



PARCOURS GUIDÉ FREECAD

Tutoriel : débuter sur FreeCAD v 1.0.0 - 19/02/2025 - 



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

Réalisé avec [Scenari Dokiel](#)  ;

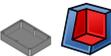
Licence :



Table des matières

1. Découvrir FreeCAD	8
1.1. Présentation	8
1.2. Installation	9
1.3. Interface	10
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	20
1.3.4.3. Transparence des solides	21
1.3.4.4. Atelier Sketcher	22
1.3.4.5. Couleur des sélections	23
1.3.4.6. Valider vos préférences	24
1.3.5. Ré-agencer les barres d'outils	25
1.4. Modélisation paramétrique	27
2. Explorer Sketcher 	31
2.1. Interface de Sketcher	31
2.2. Contrainte  contextuelle	34
2.3. Degrés de liberté	36
2.4. Contraintes automatiques	38
2.4.1. Contraintes automatiques désactivées	40
2.4.2. Contraintes automatiques activées	41
2.4.3. Conclusion	43
2.5. Suppression automatique des redondances	43
2.6. Fermeture des esquisses	46
2.7. TP 2-1 	48
2.7.1.  Capture vidéo	52
2.8. TP 2-2 	53
2.8.1.  Capture vidéo	60
2.9. TP 2-3 	60
2.9.1.  Capture vidéo	64
3. Modélisation paramétrique	65
3.1. TP 3-1 	65

3.1.1.	1 ^{ère} esquisse & fonction paramétrique	66
3.1.2.	2 ^{ème} esquisse & fonction paramétrique	67
3.1.3.	3 ^{ème} esquisse & fonction paramétrique	69
3.1.4.	Modification du modèle	71
3.1.5.	 Capture vidéo	72
3.2.	Géométrie externe 	72
3.3.	TP 3-2 	75
3.3.1.	1 ^{ère} esquisse & fonction paramétrique	76
3.3.2.	2 ^{nde} esquisse & fonction paramétrique	78
3.3.3.	 Capture vidéo	80
3.4.	Plans de référence 	80
3.4.1.	Créer un plan de référence parallèle à une face	81
3.4.2.	Créer un plan de référence perpendiculaire à une arête	84
3.4.3.	Créer un plan de référence tangent à une surface	87
3.4.4.	Créer un plan de référence normal à une courbe	90
3.5.	TP 3-3 	92
3.5.1.	1 ^{ère} esquisse & protrusion	93
3.5.2.	Plan de référence	94
3.5.3.	2 ^{ème} esquisse et protrusion	96
3.5.4.	3 ^{ème} esquisse & cavité	99
3.5.5.	 Capture vidéo	100
4.	Fonctions paramétriques	101
4.1.	TP 4-1 	101
4.1.1.	 Capture Vidéo	103
4.2.	TP 4-2 	104
4.2.1.	Création d'une esquisse de construction	105
4.2.2.	Création des plans de références	108
4.2.3.	Création de la nervure à l'aide d'un lissage additif	109
4.2.4.	Création des cylindres aux extrémités de la nervure	112
4.2.5.	 Capture vidéo	114
4.3.	TP 4-3 	114
4.3.1.	Création du balayage	115
4.3.2.	Création de la 1 ^{ère} platine	118
4.3.3.	Création de la 2 ^{nde} platine	119
4.3.4.	 Capture vidéo	121

5. Transformations	122
5.1. TP 5-1 	122
5.1.1. Création de la base	123
5.1.2. Création de la paroi verticale	125
5.1.3. 1er trou dans la paroi verticale	128
5.1.4. 2ème trou dans la paroi verticale	130
5.1.5.  Capture vidéo	132
5.2. TP 5-2 	132
5.2.1. Trous sur la grande platine	133
5.2.2. Trous sur la petite platine	135
5.2.3.  Capture vidéo	138
6. Finitions	139
6.1. TP 6-1 	139
6.2. TP 6-2 	141
6.2.1. Boite	142
6.2.2. Épaulement intérieur	144
6.2.3. 1 ^{er} cylindre de fixation	146
6.2.4. Autres cylindres de fixation	148
6.2.5. Congés	150
6.2.6. Vérification d'intégrité du modèle	154
6.2.7.  Capture vidéo	154
7. Corps multiples 	155
7.1. Forme liée	155
7.2. TP 7-1 	157
7.2.1. 1 ^{er} corps	157
7.2.2. 2 nd Corps	159
7.2.3. Fusionner les deux corps	161
7.2.4. Cavités	163
7.2.5.  Capture vidéo	165
7.3. TP 7-2 	165
7.3.1. Sous-forme liée	167
7.3.2. Partie supérieure	168
7.3.3. Partie inférieure	170
7.3.4. Perçages	171
7.3.5. Vérification de l'intégrité	173
7.3.6.  Capture vidéo	173
7.4. TP7-3 	173

7.4.1. Travail préparatoire	175
7.4.2. Création du couvercle	176
7.4.2.1.  Capture vidéo	180
7.4.3. Création du chapeau	180
7.4.3.1.  Capture vidéo	182
7.4.4. Création des ailes	182
7.4.4.1.  Capture vidéo	184
7.4.5. Fusion du chapeau et du couvercle	184
7.4.5.1.  Capture vidéo	185
8. Spreadsheet 	186
8.1. TP 8-1  	187
8.1.1. Création de la feuille de calcul	188
8.1.2. 1 ^{ère} esquisse & révolution	190
8.1.3. Créations des Ergots	192
8.1.4. Récupérer une dimension	194
8.1.5. Modification du modèle	195
8.1.6.  Capture vidéo	195
9. Atelier Draft 	196
9.1. TP 9-1  	197
9.1.1. Utiliser des polices de caractères dans FreeCAD	198
9.1.2. Choisir une police de caractères	199
9.1.3. Créer une esquisse contenant une forme à partir de texte	199
9.1.4. Créer la protrusion	200
9.1.5.  Capture vidéo	201
9.2. Import Inkscape 	202
9.2.1. Présentation d'Inkscape	202
9.2.2. Travail préliminaire	204
9.2.3. Texte créatif	205
9.2.3.1. Préparation Inkscape	205
9.2.3.2. Importation dans FreeCAD	208
9.2.4. Récupérer un logo	211
9.2.4.1. Préparation Inkscape	211
9.2.4.2. Importation dans FreeCAD	214
9.2.5.  Capture vidéo	218
9.3. TP 9-3  	219
9.3.1. Création de l'esquisse	220

9.3.2. Attacher l'esquisse	227
9.3.3. Créer les cavités	230
9.3.4.  Capture vidéo	231
9.4. Pince excentrique  	231
9.4.1. Installer la macro	232
9.4.2. Exécuter la macro	232
9.4.3. Transformer la courbe en esquisse	233
9.4.4. Fermer l'esquisse et créer la protrusion	233
9.4.5.  Capture vidéo	235
10. Atelier Mesh 	236
11. Documentation	238
11.1.  Raccourcis Clavier	238
11.1.1. Vues	238
11.1.2. Affichage	239
11.1.3. Menu fichier	239
11.1.4. Menu édition	240

1. Découvrir FreeCAD

1.1. Présentation

FreeCAD  est un logiciel de CAO (Conception Assistée par Ordinateur), en anglais CAD (Computer-Aided Design), plus précisément de modélisation 3D : cf. [site officiel de FreeCAD](https://www.freecad.org/)

Objectif de ce parcours guidé

La découverte d'un logiciel de modélisation 3D, FreeCAD en particulier, est un peu déconcertante... 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.

Pré-requis

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

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.

Aide en ligne

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

Comment utiliser ce parcours ?

Ce parcours existe sous deux supports :

- une **version web** consultable 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 200 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 ;

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 ;

Téléchargement : choisir le bon fichier

 Pour la version stable, le plus simple est de choisir la version « **x86_64 installer** » ;

 Télécharger le fichier disque image « **.dmg** » correspondant à votre processeur : « **Apple Silicon** » ou « **Intel** » ;

 Télécharger le fichier « **.ApplImage** » 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-Bundle/releases/tag/weekly-builds

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

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

 Ouvrir le fichier « **.dmg** » et copier le fichier  `FreeCAD.App` dans votre dossier  `Applications` ;

 Changer les propriétés du fichier « **.ApplImage** » pour le rendre exécutable.

Quelle version choisir : stable ou weekly ?

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

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 :

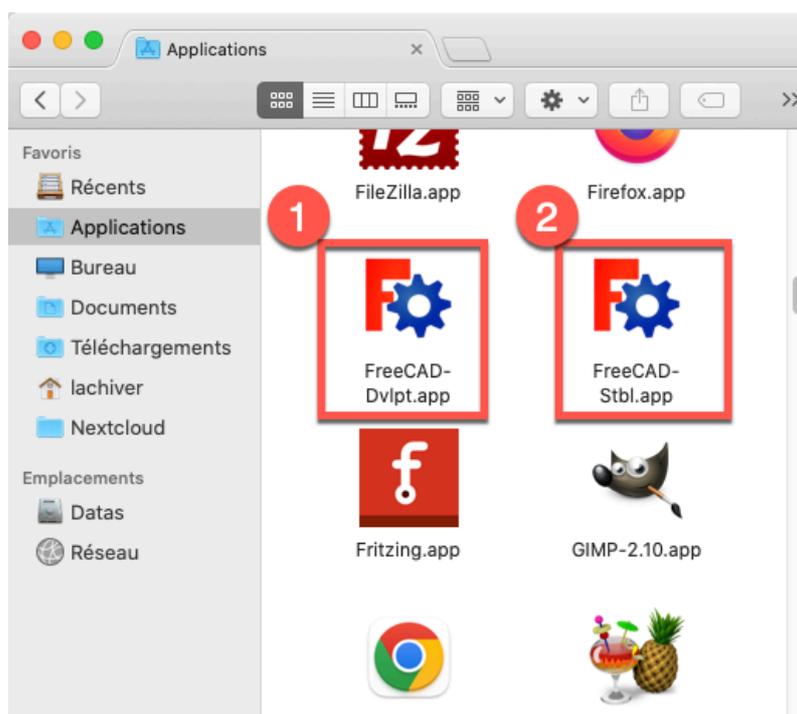
- Sélectionner la commande  Aide => A propos de FreeCAD (sous   FreeCAD => À propos de FreeCAD) ;
- FreeCAD ouvre une boîte de dialogue indiquant le numéro de version de l'application et la date de publication.

+ Utiliser différentes versions sur un même ordinateur

Il est tout à fait possible d'installer et d'utiliser différentes versions de FreeCAD sur un même ordinateur :

 Extraire les fichiers « .7z » dans des dossiers différents ;

 Conserver les deux versions lors de la copie puis renommer les fichiers FreeCAD.app ;



Différentes versions de FreeCAD sous 

 Les fichiers .AppImage portent déjà des noms différents ;

 Attention néanmoins à la compatibilité du fichier de configuration, il est préférable de réinitialiser les préférences quand vous changez de version.

1.3. Interface

Objectifs

- Découvrir et personnaliser l'interface de FreeCAD ;

1.3.1. Ouvrir un document FCStd

Objectifs spécifiques

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

Format FCStd

≈ Format FreeCAD

Le format de fichier « **FCStd** » est le format de fichier principal de FreeCAD. Il s'agit d'un format conteneur prenant en charge la compression et l'incorporation de différents types de données.

Ne pas confondre le format FreeCAD et le format STL

- Le format « **.stl** » est utilisé par les logiciels du type « Slicer » 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 ;

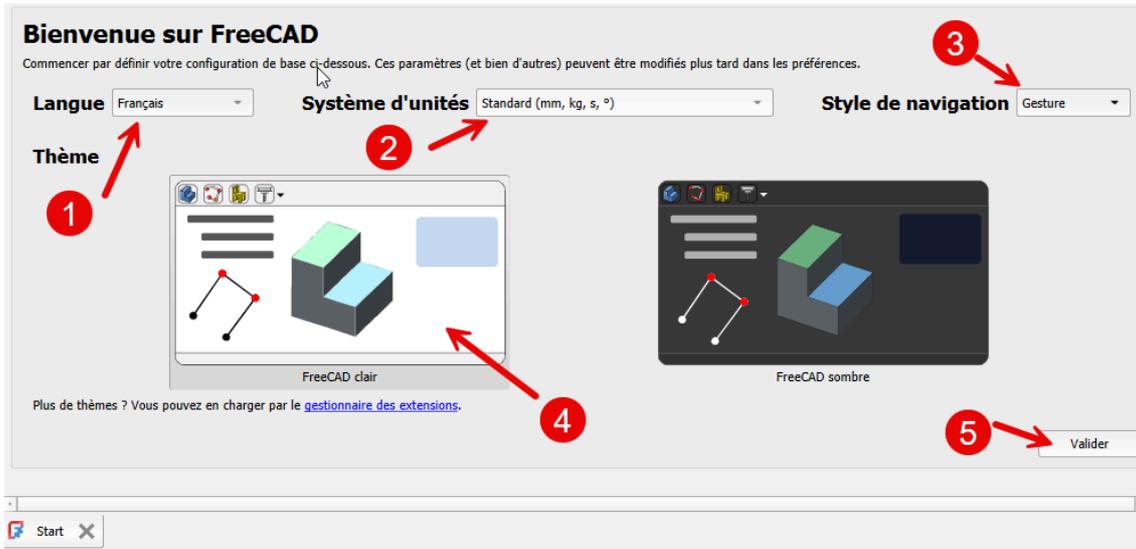
Le format  **.FCStd** est un fichier zip standard contenant un ou plusieurs fichiers dans une structure spécifique. En tant que tel, il est possible de décompresser un fichier **.FCStd** à l'aide d'un outil de décompression zip, mais des précautions doivent être prises lors de la reconstruction du fichier **.FCStd**.

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 : la langue, le système d'unités, le style de navigation et le thème.

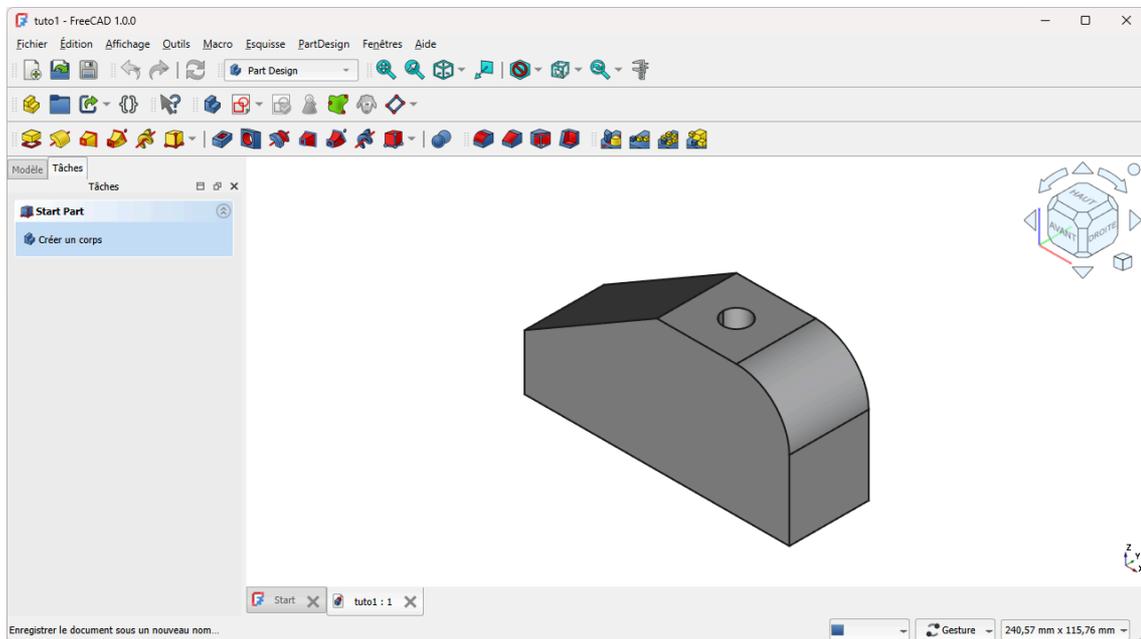


Écran de bienvenue

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

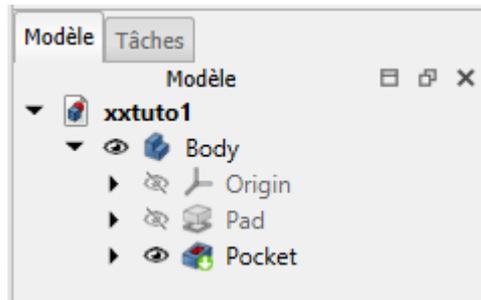
☰ Tâches à réaliser (suite)

- Ouvrir ce document `tuto1.FCStd` dans FreeCAD à l'aide de la commande `Fichier => Ouvrir` ou du bouton  ;

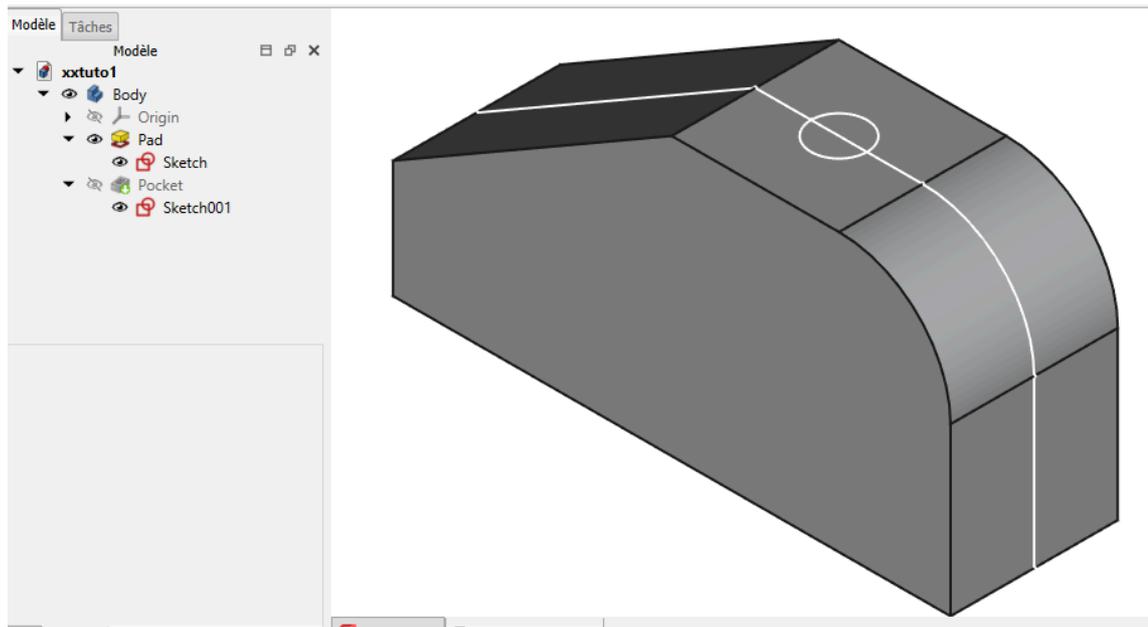


Ouverture du document *tuto1*

- 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 sketches

Interactions dans l'onglet *Modèle* :

- L'élément encadré est l'élément sélectionné, il est **coloré en bleu dans la vue 3D** ;
- Les éléments **non grisés** avec l'icone sont **affichés dans la vue 3D** ;
- Les éléments **grisés** avec l'icone sont **masqués dans la vue 3D** ;
- Clic gauche sur le bouton , développe la branche de l'arborescence ;
- Clic gauche sur le bouton , réduit une branche de l'arborescence ;
- Clique gauche sur le bouton , masque l'élément dans la vue 3D ;
- Clique gauche sur le bouton , affiche l'élément dans la vue 3D ;
- Clic droit** sur un élément affiche le menu contextuel permettant notamment de Renommer cet élément ou de le supprimer ;

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

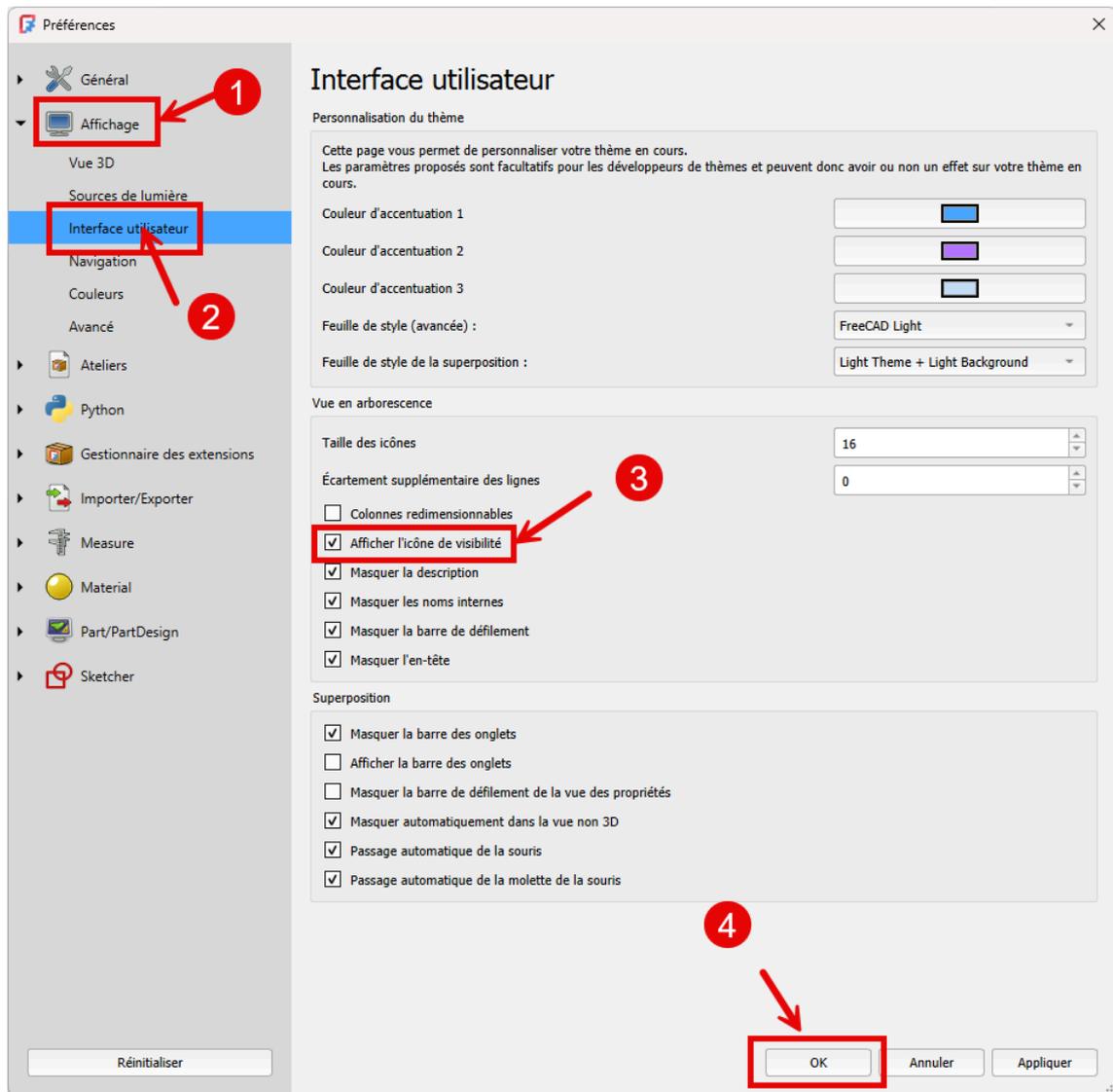
Construction finale de  Body ;

 Sketch001  Sketch001

Esquisse utilisée pour créer la cavité dans Pad ;

 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 l'espace 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 ?

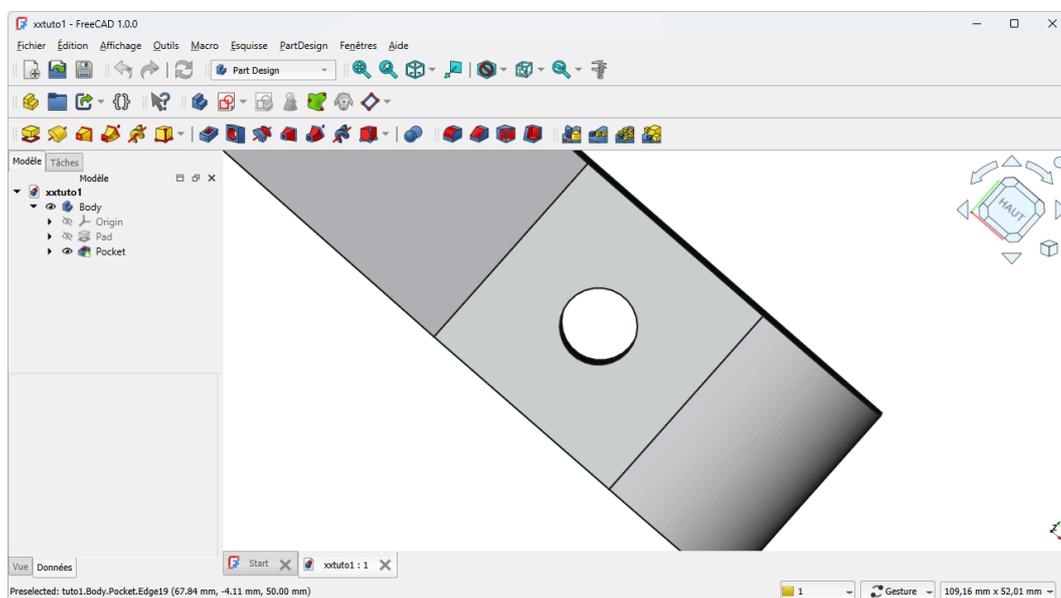
Si vous utilisez déjà d'autres logiciels comme [Blender](#) ou [TinkerCad](#), vous pouvez choisir le style de navigation correspondant ;

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

[W \[https://wiki.freecadweb.org/Mouse_navigation/fr\]\(https://wiki.freecadweb.org/Mouse_navigation/fr\)](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 ;
- 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 ;



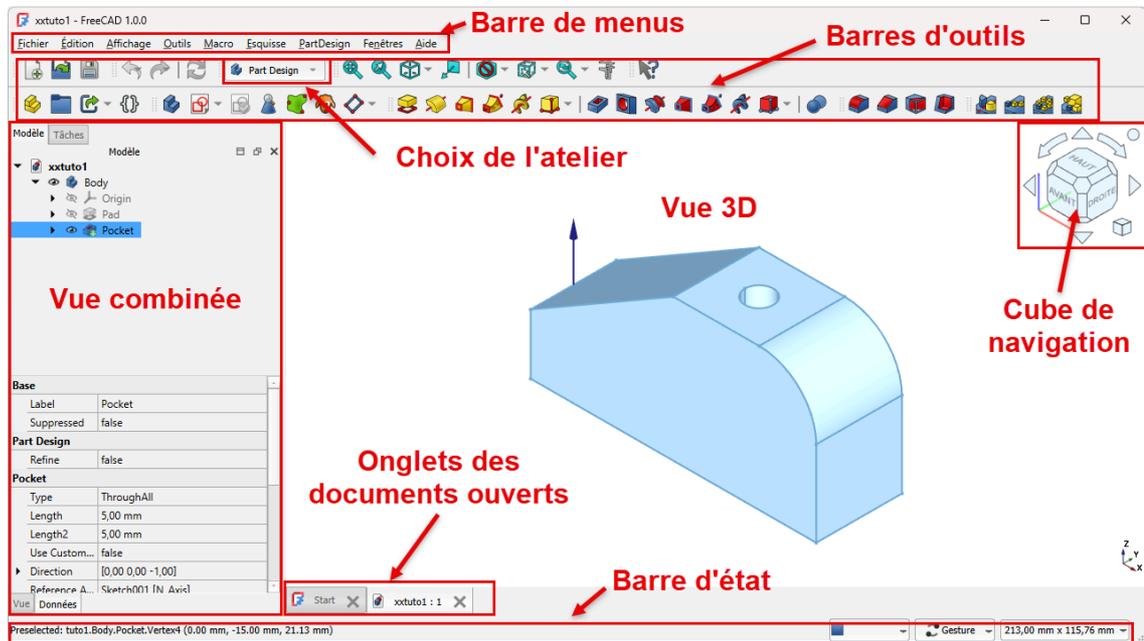
Résumé des commandes du style de navigation Gesture

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 :



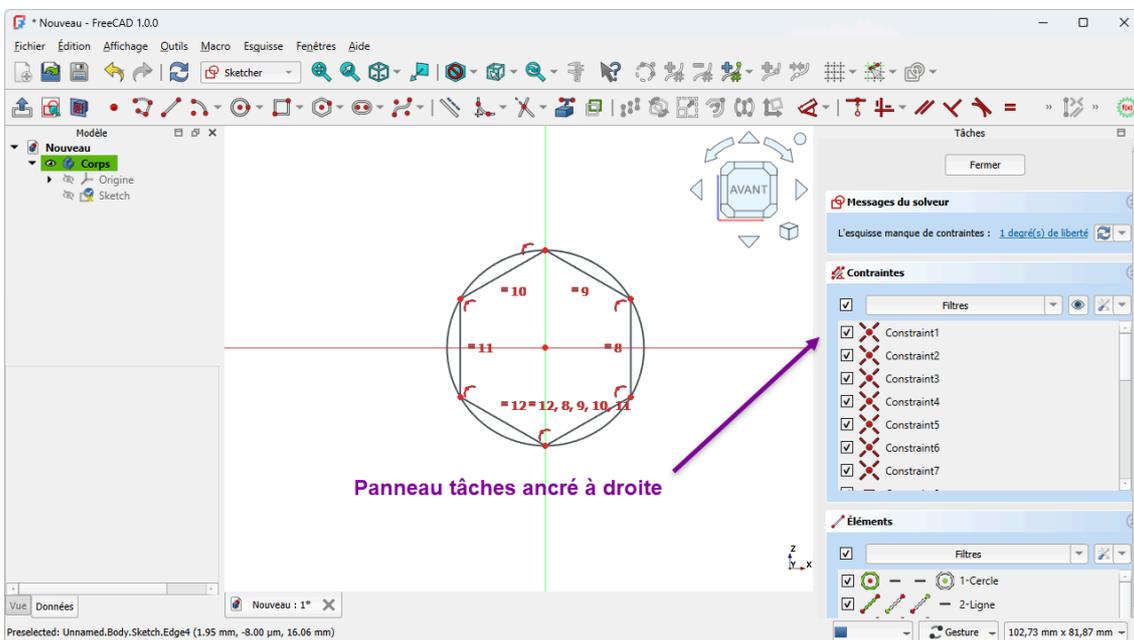
Interface de FreeCAD

⚠ 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** ^W 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'ancrer sur un autre bord, comme sur la figure ci-dessous :



1.3.4. Régler certaines préférences

Objectifs spécifiques

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

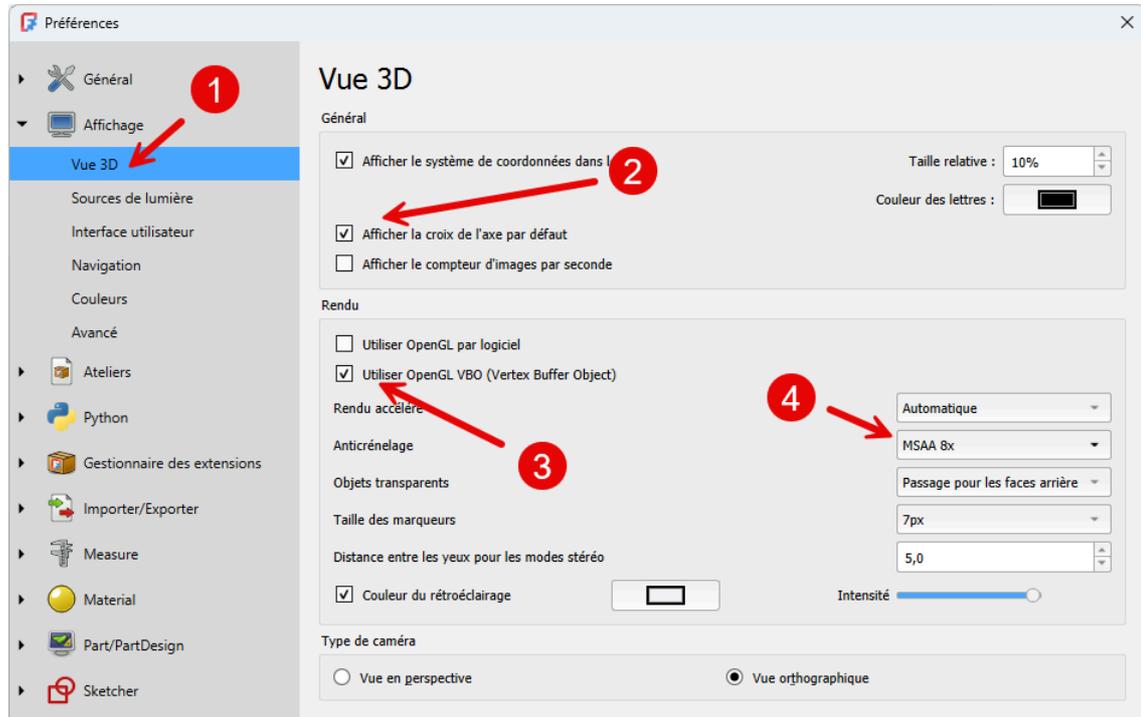
Tâches à réaliser :

- Sélectionner la commande  **Édition --> Préférences** ( **FreeCAD --> Préférences** sous ) ;
- Modifier les réglages en respectant les consignes ci-dessous ;

1.3.4.1. Rendu de l'affichage

Objectif

Ce réglage permet notamment d'optimiser l'affichage graphique ;



Rendu de l'affichage 3D

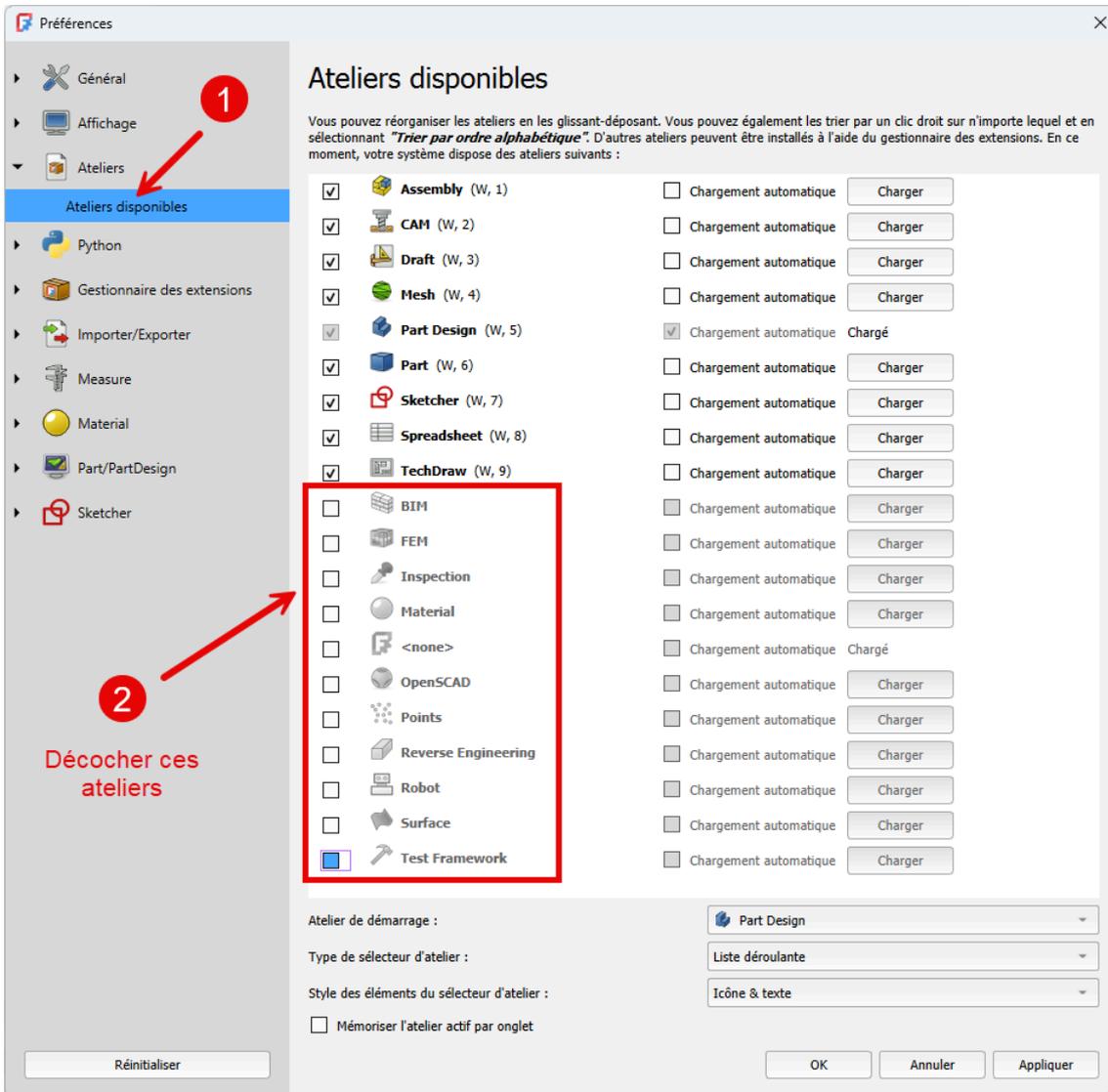
Attention

- Le paramètre  Anticrénelage dépend de la carte graphique installée sur votre ordinateur ;
- Il faudra redémarrer FreeCAD pour activer ce réglage ;

1.3.4.2. Simplifier la liste des ateliers

Objectif

Ce réglage permet de simplifier la liste des ateliers pour démarrer l'apprentissage de FreeCAD ; Vous pourrez les rendre disponibles à nouveau si vous en avez besoin par la suite...

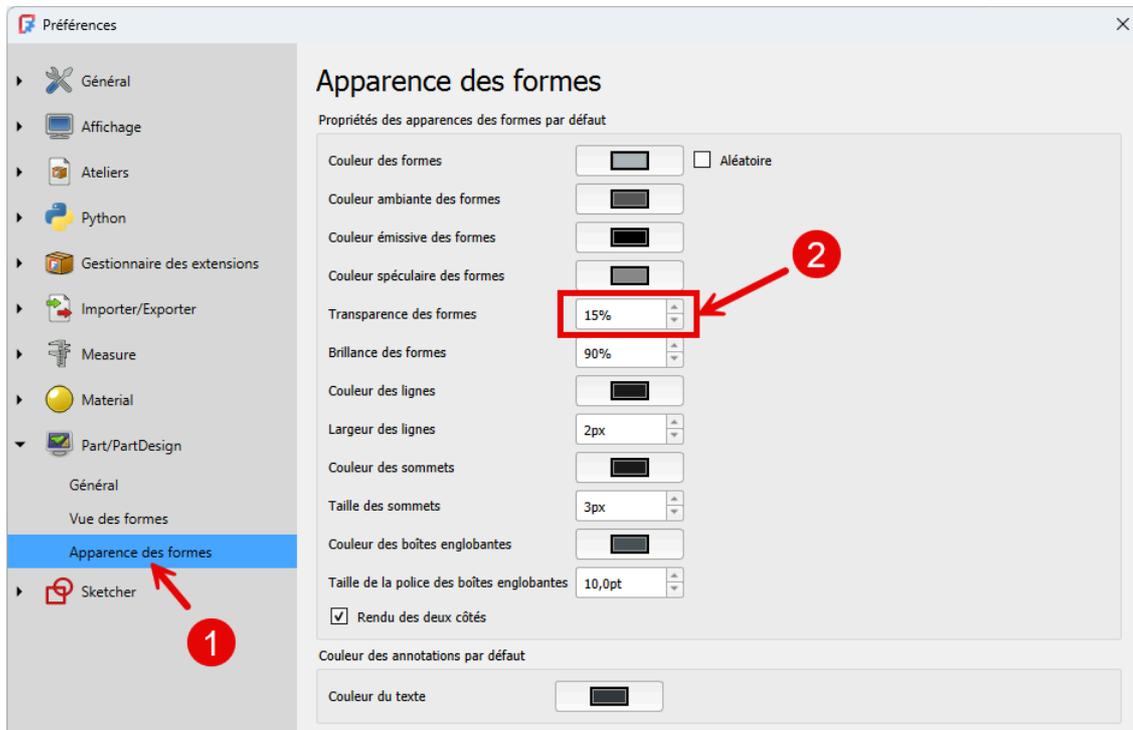


Préférences Atelier disponibles

1.3.4.3. Transparence des solides

Objectif

Ce réglage donne de la transparence aux solides dans la vue 3D, ce qui permet d'apercevoir les arêtes cachées ;

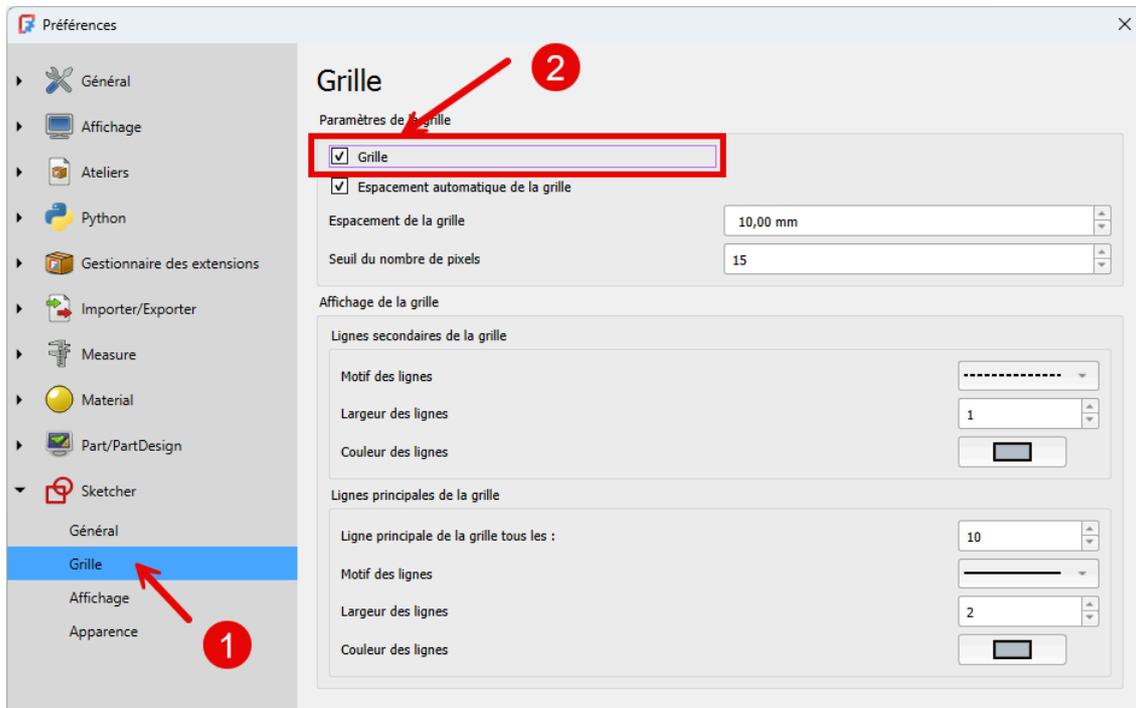


Préférences PartDesign : apparence des formes

1.3.4.4. Atelier Sketcher

Objectif

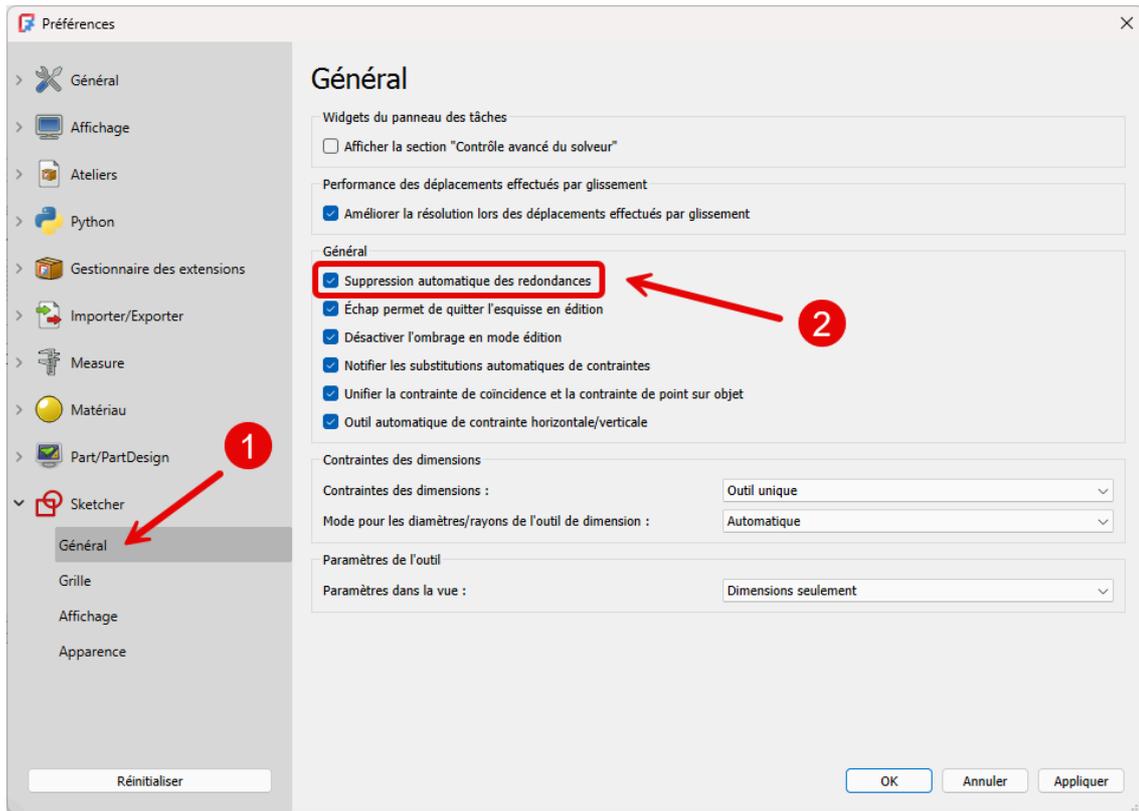
Ce réglage affiche la grille dans l'atelier Sketcher, ce qui peut aider à positionner les géométries de l'esquisse ;



Préférences Sketcher : Affichage de la grille

Objectif

Vérifier que la suppression automatique des redondances est cochée (réglage par défaut) ;

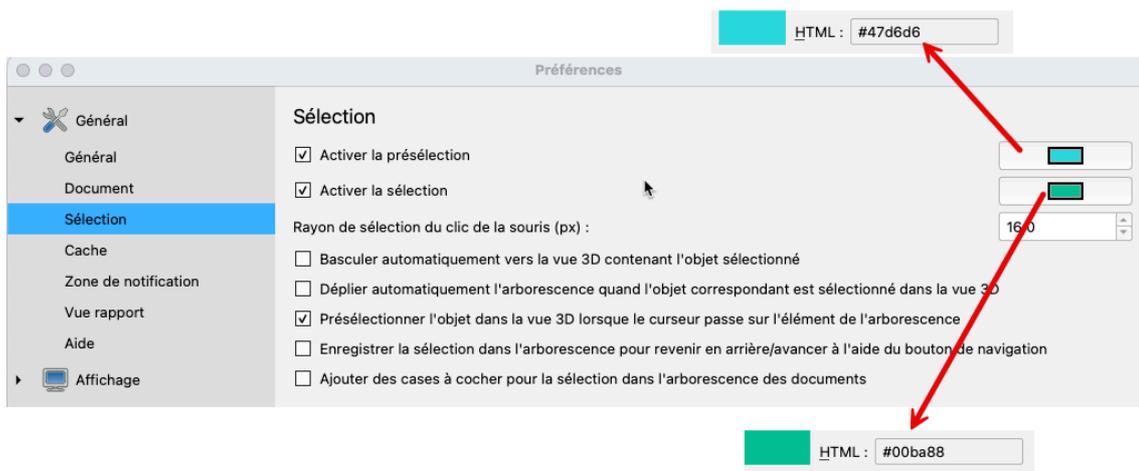


Préférences Sketcher : suppression automatiques des redondances

1.3.4.5. Couleur des sélections

Objectifs

Si vous avez opté pour le thème **FreeCAD Light** (FreeCAD clair) dans la rubrique Général, choisir une couleur plus foncée pour la pré-sélection et la sélection dans la rubrique Sélection :



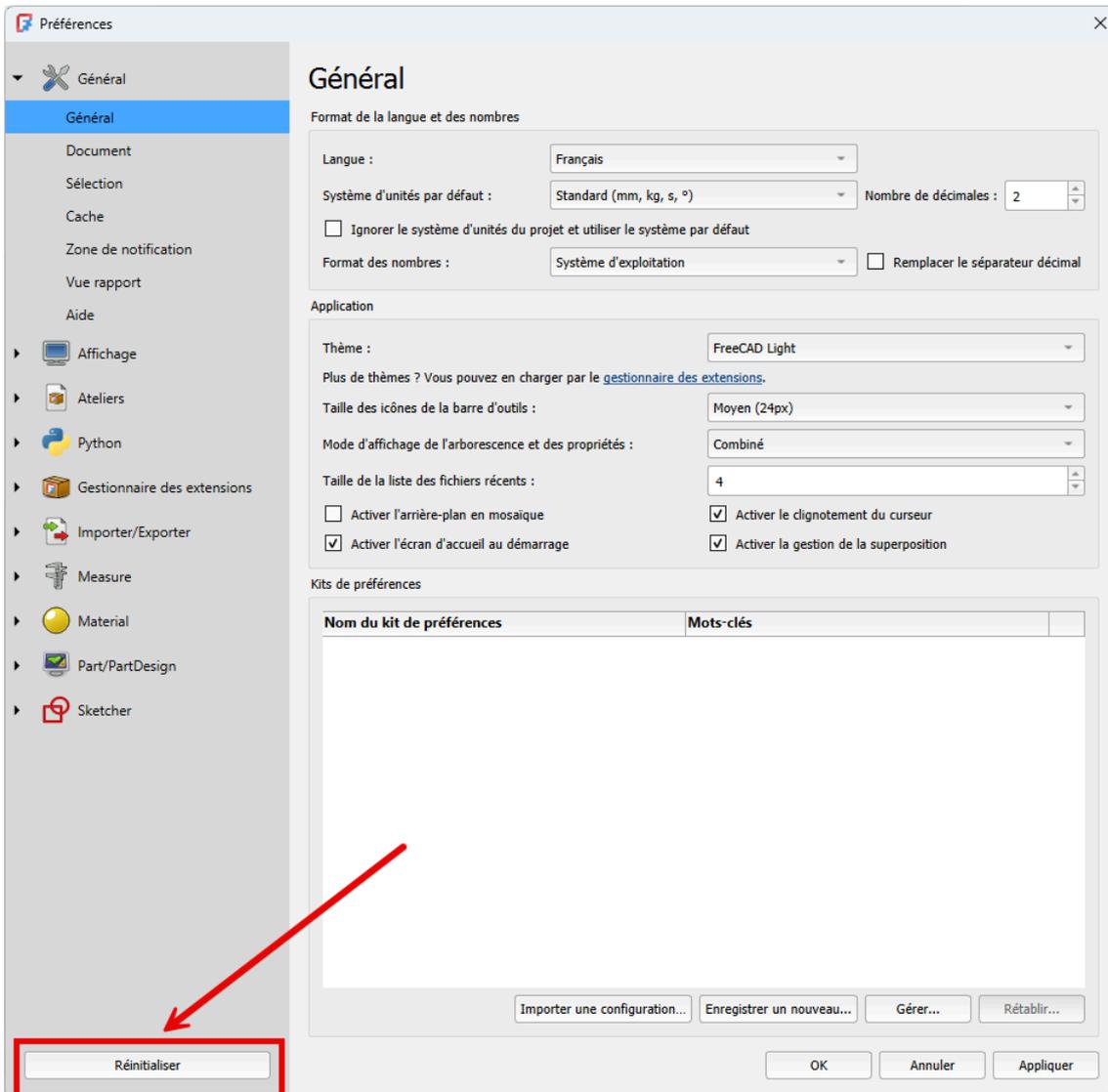
1.3.4.6. Valider vos préférences

Tâches à réaliser (suite)

- Valider ces nouveaux réglages en cliquant sur le bouton **OK** ;
- Quitter FreeCAD sans enregistrer les modifications éventuelles dans le document  **xxtuto1** ;

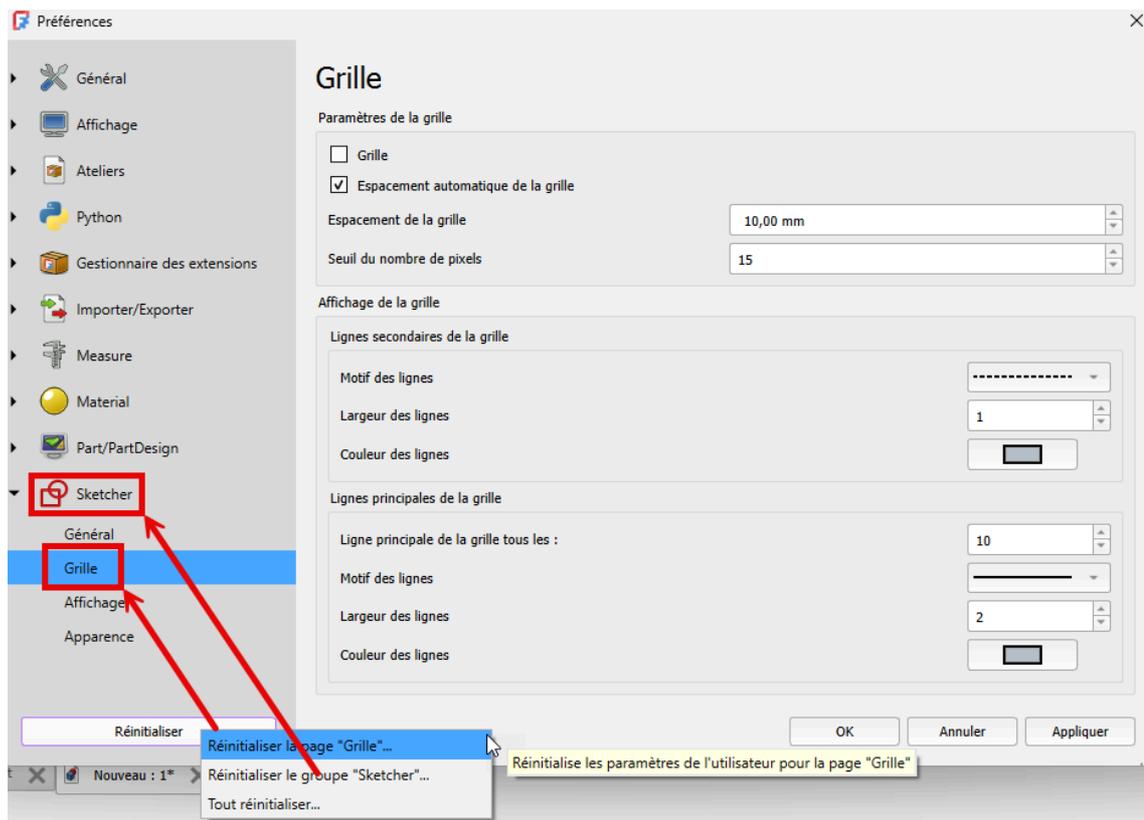
Si vous souhaitez réinitialiser vos préférences :

- Sélectionner la commande  **Édition => Préférences** ;
- Cliquer sur le bouton **Réinitialiser** en bas de la fenêtre  **Préférences** ;



Réinitialiser les préférences

- 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

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 ;



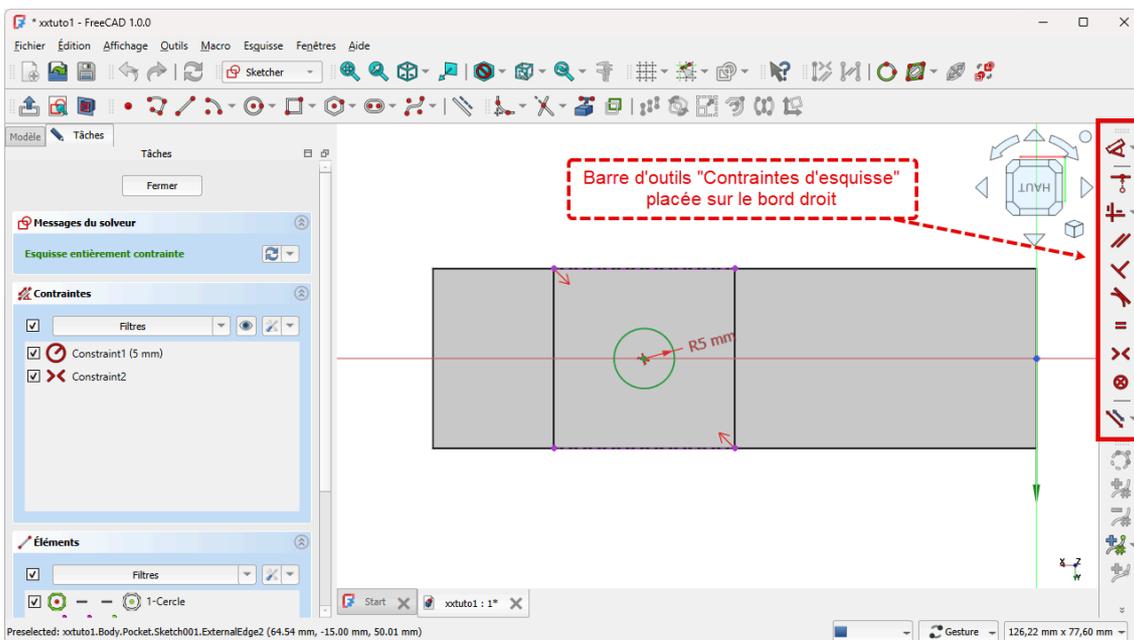
Symbole >> indiquant que la barre d'outils est tronquée

Barre d'outils tronquée

Ré-agencer 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

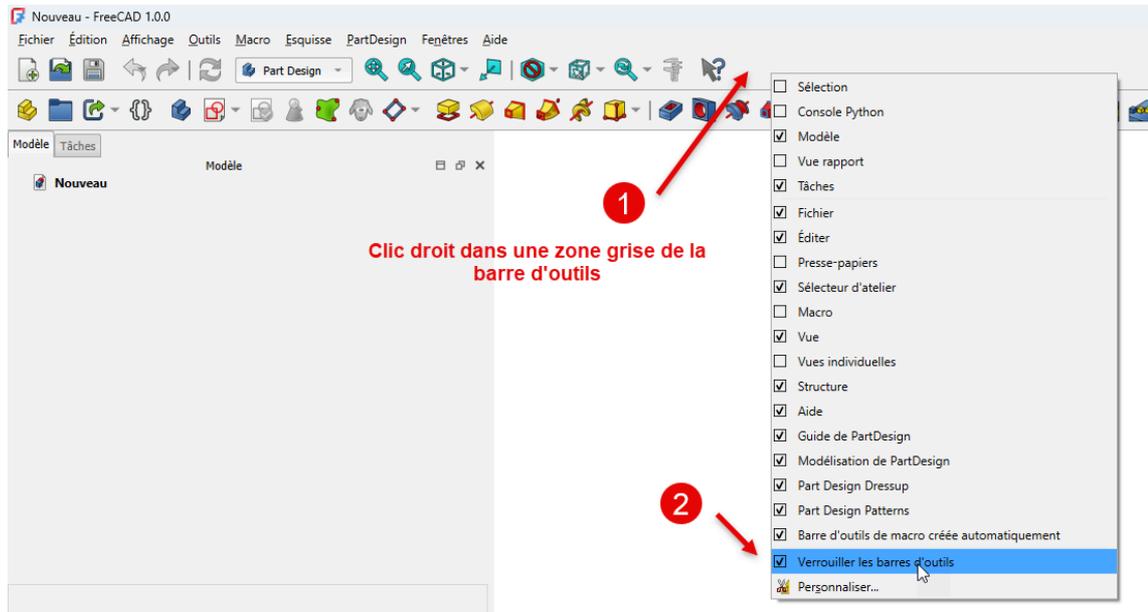
Pour déplacer une barre d'outils

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 pouvez 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 du chapitre

- 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  Fichier => Nouveau ou du bouton  de la barre d'outils ou du raccourci clavier  CTRL N ( CMD N sous ) ;

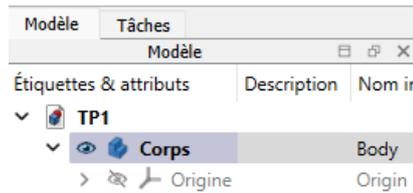
- Enregistrer le document FreeCAD sous le nom  TP1 à l'aide de la commande  Fichier => Enregistrer ou du bouton  ou du raccourci clavier  CTRL S ( CMD S sous ) ;

FreeCAD a créé un document  TP1.FCStd sur votre ordinateur.

