



Parcours guidé FreeCAD

Tutoriel : débuter sur FreeCAD version 1.0.2 - 18/10/2025 -



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

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

Réalisé avec Scenari Dokiel  ;

Licence -



Table des matières

1. Découvrir FreeCAD	9
1.1. Présentation	9
1.2. Installation	10
1.3. Interface	11
1.3.1. Ouvrir un document FCStd	11
1.3.2. Choisir le style de navigation	15
1.3.3. Identifier les principaux composants de l'interface	17
1.3.4. Régler certaines préférences	18
1.3.4.1. Rendu de l'affichage	19
1.3.4.2. Simplifier la liste des ateliers	19
1.3.4.3. Transparence des solides	21
1.3.4.4. Atelier Sketcher	21
1.3.4.5. Valider vos préférences	23
1.3.5. Ré-agencer les barres d'outils	24
1.4. Modélisation paramétrique	26
2. Explorer Sketcher 	31
2.1. Interface de Sketcher	31
2.2. Contrainte contextuelle 	34
2.3. Degrés de liberté	37
2.4. Contraintes automatiques	39
2.4.1. Contraintes auto. désactivées	42
2.4.2. Contraintes auto. activées	43
2.4.3. Conclusion	44
2.5. Contraintes redondantes	45
2.6. Fermeture des esquisses	48
2.7. TP 2-1 	50
2.7.1.  Capture vidéo	55
2.8. TP 2-2 	55
2.8.1.  Capture vidéo	62
2.9. Géométries de construction	62
2.9.1.  Capture vidéo	70
3. Modélisation paramétrique	71
3.1. TP 3-1 	71
3.1.1. 1 ^{ère} esquisse & fonction paramétrique	72
3.1.2. 2 ^{ème} esquisse & fonction paramétrique	74

3.1.3. 3 ^{ème} esquisse & fonction paramétrique	77
3.1.4. Modification du modèle	79
3.1.5.  Capture vidéo	80
3.2. Géométries externes	80
3.3. TP 3-2 	84
3.3.1. 1 ^{ère} esquisse & fonction paramétrique	84
3.3.2. 2 ^{nde} esquisse & fonction paramétrique	86
3.3.3.  Capture vidéo	92
3.4. Plans de référence 	92
3.4.1. Créer un plan de référence parallèle à une face	93
3.4.2. Créer un plan de référence perpendiculaire à une arête	96
3.4.3. Créer un plan de référence tangent à une surface	98
3.4.4. Créer un plan de référence normal à une courbe	100
3.5. TP 3-3 	103
3.5.1. 1 ^{ère} esquisse & protrusion	104
3.5.2. Plan de référence	105
3.5.3. 2 ^{ème} esquisse et protrusion	107
3.5.4. 3 ^{ème} esquisse & cavité	110
3.5.5.  Capture vidéo	111
4. Fonctions paramétriques	112
4.1. Révolution 	112
4.1.1.  Capture Vidéo	114
4.2. Lissage additif 	114
4.2.1. Création d'une esquisse de construction	116
4.2.2. Création des plans de références	118
4.2.3. Création de la nervure à l'aide d'un lissage additif	119
4.2.4. Création des cylindres aux extrémités de la nervure	122
4.2.5.  Capture vidéo	124
4.3. Balayage additif 	124
4.3.1. Création du balayage	126
4.3.2. Création de la 1 ^{ère} platine	129
4.3.3. Création de la 2 ^{nde} platine	130
4.3.4.  Capture vidéo	133
5. Transformations	134
5.1. Symétrie 	134
5.1.1. Création de la base	135

5.1.2. Crédit de la paroi verticale	137
5.1.3. 1er trou dans la paroi verticale	140
5.1.4. 2 ^{ème} trou dans la paroi verticale	142
5.1.5. Capture vidéo	144
5.2. Répétition circulaire	145
5.2.1. trous sur la grande platine	145
5.2.2. trous sur la petite platine	147
5.2.3. Capture vidéo	150
6. Finitions	151
6.1. Congé	151
6.2. Évidement	152
6.2.1. Fond	153
6.2.2. Épaulement intérieur	156
6.2.3. 1 ^{er} cylindre de fixation	158
6.2.4. Autres cylindres de fixation	160
6.2.5. Congés	163
6.2.6. Vérification d'intégrité du modèle	166
6.2.7. Capture vidéo	166
7. Corps multiples	167
7.1. Sous-forme liée	167
7.2. Opérateur Booléen	168
7.2.1. 1 ^{er} corps	169
7.2.2. 2 nd Corps	171
7.2.3. Fusionner les deux corps	174
7.2.4. Cavités	175
7.2.5. Capture vidéo	177
7.3. Imbrication de deux corps	177
7.3.1. Sous-forme liée	178
7.3.2. Partie supérieure	180
7.3.3. Partie inférieure	182
7.3.4. Perçages	183
7.3.5. Vérification de l'intégrité	184
7.3.6. Capture vidéo	185
7.4. TP 7-3	185
7.4.1. Travail préparatoire	187
7.4.2. Crédit du couvercle	188
7.4.2.1. Capture vidéo	192
7.4.3. Crédit du chapeau	192

7.4.3.1.		Capture vidéo	194
7.4.4.	Création des ailes		194
7.4.4.1.		Capture vidéo	196
7.4.5.	Fusion du chapeau et du couvercle		196
7.4.5.1.		Capture vidéo	197
8.	Spreadsheet		198
8.1.	TP 8-1		199
8.1.1.	Création de la feuille de calcul		200
8.1.2.	1 ^{ère} esquisse & révolution		201
8.1.3.	Créations des Ergots		204
8.1.4.	Récupérer une dimension		206
8.1.5.	Modification du modèle		208
8.1.6.		Capture vidéo	208
9.	Atelier Draft		209
9.1.	Forme à partir d'un texte		210
9.1.1.	Utiliser des polices de caractères dans FreeCAD		211
9.1.2.	Choisir une police de caractères		212
9.1.3.	Créer une esquisse contenant une forme à partir de texte		212
9.1.4.	Créer la protrusion		213
9.1.5.		Capture vidéo	214
9.2.	Import Inkscape		215
9.2.1.	Présentation d'Inkscape		215
9.2.2.	Travail préliminaire		217
9.2.3.	Texte créatif		217
9.2.3.1.	Préparation Inkscape		218
9.2.3.2.	Importation dans FreeCAD		221
9.2.4.	Récupérer un logo		224
9.2.4.1.	Préparation Inkscape		224
9.2.4.2.	Importation dans FreeCAD		227
9.2.5.		Capture vidéo	231
9.3.	Dessiner dans Draft		232
9.3.1.	Création de l'esquisse		233
9.3.2.	Attacher l'esquisse		240
9.3.3.	Créer les cavités		243
9.3.4.		Capture vidéo	244
9.4.	Équation paramétrique		244
9.4.1.	Installer la macro		245

9.4.2. Exécuter la macro	245
9.4.3. Transformer la courbe en esquisse	246
9.4.4. Fermer l'esquisse et créer la protrusion	246
9.4.5. Capture vidéo	248
10. Atelier Mesh	249
10.1. TP 10-1	250
11. Atelier TechDraw	251
11.1. Configuration de l'atelier	252
11.2. TP 11-1	254
11.2.1. Groupe de projections	254
11.2.2. Vue en coupe	256
11.2.3. Vue oblique	258
11.2.4. Cotes & annotations	259
11.2.4.1. Insertion de la direction pour la vue oblique	263
11.2.5. Vue 3D	268
11.3. TP 11-2	269
11.3.1. Vue principale & coupe	269
11.3.2. Cotes	271
11.3.3. Vue détaillée	273
11.3.3.1. Insérer une vue détaillée	275
11.3.4. Vue 3D	277
12. Atelier CAM	279
12.1. Présentation de l'atelier	279
12.2. Configuration de l'atelier	287
12.2.1. Choix des unités	288
12.2.2. Préférences des tâches	291
12.2.3. Fonctions avancées	291
12.3. Gérer les outils coupants	293
12.3.1. Gestionnaire des outils coupants	293
12.3.2. Installation de la bibliothèque « <i>Default</i> »	294
12.3.3. Créer une nouvelle bibliothèque	296
12.3.4. Créer une nouvel outil coupant	297
12.4. Usinages 2,5D	299
12.4.1. Travail préparatoire	299
12.4.1.1. Créer la tâche	299
12.4.1.2. Choisir l'outil	300
12.4.1.3. Définir le brut et l'alignement	303
12.4.1.4. Ajuster la configuration globale	306
12.4.2. Créer une 1 ^{ère} opération	308

12.4.3. Simuler le parcours	310
12.4.4. Réaliser le posttraitemen	312
12.4.5. Ajouter des opérations	313
12.4.5.1. Créer le surfaçage	313
12.4.5.2. Créer le profilage	314
12.5. Finitions de parcours	316
12.5.1. Crédit des attaches	316
12.6. Gravures	317
12.6.1. Gravure simple	317
12.6.1.1. Créer une nouvelle forme d'outil	317
12.6.1.2. Travail préparatoire	322
12.6.1.3. Créer la gravure	324
12.6.2. Gravure en V	327
12.6.2.1. Créer un outil vbit	327
12.6.2.2. Gravure en V	328
13. Documentation	331
13.1. Raccourcis Clavier	331
13.1.1. Vues	331
13.1.2. Affichage	332
13.1.3. Menu fichier	332
13.1.4. Menu édition	333
Glossaire	334

1. Découvrir FreeCAD

1.1. Présentation

FreeCAD  est un logiciel de CAO^[p.336], plus précisément de modélisation 3D : cf. [site officiel de FreeCAD](#)

Objectif de ce parcours guidé

La découverte d'un logiciel de modélisation 3D nécessite **un temps d'apprentissage**... Ce parcours propose un **ensemble de tâches à réaliser** permettant de découvrir FreeCAD, notamment en vue de modéliser des solides pour une [impression 3D](#) ou l'utilisation d'une CNC^[p.335].

Pré-requis

- Savoir stocker et organiser des fichiers sur son ordinateur à l'aide du gestionnaire de fichiers ;
- Aucun prérequis spécifique à la modélisation 3D n'est nécessaire pour réaliser ce parcours ;

Version FreeCAD

Ce parcours utilise FreeCAD **version 1.0.2** ;

Aide en ligne

Si vous êtes coincé, vous pourrez retrouver **en ligne** des captures vidéos  détaillant la réalisation des TP et rapidement accessibles via des QR-Codes.

Comment utiliser ce parcours ?

Ce parcours existe sur deux supports :

- une **version web** consultable en ligne et téléchargeable à cette adresse :
<https://parcours.lachiver.fr/FreeCAD/guideW/> ;
 L'idéal étant alors d'avoir deux écrans : un écran sur FreeCAD et un deuxième écran (ordinateur ou tablette) sur ce tutoriel ;
- une **version PDF** que vous pouvez télécharger à cette adresse :
<https://parcours.lachiver.fr/FreeCAD/Parcours.pdf>.

Attention à la taille de la version PDF

La version PDF complète comprend **plus de 300 pages** du fait de la présence de nombreuses captures d'écran ;

La page [Tableau PDF](#) propose une version PDF du parcours **par chapitre** et **par TP**, à privilégier si vous souhaitez travailler à partir d'un support papier ;

Manuel de référence FreeCAD

- Le wiki ^W FreeCAD à l'adresse https://wiki.freecad.org/Main_Page/fr constitue le **manuel de référence de FreeCAD** ;
- Dans ce parcours guidé, nous renverrons régulièrement vers la page du wiki en relation avec la connaissance (objet, commande, paramètre...) mobilisée par la tâche à réaliser.

1.2. Installation

FreeCAD est un logiciel libre que vous devez **télécharger et installer** sur votre ordinateur. Il fonctionne avec les trois principaux systèmes d'exploitation : Windows , MacOS , Linux .

Contrairement à ses principaux concurrents gratuits, mais **bridés** (Fusion 360, Tinkercad), il n'est pas nécessaire d'être connecté à Internet pour l'utiliser.

Deux versions sont disponibles :

- la version courante « **stable** » ;
- une version « **weekly** » de développement mise à jour chaque semaine ;

Quelle version choisir : stable ou weekly ?

Pour découvrir FreeCAD, je conseille d'utiliser la **version stable**.

Téléchargement : choisir le bon fichier

- Sous , deux formes sont proposées : une version avec « installateur » et une version portable au format « .7z ». Le plus simple est de choisir la version « **x86_64 installer** » ;
- Sous , télécharger le fichier disque image « **.dmg** » correspondant à votre processeur : « **Apple Silicon** » ou « **Intel** » ;
- Sous , télécharger le fichier « **.AppImage** » correspondant à votre processeur : « **x86_64** » ou « **aarch64** » ;

Adresses de téléchargement :

Versions	Adresses de téléchargement
Stable	https://www.freecad.org/downloads.php?lang=fr
Weekly	https://github.com/FreeCAD/FreeCAD/releases

Si vous souhaitez utiliser la version de développement, conservez toujours une version de développement **antérieure opérationnelle** au cas où la dernière version de développement serait inutilisable sur votre ordinateur, ce qui arrive parfois...

Installation

- Sous , lancer l'exécution du fichier d'installation **ou bien** si vous avez choisi la version portable (.7z), extraire le fichier « **.7z** » dans un dossier séparé puis lancer l'exécution du fichier  `freecad.exe` présent dans le sous-dossier  `\bin` ;

- Sous  , ouvrir le fichier « .dmg » et copier le fichier  FreeCAD.App dans votre dossier  Applications ;
- Sous  , changer les propriétés du fichier « .ApplImage » pour le rendre exécutable.

Extraire le fichier .7z

Sous  , si vous optez pour la version portable « .7z » , les dernières versions de Windows prennent en charge ce format de fichier .7z sinon vous pouvez télécharger et installer le logiciel libre [7zip](#) ;

Compatibilité des extensions

La commande  Outils → Gestionnaire des extensions propose différentes extensions, ateliers ou macros, qui peuvent ne pas être encore mis à jour avec la dernière version de développement.

Pour connaître le numéro de la version utilisée :

- Sélectionner la commande  Aide → À propos de FreeCAD (sous  FreeCAD → À propos de FreeCAD) ;
- FreeCAD ouvre une boîte de dialogue indiquant le numéro de version de l'application et la date de publication.

1.3. Interface

Objectifs

- Découvrir et personnaliser l'interface de FreeCAD ;

1.3.1. Ouvrir un document FCStd

Objectifs de la section

- Comprendre la structure arborescente d'un document FreeCAD ;
- Savoir interagir dans l'onglet  Modèle ;

Format FCStd

 Format FreeCAD

Le format de fichier « .FCStd » est le format natif de FreeCAD.

Ne pas confondre le format FreeCAD et le format STL

- Le format « .stl » est utilisé par les logiciels du type « Slicer^[p.338] » comme Cura pour générer un fichier gcode qui sera envoyé à une imprimante 3D ;
- FreeCAD permet d'**exporter** au format STL. Le processus inverse : passer du format STL à un format FreeCAD est beaucoup plus difficile ;

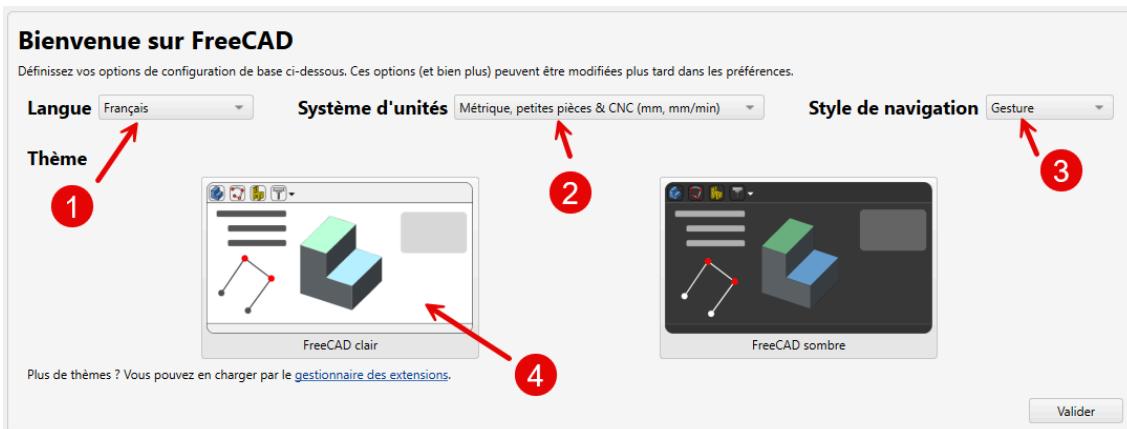
Voir les différents [Formats de fichiers](#) en relation avec l'impression 3D ;

✓ Tâches à réaliser :

- Télécharger le fichier [tuto1.FCStd](#) sur votre ordinateur ;
- Démarrer FreeCAD ;

💡 Écran de bienvenue

Au démarrage, par défaut, FreeCAD affiche un écran de bienvenue. Vous pouvez choisir : (1) la langue, (2) le système d'unités, (3) le style de navigation et (4) le thème.

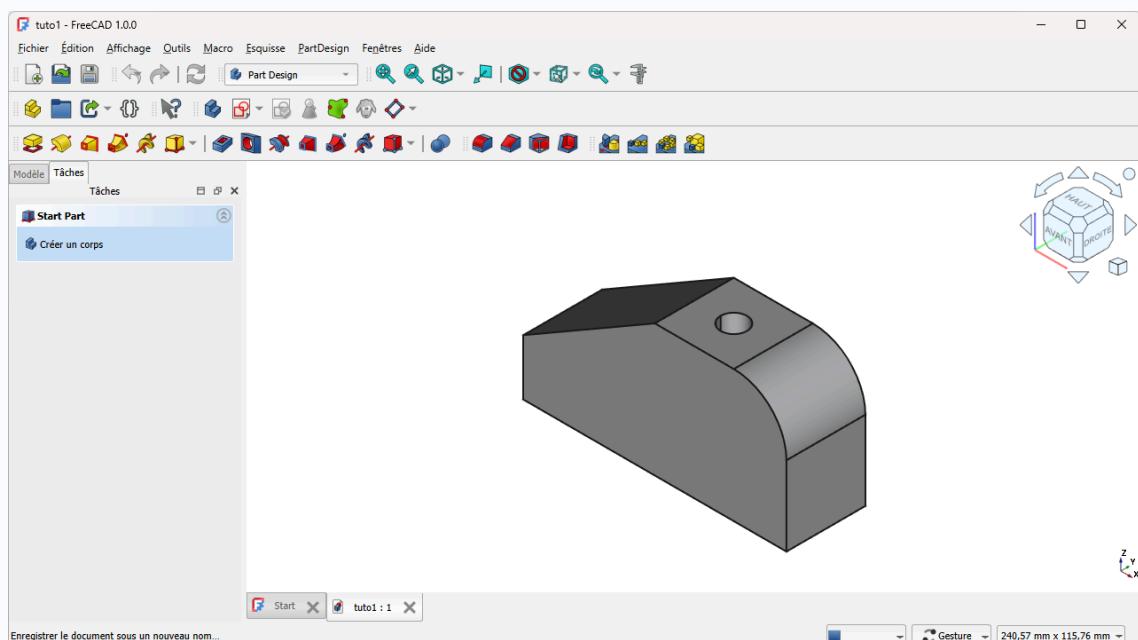


Écran de bienvenue

Dans ce parcours guidé, nous utiliserons le thème « FreeCAD clair ». (« FreeCAD Light »)

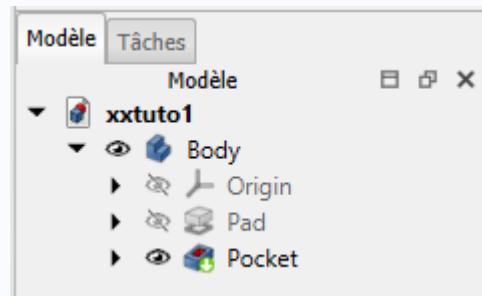
✓ Tâches à réaliser (suite)

- Ouvrir ce document [tuto1.FCStd](#) dans FreeCAD à l'aide de la commande [Fichier → Ouvrir](#) ou du bouton ;

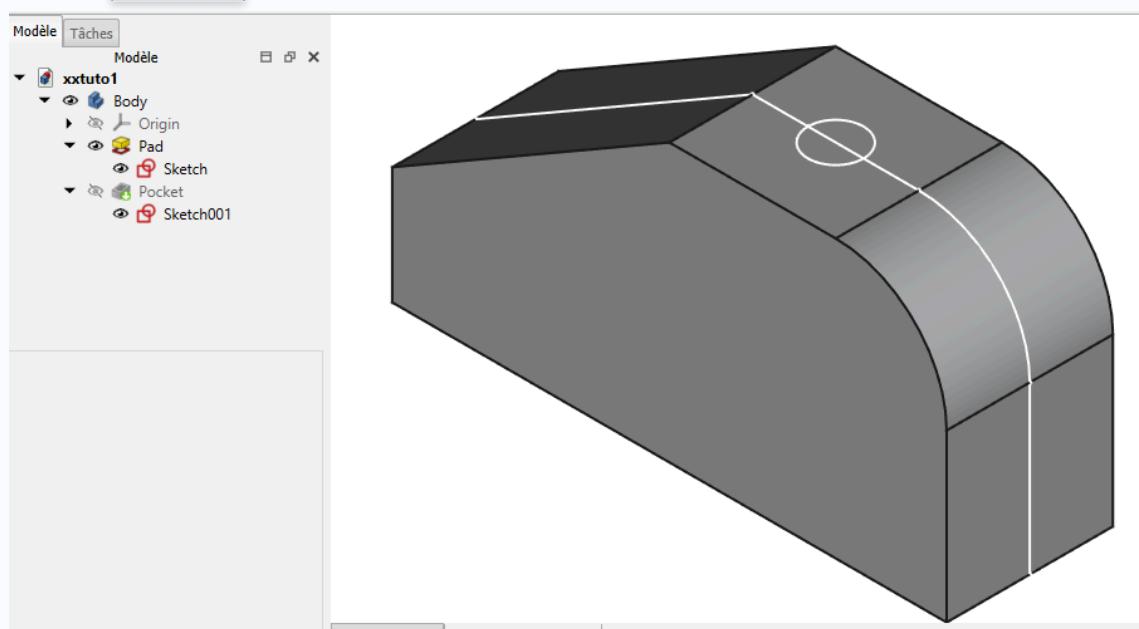


Ouverture du document tuto1

- Enregistrer ce document sous le nom **xxtuto1.FCStd**, xx représentant vos initiales, à l'aide de la commande Fichier → Enregistrer Sous... ;
- Afficher l'onglet **Modèle** de la vue combinée si nécessaire ;
- Identifier le contenu de la structure arborescente du document **XXtuto1** ;

*Onglet **Modèle***

- Afficher **Pad** , **Sketch** et **Sketch001** dans la vue 3D en cliquant sur les boutons et/ou de l'onglet **Modèle** ;

*Affichage des esquisses (sketchs)*

xxtuto1 Structure du document xxtuto1

Body Body

Corps (solide) contenu dans le document  XXtuto1 ;

Origin Origin (masqué par défaut)

L'objet  Origin contient la définition du repère lié au corps :

Pad Pad (masqué)

Construction intermédiaire qui a été utilisée pour modéliser « Pocket » ;

Sketch Sketch

Esquisse utilisée pour construire la protrusion Pad ;

Pocket Pocket

Construction finale de  Body ;

Sketch001 Sketch001

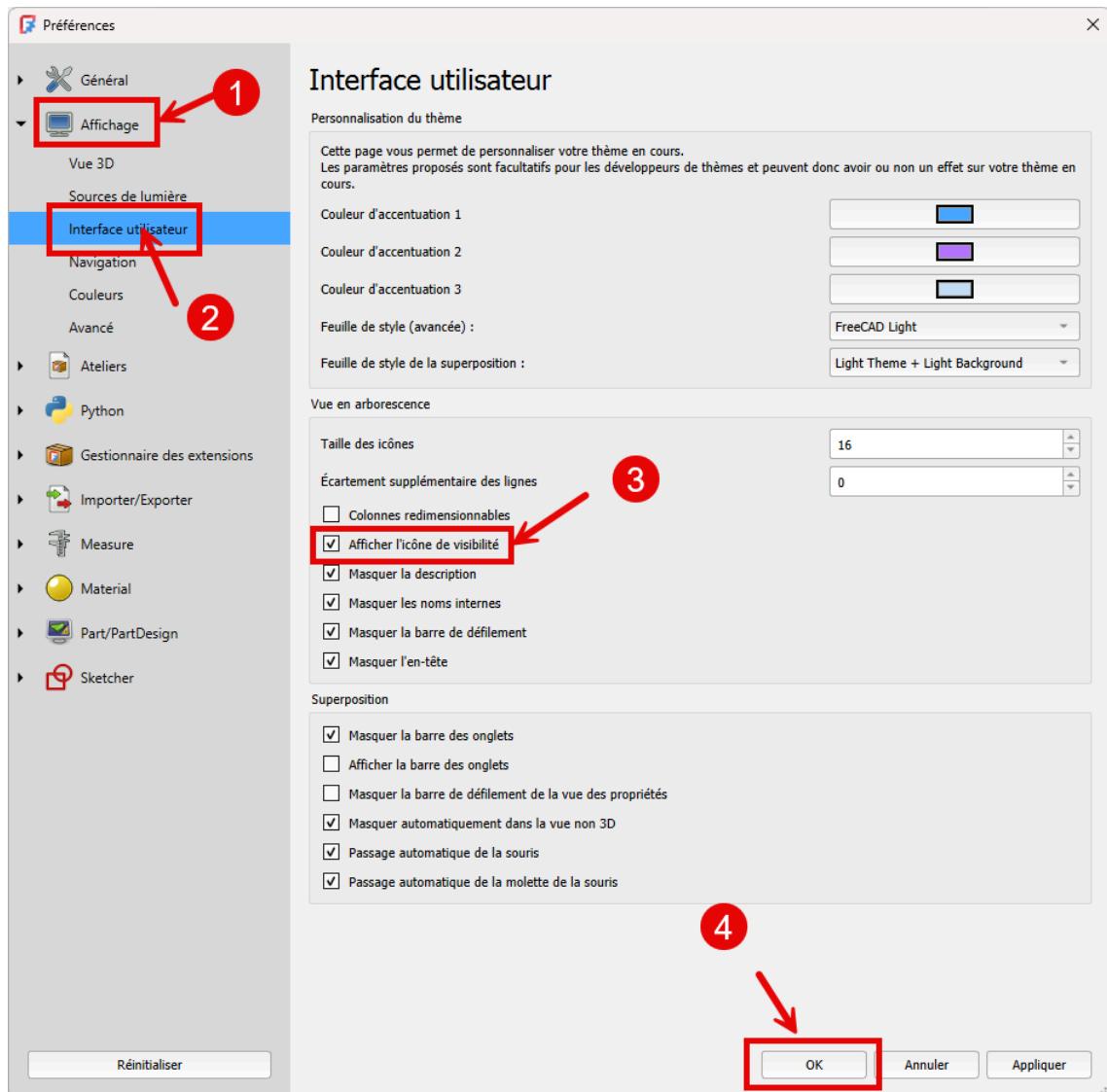
Esquisse utilisée pour créer la cavité dans Pad ;

Interactions dans l'onglet Modèle :

- L'élément encadré est l'élément sélectionné, il est coloré par défaut en bleu dans la vue 3D ;
-  |  : affiche / masque l'élément dans la vue 3D ;
-  |  : développe / réduit la branche de l'arborescence ;
- Clic droit sur un élément affiche le menu contextuel permettant notamment de le  Renommer ou de le  supprimer ;

Si vous ne voyez pas les boutons et

1. Sélectionner la commande  Édition → Préférences ;
2. Sélectionner la rubrique  Affichage → Interface de l'utilisateur ;
3. Cocher la case Afficher l'icone de visibilité ;



Préférences de l'interface de l'utilisateur

4. Valider

1.3.2. Choisir le style de navigation

Style de navigation

≈ Mode de navigation

Pour naviguer visuellement dans la vue 3D et interagir avec les objets affichés, FreeCAD propose plusieurs styles ou modes de navigation à la souris. Le style par défaut est le style **CAD**.

Quel style de navigation choisir ?

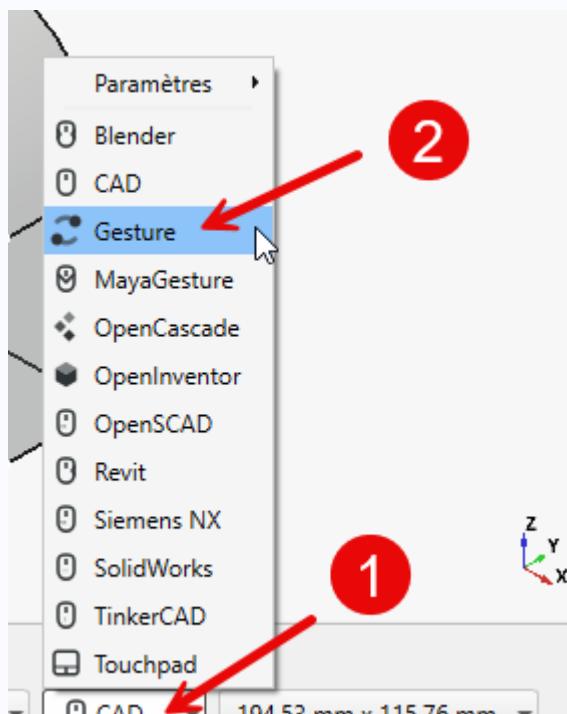
Si vous utilisez déjà d'autres logiciels comme **Blender** ou **TinkerCad**, vous pouvez choisir le style de navigation correspondant ;

Sinon le style **Gestures** est facile à utiliser avec une souris ou un pavé tactile ;

W https://wiki.freecadweb.org/Mouse_navigation/fr

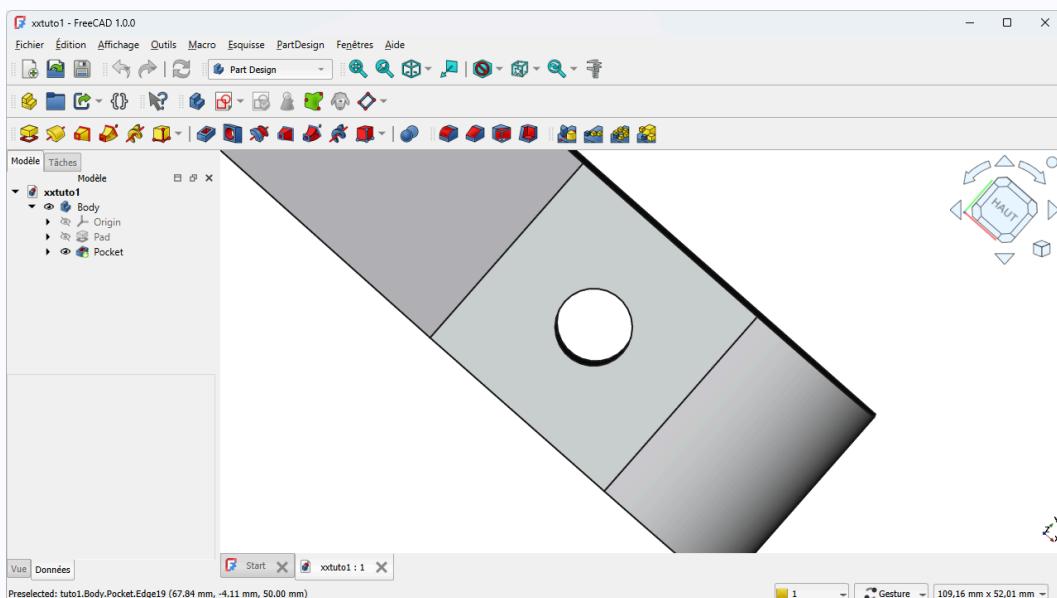
✓ Tâches à réaliser

- Choisir le style de navigation Gesture en cliquant sur le bouton déroulant CAD situé en bas à droite de la fenêtre de FreeCAD ;



Choix du style Gesture

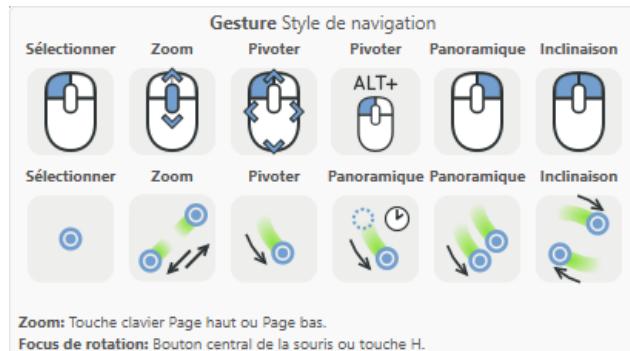
- Utiliser la souris pour afficher le solide comme sur la figure ci-dessous ;



Utilisation du style de navigation sur XXtuto1

Comment utiliser le style Gesture ?

- Clic droit maintenu appuyé permet de translater (panoramique) ;
- **Molette** de la souris pour zoomer / dézoomer ;
- Clic **gauche** maintenu appuyé permet de pivoter (rotation) : FreeCAD visualise le centre de rotation à l'aide d'un cercle rouge ;
- Clic **milieu** (molette) sur un sommet (vertex) du solide pour déplacer le centre de rotation ;



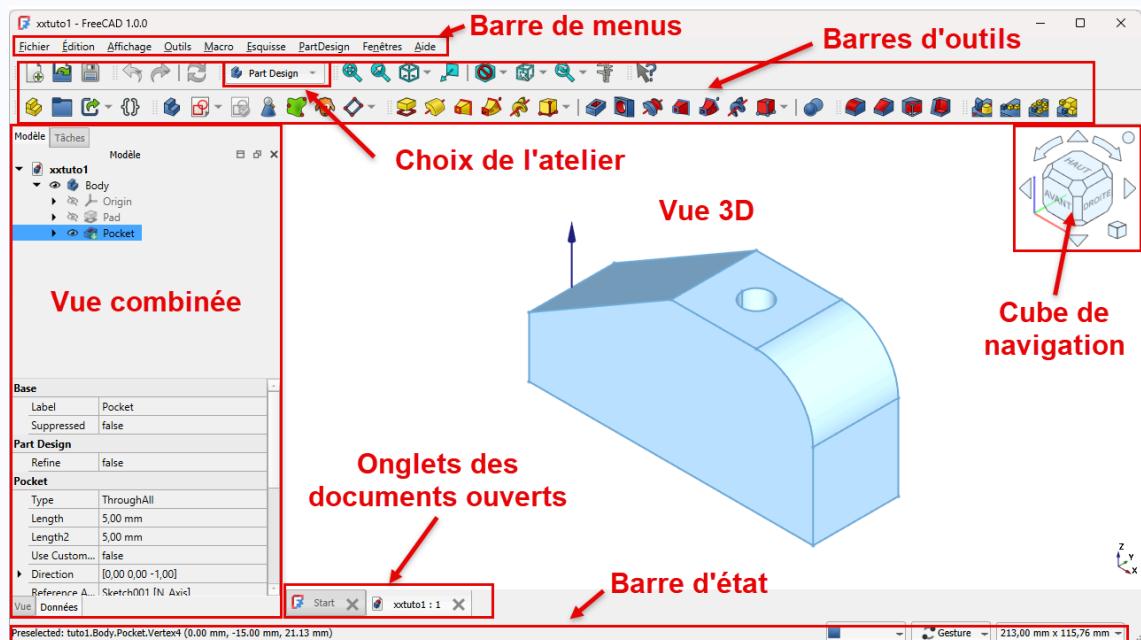
Résumé des commandes du style de navigation Gesture

Pour déplacer le centre de rotation, on peut aussi sélectionner le sommet (vertex) et appuyer sur la touche **H** ;

1.3.3. Identifier les principaux composants de l'interface

Tâches à réaliser

- Ouvrir FreeCAD et charger à nouveau le document **xxtuto1.FCStd** si nécessaire ;
- Repérer les éléments ci-dessous de l'interface de FreeCAD :



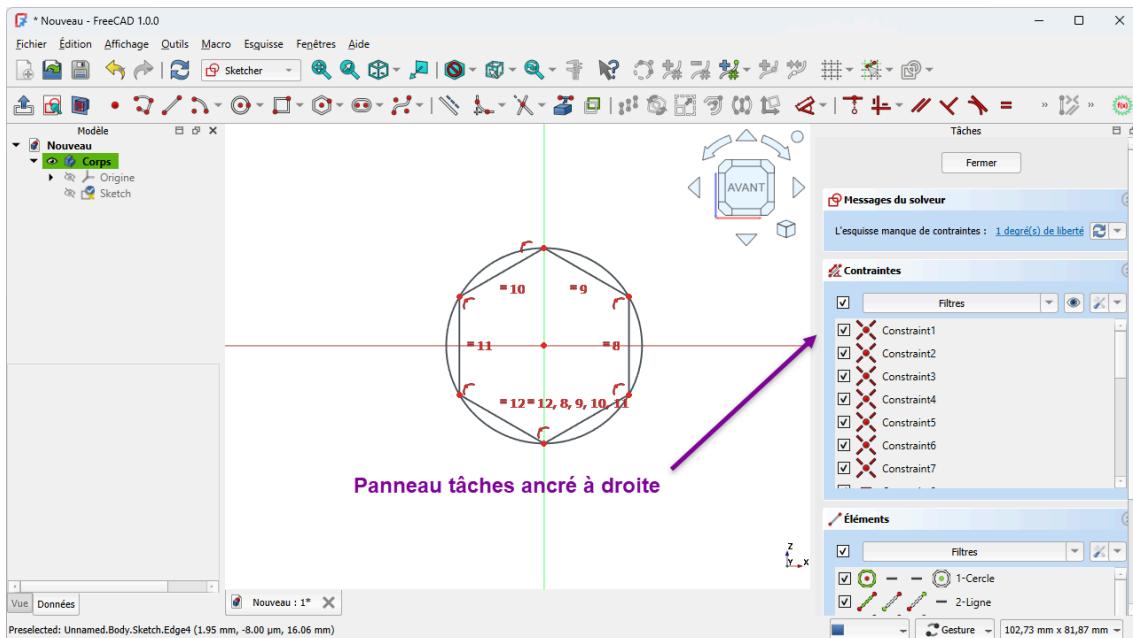
Interface de FreeCAD

⚠️ Attention

En cas d'erreur, un volet **Rapport** apparaîtra sous la zone de travail. Après avoir pris connaissance du message, vous pourrez refermer ce volet.

🗣 Panneau tâche autonome

Depuis la version 1.0 de FreeCAD, le panneau **Tâche**  est autonome et n'est plus obligatoirement ancré au panneau **Modèle**. Si vous disposez d'un très grand écran ou de deux écrans pour travailler, vous pouvez le rendre flottant ou l'ancrez sur un autre bord, comme sur la figure ci-dessous :



💡 Retrouver les onglets

Si vous avez masqué par erreur l'onglet **Modèle** ou **Tâche**, la commande **Affichage → Panneaux** permet de rétablir leur affichage ;

1.3.4. Régler certaines préférences

🎯 Objectifs de la section

- Modifier et/ou vérifier certains réglages de FreeCAD utiles pour ce parcours.

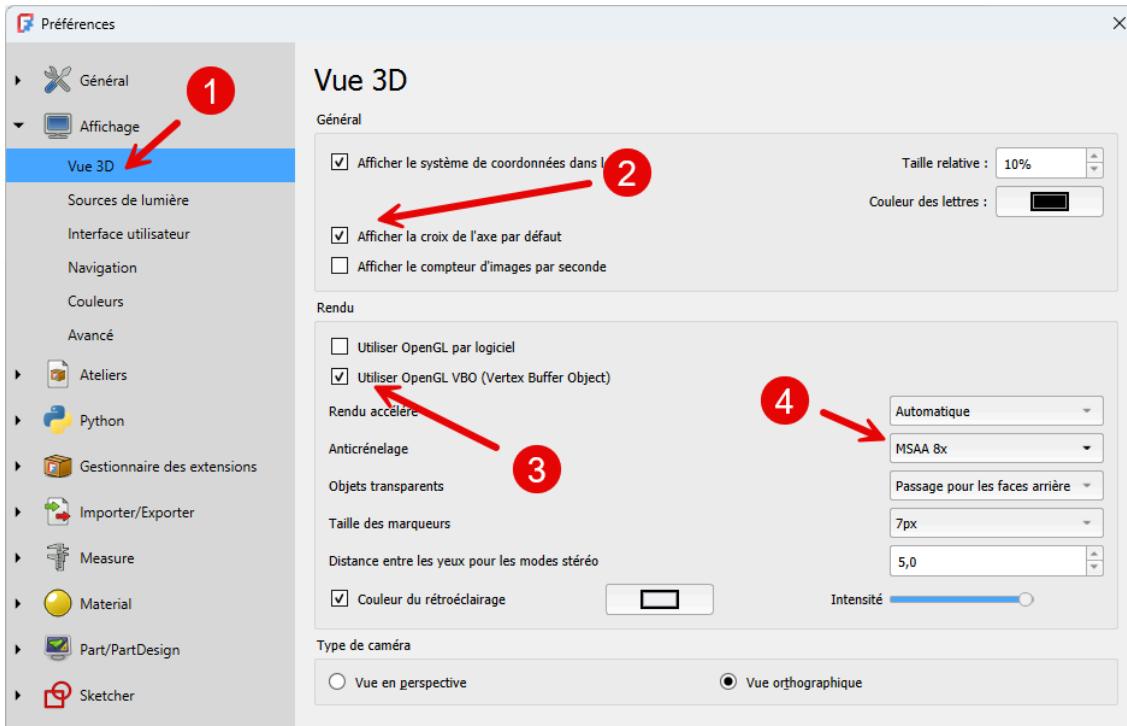
🕒 Tâches à réaliser :

- Sélectionner la commande **Édition → Préférences** (**Freecad → Préférences**) ou  sous Mac OS, sous
- Modifier les réglages en respectant les consignes ci-dessous ;

1.3.4.1. Rendu de l'affichage

✗ Tâches à réaliser

- Optimiser l'affichage graphique ;



Rendu de l'affichage 3D

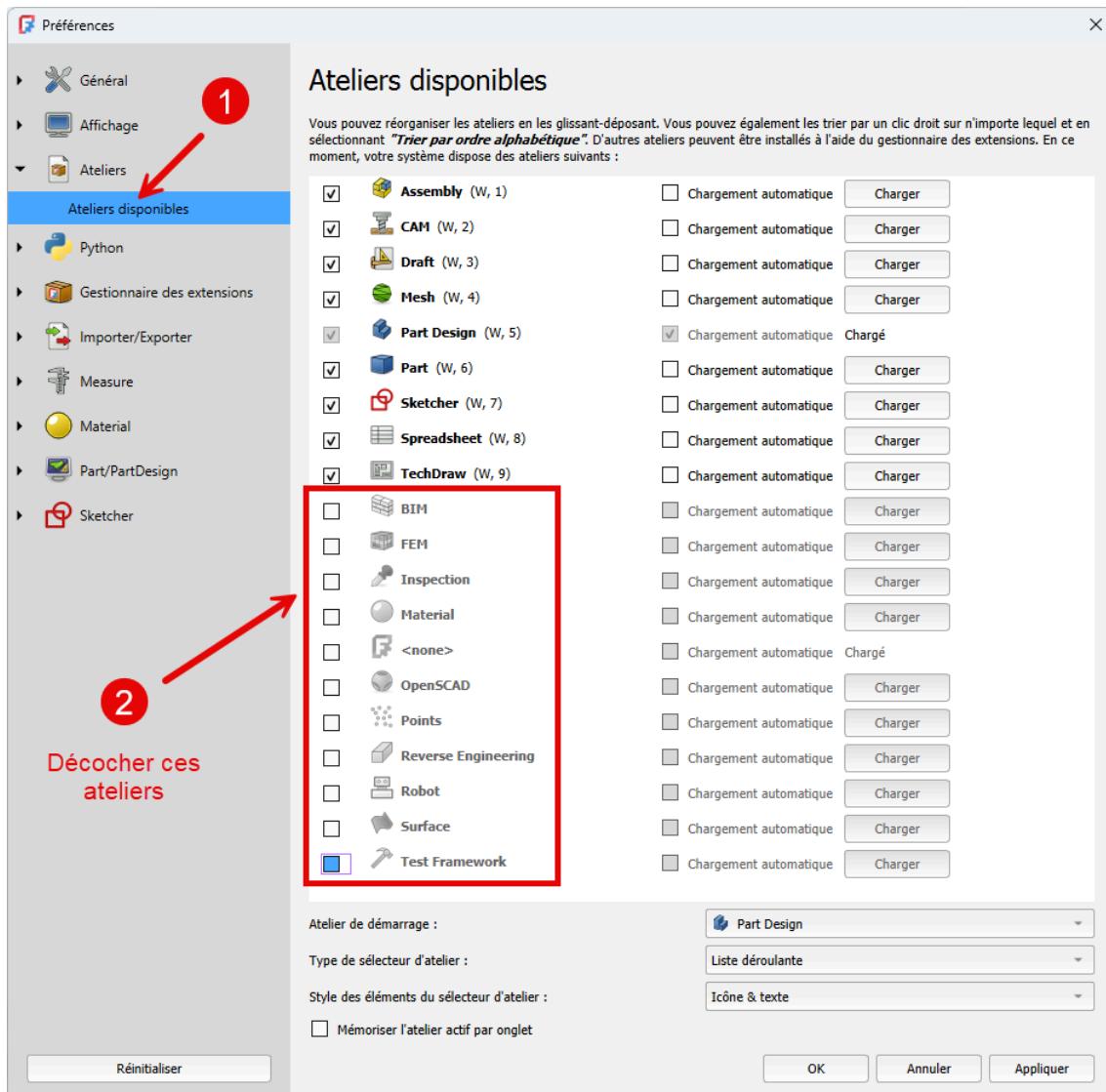
⚠ Attention

- Les paramètres Utiliser OpenGL VBO et Anticrénelage accélèrent l'affichage 3D mais dépendent de la carte graphique installée sur votre ordinateur et peuvent parfois planter FreeCAD, à tester...
- Il faudra redémarrer FreeCAD pour activer ces réglages ;

1.3.4.2. Simplifier la liste des ateliers

✗ Tâches à réaliser

- Simplifier la liste des ateliers pour démarrer l'apprentissage de FreeCAD ;

*Préférences Atelier disponibles*

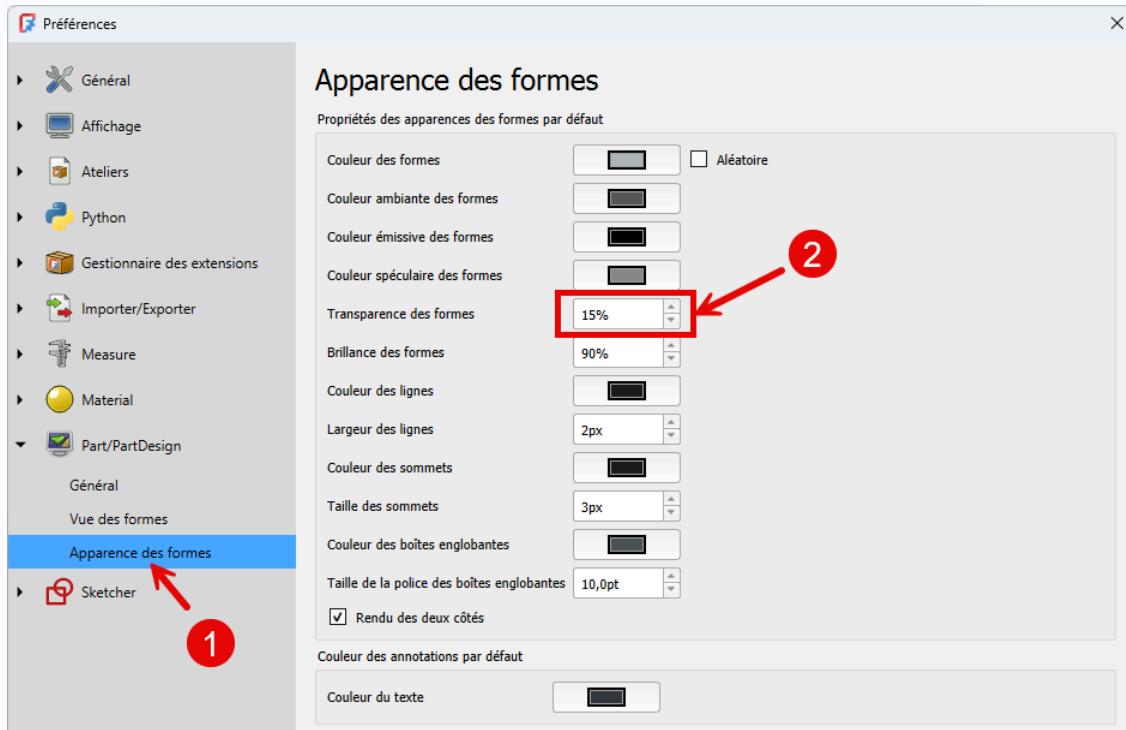
Remarque

Vous pourrez les rendre disponibles à nouveau si vous en avez besoin par la suite...

1.3.4.3. Transparence des solides

✓ Tâches à réaliser

- Donner de la transparence aux solides dans la vue 3D afin d'apercevoir les arêtes cachées ;

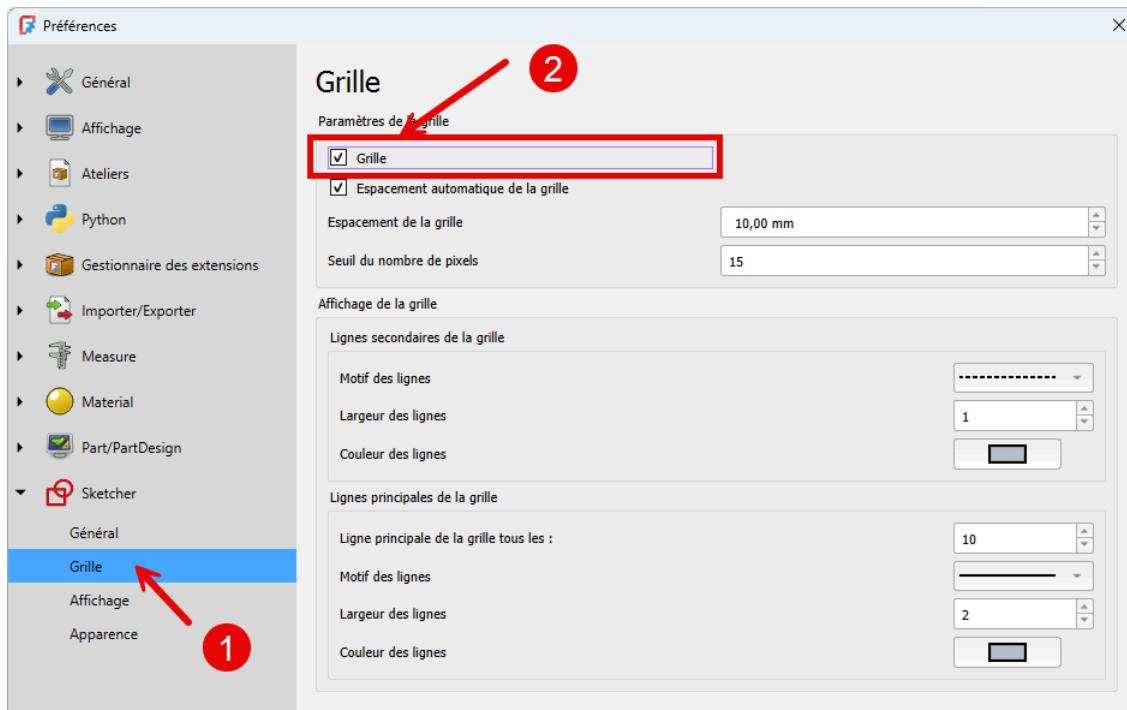


Préférences PartDesign : apparence des formes

1.3.4.4. Atelier Sketcher

✓ Tâches à réaliser

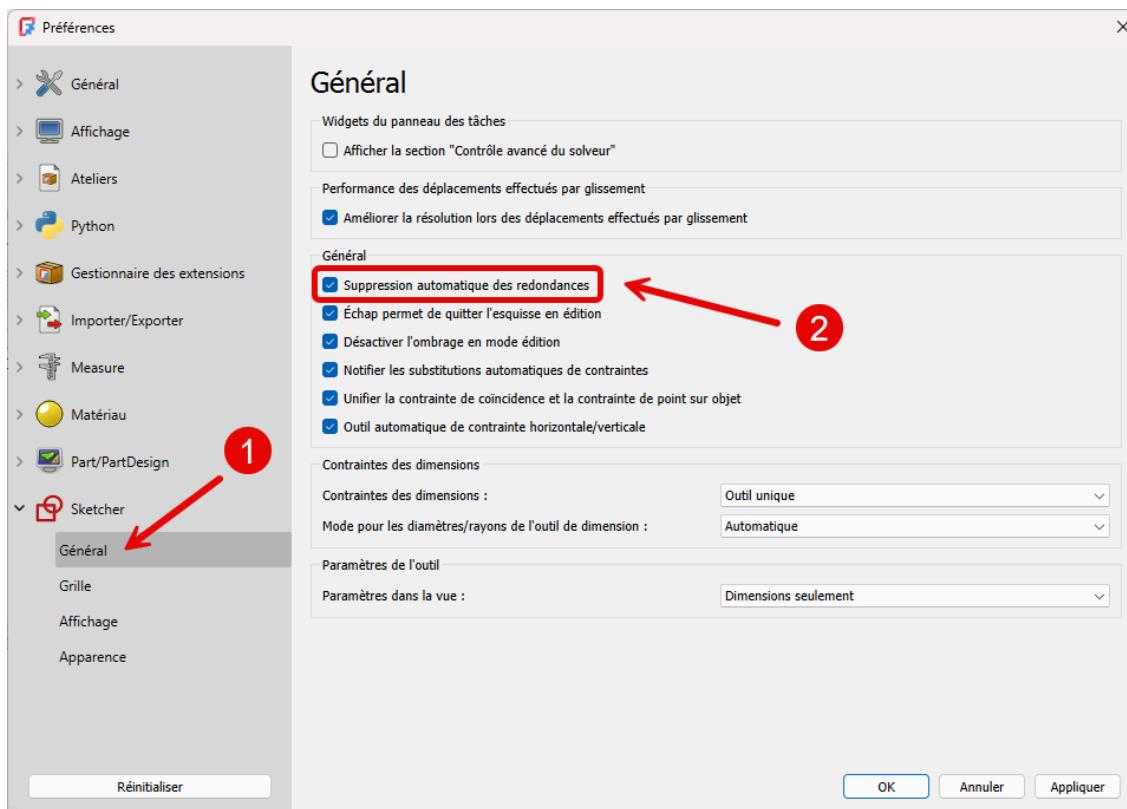
- Afficher la grille dans l'atelier Sketcher, ce qui peut aider à positionner les géométries de l'esquisse ;



Préférences Sketcher : Affichage de la grille

Tâches à réaliser

- Cocher si nécessaire la suppression automatique des redondances ;



Préférences Sketcher : suppression automatiques des redondances

1.3.4.5. Valider vos préférences

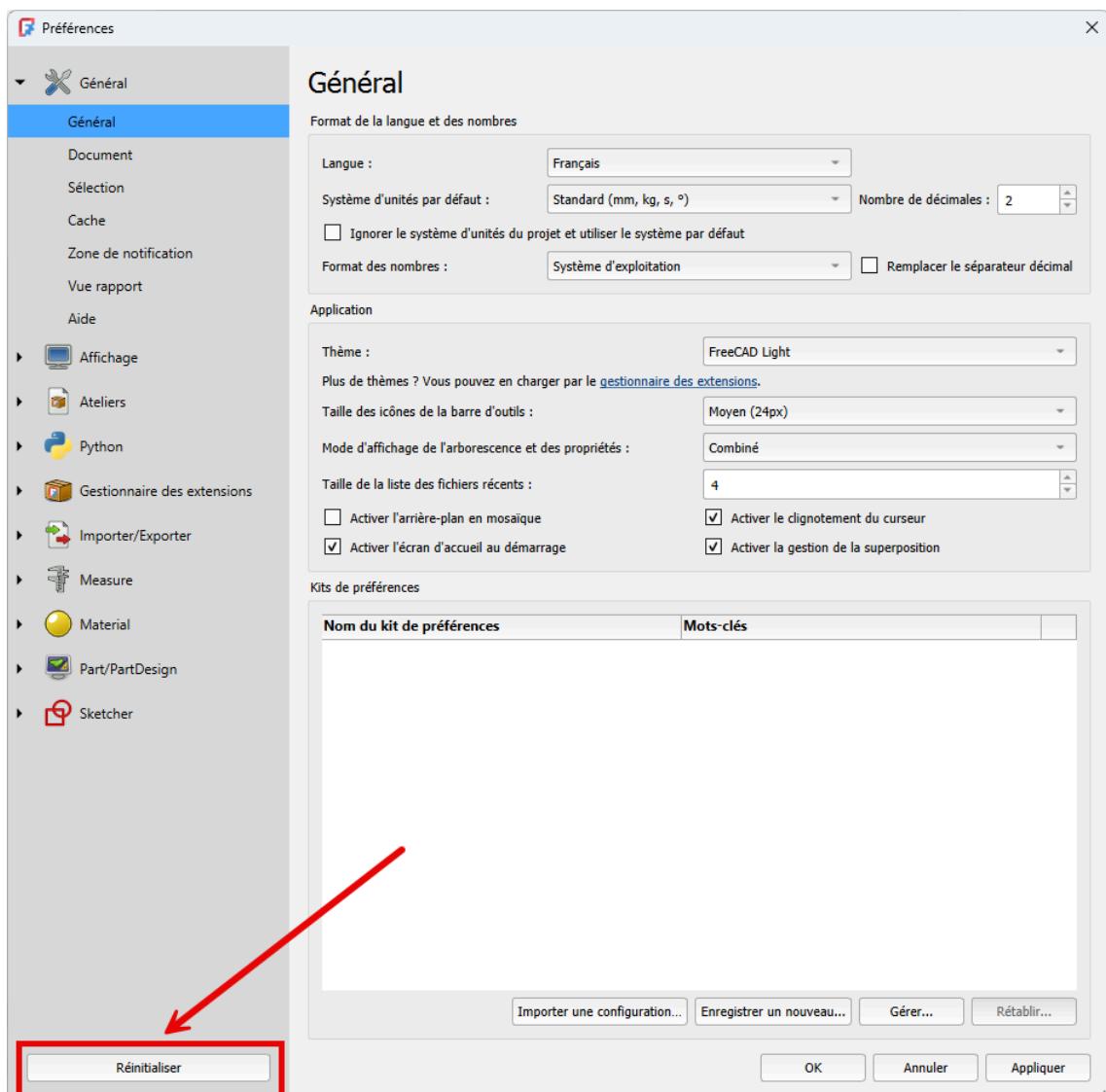
✓ Tâches à réaliser

- Valider ces nouveaux réglages en cliquant sur le bouton **OK** au bas de la fenêtre **Préférences** ;
- Quitter FreeCAD sans enregistrer les modifications éventuelles dans le document **xxtuto1** ;

Si vous souhaitez réinitialiser vos préférences :

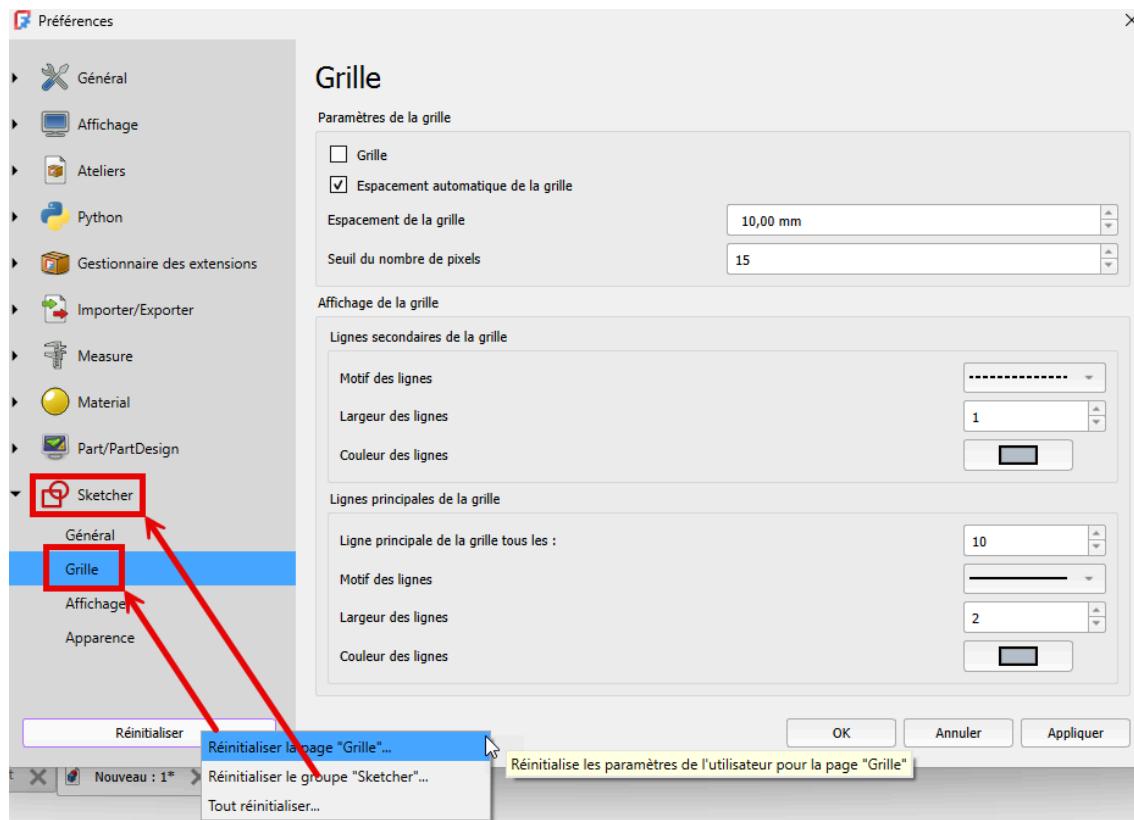
Procédure

1. Sélectionner la commande **Édition → Préférences** ;
2. Cliquer sur le bouton **Réinitialiser** en bas de la fenêtre **Préférences** ;



Réinitialiser les préférences

3. Vous pourrez alors : réinitialiser le groupe ou bien la page ou bien tout réinitialiser ;

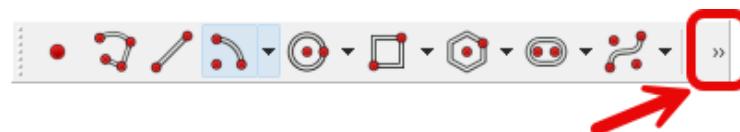


Choix pour la réinitialisation

1.3.5. Ré-agencer les barres d'outils

Remarque

Suivant la taille de votre écran, certaines barres d'outils peuvent être tronquées : il faut cliquer sur le bouton >> pour faire apparaître tous les boutons de la barre d'outils ;



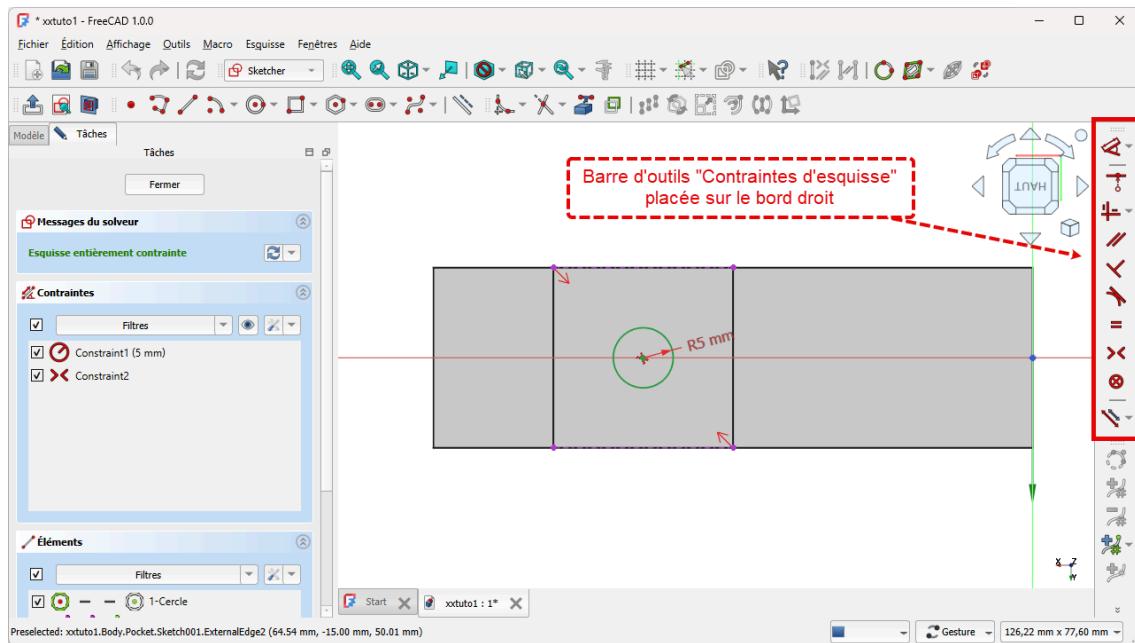
Symbol >> indiquant que la barre d'outils est tronquée

Barre d'outils tronquée

Réagencer les barres d'outils

Afin d'éviter d'avoir à cliquer sur ce bouton >> pour accéder à tous les boutons de la barre, il est conseillé :

- d'agrandir la fenêtre de FreeCAD ;
- de ré-agencer si nécessaire les différentes barres d'outils ;



Réagencement de la barre d'outils « Contraintes d'esquisse » de l'atelier Sketcher

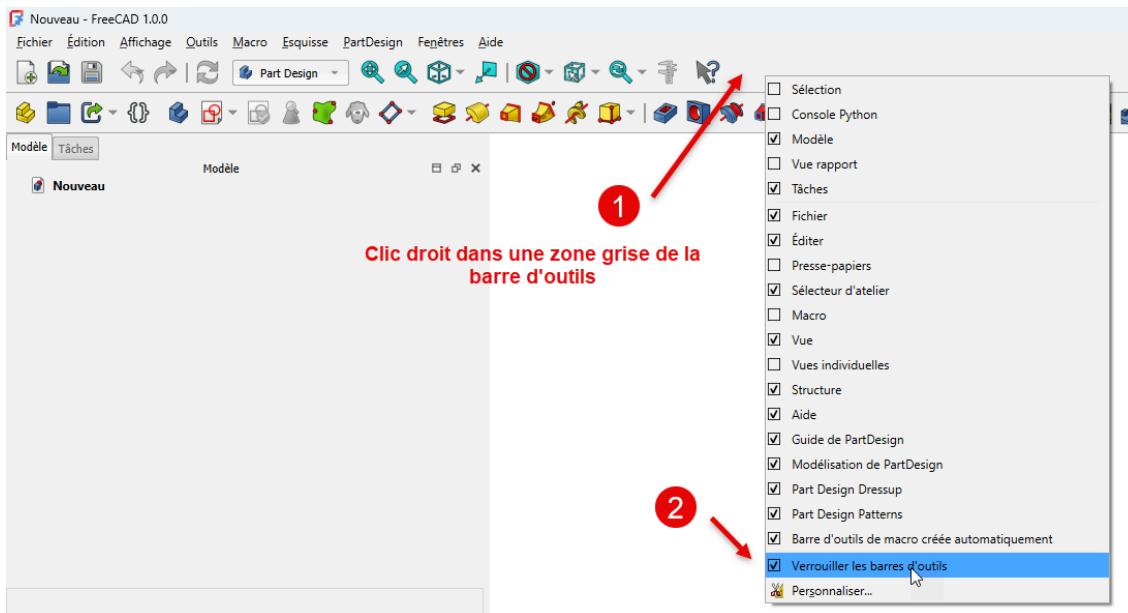
Pour déplacer une barre d'outils

1. Approcher le pointeur de la souris près du bord gauche de la barre à déplacer : le pointeur change d'aspect 
2. Cliquer gauche et maintenir appuyé ;
3. Déplacer la barre d'outils ;
4. Relâcher le bouton gauche de la souris ;

Verrouiller / déverrouiller les barres d'outils

Après avoir positionné les barres d'outils , si vous êtes satisfait de leurs positions , vous pourrez les verrouiller :

1. Cliquer droit sur la barre d'outils dans une zone vierge ;
2. Cocher Verrouiller les barres d'outils ;



1.4. Modélisation paramétrique

Objectifs

- Expérimenter le processus de modélisation sur un exemple très simple ;

Différents processus

FreeCAD propose deux grands processus pour modéliser un solide :

- soit combiner des objets : c'est la méthode de **Géométrie Solide Constructive (CSG)** en utilisant l'atelier **Part**
- soit en utilisant une **modélisation paramétrique** avec l'atelier **Part Design**

Dans la suite de ce parcours, nous allons privilégier ce second processus.

Modéliser un solide simple dans l'atelier Part Design

Quatre étapes sont nécessaires :

1. Création d'un nouveau document dans FreeCAD ;
2. [Création d'un corps^W](#) dans ce document ;
3. [Création d'une esquisse^W](#) dans ce corps ;
4. Application à l'esquisse d'une fonction paramétrique, par exemple [une protrusion^W](#) ;

1] Création du document

☰ Tâches à réaliser

- Ouvrir FreeCAD si nécessaire ;
- Créer un nouveau document à l'aide de la commande ou du bouton de la barre d'outils ou du raccourci clavier **CTRL N** (**⌘ N** sous) ;
- Enregistrer le document FreeCAD sous le nom à l'aide de la commande ou du bouton ou du raccourci clavier **CTRL S** (**⌘ S** sous) ;

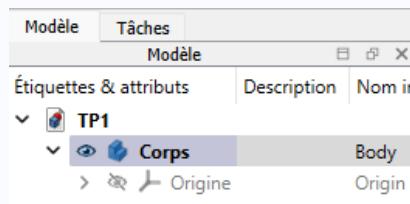
⌚ Remarque

- FreeCAD a créé un document sur votre ordinateur.

2] Création du corps

☰ Tâches à réaliser

- Sélectionner l'atelier si nécessaire ;
- Créer un corps (body) à l'aide du bouton ;



Création du corps

⚠ Dans les barres d'outils, ne pas confondre et

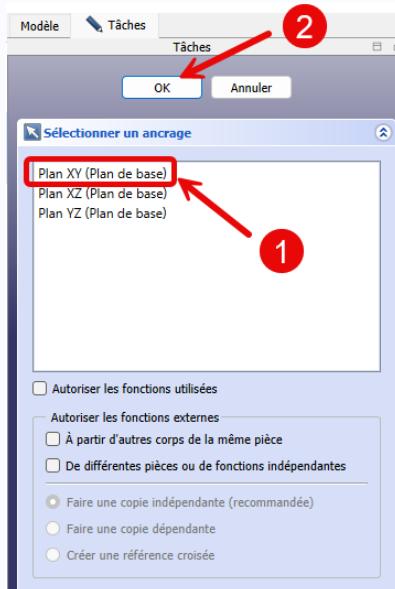
- permet de créer un corps, la première étape de la modélisation paramétrique ;
- est utilisé pour arranger différents objets dans l'espace, avec l'intention de créer des assemblages ;

3] Création de l'esquisse

☰ Tâches à réaliser

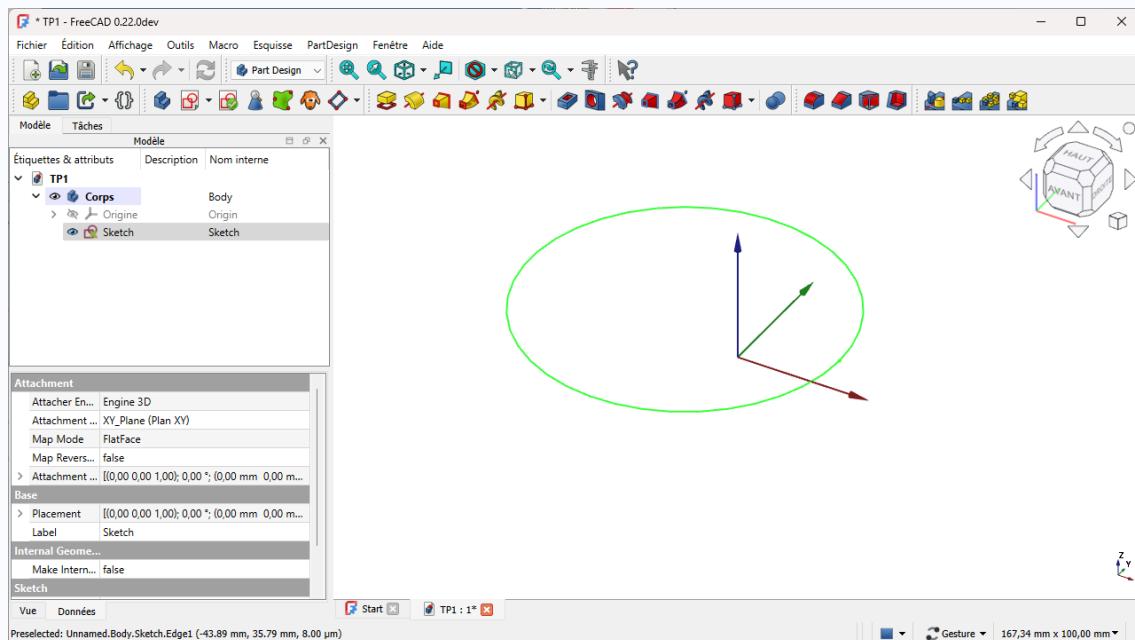
- Dans la vue , si nécessaire, sélectionner le ;
- Créer une esquisse à l'aide du bouton ;

- FreeCAD ouvre l'onglet **Tâches** : sélectionner le plan XY ;



Choix du plan d'ancrage de l'esquisse

- Créer un simple cercle à l'aide du bouton puis refermer la tâche à l'aide du bouton ;



Esquisse créée dans le corps

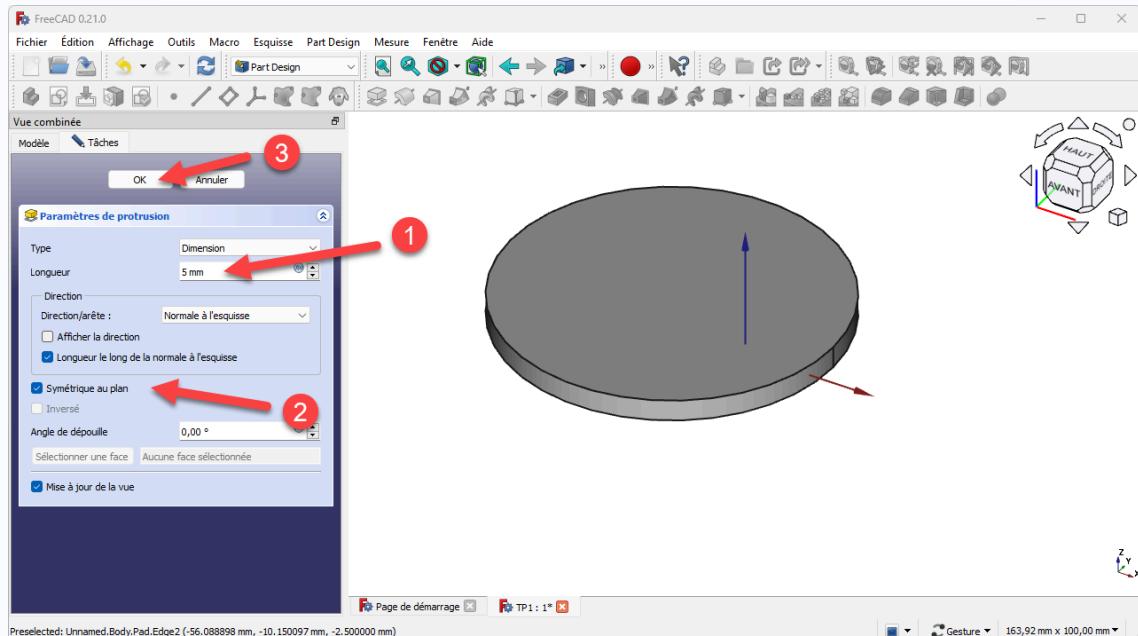
Remarque

Pour le moment, peu importent la position du centre et le rayon du cercle.

4] Création du solide par protrusion

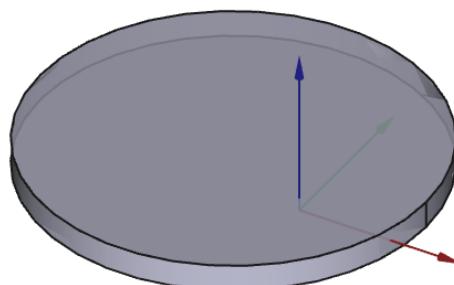
✓ Tâches à réaliser

- Dans la vue **Modèle**, si nécessaire, sélectionner le Sketch ;
- Cliquer sur le bouton et créer une protrusion de 5 mm, symétrique par rapport au plan XY :



Création de la protrusion

- Enregistrer vos modifications en cliquant sur le bouton ou du raccourci **CTRL+S** (**CMD S**) sous ;



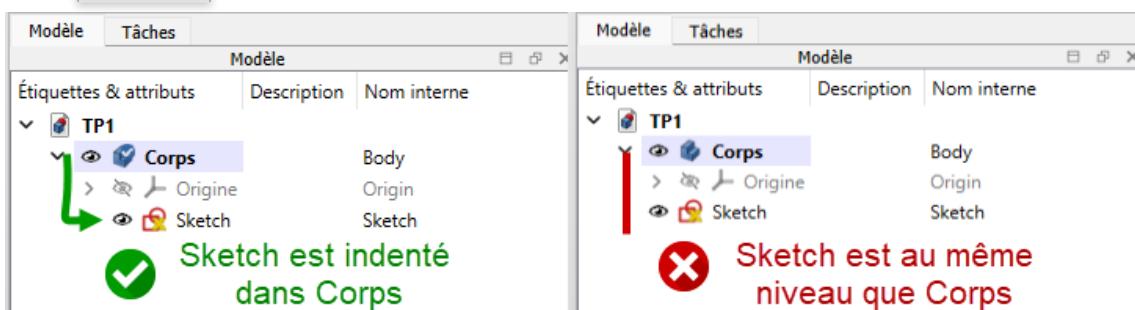
Vue 3D du solide modélisé

⚠ Si la commande Protrusion est en grisé dans la barre d'outils :

- Afficher l'onglet **Tâches** et fermer la commande en cours ;

⚠ Si la protrusion ne fonctionne pas :

- Dans la vue **Modèle**, vérifier que l'esquisse Sketch est indenté dans Corps ;



Attention au placement de l'esquisse dans l'arborescence du modèle

2. Explorer Sketcher

- Comme nous l'avons vu précédemment, la création d'esquisses est une **étape clef** dans le processus de modélisation ;
- Avant d'aborder la modélisation de solides complexes, avec plusieurs esquisses successives, nous allons détailler la création d'esquisses dans l'atelier **Sketcher** ;

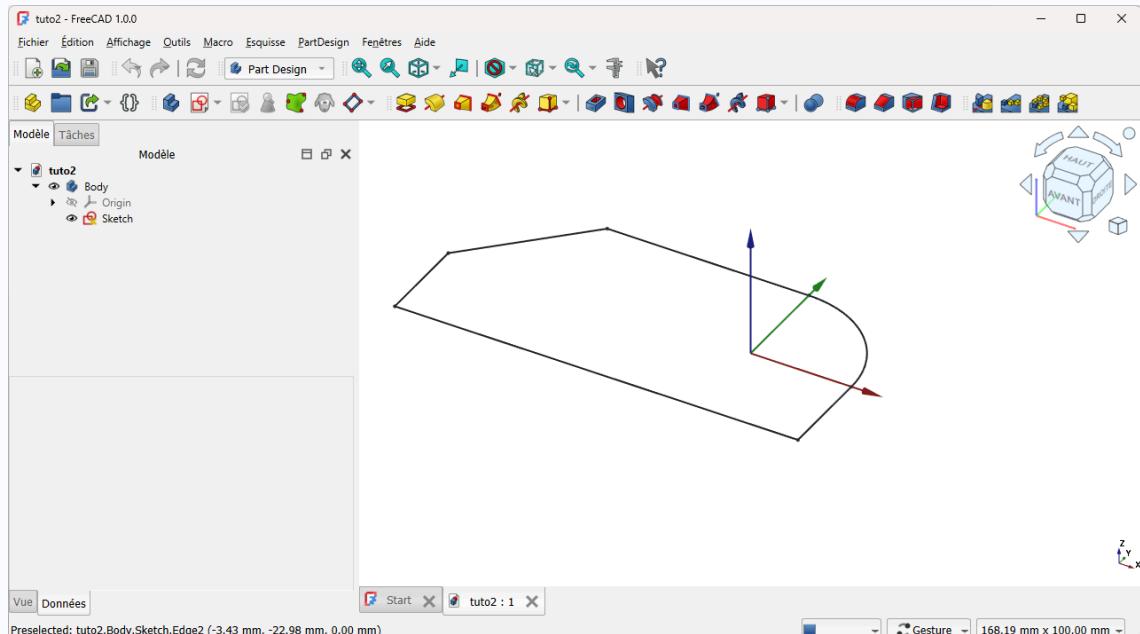
2.1. Interface de Sketcher

Objectifs

- Identifier les principaux composants de l'atelier Sketcher ;

Tâches à réaliser

- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Télécharger le fichier [tuto2.FCStd](#) sur votre ordinateur ;
- Ouvrir ce document [tuto2.FCStd](#) dans FreeCAD ;



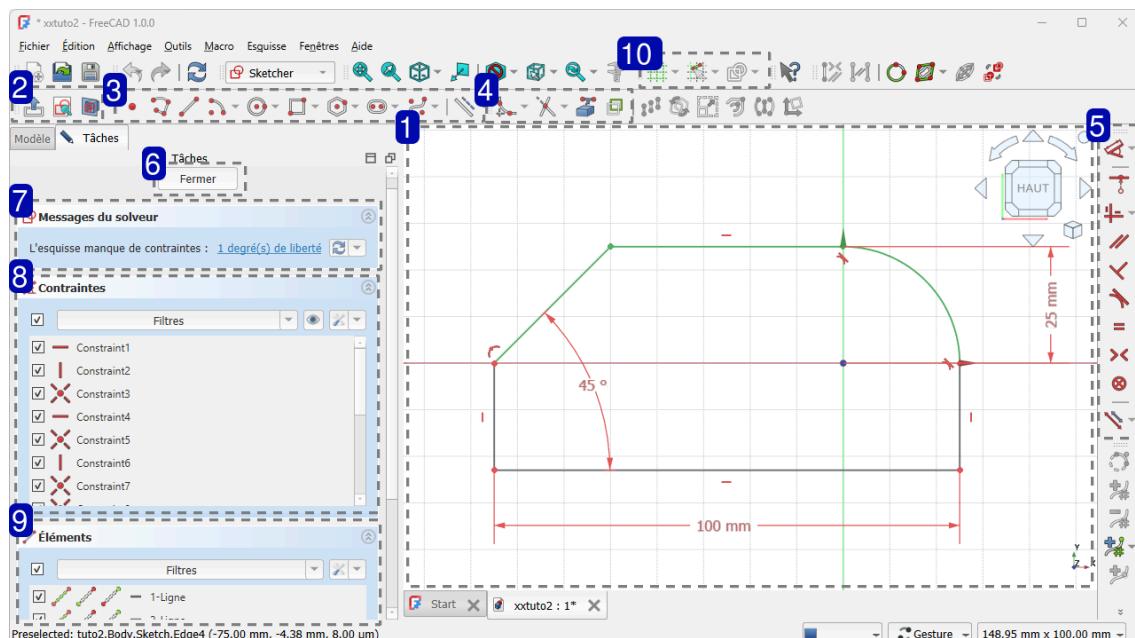
Document tuto2

- Enregistrer ce document sous le nom [xxtuto2.FCStd](#), xx représentant vos initiales, à l'aide de la commande [Fichier → Enregistrer Sous...](#) ;
- Sélectionner l'onglet **Modèle** de la vue combinée ;
- Double-cliquer sur l'élément [Sketch](#) pour l'afficher dans l'atelier **Sketcher** ;

*Esquisse Sketch dans Body*

- A l'aide de la capture d'écran ci-dessous, identifier les principaux éléments de l'interface de l'atelier Sketcher ;

Interface de l'atelier Sketcher



1. Vue 3D

Contient l'esquisse ;

Rappel

L'esquisse est une géométrie 2D

2. Barre Mode édition d'esquisse



Contient les commandes générales de gestion de l'esquisse :

- création d'esquisse ,
- fermeture de l'esquisse,
- ...

3. Barre Géométries d'esquisse



Permet de créer des éléments dans l'esquisse ;

4. Barre Outils d'esquisse



Contient notamment les commandes Congé, Ajuster, géométrie externe

5. Barre Contraintes



Permet de définir des règles entre les éléments d'esquisse. On distingue :

- les contraintes géométriques ;
- les contraintes dimensionnelles ;

⚠ Position de la barre d'outils

Dans la capture d'écran, cette barre d'outils a été glissée sur le bord droit de la vue 3D afin de laisser de la place aux autres barres d'outils de l'atelier Sketcher

6. Bouton Fermer

Referme l'atelier Sketcher ;

💡 Remarque

Vous pouvez aussi cliquer sur le bouton

7. Messages du solveur



Messages du solveur

Affiche les messages du solveur :

- « Entièrement contrainte » ;

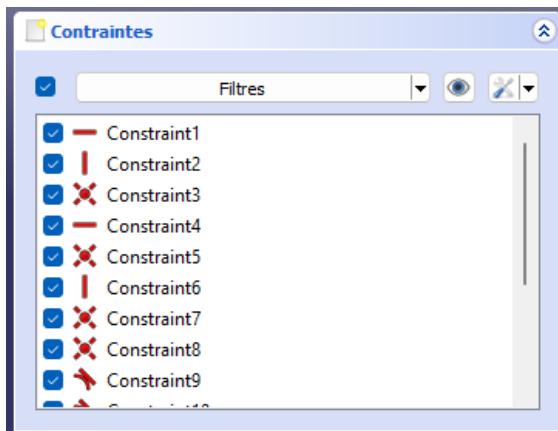
Sinon

- « L'esquisse manque de contraintes » suivi du nombre de degrés de liberté de l'esquisse ;

ou

- « L'esquisse possède trop de contraintes » suivi des numéros des contraintes surabondantes ;

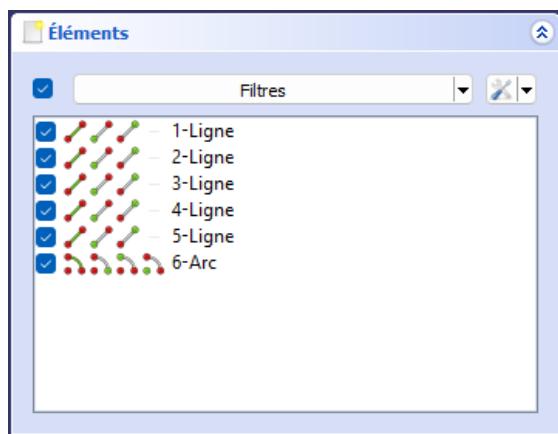
8. Panneau Contraintes



Liste des contraintes

Affiche la liste des contraintes saisies dans l'esquisse ;

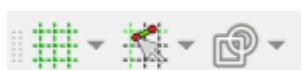
9. Panneau Éléments



Liste des géométries

Affiche la liste des éléments géométriques de l'esquisse ;

10. Barre Grille



Barre d'outils d'édition des esquisses

Permet :

- d'activer / désactiver la grille,
- de régler le pas de la grille ;

2.2. Contrainte contextuelle

Nouveauté FreeCAD 1.00

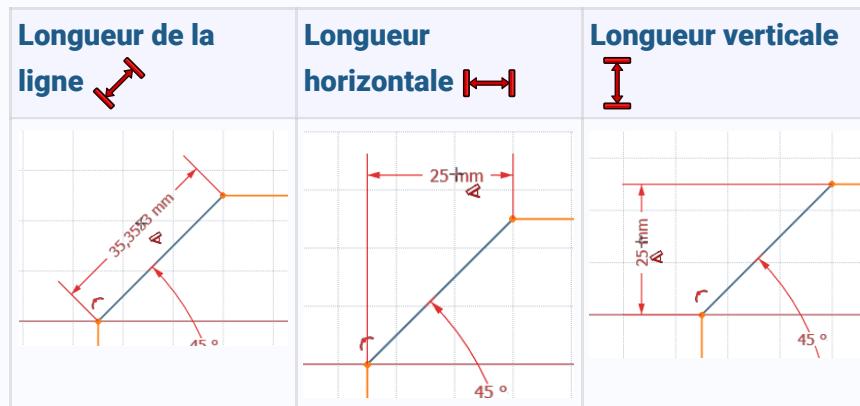
FreeCAD propose, depuis la version 1.00, une contrainte de dimension contextuelle  qui facilite la saisie des contraintes de dimension ;

Objectifs

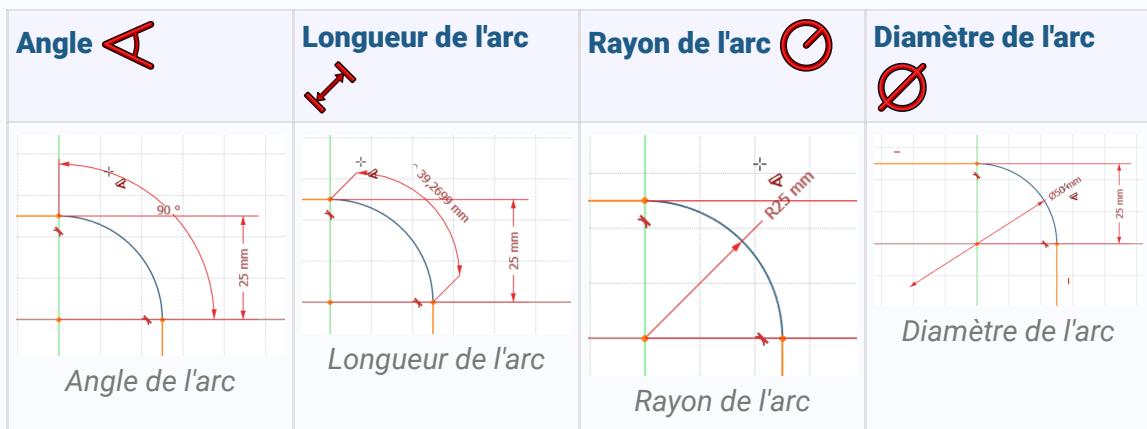
- Utiliser la commande de dimension contextuelle  ;

Tâches à réaliser

- Si nécessaire, ouvrir  xxtuto2 dans FreeCAD et afficher l'esquisse  Sketch dans l'atelier  Sketcher ;
- Cliquer gauche sur le bouton , puis cliquer gauche sur la ligne inclinée et déplacer le pointeur de la souris : vérifier que vous pouvez saisir au choix :



- Annuler la dernière action ( ou  sous ) si nécessaire ;
- Cliquer gauche sur , puis cliquer gauche sur l'arc de cercle et appuyer plusieurs fois sur la touche  : vérifier que vous pouvez saisir au choix :



- Annuler la dernière action ( ou  sous ) si nécessaire et refermer l'atelier Sketcher  ;

Si vous ne voyez pas le bouton

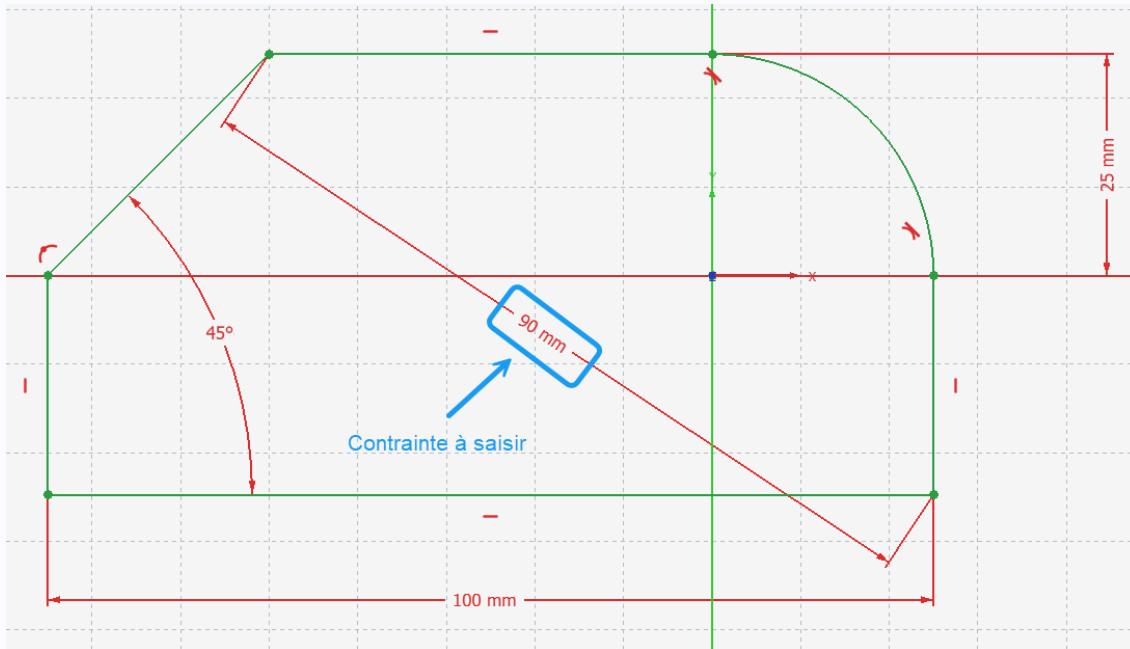
- Sélectionner la commande  Édition → Préférences puis la rubrique Sketcher  → Général et vérifier que les contraintes de dimensions est réglée à  Outil unique ;



Réglage des contraintes des dimensions

✓ Tâches à réaliser

- Saisir la contrainte ci-dessous à l'aide de la contrainte contextuelle ;

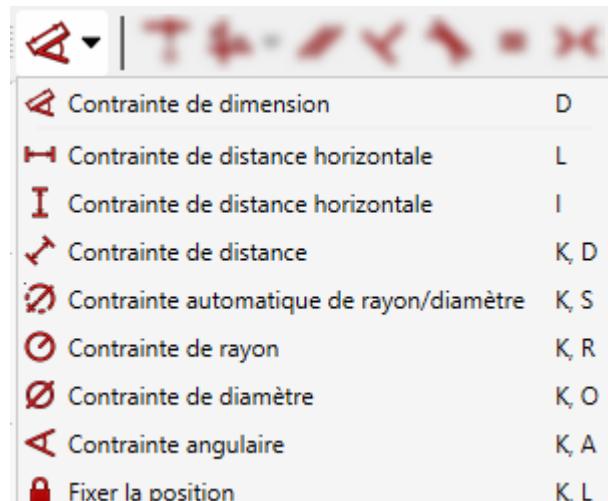


💡 Pour saisir la contrainte de longueur entre deux points :

- Cliquer sur la contrainte de dimension
- Cliquer successivement sur chaque extrémité,
- Déplacer la souris pour placer et sélectionner la contrainte souhaitée :

💡 En cas de difficultés avec la commande contextuelle ✎▼

- Il est toujours possible de cliquer sur le ▼ du bouton ✎▼ puis de sélectionner directement la contrainte souhaitée ;



Bouton déroulant de contrainte de dimension

2.3. Degrés de liberté

🎯 Objectifs

- Comprendre la notion de **degré de liberté** et les messages du solveur de l'atelier Sketcher ✎ ;

📘 Degré De Liberté (ddl) en mécanique

≈ Degrees Of Freedom (dof)

Dans l'espace, un solide rigide libre possède 6 ddl :

- 3 en translation axe Ox, axe Oy, axe Oz,
- 3 en rotation autour respectivement des axes Ox, Oy, Oz.

Dans un plan Oxy, un solide plan rigide contenu dans ce plan, libre possède 3 ddl :

- 2 en translation : axe Ox, axe Oy,
- 1 en rotation : autour de l'axe Oz perpendiculaire au plan Oxy

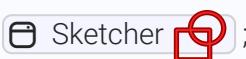
⌚ Dans une esquisse de l'atelier Sketcher

- un point libre possèdent 2 ddl (2 en translation : axe Ox, axe Oy) ;
- une ligne définie par deux points libres : 2 fois 2 ddl soit 4 ddl ;
- une ligne définie par deux points libres mais de longueur fixe : 3 ddl (2 en translation : axe Ox, axe Oy, 1 en rotation autour de l'axe Oz perpendiculaire au plan Oxy : on retrouve le nombre de ddl d'un solide plan contenu dans un plan) ;

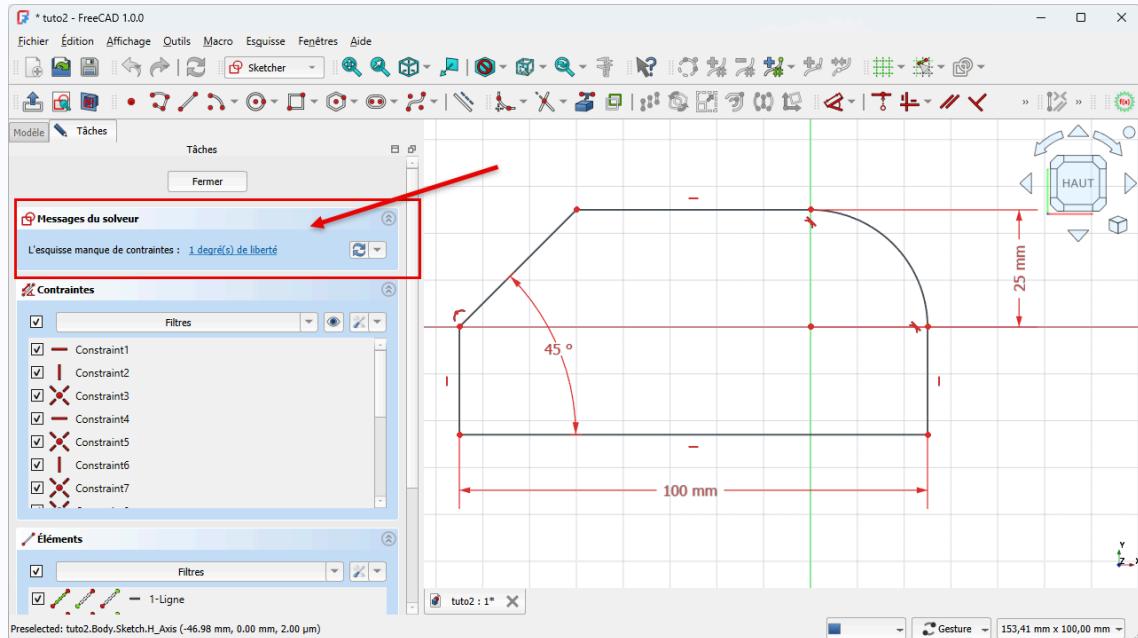
Dans l'atelier Sketcher

- Une esquisse « **entièrement contrainte** » ne possède plus de ddl : elle est parfaitement définie ;
- Une esquisse qui « **manque de contraintes** » possède encore des ddl : certains points de l'esquisse peuvent encore se déplacer et donc l'esquisse n'est pas parfaitement définie ;
- Une esquisse avec « **Contraintes redondantes** » : a des contraintes sur-abondantes inutiles voire en conflit par rapport à d'autres contraintes ;

Tâches à réaliser

1. Si nécessaire, ouvrir  **xxtuto2** dans FreeCAD et afficher l'esquisse  **Sketch** dans l'atelier  ;

2. Quel est le message du solveur ?



Message du solveur

3. Cliquer sur la ligne horizontale de 100 mm et vérifier que vous pouvez la déplacer verticalement ;
4. Cliquer sur la contrainte d'angle 45 ° pour la sélectionner et appuyer sur la touche  **Suppr** ;
5. Quel est le message du solveur ?
6. Cliquer gauche et maintenir appuyé sur la ligne inclinée pour la déplacer ;
7. Appuyer plusieurs fois sur **CTRL Z** ( **Z** sous ) afin d'annuler la suppression de la contrainte d'angle ;
8. Cliquer sur le bord gauche vertical de l'esquisse, cliquer sur le bouton  de la barre d'outils **Contraintes**, positionner la cote à l'aide de la souris et saisir la longueur 25 mm ;
9. Quel est le message du solveur ?

Réponses aux questions ci-dessus

Questions	Messages du solveur
2	 Messages du solveur L'esquisse manque de contraintes : <u>1 degré(s) de liberté</u>  
5	 Messages du solveur L'esquisse manque de contraintes : <u>2 degré(s) de liberté</u>  
9	 Messages du solveur Esquisse entièrement contrainte  

En pratique

- A priori, il est souhaitable qu'une esquisse soit entièrement contrainte mais ce n'est pas une obligation absolue pour modéliser un solide.

2.4. Contraintes automatiques

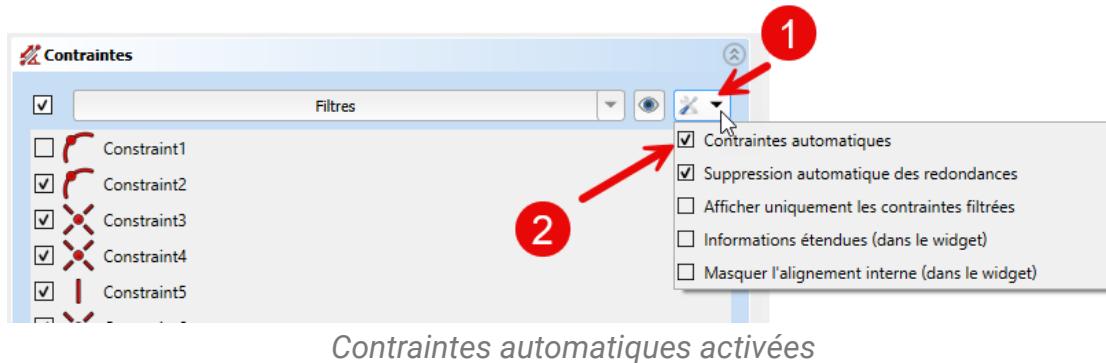
Objectifs :

- Comprendre le fonctionnement et l'intérêt du réglage **Contraintes automatiques** dans l'atelier   ;
- Identifier les icônes associées au pointeur de la souris lors de la création d'éléments géométriques ;
- **Créer une polyligne**  ;
- **Créer un arc** .

Contrainte automatique

Dans l'atelier Sketcher, le bouton déroulant du panneau Contrainte permet d'activer / désactiver le réglage **Contraintes automatiques** ;

Lorsque **Contraintes automatiques** est coché, lors de la création de nouveaux éléments géométriques (lignes, cercles...), certaines contraintes (ligne horizontale, ligne verticale, coïncidence, points sur objet...) seront ajoutées automatiquement.



⚠️ Attention

Lorsque Contraintes automatiques est coché, lors de la création d'un nouvel élément géométrique, avant de cliquer pour définir un point, apparaîtront en rouge les symboles de contraintes.

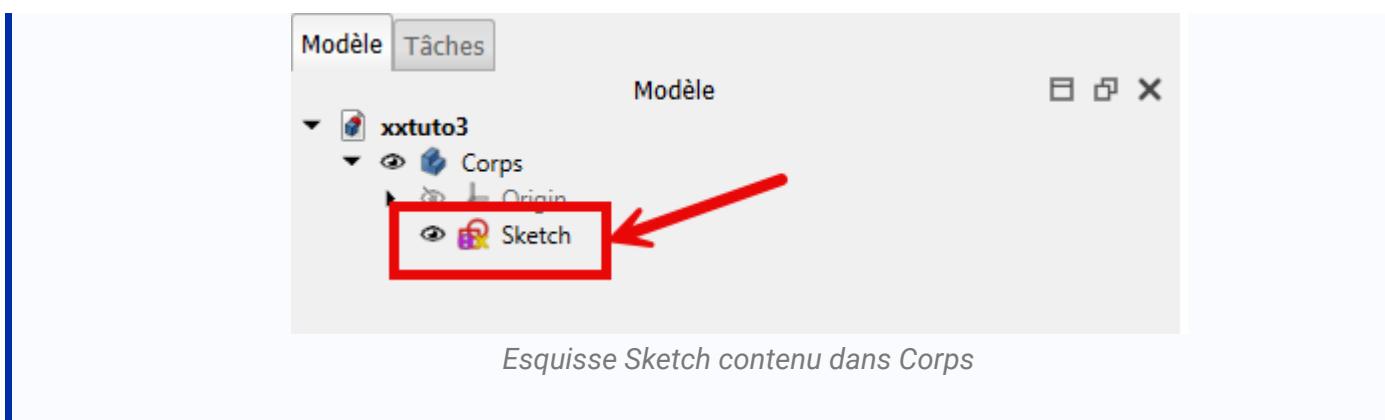
💡 A retenir :

Tableau des principales contraintes automatiques

Icônes	Contraintes automatiques
	Le point créé coïncidera avec le point existant
	Le point créé appartiendra à la ligne, cercle, arc existant.
	Le point créé fera que la ligne ainsi créée sera horizontale
	Le point créé fera que la ligne ainsi créée sera verticale

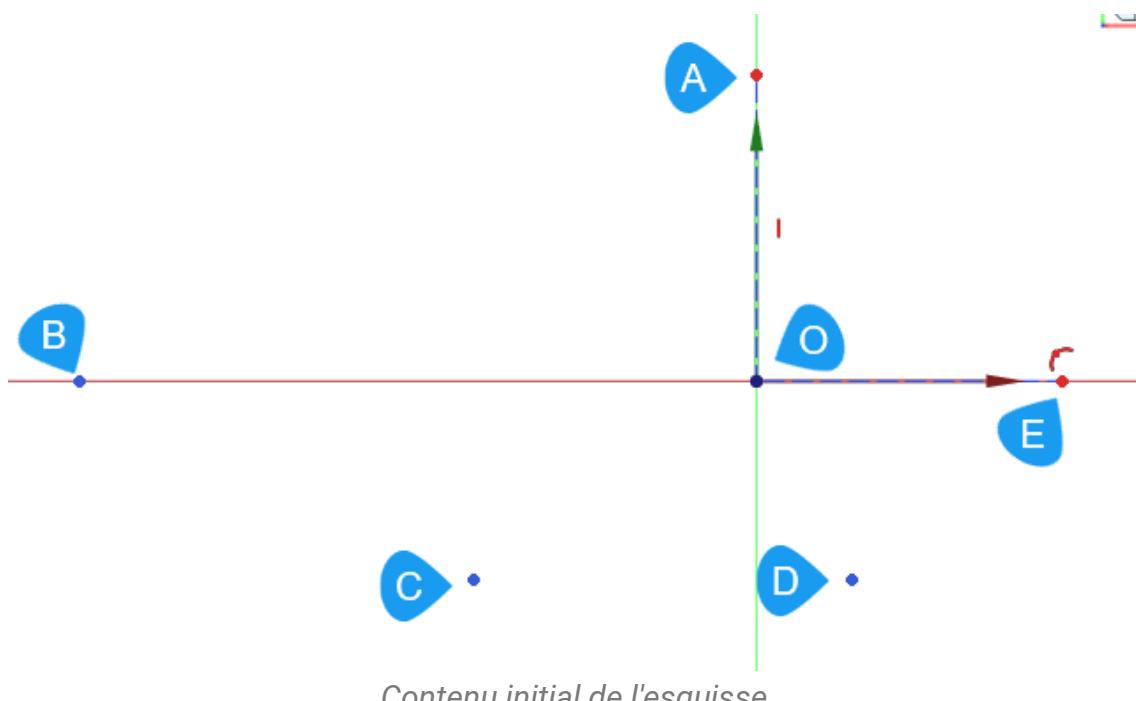
🕒 Tâches à réaliser

- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Télécharger et enregistrer le fichier [tuto3.FCStd](#) sur votre ordinateur ;
- Ouvrir ce document [tuto3.FCStd](#) dans FreeCAD ;
- Sélectionner l'onglet **Modèle** de la **vue combinée** ;
- Enregistrer ce document sous le nom [xxtuto3.FCStd](#), xx représentant vos initiales, à l'aide de la commande [Fichier → Enregistrer Sous...](#) ;
- Double-cliquer sur l'élément **Sketch** pour l'afficher dans l'atelier **Sketcher** ;

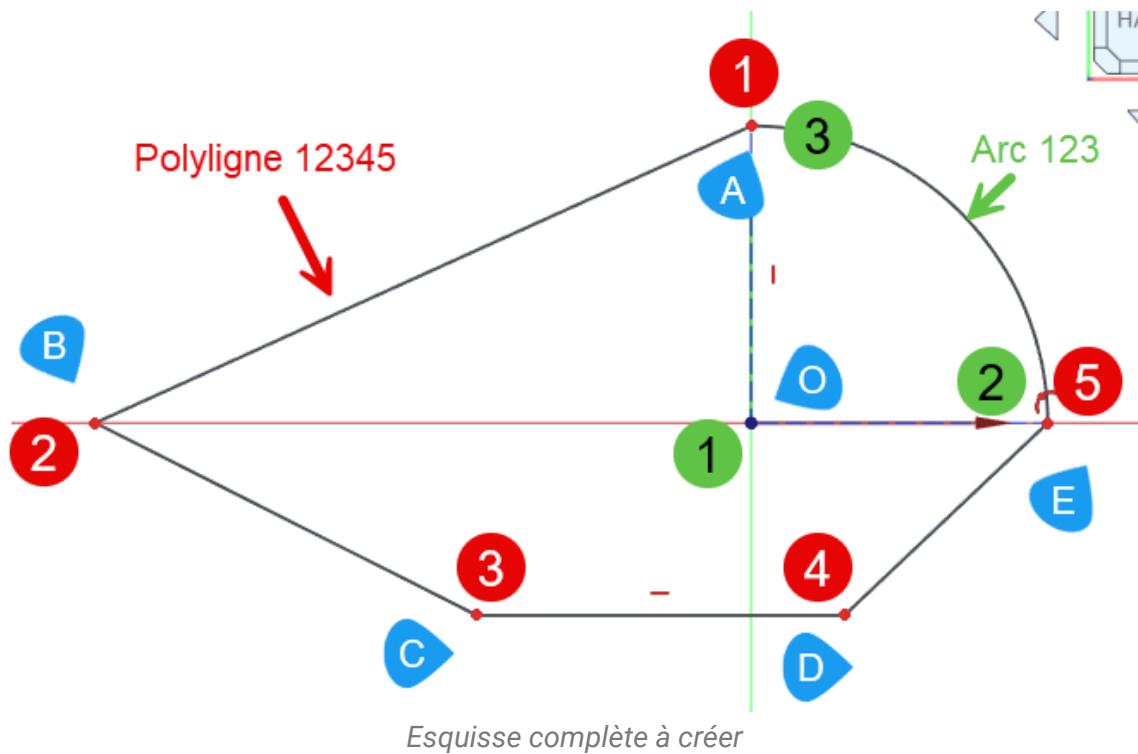


Explanations :

- L'esquisse Sketch contient uniquement des lignes et points de construction, notamment 5 points notés A B C D E sur la figure ci-dessous :



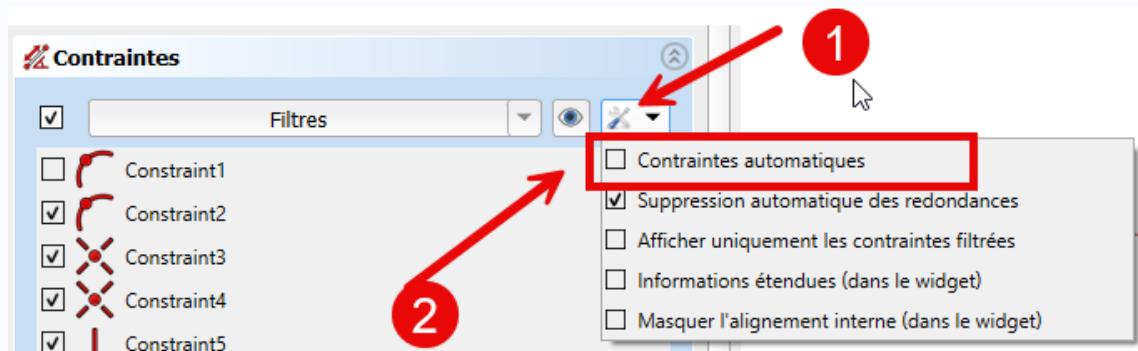
- Nous allons construire l'esquisse ci-dessous constituée d'un polygone ABCDE et d'un arc EA, une première fois avec le mode Contraintes automatiques désactivées, puis une seconde fois avec le mode Contraintes automatiques activées ;



2.4.1. Contraintes auto. désactivées

Tâches à réaliser

- Si nécessaire, ouvrir l'esquisse Sketch du document xxuto3 dans l'atelier Sketcher ;
- Cliquer sur le bouton déroulant du panneau Contraintes et décocher Contraintes automatiques ;

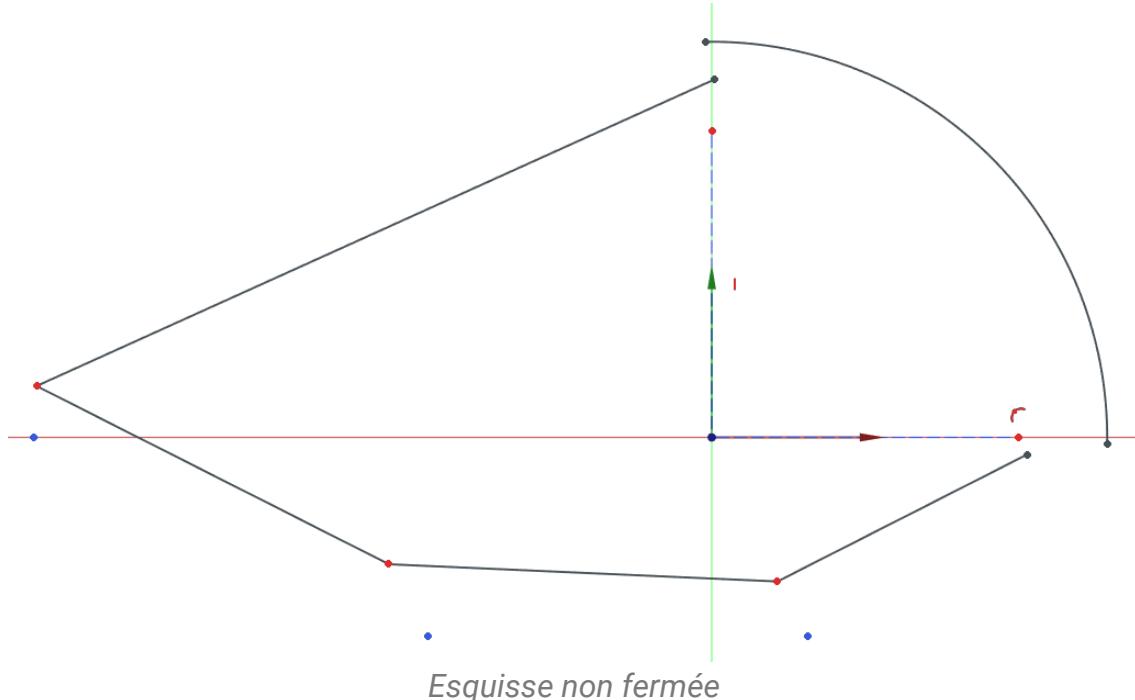


Contraintes automatiques désactivées

- Créer une polygone joignant les points A, B, C, D, E, ; (Cliquer droit deux fois pour sortir de la commande Polygone);
- Créer un arc en cliquant successivement les points O, E, A ; (Cliquer droit pour sortir de la commande Arc);
- Quel est le message du solveur ?
- Essayer de déplacer l'arc de cercle, puis la polygone : conclusions.

Si vous déplacez l'arc ou la polyligne, vous constatez :

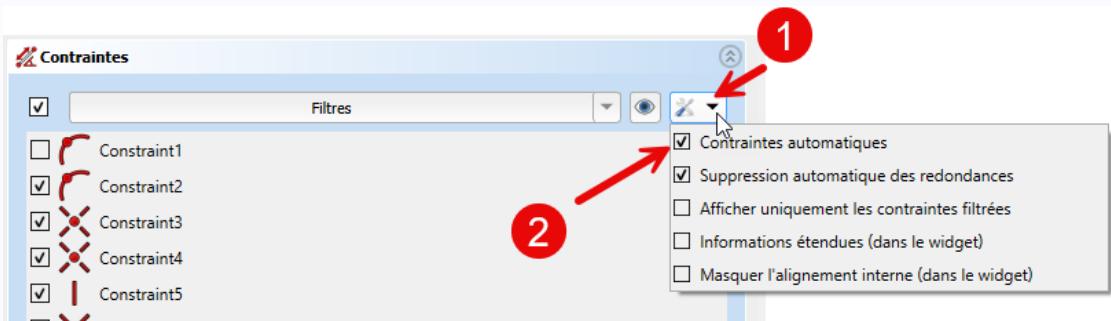
- l'arc n'est pas accroché à la polyligne ;
- tous les segments de la polyligne peuvent se déplacer sans contraintes ;
- idem pour l'arc ;



2.4.2. Contraintes auto. activées

Tâches à réaliser

- Appuyer plusieurs fois sur **CTRL Z** (**⌘ Z** sous) pour revenir à l'état initial ;
- Cliquer sur le bouton déroulant du panneau **Contraintes** et cocher **Contraintes automatiques** ;



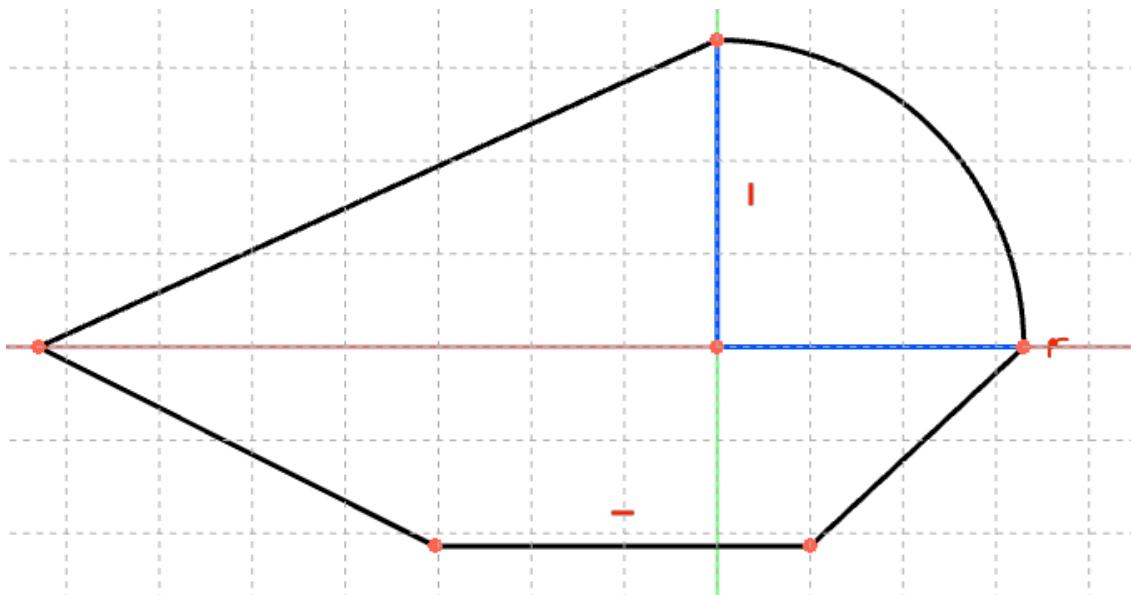
- Créer une polyligne joignant les points A, B, C, D, E, en observant attentivement le pointeur de la souris lors de la création de la polyligne ;
- Cliquer droit deux fois pour sortir de la commande Polyligne ;
- Créer un arc en cliquant successivement les points O, E, A en observant attentivement le pointeur de la souris lors de la création de l'arc ;



- Cliquer droit pour sortir de la commande Arc ;
- Quel est le message du solveur ?
- Essayer de déplacer l'arc de cercle, puis la polyligne : conclusions.

Si vous déplacez l'arc ou la polyligne, vous constatez :

- l'esquisse est fermée ;
- Le point A se déplace uniquement sur l'axe Y ;
- Le point B se déplace uniquement sur l'axe X ;
- Le segment CD est toujours horizontal ;
- Le point E se déplace uniquement sur l'axe X ;



2.4.3. Conclusion

En pratique

- Pour gagner du temps lors de la création des esquisses, je conseille d'utiliser au maximum les contraintes automatiques lors de la saisie ;
- Si vous avez raté une contrainte automatique lors de la saisie, il sera toujours possible de la créer après coup ;
- Au contraire, si vous avez ajouté une contrainte non désirée, vous pourrez la supprimer après coup ;

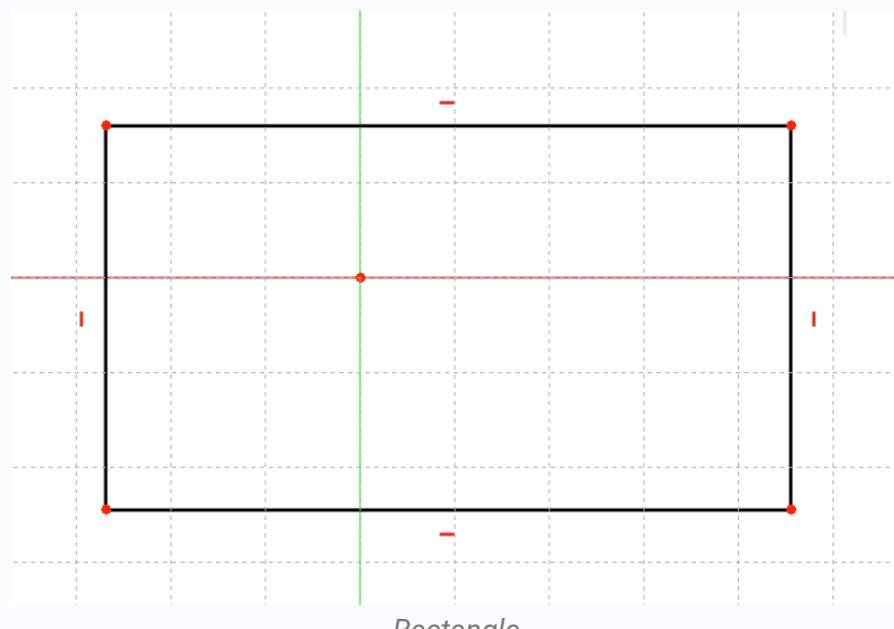
2.5. Contraintes redondantes

Objectifs

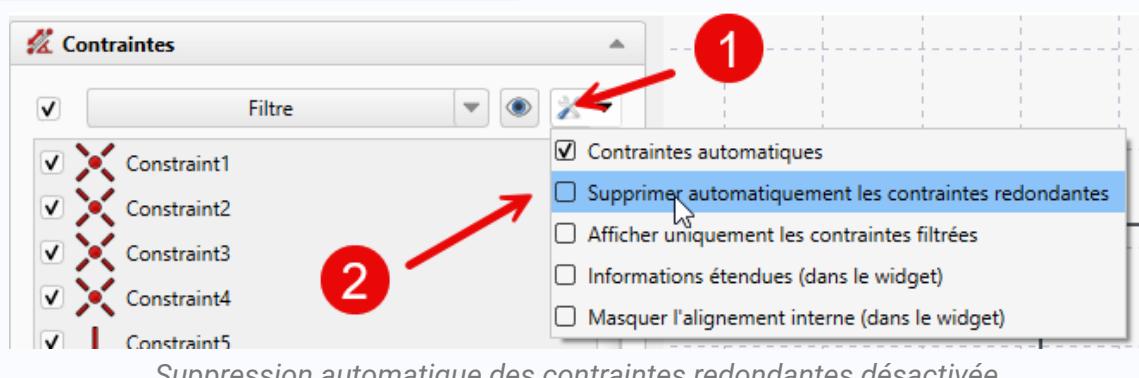
- Comprendre et utiliser le réglage Suppression automatique des contraintes redondantes du solveur ;
- Utiliser la géométrie Rectangle^W  ;
- Utiliser la contrainte Symétrie^W  ;

Tâches à réaliser

- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Créer un nouveau document dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau corps  et une nouvelle esquisse  dans le plan XY ;
- Créer un rectangle comme ci-dessous :

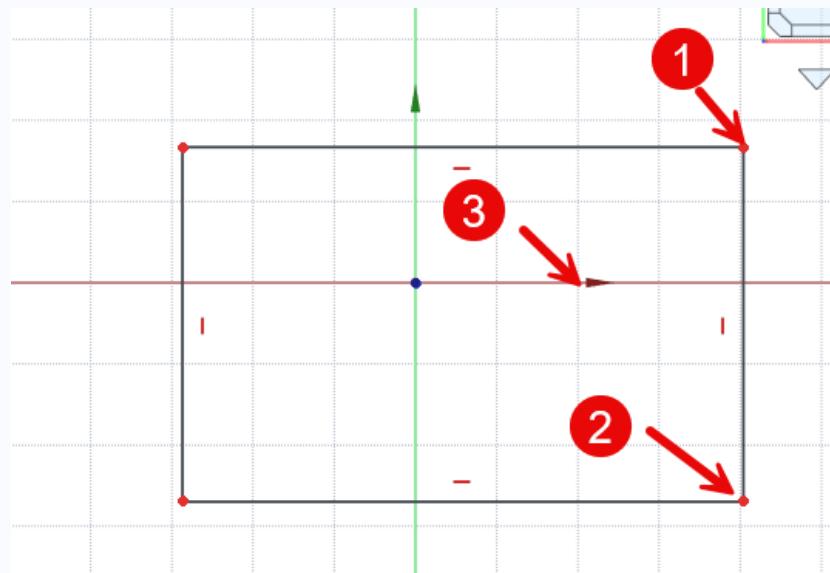


- Cliquer sur le bouton déroulant  du panneau  Contraintes et décocher la case Supprimer automatiquement les contraintes redondantes ;



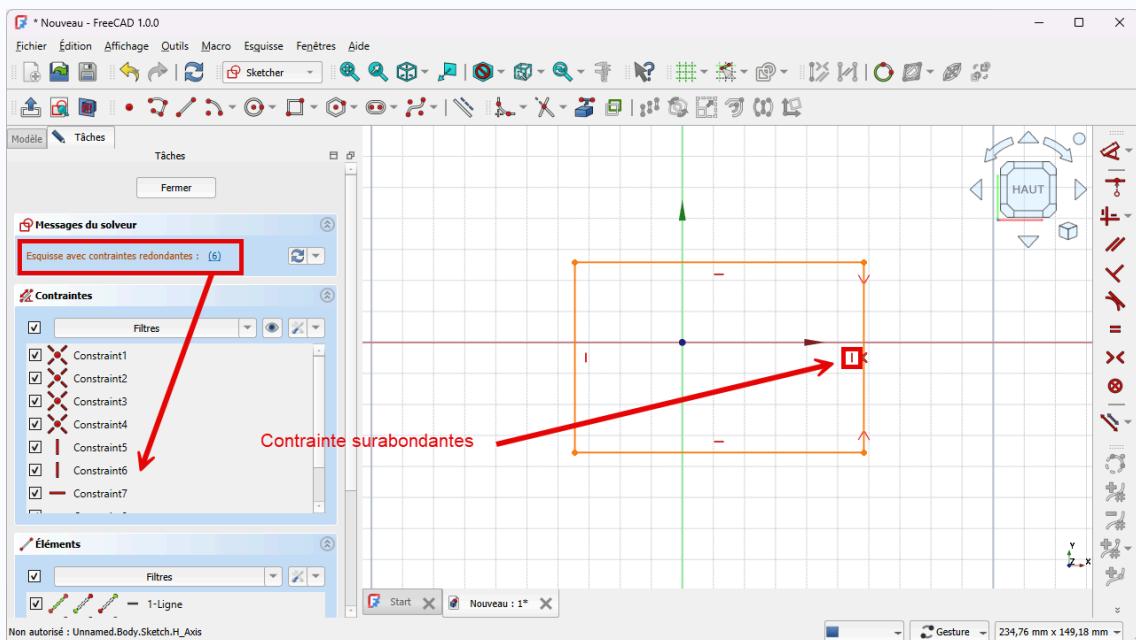


- Cliquer sur la contrainte symétrie  ;
- Cliquer successivement sur les points (1) (2) et sur l'axe X ;



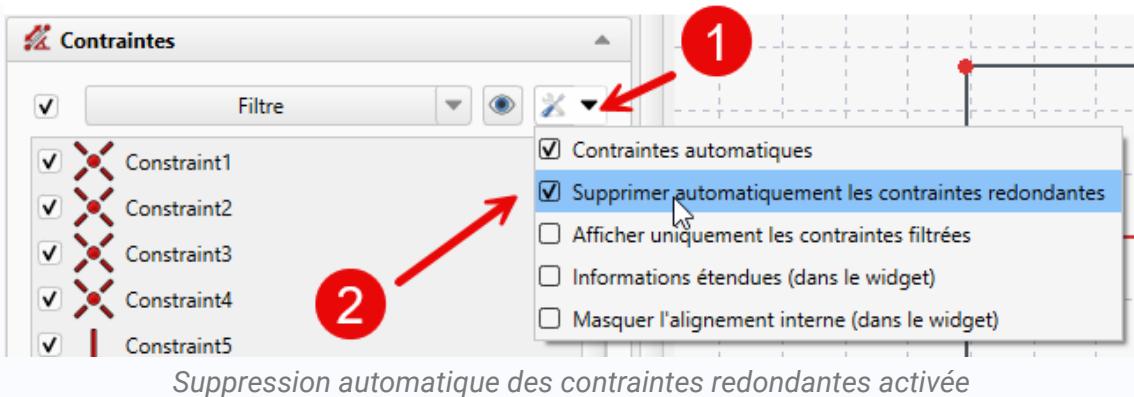
Contrainte de symétrie de 2 points par rapport à un axe

- Que constatez vous ?



