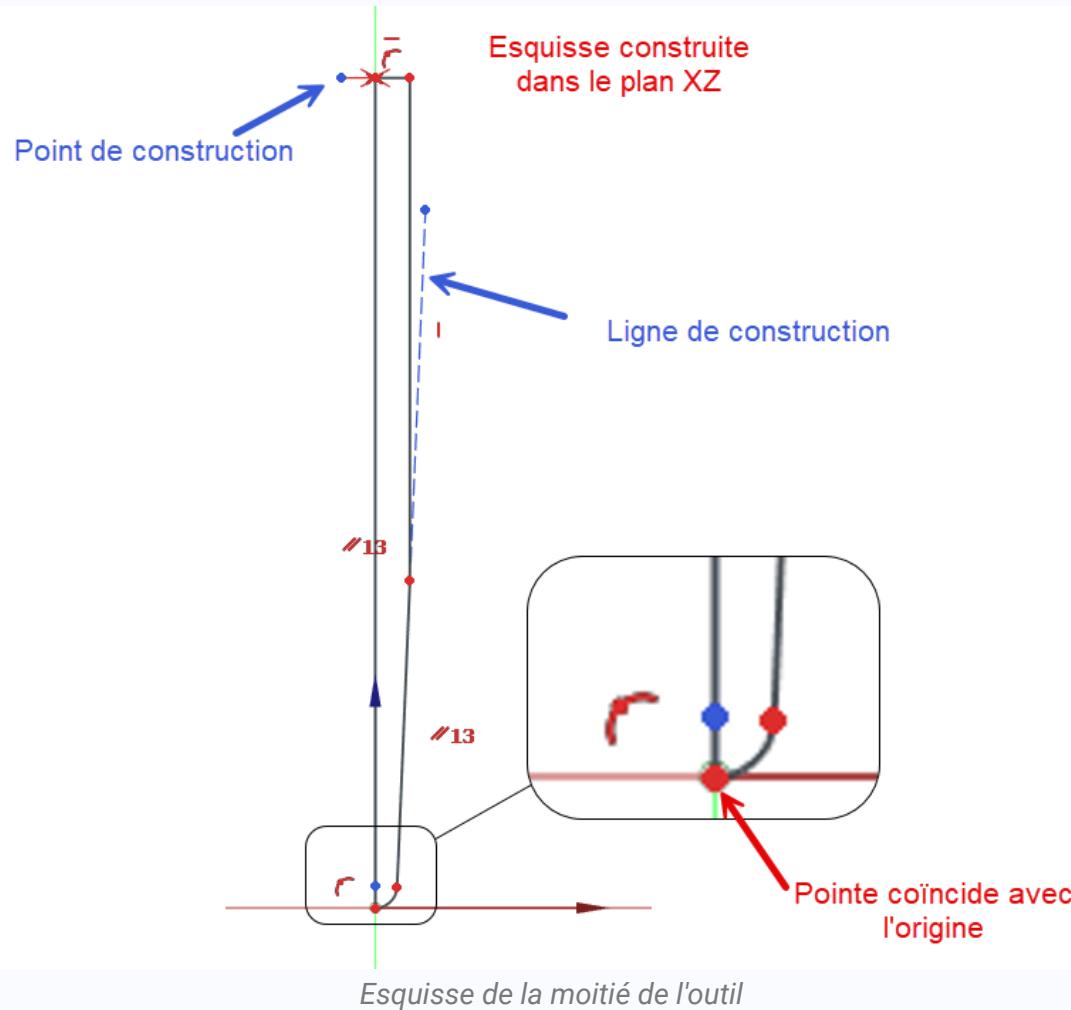


Outil à créer

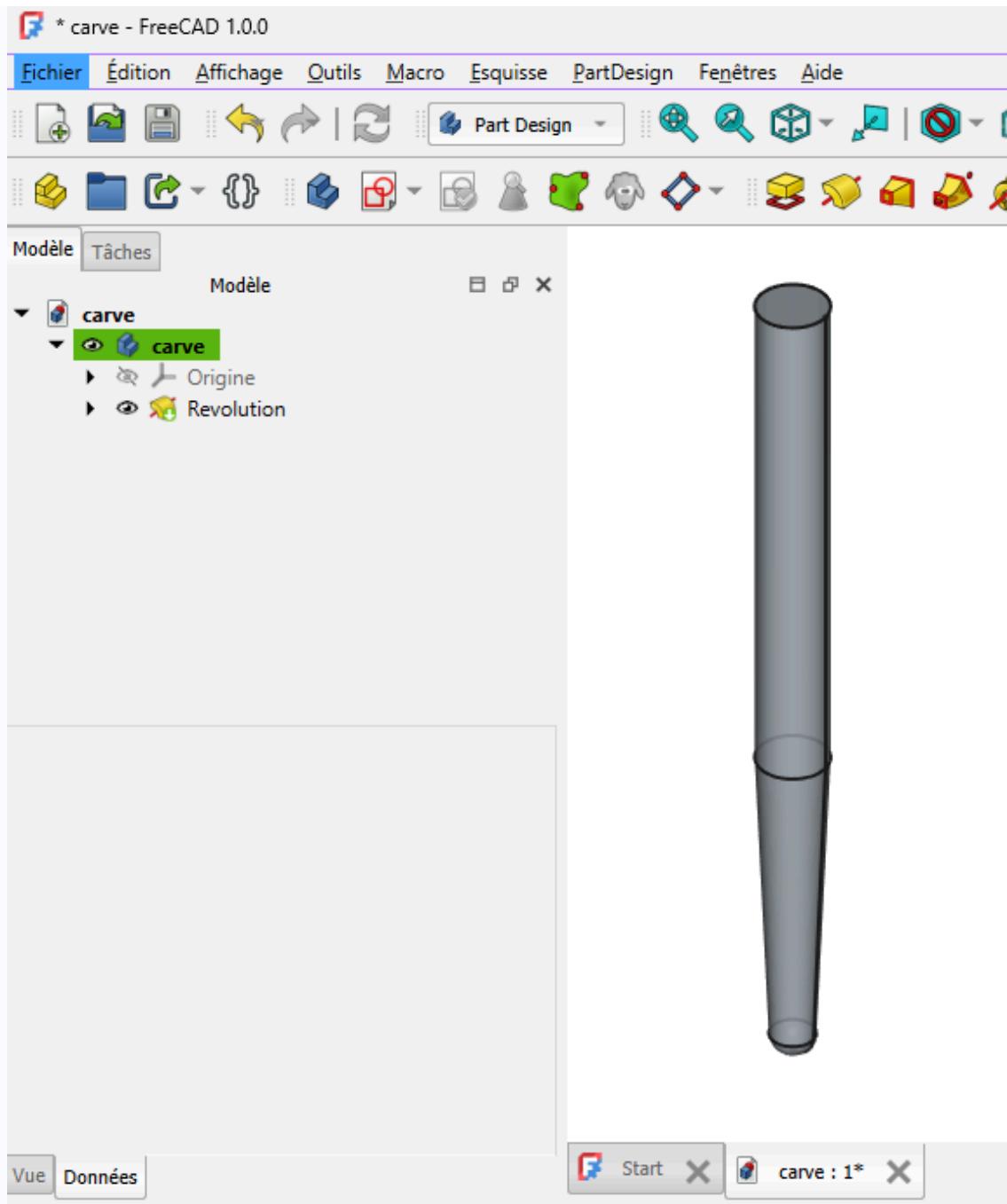
✓ Tâches à réaliser

- Télécharger sur votre ordinateur le fichier [carve-initial.FCStd](#) et l'ouvrir dans FreeCAD ;

Ce document contient un corps **carve** et une esquisse **Sketch** dans le plan XZ :

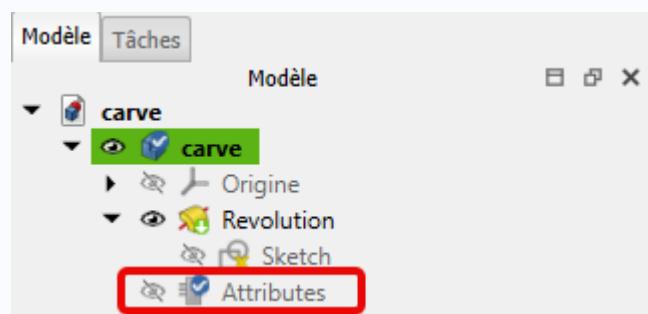


- Enregistrer sous le nom **carve** dans le sous-dossier **Shape** de votre dossier **Outils** ;
- Si nécessaire ouvrir l'atelier Part Design ;
- Créer une révolution de l'esquisse autour de l'axe vertical de l'esquisse ;