2] Création du corps

Tâches à réaliser

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



Création du corps

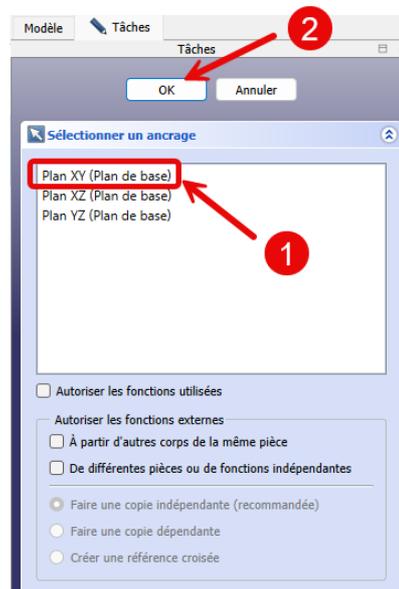
Dans les barres d'outils, ne pas confondre et

-  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

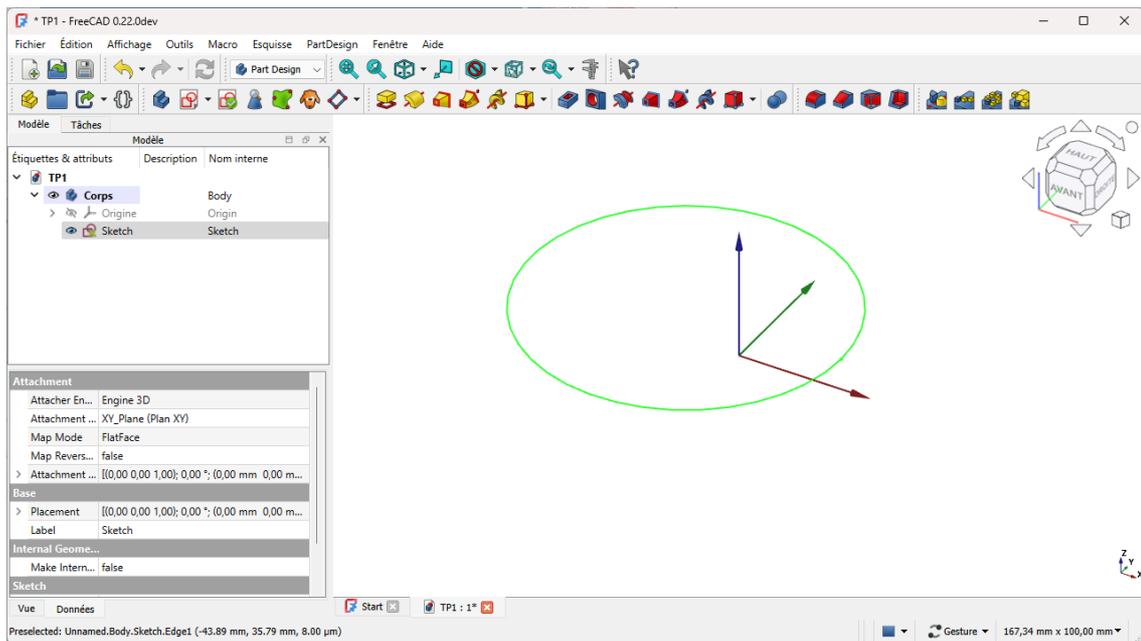
Tâches à réaliser

- Dans la vue  Modèle, si nécessaire, sélectionner le  Corps ;
- 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 **Fermer** ;



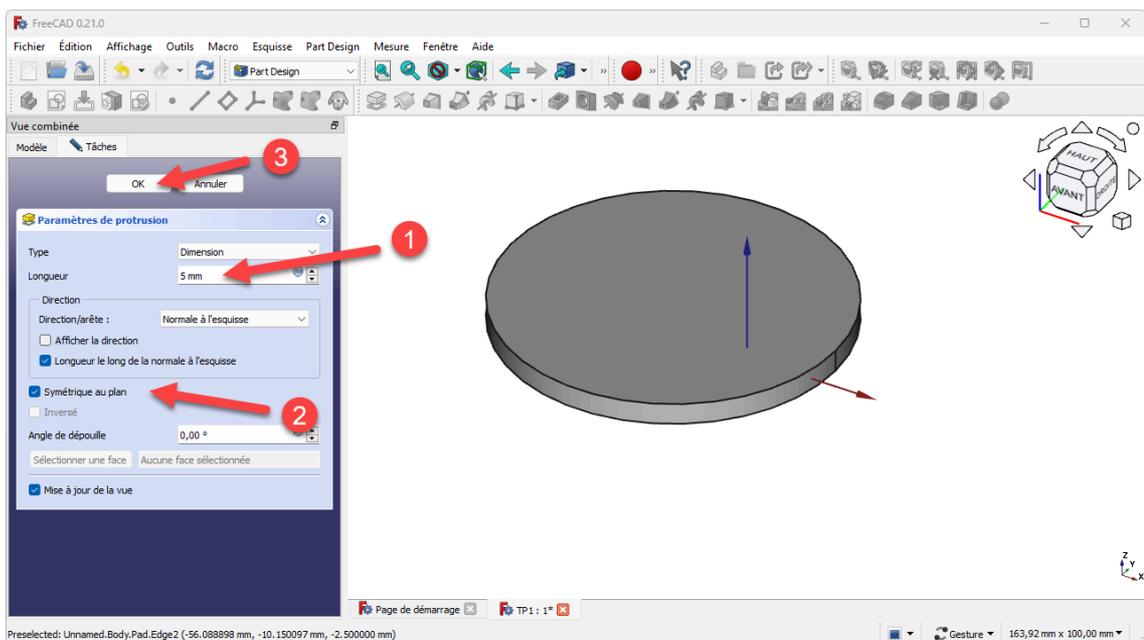
Esquisse créée dans le corps

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

4] Création du solide par protrusion

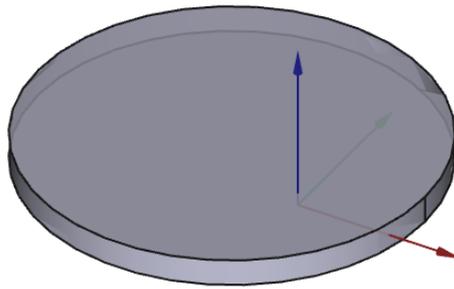
Tâches à réaliser

- 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  ( sous ) ;



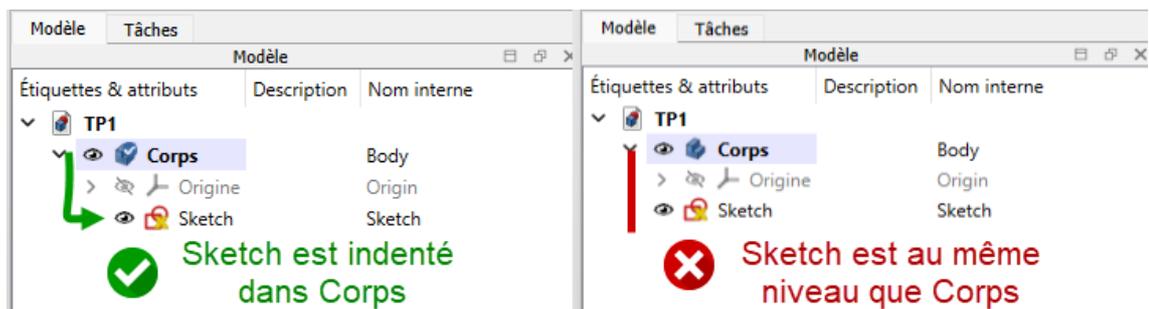
Vue 3D du solide modélisé

⚠ 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 .

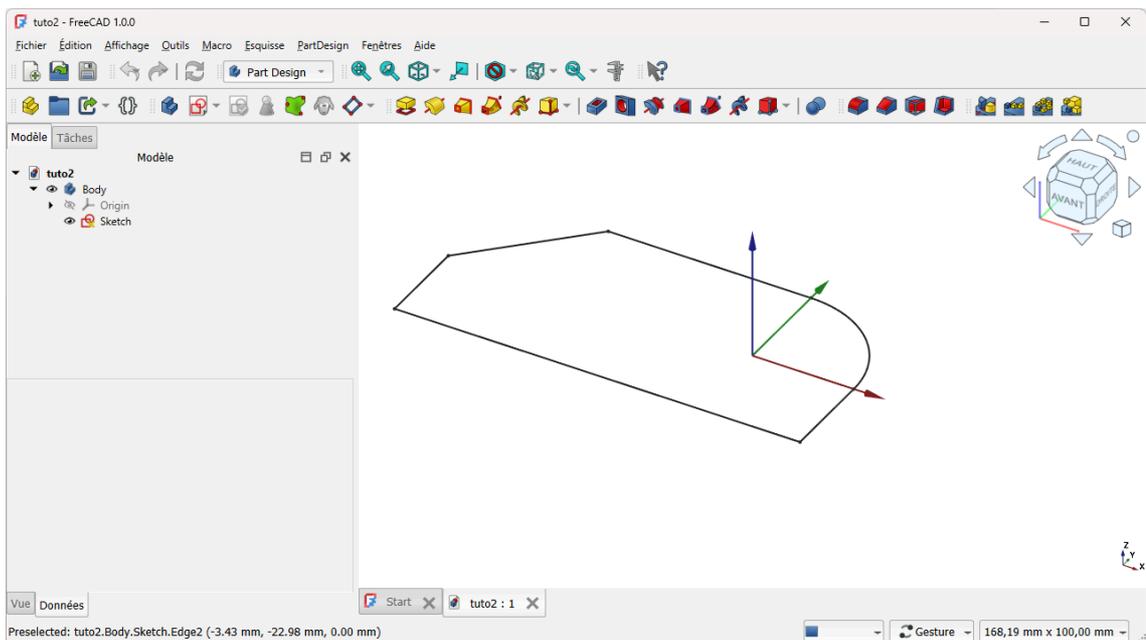
2.1. Interface de Sketcher

Objectifs

- Identifier les principaux éléments de l'atelier Sketcher  ;

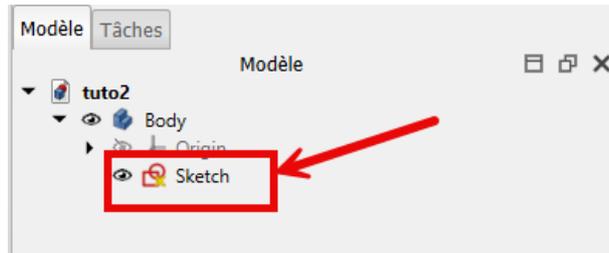
Tâches à réaliser

- 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

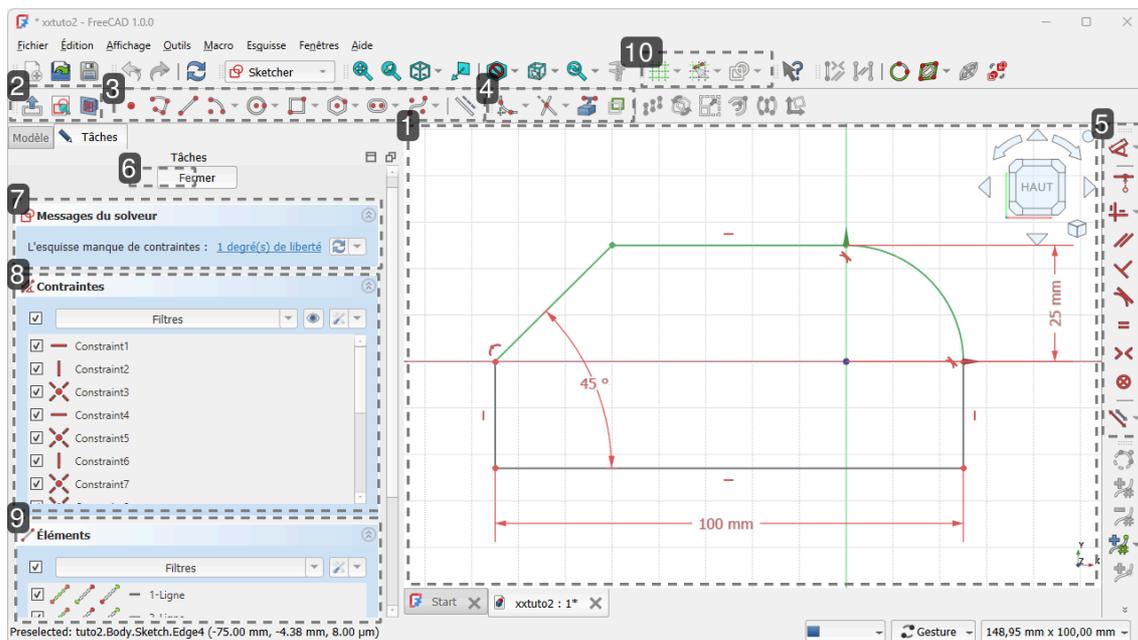
- Enregistrer ce document sous le nom  `xxtuto2.FCStd`, `xx` représentant vos initiales, à l'aide de la commande  Fichier => Enregistrer Sous... ;
- Sélectionner l'onglet  Modèle de la vue combinée ;
- Double-cliquer sur l'élément  Sketch pour l'afficher dans l'atelier .



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 d'outils Mode édition d'esquisse



Contient les commandes générales de gestion de l'esquisse :

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

3. Barre d'outils Géométries d'esquisse



Barre d'outils : géométries

Permet de créer des éléments dans l'esquisse ;

4. Barre Outils d'esquisse



Barre d'outils d'esquisse

Contient notamment les commandes Congé, Ajuster, géométrie externes

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** » ;

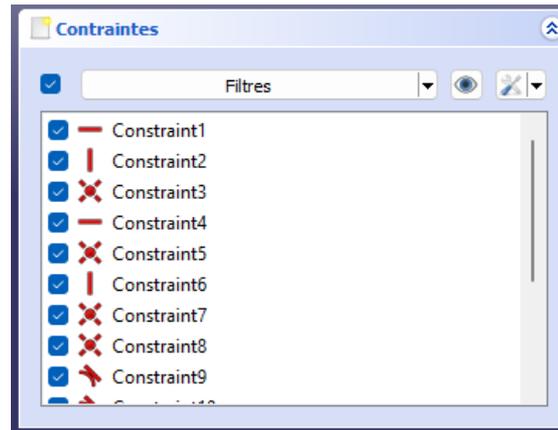
Sinon

- « **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 ;

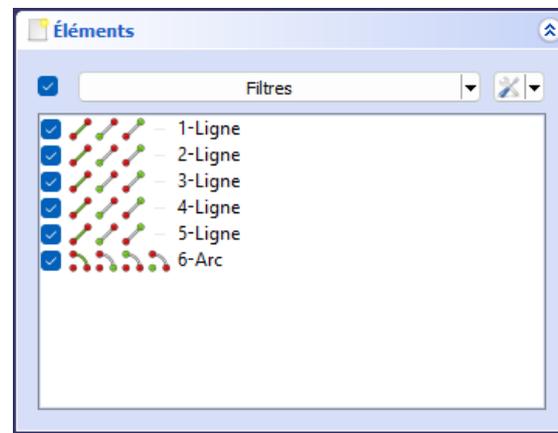
8. Panneau Contraintes



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 d'outils 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 sa version 1.00, une contrainte de dimension contextuelle  qui facilite la saisie des contraintes de dimension ;

Objectifs

- Utiliser la commande de dimension contextuelle  ;

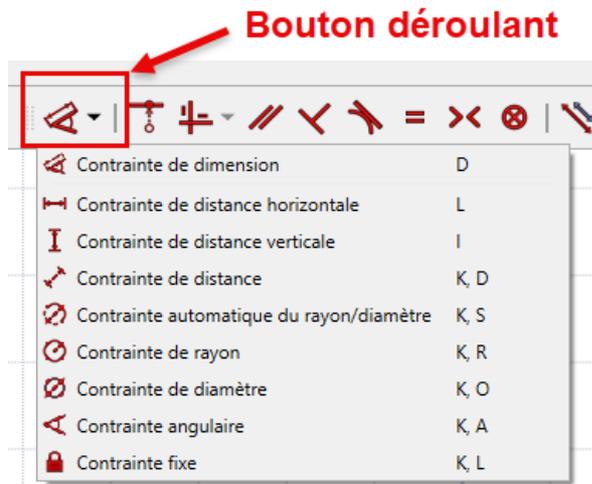
Tâches à réaliser

- Sélectionner la commande  Édition -> Préférences (sous  FreeCAD -> Préférences), puis la rubrique Sketcher  > Général et vérifier que les contraintes de dimensions est réglée à  Outil unique ;



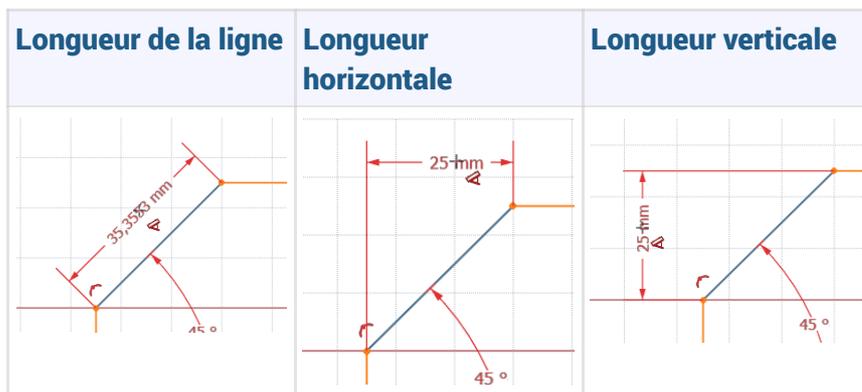
Réglage des contraintes des dimensions

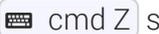
- Si nécessaire, ouvrir  xxtuto2 dans FreeCAD et afficher l'esquisse  Sketch dans l'atelier  Sketcher  ;
- Vérifier que le bouton  est un bouton déroulant ;

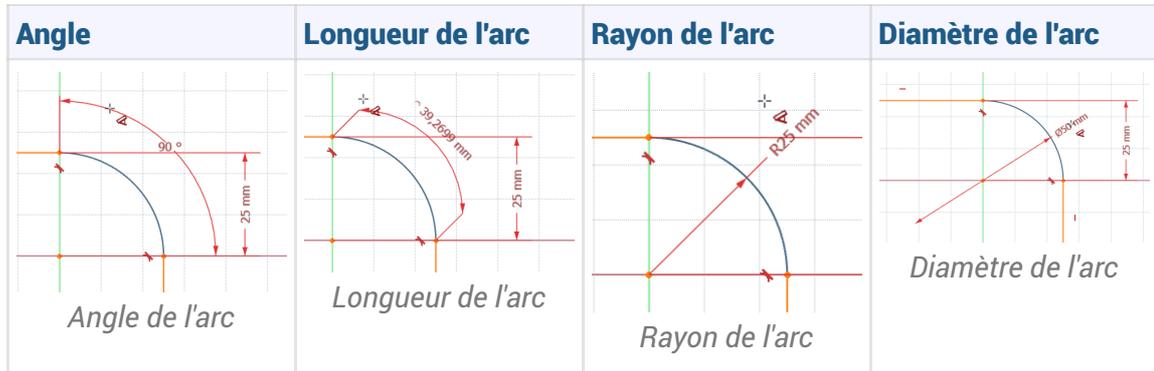


Bouton déroulant Contrainte de dimension

- Cliquer gauche sur , puis cliquer gauche sur la ligne inclinée, puis déplacer le pointeur de la souris et vérifier que vous pouvez saisir au choix :



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



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

Contrainte de distance entre deux objets (sommets, lignes...)

La contrainte contextuelle de distance peut parfois être « capricieuse », surtout entre deux objets :

- Cliquer droit pour quitter la commande  ;
- Sélectionner les objets ;
- Dérouler le bouton  et sélectionner directement la contrainte souhaitée :

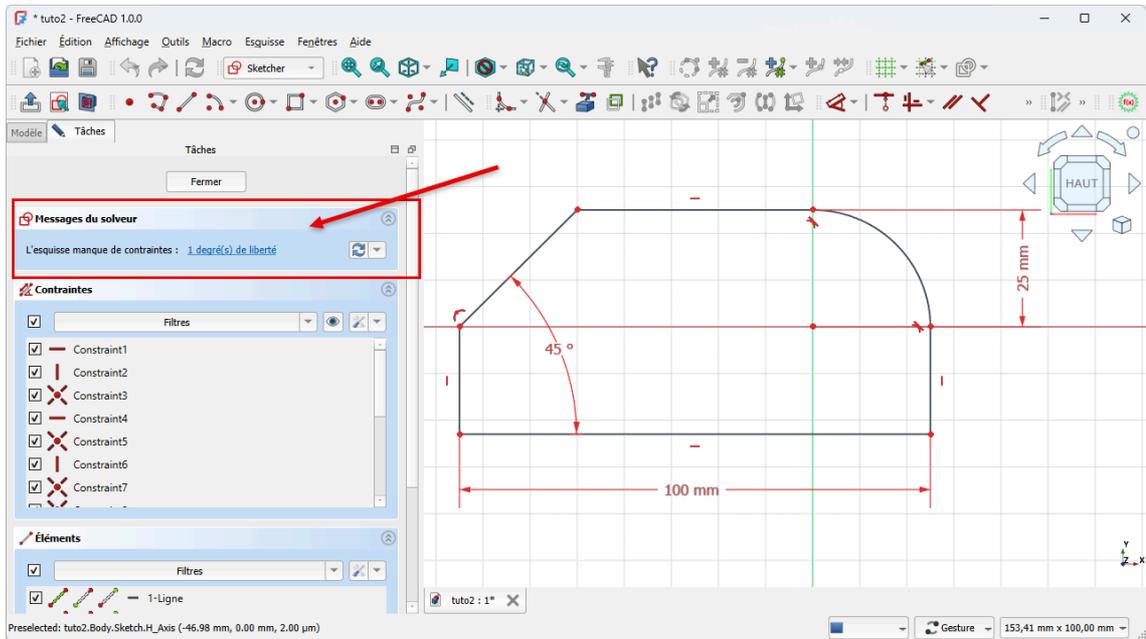
2.3. Degrés de liberté

Objectifs

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

Tâches à réaliser

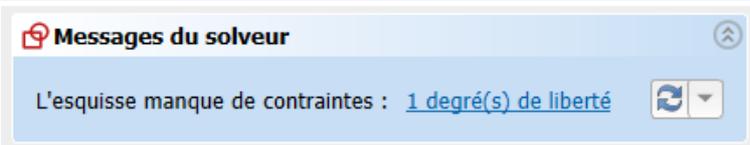
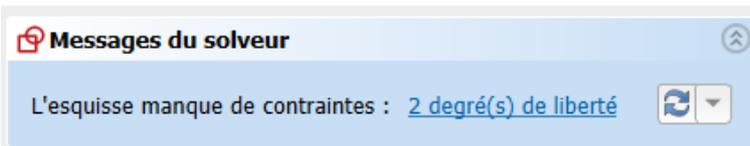
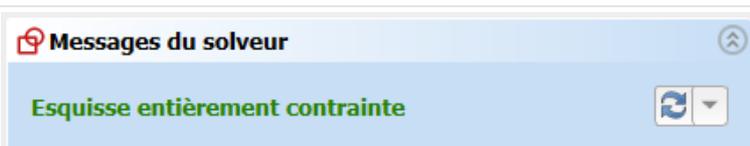
1. Si nécessaire, ouvrir  xxtuto2 dans FreeCAD et afficher l'esquisse  Sketch dans l'atelier Sketcher  ;
2. Quel est le message du solveur ?



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 ( CMD 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	
5	
9	

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 Sketcher  ;
- Identifier les icônes associées au pointeur de la souris lors de la création d'éléments géométriques ;
- Créer une polygone^W  ;
- Créer un arc^W .

Tâches à réaliser

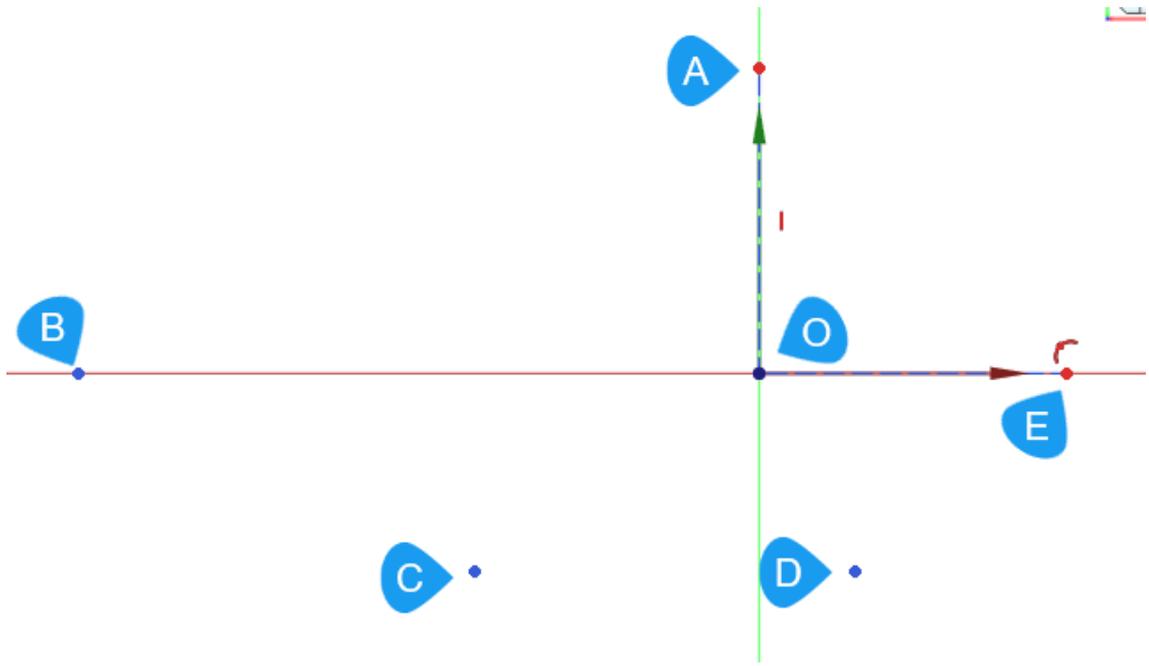
- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Télécharger et enregistrer le fichier [tuto3.FCStd](#) sur votre ordinateur ;
- Ouvrir ce document  `tuto3.FCStd` dans FreeCAD ;
- Sélectionner l'onglet  `Modèle` de la  `vue combinée` ;
- Enregistrer ce document sous le nom  `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` ;



Esquisse Sketch contenu dans Corps

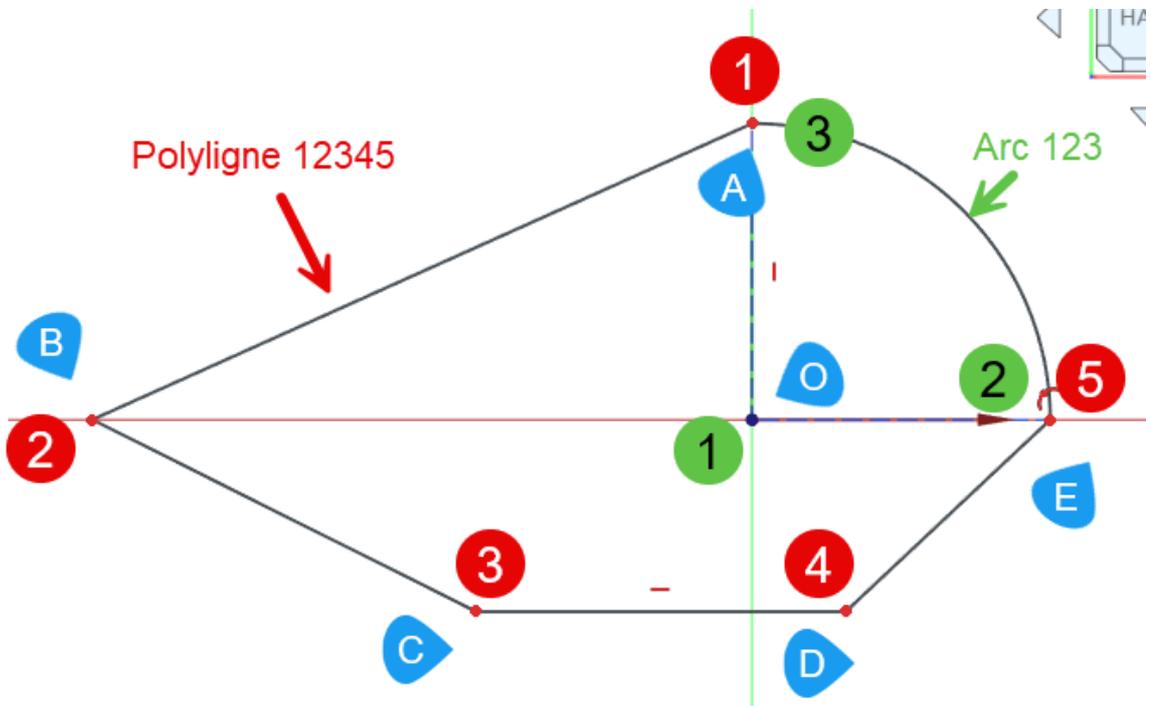
 Explications :

- 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 :



Contenu initial de l'esquisse

- Nous allons construire l'esquisse ci-dessous constituée d'une polygône  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 ;

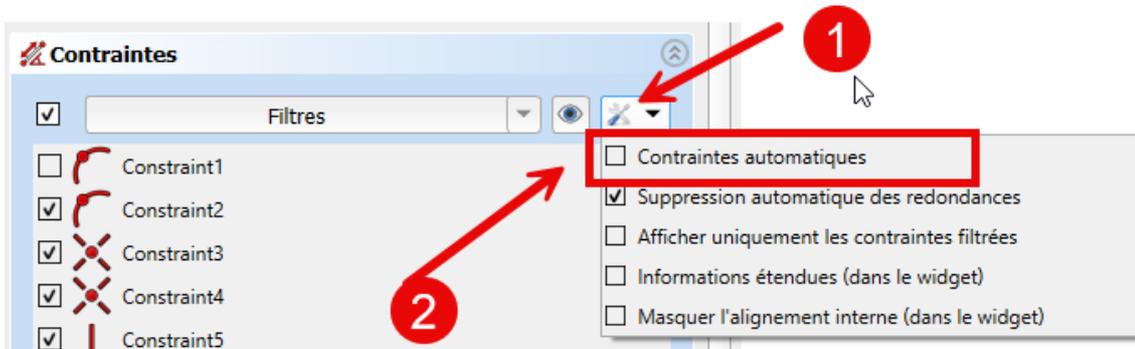


Esquisse complète à créer

2.4.1. Contraintes automatiques désactivées

Tâches à réaliser

- Si nécessaire, ouvrir l'esquisse  Sketch du document  xxtuto3 dans l'atelier  Sketcher ;
- Cliquer sur le bouton déroulant du panneau  Contraintes et décocher Contraintes automatiques ;

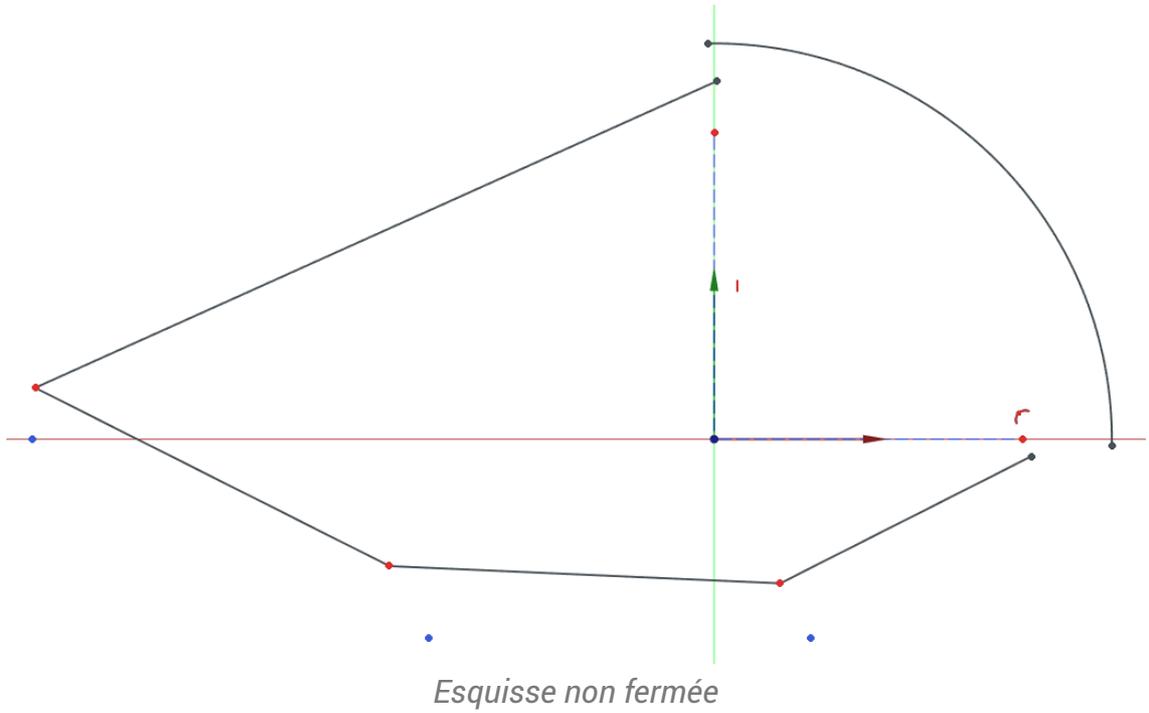


Contraintes automatiques désactivées

- Créer une polyligne  joignant les points A, B, C, D, E ; (Cliquer droit deux fois pour sortir de la commande Polyligne ) ;
- 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 polyligne : conclusions.

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

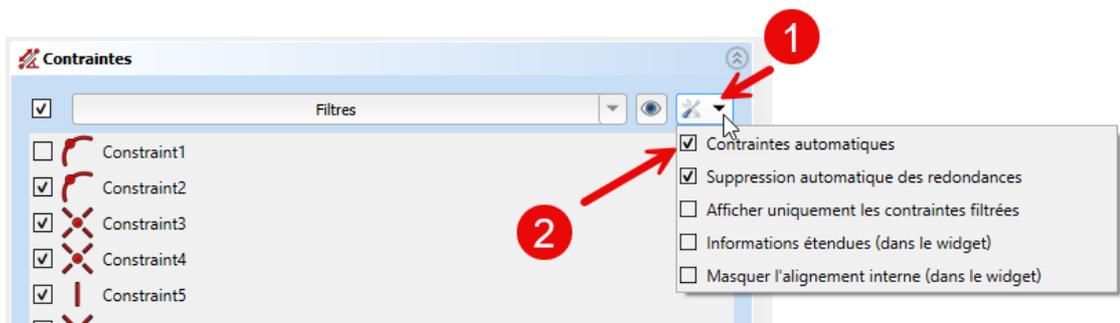
- l'arc n'est pas accroché à la polyligne ;
- tous les segments de la polyligne peuvent se déplacer sans contraintes ;
- idem pour l'arc ;



2.4.2. Contraintes automatiques activées

Tâches à réaliser

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

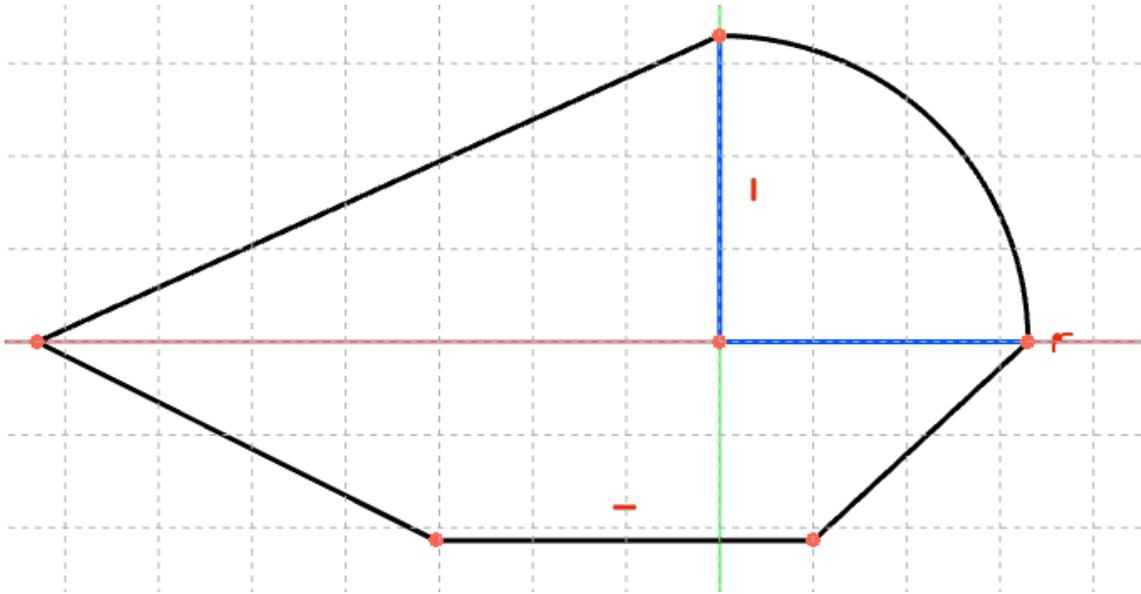


Contraintes automatiques activées

- 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 polygone, 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 D se déplace uniquement sur l'axe X ;



 A retenir :

Tableau des principales contraintes automatiques

Icones	Contraintes automatiques
 Contrainte de coïncidence Point sur Point	Le point créé coïncidera avec le point existant
 Contrainte de coïncidence Point sur Objet	Le point créé appartiendra à la ligne, cercle, arc existant.
 Contrainte horizontale	Le point créé fera que la ligne ainsi créée sera horizontale
 Contrainte verticale	Le point créé fera que la ligne ainsi créée sera verticale

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 ;

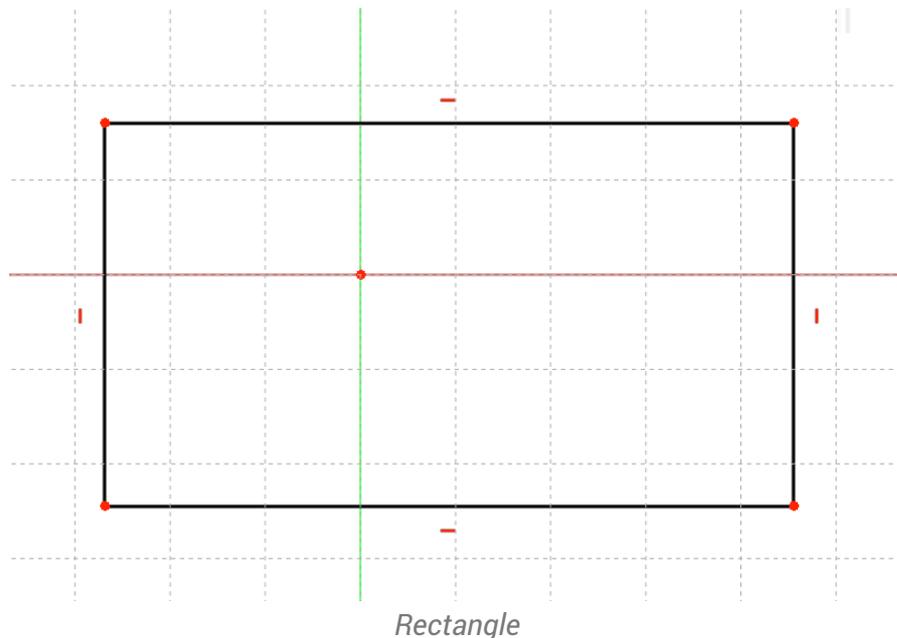
2.5. Suppression automatique des redondances

Objectifs

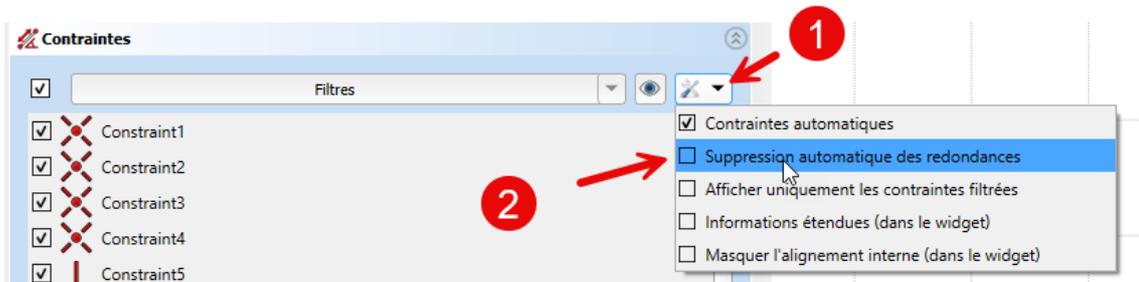
- Comprendre et utiliser le réglage Suppression automatique des redondances du solveur ;
- Utiliser la géométrie Rectangle^W  ;
- Utiliser la contrainte Symétrie^W  ;

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 :

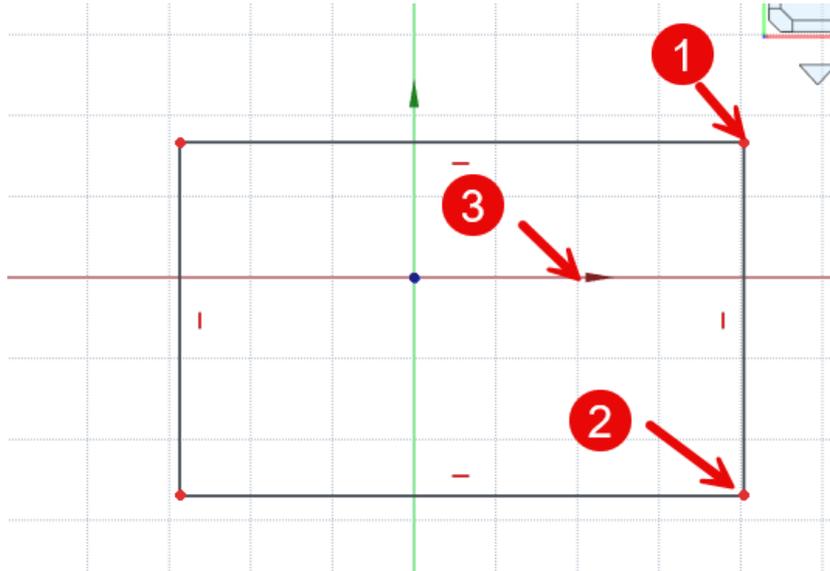


- Cliquer sur le bouton déroulant  du panneau Contraintes et décocher la case Suppression automatique des redondances du solveur ;



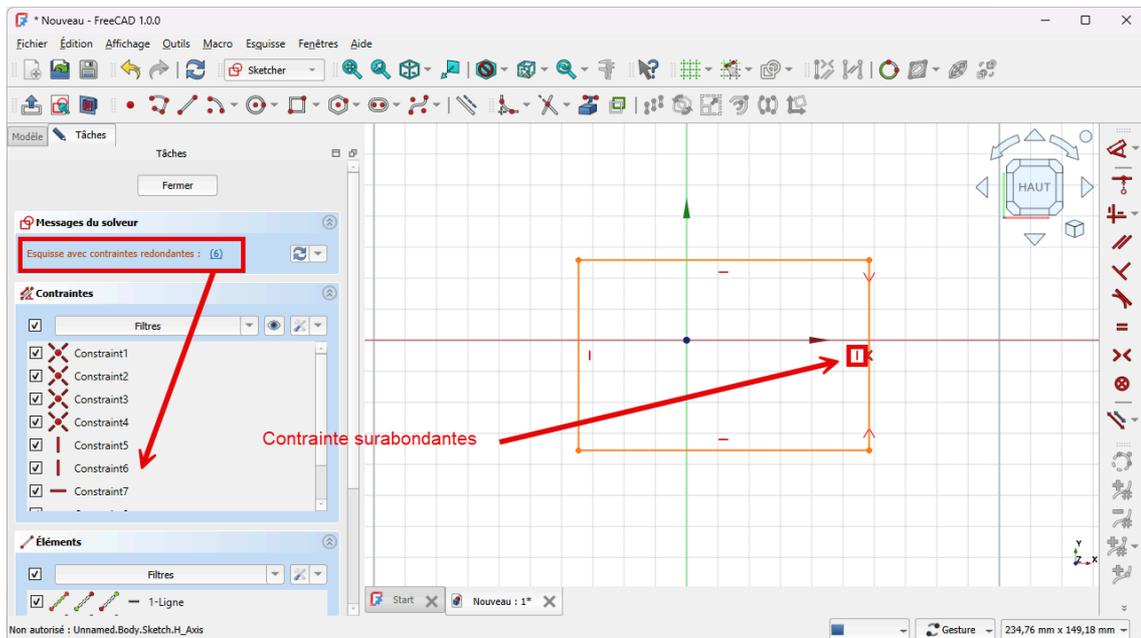
Suppression automatique des redondances désactivée

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



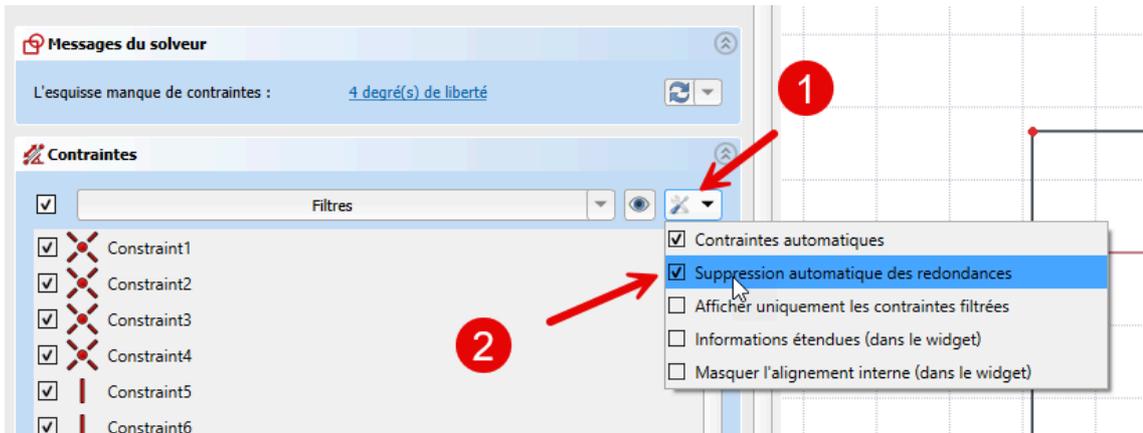
Contrainte de symétrie de 2 points par rapport à un axe

- Que constatez vous ?



Message d'erreur

- Annuler la dernière action à l'aide du raccourci clavier **CTRL + Z** (**CMD Z** sous );
- Cliquer à nouveau sur le bouton déroulant  du panneau **Contraintes** et cocher la case **Suppression automatique des redondances** du solveur;

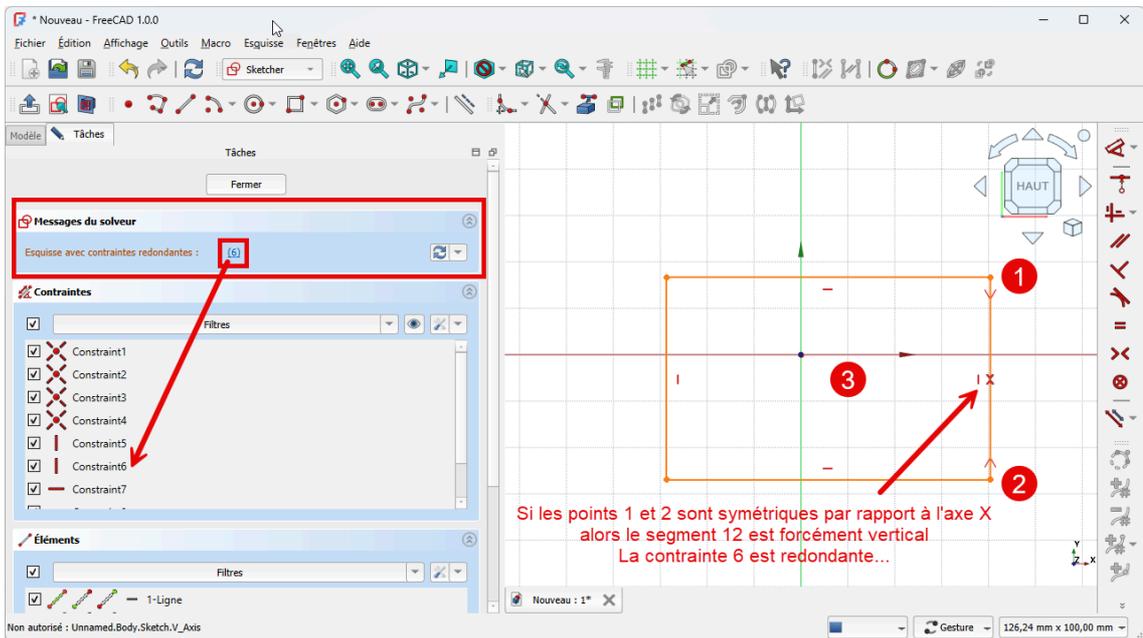


Suppression automatique des redondances activée

- 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



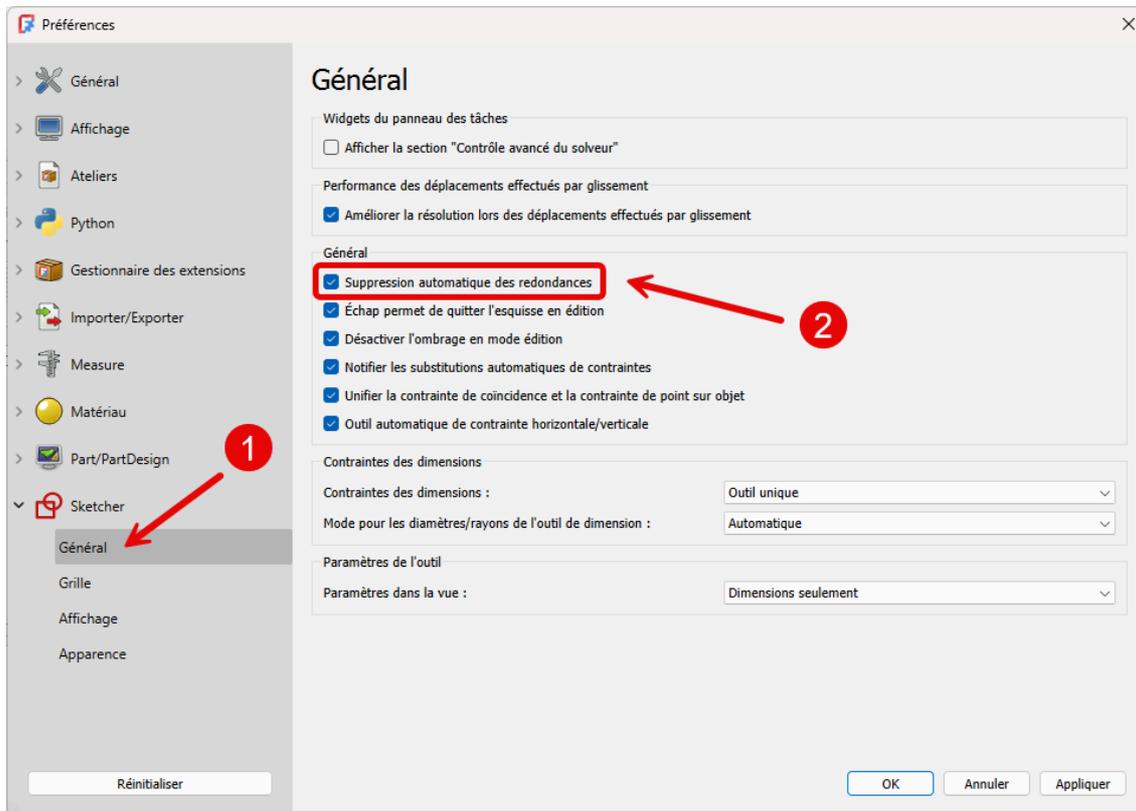
Explication de l'erreur

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 **Suppression automatique des redondances** du solveur n'est pas activé.

La suppression automatique des redondances supprimera la contrainte verticale superflue.

En pratique

En règle générale, il vaut mieux garder le réglage Suppression automatique des redondances 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

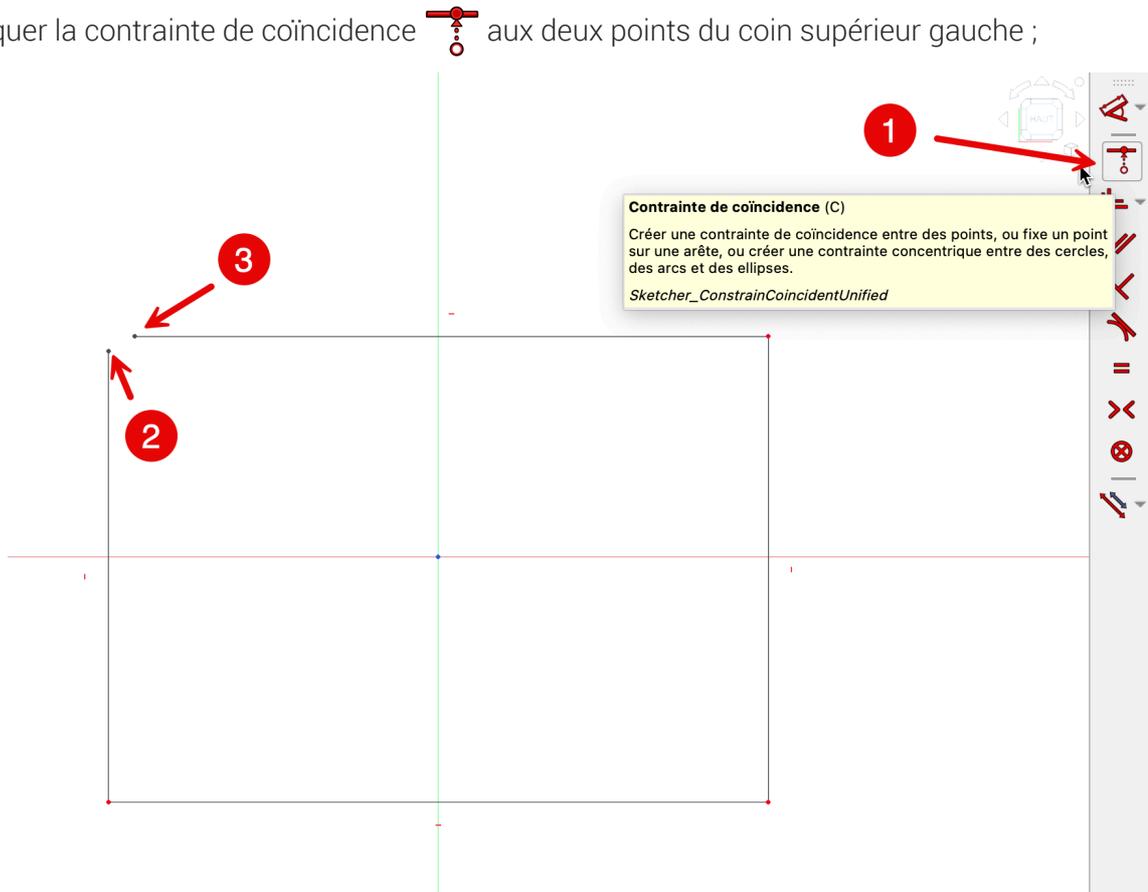
- Comprendre l'enjeu de la fermeture des esquisses ;
- Connaître les bonnes pratiques pour obtenir des esquisses fermées ;
- Utiliser une [contrainte de coïncidence](#)^W  ;

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 ;
- Déplacer le coté 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 polyligne  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

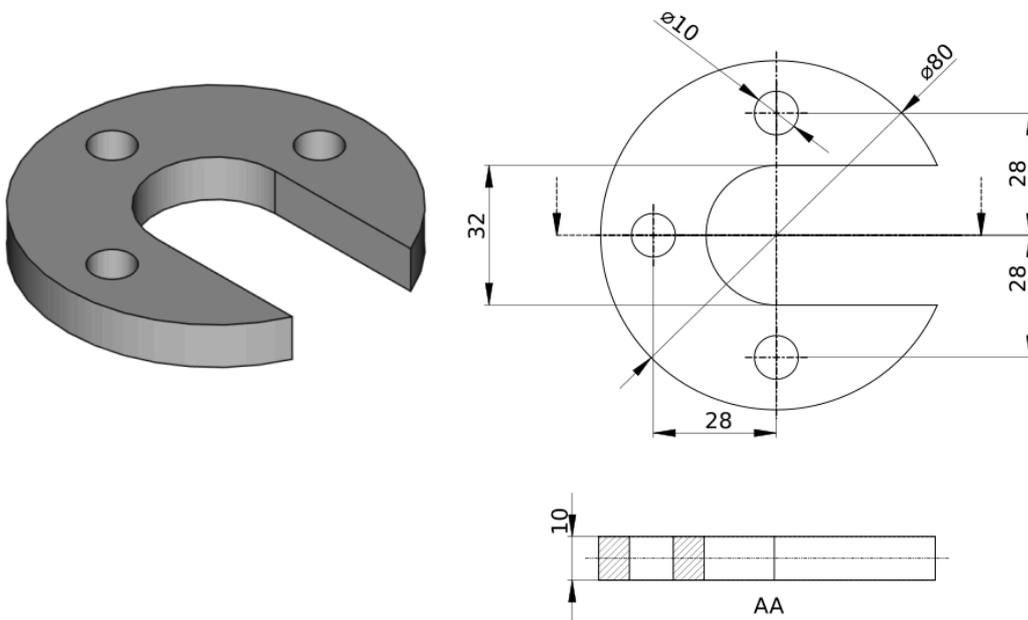
FreeCAD propose une commande [Valider une esquisse](#) ^W  permettant d'identifier les problèmes d'une esquisse, notamment l'option [Surligner les sommets posant problème](#) qui peut permettre de repérer une esquisse non fermée ;

Attention

- Une esquisse peut être **entièrement contrainte sans être fermée** ;

2.7. TP 2-1

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



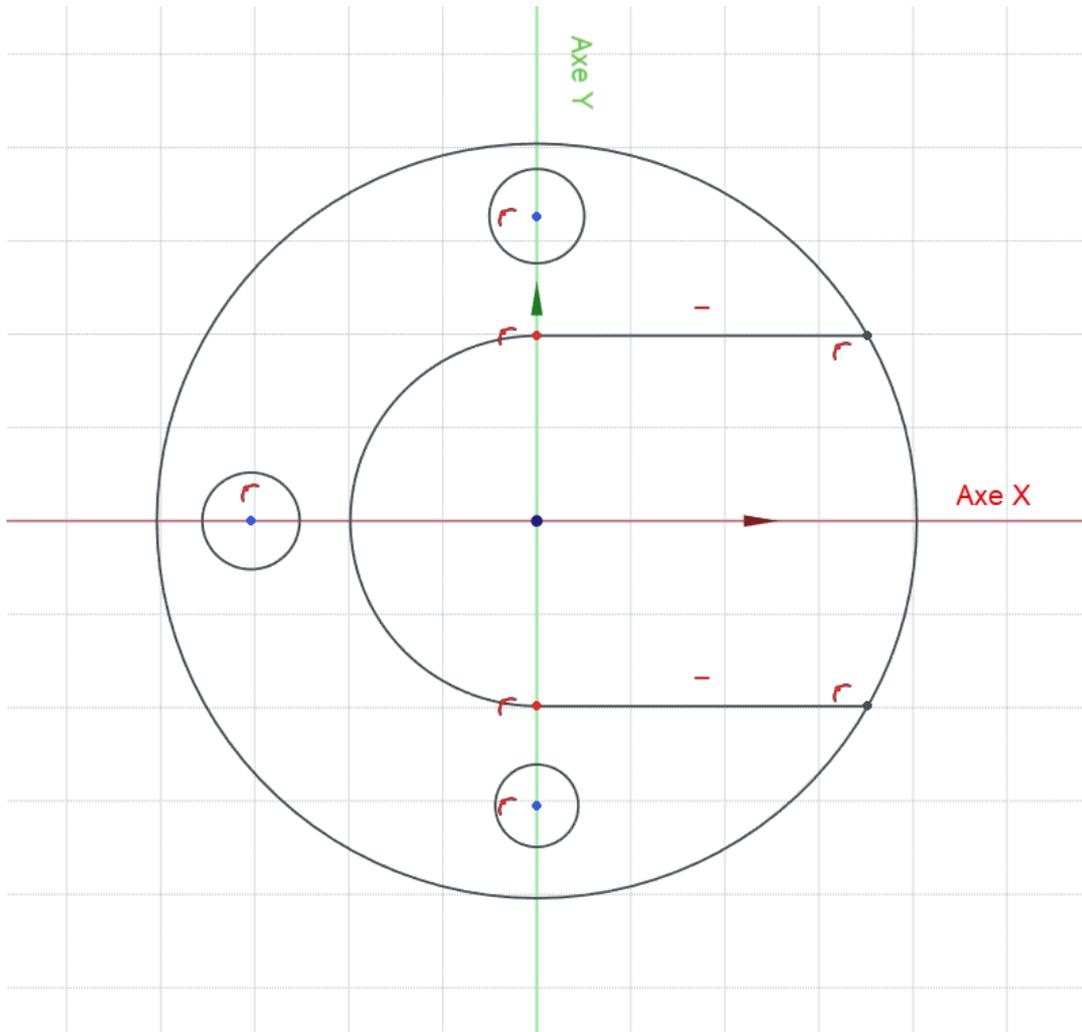
Plan du TP 2-1

Objectifs

- Utiliser les géométries : [Cercle](#) ^W , [Ligne](#) ^W , [Arc](#) ^W  ;
- Exploiter les contraintes automatiques lors de la création de ces géométries ;
- Utiliser la commande [Ajuster](#) ^W  ;
- Utiliser les contraintes : [contrainte de dimension](#) ^W , [Diamètre](#) ^W , [Distance horizontale](#) ^W  ;
- [Distance verticale](#) ^W  ;

Tâches à réaliser

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



Ébauche de l'esquisse

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

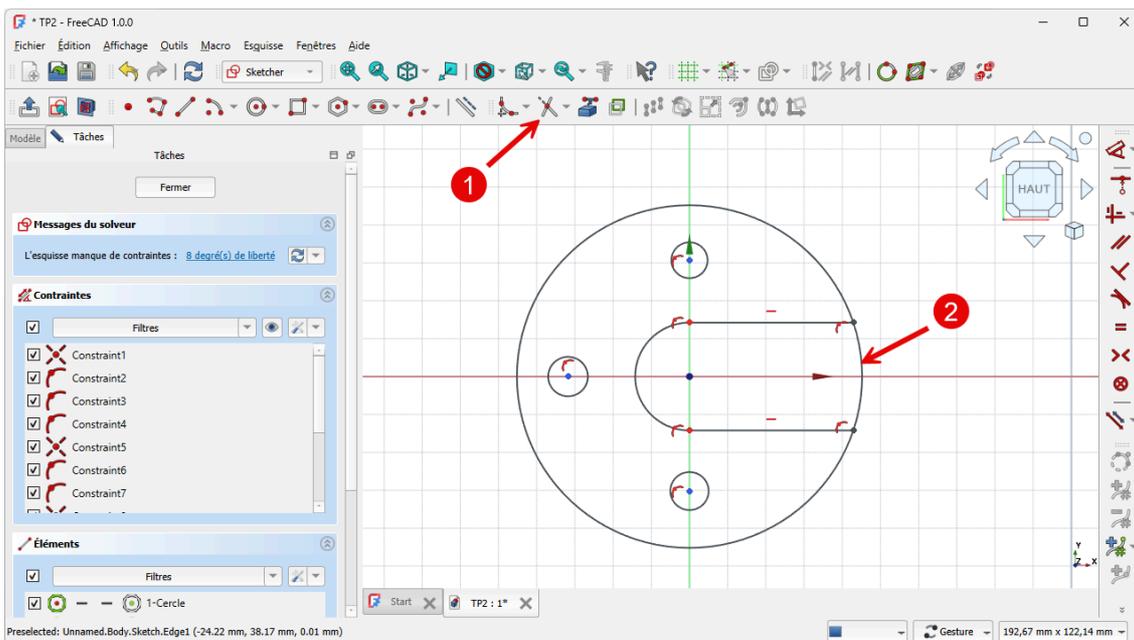
 pour le 1/2 cercle	Centre	 sur l'origine
	Extrémités	 sur l'axe Y
 Lignes horizontales	Extrémité gauche	 avec l'extrémité du 1/2 cercle
	Extrémité droite	 avec le grand cercle
	Ligne elle-même	

Tâches à réaliser (suite)

- Ajuster  le grand cercle entre les deux lignes horizontales :
- 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 les petits cercles ;