Message d'erreur

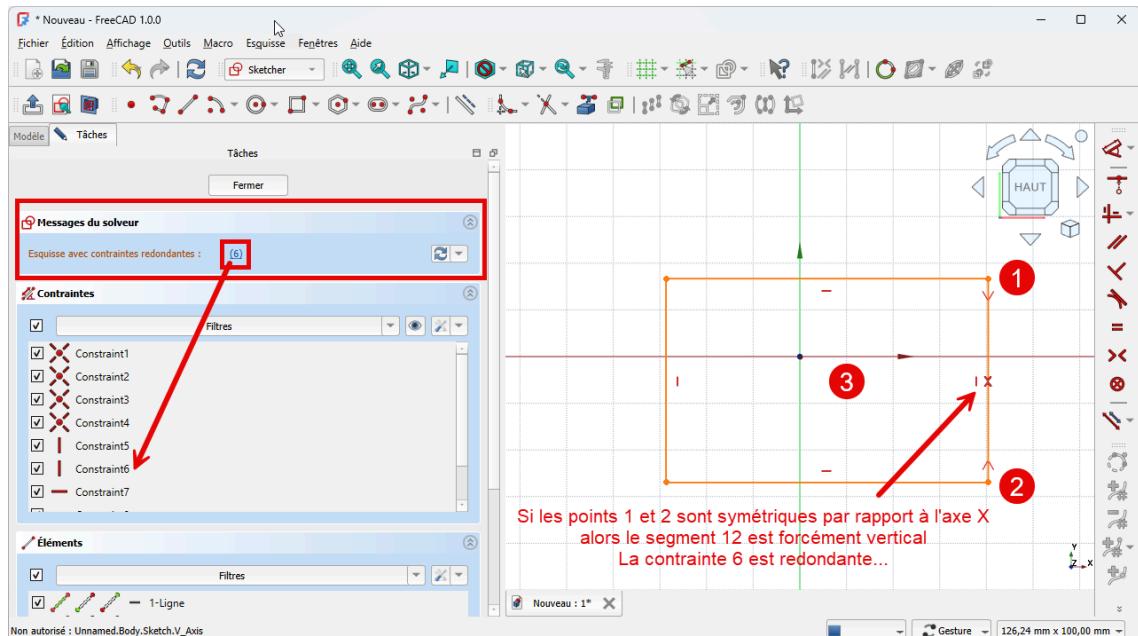
- Annuler la dernière action à l'aide du raccourci clavier **CTRL Z** (**⌘ Z** sous ) ;
- Cliquer à nouveau sur le bouton déroulant  du panneau  Contraintes et cocher la case Supprimer automatiquement les contraintes redondantes du solveur ;



- Répéter la contrainte de symétrie comme précédemment ;
- Que constatez vous ?

+ Explications

1. Si les points (1) et (2) du rectangle sont symétriques par rapport à l'axe X, le segment [1-2] est forcément vertical



Explication de l'erreur

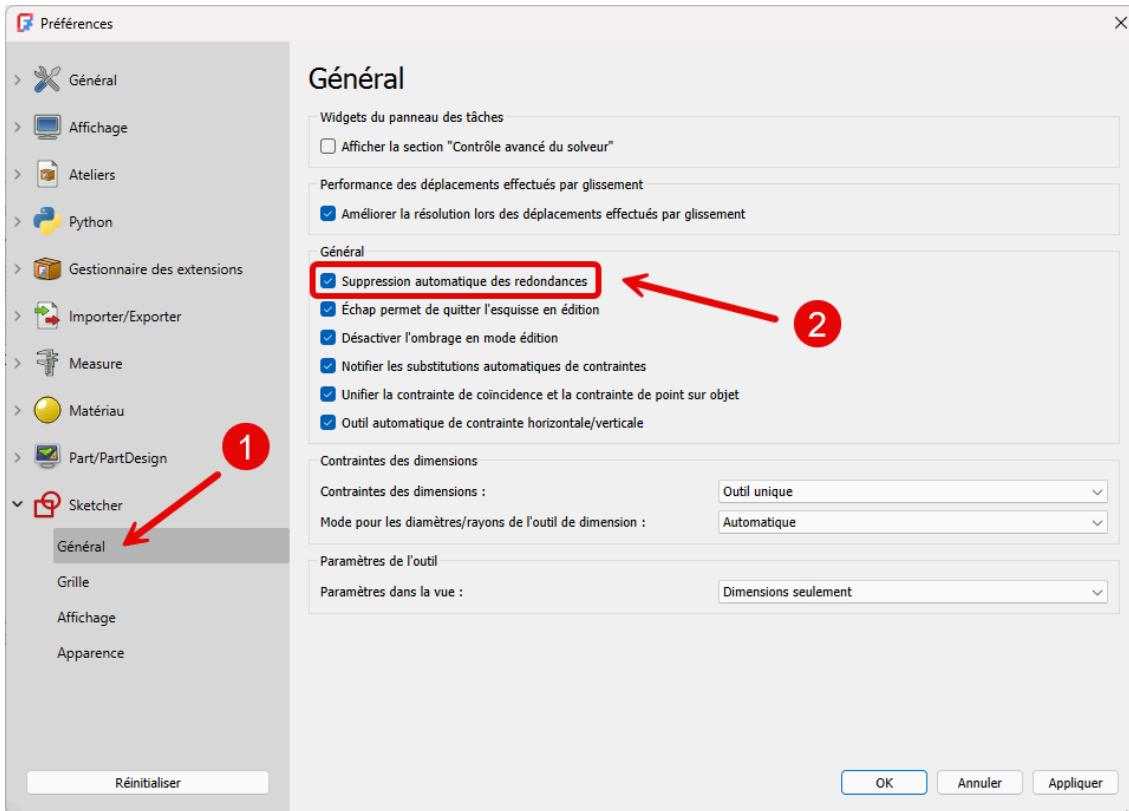
2. ce qui est surabondant par rapport à la contrainte verticale qui a été créée au moment de la création du rectangle
3. ce qui explique le message d'erreur lorsque le réglage Supprimer automatiquement les contraintes redondantes du solveur n'est pas activé.

La suppression automatique des contraintes redondantes supprimera la contrainte verticale superflue.

En pratique

En règle générale, il vaut mieux garder le réglage Suppression automatique des contraintes redondantes activé.

voir le réglage (4) ci-dessous des préférences de l'atelier Sketcher :



Préférences Sketcher : suppression automatiques des redondances

2.6. Fermeture des esquisses

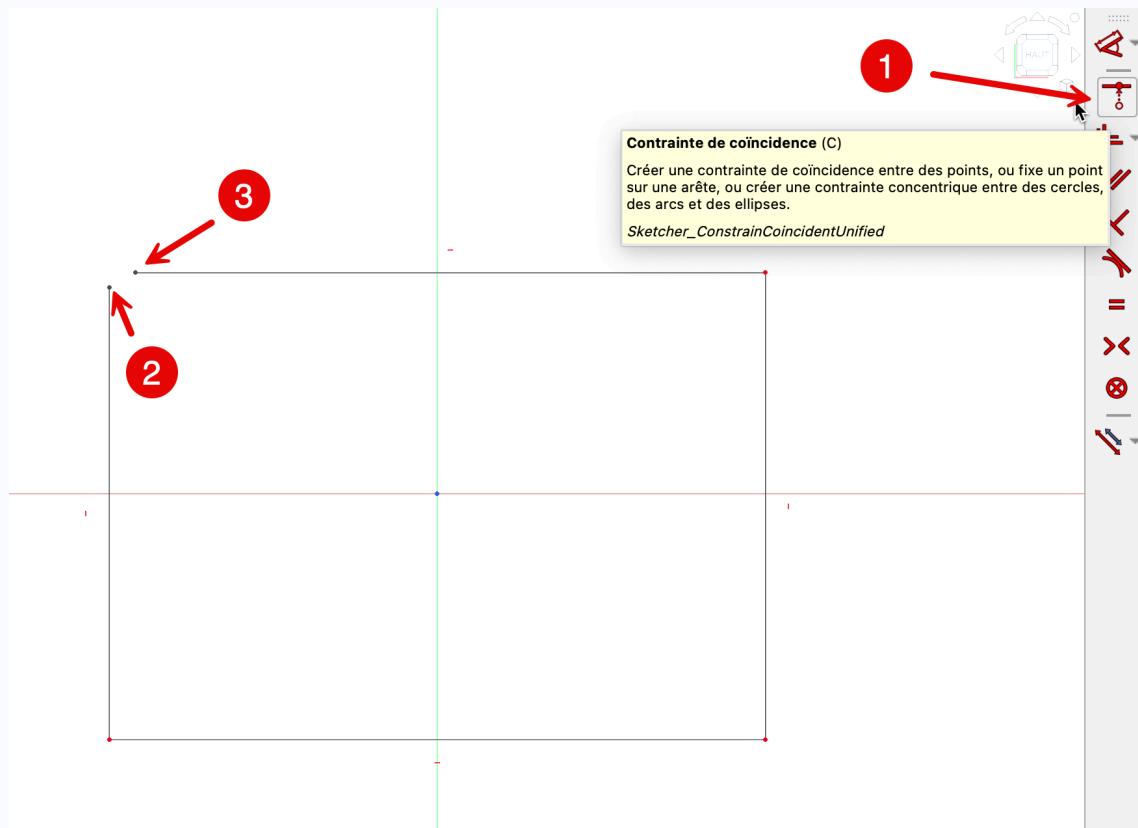
Objectifs

- Comprendre l'enjeu de la fermeture des esquisses ;
- Connaître les bonnes pratiques pour obtenir des esquisses fermées ;
- Utiliser une [contrainte de coïncidence](#)  ;

Tâches à réaliser

- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Télécharger et enregistrer le fichier [tuto4.FCStd](#) sur votre ordinateur ;
- Ouvrir ce document  [tuto4.FCStd](#) dans FreeCAD ;
- Sélectionner l'esquisse Sketch et appliquer la commande Protrusion  ;
- Que constatez vous ?
- Annuler la commande ;

- Double-cliquer sur l'esquisse Sketch pour l'ouvrir dans l'atelier Sketcher ;
- Déplacer le côté gauche du rectangle . Que constatez vous ?
- Appliquer la contrainte de coïncidence aux deux points du coin supérieur gauche ;



Application d'une contrainte de coïncidence aux points 2 et 3 pour fermer l'esquisse

- Quitter l'atelier Sketcher et appliquer à nouveau la commande Protrusion ;
- Conclusion : La plupart des fonctions paramétriques : protrusion, révolution, cavité... appliquées à une esquisse nécessite que cette esquisse soit fermée.

Aide

Pour appliquer la contrainte de coïncidence , cliquer sur les deux points pour les sélectionner puis cliquer sur le bouton ;

Bonnes pratiques

- Privilégier l'utilisation de polygone à celle de lignes ou d'arcs successifs ;
- Exploiter les contraintes automatiques, notamment les contraintes de coïncidence et ;
- Tester régulièrement la fermeture du contour de l'esquisse ;
- Commencer par les contraintes géométriques et finir par les contraintes dimensionnelles, ce qui permet de tester plus facilement la fermeture du contour de l'esquisse ;

💡 Valider une esquisse

FreeCAD propose une commande **Valider une esquisse**  permettant d'identifier les problèmes d'une esquisse, notamment l'option **Surligner les sommets posant problème** qui peut permettre de repérer une esquisse non fermée ;

⚠️ Attention

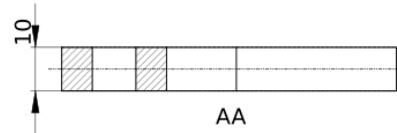
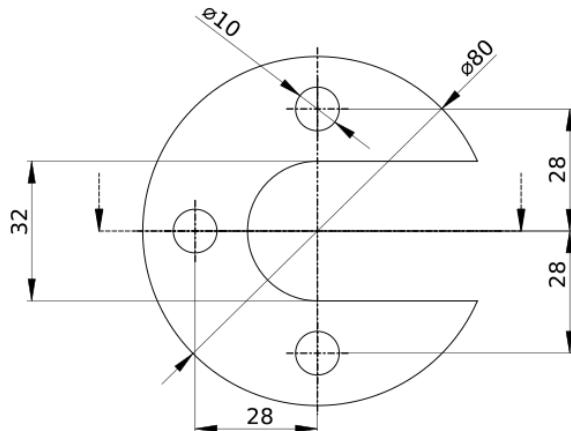
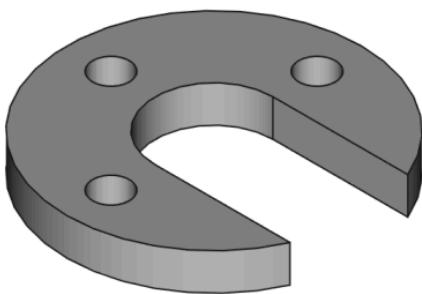
- Une esquisse peut être entièrement contrainte sans être fermée ;

2.7 TP 2-1

🎯 Objectifs

- Utiliser les géométries : **Cercle** , **Ligne** , **Arc par son centre**  ;
- Exploiter les contraintes automatiques lors de la création de ces géométries ;
- Utiliser la commande **Ajuster**  ;
- Utiliser la **contrainte de dimension**  ;

Nous allons modéliser le solide suivant : (cf. [TP2-1-Plan.pdf](#))

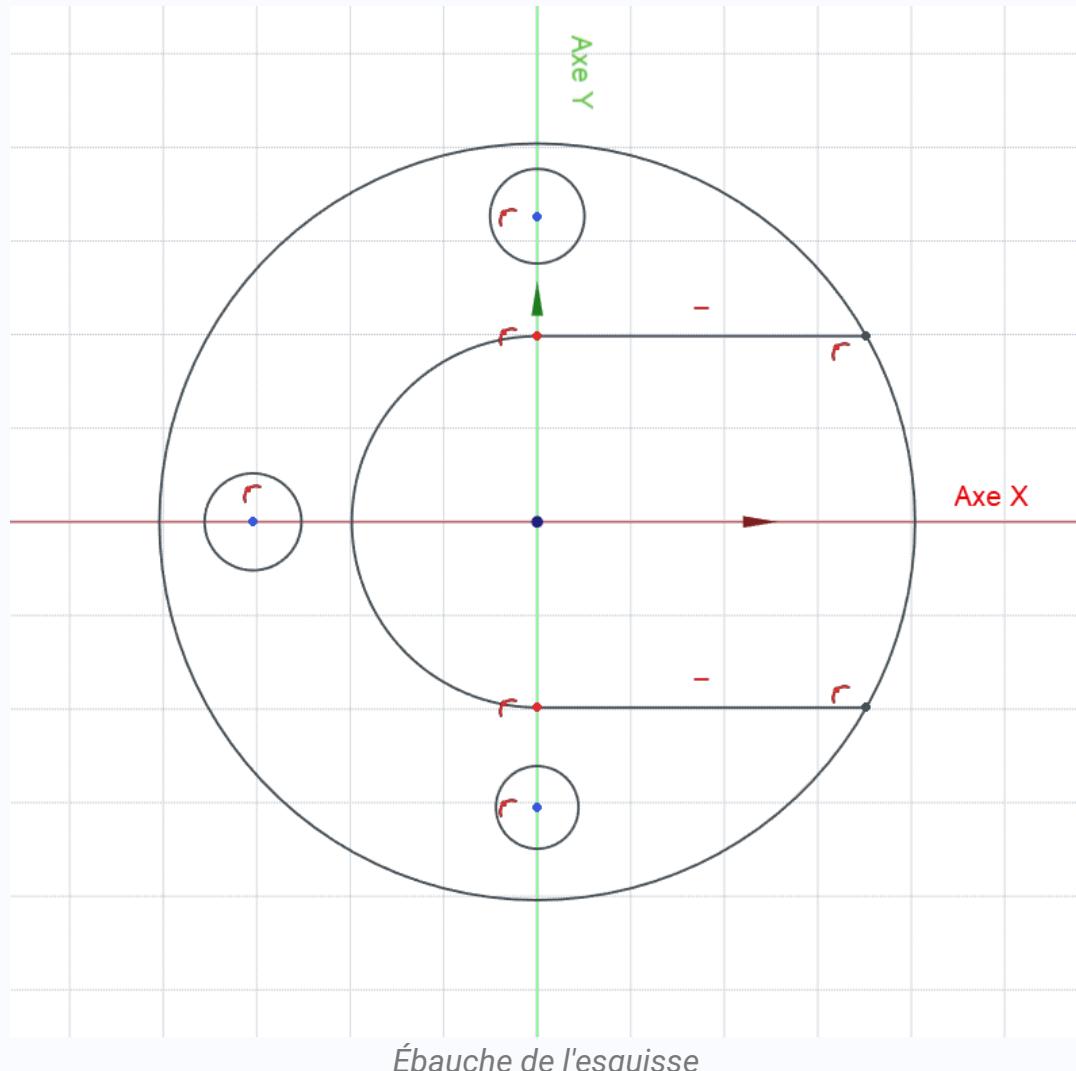


Plan du TP 2-1

🕒 Tâches à réaliser

- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Créer un nouveau document  **TP2-1** dans FreeCAD ;

- Créer un nouveau corps  et une nouvelle esquisse  dans le plan XY ;
- Construire l'esquisse ci-dessous
 - en utilisant les informations de coordonnées associées au pointeur de la souris pour positionner les points **approximativement**,
 - en exploitant les contraintes automatiques (cf. tableau ci-dessous)



Aide :

Tableau des contraintes automatiques à exploiter

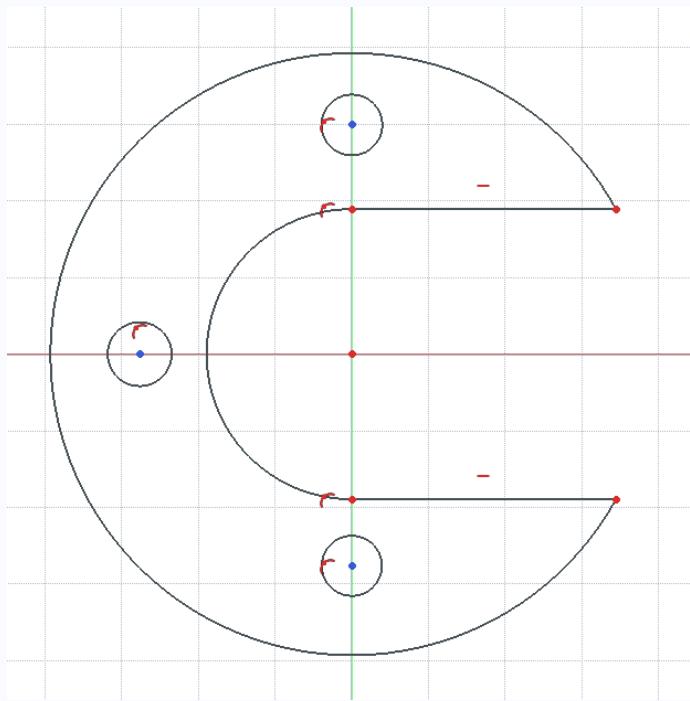
Géométries	Points	Contraintes automatiques
 Grand cercle	Centre	 sur l'origine
 Petits cercles	Centre	 respectivement sur l'axe Y ou bien X
 pour le 1/2 cercle	Centre	 sur l'origine
	Extrémités	 sur l'axe Y

Lignes horizontales	Extrémité gauche	 avec l'extrémité du 1/2 cercle
	Extrémité droite	 avec le grand cercle
	Ligne elle-même	

☒ Tâches à réaliser (suite)

- Ajuster  le grand cercle entre les deux lignes horizontales :

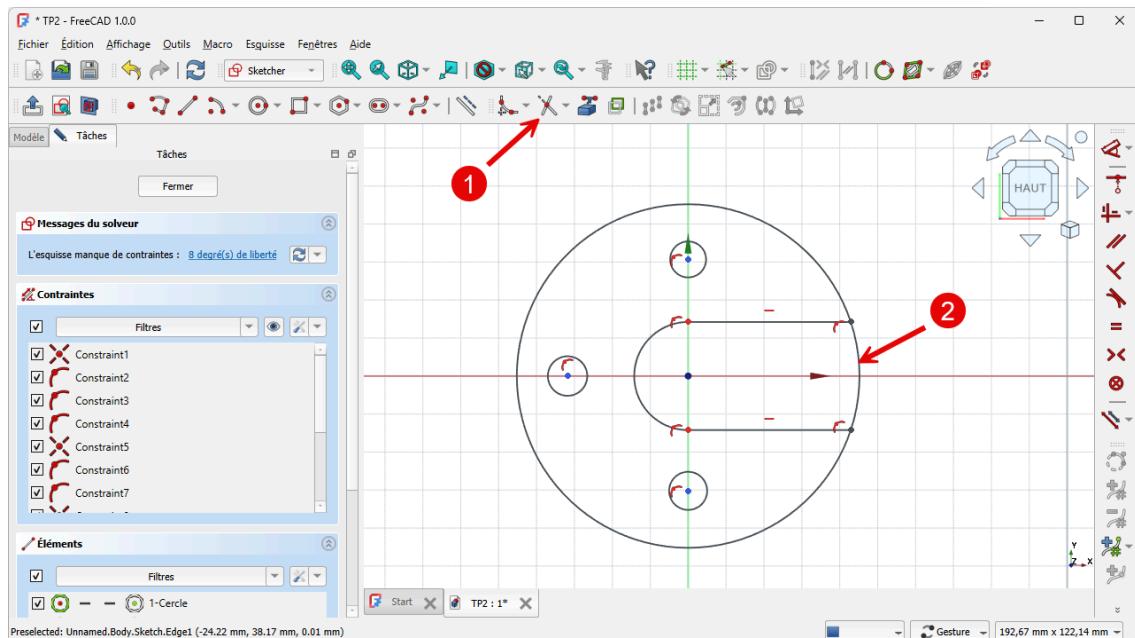
Ajustement du grand cercle



- Déplacer légèrement une des 2 lignes horizontales afin de vérifier que le contour extérieur de l'esquisse est bien fermé ;

💡 Aide :

Pour ajuster le grand cercle, il suffit de cliquer sur la commande  puis de cliquer sur la portion de cercle à effacer, celle située entre les deux lignes horizontales ;



Ajustement du grand cercle entre les deux lignes horizontales

☰ Tâches à réaliser (suite)

- Appliquer la contrainte dimensionnelle pour les cercles et 1/2 cercle ;
- Appliquer les contraintes et pour positionner le centre des petits cercles ;

ⓘ Égalité du diamètre des petits cercles

Pour simplifier la saisie, on peut appliquer une contrainte d'égalité pour les 3 petits cercles puis saisir la dimension à l'un des cercles :

- Sélectionner les 3 cercles à l'aide d'un clic gauche puis appliquer la contrainte d'égalité ;

⚠ Utilisation du bouton pour le grand cercle

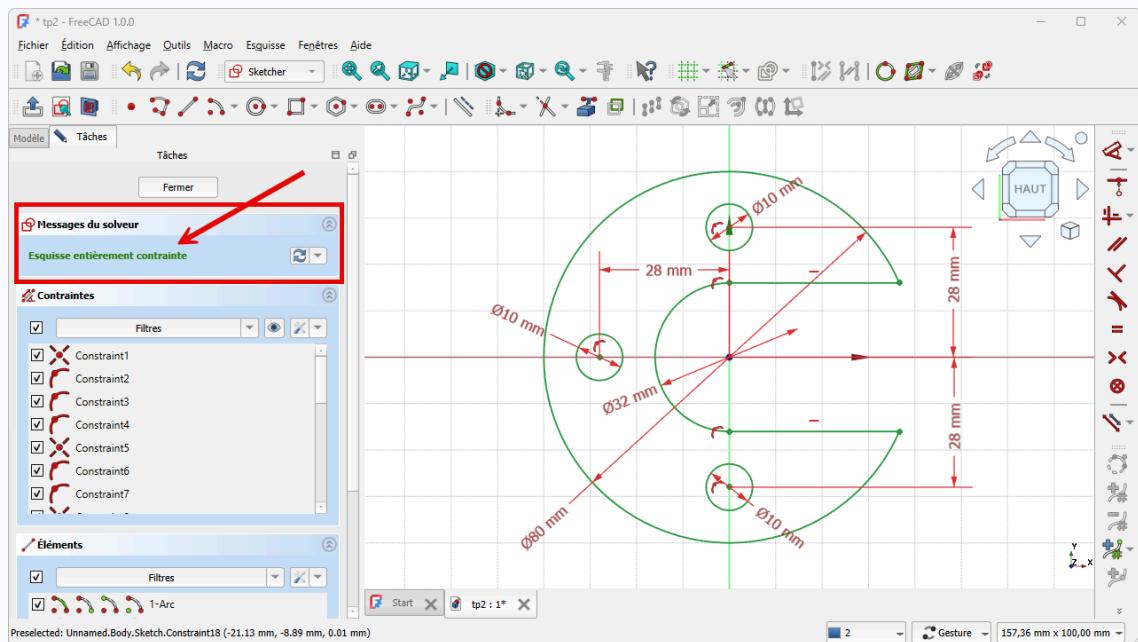
Si vous utilisez directement le bouton pour contraindre la dimension du grand cercle, devenu un arc après l'ajustement, FreeCAD proposera de saisir le rayon et non le diamètre : appuyer sur la touche pour saisir le diamètre ;

ⓘ Utilisation du bouton pour positionner les petits cercles sur les axes Y et X

- Cliquer sur le bouton , puis cliquer le centre d'un petit cercle pour fixer la distance de centre par rapport à l'origine : FreeCAD déduira de la position du cercle la distance verticale ou horizontale à saisir ;

✓ Tâches à réaliser (suite et fin)

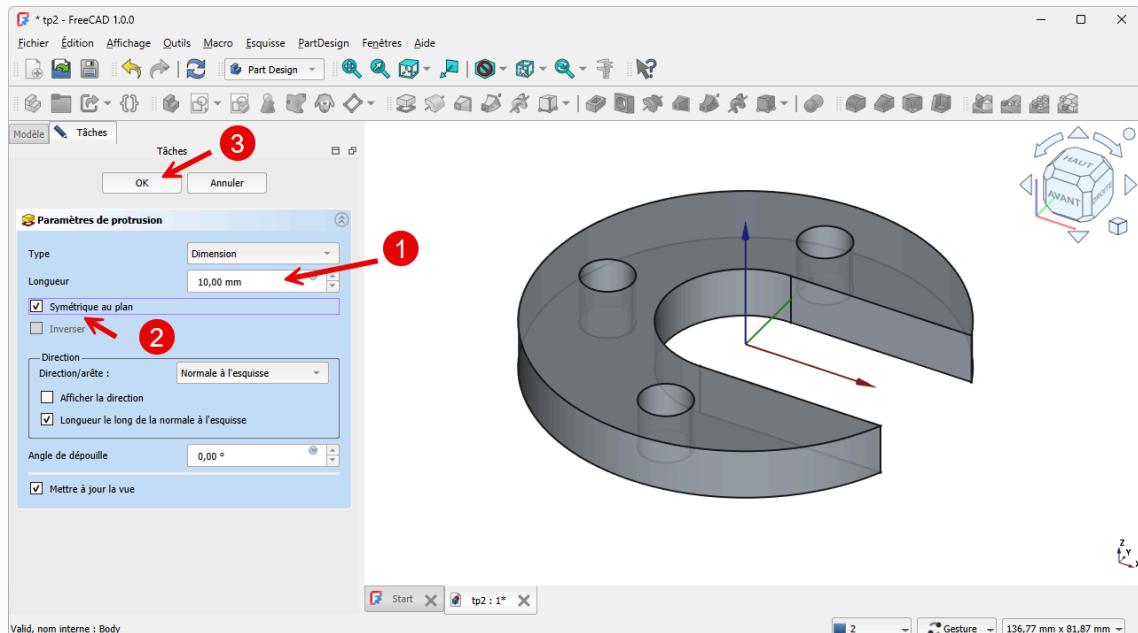
- Vérifier que l'esquisse est bien entièrement contrainte ;



Esquisse entièrement contrainte

- Refermer l'esquisse et créer la proéusion de 10 mm, symétrique par rapport au plan XY ;

Création de la proéusion



Paramètres de la proéusion

2.7.1. ⏴ Capture vidéo

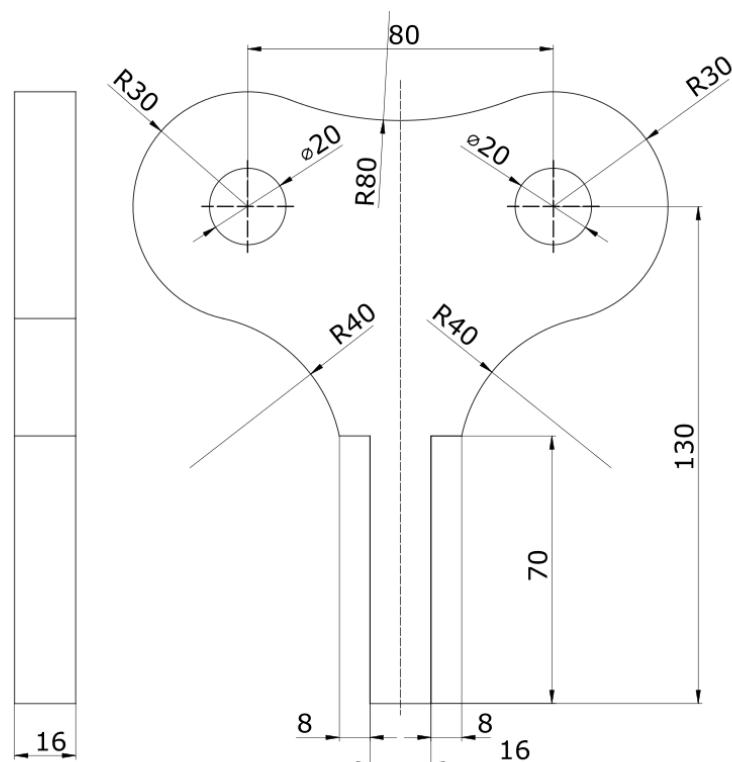
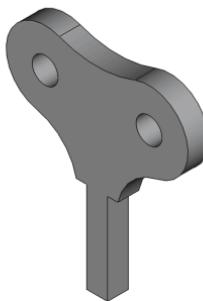


2.8. TP 2-2 🔑

⌚ Objectifs

- Utiliser les géométries : **polygone** , **arc 3 points** ;
- Utiliser les contraintes géométriques : **symétrie** , **égalité** , **tangente** ;
- Utiliser la contrainte dimensionnelle : **Rayon** .

Nous allons modéliser le solide suivant : (cf. [TP2-2-Plan.pdf](#))



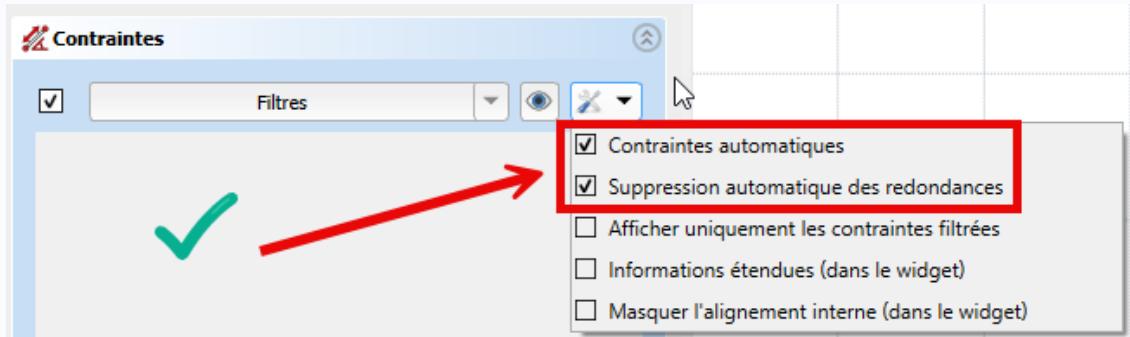
Plan TP2-2

🕒 Tâches à réaliser

- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Créer un nouveau document TP2-2 dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau corps et une nouvelle esquisse dans le plan XZ ;

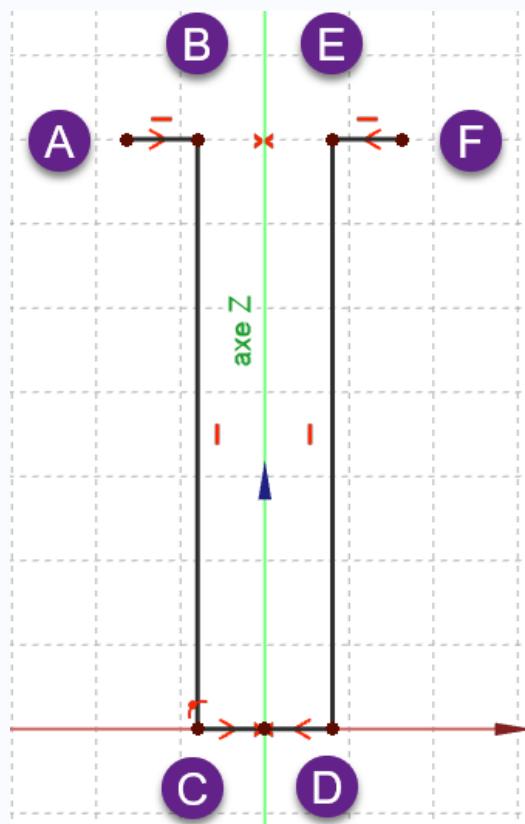


- Vérifier que Contraintes automatiques et Suppression automatique des redondances sont cochées ;



Contrôle contraintes automatiques et suppression automatique des redondances

- Créer la polyligne A B C D E F :
- en utilisant les informations de coordonnées associées au pointeur de la souris pour positionner les points **approximativement**,
- en exploitant les contraintes automatiques (cf. tableau ci-dessous)



1^{ère} partie de l'esquisse

- Utiliser la contrainte de symétrie par rapport à l'**axe Z** respectivement pour les points A & F puis C & D ;

Aide :

Tableau des contraintes automatiques à utiliser

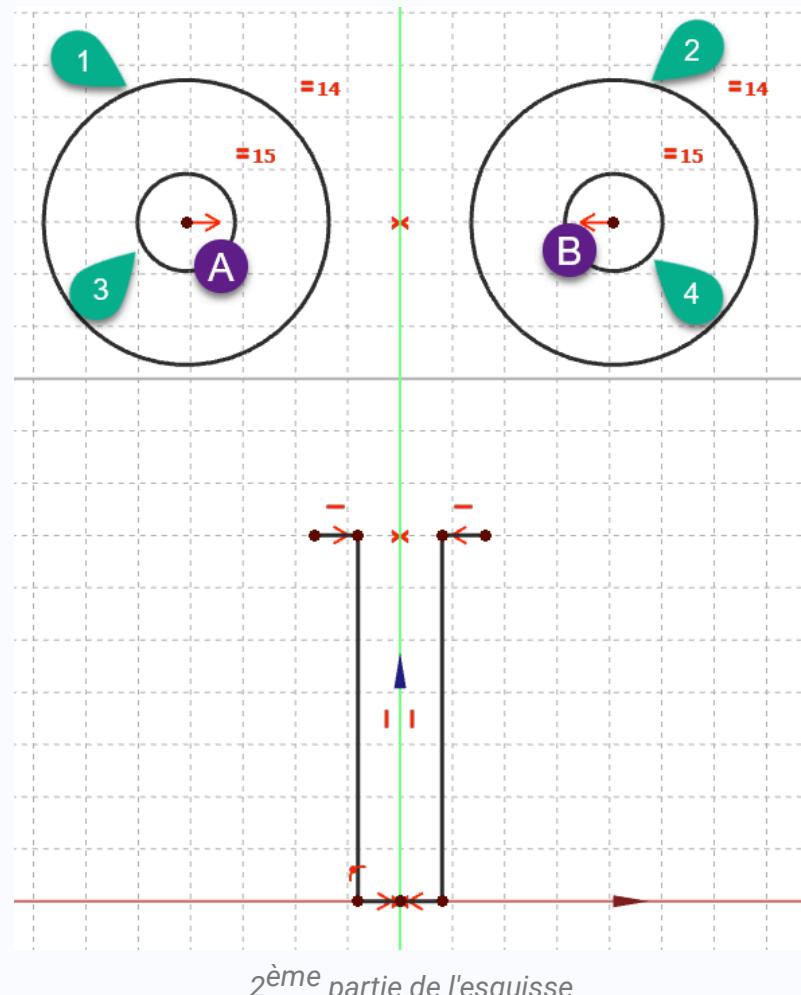
Géométrie	Points	Contraintes automatiques
Polygone	Point B	—
	Point C	⌞ sur l'axe X
	Point D	⌞ sur l'axe X
	Point E	—
	Point F	—

💬 Ordre de saisie des contraintes

Afin de pouvoir tester la fermeture de l'esquisse, il est préférable de saisir les contraintes dimensionnelles en dernier après avoir saisi toutes les contraintes géométriques ;

🕒 Tâches à réaliser (suite)

- Créer les cercles 1 2 3 4 en utilisant les contraintes automatiques du tableau ci-dessous :





- Puis utiliser :

- la contrainte de symétrie par rapport à l'axe Z respectivement pour les centres A et B ;
- la contrainte d'égalité respectivement pour les cercles 1 & 2 puis 3 & 4 ;

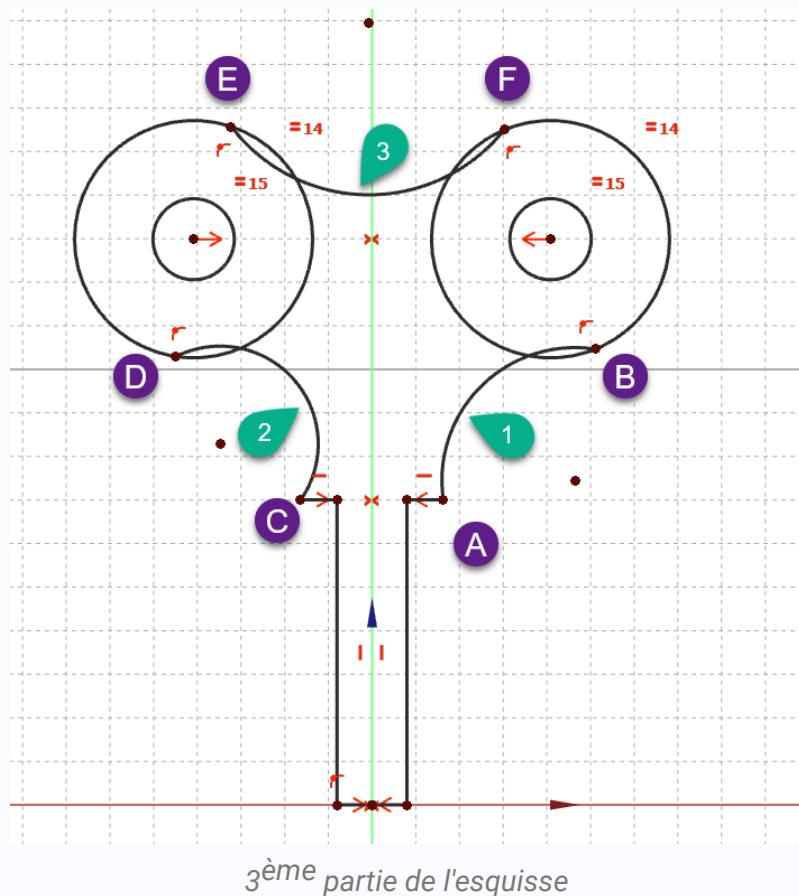
Aide :

Tableau des contraintes automatiques à utiliser

Géométrie	Points	Contraintes automatiques
Cercle 3	Centre	avec le centre A du cercle 1
Cercle 4	Centre	avec le centre B du cercle 2

Tâches à réaliser (suite)

- Créer 3 arcs 3 points en utilisant les contraintes automatiques du tableau ci-dessous :



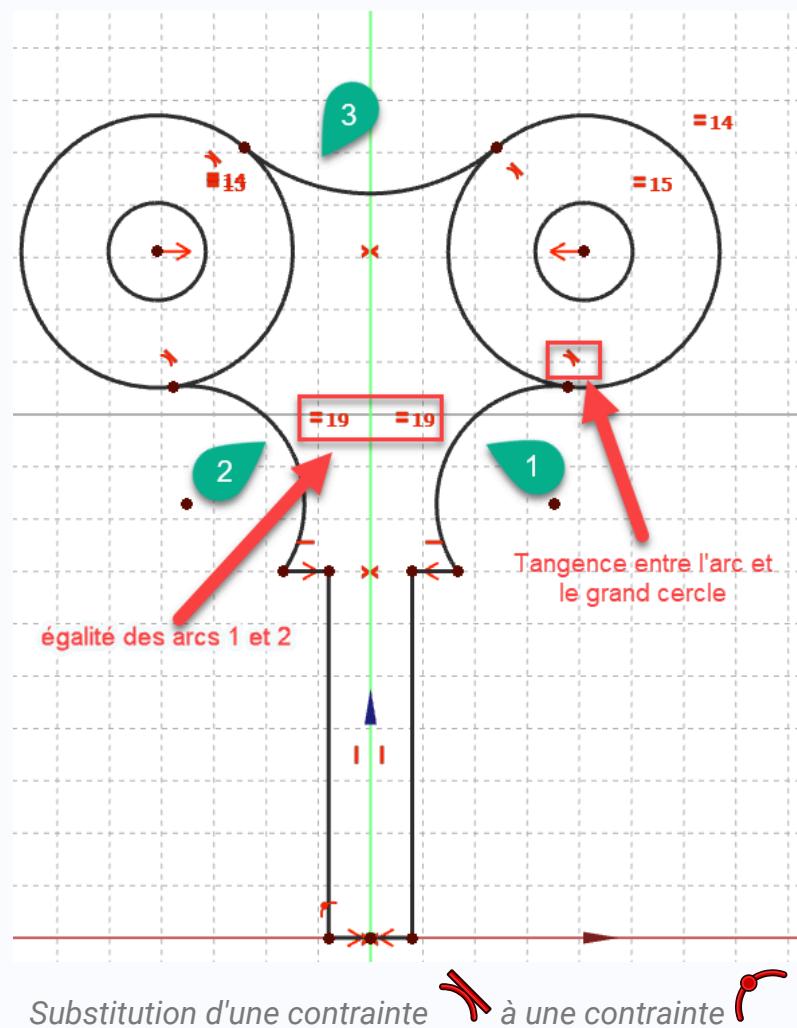
Aide :

Tableau des contraintes automatiques à utiliser

Géométrie	Points	Contraintes automatiques
Arc 1	Point A	avec l'extrémité droite de la polyligne
	Point B	avec le grand cercle de droite
Arc 2	Point C	avec l'extrémité gauche de la polyligne
	Point D	avec le grand cercle de gauche
Arc 3	Point E	avec le grand cercle de gauche
	Point F	avec le grand cercle de droite

☰ Tâches à réaliser (suite)

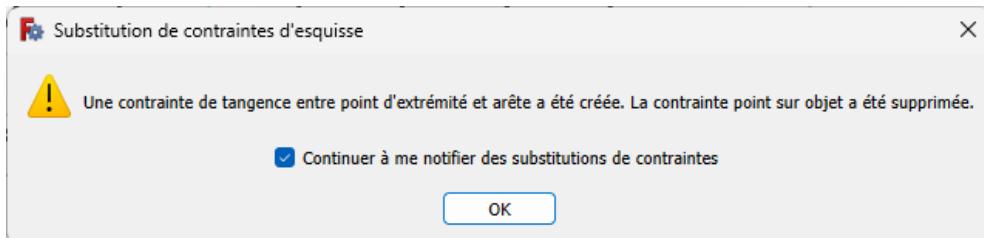
- Utiliser la contrainte d'égalité $=$ entre les arcs 1 et 2 ;
- Utiliser la contrainte de tangence \curvearrowright respectivement entre l'arc 1 et le grand cercle de droite, entre l'arc 2 et le grand cercle de gauche, entre l'arc 3 et les deux grands cercles ;



Substitution de contraintes

Lors de l'utilisation de la contrainte de tangence, FreeCAD remplace une contrainte  par une contrainte de tangence .

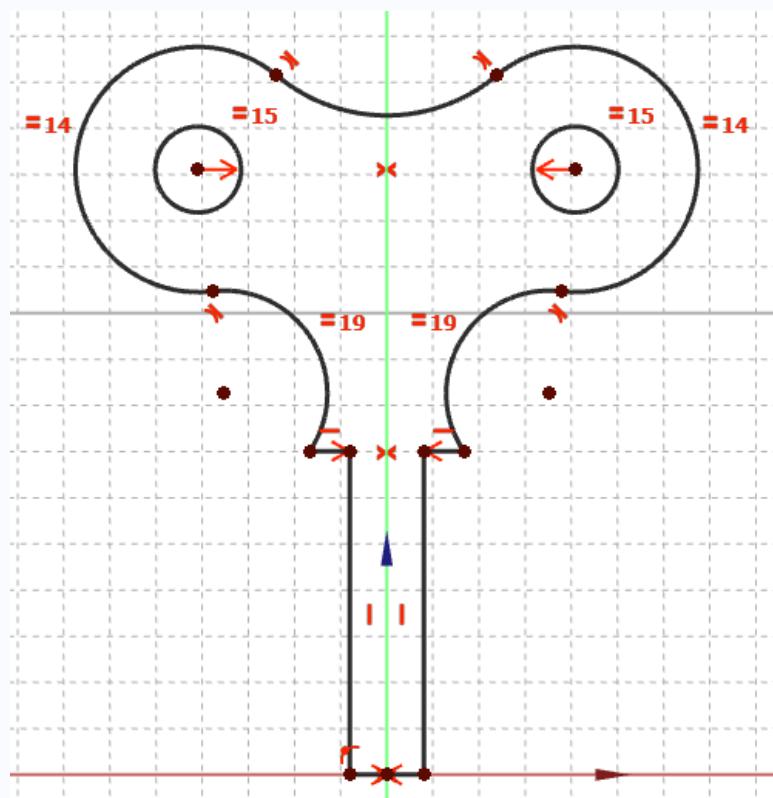
Valider la boîte de dialogue ;



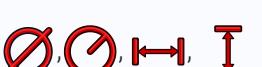
Message de FreeCAD lors d'une substitution de contrainte

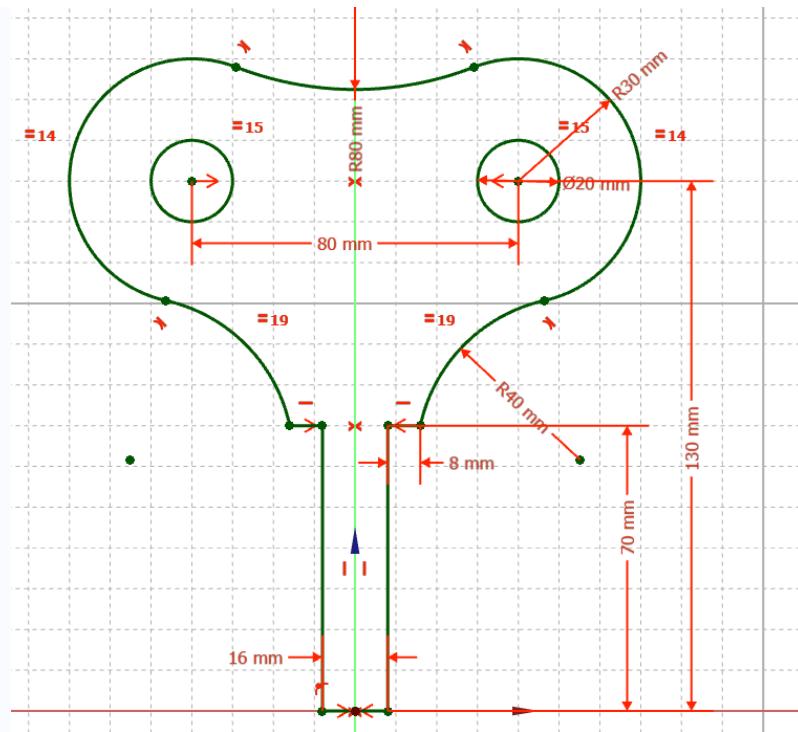
Tâches à réaliser (suite et fin)

- Ajuster  les deux grands cercles ;

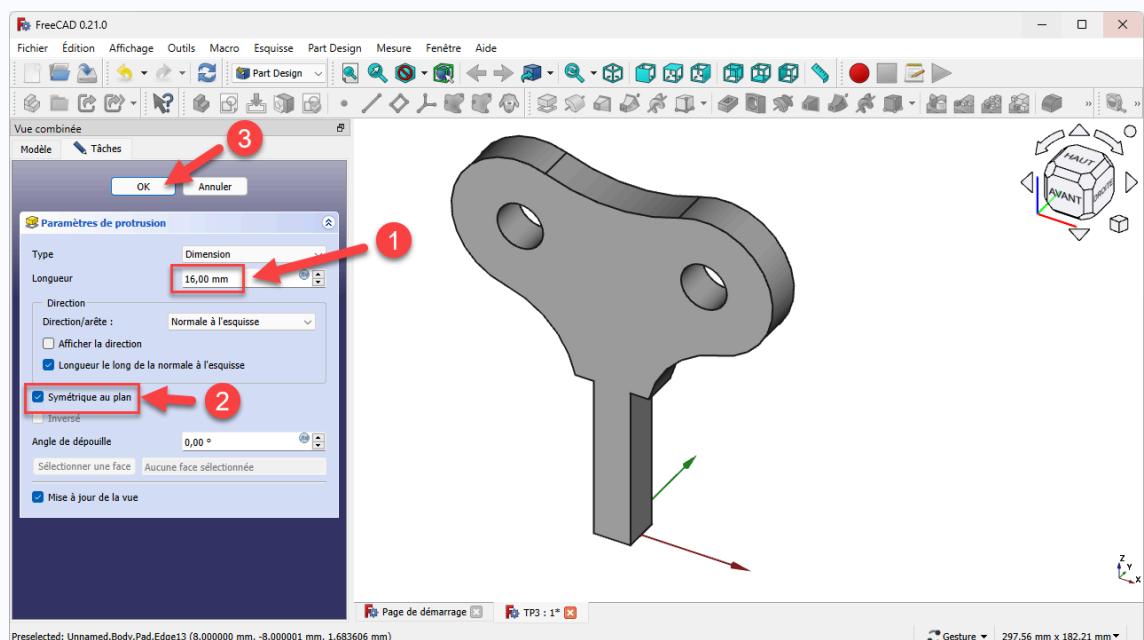


Ajustement des grands cercles

- Vérifier que le contour extérieur est bien fermé en déplaçant légèrement des éléments de l'esquisse avec la souris ;
- Appliquer les contraintes dimensionnelles  ;

*Esquisse avec les contraintes dimensionnelles*

- Fermer l'esquisse et créer une proéusion de 16 mm symétrique ;

*Création de la proéusion*



2.8.1. Capture vidéo



2.9. Géométries de construction

Objectifs

- Comprendre et utiliser les géométries de construction^W de l'atelier Sketcher ;
- Utiliser la contrainte d'angle^W

Géométrie de construction

Dans une esquisse, on distingue les géométries de définition et les géométries de construction :

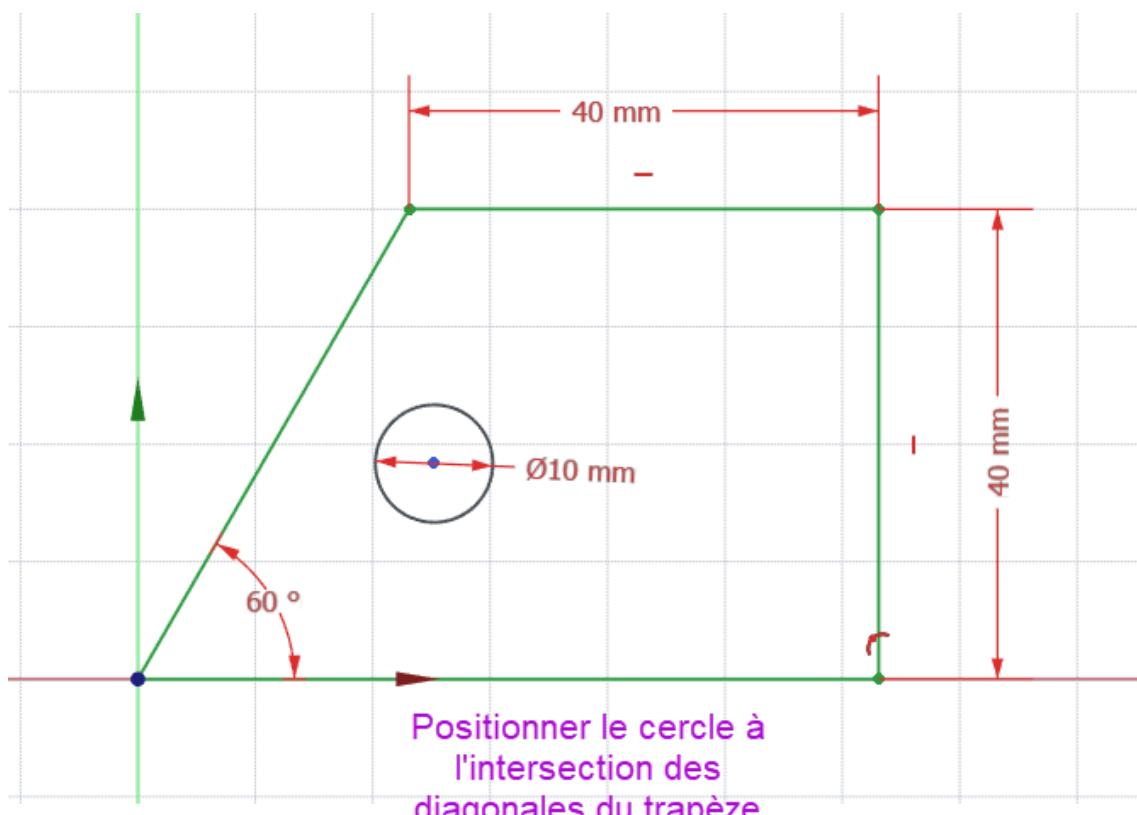
- Les géométries (de définition) sont utilisées par les fonctions paramétriques 3D (protrusion, révolution...) pour « créer / supprimer de la matière » ;
- Les géométries de construction aident à définir les contraintes et les géométries de définition à l'intérieur de l'esquisse elle-même, elles ne sont pas visibles à l'extérieur de l'esquisse et sont ignorées lors de l'application des fonctions paramétriques 3D ;

Par défaut, les géométries de construction s'affichent en trait interrompu bleu ;

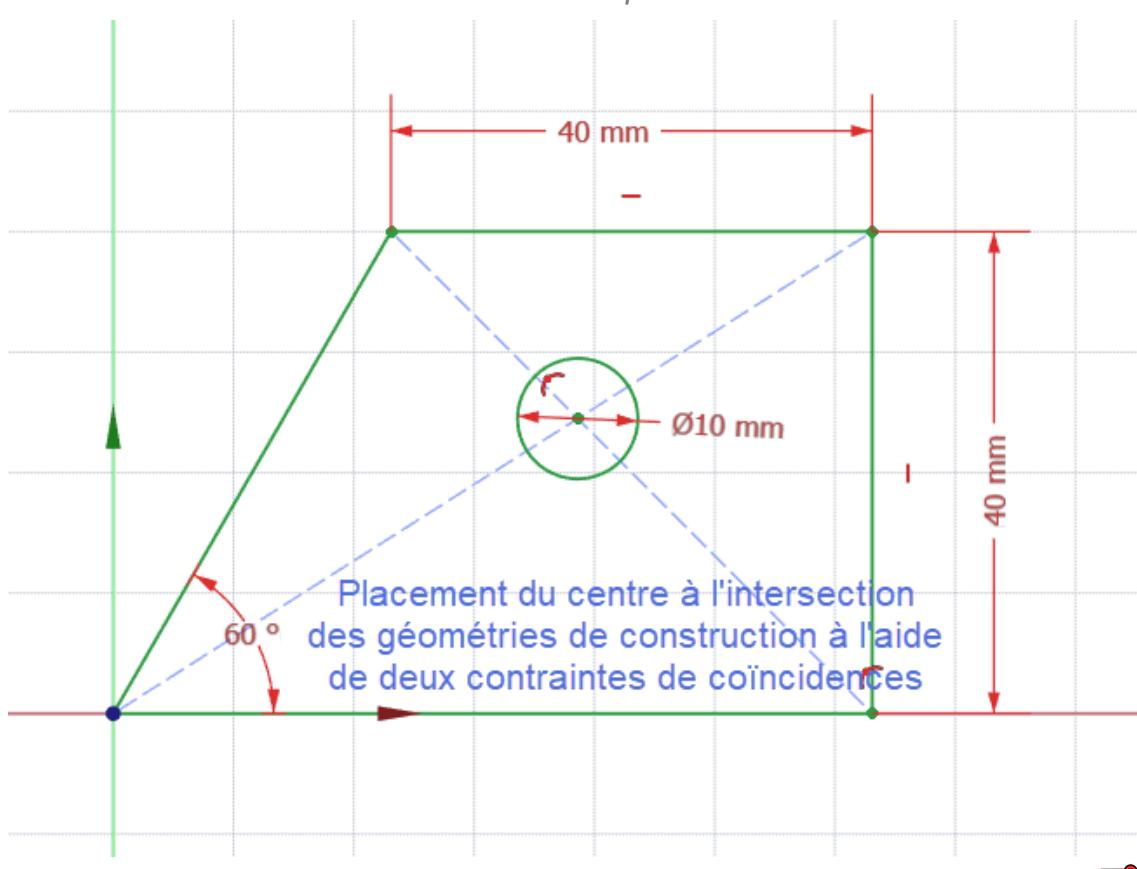
Par exemple :

Pour positionner le centre du cercle à l'intersection des diagonales du trapèze, le plus simple est de tracer les diagonales du trapèze comme lignes de construction puis d'utiliser deux fois la contrainte pour amener le centre du cercle à l'intersection des diagonales :

Exemple d'utilisation des géométries de construction



Centre du cercle à positionner



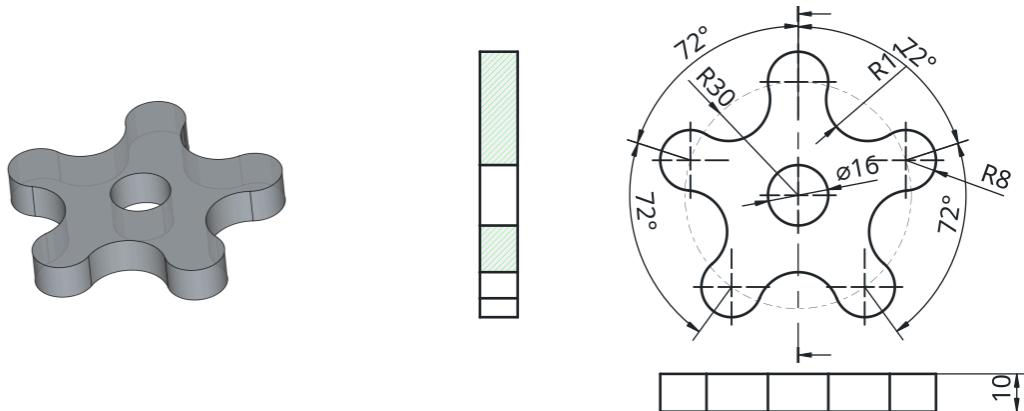
Placement du centre à l'intersection des diagonales à l'aide de 2 contraintes de coïncidence



Conseil

Pour construire des géométries de construction, il faut utiliser la commande [Activer / désactiver la géométrie de construction](#) dans l'atelier Sketcher

Nous allons reprendre l'[exemple ci-dessous provenant du wiki FreeCAD](#) : (cf. [TP2-3-Plan.pdf](#))



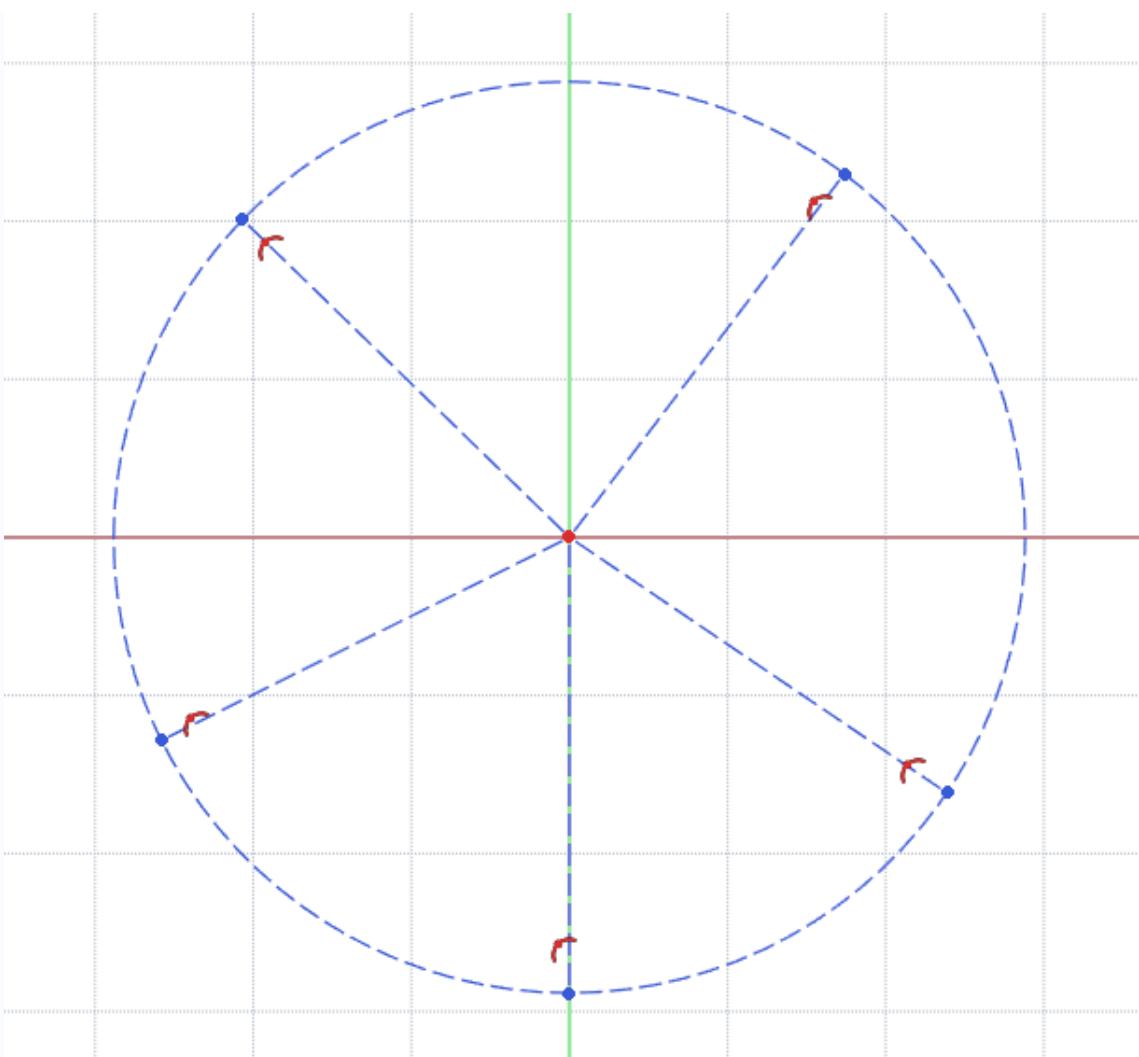
Tâches à réaliser : création des géométries de construction

- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Créer un nouveau document TP2-3 dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau corps et une nouvelle esquisse dans le plan XY ;
- Dans l'atelier Sketcher, cliquer sur le bouton de la barre d'outils Géométries d'esquisse ;
 - Noter la coloration en bleu des boutons de cette barre d'outils :

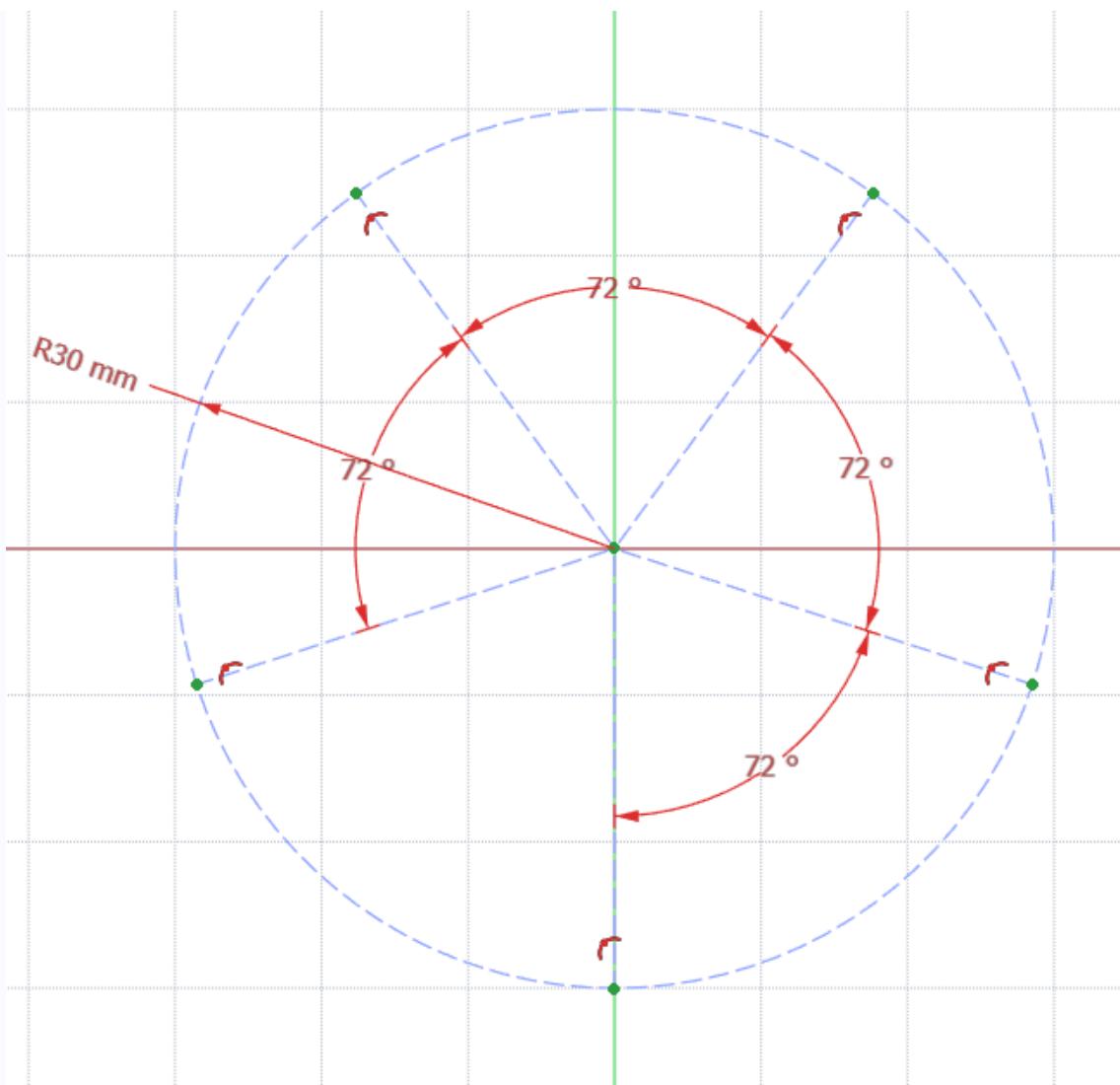


Barre d'outils : géométries de construction

- Construire un cercle centré sur l'origine d'environ 60 mm de diamètre ;
- Construire 5 lignes de construction partant de l'origine de l'esquisse et dont l'extrémité est contrainte sur le cercle ;



- Contraindre le rayon du cercle  à 30 mm et la position de ces lignes à l'aide de contraintes d'angle  de 72° ;

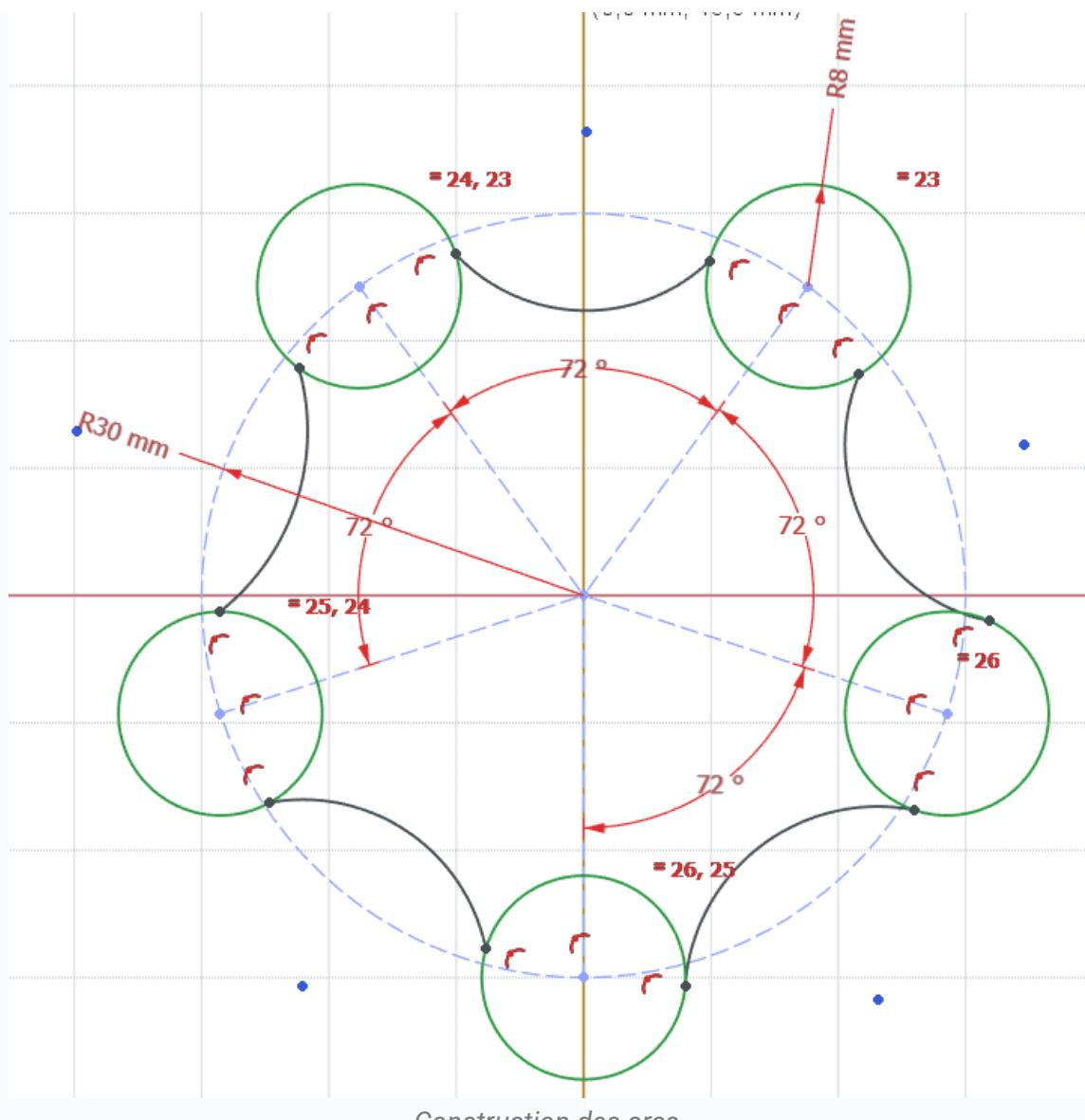


♀ Aide :

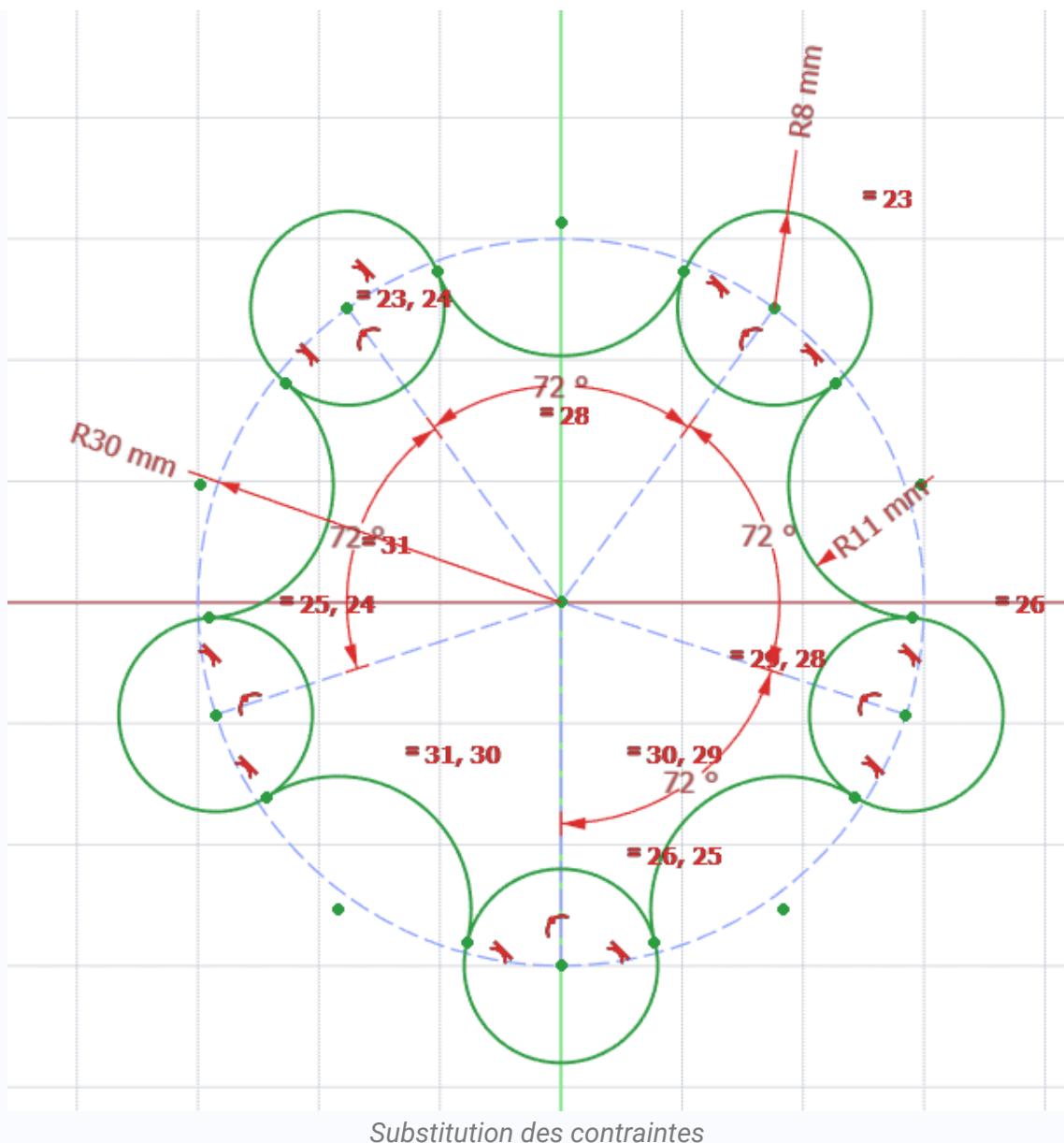
- Utiliser la contrainte automatique pour l'origine des 5 lignes ;
- Utiliser la contrainte automatique sur le cercle pour l'extrémité des 5 lignes ;

🕒 Tâches à réaliser : géométries de définition

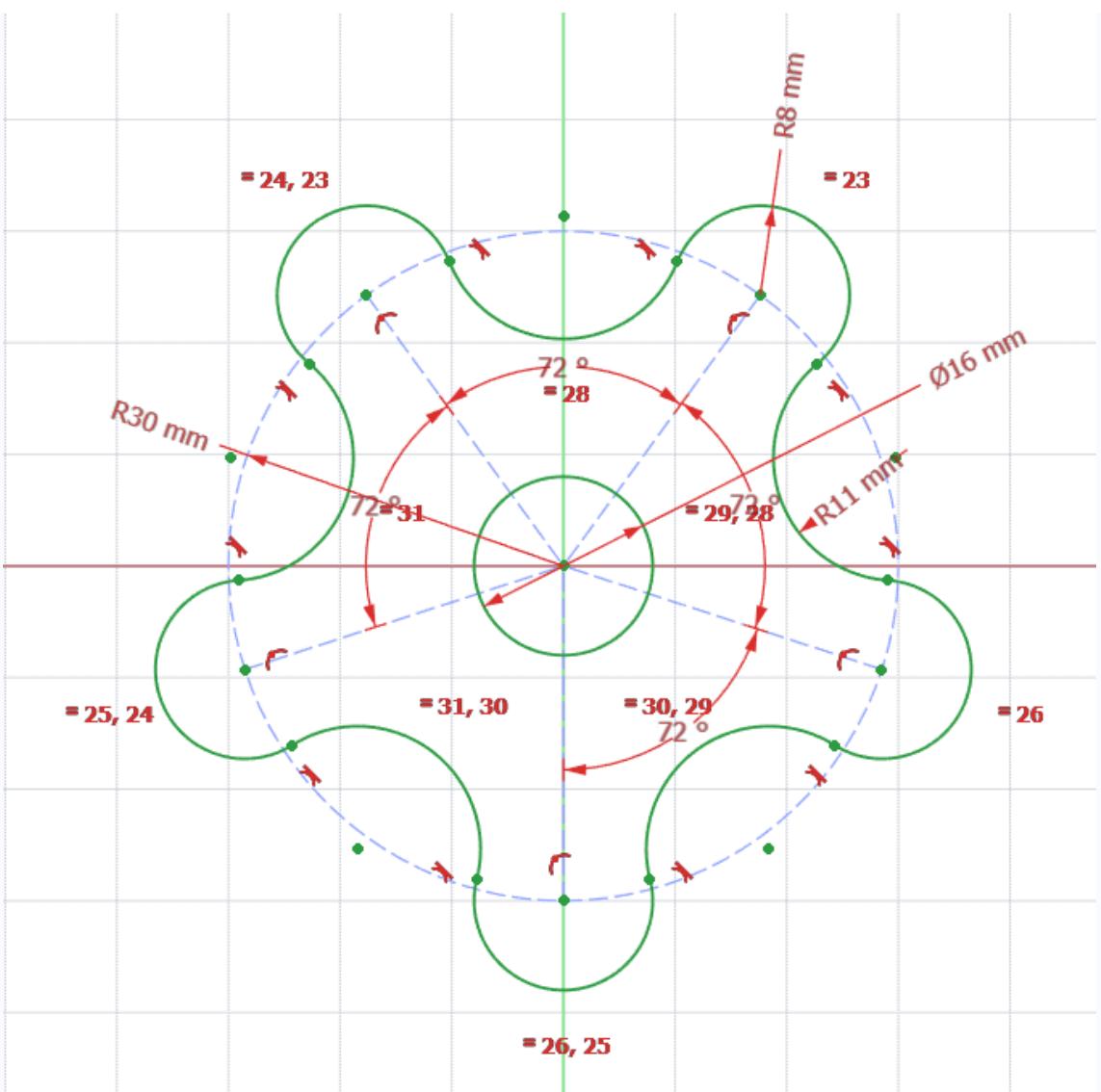
- Cliquer sur le bouton de la barre d'outils Géométries d'esquisse pour revenir en mode géométries de définition ;
 - Les boutons de la barre d'outils
- Créer 5 cercles égaux de rayon 8 mm centrés sur l'extrémité de chaque ligne de construction ;
- Créer 5 arcs 3 points en prenant soin d'exploiter la contrainte automatique pour les extrémités de ces arcs : chaque extrémité d'arc doit se trouver sur un cercle ;



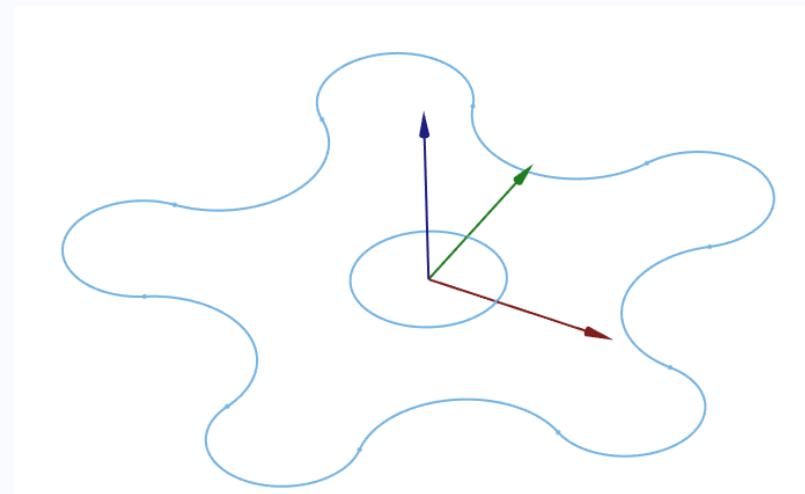
- Rendre tangents ces arcs aux cercles à l'aide de la contrainte de tangence  ;
- Vérifier que le contour extérieur est fermé ;
- Fixer le rayon de ces arcs à  11 mm ;



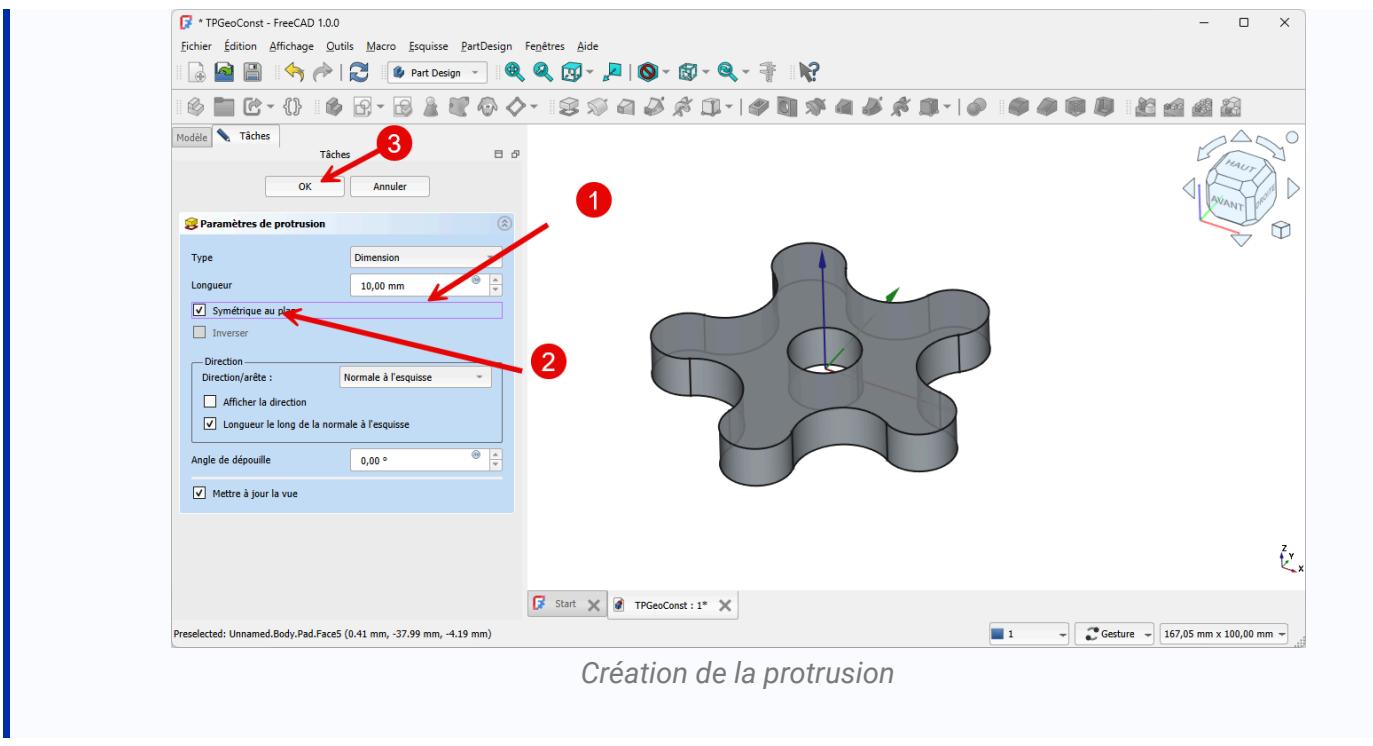
- Supprimer l'intérieur des 5 cercles à l'aide de la commande Ajuster  ;
- Ajouter le cercle central  de diamètre Ø 16 mm centré  sur l'origine du repère ;

*Suppression de l'intérieur des cercles par ajustements*

- Fermer l'atelier Sketcher  et vérifier que les lignes de construction n'apparaissent pas dans la vue 3D ;

*Esquisse*

- Appliquer une protrusion  de 10 mm symétrique ;



2.9.1. ➤ Capture vidéo



3. Modélisation paramétrique

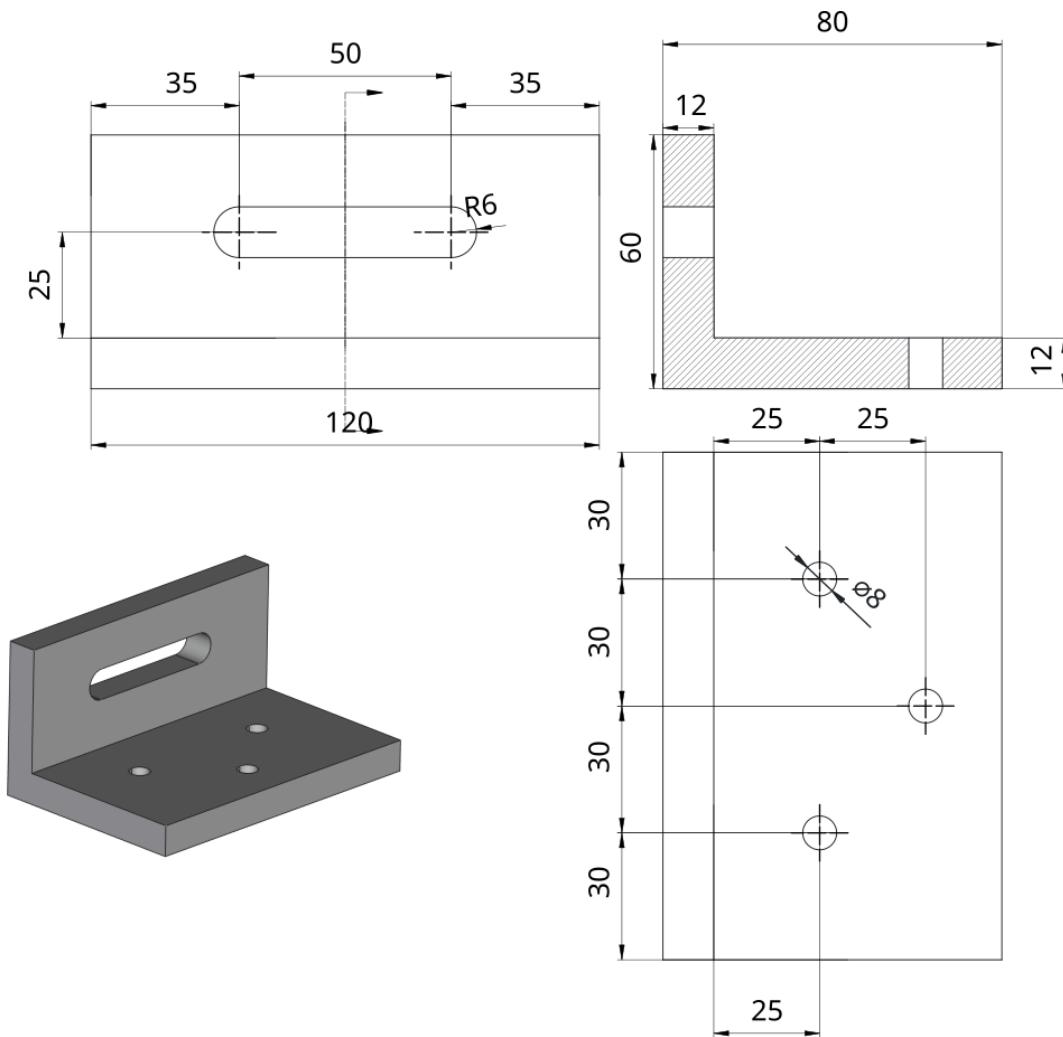
Après avoir exploré l'atelier Sketcher Part Design, nous allons expérimenter la construction cumulative de la modélisation paramétrique dans l'atelier Sketcher Part Design ;

3.1. TP 3-1

Objectifs

- Mettre en œuvre et comprendre l'approche cumulative de la modélisation paramétrique en créant plusieurs esquisses successives ;
- Utiliser la géométrie **Contour oblong** W dans l'atelier Sketcher Part Design ;
- Utiliser la commande **Cavité** W dans l'atelier Sketcher Part Design ;

Nous allons modéliser le solide suivant : (cf [TP3-1-Plan.pdf](#))



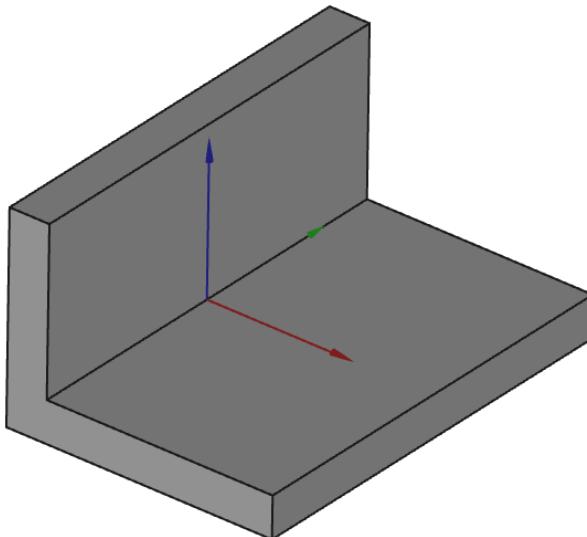
Plan TP 3-1

☰ Tâches préliminaires

- Créez un nouveau document TP3-1 dans FreeCAD ;
- Créez un nouveau corps et une nouvelle esquisse dans le plan XZ ;

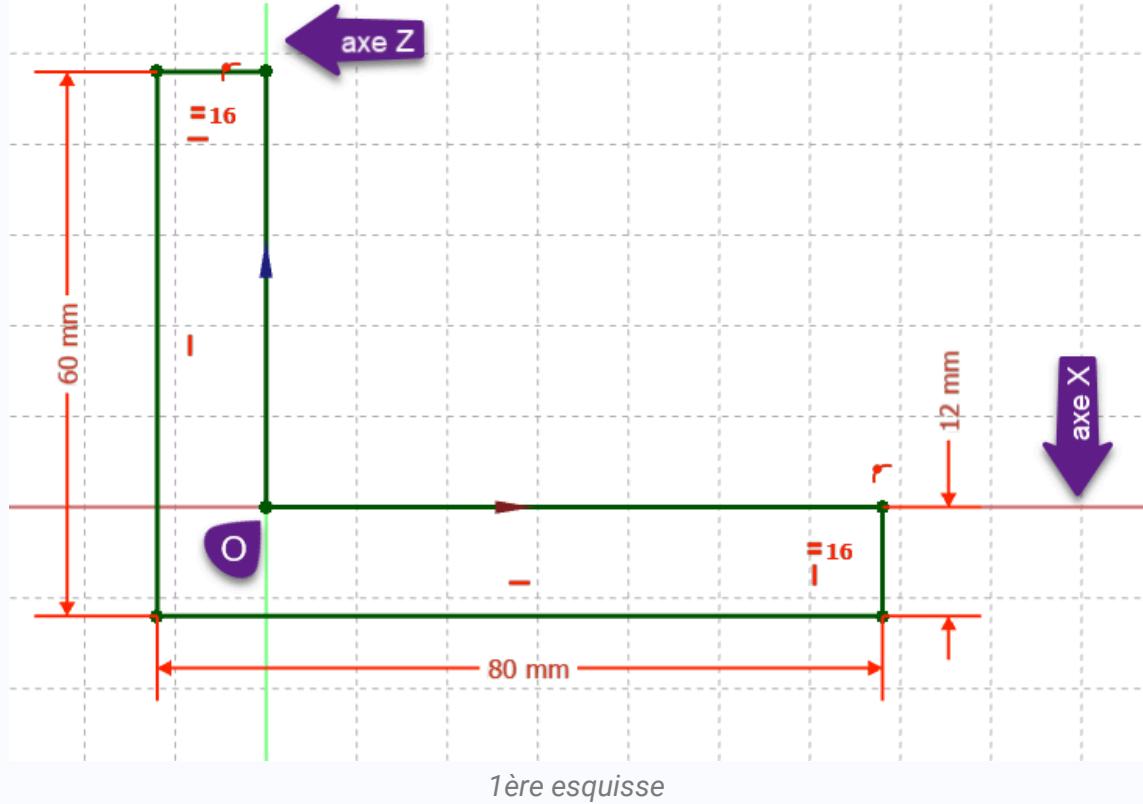
3.1.1. 1^{ère} esquisse & fonction paramétrique

1^{ère} étape : nous allons modéliser l'équerre sans ses trous ;

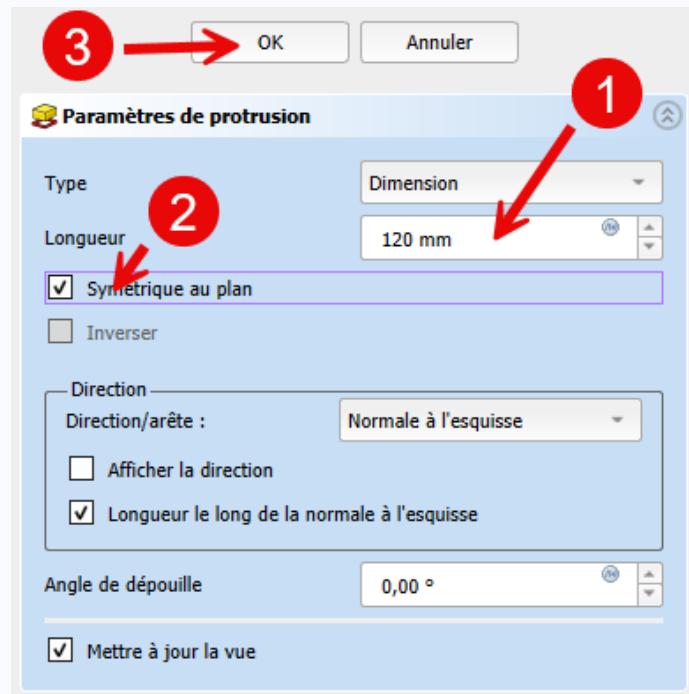


☰ Tâches à réaliser

- Dans l'atelier Sketcher, créer l'esquisse ci-dessous à l'aide d'une **seule** polylinéie en exploitant les contraintes automatiques ;



- Créer une protrusion de 120 mm symétrique ;

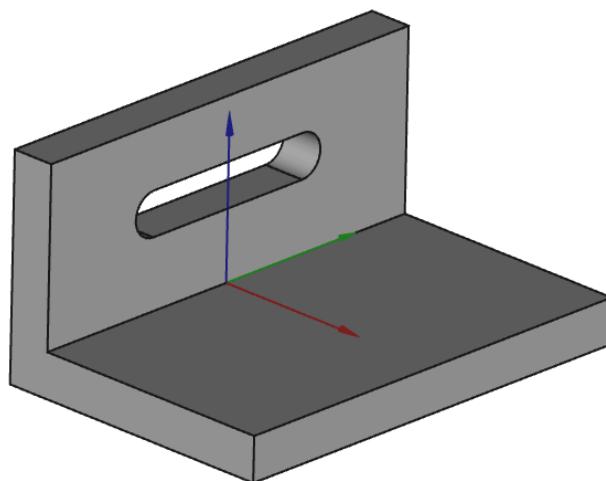


Utilisation de la symétrie dans FreeCAD

D'une manière générale, il faut utiliser le plus souvent possible les symétries des modèles : dans le cas présent, cela permettra de placer les trous et le trou oblong par rapport à ces axes de symétrie.

3.1.2. 2^{ème} esquisse & fonction paramétrique

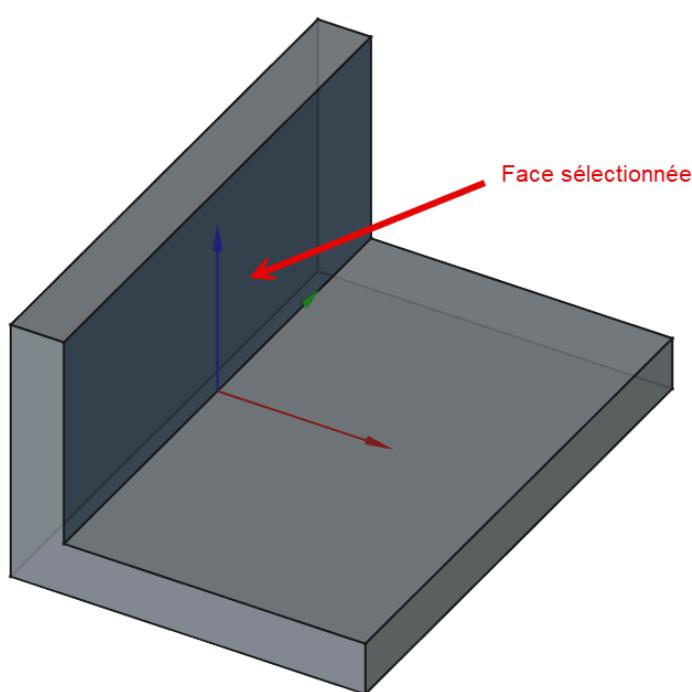
2^{ème} étape : nous allons ajouter le trou oblong :



Vue 3D du modèle après la 2^{ème} étape

Tâche à réaliser

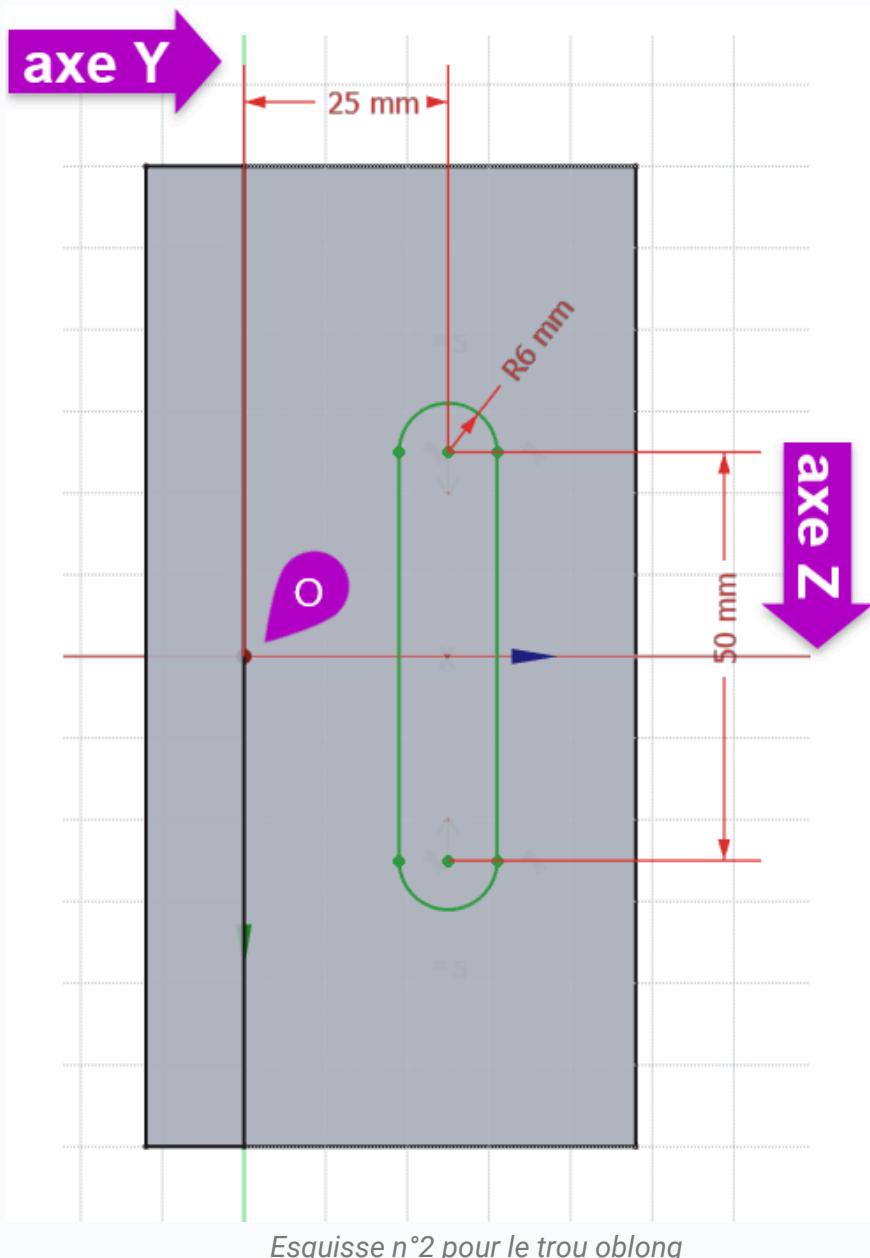
- Sélectionner la face verticale suivante :

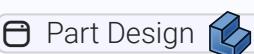


Sélection de la face pour la 2^{ème} esquisse

- Créer un nouvelle esquisse attachée à cette face ;

- Dans l'atelier  Sketcher, définir l'esquisse comme ci-dessous :

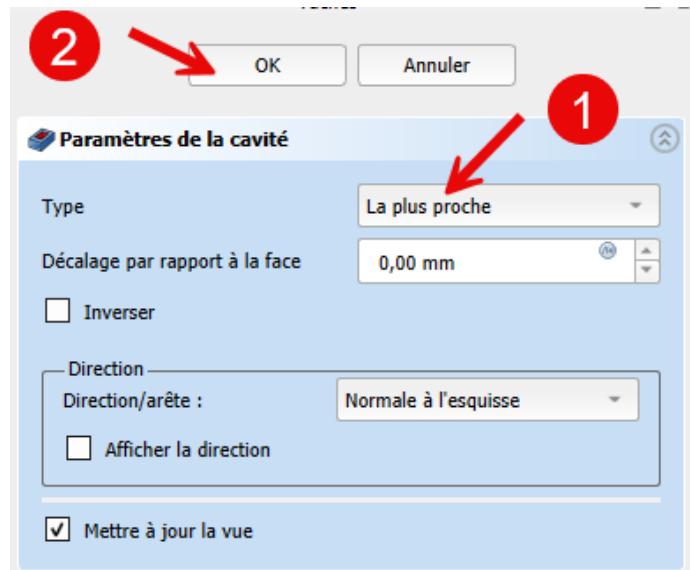


- Dans l'atelier  Part Design, sélectionner cette esquisse et créer une cavité  :

Aide

- Pour sélectionner la face support de l'esquisse, il suffit de cliquer gauche sur la face ;
- Pour créer la trou oblong, sélectionner la commande  ;
- Utiliser les contraintes de symétrie , distance verticale  et distance horizontale  pour positionner le trou oblong ;
- Pour vérifier le positionnement de l'esquisse, vous pouvez utiliser la vue isométrique  W (Touche  0 du pavé numérique) ;

- Pour la commande , sélectionner le type  Le plus proche ;



Paramètres de la cavité

« Attachment » de l'esquisse

En choisissant la face verticale pour créer l'esquisse, FreeCAD a attaché l'esquisse à cette face : Pad [Face1] ;

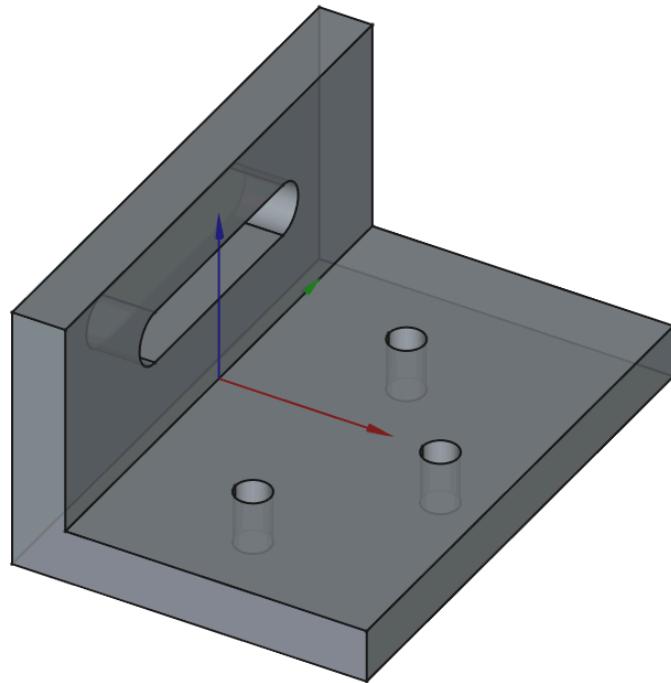
Attachment	
Attacher Engine	Engine Plane
Attachment Support	Pad [Face1]
Map Mode	FlatFace
Map Reversed	false
Attachment Offset	[(0,00 0,00 1,00); 0,00 °; (0,00 mm 0,00 mm 0,00 mm)]
Base	
Placement	[(0,71 0,00 0,71); 180,00 °; (0,00 mm 0,00 mm 0,00 mm)]
Label	Sketch001
Internal Geometry	
Make Internals	false
Sketch	
Constraints	[50,00 mm; 6,00 mm; 25,00 mm]
External Geometry	
Arc Fit Tolerance	0,000001000000000000

Attachment de l'esquisse 2

Ce plan correspond ici au plan YZ du corps. Pour créer cette esquisse, nous aurions pu choisir directement ce plan YZ pour créer l'esquisse.

3.1.3. 3ème esquisse & fonction paramétrique

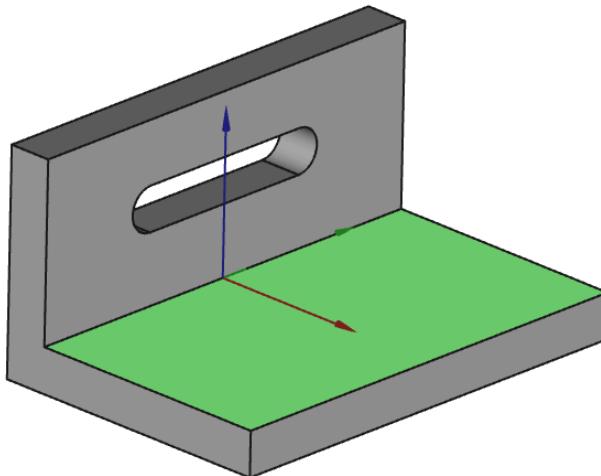
Dernière étape : nous allons ajouter les trois trous :



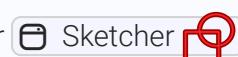
Vue 3 D du modèle

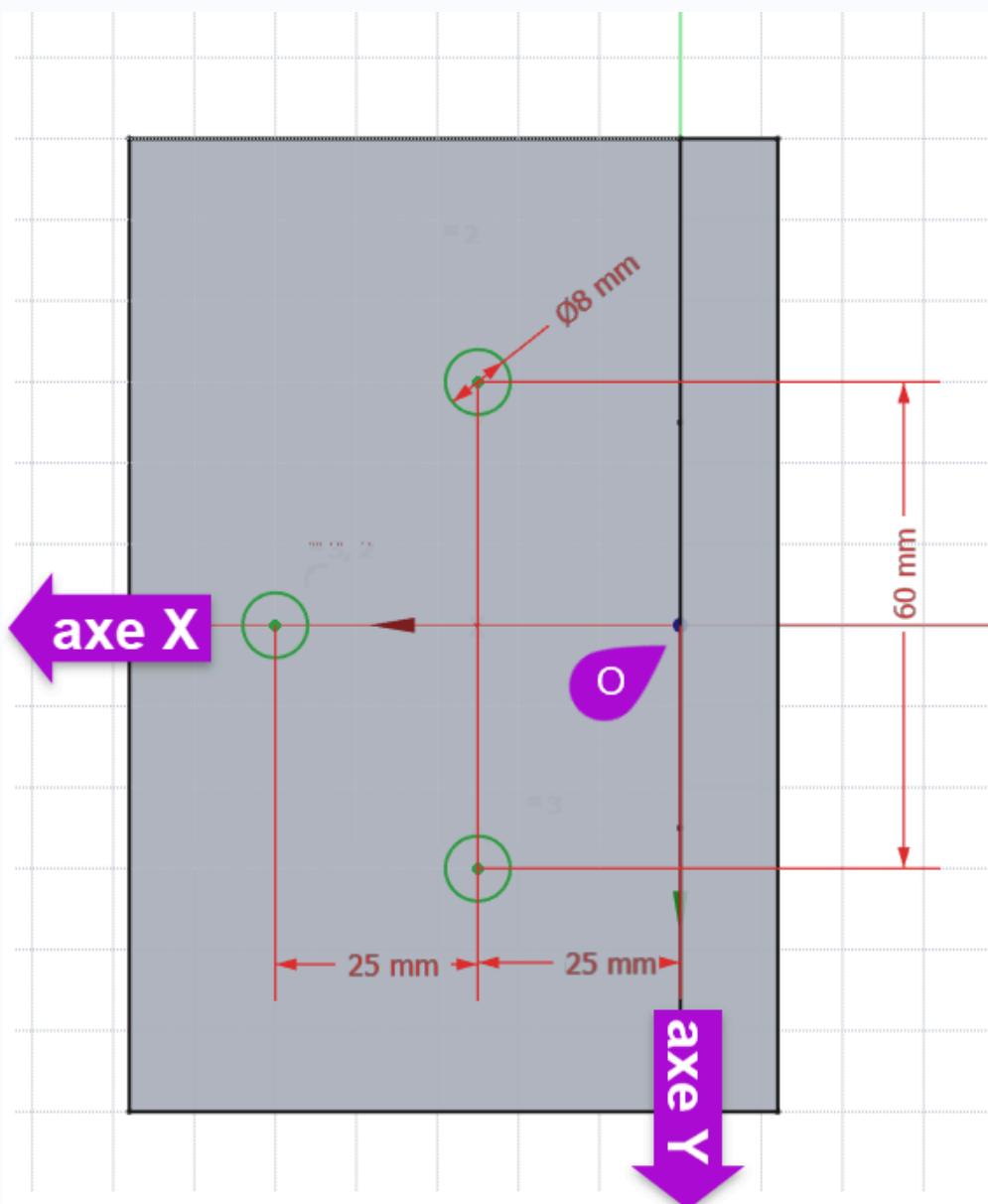
Tâche à réaliser

- Sélectionner la face horizontale du dessus :



Sélection de la face pour la 3ème esquisse

- Créer un nouvelle esquisse  attachée à cette face ;
- Dans l'atelier  Sketcher , définir l'esquisse comme ci-dessous :



3^{ème} esquisse pour la création des trois perçages

- Dans l'atelier  Part Design , sélectionner cette esquisse et créer une cavité  :

Aide :

Pour la commande , sélectionner le type  Le plus proche ;

« Attachment » de l'esquisse

En choisissant la face horizontale pour créer l'esquisse, FreeCAD a attaché l'esquisse à cette face : **Pocket [Face 2]** ;

Attachment	
Attacher Engine	Engine 3D
Attachment Support	Pocket [Face2]
Map Mode	FlatFace
Map Reversed	false
▶ Attachment Offset	[(0,00 0,00 1,00); 0,00 °; (0,00 mm 0,00 mm 0,00 mm)]
Base	
▶ Placement	[(0,00 0,00 1,00); 180,00 °; (0,00 mm -0,00 mm -0,00 mm)]
Label	Sketch002
Internal Geometry	
Make Internals	false
Sketch	
▶ Constraints	[60,00 mm; 8,00 mm; 25,00 mm; 25,00 mm]
External Geometry	
Arc Fit Tolerance	0,000001000000000000

Attachment de l'esquisse 3

Ce plan correspond ici au **plan XY du corps**. Pour créer cette esquisse, nous aurions pu choisir directement ce plan XY pour créer l'esquisse.

3.1.4. Modification du modèle

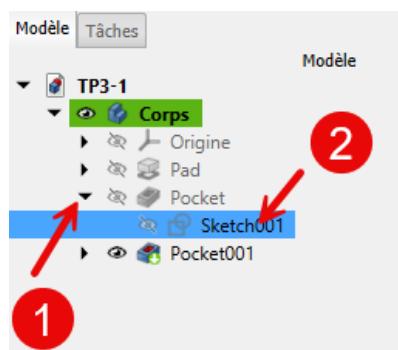
Grâce à la modélisation paramétrique, il est très facile de modifier le modèle.

☰ Tâches à réaliser

- Passer le rayon du trou oblong à 8 mm ;

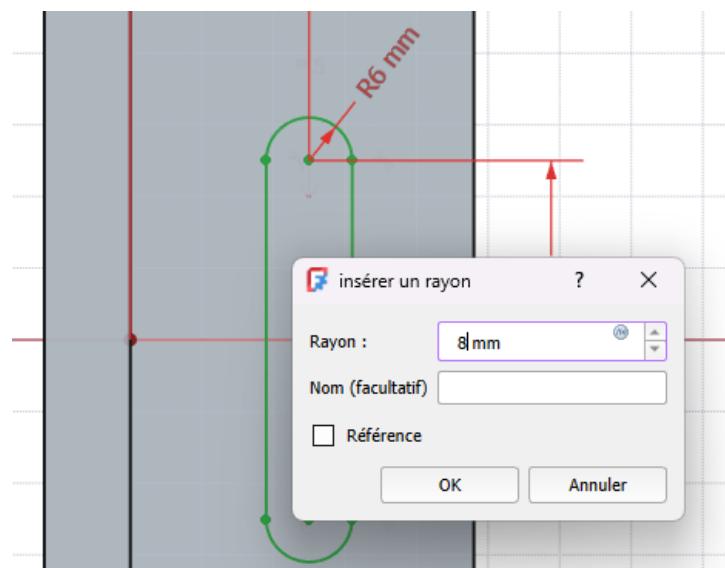
💡 Aide

- Dans la vue modèle, développer la branche **Pocket** ;
- Double-cliquer sur **Sketch001** ;



Sélection de l'esquisse à modifier

- Double-cliquer sur la contrainte de rayon et modifier sa valeur à 8 mm ;



Modification du rayon du trou oblong

3.1.5. Capture vidéo



3.2. Géométries externes

Objectifs

- Découvrir le concept de Géométrie externe ;

Dans le TP n°3-1 précédent , nous avons positionné les géométries contenues dans les différentes esquisses en nous référant directement aux axes liés au solide. Ce n'est pas toujours possible ou souhaitable, notamment s'il faut respecter certaines cotes fonctionnelles. Nous allons découvrir dans ce chapitre les géométries externes.

Géométrie externe

Une géométrie externe est une **géométrie de construction** provenant d'un élément, sommet ou arête, situé **en dehors de l'esquisse**.

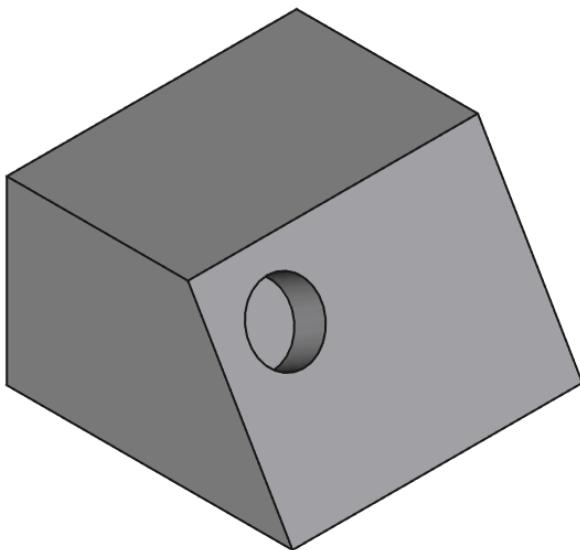
Remarque

- La commande  est utile lorsque vous avez besoin de créer une contrainte entre un élément de l'esquisse et un élément hors de l'esquisse.
- Elle insère une géométrie de construction^[p.62] liée dans l'esquisse.
- La couleur par défaut des arêtes externes liés est magenta.
- Comme pour les géométries de construction non liée (bleu), la géométrie externe liée est visible uniquement lorsque l'esquisse est en mode d'édition, et n'est pas utilisée directement dans le résultat subséquent.

W https://wiki.freecadweb.org/Sketcher_External/fr

Tâches à réaliser :

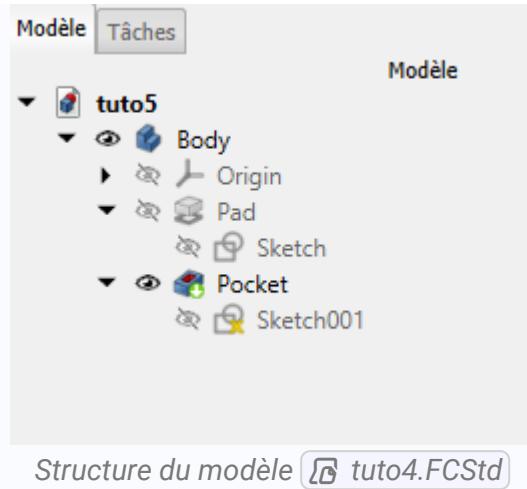
- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Télécharger le fichier [tuto5.FCStd](#) sur votre ordinateur ;
- Ouvrir ce document  tuto5.FCStd dans FreeCAD ;



Vue 3D du modèle  tuto5.FCStd

Le modèle contient :

- une première esquisse  Sketch utilisée pour créer la protrusion ;
- une seconde esquisse  Sketch001 utilisée pour créer la cavité ;

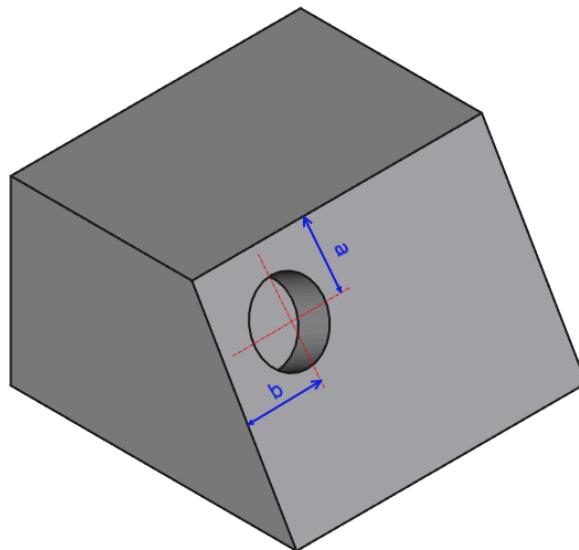


Pour le moment, la position du centre du cercle contenu dans **Sketch001** n'est pas contrainte.

⌚ Problème à résoudre :

Comment fixer les dimensions **a** et **b** pour contraindre la position du centre du cercle utilisé pour créer la cavité ?

- **a** représente la distance du centre du cercle à l'arête supérieure de la face inclinée ;
- **b** représente la distance de centre du cercle à l'arête de gauche de la face inclinée ;



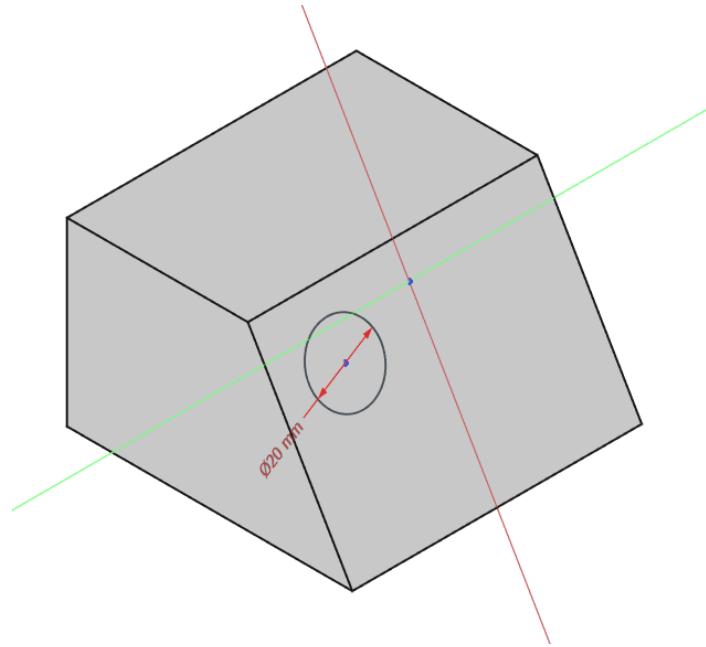
Dimensions à contraindre

🕒 Tâches à réaliser

- Modifier l'esquisse **Sketch001** et essayer de contraindre la position du centre du cercle à l'aide des dimensions **a** et **b** ? Conclusions ?

Visualisation de l'esquisse

Pour mieux visualiser l'esquisse dans l'espace, appuyer sur la touche **0** du pavé numérique pour basculer en vue isométrique (ou bien cliquer sur le bouton );



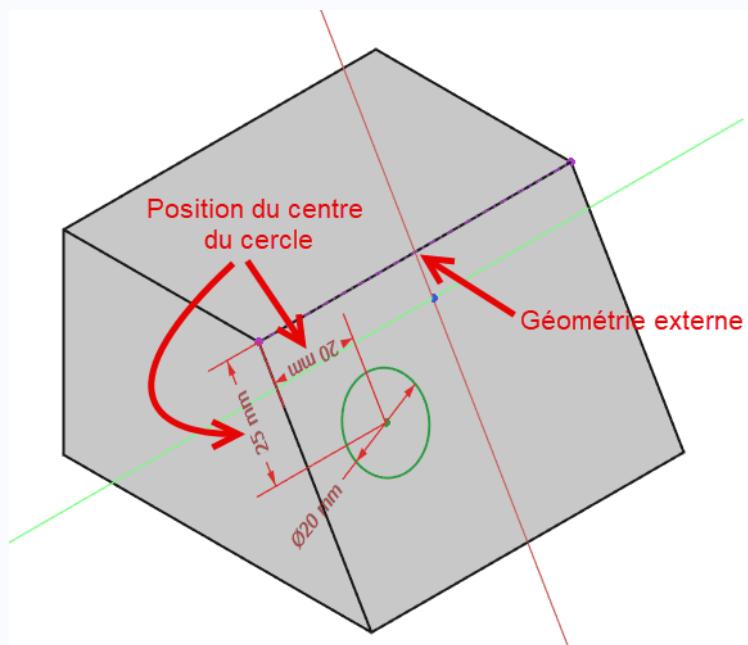
Vue isométrique de l'esquisse Sketch001

Réponse

- Vous ne pouvez pas accrocher les arêtes pour définir les contraintes...

Tâches à réaliser

- Utiliser la commande  pour définir une géométrie externe puis contraindre la position du cercle ;



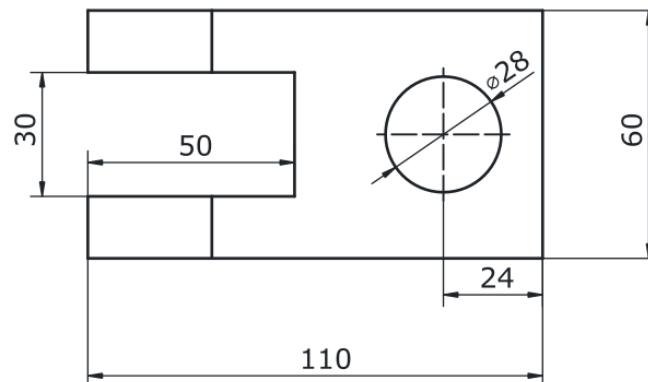
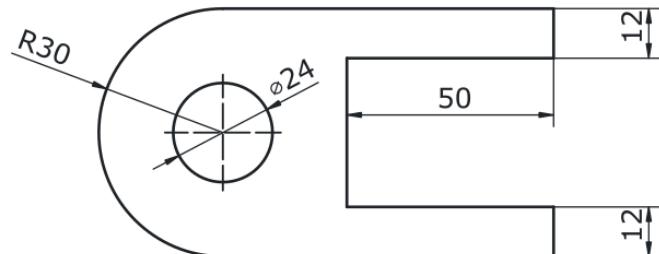
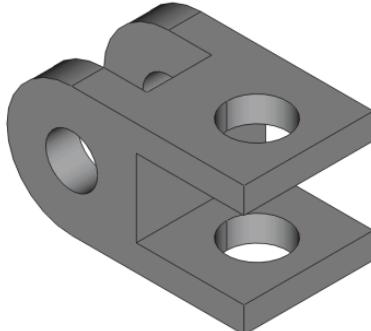
Utilisation d'une géométrie externe pour positionner le cercle

3.3. TP 3-2

Objectifs

- Créer et utiliser les géométries externes  ;
- Utiliser la commande **Créer un point**  ;
- Insérer un arc tangent au segment précédent dans une polyligne  ;
- Utiliser la commande **Rectangle centré**  ;

Nous allons modéliser le solide suivant : (cf [TP3-2-Plan.pdf](#))



Plan TP 3-2

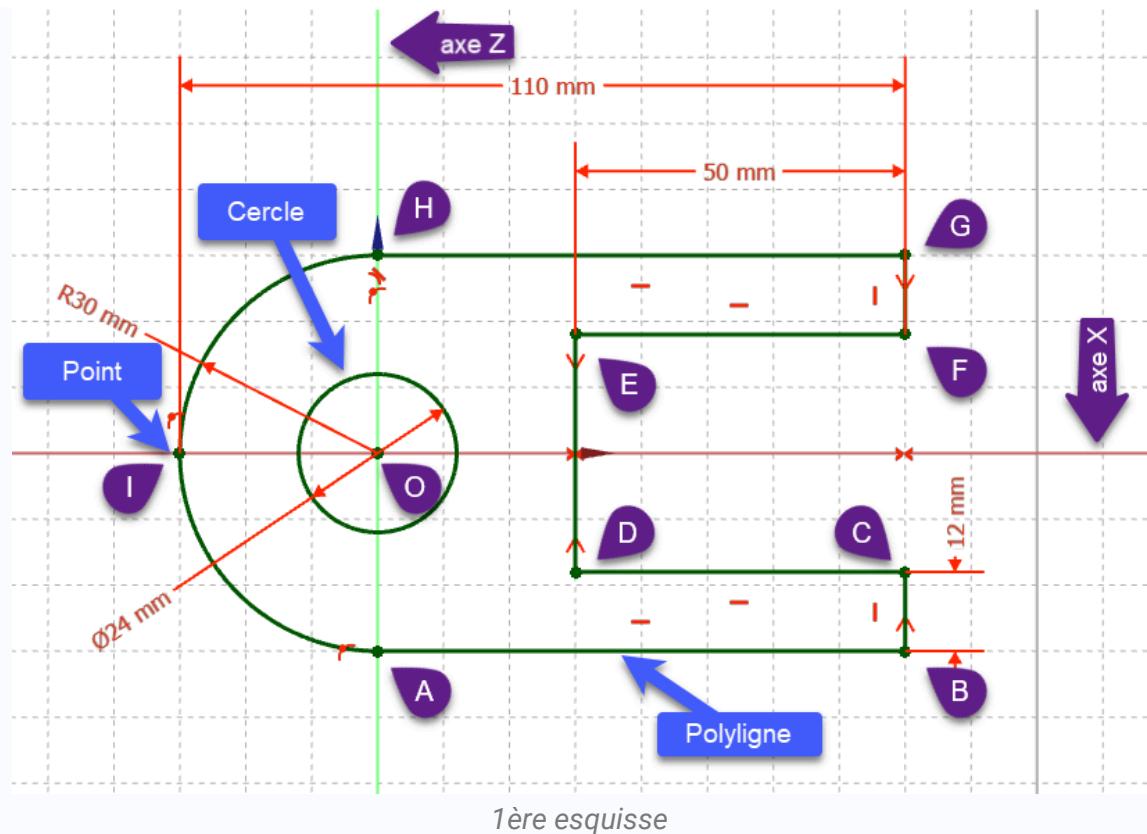
Tâches préliminaires

- Créer un nouveau document  TP3-2 dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau corps  et une nouvelle esquisse  dans le plan XZ ;

3.3.1. 1^{ère} esquisse & fonction paramétrique

Tâches à réaliser

- Créer la polyligne  fermée ABCDEFGHA en exploitant les **contraintes automatiques** du tableau ci-dessous



Aide :

Tableau des contraintes automatiques à utiliser

Géométries	Points	Contraintes automatiques
Polyligne fermée	Point A	curved arrow on axis Z
	Points B, D, F	—
	Point C, E, G	—
	Point H	curved arrow on axis Z
	Point A	red dot with red line connecting to point A

- Pour créer l'arc HA dans la polyligne :
 - Après avoir saisi le point H, appuyer **trois fois sur la touche M** pour insérer l'arc HA tangent au segment GH ;
 - Appuyer **deux fois sur la touche M** pour revenir au mode initial ;

☰ Tâches à réaliser (suite)

- Appliquer une contrainte de tangence entre le 1/2 cercle HA et la ligne AB ;
- Appliquer la contrainte de symétrie respectivement aux points D&E et B&G par rapport à l'axe X :
- Ajouter un cercle centré sur l'origine O ;
- Ajouter le point I qui servira lors de la création de la contrainte de 110 mm,

💡 Aide :

Pour contraindre la position du point I :

1. lors de la création du point I, appliquer une contrainte automatique sur l'axe X
2. puis appliquer une contrainte sur l'arc HA de la polygone ;

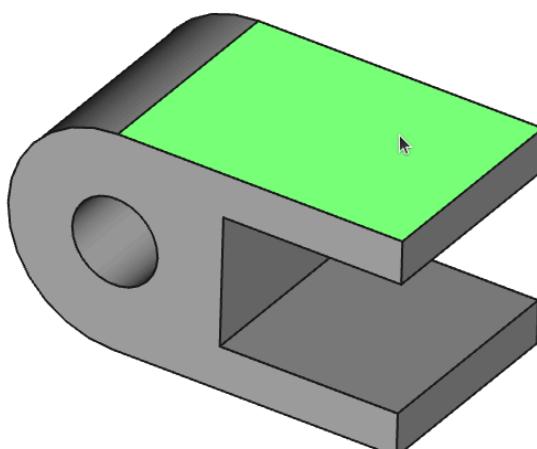
☰ Tâches à réaliser (suite)

- Vérifier la fermeture de l'esquisse ;
- Appliquer les contraintes dimensionnelles ;
- Vérifier que l'esquisse est entièrement contrainte et quitter l'atelier Sketcher ;
- Sélectionner l'esquisse et créer une protrusion de 60 mm symétrique

3.3.2. 2^{nde} esquisse & fonction paramétrique

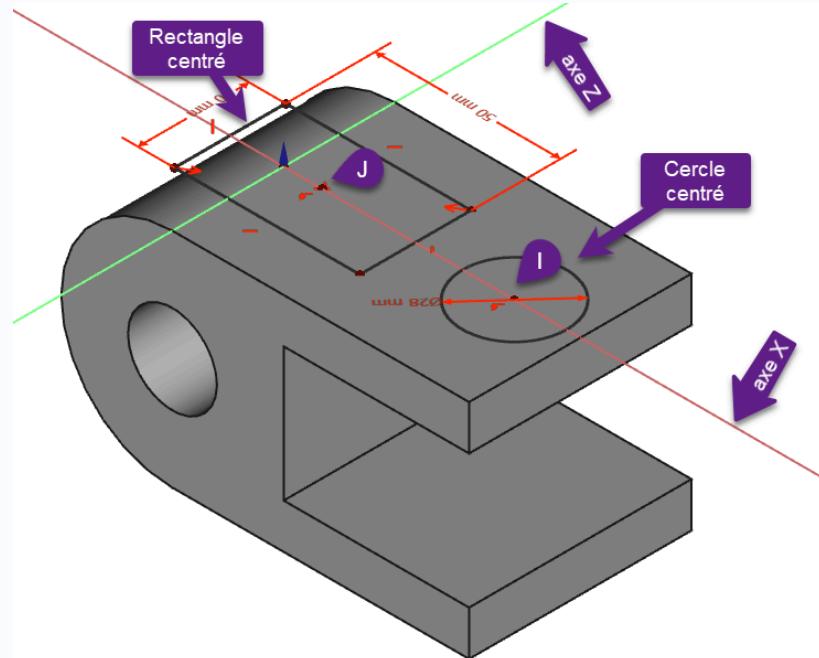
☰ Tâches à réaliser

- Sélectionner la face supérieure de la protrusion et créer une nouvelle esquisse ;



Sélection de la face pour la 2^{nde} esquisse

- Créer l'esquisse ci-dessous constituée d'un cercle centré  et d'un rectangle centré  en exploitant les contraintes automatiques du tableau ci-dessous :

Vue isométrique  de la 2^{nde} esquisse 1^{ère} étape

- Saisir les dimensions du cercle et du rectangle ;

 Aide :

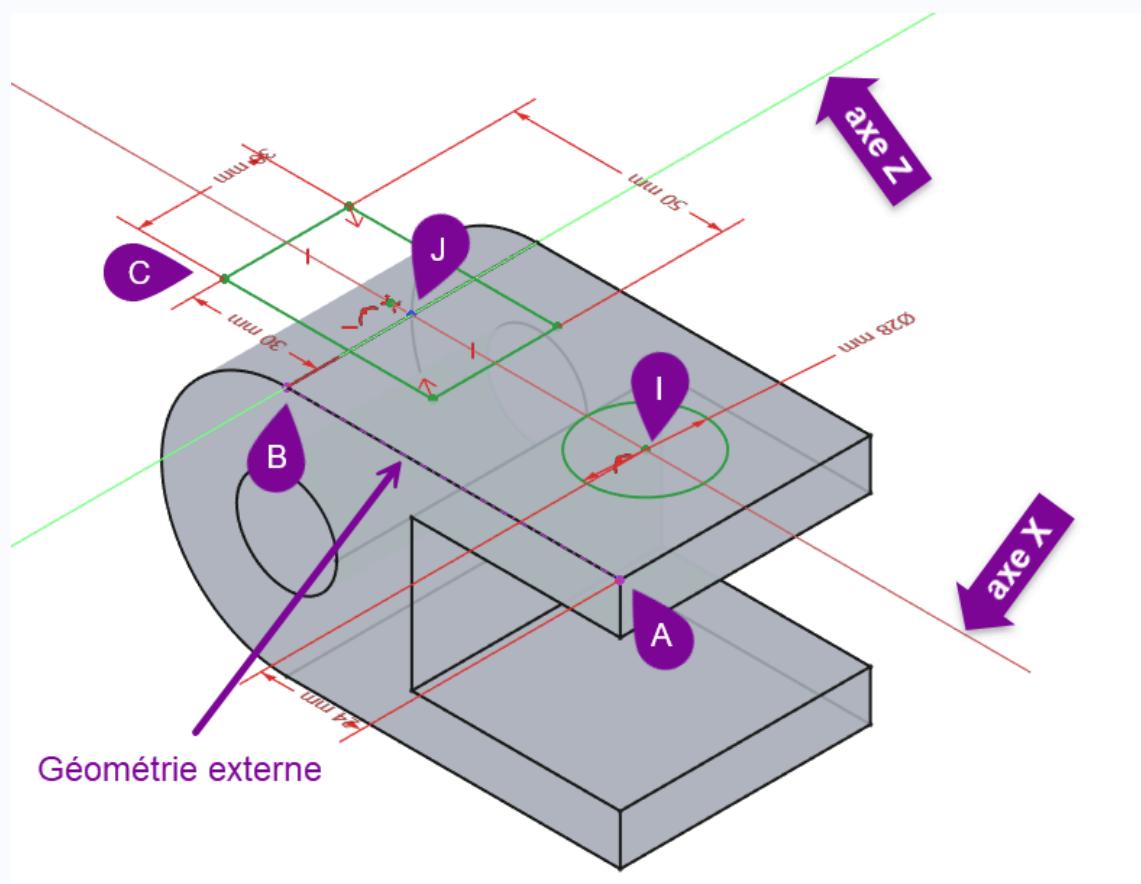
- Appuyer sur la touche  du pavé numérique pour basculer en vue isométrique  ;

Tableau des contraintes automatiques

Géométries	Points	Contraintes automatiques
Cercle centré	Centre I	 sur l'axe X
Rectangle centré	Centre J	 sur l'axe X

☰ Tâches à réaliser (suite)

- Ajouter la géométrie externe ci-dessous à l'aide de la commande  :



2ème esquisse avec le centre du cercle et du rectangle contraints

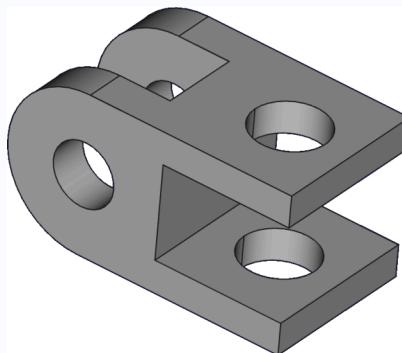
- Construire la position du centre du cercle et du rectangle ;
- Vérifier que l'esquisse est entièrement contrainte et quitter l'atelier  ;

💡 Aide :

- Pour positionner le cercle sur l'axe X, sélectionner les points I et A ;
- Pour positionner le bord du rectangle, sélectionner les sommets B et C ;

▼ Tâches à réaliser (suite)

- Sélectionner l'esquisse et créer une cavité  de type  le plus proche;



Vue 3D du TP 3-2

« Attachment » de l'esquisse

En choisissant la face supérieur du pad pour créer l'esquisse, FreeCAD a attaché l'esquisse à cette face : Face 7 de Pad ;

Attachment	
Attacher Engine	Engine 3D
Attachment Support	Pad [Face7] 
Map Mode	FlatFace
Map Reversed	false
Attachment Offset	[(0,00 0,00 1,00); 0,00 °; (0,00 mm 0,00 mm 0,00 mm)]
Angle	0,00 °
Axe de rotation	[0,00 0,00 1,00]
x	0,00
y	0,00
z	1,00
Position	[0,00 mm 0,00 mm 0,00 mm]
x	0,00 mm
y	0,00 mm
z	0,00 mm
Base	
Placement	[(0,00 0,00 1,00); 180,00 °; (0,00 mm 0,00 mm 30,00 mm)]
Angle	180,00 °
Axe de rotation	[0,00 0,00 1,00]
Position	[0,00 mm 0,00 mm 30,00 mm] 
Label	Sketch001
Internal Geometry	
Make Internals	false
Sketch	
Constraints	
External Geometry	
Arc Fit Tolerance	0,000001000000000000

Attachment de l'esquisse

Ce plan est parallèle au **plan XY du corps**. Pour créer cette esquisse, nous aurions pu choisir le plan XY associé au corps, créer l'esquisse puis appliquer un décalage d'attachement « Attachment offset » de 30 mm sur l'axe Z.