Révolution de l'esquisse

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

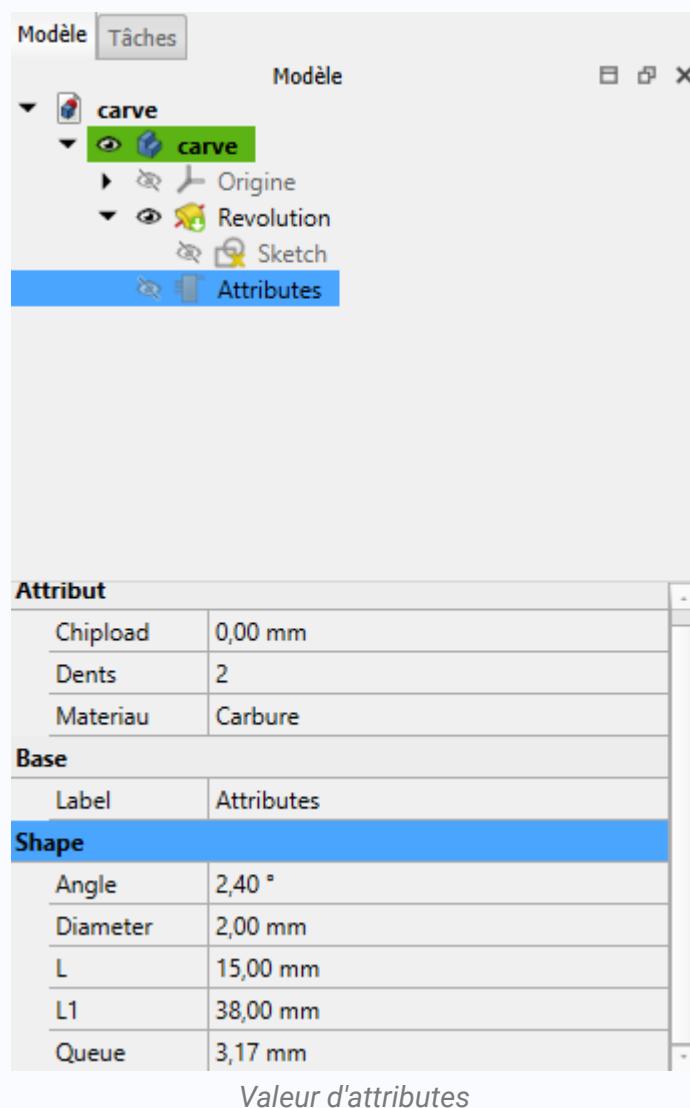


Ajout du conteneur d'attributs

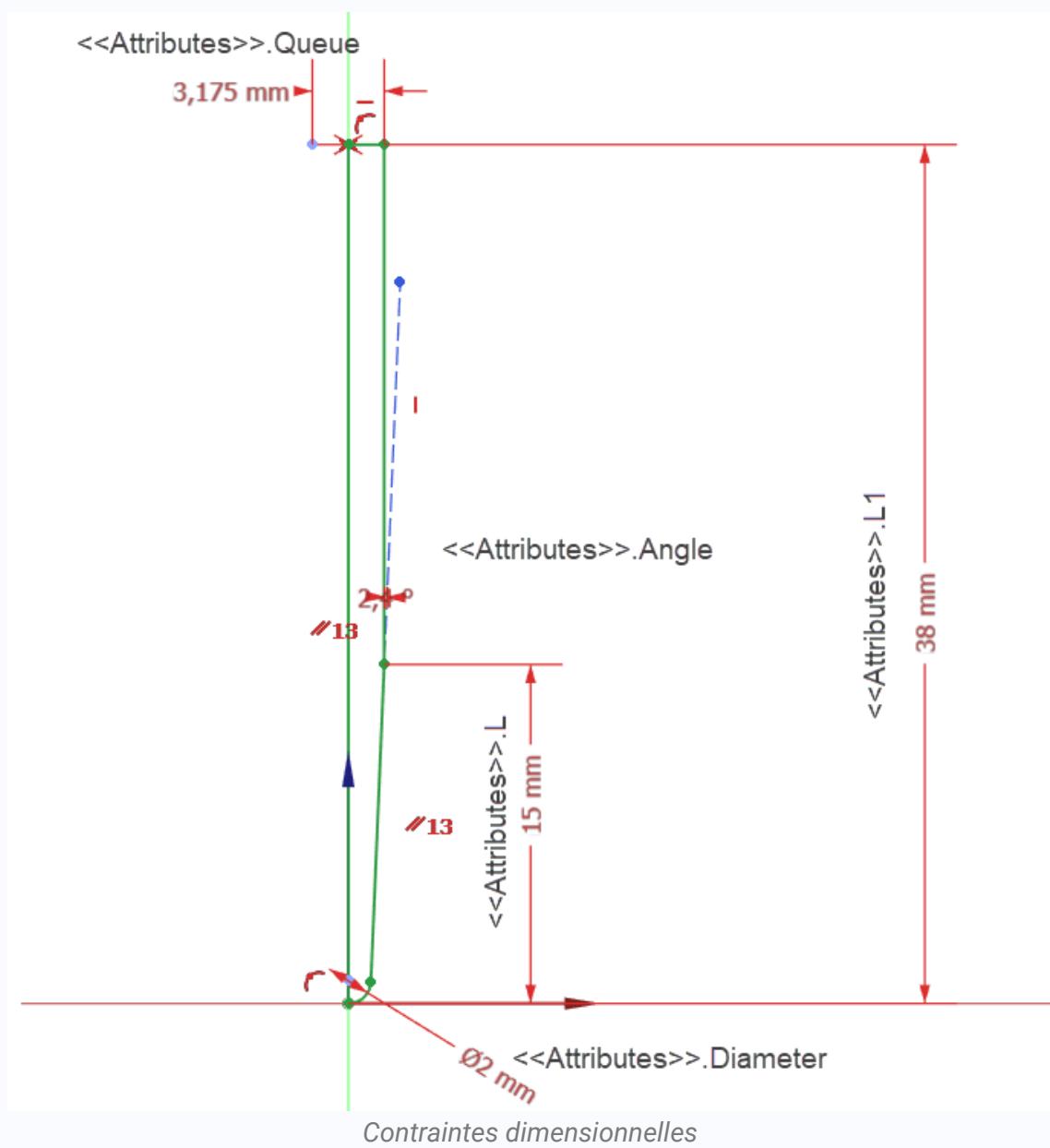
- Double-cliquer sur **Attributes** et ajouter les propriétés suivantes :

Nom	Groupe	Type	Énumérations	Info-bulle
Diameter	Shape	Length		2 fois le rayon de la pointe
L	Shape	Length		Longueur coupante