 **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  :

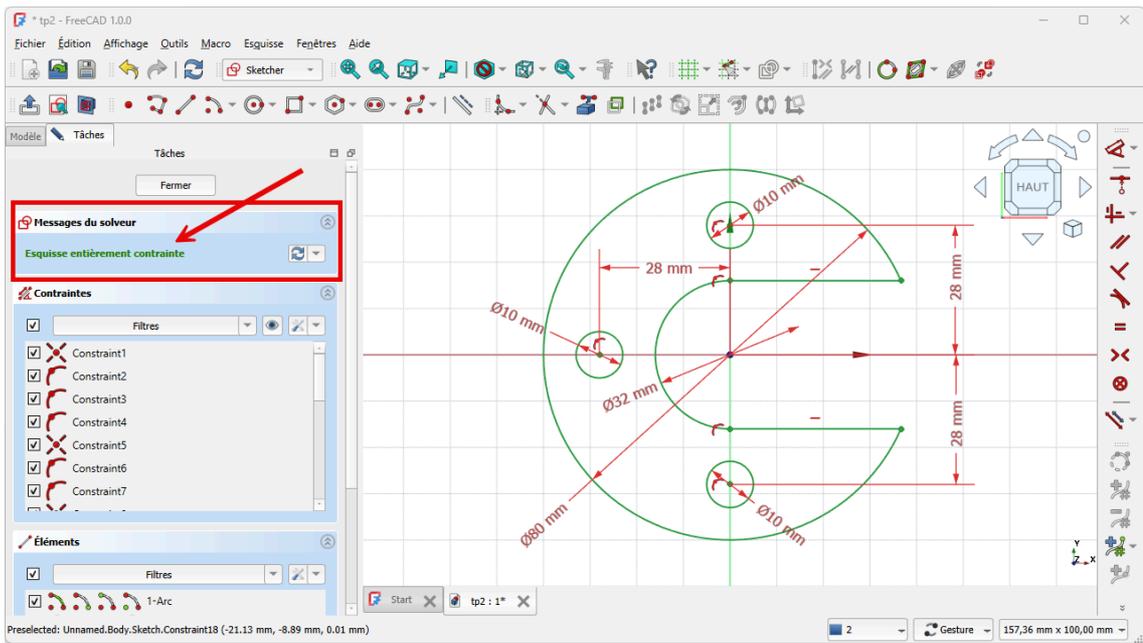
- Pour saisir le diamètre , du grand cercle il faudra :
 - soit cliquer sur le bouton déroulant  puis cliquer sur le bouton  ;
 - soit appuyer sur la touche M pour faire apparaître la contrainte de  ;

 **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)**

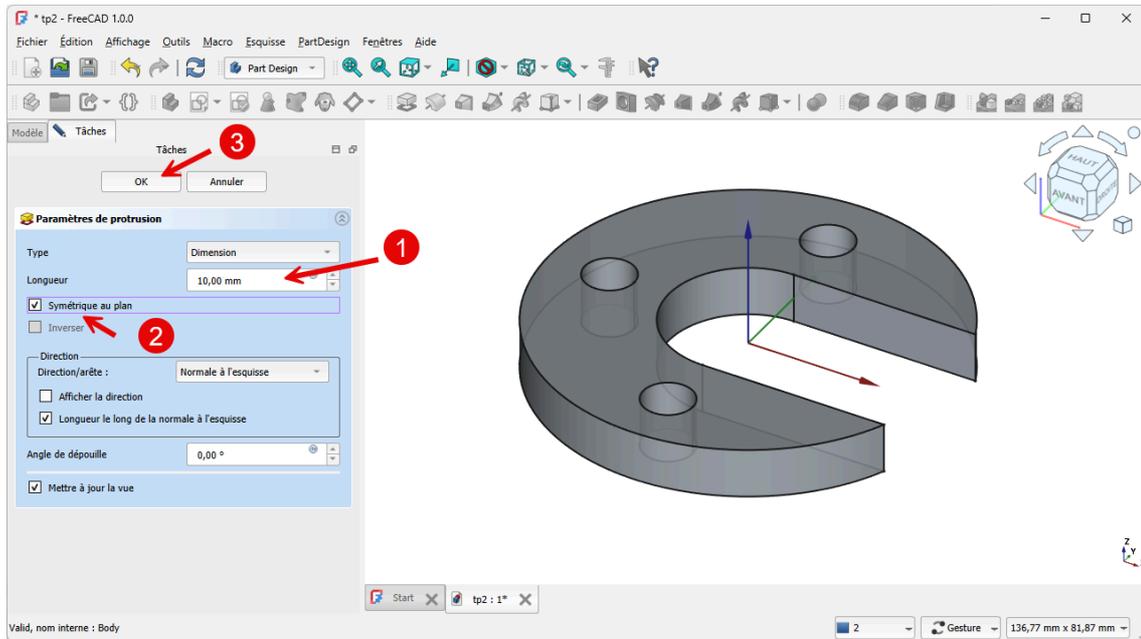
- Vérifier que l'esquisse est bien **entièrement contrainte** ;



Esquisse entièrement contrainte

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

Création de la protrusion



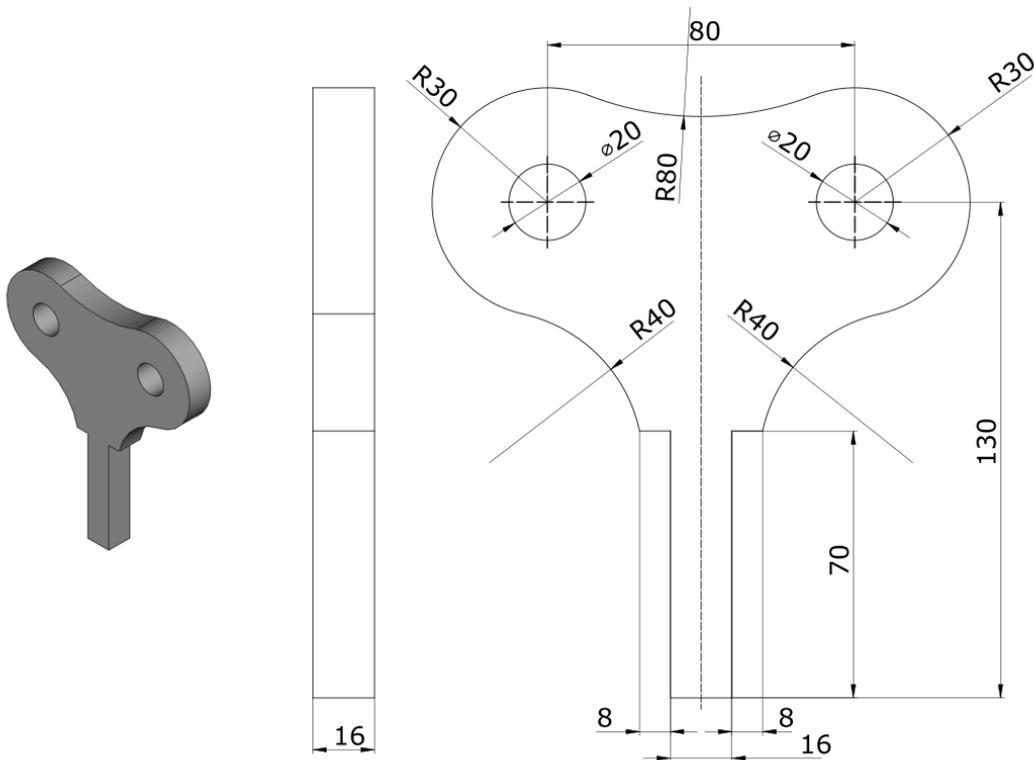
Paramètres de la protrusion

2.7.1. Capture vidéo



2.8. TP 2-2

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



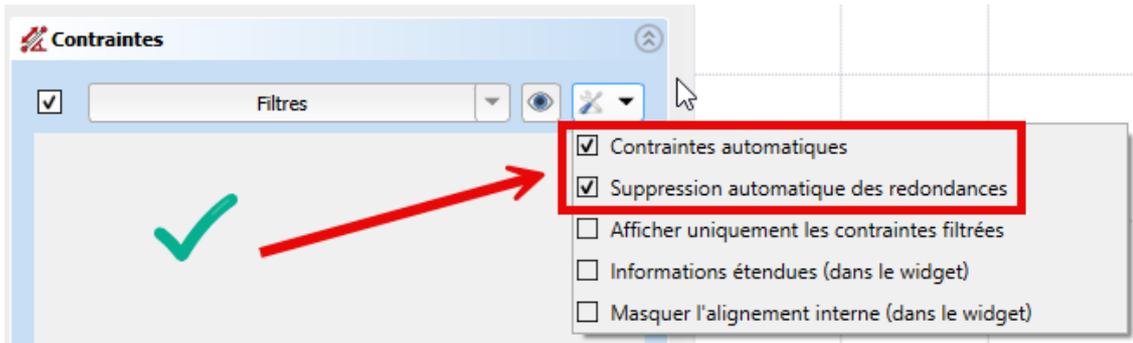
Plan TP2-2

Objectifs

- Utiliser les géométries : [polyligne^W](#) , [arc 3 points^W](#)  ;
- Utiliser les contraintes géométriques : [symétrie^W](#) , [égalité^W](#) , [tangente^W](#)  ;
- Utiliser la contrainte dimensionnelle : [Rayon^W](#)  ;

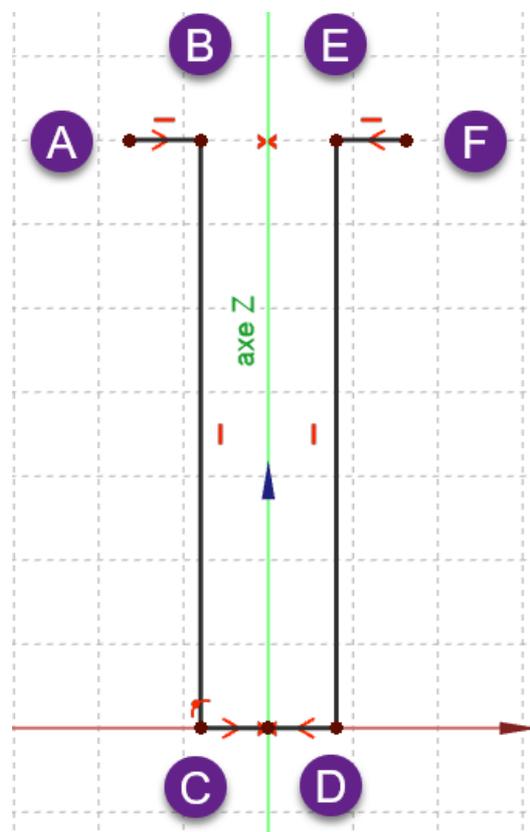
Tâches à réaliser

- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Créer un nouveau document  TP2-2 dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau body  et une nouvelle esquisse  dans le plan XZ ;
- Vérifier que [Contrainte automatiques](#) et [Suppression automatique des redondances](#) sont cochées ;



Contrôle contraintes automatiques et suppression automatique des redondances

- Créer la polygone  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

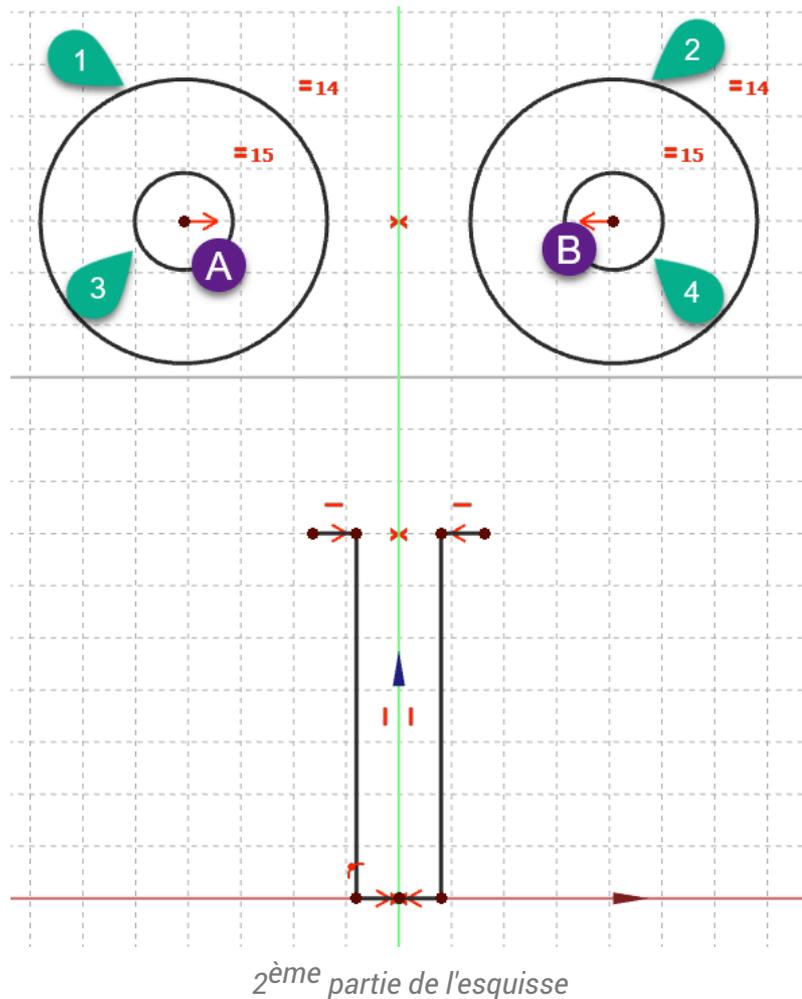
Géométrie	Points	Contraintes automatiques
Polyligne	Point B	
	Point C	 sur l'axe X
	Point D	
	Point E	 sur l'axe X
	Point F	

 **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 ;

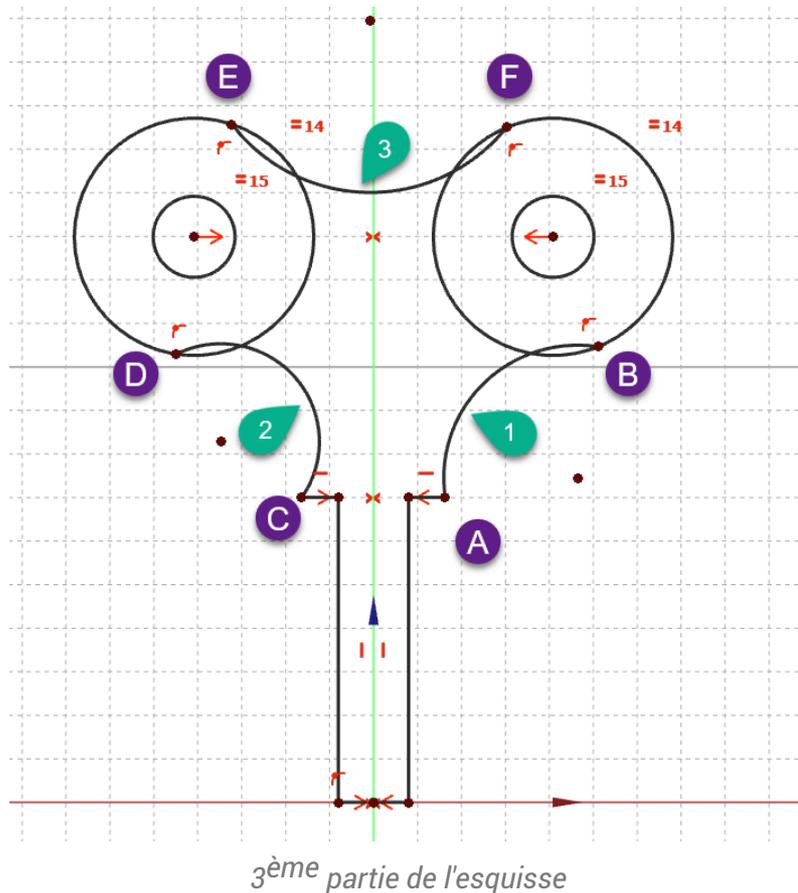
Aide :

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 :



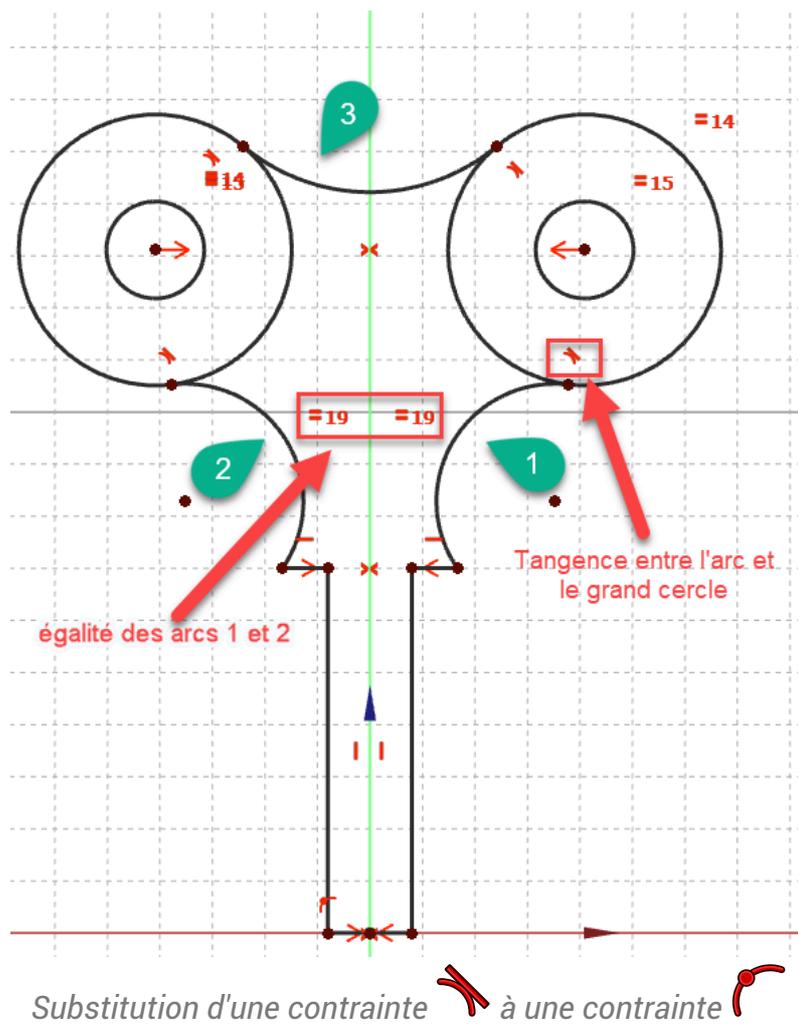
Aide :

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)

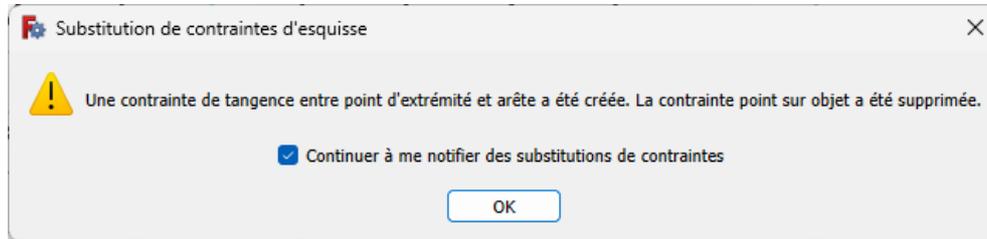
- Utiliser la contrainte d'égalité  entre les arcs 1 et 2 ;
- Utiliser la contrainte de tangence  respectivement entre l'arc 1 et le grand cercle de droite, entre l'arc 2 et le grand cercle de gauche, entre l'arc 3 et les deux grands cercles ;



Substitution de contraintes

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

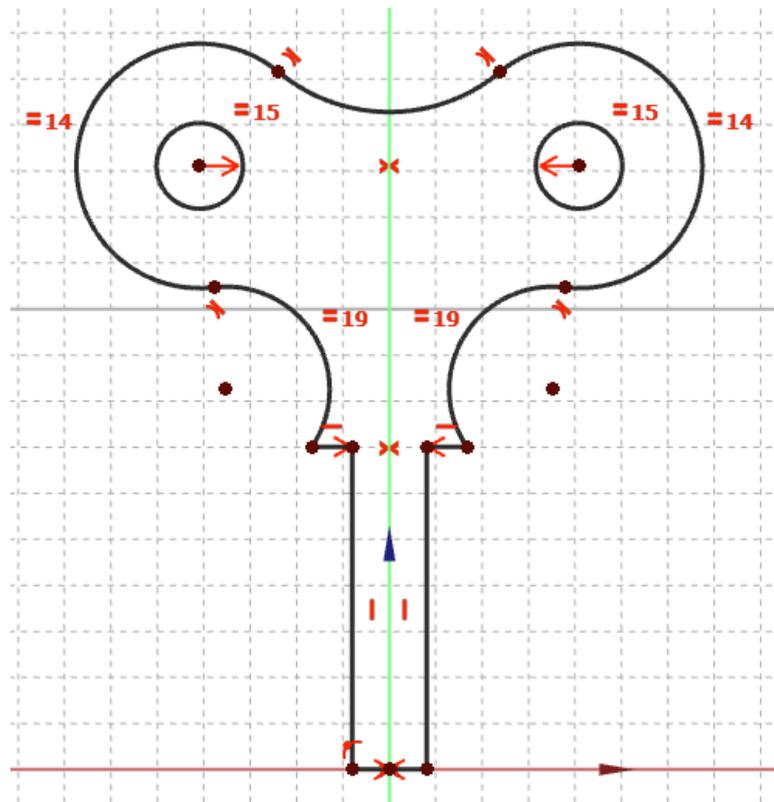
Valider la boîte de dialogue ;



Message de FreeCAD lors d'une substitution de contrainte

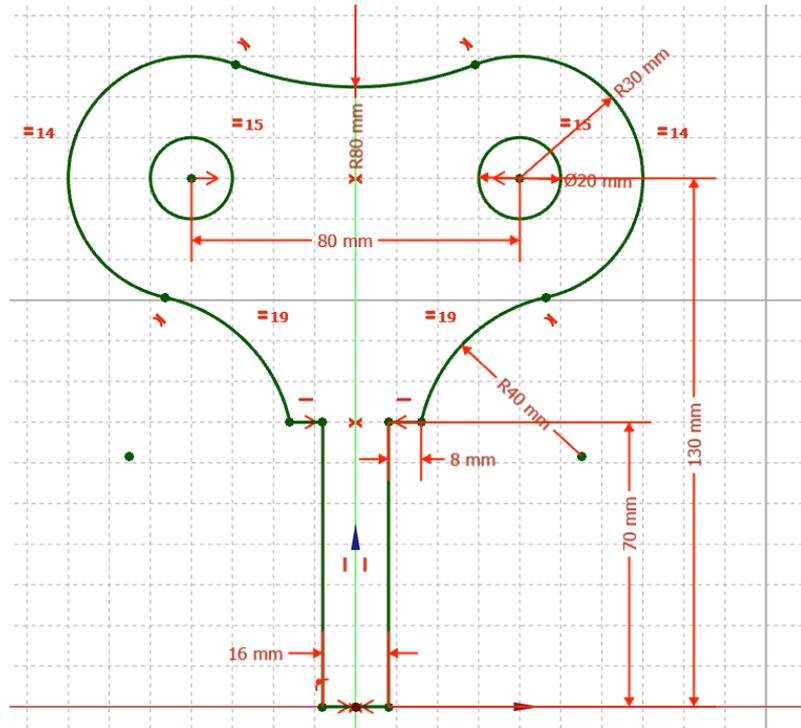
Tâches à réaliser (suite et fin)

- Ajuster  les deux grands cercles ;



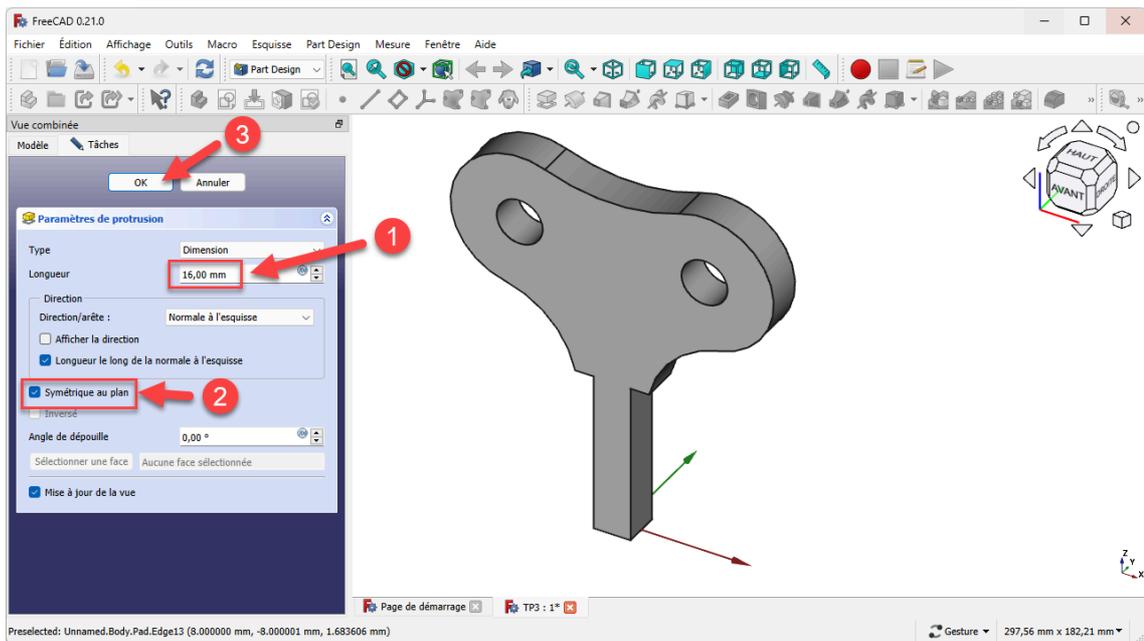
Ajustement des grands cercles

- 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 protrusion  de 16 mm symétrique ;



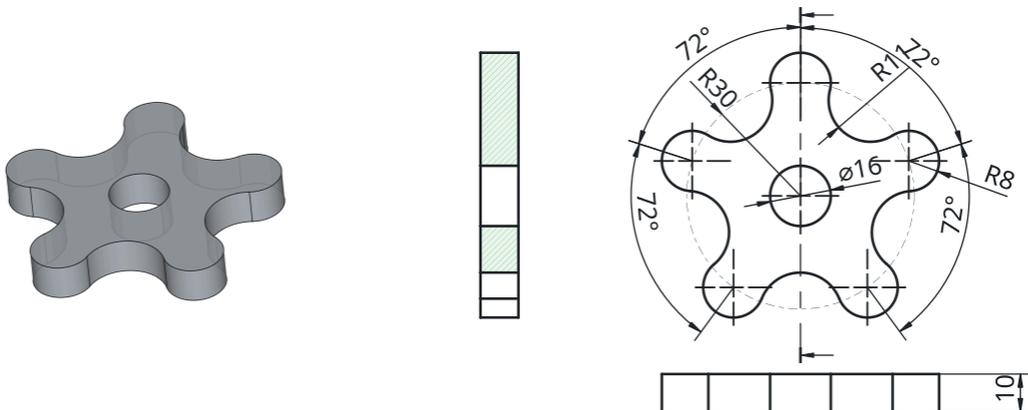
Création de la protrusion

2.8.1. Capture vidéo



2.9. TP 2-3

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



Objectifs

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

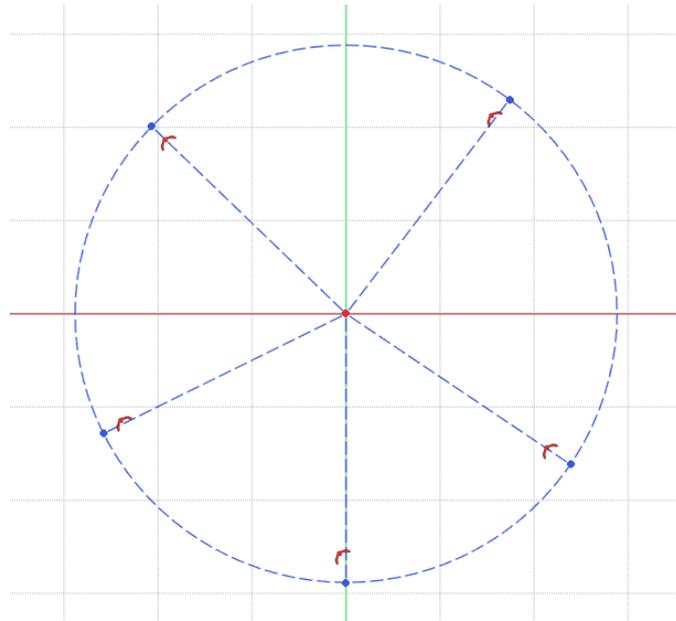
Tâches à réaliser : création des géométries de construction

- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Créer un nouveau document  TP2-3 dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau body  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 :

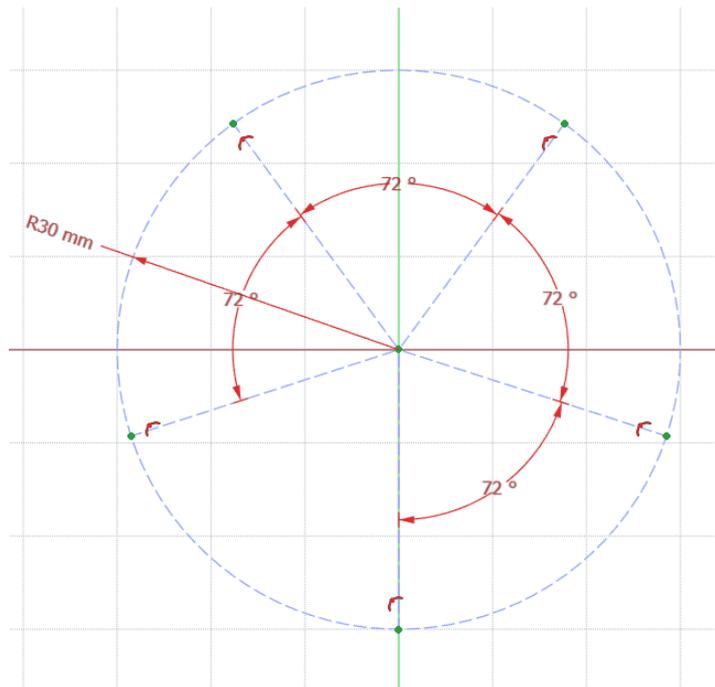


Barre d'outils : géométries de construction

- 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° ;

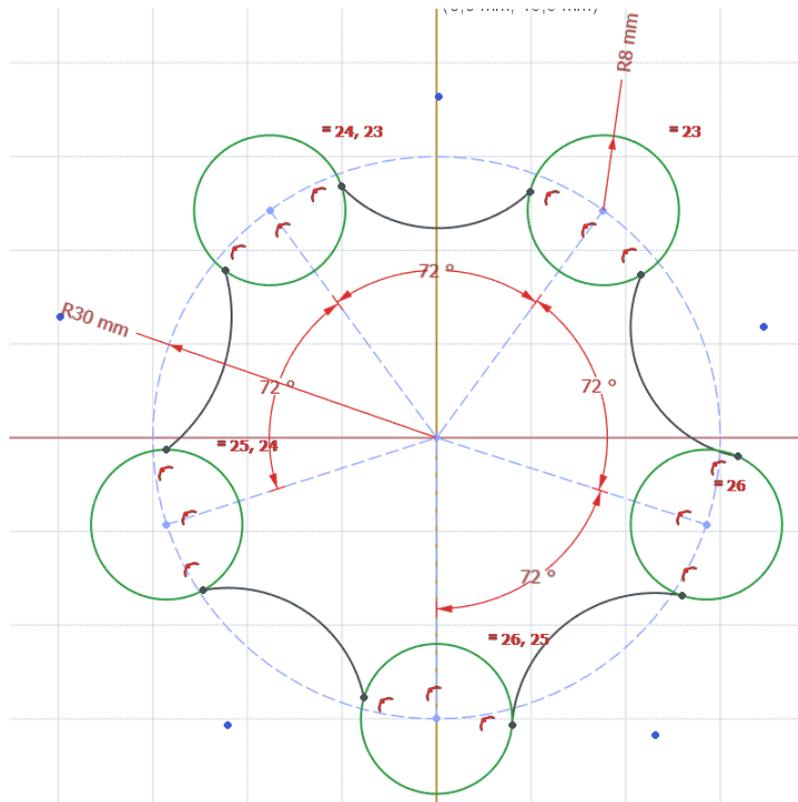


Aide :

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

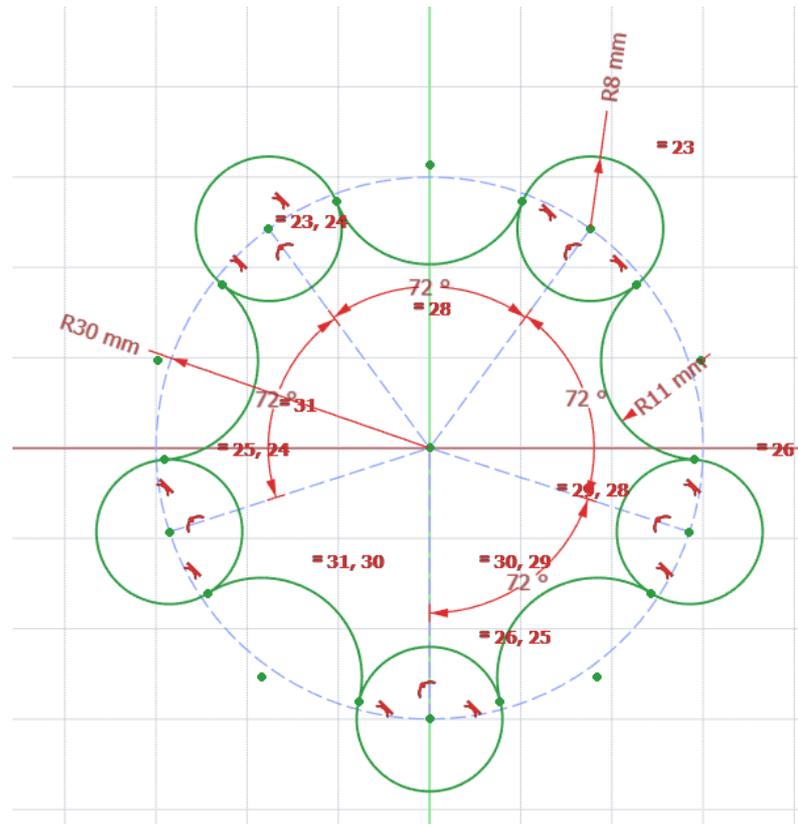
Tâches à réaliser : création des géométries réelles

- Cliquer à nouveau sur le bouton  de la barre d'outils Géométries d'esquisse pour revenir en mode normal ;
- Créer 5 cercles  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 ;



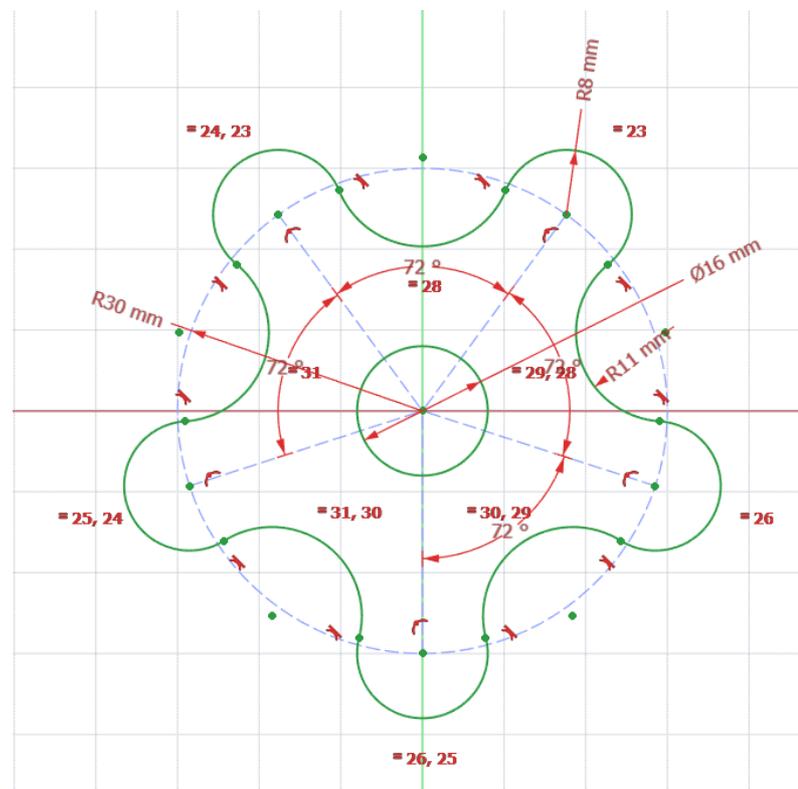
Construction des arcs

- 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 ;



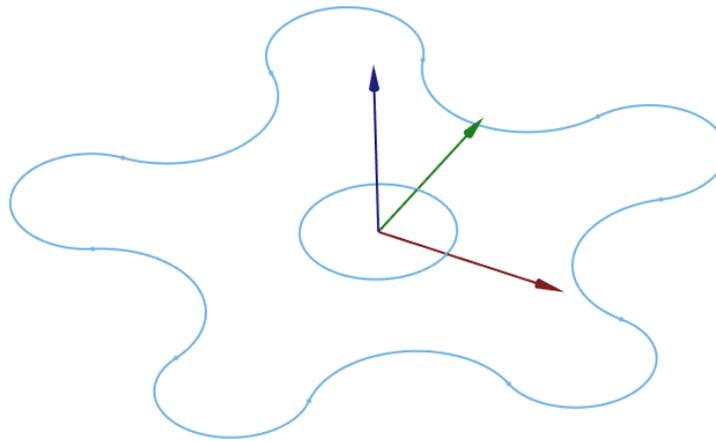
Substitution des contraintes

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



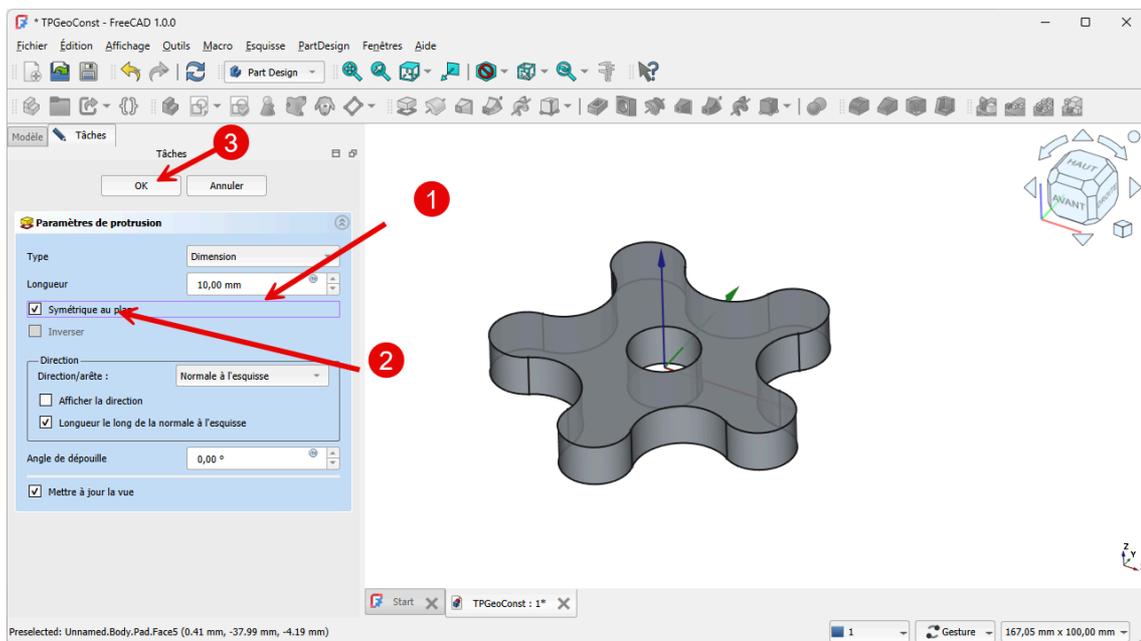
Suppression de l'intérieur des cercles par ajustements

- 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 ;



Création de la protrusion

2.9.1. Capture vidéo

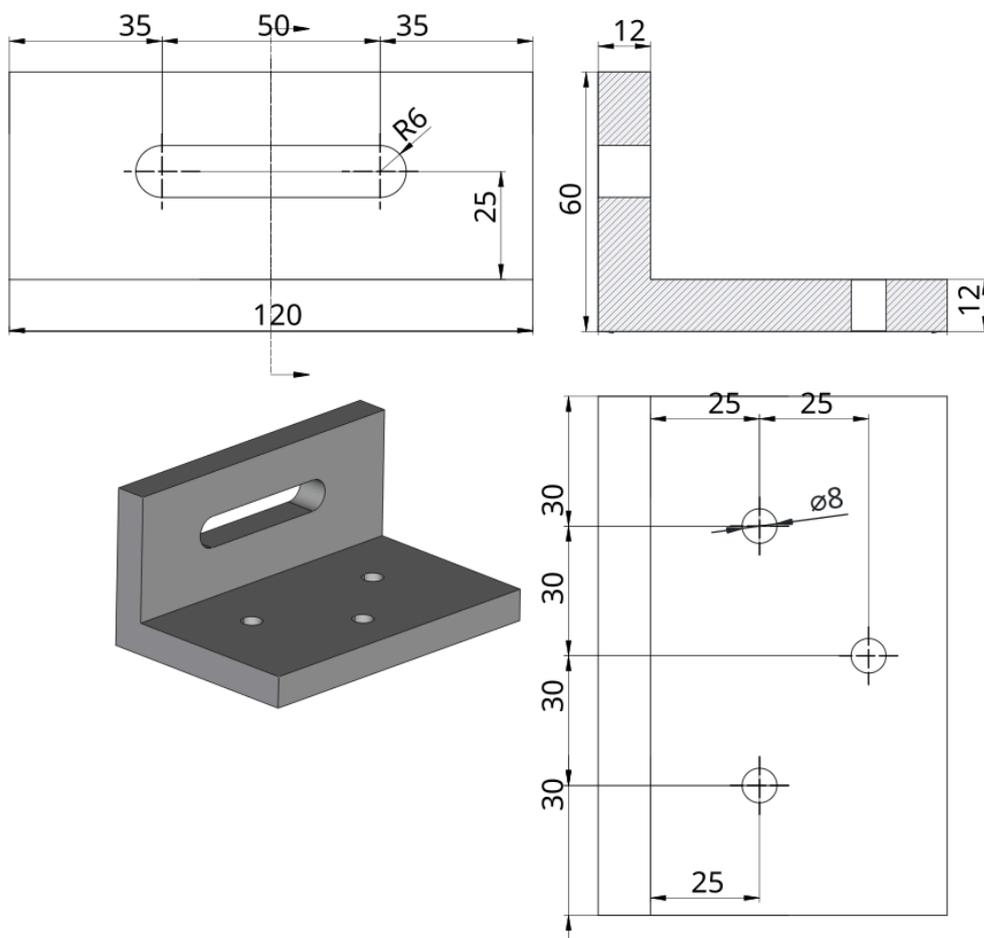


3. Modélisation paramétrique

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

3.1. TP 3-1

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



Plan 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**  dans l'atelier  Sketcher  ;

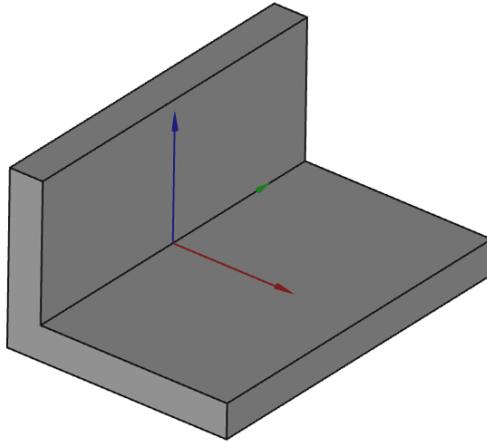
- Utiliser la commande **Cavité**  dans l'atelier **Part Design**  ;

Tâches préliminaires

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

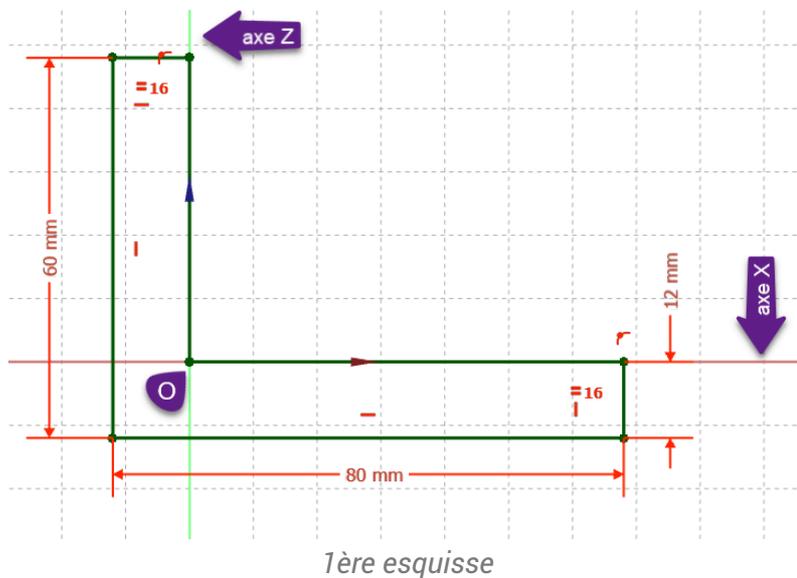
3.1.1. 1^{ère} esquisse & fonction paramétrique

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

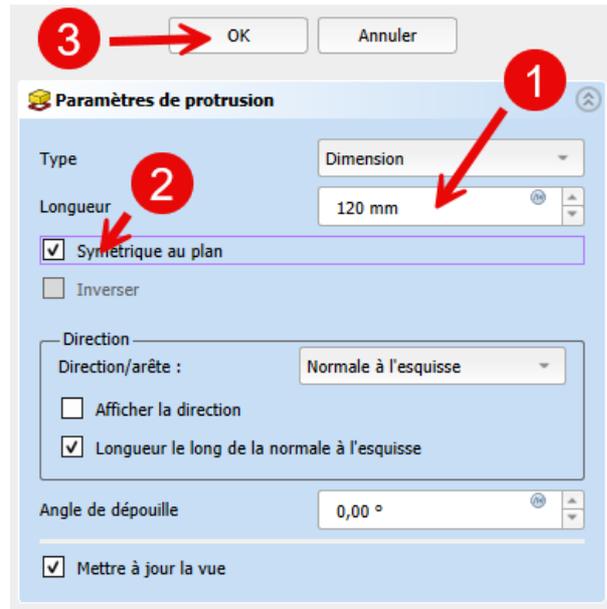


Tâches à réaliser

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



- Créer une protrusion  de 120 mm **symétrique** par rapport au plan XZ ;

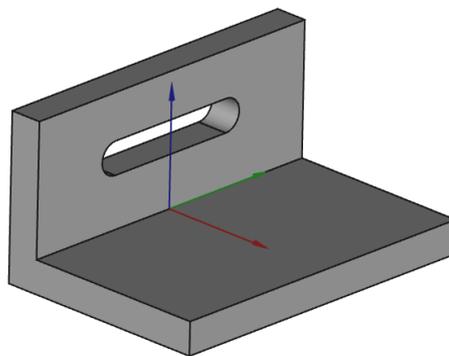
*Création de la protrusion*

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.

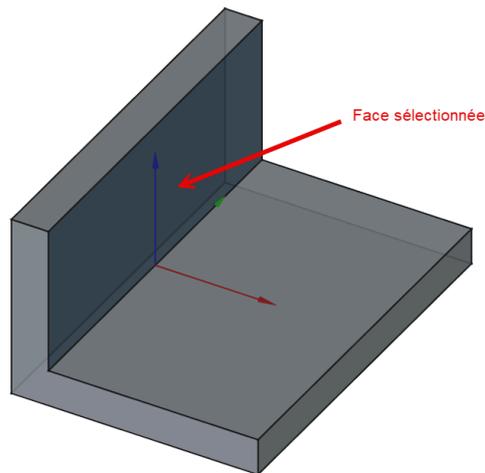
3.1.2. 2^{ème} esquisse & fonction paramétrique

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

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

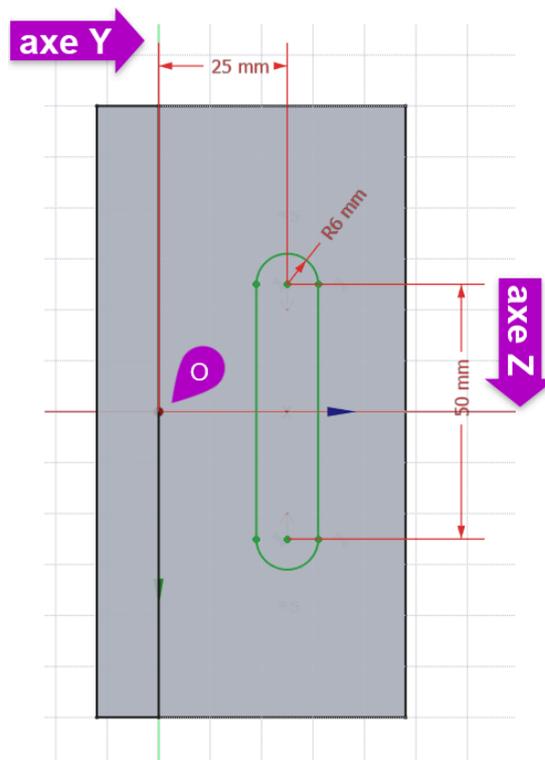
Tâche à réaliser

- Sélectionner la face verticale suivante :



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

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



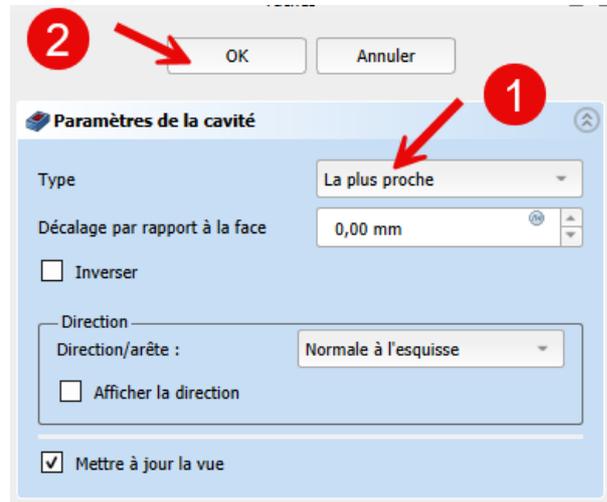
Esquisse n°2 pour le trou oblong

- 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 le trou oblong, sélectionner la commande  ;

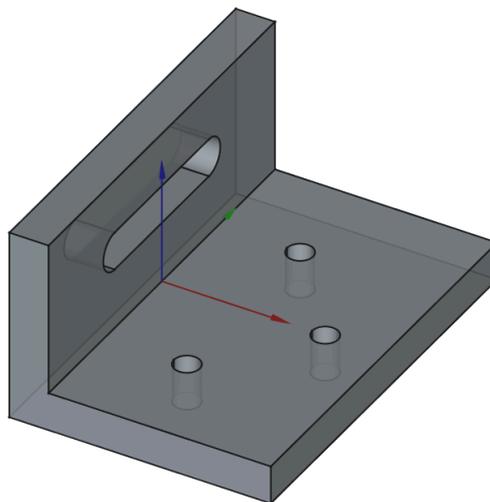
- Utiliser les contraintes de symétrie , distance verticale  et distance horizontale  pour positionner le trou oblong ;
- Pour vérifier le positionnement de l'esquisse, vous pouvez utiliser la [vue isométrique](#)^W  (Touche  0 du pavé numérique) ;
- Pour la commande , sélectionner le type  Le plus proche ;



Paramètre de la cavité

3.1.3. 3^{ème} esquisse & fonction paramétrique

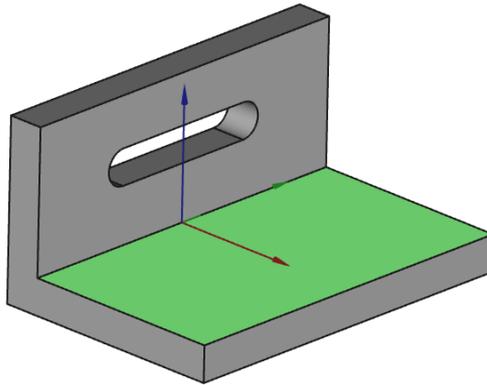
Dernière étape : nous allons ajouter les trois trous :



Vue 3 D du modèle

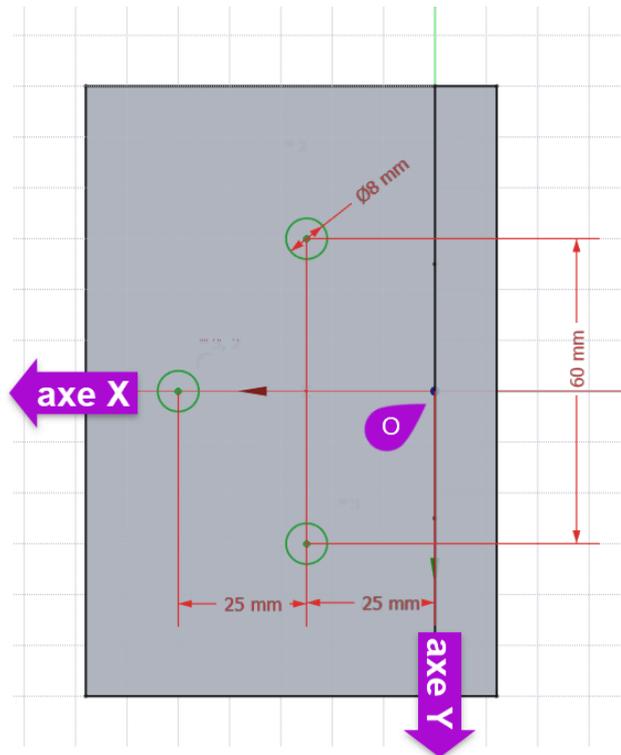
Tâche à réaliser

- Sélectionner la face horizontale du dessus :



Sélection de la face pour la 3^{ème} esquisse

- Créer une 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 ;

3.1.4. Modification du modèle

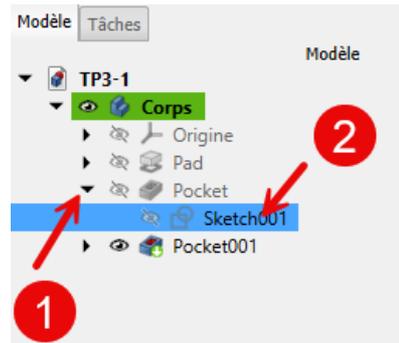
Grâce à la modélisation paramétrique, il est très facile de modifier le modèle.