**Position
de la face 7**

Attachment	
Attacher Engine	Engine 3D
Attachment Support	XY_Plane (Plan XY)
Map Mode	FlatFace
Map Reversed	false
Attachment Offset	$[(0,00 \text{ mm} \ 0,00 \text{ mm} \ 1,00); 0,00^\circ; (0,00 \text{ mm} \ 0,00 \text{ mm} \ 30,00 \text{ mm})]$
Angle	0,00 °
Axe de rotation	[0,00 0,00 1,00]
Position	[0,00 mm 0,00 mm 30,00 mm]
x	0,00 mm
y	0,00 mm
z	30,00 mm
Base	
Placement	$[(0,00 \text{ mm} \ 0,00 \text{ mm} \ 1,00); 0,00^\circ; (0,00 \text{ mm} \ 0,00 \text{ mm} \ 30,00 \text{ mm})]$
Label	Sketch001
Internal Geometry	
Make Internals	false
Sketch	
Constraints	[28,00 mm;30,00 mm;50,00 mm;24,00 mm;30,00 mm]
External Geometry	Pad [Edge22]

Attachment Offset d'esquisse

≈ Décalage d'attachement de l'esquisse

L'Attachment Offset (ou décalage d'attache) d'une esquisse dans l'atelier PartDesign correspond à un décalage et/ou une rotation supplémentaires appliqués par rapport au plan ou à la face sur laquelle l'esquisse est attachée.

Quand une esquisse est créée dans l'atelier PartDesign, elle est attachée, ancrée :

- soit à un plan standard (XY, XZ, YZ),
- soit à une face d'un solide,
- soit à un plan de référence (Datum plane).

L'esquisse est alors ancrée à ce support via un système de coordonnées appelé Attachment.

L'Attachment Offset permet d'appliquer un décalage local (translation + rotation) par rapport à la position d'attache d'origine.

Il contient 6 valeurs :

Translation (en mm)	Position X	Position Y	Position Z	Décale l'esquisse le long des axes locaux de son plan d'attache.
Rotation (en degrés)	Axis X	Axis Y	Axis	Fait pivoter l'esquisse autour d'un axe local défini.

3.3.3. ▶ Capture vidéo



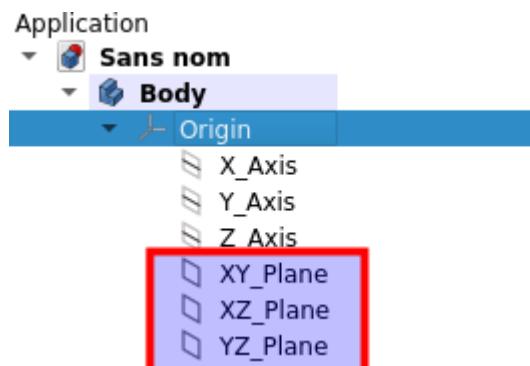
3.4. Plans de référence 🔗

Objectifs

- Comprendre et exploiter les plans de référence^W dans la modélisation ;

Remarque

Chaque fois que vous créez un nouveau corps, trois plans sont créés et associés à ce corps : XY, YZ et XZ.



Origine associé à Body comprenant les axes X, Y, Z, et les plans standards

Jusqu'à présent, pour créer de nouvelles esquisses, nous avons uniquement utilisé :

- soit directement ces plans associés XY, YZ, XZ ;
- soit des faces existantes du modèle en construction.

Si vous avez besoin de créer des esquisses en dehors de ces plans ou de faces existantes, vous pouvez, au choix :

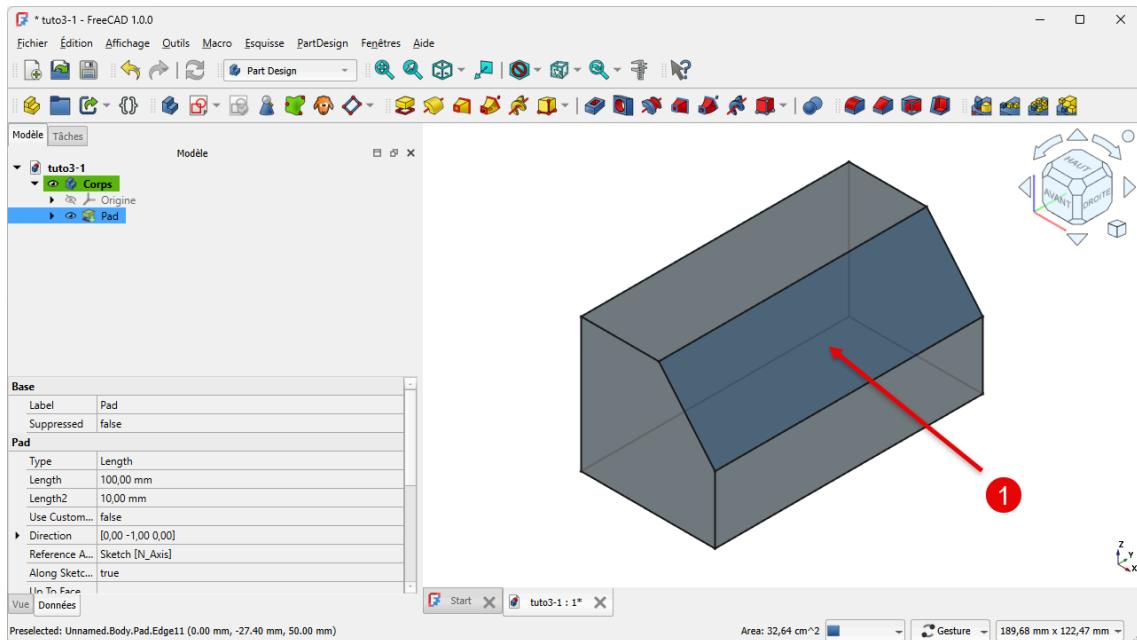
- soit attacher l'esquisse à une face du modèle ou à l'un des plans associés puis appliquer un décalage d'attachement (Attachment offset^[p.91]) (translation et/ou rotation) par rapport à cette face ;
- soit créer un nouveau plan de référence à partir de la commande Plan de référence  puis ancrer l'esquisse à ce plan de référence ;

Dans ce parcours, nous allons privilégier cette seconde méthode, moins directe mais a priori plus robuste ;

3.4.1. Créer un plan de référence parallèle à une face

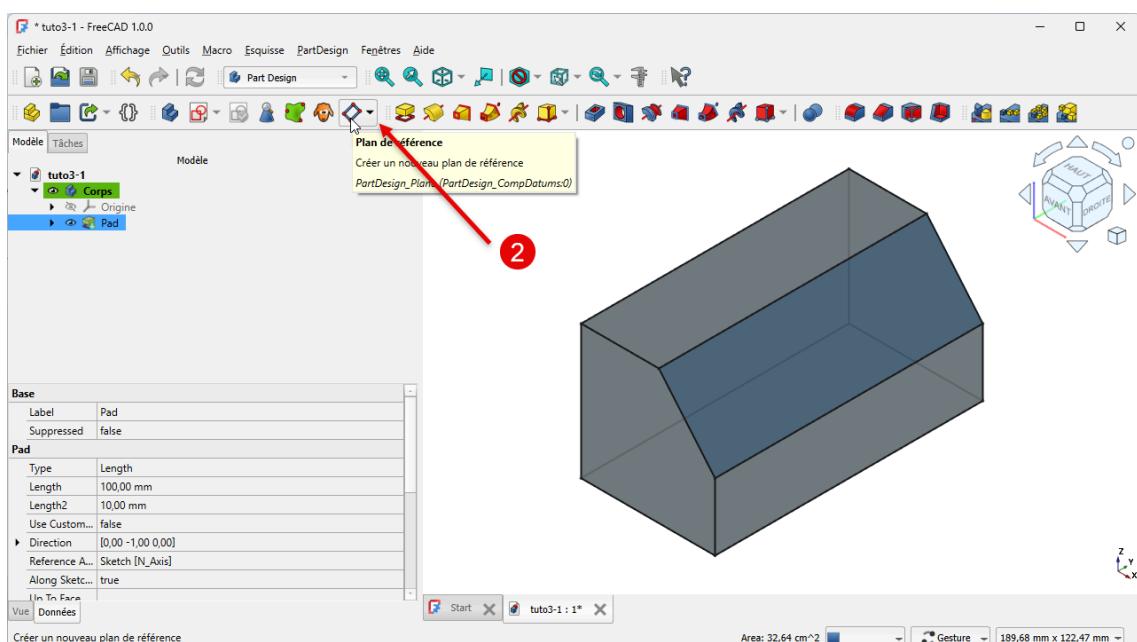
Procédure

1. Sélectionner la face ;



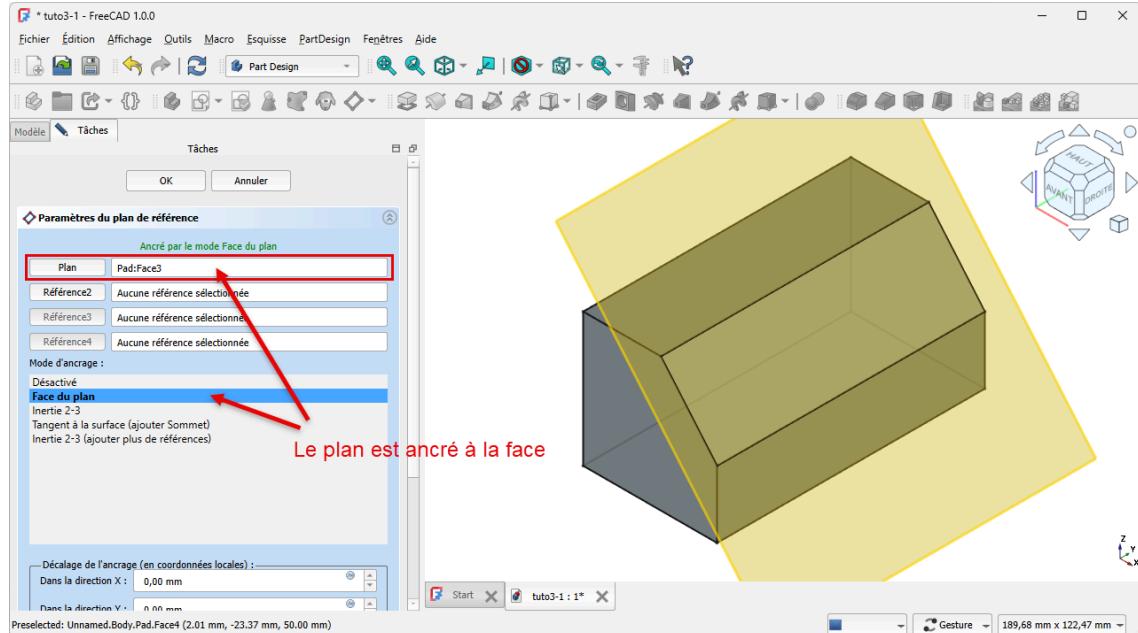
Sélection de la face

2. Sélectionner la commande  ;



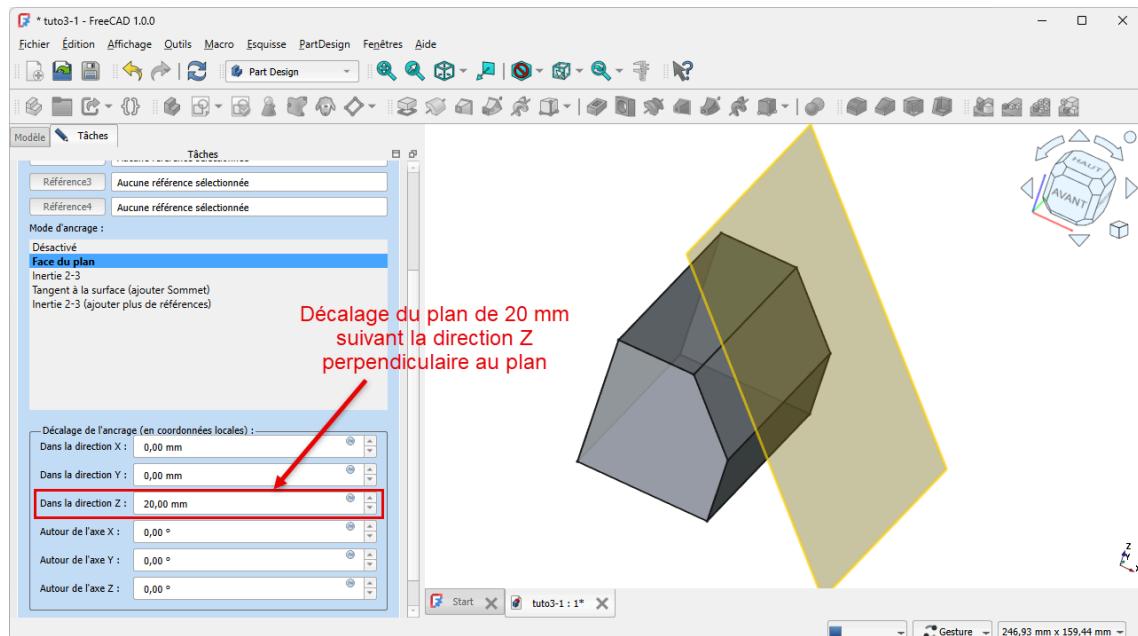
Sélection de la commande Plan de référence 

FreeCAD crée le plan de référence :



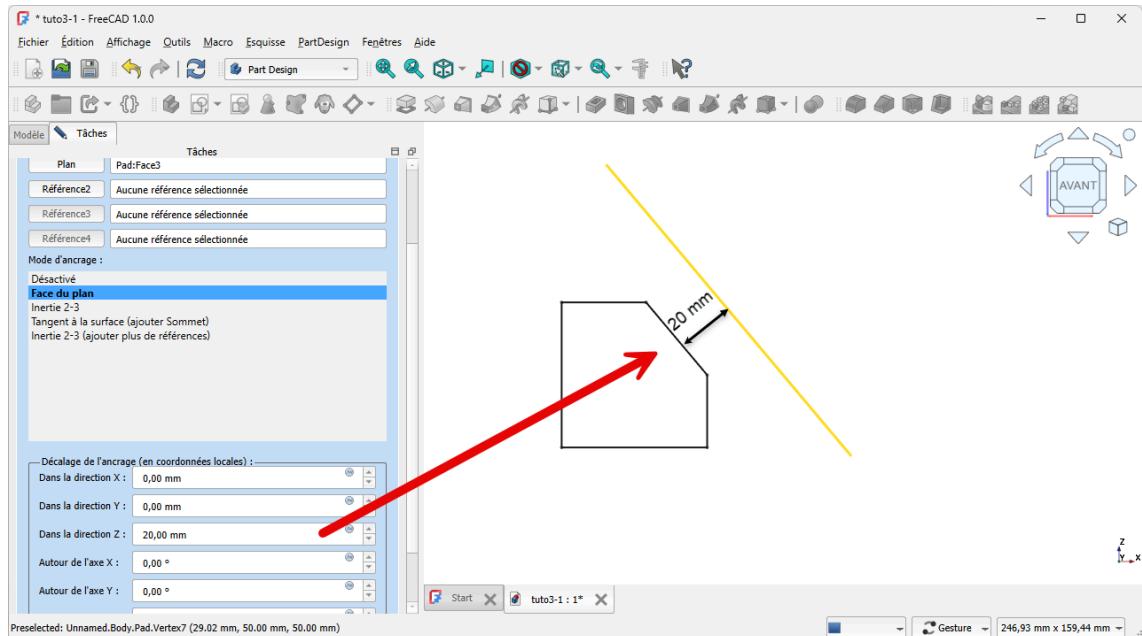
Référence et mode d'ancrage du plan de référence

3. Dans l'onglet Tâche, décaler le plan



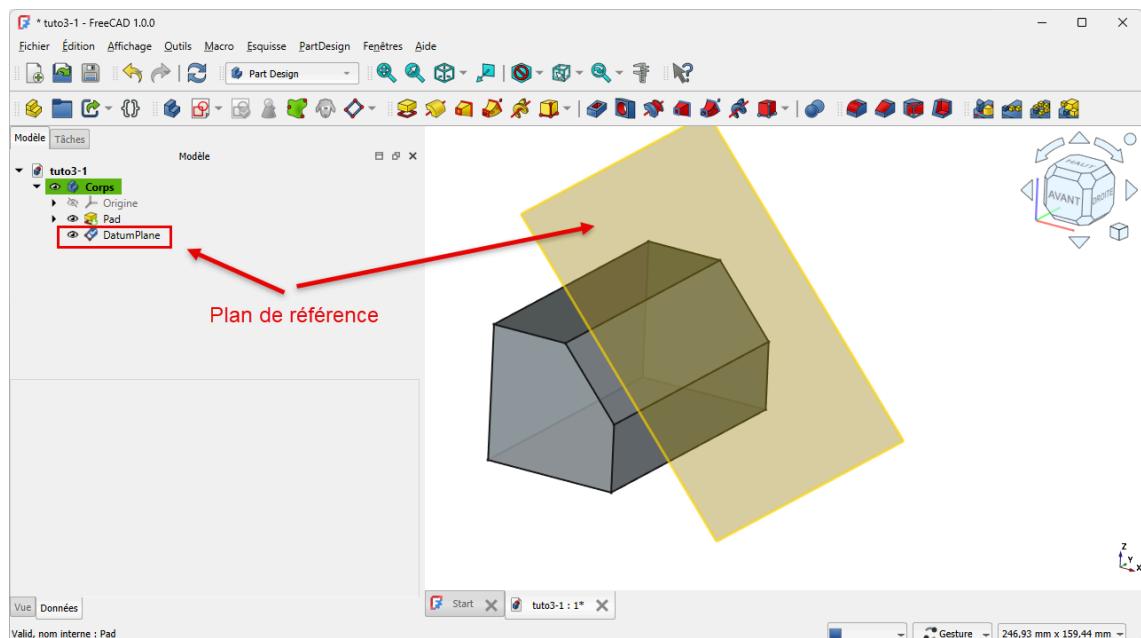
Décalage de l'ancrage

FreeCAD décale le plan



Plan de référence décalé

Résultat

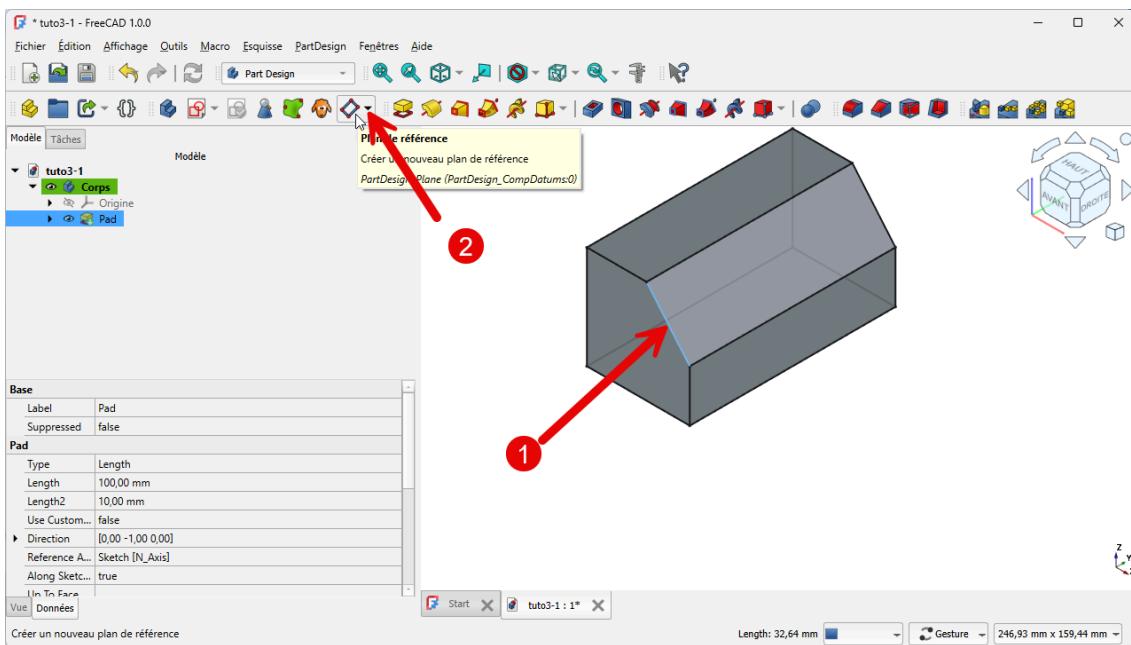


Ajout du plan de référence dans la vue **Modèle**

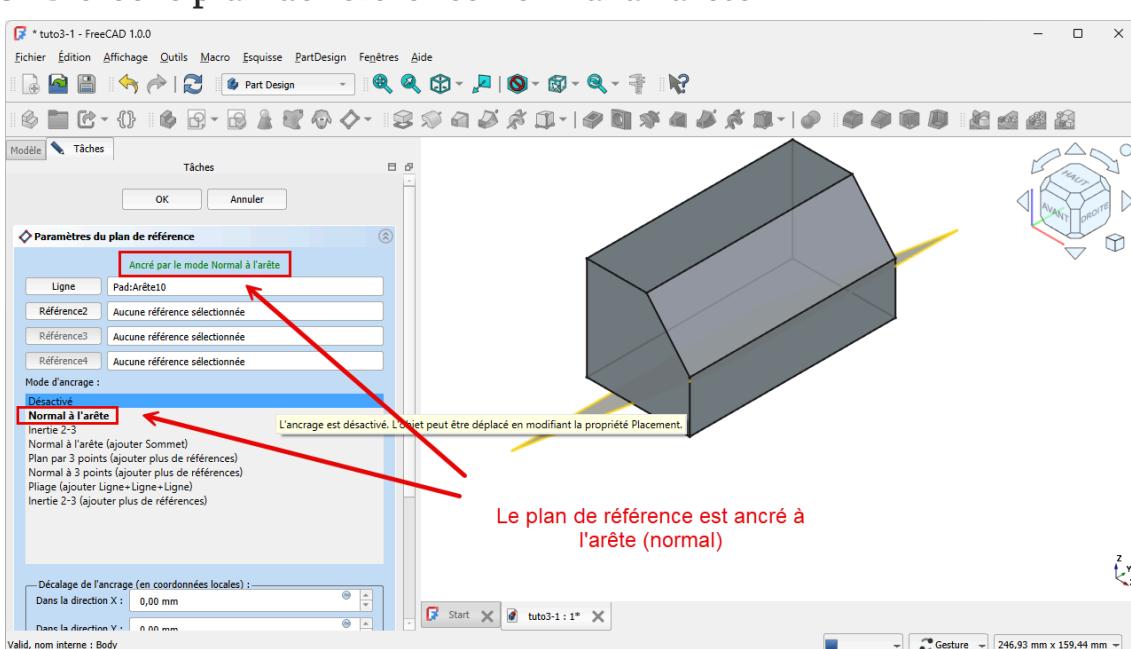
3.4.2. Créer un plan de référence perpendiculaire à une arête

Procédure

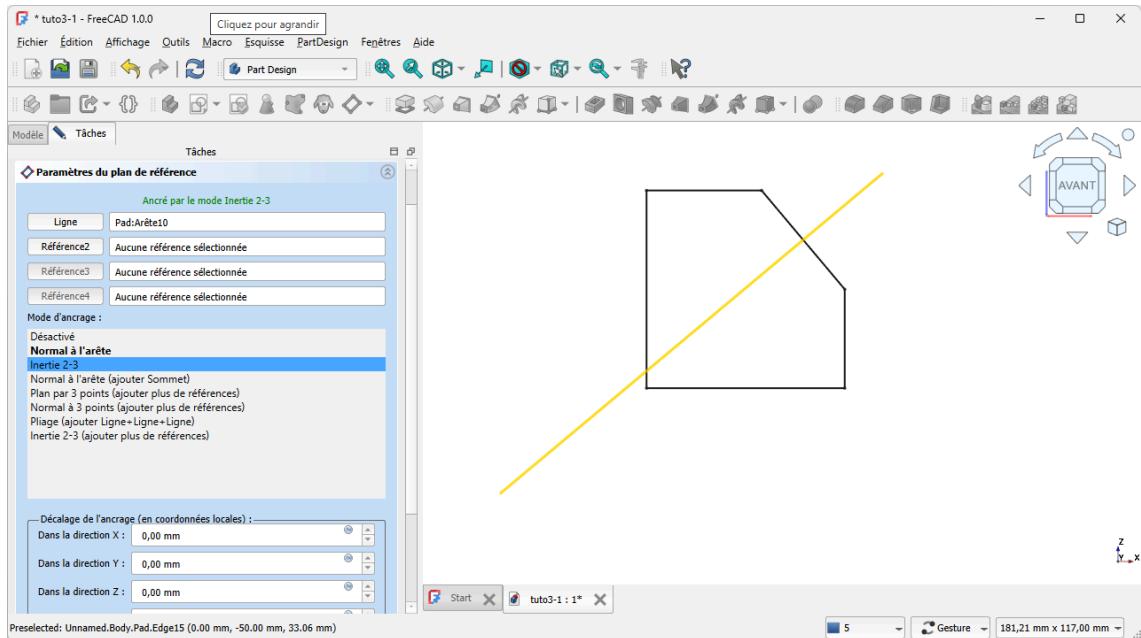
1. Sélectionner l'arête puis la commande la commande ;



FreeCAD crée le plan de référence normal à l'arête

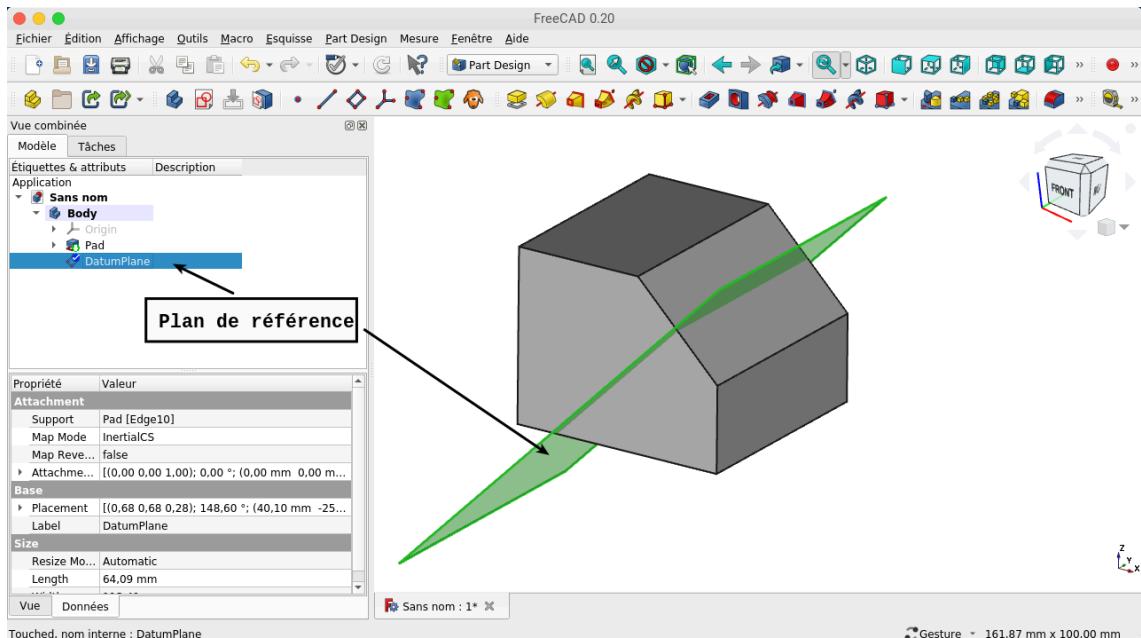


2. Dans l'onglet Tâche, sélectionner le mode d'accrochage intertie 2-3



Choix du mode d'accrochage Inertie 2-3

FreeCAD déplace le plan de référence au milieu de l'arête :

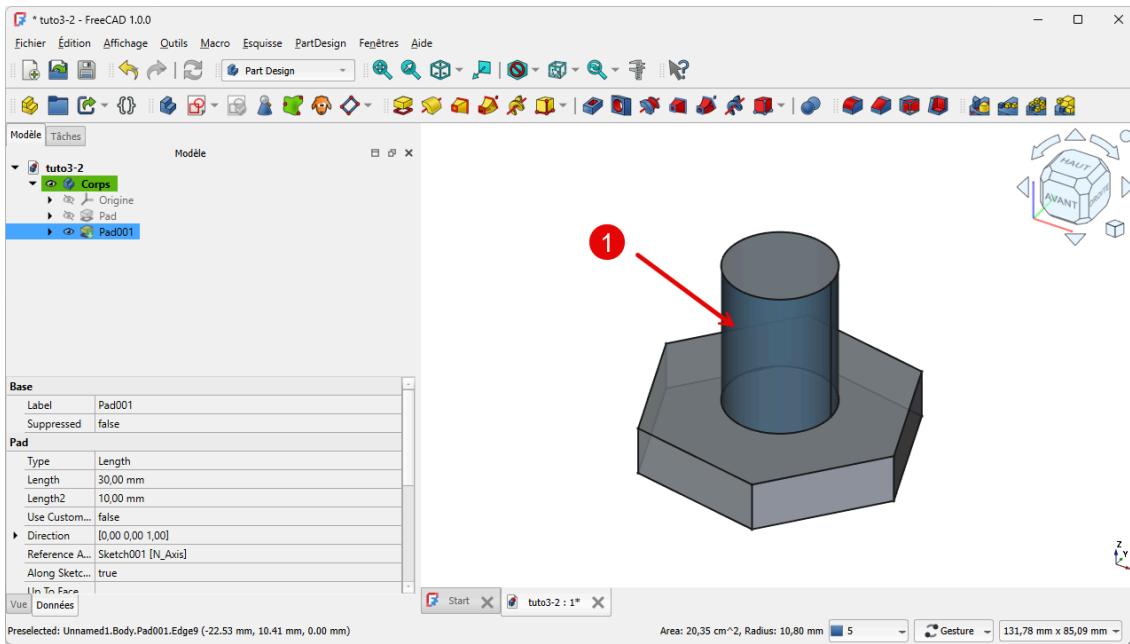


Ajout du plan de référence dans Modèle

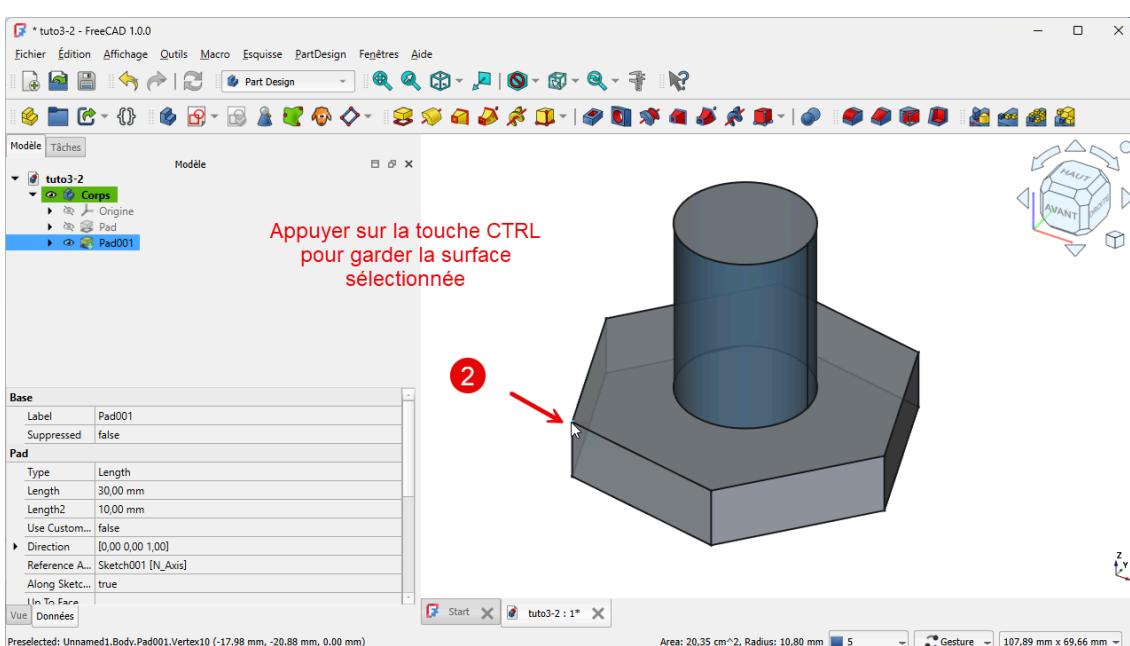
3.4.3. Créer un plan de référence tangent à une surface

Procédure

1. Sélectionner la surface ;



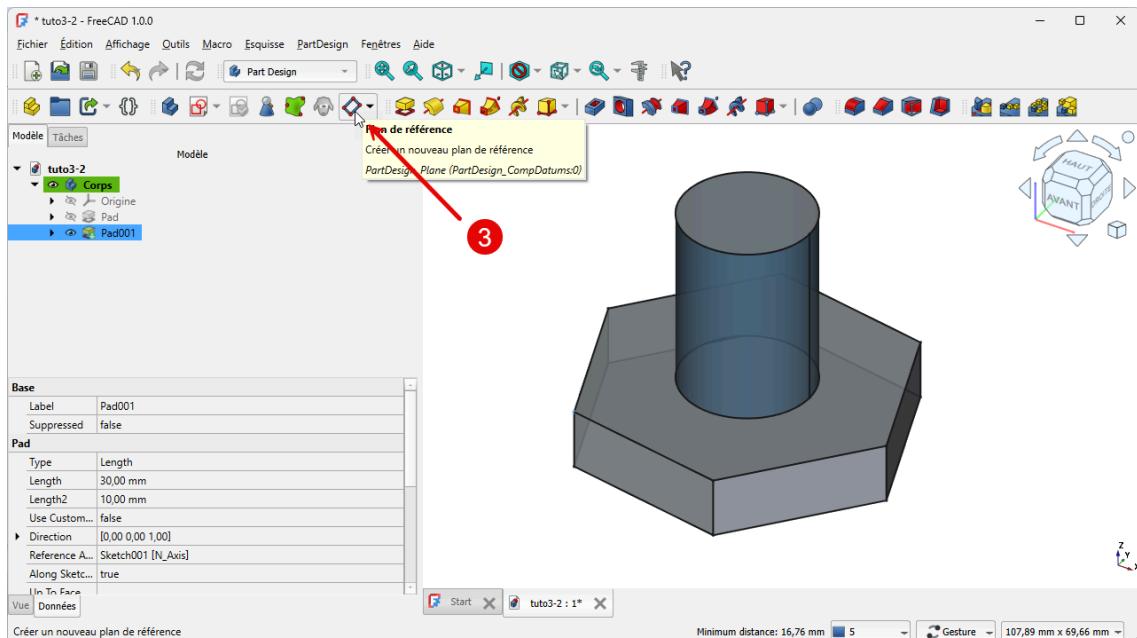
2. Sélectionner un sommet ;



Truc & astuce

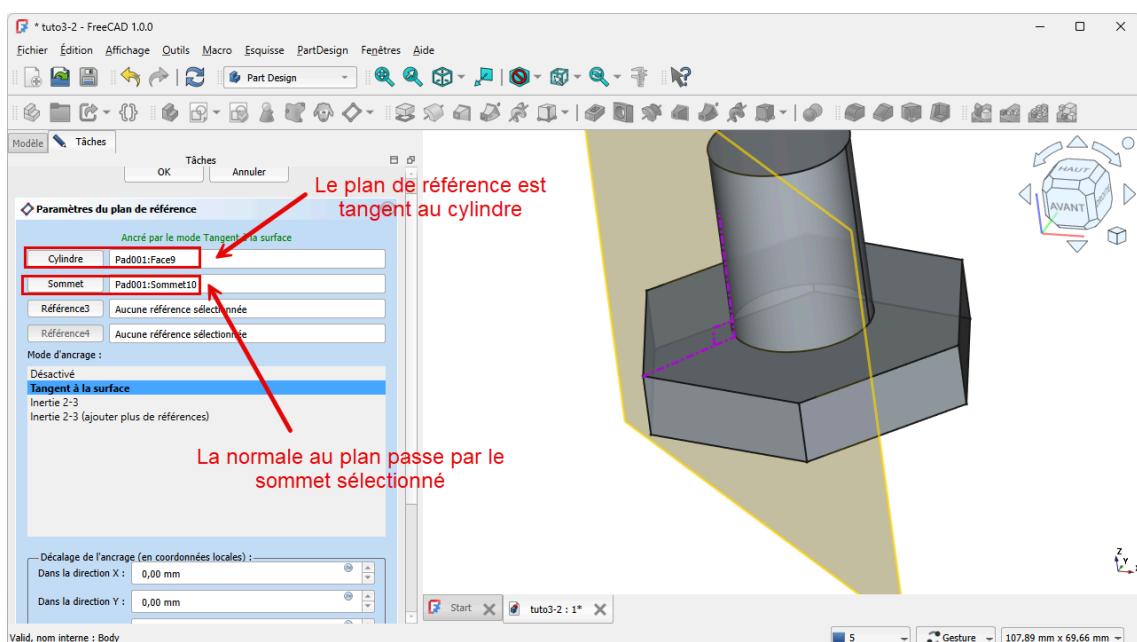
Ce sommet servira à positionner le plan tangent ;

3. Sélectionner la commande ;



Sélection de la commande ;

FreeCAD crée le plan de référence

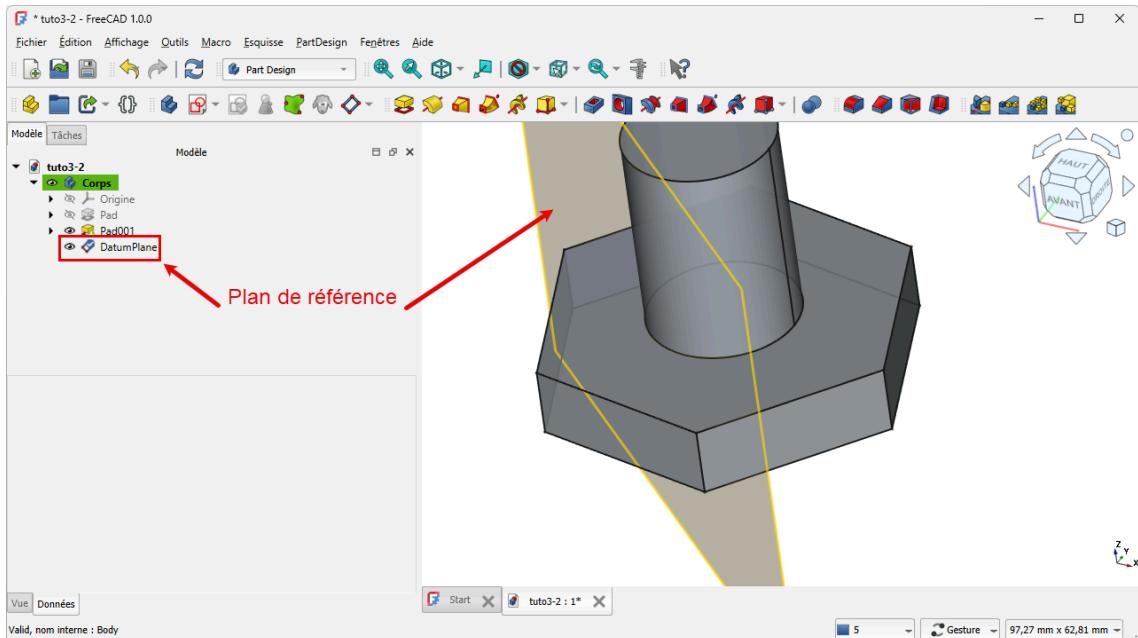


Références et mode d'accrochage

Remarque

Le sommet est utilisé pour positionner le plan de référence ;

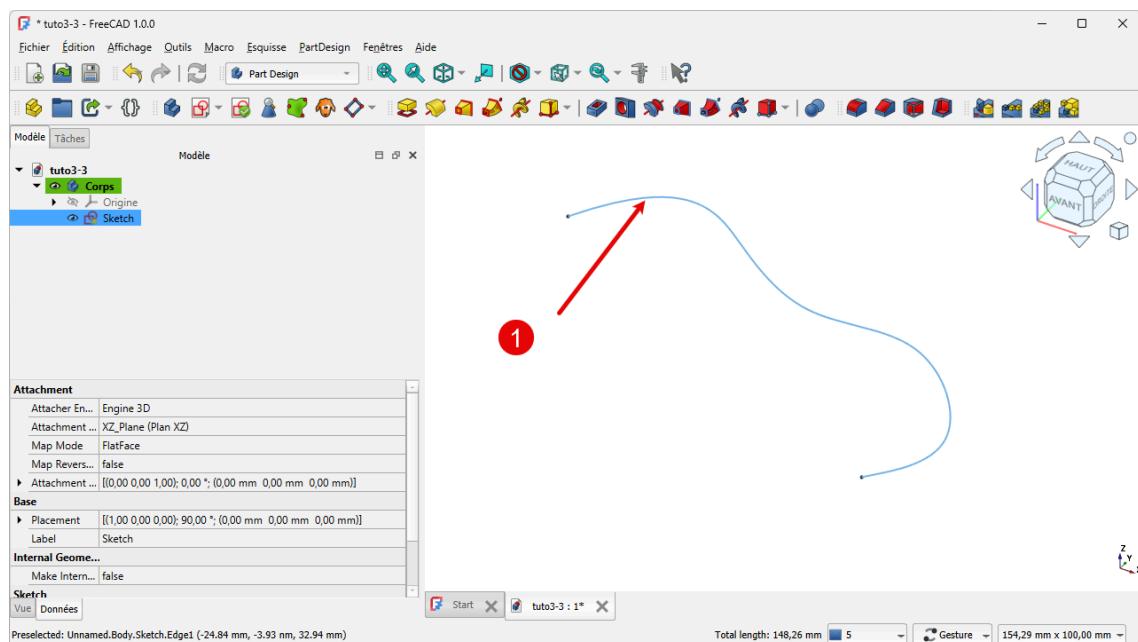
Résultat



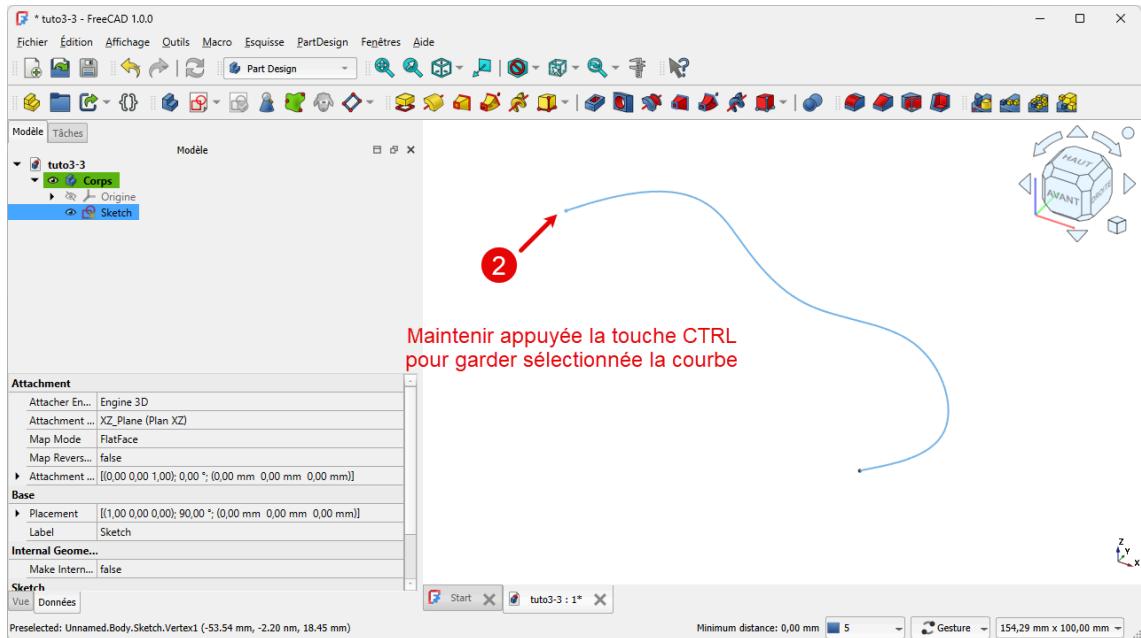
3.4.4. Créer un plan de référence normal à une courbe

Procédure

1. Sélectionner la courbe ;

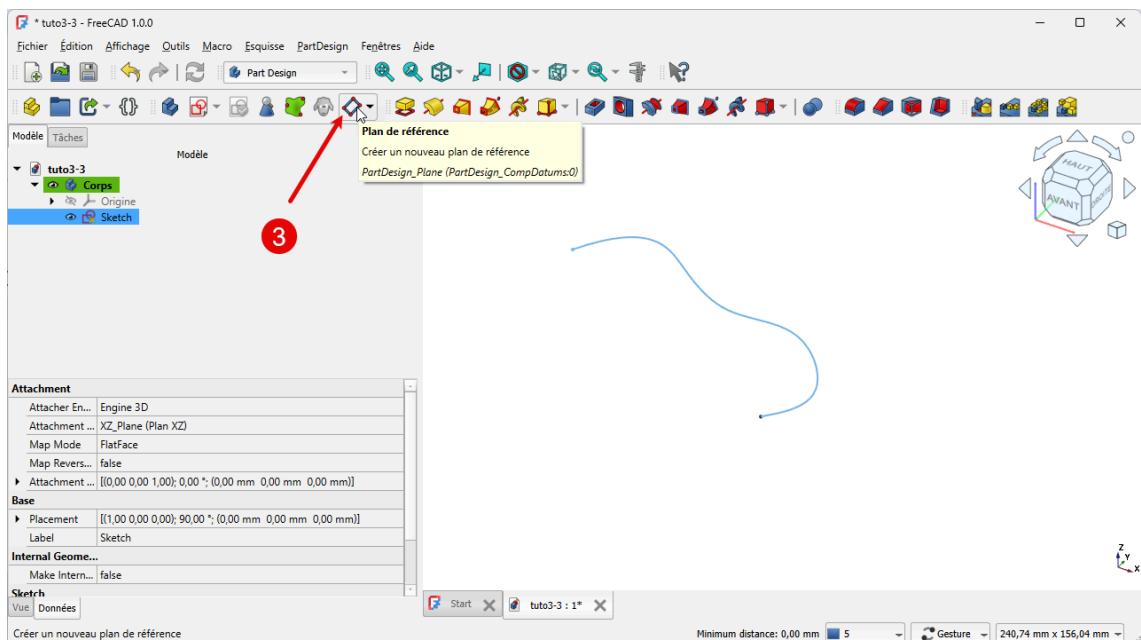


2. Sélectionner un point de la courbe ;



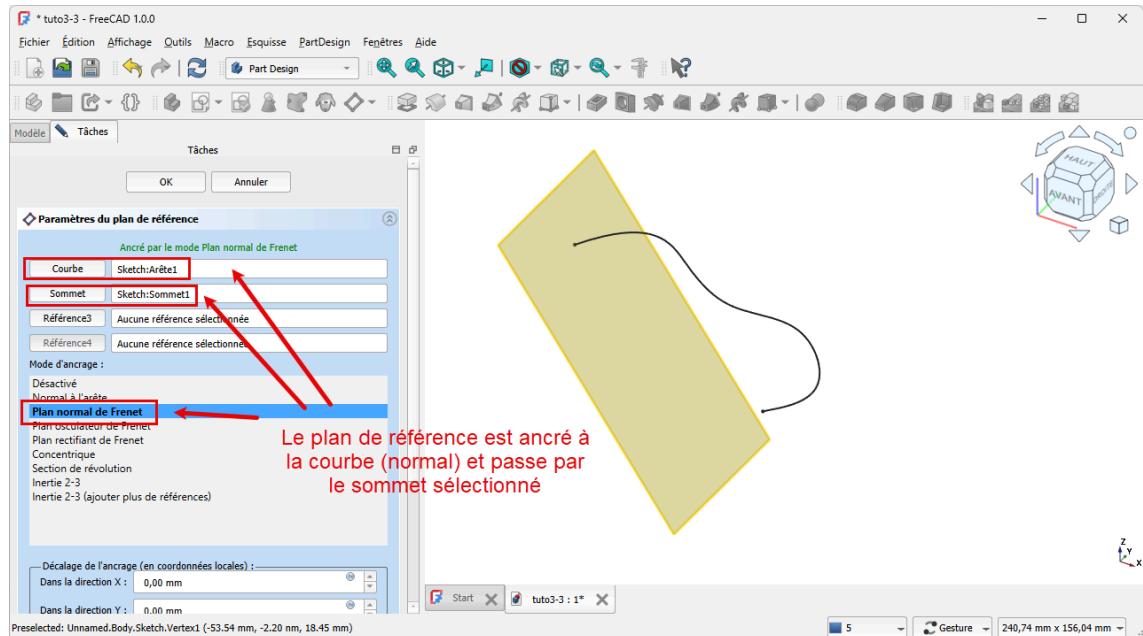
Sélection d'un point

3. Sélectionner la commande ;

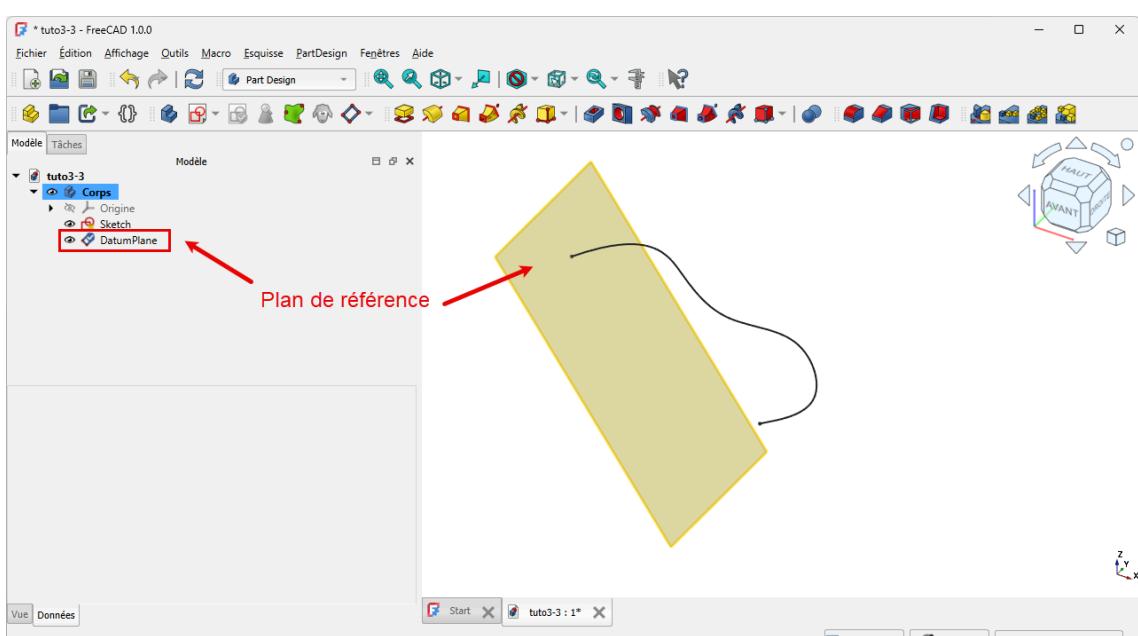


Sélection de la commande

FreeCAD crée le plan de référence :

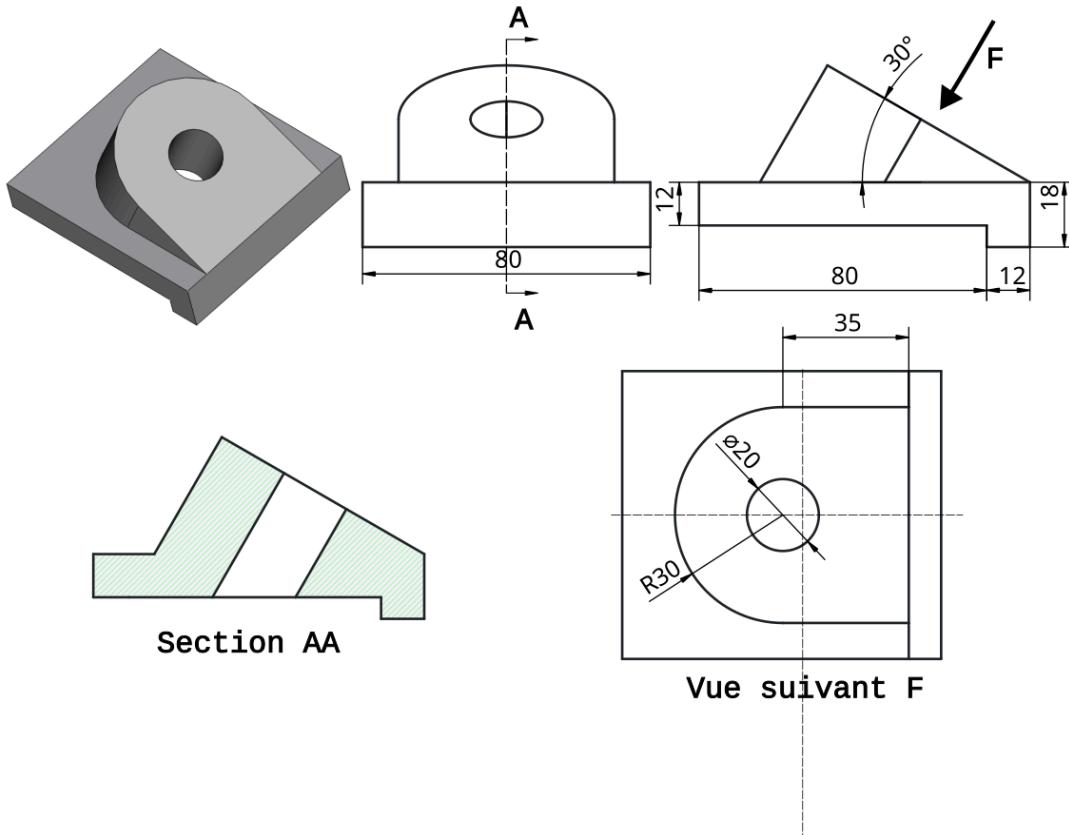


Résultat



3.5. TP 3-3

Nous allons modéliser le solide suivant : ([TP3-3-Plan.pdf](#))



Objectifs

- Utiliser la commande [Créer un plan de référence](#) ;
- Utiliser des géométries externes obtenue par la commande ;

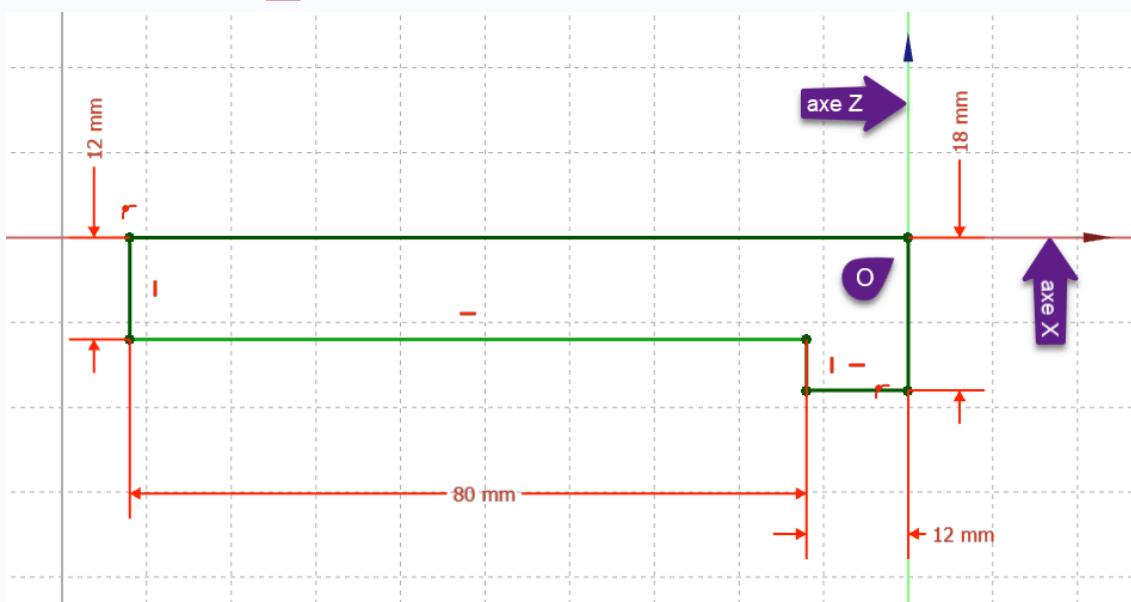
Tâches préliminaires

- Créer un nouveau document TP3-3.FCStd dans FreeCAD ;
- Créer une nouveau corps et une nouvelle esquisse dans le plan XZ ;

3.5.1. 1^{ère} esquisse & protrusion

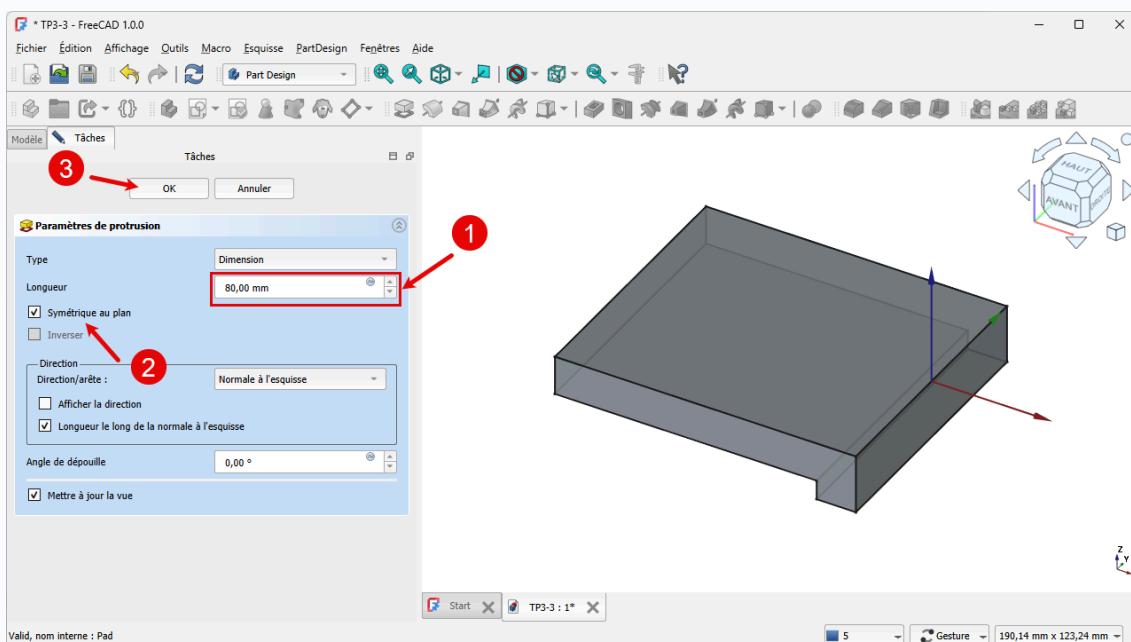
Tâches à réaliser

- Dans l'atelier Sketcher, créer l'esquisse ci-dessous à l'aide d'un polygone :



1^{ère} esquisse du TP 3-3

- Dans l'atelier Part Design, créer une protrusion de 80 mm symétrique :



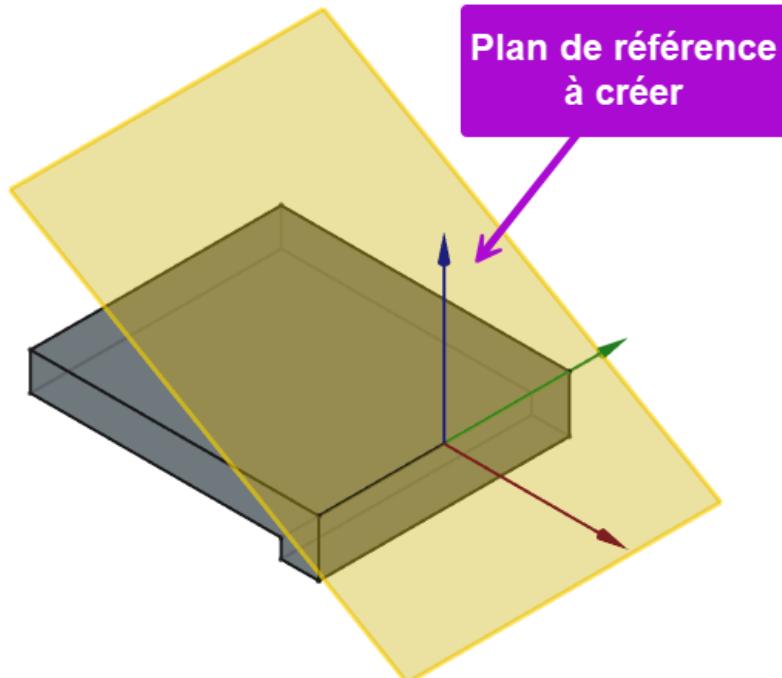
1^{ère} protrusion du TP 3-3

3.5.2. Plan de référence

Objectifs

Nous allons créer le plan de référence ci-dessous :

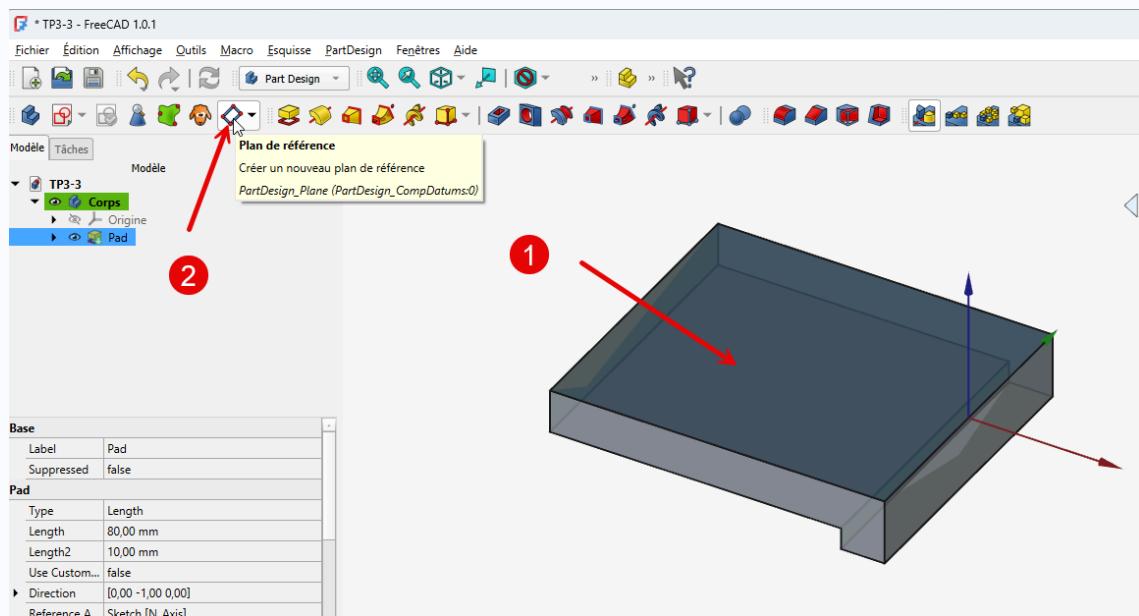
Plan de référence à créer



Vue isométrique du plan de référence

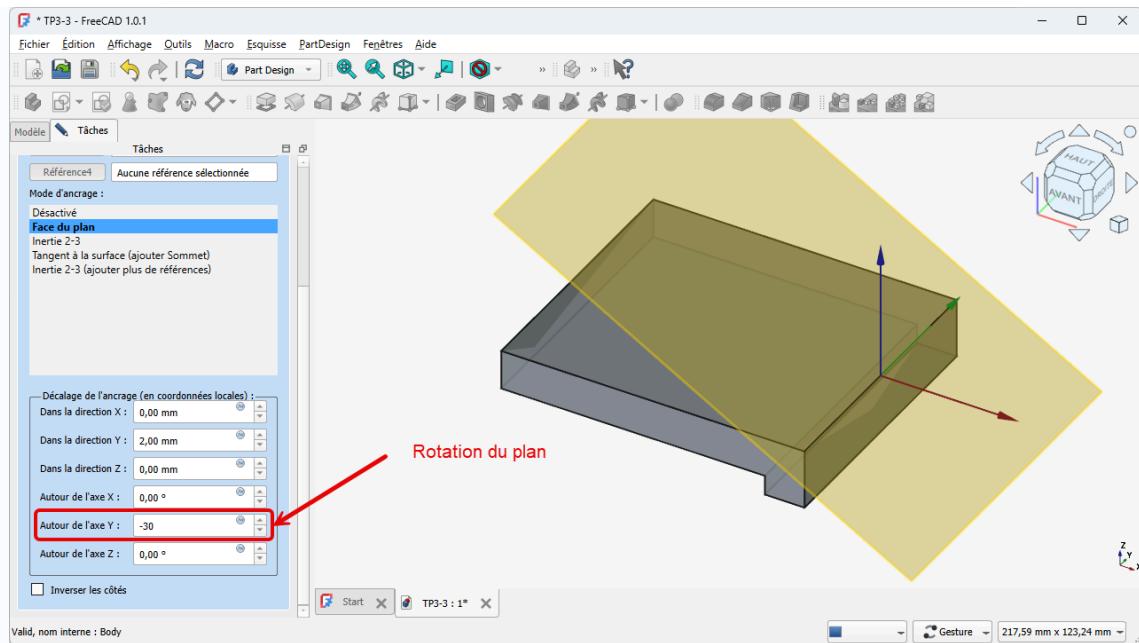
Tâches à réaliser

- Sélectionner la face supérieure du PAD et sélectionner la commande Crée un plan de référence ;



Création du plan de référence - 1

- Appliquer des rotations afin d'obtenir le résultat attendu ;

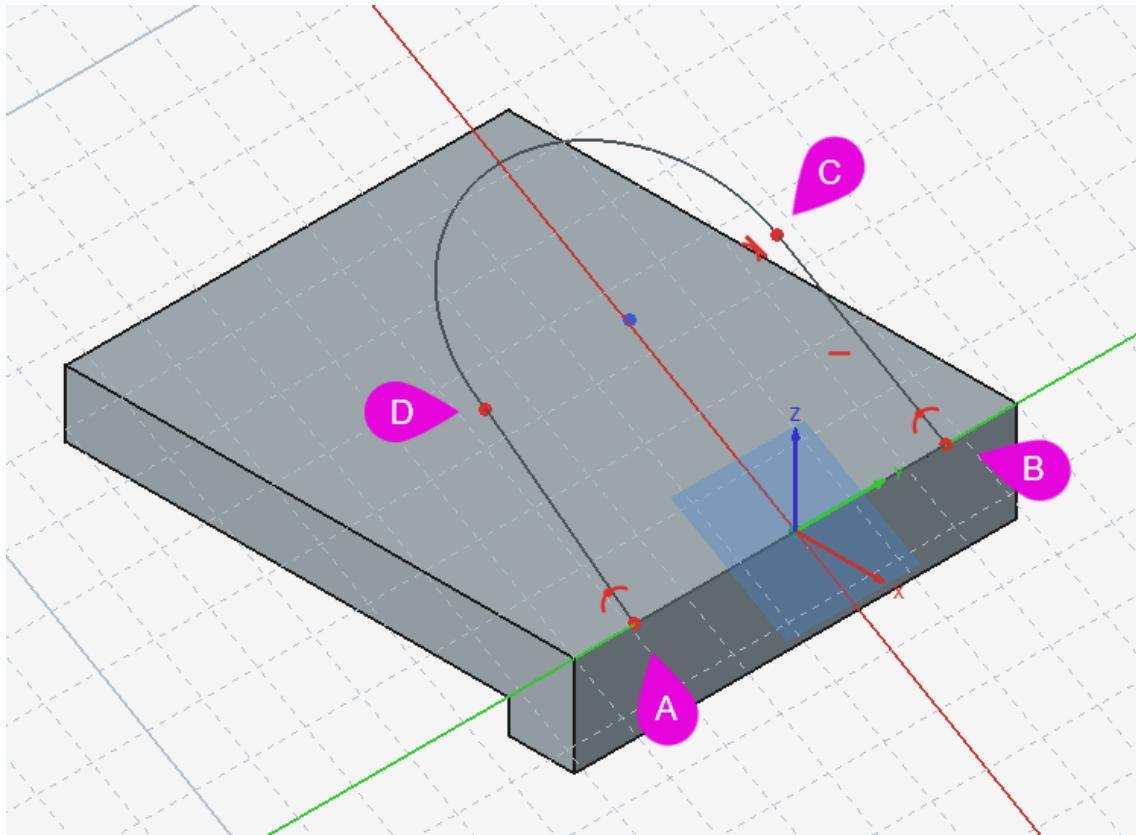


Création du plan de référence - 2

3.5.3. 2^{ème} esquisse et protrusion

Tâches à réaliser

- Créer une nouvelle esquisse  dans le plan de référence  que vous venez de créer ;
- Créer la polyligne **approximative fermée ABCDA**  suivante en exploitant les contraintes automatiques du tableau ci-dessous :



Ébauche de l'esquisse n°2

Aide :

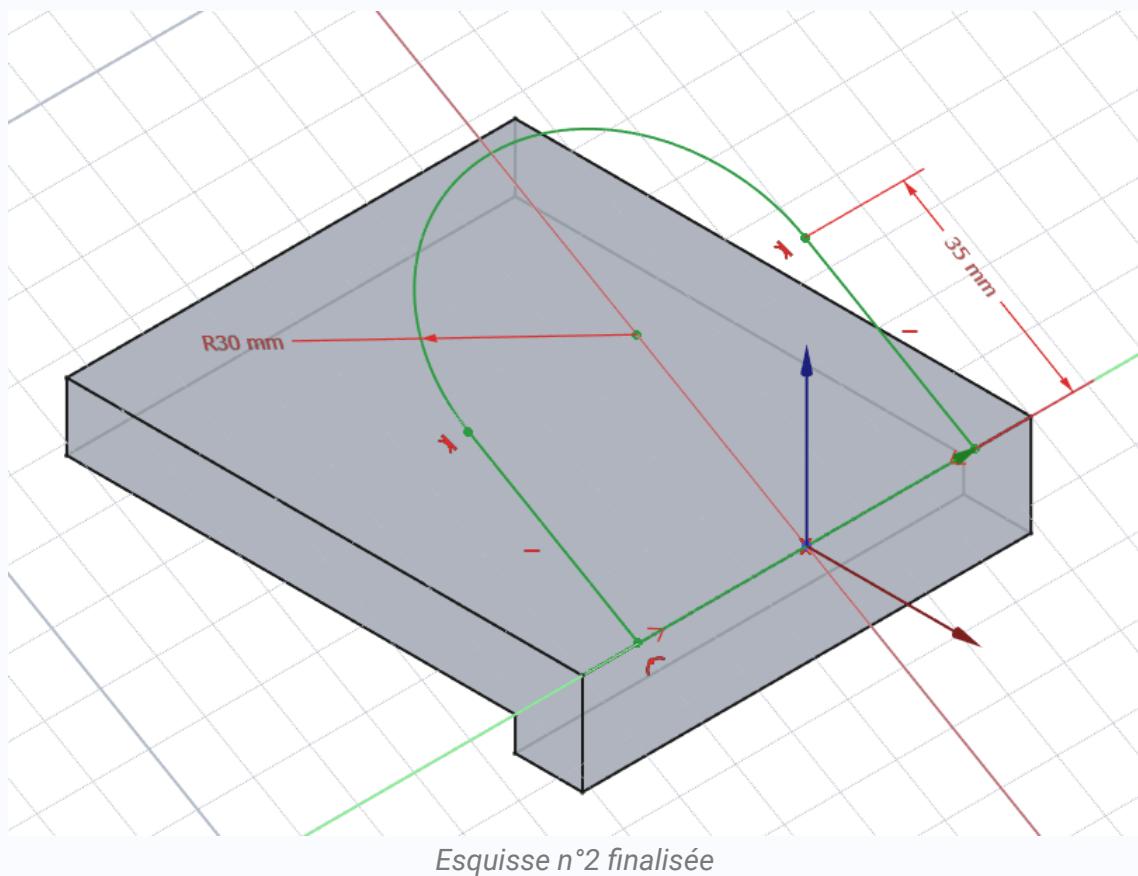
- Dans l'onglet **Modèle**, masquer le plan de référence à l'aide du bouton  pour mieux voir l'esquisse ;
- Passer en vue  pour mieux visualiser la position de l'esquisse (touche );

Tableau des contraintes auomatiques

Géométrie	Points	Contraintes automatiques
Polyligne	Point A	sur l'axe Y
	Point B	sur l'axe Y
	Point C	—
	Point D	Appuyer 3 fois sur la touche pour insérer un arc tangent au segment BC
	Point A	Appuyer 2 fois sur la touche pour revenir au mode par défaut avec le point A pour fermer le contour

■ Tâches à réaliser (suite)

- Finaliser l'esquisse comme ci-dessous :



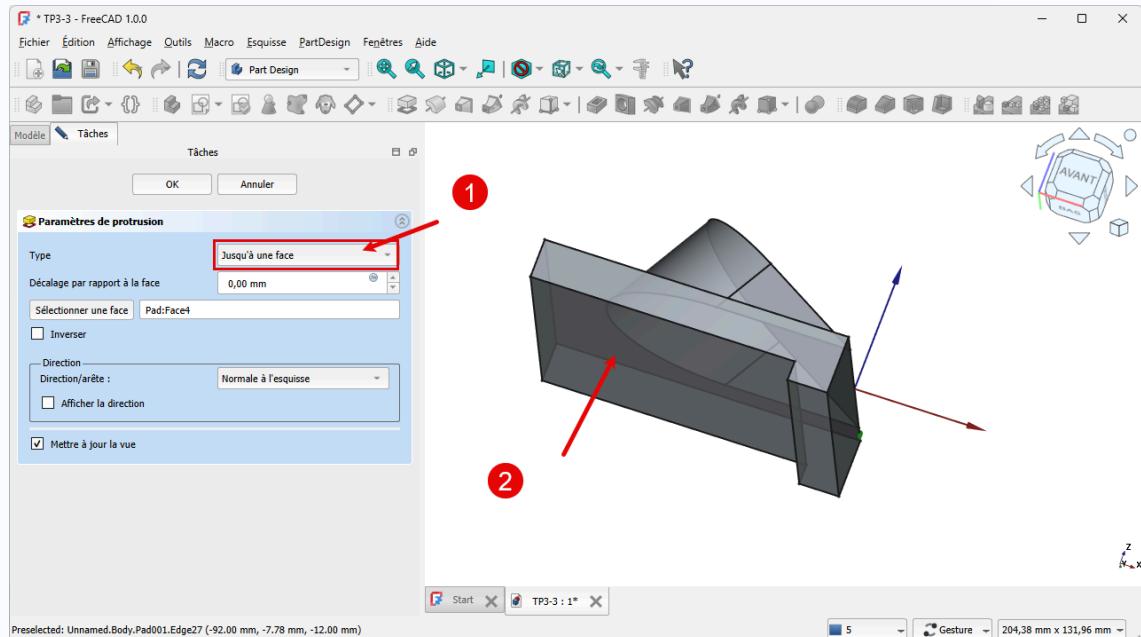
💡 Aide :

- Appliquer une contrainte aux points A&B par rapport à l'axe X ;
- Appliquer une contrainte au segment DA ;

- Appliquer une contrainte  entre l'arc CD et le segment DA ;
- Appliquer les deux contraintes dimensionnelles ;

Tâches à réaliser (suite)

- Créer une protrusion  de type  jusqu'à une face en sélectionnant la face du dessous;

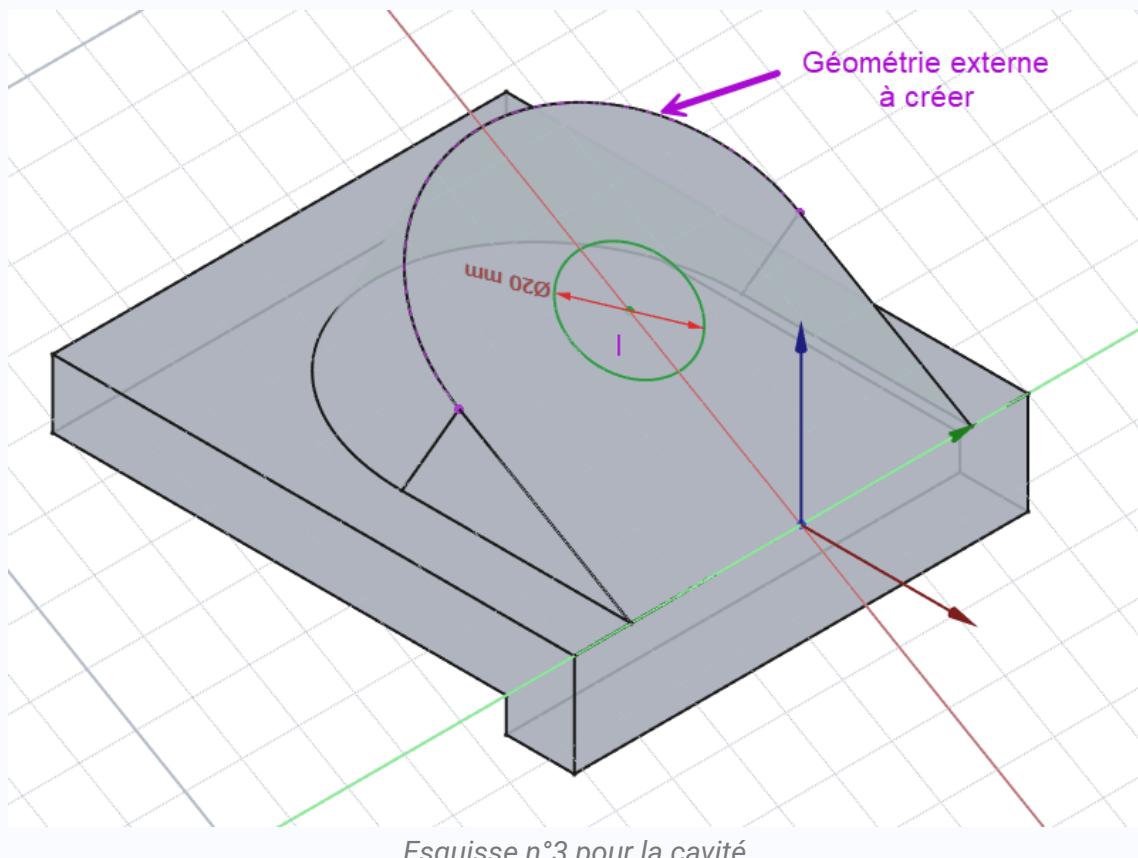


Protrusion de l'esquisse n°2

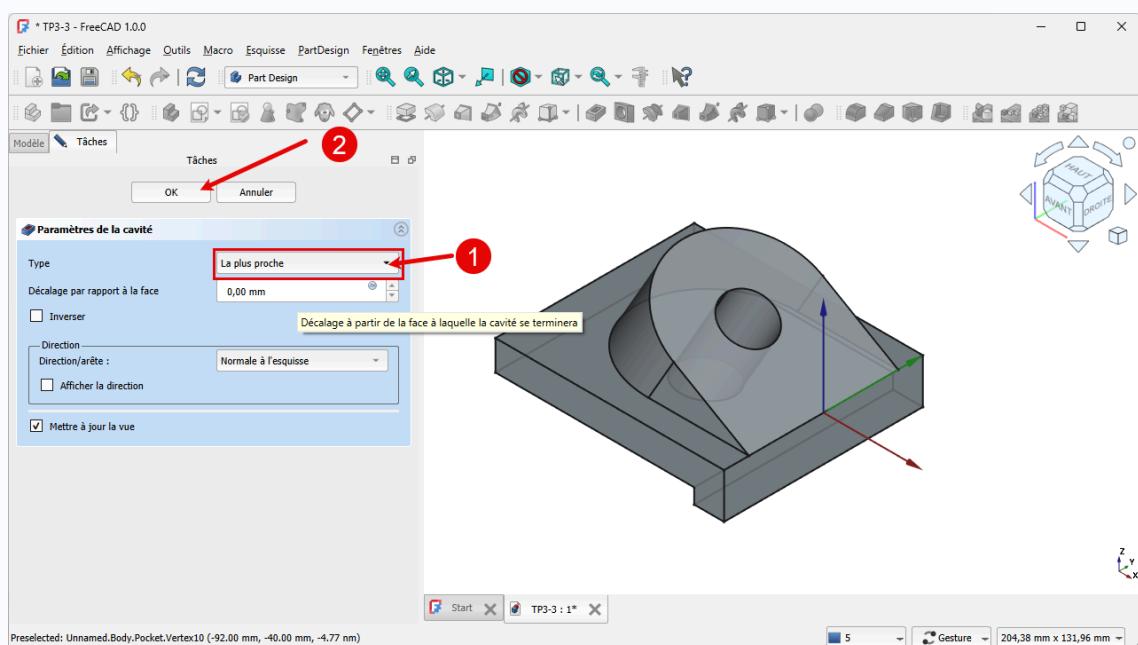
3.5.4. 3ème esquisse & cavité

Tâche à réaliser

- Créer une nouvelle esquisse  sur la face inclinée supérieure ;



- Créer une cavité  de type le plus proche ;



💡 Quelques conseils

- Utiliser une vue  pour mieux visualiser la position de l'esquisse ;
- Pour positionner le centre du cercle, créer une géométrie externe  à partir de la bordure extérieure ;
- Utiliser une contrainte automatique de coïncidence  pour positionner le centre du cercle ;

3.5.5. ➤ Capture vidéo



4. Fonctions paramétriques

Pour le moment, nous avons utilisé deux fonctions paramétriques :

- une fonction additive : la protrusion 
- une fonction soustractive : la cavité 

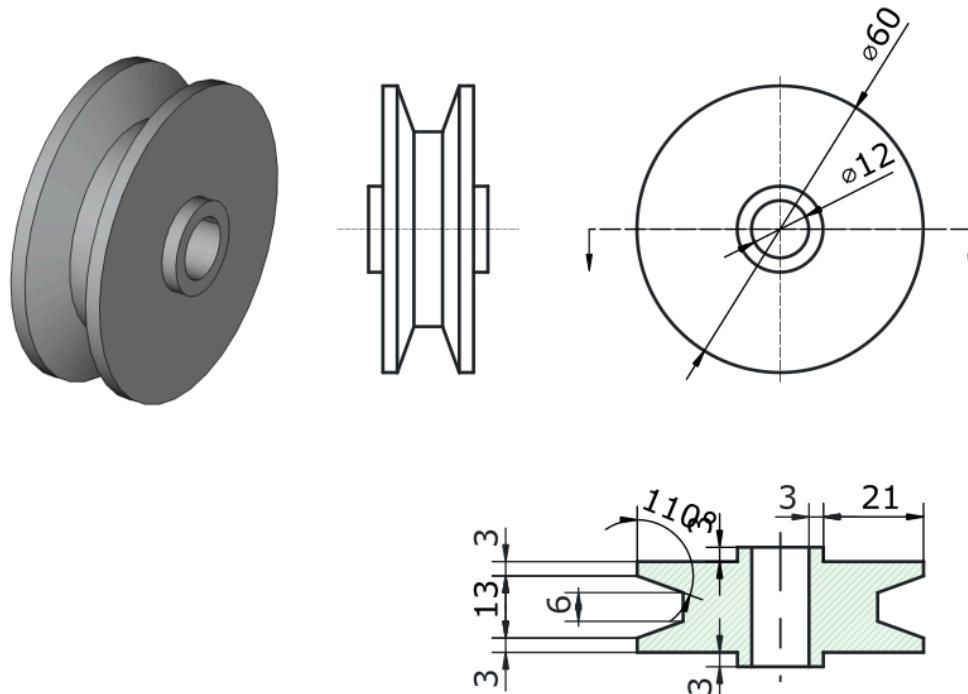
Dans ce chapitre, nous allons découvrir d'autres fonctions paramétriques.

4.1. Révolution

Objectifs

- Utiliser la commande Révolution 
- Utiliser la contrainte angulaire 

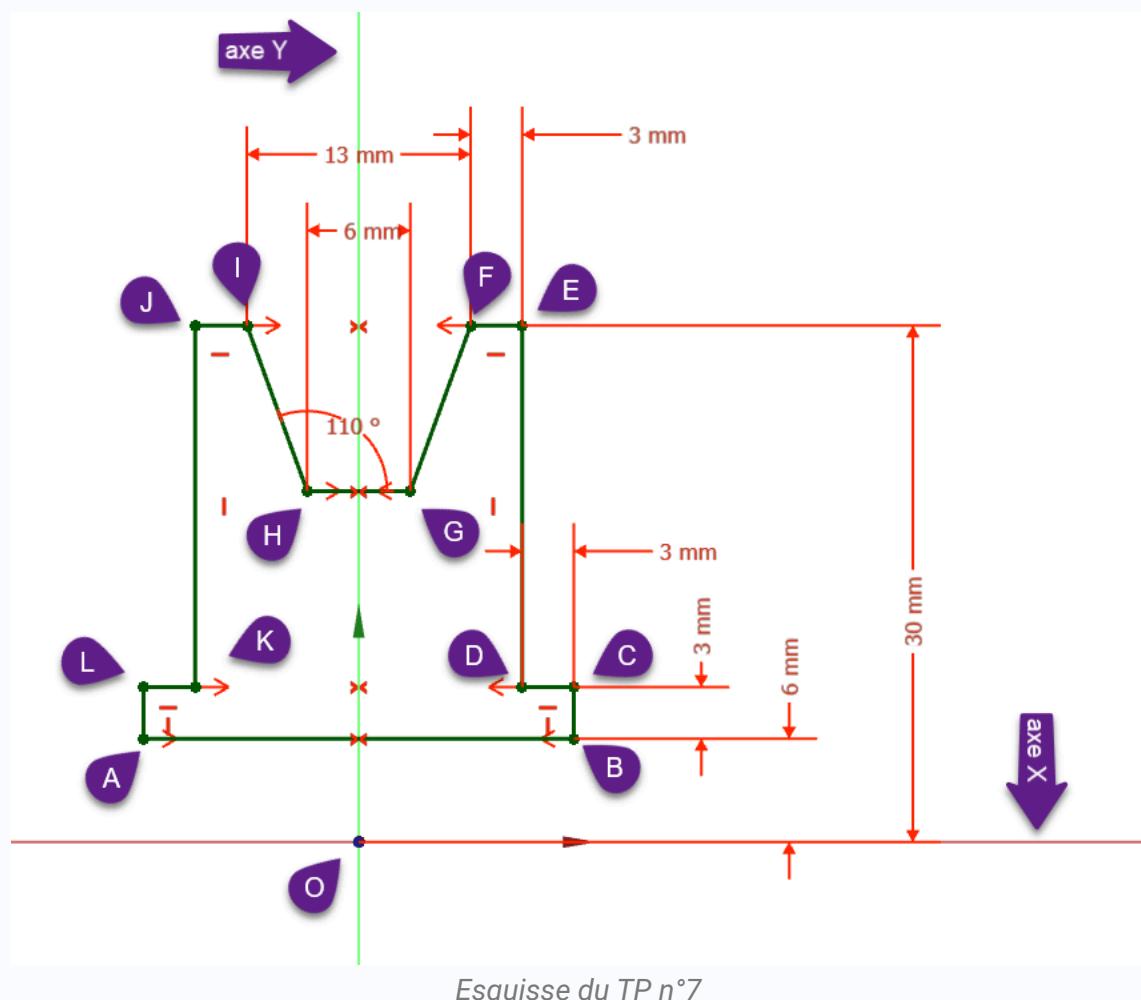
Nous allons modéliser le solide suivant : (cf. [TP4-1-Plan.pdf](#))



Tâches à réaliser

- Créez un nouveau document  TP4-1 dans FreeCAD ;
- Créez un nouveau corps  et une nouvelle esquisse  dans le plan XY ;

- Dans l'atelier Sketcher, créer l'esquisse ci-dessous à l'aide d'une seule polyligne :

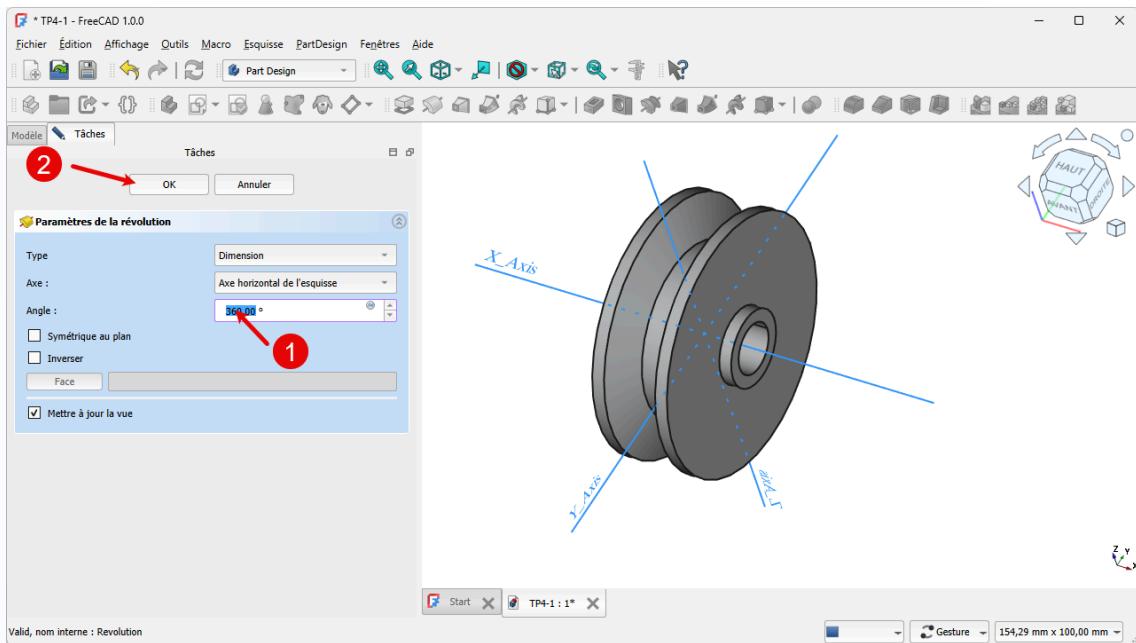


Aide :

- Créer une polyligne approximative **fermée** en exploitant les contraintes automatiques et surtout pour la fermeture de la polyligne ;
- Appliquer quatre fois la contrainte de symétrie respectivement aux points A&B, K&D, I&F, G&H par rapport à l'axe Y ;
- Appliquer la contrainte de 110° entre les segments GH & HI ;
- Vérifier que l'esquisse est fermée **puis** appliquer les contraintes dimensionnelles ;

Tâches à réaliser (suite)

- Dans l'atelier Part Design, à partir de l'esquisse, créer une révolution autour de l'axe d'esquisse horizontal ;



Création de la révolution

▶ Capture vidéo



4.1.1. ▶ Capture Vidéo

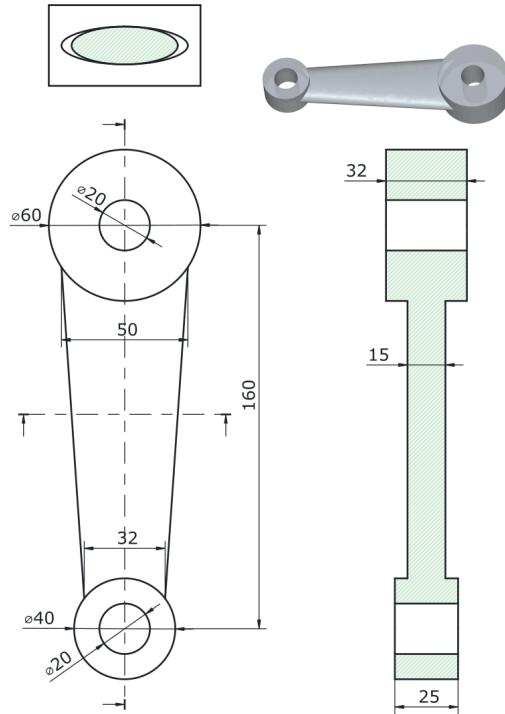
TP 4-1

4.2. Lissage additif 📈

📍 Objectifs

- Utiliser la commande **Lissage additif**^W dans l'atelier ;
- Utiliser la commande **Ellipse par centre**^W ;

Nous allons modéliser le solide suivant : (cf. TP4-2-Plan.pdf)



- La nervure sera obtenue à l'aide d'une commande de lissage d'une ellipse inférieure à une ellipse supérieure.



Nervure obtenue par lissage

- Dans un premier temps, il faut positionner le centre de ces ellipses.

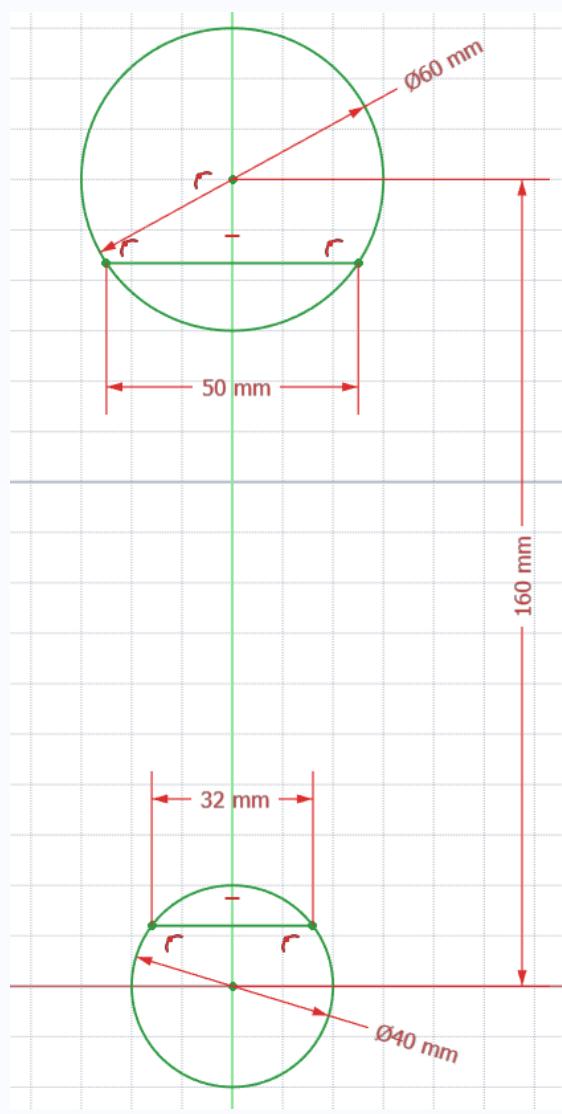
✓ Tâches préliminaires

- Créez un nouveau document TP4-2 dans FreeCAD ;
- Créez un nouveau corps ;

4.2.1. Création d'une esquisse de construction

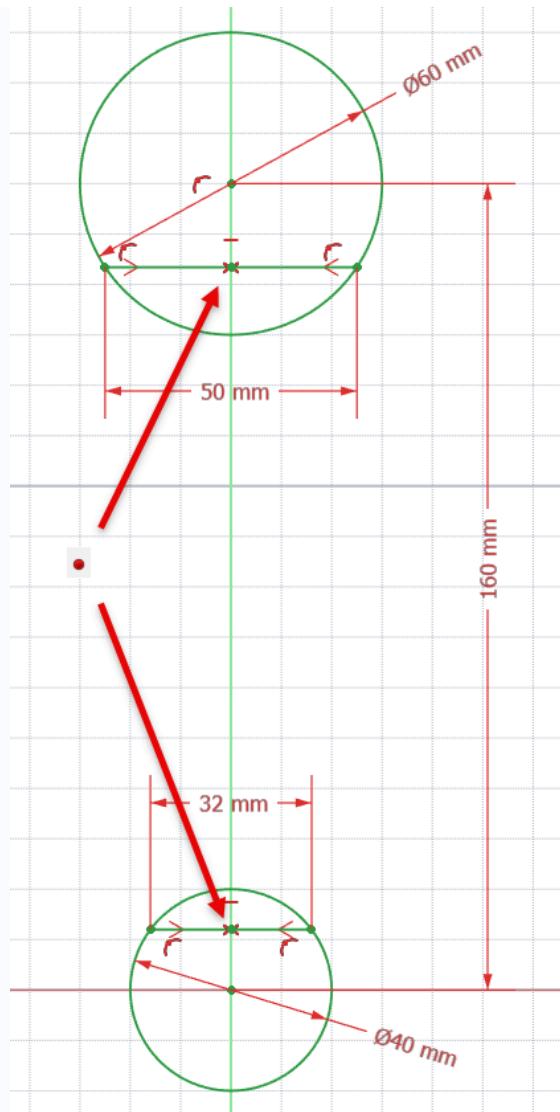
✓ Tâches à réaliser

- Créez la 1^{ère} esquisse ci-dessous dans le plan XZ constituée de deux cercles et deux lignes horizontales ;



Esquisse de construction

- Vérifier que l'esquisse est entièrement contrainte, en particulier que le cercle du haut est bien contraint sur l'axe Z ;
- Ajouter les deux points au milieu des axes ;



- Renommer l'esquisse GeoConst ;

Aide :

- Pour les deux lignes, utiliser les contraintes automatiques : , extrémités sur les cercles respectifs ;

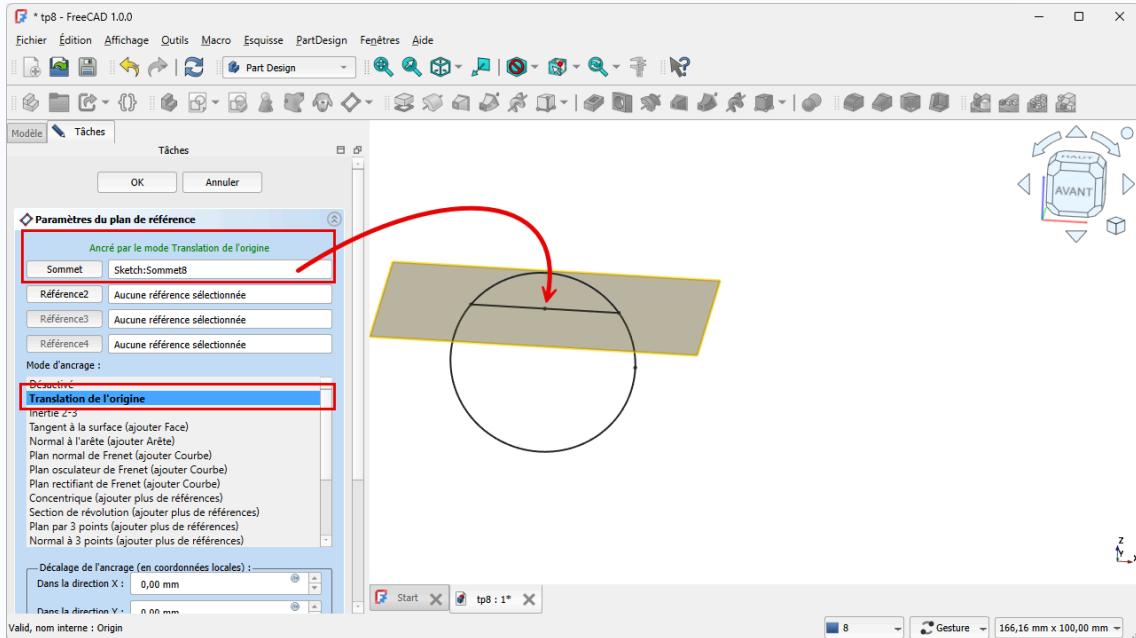
Intérêt de cette esquisse

- Nous récupérons géométriquement la position verticale du grand axe des ellipses ;

4.2.2. Création des plans de références

✓ Tâches à réaliser

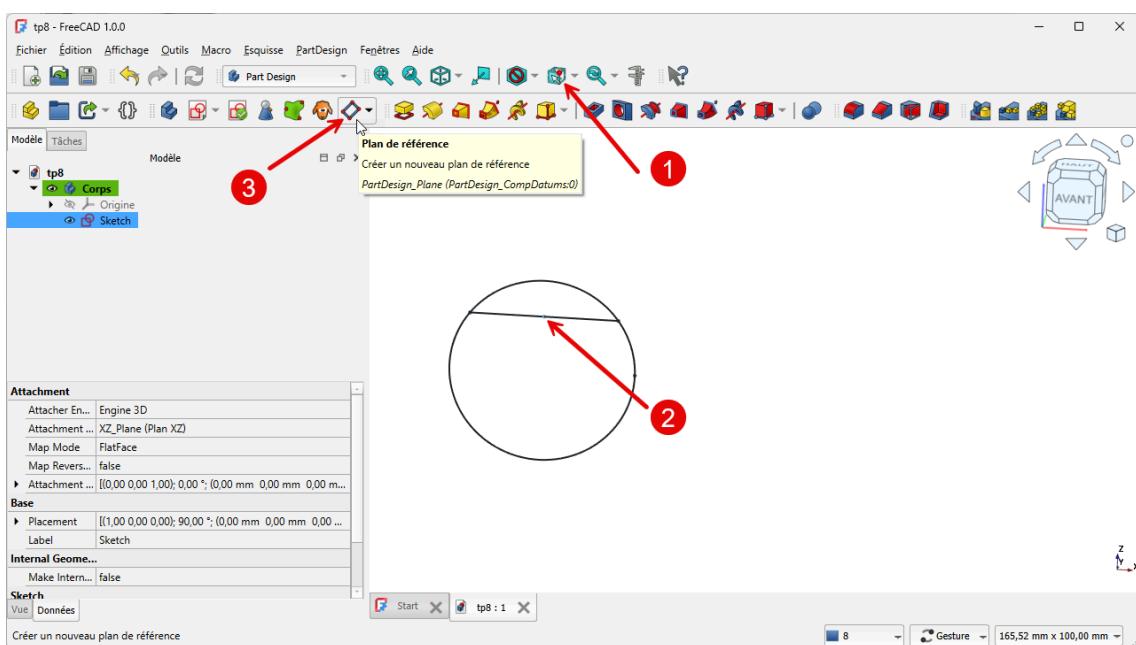
- Dans l'atelier Part Design , créer un plan de référence ayant pour origine le milieu du grand axe de l'ellipse inférieure :



Paramètres des plans de références

💡 Pour créer le plan de référence :

- Cliquer sur bouton Sélection de sommet , sélectionner le milieu de l'axe puis cliquer sur la commande :

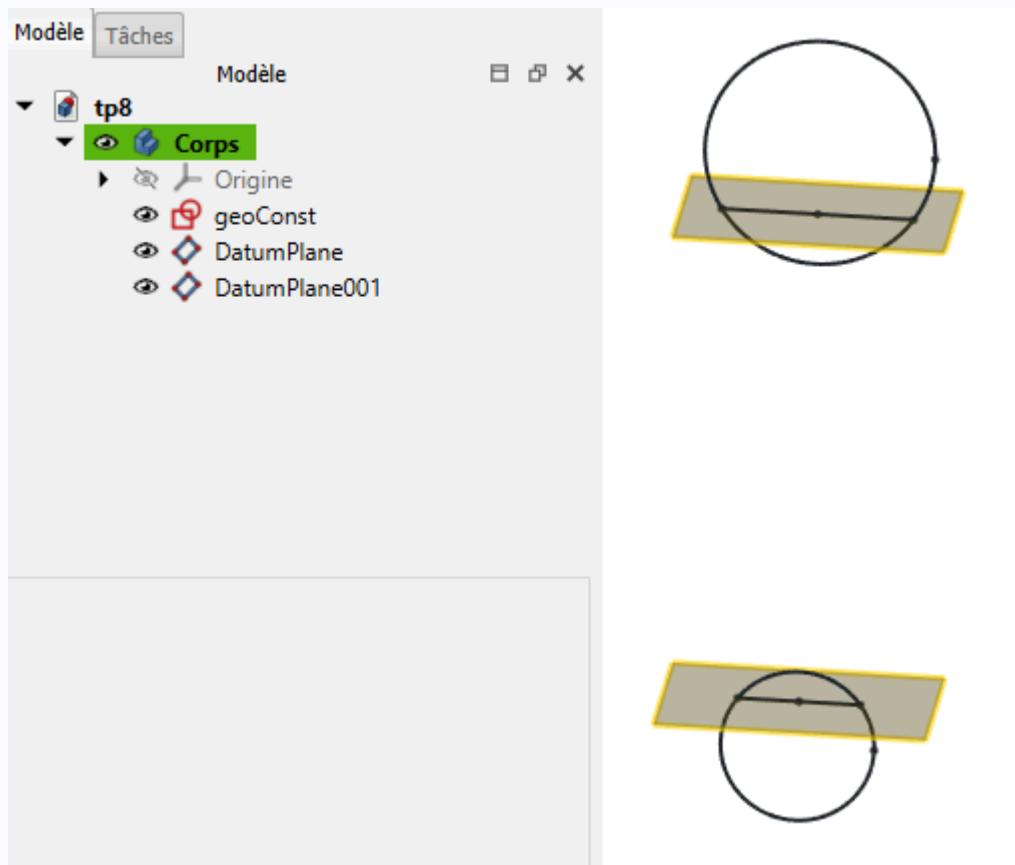


⚠️ Attention

- Sélectionner uniquement le point, zoomer si nécessaire avant d'appliquer la commande  ;

🕒 Tâches à réaliser

- En opérant de façon similaire, créer un second plan de référence  pour l'ellipse supérieure ;

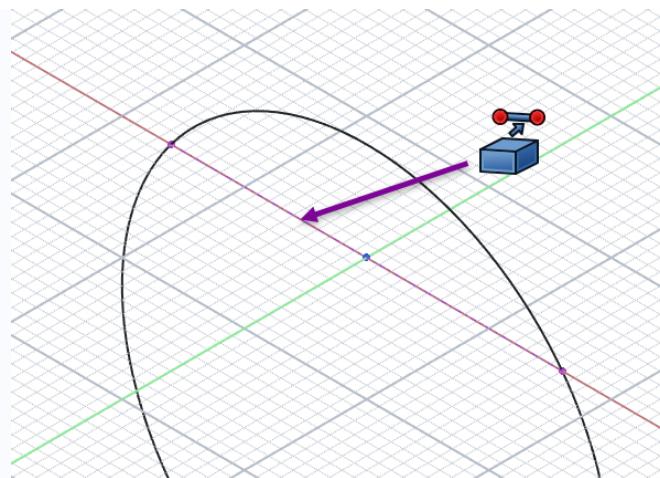


Création des 2 plans de référence

4.2.3. Création de la nervure à l'aide d'un lissage additif

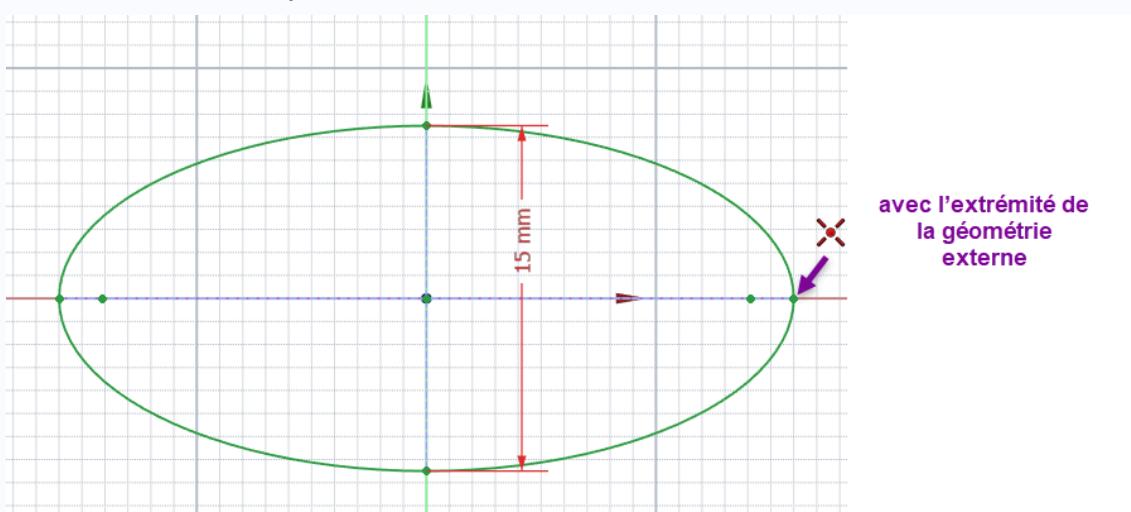
🕒 Tâches à réaliser : ellipse inférieure

- Sélectionner le plan de référence inférieur  et créer une nouvelle esquisse  ;
- Masquer les plans de références et afficher l'esquisse en vue Isométrique  (touche ) ;
- Créer une géométrique externe  de l'axe inférieur de l'esquisse  GeoConst ;



Géométrie externe de l'axe

- Revenir en affichage (touche **2**) et masquer l'esquisse GeoConst ;
- Créer l'ellipse centrée à l'origine et le sommet de l'ellipse contraint à l'extrémité de l'axe de la géométrie externe ;
- Appliquer une contrainte de 15 mm au petit axe de l'ellipse ;

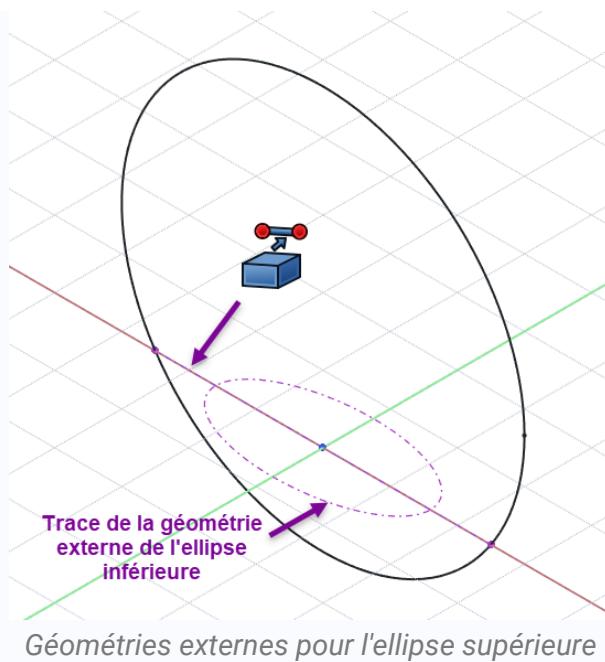


Esquisse plan inférieur

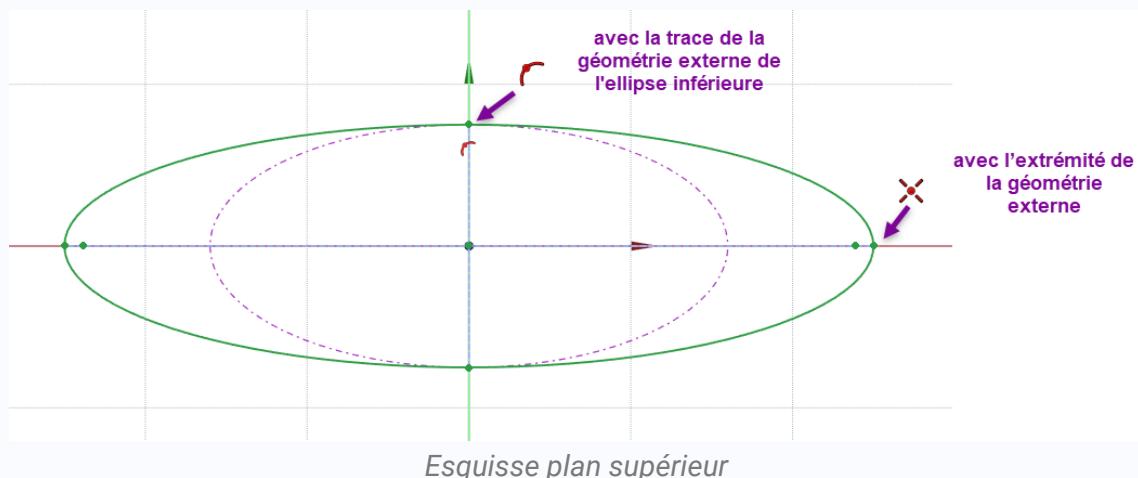
avec l'extrémité de la géométrie externe

Tâches à réaliser : ellipse supérieure

- Sélectionner le plan de référence supérieur et créer une nouvelle esquisse ;
- Masquer les plans de références si nécessaire, réafficher l'esquisse GeoConst et afficher l'esquisse en vue Isométrique ;
- Créer une géométrie externe de l'axe supérieur de l'esquisse GeoConst et une géométrie externe de l'ellipse inférieure ;



- Revenir en affichage et masquer les esquisses GeoConst et Sketch001 ;
- Créer l'ellipse centrée à l'origine, le sommet du grand axe de l'ellipse contraint à l'extrémité de l'axe supérieur de GeoConst et l'autre sommet sur la trace de l'ellipse inférieure ;

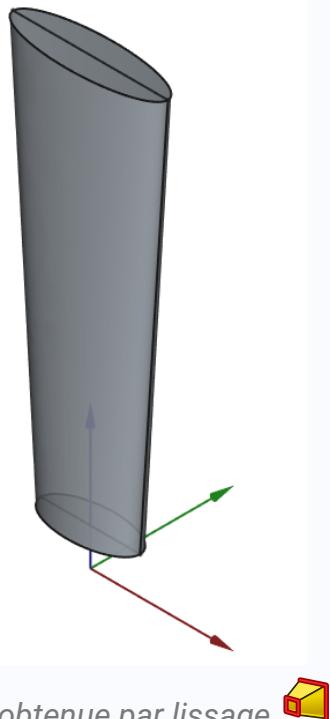


A noter :

L'ellipse inférieure n'appartenant pas au plan de l'ellipse supérieure, FreeCAD ajoute comme géométrie externe une projection de l'ellipse inférieure dans le plan d'esquisse ;

☰ Tâches à réaliser

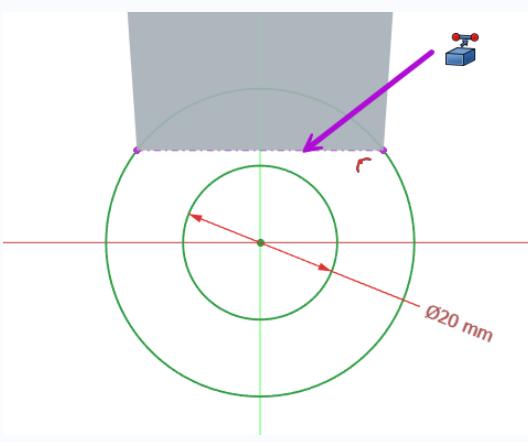
- Réafficher les esquisses Sketch001 et GeoConst ;
- Sélectionner les deux esquisses et cliquer sur la commande Lissage additif : :



4.2.4. Création des cylindres aux extrémités de la nervure

☰ Tâches à réaliser

- Pour le cylindre inférieur, créer l'esquisse ci-dessous dans le plan ZX constituée de 2 cercles ;



Esquisse pour les cylindres intérieurs

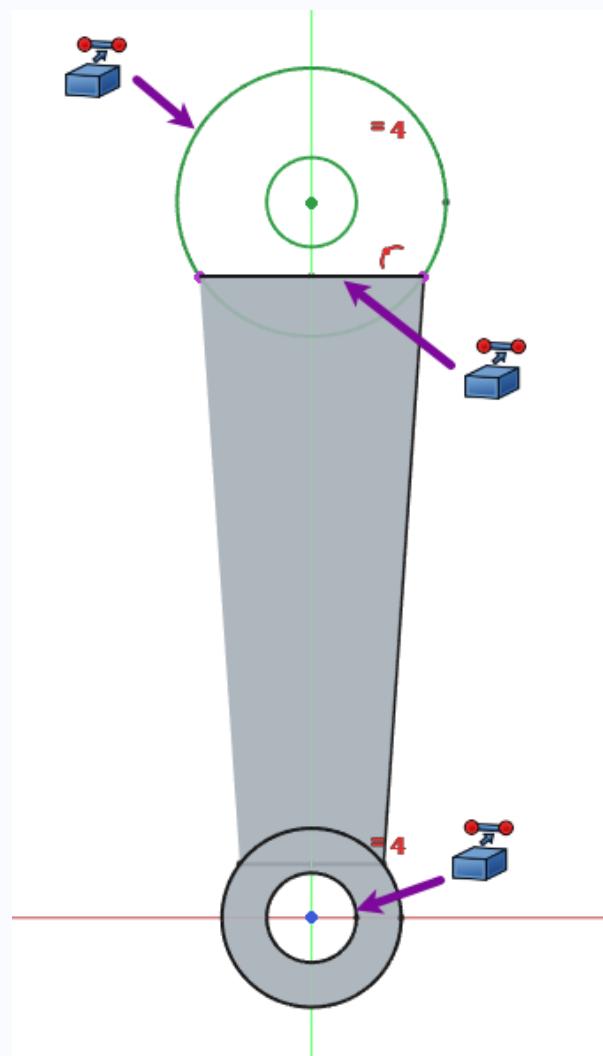
- Créer une protrusion symétrique de 25 mm ;

Aide

- Utiliser une géométrie externe  du bas de la nervure pour fixer le diamètre du grand cercle ;

Tâches à réaliser (suite)

- Pour le cylindre supérieur, créer l'esquisse ci-dessous  dans le plan ZX constituée de 2 cercles  ;



Esquisse pour les cylindres supérieurs

- Créer une protrusion  symétrique de 32 mm ;

Aide

- Afficher l'esquisse  GeoConst ;
- Ajouter trois géométries externes  :
 - du grand cercle de l'esquisse  GeoConst pour positionner le centre des cercles ;
 - du haut de la nervure pour fixer le diamètre du grand cercle ;

- de l'alésage inférieur pour fixer le diamètre du petit cercle à l'aide d'une contrainte  ;

4.2.5. Capture vidéo

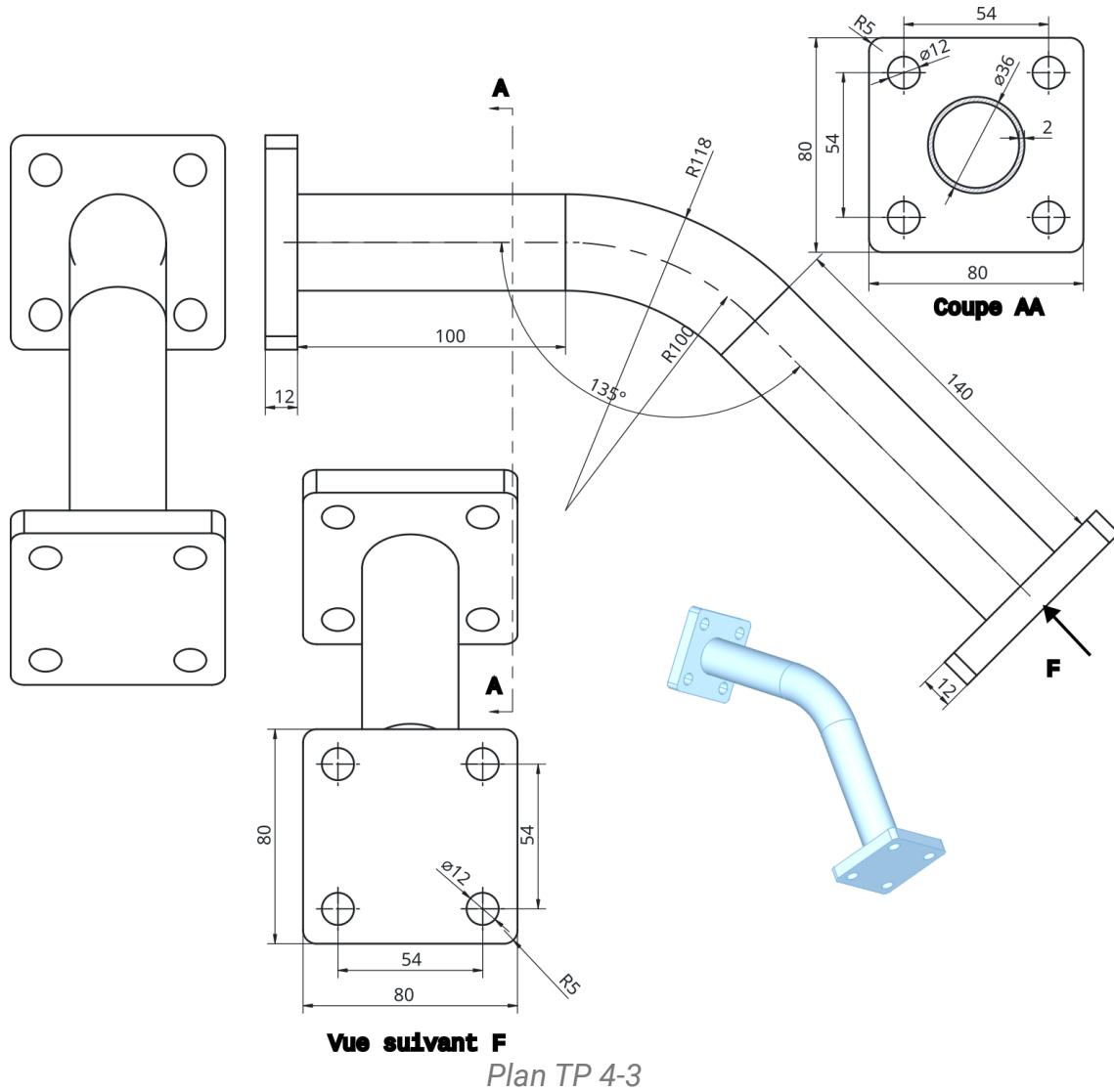


4.3. Balayage additif

Objectifs

- Utiliser la commande **Balayage Additif**^W  dans l'atelier   ;
- Utiliser la commande **Rectangle arrondi**^W  et **Copie Carbone**^W  de l'atelier   ;

Nous allons modéliser le solide suivant : (cf [TP4-3-Plan.pdf](#))



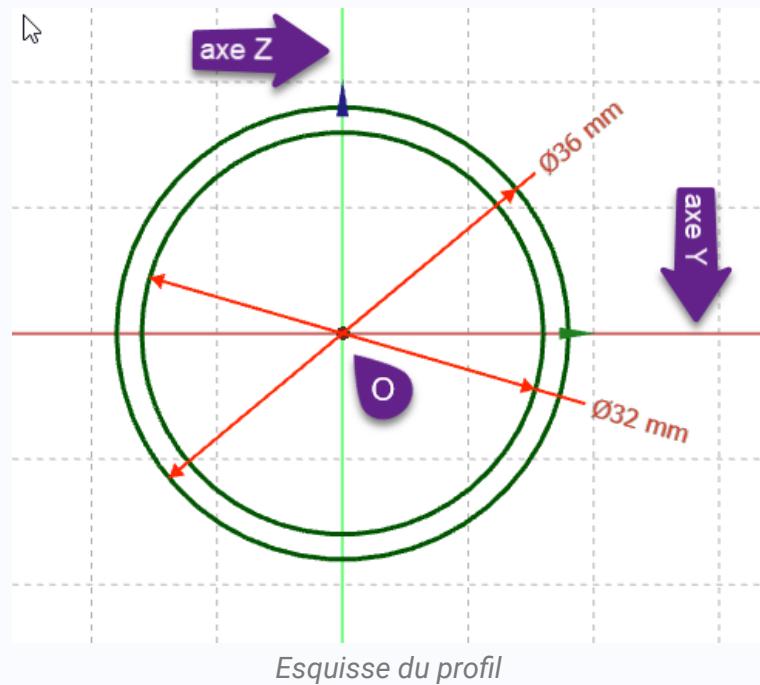
🕒 Tâches préliminaires

- Créer un nouveau document TP4-3 dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau corps ;

4.3.1. Création du balayage

✓ Tâches à réaliser

- Créer la 1^{ère} esquisse  ci-dessous dans le plan YZ que vous renomerez  Profil ;

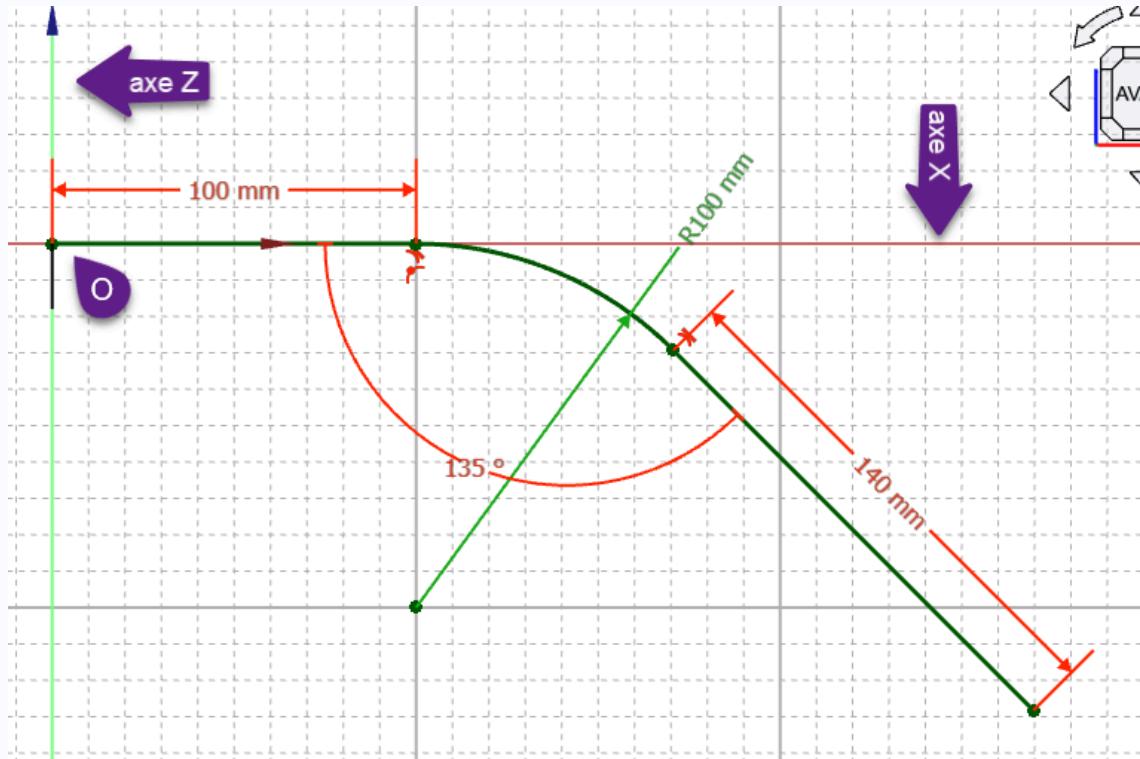


💡 Aide :

- Utiliser la contrainte automatique de coïncidence  pour positionner le centre des cercles ;
- Pour renommer l'esquisse, cliquer droit sur l'esquisse dans la vue **Modèle** et sélectionner la commande  Renommer (ou bien appuyer sur la touche **F2** sous  ou 126

▼ Tâches à réaliser (suite)

- Créer une 2^{nde} esquisse  ci-dessous dans le plan XZ que vous renomerez  Chemin



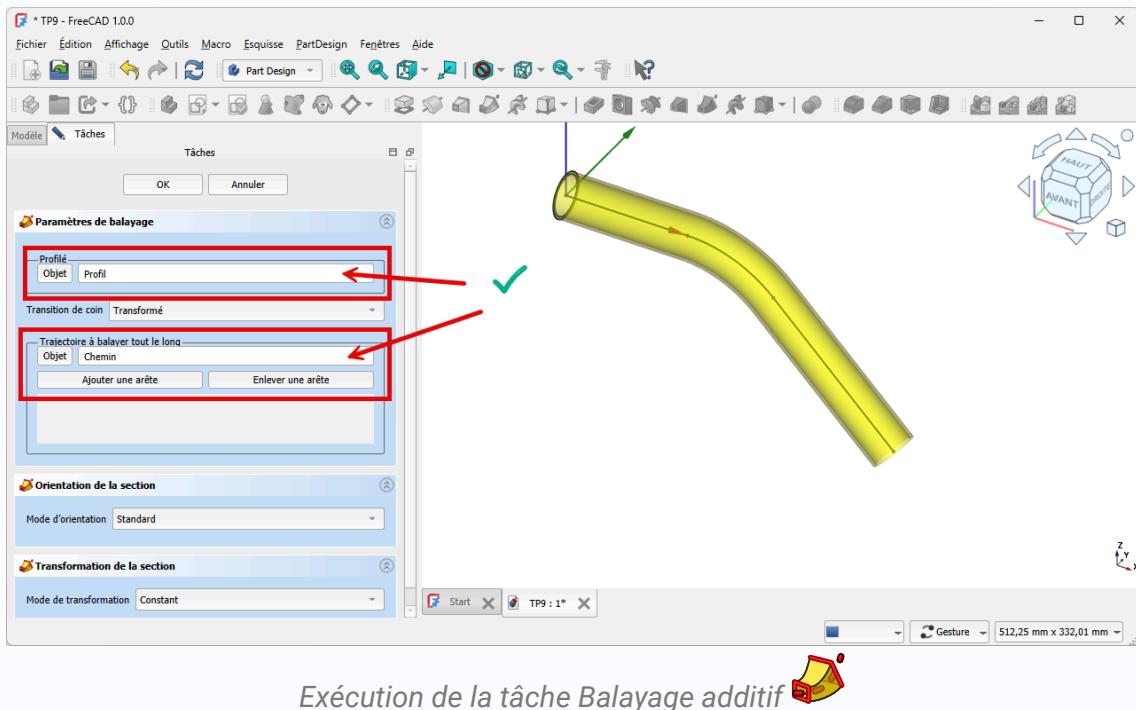
Esquisse du chemin

Aide :

- Utiliser une polyligne  et appuyer 3 fois sur la touche  pour créer l'arc tangent au 1^{er} segment ;

✓ Tâches à réaliser (suite)

- Créer un balayage  avec le profil et le chemin correspondant aux esquisses créées ;



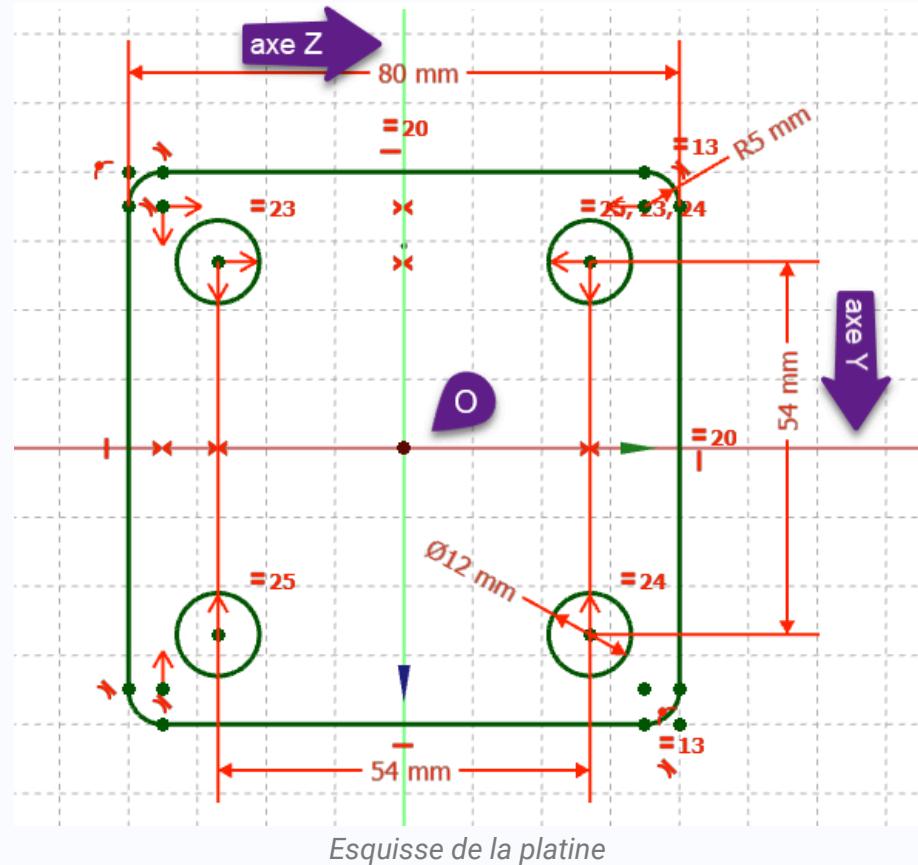
💡 Aide :

- Appuyer sur la touche **Ctrl** (**⌘** sous ) sous , sélectionner le  profil et le  chemin puis cliquer sur la commande  ;

4.3.2. Création de la 1^{ère} platine

✓ Tâches à réaliser

- Sélectionner la face extrême située à l'origine et créer l'esquisse  ci-dessous ;

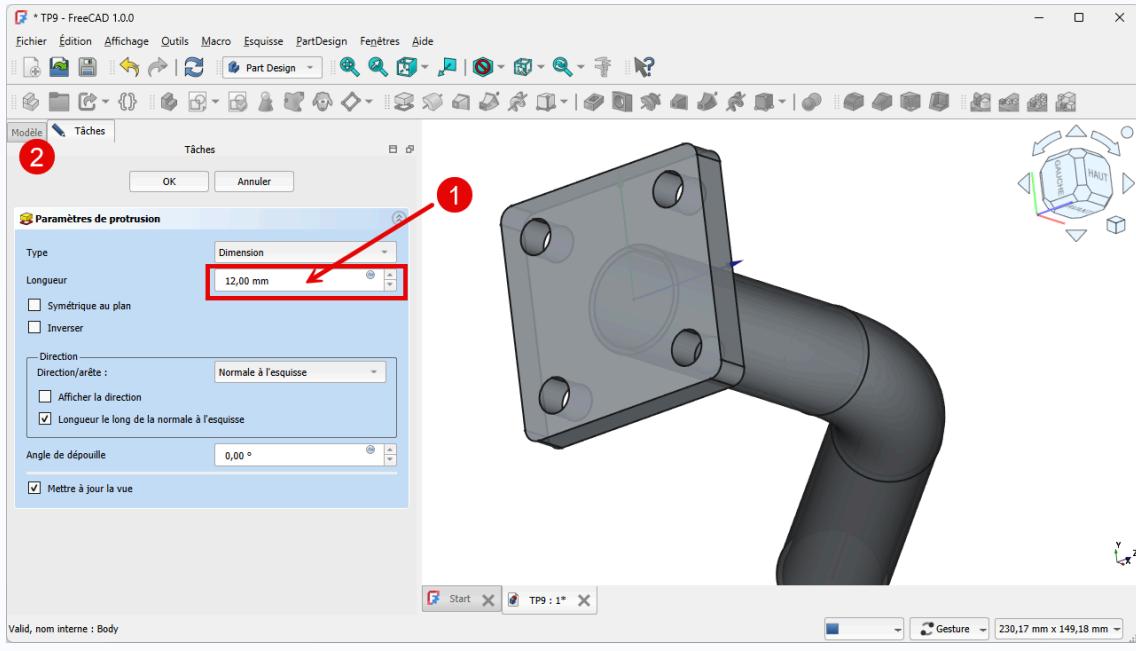


💡 Aide :

- Sélectionner la face située à l'origine pour créer l'esquisse ;
- Utiliser la géométrie Rectangle arrondi  pour créer le contour extérieur de l'esquisse ;

✓ Tâches à réaliser (suite)

- Créer une protrusion  de 12 mm ;



Saisie des paramètres de la protrusion

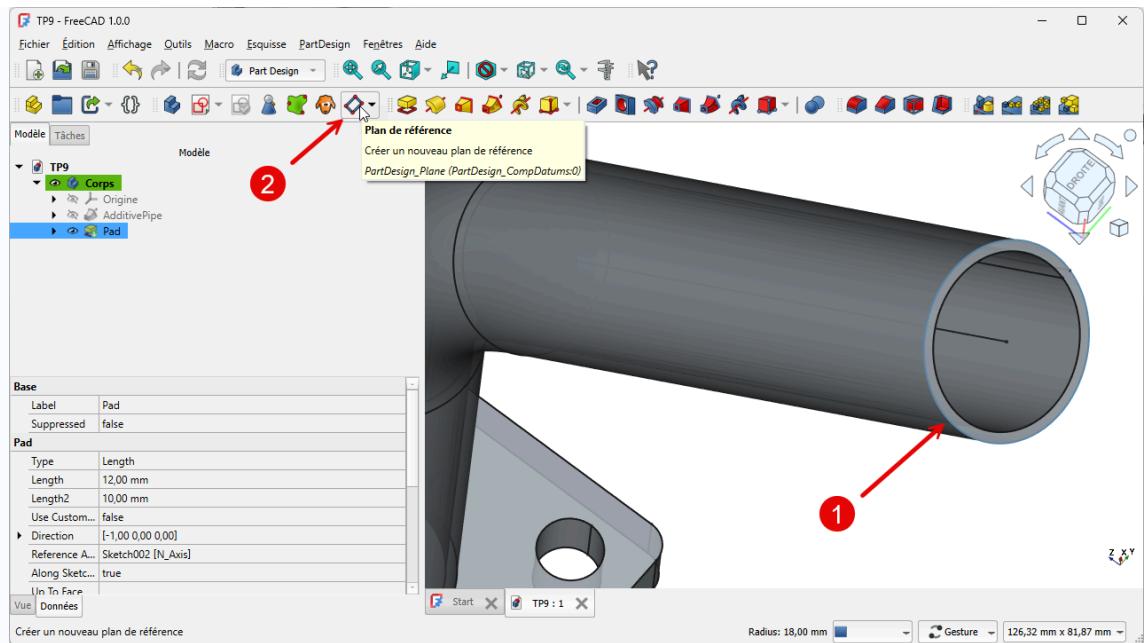
4.3.3. Crédit de la 2^{nde} platine

Conseil

- L'esquisse de la seconde platine étant identique à la première platine, nous allons recopier la première esquisse à l'aide de la commande  ;
- Pour positionner correctement la seconde esquisse, nous allons créer un plan de référence  centré sur la seconde extrémité du balayage ;

✓ Tâches à réaliser

- Sélectionner la circonference extérieure de l'extrémité du balayage et créer un nouveau plan référence  avec un accrochage  Concentrique ;



Sélection pour la création du plan de référence

- Créer une nouvelle esquisse dans ce plan de référence ;



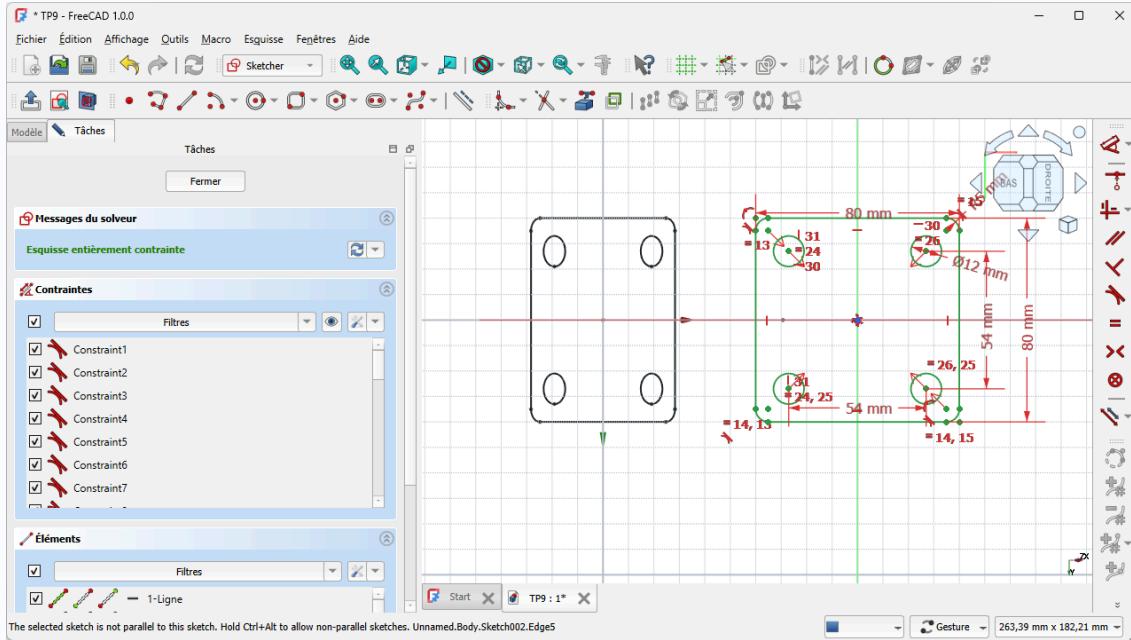
Pourquoi sélectionner la circonference extérieure pour créer le plan de référence ?