L1	Shape	Length		Longueur totale
Queue	Shape	Length		Diamètre de la queue
Angle	Shape	Angle		Angle de la pointe
Chipload	Attribut	Length		Avance par dent
Dents	Attribut	Integer		Nombre de dents
Materiau	Attribut	Enumeration	Carbure, Acier rapide	Matériaux de l'outil

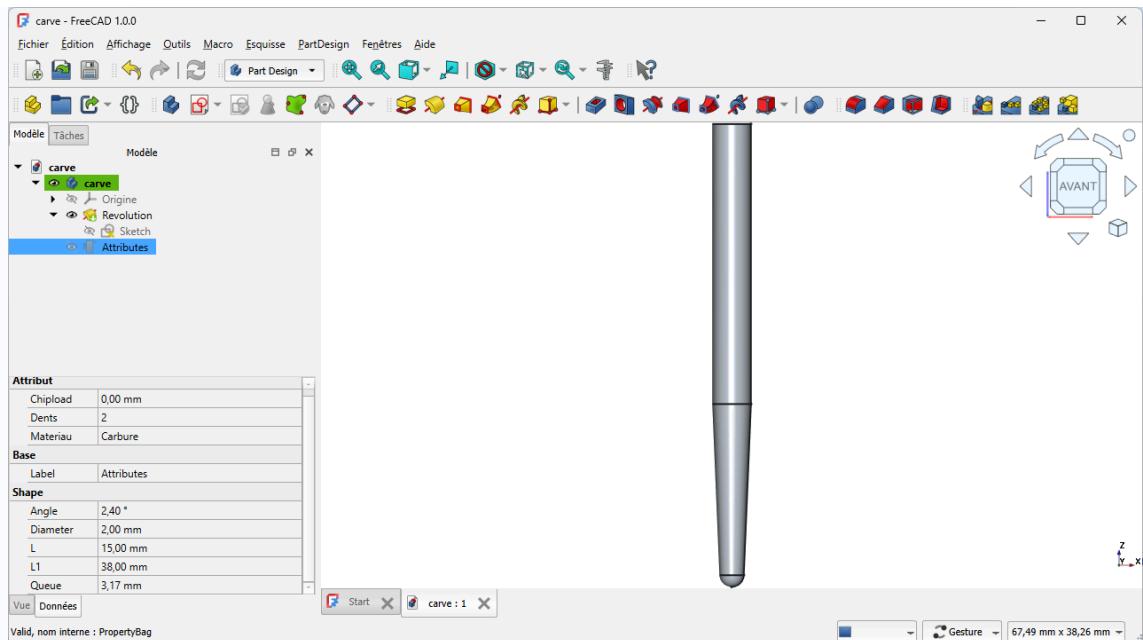
- Dans le volet Modèle compléter les valeurs d' **Attribute** :