Tâches à réaliser

- Passer le rayon du trou oblong à 8 mm ;

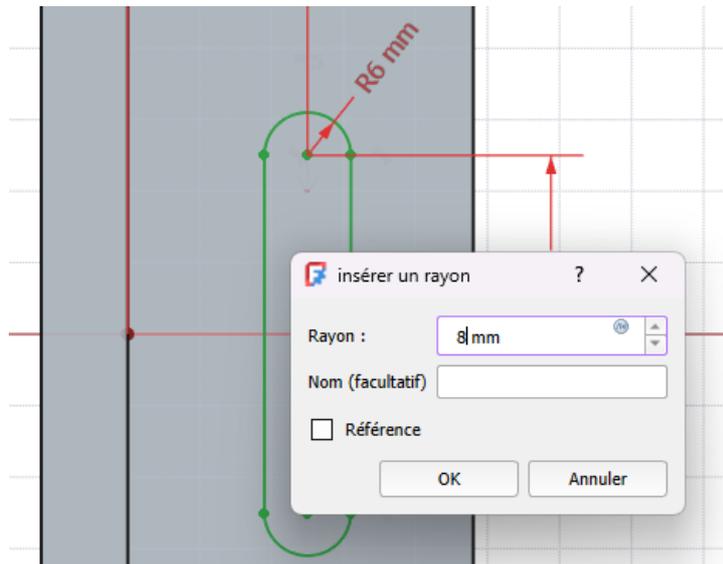
Aide

- 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. Géométrie externe

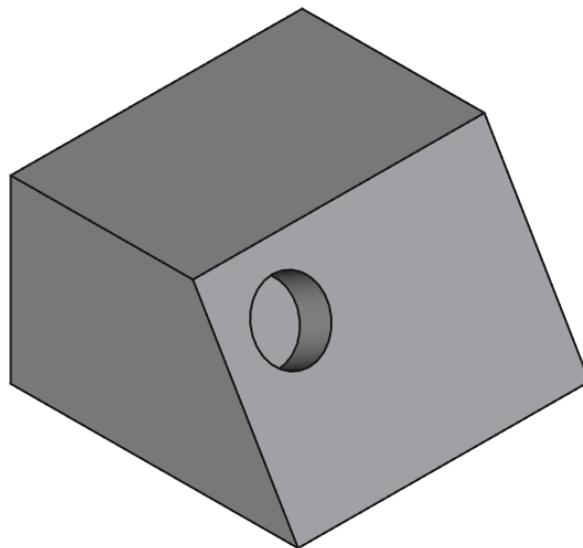
Dans le TP n°3-1 précédent , nous avons positionné les géométries contenues dans les différentes esquisses en nous référant directement aux axes liés au solide. Ce n'est pas toujours possible ou souhaitable, notamment s'il faut respecter certaines cotes fonctionnelles. Nous allons découvrir dans ce chapitre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

Objectifs

- Découvrir le concept de Géométrie externe ;

Tâches à réaliser :

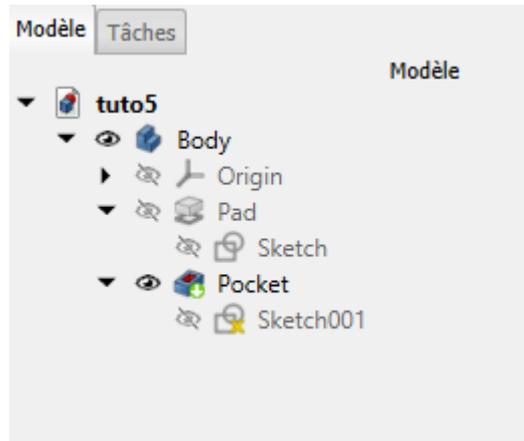
- Dans FreeCAD, si nécessaire, refermer les documents ouverts précédemment ;
- Télécharger le fichier [tuto5.FCStd](#) sur votre ordinateur ;
- Ouvrir ce document  `tuto5.FCStd` dans FreeCAD ;



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 ;

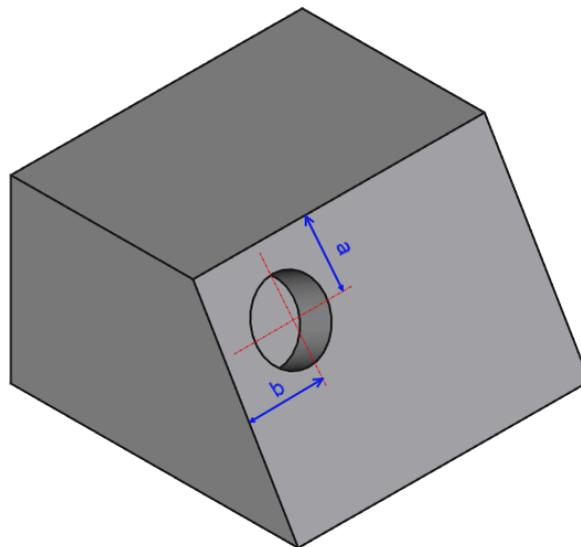
Structure du modèle  tuto4.FCStd

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 ;



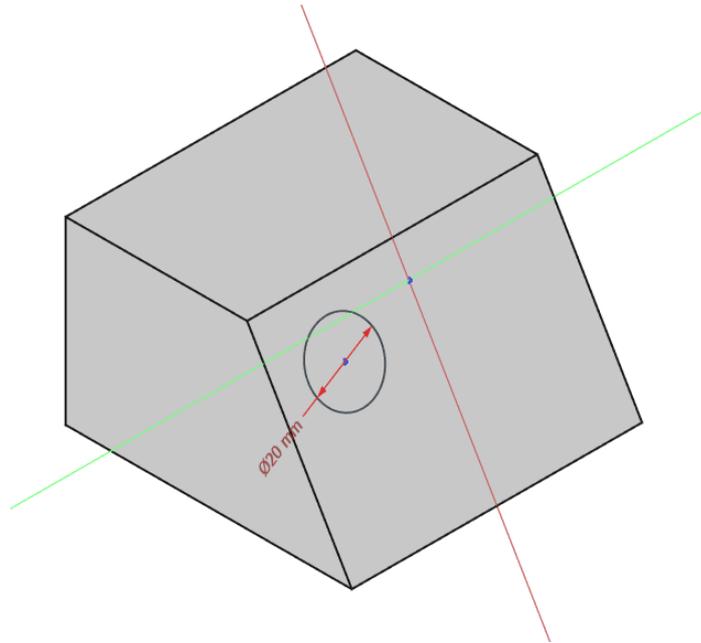
Dimensions à contraindre

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  ;



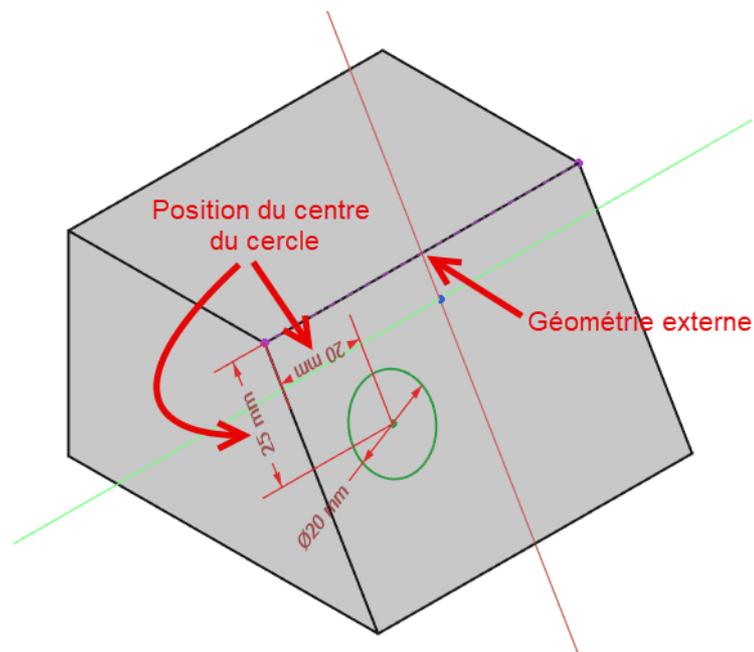
Vue isométrique de l'esquisse Sketch001

+ Réponse

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

☰ Tâches à réaliser

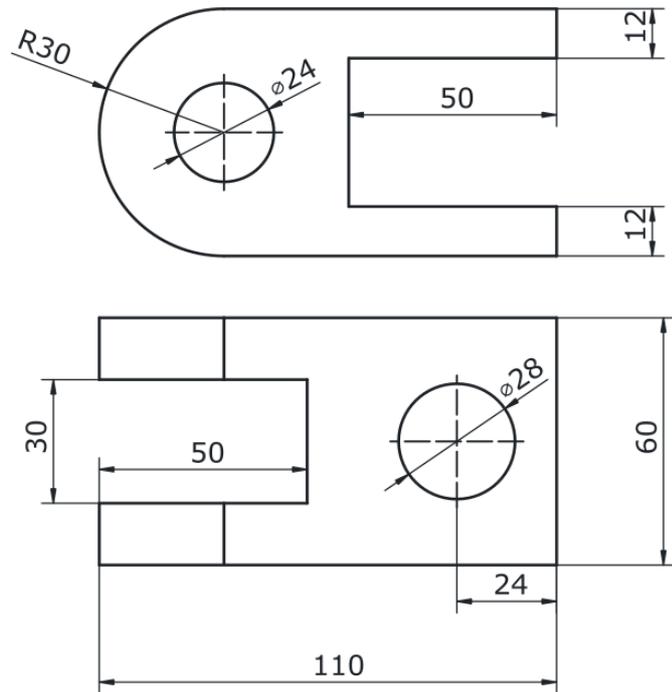
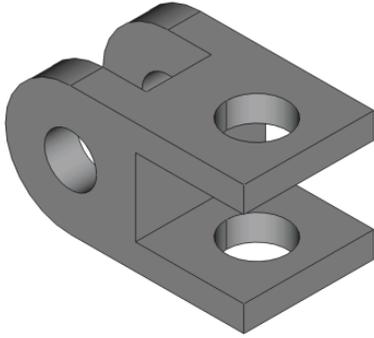
- Utiliser la commande  pour définir une géométrie externe puis contraindre la position du cercle ;



Utilisation d'une géométrie externe pour positionner le cercle

3.3. TP 3-2

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



Plan TP 3-2

Objectifs

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

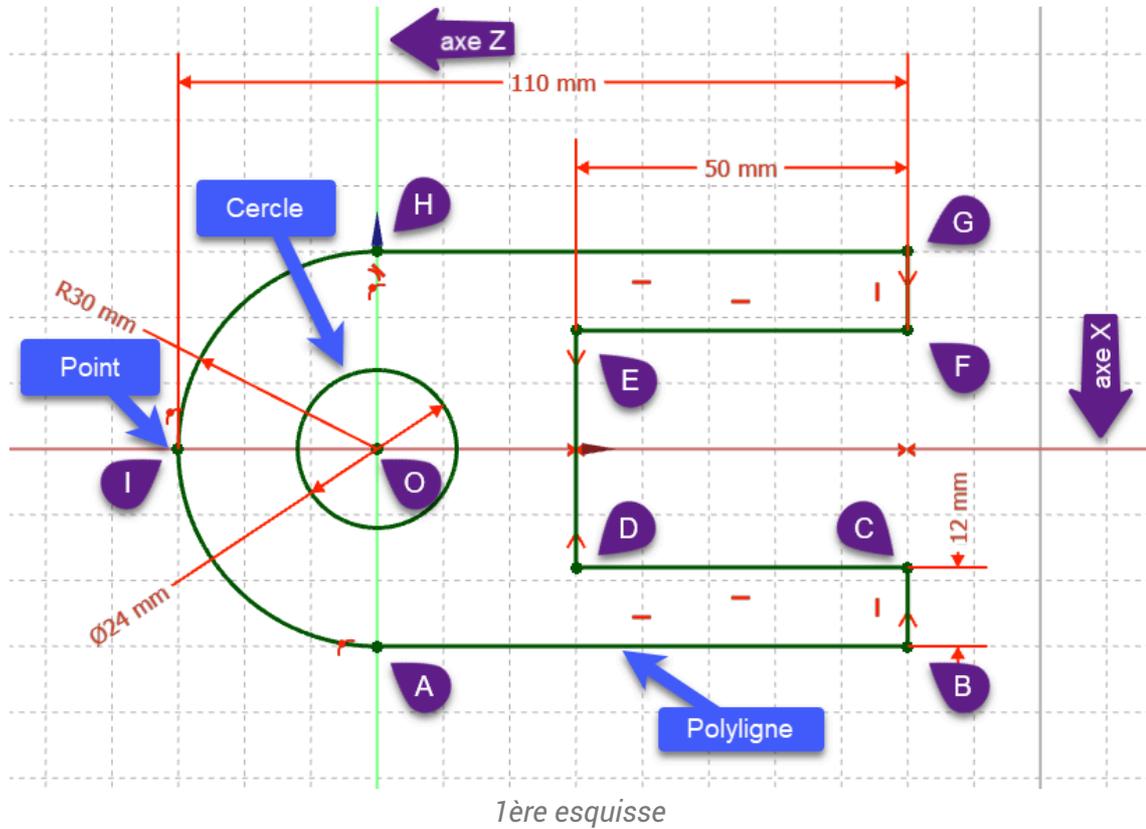
Tâches préliminaires

- 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	sur l'axe Z
	Points B, D, F	
	Point C, E, G	
	Point H	sur l'axe Z
	Point A	avec le 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 d'un point  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 polyligne ;

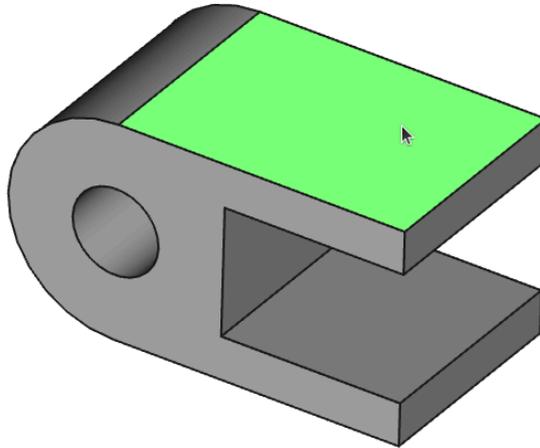
Tâches à réaliser (suite)

- 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. 2nde esquisse & fonction paramétrique

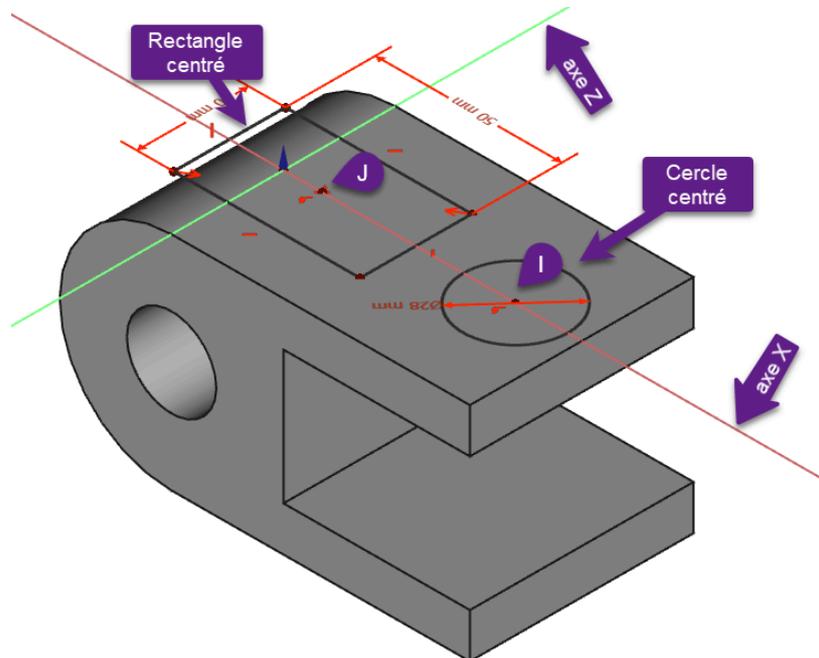
☰ Tâches à réaliser

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



Sélection de la face pour la 2nde 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 2nde esquisse 1^{ère} étape

- Saisir les dimensions du cercle et du rectangle ;

Aide :

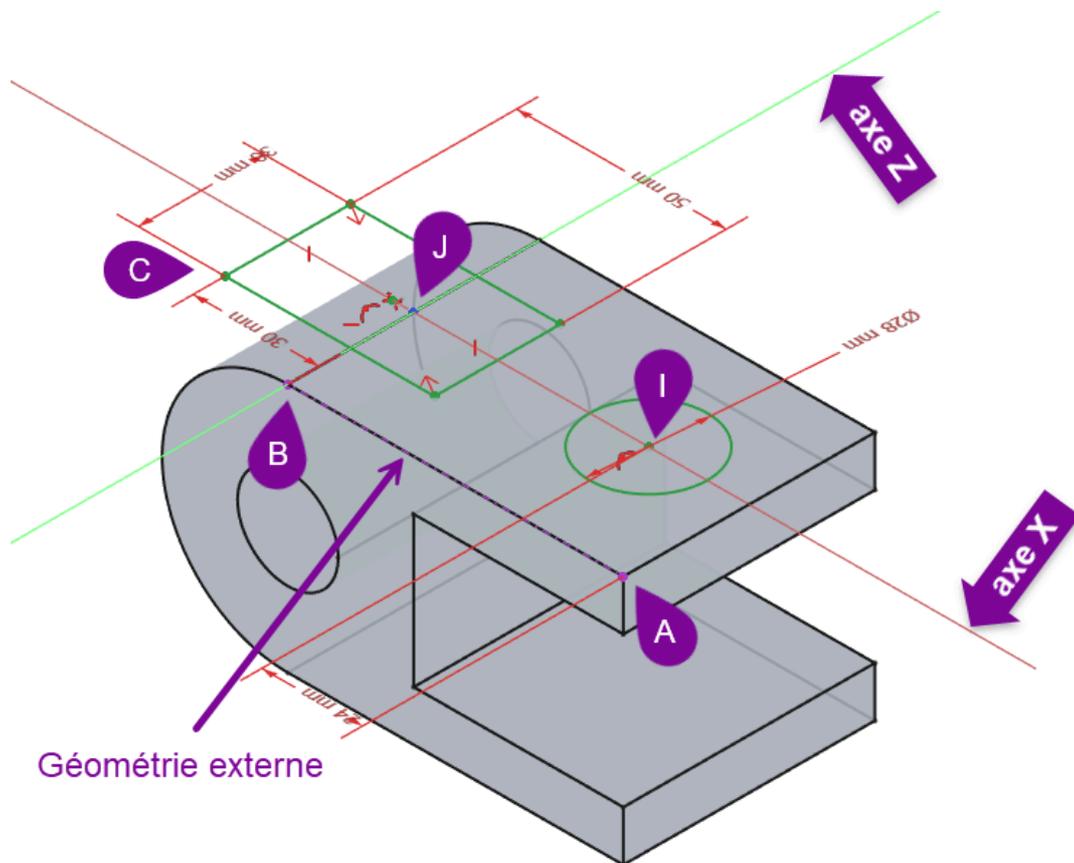
- Appuyer sur la touche  du pavé numérique pour basculer en vue isométrique  ;

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)

- Créer une géométrie externe  ;



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

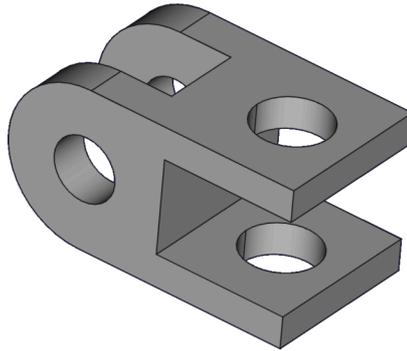
- Contraindre la position du centre du cercle et du rectangle ;
- Vérifier que l'esquisse est entièrement contrainte et quitter l'atelier  ;

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

3.3.3. ▶ Capture vidéo

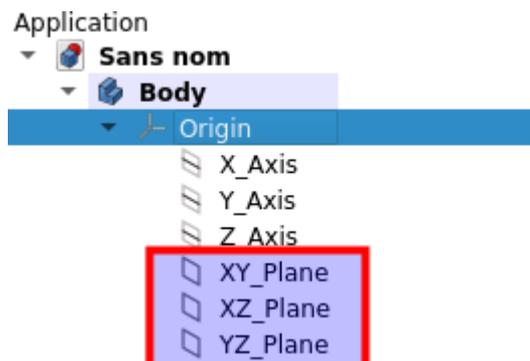


3.4. Plans de référence

🎯 Objectifs

- Comprendre et utiliser les [plans de référence^W](#) dans la modélisation ;

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 nous avons uniquement utilisé ces plans. Si vous avez besoin de créer des esquisses ou des géométries de construction en dehors de ces plans, vous devez créer de nouveaux plans de référence.

Plan de référence

Il peut être utilisé comme référence pour les esquisses ou toute autre géométrie de référence.

- Les esquisses peuvent être attachées aux plans de référence.

🔗 Comment créer un plan de référence ?

Dans l'atelier Part Design, il faut utiliser la commande [Créer un plan de référence](#)^W  ;

⚠ Attention

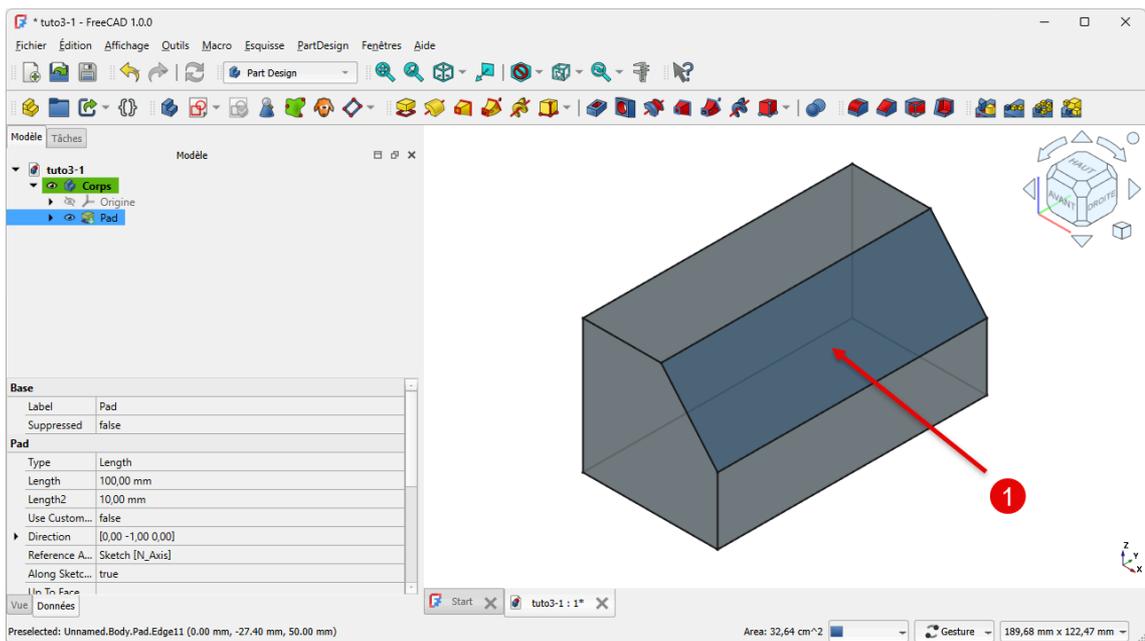
- Un plan de référence ne peut être créé qu'à l'intérieur d'un corps.
- Il doit être défini, positionné, par rapport à ce corps. On utilise l'ancrage à ce corps.

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

3.4.1. Créer un plan de référence parallèle à une face

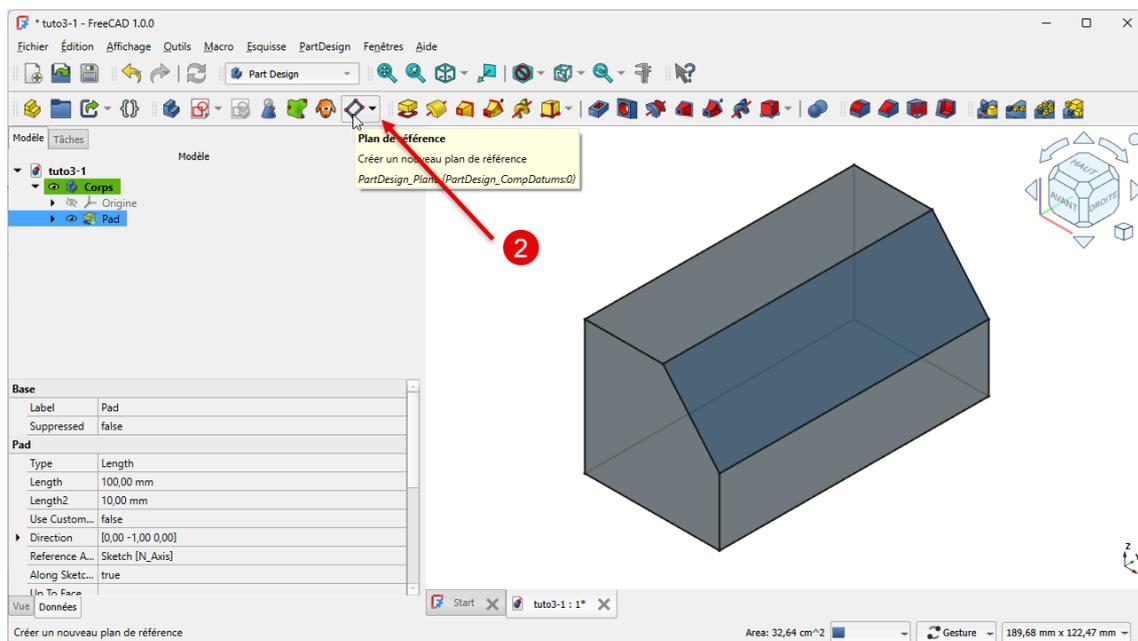
Procédure

1. Sélectionner la face ;



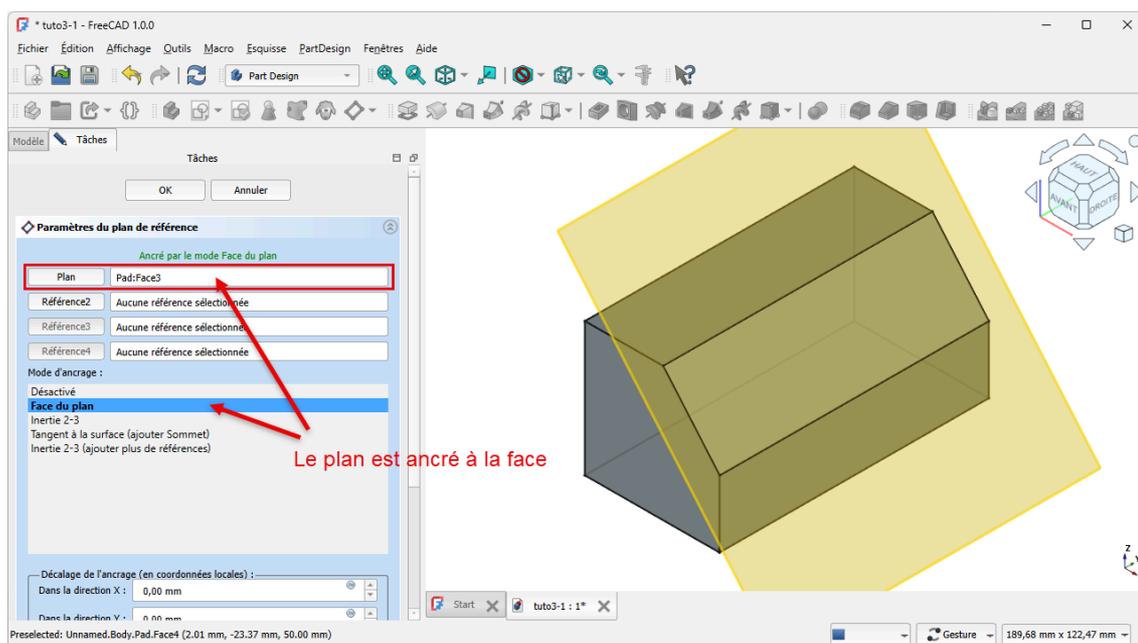
Sélection de la face

2. Sélectionner la commande  ;



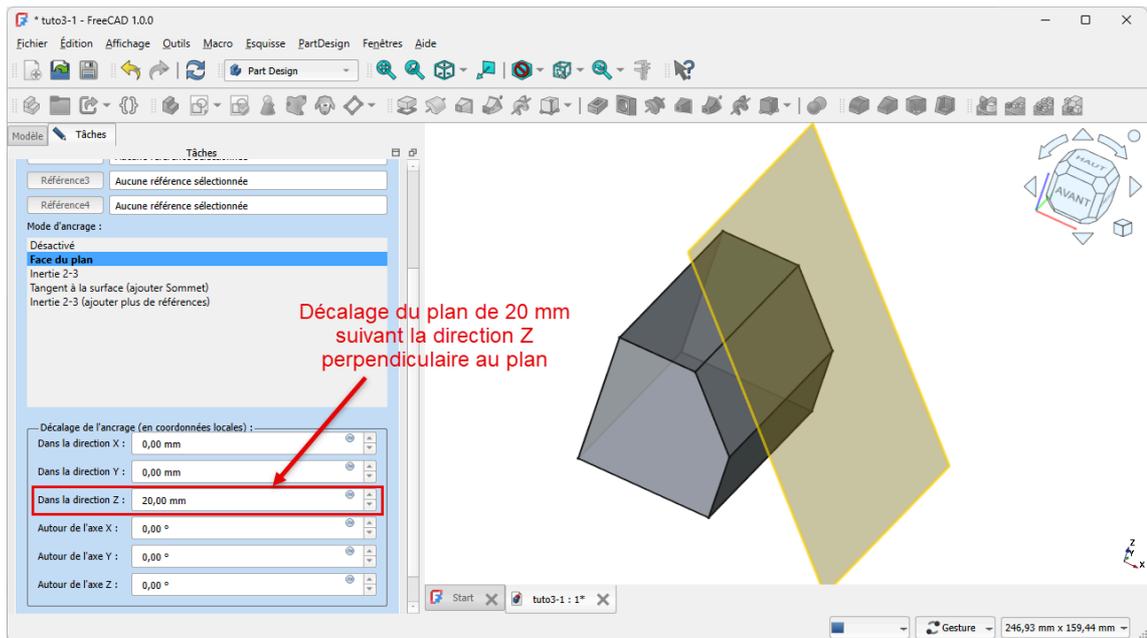
Sélection de la commande *Plan de référence* 

FreeCAD crée le plan de référence :



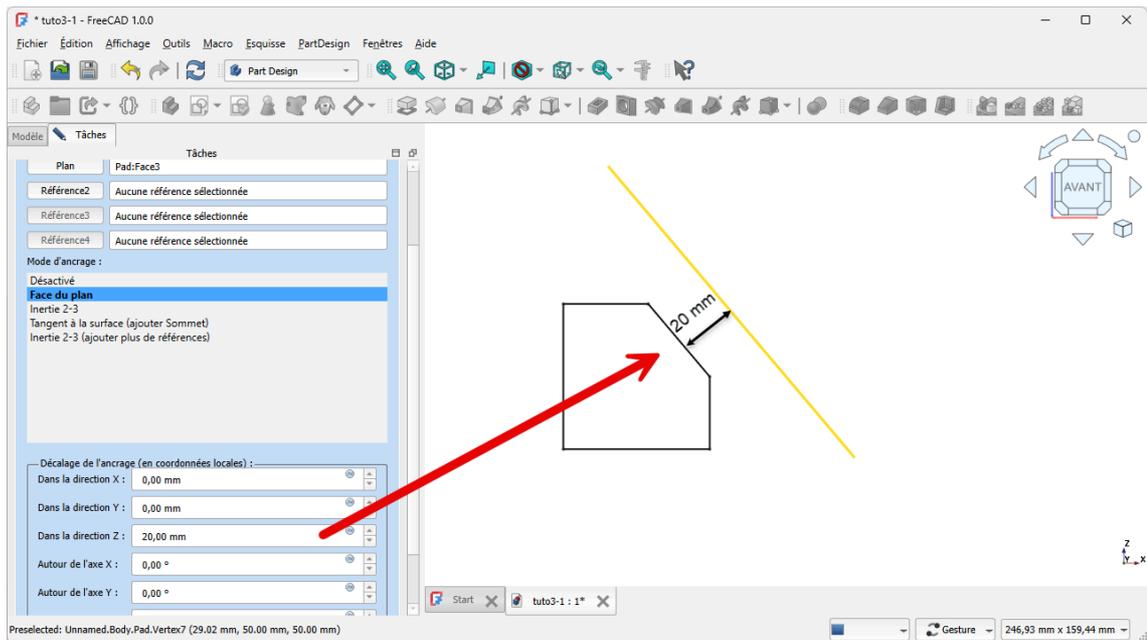
Référence et mode d'ancrage du plan de référence

3. Dans l'onglet Tâche, décaler le plan



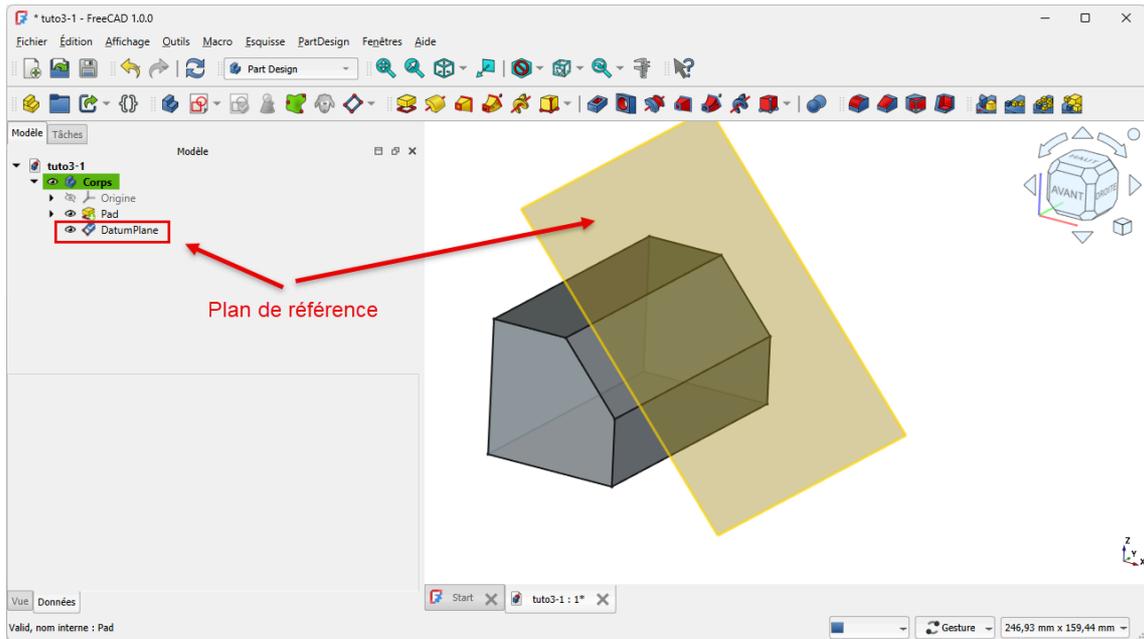
Délaiage de l'ancrage

FreeCAD décale le plan



Plan de référence décalé

Résultat

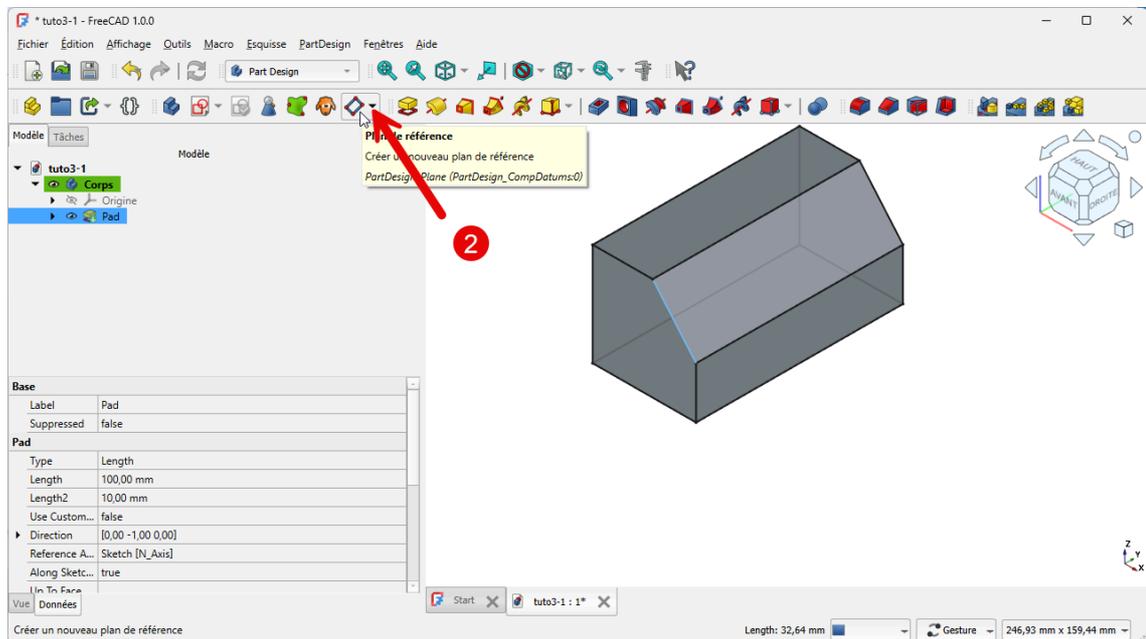


Ajout du plan de référence  dans la vue Modèle

3.4.2. Créer un plan de référence perpendiculaire à une arête

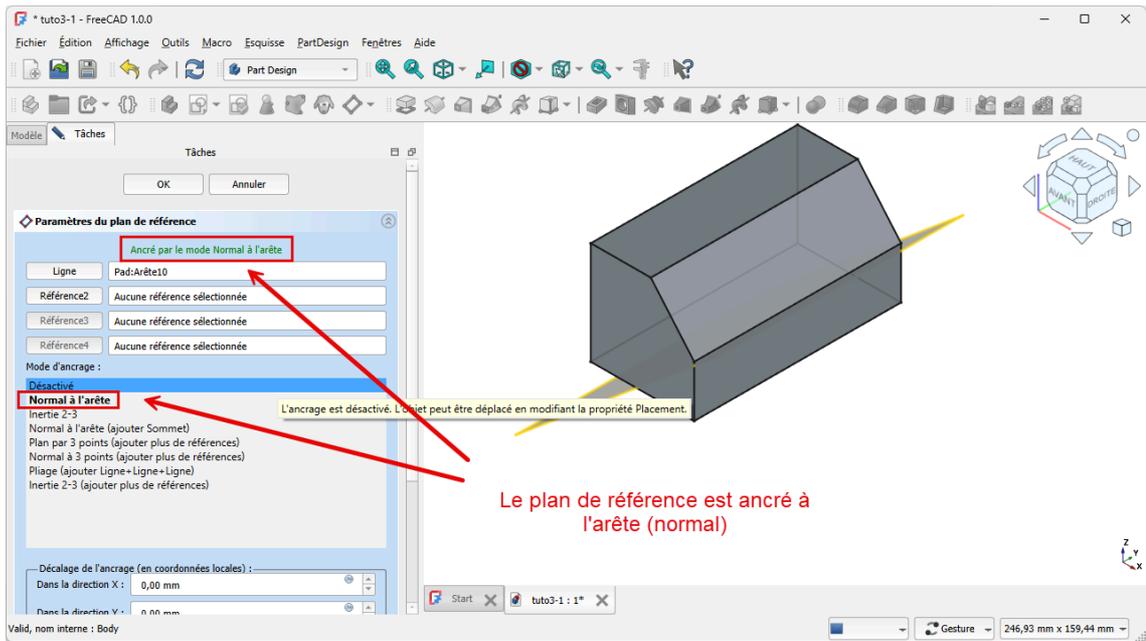
Procédure

1. Sélectionner l'arête ;



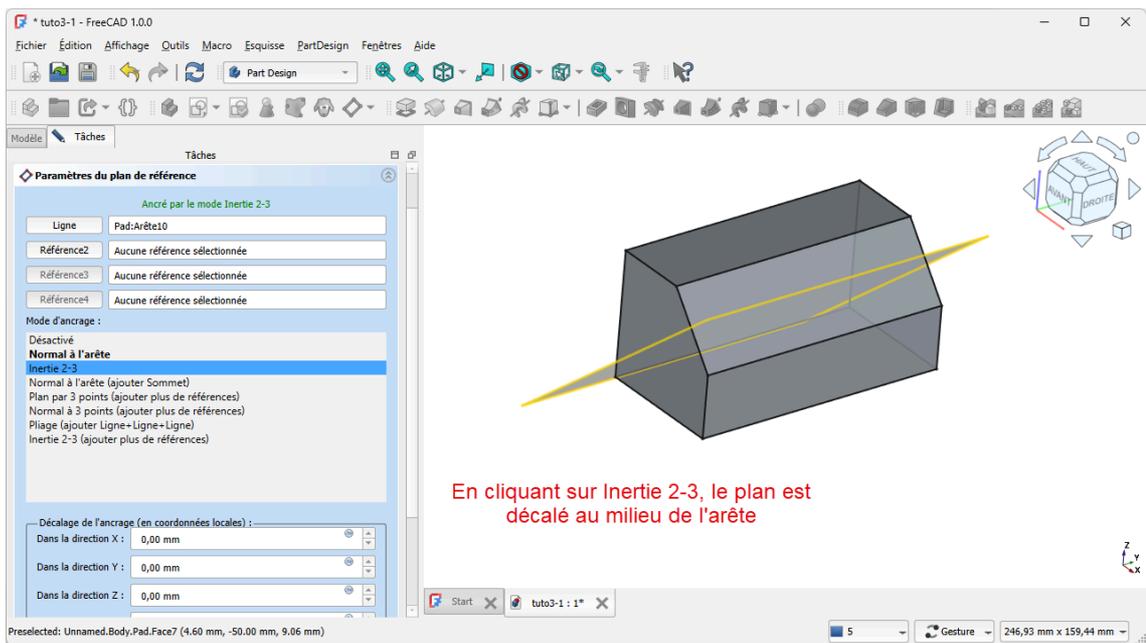
Sélection de l'arête

2. Sélectionner la commande  ;



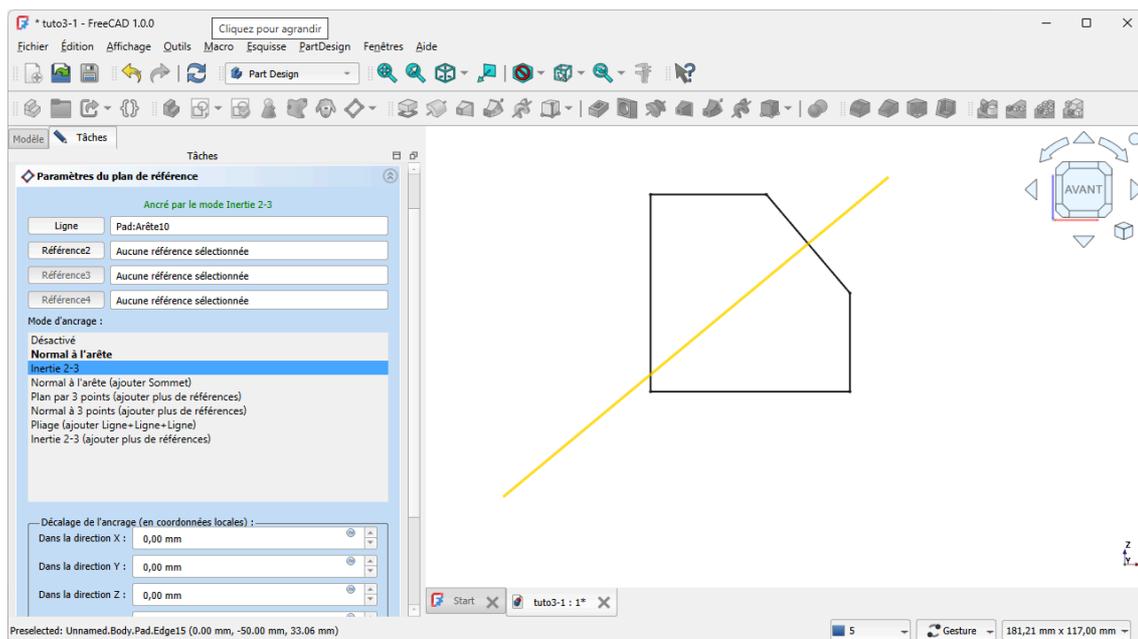
Sélection de la commande 

FreeCAD crée le plan de référence ;



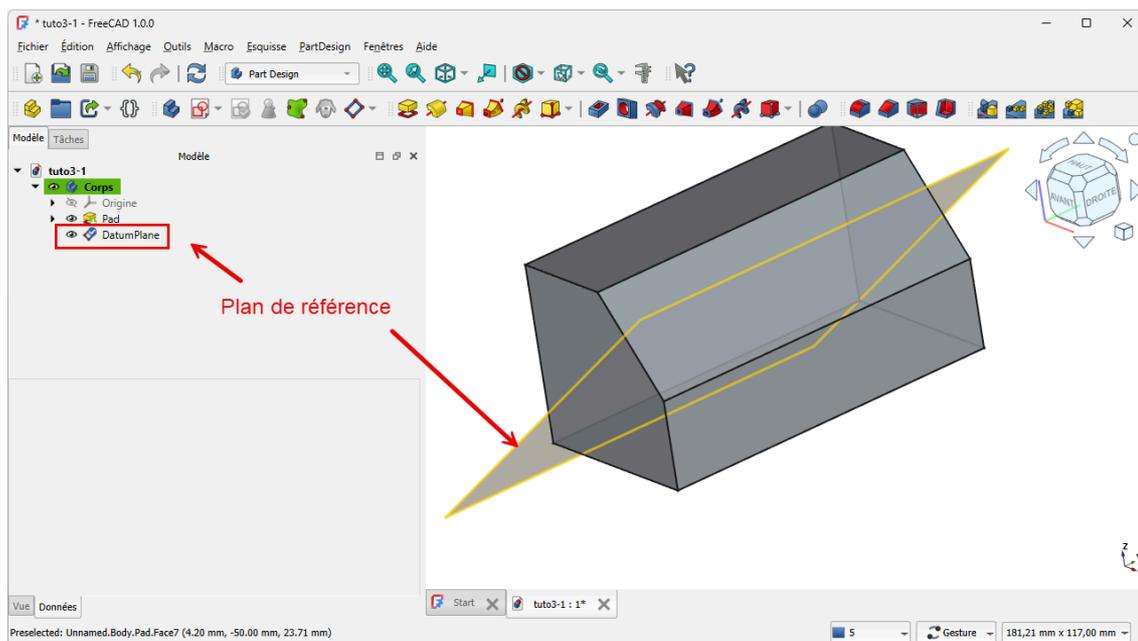
Accrochage du plan de référence à l'arête

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



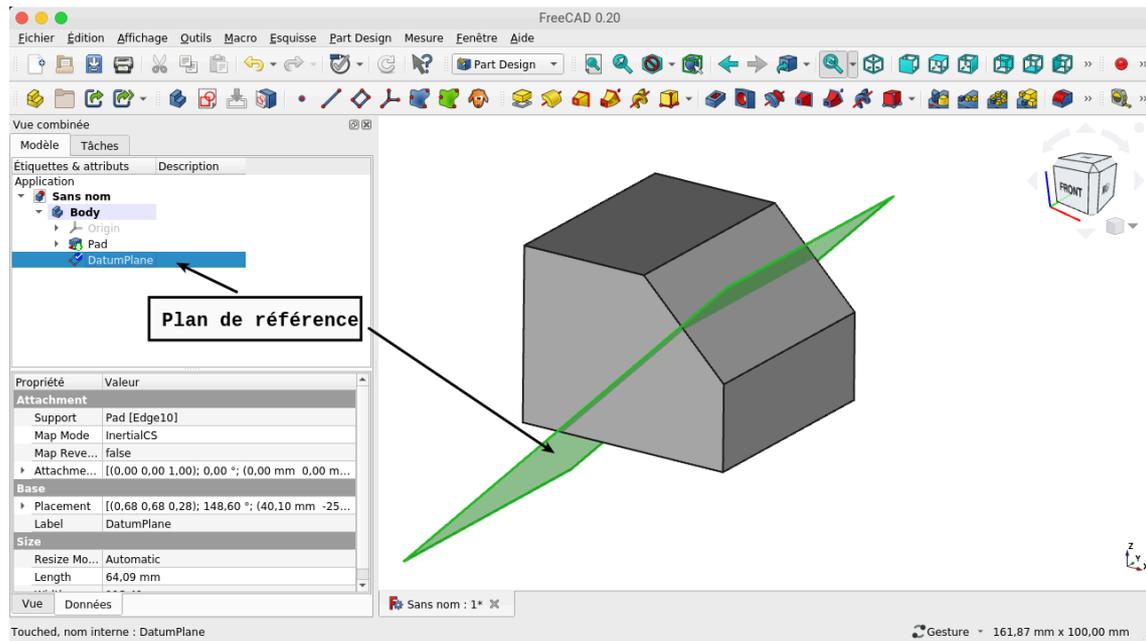
Choix du mode d'accrochage Inertie 2-3

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



Plan de référence déplacé au milieu de l'arête

Résultat

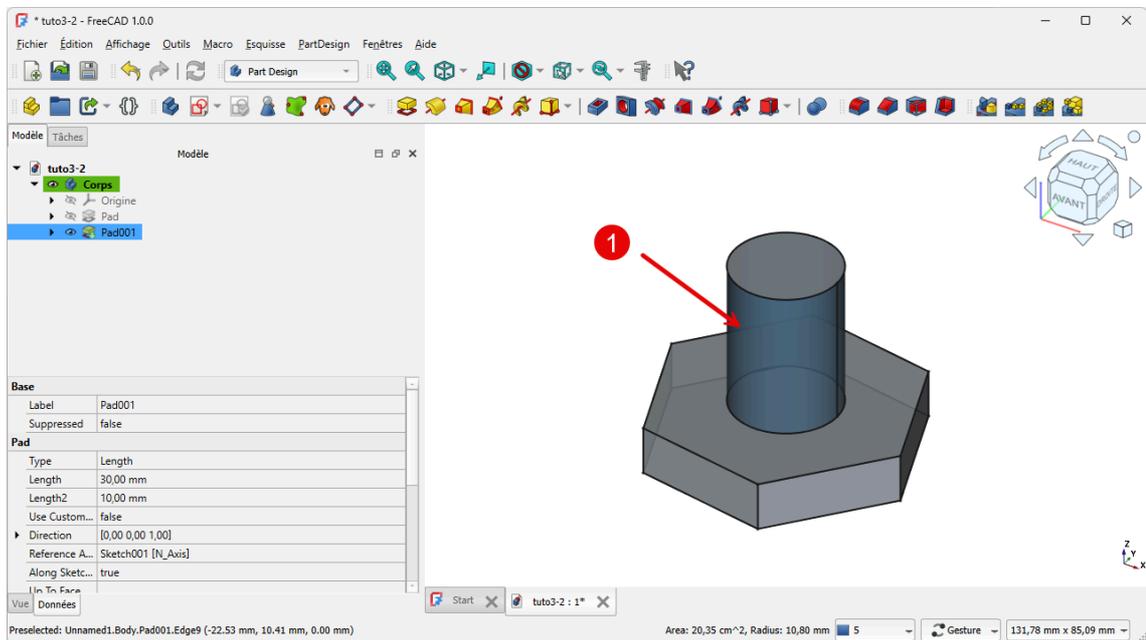


Ajout du plan de référence dans  **Modèle**

3.4.3. Créer un plan de référence tangent à une surface

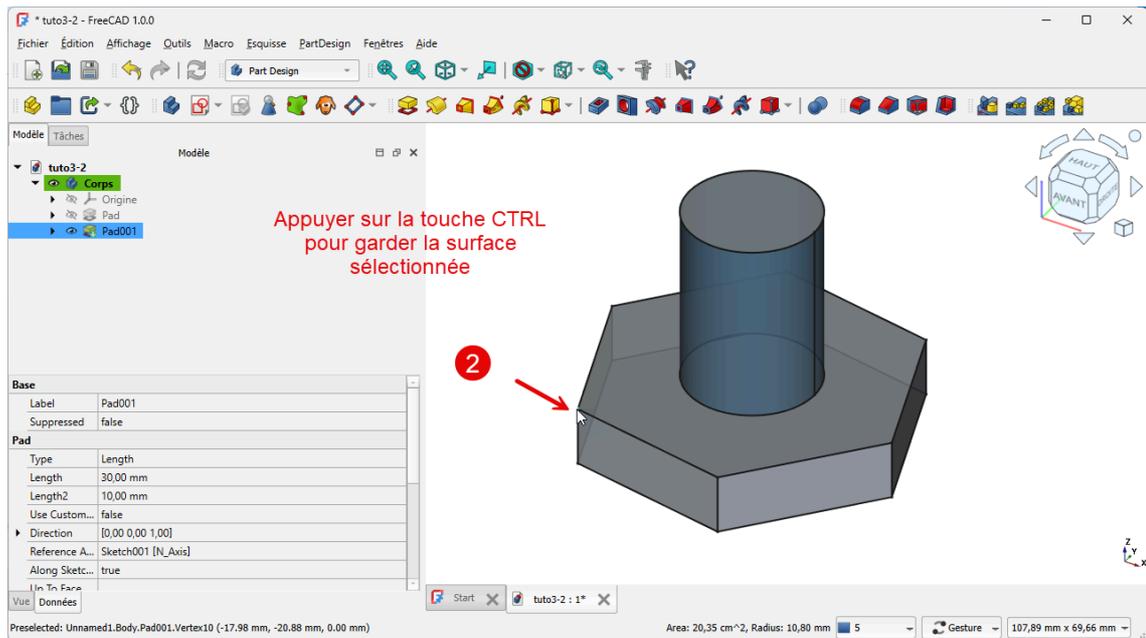
Procédure

1. Sélectionner la surface ;



Sélection de la surface

2. Sélectionner un sommet ;

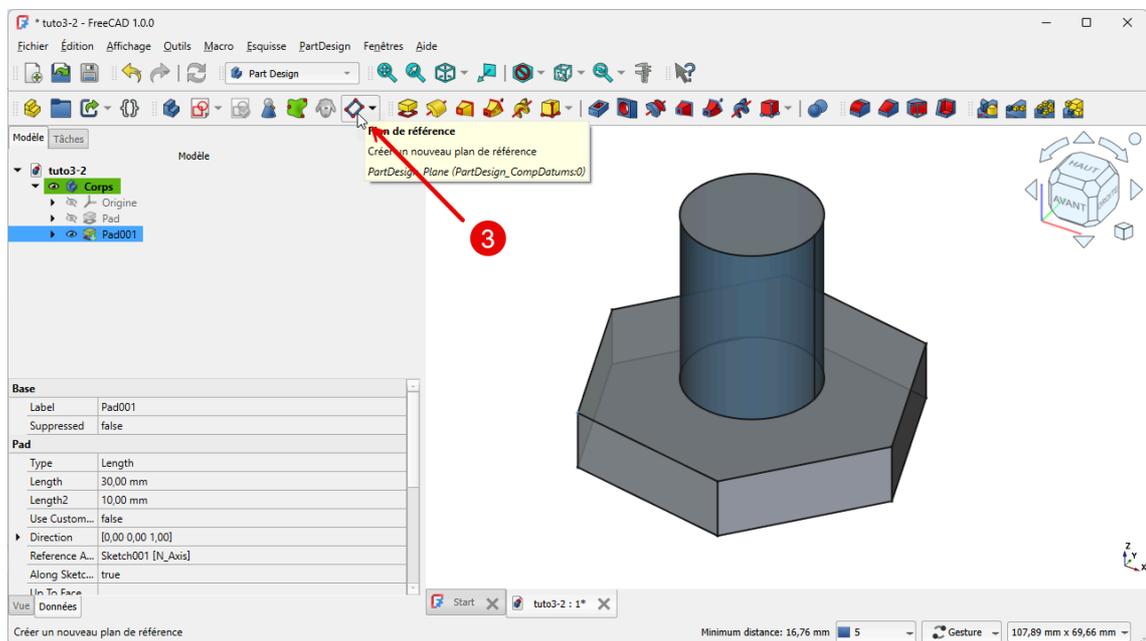


Sélection du sommet

Truc & astuce

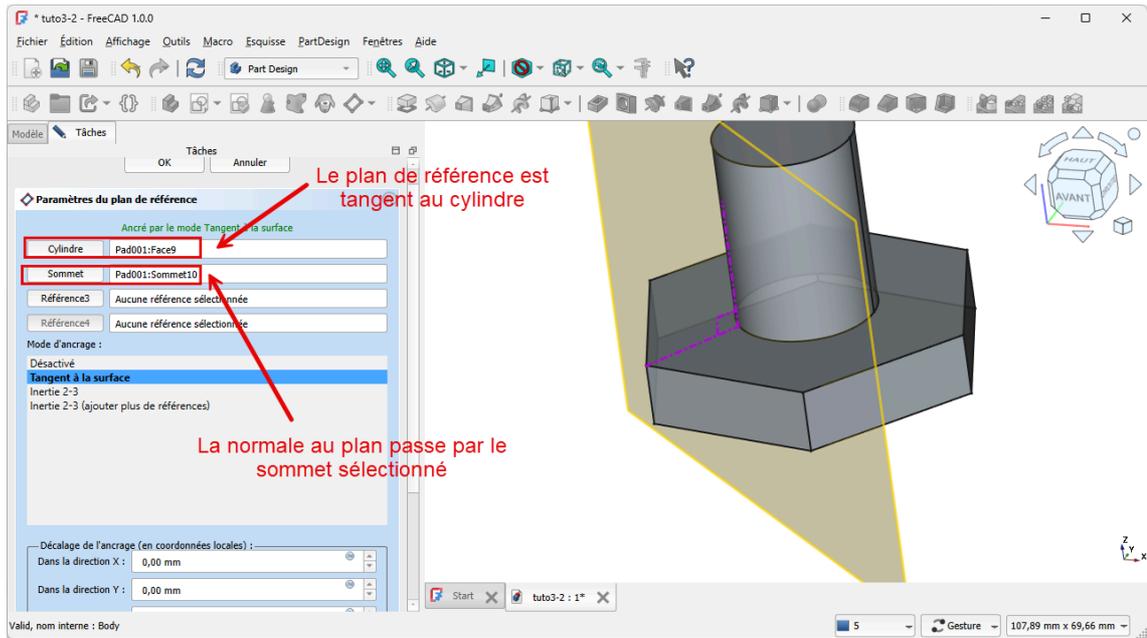
Ce sommet servira à positionner le plan tangent ;

3. Sélectionner la commande  ;



Sélection de la commande  ;

FreeCAD crée le plan de référence

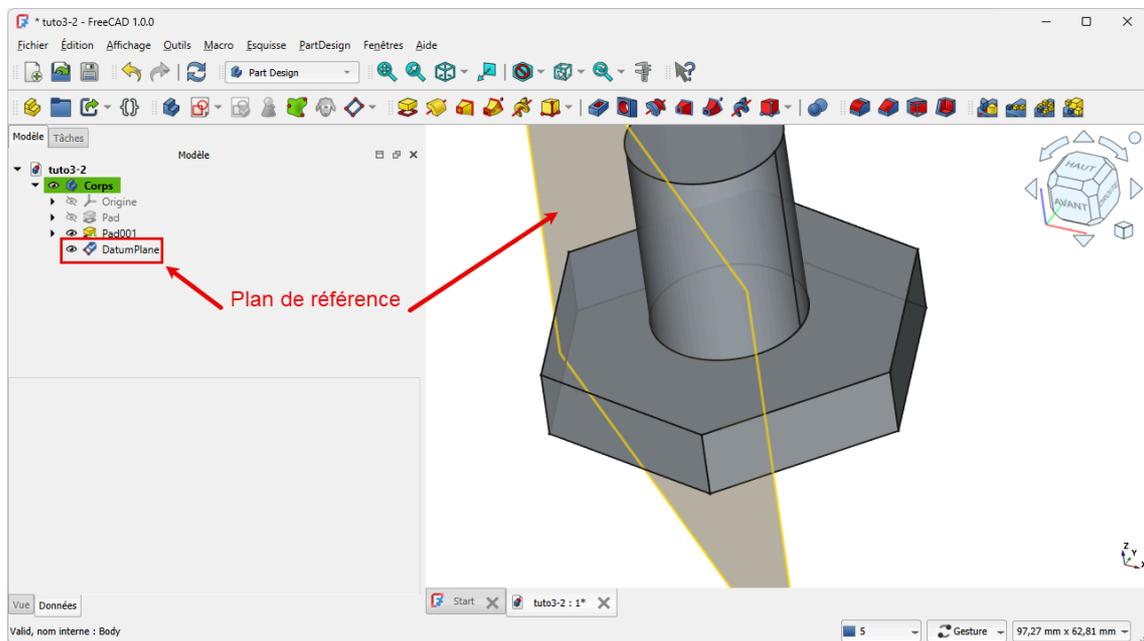


Références et mode d'accrochage

Remarque

Le sommet est utilisé pour positionner le plan de référence ;

Résultat

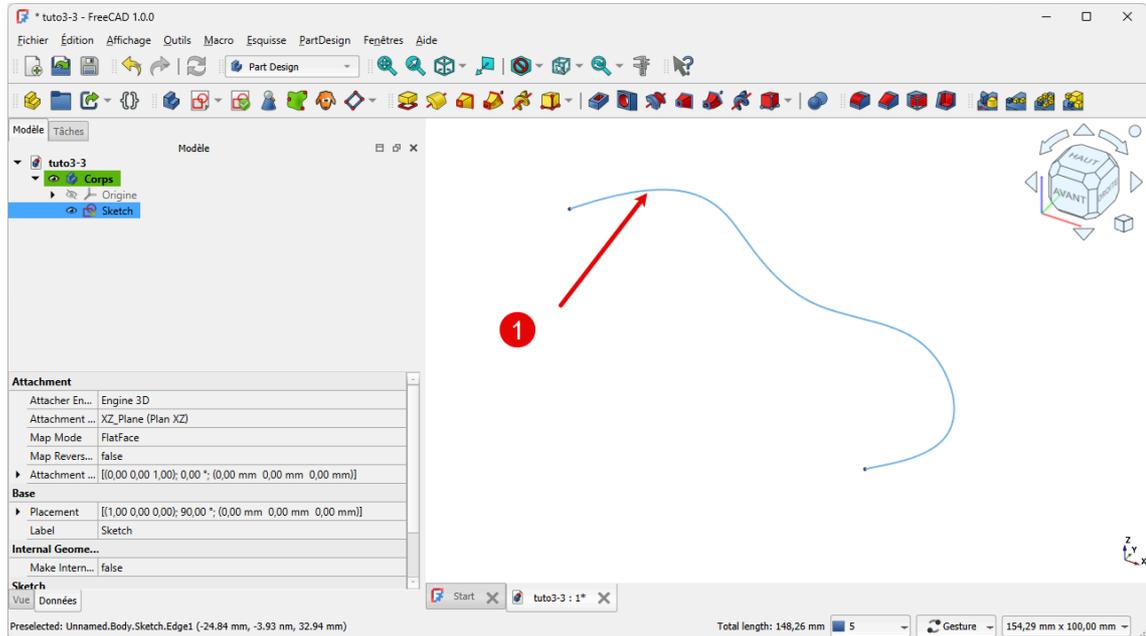


Ajout du plan de référence dans **Modèle**

3.4.4. Créer un plan de référence normal à une courbe

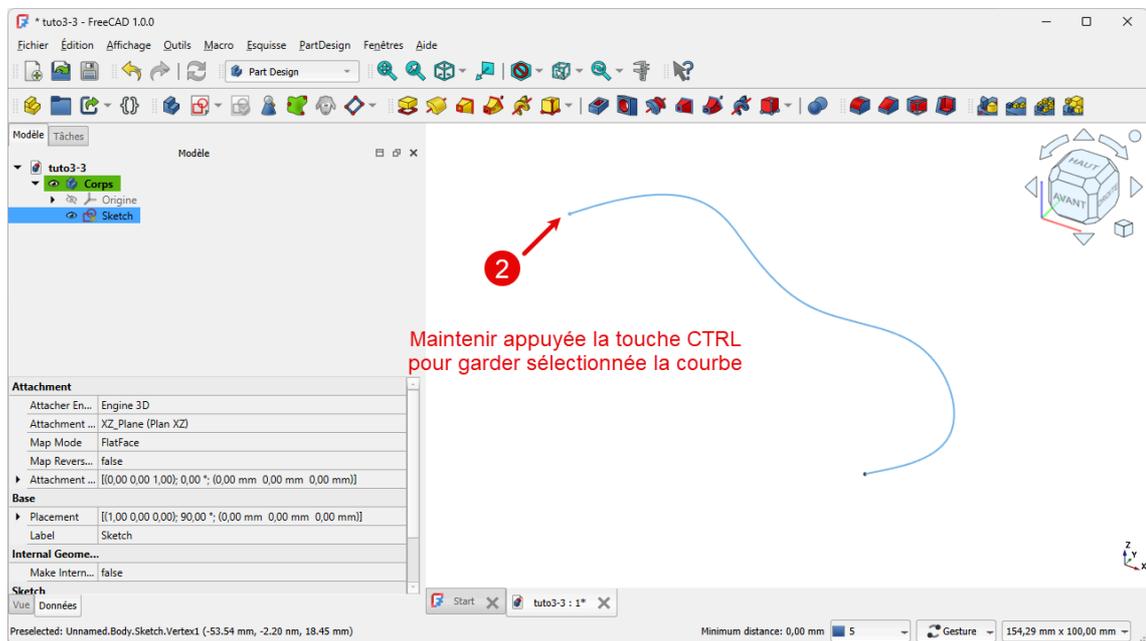
Procédure

1. Sélectionner la courbe ;



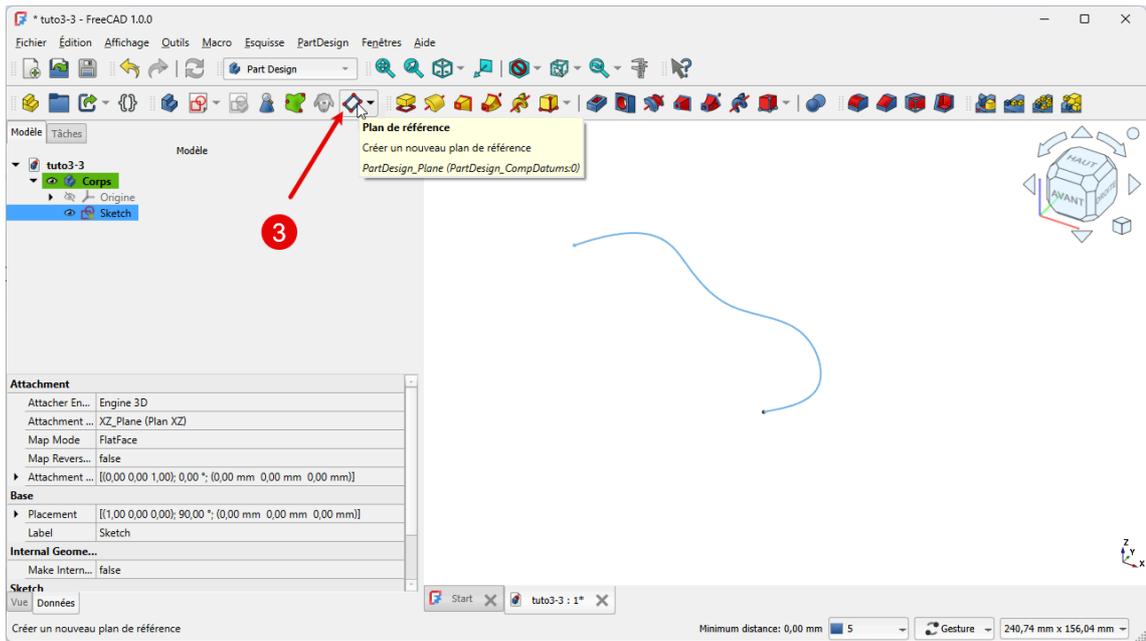
Sélection de la courbe

2. Sélectionner un point de la courbe ;



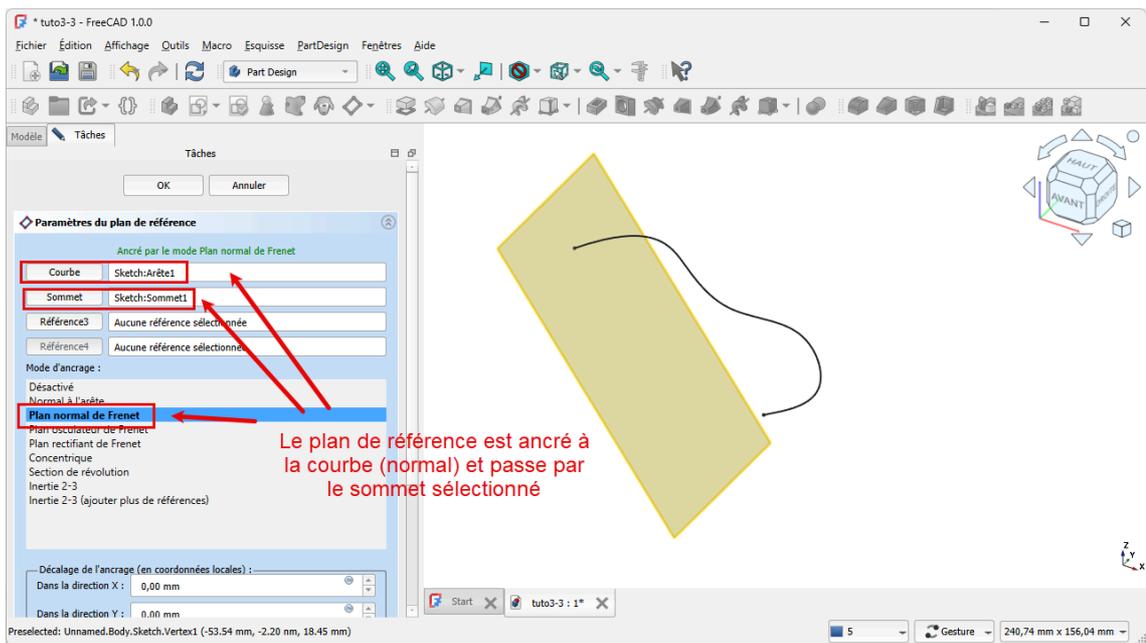
Sélection d'un point

3. Sélectionner la commande  ;



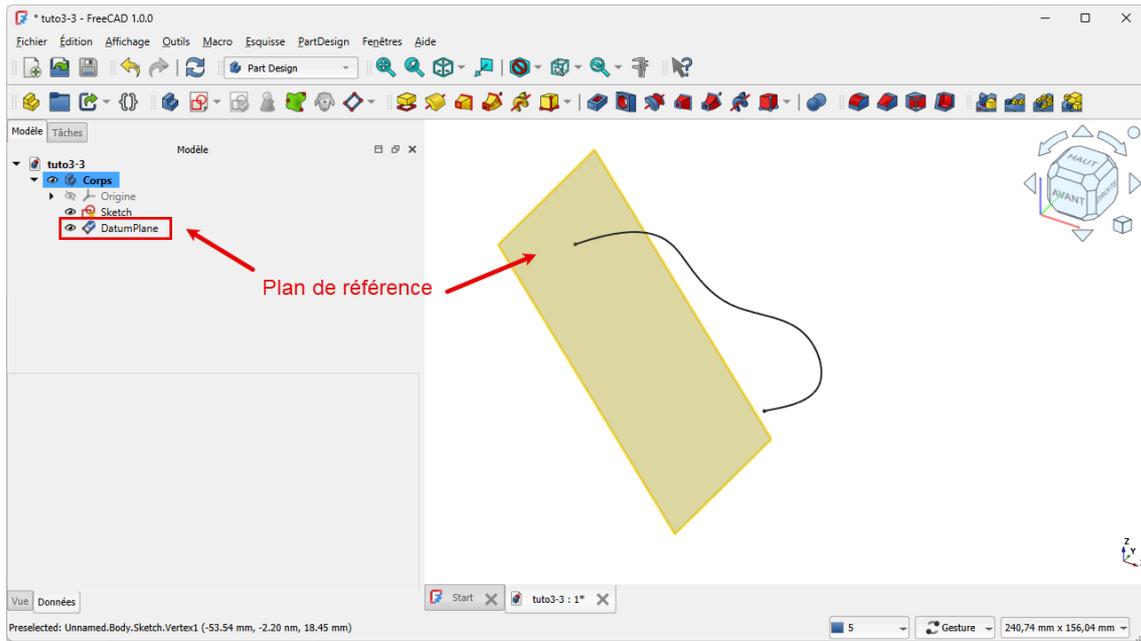
Sélection de la commande 

FreeCAD crée le plan de référence :