FreeCAD propose un mode d'accrochage : l'origine de ce plan de référence coïncidera avec le centre de cette circonference :

- Ainsi, l'origine de l'esquisse accrochée à ce plan de référence coïncidera aussi le centre de cette circonference.

✓ Tâches à réaliser

- Copier l'esquisse de la première platine à l'aide de la commande  ;



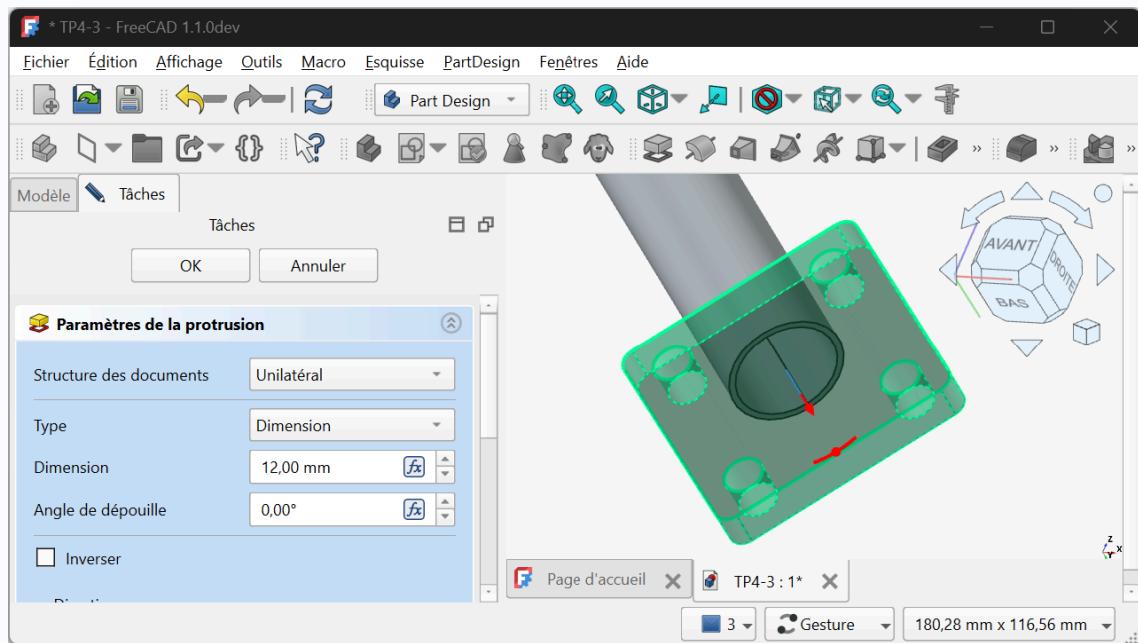
💡 Aide :

- Dans la vue **Modèle**, masquer le plan de référence, l'objet  mais afficher l'esquisse de la 1ère platine ;
- Les deux esquisses n'étant pas dans le même plan, il faut maintenir appuyées les touches :
 - sur  et  : **Ctrl** + **Alt**
 - sur  : **⌘** + **Alt**

et sélectionner une arête de l'esquisse de la première platine pour la copier avec la commande  ;

▼ Tâches à réaliser

- Créer la seconde protrusion  de 12 mm ;



4.3.4. ▶ Capture vidéo



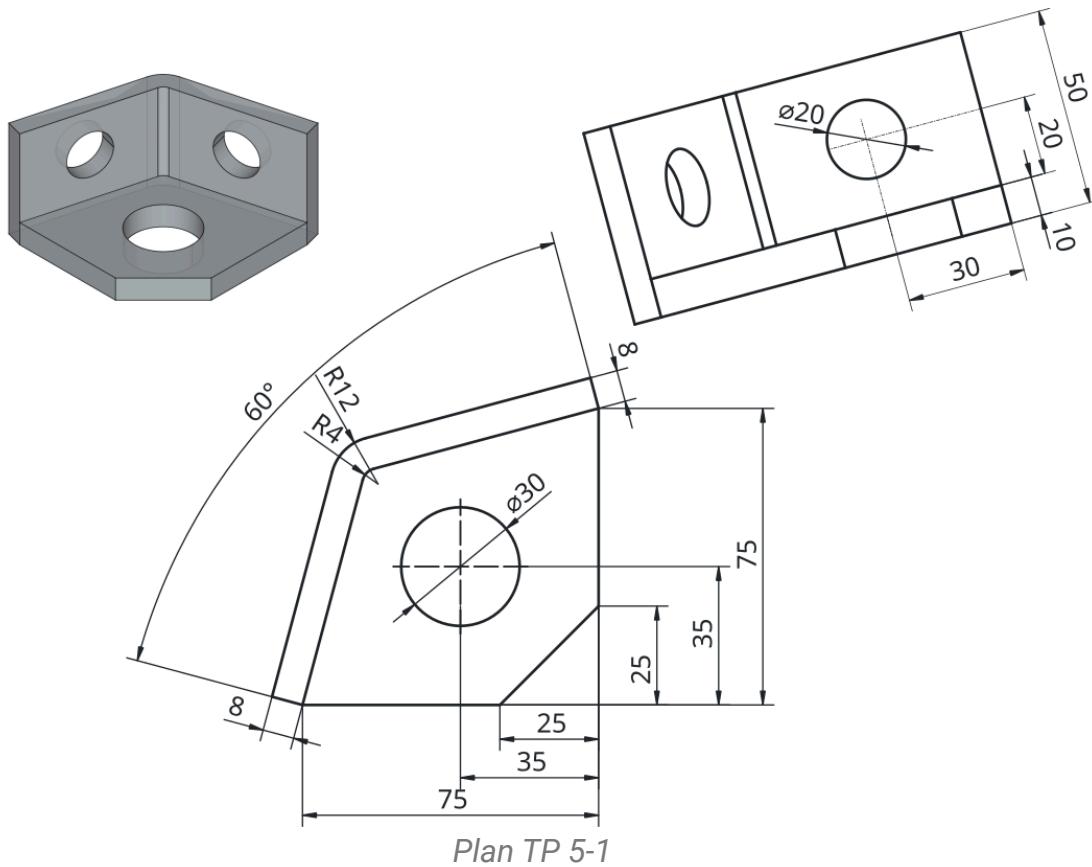
5. Transformations

5.1. Symétrie

Objectifs

- Utiliser la commande **Symétrie**^W de l'atelier  **Part Design**  ;
 - Utiliser les contraintes **Perpendiculaire**^W , **Parallèle**^W  de l'atelier  **Sketcher**  ;

Nous allons modéliser le solide suivant : (cf [TP-5-1-Plan.PDF](#))



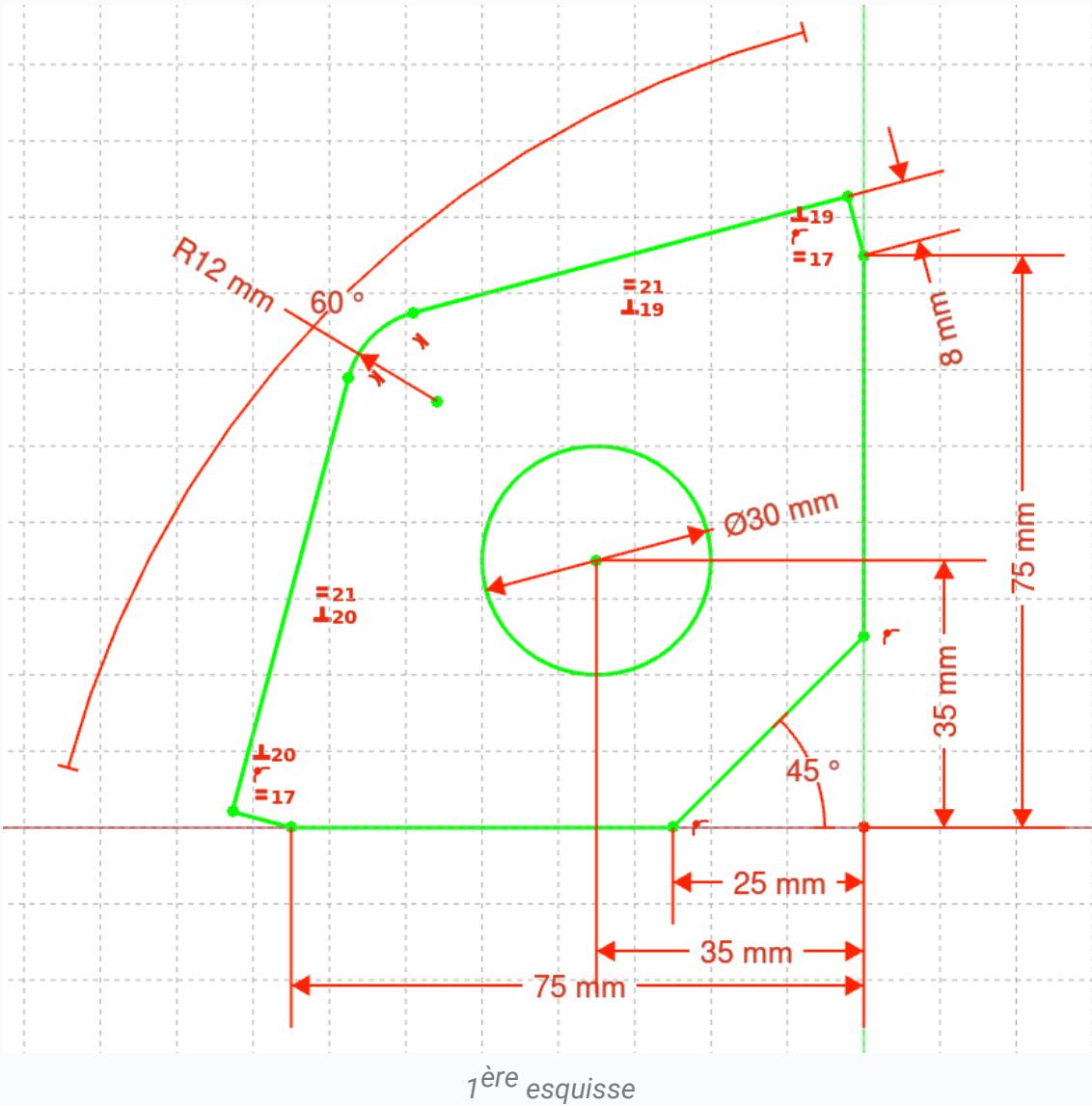
✓ Tâches préliminaires

- Créer un nouveau document  TP5-1 dans FreeCAD ;
 - Sélectionner l'atelier  PartDesign  et créer un nouveau corps  dans ce document ;

5.1.1. Création de la base

↳ Tâches à réaliser

- Créer une 1^{ère} esquisse  dans le plan XY ;



💡 Aide :

- Créer le contour fermé à l'aide d'une **seule** polyligne  en utilisant les contraintes automatiques du tableau ci-dessous ;

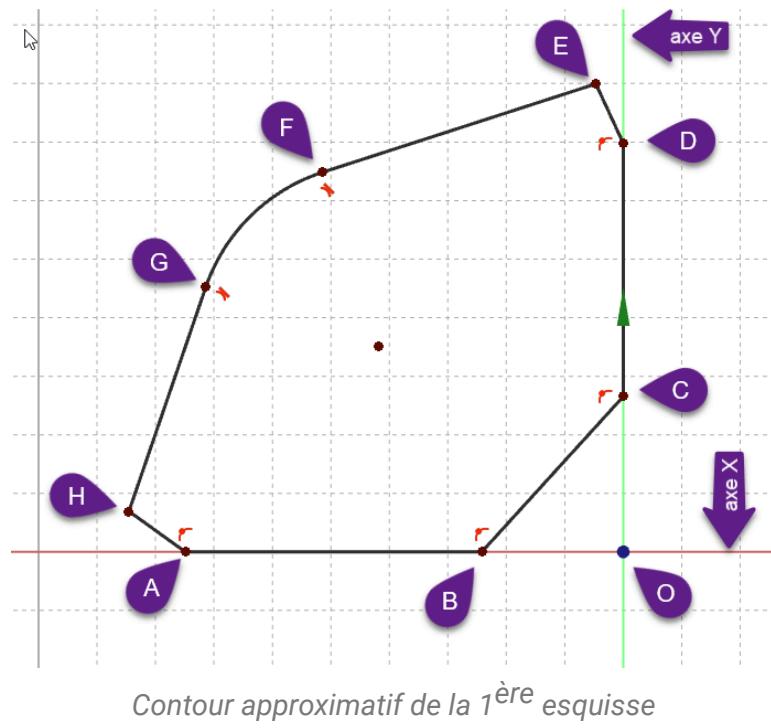
Contour approximatif de la 1^{ère} esquisse

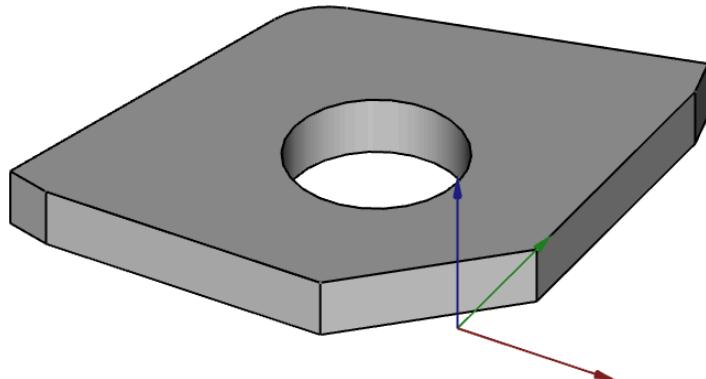
Tableau des contraintes automatiques à exploiter

Géométries	Points	Contraintes automatiques
Polyligne	A, B	red arc icon sur l'axe X
	C,D	red arc icon sur l'axe Y
	E, F	Aucune contrainte
	G	Appuyer 3 fois sur M pour créer un arc tangent au segment précédent
	H	Aucune contrainte
	A	red circle icon avec le point A pour fermer la polyligne

- Ajouter la contrainte d'égalité respectivement entre [GH]&[EF] et entre [ED]&[HA]
- Ajouter la contrainte respectivement entre [DE]&[EF] et entre [GH]&[HA] ;
- Ajouter la contrainte d'angle de 60° entre [ED]&[HA] et de 45° entre [BC] et l'axe X ;
- Vérifier que le contour est fermé puis ajouter les contraintes dimensionnelles , , ;
- Ajouter le cercle centré et contraindre le diamètre et la position de son centre ;

▼ Tâches à réaliser - suite

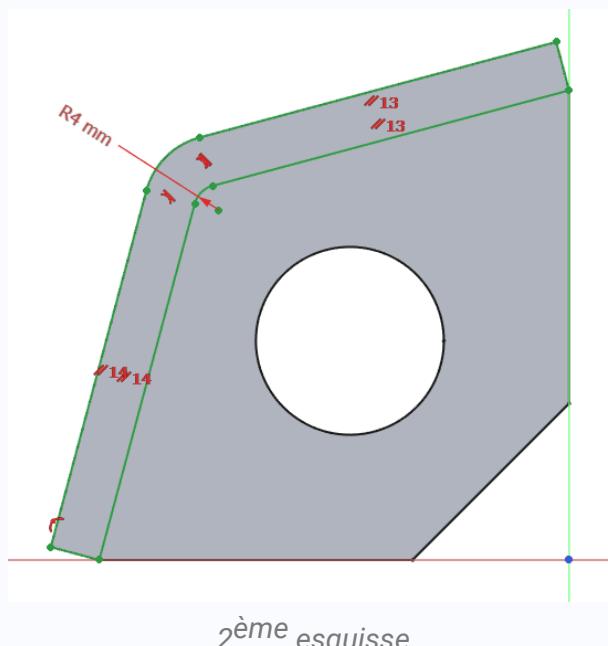
Créer une protrusion  de 10 mn inversée ;



5.1.2. Création de la paroi verticale

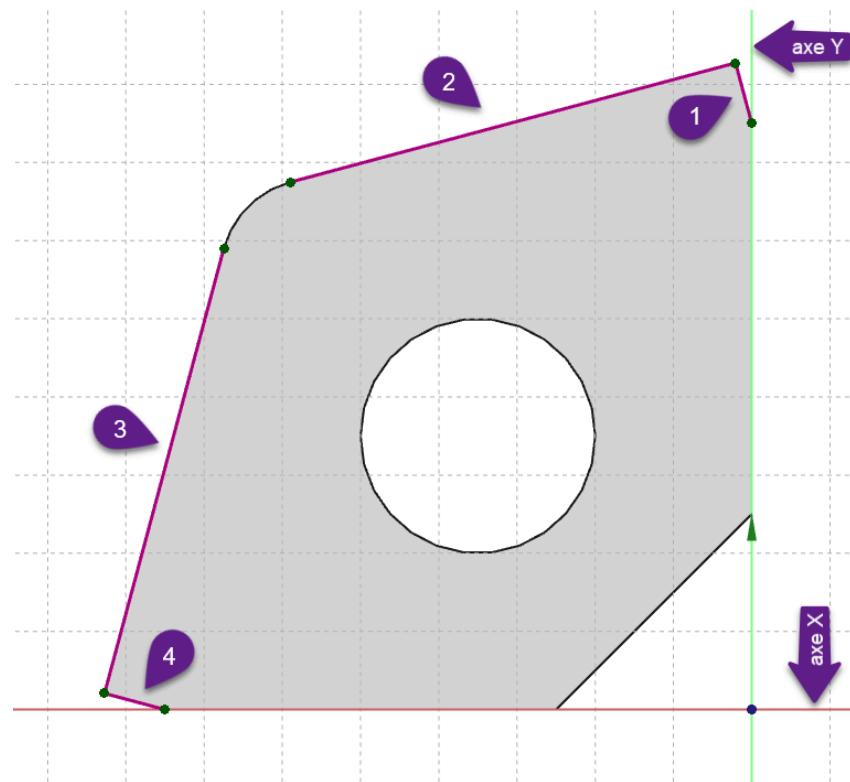
▼ Tâches à réaliser

- Sélectionner la face supérieure de la protrusion et créer l'esquisse  ci-dessous ;



Aide

- Créer les géométries externes (1), (2), (3), (4) à l'aide de la commande 



- Créer la polyligne  fermée ci-dessous en utilisant les contraintes automatiques suivantes :

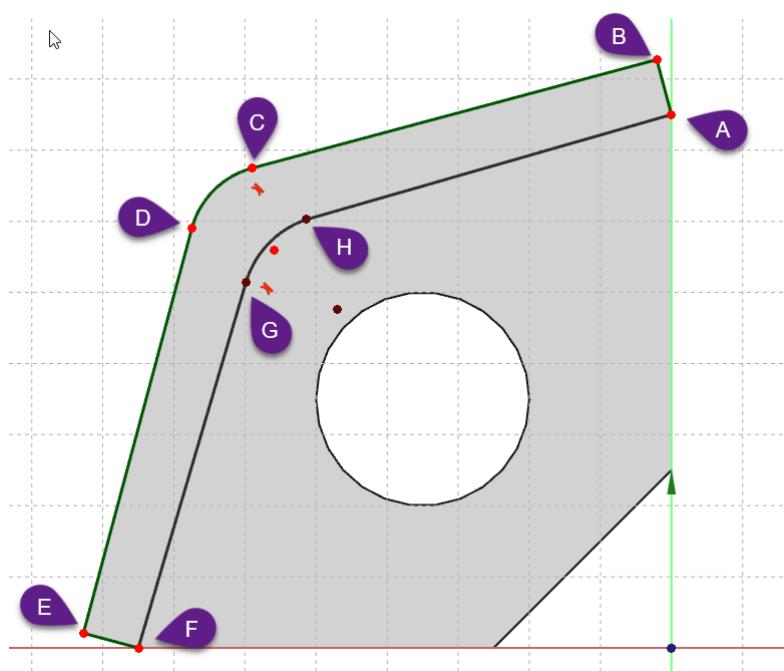


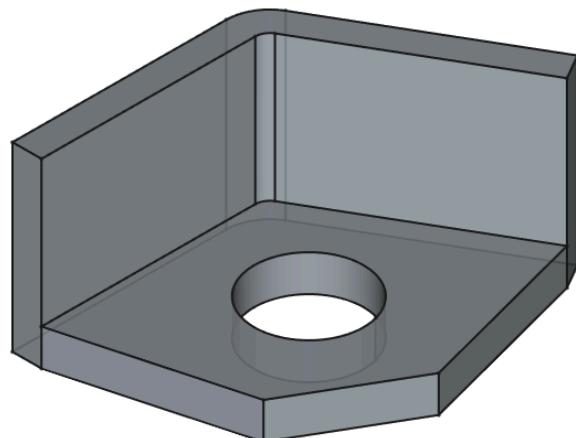
Tableau des contraintes automatiques à exploiter

Géométries	Points	Contraintes automatiques
Polyligne	A	 avec le point A
	B	 avec le point B
	C	 avec le point C
	D	Appuyer 3 fois sur  pour créer un arc tangent au segment précédent  avec le point D
	E	Appuyer 2 fois sur  pour revenir au mode par défaut ;  avec le point E
	F	 avec le point F
	G	Aucune contrainte
	H	Appuyer 3 fois sur  pour créer un arc tangent au segment précédent ;
	A	Appuyer 2 fois sur  pour revenir au mode par défaut ;  avec le point A pour fermer le contour

- Utiliser la contrainte  respectivement entre les segments [AH] et [BC] et entre les segments [DE]& [FG] ;
- Utiliser la contrainte  entre les segments [FG] et [HA] et
- Utiliser la contrainte  entre le segment [HA] et l'arc [GH] ;
- Fixer le rayon  de l'arc [GH] à 4 mm ;

▼ Tâches à réaliser - suite

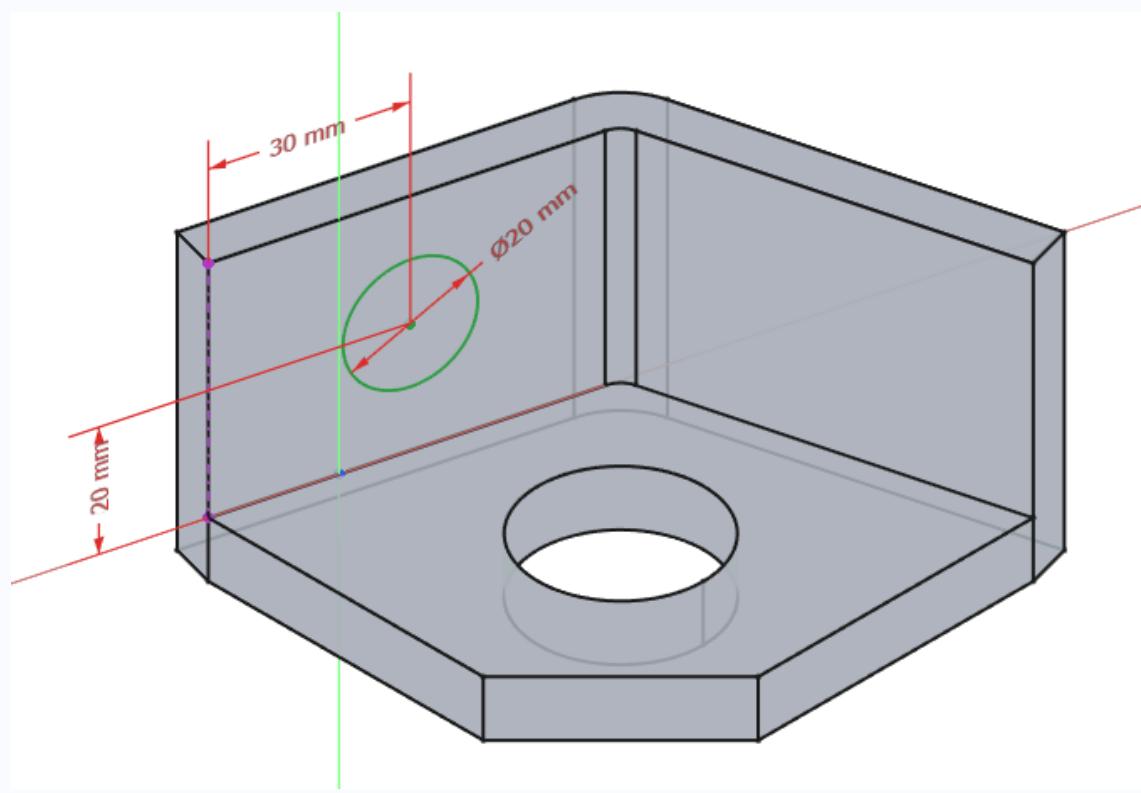
- Créer une protrusion  de 40 mm ;



5.1.3. 1er trou dans la paroi verticale

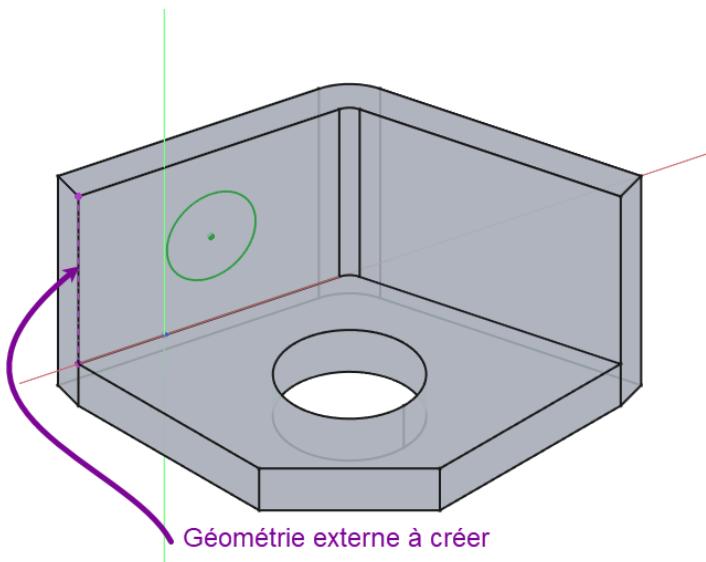
▼ Tâches à réaliser

- Sélectionner la face verticale intérieure et créer une nouvelle esquisse  ;



💡 Quelques conseils

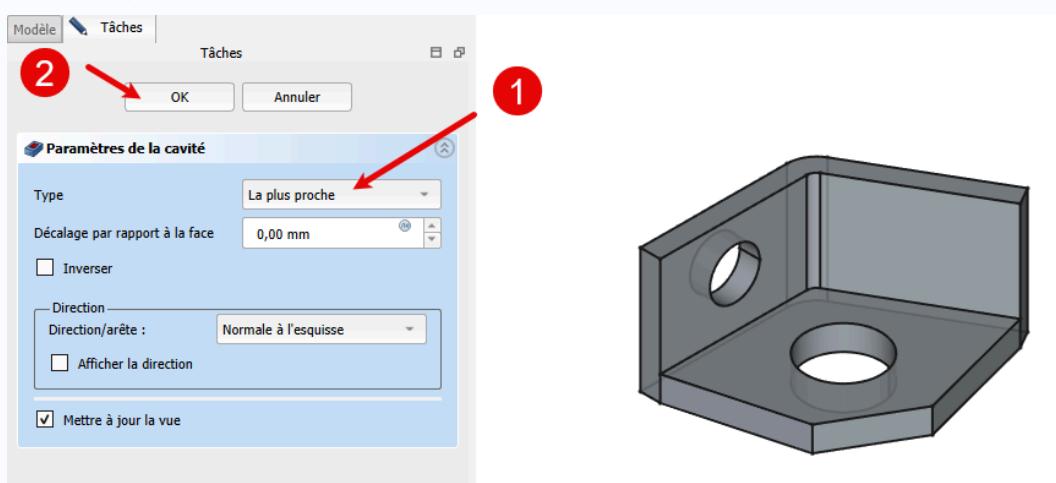
- Basculer en vue isométrique  ( 0) pour mieux visualiser la position du cercle ;
- Créer la géométrie externe (1) à l'aide de la commande ;



- Créer le cercle centré , contraindre le diamètre et la position de son centre à l'aide la géométrie externe ;

☰ Tâches à réaliser - suite

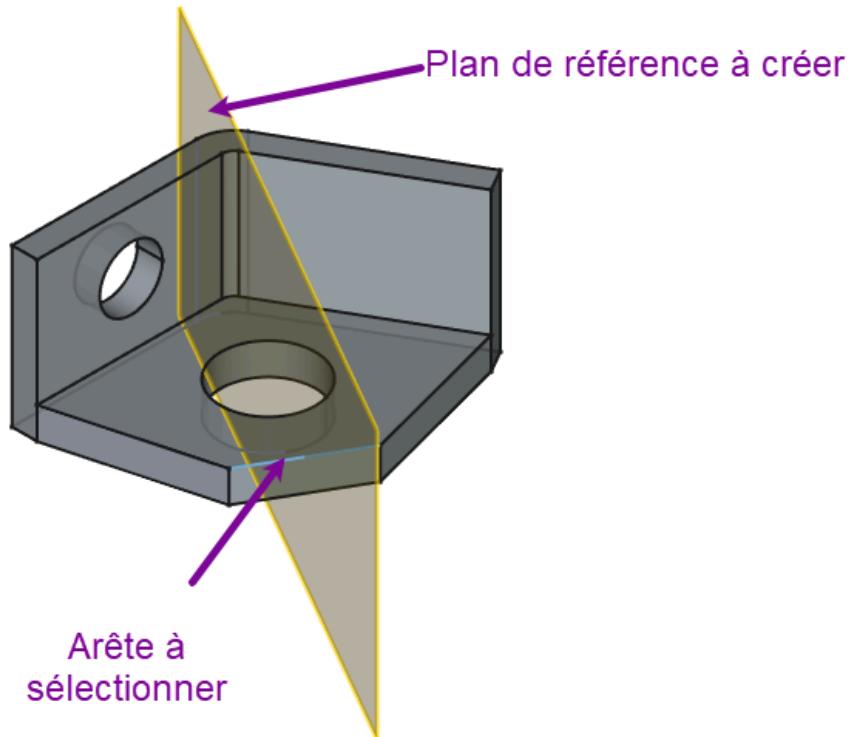
- Créer une cavité  du type  le plus proche ;



5.1.4. 2^{ème} trou dans la paroi verticale

✓ Tâches à réaliser

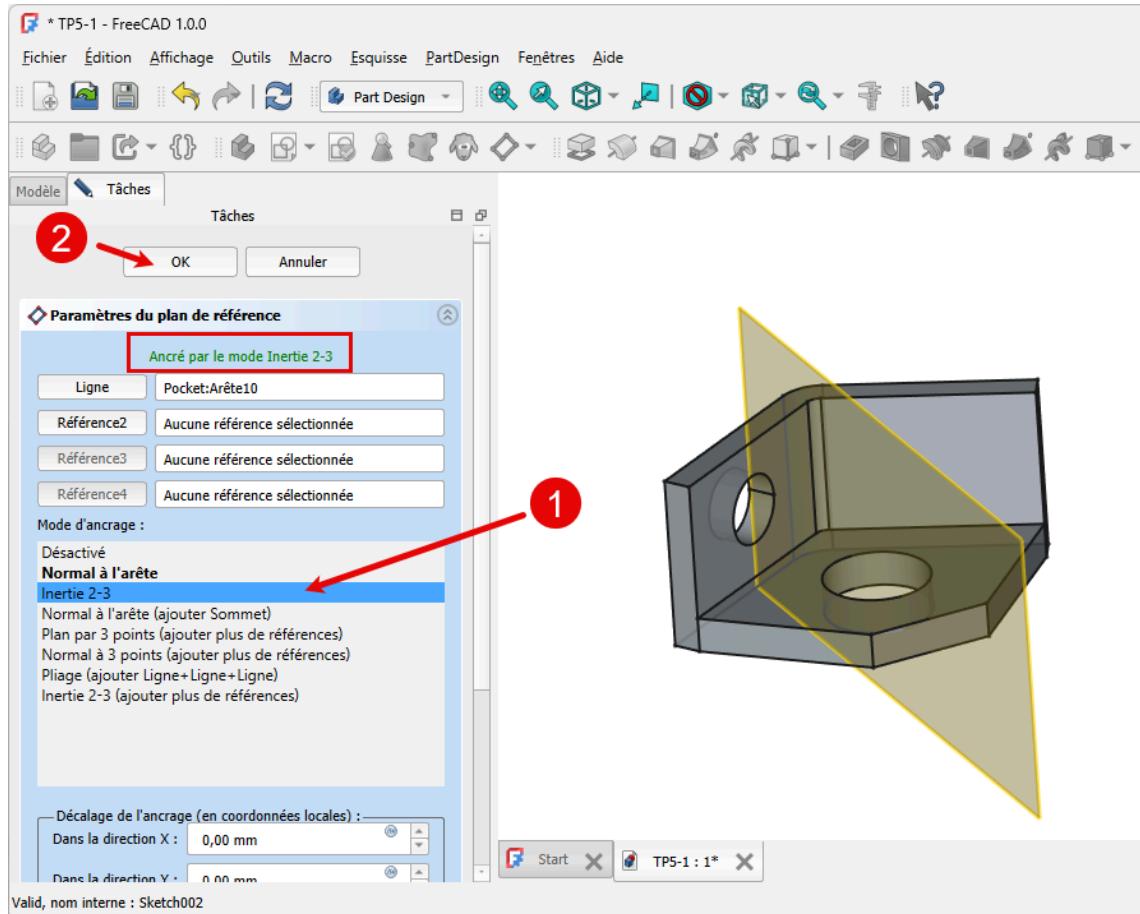
- Créer un plan de référence normal  à l'arête (1) et passant par le milieu I de cette arête ;



Plan de référence à créer

💡 Aide pour créer le plan de référence :

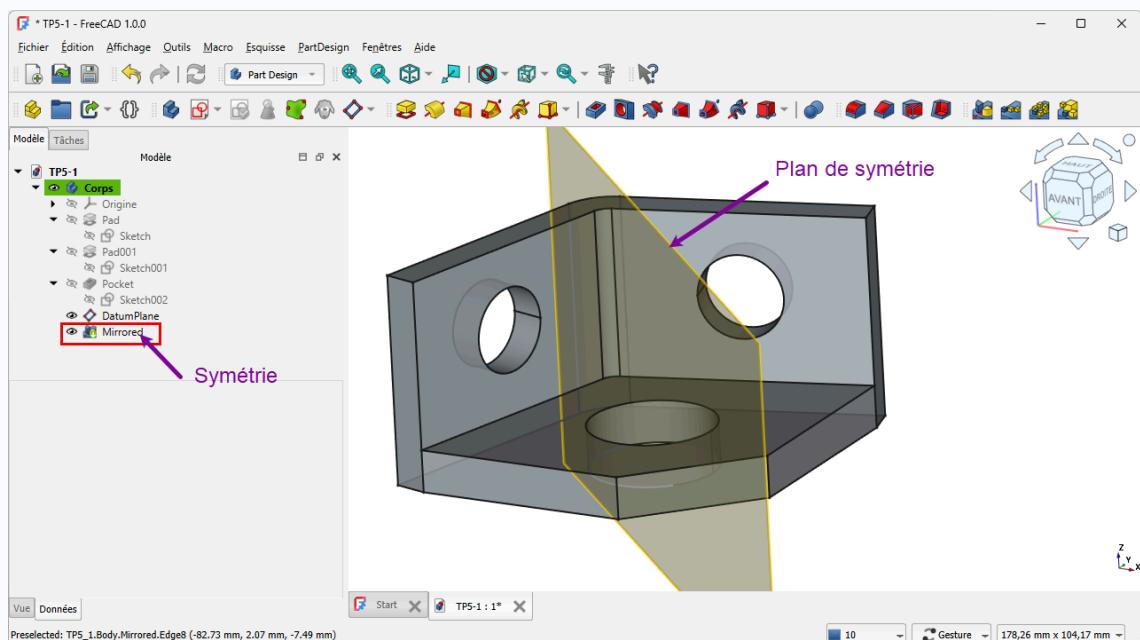
- Sélectionner l'arête (1) ;
- Sélectionner la commande  ;
- Sélectionner le mode d'accrochage  Inertie 2-3 ;



Création du plan de référence

▼ Tâches à réaliser (suite)

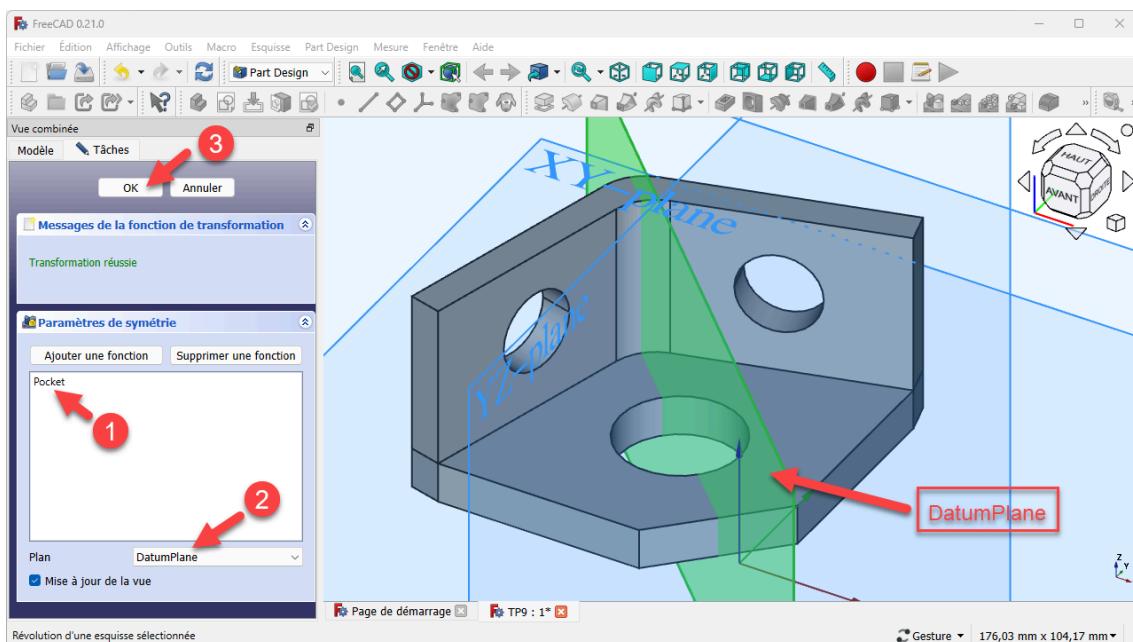
- Créer une symétrie de par rapport à ce plan de référence ;



Symétrie de Pocket

💡 Aide pour créer la symétrie :

1. Sélectionner Pocket dans la vue **Modèle** ;
2. Sélectionner la commande ;
3. Cliquer sur bouton déroulant Plan, sélectionner l'option Sélectionnez une référence et cliquer sur le plan de référence DatumPlane ;



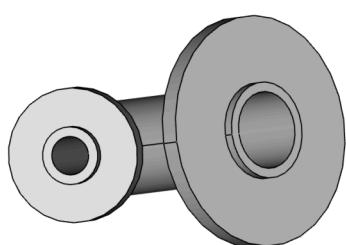
Création de la symétrie de Pocket par rapport au plan de référence

5.1.5. ➤ Capture vidéo

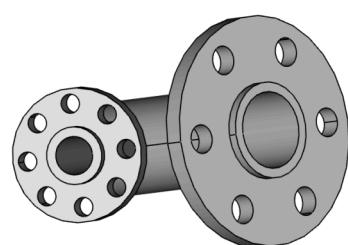


5.2. Répétition circulaire

Nous allons ajouter des trous de fixation à un modèle existant :



Modèle version initiale



Modèle version finale

Objectifs

Dans l'atelier  :

- Utiliser la commande [Répétition circulaire^W](#)  ;
- Utiliser la commande [Créer une ligne de référence^W](#)  ;

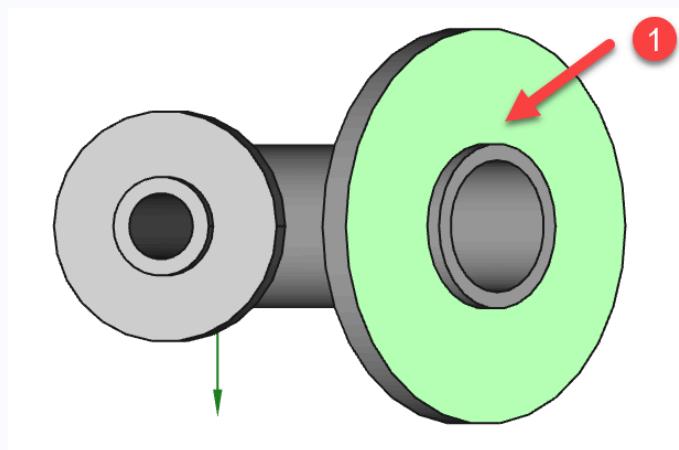
Tâches à réaliser

- Télécharger sur votre ordinateur le fichier [TP5-2-initial.FCStd](#) et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer le document sous le nom  [TP5-2](#) ;

5.2.1. Trous sur la grande platine

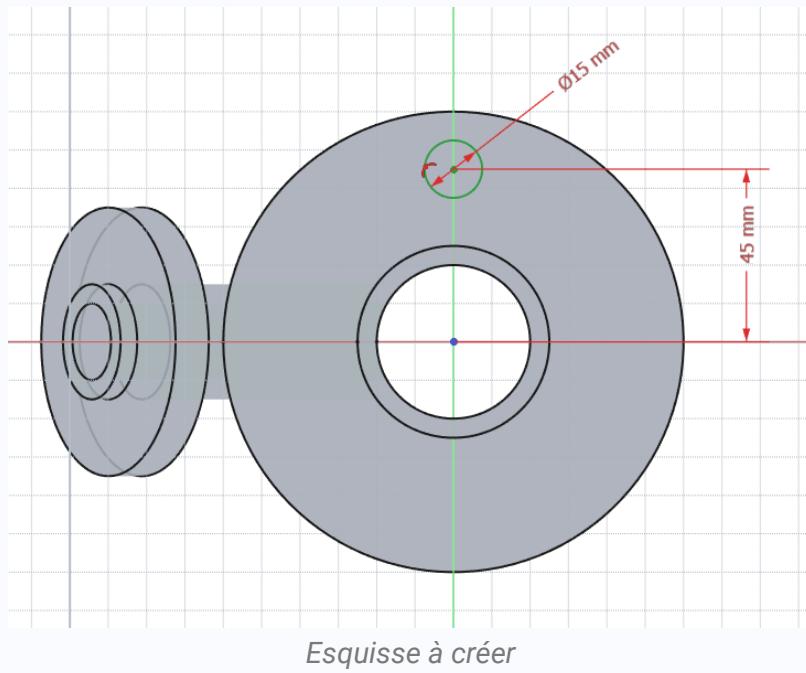
Tâches à réaliser

- Dans la vue **Modèle**, cliquer droit sur  **Corps001** et l'activer ;
- Sélectionner la face externe de la grande platine :



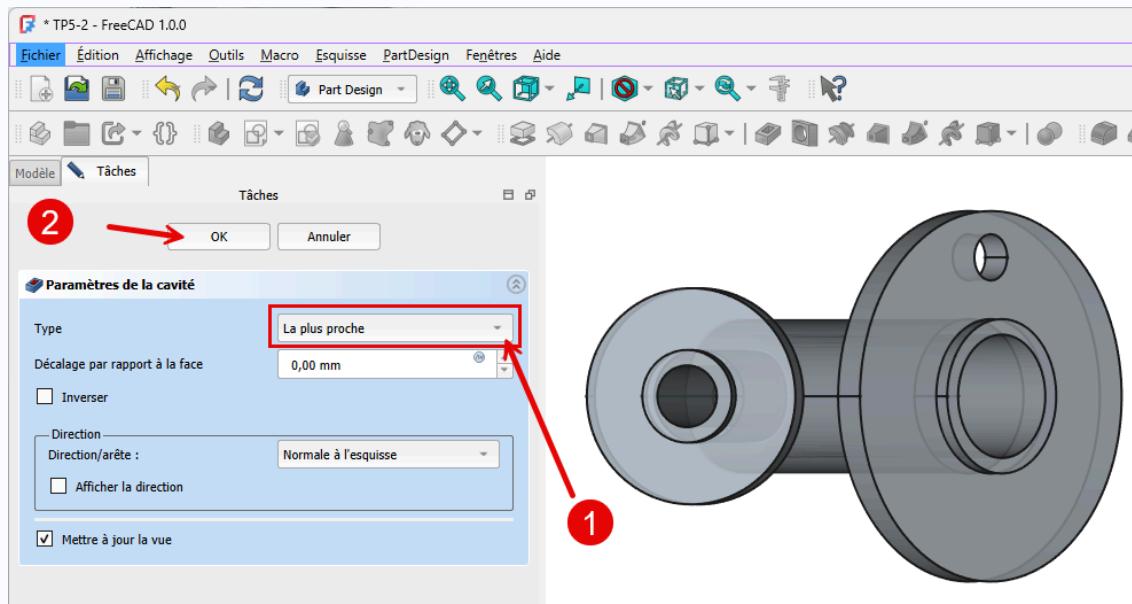
Face à sélectionner

- Créer l'esquisse  ci-dessous :



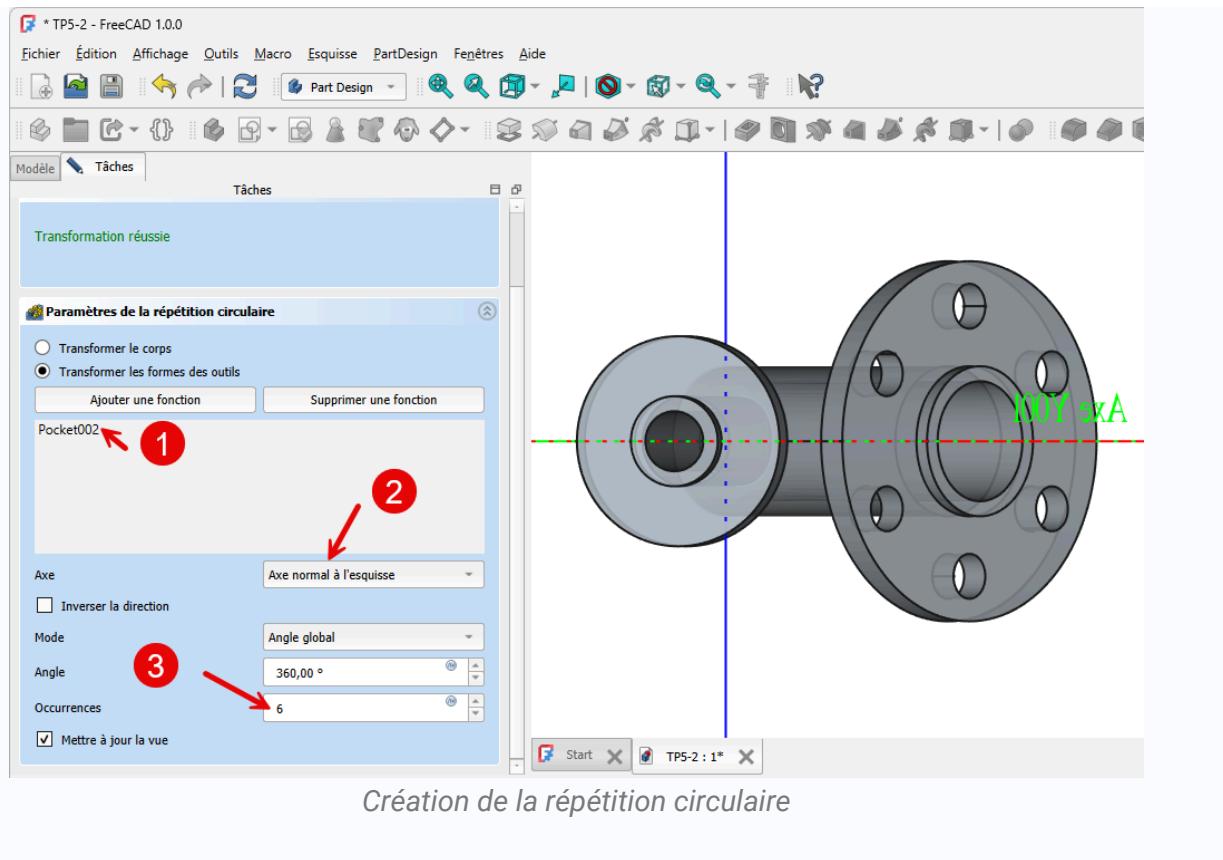
Tâches à réaliser

- Créer une cavité  du type  le plus proche à partir de cette esquisse ;



Création de la cavité

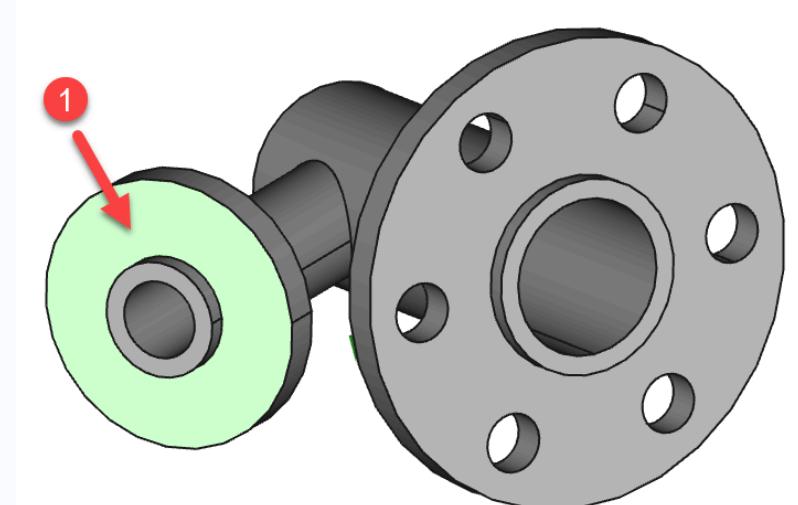
- Créer une répétition circulaire  en sélectionnant la cavité que vous venez de créer avec 6 occurrences ;



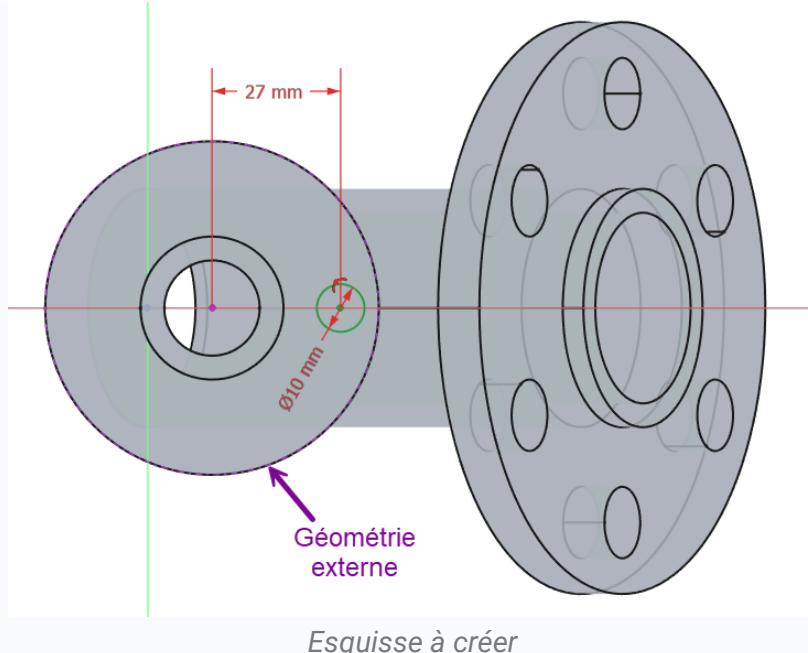
5.2.2. Trous sur la petite platine

▼ Tâches à réaliser

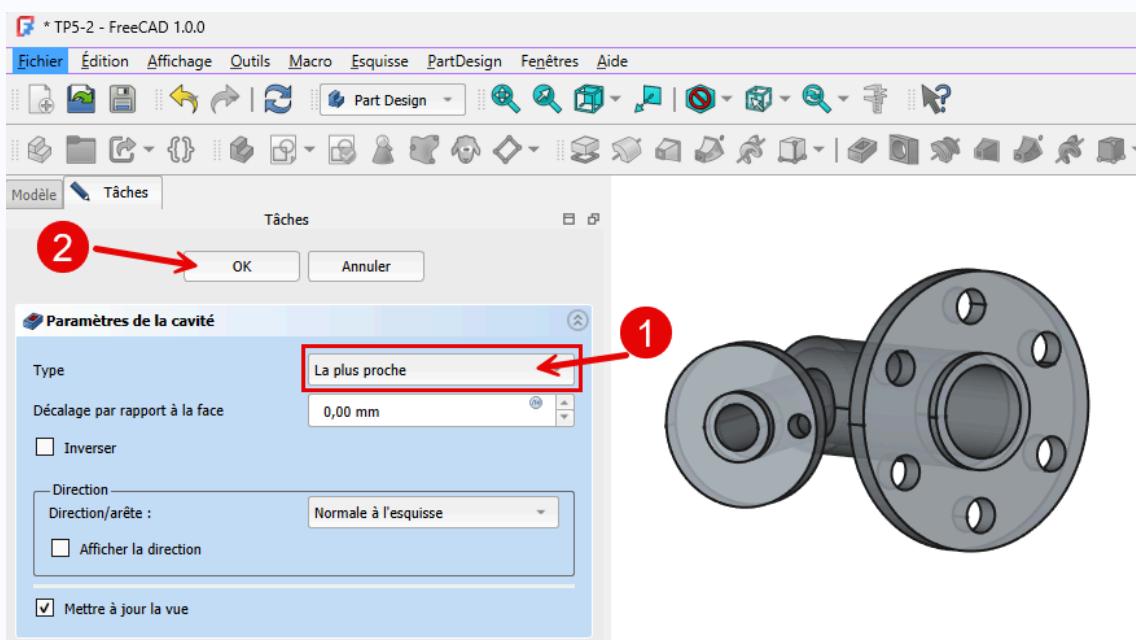
- Sélectionner la face externe de la petite platine :



- Créer l'esquisse  ci-dessous ;

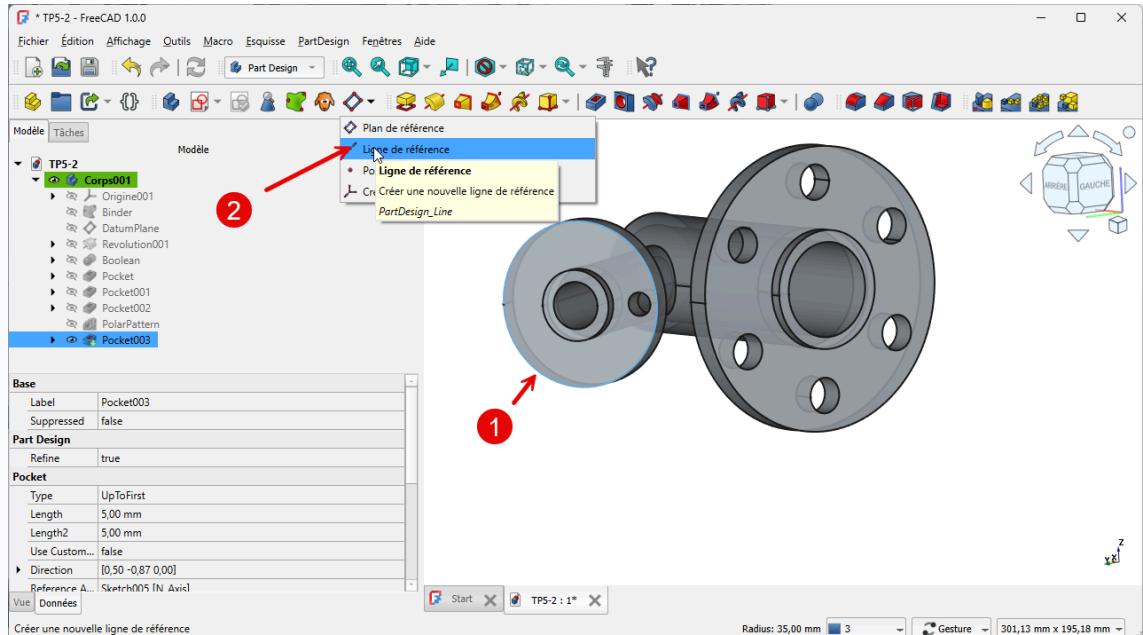


- Créer une cavité du type le plus proche à partir de cette esquisse ;

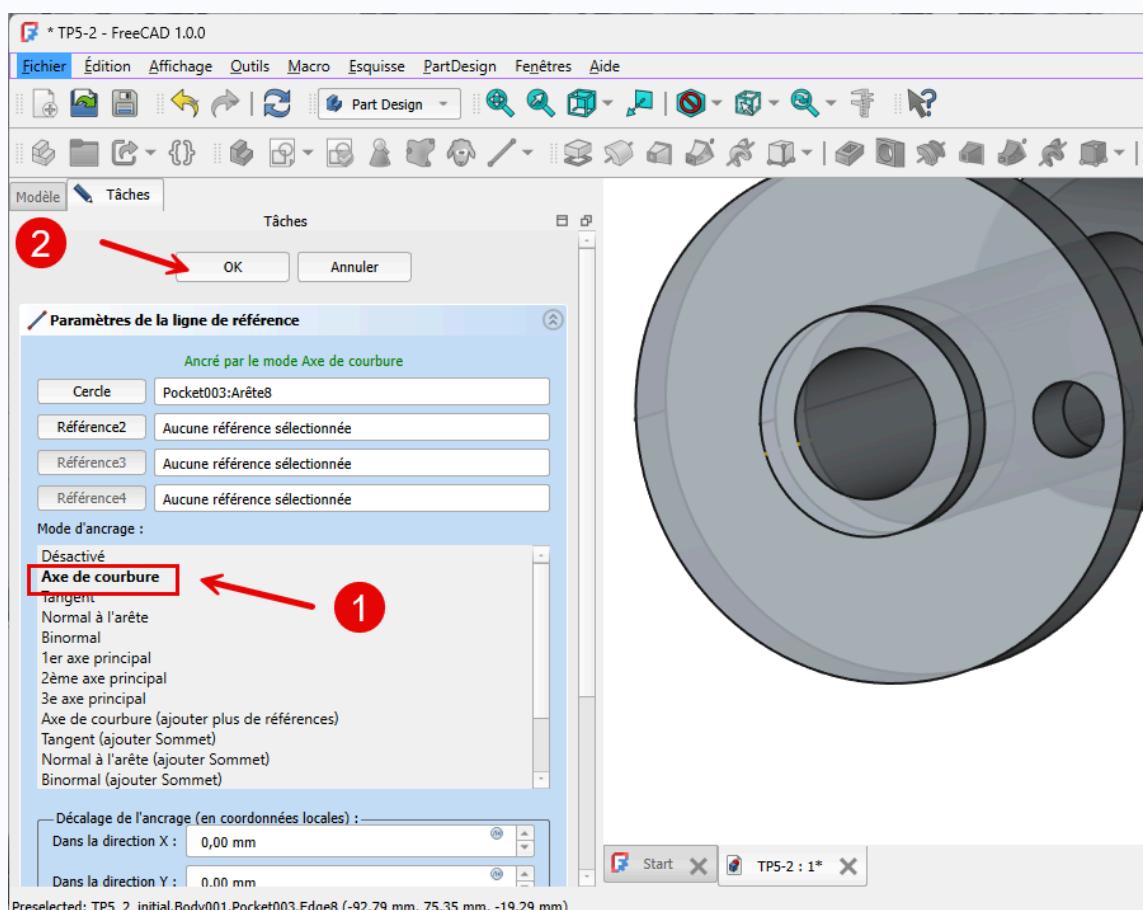


- Sélectionner le cercle externe de la petite platine et créer un ligne de référence avec accrochage axe de courbure ;

Création de la ligne de référence

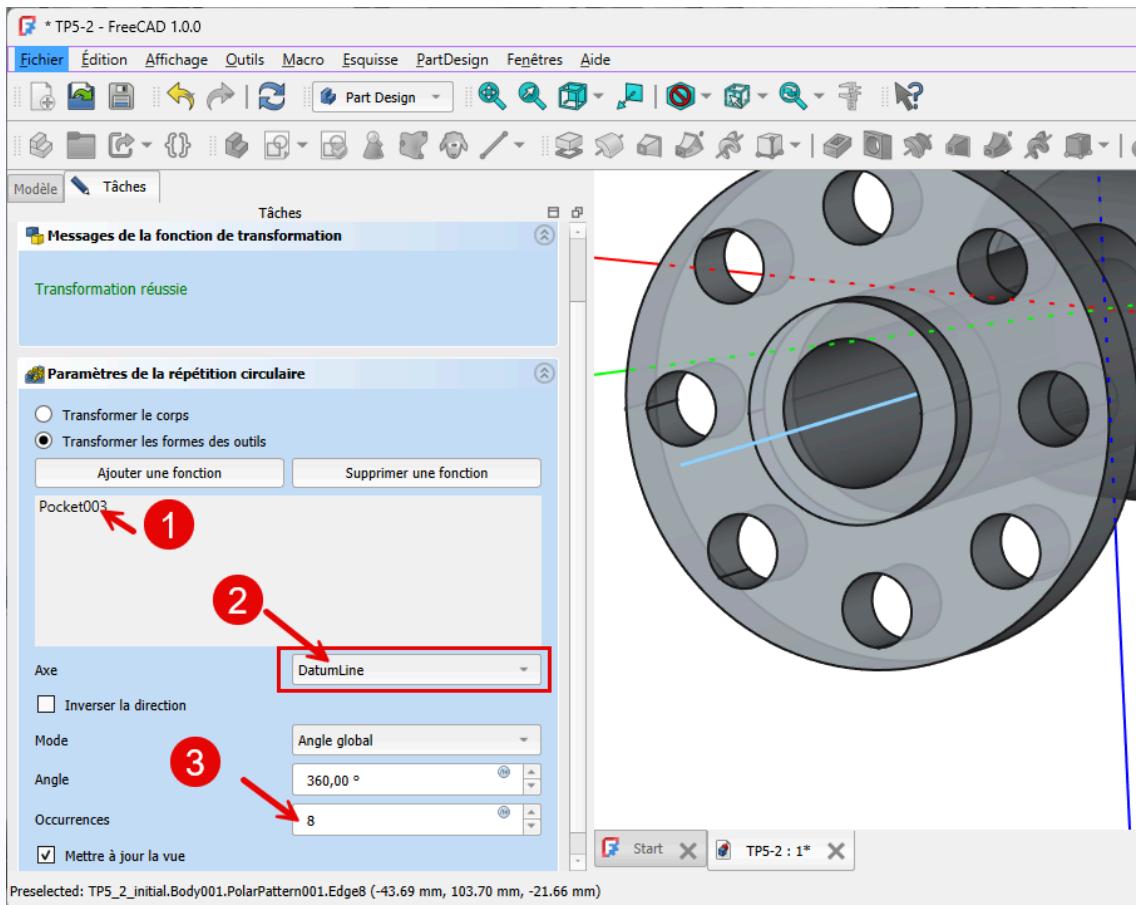


Sélection de l'arête pour la création de la ligne de référence



Création de la ligne de référence

- Créer une répétition circulaire en sélectionnant la cavité créée avec 8 occurrences et en prenant la ligne de référence comme axe ;



Création de la répétition circulaire

5.2.3. ➤ Capture vidéo

TP5-2.mp4



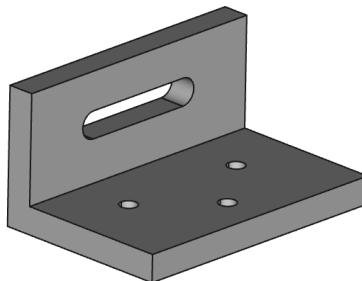
6. Finitions

6.1. Congé

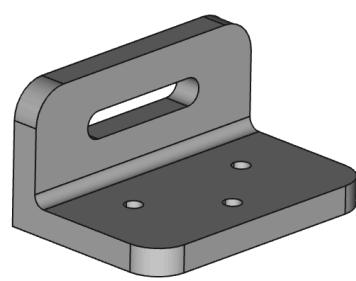
Objectifs

- Utiliser la commande **Congé**  ;
- Utiliser le **style de présentation filaire**  ;

Nous allons ajouter des bords arrondis, des congés, à un modèle existant :



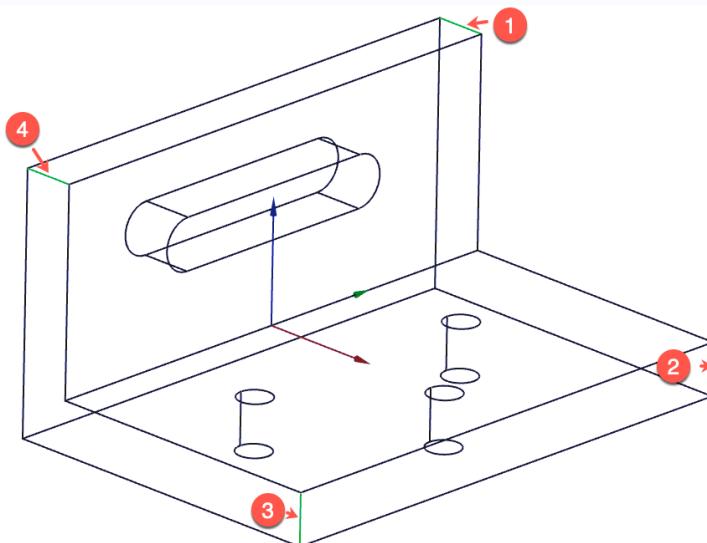
Modèle version initiale



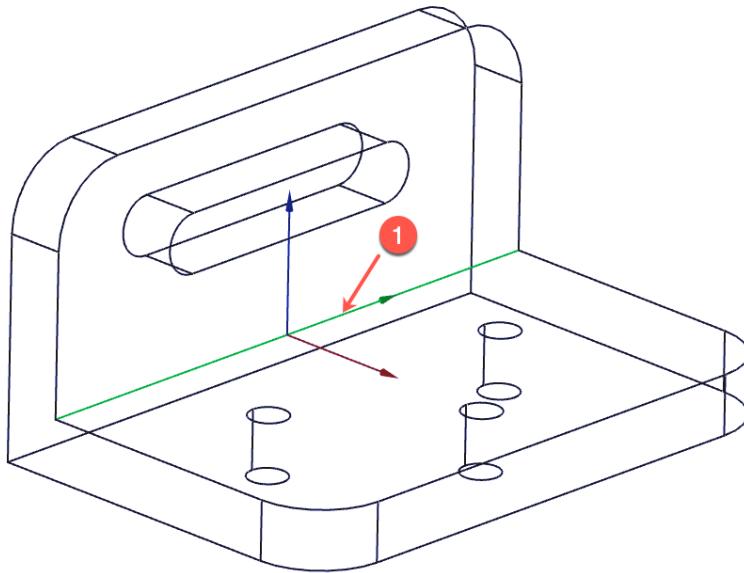
Modèle version finale

Tâches à réaliser

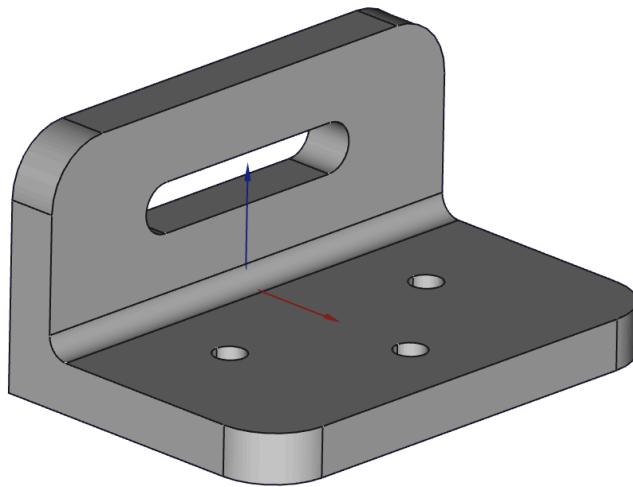
- Télécharger le fichier  [TP6-1-initial.FCStd](#) sur votre ordinateur et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer le document sous le nom  TP6-1 ;
- Basculer en affichage filaire  à l'aide de la commande  Affichage → Style de représentation → **Filaire** ou du raccourci clavier  puis **3** du clavier alphanumérique ;
- Sélectionner les 4 arêtes ci-dessous et ajouter un congé  de rayon 15 mm ;



- Sélectionner l'arête ci-dessous et ajouter un congé  de 5 mm ;



- Revenir en style de présentation **filaire ombré**  (touche  puis  du clavier alphanumérique) ;



Aide :

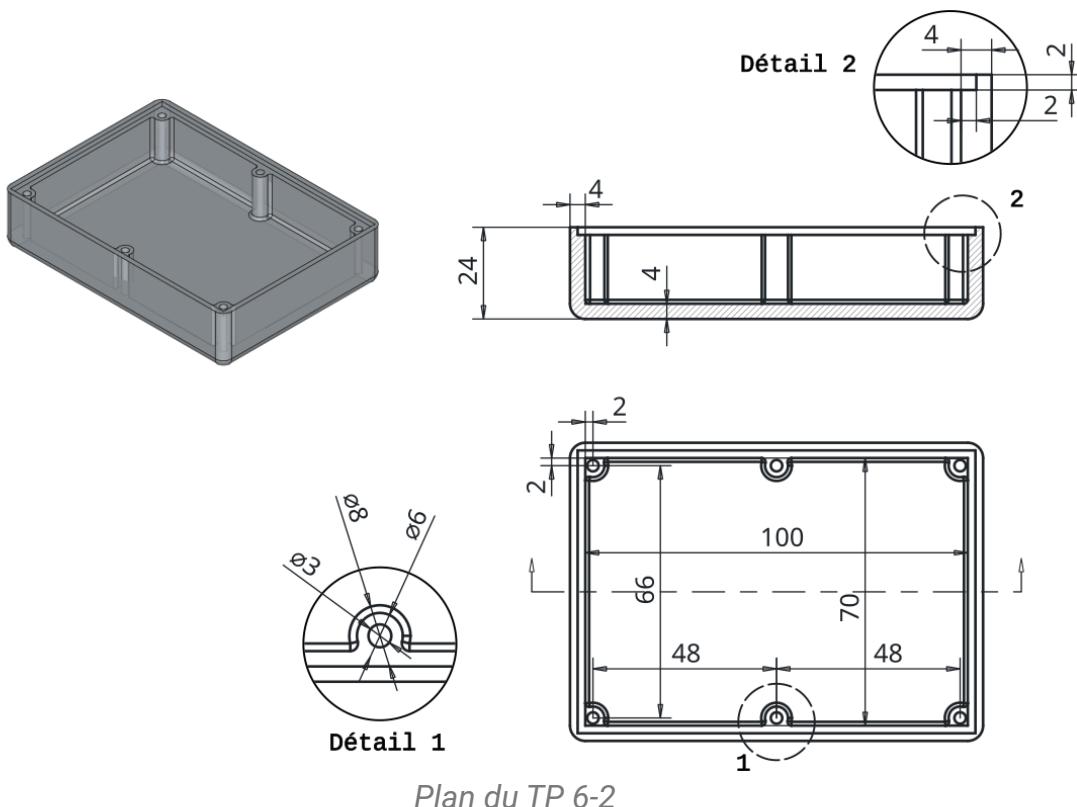
- Pour sélectionner plusieurs arêtes en même temps, appuyer sur la touche  ( sous ) ;

6.2. Évidement

Objectifs

- Utiliser les commandes **Évidement^W** , **Transformation multiple^W**  de l'atelier   ;
- Utiliser des expressions mathématiques pour définir des propriétés ou des contraintes ;

Nous allons modéliser le solide suivant (cf. TP6-2-Plan.pdf) ;



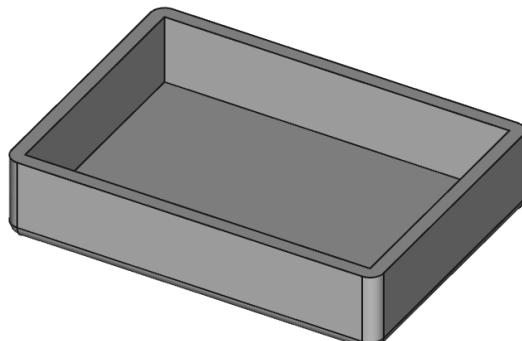
Nous modéliserons le couvercle de cette boîte lors du TP 7-2 [p.177] ::

❖ Tâches préliminaires

- Créer un nouveau document TP6-2 dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau corps que vous renomerez Fond ;

6.2.1. Fond

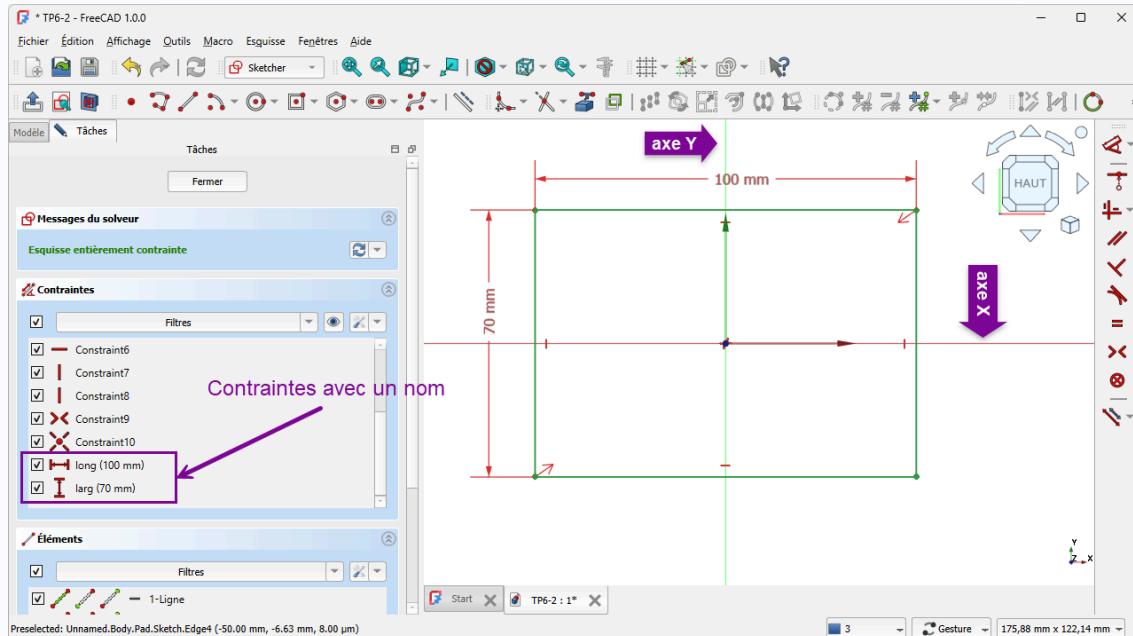
1^{ère} étape : nous allons modéliser le fond de la boîte :



1^{ère} étape de la modélisation

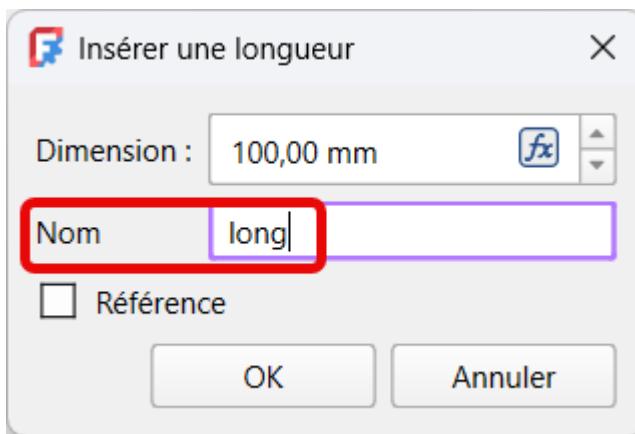
✓ Tâches à réaliser

- Créer l'esquisse  ci-dessous dans le plan XY à l'aide d'un rectangle centré  en donnant les noms long et larg aux deux contraintes dimensionnelles ;



💡 Aide :

- Pour donner un nom à une contrainte, saisir son nom sous sa valeur numérique :



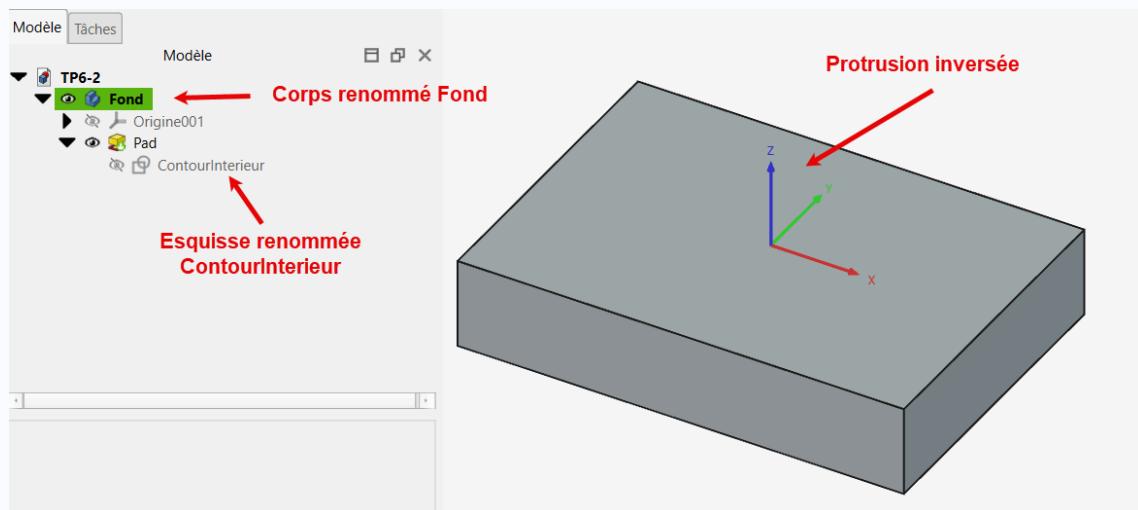
Saisie d'un nom pour une contrainte dimensionnelle

⌚ Pourquoi donner des noms à des contraintes ?

Ces contraintes seront utilisées plus loin pour positionner les trous de fixation de la boîte : en donnant des noms aux contraintes, il sera plus facile de les référencer ;

▼ Tâches à réaliser (suite)

- Renommer l'esquisse Sketch en ContourInterieur ;
- Créer une protrusion de 20 mm, Inversé ;



Protrusion inversée de l'esquisse ContourInterieur

♀ Aide :

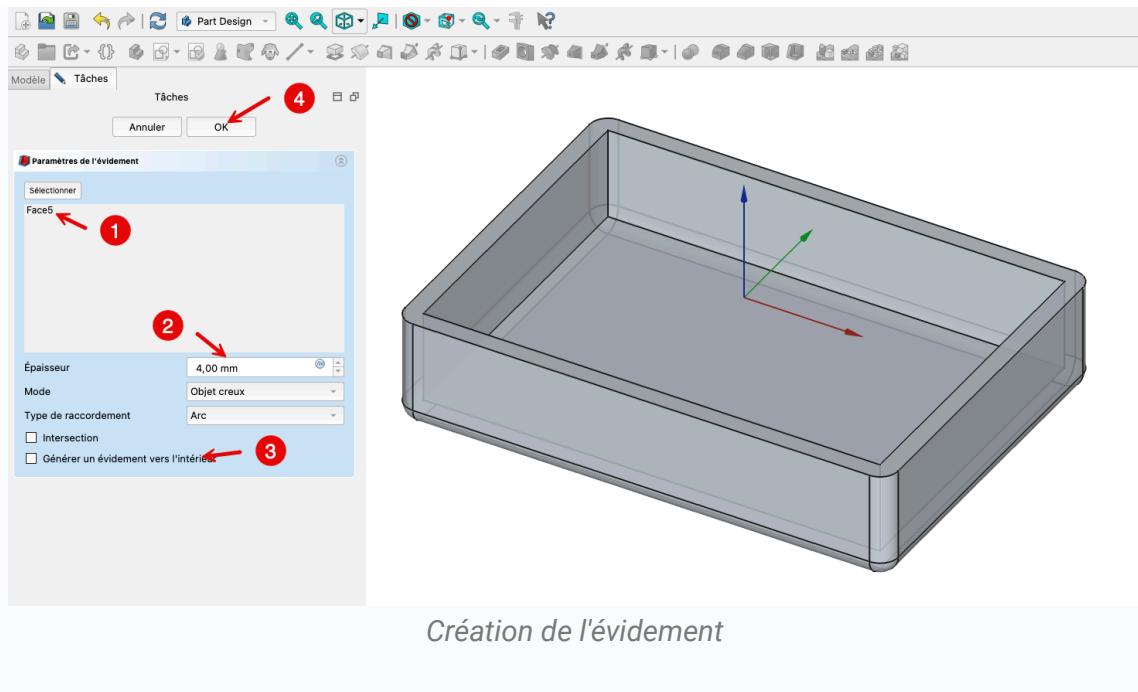
- Pour renommer l'esquisse, dans la vue **Modèle**, cliquer droit sur Sketch et sélectionner la commande Renommer (ou bien appuyer sur **F2** sous ou);

⌚ Pourquoi inverser la protrusion ?

On garde ainsi le plan de référence XY sur la surface supérieure de la boîte ;

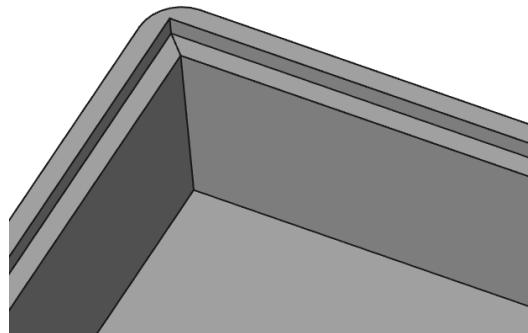
▼ Tâches à réaliser (suite)

- Sélectionner la face supérieure puis créer une évidement de 4 mm en décochant Générer un évidement vers l'intérieur ;



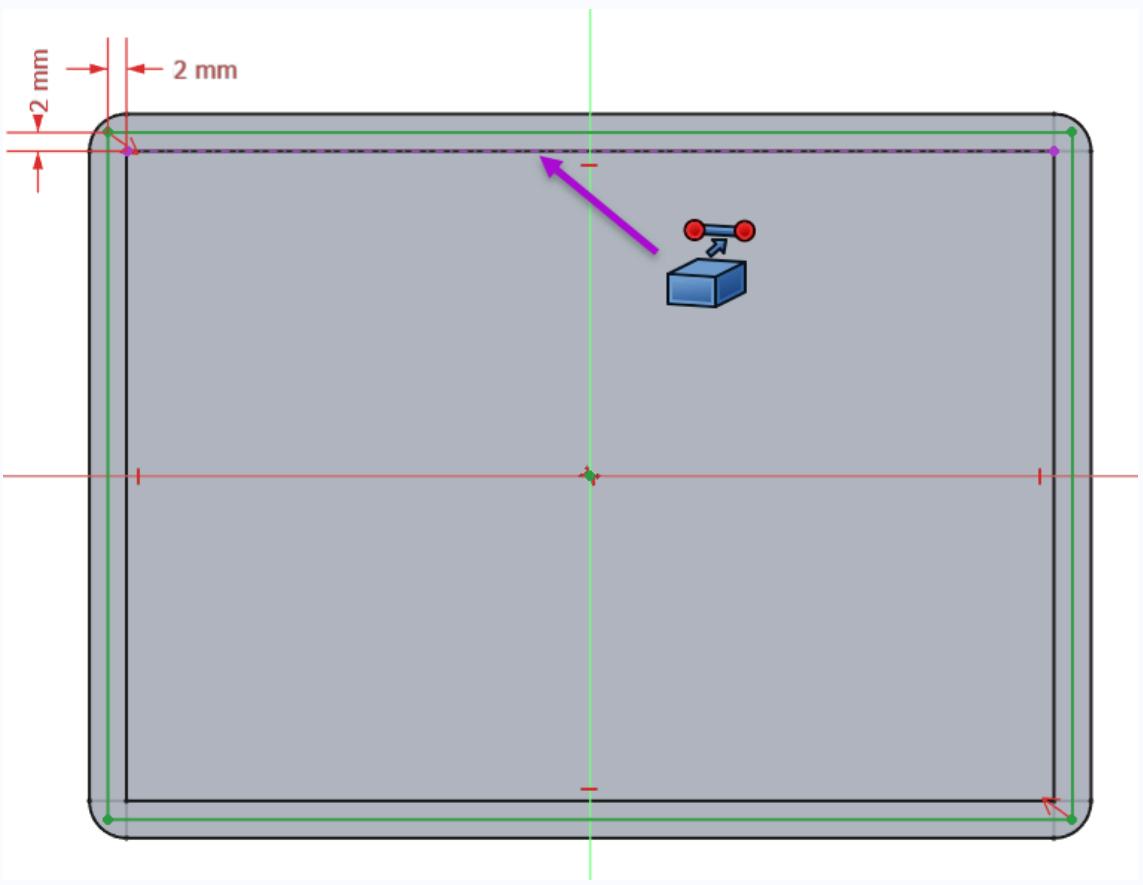
6.2.2. Épaulement intérieur

2^{ème} étape : création d'un épaulement afin d'insérer plus tard un couvercle :



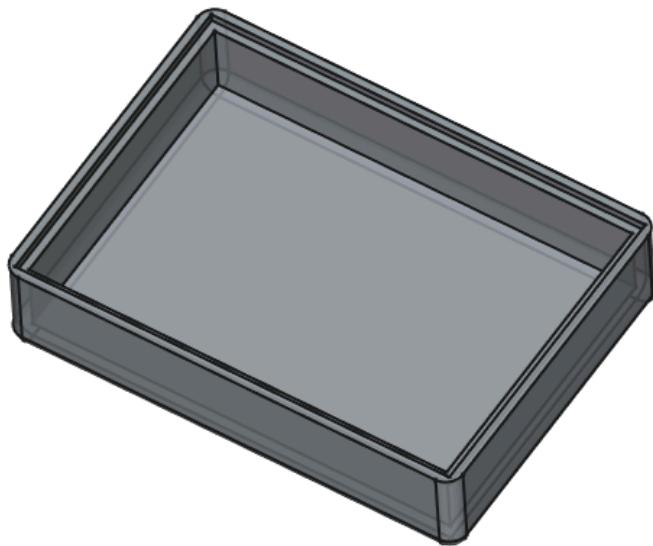
▼ Tâches à réaliser

- Créer l'esquisse  ci-dessous dans le plan XY contenant un rectangle Centré  ;



Esquisse pour l'épaulement

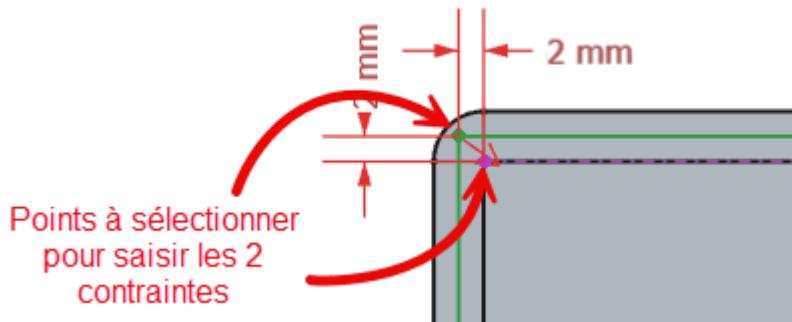
- Créer une cavité  de 2 mm



Création de l'épaulement à l'aide d'une cavité

💡 Aide :

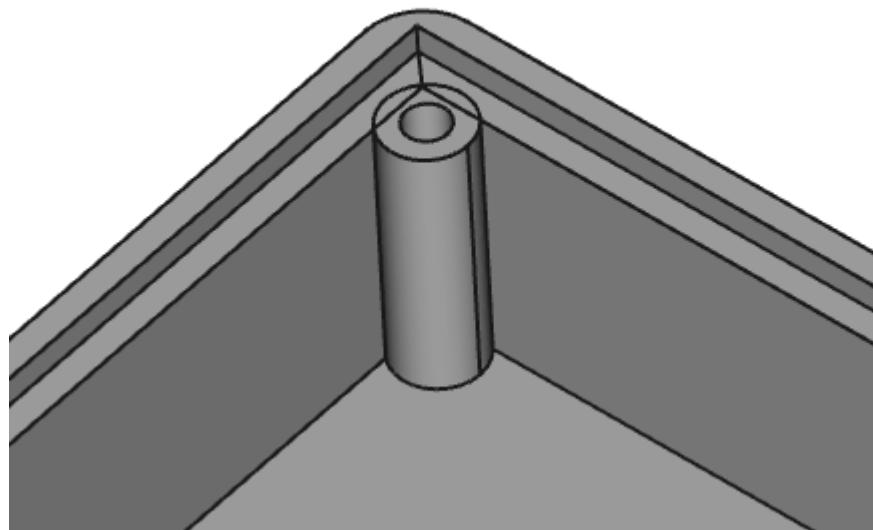
- Utiliser une géométrie externe pour positionner le rectangle  de l'esquisse ;



Points à sélectionner pour saisir les deux contraintes de 2 mm

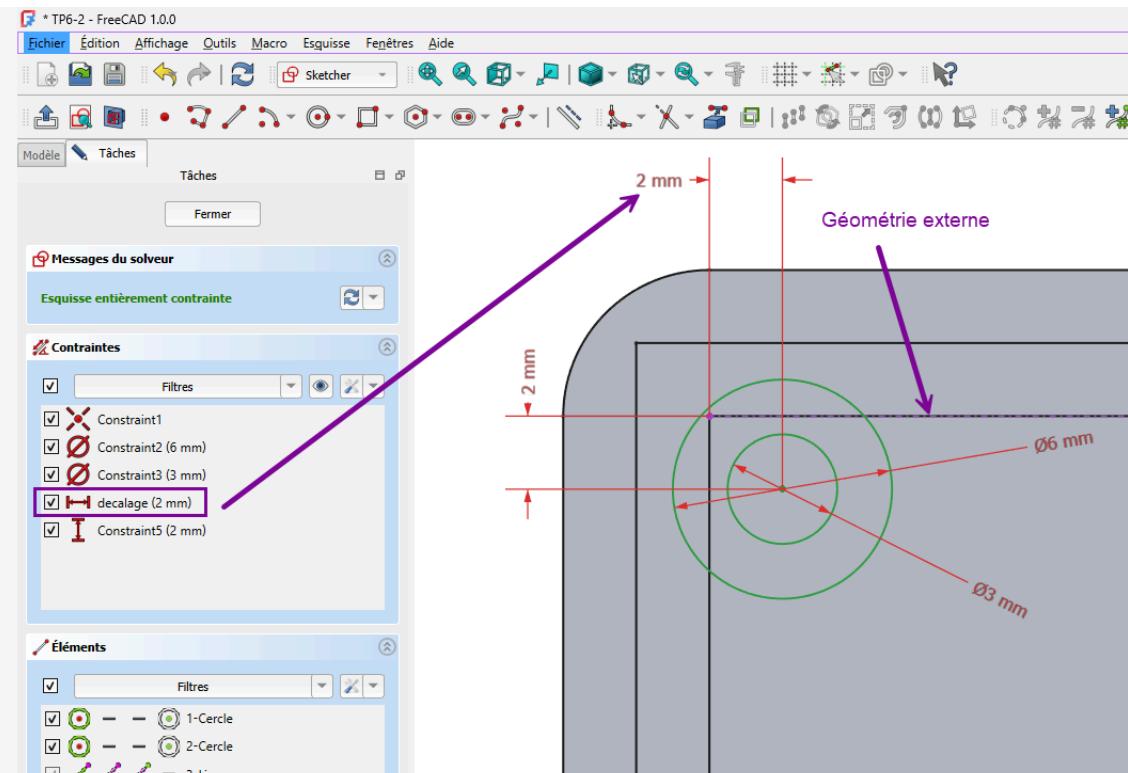
6.2.3. 1^{er} cylindre de fixation

3^{ème} étape : création d'un cylindre destiné à recevoir une vis de fixation pour le couvercle :



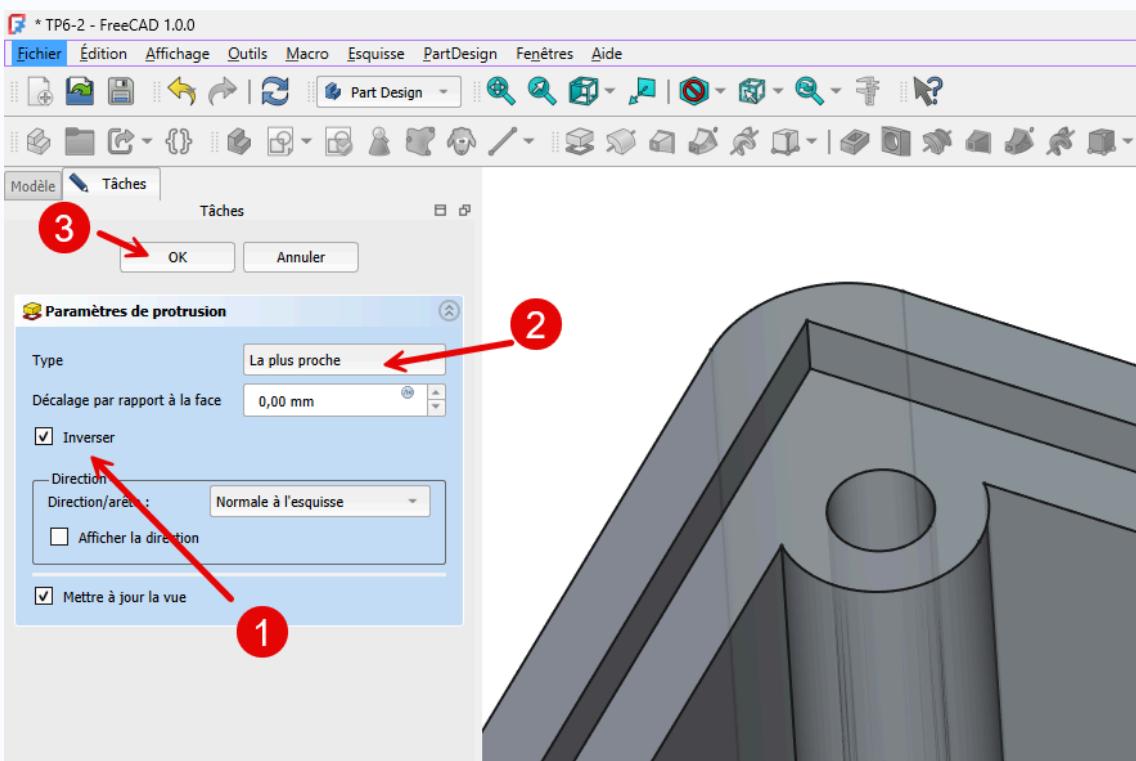
☰ Tâches à réaliser

- Selectionner la face horizontale supérieure de l'épaulement et créer l'esquisse  ci-dessous en donnant le nom  **decalage** à la cote horizontale de 2mm



Esquisse du cylindre

- Renommer l'esquisse de **Sketch002** à **Cylindre** ;
- Créer une protrusion **Inversé**, du type **le plus proche** ;



Création de la protrusion pour le cylindre

Pourquoi « inversé » ?

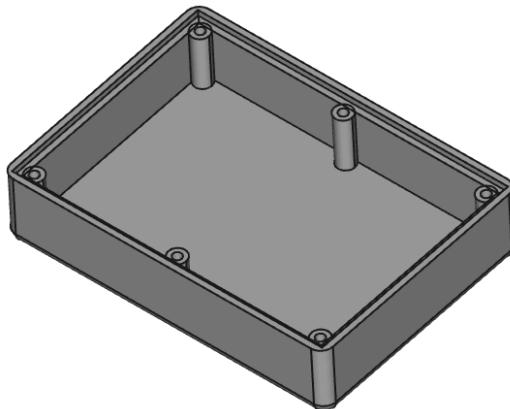
- Pour orienter la protrusion vers le bas (vers le Z négatif)

Pourquoi « le plus proche » ?

- Pour ne pas avoir à saisir de dimension, la protrusion ira jusqu'à la première face rencontrée ;

6.2.4. Autres cylindres de fixation

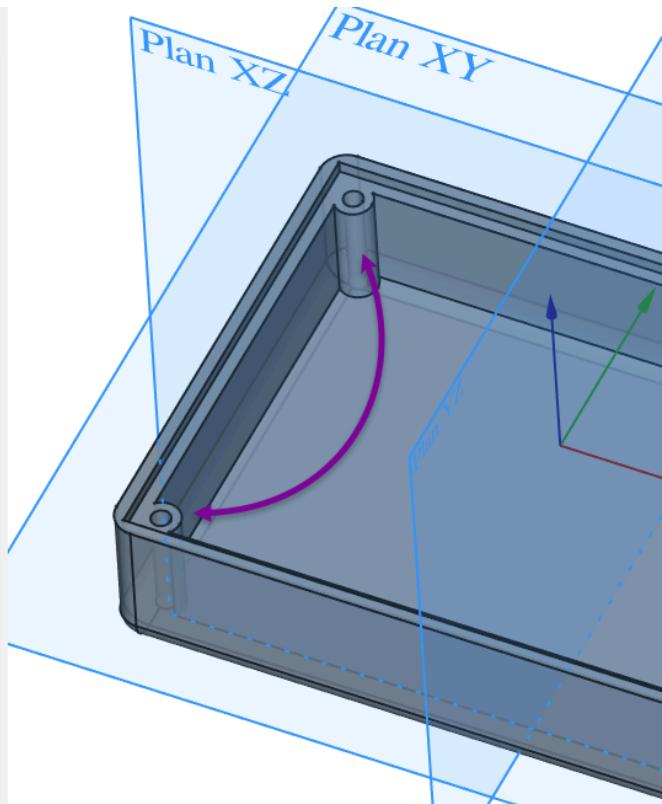
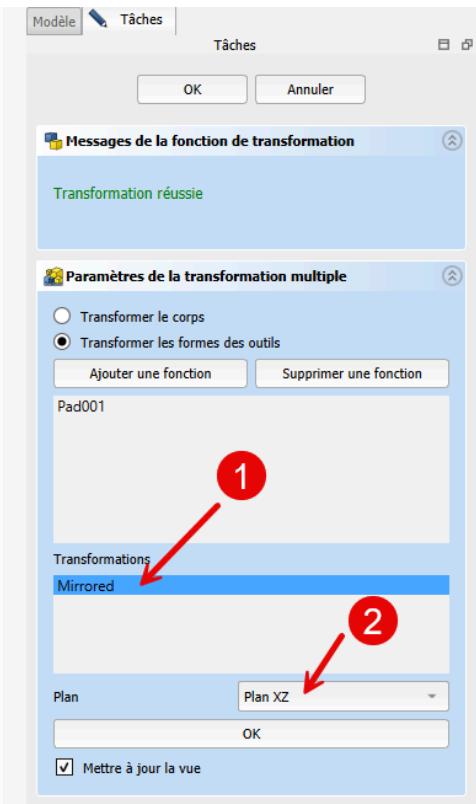
4^{ème} étape : à l'aide d'une transformation multiple  , nous allons créer les 5 autres cylindres ;



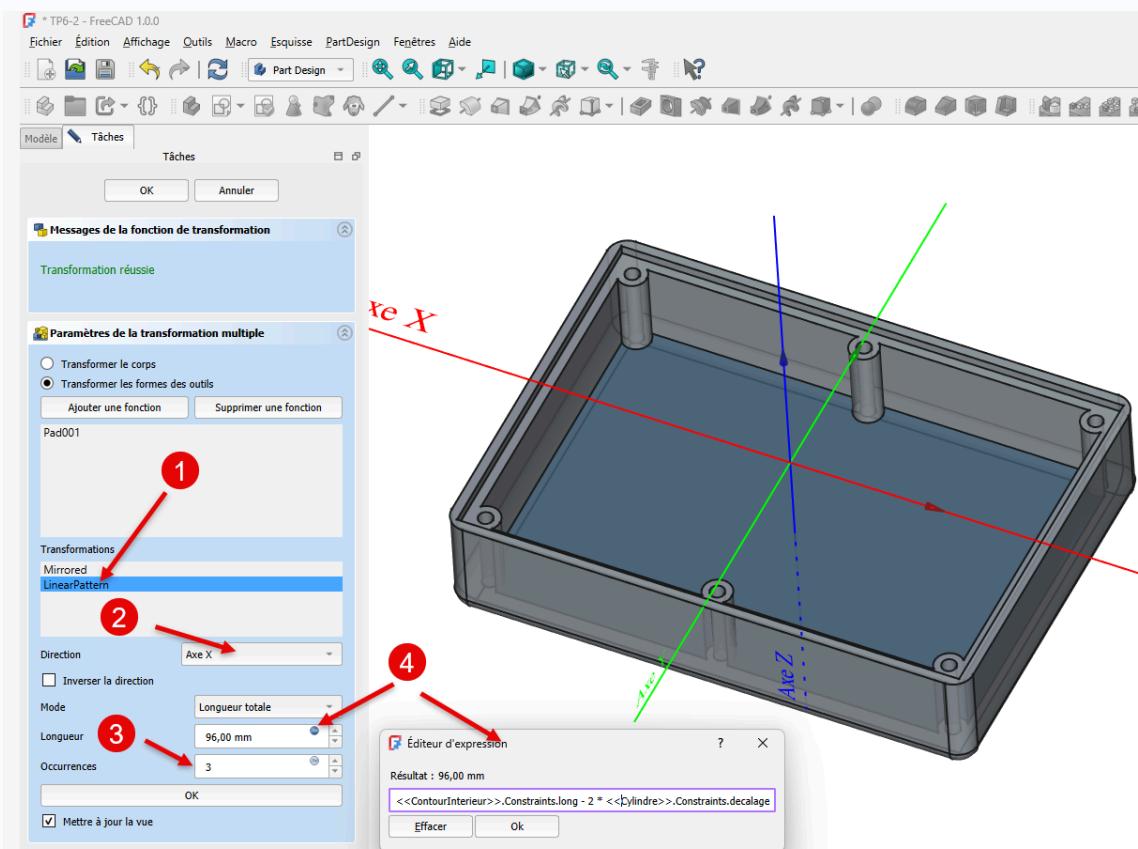
Création des 6 cylindres

Tâches à réaliser

- Créer une transformation multiple  permettant d'obtenir les 6 cylindres à l'aide :
 - d'une symétrie

*Transformation multiple : symétrie*

- et d'une répétition linéaire ;

*Transformation multiple : répétition linéaire*

Aide :

- Sélectionner **Pad001** comme fonction de la transformation multiple ;
- Sélectionner le plan **XZ** pour la symétrie ;
- Sélectionner l'**axe X** pour la répétition linéaire et saisir le nombre d'occurrences à **3** ;
- Pour la longueur, cliquer sur le bouton **fx** et saisir la formule
`<<ContourInterieur>>.Constraints.Long - 2 * <<ContourInterieur>>.Constraints.decalage`
- Pour la saisie de la formule, utiliser l' **auto-complétion** de FreeCAD, par exemple :
 - saisir **Conto** et FreeCAD vous propose **<<ContourInterieur>>** ;

Attention

Vérifier que vous avez bien renommé les esquisses **ContourInterieur** et **Cylindre** avant de saisir la formule ;

Explications :

- **<<ContourInterieur>>.Constraints.Long** est la contrainte horizontale dans l'esquisse **ContourInterieur**, c'est la longueur de la boîte ;
 - **<<cylindre>>.Constraints.decalage** est la distance entre l'axe du cylindre et la paroi interne de la boîte dans l'esquisse **cylindre** ;
- soit $100 - 2 * 2 \text{ mm} = 96 \text{ mm}$, soit deux fois 48 mm



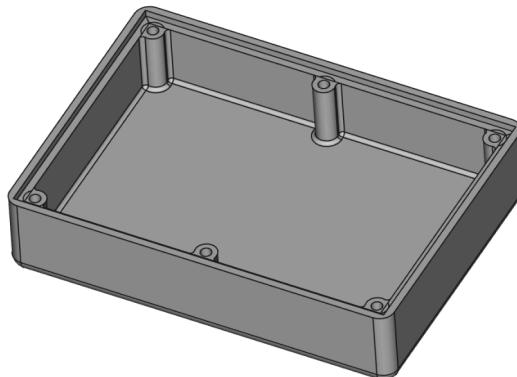
cf. expressions mathématiques

Pourquoi ne pas saisir directement 96 mm ?

En utilisant une formule, on pourra changer la longueur de la boîte sans casser le modèle ! A tester...

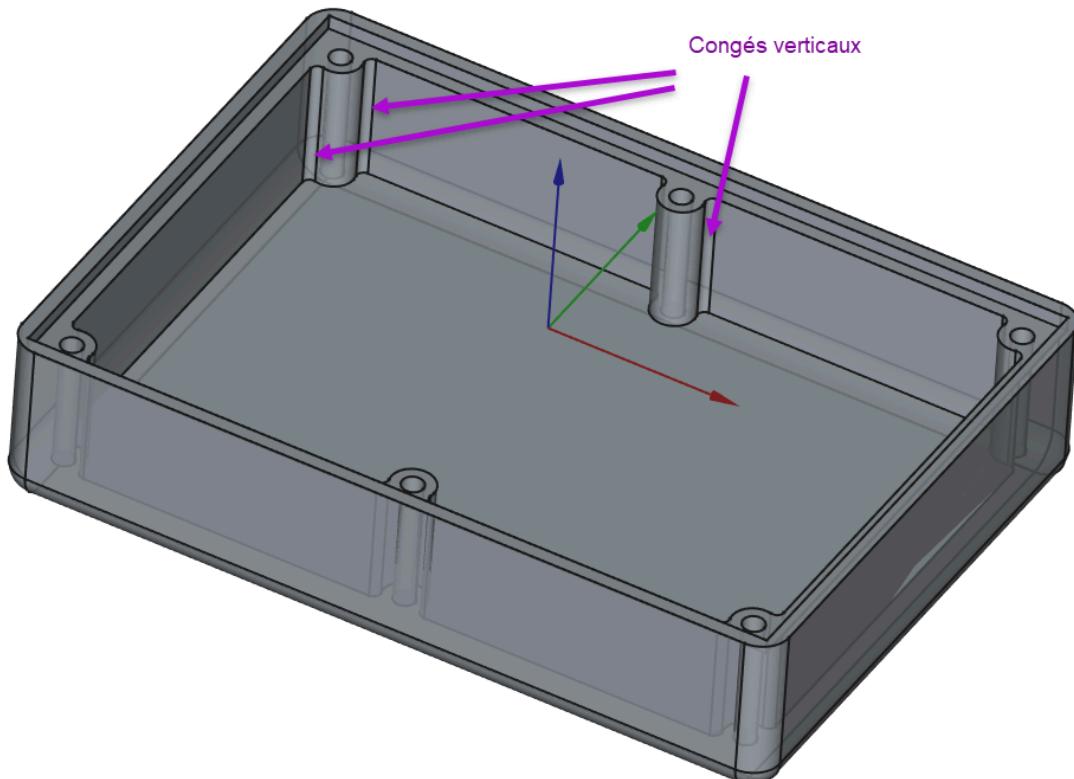
6.2.5. Congés

Dernière étape : nous allons ajouter des congés :



✓ Tâches à réaliser

- Créer des congés de 1 mm à l'intersection des cylindres et des faces intérieures verticales de la boîte ;

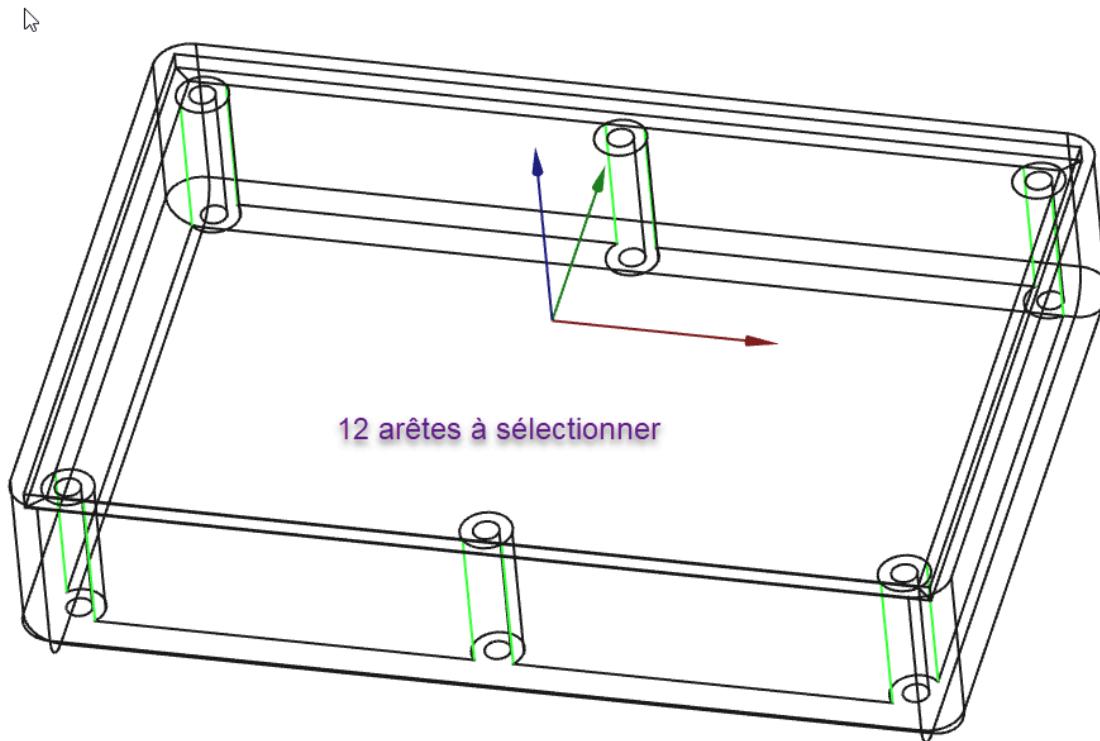


Congés verticaux

💡 Aide :

- Basculer en affichage filaire (puis du clavier alphanumérique) pour faciliter la sélection des arêtes ;

- Maintenir appuyée la touche **CTRL** (sous) pour sélectionner les 12 arêtes ;



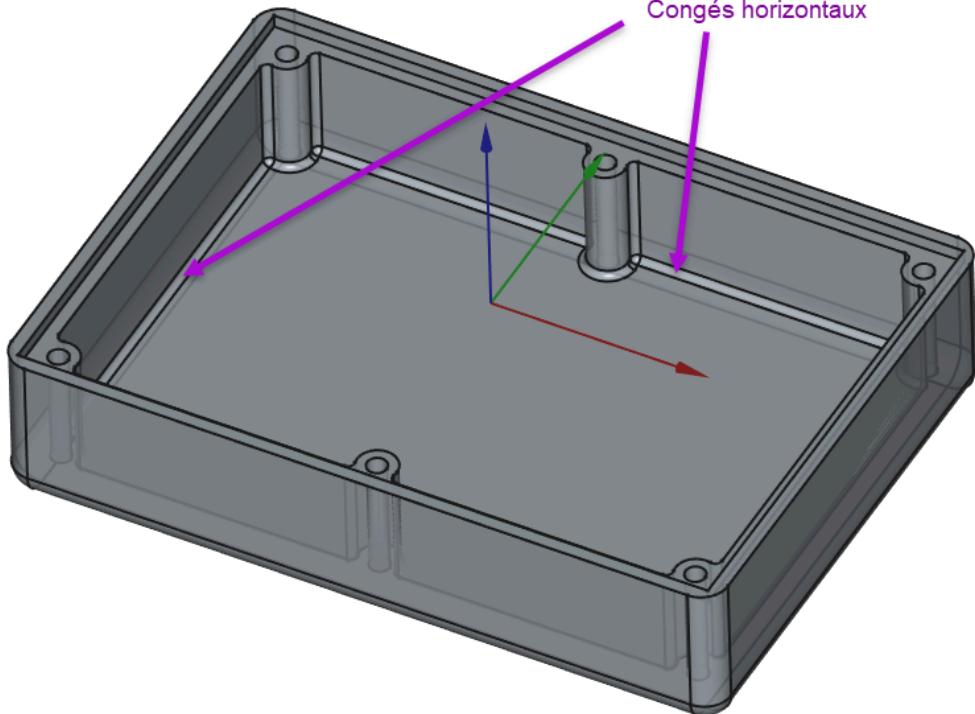
Sélection des arêtes pour les congés verticaux

Pour sélectionner les différentes arêtes, en style de navigation Gesture :

- Ne pas hésiter à utiliser le zoom (**molette souris**), le panoramique (**clic droit**) et la rotation (**clic gauche**) sans relâcher la touche **CTRL** (sous).