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



- 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 vcarve ;

Objectifs

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

Désignation	R (mm)	L (mm)	A	D1 (mm)	L1 (mm)
carve025	0.25	15	5.2°	3.175	38
carve050	0.5	15	4.3°	3.175	38
carve075	0.75	15	3.4°	3.175	38
carve100	1	15	2.4°	3.175	38

Choix de la forme carve

- Pour le choix de la forme d'outils, FreeCAD propose la liste des fichiers situés dans le sous-dossier `.../Mod/CAM/Tools/Shape/` du dossier d'installation de FreeCAD ;
- Il faut choisir ici, le fichier `carve` créé précédemment et situé dans le sous-dossier `Shape` de votre dossier `Outil` ;

6.1.2. Travail préparatoire

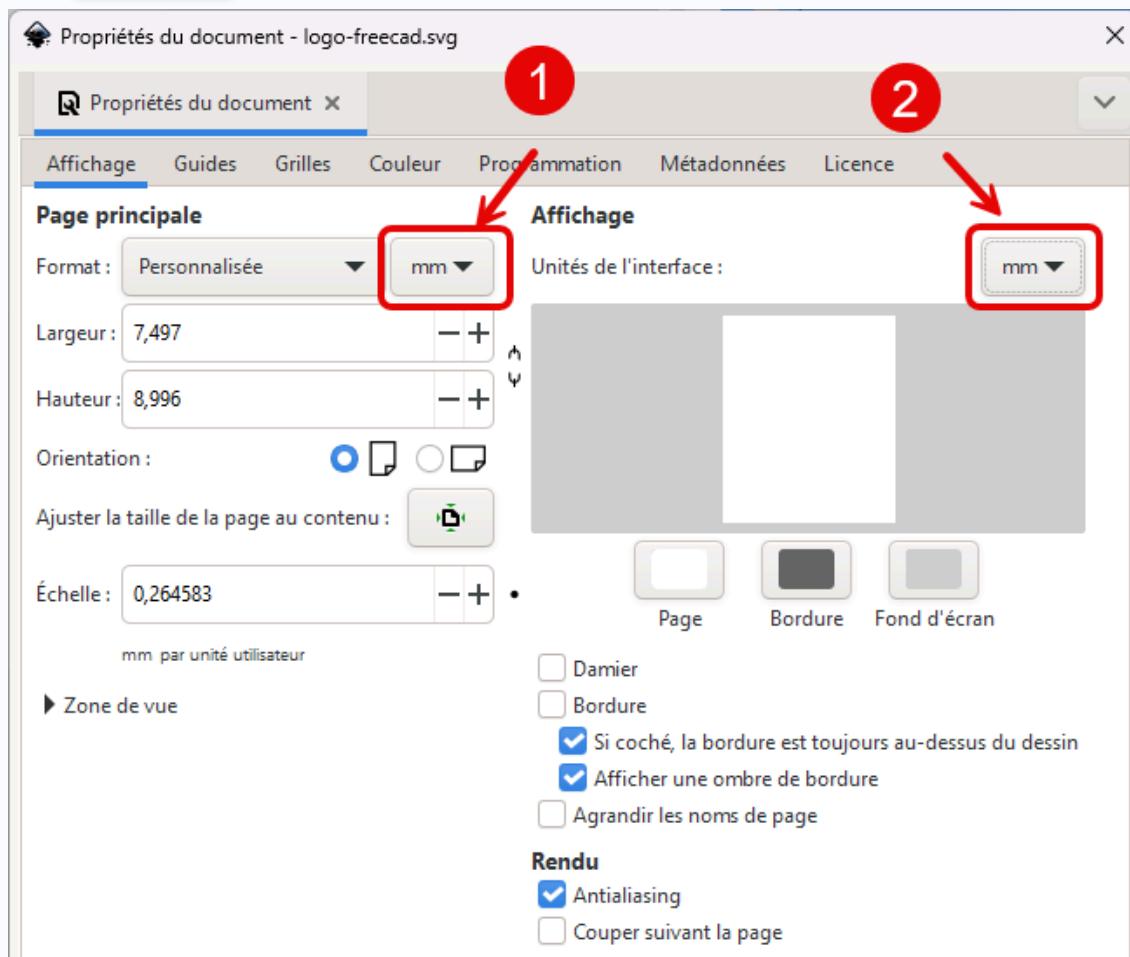
Objectifs

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

Tâches à réaliser

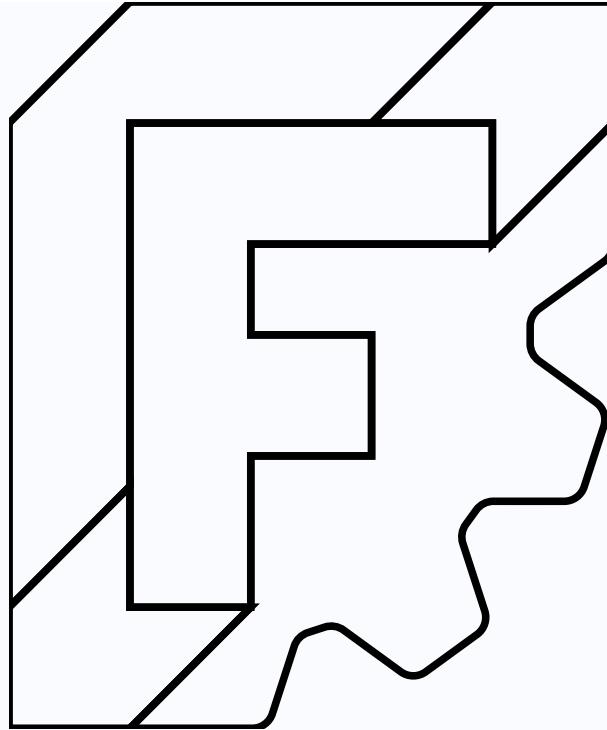
- Télécharger l'image à l'aide d'un clic droit sur votre ordinateur ;
- Ouvrir cette image dans Inkscape ;