Références et mode d'accrochage

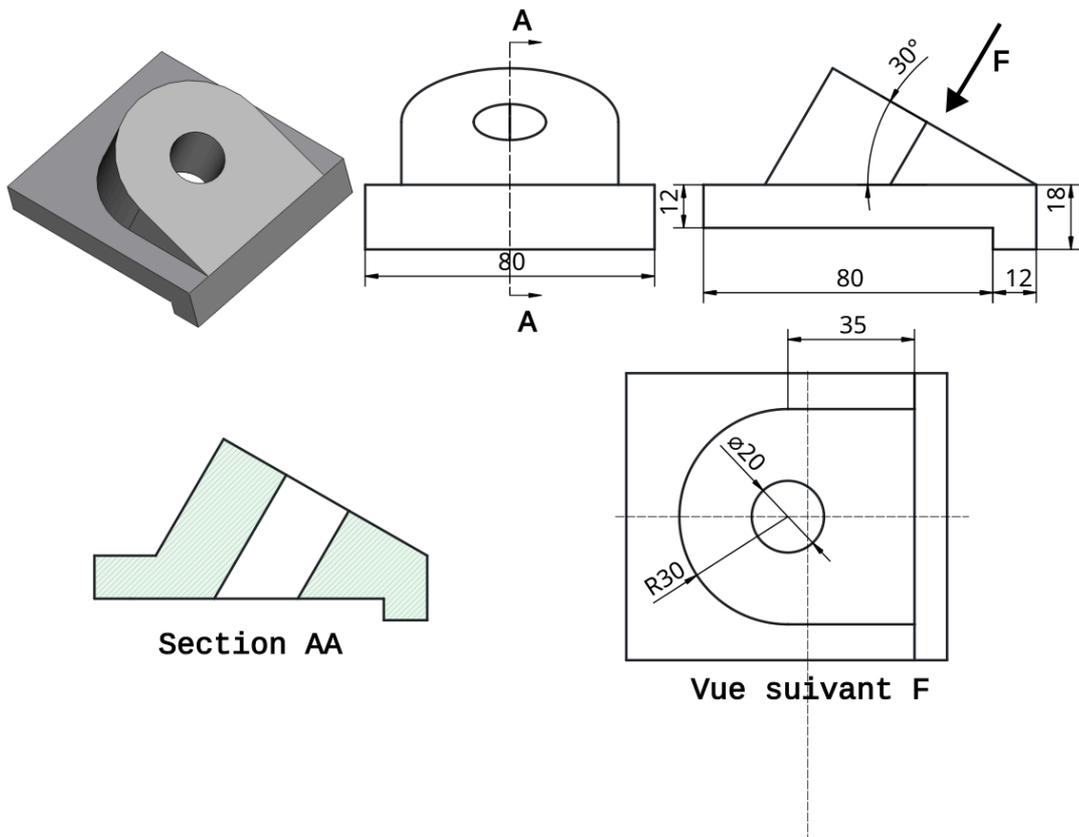
Résultat



Ajout du plan de référence dans  **Modèle**

3.5. TP 3-3

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



Objectifs

- Utiliser la commande [Créer un plan de référence](#)  ;

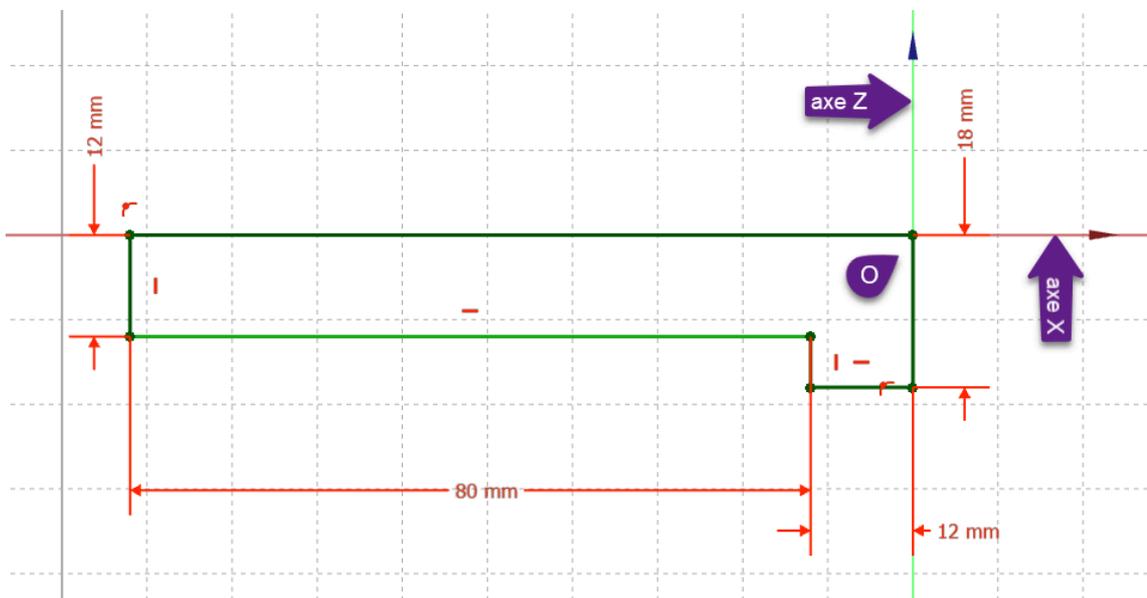
Tâches préliminaires

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

3.5.1. 1^{ère} esquisse & protrusion

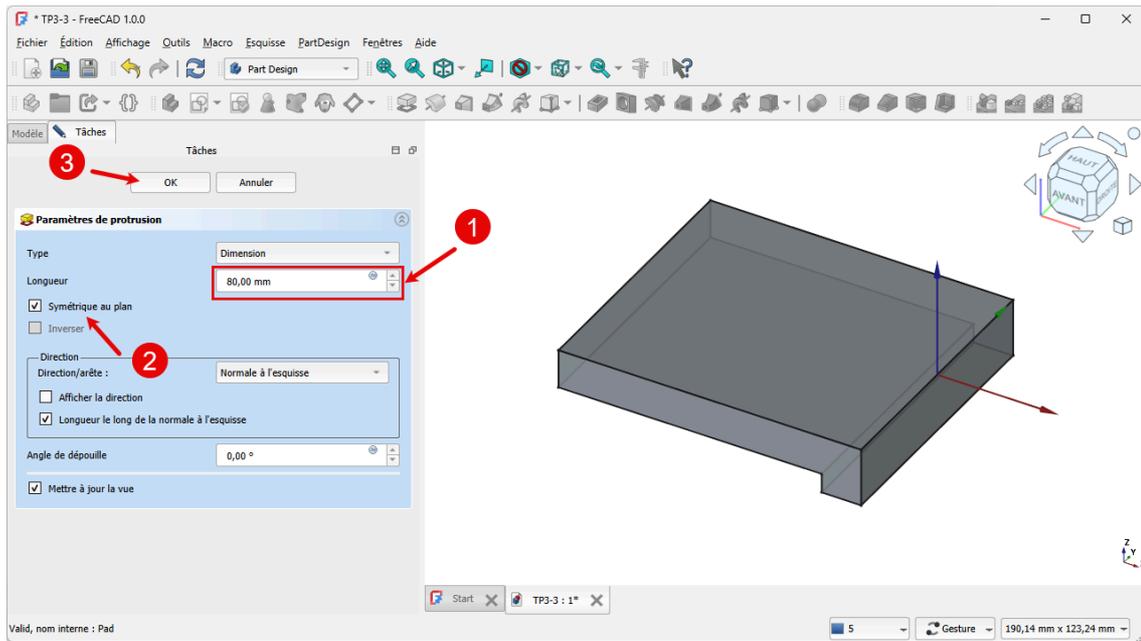
Tâches à réaliser

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



1^{ère} esquisse du TP 3-3

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



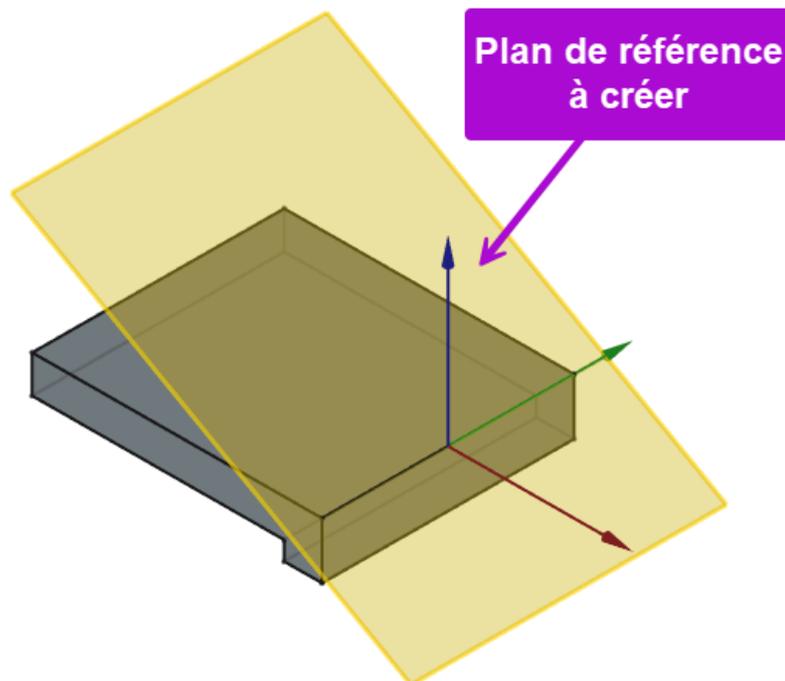
1^{ère} protrusion du TP 3-3

3.5.2. Plan de référence

Objectifs

Nous allons créer le plan de référence  ci-dessous :

Plan de référence à créer

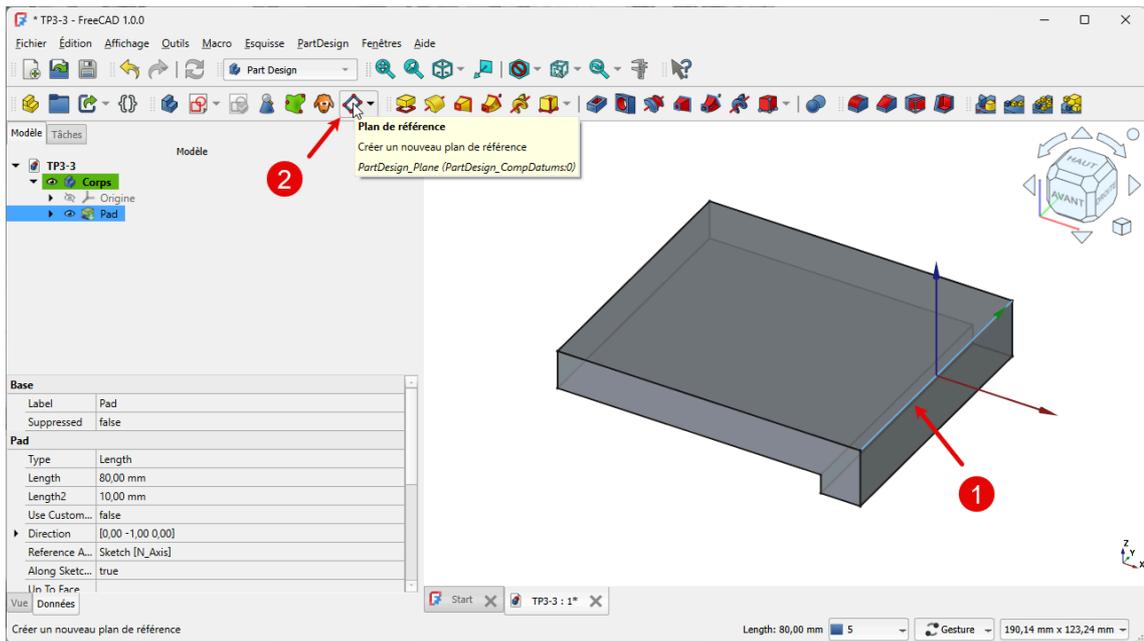


Vue isométrique du plan de référence

en faisant en sorte que le repère local de ce plan de référence respecte la symétrie du solide ;

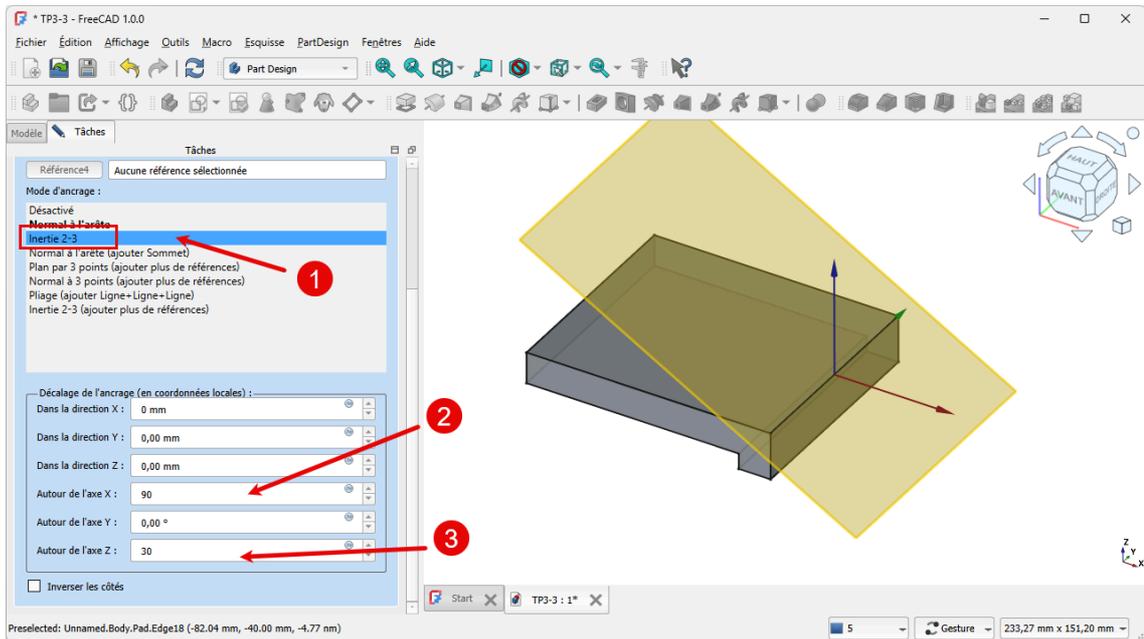
Tâches à réaliser

- Sélectionner l'arête ci-dessous et sélectionner la commande Créer un plan de référence  ;



Sélection de l'arête

- Choisir le mode d'accrochage  Inertie 2-3 et appliquer des rotations afin d'obtenir le résultat attendu ;



Choix du mode d'accrochage et rotations du plan

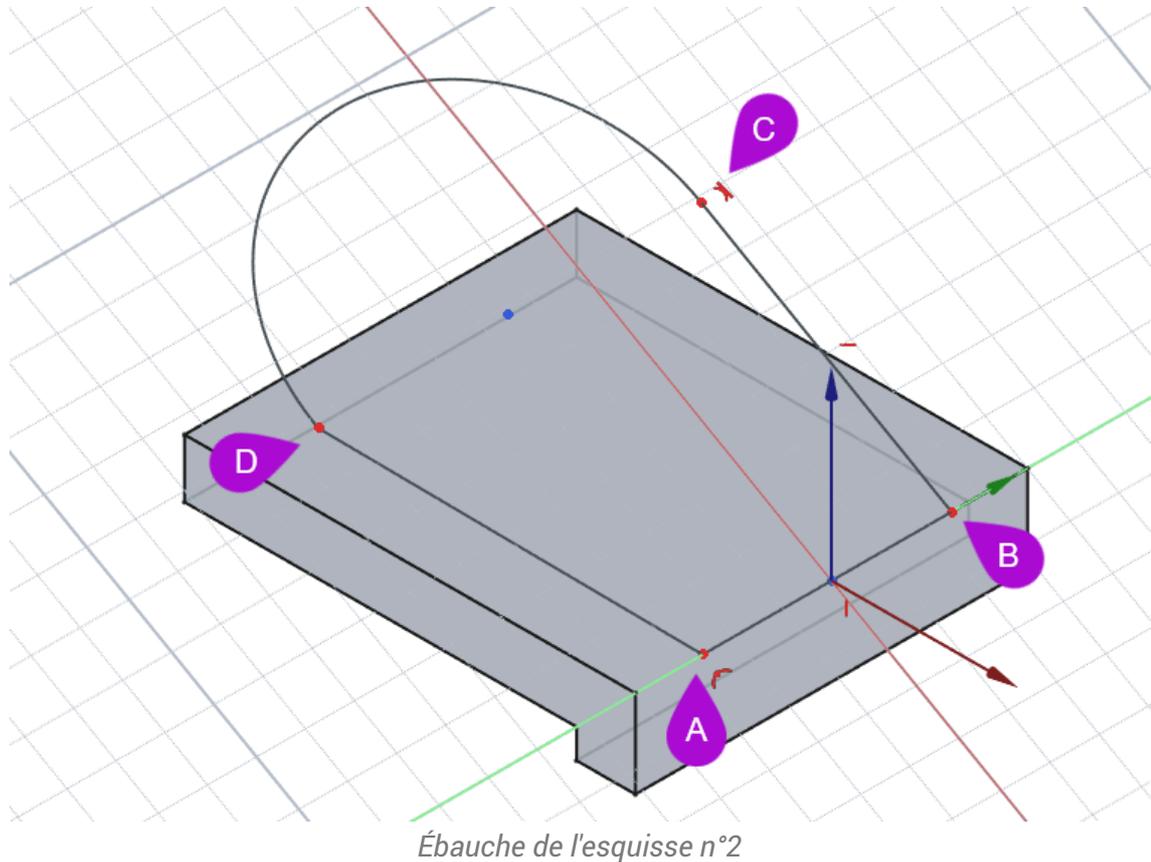
Aide :

- L'utilisation du mode d'accrochage  Inertie 2-3 permet de placer l'origine du repère local au milieu de l'arête et donc de le faire coïncider à l'origine 0 du repère général ;
- Pour les rotations, n'hésitez pas à faire des essais pour trouver les bonnes valeurs...

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 :



💡 Aide :

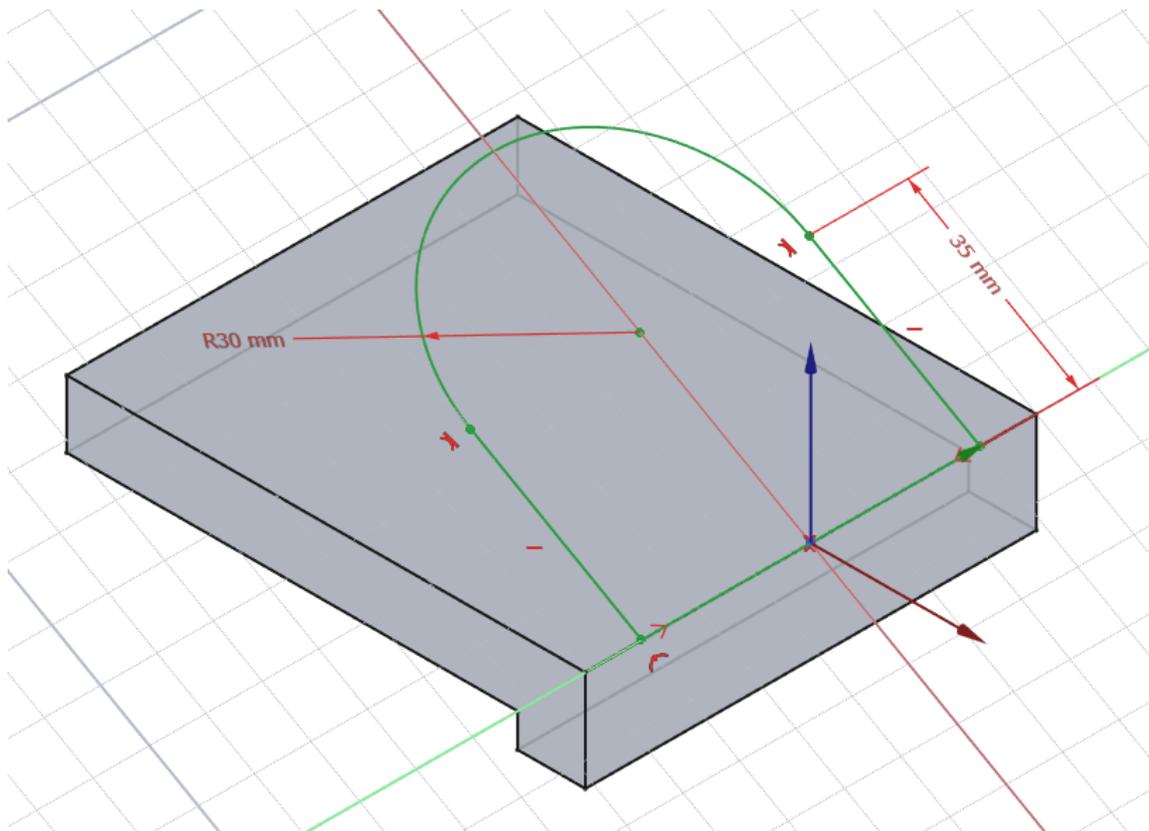
- Dans l'onglet  **Modèle**, masquer le plan de référence à l'aide du bouton  pour mieux voir l'esquisse ;
- Passer en vue  pour mieux visualiser la position de l'esquisse (touche  0) ;

Tableau des contraintes automatiques

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

Tâches à réaliser (suite)

- Finaliser l'esquisse comme ci-dessous :



Esquisse n°2 finalisée

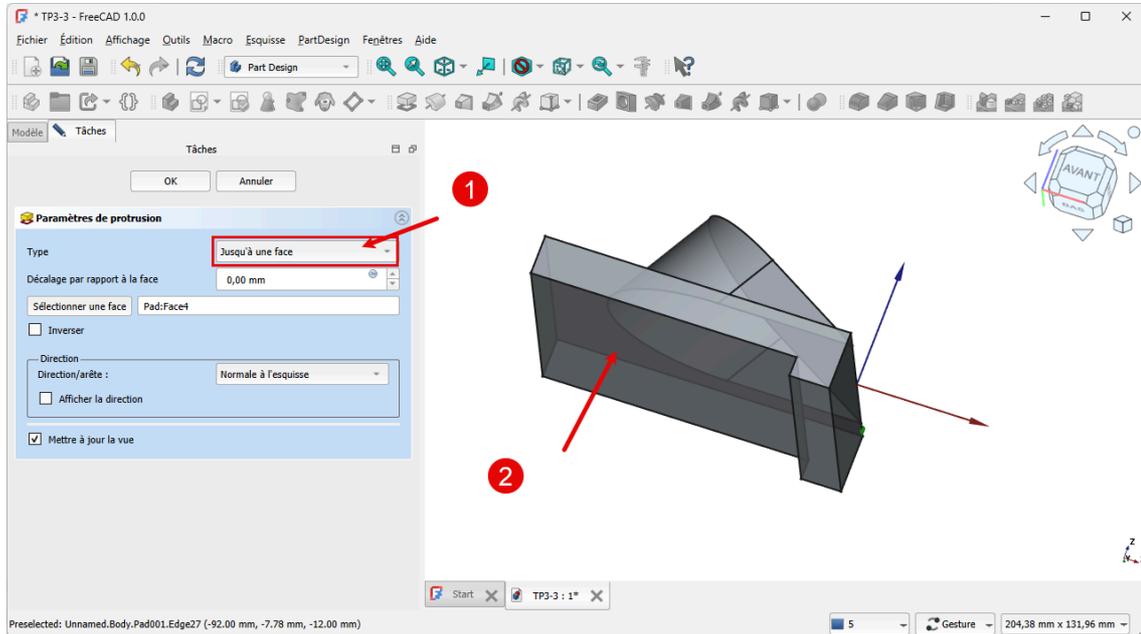
Aide :

- 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;

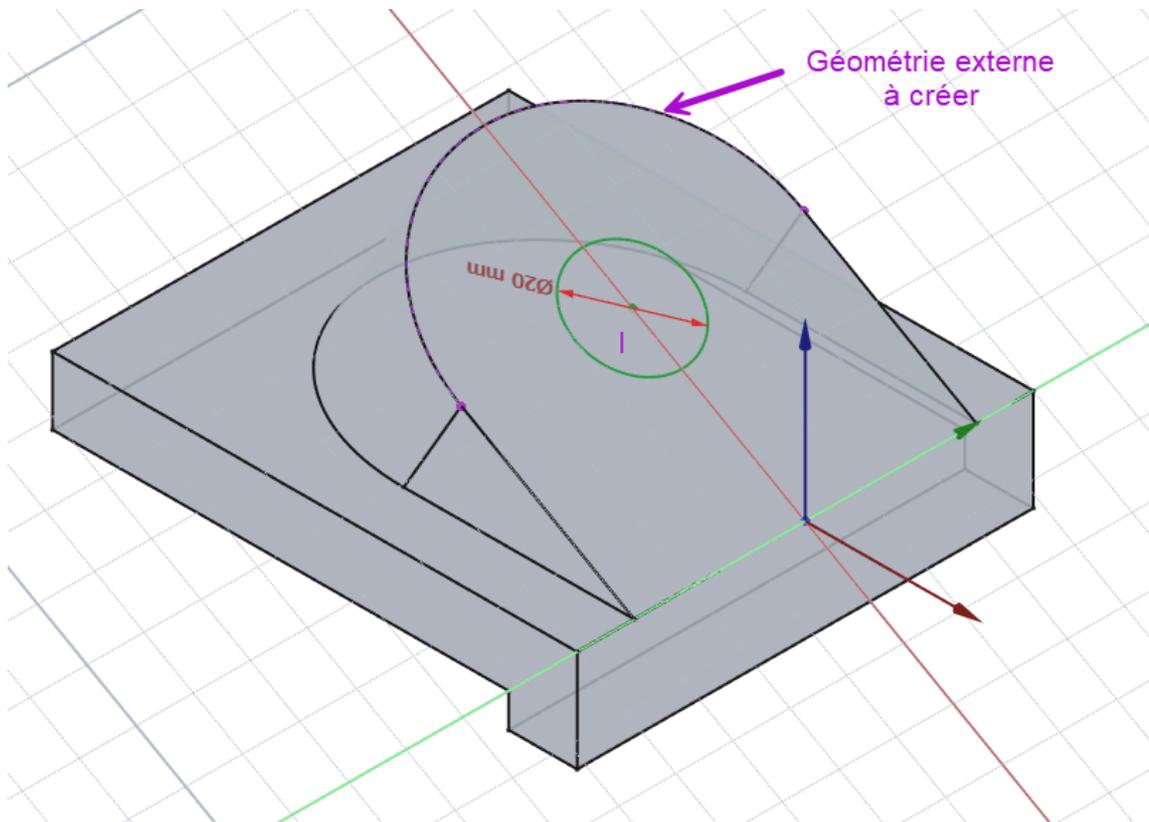


Protrusion de l'esquisse n°2

3.5.4. 3^{ème} esquisse & cavité

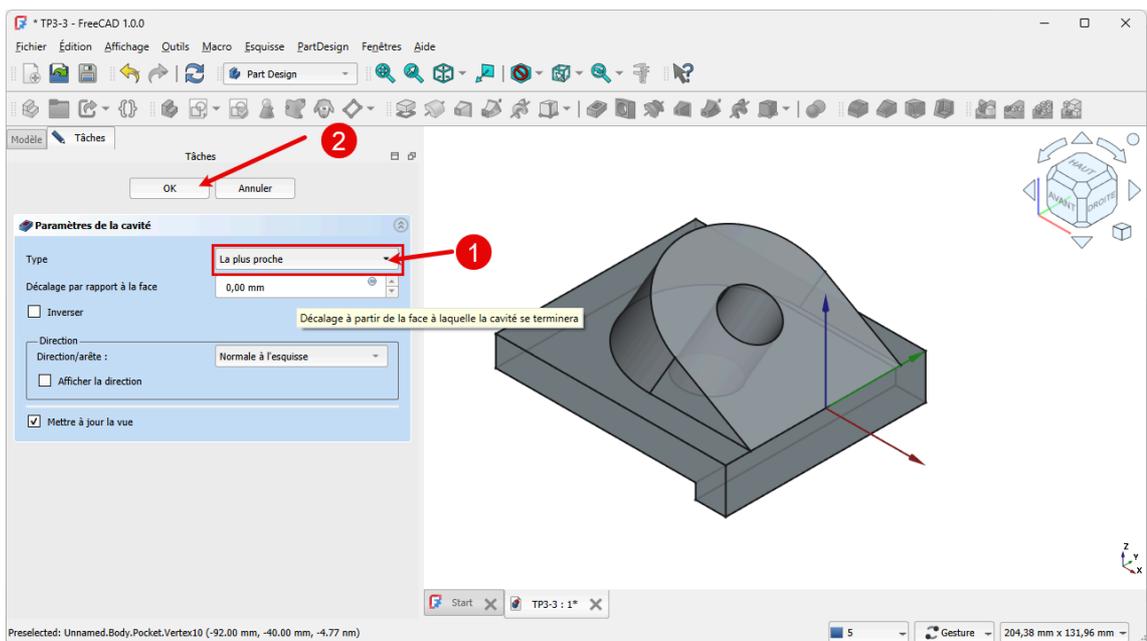
Tâche à réaliser

- Créer une nouvelle esquisse  sur la face inclinée supérieure ;



Esquisse n°3 pour la cavité

- Créer une cavité  de type le plus proche ;



Création de la cavité de type  Au 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

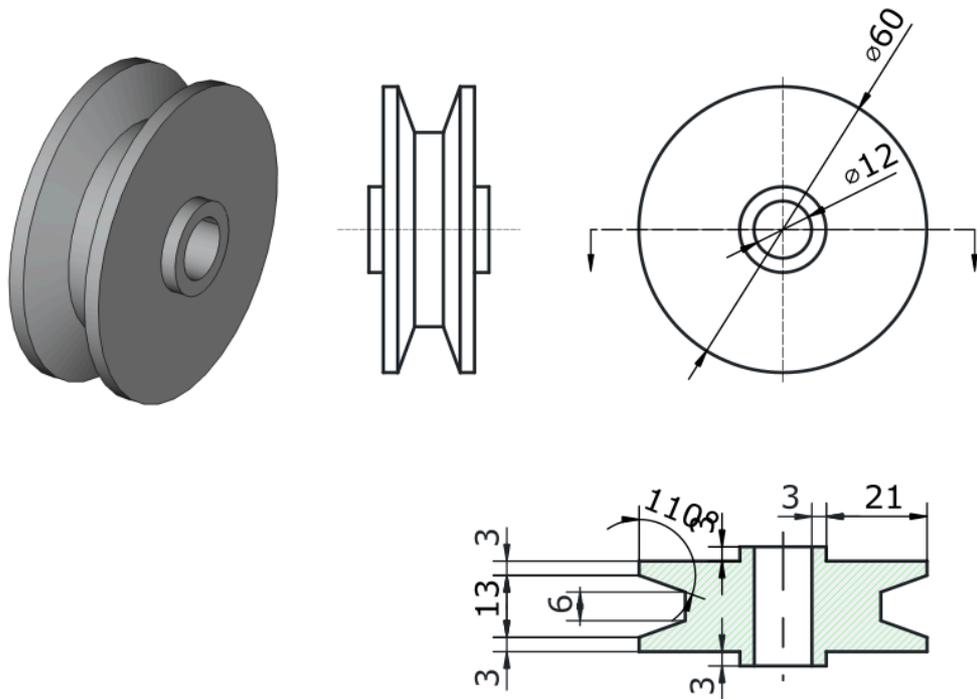
Pour le moment, nous avons utilisé deux fonctions paramétriques :

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

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

4.1. TP 4-1

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



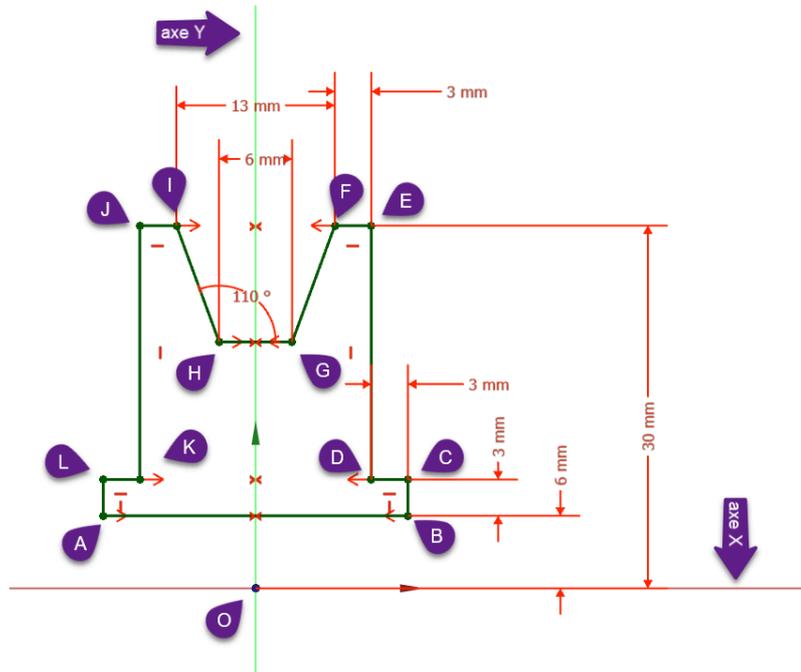
Objectifs

- Utiliser la commande Révolution^W  ;
- Utiliser la contrainte angulaire^W  ;

Tâches à réaliser

- Créer un nouveau document  TP4-1 dans FreeCAD ;
- Créer 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  :



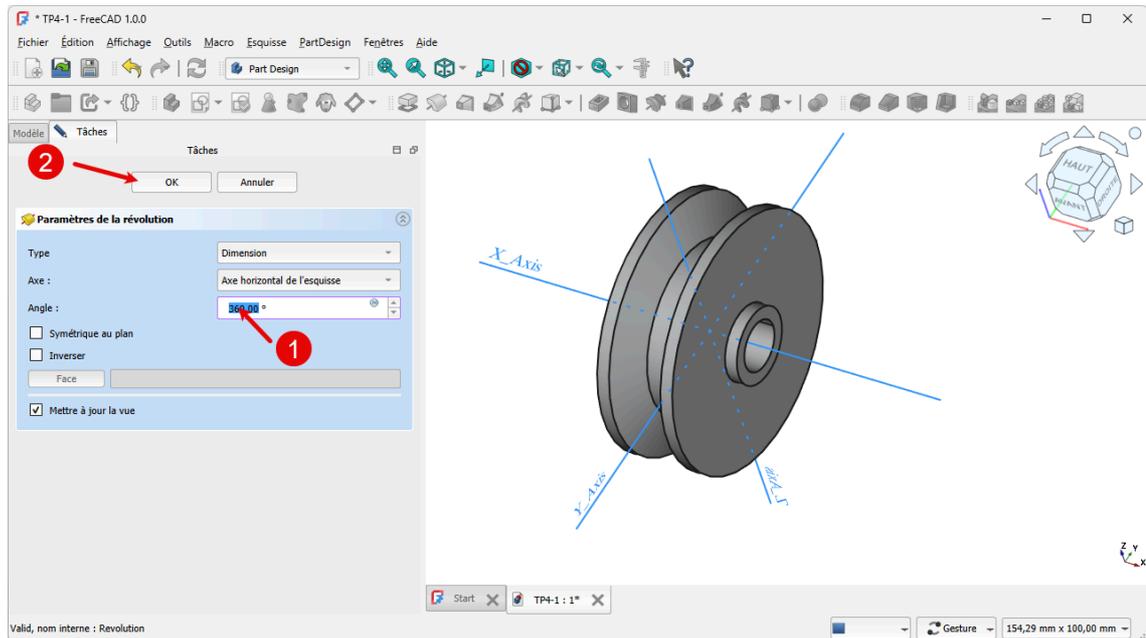
Esquisse du TP n°7

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

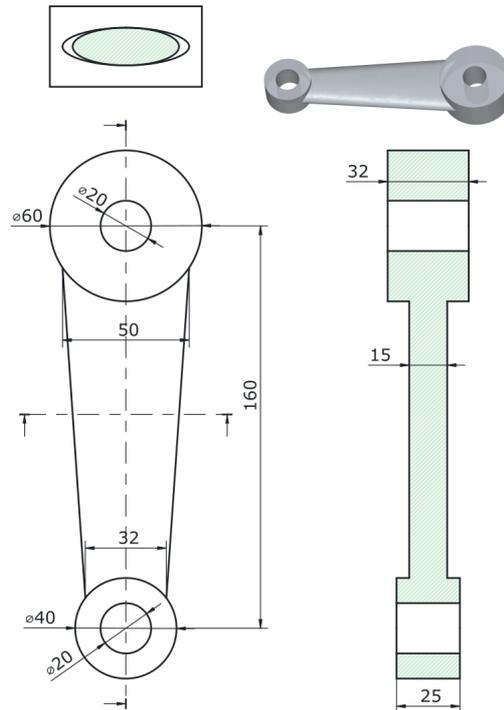


4.1.1. Capture Vidéo

TP 4-1

4.2. TP 4-2

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



Objectifs

- Utiliser la commande [Lissage additif](#)^W  et la commande [Sélection de sommet](#)^W  dans l'atelier [Part Design](#)  ;
- Utiliser la commande [Ellipse par centre](#)^W  ;

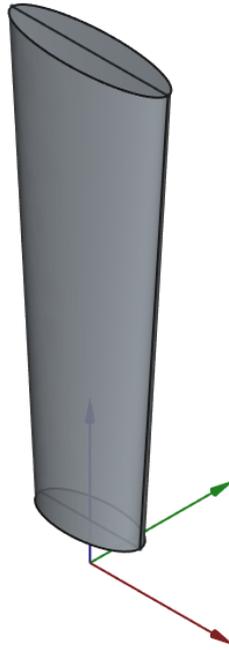
Tâches préliminaires

- Créer un nouveau document [TP4-2](#) dans FreeCAD ;
- Créer un nouveau corps  ;

4.2.1. Création d'une esquisse de construction

Objectifs

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

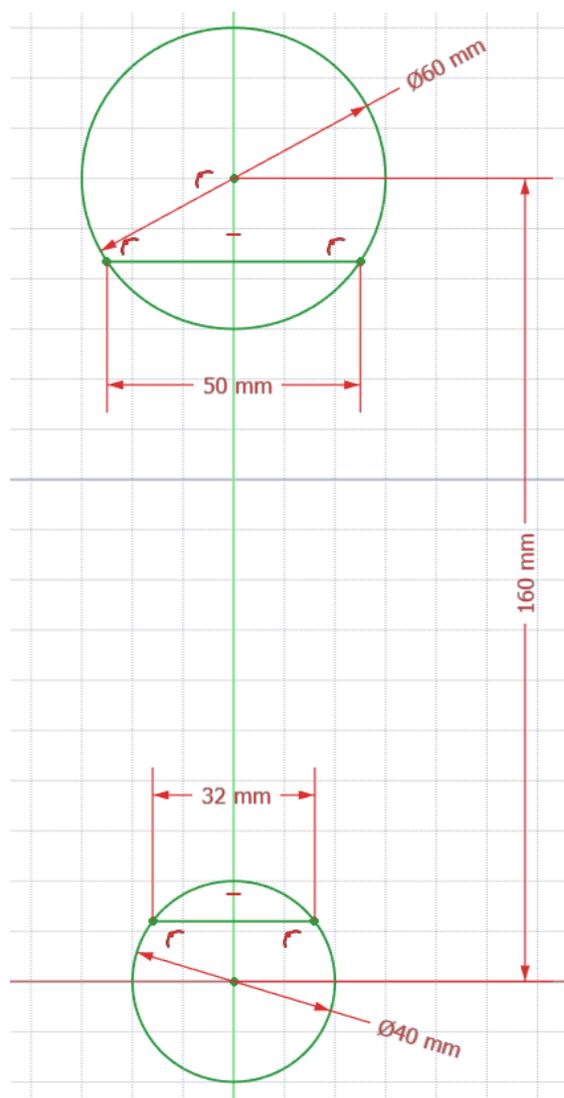


Nervure obtenue par lissage 

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

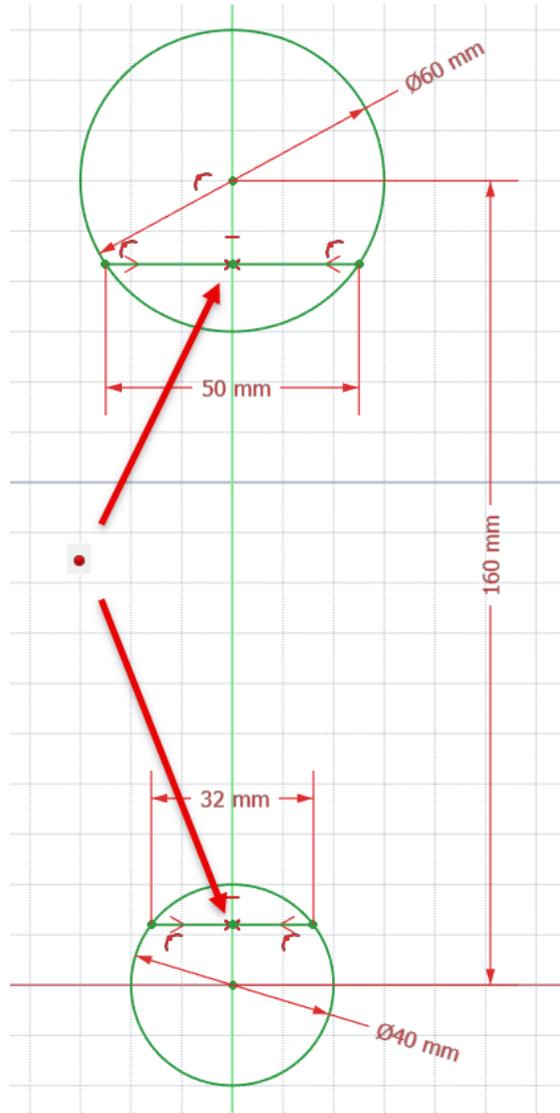
Tâches à réaliser

- Créer 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 ;

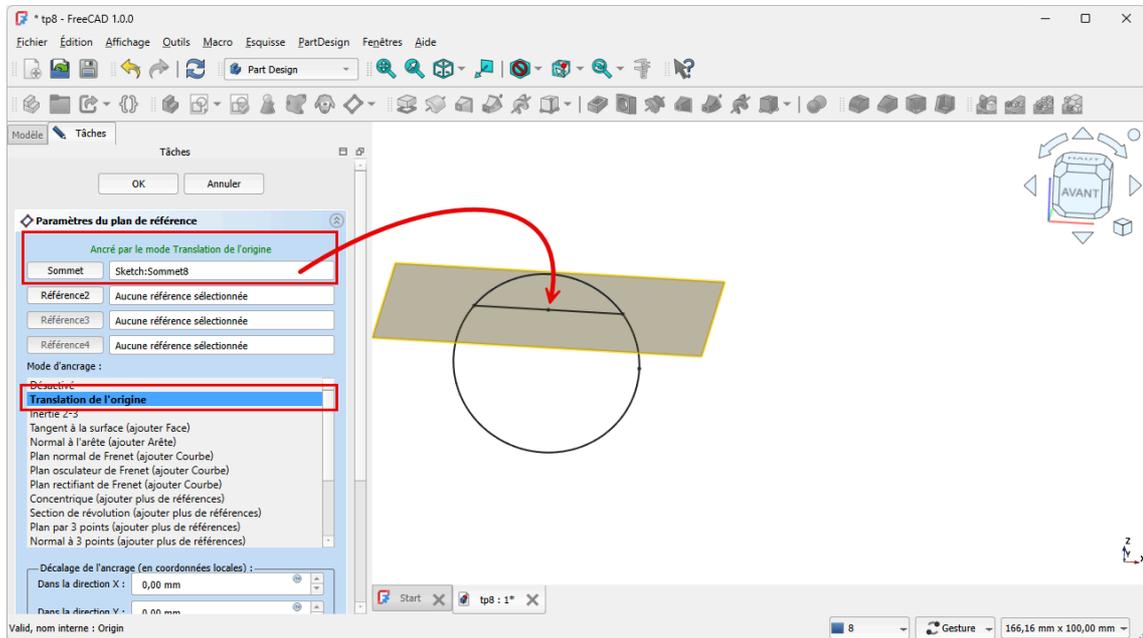
 Intérêt de cette esquisse

- Nous récupérons **géométriquement** la position verticale des grands axes des ellipse ;

4.2.2. Création des plans de références

Tâches à réaliser

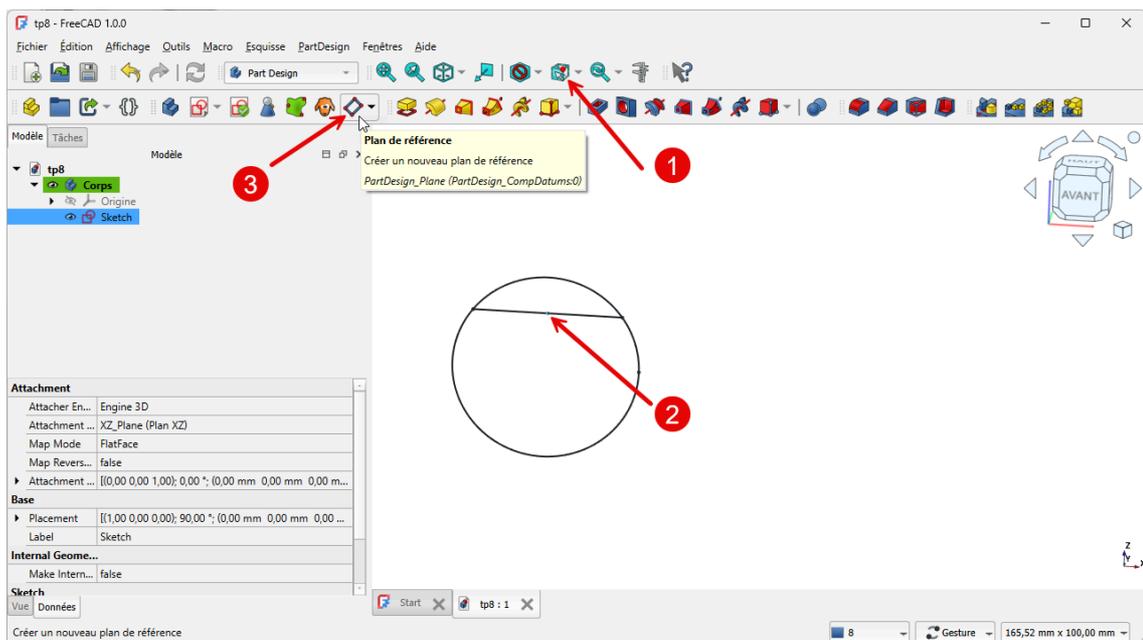
- Dans l'atelier Part Design , créer un plan de référence  ayant pour origine le milieu du grand axe de l'ellipse inférieure :



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  :



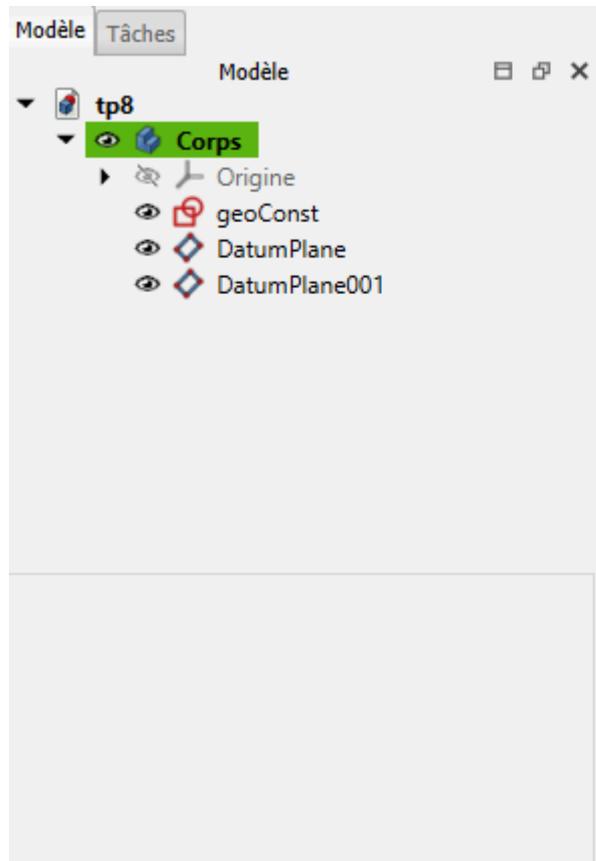
Plans de références

Attention

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

Taches à réaliser

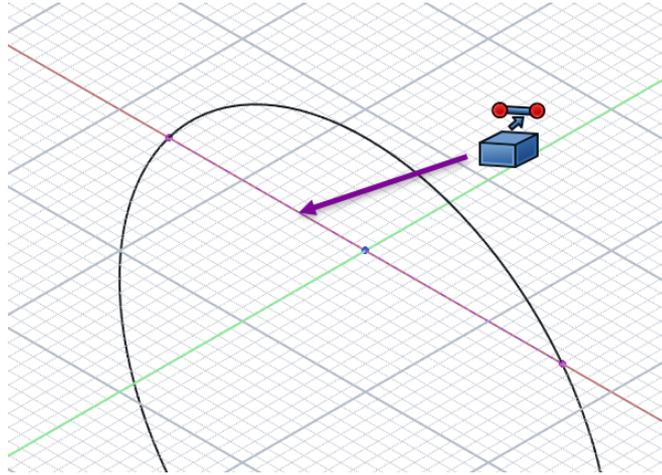
- En opérant de façon similaire, créer un second plan de référence  pour l'ellipse supérieure ;



Création des 2 plans de référence

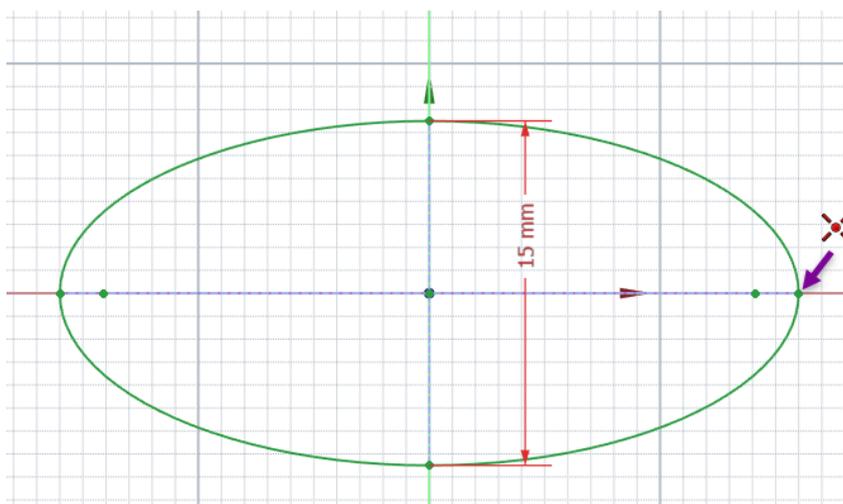
4.2.3. Création de la nervure à l'aide d'un lissage additif**Taches à réaliser : ellipse inférieure**

- Sélectionner le plan de référence inférieur  et créer une nouvelle esquisse  ;
- Masquer les plans de références et afficher l'esquisse en vue Isométrique  (touche  0) ;
- Créer une géométrie externe  de l'axe inférieur de l'esquisse  ;



Géométrie externe de l'axe

- Revenir en affichage  (touche ) 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 ;

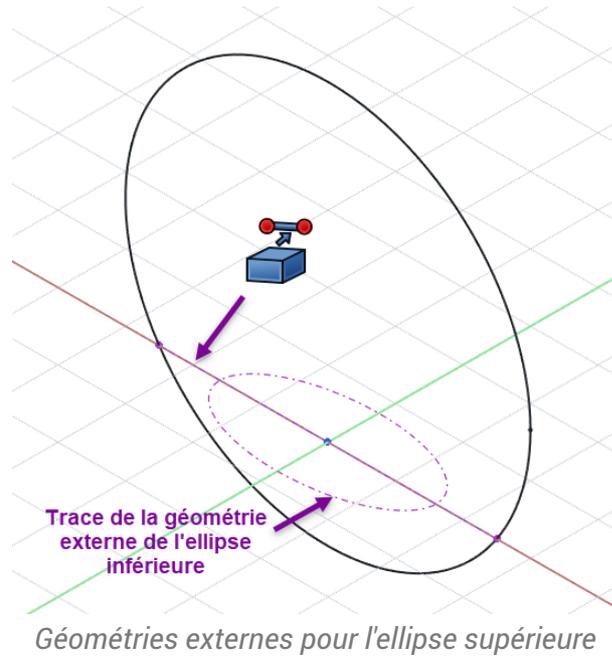


Esquisse plan inférieur

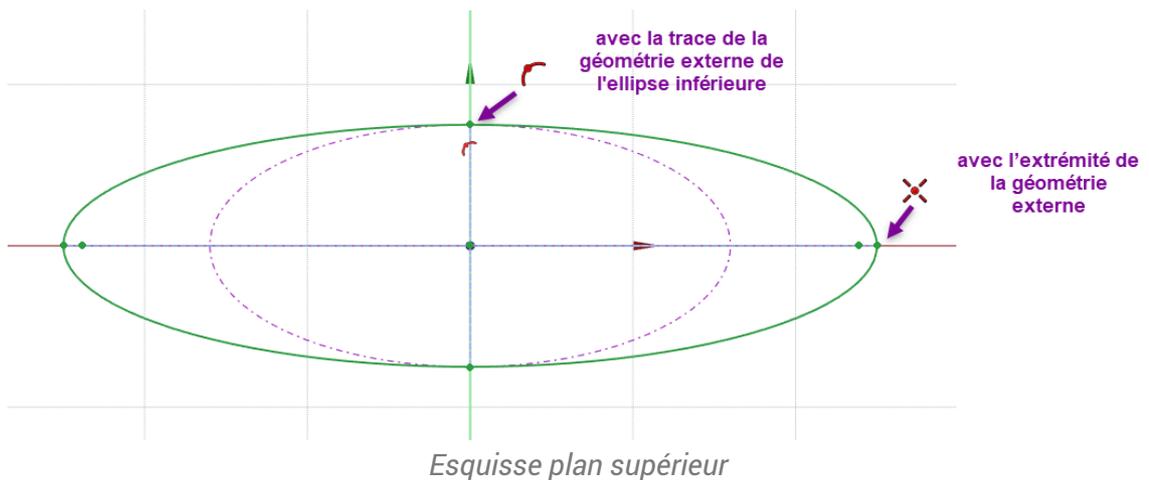
avec l'extrémité de
la géométrie
externe

Taches 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  et  ;
- Créer l'ellipse  centrée à l'origine, le sommet du grand axe de l'ellipse contraint à l'extrémité de l'axe supérieur de  et l'autre sommet sur la trace de l'ellipse inférieure ;

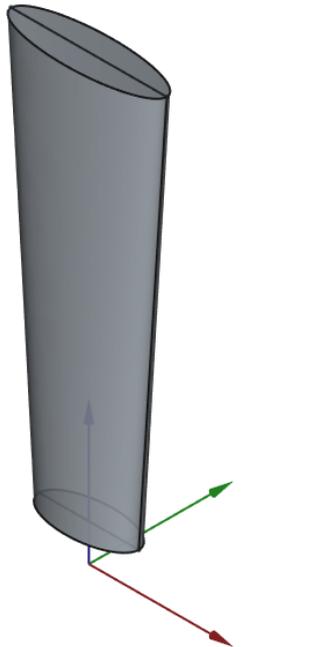


 **A noter :**

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  Sketcch001 et  GeoConst ;
- Sélectionner les deux esquisses et cliquer sur la commande Lissage additif :  :

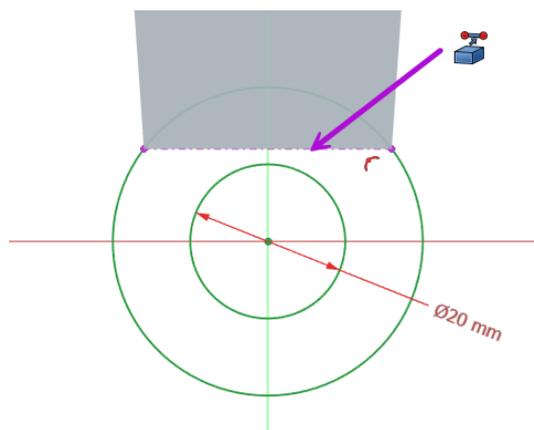


Nervure obtenue par lissage 

4.2.4. Création des cylindres aux extrémités de la nervure

Taches à réaliser

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



Esquisse pour les cylindres intérieurs

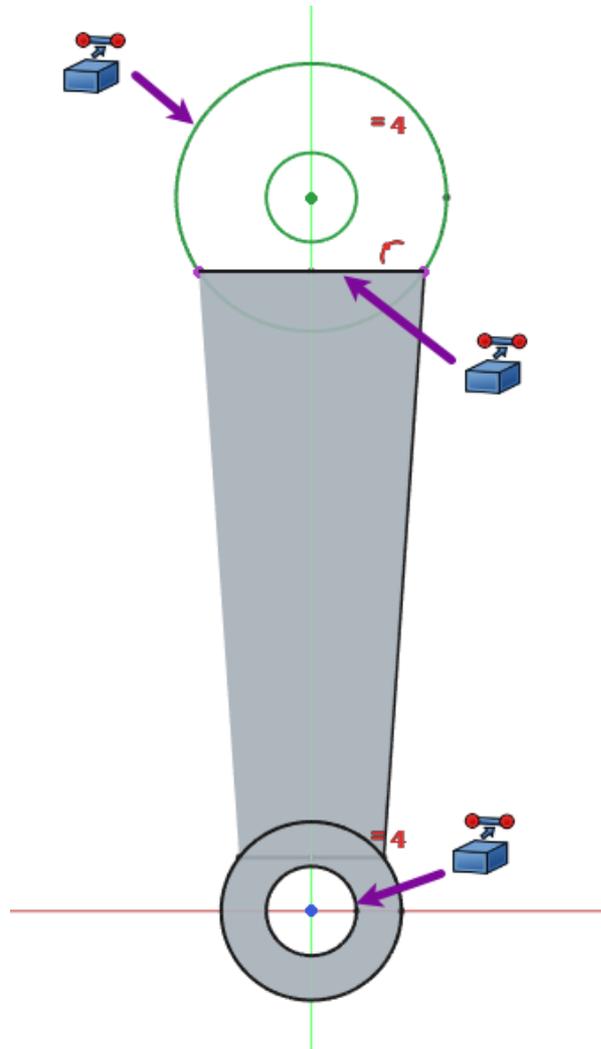
- Créer une protrusion  symétrique de 25 mm ;

Aide

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

Taches 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

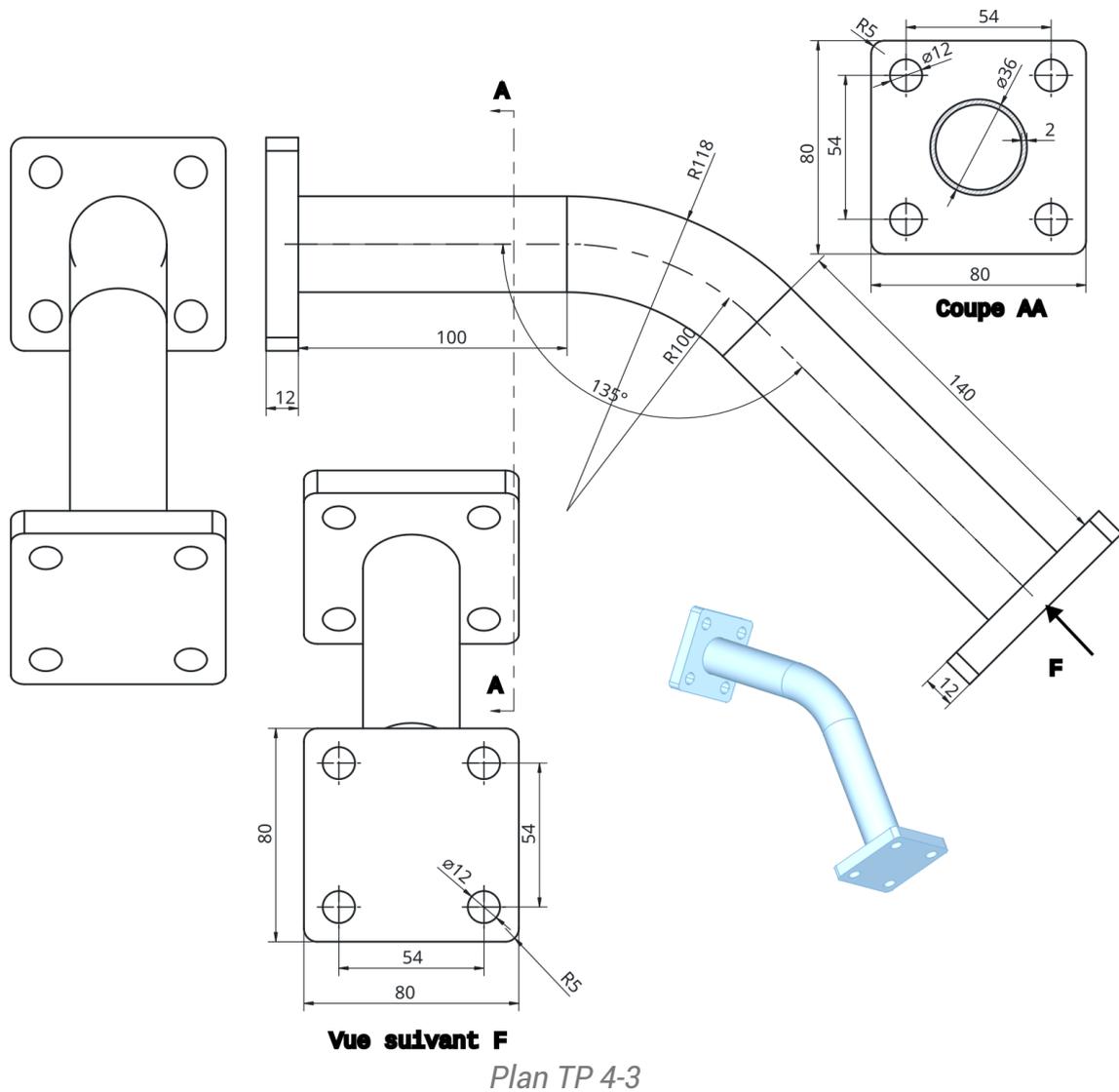
- Créer une protrusion  symétrique de 32 mm ;