Tâches à réaliser (suite)

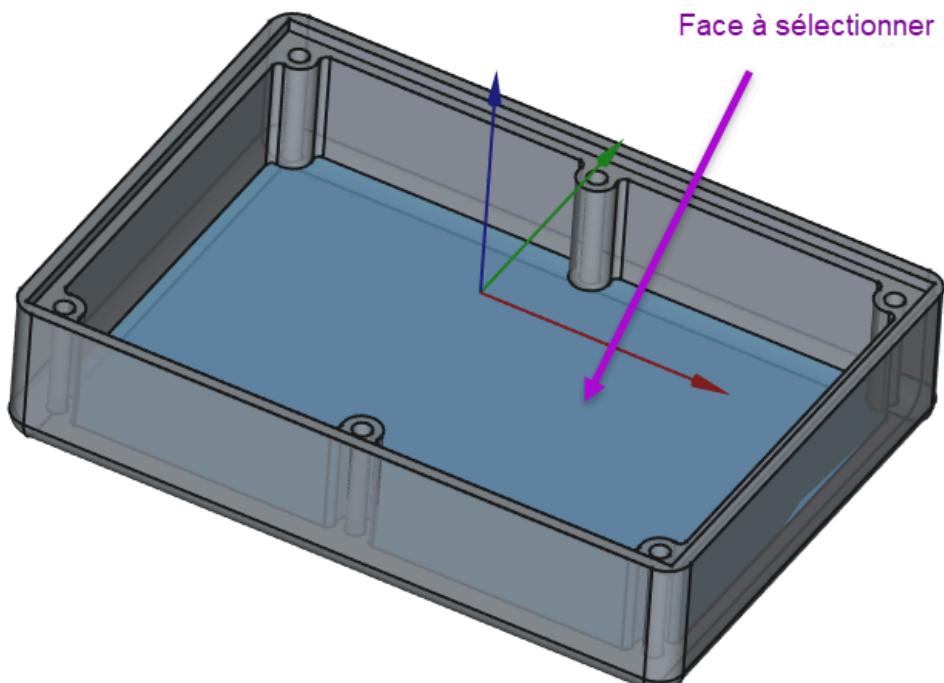
- Revenir si nécessaire en affichage filaire ombré (**V** puis **7** du clavier alphanumérique) ;
- Sélectionner le fond de la boîte et créer des congés de 1 mm ;



Congés horizontaux

💡 Aide :

- Cliquer gauche sur le fond de la boîte pour le sélectionner avant d'exécuter la commande  ;



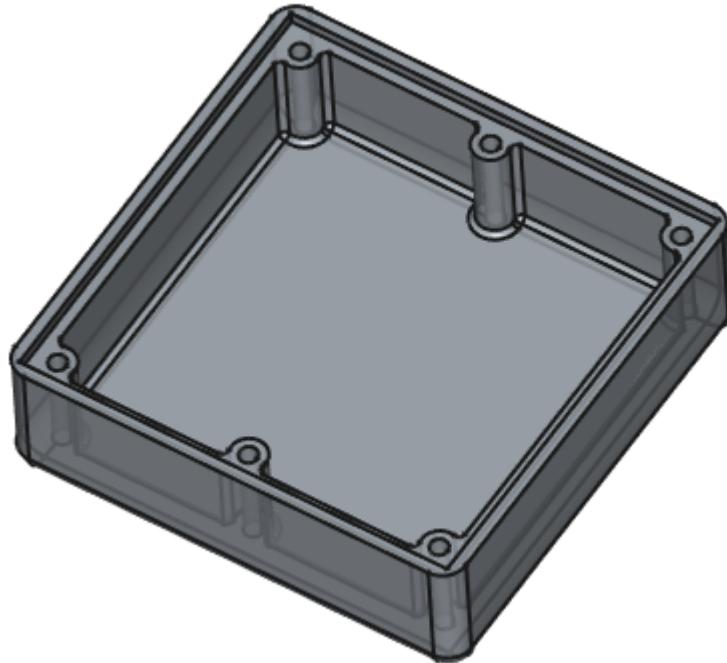
Face à sélectionner

Sélection pour les congés horizontaux

6.2.6. Vérification d'intégrité du modèle

☒ Tache à réaliser

- Modifier la longueur du rectangle à 70 mm dans l'esquisse  ContourInterieur ;
- Vérifier que le modèle n'est pas cassé ;



Vérification du modèle

6.2.7. ➤ Capture vidéo

TP6-2.mp4



7. Corps multiples

7.1. Sous-forme liée

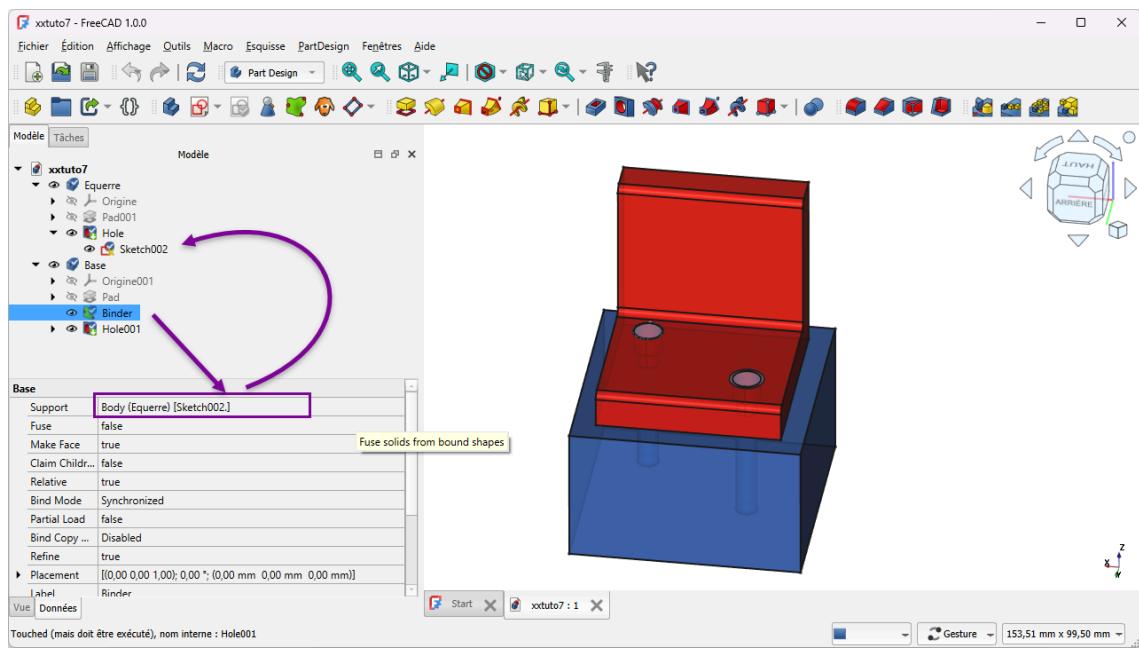
Objectif

- Comprendre la notion de sous-forme liée ;

Tâche à réaliser

- Télécharger le fichier [tuto7.FCStd](#) sur votre ordinateur et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer ce document sous le nom [XXtuto7.FCStd](#) ;

- Le document [XXtuto7.FCStd](#) contient deux corps : Equerre et Base ;
- La base contient une sous-forme liée [Binder](#) qui fait référence à l'esquisse [Sketch002](#) de l'équerre.

Document [tuto7.FCStd](#)

Tâches à réaliser

- Ouvrir l'esquisse [Sketch02](#) et déplacer les deux cercles de l'esquisse ;
- Refermer l'esquisse. Que constatez vous ?

Réponse

La position des trous s'est déplacée **sur les deux corps !!!**

Explanations

- Pour positionner les deux cercles de l'esquisse  Sketch003 de la base , on a utilisé **deux géométries externes** reliées aux cercles de  Binder qui lui même fait référence aux cercles de l'esquisse  Sketch002 : toute modification dans  Sketch002 se répercute dans  Sketch003 ;

forme liée

= ShapeBinder

Une forme liée  est utilisée à l'intérieur d'un **corps** pour référencer une **géométrie extérieure** à ce corps.

Réglementaire

La géométrie référencée peut être :

- soit un objet unique : une corps, une esquisse, ou une fonction à l'intérieur d'un corps ;
- soit un ou plusieurs sous-éléments (faces, arêtes ou sommets) appartenant **au même objet parent**.

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

Remarque

Lorsque vous travaillez avec **plusieurs corps** dans un même document, la forme liée  permet de récupérer dans un corps des géométries provenant d'un autre corps.

Sous-forme liée

FreeCAD propose une seconde commande : la sous-forme liée  qui offre plus de souplesse. En particulier, la sous-forme liée  peut lier des géométries provenant de différents corps ;

cf https://wiki.freecad.org/PartDesign_SubShapeBinder/fr

7.2. Opérateur Booléen

Objectifs

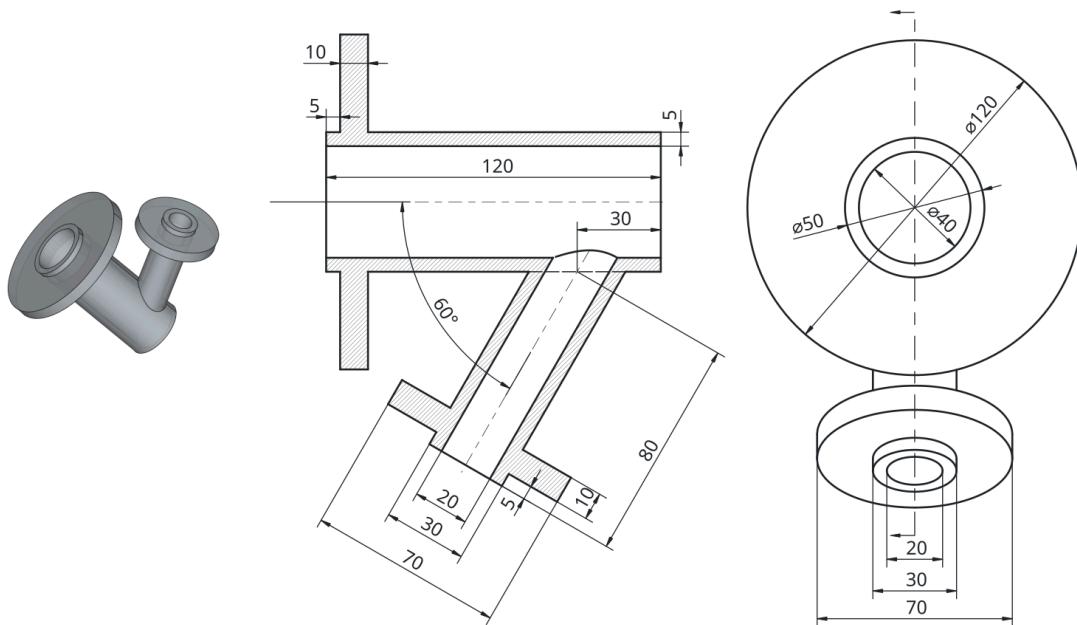
Dans l'atelier  Part Design , utiliser les commandes :

- Opération booléenne  ,
- Créer une sous-forme liée  à partir d'une géométrie ;

Remarque

Dans ce TP, nous utilisons un opérateur booléen  . Nous pourrions réaliser ce TP avec un seul corps et sans utiliser cet opérateur. Le travail proposé permet d'expérimenter cette commande.

Nous allons modéliser le solide suivant : (cf [TP7-1-Plan.pdf](#))



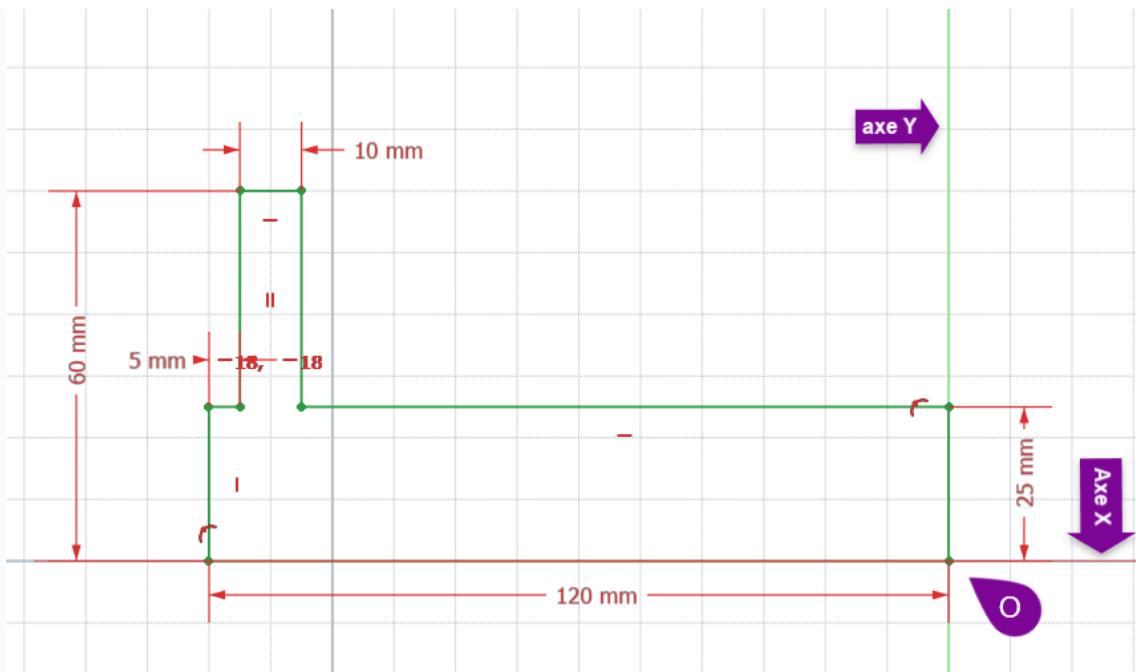
Tâches à réaliser

- Créer un nouveau document TP7-1 dans FreeCAD ;

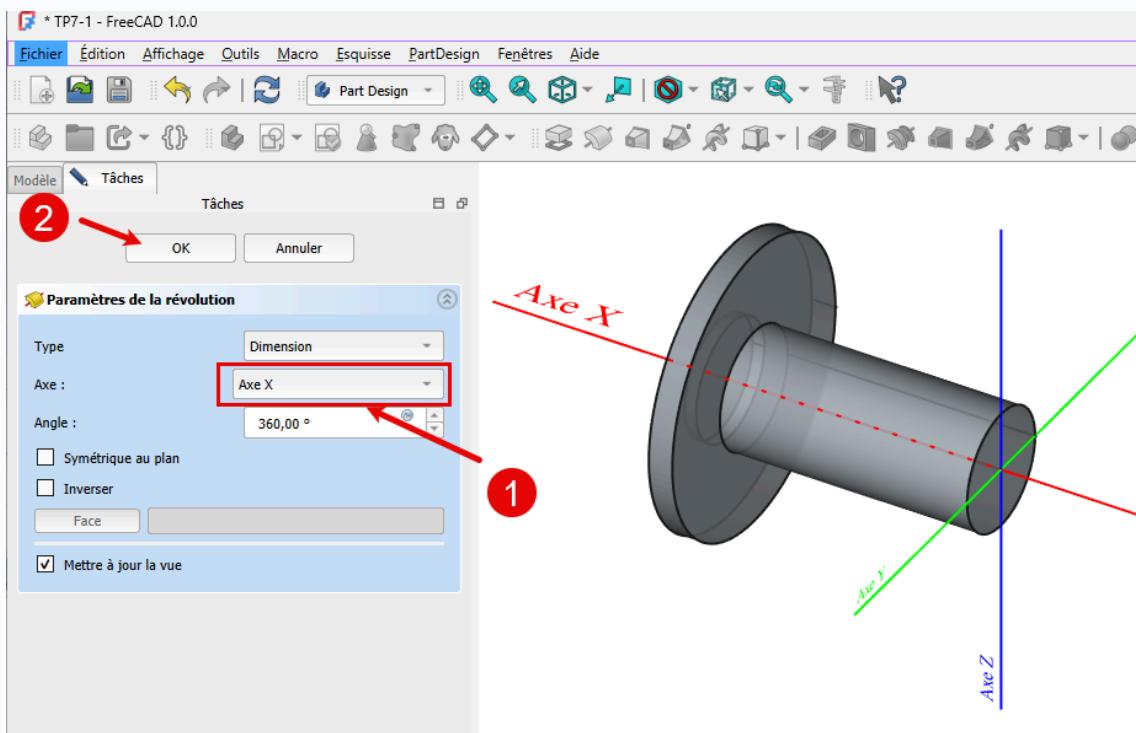
7.2.1. 1^{er} corps

Tâches à réaliser

- Créer un 1^{er} corps ;
- Créer l'esquisse ci-dessous dans le plan XY ;

Esquisse du 1^{er} corps

- Créer une révolution autour de l'axe X ;

1^{er} corps : création de la révolution

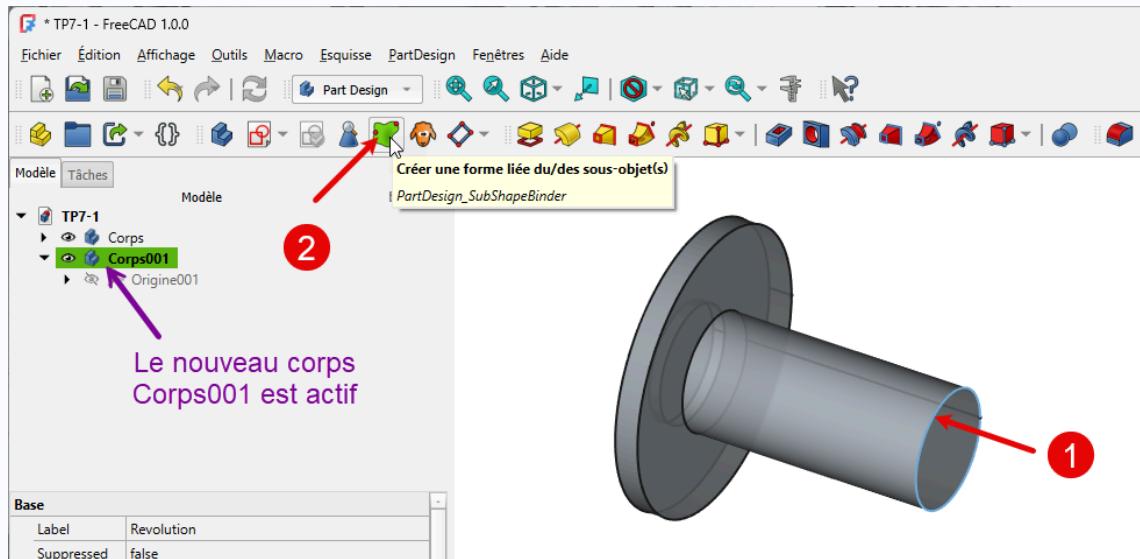
Aide

- Utiliser une polyligne pour créer l'esquisse ;

7.2.2. 2nd Corps

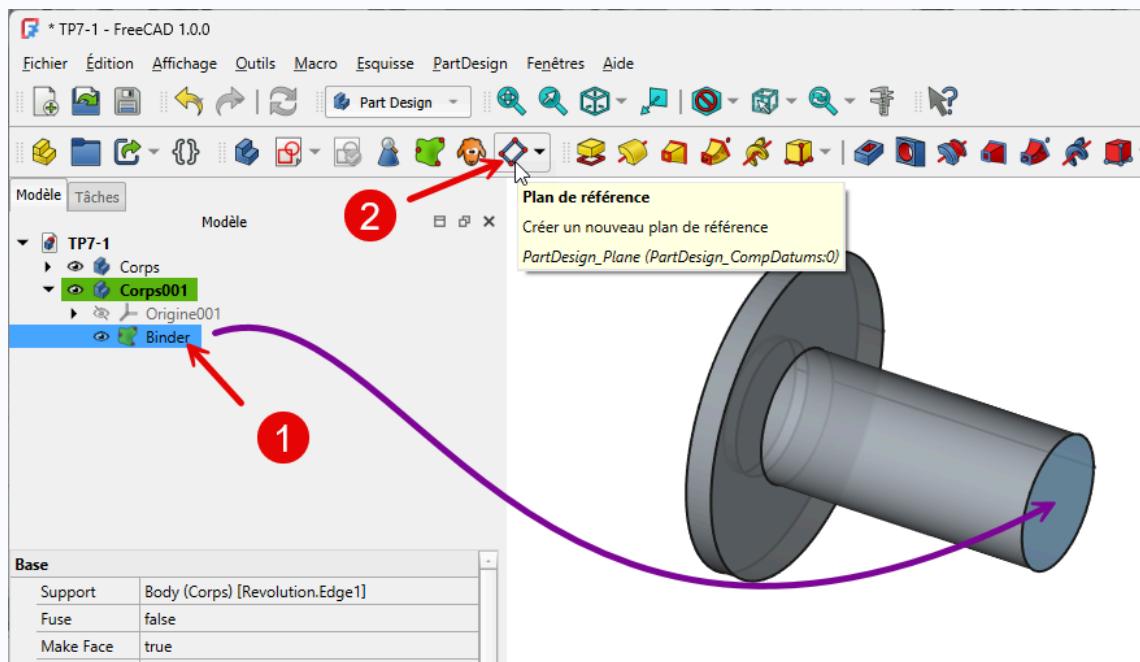
Tâches à réaliser

- Créer un 2nd corps  dans le document  TP7-1 ;
- Sélection l'arête circulaire du cylindre à l'extrémité du 1er corps et ajouter une sous-forme liée 



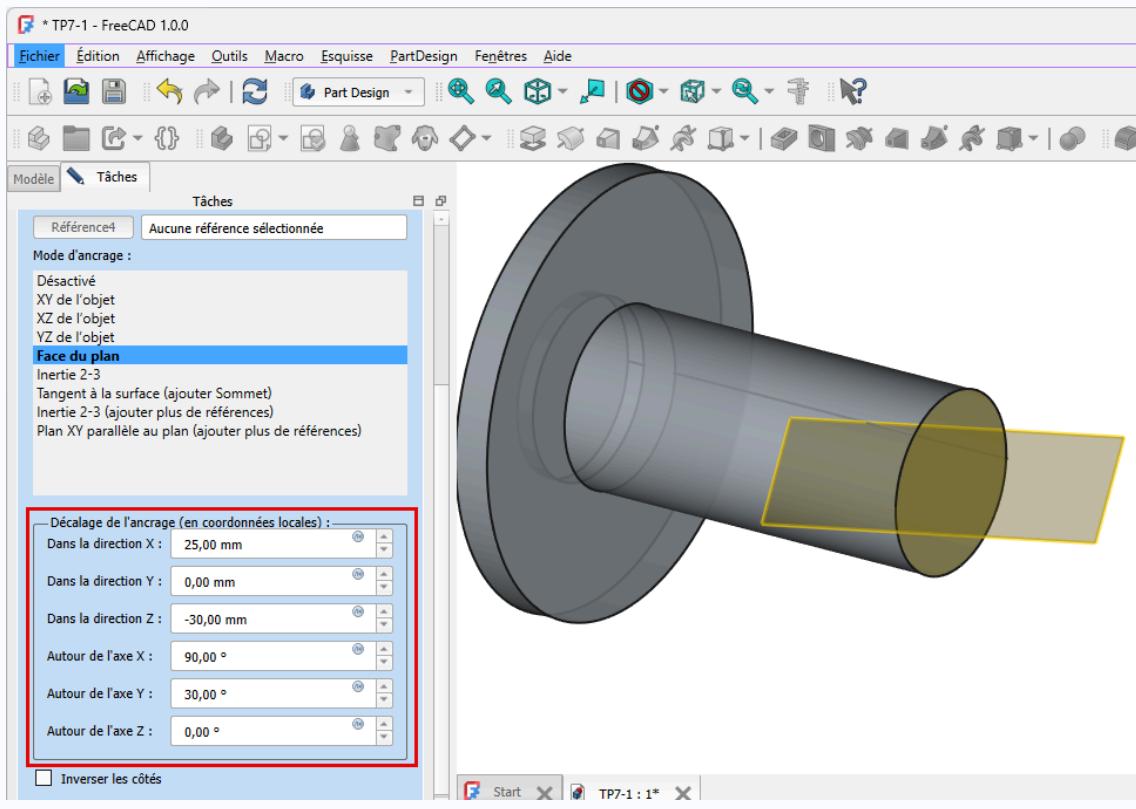
2nd corps : création de la forme liée

- Ajouter un plan de référence  ancrée à la forme liée ;



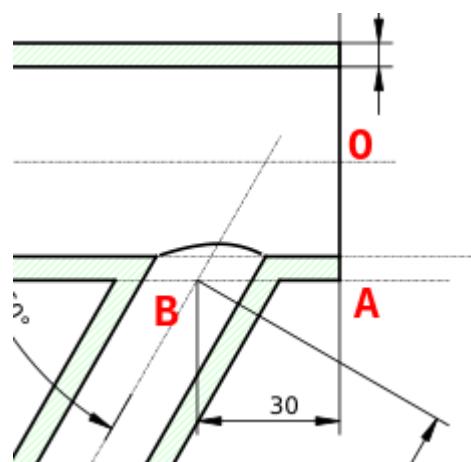
2nd corps : création du plan de référence

- Décaler et pivoter ce plan de référence comme ci-dessous :



💡 Explications

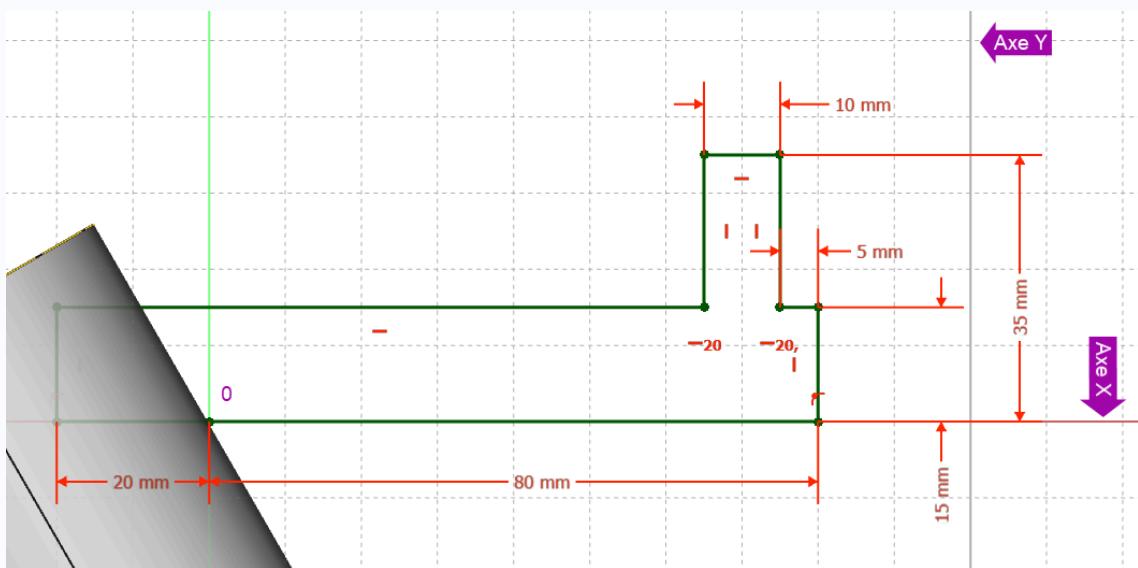
- Direction x : 25 mm correspond à OA du cylindre ;
- Direction z : -30 mm correspond à AB ;
- Rotation autour de X : 90 ° pour ramener le plan parallèle au plan XY ;
- Rotation autour de Y : 30° inclinaison du 2nd cylindre par rapport au 1^{er} cylindre ;



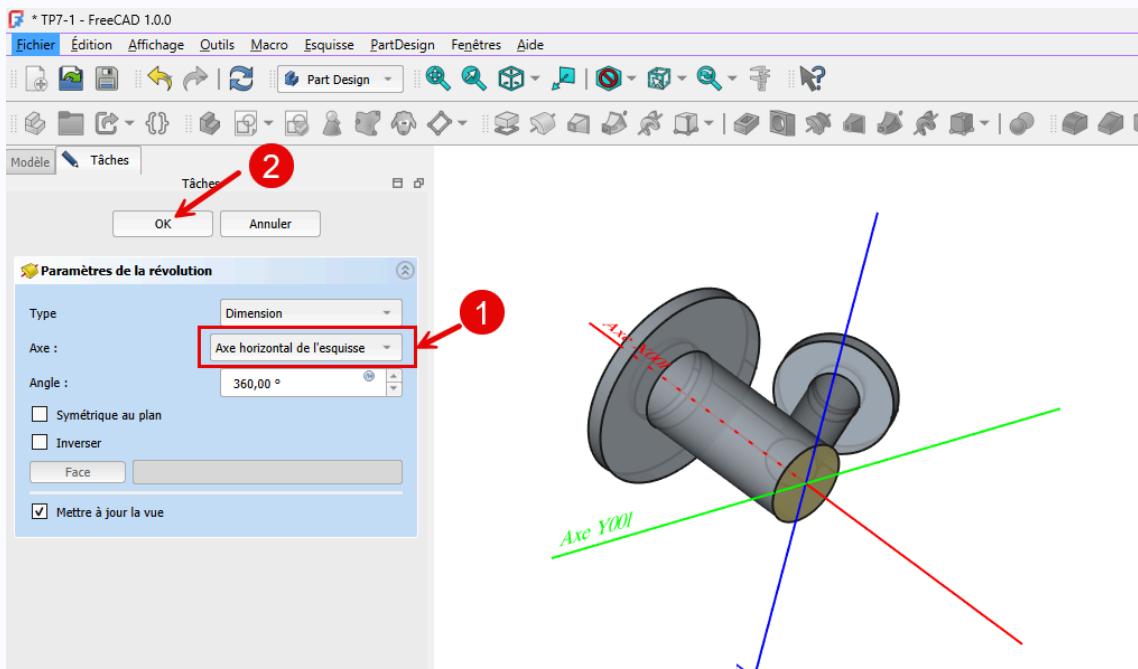
2nd corps : explication du décalage et de la rotation du plan de référence

▼ Tâches à réaliser (suite)

- Créer l'esquisse  ci-dessous dans ce plan de référence ;

2nd corps : esquisse

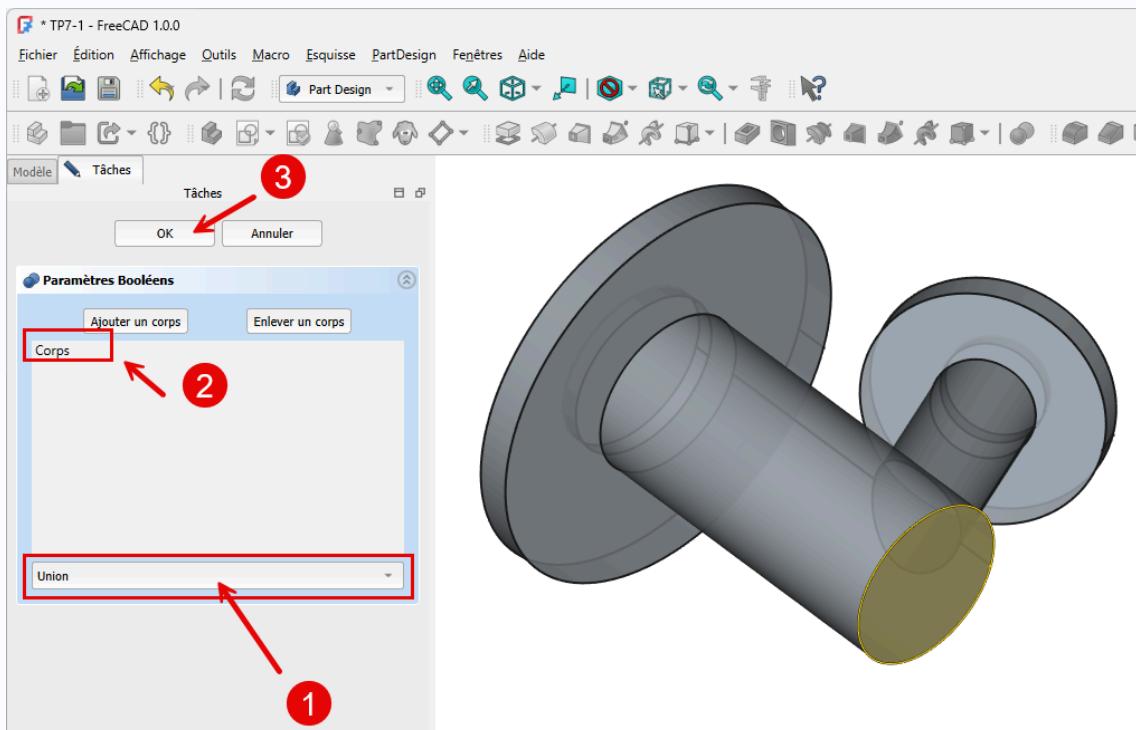
- Créer une révolution  autour de l'axe horizontal de l'esquisse ;

2nd corps : création de la révolution

7.2.3. Fusionner les deux corps

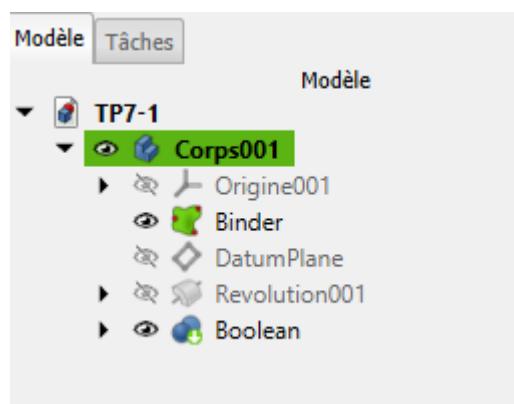
✓ Tâches à réaliser

- Sélectionner **Corps001** dans la vue **Modèle** et fusionner le corps **Corps** à l'aide de la commande  ;



Opération booléenne : union des 2 corps

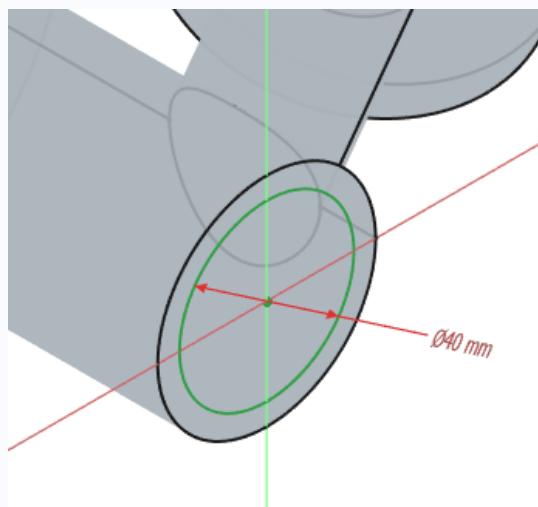
💡 Noter les modifications dans la vue modèle



7.2.4. Cavités

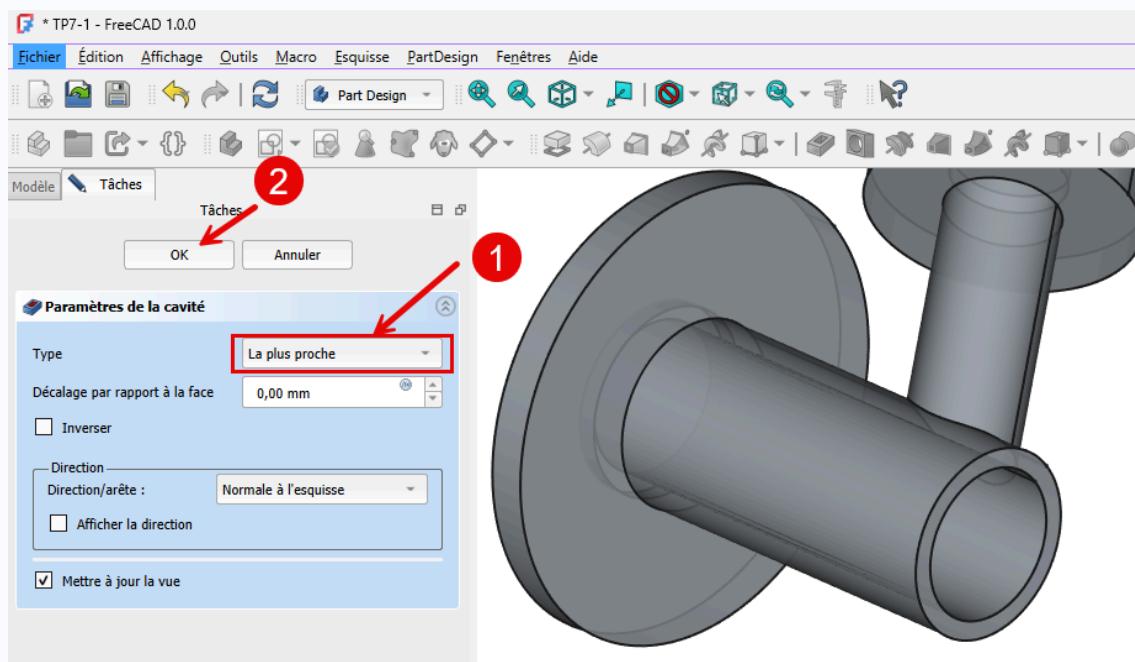
☰ Tâches à réaliser

Créer l'esquisse suivante sur la face en bout du 1^{er} cylindre ;



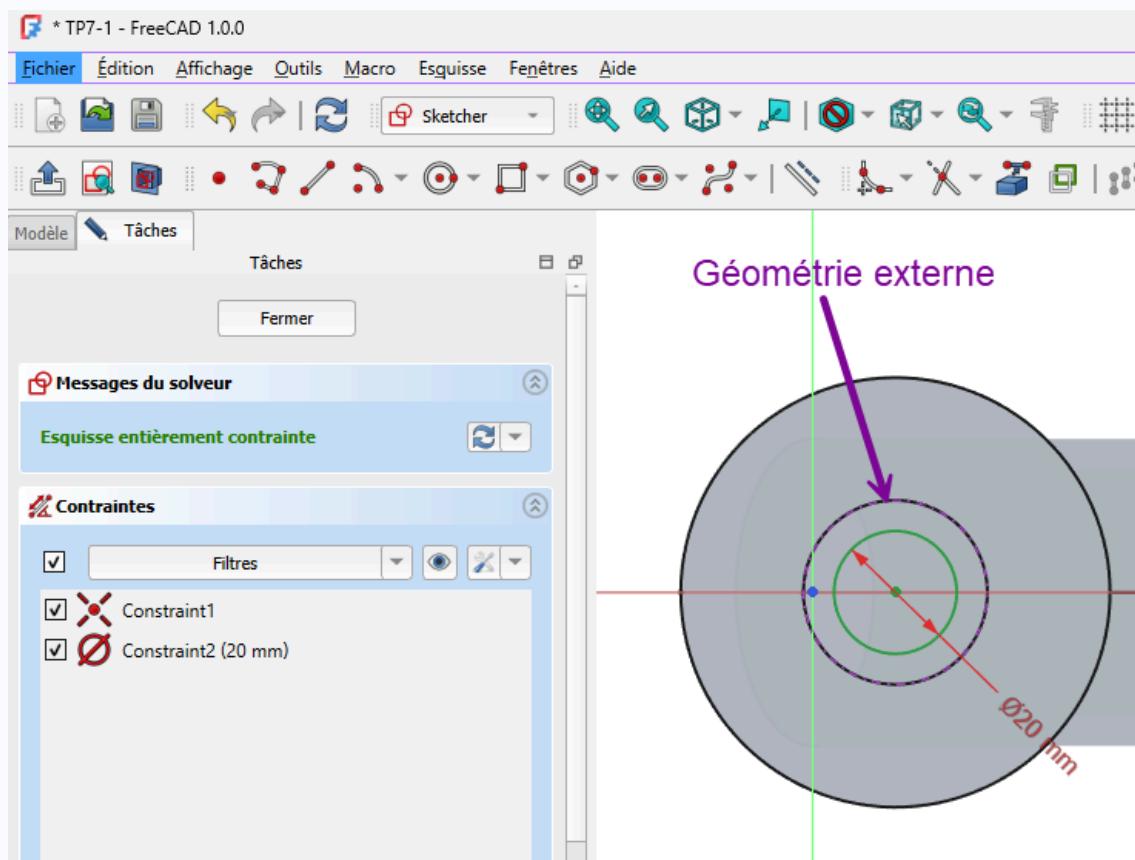
Cavités : esquisse sur la face en bout du 1er cylindre

Créer une cavité avec l'option au plus proche ;



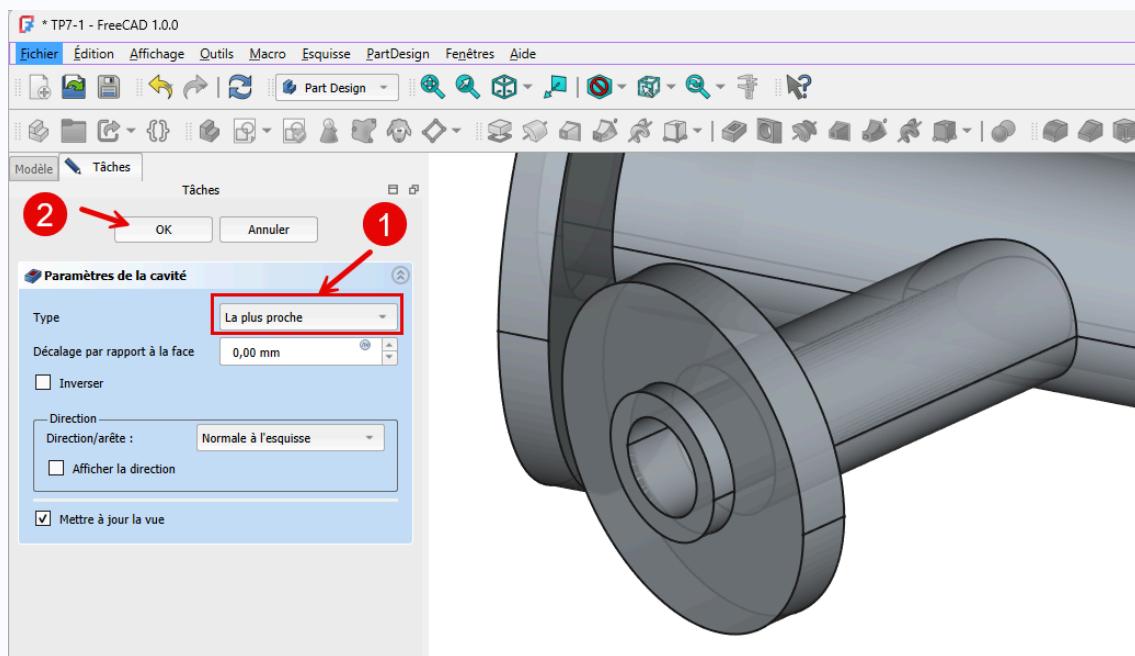
Cavités : création de la cavité sur le 1^{er} cylindre

Créer l'esquisse suivante sur la face en bout du 2nd cylindre :



Cavités : esquisse sur la face en bout du 2nd cylindre

Créer un cavité avec l'option au plus proche :



Cavités : création de la cavité sur le 2nd cylindre

Aide

Pour centrer le cercle dans la deuxième esquisse, il faudra utiliser une géométrie externe ;

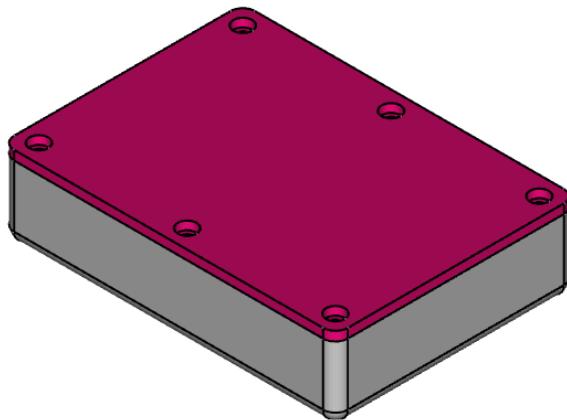
7.2.5. Capture vidéo



7.3. Imbrication de deux corps

Nous allons ajouter un couvercle à notre boîte modélisée lors du TP6-2^[p.152]. (cf. [TP7-2-Plan.pdf](#))

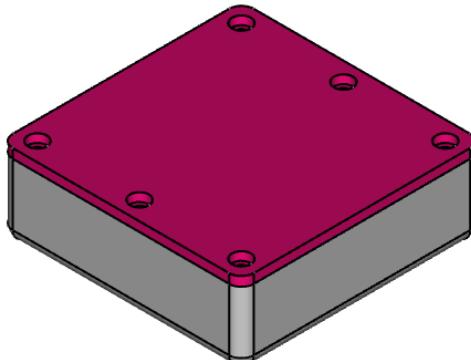
Travail à réaliser



Boîte avec son couvercle

Bien entendu, la modification de la longueur ou la largeur de la boîte devra se répercuter automatiquement sur le couvercle :

Illustration



Objectifs

- Créez une sous-forme liée  d'une fonction paramétrique pour récupérer des géométries du fond de la boîte ;
- Utilisez la fonction paramétrique Perçage  ;

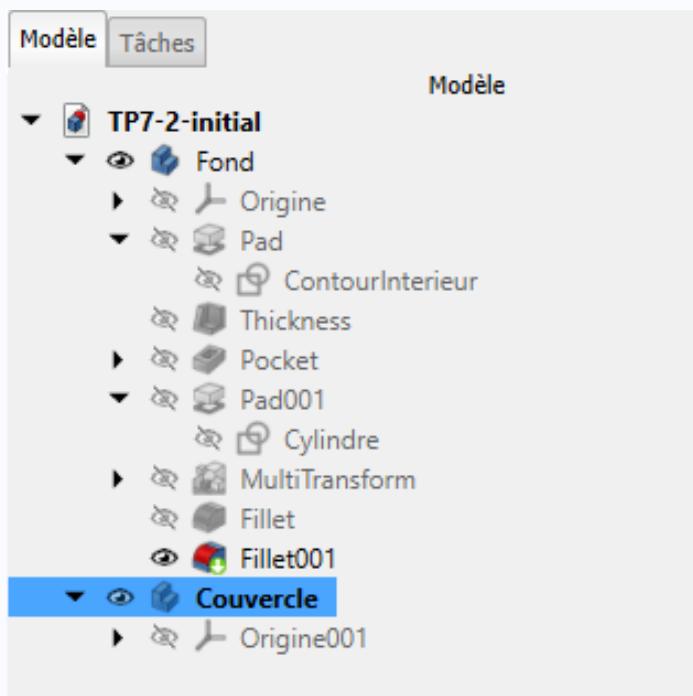
Tâches à réaliser

- Télécharger sur votre ordinateur le fichier [TP7-2-initial.FCStd](#) et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer le document sous le nom  TP7-2 ;

7.3.1. Sous-forme liée

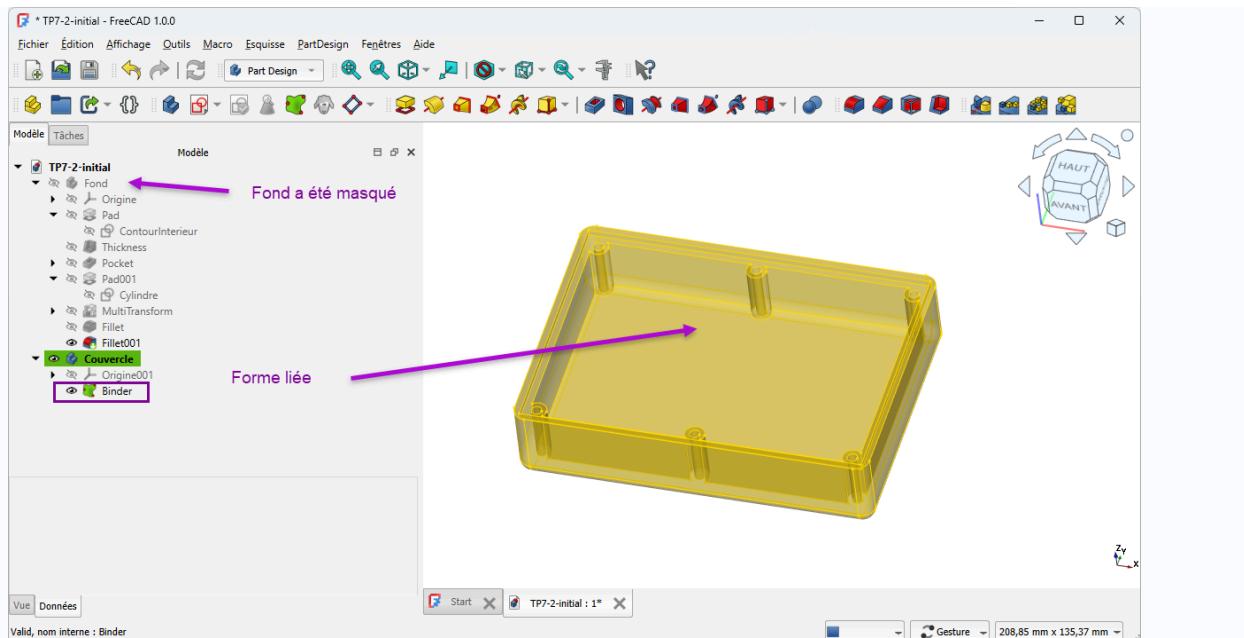
Tâches à réaliser

- Ajouter un 2nd corps  que vous renommez  Couvercle ;



Création d'un 2nd corps

- Ajouter une sous-forme liée  de l'objet (fonction)  MultiTransform dans le corps  Couvercle ;
- Masquer le corps  Fond ;



Création de la sous-forme liée

Aide

- **Couvercle** doit être le corps actif : en caractères gras ;
- Pour créer la sous-forme liée, sélectionner l'objet **MultiTransform** dans l'onglet **Modèle** et cliquer sur la commande

Attention

Ne pas oublier de masquer le corps **Fond** qui doit être en grisé dans la vue **Modèles** après la création de la sous-forme liée ;

Pourquoi choisir l'objet **MultiTransform** ?

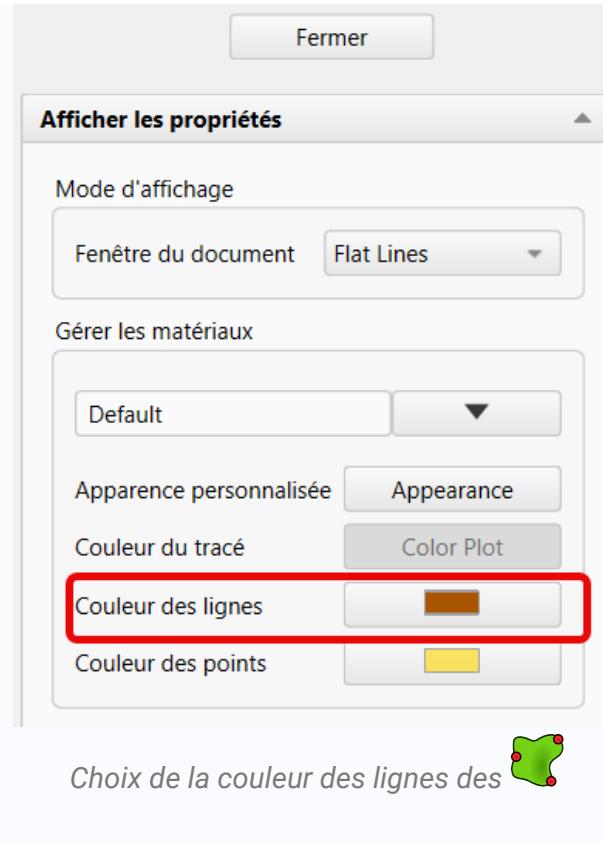
- Nous n'avons pas besoin de la définition des congés (Fillet), juste les dimensions du fond et de la position des trous ;

Couleur des objets

Si vous utilisez le thème d'affichage **FreeCAD Light**, la couleur jaune par défaut pour les objets n'est pas très lisible. Pour le moment, ce paramètre n'est pas modifiable dans les préférences de FreeCAD ;

Tâches à réaliser (si vous utilisez le thème FreeCAD light)

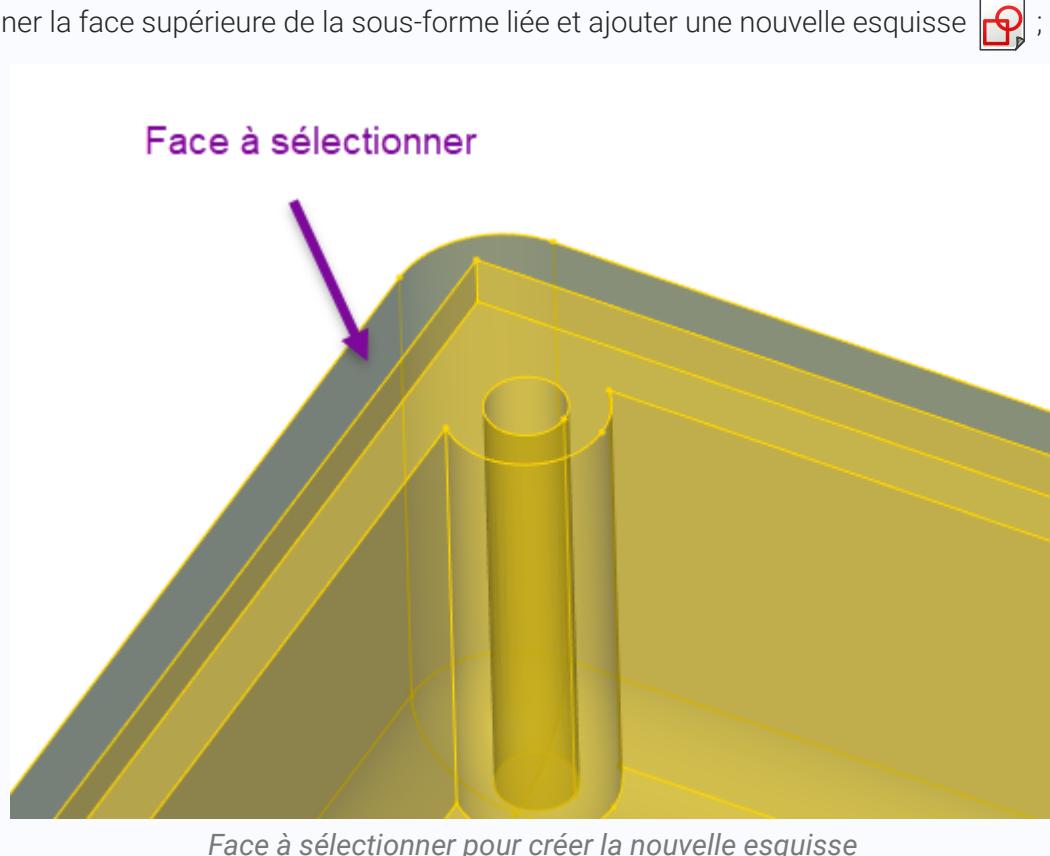
- Dans l'onglet **Modèle**, cliquer droit sur l'objet **Binder** et sélectionner la commande **Définir l'apparence** ;
- Choisir une couleur de ligne plus foncée, par exemple **#aa5500** ;



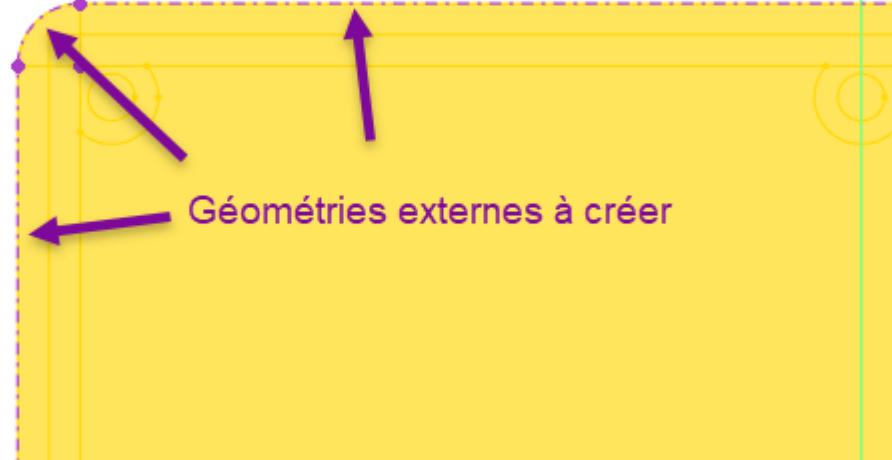
7.3.2. Partie supérieure

☰ Tâches à réaliser

- Sélectionner la face supérieure de la sous-forme liée et ajouter une nouvelle esquisse  ;

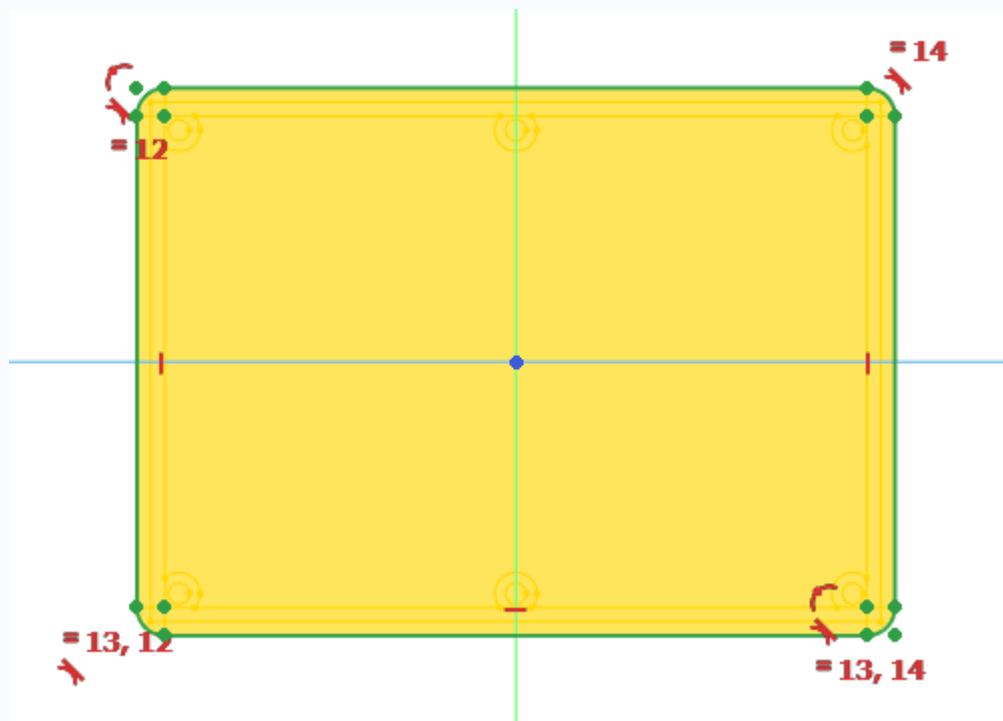


- Ajouter 3 géométries externes  de la sous-forme liée ;



Ajout des géométries externes

- Créer l'esquisse ci-dessous à l'aide d'un Rectangle Arrondi  ;



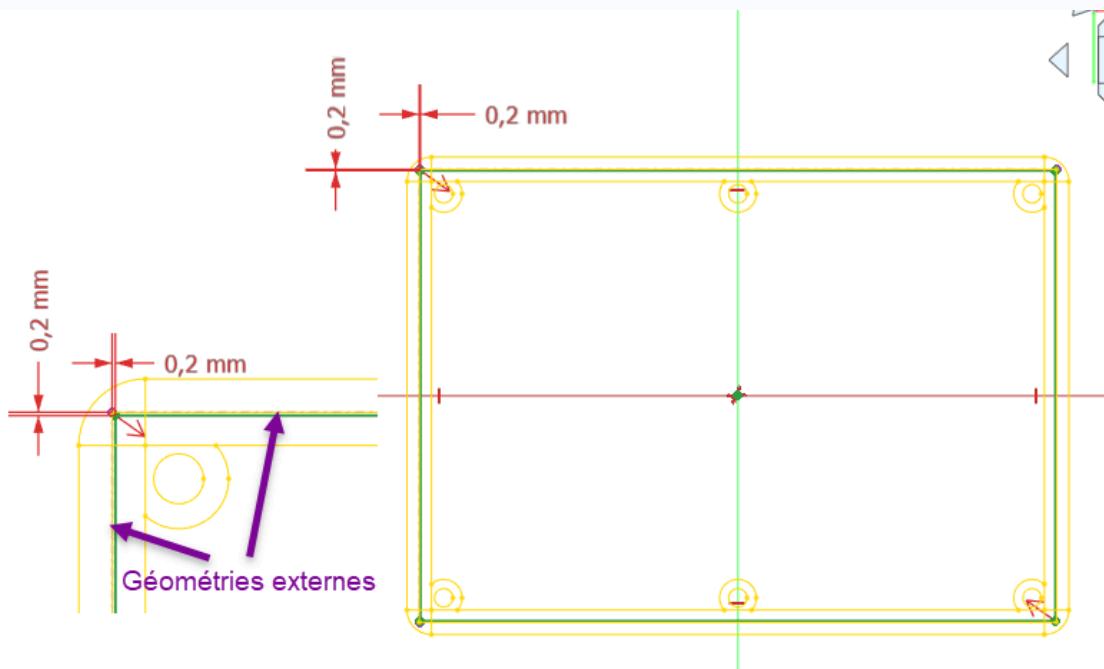
Esquisse de la partie supérieure du couvercle

- Créer une protrusion  de 3 mm correspondant à la partie supérieure du couvercle ;

7.3.3. Partie inférieure

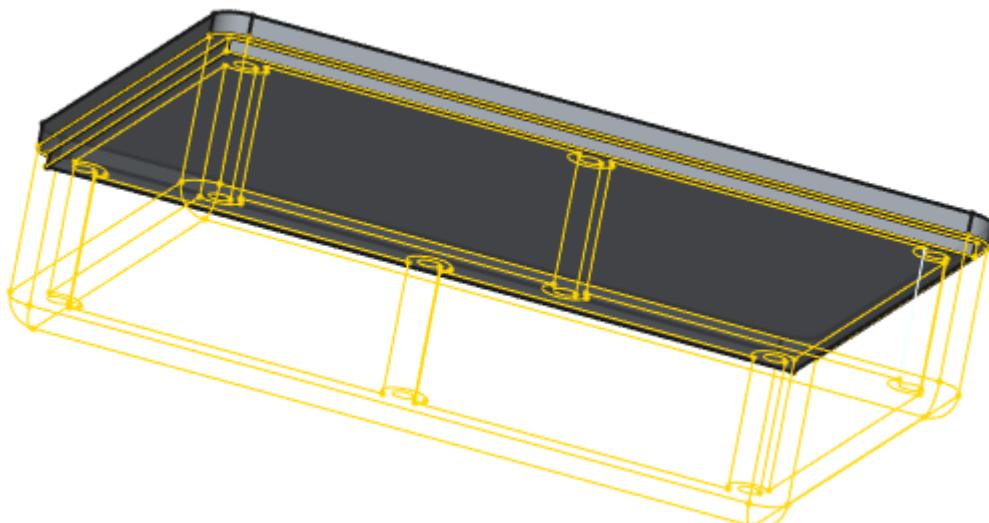
✓ Tâches à réaliser

- Sélectionner la face inférieure de la protrusion créée précédemment et ajouter une nouvelle esquisse  ;
- Créer l'esquisse ci-dessous constituée d'un rectangle centré  et de 2 géométries externes (partie verticale de l'épaulement) ;



Esquisse de la partie inférieure du couvercle

- Créer une protrusion  de 2 mn correspondant à la partie inférieure du couvercle qui s'emboîte ;



Protrusion de la partie inférieure du couvercle

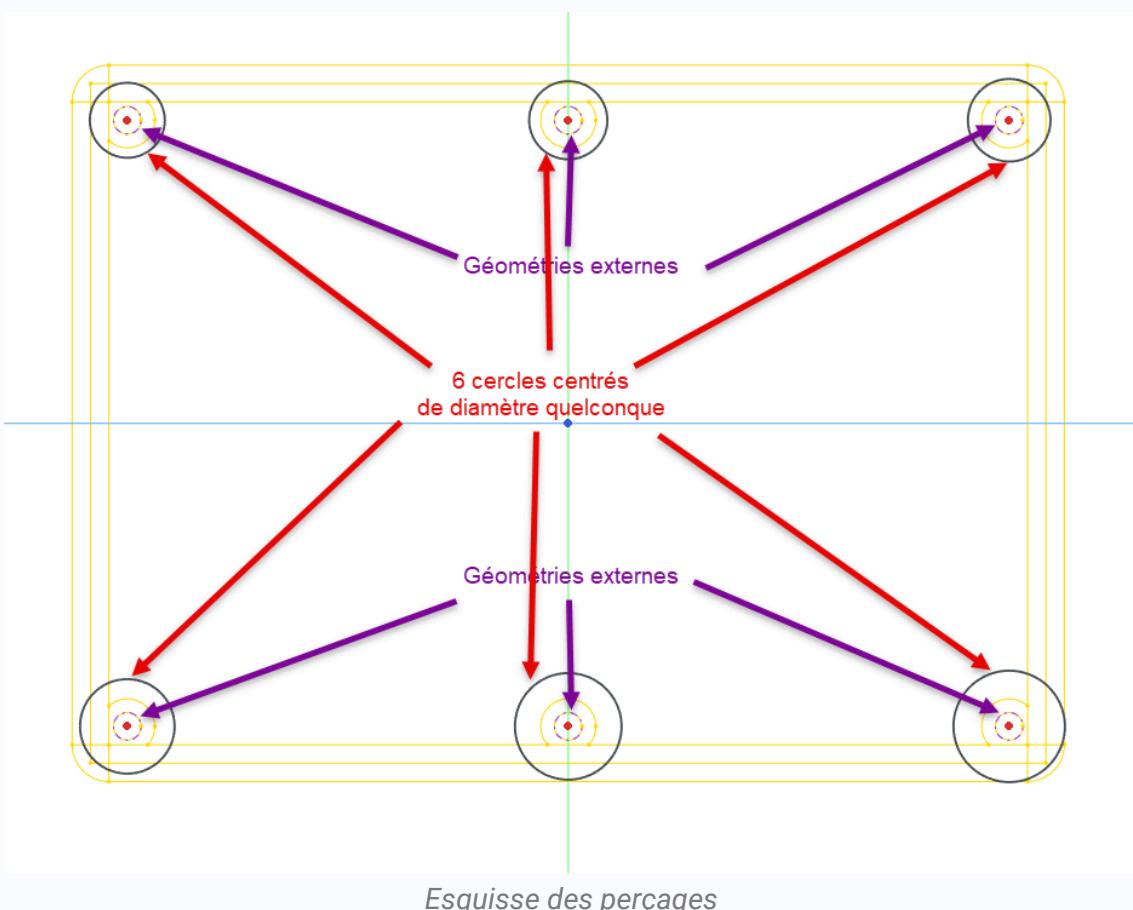
Aide

- Pour accéder aux lignes de la forme liée :
 - masquer Pad002 ;
 - afficher Binder avec un style de présentation filaire (puis du clavier alphanumérique) ;
- Les contraintes et de 0.2 mm correspondent au jeu prévu pour l'emboîtement de la partie basse du couvercle dans le fond de la boîte ;

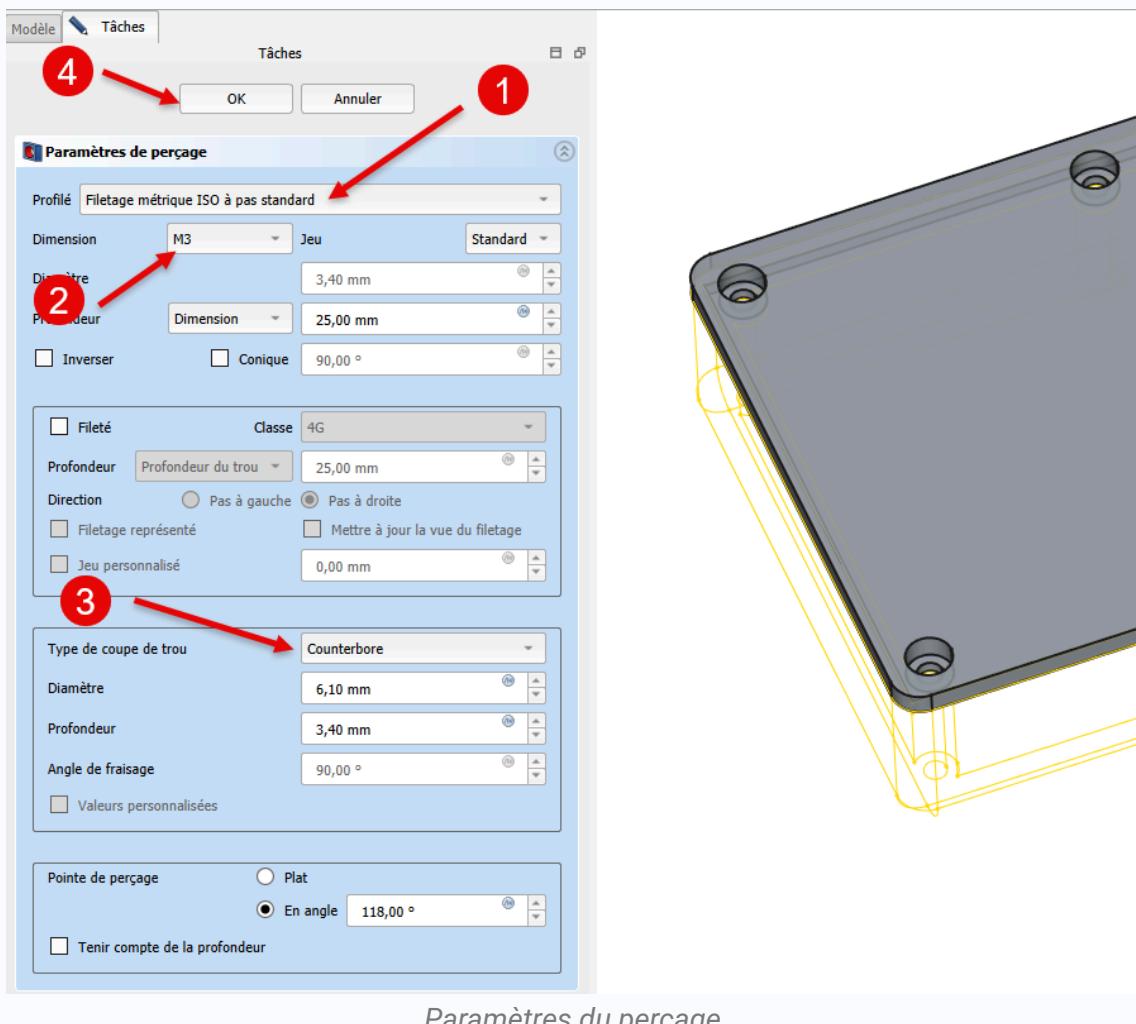
7.3.4. Perçages

Tâches à réaliser

- Sélectionner la face supérieure du couvercle et ajouter une nouvelle esquisse ;
- Créer l'esquisse ci-dessous constituée de 6 cercles positionnés à l'aide de géométries externes de la forme liée ;



- Appliquer la fonction paramétrique Perçage  à cette esquisse pour modéliser les 6 emplacements de vis en appliquant les paramètres ci-dessous :



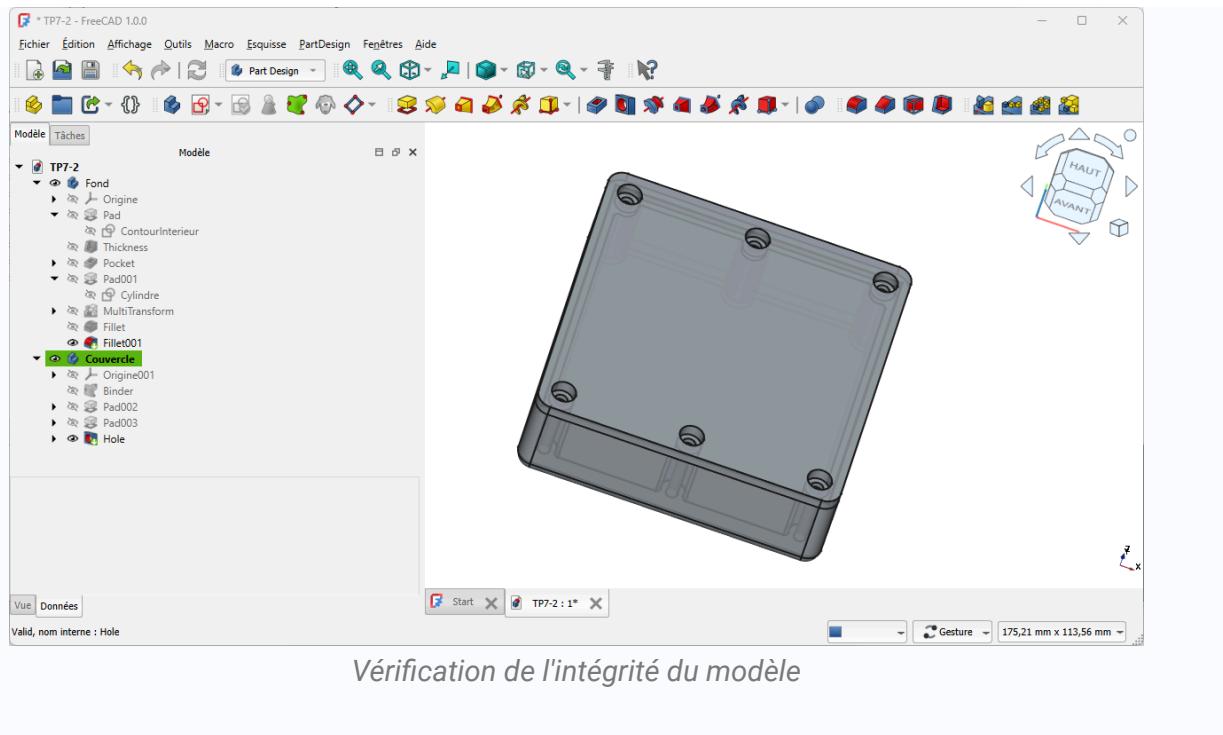
Aide pour créer l'esquisse

- Pour accéder aux lignes de la forme liée , masquer  Pad003 ;
- Peu importe le diamètre des cercles dans l'esquisse, c'est la fonction Perçage  qui déterminera la forme et la dimension des perçages ;

7.3.5. Vérification de l'intégrité

Tache à réaliser

- Modifier la longueur du rectangle à 70 mm dans l'esquisse  ContourInterieur du fond de la boite ;
- Vérifier que le modèle n'est pas cassé ;



7.3.6. ⏴ Capture vidéo

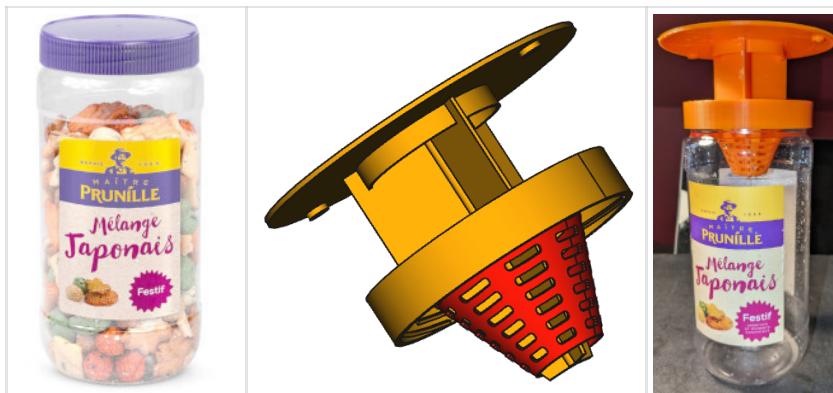


7.4. TP 7-3 🍸

Conseil

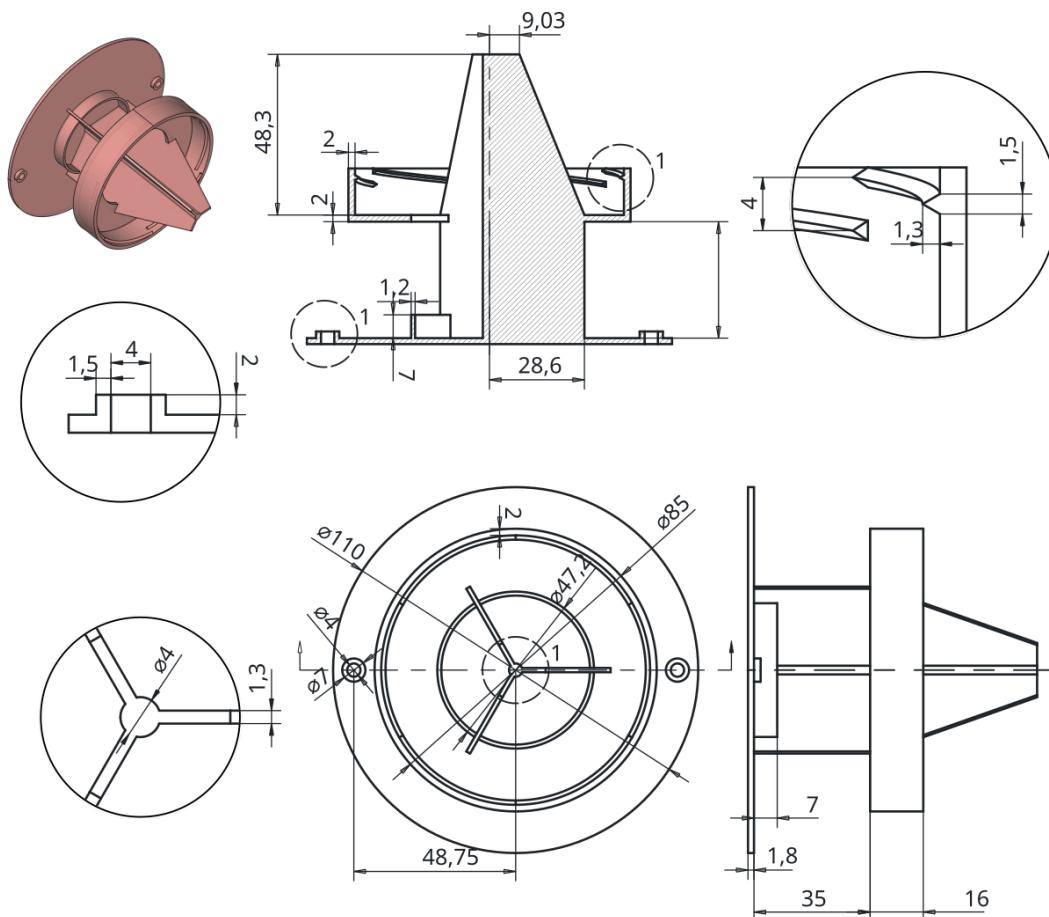
Dans ce TP, nous utilisons une feuille de calcul . Si vous ne connaissez pas bien l'atelier SpreadSheet , je vous invite à consulter le chapitre 8 ^[p.198] et à réaliser le TP 8-1 ^[p.199] avant de démarrer ce TP 7-3.

Nous allons créer un couvercle qui recevra le cône filtre du TP 9-3 et qui se vissera sur une boîte en plastique récupérée (emballage du commerce) pour créer un piège à frelons et guêpes :



Plan

cf [TP7-3-Plan.PDF](#)



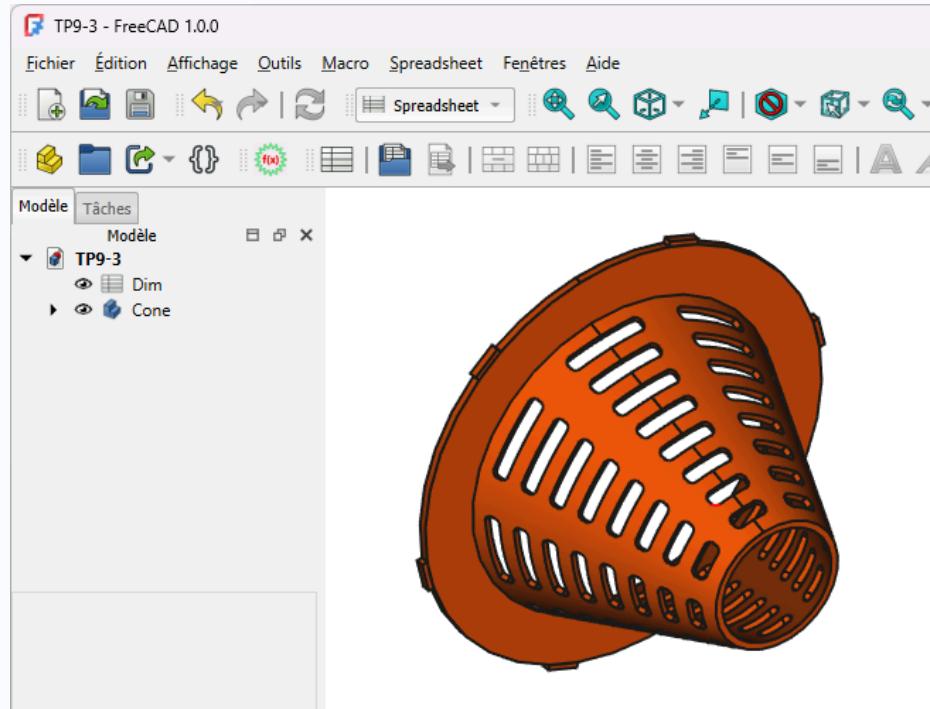
Objectifs

- Utiliser la fonction paramétrique **Hélice additive** 
- Utiliser une sous-forme liée  d'un corps ;
- Utiliser la commande Opérateur booléen 

7.4.1. Travail préparatoire

☰ Tâches à réaliser

- Télécharger le fichier FreeCAD [TP7-3-initial](#) et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer le fichier sous le nom TP7-3 ;



⌚ Contenu du fichier TP7-3-initial

Ce fichier FreeCAD contient :

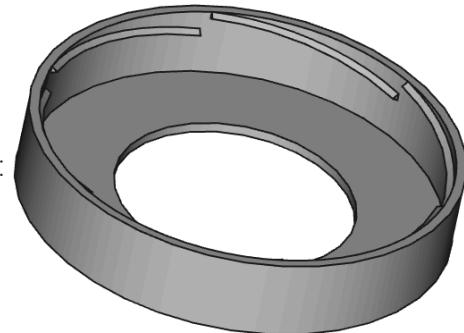
- le cône filtre modifié par rapport au TP 9-3 pour faciliter l'impression 3D et permettre une recalcul complet de la grille en cas de modification des valeurs dans la feuille de calcul ;
- une feuille de calcul Dim contenant les dimensions utilisées dans la modélisation ;

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1 Dimensions de la boîte récupérée											
2 Diamètre extérieur (BoitDiam)	78,20 mm			Diamètre Chapeau (ChapeauDiam)	110,00 mm						
3 Nombre de filetages (BoitNbFiletage)	6			Epaisseur Chapeau (ChapeauEp)	1,80 mm						
4 Distance supérieure filetage (BoitHSupFiletage)	5,00 mm			Diamètre Fixation (ChapeauTrocDiam)	4,00 mm						
5 Distance inférieure filetage (BoitHInfFiletage)	9,00 mm			Distance centre fixation (ChapeauDistTrocFixation)	48,75 mm	<- Valeur calculée					
6 Hauteur filetage (BoitHFiletage)	1,30 mm			Epaisseur renfort fixation (ChapeauEpTrocFixation)	1,50 mm						
7 Largeur filetage (BoitLargFiletage)	1,50 mm			Hauteur Renfort trou fixation (ChapeauHtTrocFixation)	2,00 mm						
8				Hauteur nervure (ChapeauHtNervure)	7,00 mm						
9 Cône				Epaisseur Nervure (ChapeauEpNervure)	1,20 mm						
10 Diamètre disque ext (CoreDiskDiam)	78,20 mm			Diamètre ext nervure (ChapeauDiamNervure)	47,20 mm	<- Valeur calculée					
11 Hauteur totale (CoreHtTotal)	45,30 mm			Distance Chapeau Couvercle (CouverDistChapeau)	35,00 mm						
12 Largeur disque (CoreLargDisk)	10,00 mm			Diamètre intérieur couvercle (CouvDiamInt)	81,00 mm	<- Valeur calculée					
13 Épaisseur disque (CoreEpDisk)	1,50 mm			Epaisseur couvercle (CouvEp)	2,00 mm						
14 Hauteur ergot (CoreHtErgot)	1,00 mm			Diamètre ouverture couvercle (CouvDiamOuverture)	47,20 mm	<- Valeur calculée					
15 Largeur ergot (CoreLargErgot)	5,80 mm			Hauteur Couvercle (CouvHt)	16,00 mm						
16 Petit diamètre intérieur du cône (ConePetitDiamInt)	21,50 mm										
17 Épaisseur cône (CoreEp)	1,20 mm										
18 Largeur max des fentes de la grille (GrilleLargMax)	15,00 mm										
19 Largeur min des fentes de la grille (GrilleLargMin)	6,00 mm										
20 Nombre de fentes (GrilleNbFentes)	8										
21 Angle du cône (AngleCone)	22,05°	<- Valeur calculée									
22 long de la génératrice du cône (ConelongGeneratrice)	47,26 mm	<- Valeur calculée									
23 Espacement entre éléments de la grille (GrilleEspacement)	2,78 mm	<- Valeur calculée									
24 Rayon arrondi des fentes de la grille (GrilleCorgel)	1,00 mm										
25											

Pour travailler confortablement :

- Télécharger et imprimer sur support papier le tableau des dimensions avec les alias : [TP7-3-dim au format PDF](#) ;

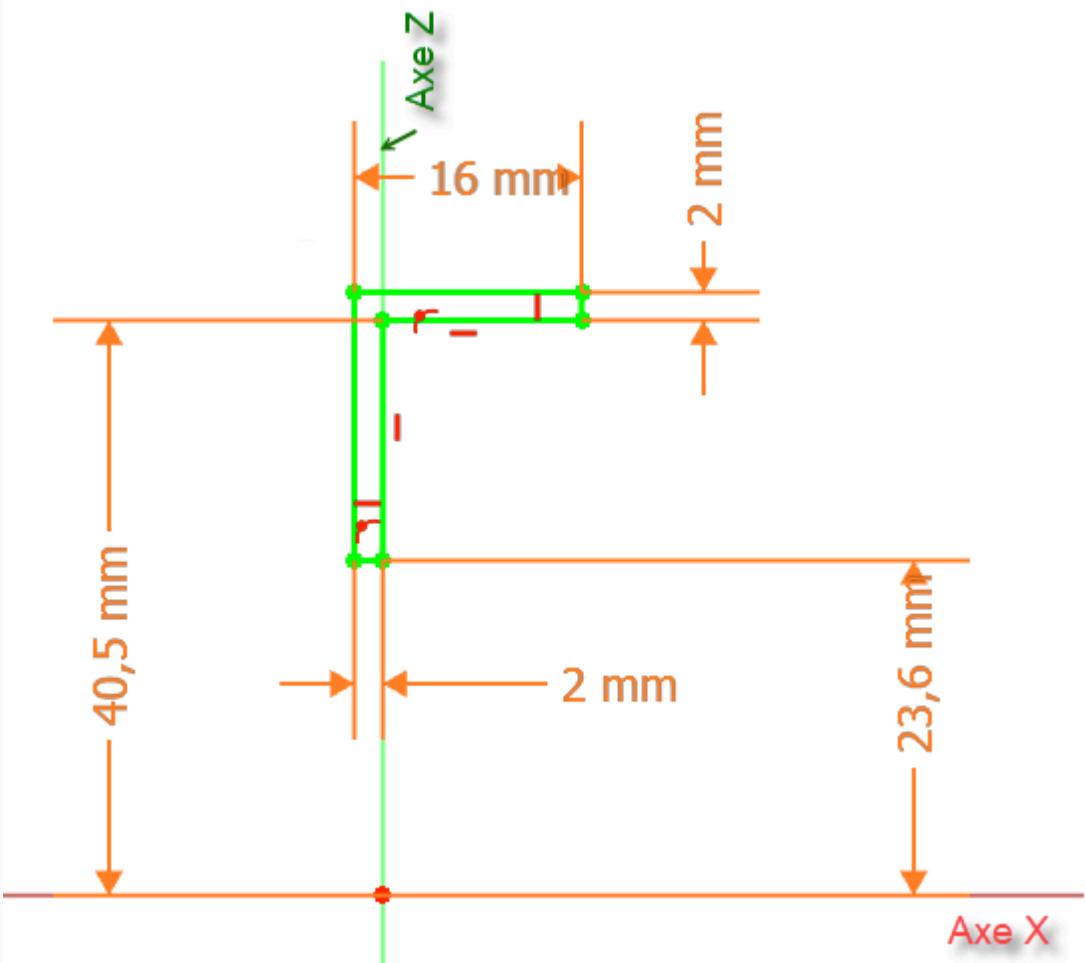
7.4.2. Création du couvercle



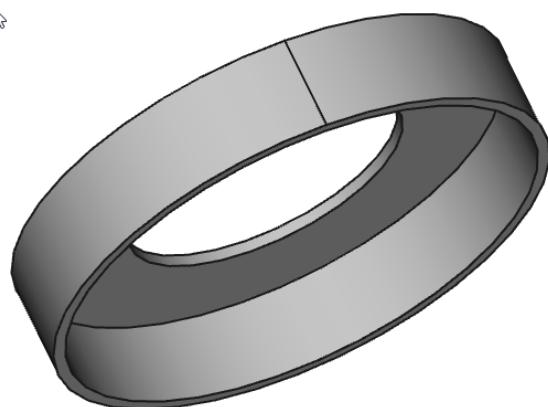
Nous allons modéliser la partie qui se visse sur l'emballage :

Tâches à réaliser

- Dans la vue combinée, masquer le cône à l'aide de la **barre d'espace** ;
- Créer un nouveau corps que vous renomerez **Couvercle** (clic droit puis renommer) ;
- Créer l'esquisse ci-dessous dans le plan XZ en utilisant les alias de la feuille Dim pour définir les contraintes dimensionnelles ;

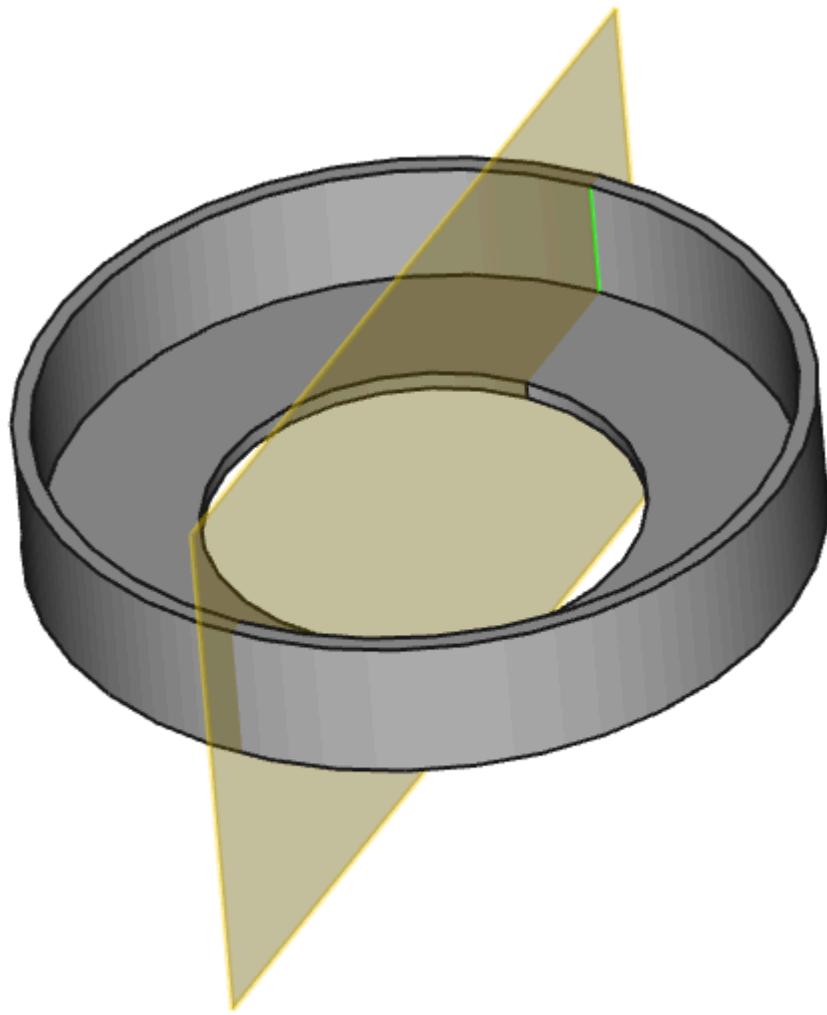


- Créer une révolution autour de l'axe X ;

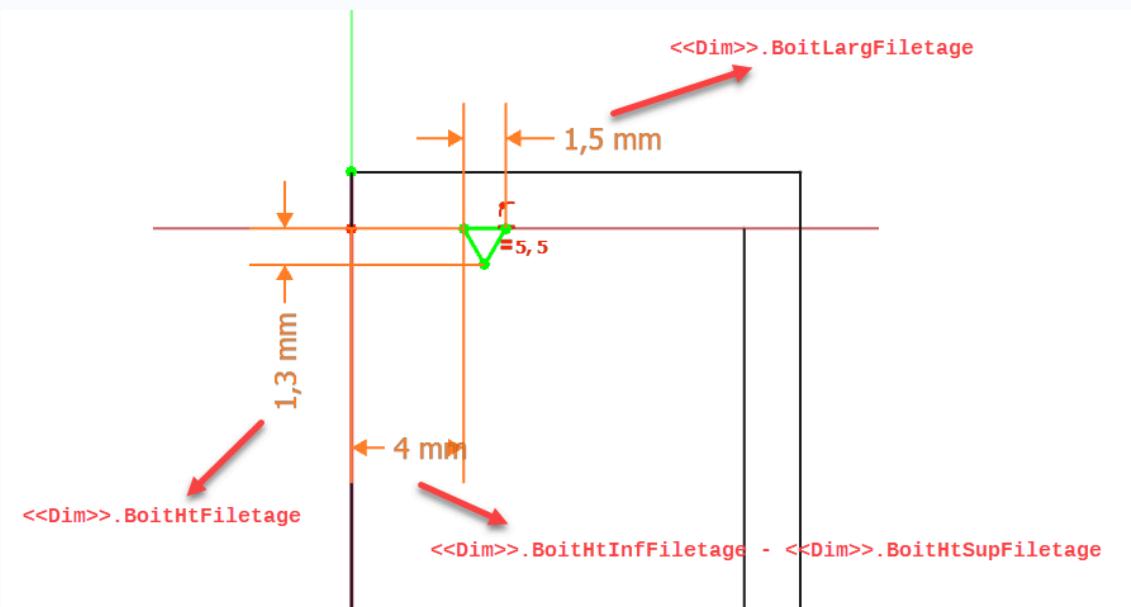


Tâches à réaliser

- Sélectionner la génératrice intérieure du couvercle et créer un plan de référence avec une rotation de 90° autour de l'axe Y pour le rendre médian ;



- Basculer en affichage filaire et créer l'esquisse ci-dessous dans ce plan de référence :

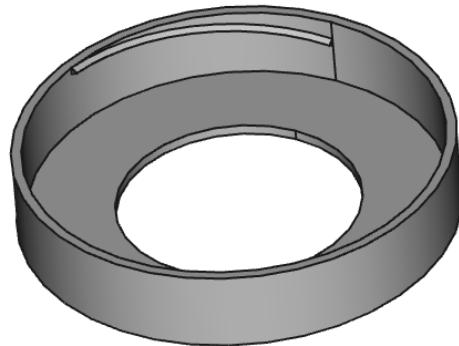


- Masquer le plan de référence dans la vue combinée pour mieux visualiser votre esquisse ;

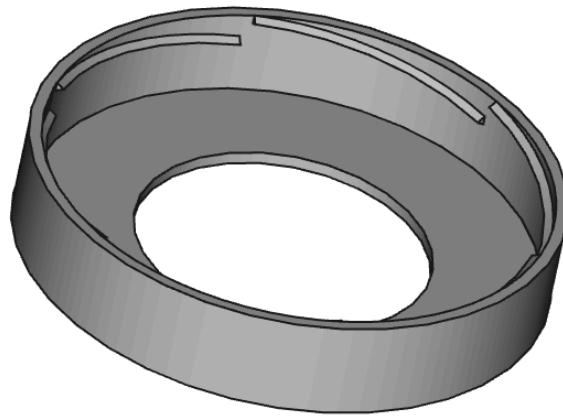
▼ Tâches à réaliser

- Revenir en affichage Filaire ombrée  ;
- Sélectionner la dernière esquisse et créer une hélice  avec les paramètres suivants :

Axe	Axe X	
Mode	Hauteur - Tours - Angles	
Hauteur	$<<Dim>>.BoitHtInfFiletage$	4 mm
	-	
	$<<Dim>>.BoitHtSupFiletage$	
Tours	$1/<<Dim>>.BoitNbFiletage$	0.17
Angle du cône	0°	



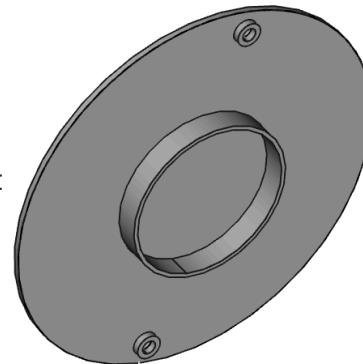
- Sélectionner l'hélice et créer une répétition circulaire  : autour de l'axe X, 6 occurrences sur 360° ;



7.4.2.1. Capture vidéo



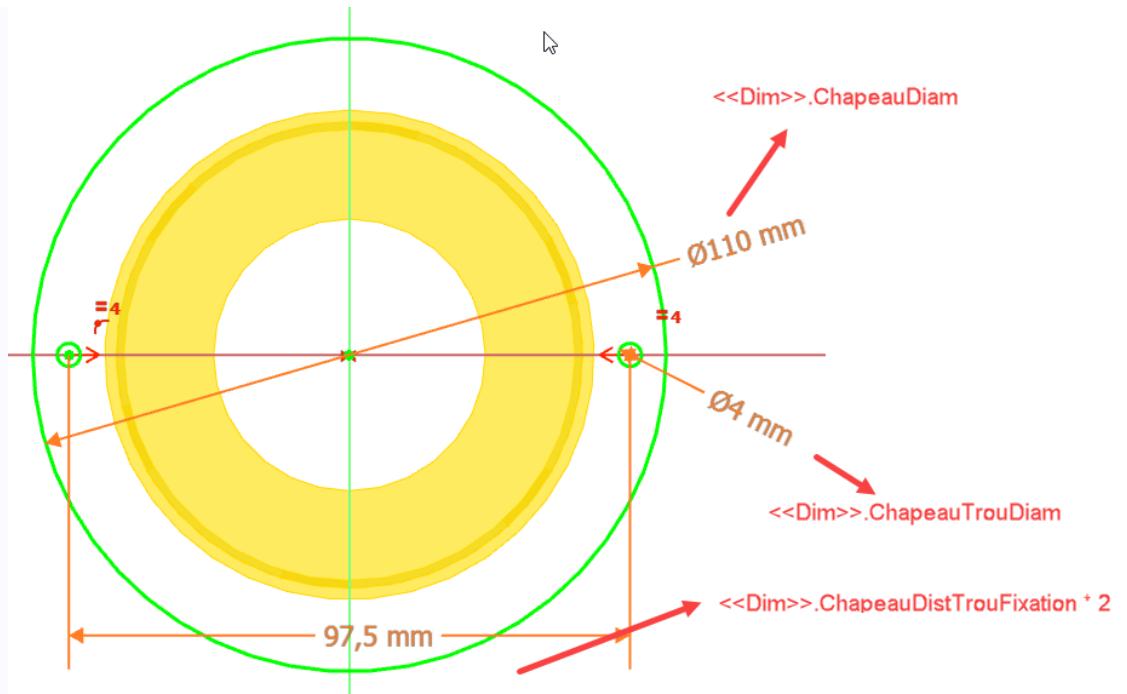
7.4.3. Crédit de la modélisation



Nous allons maintenant modéliser le chapeau du piège :

Tâches à réaliser

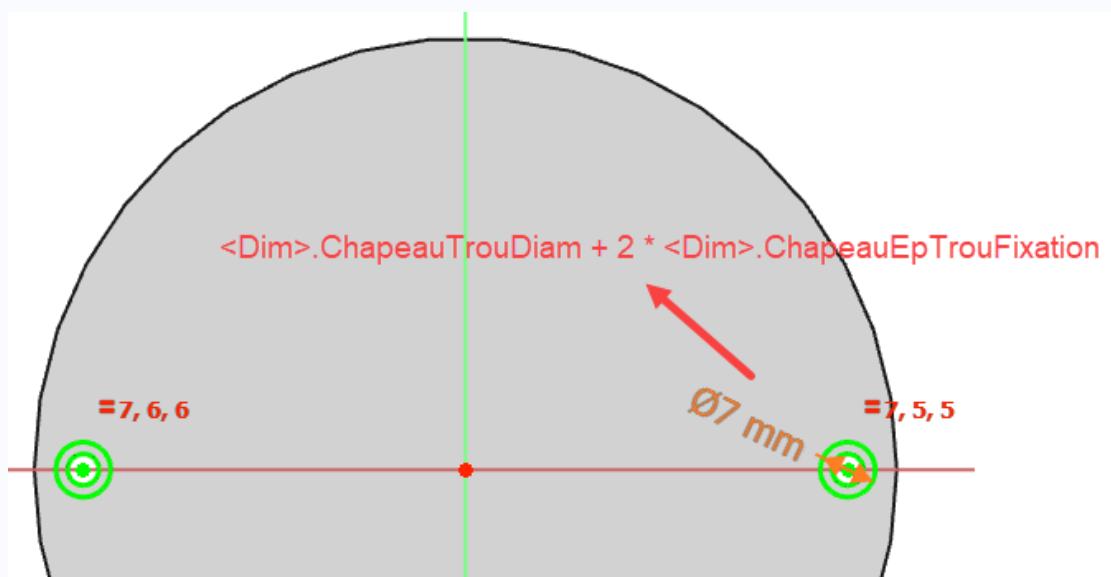
- Créer un nouveau corps  que vous renomerez  Chapeau ;
- Créer une forme liée  du  Couvercle , puis masquer le couvercle ;
- Sélectionner la face plate de la forme liée et créer un plan de référence  ;
- Décaler ce plan de référence sur l'axe Z de la distance  `<<Dim>>.CouvDistChapeau` ;
- Créer l'esquisse  ci-dessous attachée à ce plan de référence ;



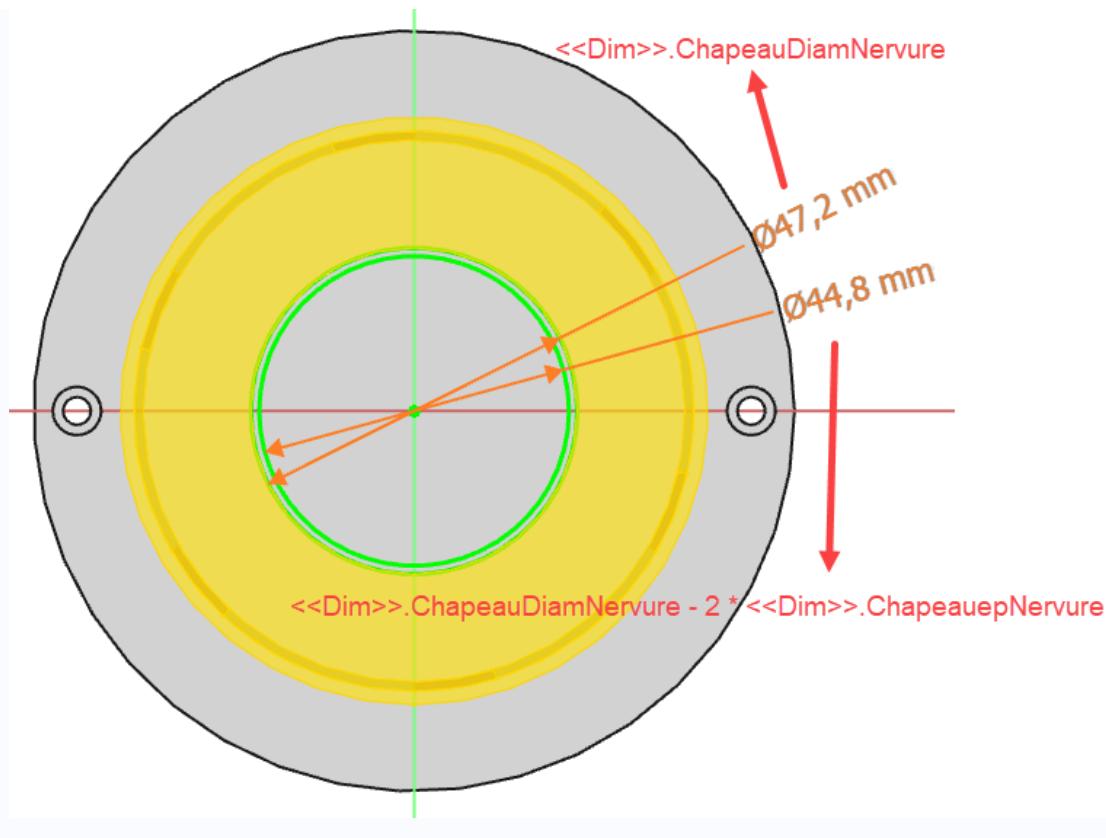
- Créer une protrusion d'épaisseur (I) Dim.ChapeauEp ;

Tâches à réaliser

- Créer l'esquisse ci-dessous en sous-face du chapeau puis une protrusion d'épaisseur (I) <Dim>.ChapeauHtTrouFixation pour créer les renforts des trous de fixation ;



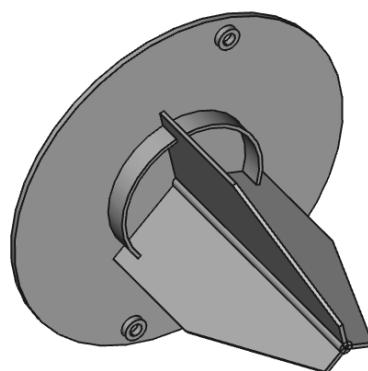
- Créer l'esquisse ci-dessous en sous-face du chapeau puis une protrusion d'épaisseur (I) <Dim>.ChapHtNervure pour créer la nervure ;



7.4.3.1. Capture vidéo



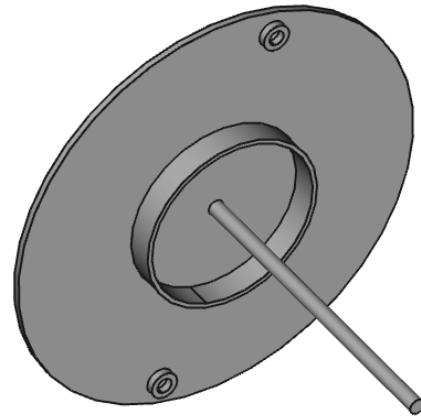
7.4.4. Création des ailes



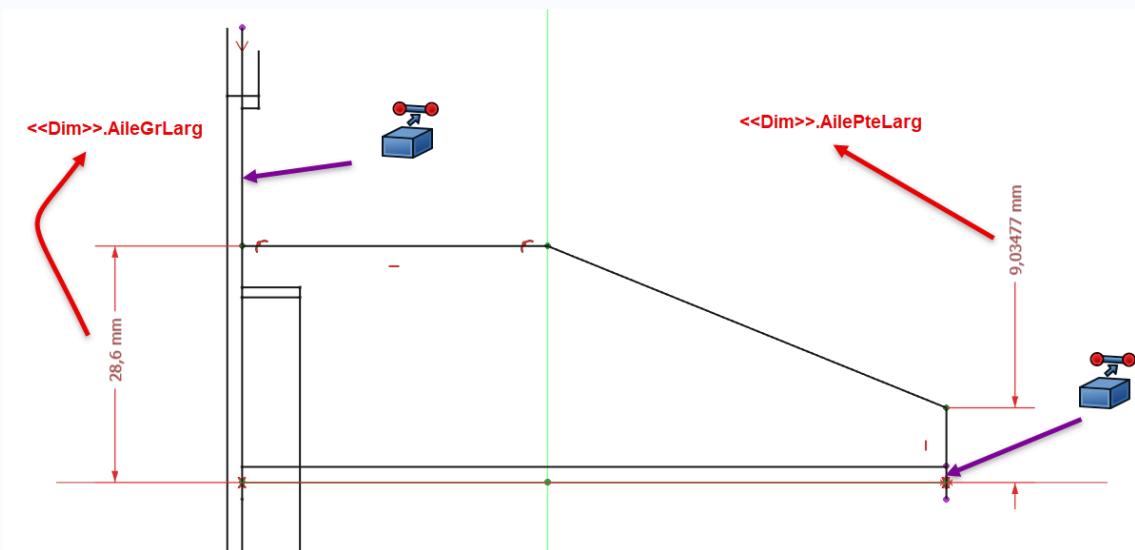
Nous allons maintenant ajouter les ailes au chapeau :

▼ Tâches à réaliser

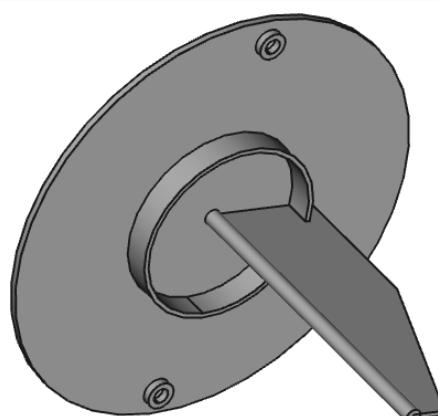
- Créer le cylindre de liaison de diamètre DiamLiaisonAile et de longueur $\text{CouvDistChapeau} + \text{CouvEp} + \text{AileHt}$ à l'aide d'une esquisse  et d'une protrusion  ;



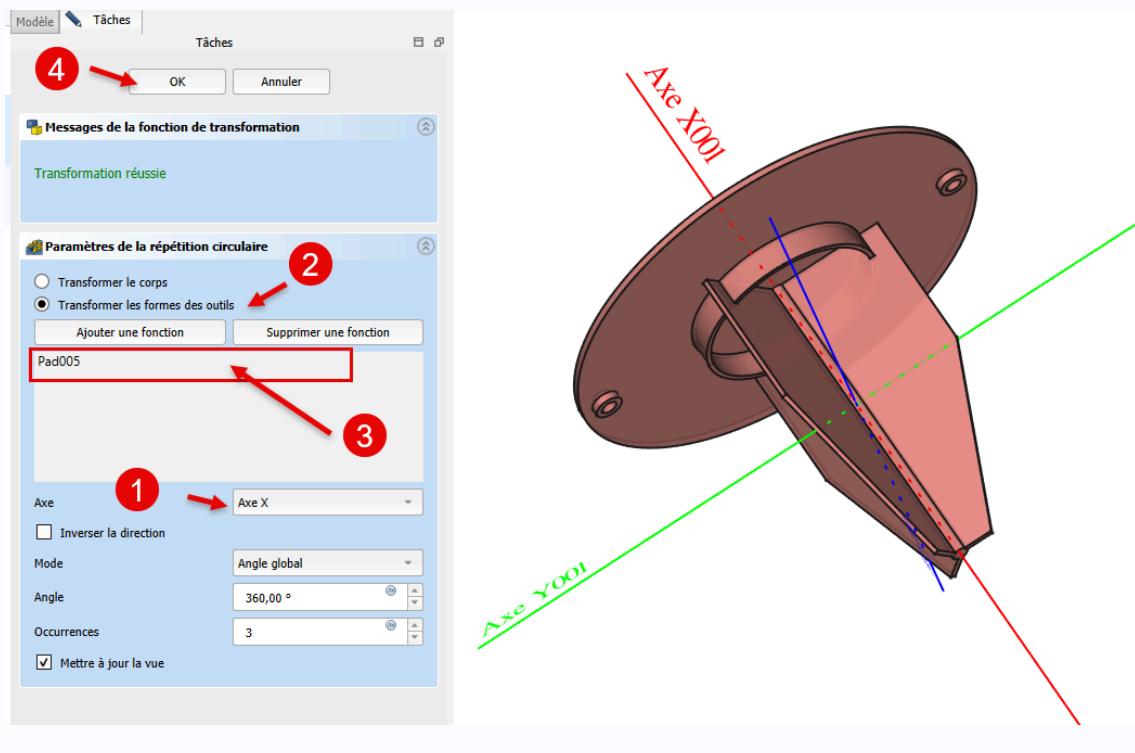
- Basculer en affichage filaire  et créer l'esquisse  ci-dessous dans le plan XY ;



- Revenir en affichage filaire ombré  et créer une protrusion  symétrique d'épaisseur AileEp ;



- Créer une répétition circulaire  autour de l'axe X de 3 occurrences sur 360°

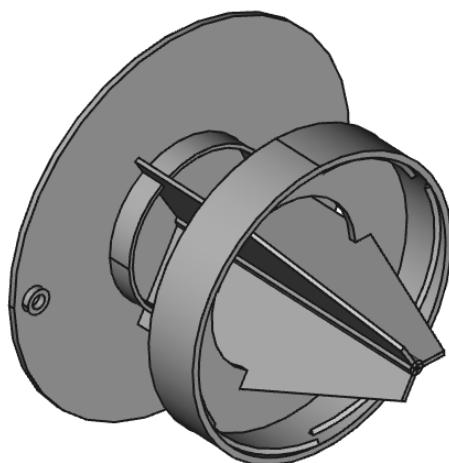


7.4.4.1. Capture vidéo



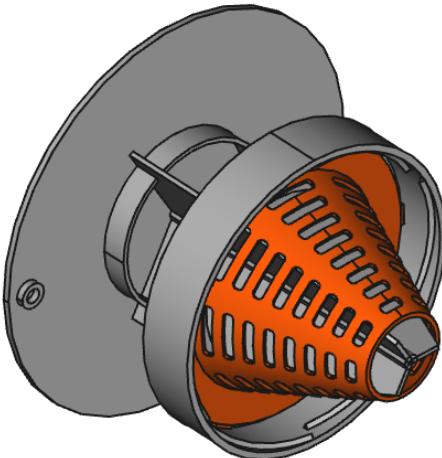
7.4.5. Fusion du chapeau et du couvercle

Nous allons maintenant fusionner le couvercle et le chapeau :



▼ Tâches à réaliser

- Dans la vue combinée, afficher le couvercle ;
- Si nécessaire, activer le chapeau ;
- Sélectionner la commande Opérateur booléen  et ajouter le couvercle ;
- Afficher le cône pour visualiser le piège à frelons complet ;



7.4.5.1. ▶ Capture vidéo





8. Spreadsheet

Atelier Spreadsheet

≈ Atelier Tableur

Permet de créer et d'éditer des feuilles de calcul dans un document FreeCAD. Il sera alors possible :

- **d'utiliser des données de la feuille de calcul pour définir un modèle** : lorsque les valeurs sont modifiées dans la feuille de calcul, le modèle sera mis à jour ;

ou bien

- **de compléter la feuille de calcul avec des données extraites d'un modèle**, de réaliser des calculs et d'exporter ces données vers d'autres applications (LibreOffice Calc, Microsoft Excel...) ;

Exemple

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Disque								
2	Diamètre	78,70 mm					Alias : DisqDiam		
3	Largeur	10,00	DisqDiam						
4	Épaisseur	1,70 mm							
5	Cône								
6	Hauter totale	45,50 mm							
7	Épaisseur	1,20 mm							
8	Petit Diametre ...	22,00 mm							
9	Ergot								
10	Longueur	5,70 mm							
11	Hauteur	0,95 mm							
12									
13									
14									

Feuille de calcul

Contenu des cellules

- Une cellule peut contenir du texte arbitraire, un nombre ou une expression qui doit commencer par un signe égal '='.
- Les expressions peuvent contenir des nombres, des fonctions, des références à d'autres cellules et des références à des propriétés du modèle ;
- Le séparateur décimal est toujours un point. Mais les virgules peuvent également être utilisées lors de la saisie des valeurs.

Alias

Les cellules sont référencées par leur colonne (lettre CAPITALE) et leur rangée (nombre), par exemple exemple B2 mais il est possible de définir un **alias** pour une cellule qui pourra être utilisé dans les formules de cellule et aussi dans les expressions générales ;

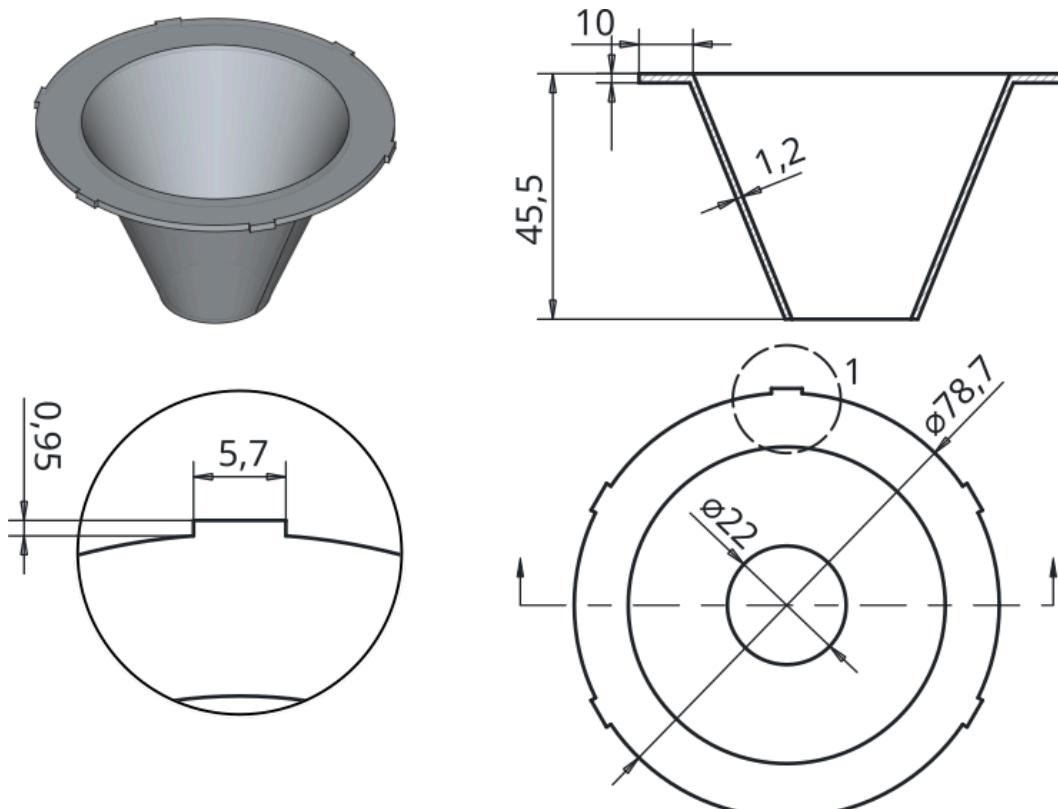
Unités

Le tableur intègre une notion de dimension (unités) associée aux valeurs de cellule. Un nombre entré sans unité associée n'a pas de dimension. L'unité doit être entrée immédiatement après la valeur numérique, sans espace intermédiaire.

cf https://wiki.freecadweb.org/Spreadsheet_Workbench/fr

8.1. TP 8-1

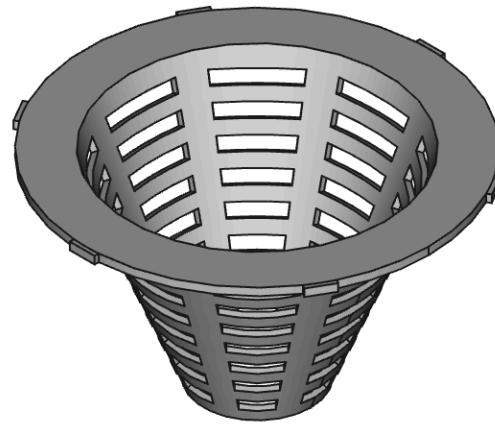
Nous allons modéliser le solide suivant (cf. [TP8-1-Plan](#)) en utilisant une feuille de calcul contenant toutes les dimensions du modèle.



Plan TP 8-1

Complément

Ce modèle sera complété au chapitre Draft  TP 9-3 pour devenir la 1^{ère} pièce d'un piège à guêpes et frelons.



Objectifs

- Utiliser et exploiter l'atelier Spreadsheet pour définir un modèle et récupérer des données d'un modèle ;
- Utiliser des alias d'une feuille de calcul pour saisir des contraintes dimensionnelles ;
- Récupérer des références d'un modèle dans une feuille de calcul ;

Tâches à réaliser

- Créer un nouveau document TP8-1 dans FreeCAD ;

8.1.1. Création de la feuille de calcul

Tâches à réaliser

- Sélectionner l'atelier Spreadsheet et créer une nouvelle feuille de calcul que vous renomerez Dim ;
- Saisir les données ci-dessous dans les colonnes A & B :

	A	B
1	Disque	
2	Diamètre	78,7 mm
3	Largeur	10 mm
4	Epaisseur	1,7 mm
5	Cône	
6	Hauteur	45,5 mm
7	Epaisseur	1,2 mm
8	Diamètre int. Inférieur	22 mm
9	Ergot	
10	Longueur ergot	5,7 mm
11	Hauteur ergot	0,95 mm

- Pour chaque cellule contenant une dimension, ajouter un alias en respectant le tableau ci-dessous :

	A	B	
1	Disque		DisqDiam
2	Diamètre	78,70 mm	DisqLarg
3	Largeur	10,00 mm	DisqEp
4	Épaisseur	1,70 mm	
5	Cône		ConeHt
6	Hauteur totale	45,50 mm	ConeEp
7	Épaisseur	1,20 mm	ConeDiamInt
8	Petit Diamètre ...	22,00 mm	
9	Ergot		ErgotLong
10	Longueur	5,70 mm	ErgotHaut
11	Hauteur	0,95 mm	
			Alias

- Enregistrer votre document ;



Pour saisir un alias :

- Sélectionner la cellule ;
 - En haut à droite, saisir le nom de l'alias ;
 - Valider à l'aide de la touche **Entrée** ;
- Le fond de la cellule doit se colorer.