- 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 la 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** ;

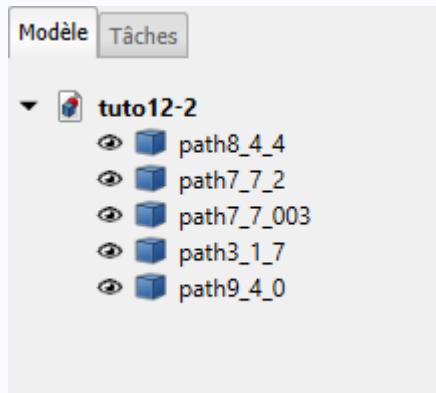


- Quitter Inkscape ;

6.1.3. Créer la gravure

☰ Tâche à réaliser

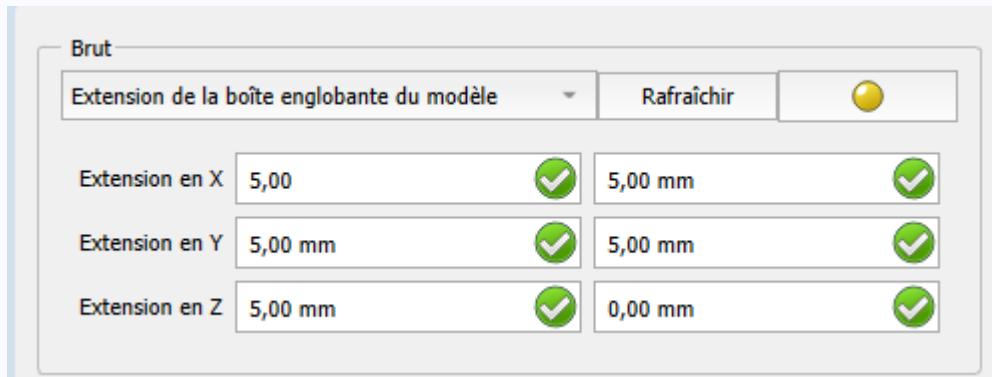
- Créer un nouveau document tuto12-2 dans FreeCAD ;
- Importer le fichier importLogoFreeCAD.svg en sélectionnant l'option SVG as geometry ;



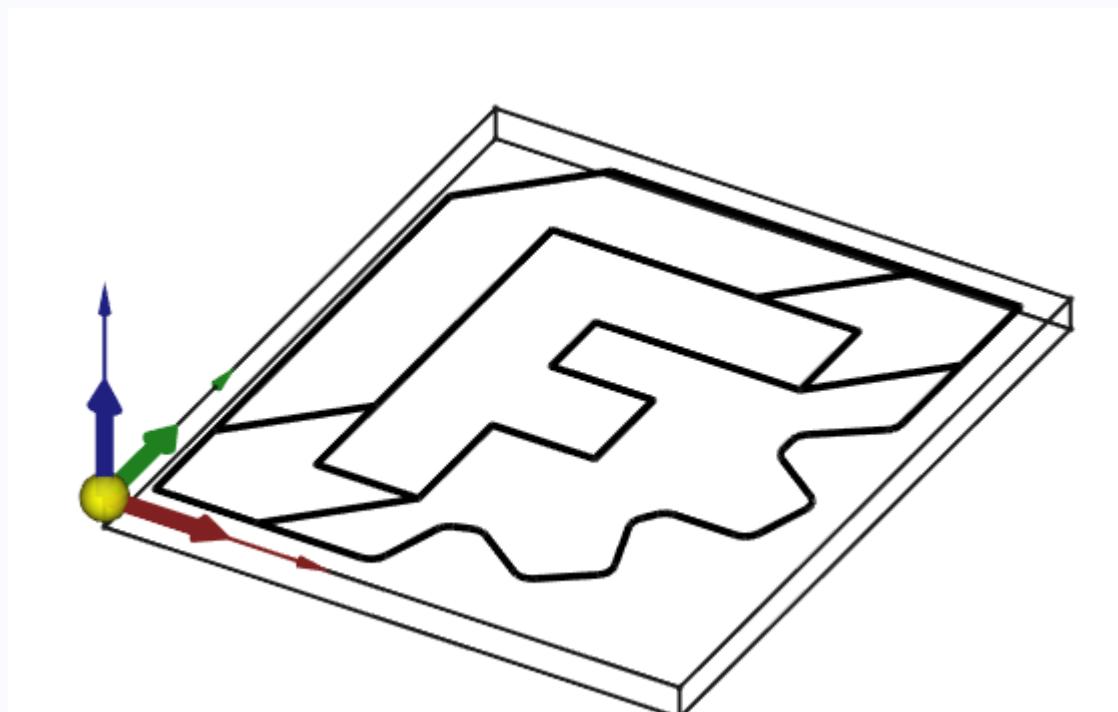
Import du fichier svg

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

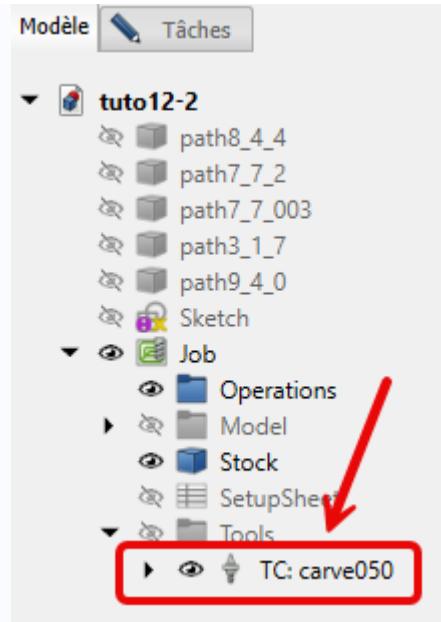
- Dans l'atelier CAM  et créer une nouvelle tâche  :
 - choisir l'esquisse Sketch comme modèle,
 - définir le stock :