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 vidéo4.3. TP 4-3  

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



Objectifs

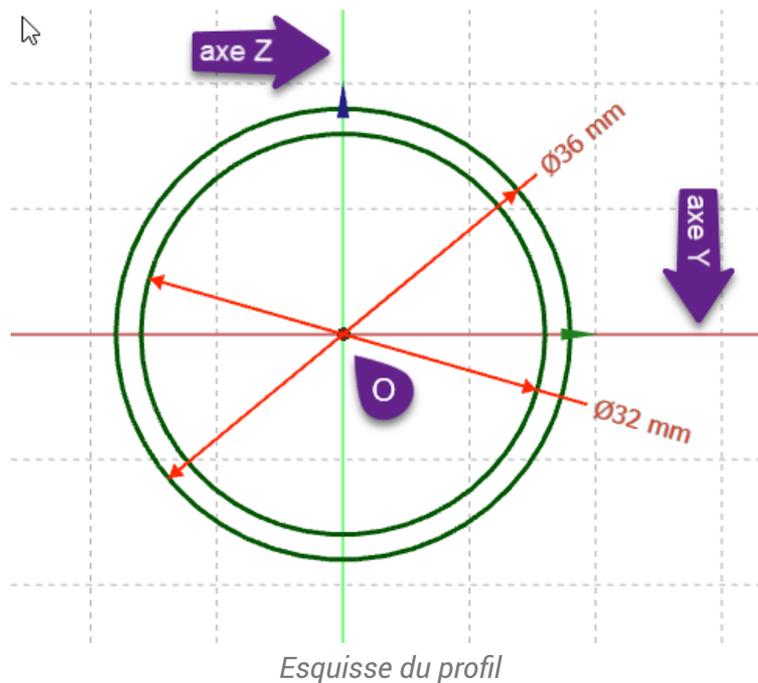
- Utiliser la commande **Balayage Additif**^W  dans l'atelier **Part Design**  ;
- Utiliser la commande **Rectangle arrondi**^W  et **Copie Carbone**^W  de l'atelier **Sketcher**  ;

Tâches préliminaires

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

4.3.1. Création du balayage**Tâches à réaliser**

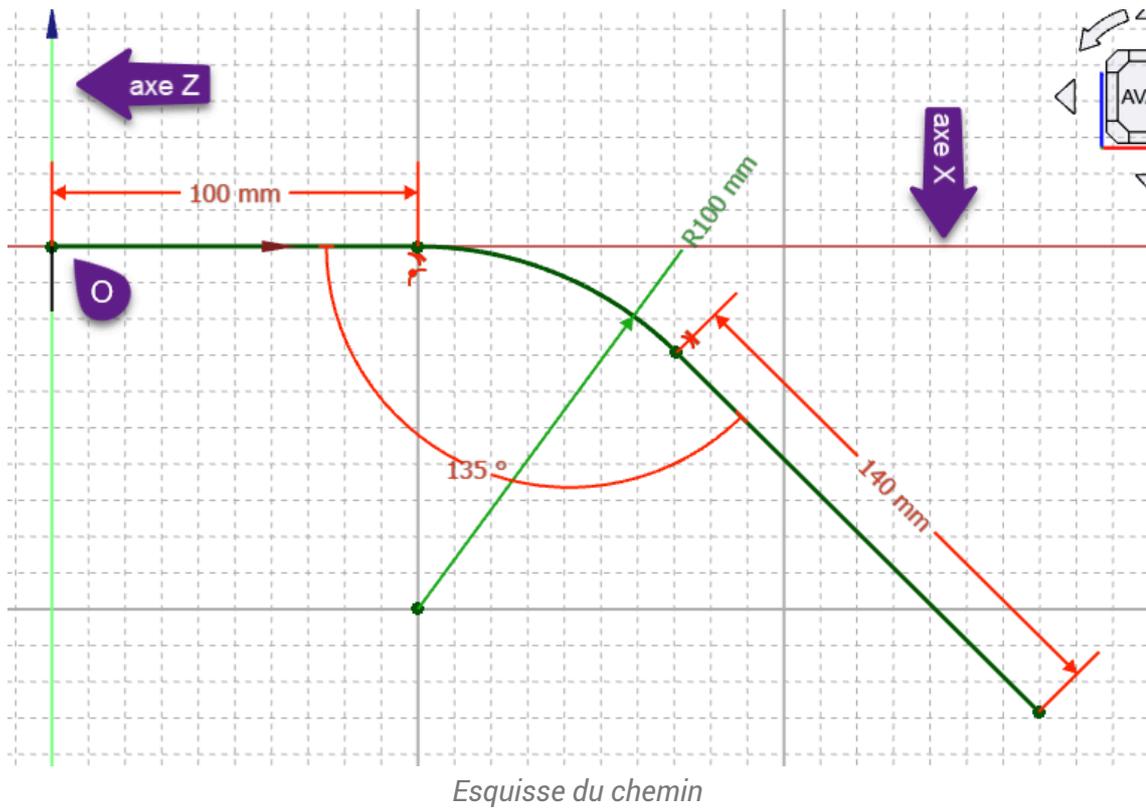
- Créer la 1^{ère} esquisse  ci-dessous dans le plan **YZ** que vous renommerez **Profil** ;

**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 ) ;

Tâches à réaliser (suite)

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

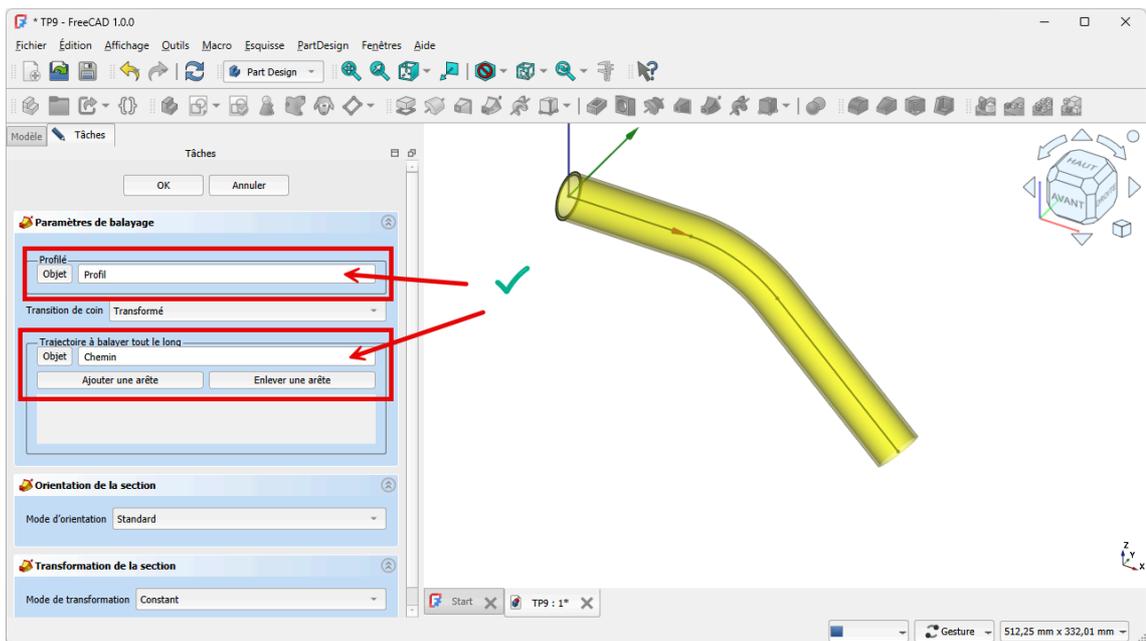


Aide :

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

☰ Tâches à réaliser (suite)

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



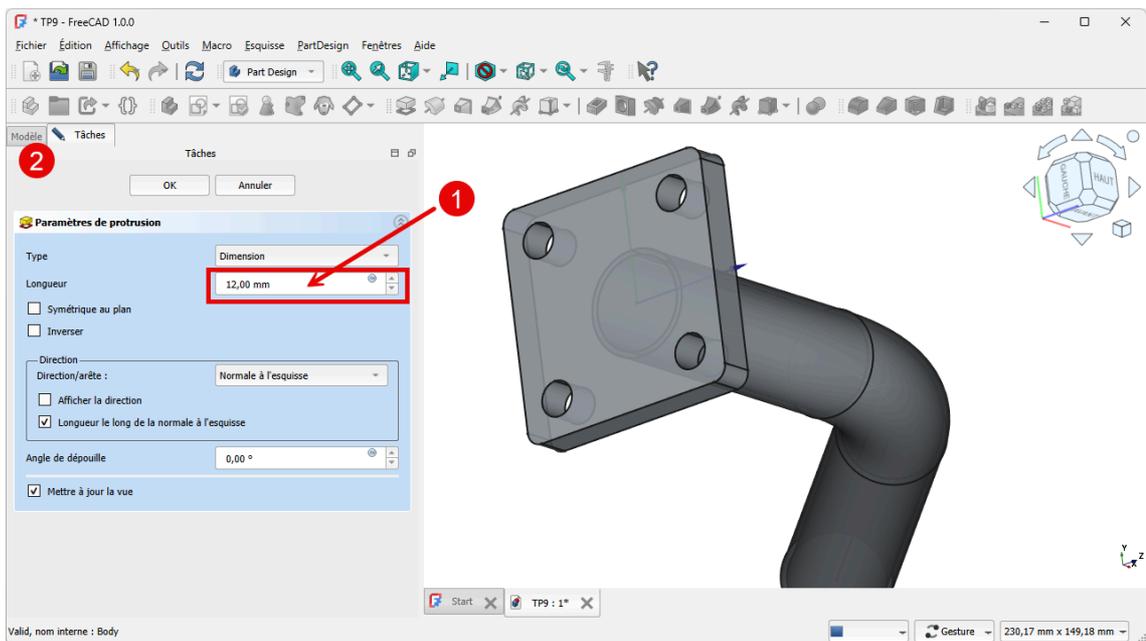
Exécution de la tâche Balayage additif 📄

💡 Aide :

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

☰ Tâches à réaliser (suite)

- Créer une protrusion  de 12 mm ;



Saisie des paramètres de la protrusion

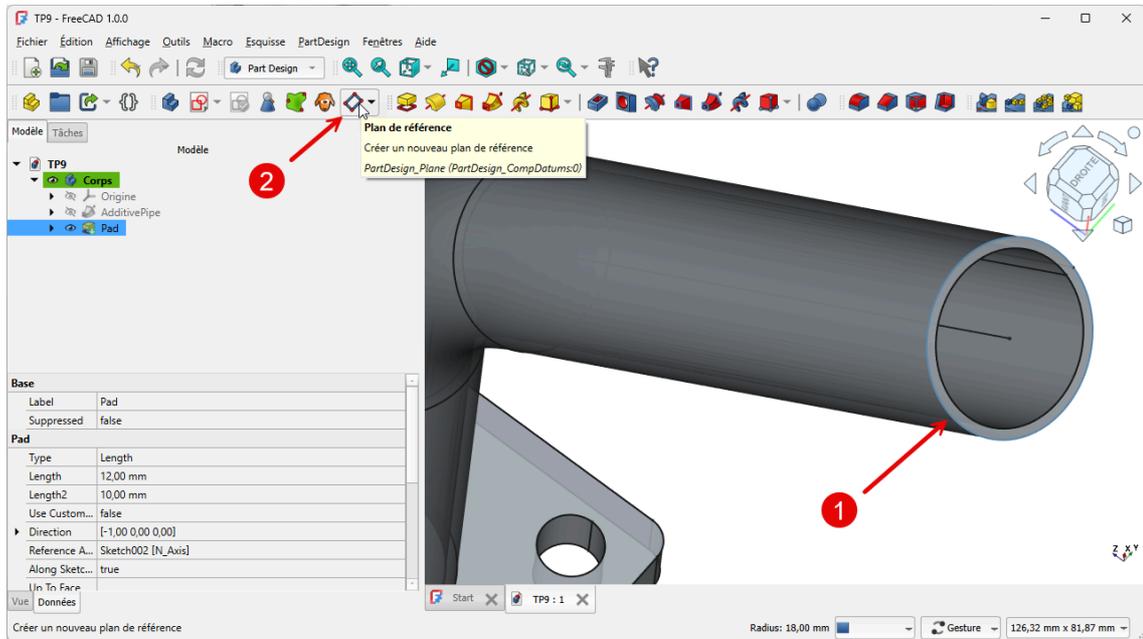
4.3.3. Création de la 2^{nde} platine

💬 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 **circonférence 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 ;

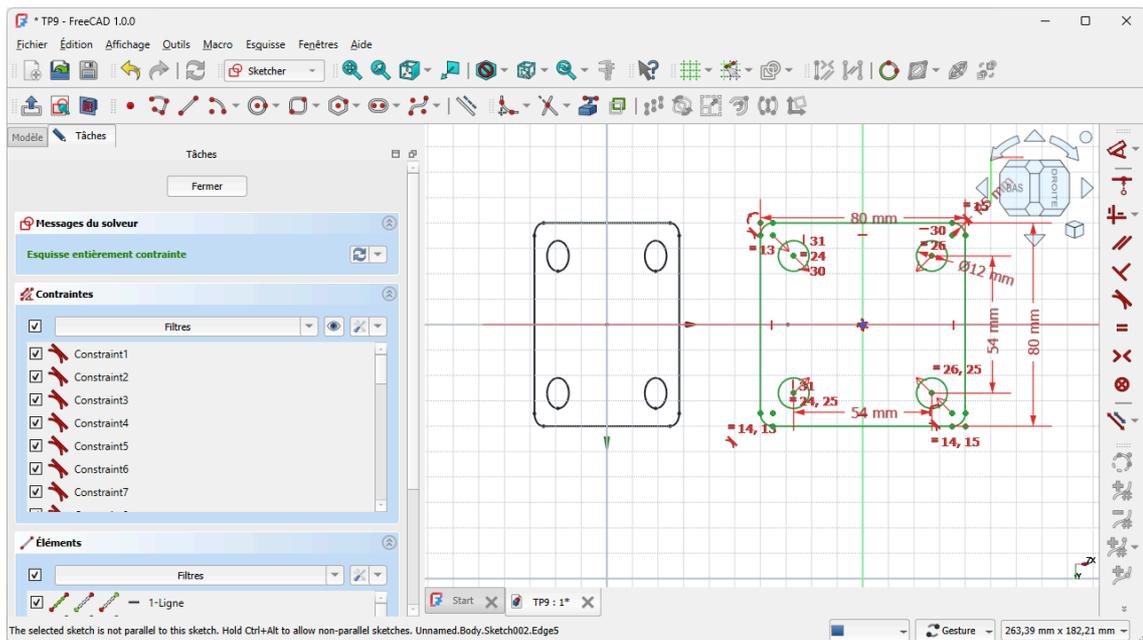
Pourquoi sélectionner la circonférence extérieure pour créer le plan de référence ?

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

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

Tâches à réaliser

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

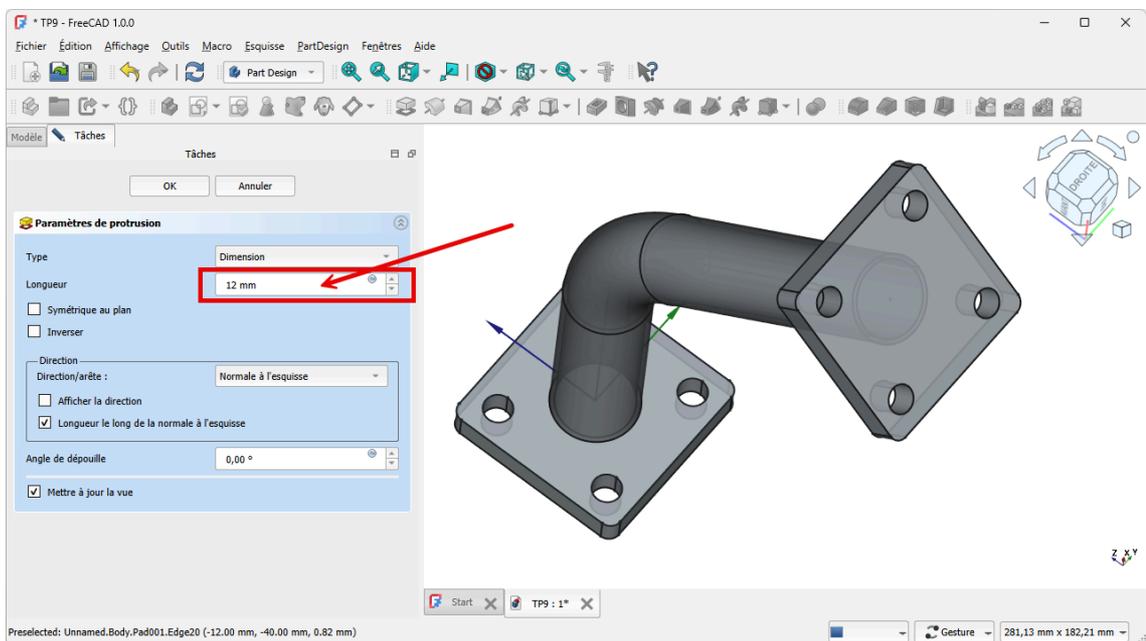


Aide :

- Masquer le plan de référence pour pouvoir atteindre l'esquisse de la première platine ;
 - Pour copier l'esquisse de la 1ère platine, il faut l'afficher dans la vue **Modèle** à l'aide de la barre d'espace ;
 - Les deux esquisses n'étant pas dans le même plan, il faut maintenir appuyées les touches :
 - sur  et  :  + 
 - sur  :  + 
- 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 ;



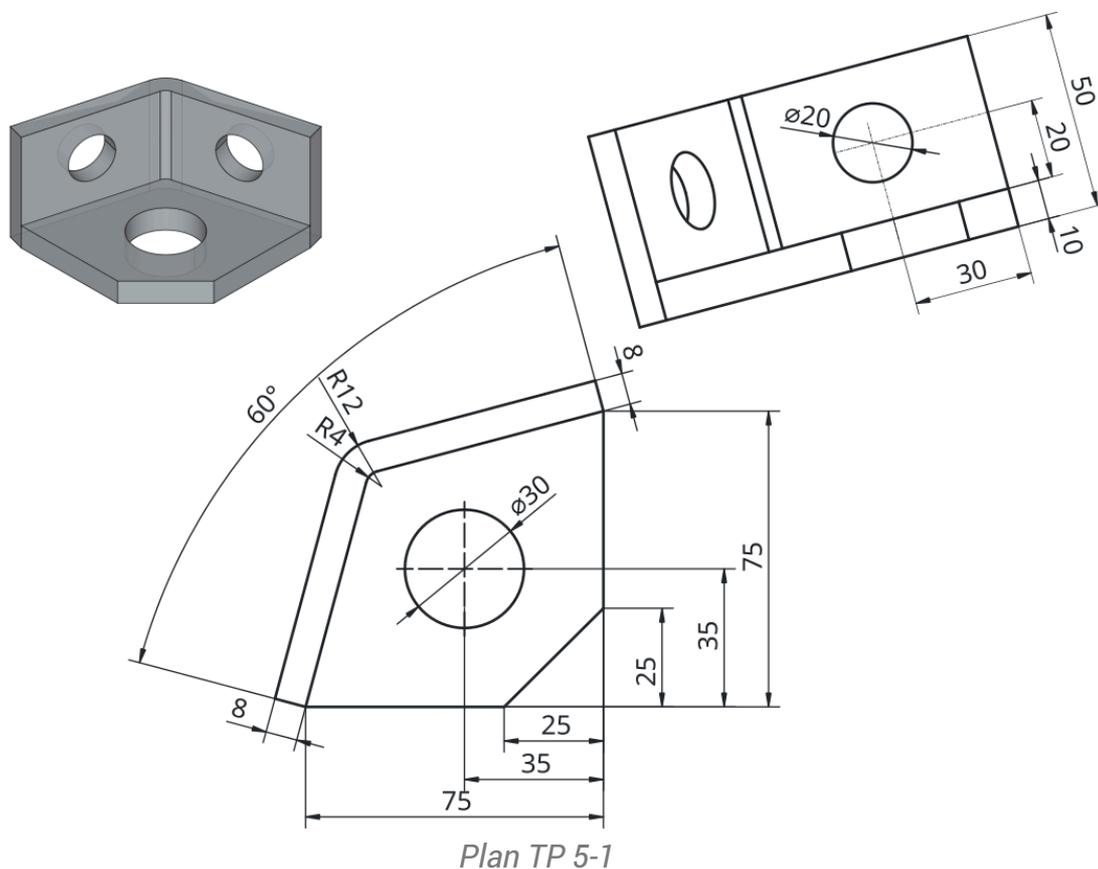
4.3.4. Capture vidéo



5. Transformations

5.1. TP 5-1

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



Objectifs

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

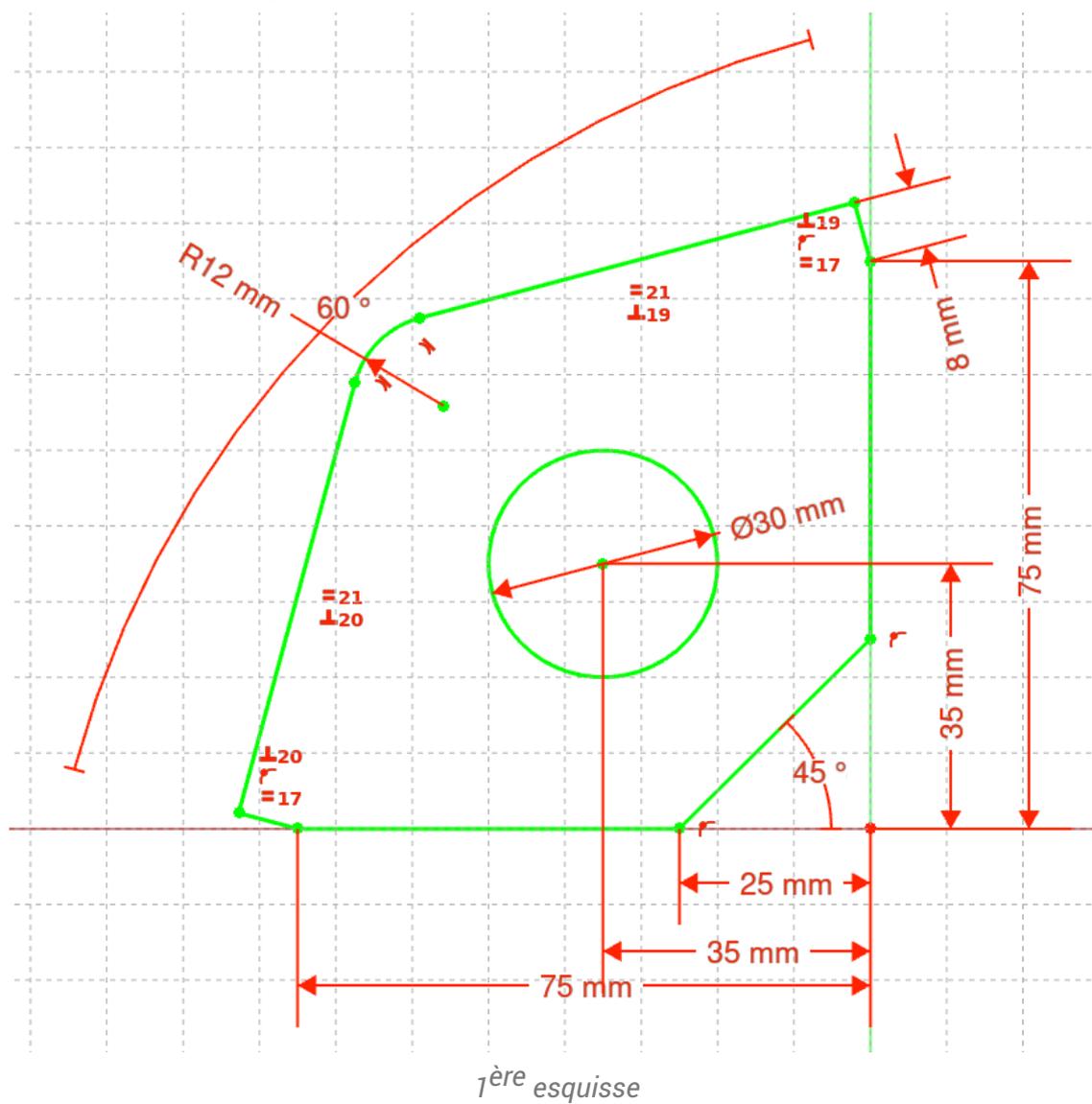
Tâches préliminaires

- 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

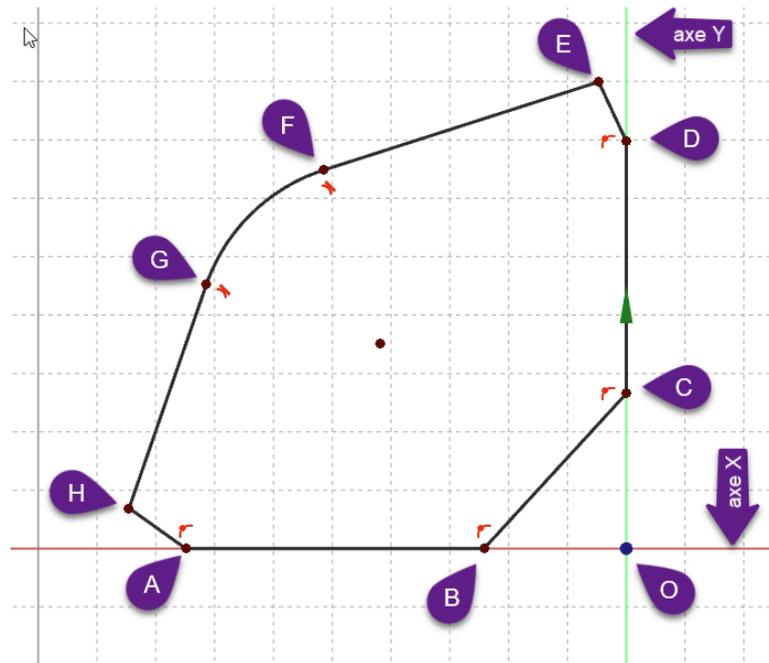
Tâches à réaliser

- 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

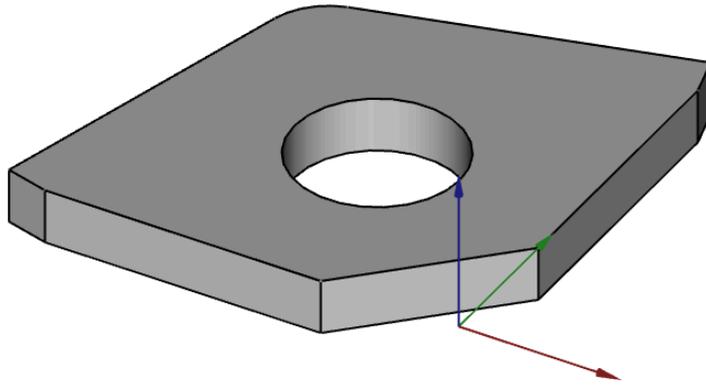
Tableau des contraintes automatiques à exploiter

Géométries	Points	Contraintes automatiques
Polyligne	A, B	 sur l'axe X
	C, D	 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	 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

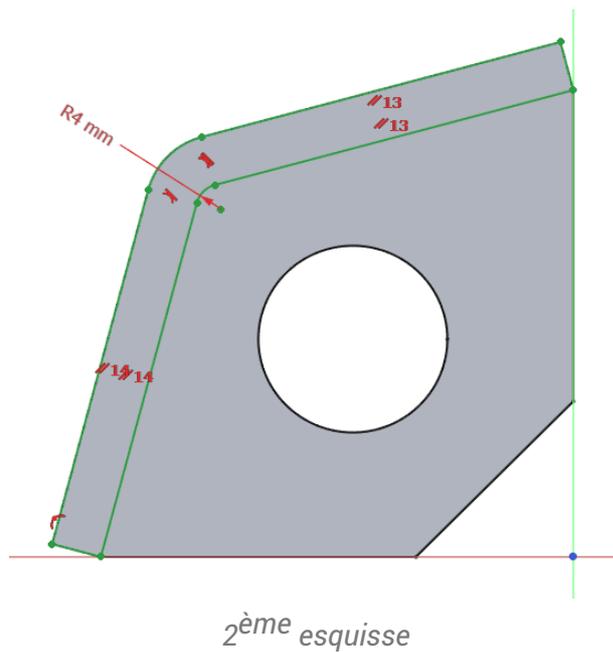
Créer une protrusion  de 10 mn inversée ;



5.1.2. Création de la paroi verticale

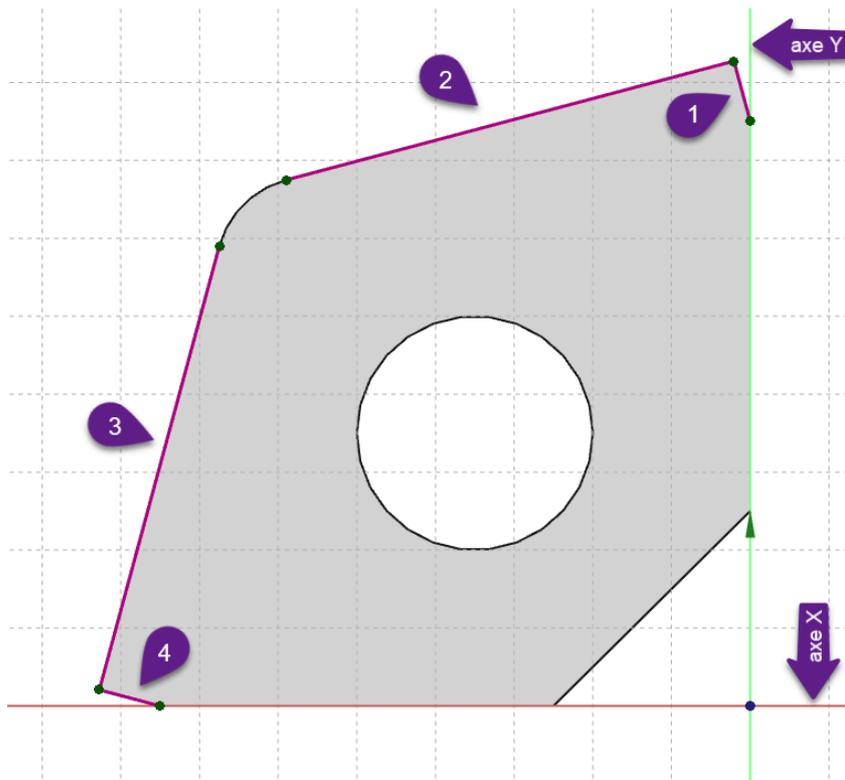
Tâches à réaliser

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



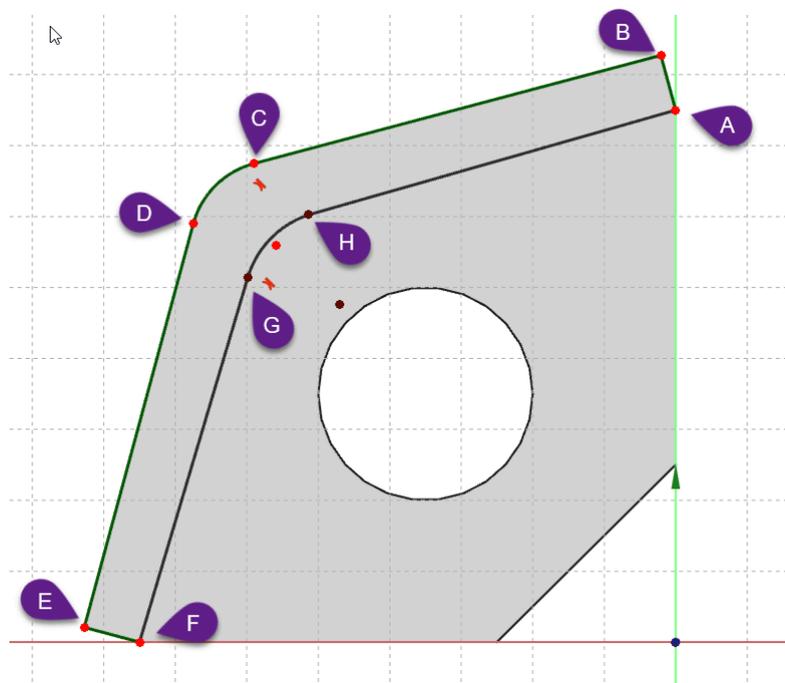
Aide

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



Géométries externes pour la 2ème esquisse

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



Contour approximatif de l'esquisse n°2

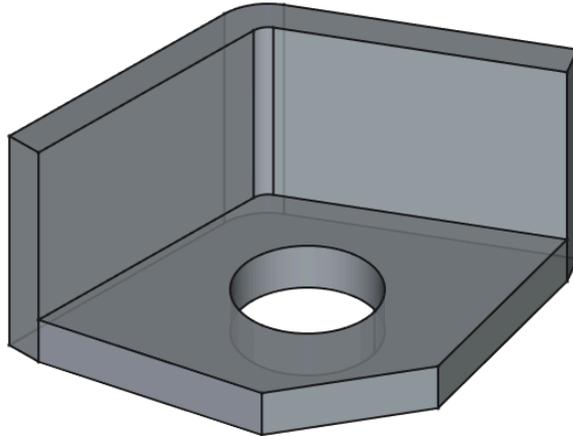
Tableau des contraintes automatiques à exploiter

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  M pour créer un arc tangent au segment précédent
		 avec le point D
	E	Appuyer 2 fois sur  M pour revenir au mode par défaut ;
		 avec le point E
	F	 avec le point F
	G	Aucune contrainte
	H	Appuyer 3 fois sur  M pour créer un arc tangent au segment précédent ;
A	Appuyer 2 fois sur  M 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

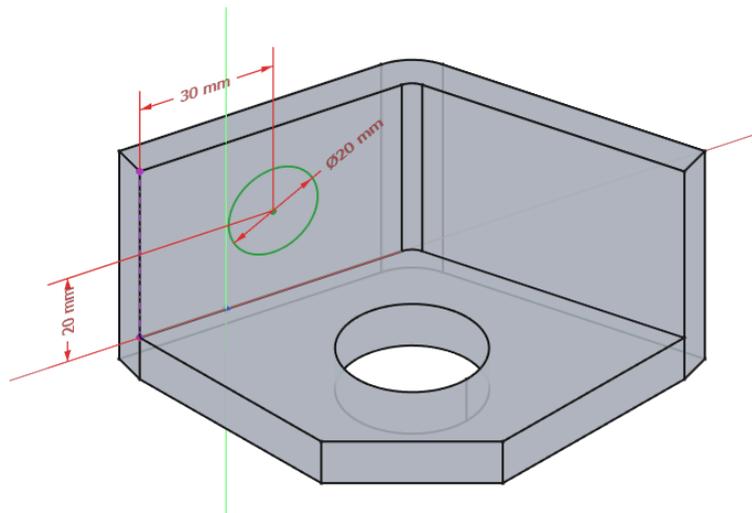
- Créer une protrusion  de 40 mm ;



5.1.3. 1er trou dans la paroi verticale

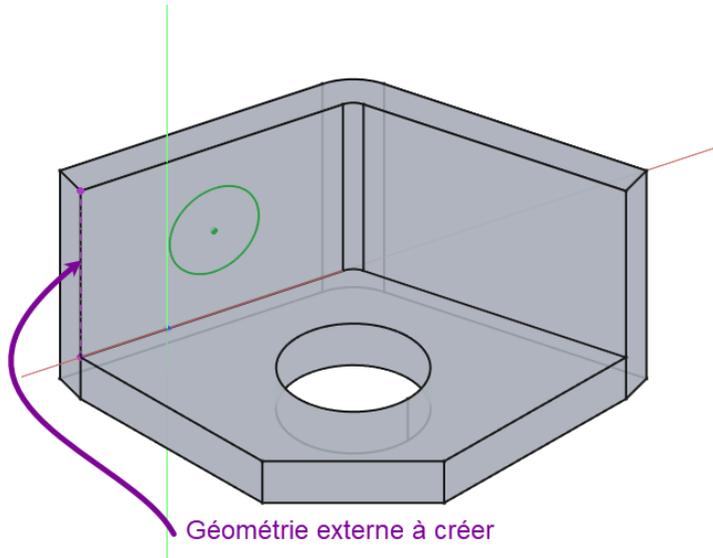
☰ Tâches à réaliser

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



💡 Quelques conseils

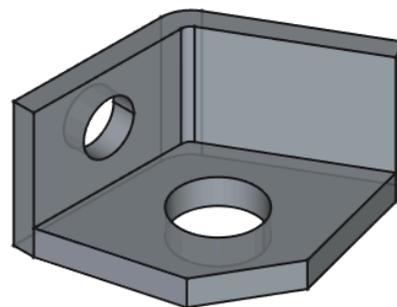
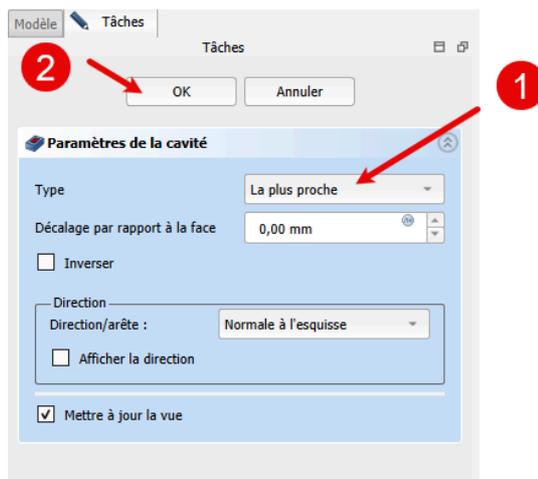
- Basculer en vue isométrique  ( 0) pour mieux visualiser la position du cercle ;
- Créer la géométrie externe (1) à l'aide de la commande  ;



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

Tâches à réaliser - suite

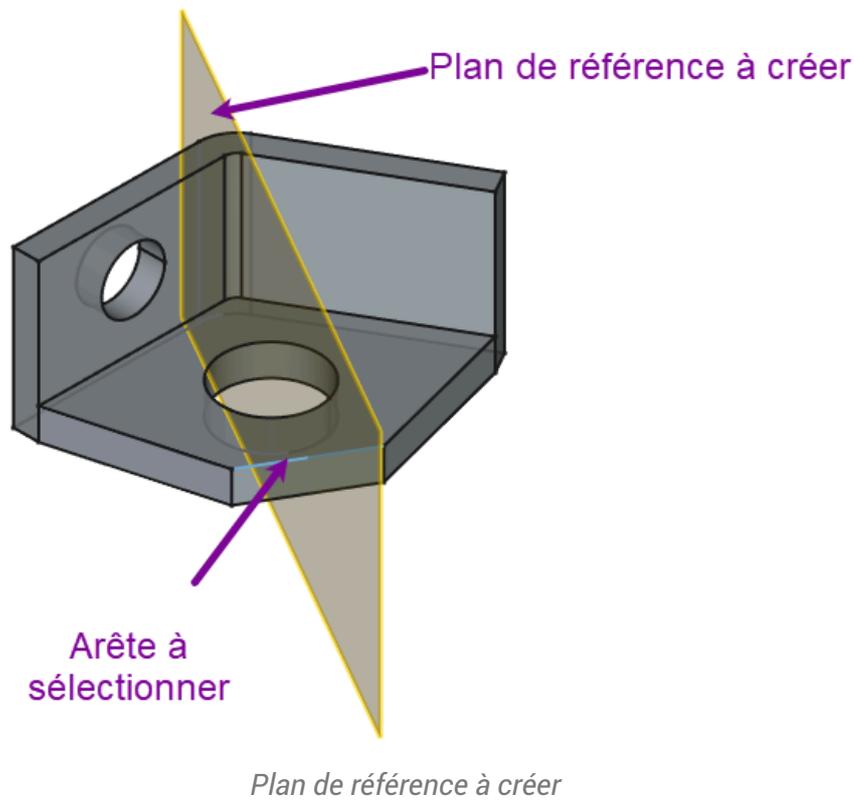
- Créer une cavité  du type  le plus proche ;



5.1.4. 2ème trou dans la paroi verticale

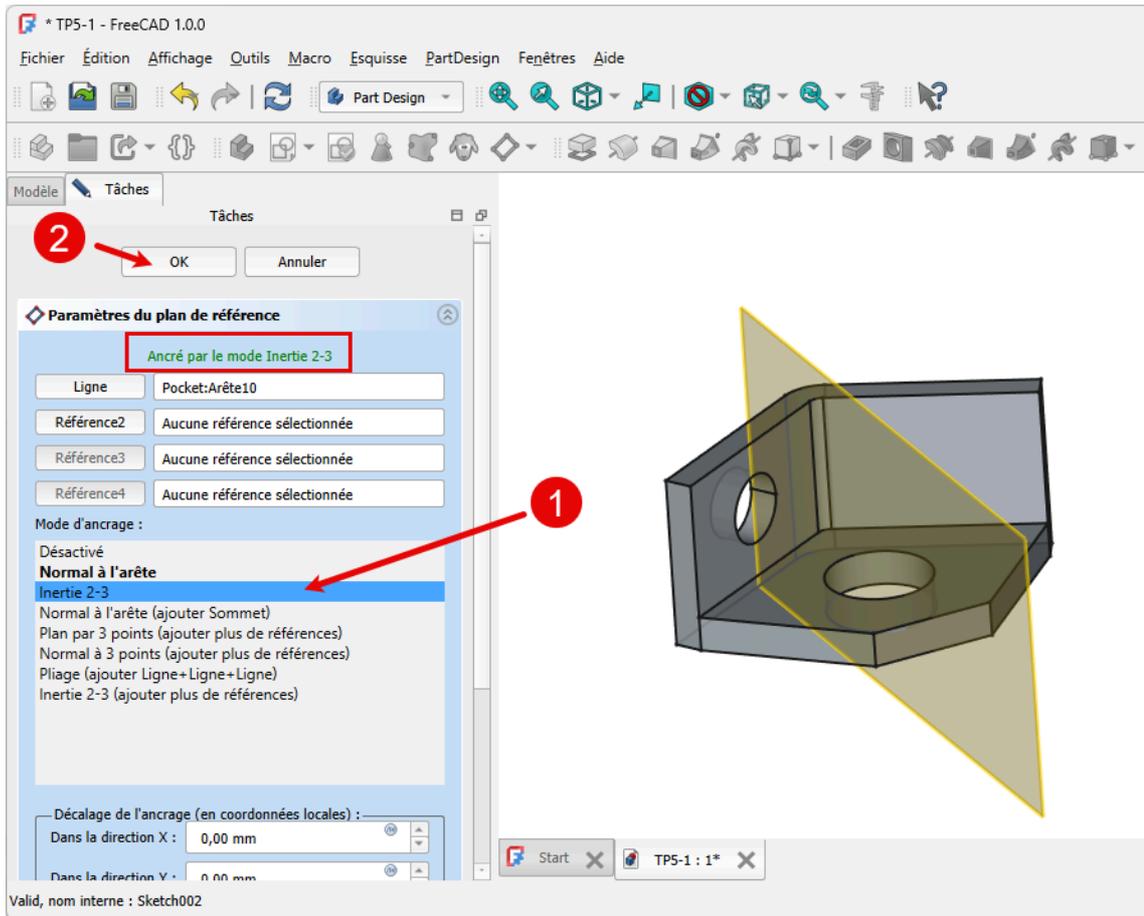
Tâches à réaliser

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



Aide pour créer le plan de référence :

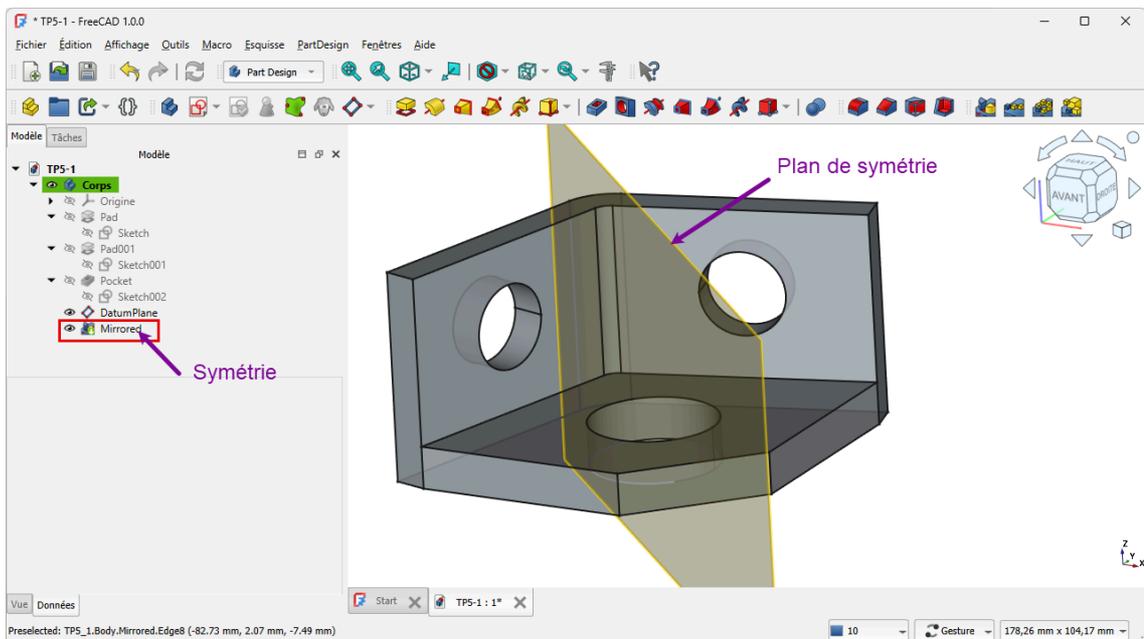
- Sélectionner l'arête (1) ;
- Sélectionner la commande  ;
- Sélectionner le mode d'accrochage  Inertie 2-3 ;



Création du plan de référence

Tâches à réaliser (suite)

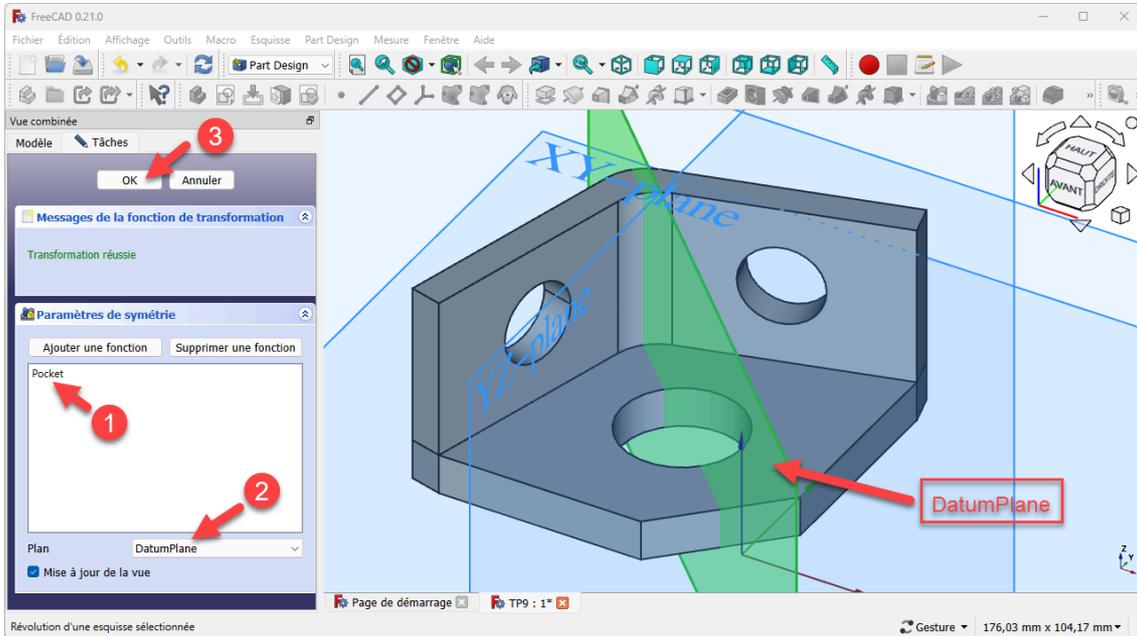
- Créer une symétrie  de  par rapport à ce plan de référence  ;



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** ;



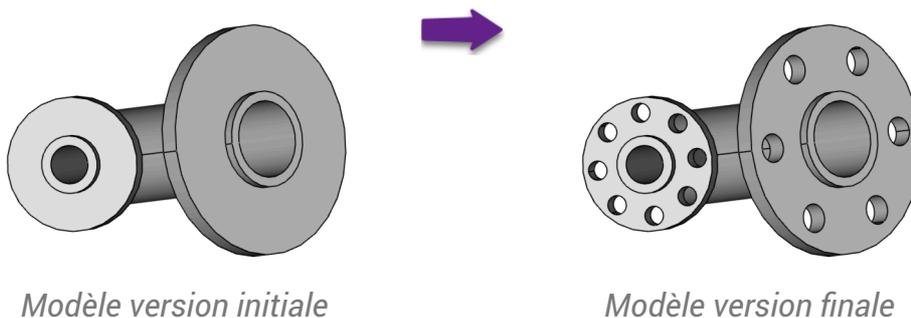
Création de la symétrie de Pocket par rapport au plan de référence

5.1.5. 🎥 Capture vidéo



5.2. TP 5-2

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



Objectifs

Dans l'atelier  Part Design  :

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

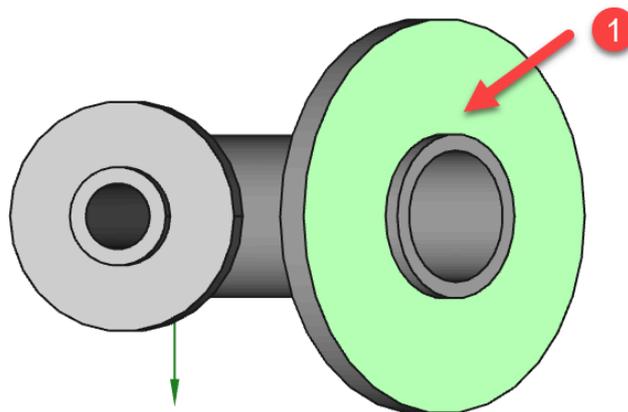
Tâches à réaliser

- 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

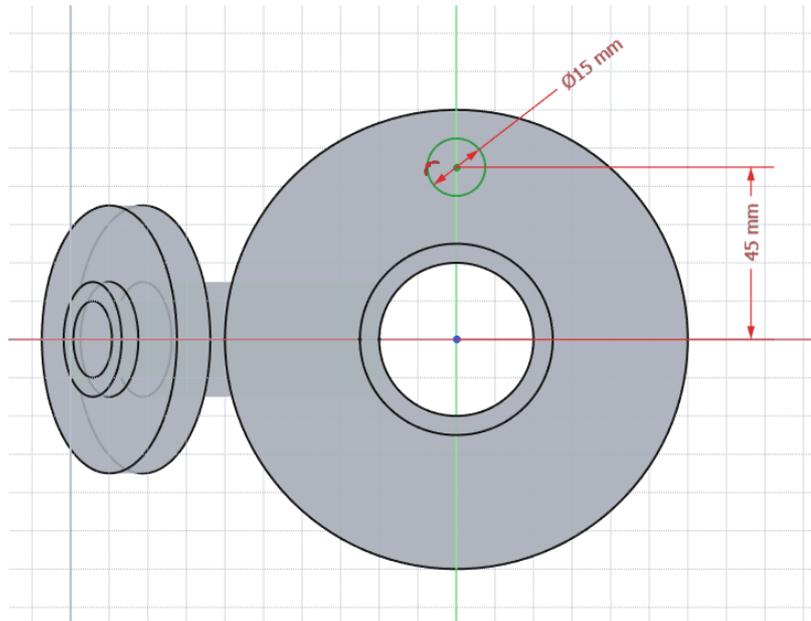
Tâches à réaliser

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



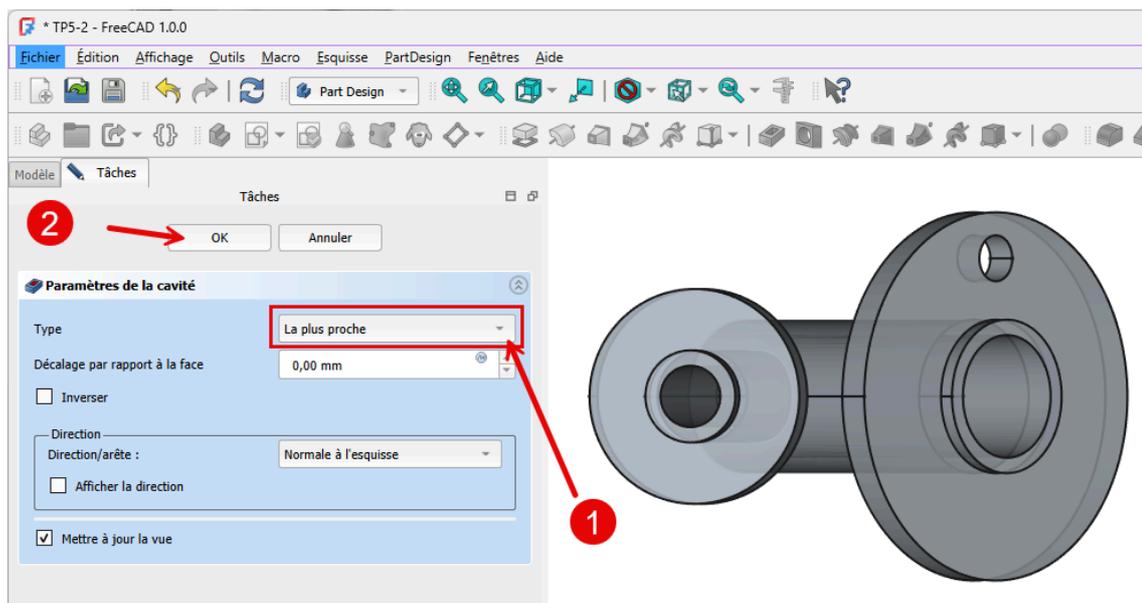
Face à sélectionner

- Créer l'esquisse  ci-dessous :



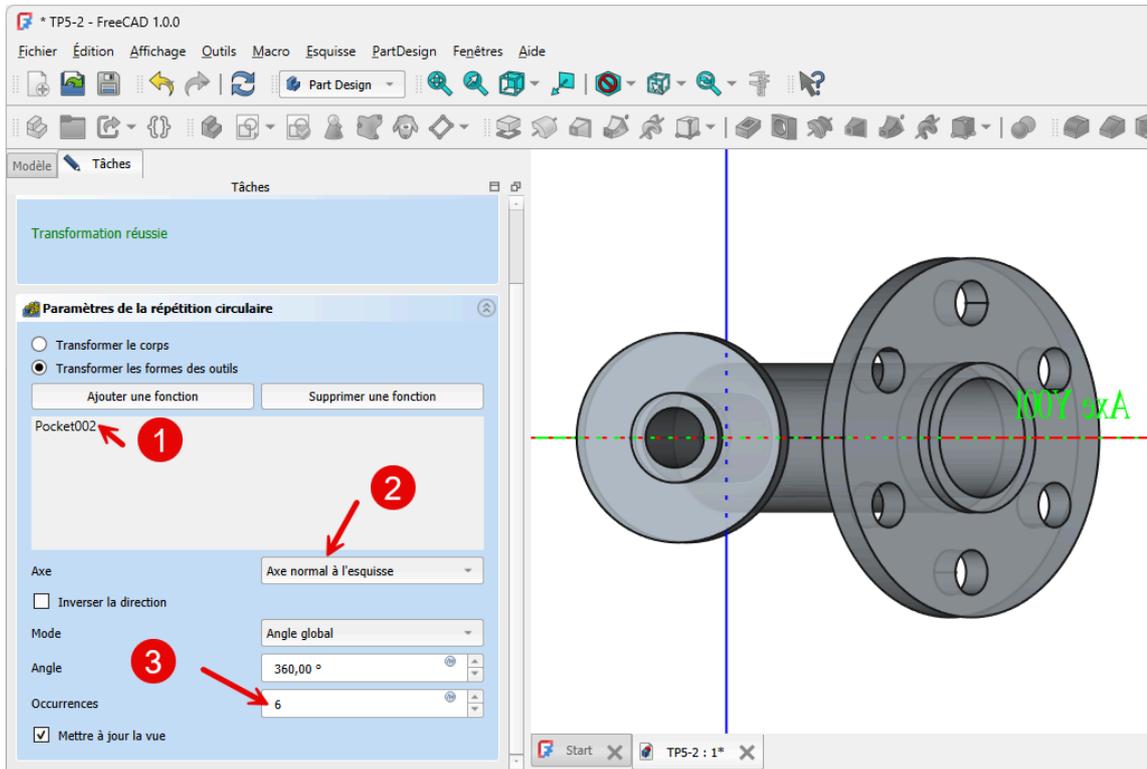
Esquisse à créer

- 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 ;

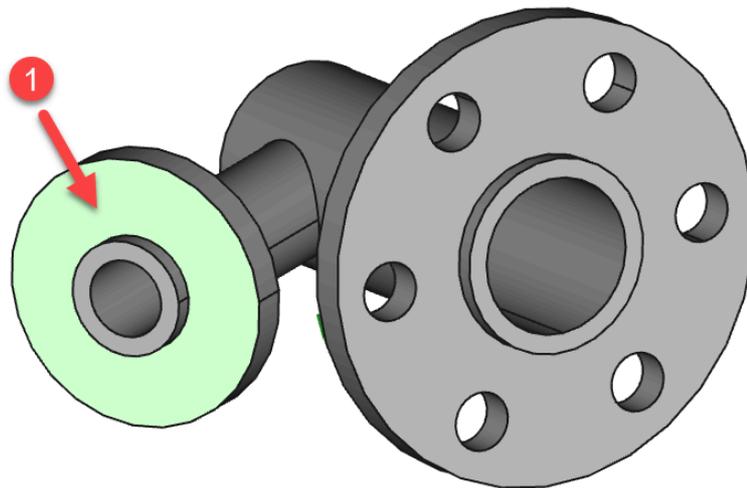


Création de la répétition circulaire

5.2.2. Trous sur la petite platine

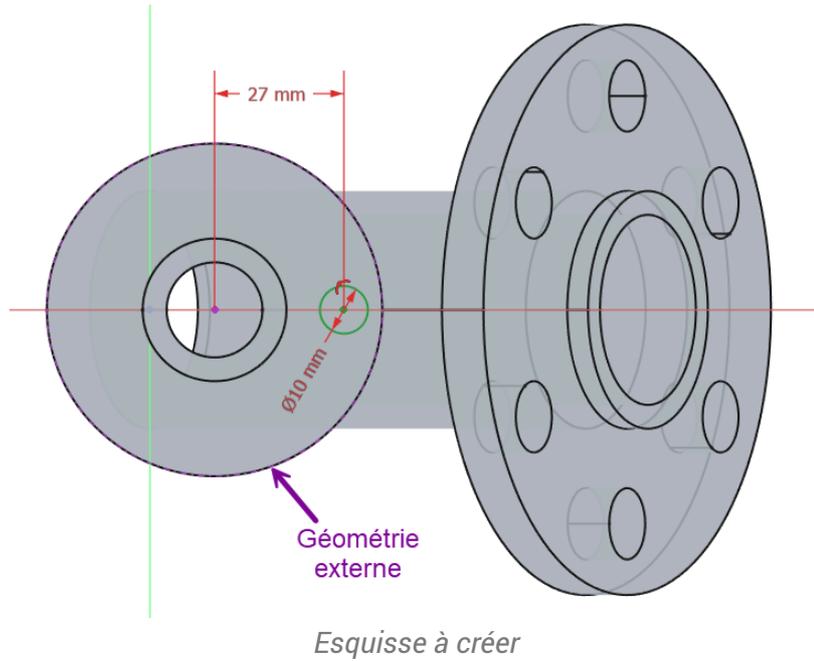
Tâches à réaliser

- Sélectionner la face externe de la petite platine :

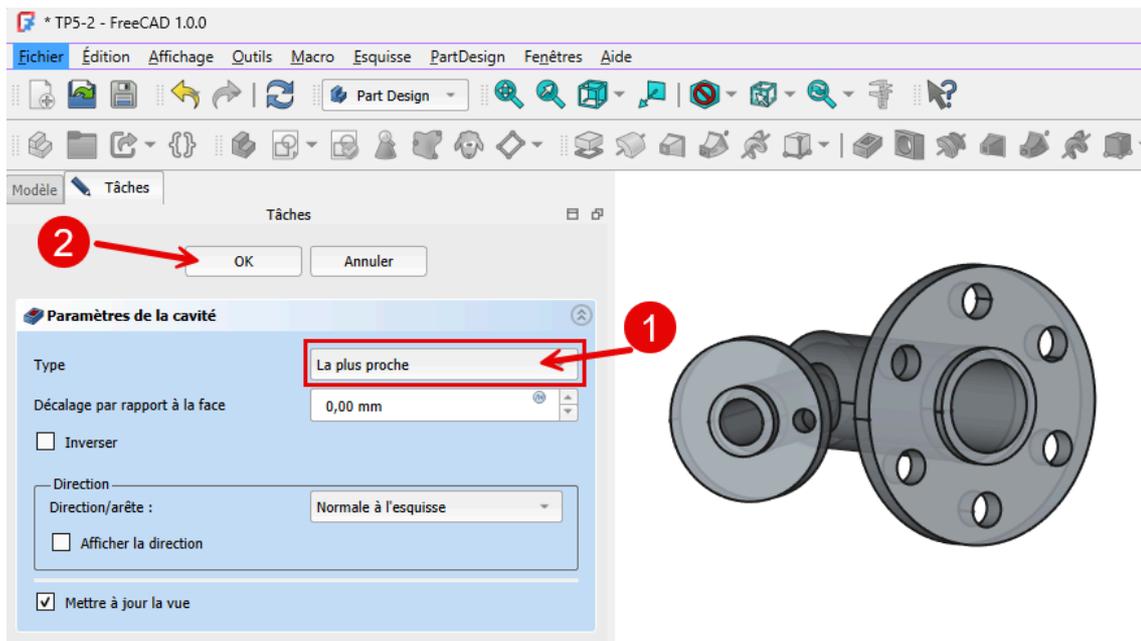


Face à sélectionner

- Créer l'esquisse  ci-dessous ;