8.1.2. 1ère esquisse & révolution

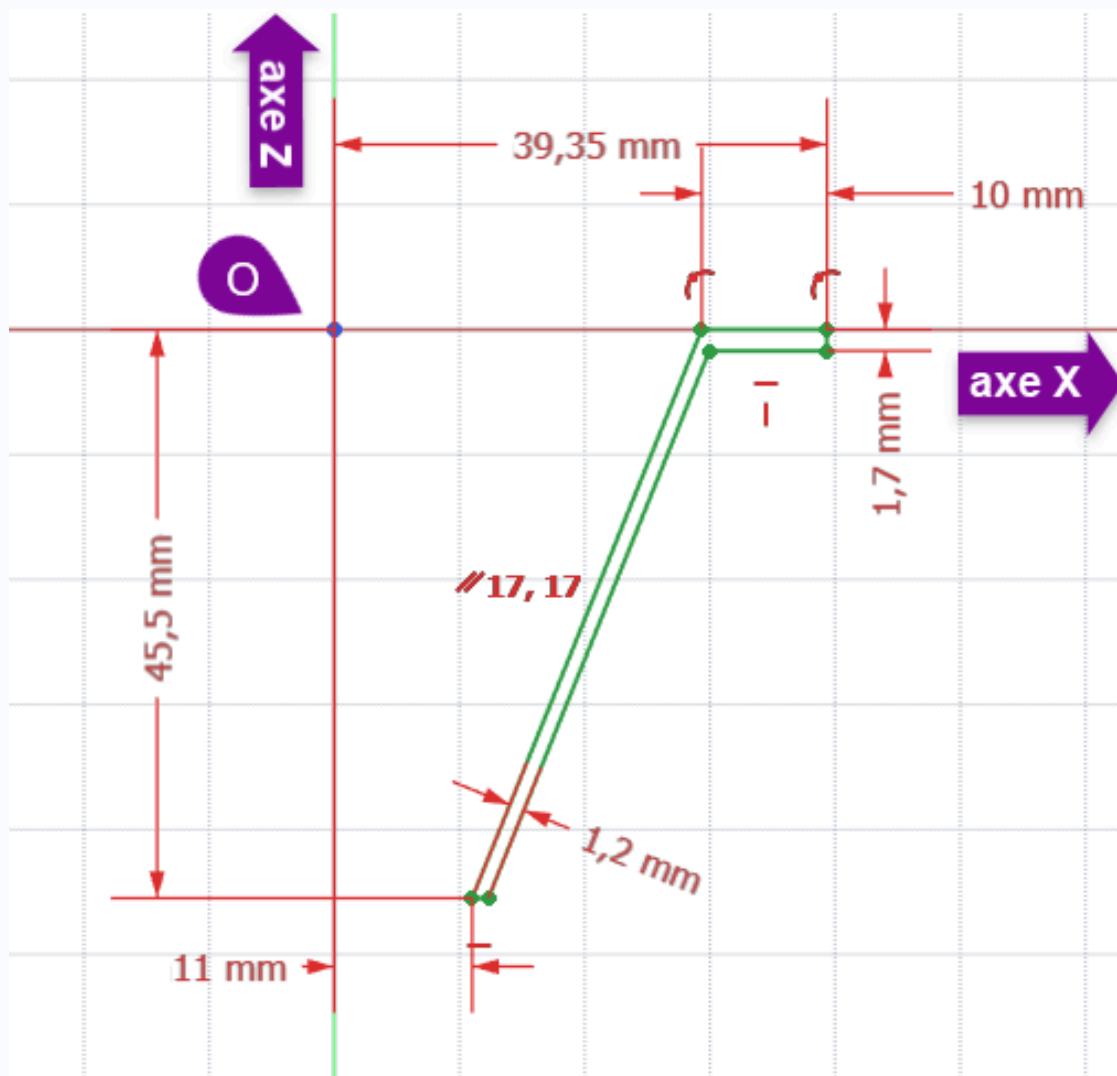


Tâches à réaliser

- Sélectionner l'atelier **Part Design**, créer un nouveau corps et une nouvelle esquisse dans le plan XZ ;

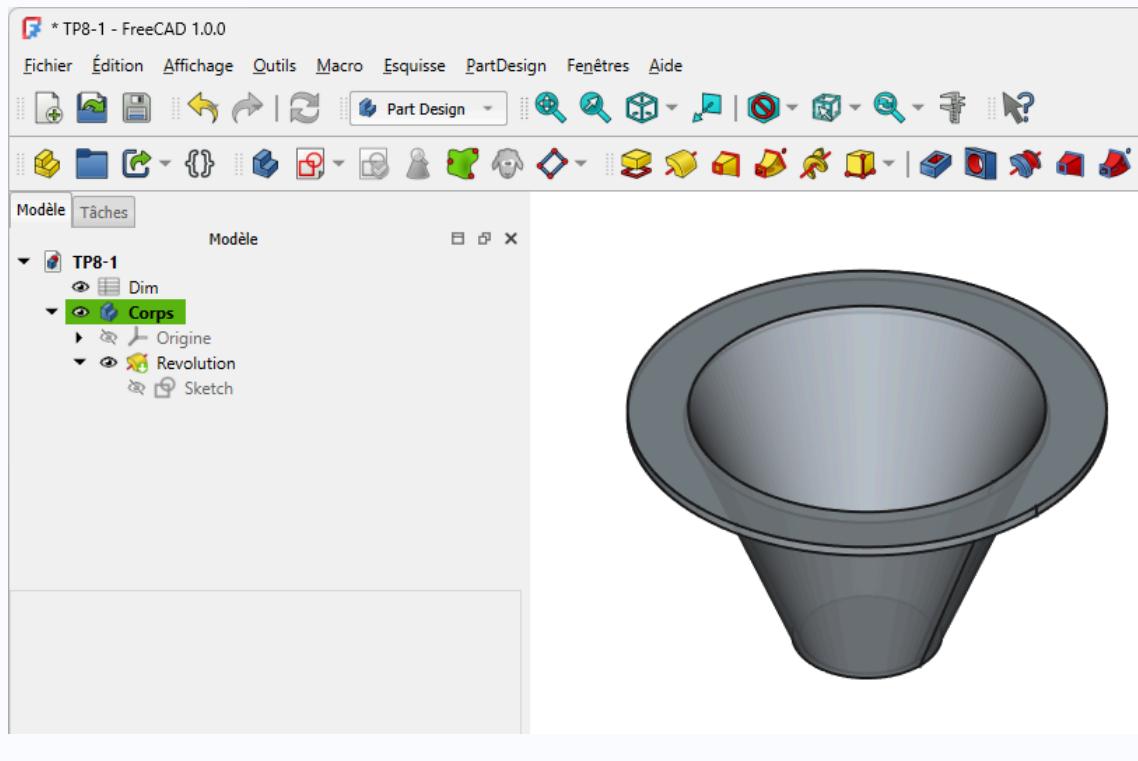


- Créer l'esquisse ci-dessous à l'aide d'une polyligne  et saisir les contraintes via les alias de la feuille de calcul :





- Créer une révolution  autour de l'axe vertical :



Aide

- Les lignes inclinées (génératrices du cône) sont parallèles  ;
- Pour saisir une valeur provenant de la feuille de calcul, vous pouvez :

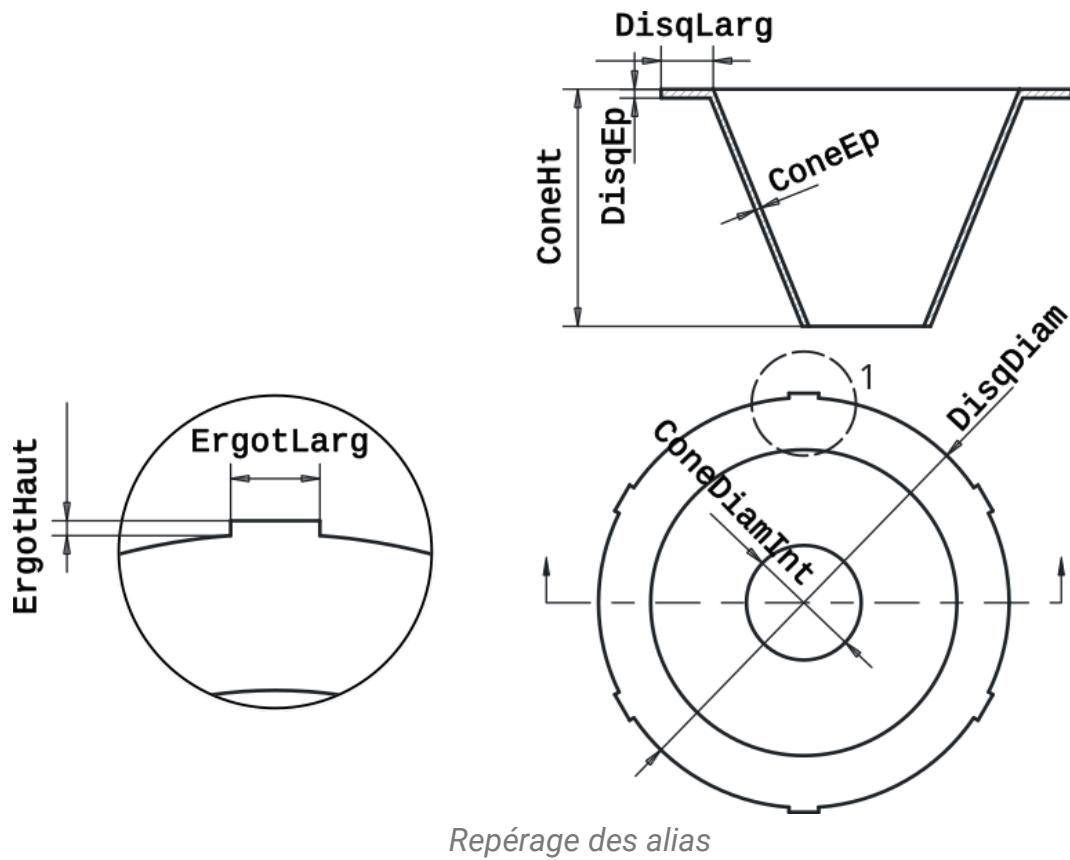
- soit cliquer sur le bouton 
- soit appuyer sur la touche =,

puis utiliser l' **auto-complétion automatique** de FreeCAD, par exemple :

- saisir  : FreeCAD vous propose une liste contenant <<Dim>> : Sélectionner le à l'aide des flèches du curseur ;
- puis saisir les 3 premiers caractères de l'alias par exemple  : FreeCAD affiche la liste des alias qui commence par Dis : sélectionner l'alias souhaité à l'aide des flèches du curseur ;



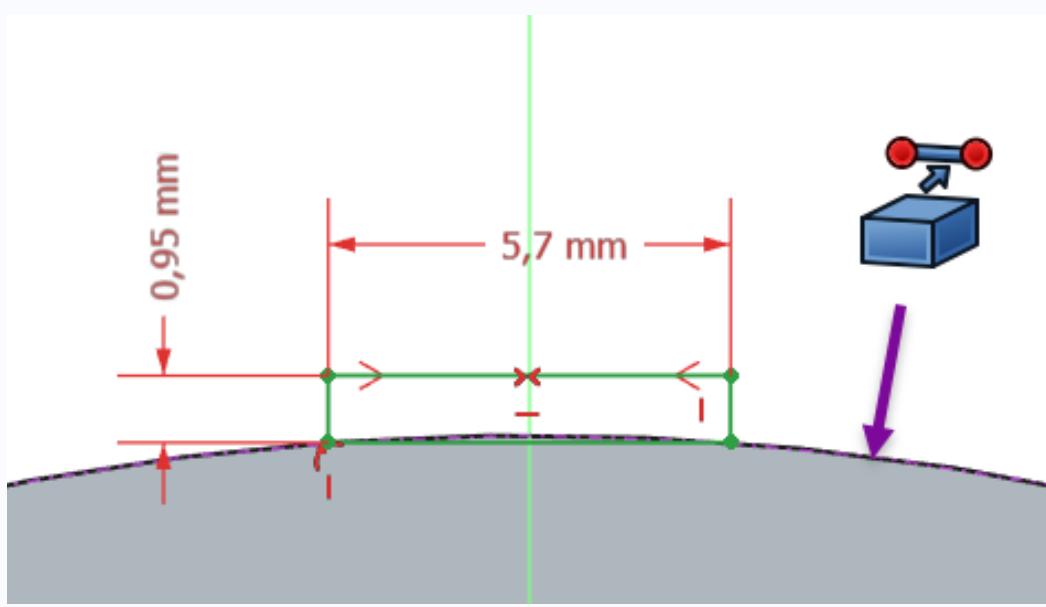
💡 Correspondance entre les données de la feuille et les dimensions du modèle



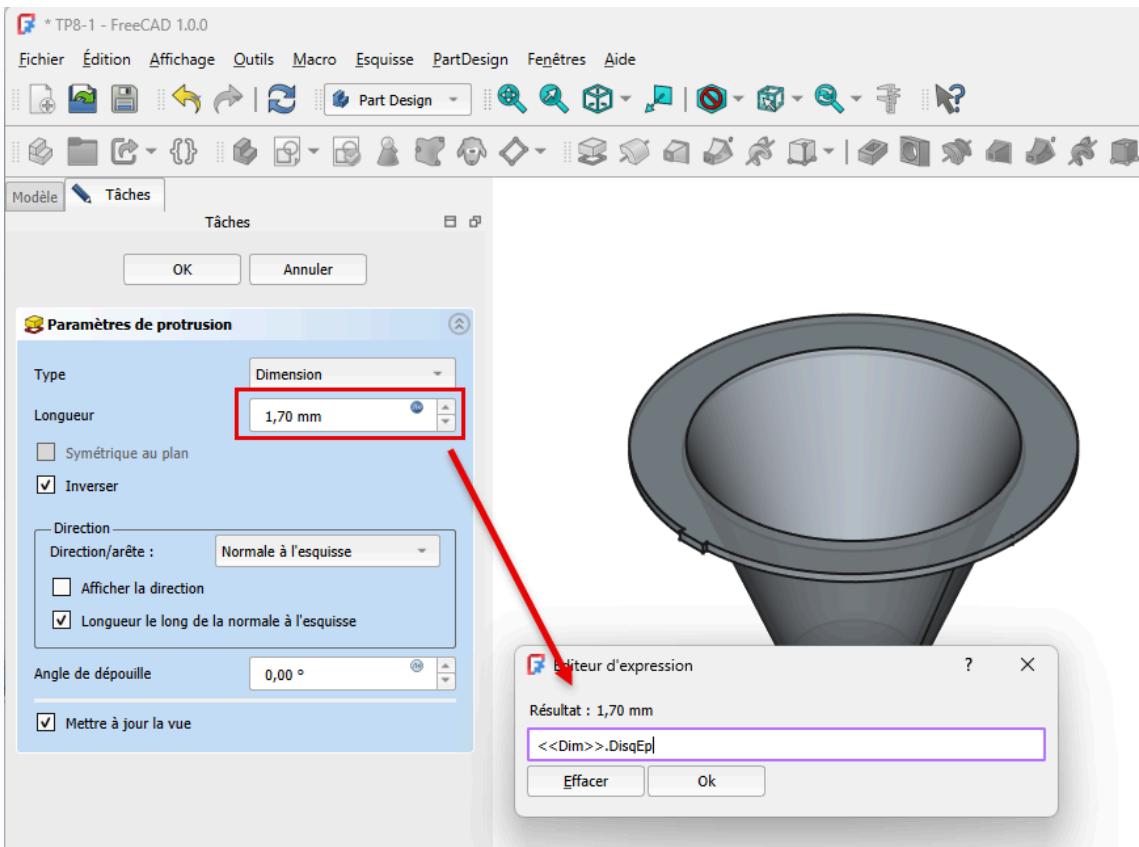
8.1.3. Créations des Ergots

🕒 Tâches à réaliser

- Sélectionner la face de dessus et créer l'esquisse ci-dessous constituée d'un rectangle  en utilisant les alias pour définir les deux contraintes dimensionnelles ;

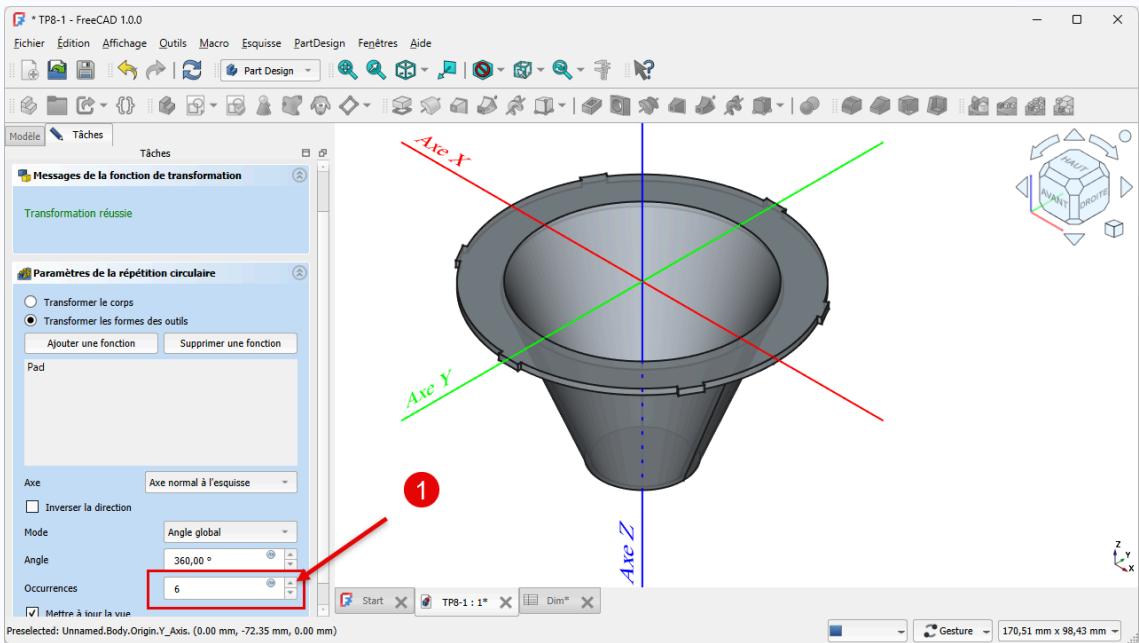


- Créer une protrusion inversée et d'épaisseur l'alias DisqEp ;



Protrusion de l'ergot

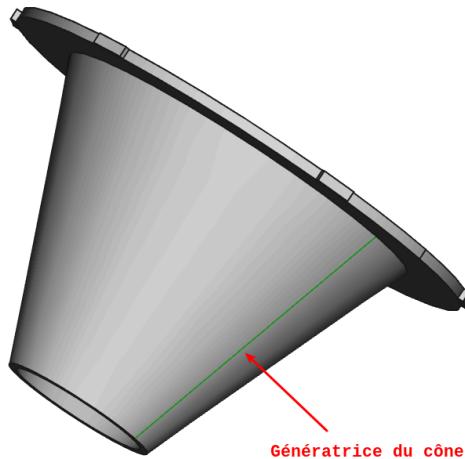
- Créer une répétition circulaire de 6 éléments ;





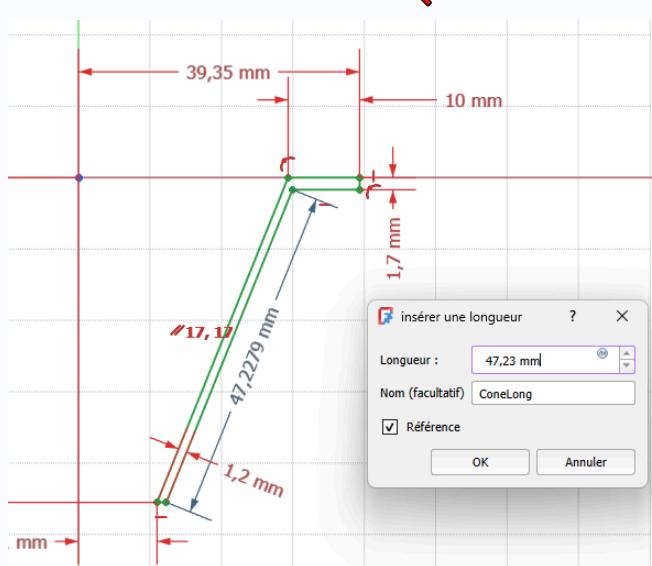
8.1.4. Récupérer une dimension

Nous allons récupérer la longueur de la génératrice du cône :

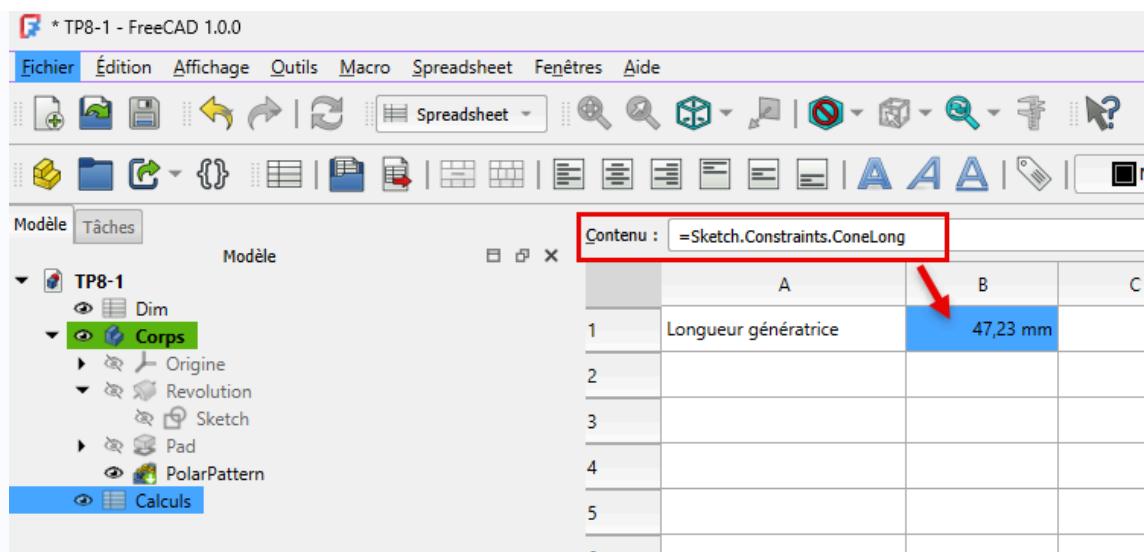


Tâches à réaliser

- Ajouter une seconde feuille de calcul au document TP8-1 que vous renomerez Calculs ;
- Ouvrir l'esquisse Sketch utilisée pour créer la révolution ;
- Sélectionner la ligne correspondant à la génératrice extérieure du cône et créer une référence que vous nommerez ConeLong à l'aide d'une contrainte ;

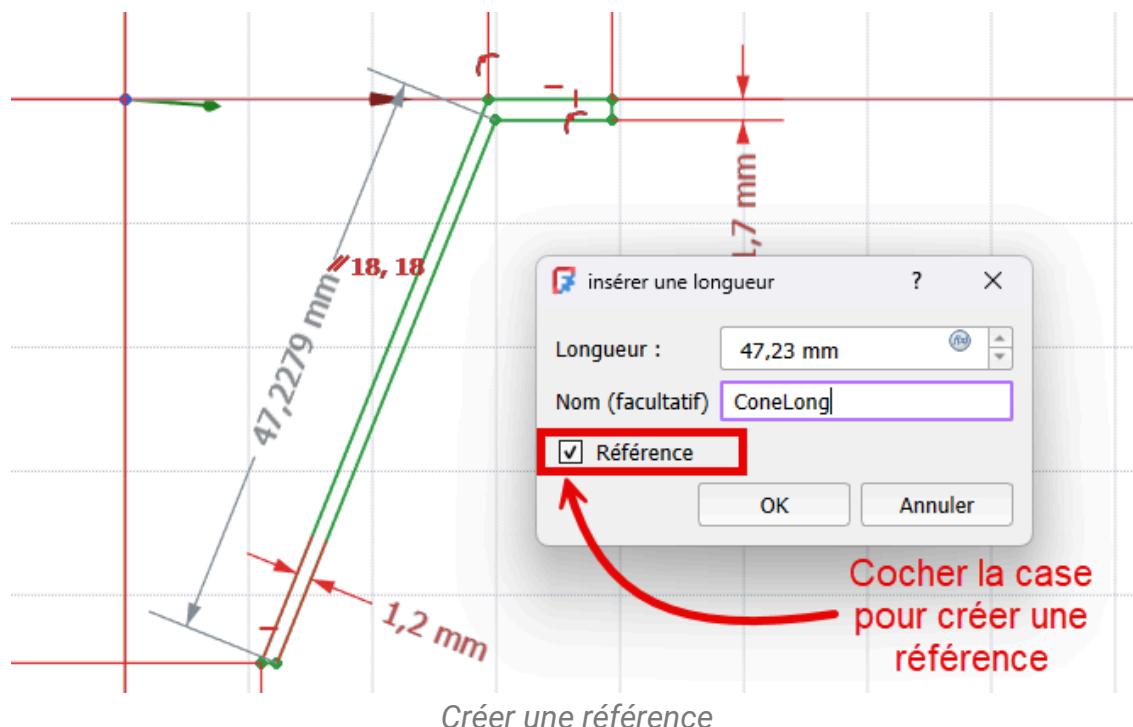


- Afficher la feuille Calculs ;
- Saisir en A1 : Longueur génératrice et en B1 la référence =Sketch.Constraints.ConeLong ;



💡 Pour saisir une référence et éviter une sur-contrainte :

Il faut cocher la case référence :



⌚ Pourquoi créer une seconde feuille de calcul ?

Dans un document FreeCAD, si vous utilisez une feuille de calcul pour définir les propriétés géométriques d'un solide, cette feuille ne pourra pas récupérer des informations de ce même solide, il faut créer une seconde feuille de calcul.



8.1.5. Modification du modèle

☒ Tâches à réaliser

- Modifier une dimension dans la feuille **Feuille** ;
- Vérifier que le modèle 3D est mis à jour ;
- Vérifier que la longueur de la génératrice du cône est mise à jour ;
- Dans la feuille **Calculs**, récupérer le volume du modèle à l'aide de l'expression :
`=PolarPattern.Shape.Volume`

⌚ Ne pas casser le modèle

Attention à ne pas modifier les dimensions de manière exagérée sous peine de casser le modèle...

8.1.6. ⚡ Capture vidéo



9. Atelier Draft

Atelier Draft

≈ Brouillon - Préparation

L'atelier Draft  est un atelier de dessin 2D qui propose des fonctions similaires à Inkscape, notamment :

- la création d'objets graphiques : lignes, arc, courbe de Béziers, chaînes de texte,..
- des outils de modifications : déplacement, copie, clonage, échelle, étirement, réseaux (orthogonal, polaire,...),
- etc.



Intérêt de l'atelier Draft par rapport à l'atelier Sketcher

Il existe une commande Draft vers Esquisse  qui convertit les objets Draft en esquisse Sketcher et vice versa.

- Il est donc possible de préparer un dessin dans l'atelier Draft,
- puis de le récupérer dans l'atelier Part Design sous la forme d'une esquisse, voire de le compléter dans l'atelier Sketcher ;



Méthodologie de travail dans l'atelier Draft

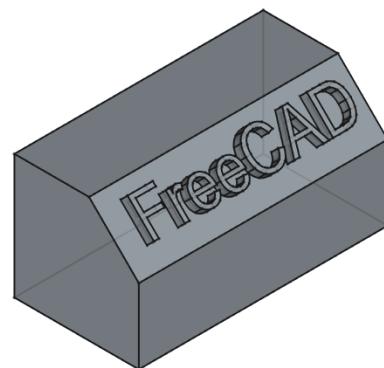
1. Dans un premier temps, il faut choisir un plan de travail qui peut être n'importe quel plan de l'espace ;
2. Dans ce plan de travail, on crée des objets : ligne, cercle, chaîne de texte... qu'on positionne dans le plan :
 - soit à l'aide de coordonnées globales ou relatives saisies au clavier ;
 - soit à l'aide de l'aimantation (extrémité, intersection, centre...) par rapport à une grille ou à des objets existants ;
3. On complète / modifie le dessin à l'aide des commandes de modifications ;
4. On crée enfin une esquisse ou une agrégation d'objets qui pourront être utilisées dans l'atelier Part Design ;

cf https://wiki.freecadweb.org/Draft_Workbench/fr



9.1. Forme à partir d'un texte S

Nous allons modéliser le solide suivant :



Complément

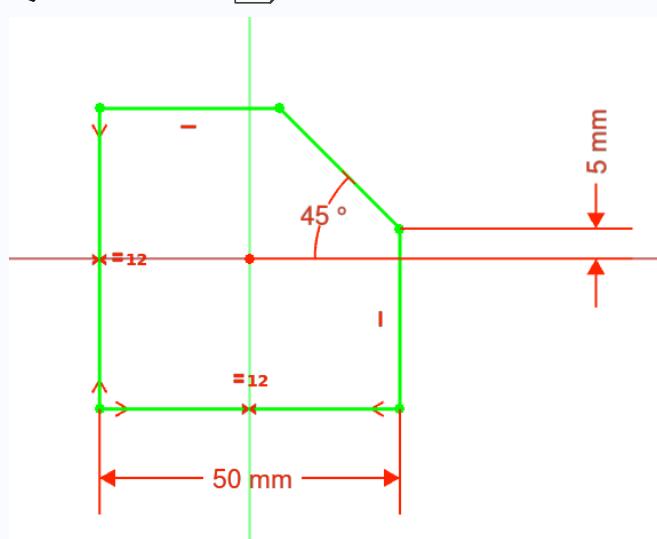
Il s'agit d'une mise à jour du tutoriel https://wiki.freecadweb.org/Draft_ShapeString_tutorial/fr

Objectifs

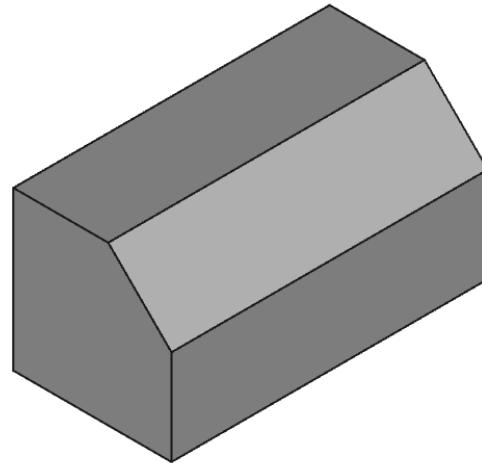
- Utiliser l'atelier Draft ;
- Utiliser les commandes Forme à partir de texte^W et Draft Vers Esquisse^W ;
- Utiliser la commande Ancrer une esquisse^W dans l'atelier Sketcher
- Gérer des polices de caractères dans FreeCAD ;

Travail préparatoire

- Créer un nouveau document TP9-1 dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau corps et l'esquisse ci-dessous dans le plan ZX ;



- Créer une protrusion de 100 mm symétrique ;



9.1.1. Utiliser des polices de caractères dans FreeCAD

Attention

Contrairement aux applications comme Inkscape ou LibreOffice, FreeCAD ne retrouve pas automatiquement les polices installées sur votre ordinateur.

Pour créer des formes 3D à partir d'une chaîne de caractères, par exemple à l'aide de la commande **S**, vous devez indiquer à FreeCAD l'emplacement du fichier de la police de caractères à utiliser.

Emplacement des polices de caractères

Le tableau ci-dessous indique l'emplacement des polices de caractères suivant le système d'exploitation :

	Emplacement des polices de caractères	Remarque
	C :\Windows\Fonts	Dossier caché par défaut
	Système/Bibliothèque/Fonts/ (/System/Library/Fonts)	
	/usr/share/fonts/truetype	

Truc & astuce

L'emplacement des polices n'étant pas facile à atteindre depuis FreeCAD, le plus simple est donc :

- de créer dans son espace personnel un dossier **_Polices** ;
- d'y copier les fichiers des polices que vous souhaitez utiliser.

On peut aussi télécharger sur le web des polices de caractères, par exemple à cette adresse
<https://fonts.google.com/>



⚠️ Attention au choix de la police !

Il s'agit ici de modéliser un solide en 3D à partir d'une chaîne de texte : ne pas choisir une police trop compliquée qui pourrait poser des problèmes à FreeCAD lors d'une protrusion ou d'une cavité.

Par ailleurs, toutes les polices ne pourront pas utilisées dans une protrusion ou une cavité à cause d'un contour non fermé ;

9.1.2. Choisir une police de caractères

🔗 Objectifs

- Retrouver rapidement et utiliser une police de caractères dans FreeCAD ;

☰ Tâches à réaliser

- Créer une dossier _Polices dans votre espace personnel ;
- Télécharger sur votre ordinateur le fichier zip : [PoliceArial.zip](#) : ce fichier contient la police arial.ttf ;
- Extraire le contenu du fichier zip dans votre dossier _Polices ;

🕒 Police Arial

Vous pouvez aussi retrouver cette police dans le dossier Fonts de votre ordinateur ;

9.1.3. Créer une esquisse contenant une forme à partir de texte

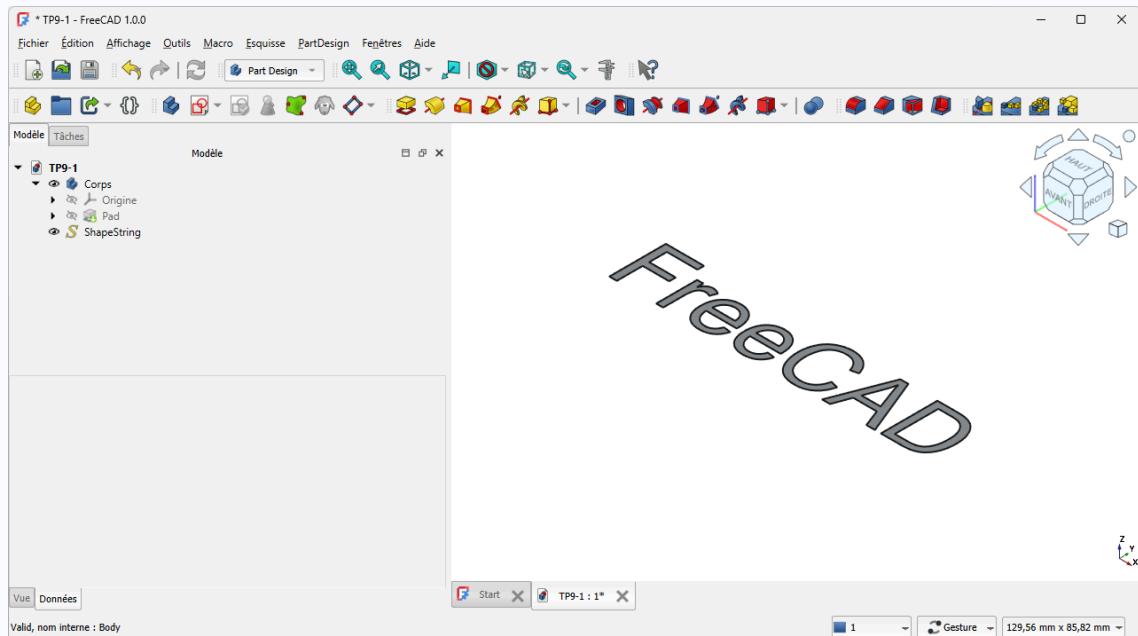
☰ Tâches à réaliser

- Sélectionner l'atelier Draft ;
- Choisir le plan de travail Haut ;
- Sélectionner la commande S et compléter le formulaire comme ci-dessous :





- Sélectionner la commande  pour créer une nouvelle esquisse ;
- Masquer la grille de Draft en cliquant sur le bouton  puis revenir à l'atelier  Part Design ;



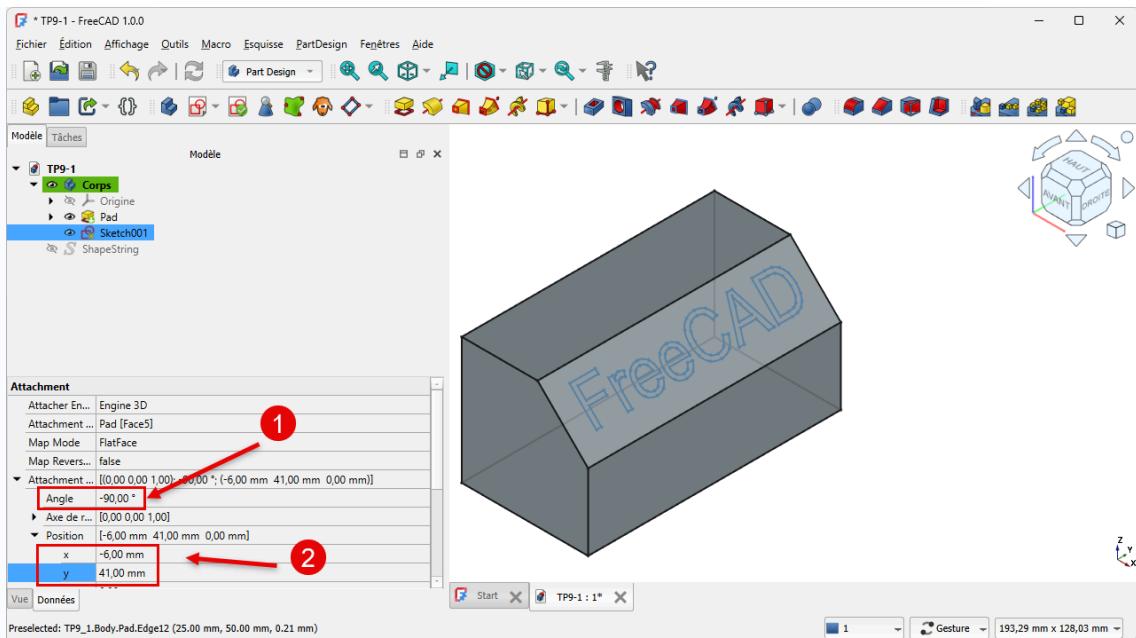
Aide

- Pour mieux voir la forme de texte, masquer le  Pad à l'aide de la barre d'espace dans la vue Modèle ;

9.1.4. Créez la proéusion

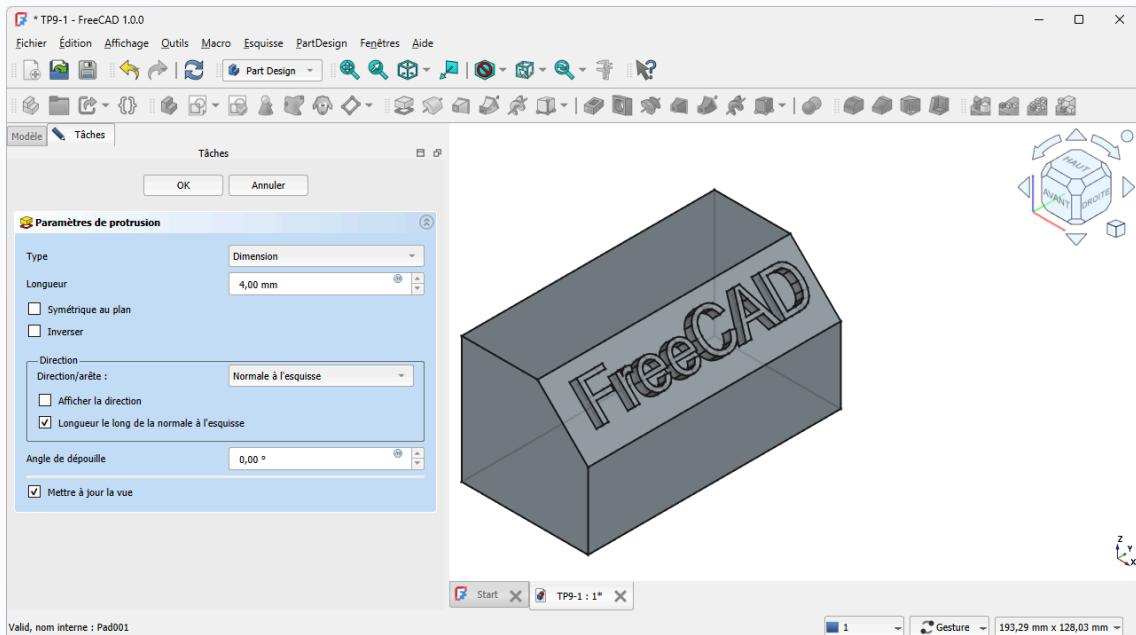
Tâches à réaliser

- Déplacer l'esquisse  dans  Corps, masquer  et ré-afficher  ;
- Sélectionner le plan incliné et cliquer sur la commande  ;
- Sélectionner l'esquisse  et le mode  ;
- Faire pivoter et centrer le mot FreeCAD en jouant sur l'attachement de l'esquisse ;



Attachement de l'esquisse

- Créer une protrusion de 4 mm ;



Protrusion

9.1.5. Capture vidéo





9.2. Import Inkscape

Objectifs du chapitre

Pourquoi vouloir importer des documents depuis Inkscape dans FreeCAD ?

1. Lors de la réalisation du TP 9-1^[p.210], nous avons modélisé du texte en 3D en utilisant la commande ShapeString de l'atelier Draft : les possibilités restent, malgré tout, assez limitées : Inkscape va nous permettre de réaliser des modélisations de texte en 3D plus créatives ;
2. On trouve sur le web un très grand nombre d'images, dessins, cliparts à télécharger. Inkscape va nous permettre de les exploiter dans FreeCAD, par exemple pour une impression 3D ou un fraisage numérique à l'aide d'une CNC^[p.335] ;

Quelques bibliothèques de cliparts au format SVG sur le web

<https://openclipart.org/>

<https://publicdomainvectors.org/>

<https://www.reshot.com/>

<https://freesvg.org/>

<https://pixabay.com/fr/vectors/>

<https://www.flaticon.com/fr/>

9.2.1. Présentation d'Inkscape

Inkscape

Inkscape est un logiciel de dessin **vectoriel** utilisé pour créer des dessins, affiches, logos, illustrations,... Par opposition aux images **matricielles**, l'utilisation de dessin vectoriel permet notamment de redimensionner les images sans pixéliser, **sans perte de qualité**.

Inkscape est un logiciel libre qui fonctionne sous Linux , Mac OS et Windows . Vous pouvez le télécharger depuis le [site d'inkscape](#) ;

Le format natif d'Inkscape est le format SVG pris en charge directement par les navigateurs web récents ;

Tutoriels

- Sur le web, on trouve un grand nombre de tutoriels d'Inkscape en commençant par le site d'Inkscape lui-même : <https://inkscape.org/fr/apprendre/>
- Voir aussi un manuel Inkscape en anglais : <http://tavmjong.free.fr/INKSCAPE/MANUAL/html/index.html>

Tâches à réaliser

- Si nécessaire, télécharger et installer Inkscape sur votre ordinateur depuis le [site d'Inkscape](#) ;
- Pour vous aider à prendre en main Inkscape, vous pouvez aussi télécharger et imprimer sur support papier ce [mémo Inkscape](#) qui résume les principales commandes ;



Prise en charge des fichiers SVG par FreeCAD

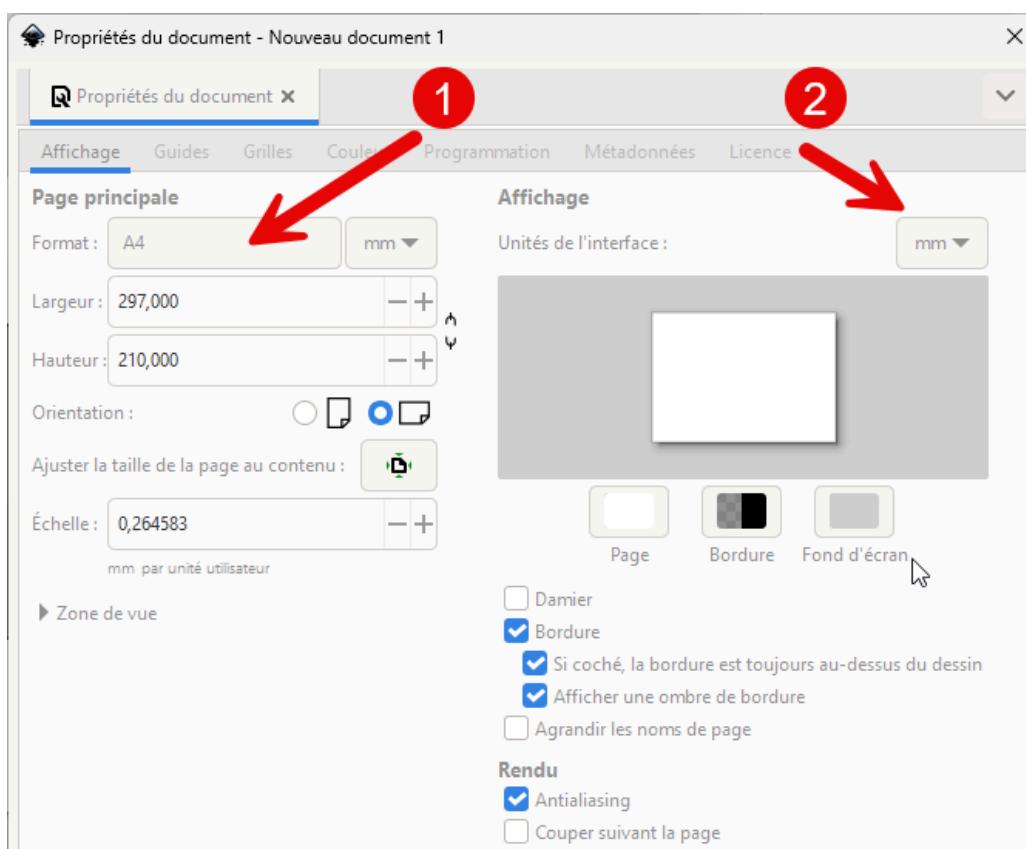
Inkscape propose différents outils (■, ●, ★, ○, ▶, A, ↗, ↘, ↙, ↖ ...) permettant de créer différentes formes : **⚠**, FreeCAD ne peut importer que les types d'objet suivants : **chemin, ligne, polygone, rectangle, ellipse, polyligne**. En particulier, il n'importe pas les objets **texte** : il faudra les **convertir en chemin (path)** à l'aide de la commande d'Inkscape **Chemin → Objet en chemin** ;

cf [Wiki de FreeCAD](#) ;

Choix des unités

Inkscape propose de travailler : soit en pixel (px), soit en mm. Pour notre usage, il faudra travailler en **mm** :

- Lors de la création d'un nouveau document, sélectionner un modèle « **Papier** » ;
- Avec un document existant, sélectionner la commande : **Fichier → Propriétés du document** et régler les paramètres ci-dessous :



Choix de l'unité

Retrouver les dimensions des objets Inkscape dans FreeCAD

Lors de la création d'objets, Inkscape prend en compte l'épaisseur du contour dans leurs dimensions, ce que ne fait pas FreeCAD.

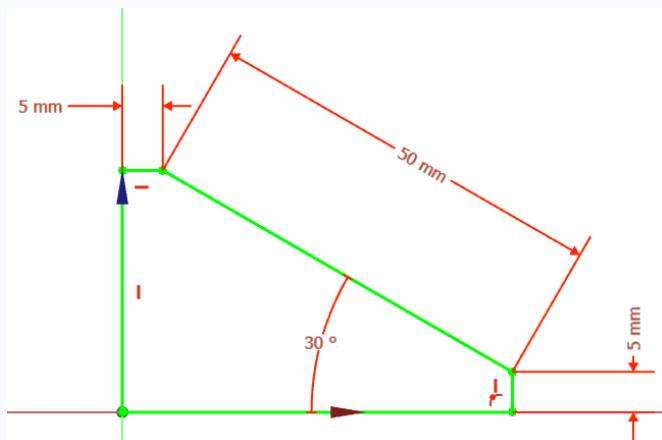
Si vous souhaitez retrouver exactement les dimensions Inkscape dans FreeCAD, il faudra :

1. fixer l'épaisseur des contours des objets à 0 mm ;
⚠ Ceci aura pour conséquence de rendre ces objets invisibles dans Inkscape !
2. Réajuster si nécessaire les dimensions des objets ;
3. Enregistrer votre document Inkscape ;

9.2.2. Travail préliminaire

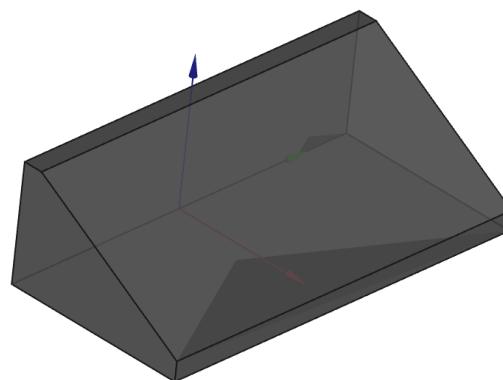
☰ Tâches à réaliser

- Créer un nouveau document TP9-2 dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau corps et l'esquisse ci-dessous dans le plan XZ ;



Esquisse TP9-2 travail préparatoire

- Créer une protrusion symétrique de 100 mm ;

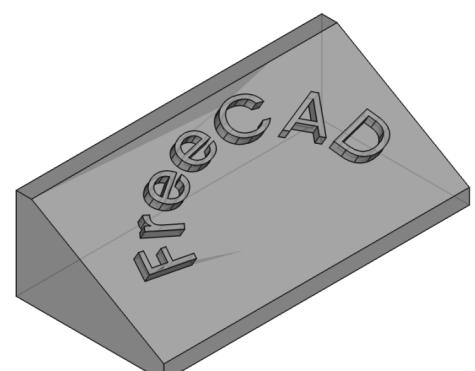


Protrusion TP 9-2 : travail préparatoire

- Enregistrer vos modifications ;

9.2.3. Texte créatif

Nous allons ajouter du texte en relief sur la face inclinée du solide :

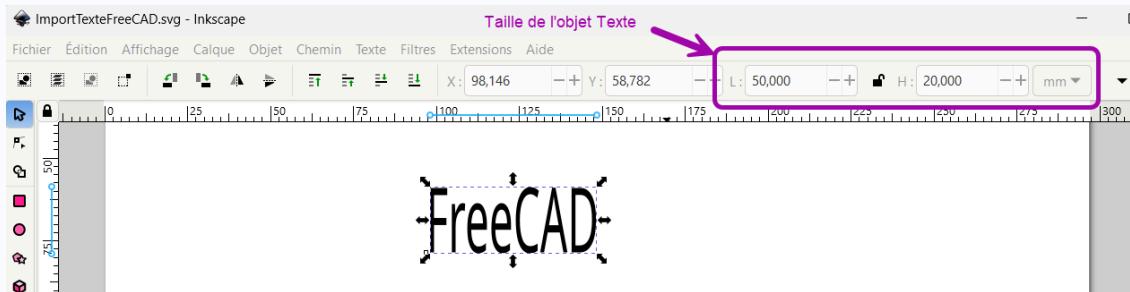




9.2.3.1. Préparation Inkscape

✓ Tâches à réaliser

- Ouvrir Inkscape et créer un nouveau document : enregistrer ce document sous le nom « ImportTexteFreeCAD.svg » ;
- Appuyer sur **Ctrl Maj D** et choisir un format A4 paysage des unités en mm ;
- Créer un objet texte **A** contenant le mot « FreeCAD »
- Selectionner l'objet texte et choisir une police de caractères à l'aide du panneau **Texte et Police** (**Ctrl Maj T**) ;
- Modifier la taille de l'objet : Largeur L **50 mm** et Hauteur H **20 mm** à l'aide de la barre d'outils ;



📎 Panneau Texte et Police

Le raccourci clavier **Ctrl Maj T** ouvre le panneau **Texte et police** permettant de **changer la police du texte** : il faudra valider votre choix en cliquant sur le bouton **Appliquer** en bas du panneau ;

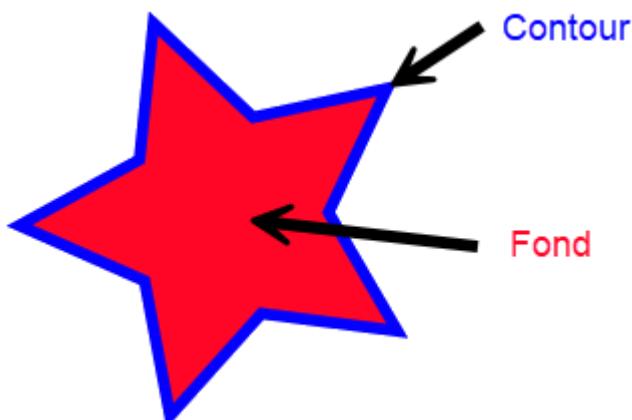
✓ Tâches à réaliser (suite)

- Créer un cercle **○** (Maintenir la touche **Ctrl** appuyée) ;
- Selectionner le cercle et modifier la taille de cet objet : Largeur L **50 mm** et Hauteur H **50 mm** à l'aide de la barre d'outils ;
- À l'aide de la commande **Objet → Fond et Contour** (**Ctrl Maj F**), supprimer le fond et ajouter un contour à cet objet cercle ;



Propriétés des objets dans Inkscape

Dans Inkscape, chaque objet possède un **fond** et un **contour**.



Fond et contour d'un objet Inkscape

Panneau Fond et contour

La commande **Objet → Fond et Contour** (**Ctrl Maj F**) affiche le panneau **Fond et contour**.

Dans ce panneau :

- l'onglet **Fond** permet de supprimer le fond  ou de donner une couleur et une opacité à ce fond ;
- L'onglet **Contour** permet de supprimer le contour  ou de donner une couleur et une opacité à ce contour ;
- L'onglet **Style de contour** permet notamment de fixer l'**épaisseur du contour** et de modifier son aspect (forme, extrémités...)

Tâches à réaliser (suite)

- Sélectionner les deux objets (**Ctrl A**) et mettre le texte suivant le cercle à l'aide de la commande **Texte → Mettre suivant un chemin** ;
- A l'aide des boutons  et  de la barre d'outils, placer le mot FreeCAD comme sur la figure ci-dessous ;





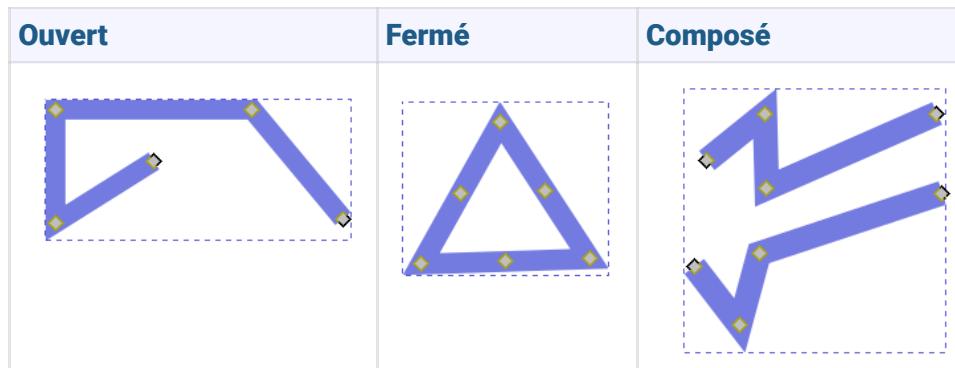
Texte suivant chemin

- Sélectionner l'objet Texte uniquement et le convertir en chemin à l'aide de la commande **Chemin → Objets en chemin** ;
- Sélectionner l'objet Cercle et le supprimer (**Suppr**) ;
- Sélectionner l'objet Texte : supprimer son fond et lui donner un contour d'épaisseur **0.1 mm** ;
- Ajuster la taille de l'objet Texte : Largeur L **80 mm** et Hauteur H **30 mm** à l'aide de la barre d'outils ;
- Ajuster la taille du document à la taille de l'objet texte (**Ctrl Maj R**) ;
- Enregistrer vos modifications et quitter Inkscape ;

Objet Chemin (Path)

Dans Inkscape, l'objet chemin est constitué d'un ensemble de [courbes de Bézier](#) ;

- Il peut être créé directement à l'aide des outils , , ou bien par conversion des autres types d'objets à l'aide de la commande **Chemin → Objets en chemin** ;
- Le chemin peut être :



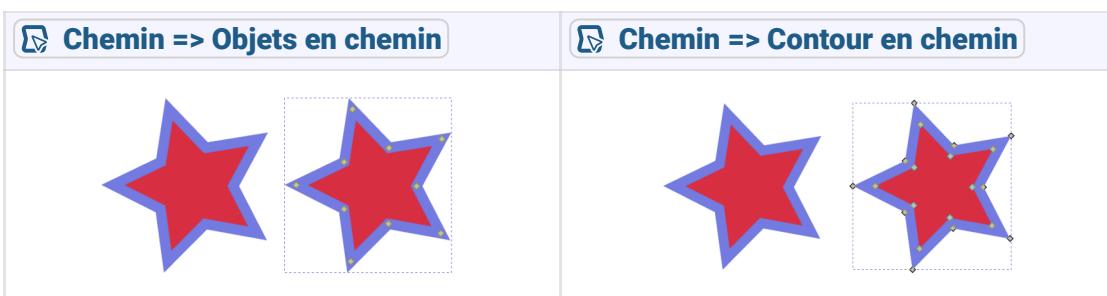
- Le bouton permet de modifier les nœuds de la courbe de Bézier ;



Barre d'outils Nœud

⚠ Ne pas confondre :

- La commande **Chemin → Objets en chemin** avec la commande **Chemin → Contour en chemin** !





voir : <http://tavmjong.free.fr/INKSCAPE/MANUAL/html/Paths-Creating.html#Paths-From-Conversion>

+ Effets de chemin

La commande **Chemin → Effets de chemin** (**Ctrl &**) ouvre le panneau **Effets de chemin**

OUTILS			
	Coins		Contour dynamique
	Décalage		Entrelacs
DÉFORMATION			
	Agitation		Courber
	Déformation par grille		Motif suivant un chemin
	Transformation par deux points		Déformation par enveloppe
	Simplifier		Perspective et enveloppe
GÉNÉRER			
	Cloner l'élément original		Croquis
	Hachures		Interpoler les sous-chemins
	Opération booléenne		Pavage
	Relier les sous-chemins		Remplir dans les nuées
	Tranche		Von Koch
CONVERTIR			
	Afficher les poignées		B-spline
	Contour en pointillés		Ellipse à partir de points
	Engrenages		Grille de conception
	Joindre un chemin		Mesure de segments
	Spline spirographique		Type de jointure
	Découpe avancée		Masque avancé
	Reflet miroir		Tourner les copies
	Boîte englobante		Ellipse par cinq points
	Interpoler des points		Règle

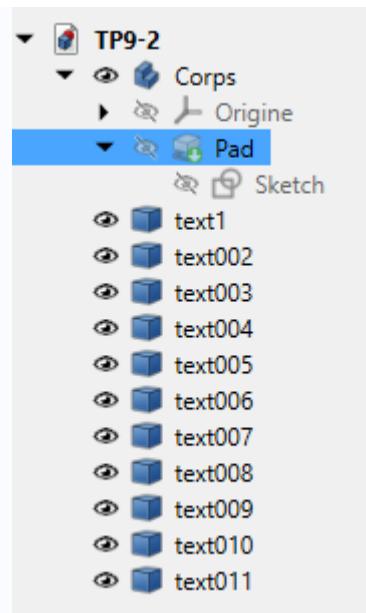
Ce panneau permet, par exemple :



9.2.3.2. Importation dans FreeCAD

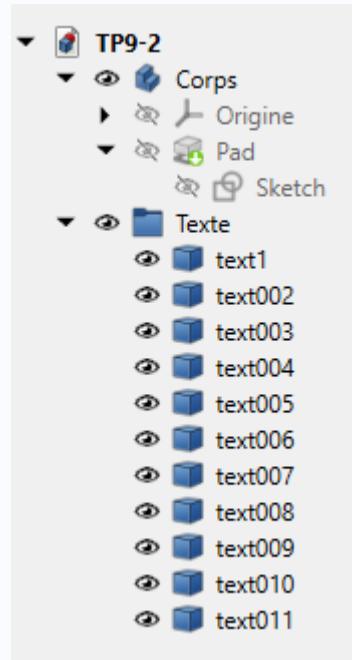
☰ Tâches à réaliser

- Si nécessaire, ouvrir le document **TP9-2** créé précédemment dans FreeCAD ;
- Masquer la protrusion **Pad** ;
- Importer le document « **ImportTexteFreeCAD.svg** » comme **SVG as geometry (importSVG)** ;
FreeCAD ajoute une dizaine d'objets .



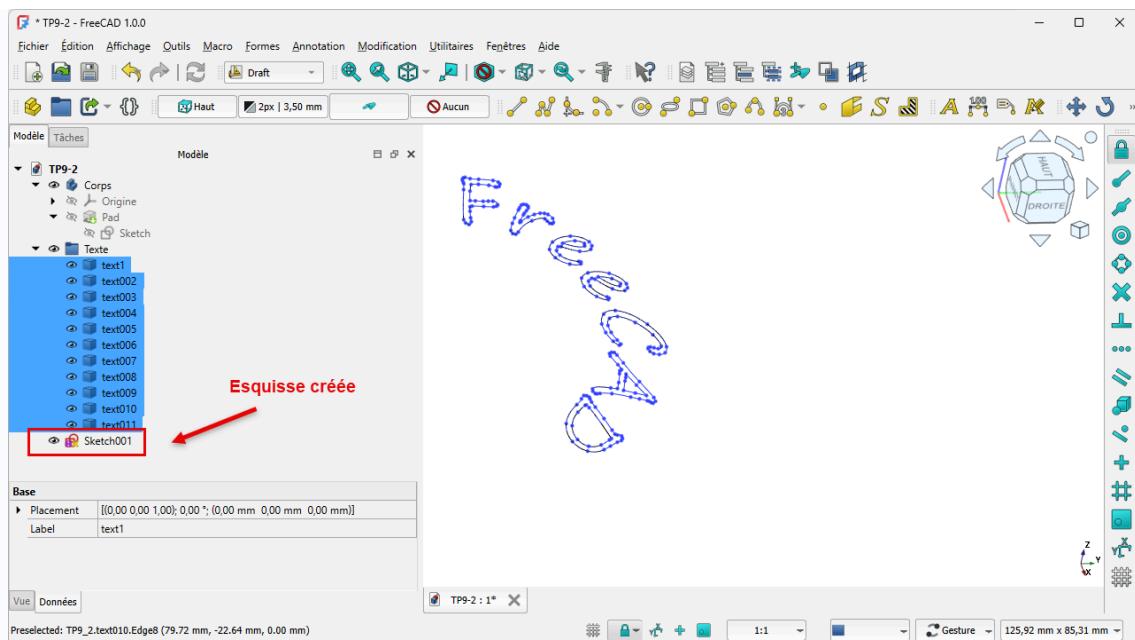
Importation un dichier SVG

- Créer un **groupe** que vous renomerez **Texte** et y glisser tous les éléments importés :



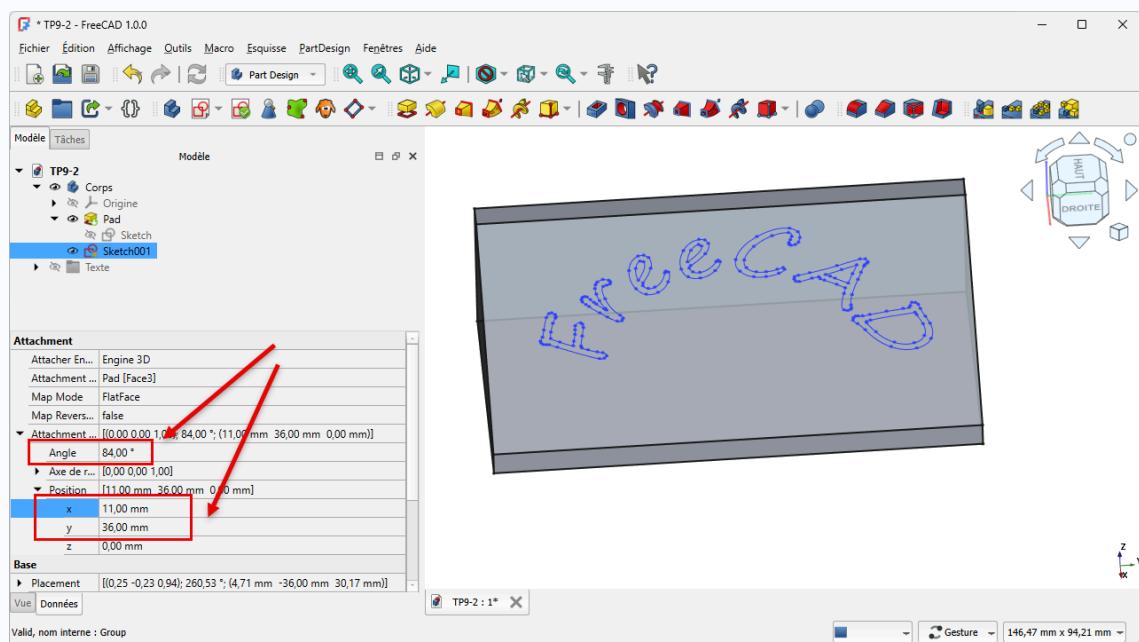
Groupe Texte

- Dans l'atelier Draft , sélectionner tous ces objets importés et convertir l'ensemble en une **seule esquisse** à l'aide de la commande ;



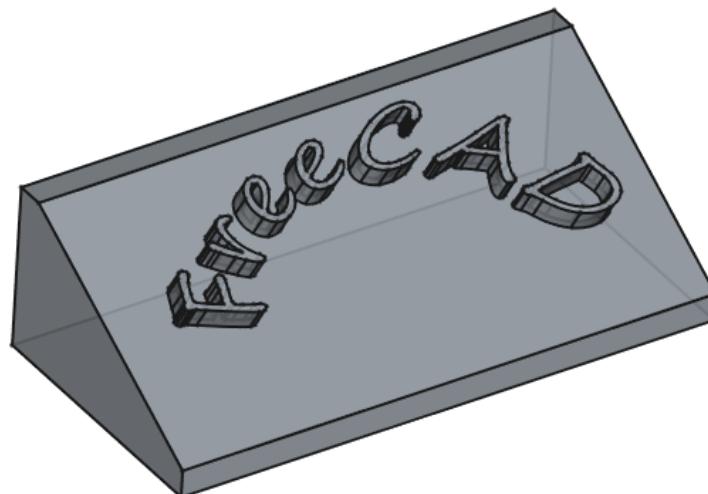
Création de l'esquisse

- Dans l'atelier Part Design , masquer et réduire le groupe Texte  ;
- Déplacer l'esquisse  Sketch001 dans le corps  Body ;
- Réafficher la protrusion  Pad, sélectionner la face inclinée et ajouter l'esquisse  Sketch001 à cette face à l'aide de la commande  ;
- Repositionner le mot Freecad sur le plan incliné comme ci-dessous en modifiant les propriétés de l'attachment (angle et positions x & y) ;



Positionnement du texte sur le plan incliné

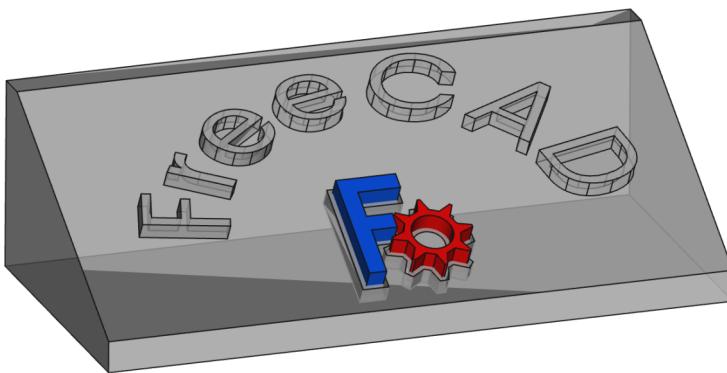
- Créer une protrusion  de 3 mm ;

*Protrusion du texte*

- Enregistrer vos modifications ;

9.2.4. Récupérer un logo

Nous allons ajouter une incrustation du logo FreeCAD sur notre plan incliné ;



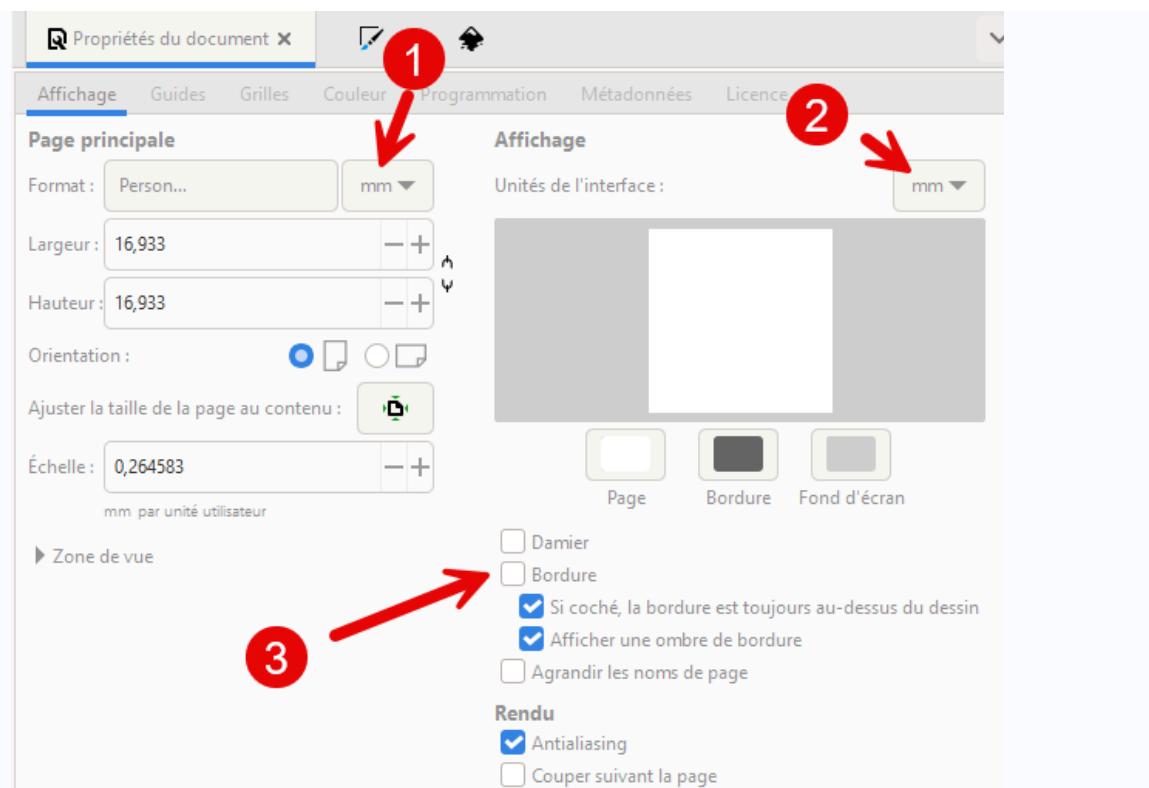
9.2.4.1. Préparation Inkscape

Tâches à réaliser

- À l'aide d'un clic droit, télécharger sur votre ordinateur le document [FreeCAD-logo.svg](#) et l'ouvrir dans Inkscape ;

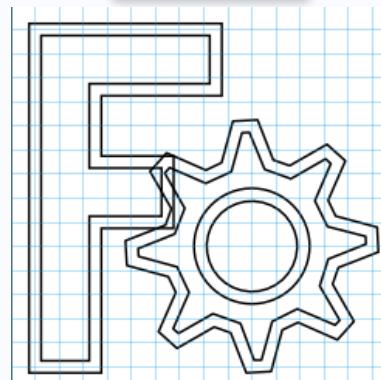


- Enregistrer le document sous le nom [ImportLogoFreeCAD.svg](#) ;
- Modifier les propriétés du document pour travailler en mm et supprimer la bordure à l'aide de la commande [Fichier → Propriétés du document](#) (**Ctrl Maj D**) ;



Propriétés du document pour travailler en mm

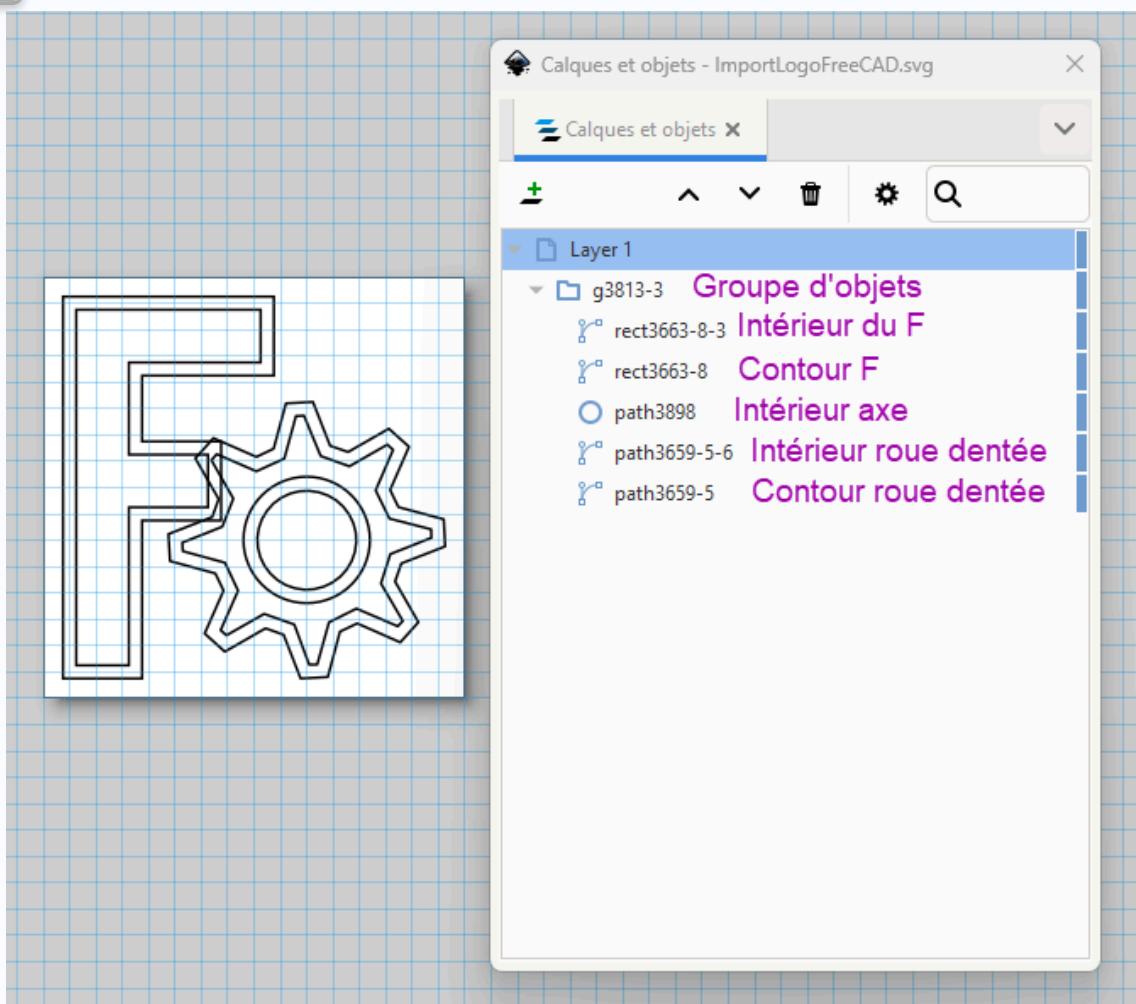
- Sélectionner l'ensemble (**Ctrl A**), supprimer le fond et donner un contour de 0.1mm à l'aide de la commande **Objet → Fond et Contour** (**Ctrl Maj F**);



Logo sans fond et avec un contour de 0.1mm



- Afficher la structure du document à l'aide de la commande Calques → Calques et Objets (**Ctrl Maj L**) et identifier les différents objets :



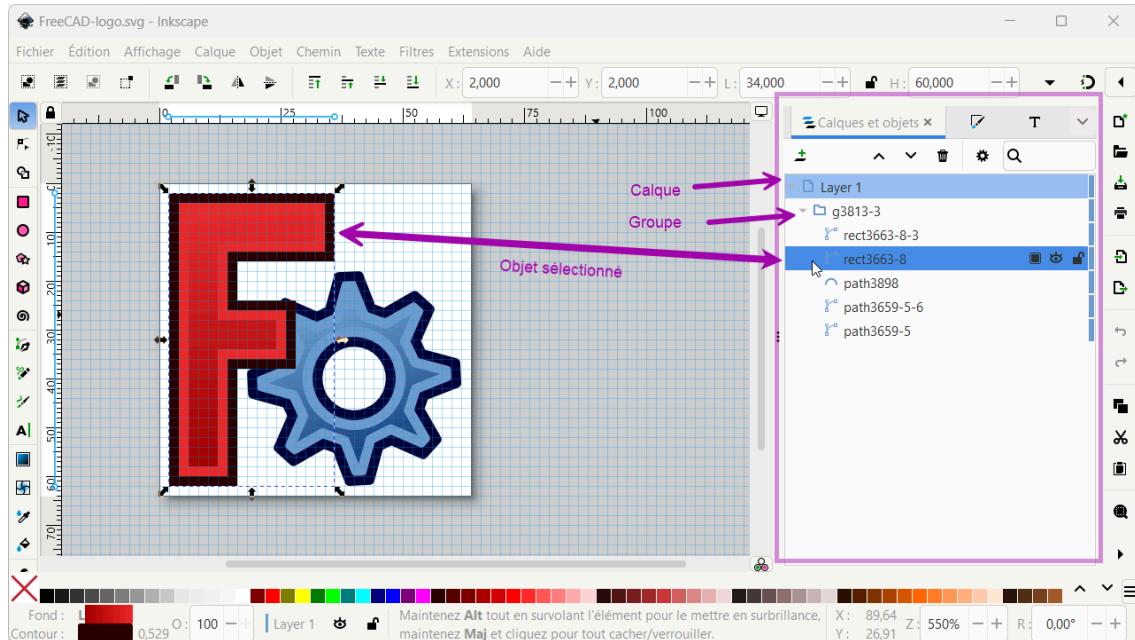
Structure du Logo

- Ajuster la taille de l'ensemble à 20 mm par 20 mm ;
- Ajuster la taille du document à la taille de la sélection (**Ctrl Maj R**) ;
- Enregistrer vos modifications et quitter Inkscape ;



Panneau Calques et Objets

La commande **Calque → Calques et objets** (**Ctrl Maj R**) affiche le panneau **Calques et objets** :



- Ce panneau permet d'afficher et de modifier la structure du document Inkscape ;
- Chaque objet porte un nom, il peut être masqué, verrouillé, supprimé, dupliqué, renommé...

9.2.4.2. Importation dans FreeCAD

Tâches à réaliser

- Si nécessaire, ouvrir le document **TP9-2** créé précédemment dans FreeCAD ;

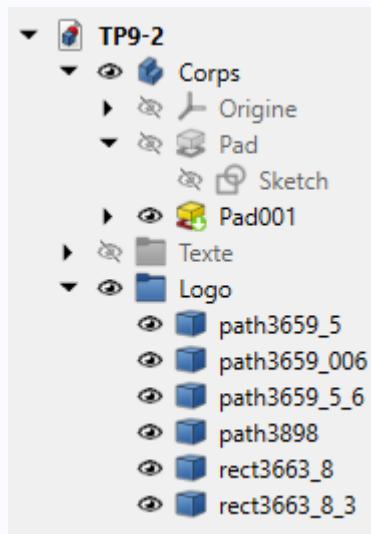
9.2.4.2.1. Crédit de l'empreinte

Tâches à réaliser

- Importer le document « **ImportLogoFreeCAD.svg** » comme **SVG as geometry (importSVG)** : FreeCAD ajouté 6 objets ;



- Créer un groupe Logo et y glisser les 6 objets importés :

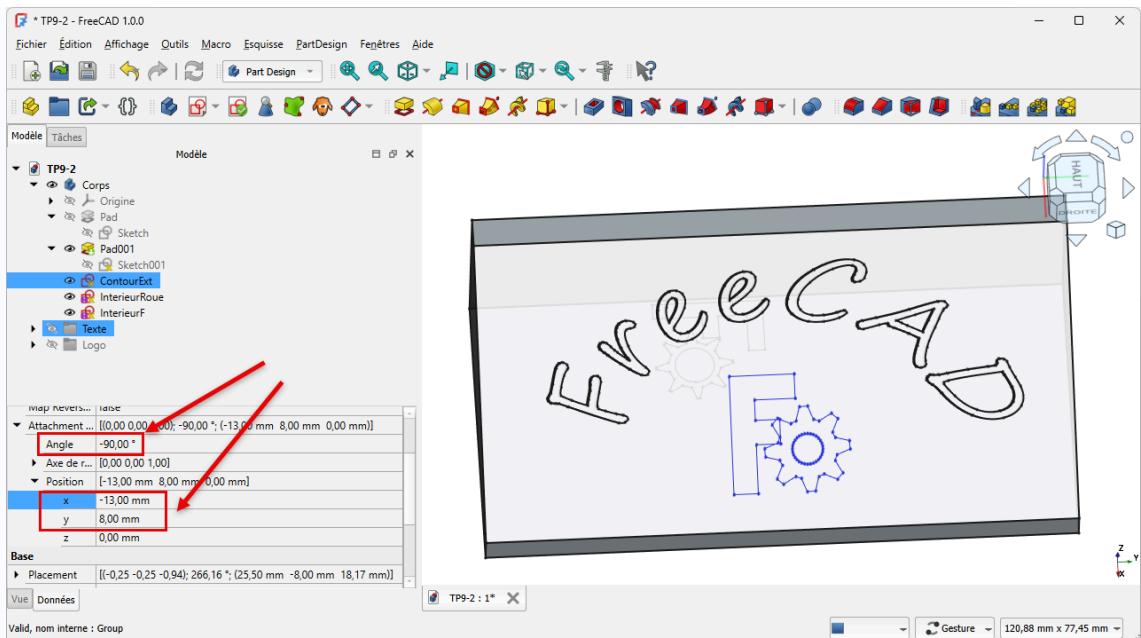


Groupe Logo

- Dans l'atelier Draft , à l'aide de la commande , créer les **3 esquisses** suivantes que vous renomerez comme ci-dessous :

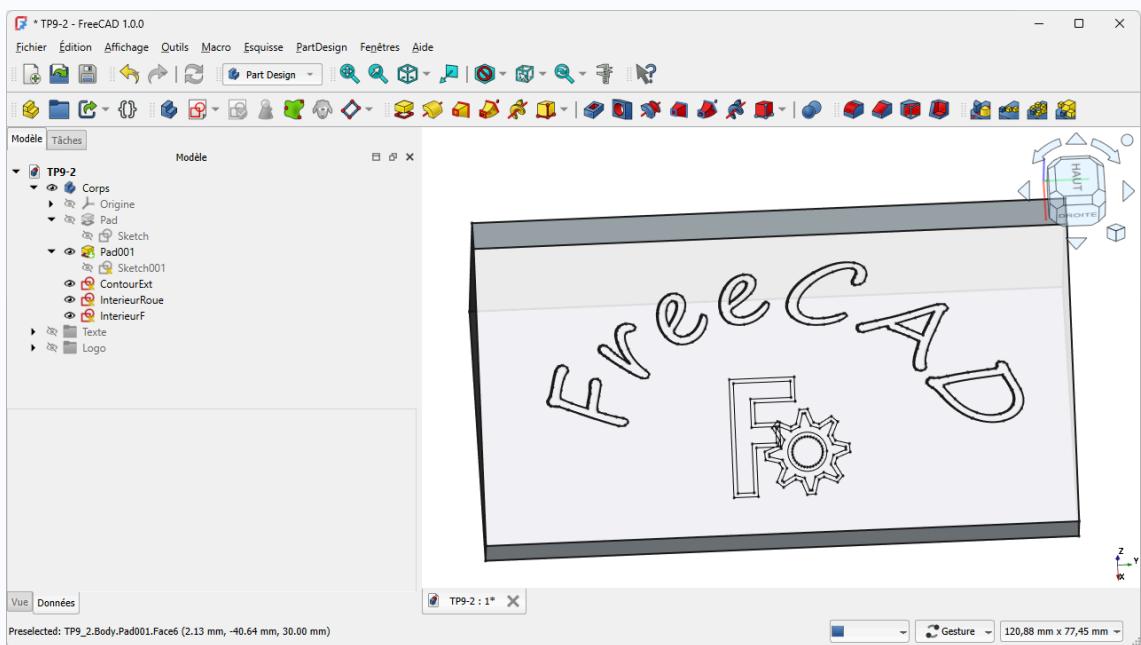
Objets Sélectionnés	Nom des esquisses
rect3663_8 , path3659_5 path3659_006	ContourExt
rect3663_8_3	InterieurF
path3659_5_6 et path3898	InterieurRoue

- Dans l'atelier Part Design , masquer les objets importés et déplacer les 3 esquisses dans le corps Body ;
- Sélectionner la face inclinée et ajouter l'esquisse Contour_ext à cette face à l'aide de la commande ;
- Repositionner l'esquisse sur le plan incliné en modifiant les **propriétés de l'attachement** : angle et positions x & y ;



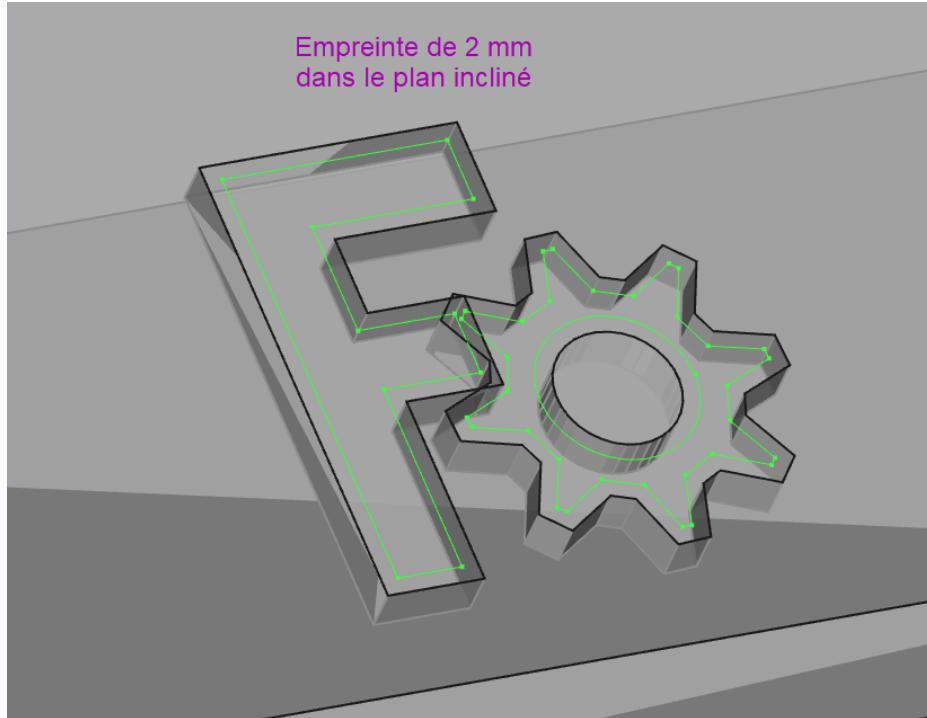
Décalage de l'esquisse sur le plan incliné

- Répéter les deux dernières opérations pour les esquisses **Interieur_F** et **Interieur_Roue** et en appliquant le même déplacement ;



Esquisses positionnées sur le plan incliné

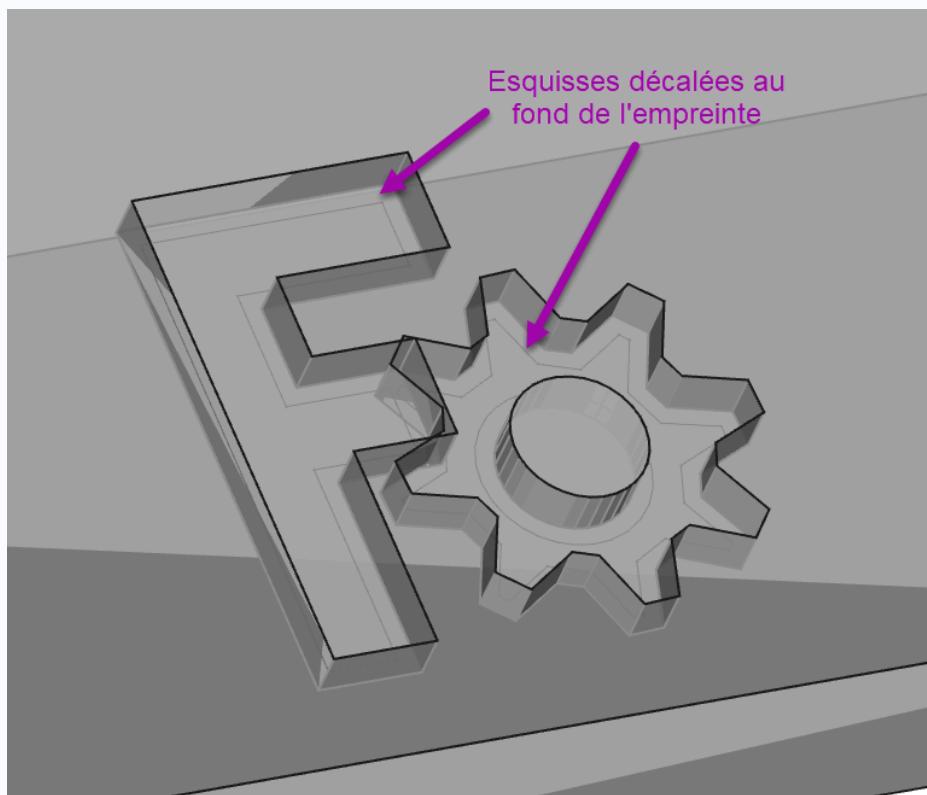
- Sélectionner l'esquisse **Contour_ext** et créer une cavité **de 2 mm** ;

*Empreinte pour les inserts*

9.2.4.2.2. Création des inserts

☰ Tâches à réaliser

- Modifier l'attachement $\text{I } z = -2 \text{ mm}$ des 2 esquisses S Interieur_F et S Interieur_Roue pour les placer au fond de la cavité créée précédemment ;

*Esquisses décalées au fond de l'empreinte*



- Créer un nouveau corps que vous renommez Insert_F ;
- Ajouter un forme liée de l'esquisse InterieurF dans ce nouveau corps ;
- Ajouter une protrusion de 5 mm de cette forme liée ;



- Donner une couleur bleue à ce nouveau corps à l'aide de la commande Affichage → Apparence ;
- Répéter le même processus pour l'intérieur de la roue ;



- Enregistrer vos modifications ;

9.2.5. Capture vidéo

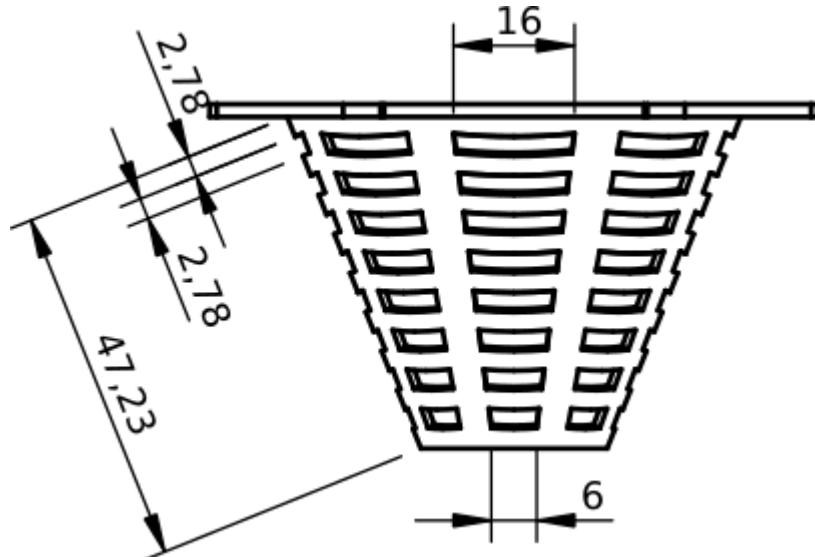




9.3. Dessiner dans Draft

Nous allons ajouter une grille au solide modélisé lors du TP 8-1 [p.199] :

TP12-1 Suite



Objectifs

- Utiliser l'atelier Draft, notamment :
 - Utiliser la commande **Basculer en mode construction**^W
 - Utiliser la commande **ligne**^W et **polyligne**^W
 - Utiliser l'aimantation , , la commande Réseau
 - Utiliser la commande

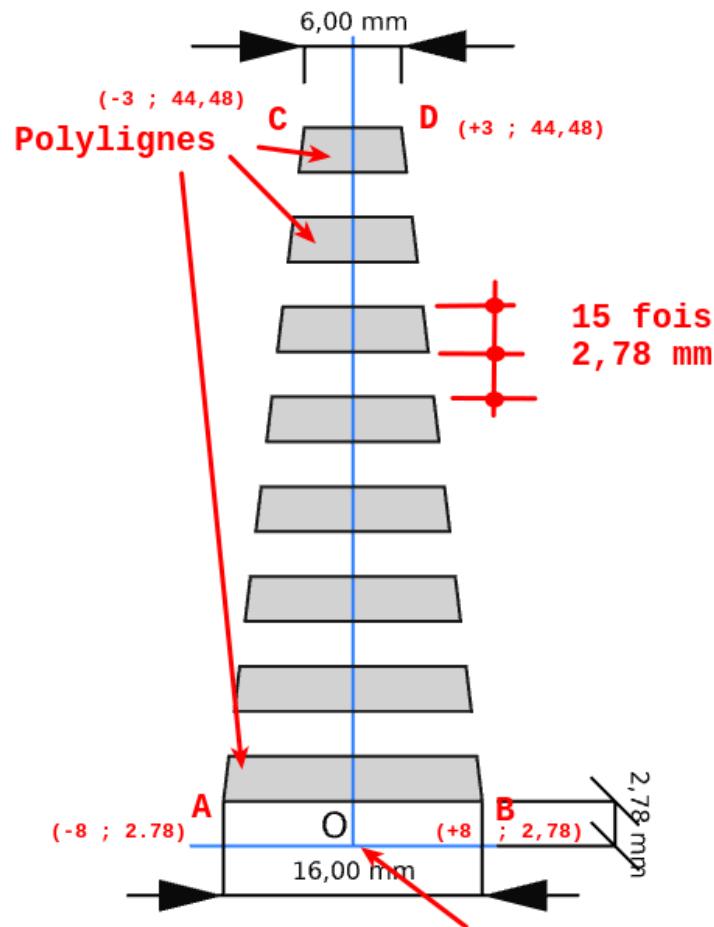
Travail préparatoire

- Télécharger sur votre ordinateur le document [TP9-3-initial.FCStd](#) et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer le document sous le nom [TP9-3.FCStd](#) ;

9.3.1. Création de l'esquisse

Nous allons créer l'esquisse suivante dans l'atelier Draft :

Esquisse à créer



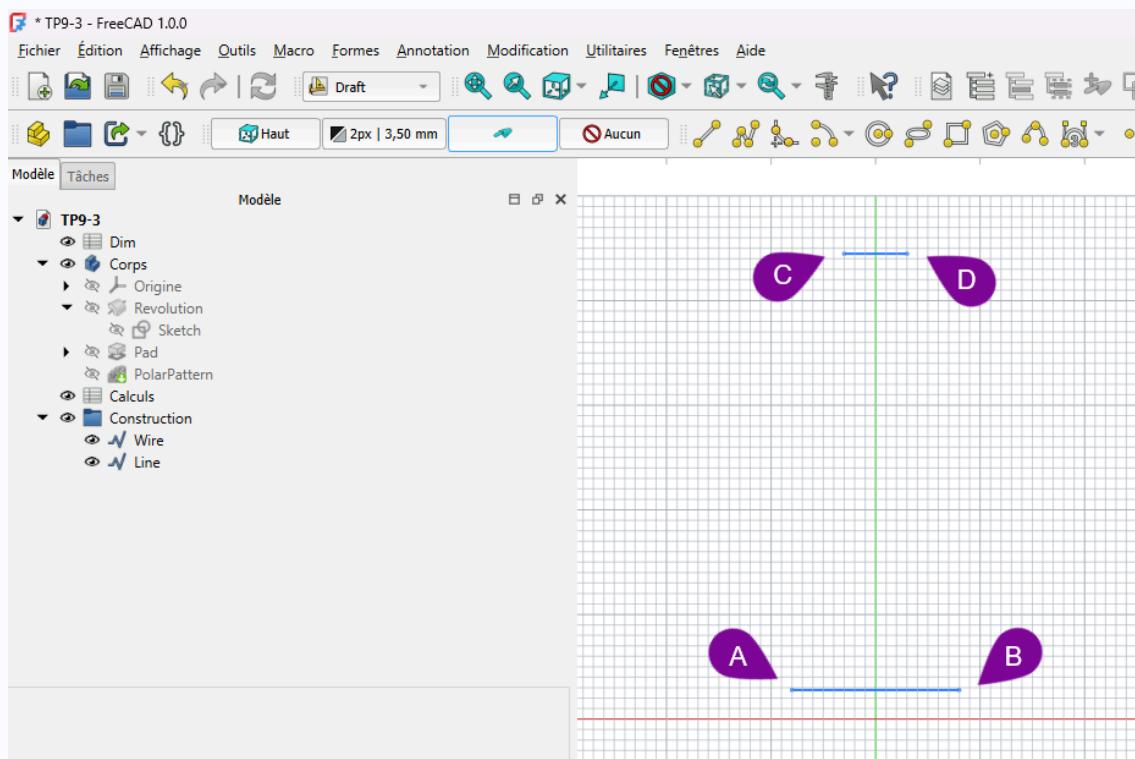
❖ Tâches à réaliser

- Dans l'atelier Part Design, masquer PolarPattern à l'aide de la barre d'espacement ;
- Ouvrir l'atelier Draft ;
- Sélectionner le plan de travail Haut (XY) et la vue de dessus ;
- Si nécessaire, afficher la grille de l'atelier Draft ;
- Basculer en mode construction ;



- Créer les segments de ligne [AB] et [CD] à l'aide de la commande et des coordonnées des points A, B, C, D :

	X en mm	Y en mm
A	-8	2.78
B	8	2.78
C	-3	44,48
D	3	44,48



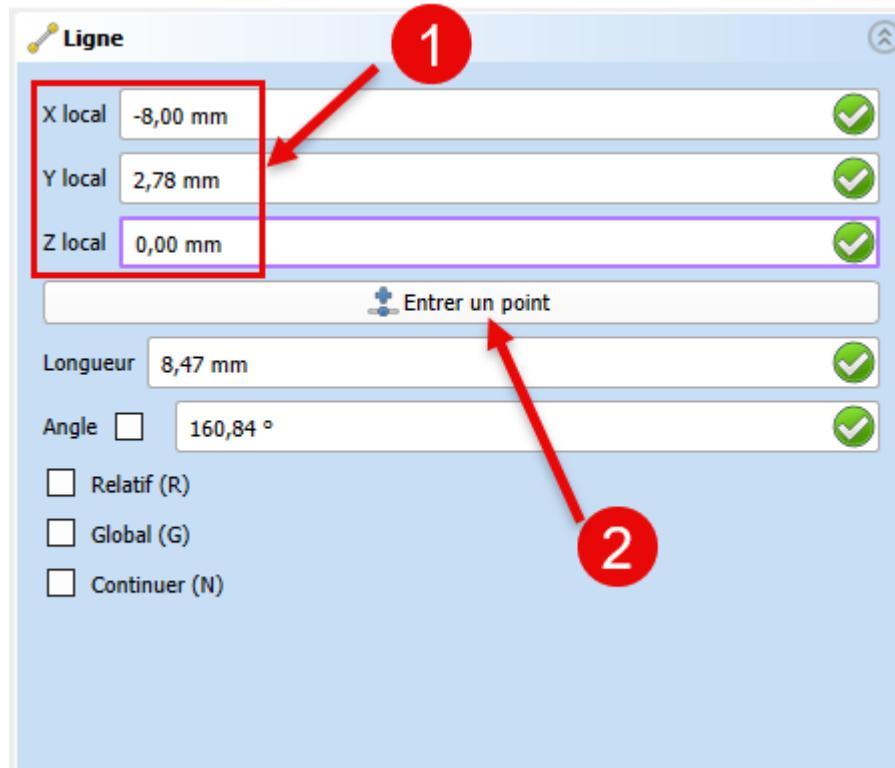
Lignes AB & CD



Aide

Pour saisir la ligne AB :

1. Cliquer sur la commande
2. Compléter le formulaire comme ci-dessous :



Saisie du point A

3. Vérifier la création du point dans la vue 3D ;



4. Compléter le formulaire comme ci-dessous :

X local	8,00	✓
Y local	2,78 mm	✓
Z local	0,00 mm	✓

Entrer un point

Longueur 8,47 mm

Angle 19,16 °

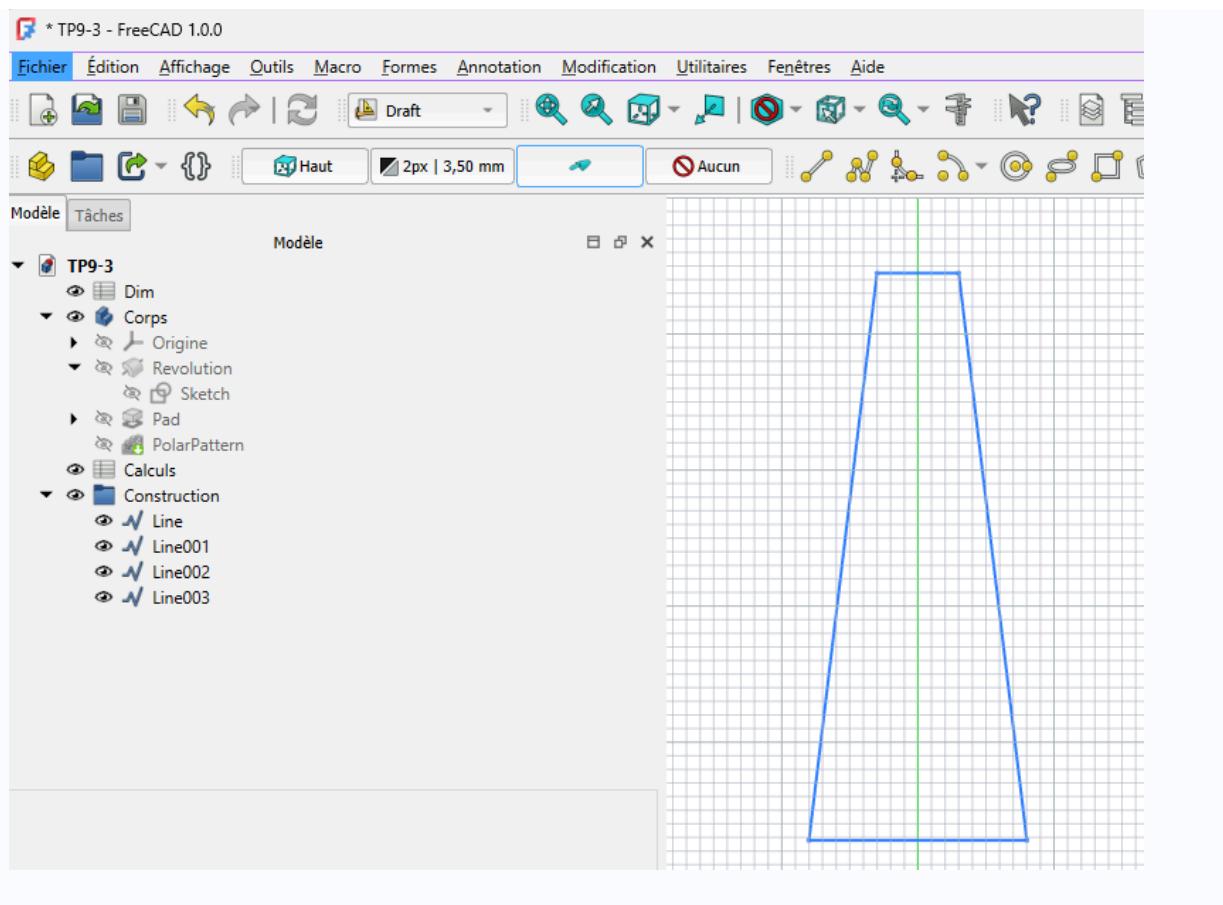
Relatif (R)
 Global (G)
 Continuer (N)

Saisie du point B

5. Vérifier la création de la ligne dans la vue 3D ;

🕒 Tâches à réaliser (suite)

- Créer les segments de ligne [AC] et [BD] à l'aide de la commande  et de l'aimantation Extrémité : ;



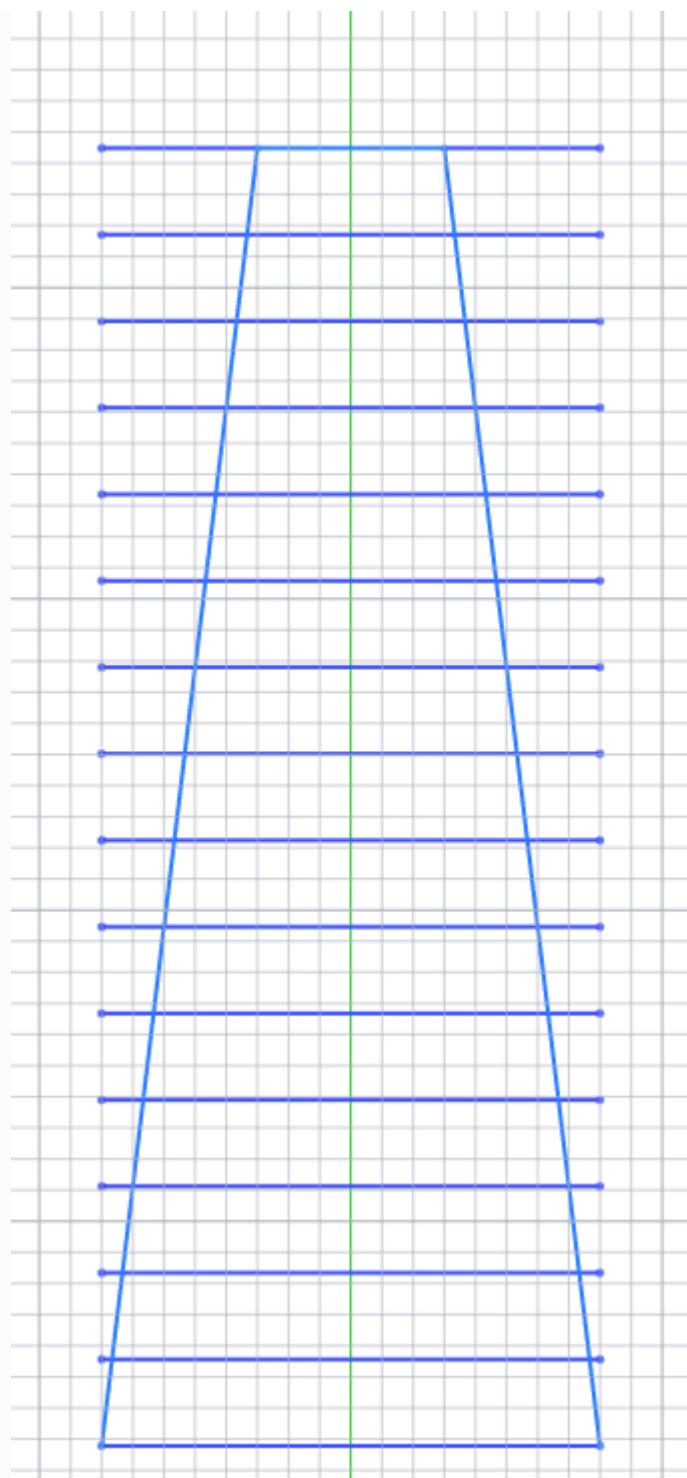
Aide

Pour saisir un point en utilisant le mode aimantation Extrémité :

1. Activer l'aimantation dans la barre d'outils ;
2. Approcher le curseur de la souris de l'extrême de la ligne et cliquer lorsque l'icône de la souris affiche l'icône d'aimantation ;

Tâches à réaliser (suite)

- Répéter 16 fois la ligne AB vers le haut avec un delta Y de 2.78 mm à l'aide de la commande Réseau orthogonal ;



Réseau orthogonal





Aide :

Pour créer le réseau orthogonal, saisir les paramètres suivants :

Réseau orthogonale



Nombre d'éléments

X	1
Y	16
Z	1

Intervalle en X

X	0,00 mm	✓
Y	0,00 mm	✓
Z	0,00 mm	✓

Réinitialiser X

Intervalle en Y

X	0,00 mm	✓
Y	2,78 mm	✓
Z	0,00 mm	✓

Réinitialiser Y

Intervalle en Z

X	0,00 mm	✓
Y	0,00 mm	✓
Z	0,00 mm	✓

Réinitialiser Z

Union

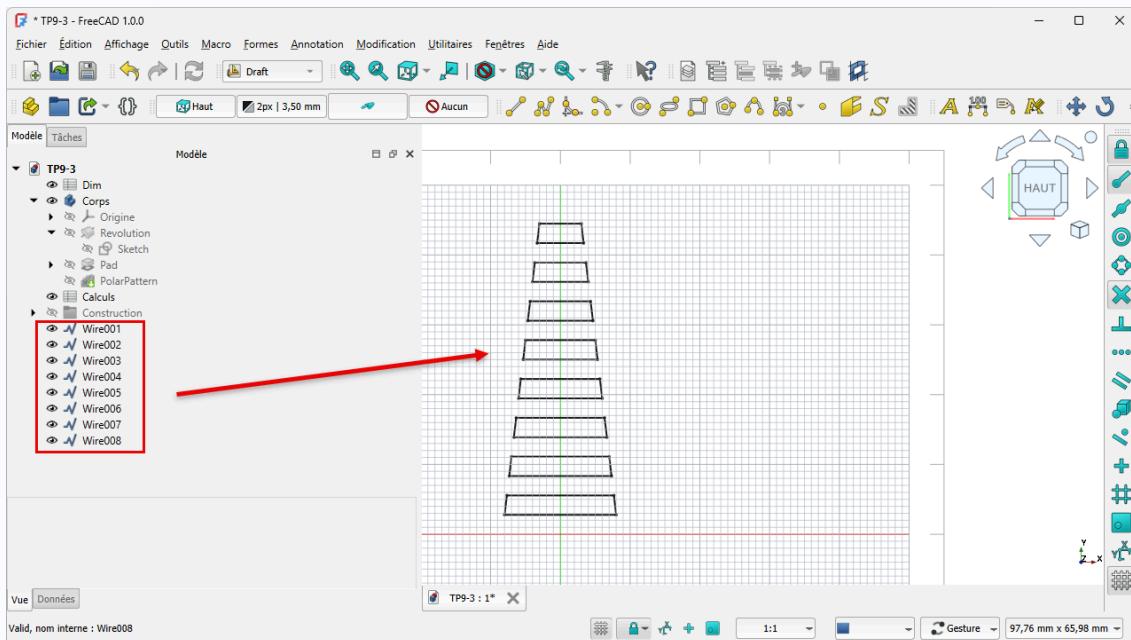
Réseau de liens

Paramètres de création du réseau orthogonal



✓ Tâches à réaliser (suite)

- Quitter le mode construction en cliquant sur le bouton ;
- Créer les 8 polylinéaires fermées à l'aide de la commande en utilisant l'aimantation extrémité et intersection ;



Création des 8 polylinéaires

- Sélectionner les 8 polylinéaires et créer une esquisse à l'aide de la commande ;
- Masquer le dossier Construction dans la vue **Modèle** à l'aide de la barre d'espacement ;
- Masquer la grille et revenir à l'atelier Part Design ;

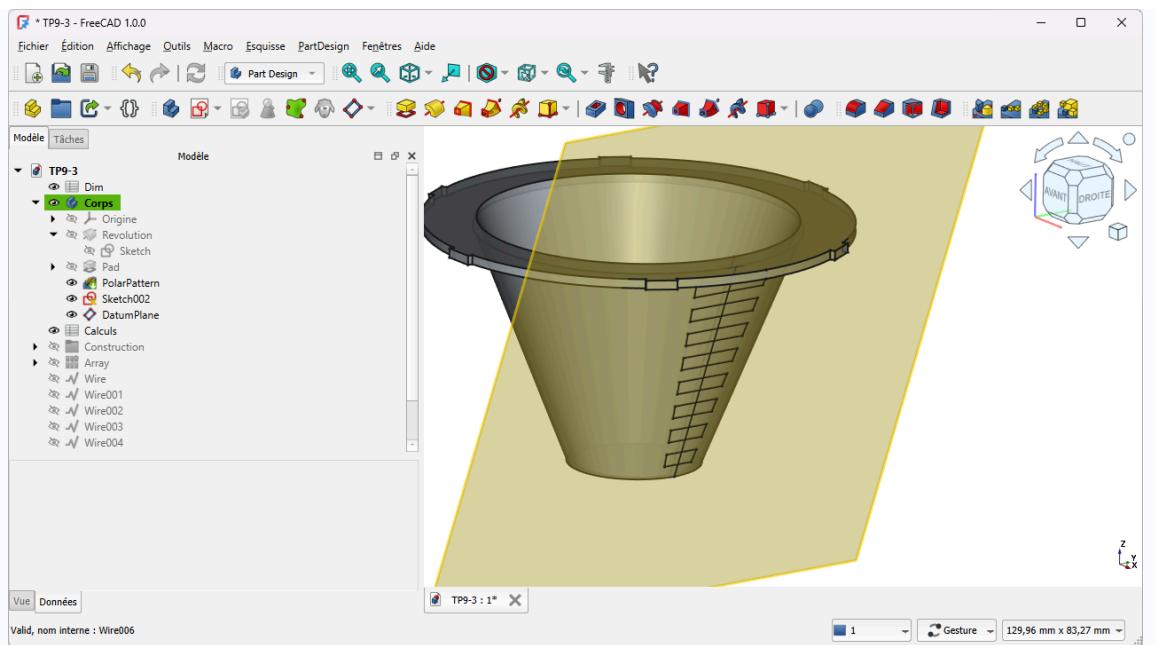
9.3.2. Attacher l'esquisse

Nous allons attacher l'esquisse à un plan tangent au cône ;

✓ Tâches à réaliser

Dans l'atelier PartDesign :

- Glisser l'esquisse Sketch002 dans l'arborescence de Corps ;
- Ré-afficher PolarPattern et masquer les 8 polylinéaires ;
- Créer un plan de référence normal à la génératrice extérieure du cône puis réaliser une rotation de 90° autour de l'axe X pour le rendre tangent au cône ;
- Accrocher le sketch003 à ce plan de référence à l'aide de la commande ;



Ancrage de l'esquisse au plan de référence

- Si l'esquisse se retrouve au-dessus du cône, inverser le paramètre « Map Reversed » du plan de référence ;



Modèle Tâches

Modèle

TP9-3

Corps

- Dim
- Origine
- Revolution
- Sketch
- Pad
- PolarPattern
- DatumPlane
- Pocket
- PolarPattern001
- Calculs
- Construction
- Array
- Wire
- Wire001
- Wire002
- Wire003
- Wire004
- Wire005
- Wire006
- Wire007

Attachment

Attacher Engine	Engine 3D
Attachment Support	PolarPattern [Edge78]
Map Mode	NormalToEdge
Map Reversed	true
Map Path Parameter	0,00
Attachment Offset	[(1,00 0,00 0,00); 90,00 °; (0,00 mm 0,00 m...]

Base

Placement	[(0,64 -0,64 0,43); 226,61 °; (29,96 mm 0,00 ...
Label	DatumPlane

Size

Resize Mode	Automatic
-------------	-----------

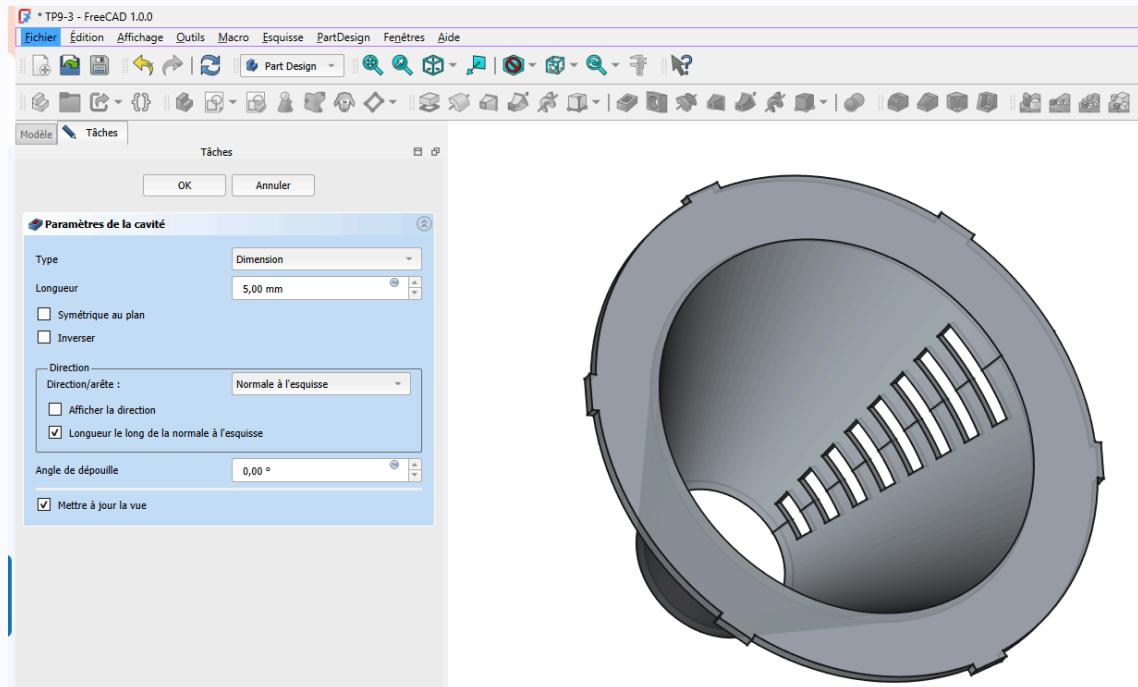
Inversion du plan de référence



9.3.3. Créer les cavités

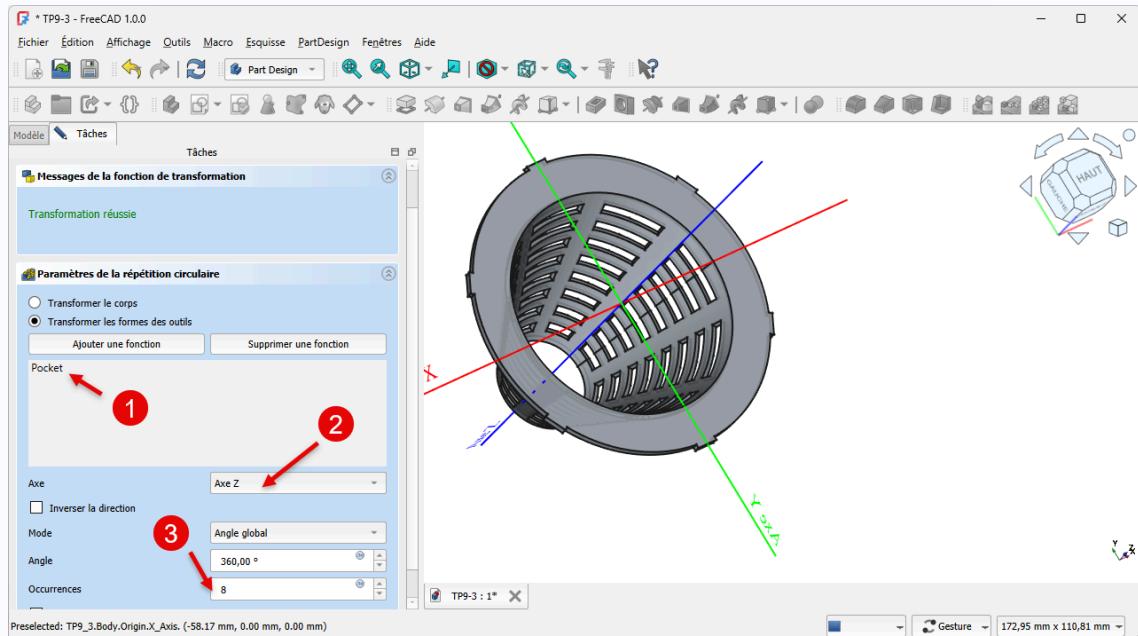
☰ Tâches à réaliser

- Masquer le plan de référence ;
- Sélectionner l'esquisse Sketch002 et créer une cavité de 5 mm ;



Création de la cavité

- Sélectionner Pocket et créer une répétition circulaire de 8 exemplaires autour de l'axe Z ;



Répétition circulaire de la cavité

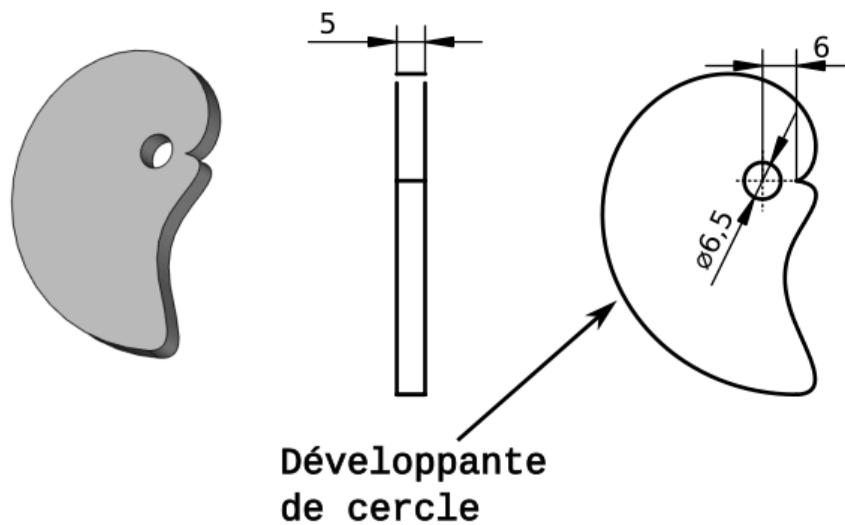


9.3.4. ▶ Capture vidéo



9.4. Équation paramétrique

Nous allons modéliser le solide suivant (cf TP 9-4) :



Il s'agit d'une pince excentrique utilisée pour bloquer les pièces à usiner sur une CNC^[p.335]. Voir les exemples suivants :

- <https://www.lairdubois.fr/creations/17125-pinces-anti-clothoide-pour-cnc.html> ;
- Le chapitre « 5 - Pinces excentriques » de la page : https://www.mekanika.io/fr_BE/blog/apprentissage-1/le-guide-ultime-des-systemes-de-fixation-pour-cnc-22

Ci-dessous, l'équation paramétrique de la courbe « Développante de cercle » (ou anti-clothoïde) utilisée :

$$\begin{aligned}x &= a \times (\cos(t) + t \times \sin(t)) \\y &= a \times (\sin(t) - t \times \cos(t))\end{aligned}$$

source : <https://mathcurve.com/courbes2d/developpantedecercle/developpantedecercle.shtml> ;

Objectifs :

- Installer une macro à l'aide du gestionnaire d'extensions  ;
- Exécuter une [macro](#)  ;
- Convertir une courbe en esquisse  dans l'atelier Draft  ;



- Utiliser une B-spline  dans l'atelier Sketcher  ;

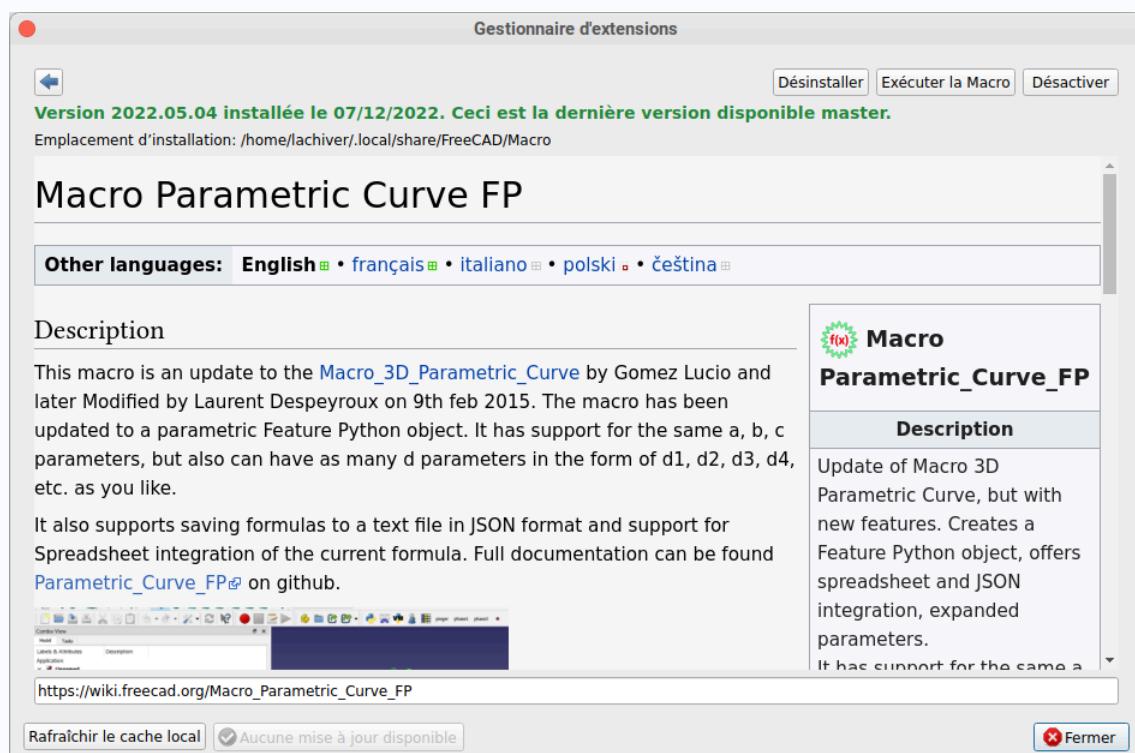
Travail préparatoire

- Créer un nouveau document TP9-4 et ajouter un nouveau corps  ;

9.4.1. Installer la macro

Tâches à réaliser

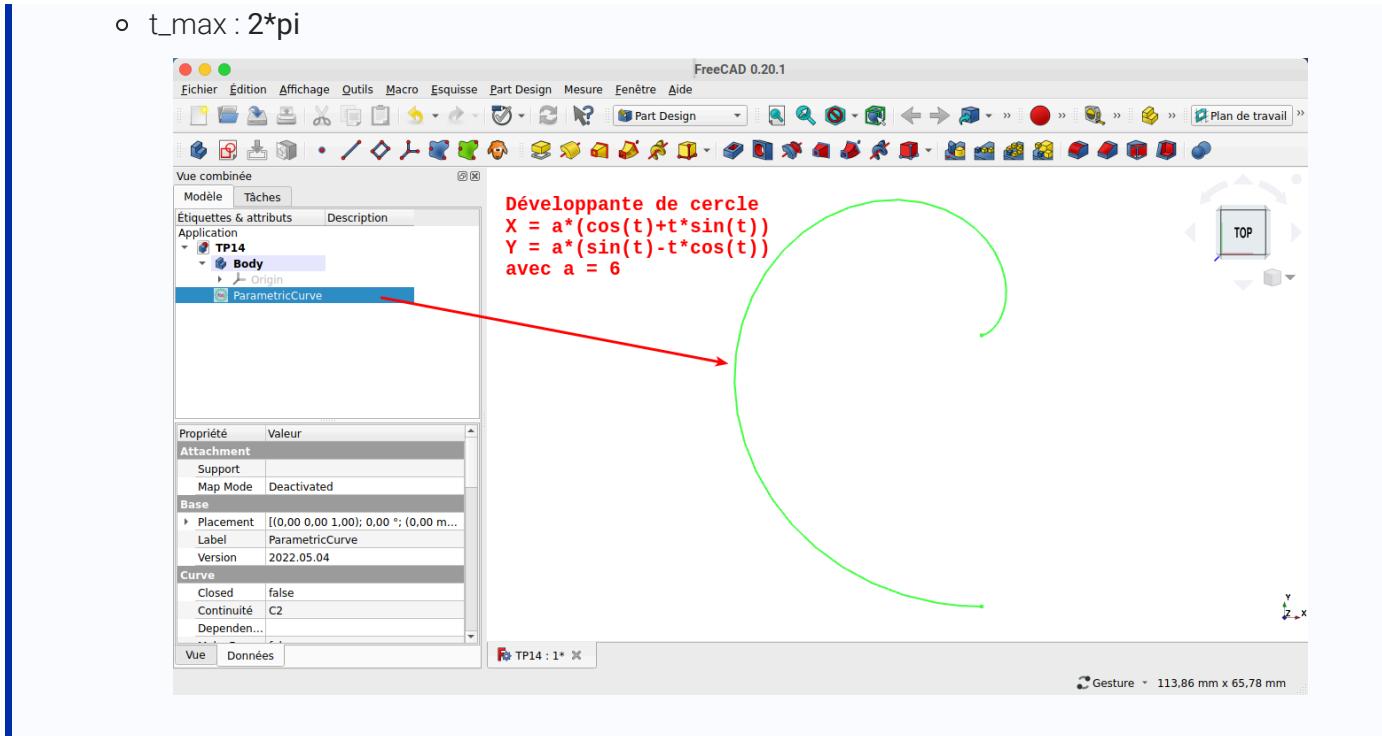
- Installer la macro  Parametric Curve FP à l'aide de commande  Outils -- Gestionnaire d'addons  ;



9.4.2. Exécuter la macro

Tâches à réaliser

- Exécuter la macro , modifier la formule  para_curve avec les paramètres suivants :
 - a : 6
 - X : a*(cos(t)+t*sin(t))
 - Y : a*(sin(t)-t*cos(t))
 - t_min : 0.0
 - interval : 0.1



9.4.3. Transformer la courbe en esquisse

✓ Tâches à réaliser

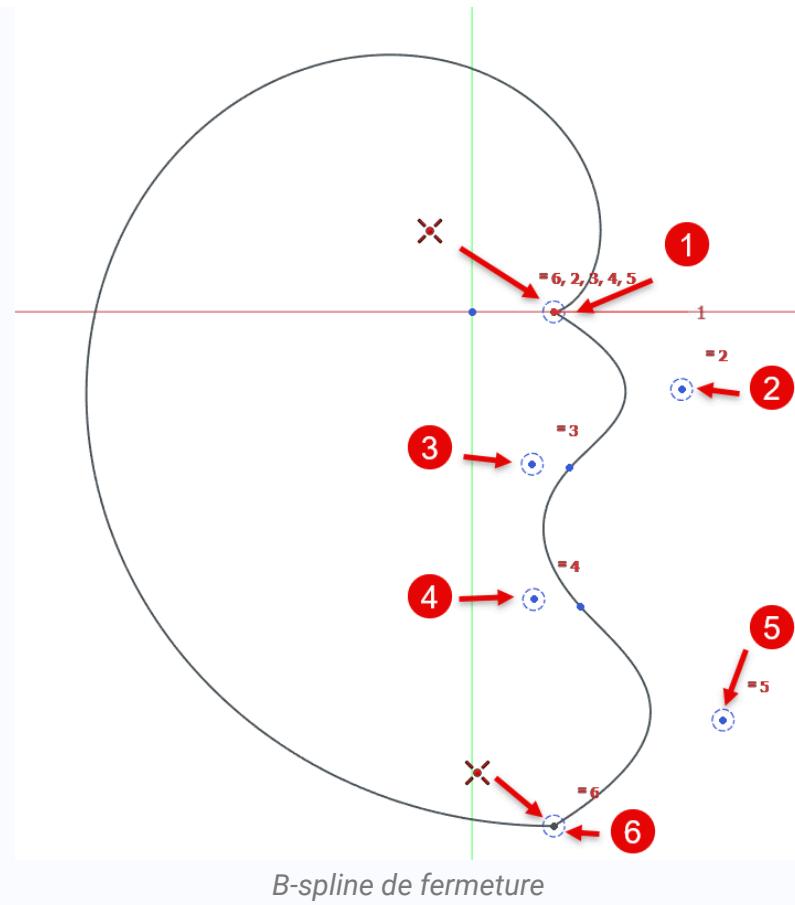
- Sélectionner l'atelier Draft ; 
 - Sélectionner la courbe et la transformer en esquisse  ;
 - Déplacer l'esquisse dans l'arborescence du corps ;
 - Masquer la courbe ;

9.4.4. Fermer l'esquisse et créer la protrusion

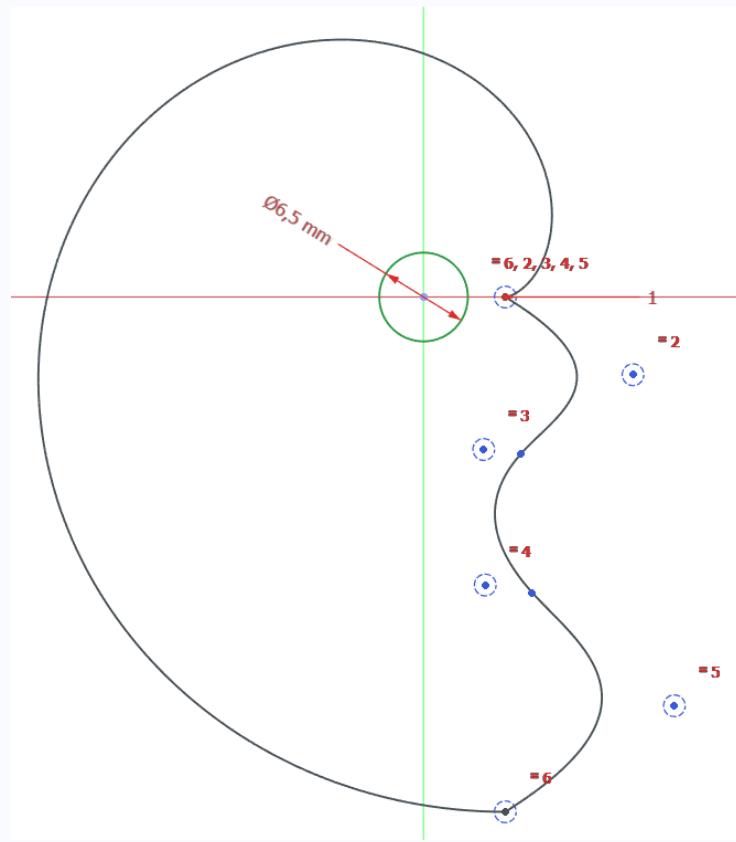
Nous allons ajouter une B-spline pour fermer l'esquisse et pouvoir créer la proéusion ;

✓ Tâches à réaliser

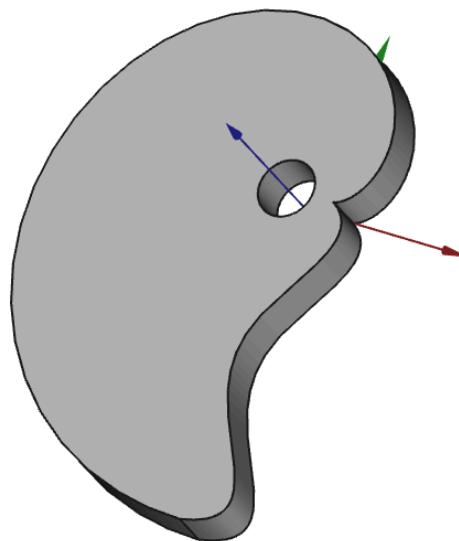
- Ouvrir l'esquisse  dans l'atelier Sketcher ;
 - Ajouter une B-spline  à 6 points de contrôle en utilisant une contrainte automatique  pour les extrémités afin de fermer le contour extérieur de l'esquisse ;



- Ajouter une cercle  de diamètre  6,5 mm centré à l'origine ;



- Fermer l'esquisse et ajouter une protrusion  de 5 mm ;



Simplifier les informations sur les B-Spline

Par défaut, FreeCAD affiche différentes informations sur la B-spline que vous pouvez masquer à l'aide du bouton déroulant :

- Affiche / masque le polygone de définition de la B-spline ; cf. [Wiki](#)
- Affiche / masque le degré de la B-spline ; cf [Wiki](#)
- Affiche / masque le peigne de courbure d'une courbe B-spline ; cf [Wiki](#)
- Affiche / masque la multiplicité des nœuds ; cf [Wiki](#)

9.4.5. Capture vidéo





10. Atelier Mesh

Objectifs

En vue d'une impression 3D, dans le cadre de ce parcours, nous n'exploiterons que les commandes suivantes de l'atelier Mesh :

- Créer un maillage à partir d'une forme ;
- Exporter un maillage permettant de créer un fichier au format STL ;

Mesh

\simeq Maillage

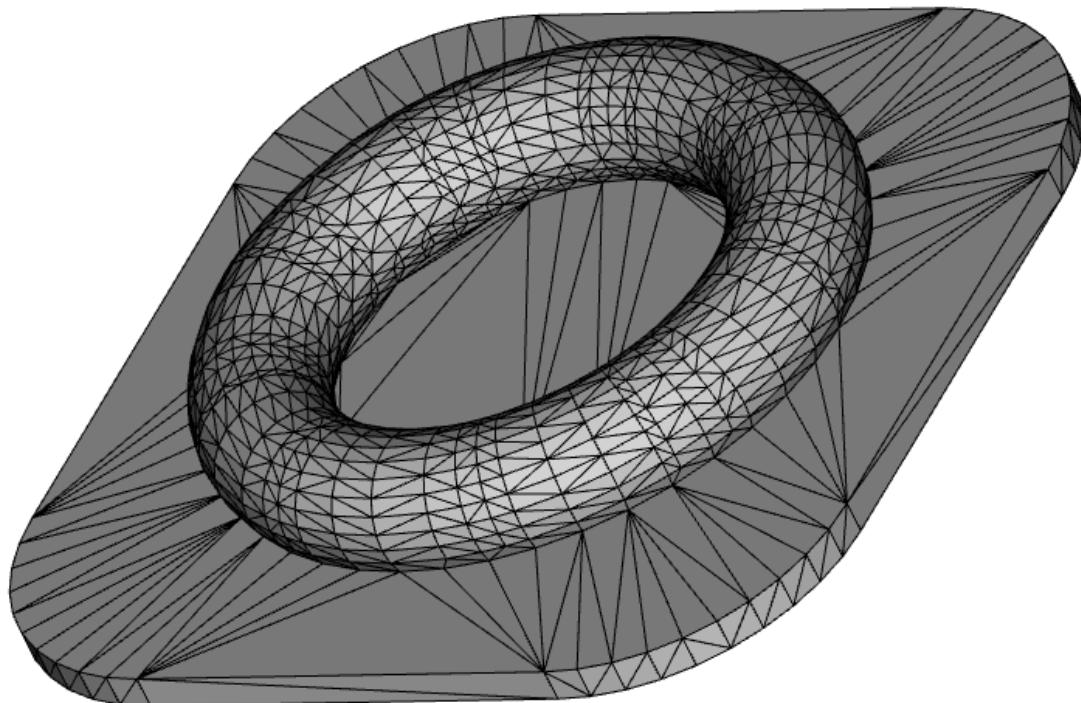
Un **mesh** ou **maillage** est un objet tridimensionnel constitué de sommets, d'arêtes et de faces organisés en polygones sous forme de fil de fer dans une infographie tridimensionnelle. Les faces se composent généralement de triangles, de quadrillatères ou d'autres polygones convexes simples, car cela simplifie le rendu. Les faces peuvent être combinées pour former des polygones concaves plus complexes, ou des polygones avec des trous.

source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Mesh_\(objet\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mesh_(objet))

Le processus permettant de passer d'un modèle d'un solide à son maillage s'appelle la **tesselation** .