*Définition du stock*

- Définir l'origine :

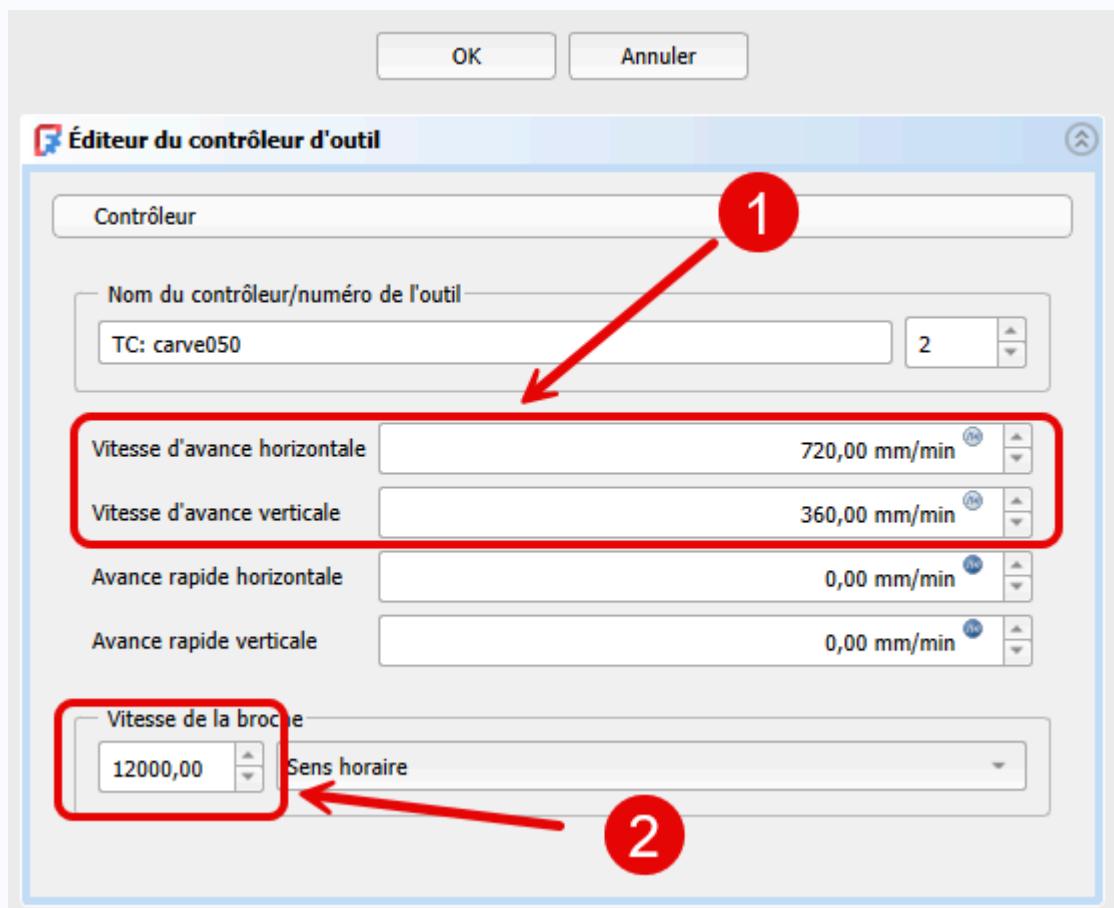
*Choix de l'origine*

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



Choix de l'outil

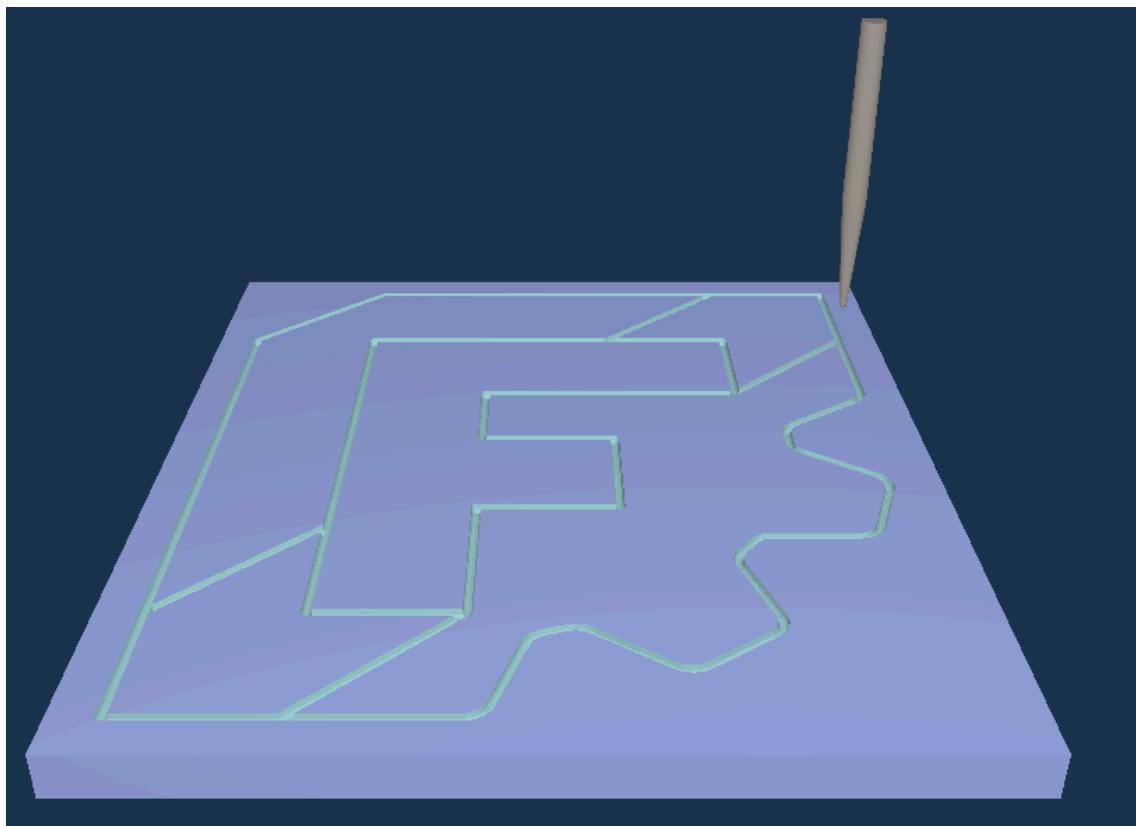
- Fixer les propriétés mécaniques de l'outil ;