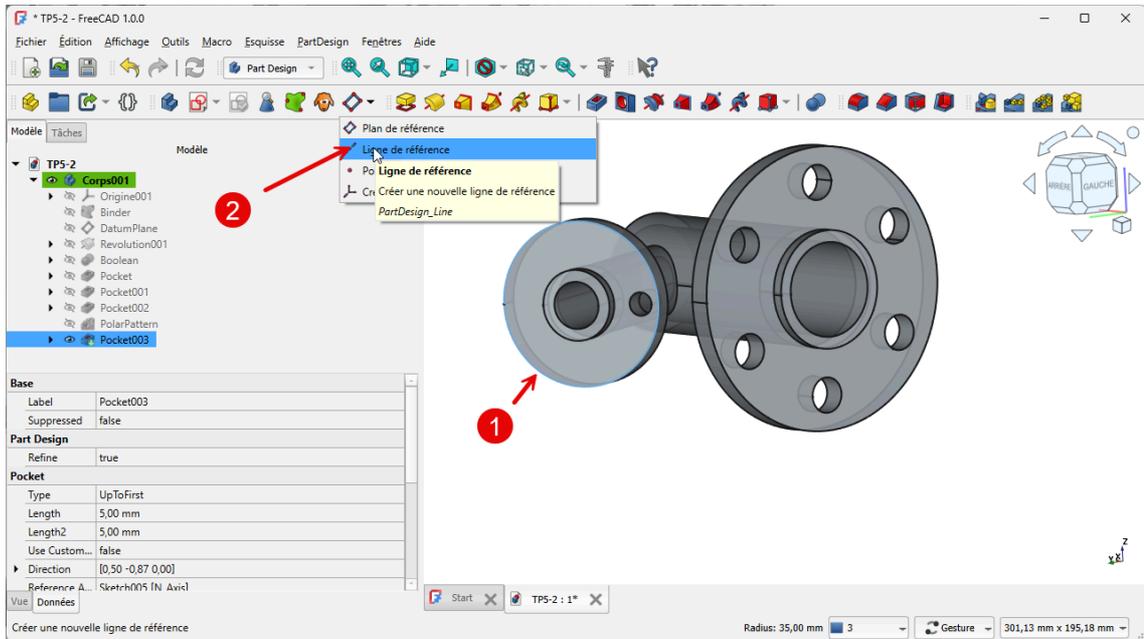
- Créer une cavité  du type  le plus proche à partir de cette esquisse ;



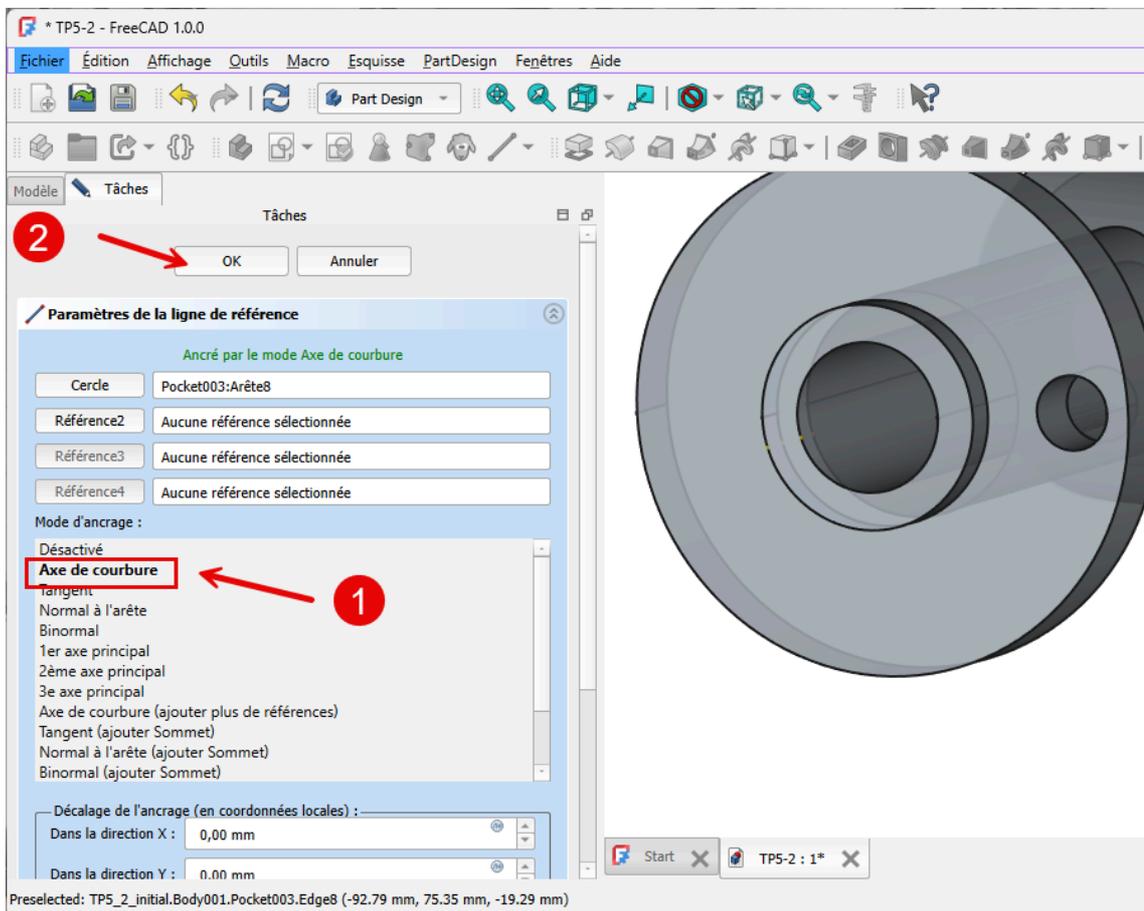
Création de la cavité

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

Création de la ligne de référence

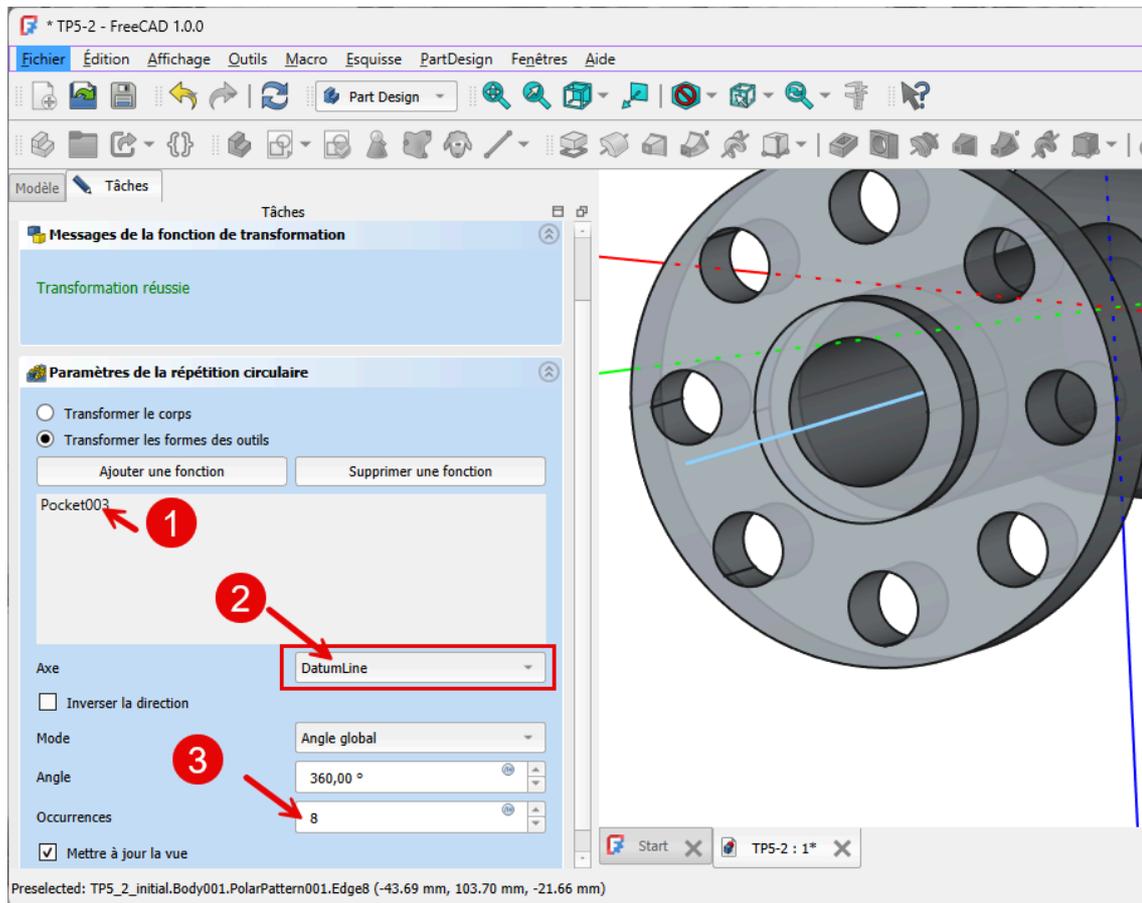


Sélection de l'arête pour la création de la ligne de référence



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

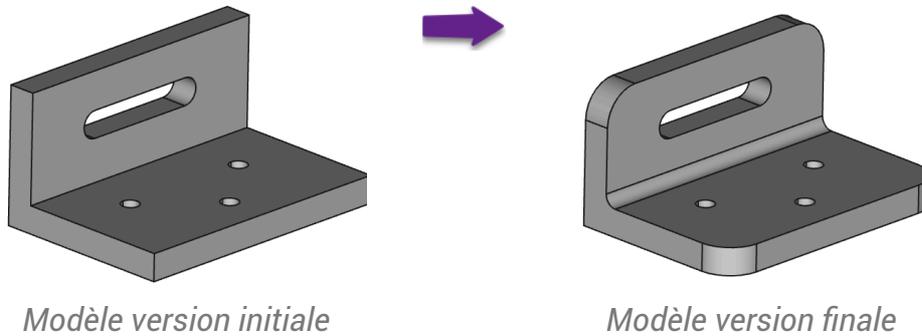
TP5-2.mp4



6. Finitions

6.1. TP 6-1

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

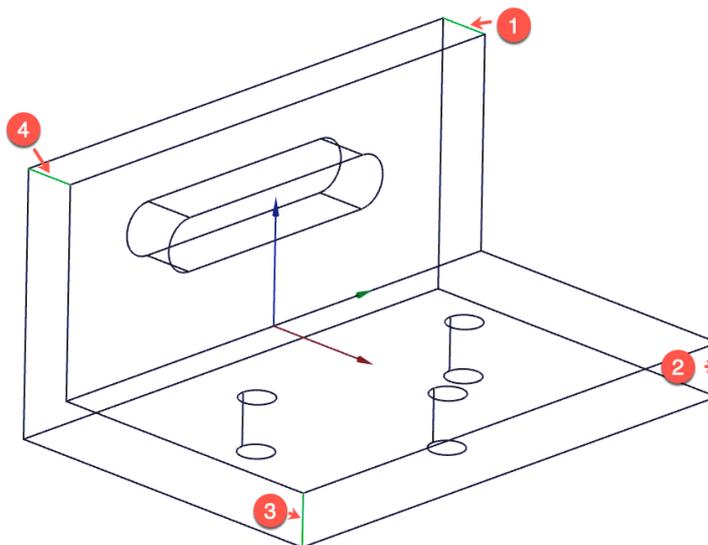


Objectifs

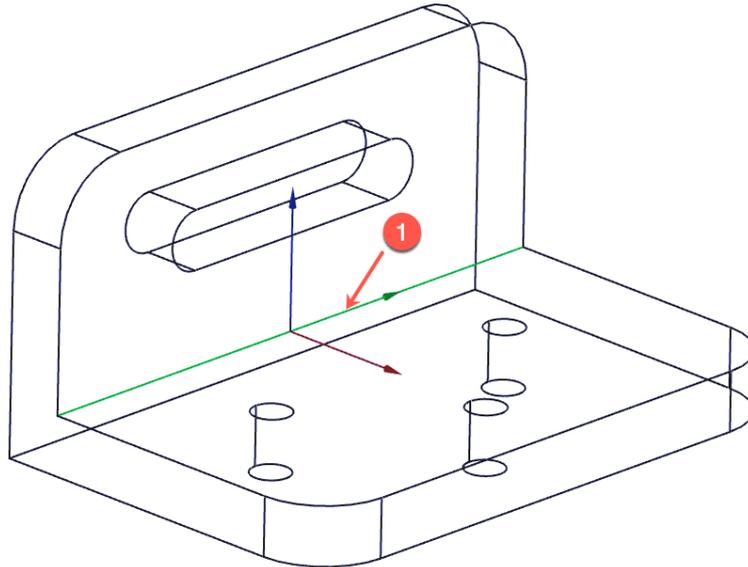
- Utiliser la commande **Congé^W**  ;
- Utiliser le **style de présentation^W filaire**  ;

Tâches à réaliser

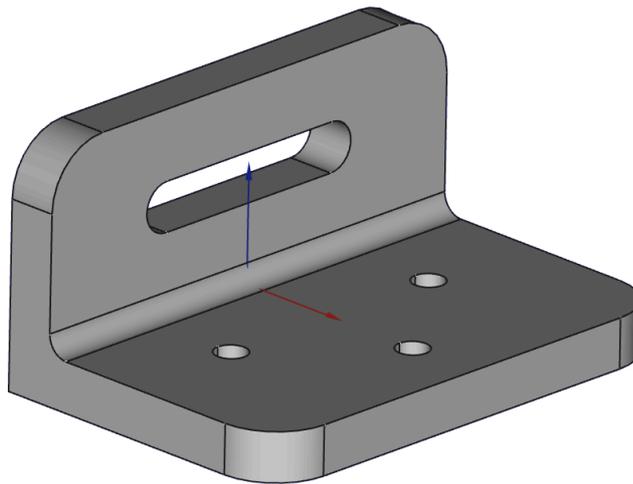
- Télécharger le fichier  **TP6-1-initial.FCStd** sur votre ordinateur et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer le document sous le nom  **TP6-1** ;
- Basculer en affichage filaire  à l'aide de la commande  **Affichage => Style de représentation => Filaire** ou du raccourci clavier  puis  du **clavier 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  V puis  7 du clavier alphanumérique) ;

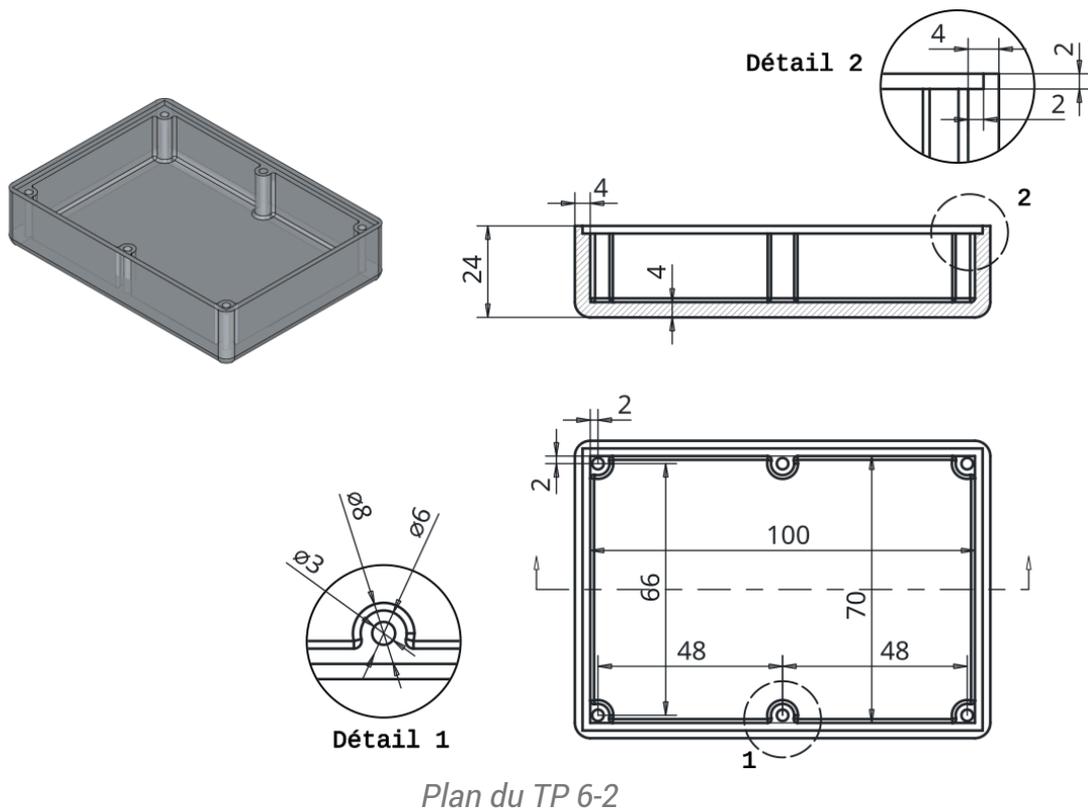


Aide :

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

6.2. TP 6-2

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



Nous modéliserons le couvercle de cette boîte lors du TP 7-2 ^[p.165] ;;

Objectifs

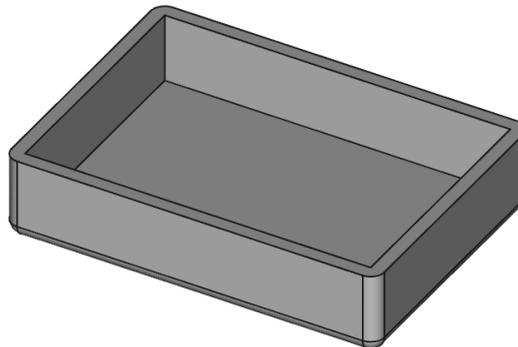
- Utiliser les commandes [Évidement^W](#) , [Transformation multiple^W](#)  de l'atelier  Part Design  ;
- Utiliser des expressions mathématiques pour définir des propriétés ou des contraintes ;

Tâches préliminaires

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

6.2.1. Boite

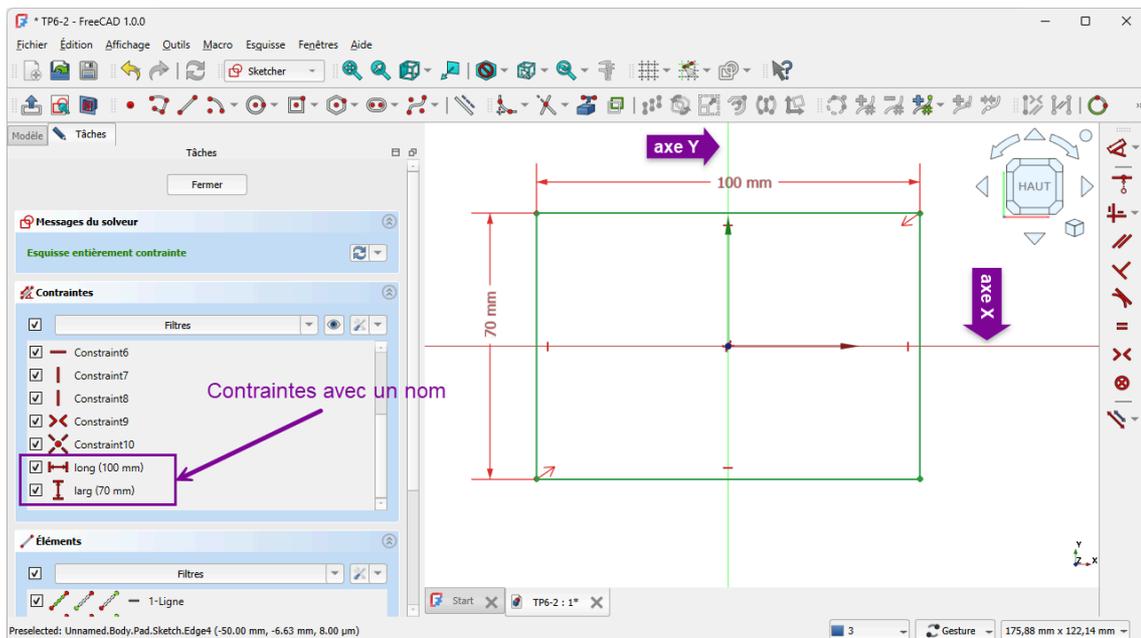
1^{ère} étape : nous allons modéliser le fond de la boîte :



1^{ère} étape de la modélisation

Tâches à réaliser

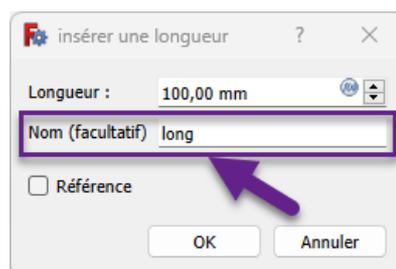
- Créer l'esquisse  ci-dessous dans le plan **XY** à l'aide d'un rectangle centré  en donnant les noms **long** et **larg** aux deux contraintes dimensionnelles ;



Esquisse de la boîte avec deux contraintes avec nom

Aide :

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



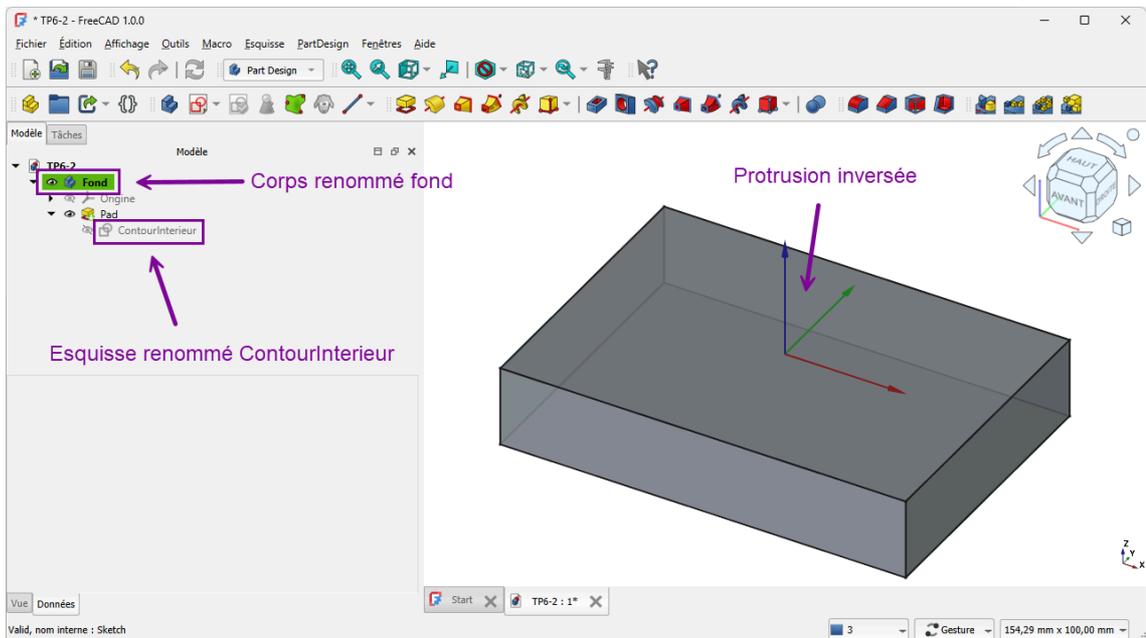
Saisie d'un nom pour une contrainte dimensionnelle

🔗 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  Boite

💡 Aide :

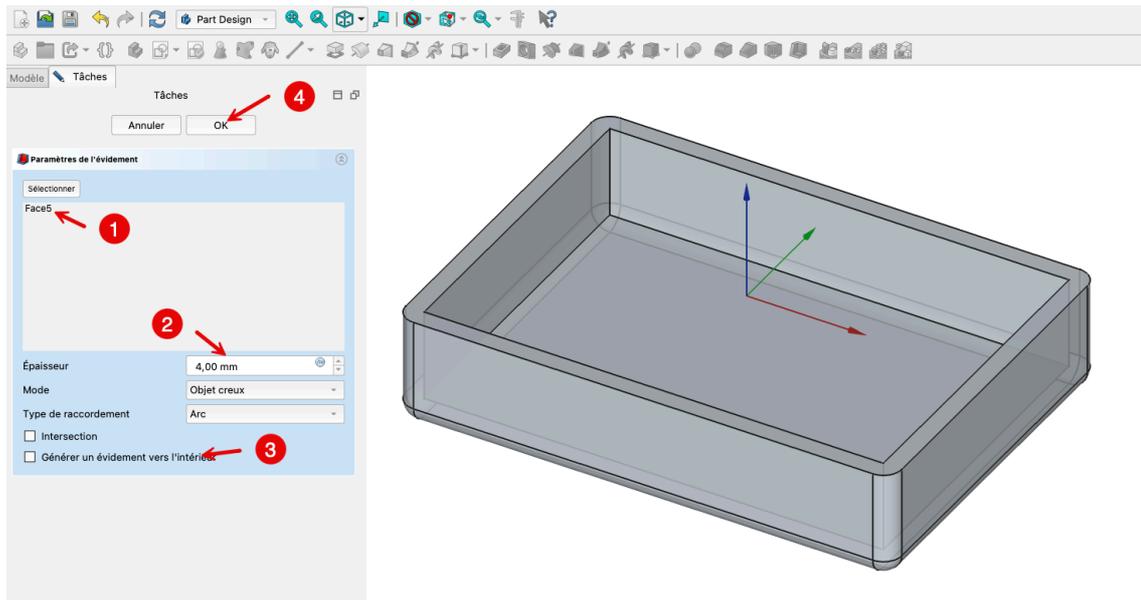
- Pour renommer l'esquisse, dans la vue  Modèle, cliquer droit sur  Sketch et sélectionner la commande  Renommer (ou bien appuyer sur  F2) ;

🔗 Pourquoi inverser la protrusion ?

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

☰ Tâches à réaliser (suite)

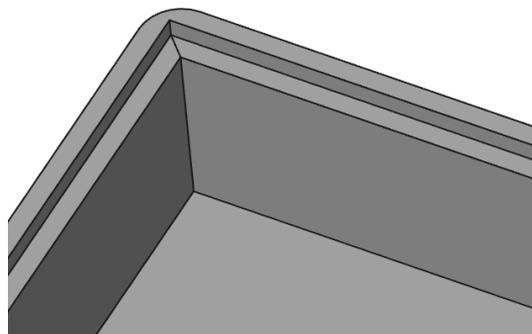
- Sélectionner la face supérieure puis créer un évidement  de 4 mm en **décochant** Générer un évidement vers l'intérieur ;



Création de l'évidement

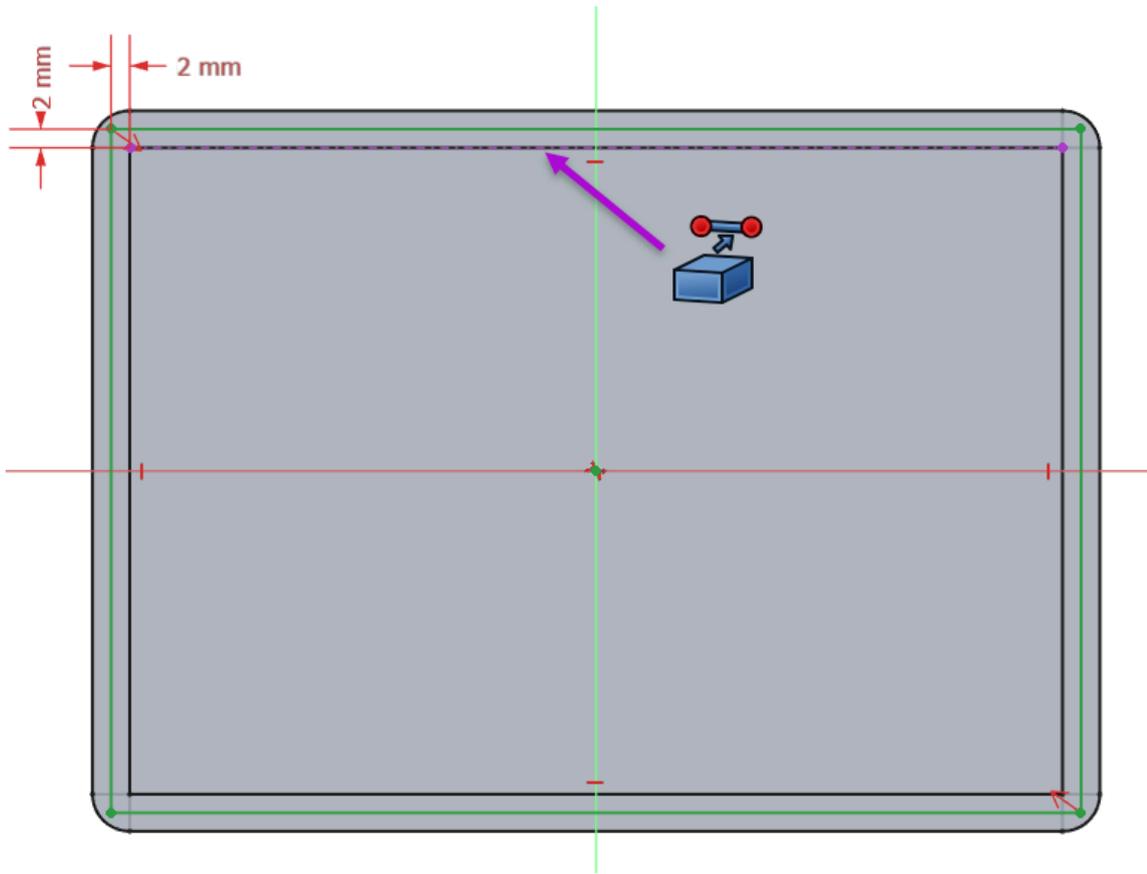
6.2.2. Épaulement intérieur

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



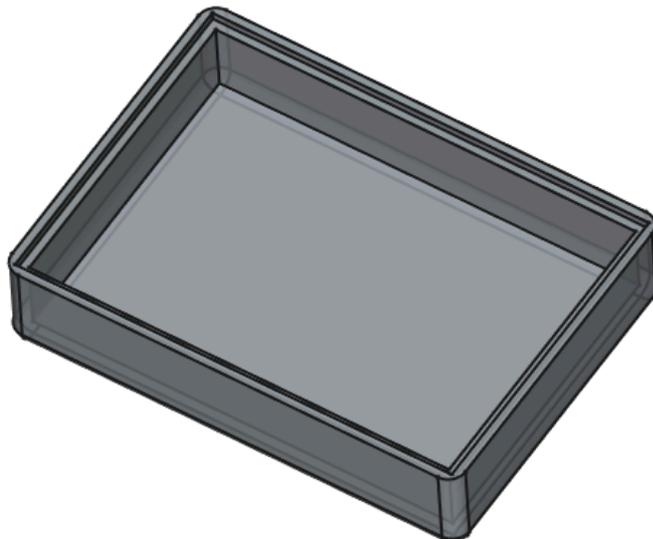
Tâches à réaliser

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



Esquisse pour l'épaulement

- Créer une cavité  de 2 mm



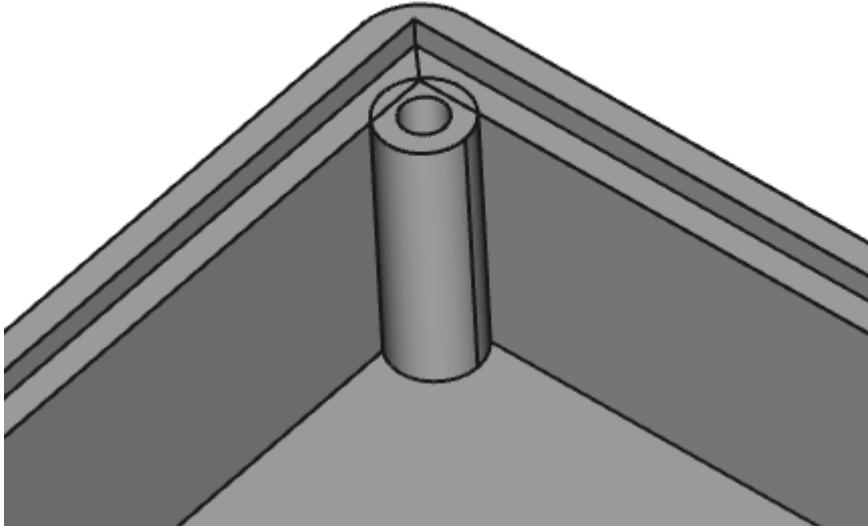
Création de l'épaulement à l'aide d'une cavité

Aide :

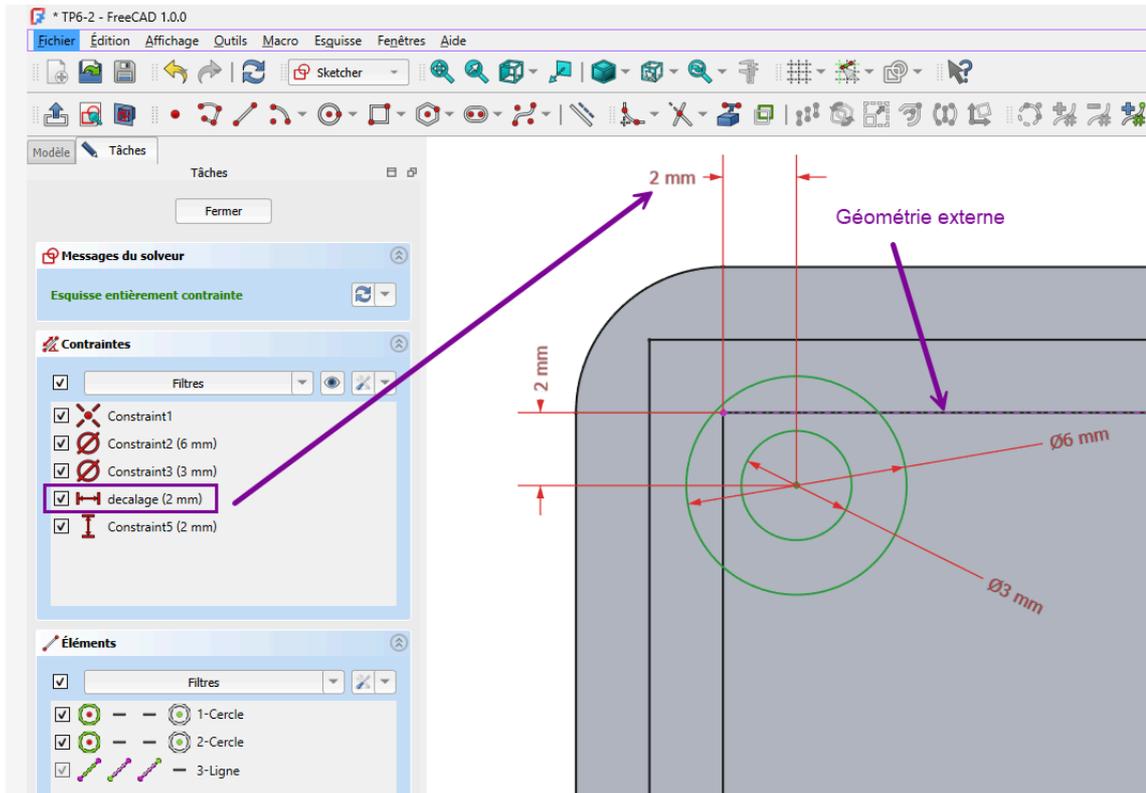
- Utiliser une géométrie externe pour positionner le rectangle  de l'esquisse ;

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 :

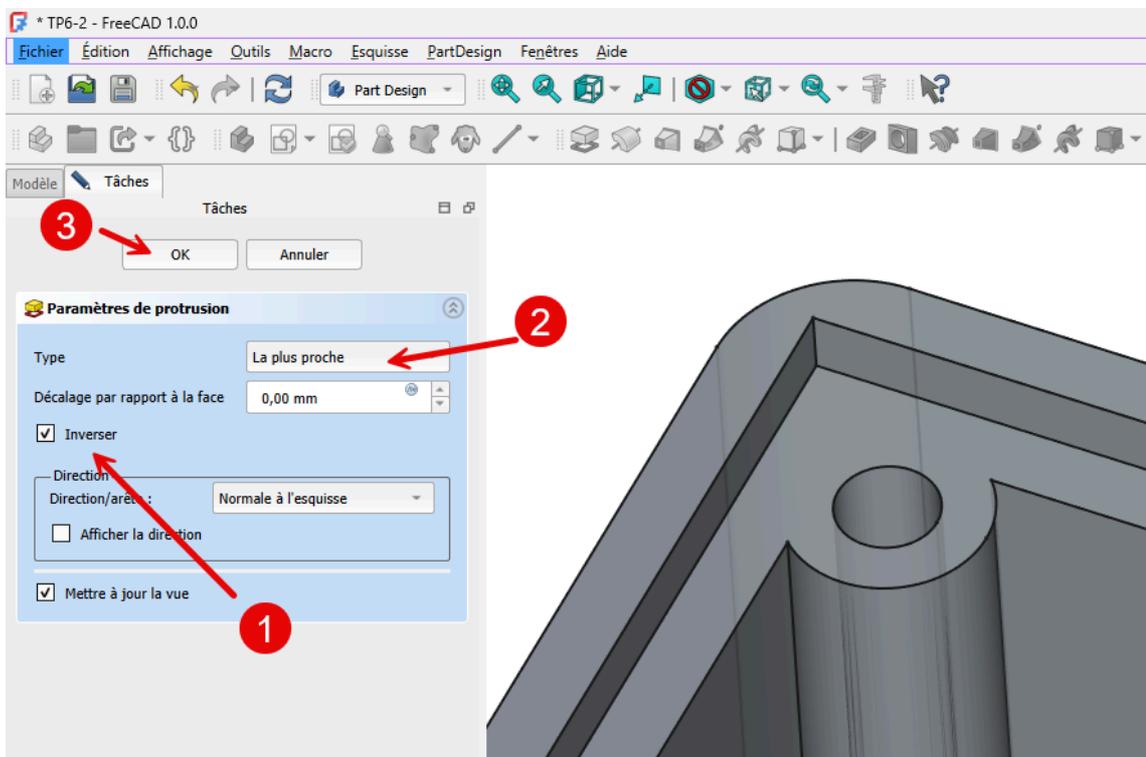
**Tâches à réaliser**

- Sélectionner 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 » ?

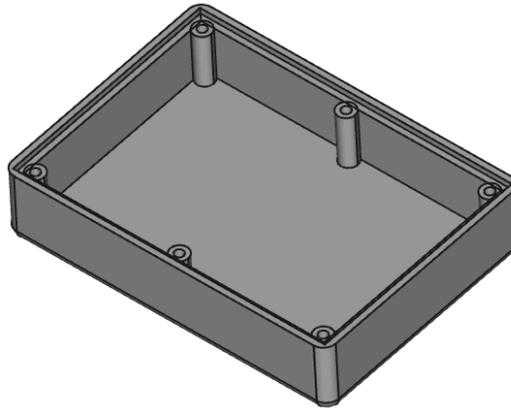
- Pour orienter la protrusion vers le bas (vers le Z négatif)

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

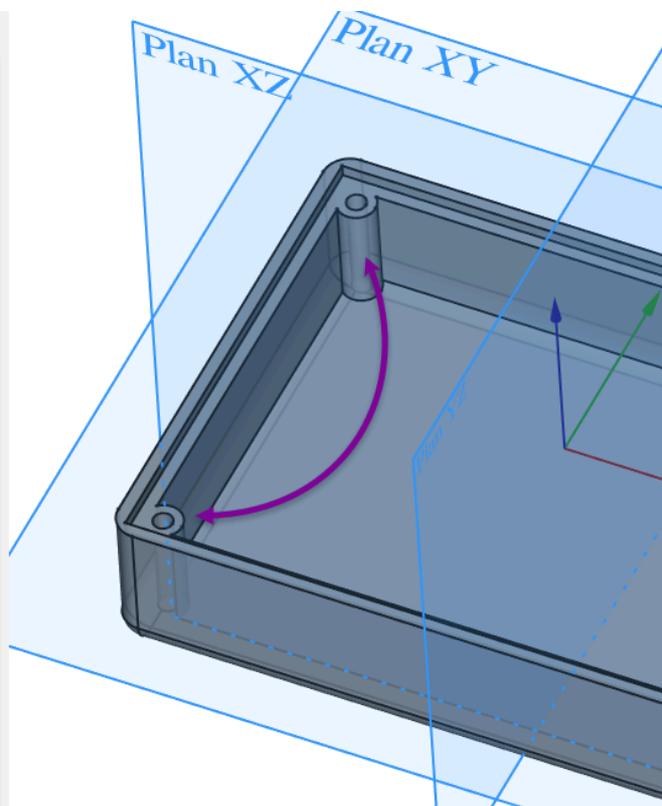
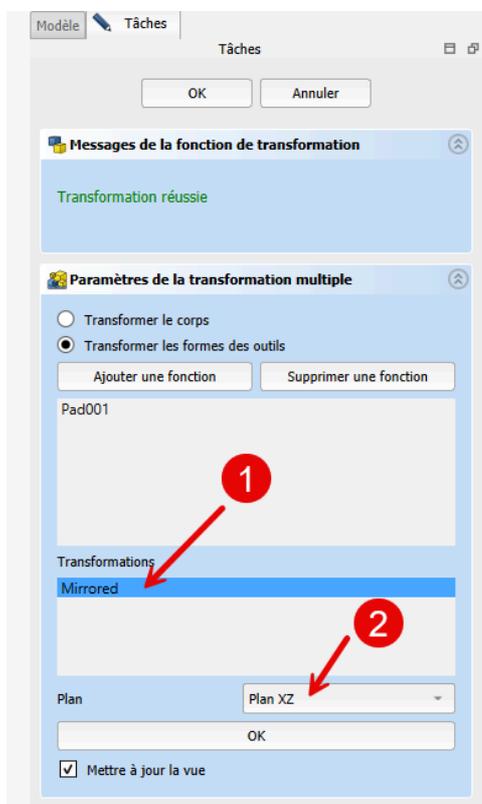
4^{ème} étape : à l'aide d'une transformation multiple  , nous allons créer les 5 autres cylindres ;



Création des 6 cylindres

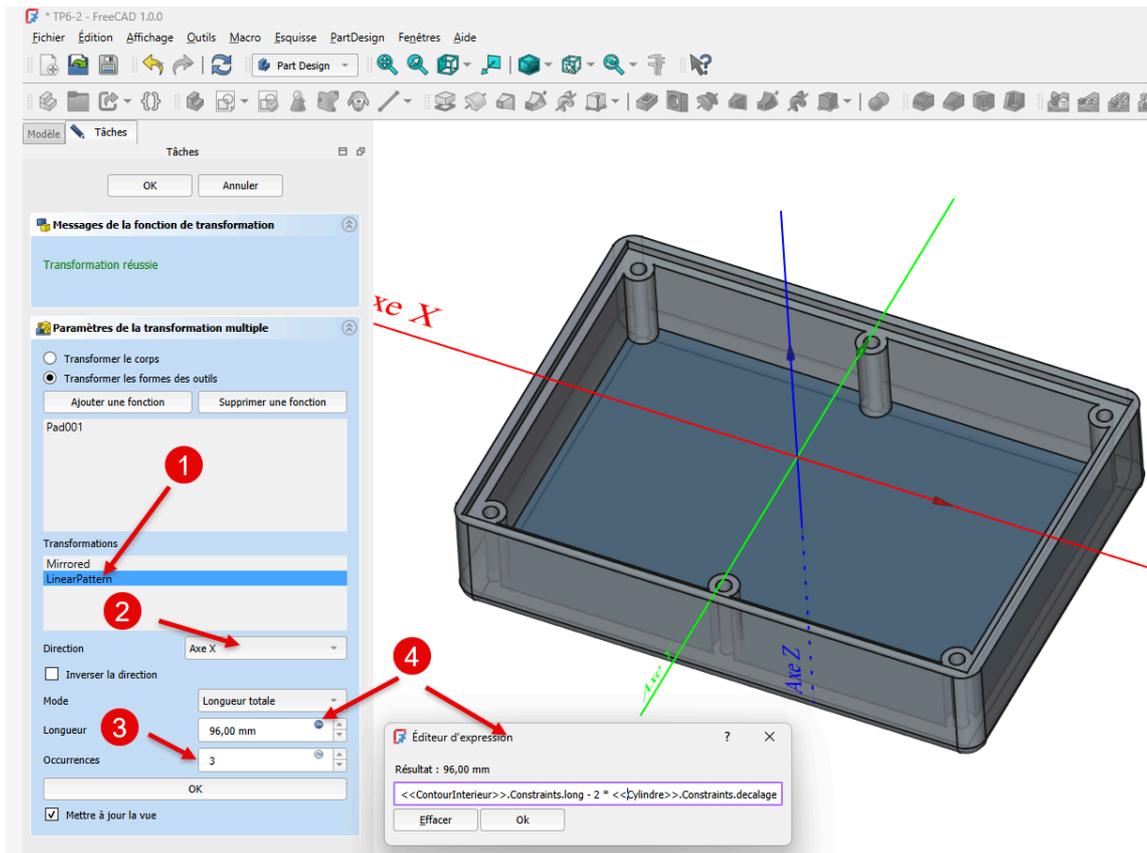
Tâches à réaliser

- 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 :

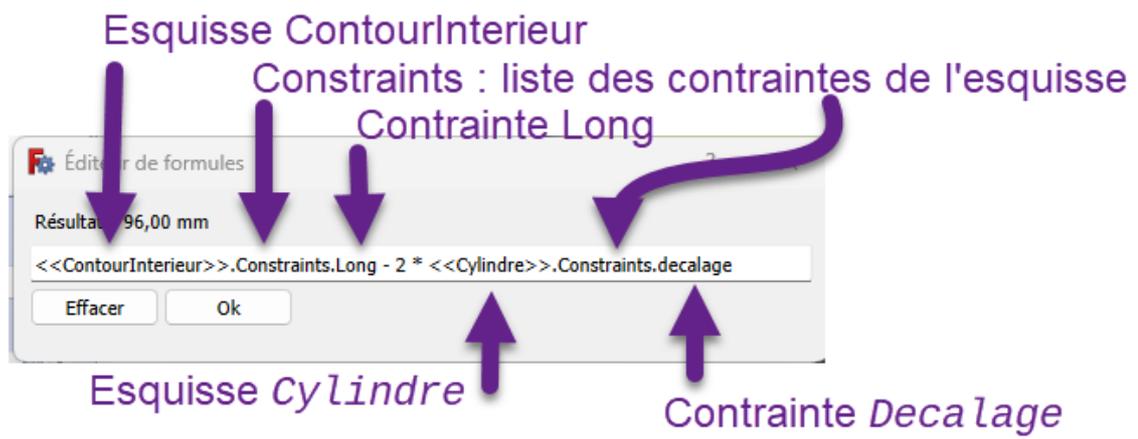
- Sélectionner Pad001 comme fonction de la transformation multiple ;
- Sélectionner le plan **XZ** pour la symétrie ;
- Sélectionner l'**axe X** pour la répétition linéaire et saisir le nombre d'occurrences à **3** ;
- Pour la longueur, cliquer sur le bouton et saisir la formule
`<<ContourInterieur>>.Constraints.Long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

Attention

Vérifier que vous avez bien renommé les esquisse 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



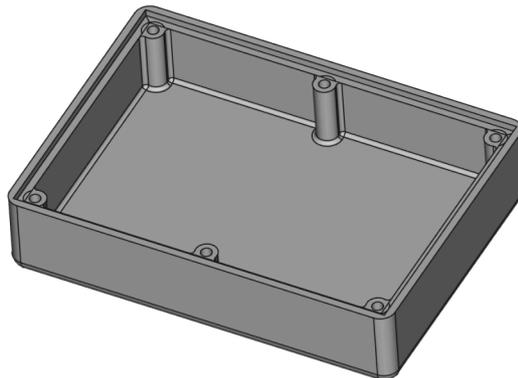
cf. expressions mathématiques

⚙️ 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...

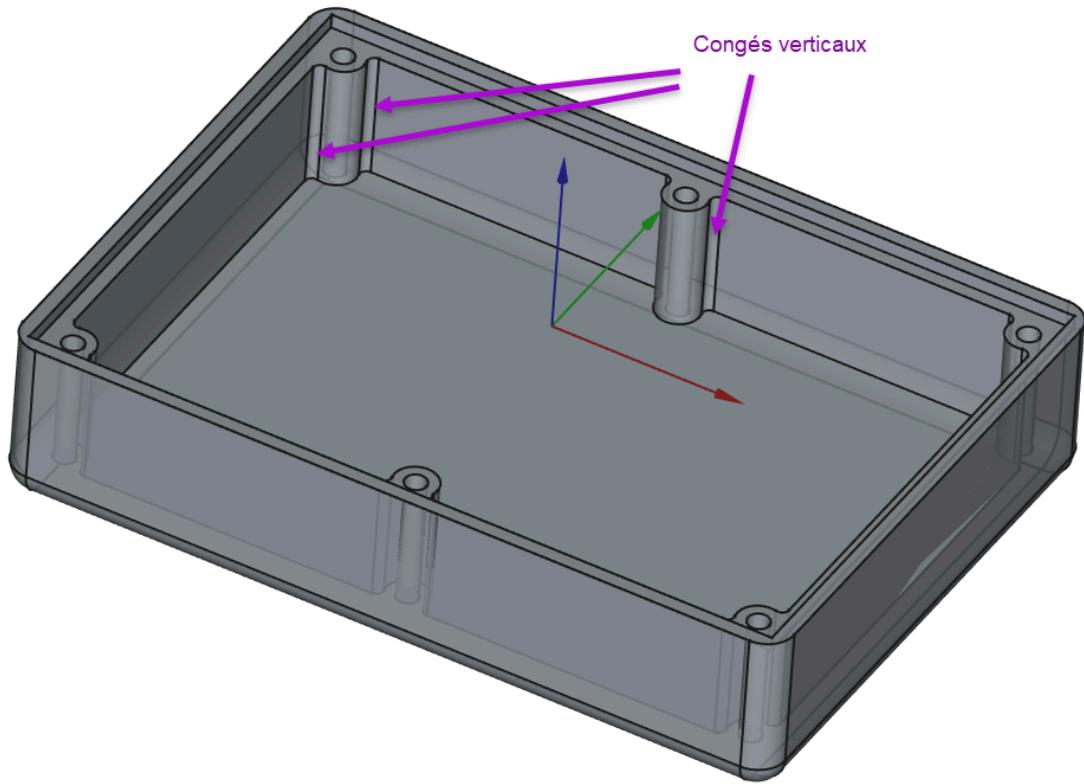
6.2.5. Congés

Dernière étape : nous allons ajouter des congés :



Tâches à réaliser

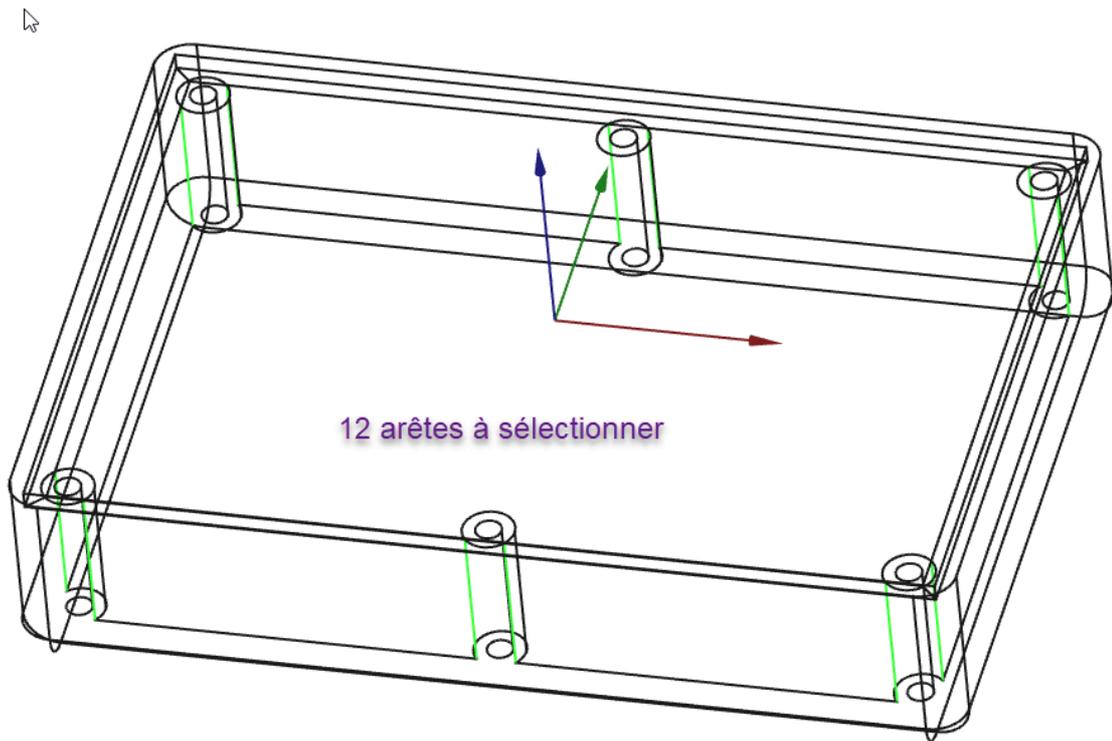
- Créer des congés  de **1 mm** à l'intersection des cylindres et des faces intérieures verticales de la boîte ;



Congés verticaux

Aide :

- Basculer en affichage filaire  (**⌨ V** puis **⌨ 3** du clavier alphanumérique) pour faciliter la sélection des arêtes ;
- Maintenir appuyée la touche **⌨ CTRL** (**⌨ CMD** sous ) pour sélectionner les **12 arêtes** ;



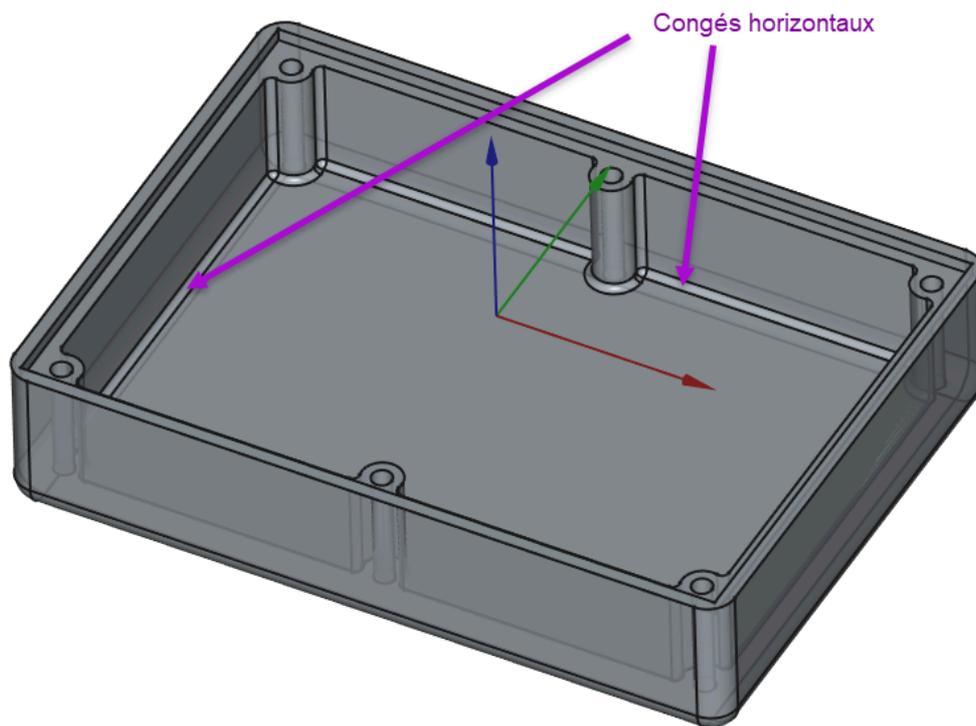
Sélection des arêtes pour les congés verticaux

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 ( CMD sous ).