Maillage d'un solide

Mesh (maillage)





Atelier Mesh

L'atelier Mesh manipule des maillages triangulés. Les maillages (mesh en anglais) sont un type particulier d'objets 3D, composés de triangles connectés par leurs arêtes et leurs sommets (aussi appelés vertices).

Cet atelier permet notamment de créer rapidement des maillages à partir de modèle de solide.

cf https://wiki.freecadweb.org/Mesh_Workbench/fr

10.1. TP 10-1

Tâches à réaliser

- Si nécessaire, activer l'atelier Mesh Design à l'aide de l'onglet Ateliers de la commande Outils → Personnaliser ;
- Télécharger le fichier [exempleMesh.FCStd](#) et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Dans l'atelier Mesh Design, créer un maillage de l'objet Pad à l'aide de la commande Pad ;
- Créer un fichier Pad.stl du maillage à l'aide de la commande File.

Pour mieux visualiser le maillage :

- Masquer l'objet Pad ;



11. Atelier TechDraw

Dans FreeCAD, la modélisation du solide s'effectue essentiellement dans la **vue 3D** mais il est parfois nécessaire de produire des documents de communication : documentation, plans de fabrication, documents contractuels ou administratifs...

L'atelier TechDraw permet de produire des **dessins techniques** à partir de modèles 3D, créés notamment avec PartDesign .

Dessin Technique

Un dessin technique est une **représentation graphique normalisée** d'un objet, d'un système ou d'un ouvrage qui permet de communiquer de manière précise et sans ambiguïté des informations nécessaires à la fabrication, à l'assemblage ou à la compréhension d'un objet ou d'un système.

Caractéristiques principales :

- Respecte des normes précises (comme ISO ou ANSI) pour garantir une compréhension universelle ;
- Utilise des vues (en plan, de face, de côté, en coupe) pour montrer tous les détails nécessaires ;
- Inclut souvent des cotes, des légendes, des matériaux, des tolérances, etc...

Atelier TechDraw

L'atelier TechDraw est utilisé pour produire des dessins techniques de base à partir de modèles 3D créés notamment avec PartDesign .

- Chaque dessin est une **feuille** pouvant contenir diverses **vues** d'objets pouvant être dessinés : corps, groupe d'objets ;
- Les dessins résultants peuvent être utilisés pour des éléments tels que la documentation, les instructions de fabrication, les contrats, les permis, etc...

Des dimensions, des sections, des zones hachurées, des annotations et des symboles SVG peuvent être ajoutés à la feuille, qui peuvent ensuite être exportés vers différents formats tels que DXF, SVG et PDF.

FreeCAD propose deux commandes permettant d'ajouter une feuille de dessin à un document FreeCAD :

- ajoute une feuille à l'aide du fichier modèle spécifié dans les préférences de l'atelier TechDraw ;
- feuille ajouté à l'aide du fichier de modèle sélectionné dans une boîte de dialogue ;

cf. W https://wiki.freecad.org/TechDraw_Workbench/fr

Objectifs du chapitre

- Créer des plans : groupe de projections, coupe, dessin de détail de modèles 3D ;
- Cotation et annotations des plans ;



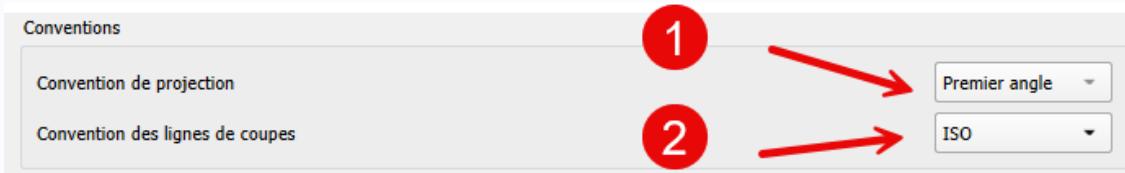
11.1. Configuration de l'atelier

Objectifs

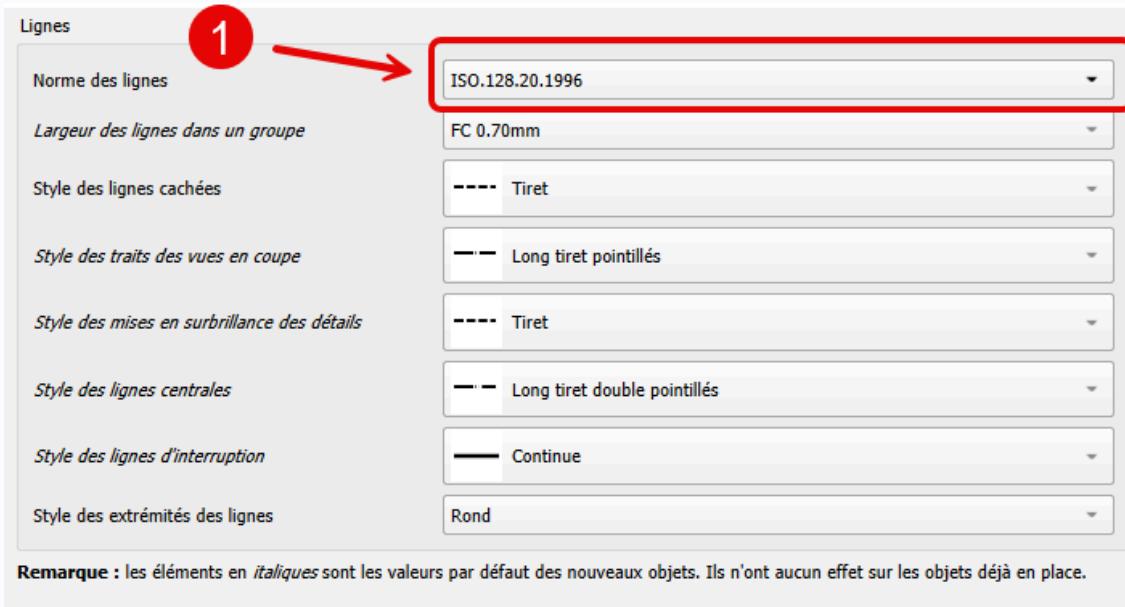
- Régler les préférences de l'atelier TechDraw W ;

Tâches à réaliser

- Ouvrir l'atelier TechDraw et sélectionner la commande Édition → Préférences ;
- Modifier / vérifier les réglages ci-dessous ;
 - Rubrique **Général** : Conventions européennes :

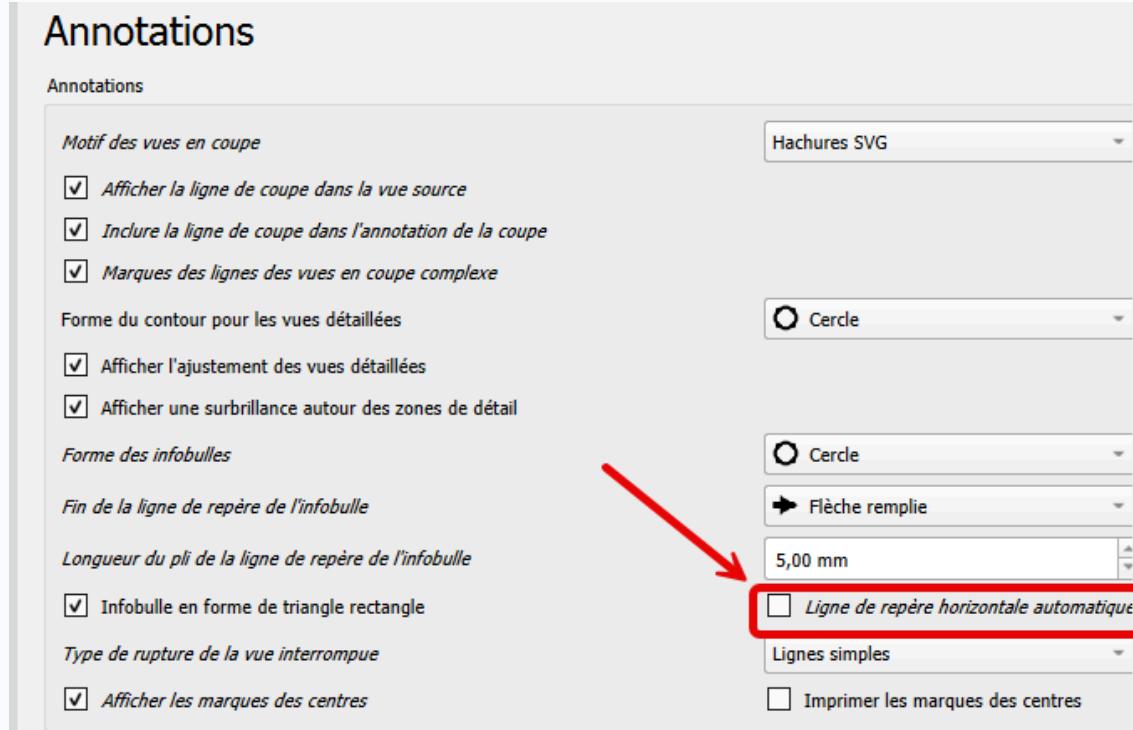


- Rubrique **Annotations** : normes européennes pour les lignes :



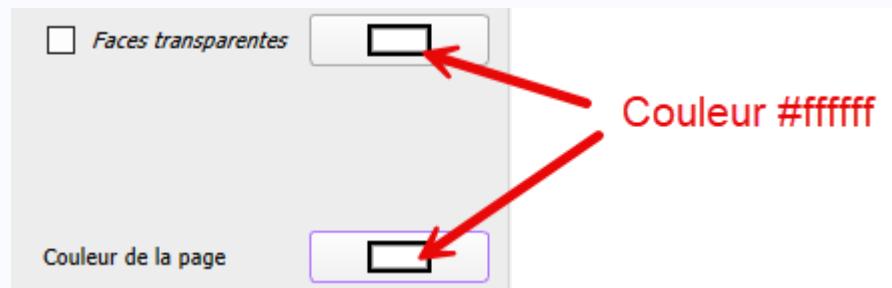


- Rubrique **Annotations** : décocher ligne de repère horizontale automatique :



Désactiver Ligne de repère horizontale automatique

- Rubrique **Couleurs** : fond blanc pour les pages et les faces :



Rappel des conventions

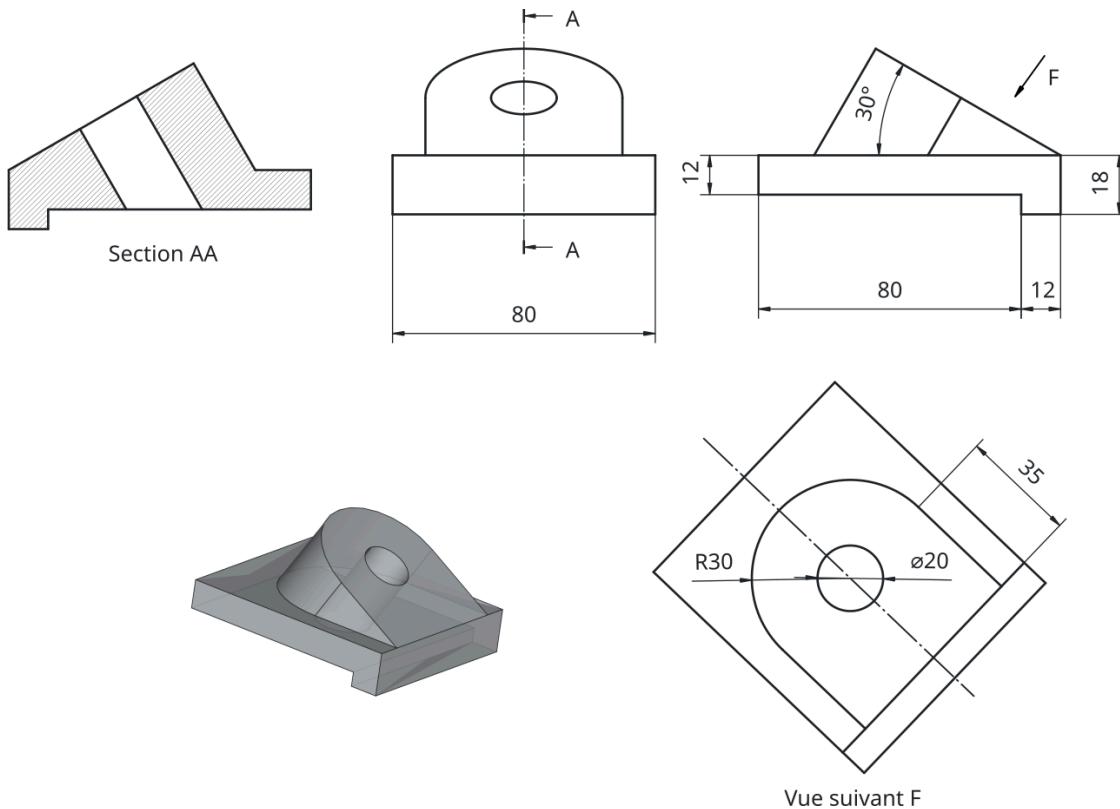
- La norme ANSI est surtout utilisée en Amérique du Nord, la norme ISO dans le reste du monde, notamment en Europe ;

Aspect	ISO	ANSI
Projection	1 ^{er} angle	3 ^{ème} angle
Formats	Série A (mm)	Série ANSI (pouces)
Unités	Système métrique	Pouces ou métrique
Normes associées	ISO 128, 129, 216, 3098	ASME Y14.x



11.2. TP 11-1

Nous allons ajouter une feuille contenant le **dessin technique** de définition du solide modélisé lors du TP 3-3 :



Feuille de dessin TechDraw

Objet créé par l'atelier TechDraw. FreeCAD propose différents modèles de feuille :

- de différentes tailles : A0 à A4 ;
- orientation : Portrait ou Paysage (landscape) ;
- avec ou sans cartouche (blank) ;

cf. https://wiki.freecad.org/TechDraw_PageDefault/fr

11.2.1. Groupe de projections

Objectifs

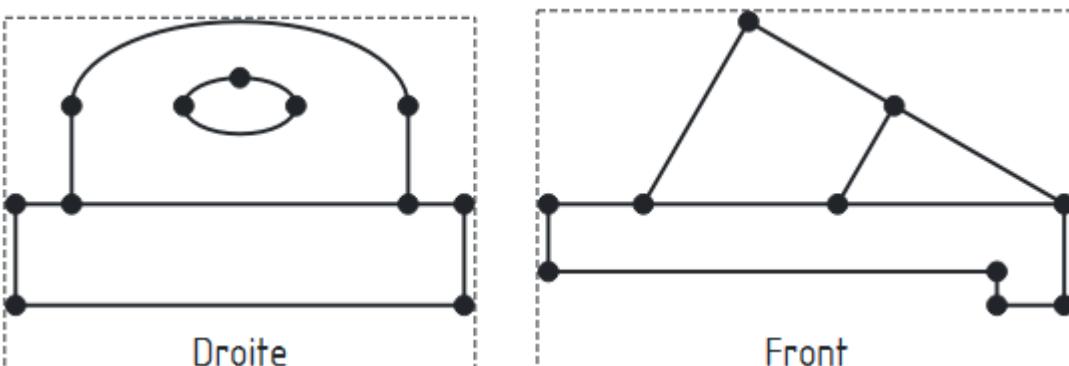
Dans l'atelier TechDraw , utiliser les commandes :

- Feuille à partir d'un modèle [W](#) pour ajouter une feuille de dessin ;
- Insérer une vue [W](#) ;



▼ Tâches à réaliser

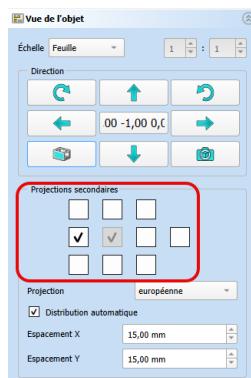
- Télécharger le fichier [TP3-3.FCStd](#) sur votre ordinateur et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer ce document sous le nom [TP11-1.FCStd](#) ;
- Dans l'atelier TechDraw , créer une feuille au format A3, Paysage, sans cartouche à l'aide de la commande Feuille à partir d'un modèle ;
- Sélectionner l'objet Pocket dans l'onglet **Modèle** et crée la vue groupe de projections ci-dessous à l'aide la commande Insérer une vue ;



Vue : Groupe de projections

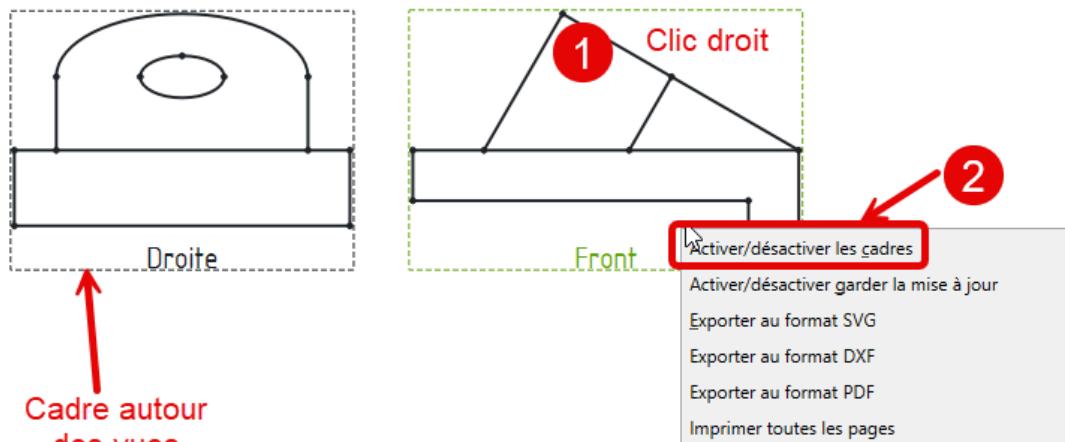
💡 Truc & astuce

- Pour créer la feuille, sélectionner le modèle [A3_Landscape_blank.svg](#) ;
- Pour créer la vue groupe de projections : sélectionner la vue de face et la vue de droite ;



⌚ Cadres autour des vues

Par défaut, FreeCAD affiche des cadres autour des vues que vous pouvez **activer / désactiver** à l'aide d'un clic droit sur une vue ou de la commande [TechDraw → Vues de TechDraw → Activer / désactiver les cadres de vues](#) ;



Activer / désactiver les cadres autour des vues

11.2.2. Vue en coupe

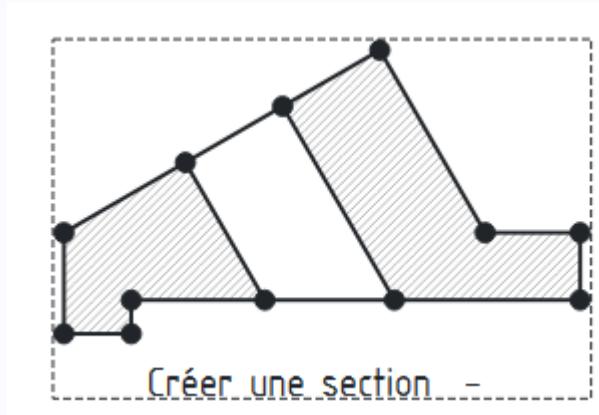
Objectifs

Dans l'atelier TechDraw , utiliser les commandes :

- Insérer une vue en coupe pour insérer une coupe ;

Tâches à réaliser (suite)

- Sélectionner la vue de droite et créer la vue en coupe ci-dessous à l'aide de la commande Insérer une vue en coupe ;



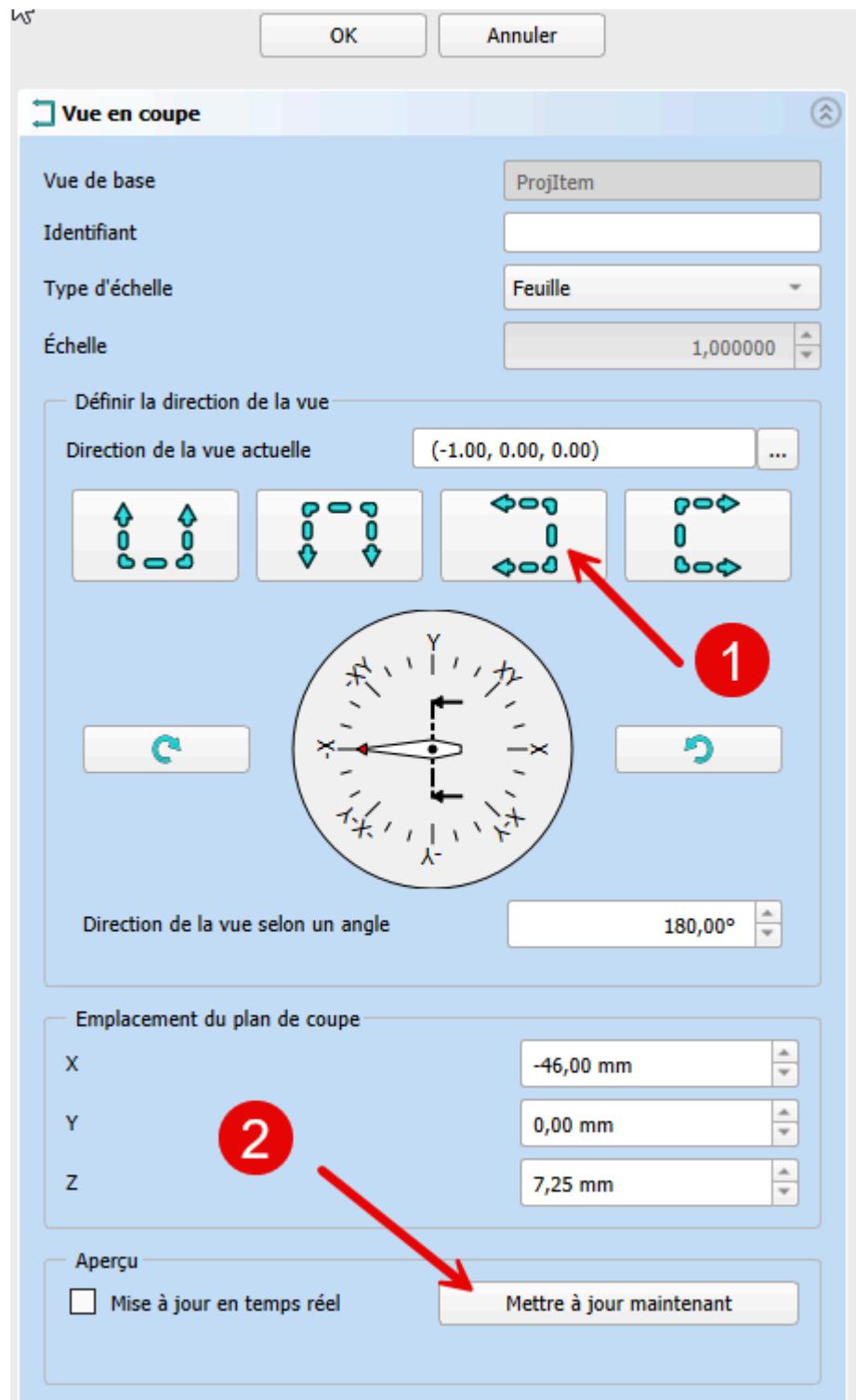
Vue en coupe

- Repositionner les vues ;



💡 Truc & astuce

- Sélectionner la direction de la vue ;
- Cliquer sur le bouton **Mettre à jour maintenant** pour afficher la vue ;



Paramètres de la vue en coupe



11.2.3. Vue oblique

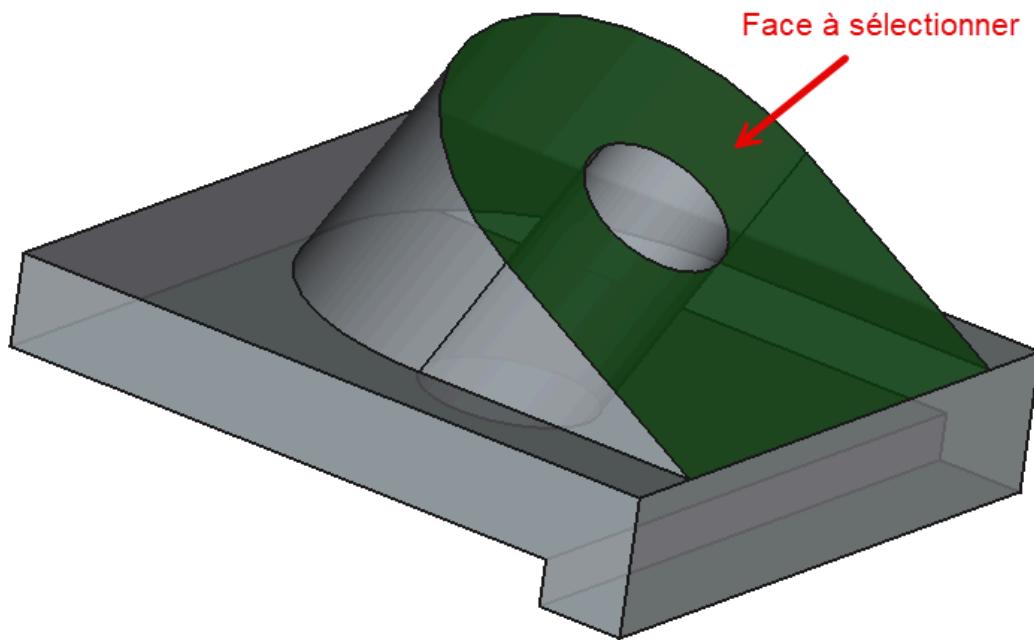
Objectifs

Dans l'atelier TechDraw , utiliser les commandes :

-  Insérer une vue  pour créer une projection suivant une face ;

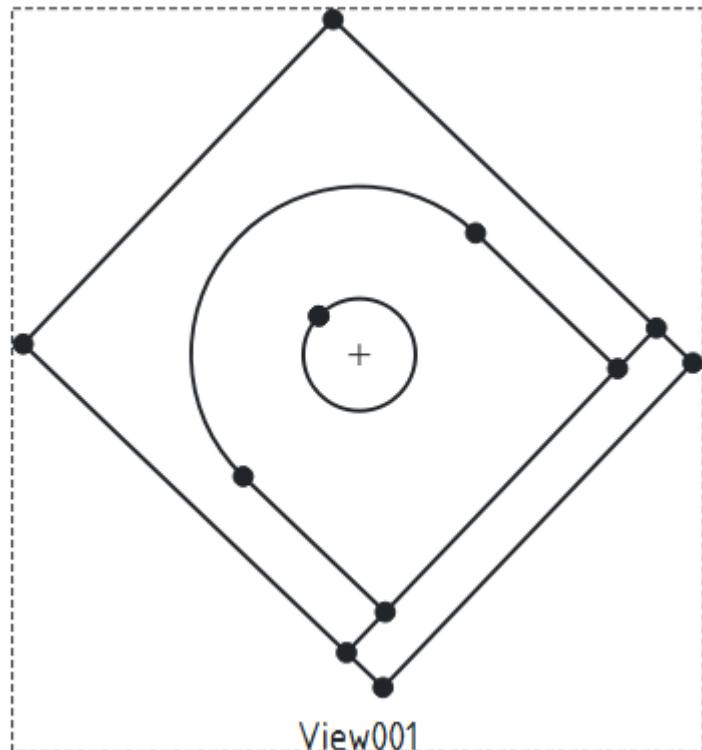
Tâches à réaliser (suite)

- Afficher l'onglet **TP11-1** contenant la vue 3D du modèle et sélectionner la face inclinée supérieure ;





- Revenir à l'onglet contenant la feuille de dessin, sélectionner à nouveau la commande Vue et cliquer sur le bouton pour créer la vue ci-dessous :



Vue suivant F

11.2.4. Cotes & annotations

Objectifs

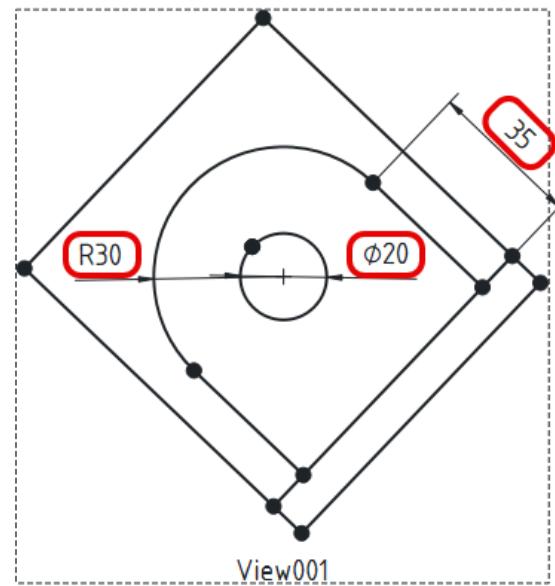
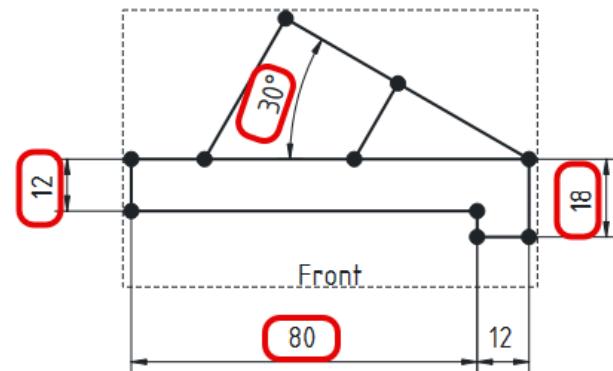
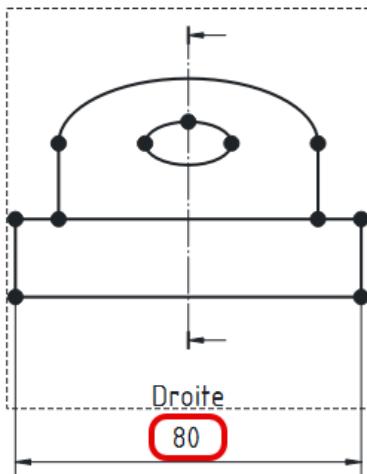
Utiliser les commandes de l'atelier TechDraw :

- Insérer une cote pour ajouter des cotes au dessin ;
- Insérer une ligne centrale entre deux lignes pour ajouter un axe de symétrie ;
- Insérer une ligne à une vue pour ajouter une flèche de direction ;
- Insérer une annotation ;

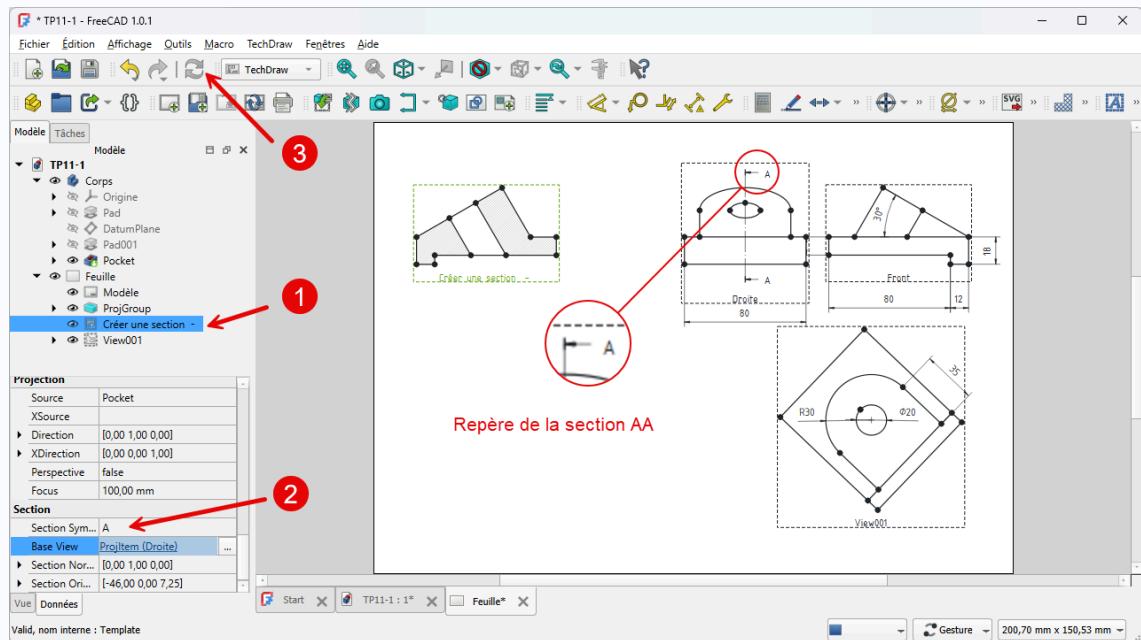


☰ Tâches à réaliser

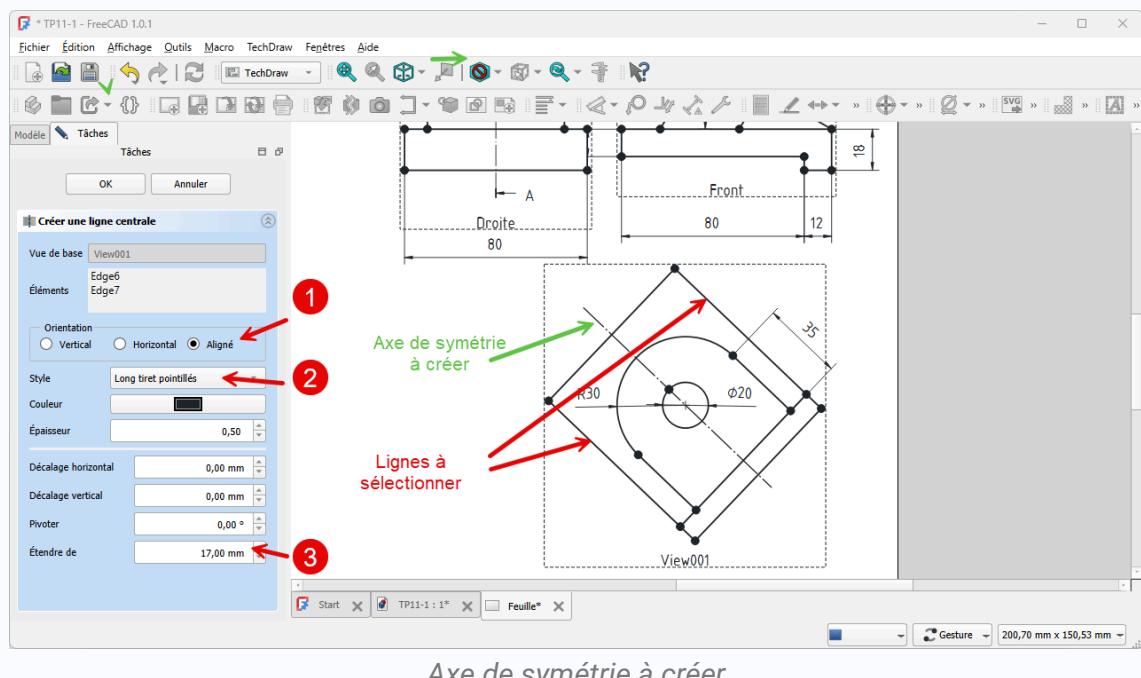
- A l'aide de la commande Insérer une cote, ajouter les cotes suivantes :



- Ajouter la lettre A pour repérer la section :



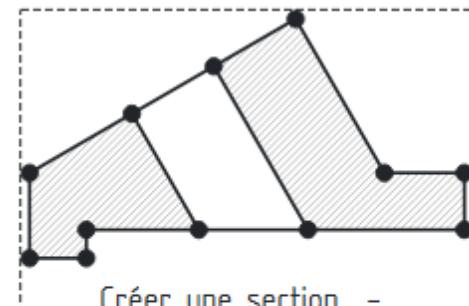
- Ajouter un axe de symétrie à la vue suivant F à l'aide de la commande || Ajouter une ligne centrale entre deux lignes :



- Ajouter une légende (caption) « Section AA » à la vue en coupe ;



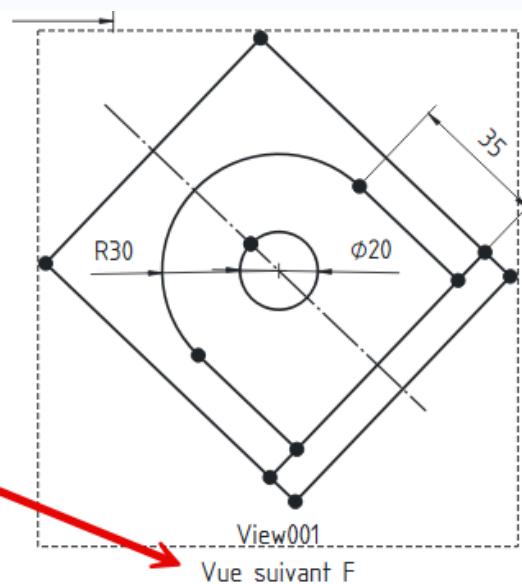
Appearance	
Section Line... 1,00	
Base	
X	74,35 mm
Y	228,37 mm
Lock Position	false
Rotation	90,00 °
Scale Type	Page
Scale	1,00
Caption	Section AA
Label	Créer une section -



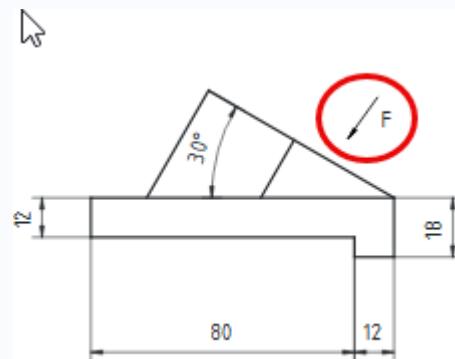
- Ajouter une légende « Vue suivant F » à la vue projection du plan inclinée :

Base	
Type	Front
Rotation Ve...	[1,00 0,00 0,00]
X	326,96 mm
Y	101,15 mm
Lock Position	false
Rotation	0,00 °
Scale Type	Page
Scale	1,00
Caption	Vue suivant F
Label	view001

HLR Parameters	
Coarse View	false
Smooth Visi...	true
Seam Visible	false
Iso Visible	false
Hard Hidden	false
Smooth Hid...	false
Seam Hidden	false
Iso Hidden	false
Vue	Données



- Ajouter une flèche montrant la direction de la projection de la vue oblique :



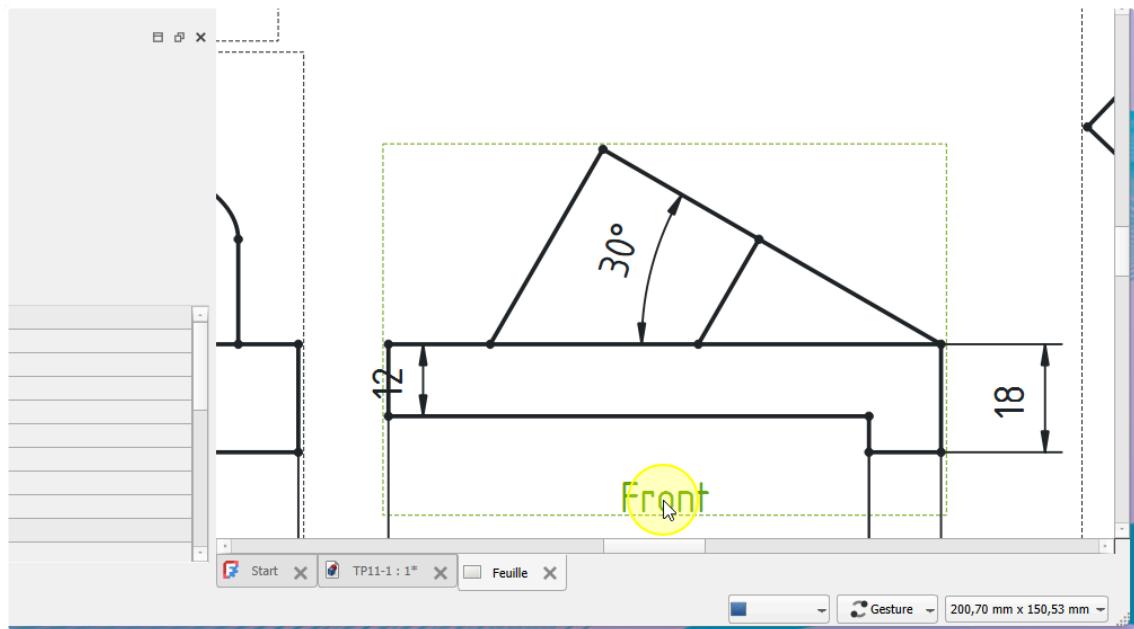


11.2.4.1. Insertion de la direction pour la vue oblique

Pour insérer la flèche montrant la direction de la projection de la vue suivant F

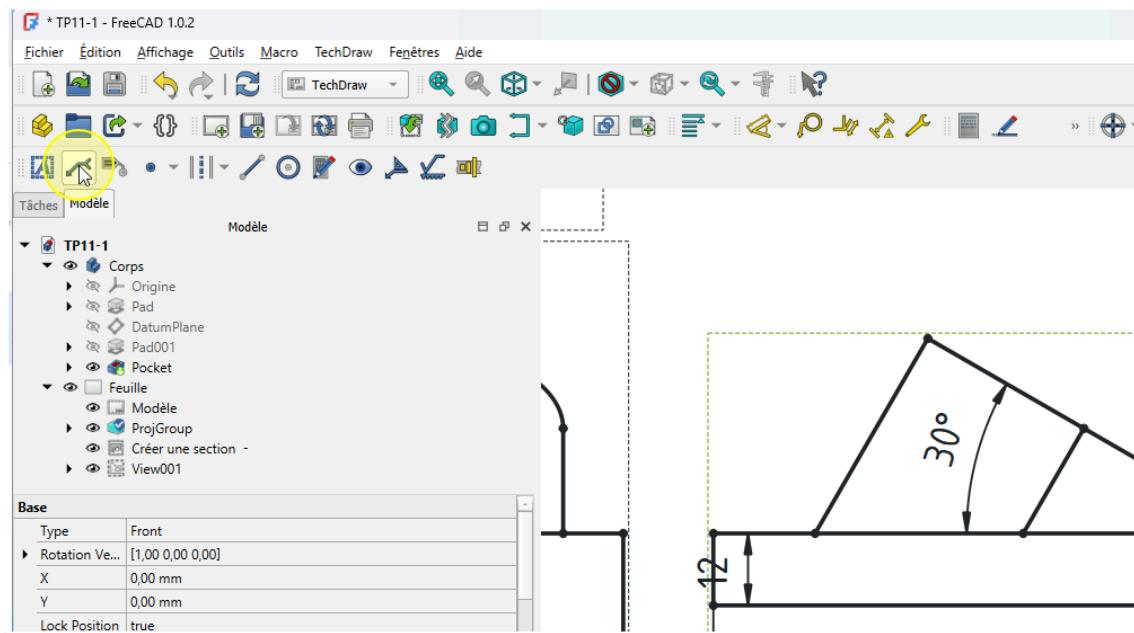
Procédure

1. Sélectionner la vue de face



Sélection de la vue

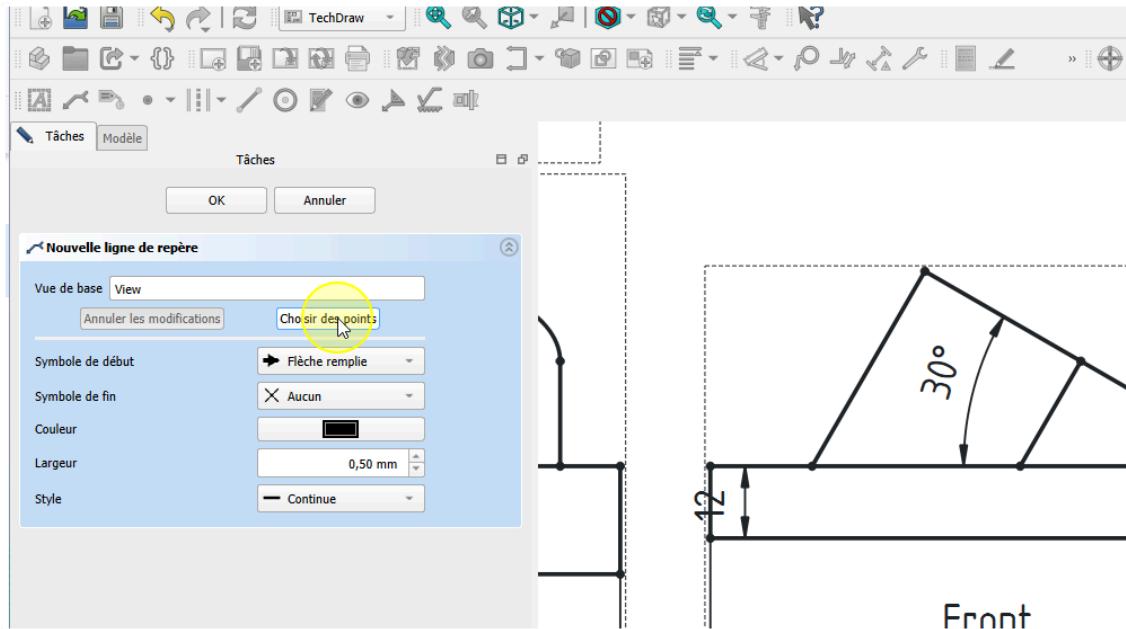
2. Cliquer sur la commande Ajouter une ligne de repère à la vue ;



Sélectionner la commande Ligne de repère

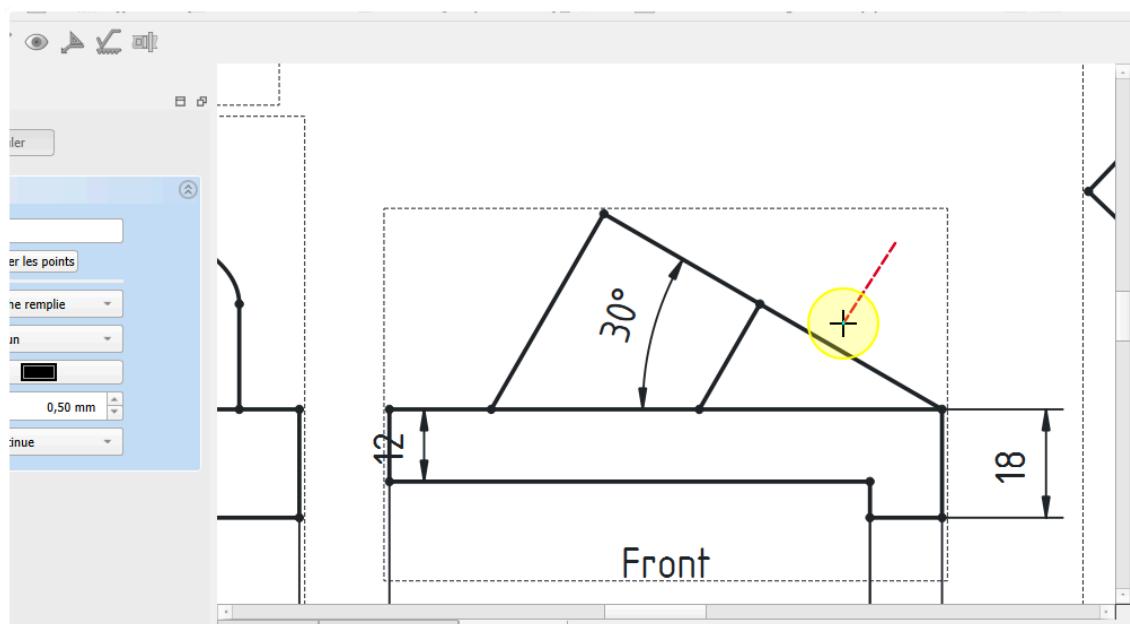


3. Cliquer sur le bouton **choisir des points** ;



Cliquez sur le bouton Choisir des points

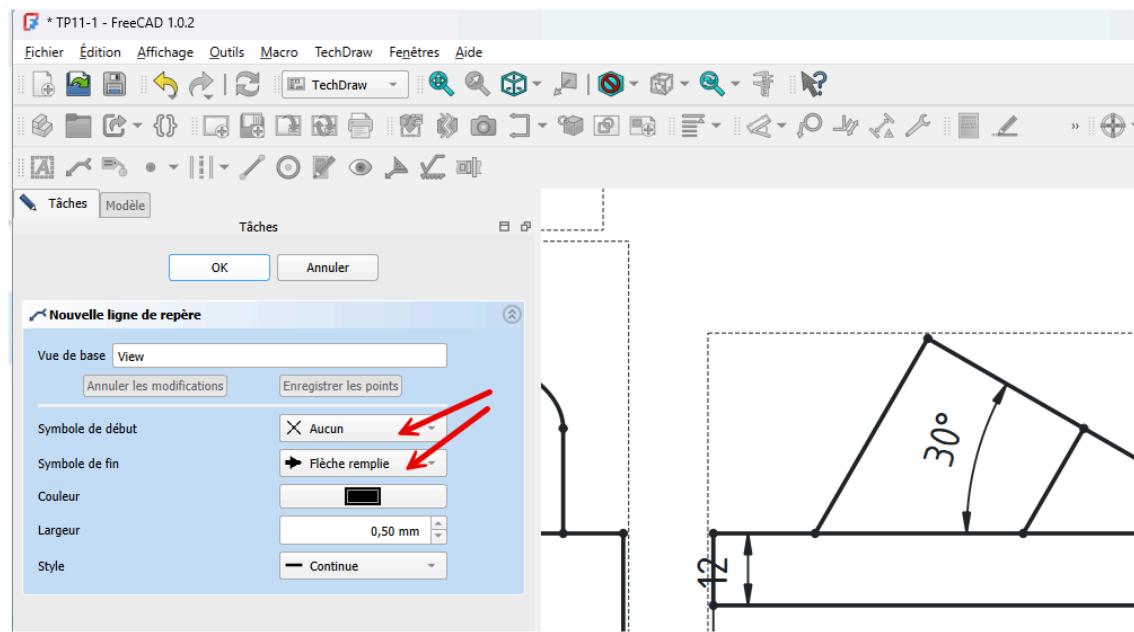
4. Cliquer gauche pour saisir le premier point et double-cliquer gauche pour saisir le deuxième point de la flèche et clôturer la saisie ;



Saisir les points du repère

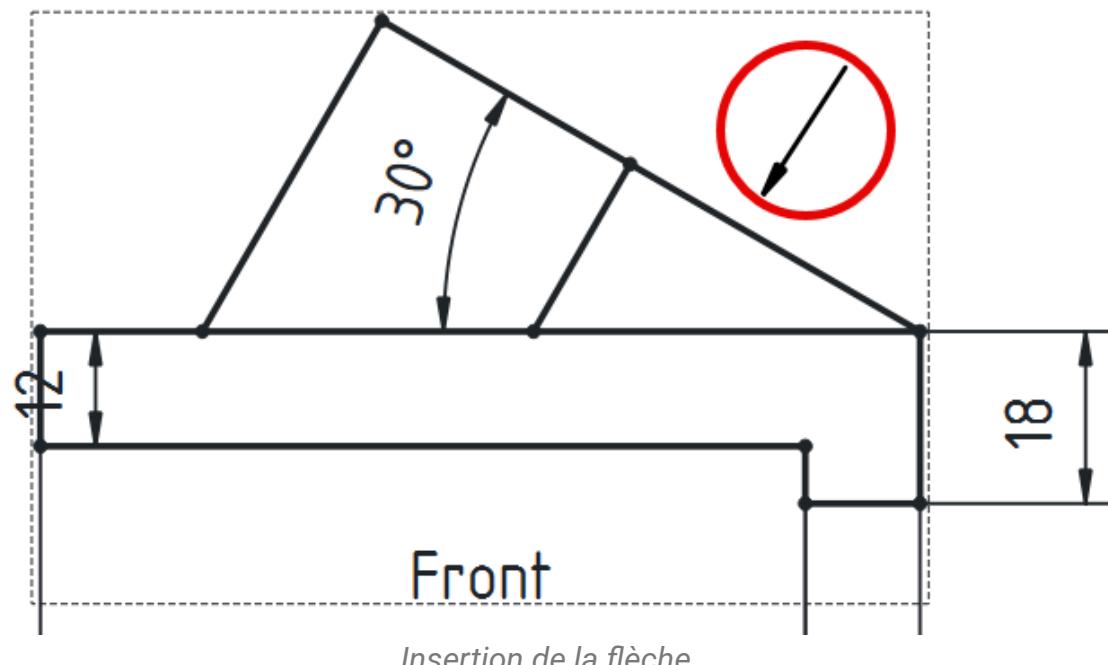


5. Si nécessaire ajuster le symbole de début et de fin ;



Ajuster les symboles de début et de fin

6. Valider



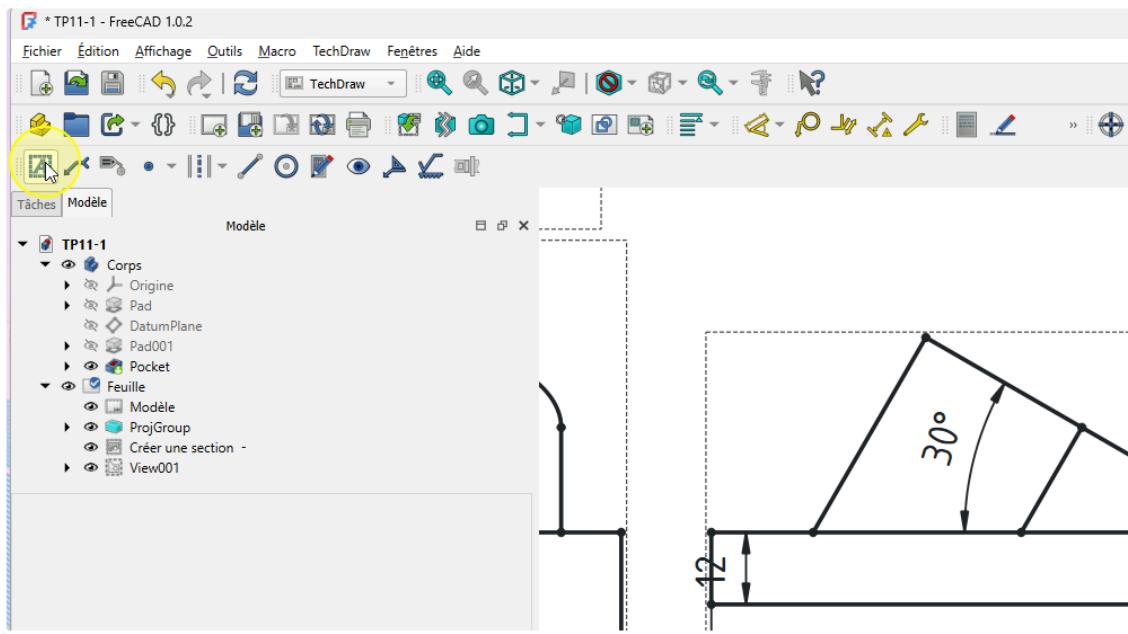
Insertion de la flèche



Pour insérer la lettre F

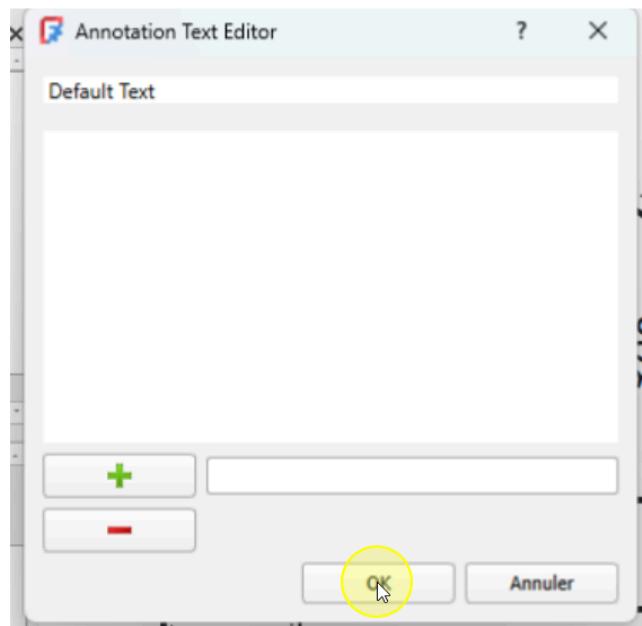
Procédure

1. Cliquer le sur bouton Insérer une annotation ;



Cliquer sur la commande Annotation

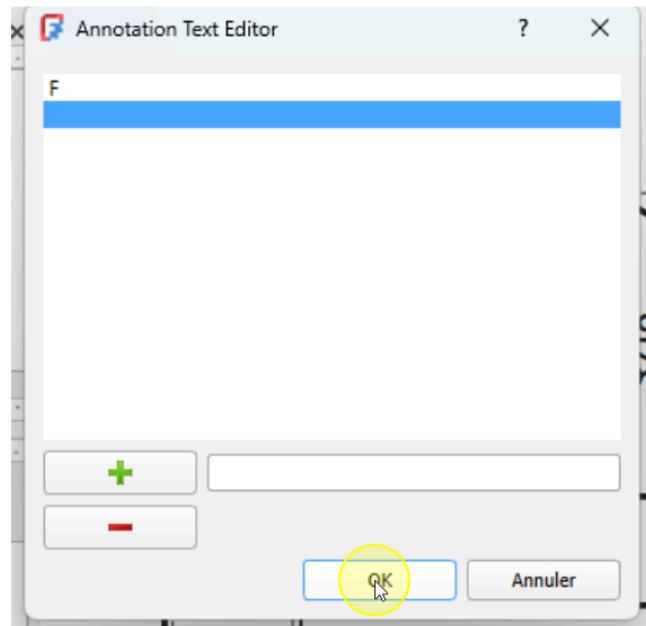
2. Double cliquer sur l'annotation ;



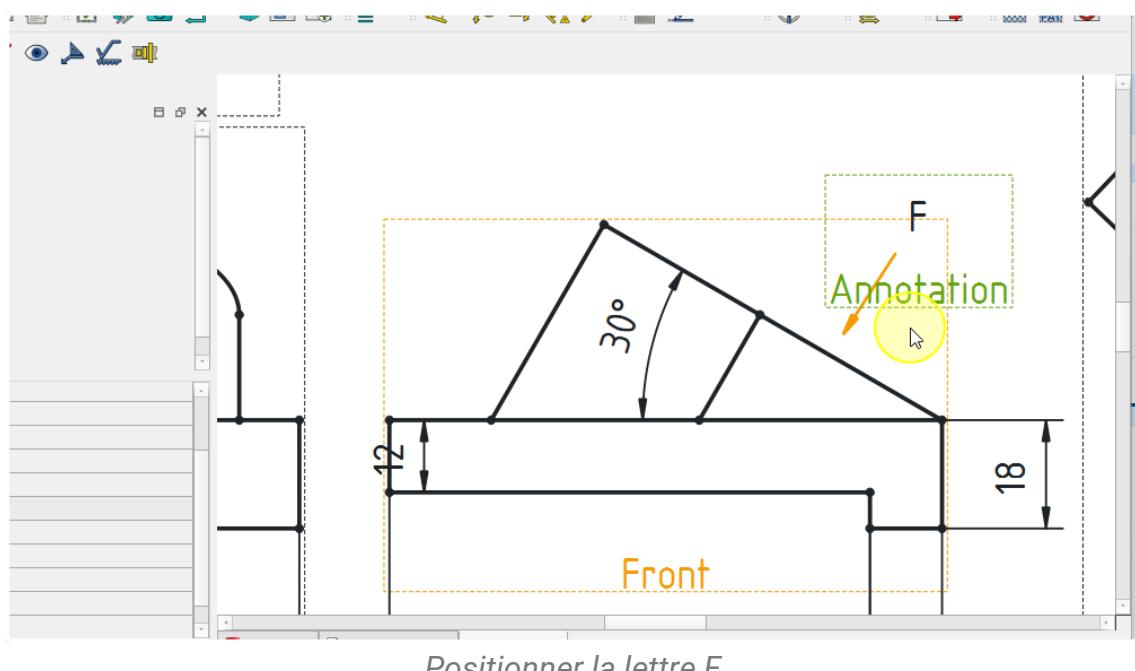
Édition de l'annotation



3. Modification de l'annotation et valider

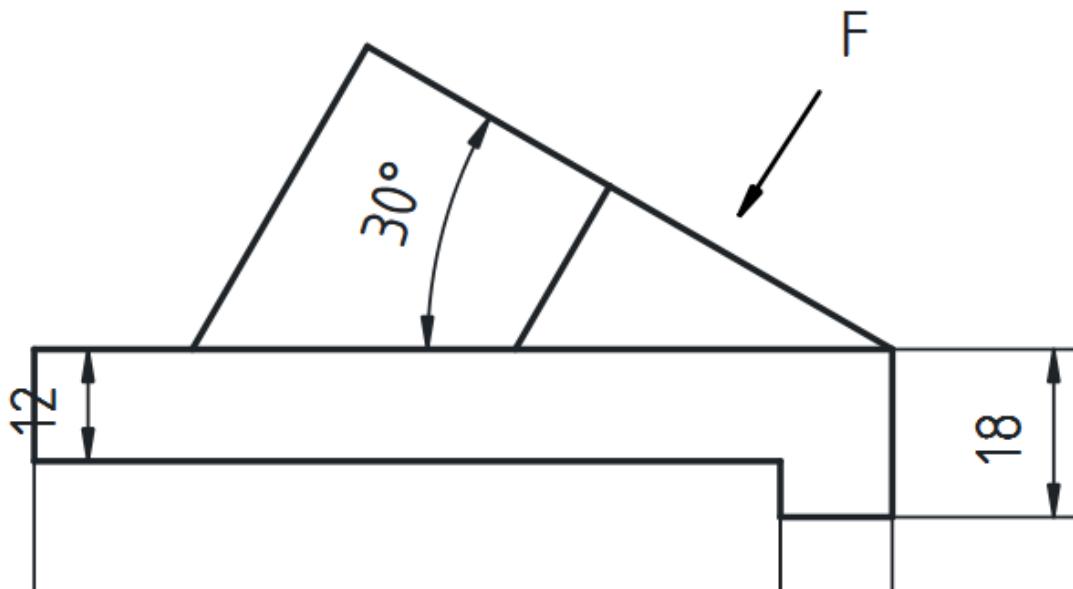


4. Positionner l'annotation ;





5. Masquer les cadres à l'aide d'un clic droit sur la vue ;



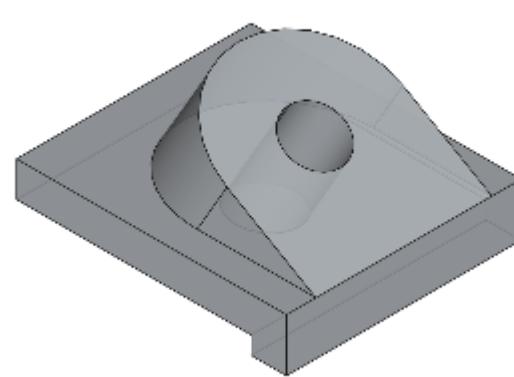
11.2.5. Vue 3D

Objectifs

- Ajouter une vue 3D au dessin technique ;
- Utiliser la commande **Vue active** W ;

Tâches à réaliser

- Sélectionner l'ongle **TP11-1** et afficher une vue isométrique du modèle ;
- Revenir à l'onglet **Feuille** et sélectionner la commande insérer une vue ;



Vue active

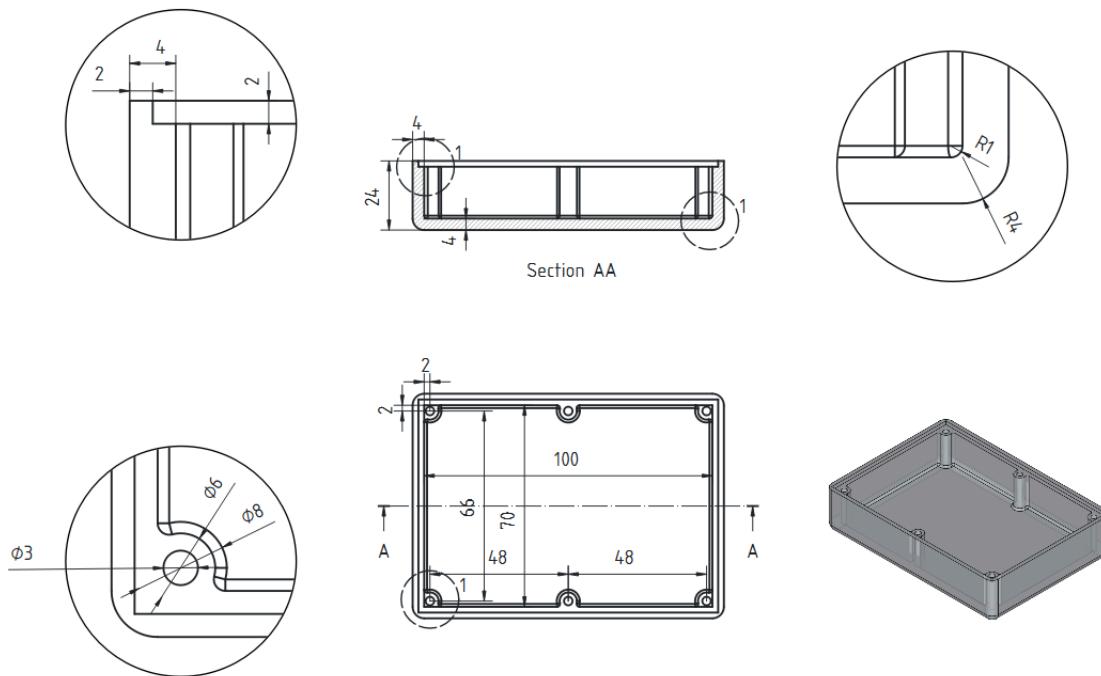
- Activer les cadres de vue si nécessaire et repositionner les vues dans la feuille ;



- Désactiver les cadres de vues après le repositionnement ;

11.3. TP 11-2

Nous allons ajouter une feuille contenant le **dessin technique** de définition du solide modélisé lors du TP 6-2 :



Dessin technique du TP 6-2

Ce dessin technique contiendra plusieurs vues de détail ;

11.3.1. Vue principale & coupe

Objectifs

Dans l'atelier TechDraw , utiliser les commandes :

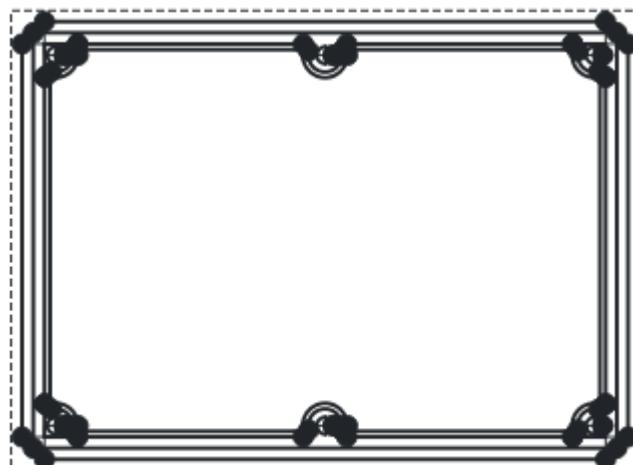
- Feuille à partir d'un modèle** pour ajouter une feuille de dessin ;
- Insérer une vue** ;

Tâches à réaliser

- Télécharger le fichier **TP6-2.FCStd** sur votre ordinateur et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer ce document sous le nom **TP11-2.FCStd** ;
- Dans l'atelier TechDraw , créer une feuille au format A3, **Paysage, sans cartouche** à l'aide de la commande **Feuille à partir d'un modèle** ;

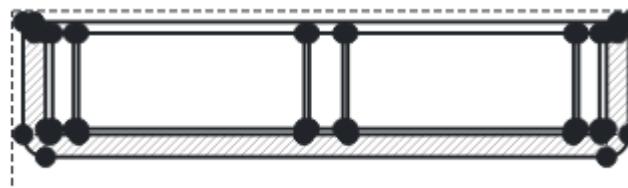


- Sélectionner l'objet Fillet001 dans l'onglet **Modèle** et crée la vue groupe de projections ci-dessous à l'aide la commande Insérer une vue ;



Vue principale

- Sélectionner la vue et insérer la vue en coupe ci-dessous :



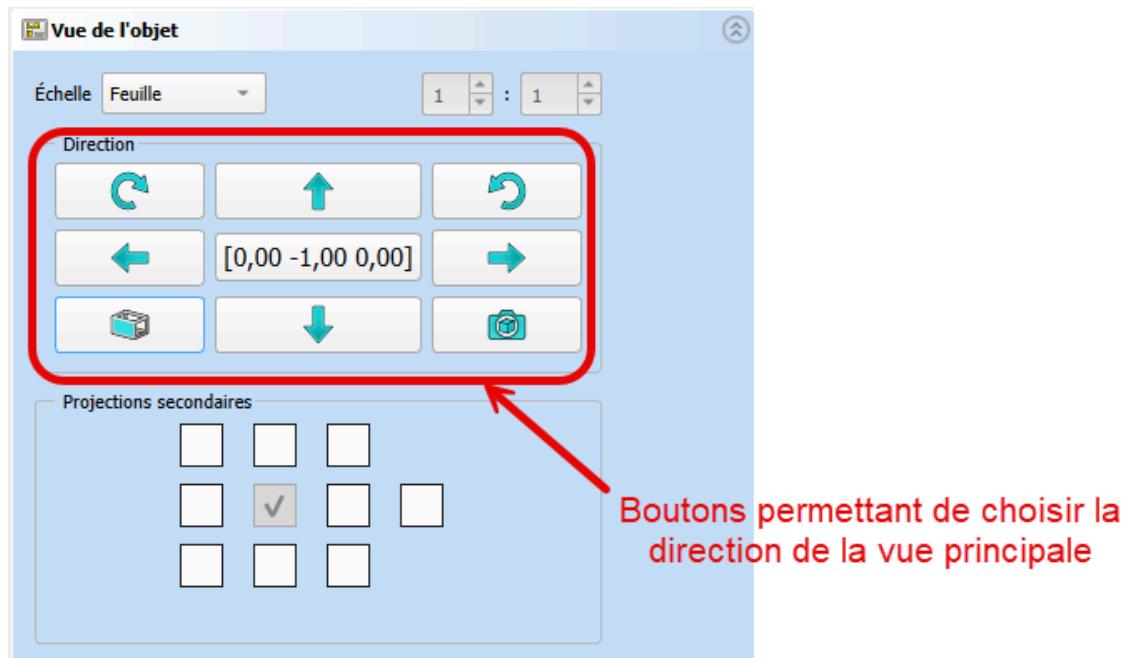
Créer une section -

Vue en coupe



💡 Truc & astuce

- Pour choisir la direction de la vue principale, utiliser les boutons de direction de l'onglet Tâches :



11.3.2. Cotes

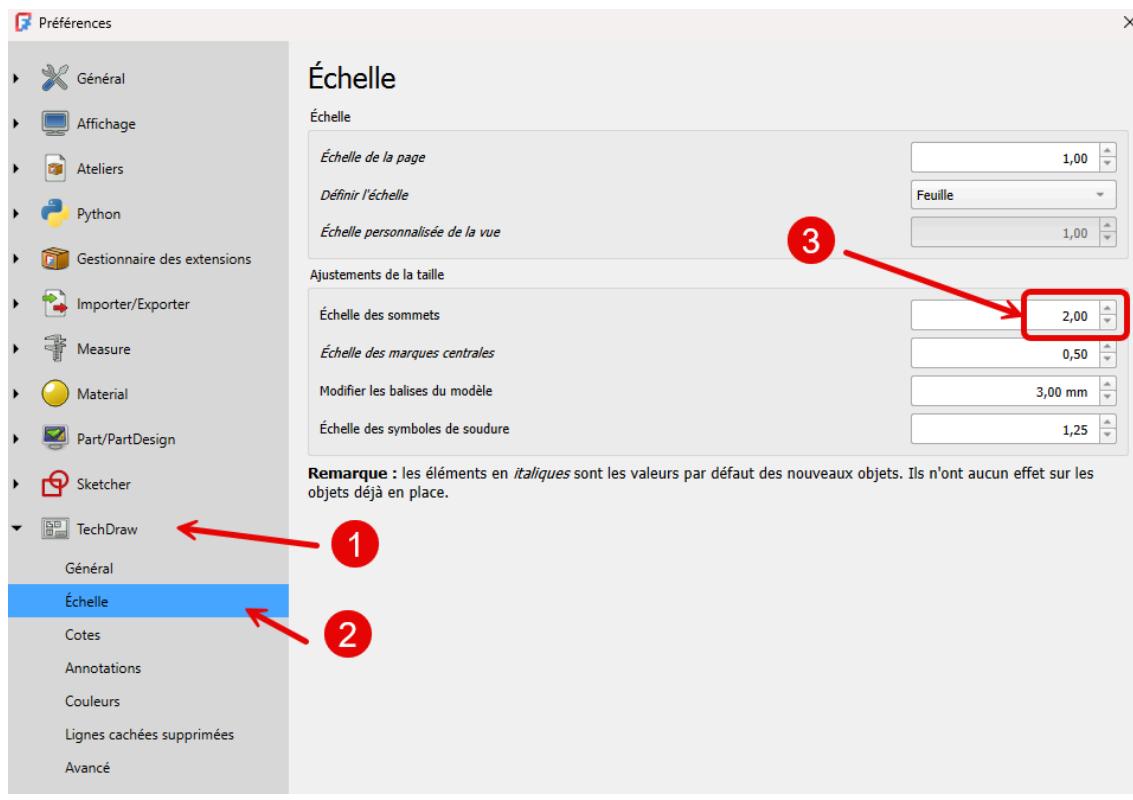
🎯 Objectifs

Utiliser les commandes de l'atelier TechDraw

- Insérer une cote [W](#) pour ajouter des cotes au dessin ;

💡 Taille des points de saisie pour la cotation

- Si la taille des points pour la saisie des cotes est trop grosse, vous pouvez la diminuer : Il faut sélectionner la commande Édition → Préférences, rubrique TechDraw → Échelle et diminuer la valeur de l'échelle des sommets ;

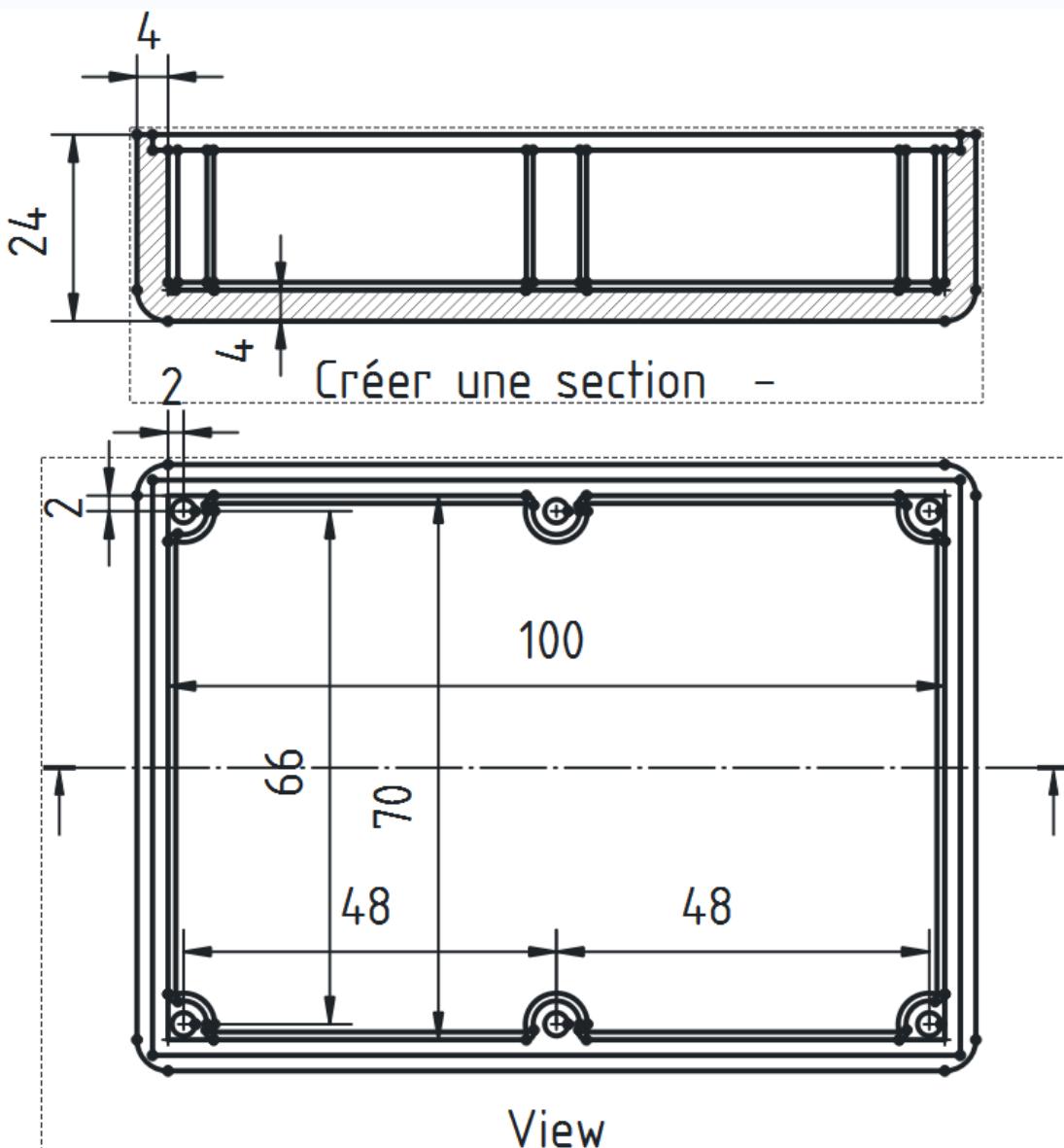


Échelle des sommets (tailles des points de sélection pour la cotation)



🕒 Tâches à réaliser

- A l'aide de la commande Insérer une cote, ajouter les cotes suivantes :



Cotation de la vue principale et de la coupe

- Ajouter la lettre A pour repérer la section et ajouter une légende (caption) « Section AA » à la vue en coupe ;

11.3.3. Vue détaillée

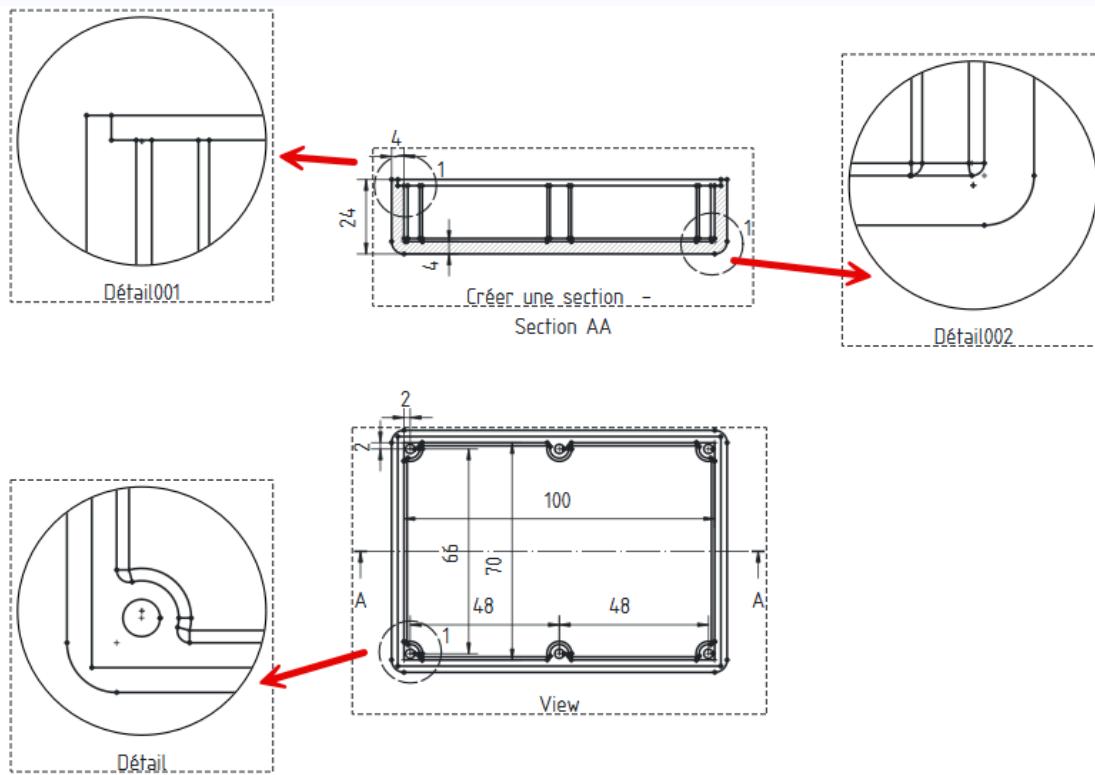
🎯 Objectifs

- Utiliser la commande Vue détaillée W ;



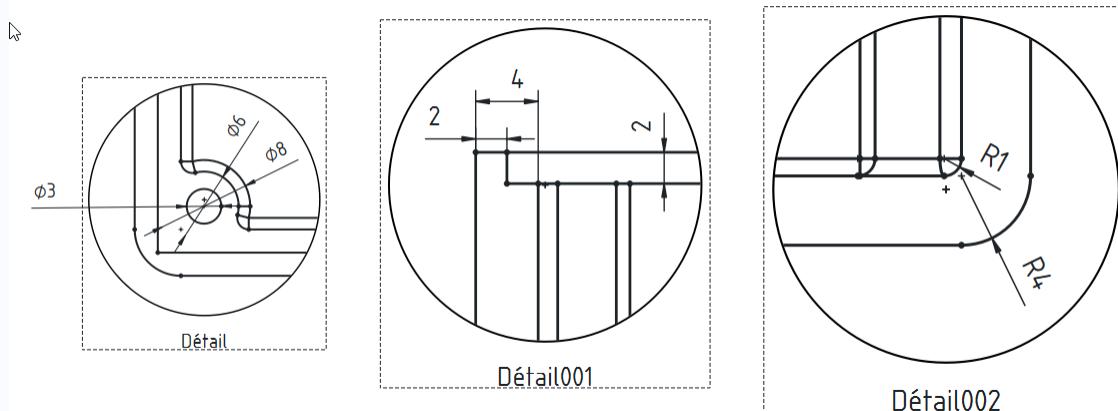
☰ Tâches à réaliser

- Ajouter les vues détaillées ci-dessous :



Vues détaillées à créer

- Compléter la cotation des vues détaillées comme ci-dessous :



Vues détaillées cotées

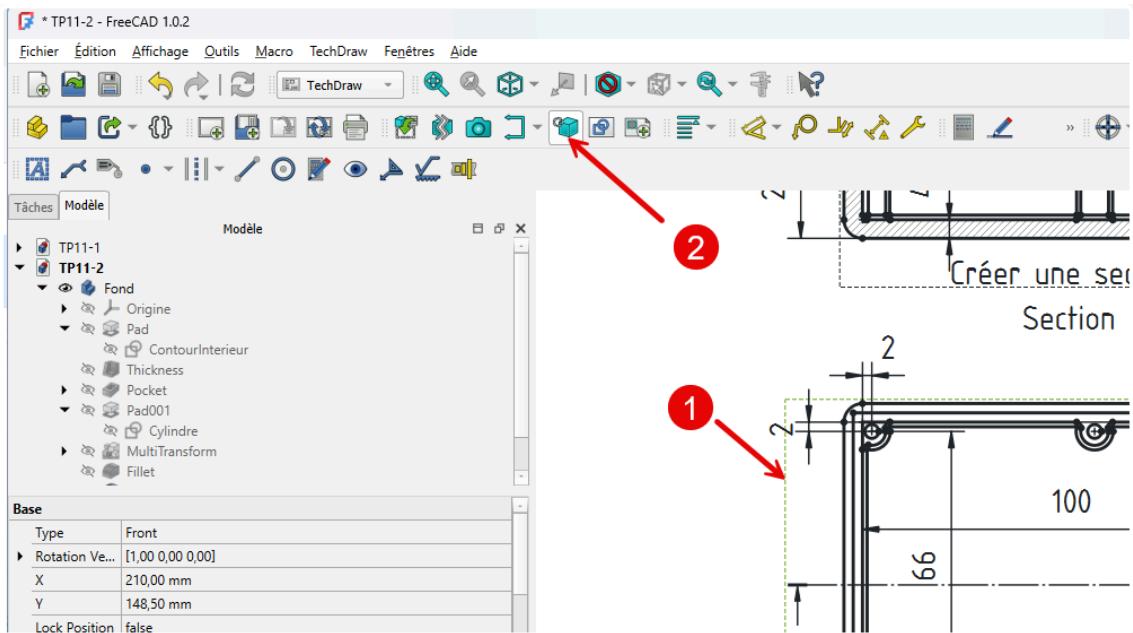


11.3.3.1. Insérer une vue détaillée

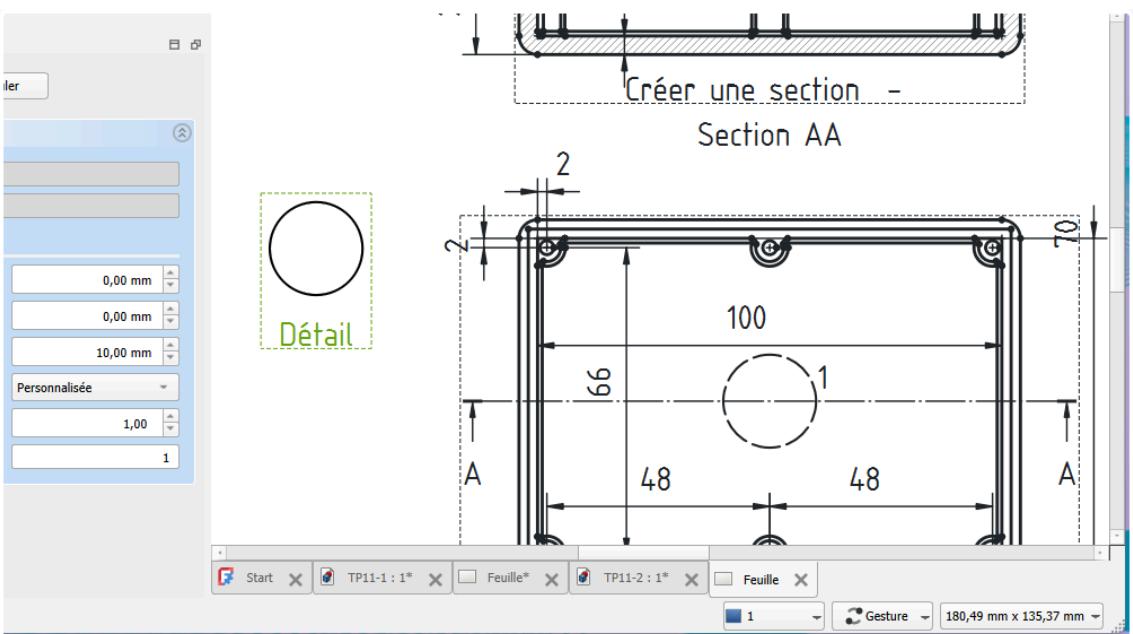
Pour insérer une vue détaillée

Procédure

1. Sélectionner la vue de base pour la vue détaillée et sélectionner la commande ;

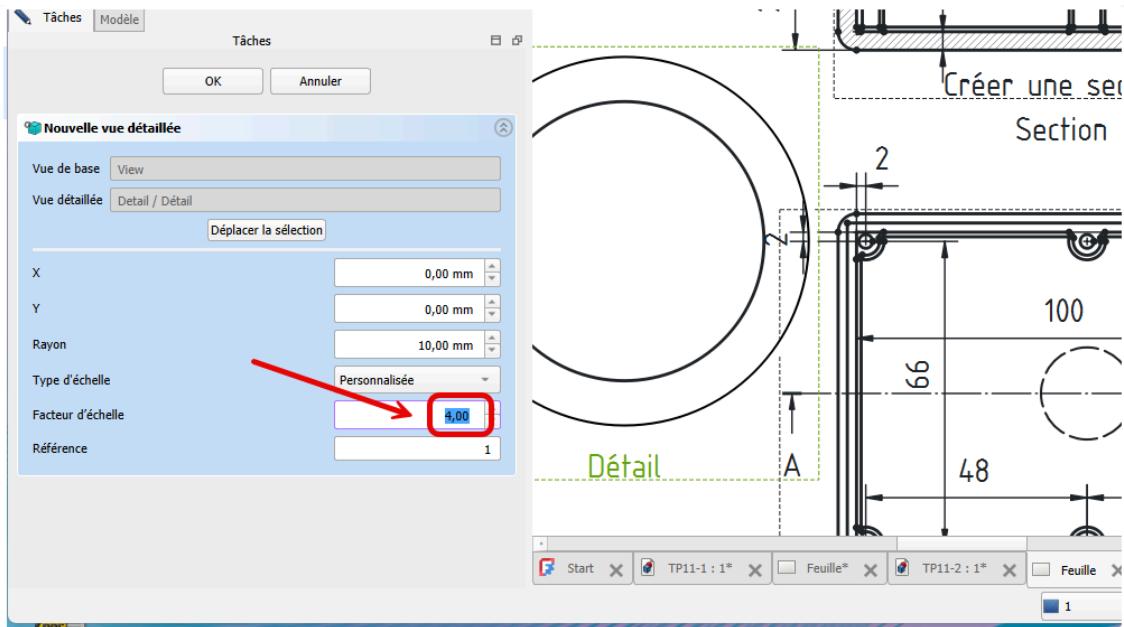


2. Déplacer la vue détaillée en dehors de la vue de base ;

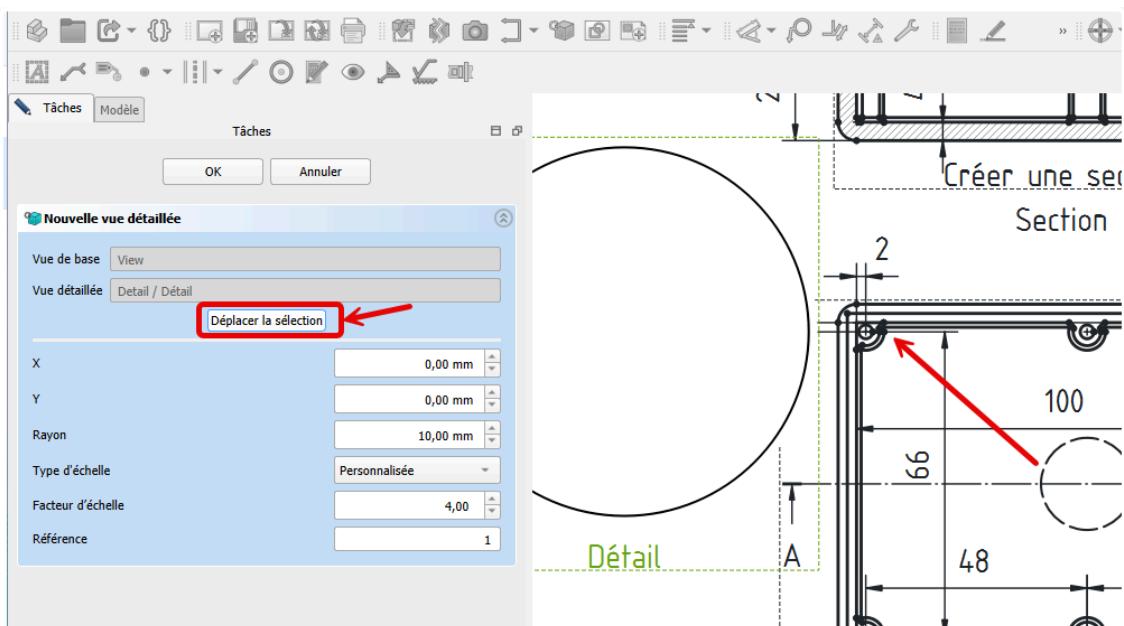




3. Régler le facteur d'échelle de la vue détaillée ;



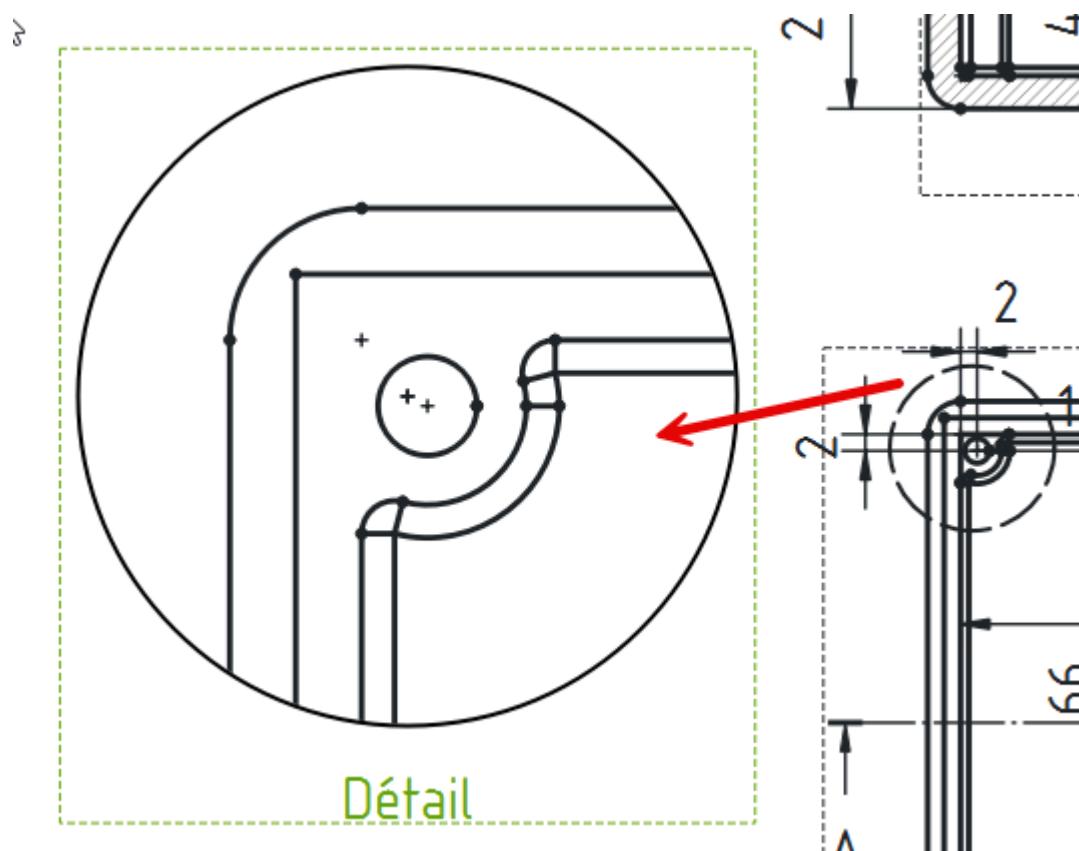
4. Cliquer sur le bouton **Déplacer la sélection** et sélectionner la zone à détailler ;



Si nécessaire, actualiser l'affichage à l'aide du raccourci clavier **F5** ;



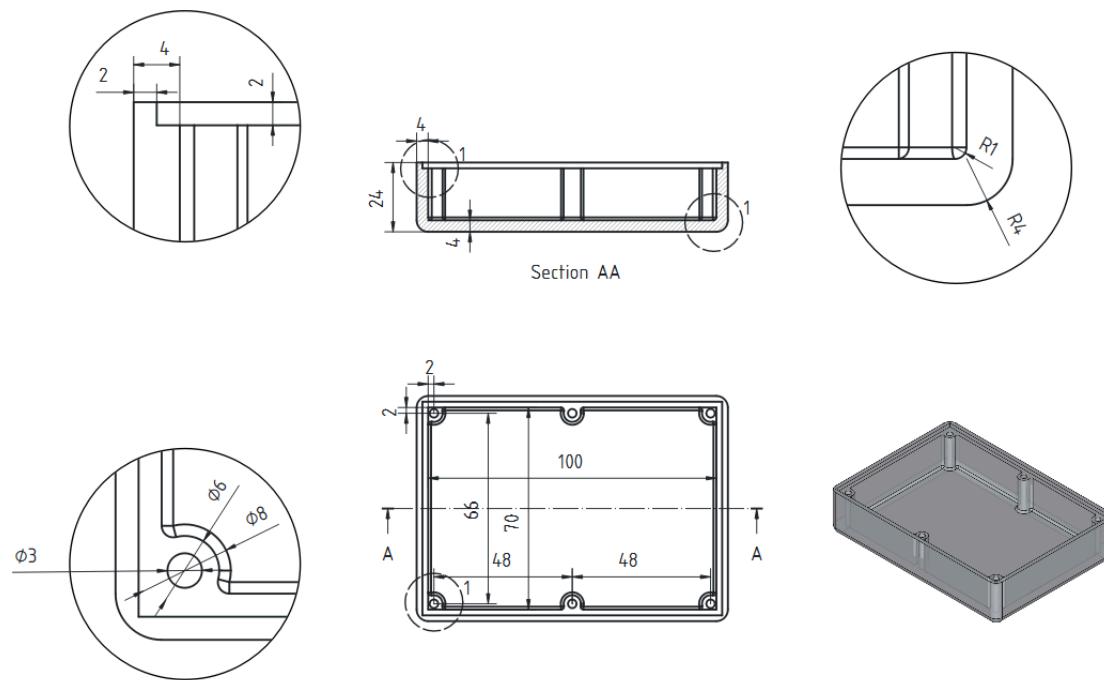
Résultat



11.3.4. Vue 3D

Tâches à réaliser

- Sélectionner l'onglet **TP11-2** et afficher une vue isométrique du modèle ;
- Revenir à l'onglet **Feuille** et sélectionner la commande insérer une vue ;
- Activer les cadres de vue si nécessaire et repositionner les vues dans la feuille ;
- Désactiver les cadres de vue après le repositionnement ;



Dessin technique du TP 6-2

12. Atelier CAM

Objectifs

- Utiliser l'atelier CAM^[p.335]  pour programmer des opérations d'usinage dans un environnement de fabrication **personnelle**, à savoir l'utilisation d'une CNC^[p.335] 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 générerez avant d'envoyer le code à votre machine.

12.1. Présentation de l'atelier

Atelier CAM

= Atelier Path

Anciennement atelier PATH, la finalité de l'**atelier CAM**  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

- Modéliser un solide dans l'atelier  PartDesign  (3D) ou un chemin dans l' atelier Draft  (2D) ;
- 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 (surfâçage, poche, perçage, profilage, gravure...) à réaliser ;
- Visualiser une **simulation** de la tâche  afin de vérifier le bon déroulement des opérations ;
- Réaliser un **post-traitement**^[p.338] qui générera un fichier G-CODE^[p.337] 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.

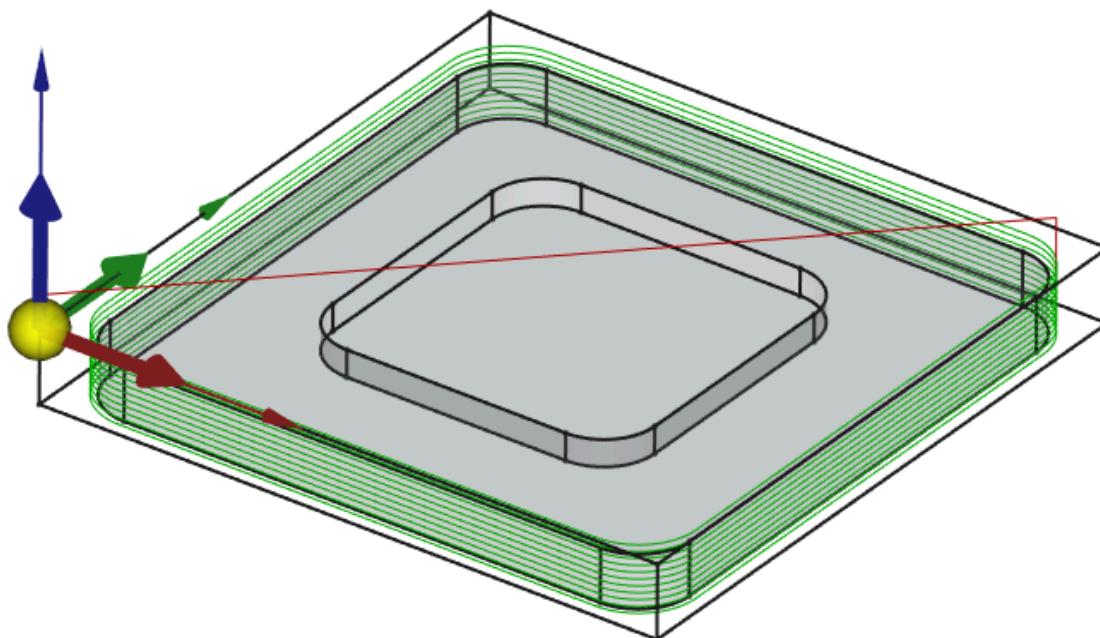
Principaux usinages générés

- 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.

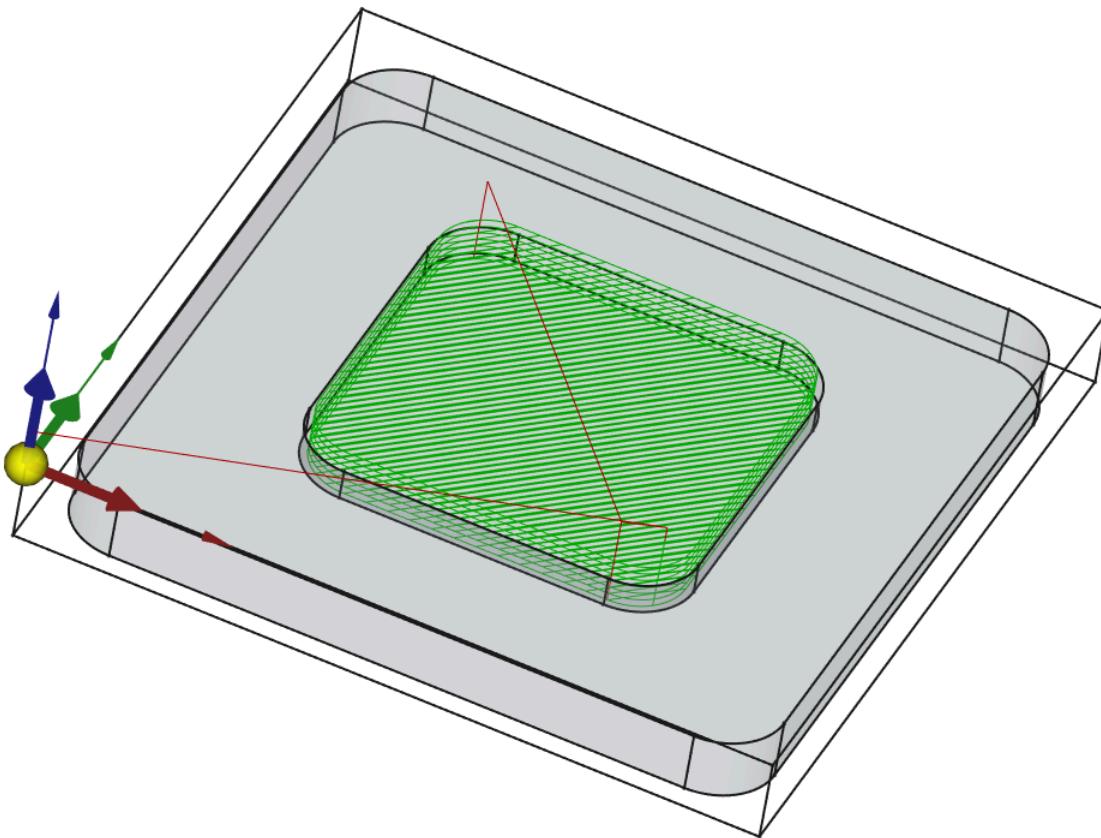


Exemple de profilage

- 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.

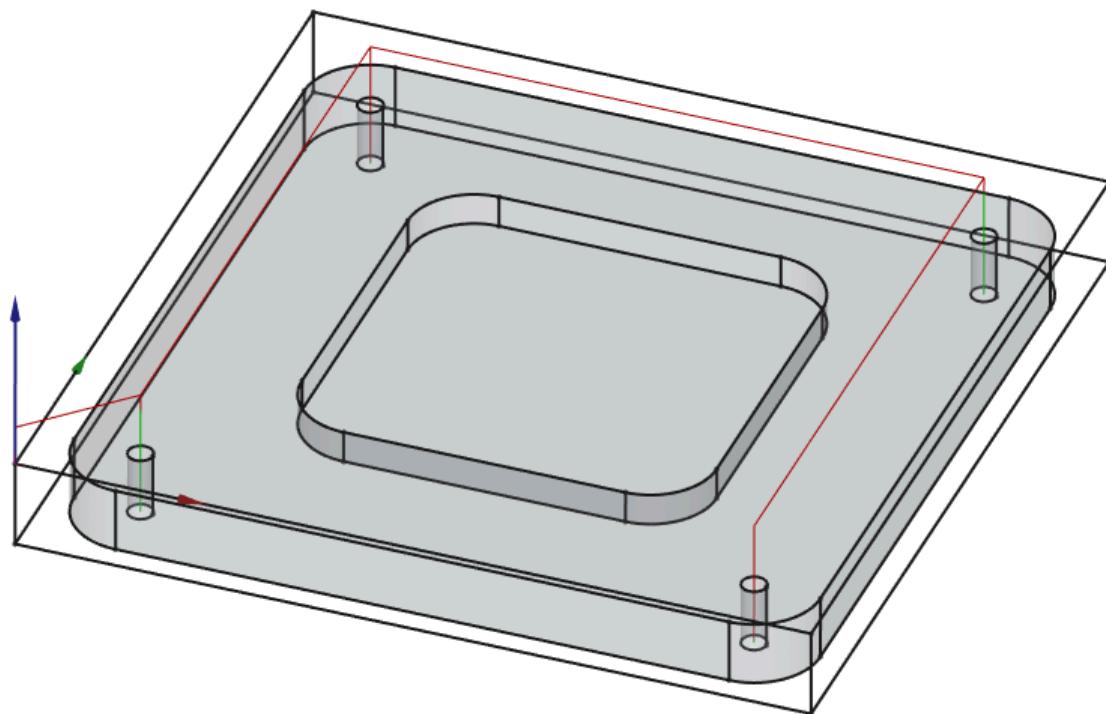


Exemple Créez une poche

- Perçage

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

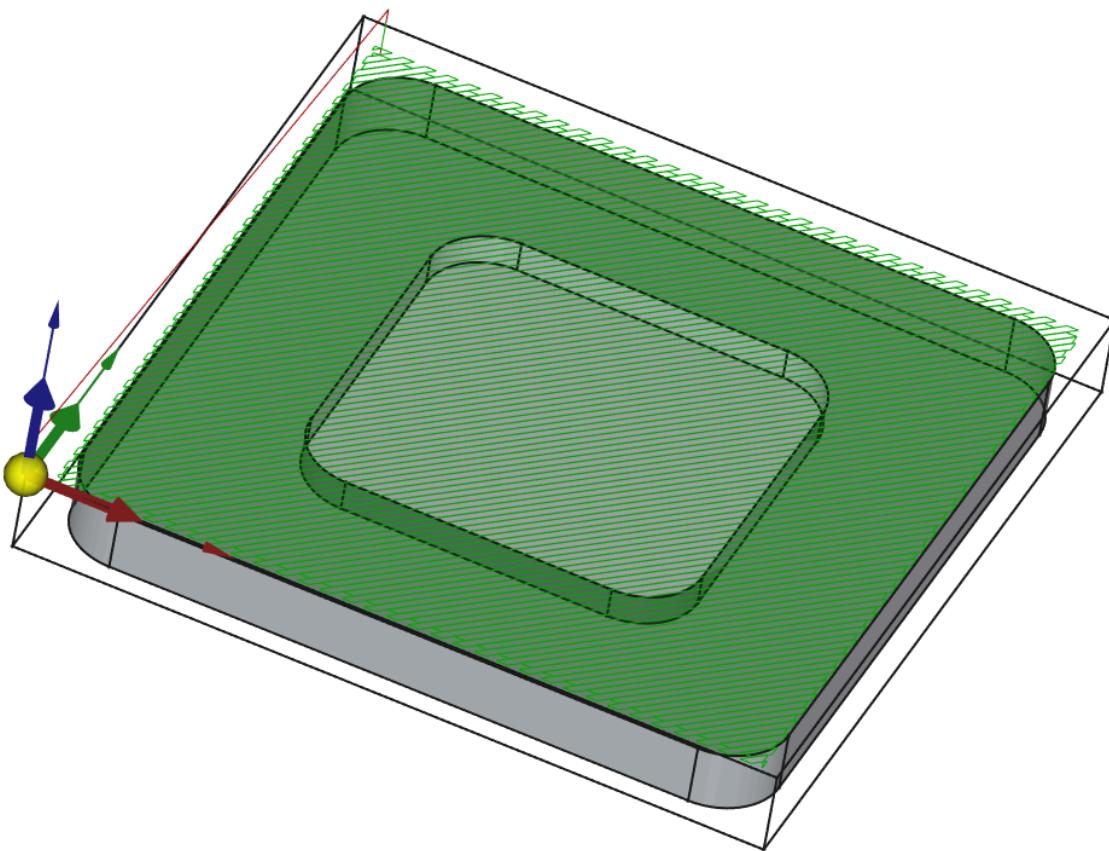
- Permet de forer des **trous précis** aux emplacements définis.
- Fonctionne sur des **points spécifiques** (comme les centres de cercles).
- Possibilité de définir :
 - **Profondeur du trou** (perçage total ou partiel).
 - **Nombre de passes** (pour percer progressivement).
 - **Type d'entrée** (perçage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

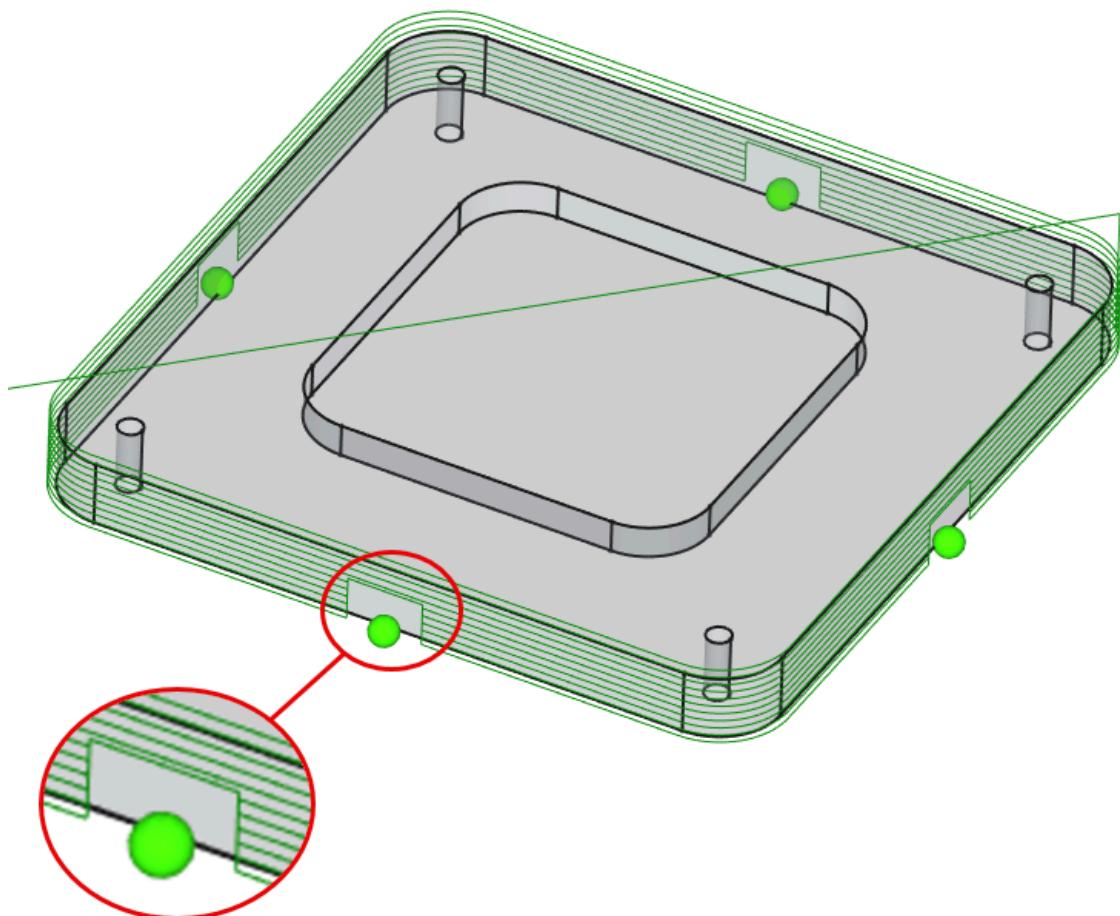
https://wiki.freecad.org/CAM_Vcarve/fr

- 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.

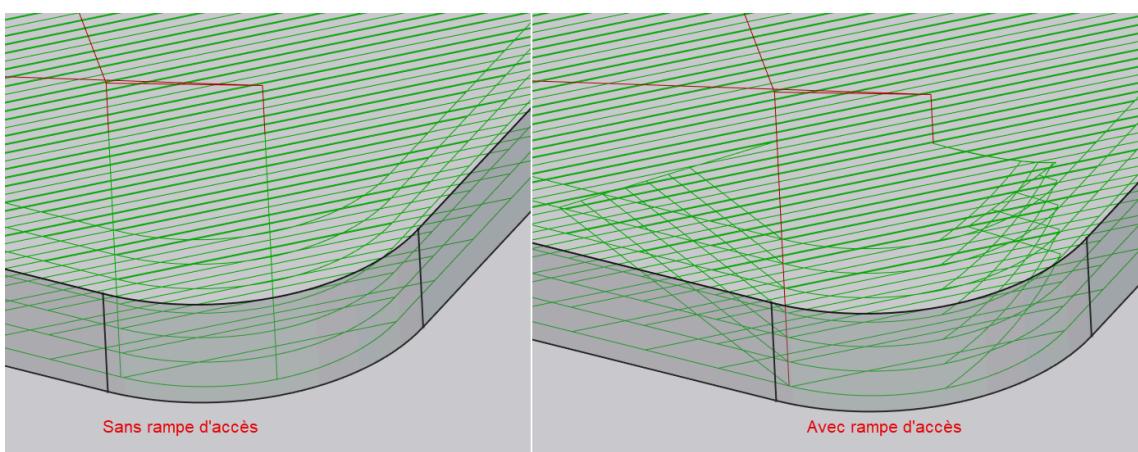
-  Finitions

- 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*

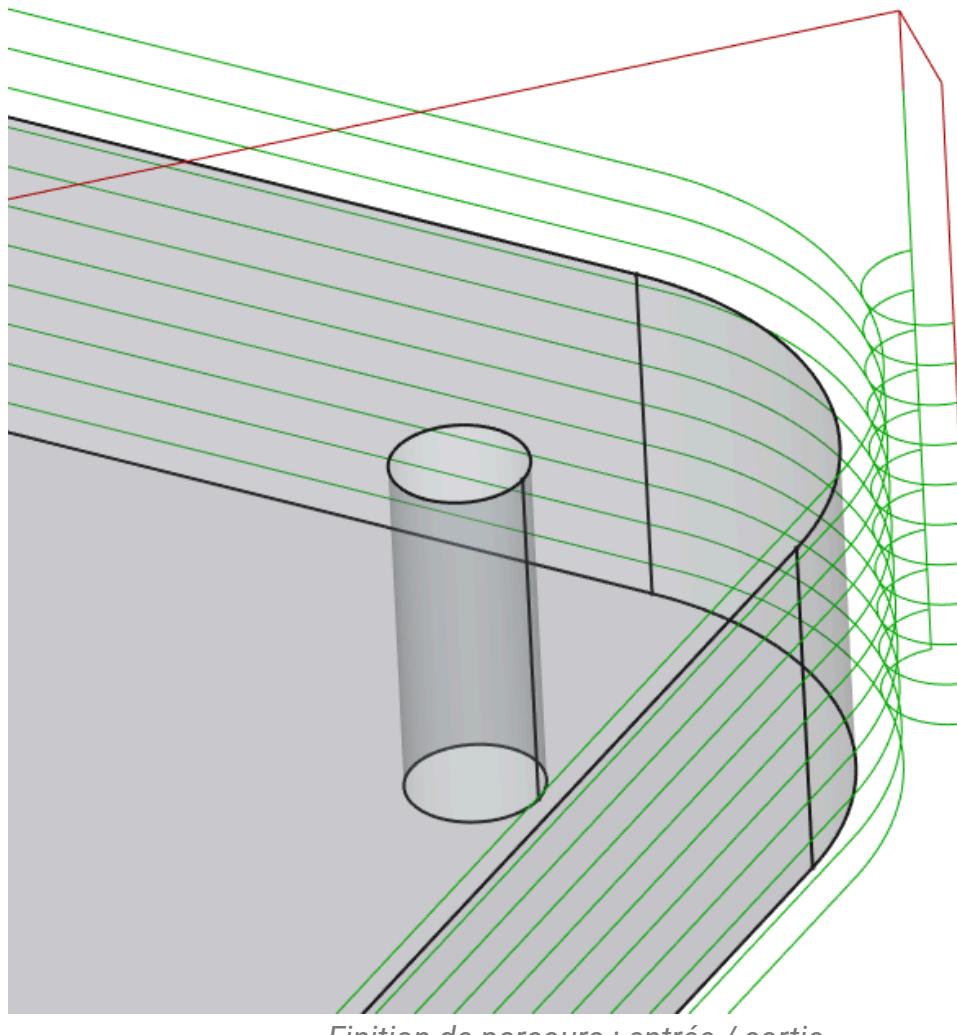
- Entrée / sortie

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.



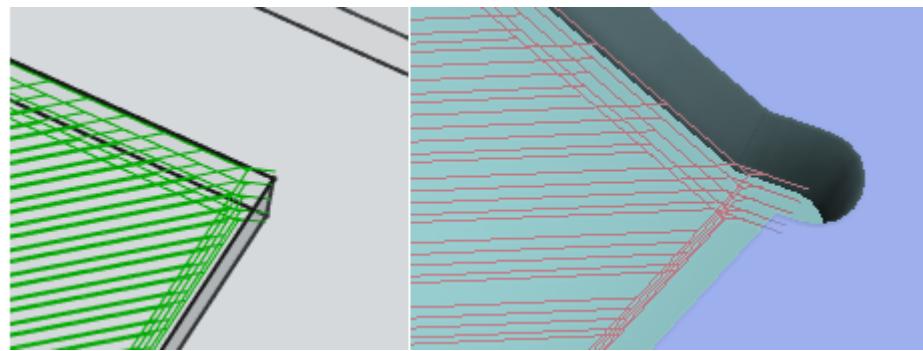
Finition de parcours : entrée / sortie

- **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 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

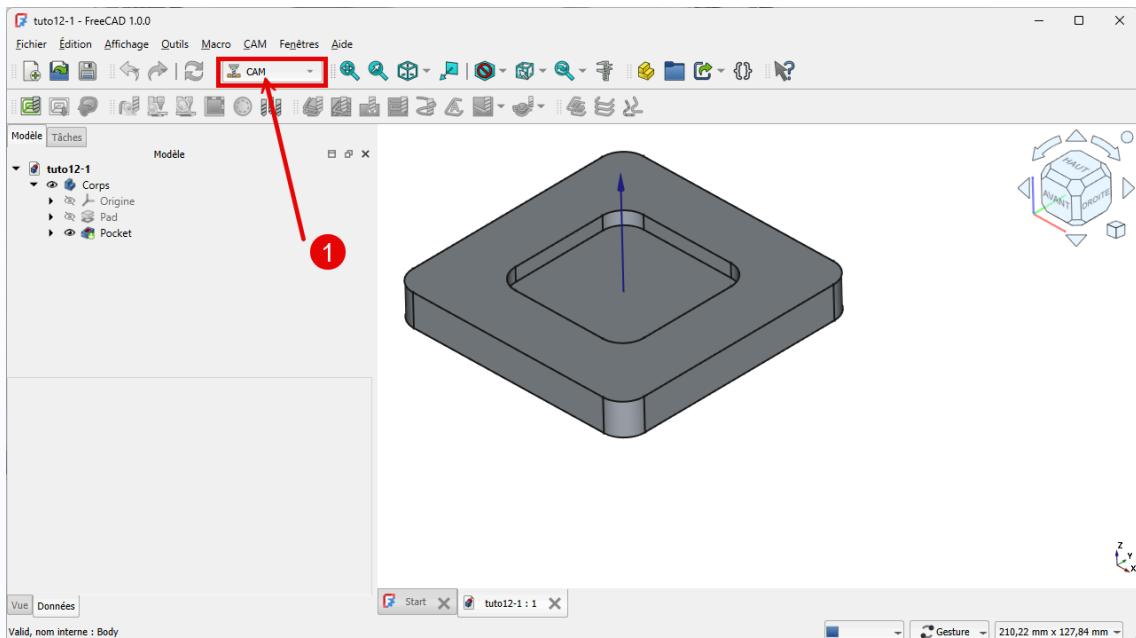
12.2. Configuration de l'atelier

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

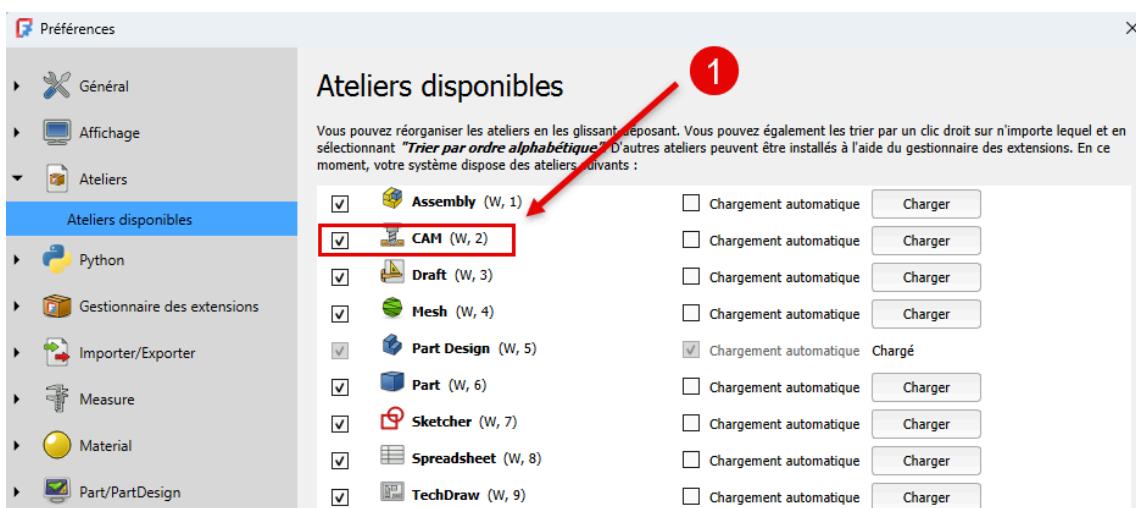
- Télécharger le fichier [tuto12-1-initial.FCStd](#) sur votre ordinateur et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer le document sous le nom [tuto12-1](#) ;
- Sélectionner l'atelier CAM ;



Tuto12-1 initial

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

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

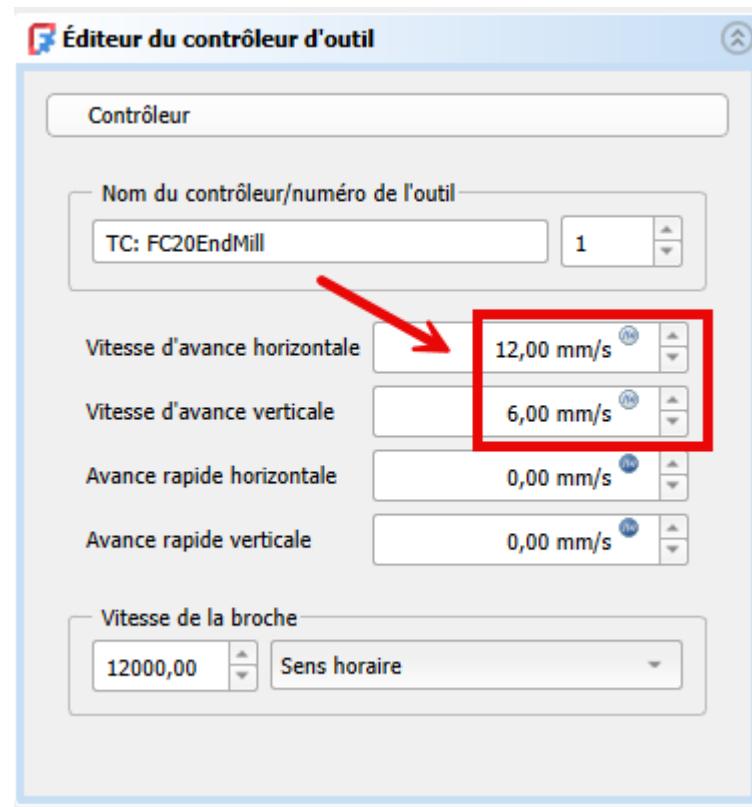


Rendre disponible l'atelier CAM

12.2.1. Choix des unités

Système d'unité Standard

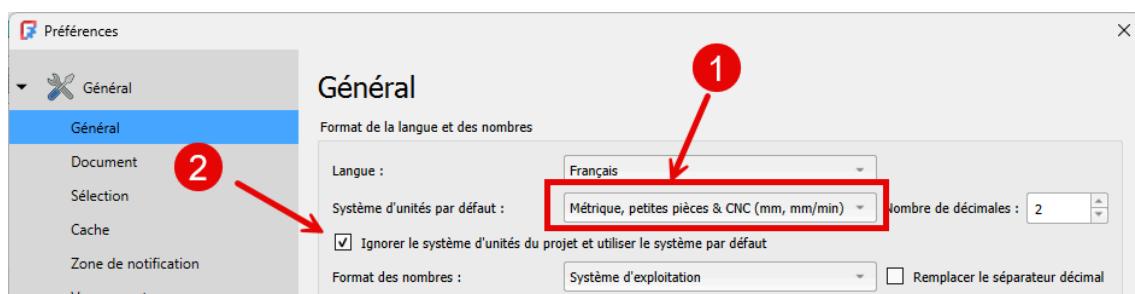
Avec le système d'unités Standard, FreeCAD utilise le **mm** pour les longueurs et la seconde **s** pour le temps : les vitesses d'avance des outils devraient être saisies en **mm/s**, ce qui n'est pas habituel dans l'univers de la fabrication mécanique et risque d'entraîner des erreurs de saisie.



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 :

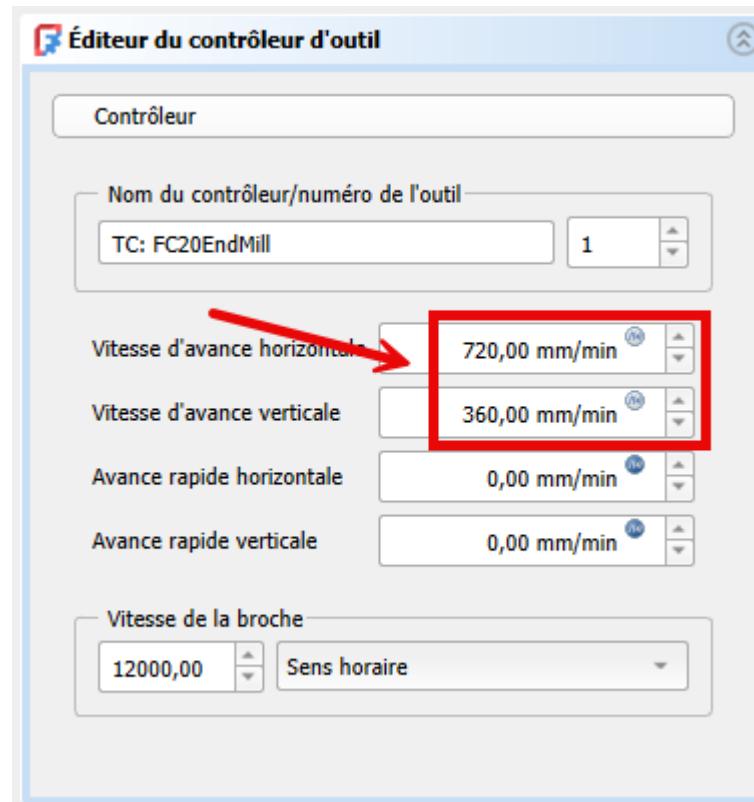


Choix du système d'unités « Métrique, petites pièces & CNC »



Système d'unités Métrique, petites pièces & CNC

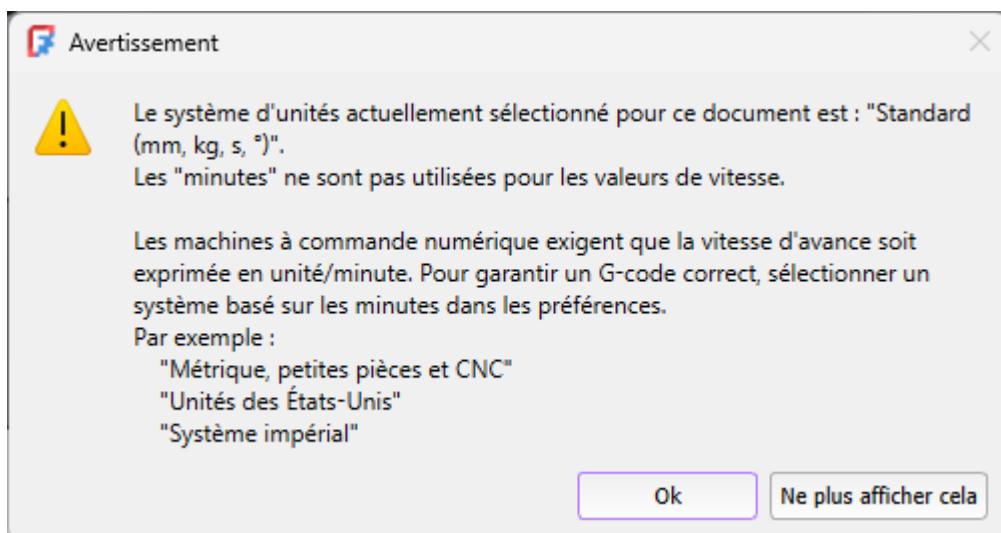
Avec le système d'unités  Métrique, petites pièces & CNC, les vitesses d'avance des outils seront saisies en mm/minute : les valeurs enregistrées dans le projet resteront codées en mm et s.