Saisie des propriétés mécaniques de l'outil

- Modifier l'élément **SetupSheet** pour fixer le pas de descente à **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 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 ;

6.2. Gravure en V

6.2.1. Créer un outil vbit

Objectifs

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

Tâches à réaliser

- Télécharger le fichier `v-bit.fcstd` sur votre ordinateur à l'aide d'un clic droit ;
- Copier ce fichier dans le sous-dossier Shape de votre dossier personnel Outils ;

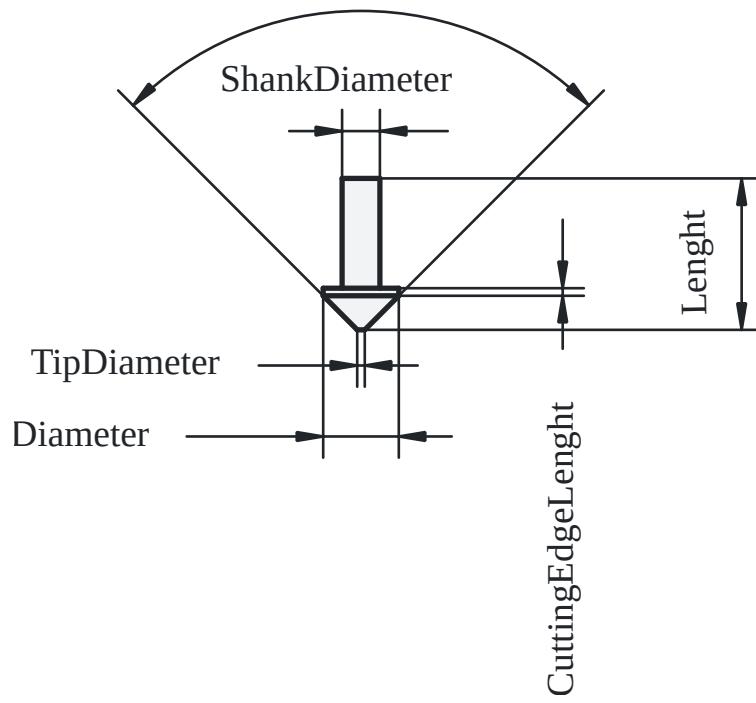
💡 Emplacement d'origine du fichier v-bit.fcstd

- Ce fichier **v-bit.fcstd** est en fait fourni par FreeCAD,
 - sous : **C:\Program Files\FreeCAD 1.0\Mod\CAM\Tools\Shape** » ;
 - sous : **/Applications/FreeCAD.app/Contents/Resources/Mod/CAM/Tools/Shape/** ;
 - sous : sous-dossier **.../Mod/CAM/Tools/Shape/** du dossier d'installation de 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 ;

CuttingEdgeAngle



Forme d'outil v-bit

- Compléter les dimensions comme ci-dessous : **CutterEdgeAngle** : 60°, **CuttingEdgeLength** : 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 ;

6.2.2. Gravure en V

👁️ Tâches à réaliser

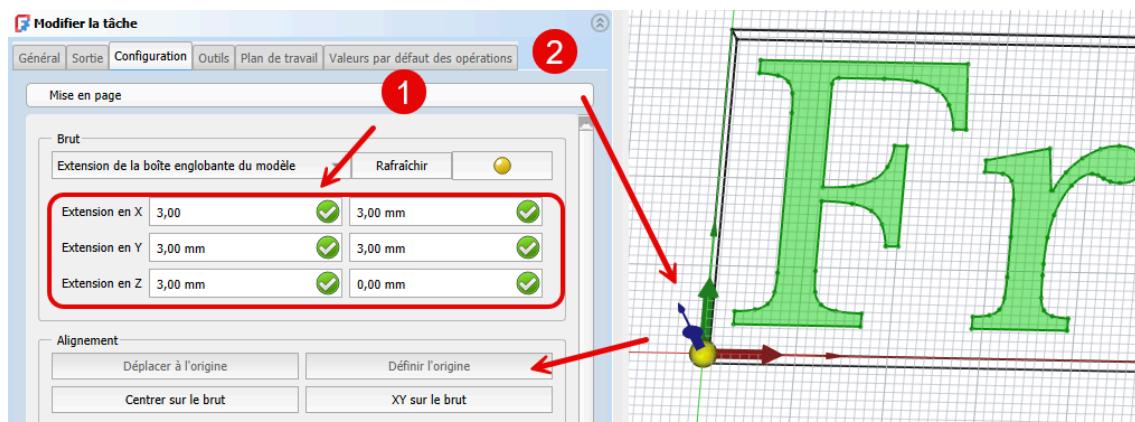
- Télécharger une police de caractères avec serif depuis le site <https://fonts.google.com/> ;
- Extraire le contenu du fichier zip dans le sous-dossier **Polices** de votre espace personnel ;