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 :

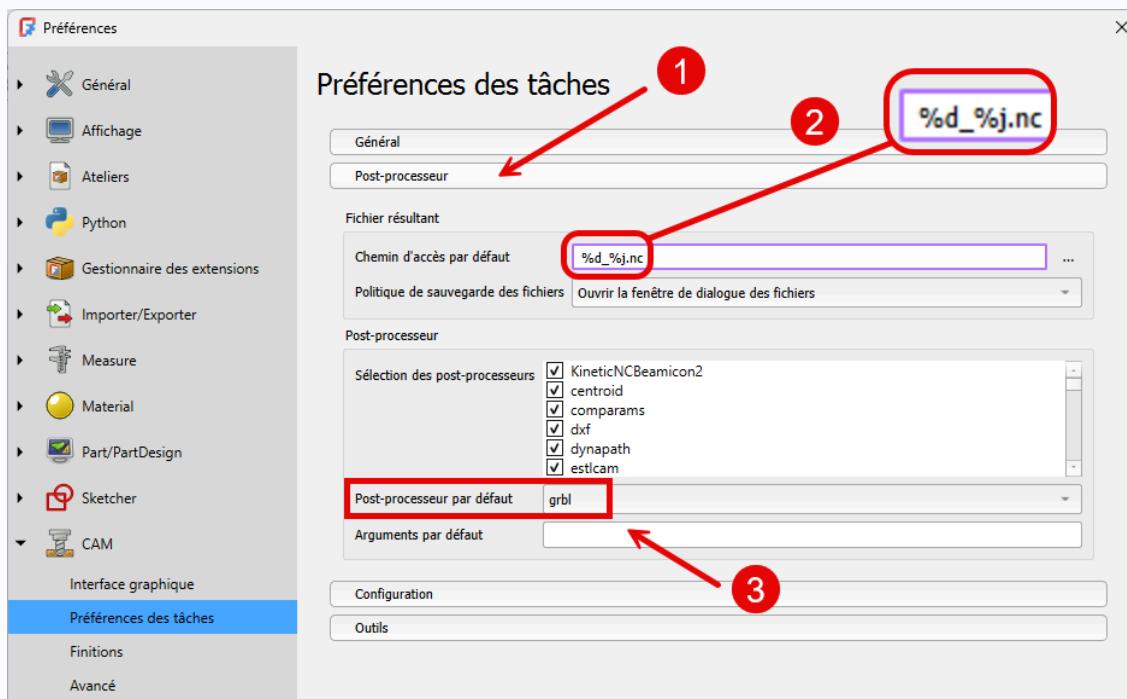


Avertissement : choix du système d'unités

12.2.2. 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 %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 ;

12.2.3. Fonctions avancées

OpenCALLib

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.

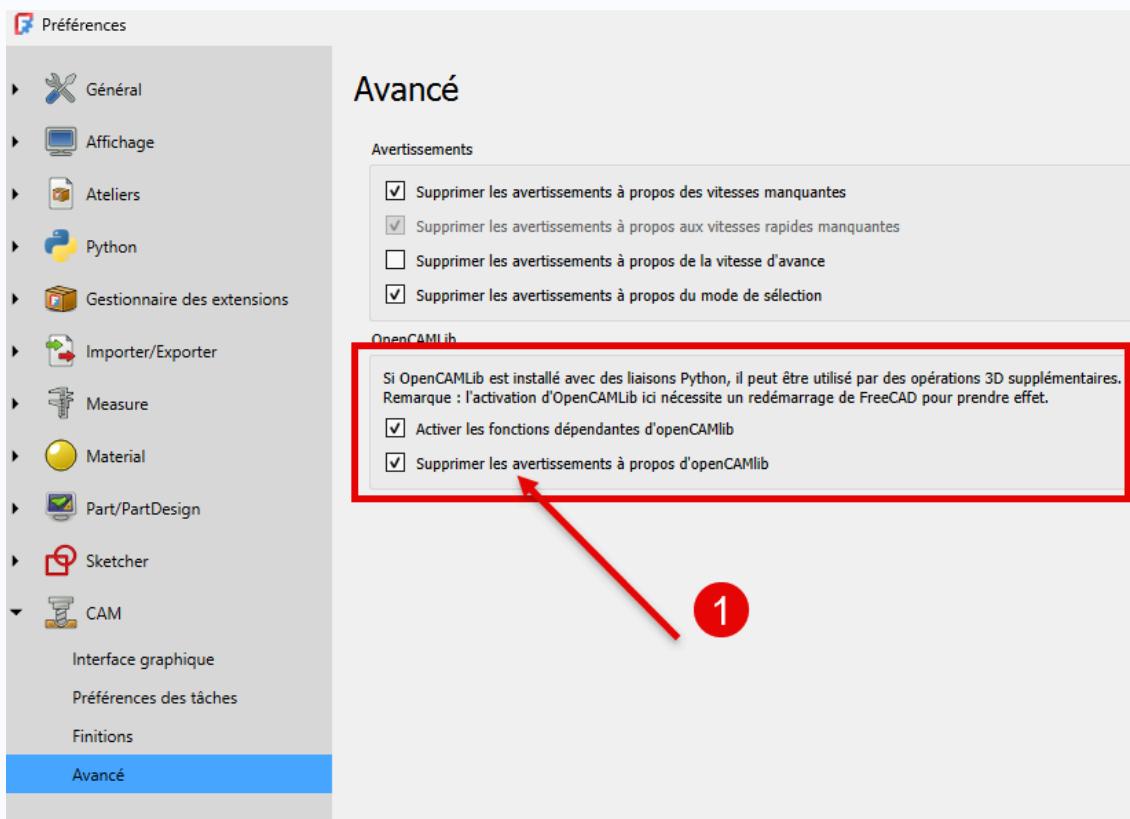


- L'opération **Surfaçage 3D** permet de générer des parcours d'outils pour usiner des surfaces complexes en 3D.
- L'opération **Lignes de niveau** génère des parcours d'outils suivant des contours horizontaux à différentes hauteurs, ce qui est particulièrement utile pour l'usinage de pièces avec des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

12.3. 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 ;

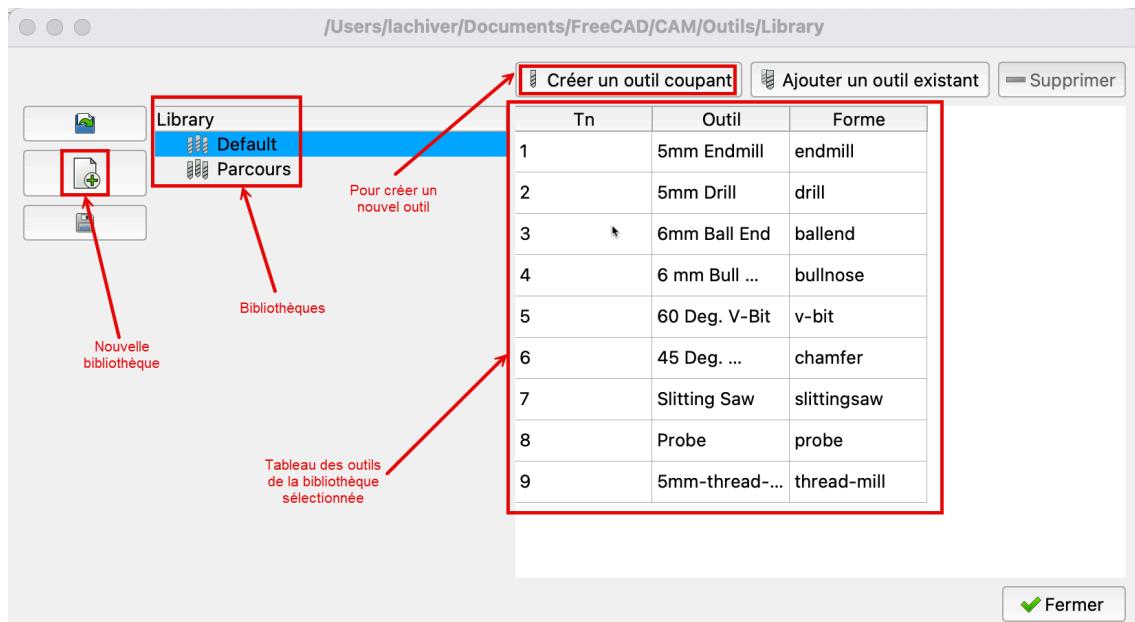
Avant de créer une première tâche  , nous allons :

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

12.3.1. Gestionnaire des outils coupants

Remarque

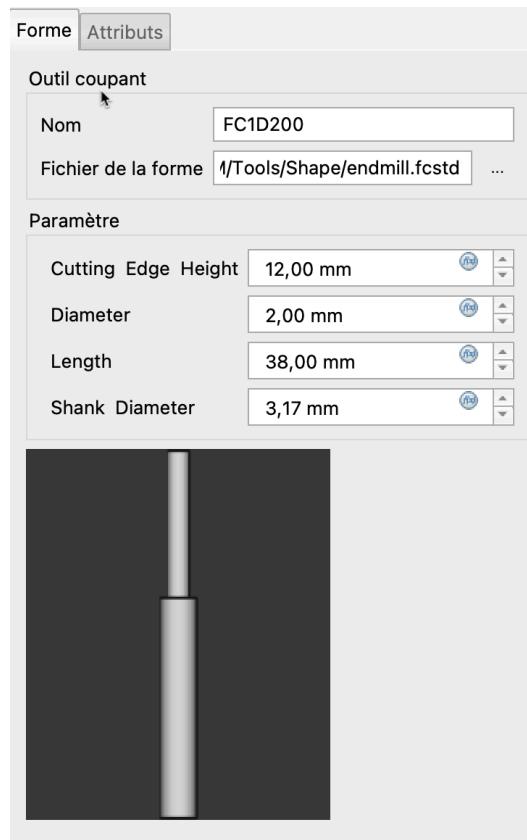
Le [Gestionnaire des outils coupants](#) ^W permet de créer, gérer, organiser les outils coupants dans FreeCAD.



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.335] 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  ;

12.3.2. Installation de la bibliothèque « *Default* »

🎯 Objectif

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

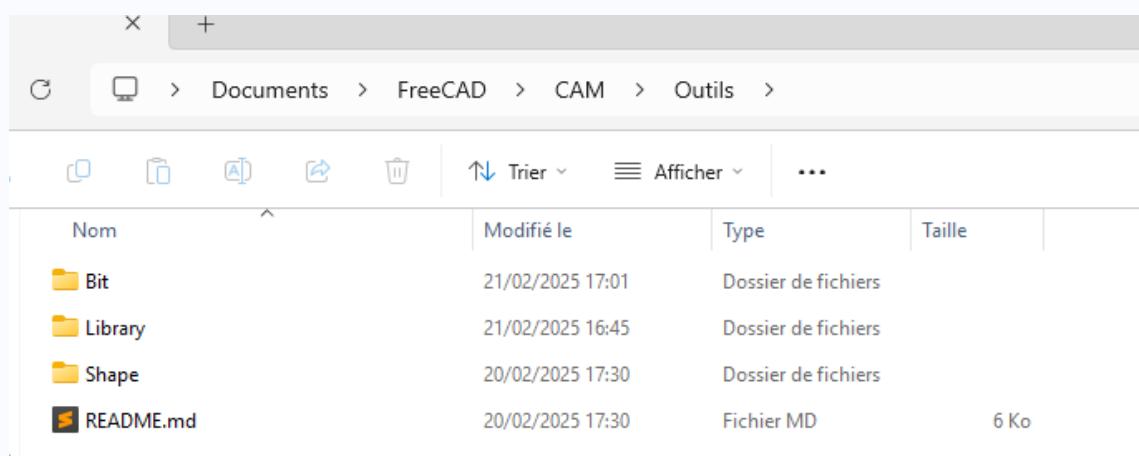
- sous  :  C:\users\otrelogin\AppData\Roaming\FreeCAD\Macro ;
- sous  :  /Users/votrelogin/Library/Application Support/FreeCAD/Macro ;
- sous  :  /home/votrelogin/.local/share/FreeCAD/Macro ;

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

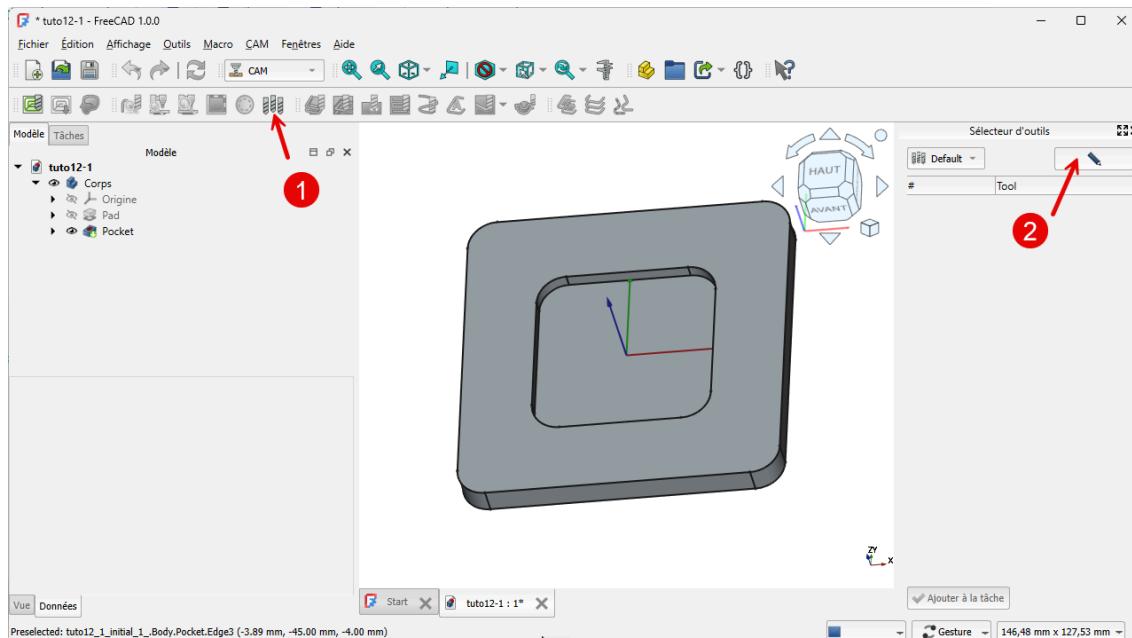
- Créer un dossier CAM et un sous-dossier Outils dans votre espace personnel. Par exemple :
 - sous : C :\users\votrelogin\Documents\FreeCAD\CAM\Outils ;
 - sous : /Users/votrelogin/Documents/FreeCAD/CAM/Outils ;
 - sous : /home/votrelogin/Documents/FreeCAD/CAM/Outils ;
- Sélectionner la commande CAM → 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 ;



Dossier outils contenant les bibliothèques d'outils coupants

💡 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

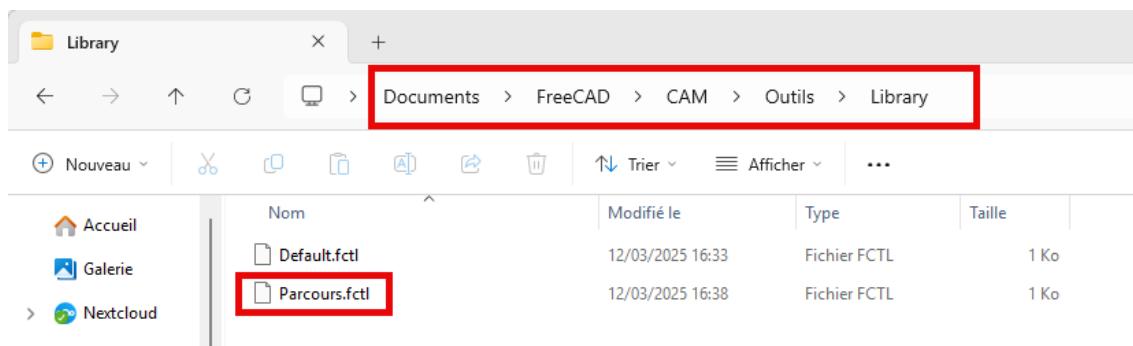
12.3.3. Créer une nouvelle bibliothèque

☰ 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 ;

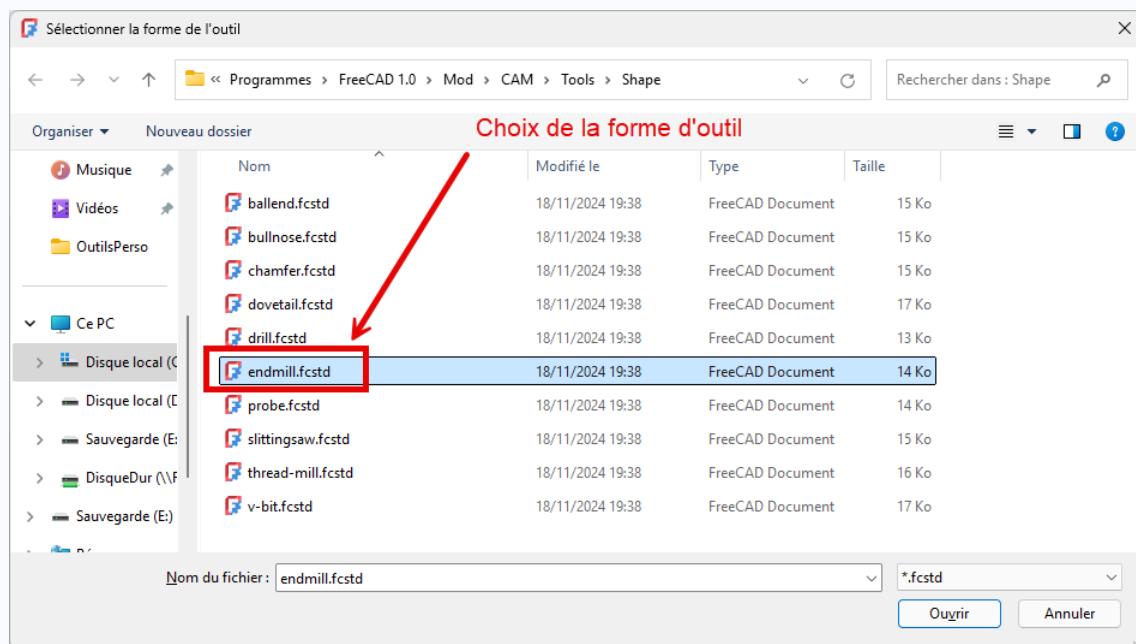
12.3.4. Créer une nouvel outil coupant

Objectifs

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

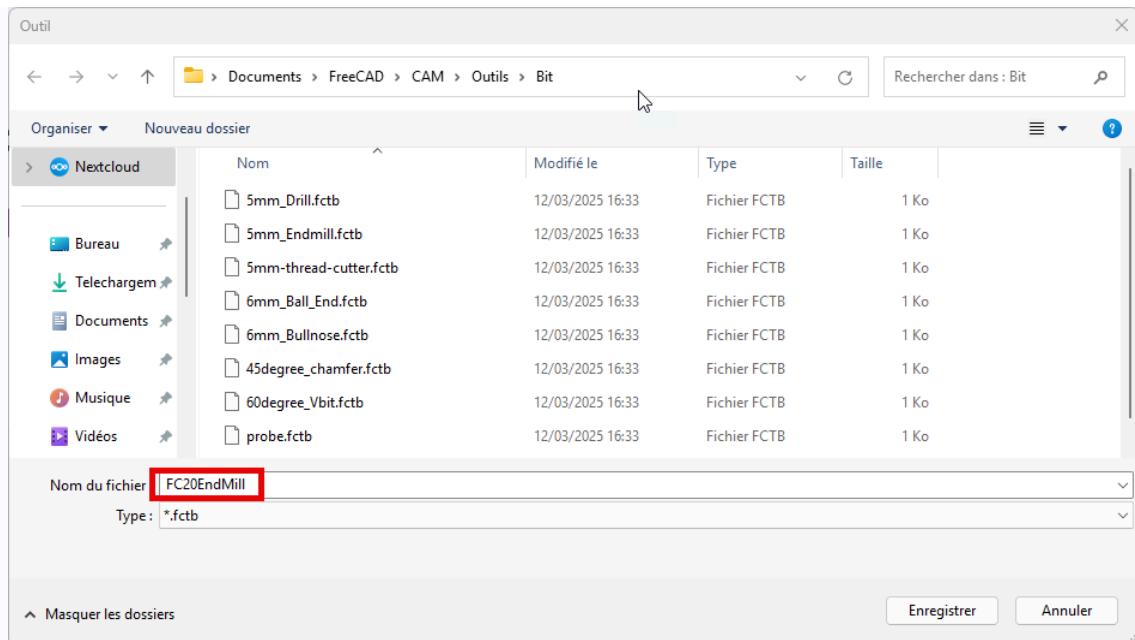
Tâches à réaliser

- 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 :

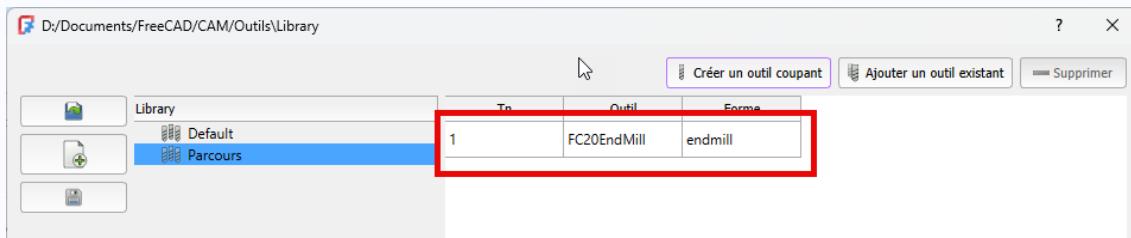


Choix de la forme de l'outil

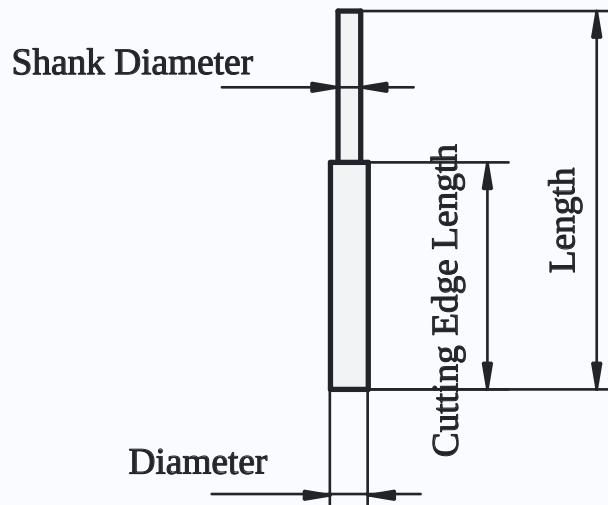
- saisir le nom du fichier : FC20EndMill ;



- 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  dans le sous-dossier  ;

💡 Remarque

- Il est possible de créer de nouvelles formes d'outils. Voir la section [Créer une nouvelle forme d'outil](#) [p.317] ;

12.4. Usinages 2,5D

🎯 Objectifs

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

12.4.1. Travail préparatoire

12.4.1.1. Créer la tâche

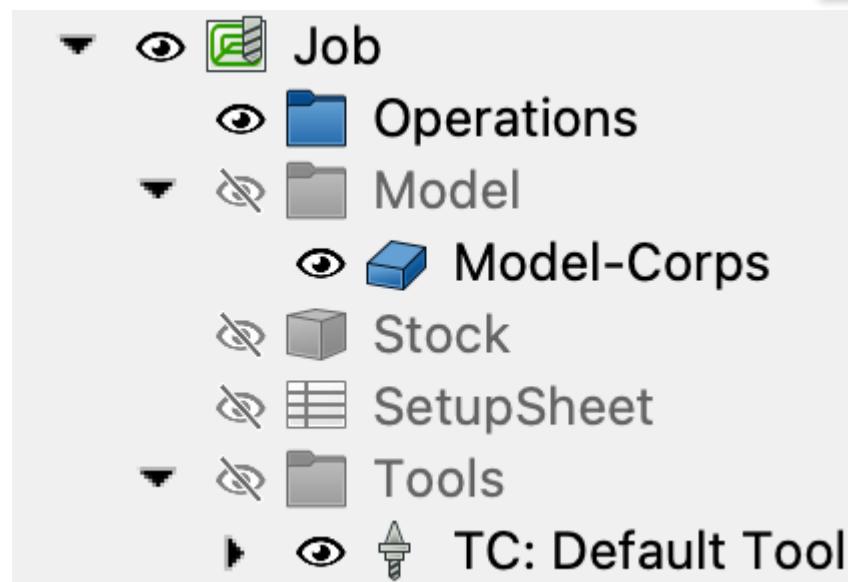
🕒 Tâches à réaliser

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

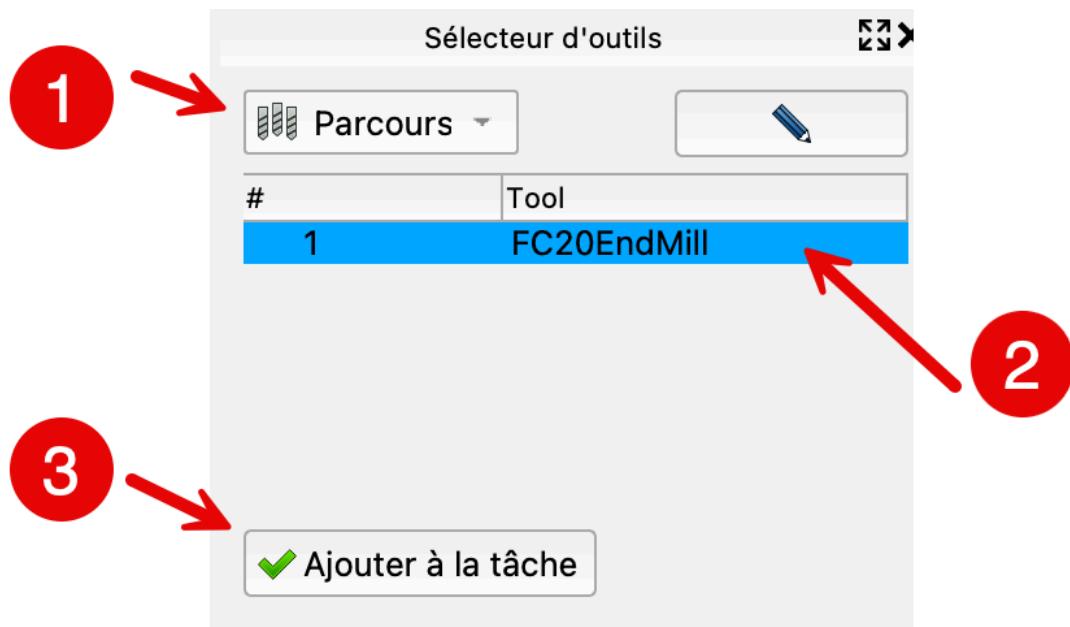
12.4.1.2. Choisir l'outil

Objectifs

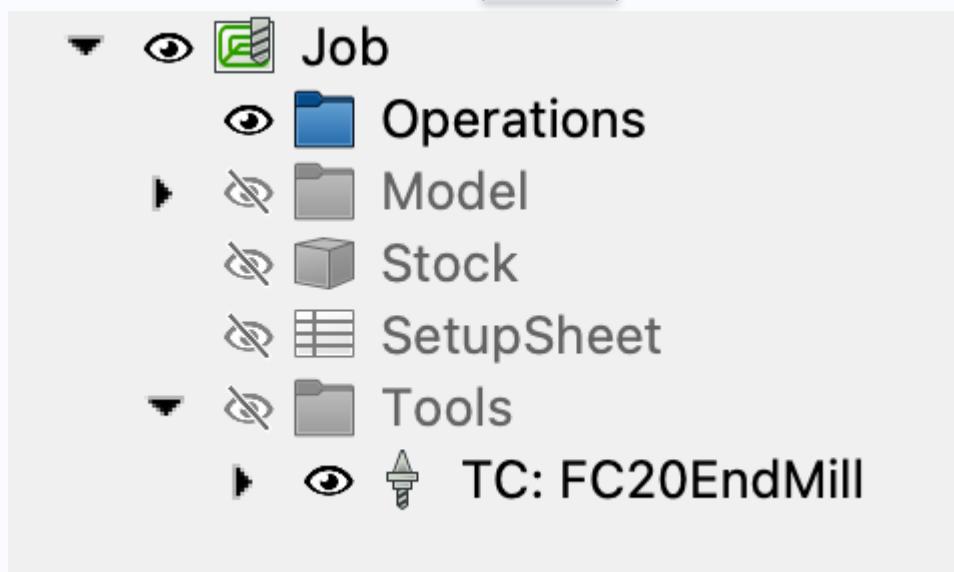
- Sélectionner l'outil coupant pour la tâche ;
- Définir les caractéristiques mécaniques de l'outil ;

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 TC :FC20EndMill dans l'onglet **Modèle** pour afficher le **contrôleur d'outils** ;
- Saisir les paramètres mécaniques de l'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 ;

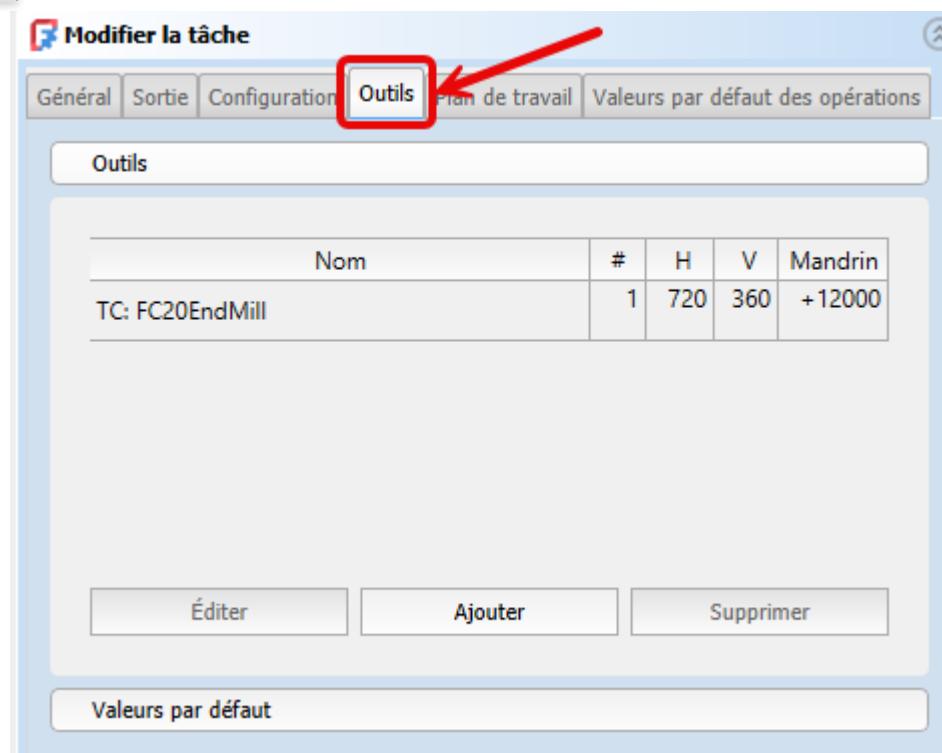
- Si vous souhaitez réaliser l'usinage, il faudra **impérativement** adapter ces paramètres mécaniques à votre environnement de production.

💡 Vitesses d'avance rapide

Les vitesses d'avance rapide 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** ;

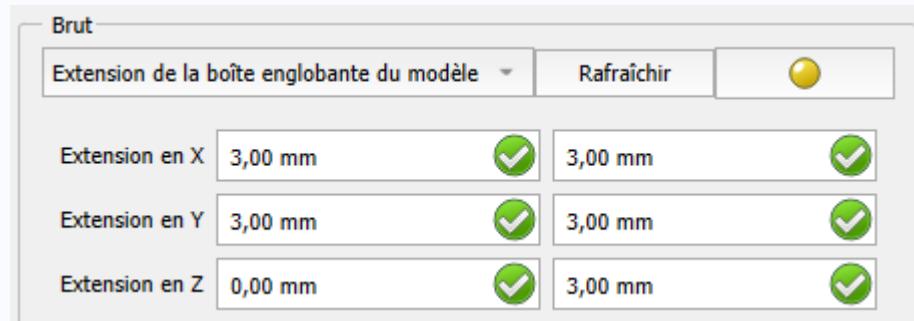


Accès au contrôleur d'outils

12.4.1.3. Définir le brut et l'alignement

✓ Tâches à réaliser

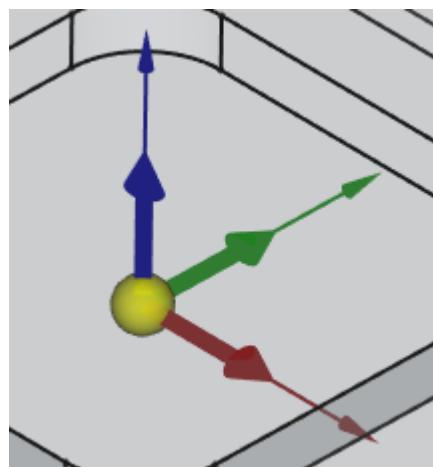
- Double-cliquer sur l'élément Job et sélectionner l'onglet **Configuration** ;
- Définir le brut comme ci-dessous et valider :



Définition du brut (stock)

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

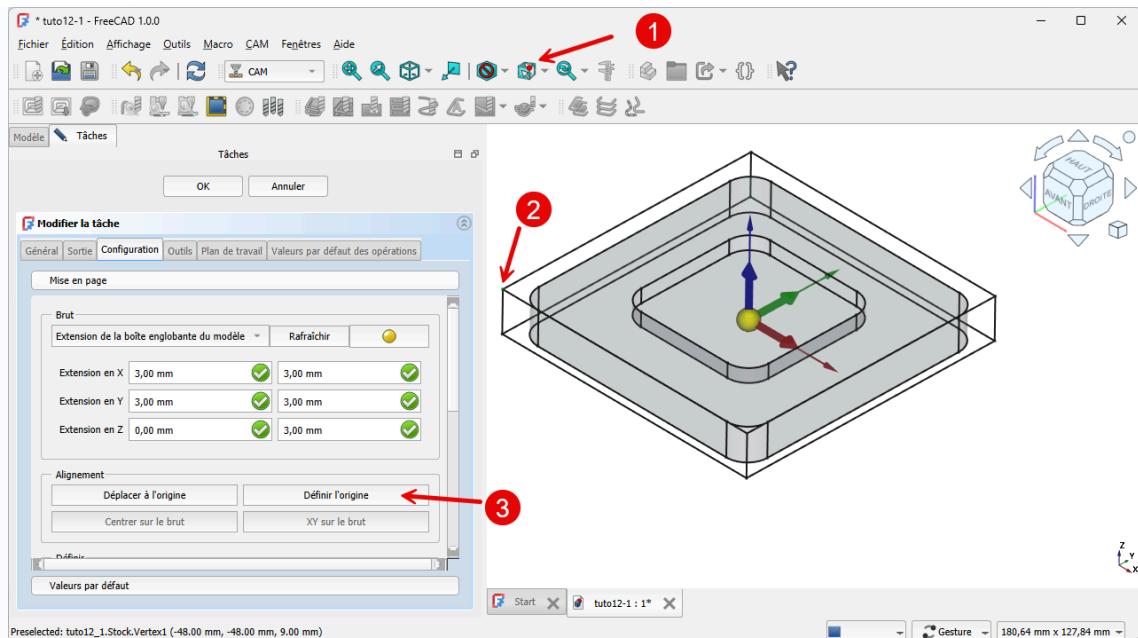
- La première colonne correspond aux valeurs X, Y, Z négatives, la seconde colonne aux valeurs positives ;
- Le repère permet d'identifier le sens des axes :



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

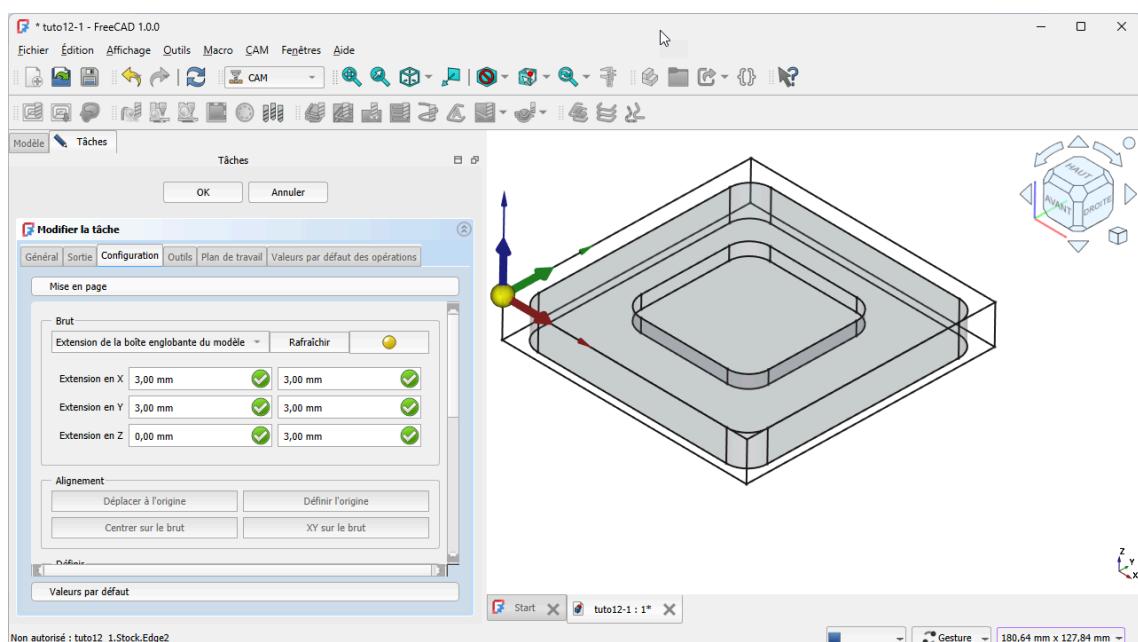


Définir l'origine pour la CNC

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.

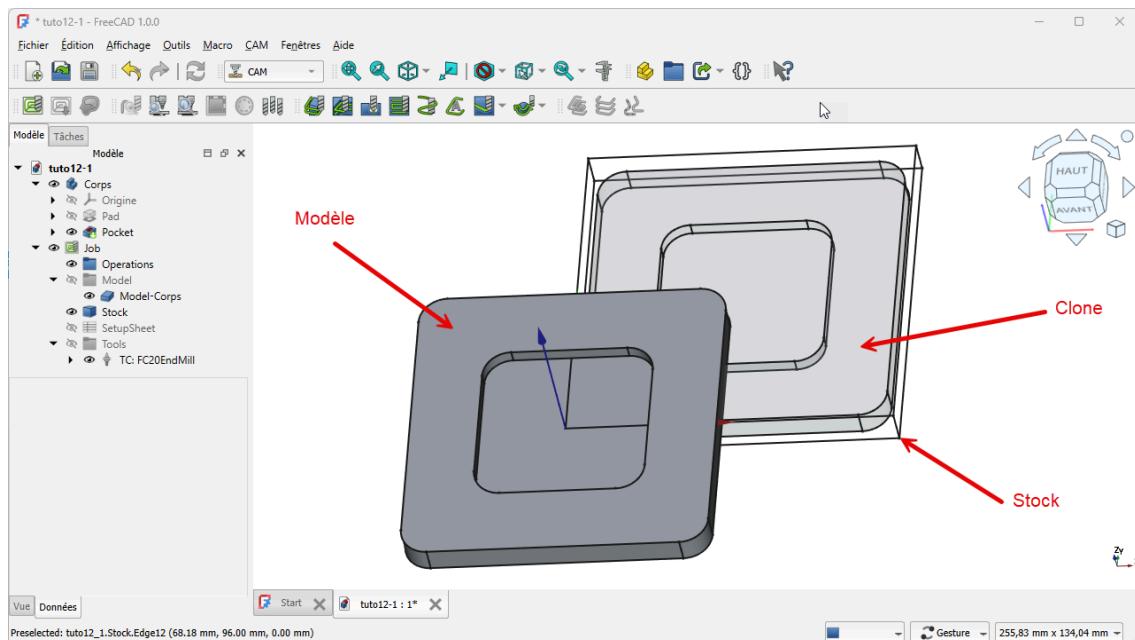
- La commande **Définir l'origine** modifie le repère du **clone du corps** utilisé pour la programmation de la CNC ;



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 ;



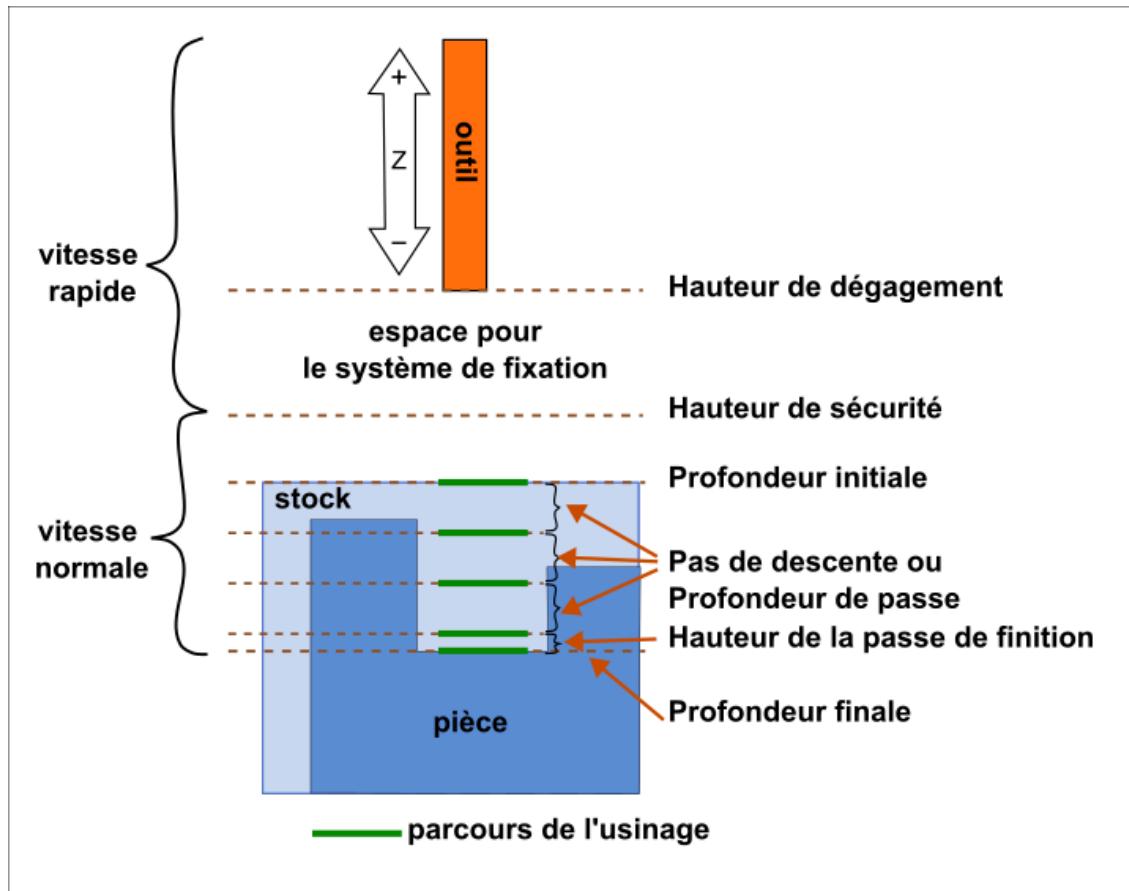
Corps et clone du corps utilisé pour la tâche CAM



12.4.1.4. 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

\approx 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

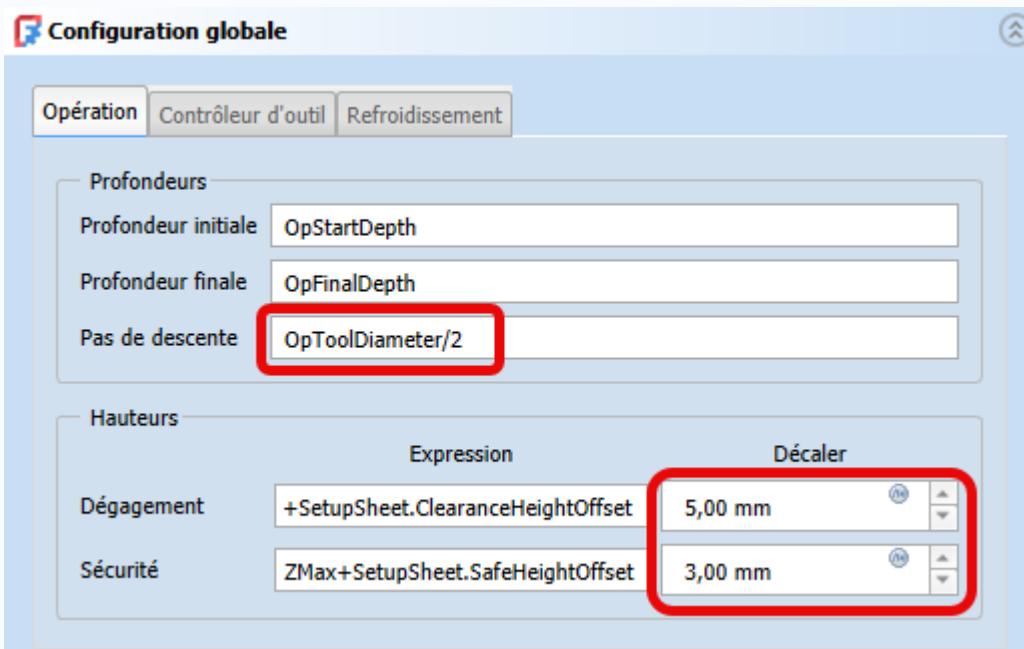
Par exemple, si l'outil doit percer plusieurs trous dans une pièce :

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**.

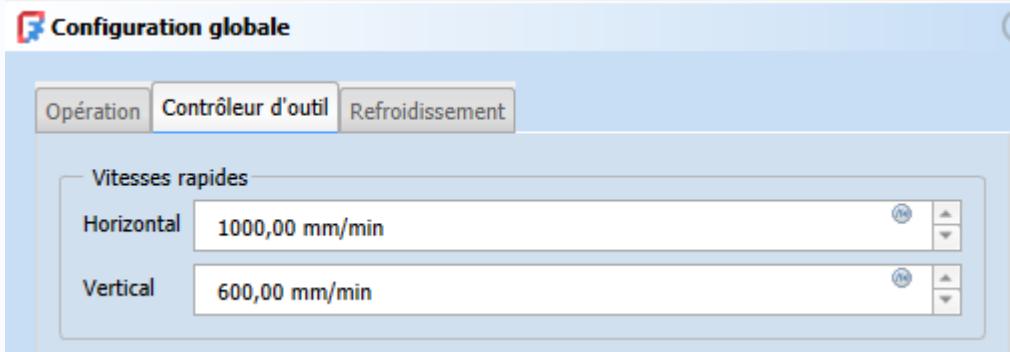
Tâches à réaliser

- 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 ;



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 ;

12.4.2. Créer une 1^{ère} opération

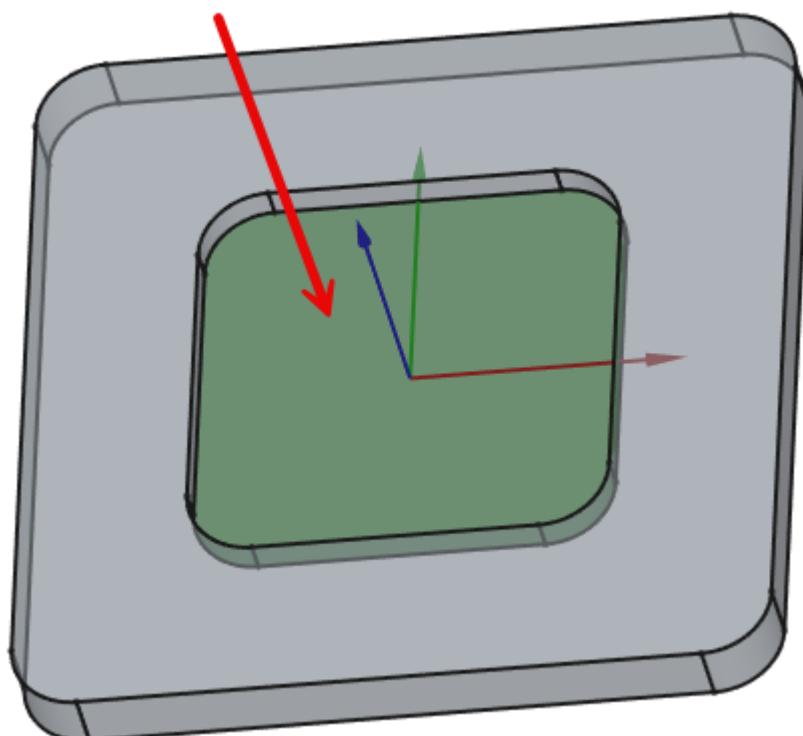
Objectif

- Créer une poche W ;

Tâches à réaliser

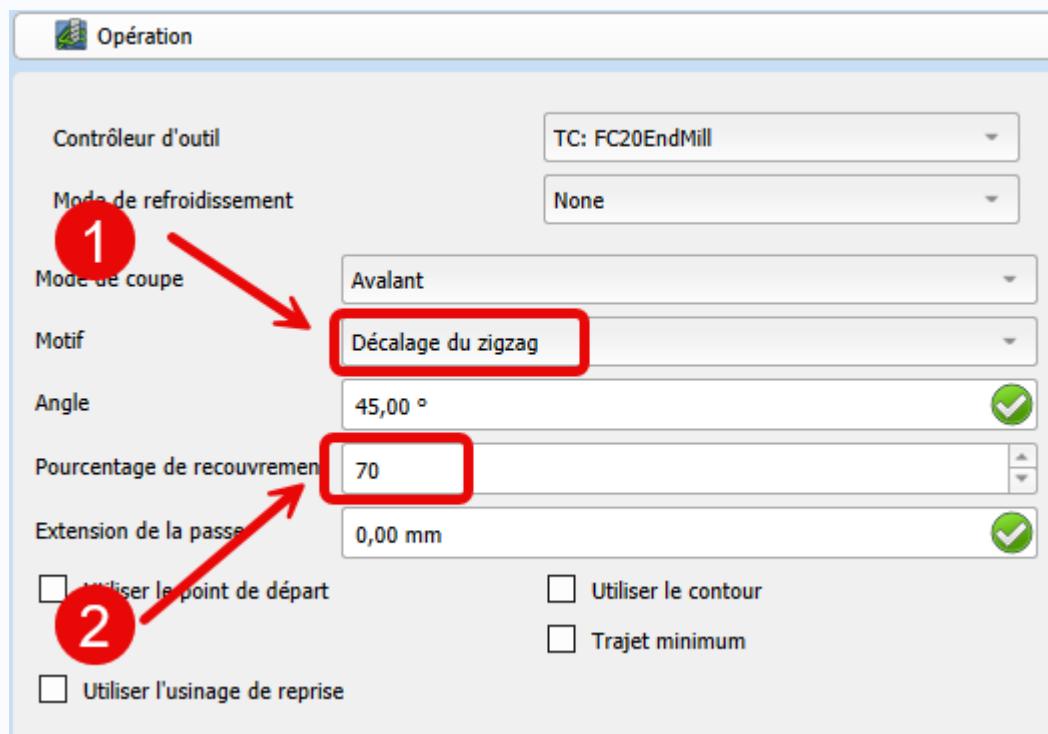
- Dans l'atelier CAM, sélectionner le fond de la poche à créer et cliquer sur la commande Crée une poche ;

Face à sélectionner

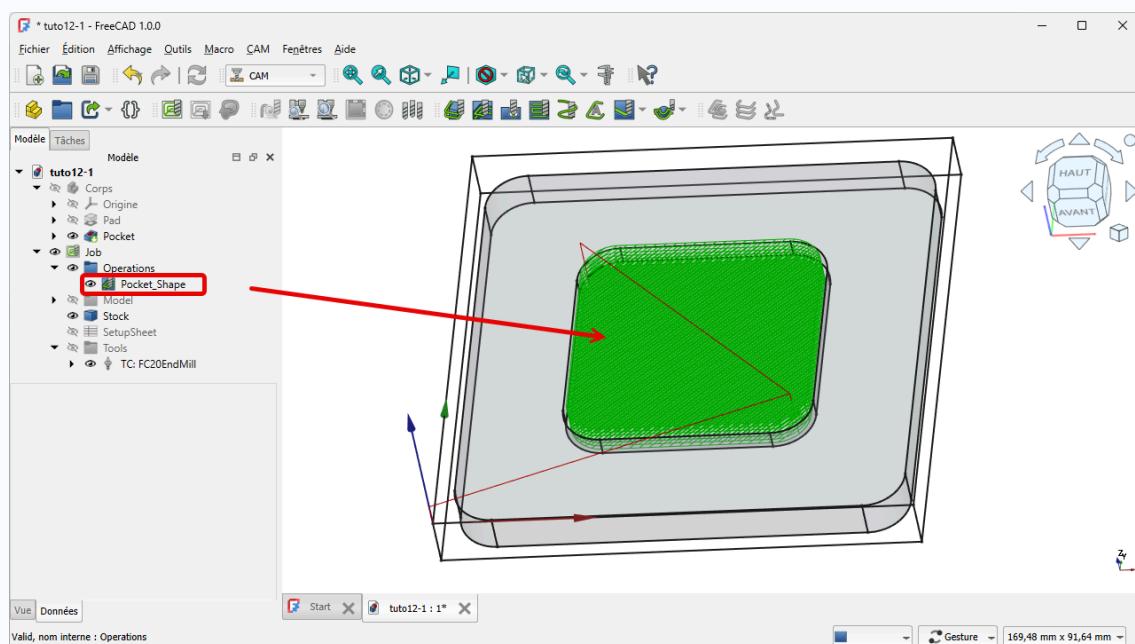


Face à sélectionner pour créer la poche

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



- Valider



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 ;



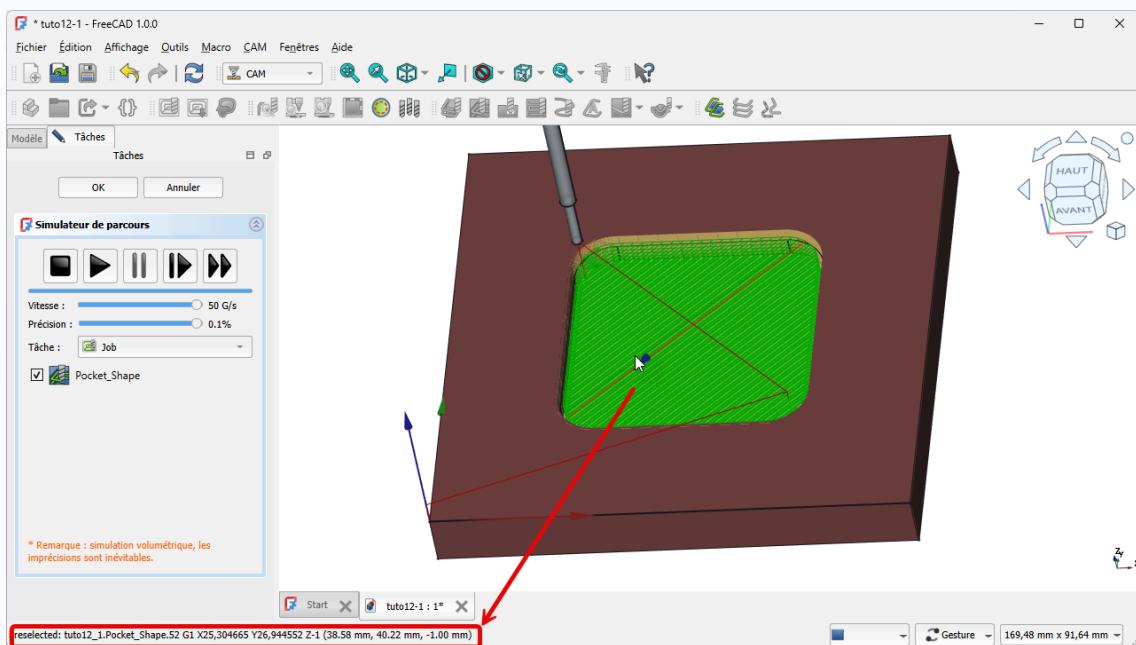
12.4.3. Simuler le parcours

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

- le **simulateur de parcours**^W de base ;
- le **simulateur GL**^W plus précis et rapide ;

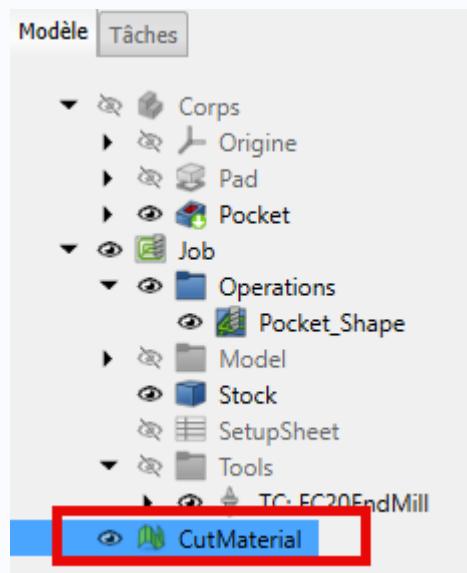
✓ Tâches à réaliser

- 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 :



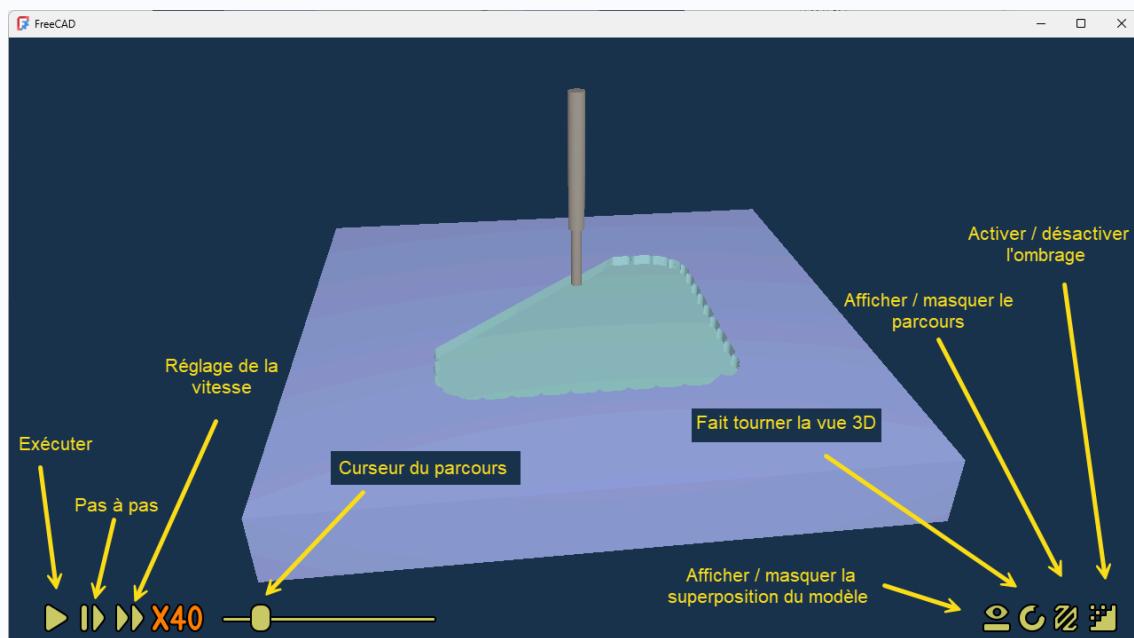
Élément CutMaterial

💡 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

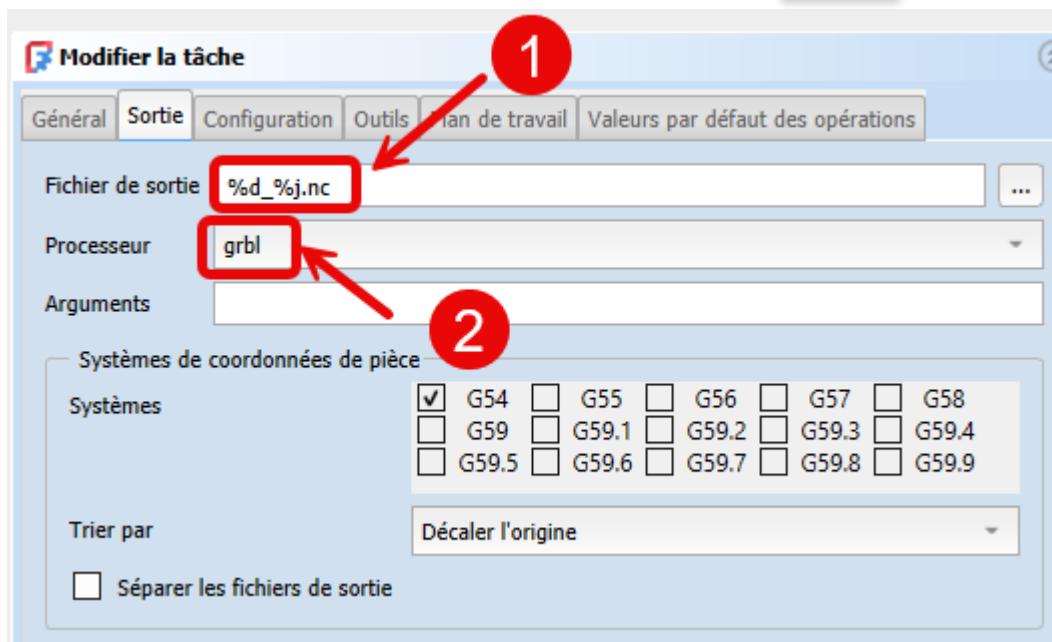
12.4.4. Réaliser le postraitemt

Objectif

- Utiliser la commande Post-traitement W 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** :

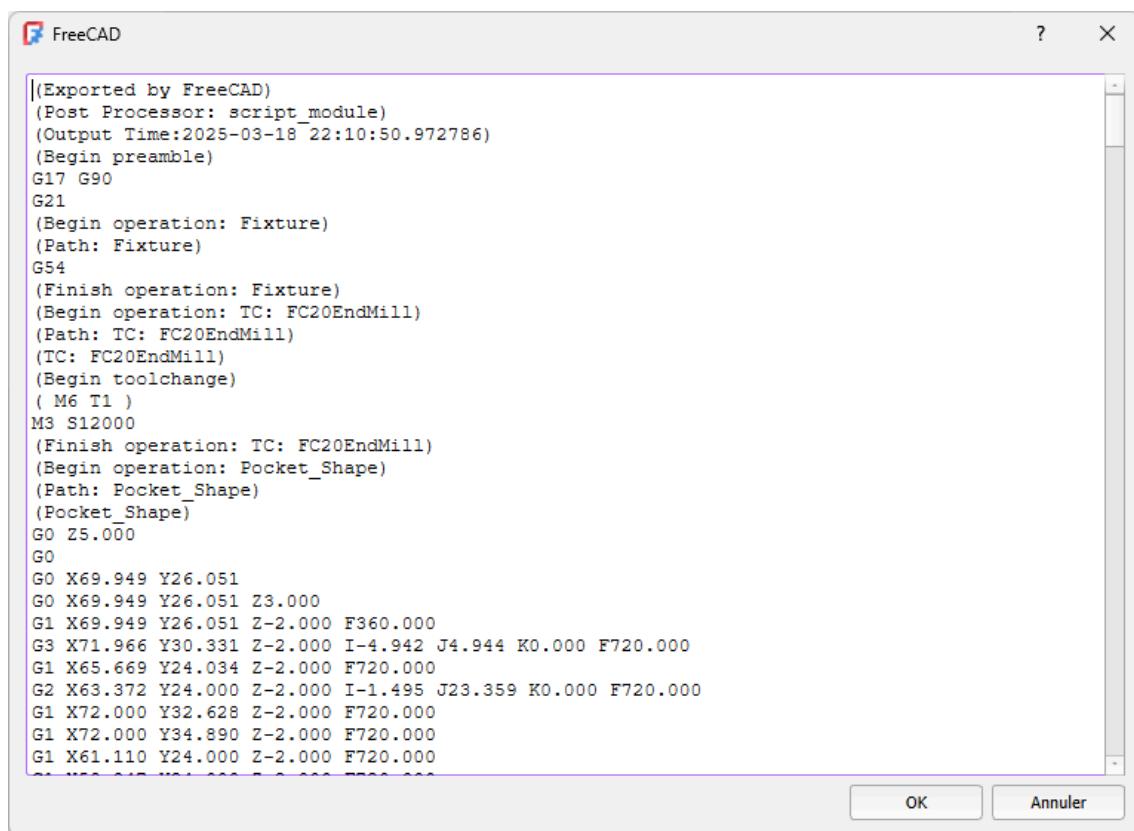


Paramètres du post-traitement

Ces paramètres ont été définis au § Configuration de l'atelier^[p.287] ;

- 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 ;

12.4.5. Ajouter des opérations

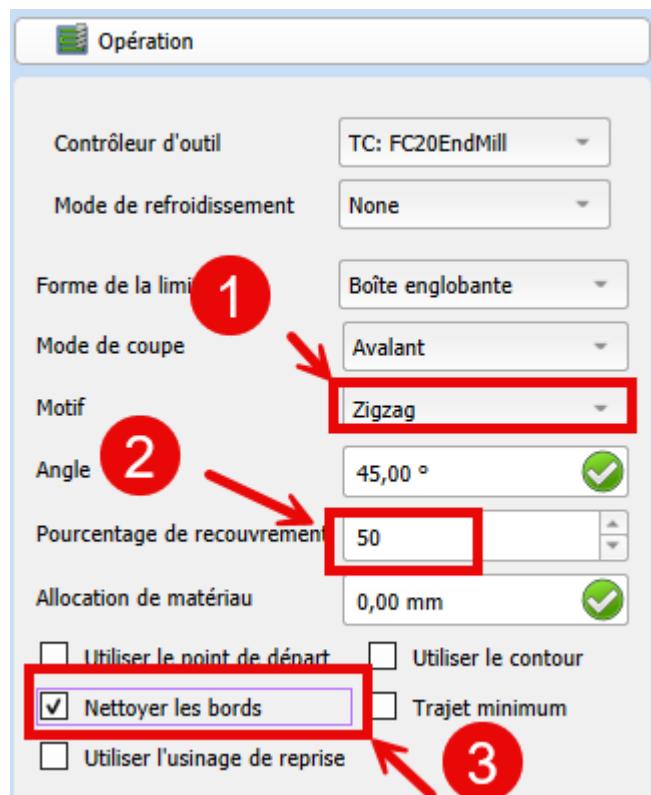
12.4.5.1. Créer le surfacage

Objectif

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

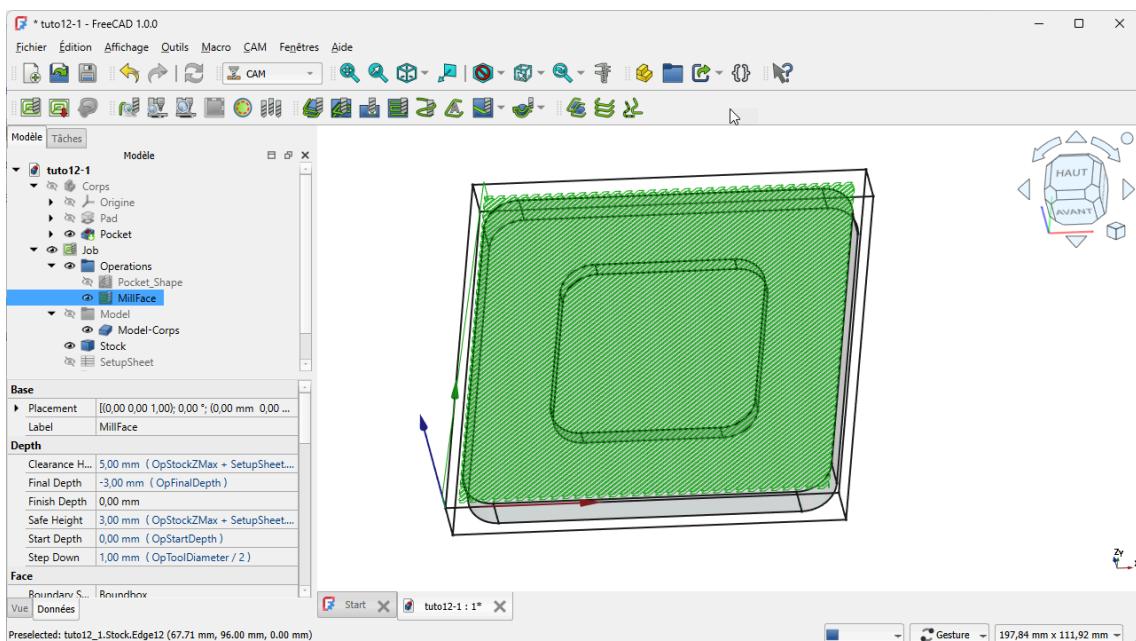
Tâches à réaliser

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



Paramètres du surfacage

- Valider



Surfacage

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

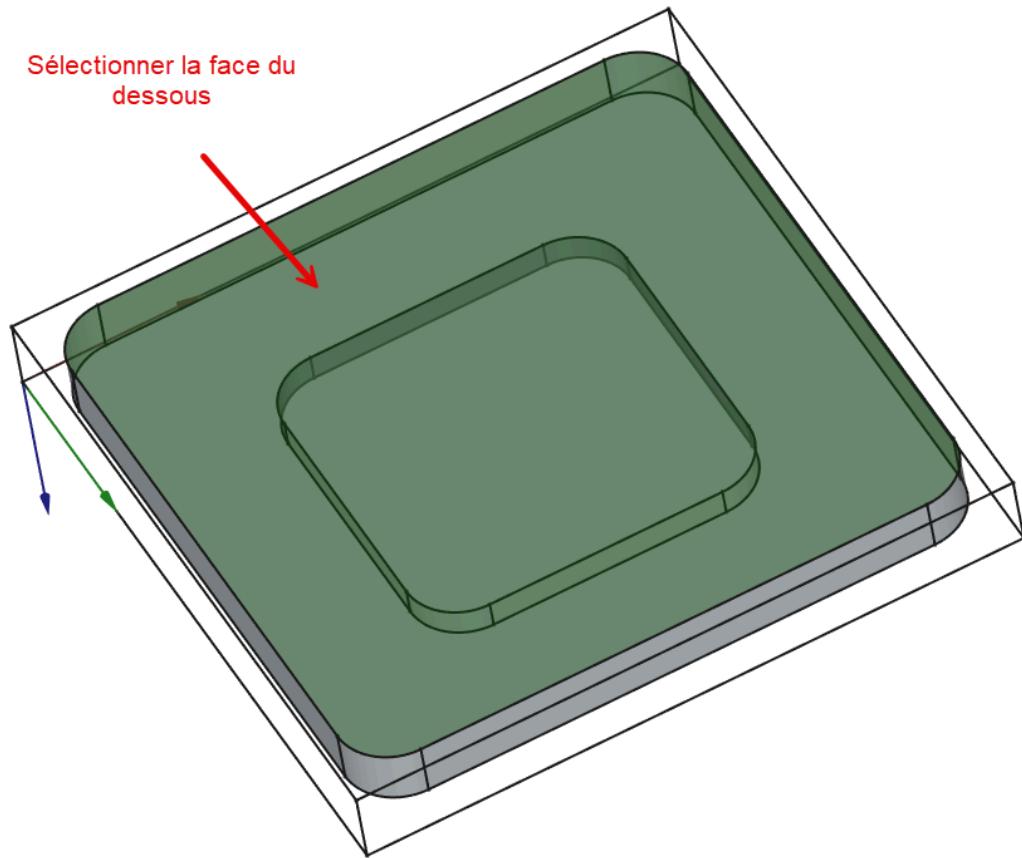
12.4.5.2. Créer le profilage

Objectif

- Utiliser l'usinage 2,5D Profilage ;

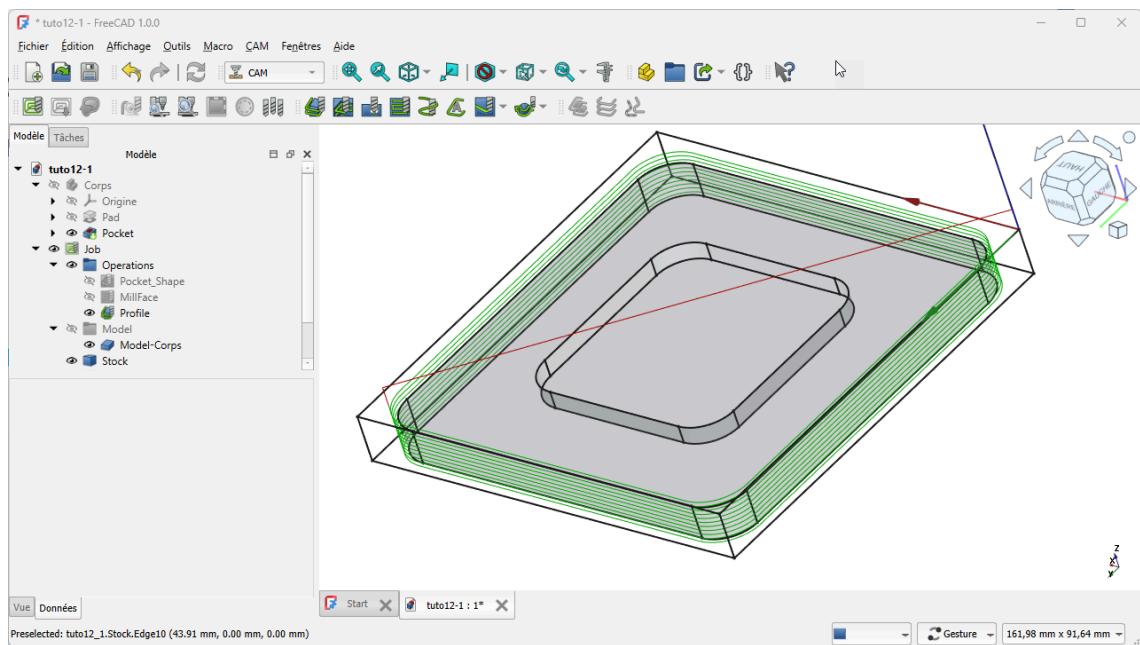
Tâches à réaliser

- 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 ;



12.5. Finitions de parcours

Objectifs

- Utiliser des finitions de parcours ;

12.5.1. Crédit des attaches

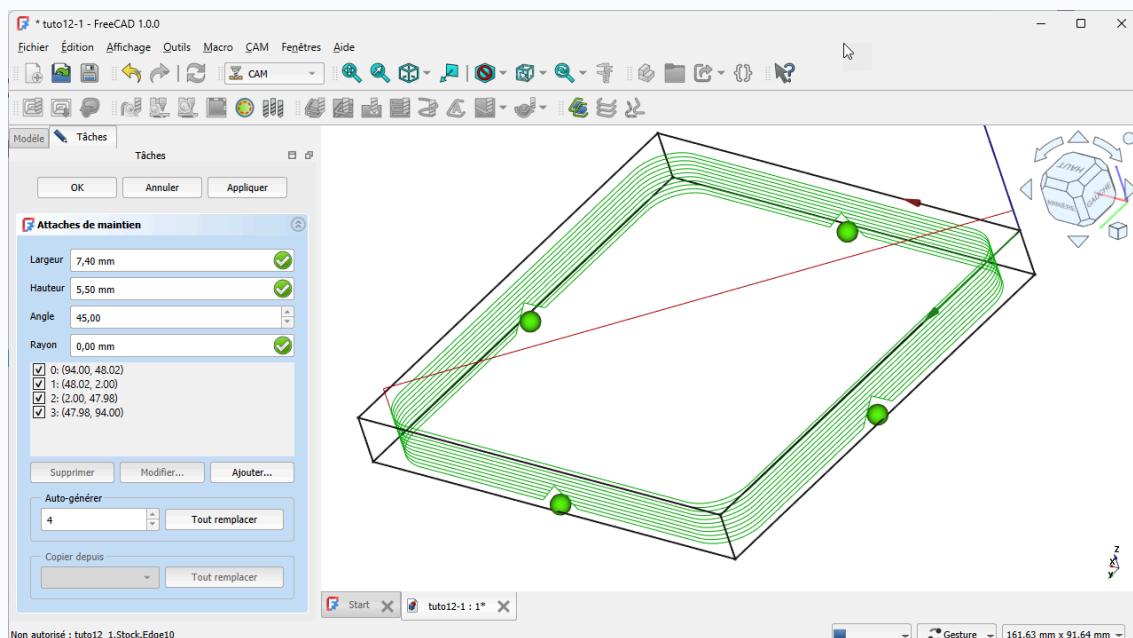
Objectif

- 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.

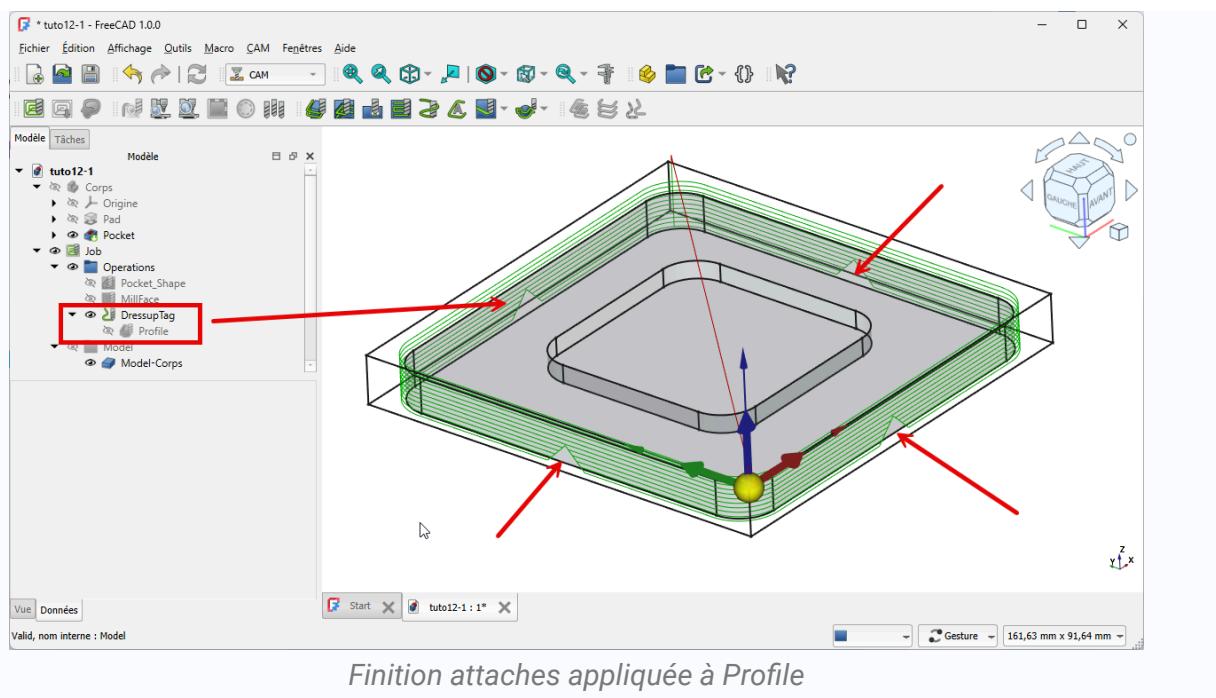
Tâches à réaliser (suite)

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



Finition Attachés sur l'opération de profilage

- Valider ;



Ajout de la finition DressupTag

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

12.6. Gravures

Objectifs

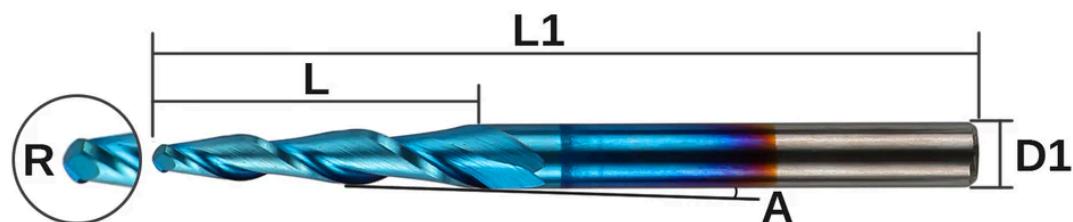
- Mettre en œuvre les différentes étapes de l'atelier CAM pour des usinages 2D ;

12.6.1. Gravure simple

12.6.1.1. Créer une nouvelle forme d'outil

Objectifs

- Créer une nouvelle forme d'outil :

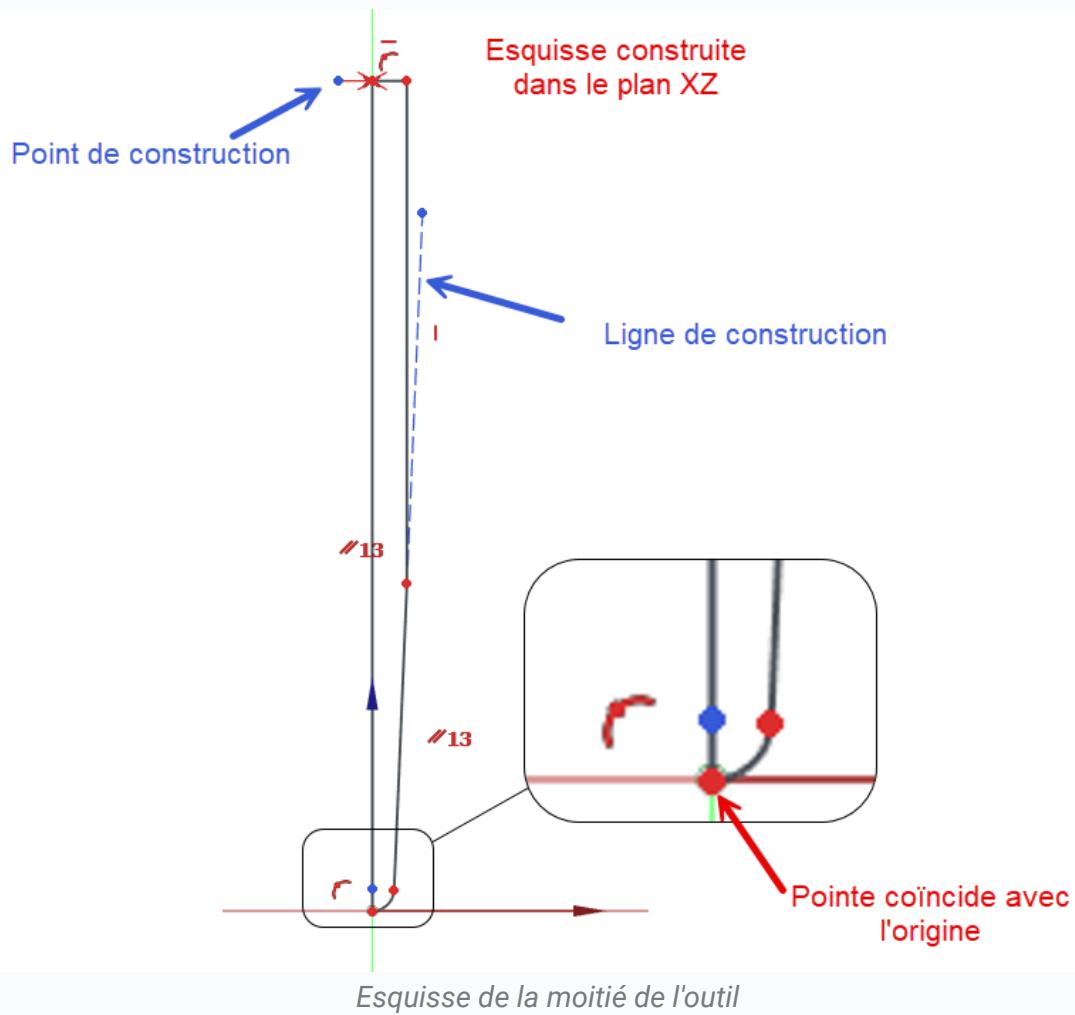




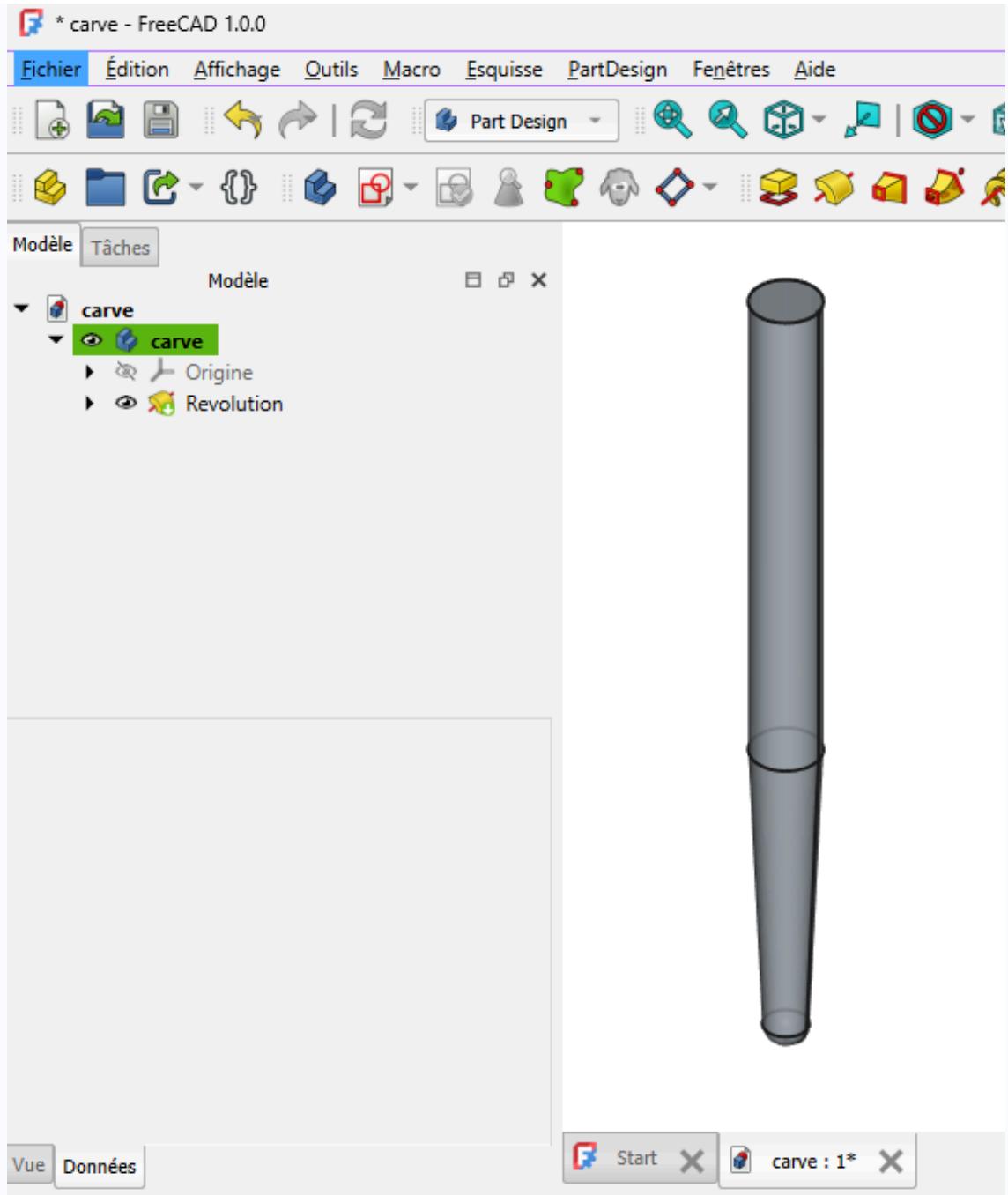
Outil à créer

✓ 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 :

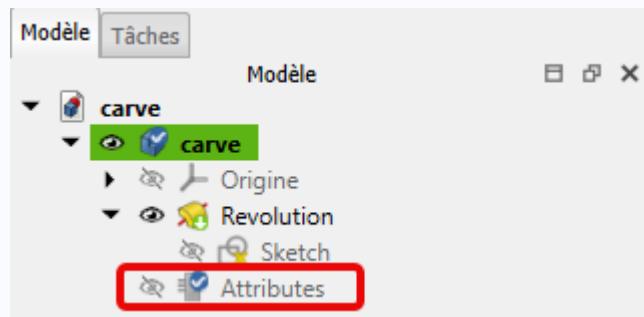


- Enregistrer sous le nom [carve](#) dans le sous-dossier [Shape](#) de votre dossier [Outils](#) ;
- Si nécessaire ouvrir l'atelier Part Design
- Créer une révolution de l'esquisse autour de l'axe vertical de l'esquisse ;



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	Matériau de l'outil

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

Modèle Tâches

Modèle

carve

carve

Origine

Revolution

Sketch

Attributes

Attribut

Chipload	0,00 mm
Dents	2
Materiau	Carbure

Base

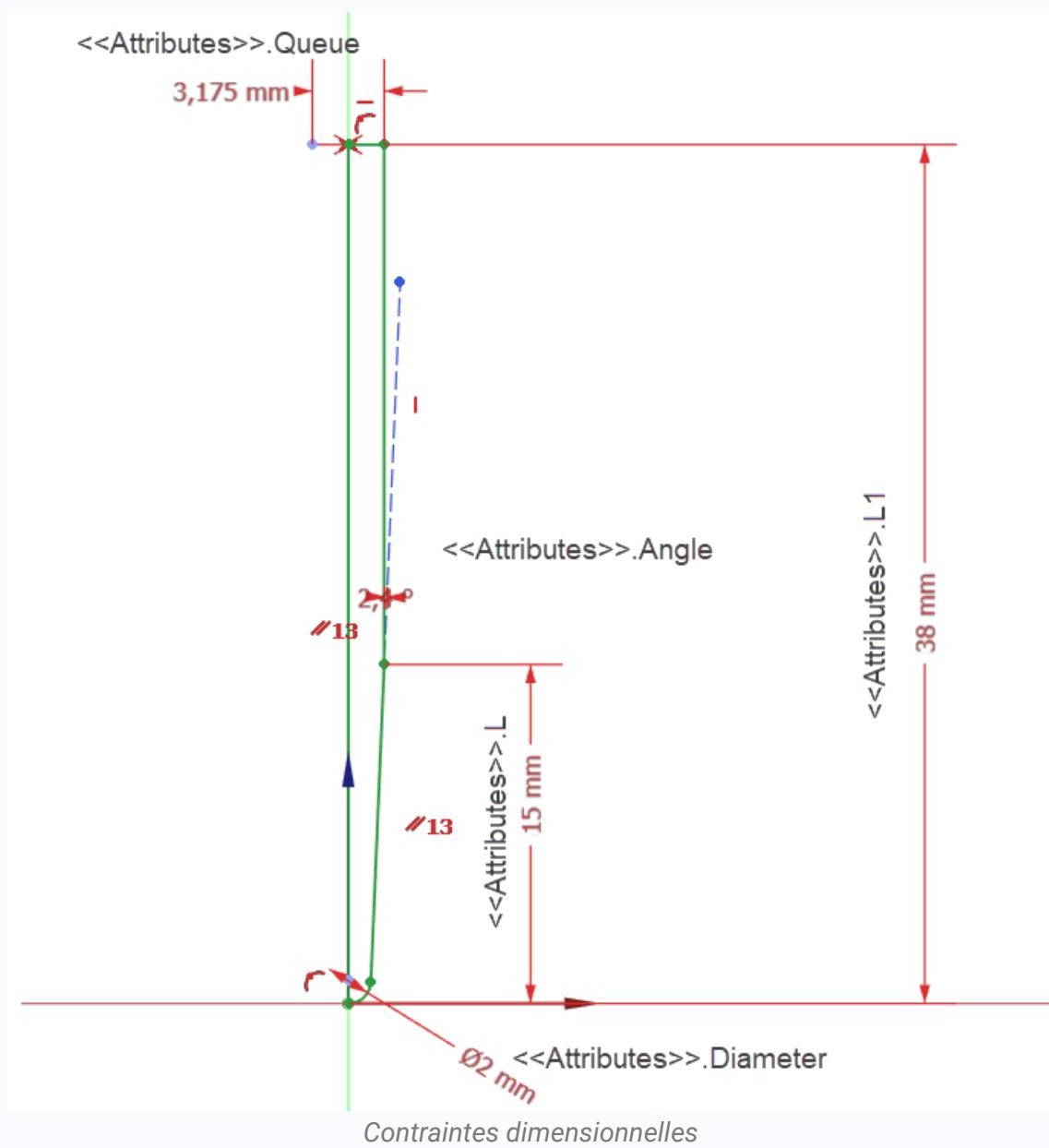
Label	Attributes
-------	------------

Shape

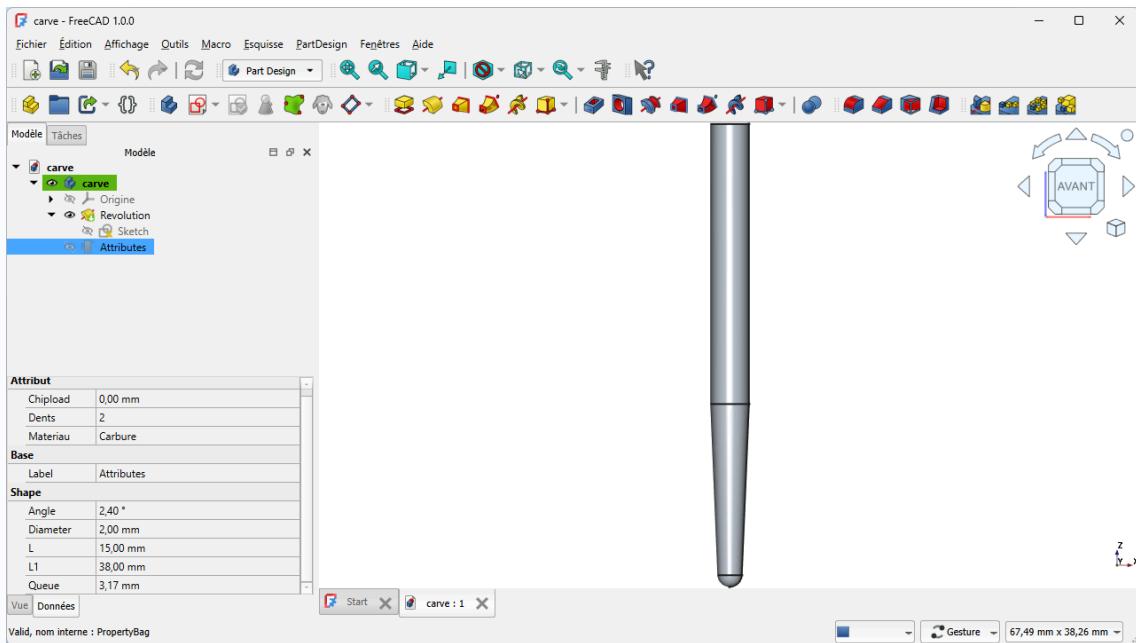
Angle	2,40 °
Diameter	2,00 mm
L	15,00 mm
L1	38,00 mm
Queue	3,17 mm

Valeur d'attributes

- 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` ;

12.6.1.2. Travail préparatoire

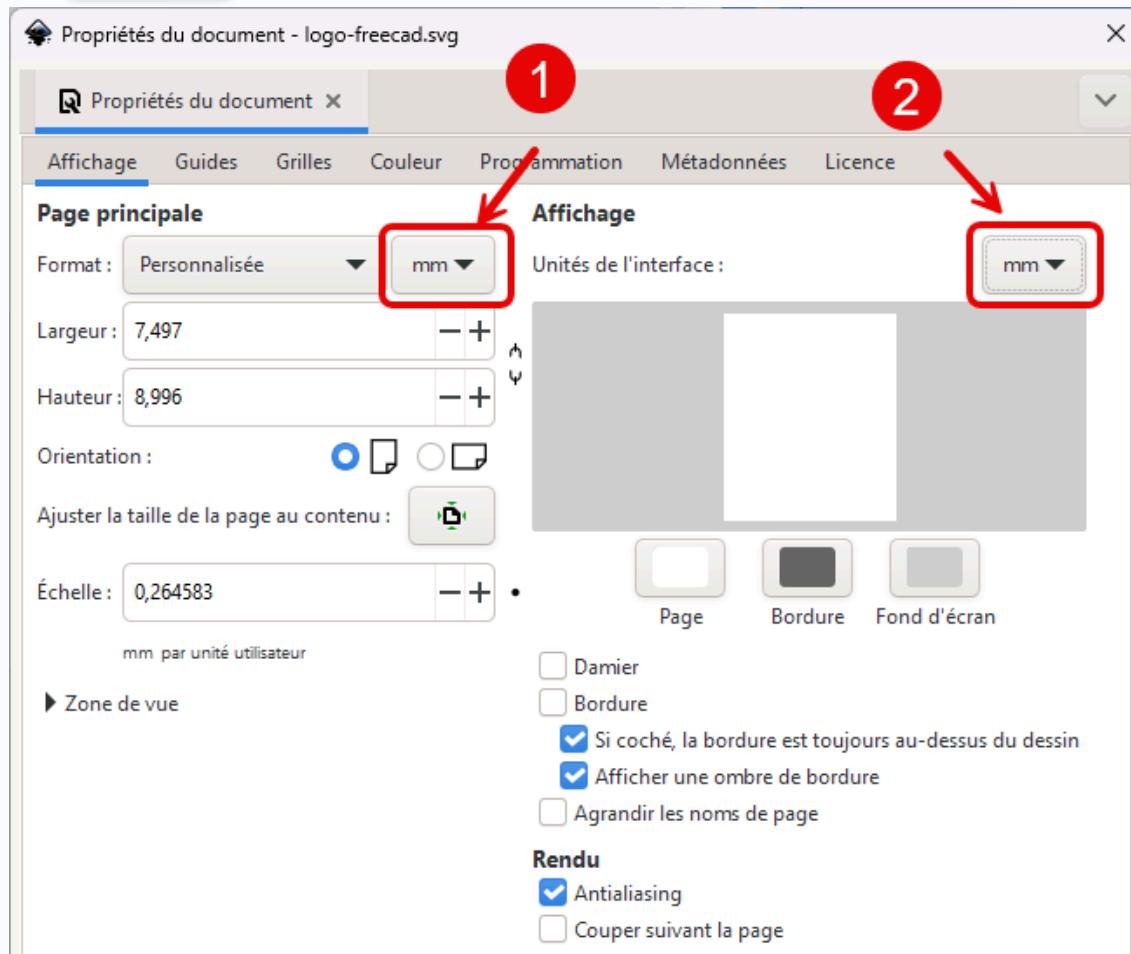
Objectifs

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

Tâches à réaliser

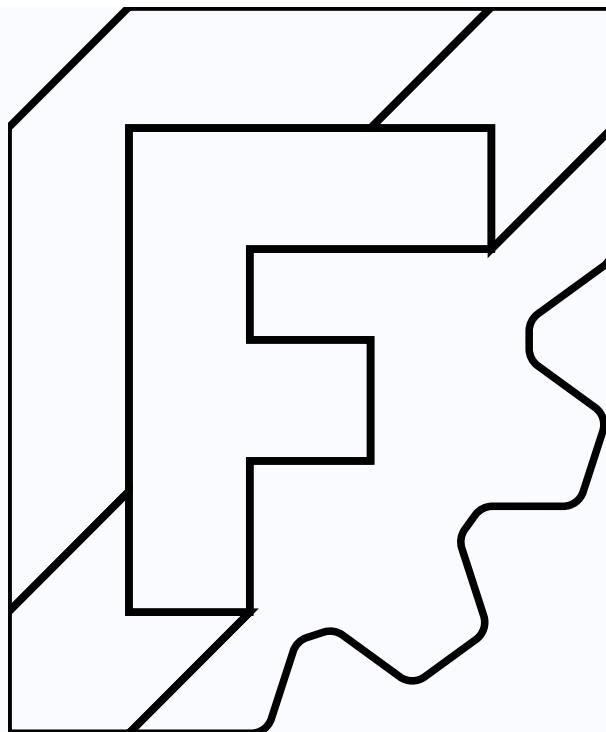
- Télécharger l'image `F` à l'aide d'un clic droit sur votre ordinateur ;
- Ouvrir cette image dans Inkscape `skp` ;

- 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 ;
- Dégrouper 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** ;

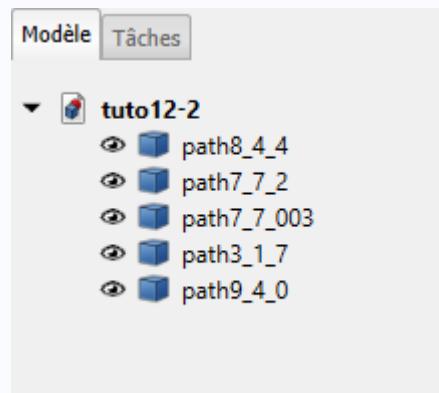


- Quitter Inkscape ;

12.6.1.3. 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 ;

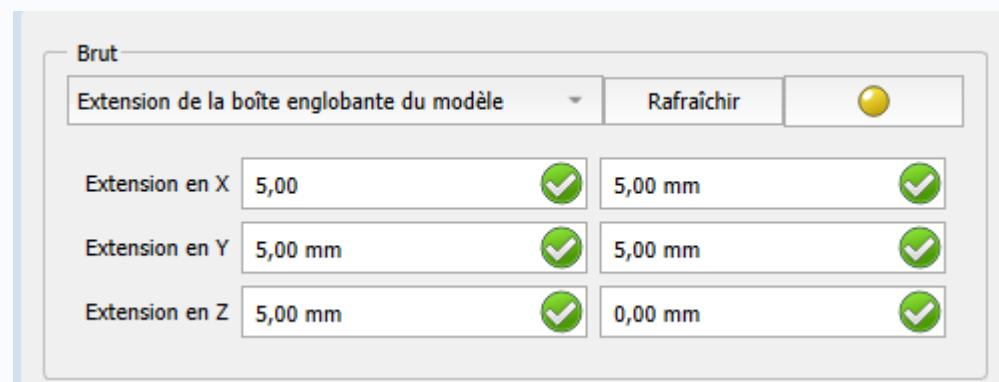


Import du fichier svg

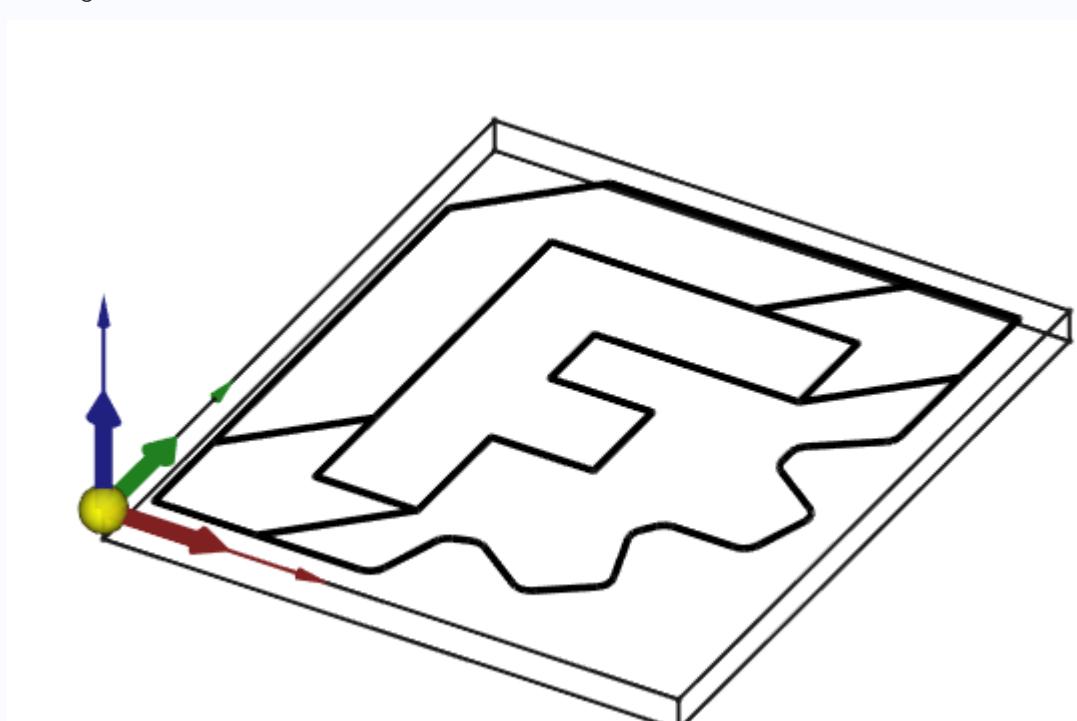
- Dans l'atelier Draft , sélectionner les 5 chemins et créer une esquisse à l'aide de la commande ;
- Masquer les 5 chemins ;

- Dans l'atelier CAM  et créer une nouvelle tâche  :

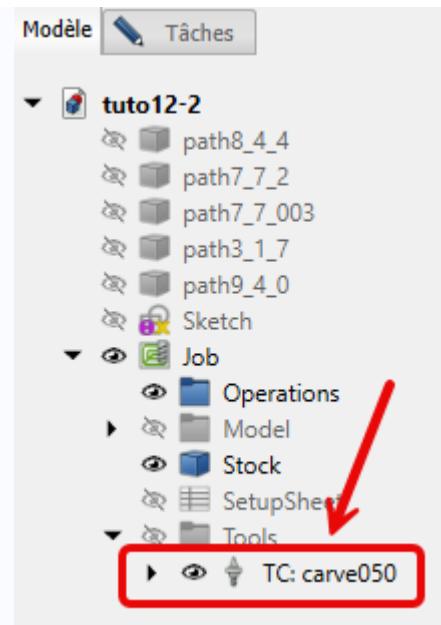
- choisir l'esquisse Sketch comme modèle,
- définir le stock :

*Définition du stock*

- Définir l'origine :

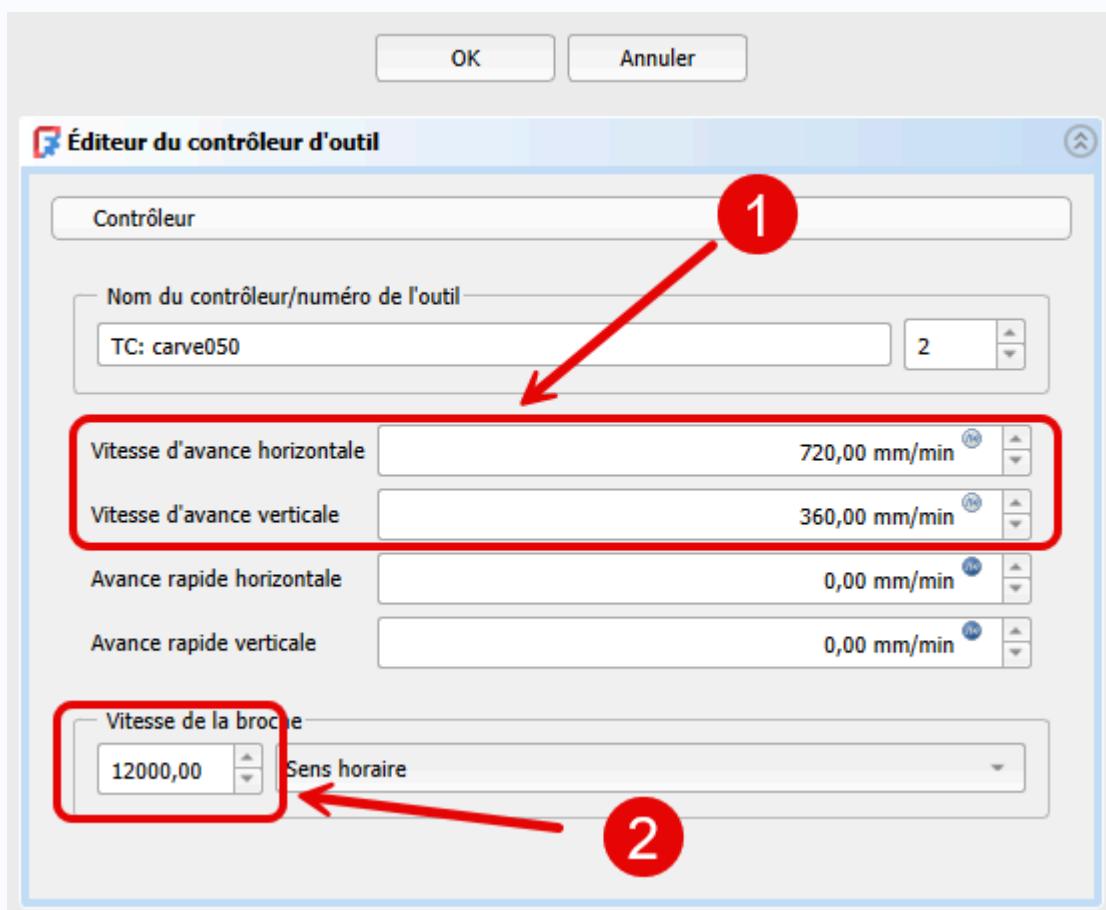
*Choix de l'origine*

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



Choix de l'outil

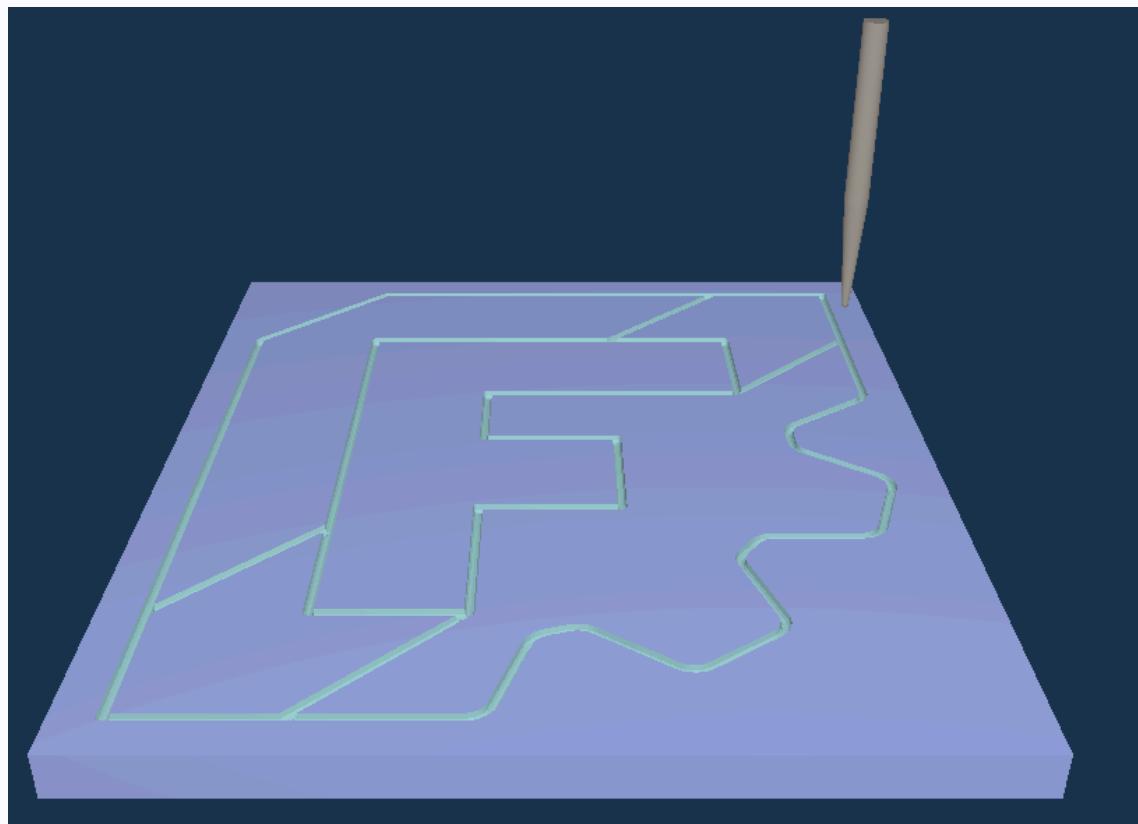
- Fixer les propriétés mécaniques de l'outil ;



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 ;
- Selectionner 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 utiliser l'attribut Diameter de l'outil pour définir la profondeur de la gravure ;

12.6.2. Gravure en V

12.6.2.1. 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 ;

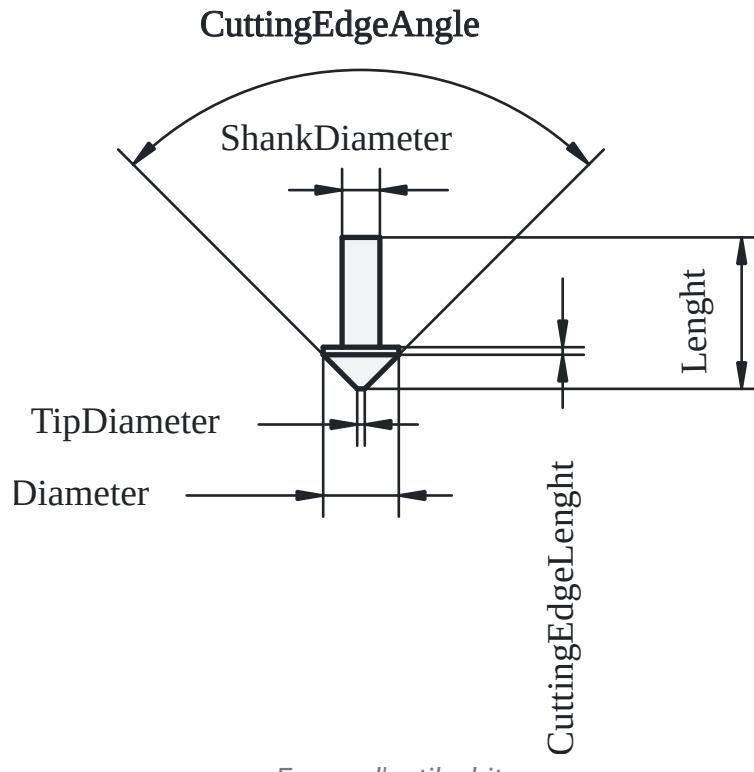


💡 Emplacement d'origine du fichier v-bit.fcstd

- 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 ;



- Compléter les des 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 ;

12.6.2.2. Gravure en V

👁️ Tâches à réaliser

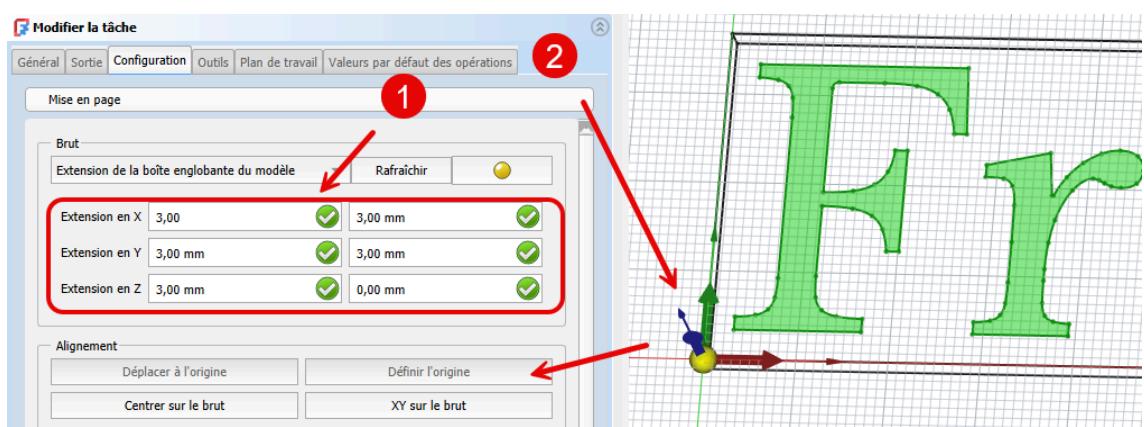
- Télécharger une police de caractères avec serif depuis le site <https://fonts.google.com/> ;
- Extraire le contenu du fichier zip dans le sous-dossier Polices de votre espace personnel ;
- Sélectionner l'atelier Draft ;

- Sélectionner la commande  et compléter le formulaire comme ci-dessous :



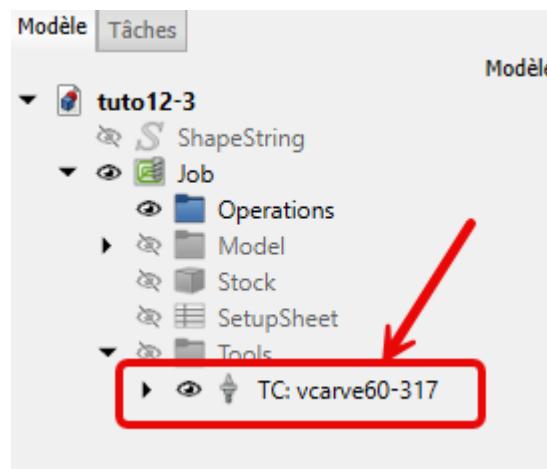
Forme à partir d'un texte (ShapeString)

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



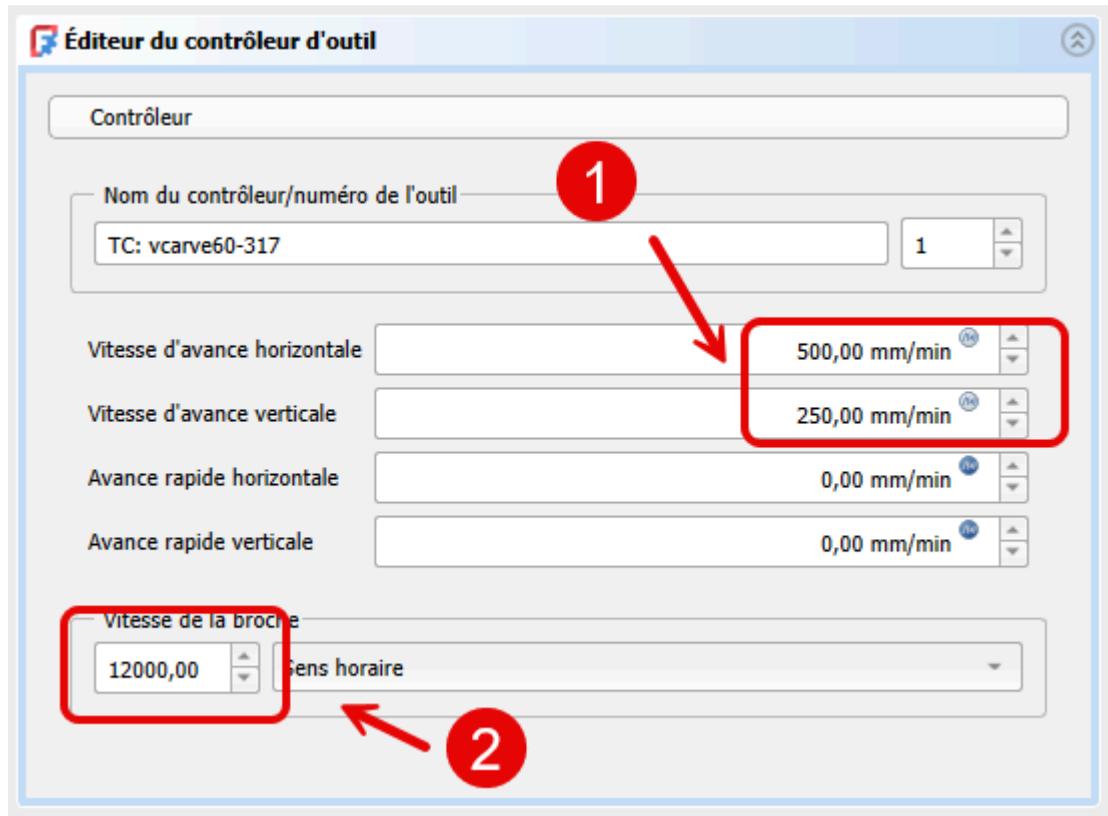
Définition du stock et de l'origine

- 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 ;

13. Documentation

Wiki FreeCAD

Accueil	Part Design	Sketcher	Draft
Spreadsheet	CAM	Mesh	TechDraw

Sites Internet

- [Wiki FreeCAD](#) ;
- [Forum FreeCAD - Forum français](#) ;
- [Chaîne YouTube de tutoriels jpWillm](#) ;
- [Manuel FreeCAD](#) ;
- [Comment utiliser FreeCAD](#) ;
- [Tutoriel Sketcher Christoph Blauer](#) cf [Forum FreeCAD](#) ;
- [FreeCAD for Makers \(tour d'horizon en anglais\)](#) ;

Tutoriels

- https://wiki.freecadweb.org/Creating_a_simple_part_with_PartDesign/fr
- https://wiki.freecadweb.org/Basic_Part_Design_Tutorial/fr
- https://wiki.freecadweb.org/Toothbrush_Head_Stand/fr
- <https://grabcad.com/quentin.plisson-1/tutorials> ;

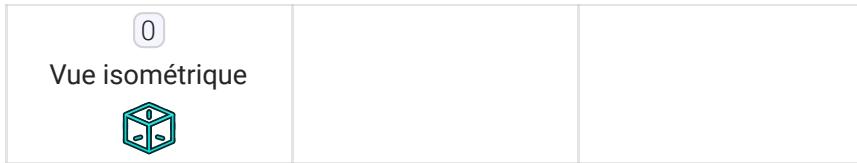
13.1. Raccourcis Clavier

13.1.1. Vues



Touches du clavier numérique

4 Vue arrière 	5 Vue de dessous 	6 Vue de gauche 
1 Vue avant 	2 Vue de dessus 	3 Vue de droite 



💡 V puis touches du clavier alphanumérique

V puis 1 * Comme actuellement 	V puis 2 * Points 	V puis 3 * Filaire 	V puis 4 * ligne cachée 	V puis 5 * Pas d'ombrage 	V puis 6 * Ombré 	V puis 7 * Filaire ombré
V puis O * Vue orthographique 	V puis P * Vue en perspective 	V puis F * Afficher tout 	V puis S * Afficher la sélection 	V puis U * Vue Undocked 	V puis D * Vue Docked 	

* ne pas presser les deux touches en même temps

13.1.2. Affichage

💡 Réglementaire

Affichage		
Selection par boîte	Maj B	Maj B
Plein écran	Alt F11	Opt F11
Zoom sur la boîte de sélection	Ctrl B	Cmd B
Rotation gauche	Maj ←	Maj ←
Rotation droite	Maj →	Maj →
Zoom +	Ctrl +	Cmd +
Zoom -	Ctrl -	Cmd -

13.1.3. Menu fichier

💡 Réglementaire

Fichier		
Nouveau	Ctrl N	Cmd N
Ouvrir	Ctrl O	Cmd O
Sauvegarder	Ctrl S	Cmd S
Fermer	Alt F4	Cmd W
Imprimer	Ctrl P	Cmd P

13.1.4. Menu édition

Réglementaire

Édition	 & 	
Copier	 C	 C
Coller	 V	 V
Couper	 X	 X
Supprimer		Backspace
Annuler	 Z	 Z
Rétablissement	 Y	  Z
Recalculer (Actualiser)	F5	 R

Glossaire

Atelier CAM

≈ Atelier Path

Anciennement atelier PATH, la finalité de l'**atelier CAM**  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 ;

Atelier Draft

≈ Brouillon - Préparation

L'atelier Draft  est un atelier de dessin 2D qui propose des fonctions similaires à Inkscape, notamment :

- la création d'objets graphiques : lignes, arc, courbe de Béziers, chaînes de texte,..
- des outils de modifications : déplacement, copie, clonage, échelle, étirement, réseaux (orthogonal, polaire,...),
- etc.

Atelier Mesh

L'atelier Mesh  manipule des maillages triangulés. Les maillages (mesh en anglais) sont un type particulier d'objets 3D, composés de triangles connectés par leurs arêtes et leurs sommets (aussi appelés vertives).

Cet atelier permet notamment de créer rapidement des maillages à partir de modèle de solide.

Atelier Spreadsheet

≈ Atelier Tableur

Permet de créer et d'éditer des feuilles de calcul dans un document FreeCAD. Il sera alors possible :

- **d'utiliser des données de la feuille de calcul pour définir un modèle** : lorsque les valeurs sont modifiées dans la feuille de calcul, le modèle sera mis à jour ;
- ou bien
- **de compléter la feuille de calcul avec des données extraites d'un modèle**, de réaliser des calculs et d'exporter ces données vers d'autres applications (LibreOffice Calc, Microsoft Excel...) ;

Atelier TechDraw

L'atelier TechDraw  est utilisé pour produire des dessins techniques de base à partir de modèles 3D créés notamment avec PartDesign .

- Chaque dessin est une **feuille** pouvant contenir diverses **vues** d'objets pouvant être dessinés : corps, groupe d'objets ;
- Les dessins résultants peuvent être utilisés pour des éléments tels que la documentation, les instructions de fabrication, les contrats, les permis, etc...

Des dimensions, des sections, des zones hachurées, des annotations et des symboles SVG peuvent être ajoutés à la feuille, qui peuvent ensuite être exportés vers différents formats tels que DXF, SVG et PDF.

FreeCAD propose deux commandes permettant d'ajouter une feuille de dessin à un document FreeCAD :

-  ajoute une feuille à l'aide du fichier modèle spécifié dans les préférences de l'atelier TechDraw ;
-  feuille ajouté à l'aide du fichier de modèle sélectionné dans une boîte de dialogue ;

cf. W https://wiki.freecad.org/TechDraw_Workbench/fr

**Attachment Offset
d'esquisse**

**≈ Décalage d'attachement
de l'esquisse**

L'Attachment Offset (ou décalage d'attache) d'une esquisse dans l'atelier PartDesign correspond à un décalage et/ou une rotation supplémentaires appliqués par rapport au plan ou à la face sur laquelle l'esquisse est attachée.

Avance par dent

≈ 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**

**≈ 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**

**≈ MOCN - machine-outil à
commande numérique**

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

Conception Assistée par Ordinateur
≈ en anglais : CAD Computer-Aided Design

voir

https://fr.wikipedia.org/wiki/Conception_assist%C3%A9e_par_ordinateur

Contrainte automatique

Dans l'atelier Sketcher, le bouton déroulant du panneau Contrainte permet d'activer / désactiver le réglage **Contraintes automatiques** ;
 Lorsque **Contraintes automatiques** est coché, lors de la création de nouveaux éléments géométriques (lignes, cercles...), certaines contraintes (ligne horizontale, ligne verticale, coïncidence, points sur objet...) seront ajoutées automatiquement.

Degré De Liberté (ddl) en mécanique
≈ Degrees Of Freedom (dof)

Dans l'espace, un solide rigide libre possède 6 ddl :

- 3 en translation axe **Ox**, axe **Oy**, axe **Oz**,
- 3 en rotation autour respectivement des axes **Ox**, **Oy**, **Oz**.

Dans un plan **Oxy**, un solide plan rigide contenu dans ce plan, libre possède 3 ddl :

- 2 en translation : axe **Ox**, axe **Oy**,
- 1 en rotation : autour de l'axe **Oz** perpendiculaire au plan **Oxy**

Dessin Technique

Un dessin technique est une **représentation graphique normalisée** d'un objet, d'un système ou d'un ouvrage qui permet de communiquer de manière précise et sans ambiguïté des informations nécessaires à la fabrication, à l'assemblage ou à la compréhension d'un objet ou d'un système.

Caractéristiques principales :

- Respecte des normes précises (comme ISO ou ANSI) pour garantir une compréhension universelle ;
- Utilise des vues (en plan, de face, de côté, en coupe) pour montrer tous les détails nécessaires ;
- Inclut souvent des cotes, des légendes, des matériaux, des tolérances, etc...

Feuille de dessin TechDraw

Objet créé par l'atelier TechDraw. FreeCAD propose différents modèles de feuille :

- de différentes tailles : A0 à A4 ;
- orientation : Portrait ou Paysage (**landscape**) ;
- avec ou sans cartouche (**blank**) ;

cf. https://wiki.freecad.org/TechDraw_PageDefault/fr

Format FCStd
≈ Format FreeCAD

Le format de fichier « **.FCStd** » est le format natif de FreeCAD.

forme liée***≈ ShapeBinder***

Une forme liée  est utilisée à l'intérieur d'un corps pour référencer une géométrie extérieure à ce corps.

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](#)

Géométrie de construction

Dans une esquisse, on distingue les **géométries de définition** et les **géométries de construction** :

- Les géométries (de définition) sont utilisées par les fonctions paramétriques 3D (protrusion, révolution...) pour « créer / supprimer de la matière » ;
- Les géométries de construction aident à définir les contraintes et les géométries de définition à l'intérieur de l'esquisse elle-même, elles ne sont pas visibles à l'extérieur de l'esquisse et sont ignorées lors de l'application des fonctions paramétriques 3D ;

Par défaut, les géométries de construction s'affichent en trait interrompu bleu ;

Géométrie externe

Une géométrie externe est une **géométrie de construction** provenant d'un élément, sommet ou arête, situé **en dehors de l'esquisse**.

Hauteur de dégagement***≈ 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 ;

Mesh**≈ Maillage**

Un **mesh** ou **maillage** est un objet tridimensionnel constitué de sommets, d'arêtes et de faces organisés en polygones sous forme de fil de fer dans une infographie tridimensionnelle. Les faces se composent généralement de triangles, de quadrilatères ou d'autres polygones convexes simples, car cela simplifie le rendu. Les faces peuvent être combinées pour former des polygones concaves plus complexes, ou des polygones avec des trous.

source : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Mesh_\(objet\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Mesh_(objet))

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.

Slicer**≈ logiciel de tranchage**

Le slicer joue le rôle d'intermédiaire entre le modèle 3D et l'imprimante 3D : il permet de convertir le modèle importé au format STL en une série de couches fines et génère un fichier G-code, contenant toutes les instructions pour l'imprimante 3D.

Exemple de Slicer :

- [Ultimaker Cura](#) (propriétaire gratuit) ;
- [Slic3R](#) (libre)
- [Simplify3D](#) (payant) ;
- ...

Style de navigation**≈ Mode de navigation**

Pour naviguer visuellement dans la vue 3D et interagir avec les objets affichés, FreeCAD propose plusieurs styles ou modes de navigation à la souris. Le style par défaut est le style CAD.