- Sélectionner l'atelier  Draft ;
- Sélectionner la commande  et compléter le formulaire comme ci-dessous :



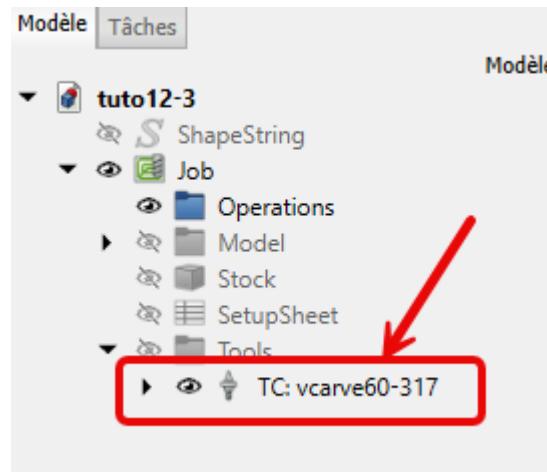
Forme à partir d'un texte (ShapeString)

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

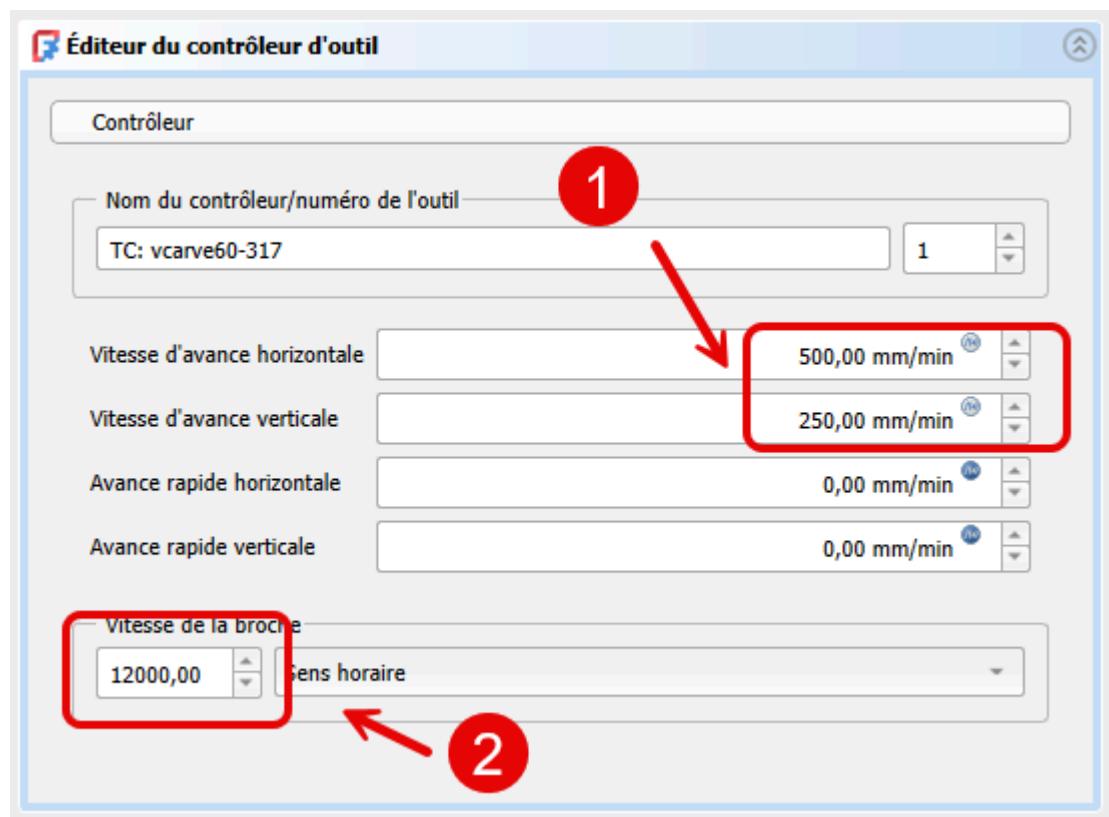


Définition du stock et de l'origine

- 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 Cliquer ;



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 ;

Glossaire

Atelier CAM

\simeq 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 ;

Avance par dent

\simeq Chipload

s'exprime en mm/dent : c'est l'épaisseur de matériau qui est coupée par chaque dent au fur et à mesure que l'outil se déplace dans la pièce ;

$$\text{Vitesse d'avance (mm/min)} = \text{Nombre de dents} \times \text{Avance par dent (mm/dent)} \times \text{vitesse de la broche (tours/min)}$$

CAM - computer-aided manufacturing

\simeq FAO - Fabrication assistée par ordinateur

Le but de la fabrication assistée par ordinateur ou FAO (en anglais, computer-aided manufacturing ou CAM) est d'écrire le fichier contenant le programme de pilotage d'une machine-outil à commande numérique. Ce fichier va décrire précisément les mouvements que doit exécuter la machine-outil pour réaliser la pièce demandée.

CNC - Computer Numerical Control

\simeq MOCN - machine-outil à commande numérique

machine-outil dotée d'une commande numérique pilotée par un ordinateur

G-Code

Le format G-CODE est le format utilisé pour la programmation des machines à commande numérique. Il a été normalisé en 1980 mais il n'a pas évolué depuis. La plupart des fabricants ne le respectent pas de manière stricte et ont ajouté des spécificités. cf. [Page Wikipedia](#)

Hauteur de dégagement

\simeq 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 ;

Post-traitement

Chaque contrôleur CNC utilise un format de fichier G-code spécifique. Le **post-traitement** ^W permet de convertir le format G-Code interne de FreeCAD au format adapté au contrôleur de votre CNC.