Tâches à réaliser (suite)

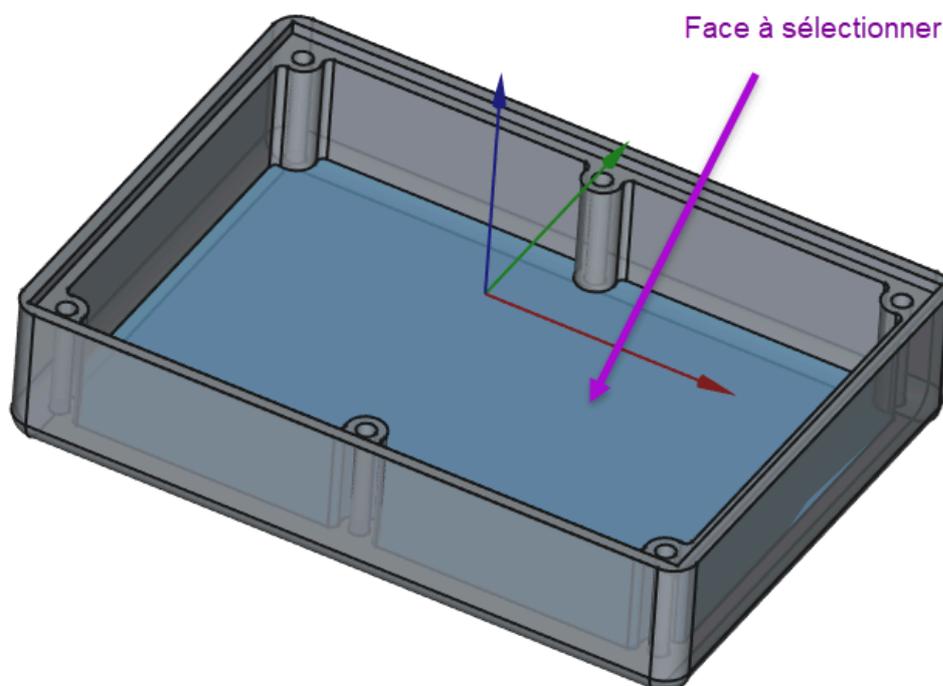
- Revenir si nécessaire en affichage filaire ombré  ( puis  du clavier alphanumérique) ;
- Sélectionner le fond de la boîte et créer des congés  de **1 mm** ;



Congés horizontaux

Aide :

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

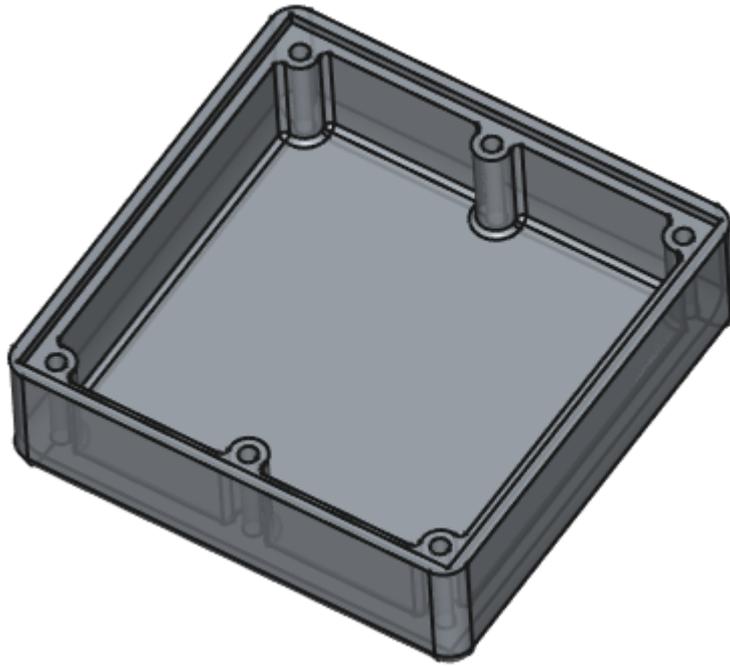


Sélection pour les congés horizontaux

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

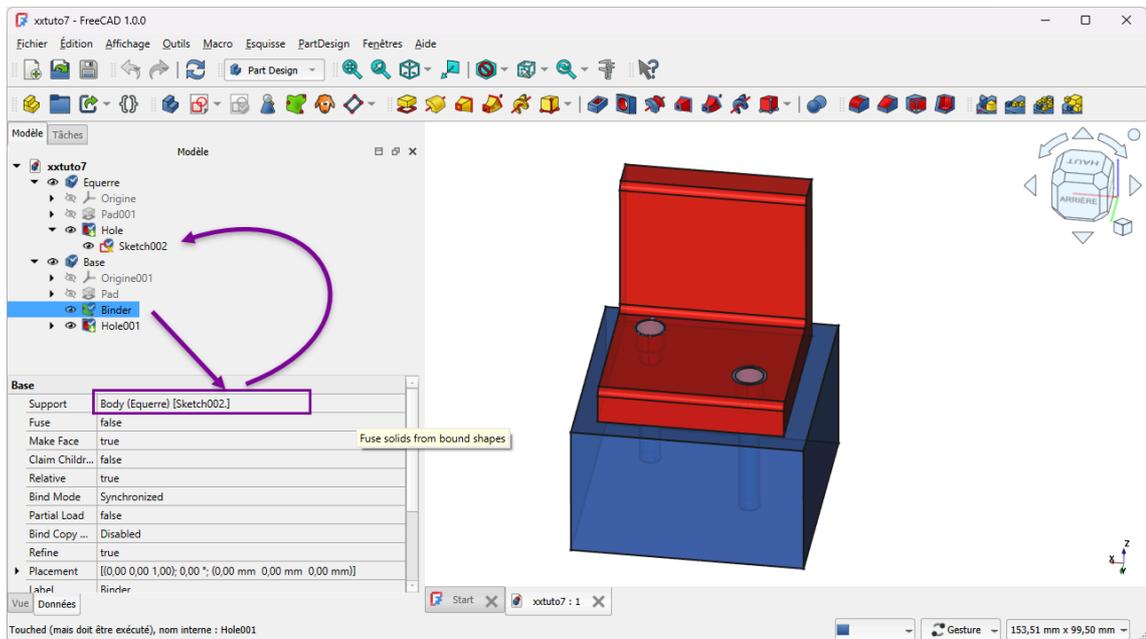
7.1. Forme liée

Objectif

- Comprendre la notion de 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

Exemple

- 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 !!!**



Explications

- 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 : un 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

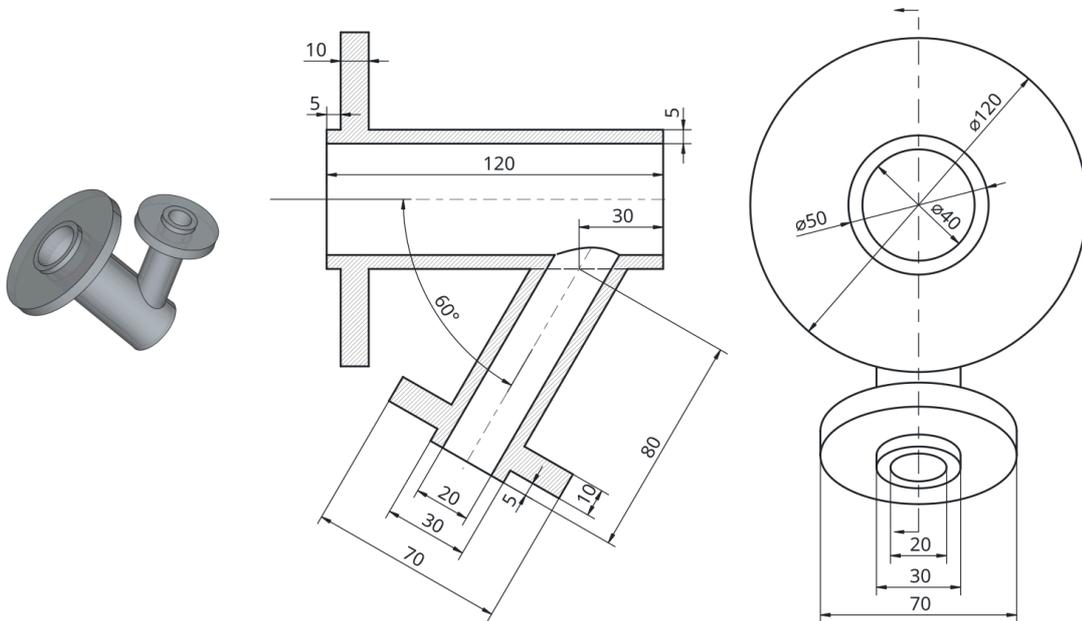
FreeCAD propose une seconde commande : la sous-forme liée  qui offre plus de souplesse. En particulier, la sous-forme liée  peut lier des géométries provenant de différents corps ;

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



7.2. TP 7-1

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



Objectifs

Dans l'atelier  Part Design, utiliser les commandes :

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

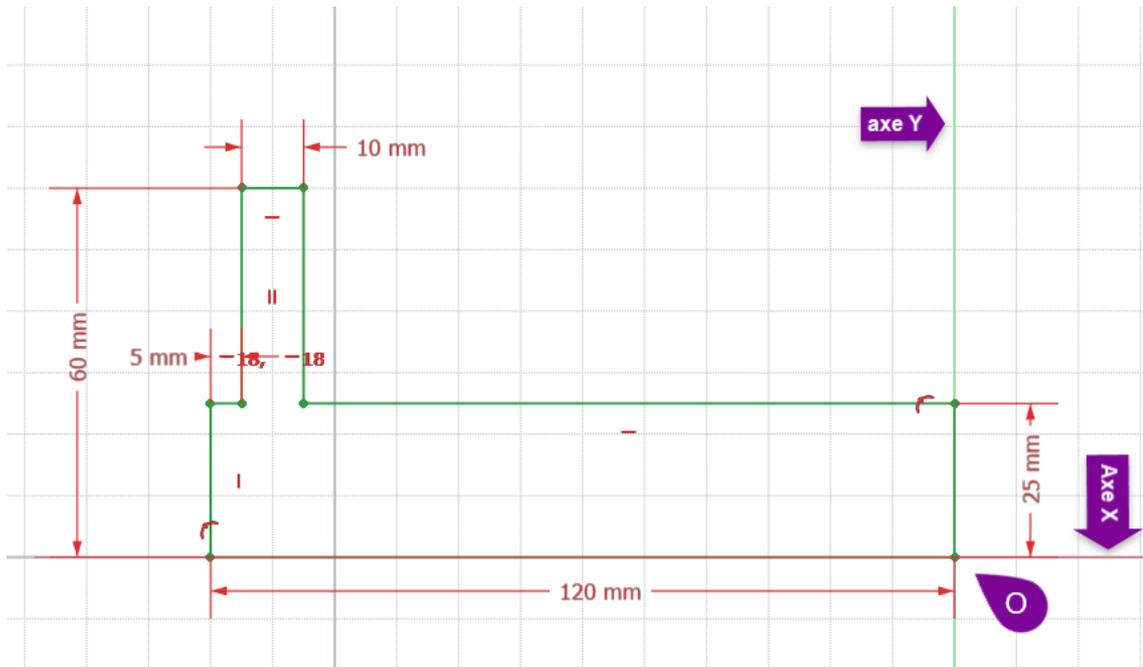
Tâches à réaliser

- Créer un nouveau document  TP7-1 dans FreeCAD ;

7.2.1. 1^{er} corps

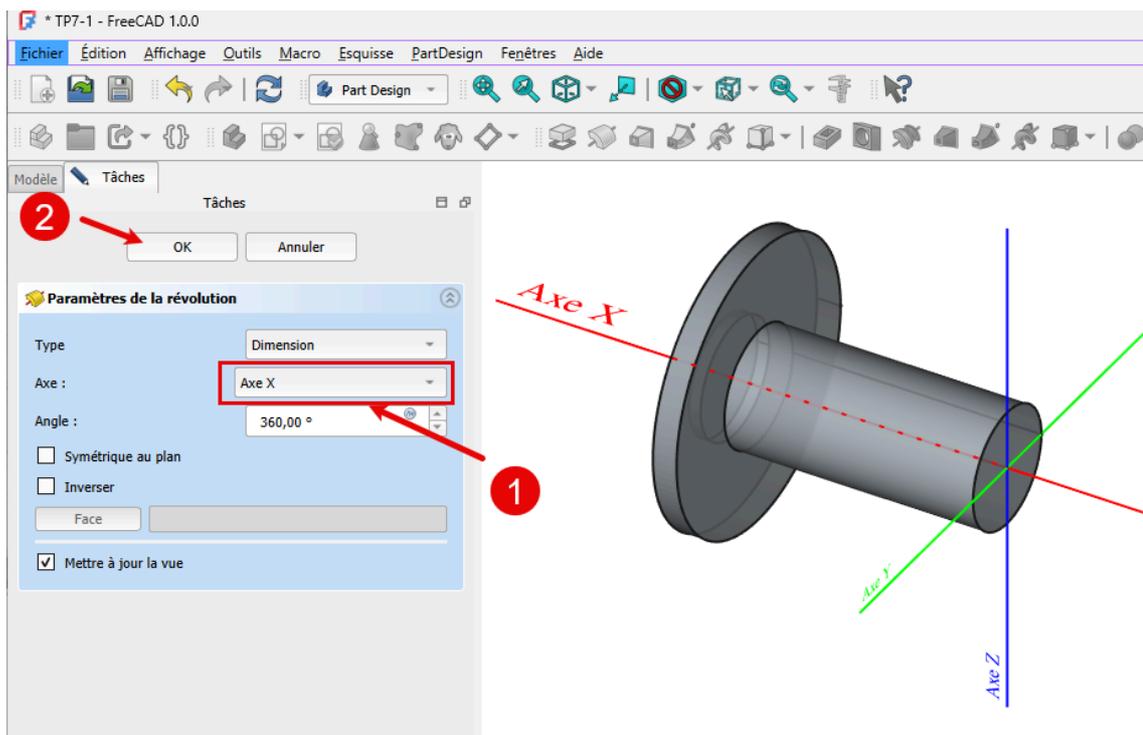
Tâches à réaliser

- 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

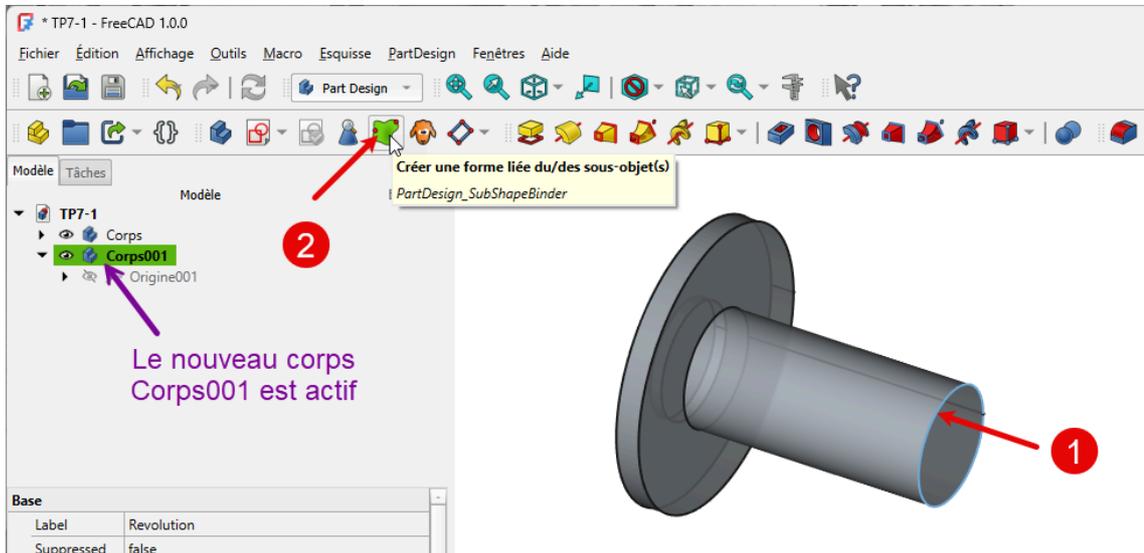
Utiliser une polyligne  pour créer l'esquisse ;



7.2.2. 2nd Corps

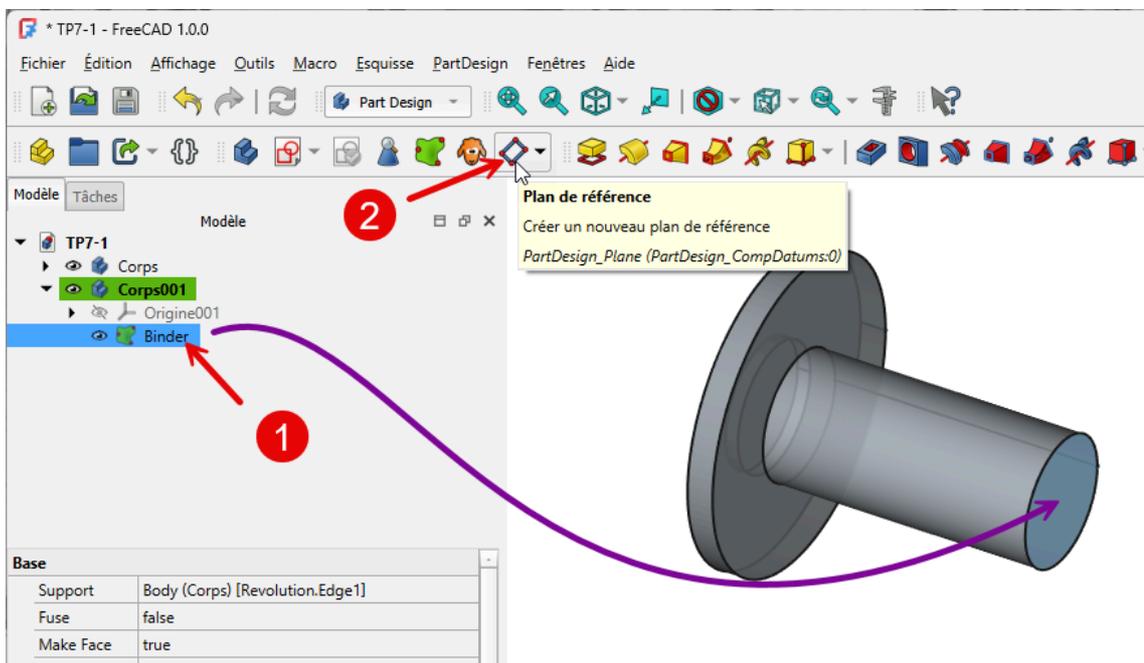
Tâches à réaliser

- Créer un 2nd corps  dans le document  ;
- 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

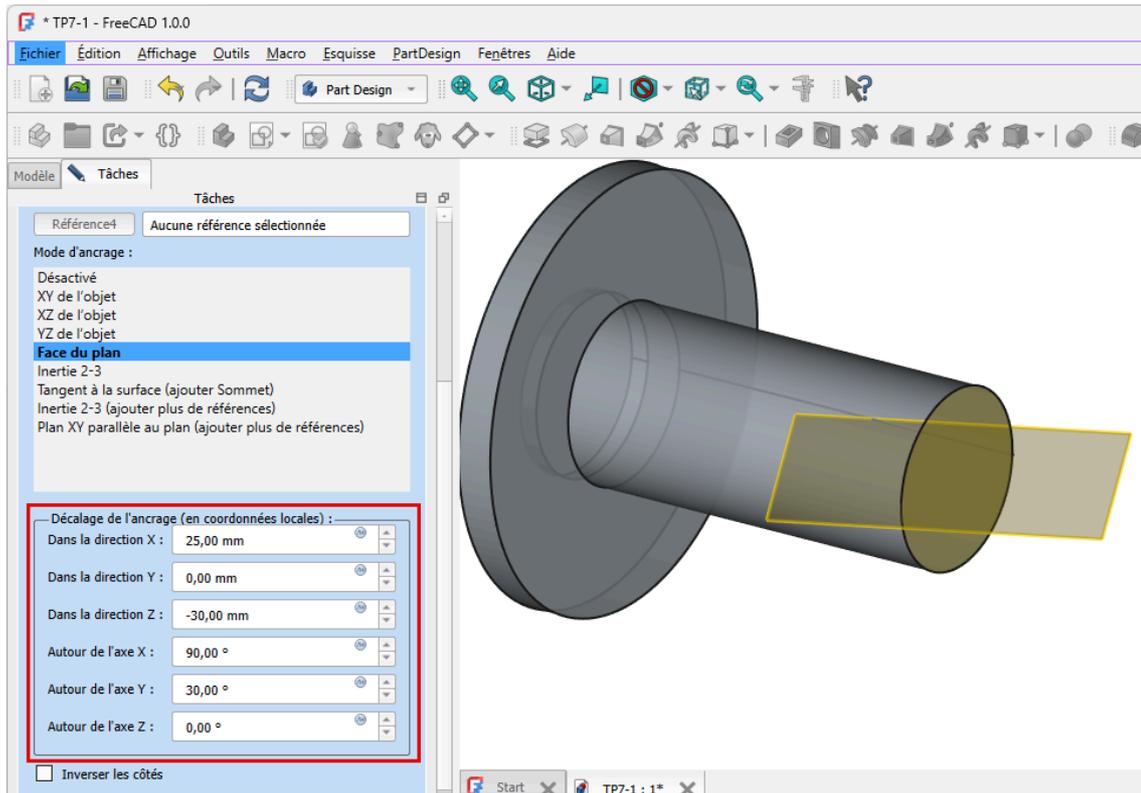
- Ajouter un plan de référence  ancrée à la forme liée ;



2nd corps : création du plan de référence



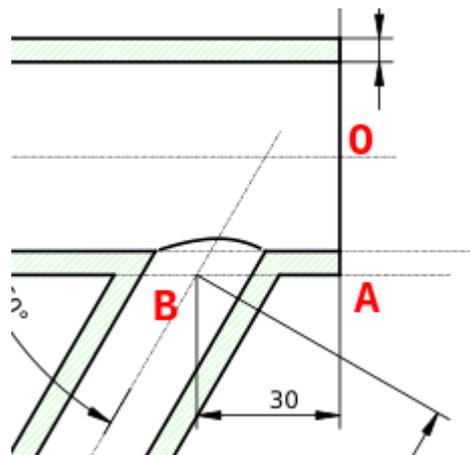
- Décaler et pivoter ce plan de référence comme ci-dessous :



2nd corps : Décalage du plan de référence

Explications

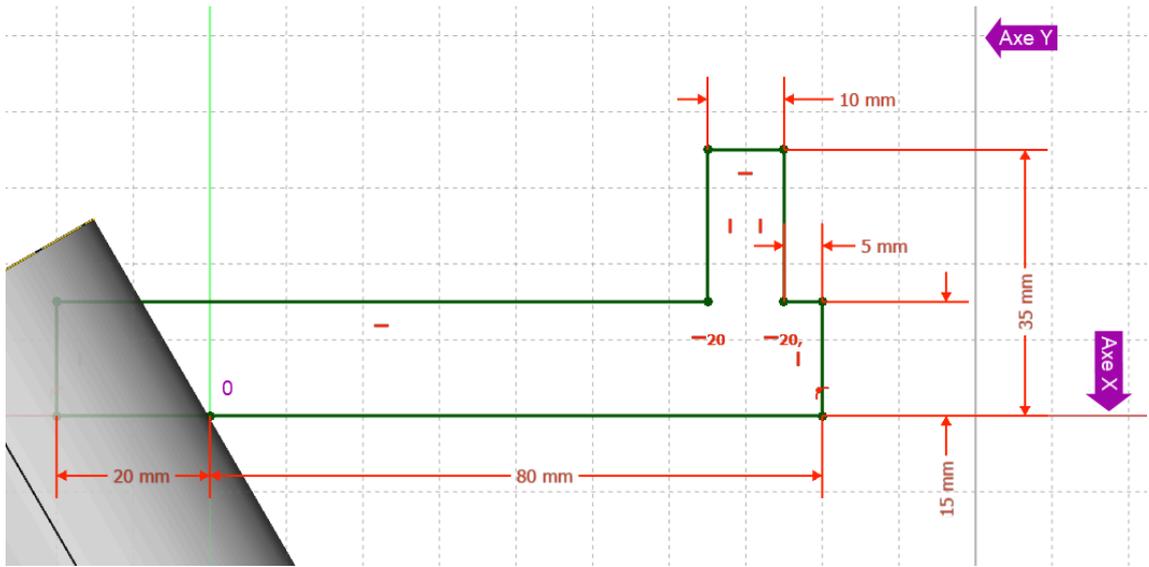
- Direction x : **25 mm** correspond à OA du cylindre ;
- Direction z : **-30 mm** correspond à AB ;
- Rotation autour de X : **90 °** pour ramener le plan parallèle au plan XY ;
- Rotation autour de Y : **30°** inclinaison du 2nd cylindre par rapport au 1^{er} cylindre ;



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

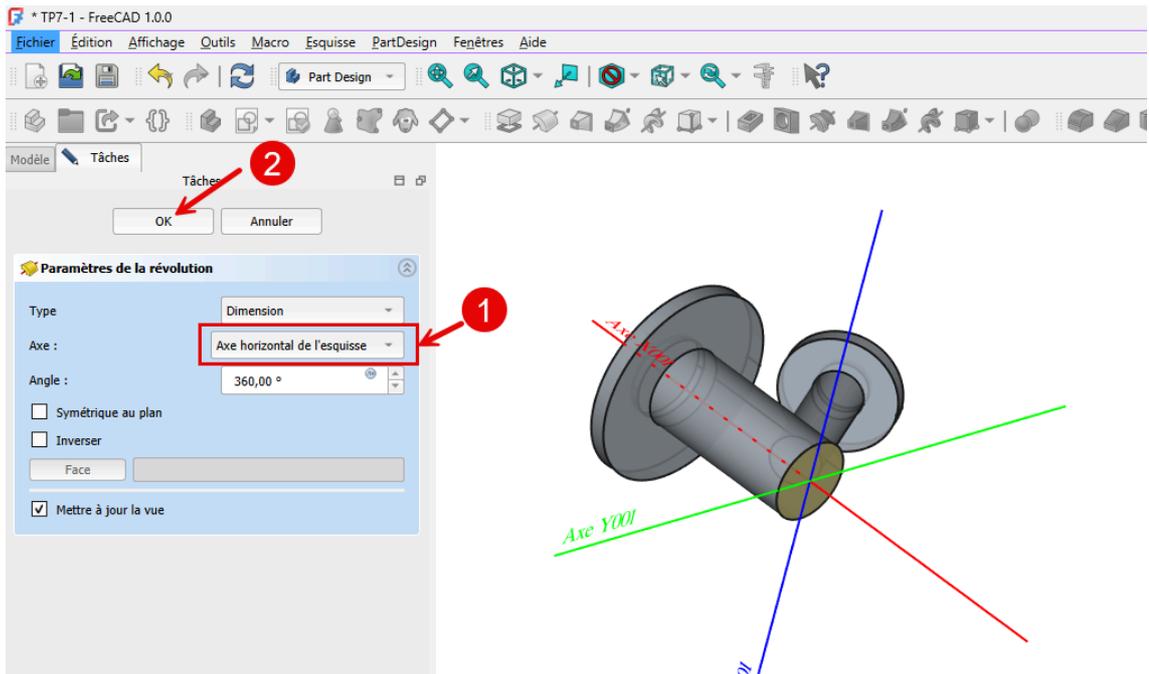
Tâches à réaliser (suite)

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



2nd corps : esquisse

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

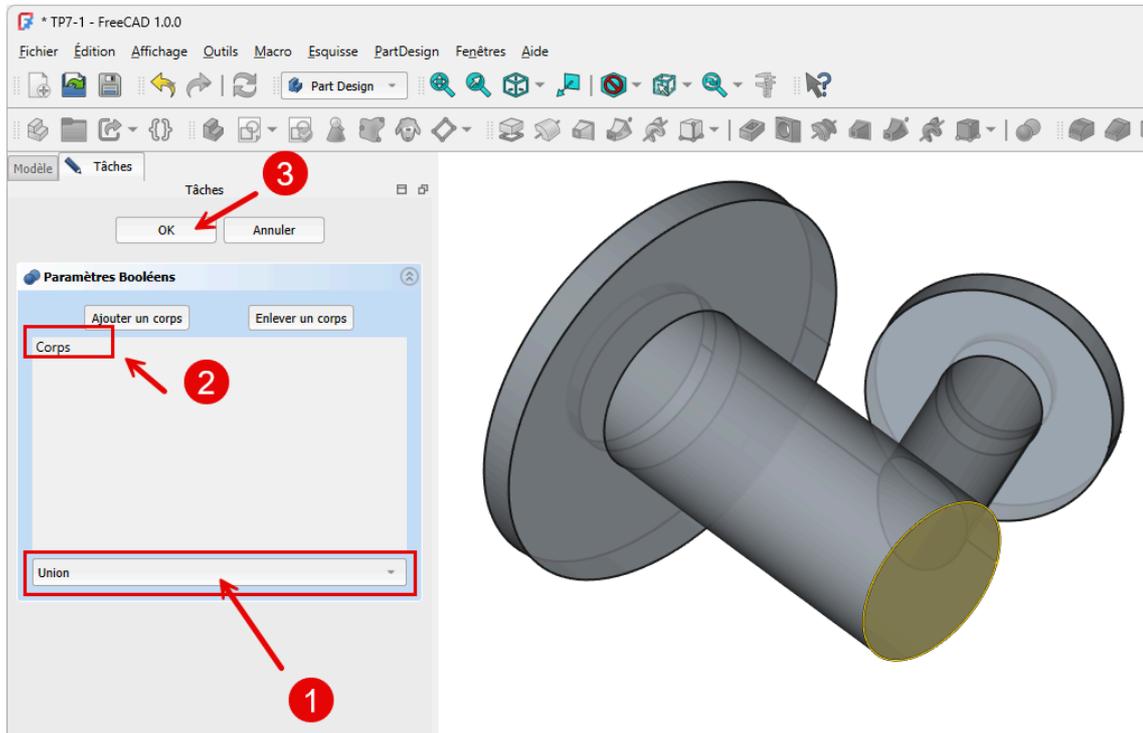


2nd corps : création de la révolution

7.2.3. Fusionner les deux corps

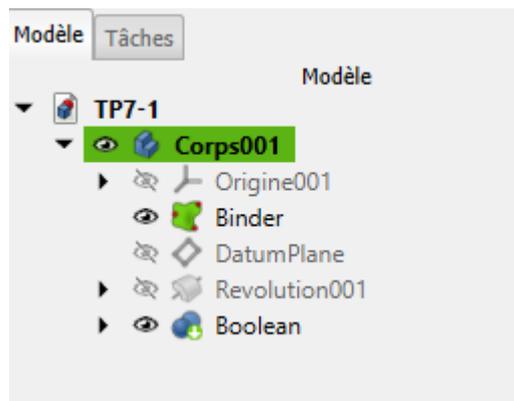
Tâches à réaliser

- 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

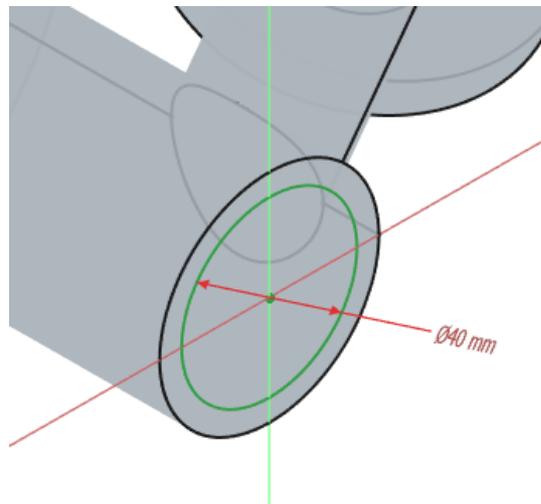




7.2.4. Cavités

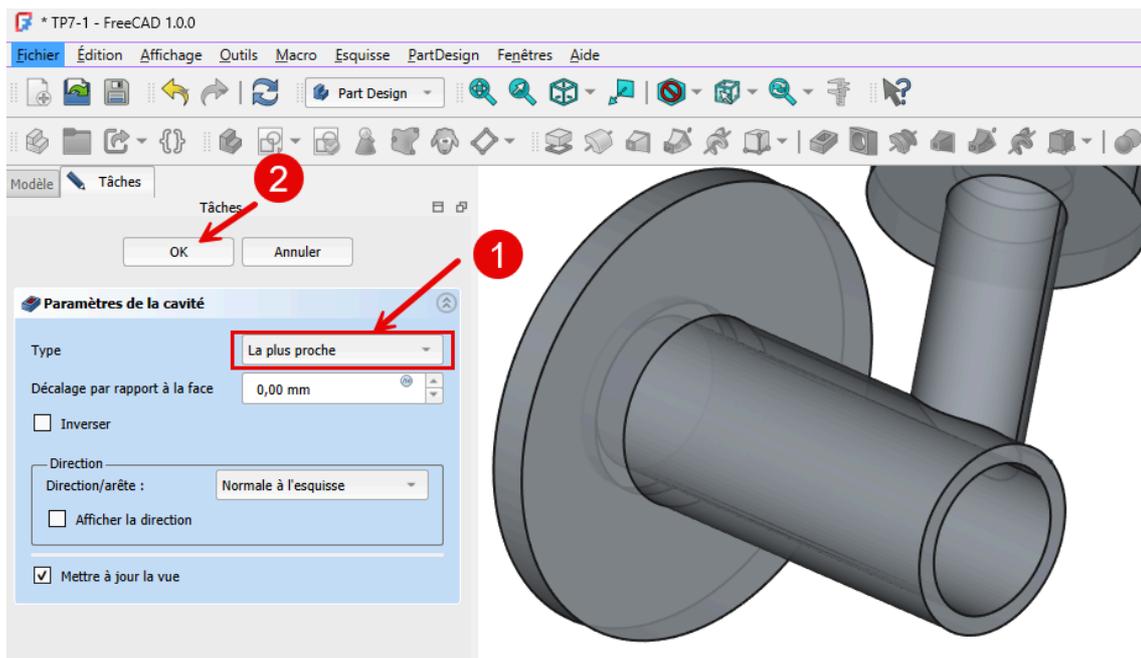
Tâches à réaliser

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



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

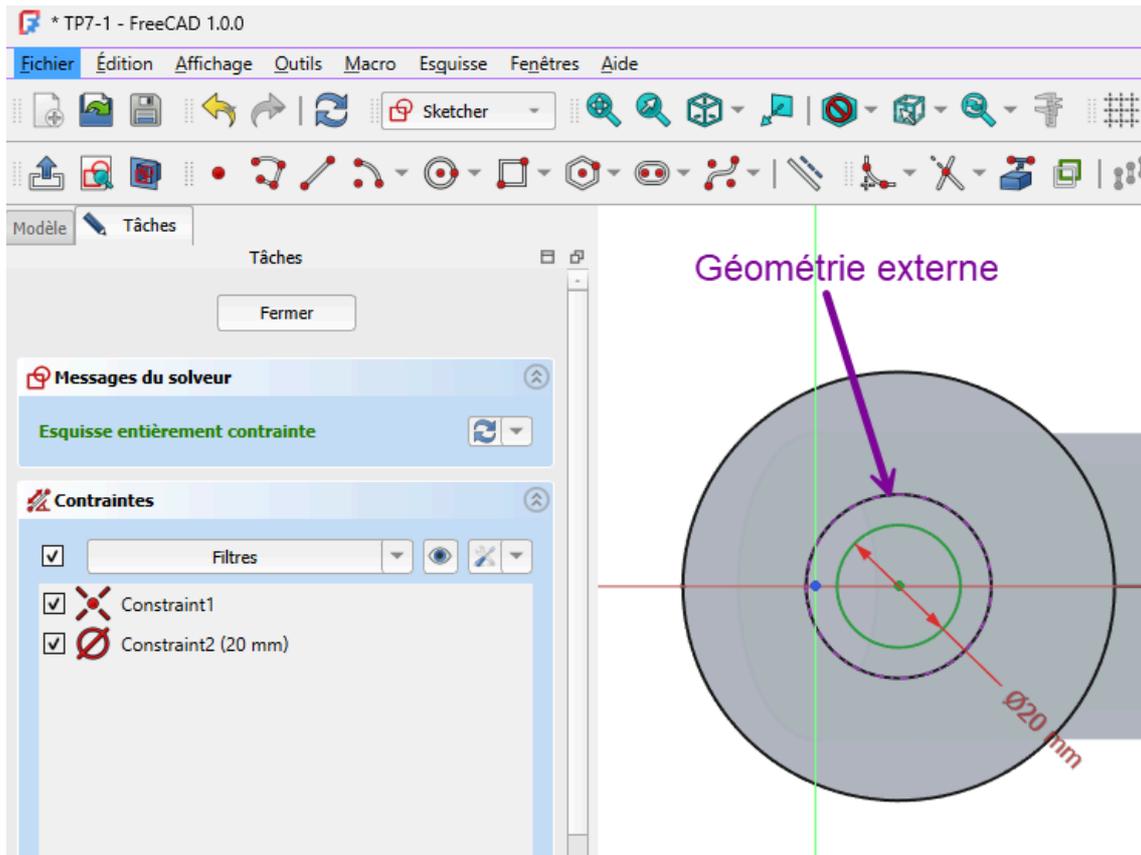
Créer une cavité avec l'option  au plus proche ;



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

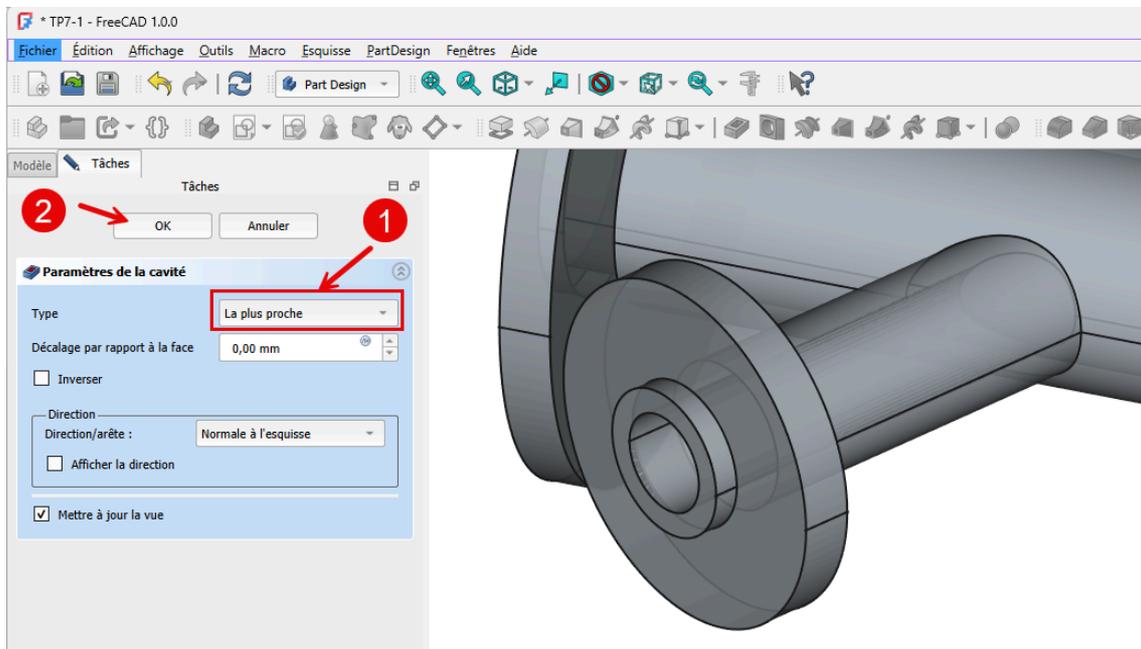


Créer l'esquisse suivante sur la face en bout du 2nd cylindre :



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 ;



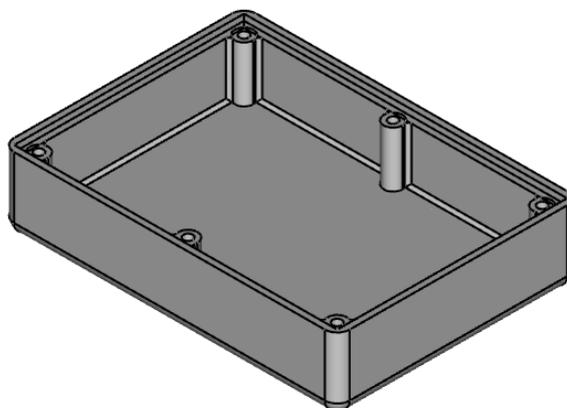
7.2.5. Capture vidéo



7.3. TP 7-2

Nous allons ajouter un couvercle à notre boîte modélisée lors du TP6-2 ^[p.141]. (cf. [TP7-2-Plan.pdf](#))

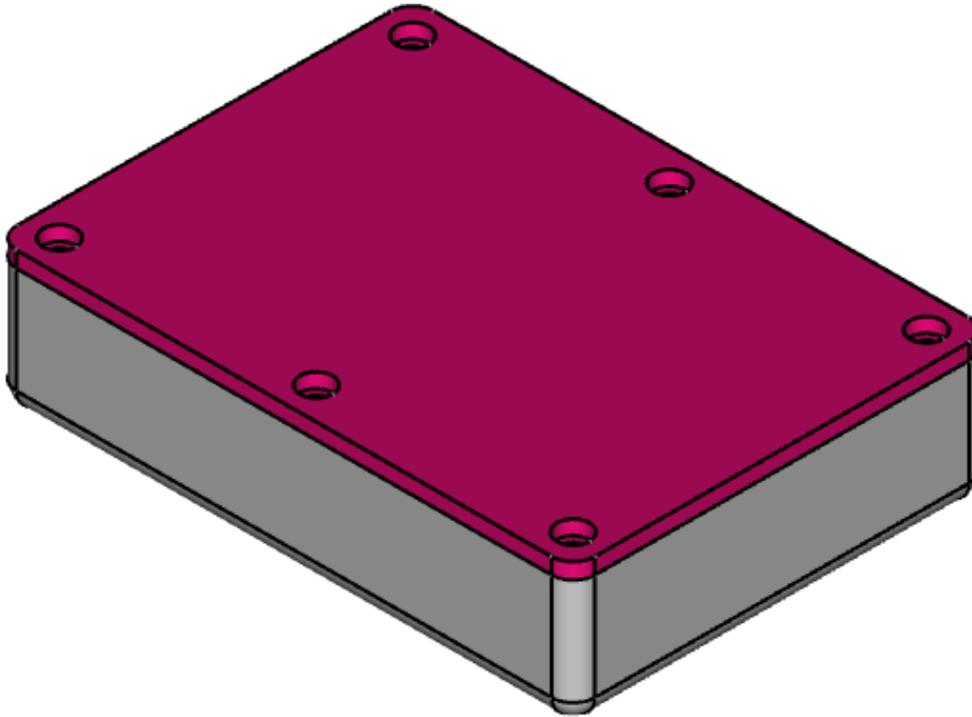
Travail à réaliser



Boîte

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

Illustration



Objectifs

- Créer une [sous-forme liée](#) ^W  d'une fonction paramétrique pour récupérer des géométries du fond de la boîte ;
- Utiliser la fonction paramétrique [Perçage](#) ^W  ;

Tâches à réaliser

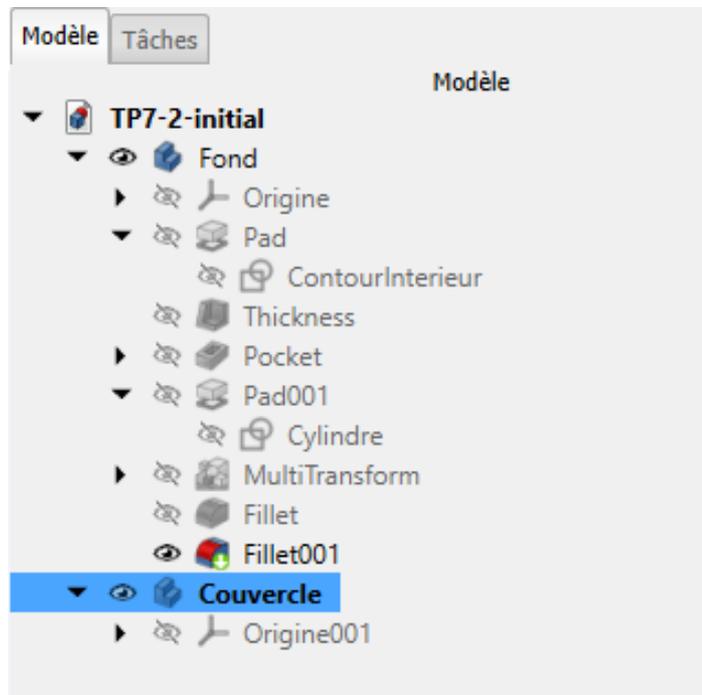
- Télécharger sur votre ordinateur le fichier [TP7-2-initial.FCStd](#) et l'ouvrir dans FreeCAD ;
- Enregistrer le document sous le nom  TP7-2 ;



7.3.1. Sous-forme liée

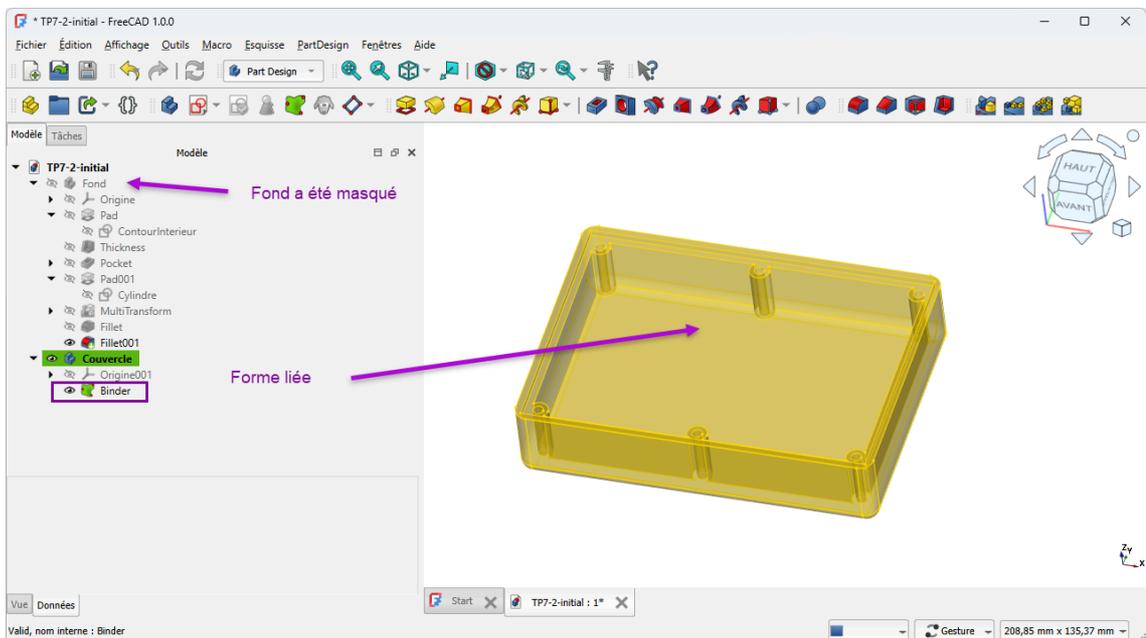
Tâches à réaliser

- Ajouter un 2nd corps  que vous renommerez  Couvercle ;



Création d'un 2nd corps

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



Création de la sous-forme liée



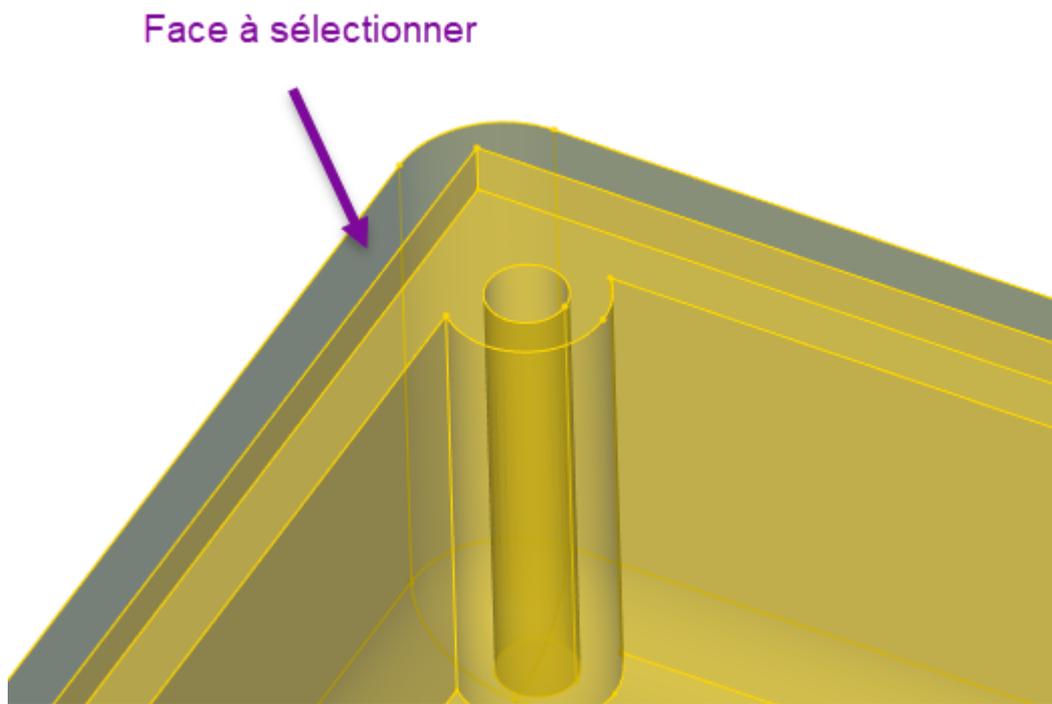
Aide

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

7.3.2. Partie supérieure

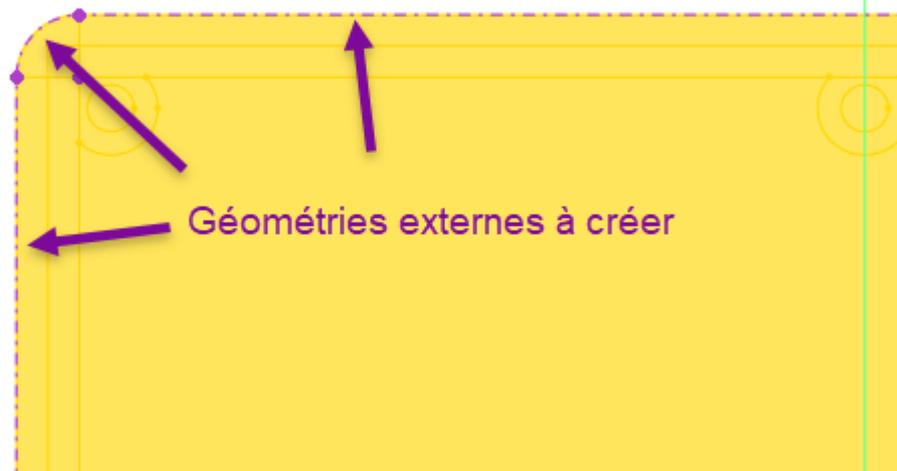
Tâches à réaliser

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



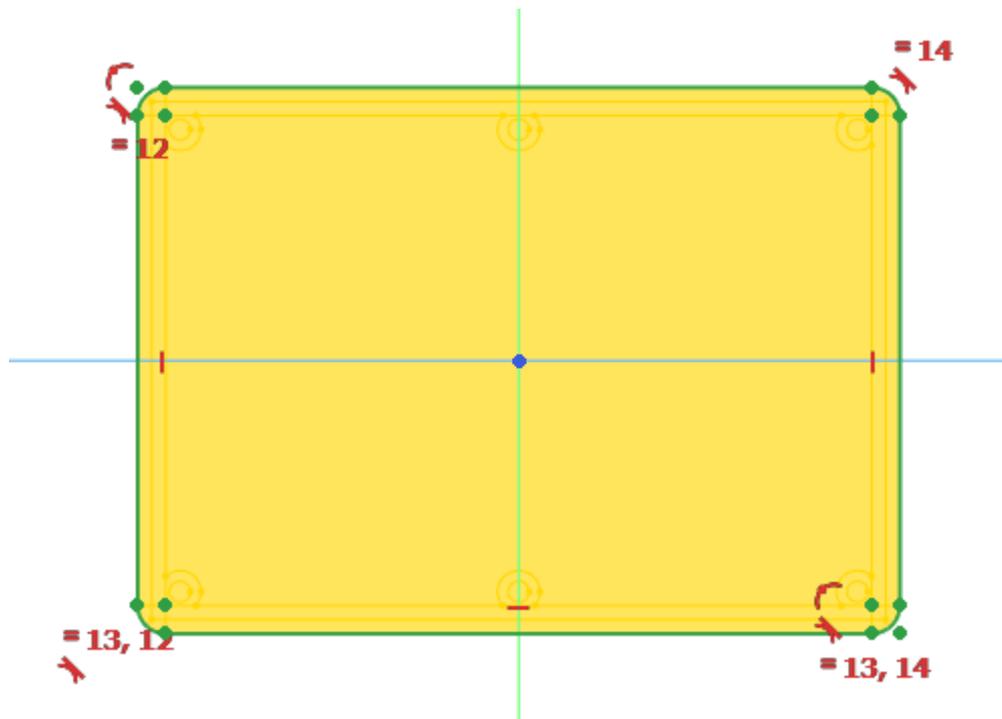
Face à sélectionner pour créer la nouvelle esquisse

- 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

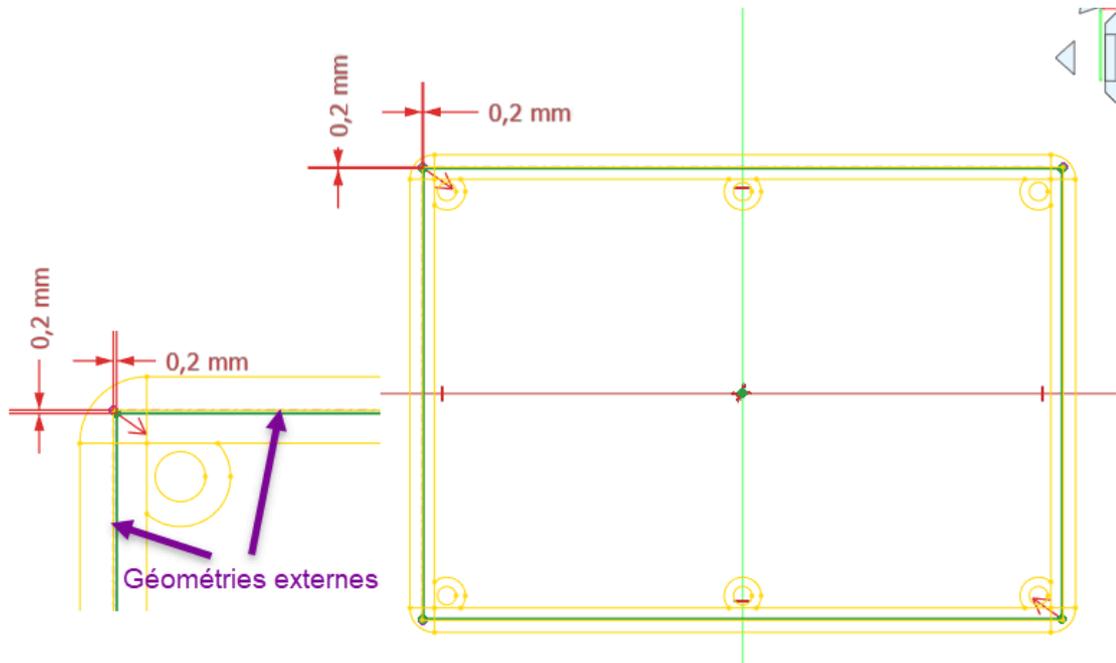
- Créer une protrusion de 3 mn correspondant à la partie supérieure du couvercle ;



7.3.3. Partie inférieure

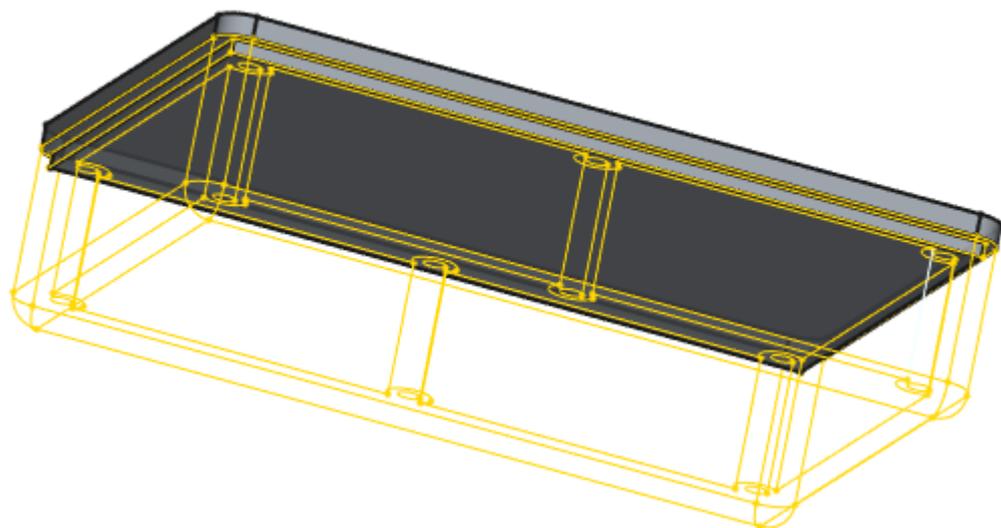
Tâches à réaliser

- 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 ;





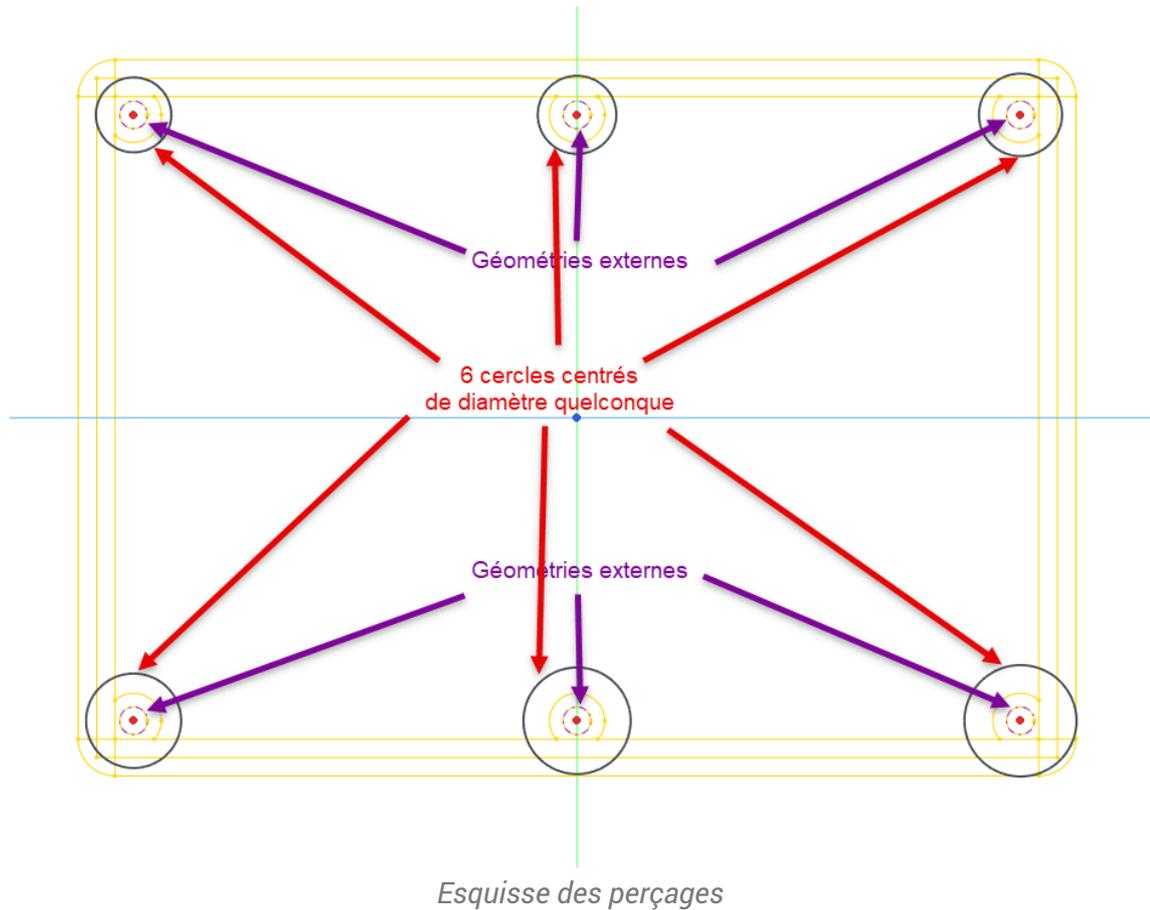
Aide

- 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

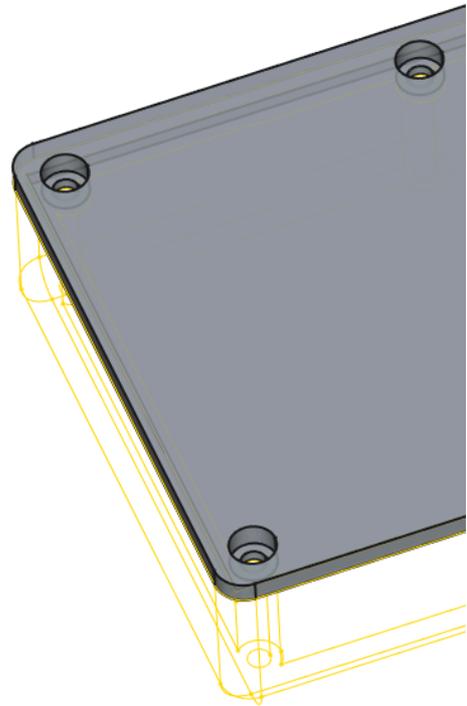
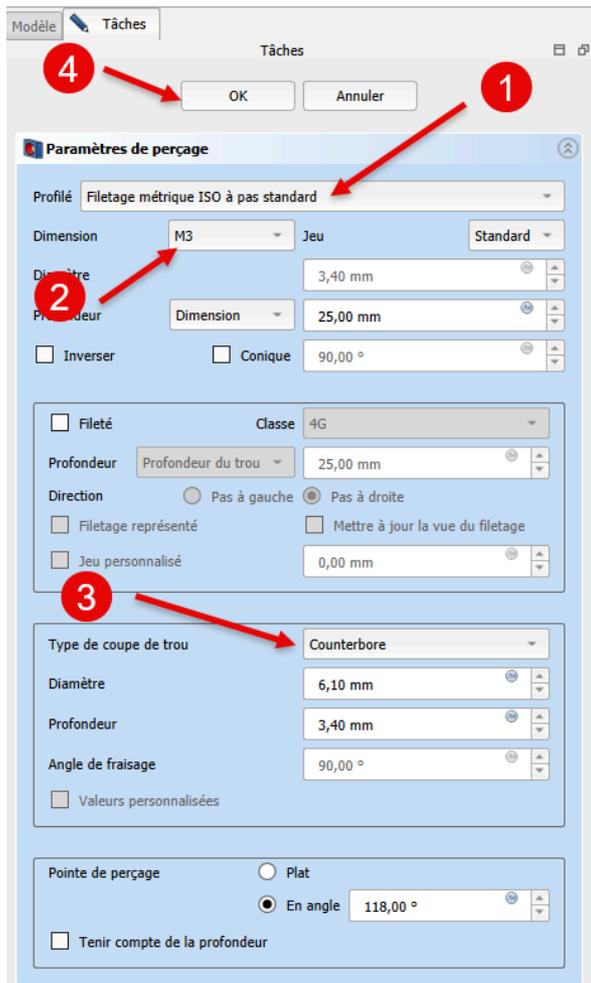
Tâches à réaliser

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



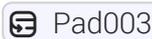


- Appliquer la fonction paramétrique Perçage  à cette esquisse pour modéliser les 6 emplacements de vis en appliquant les paramètres ci-dessous :



Paramètres du perçage

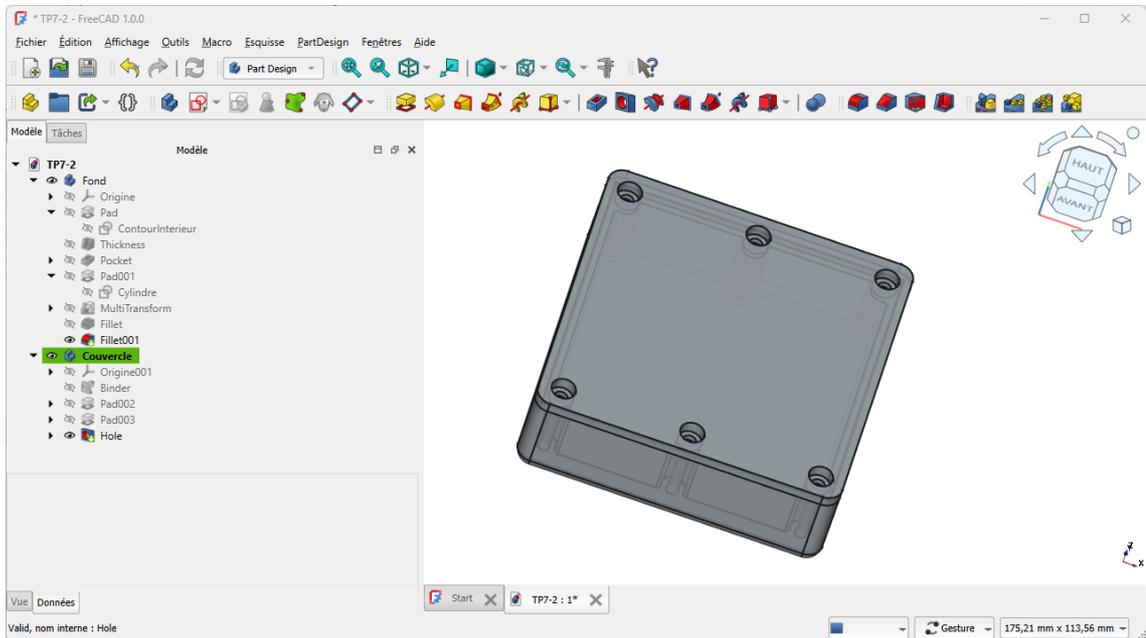
Aide

- 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 boîte ;
- Vérifier que le modèle n'est pas cassé ;



Vérification de l'intégrité du modèle

7.3.6. Capture vidéo



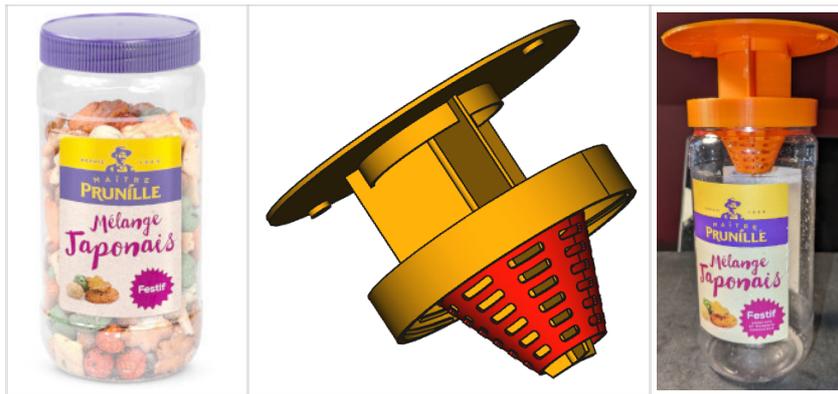
7.4. TP7-3

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.186] et à réaliser le TP 8-1 ^[p.187] avant de démarrer ce TP 7-3.

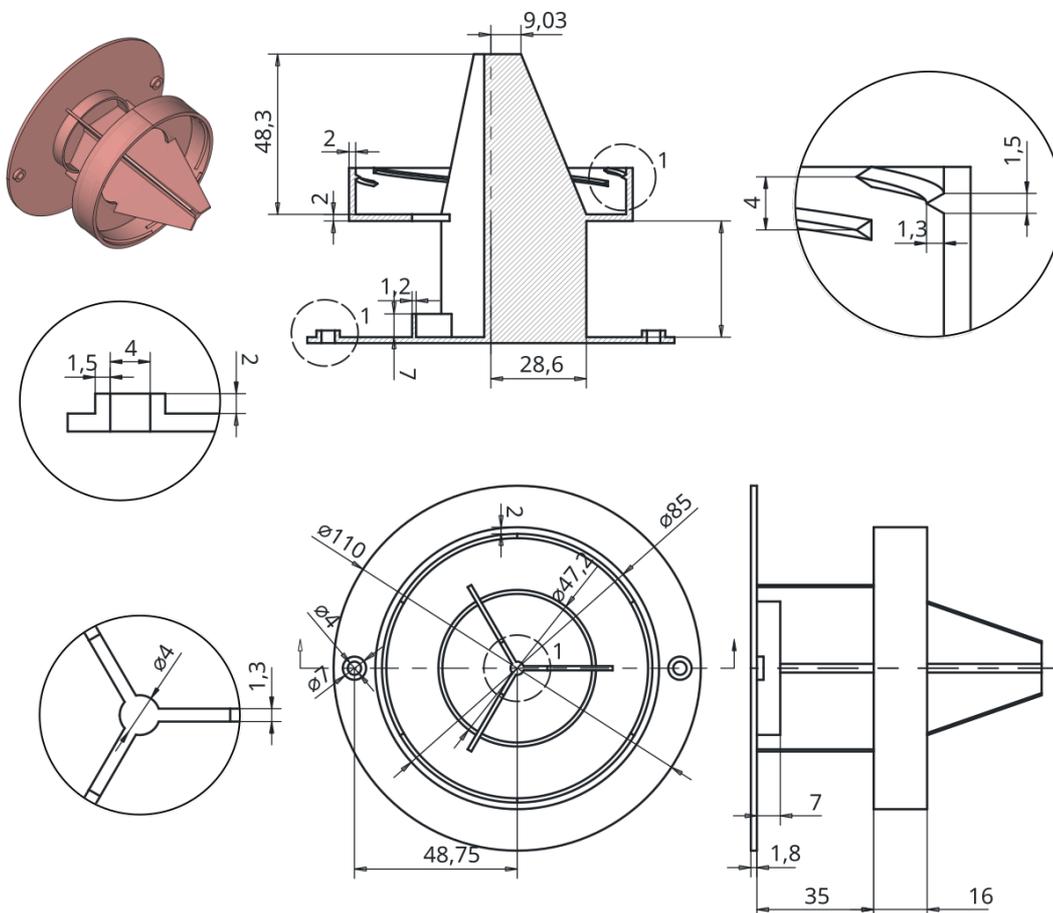


Nous allons créer un couvercle qui recevra le cône filtre du TP 9-3 et qui se vissera sur une boîte en plastique récupérée (emballage du commerce) pour créer un piège à frelons et guêpes :



Plan

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



Objectifs

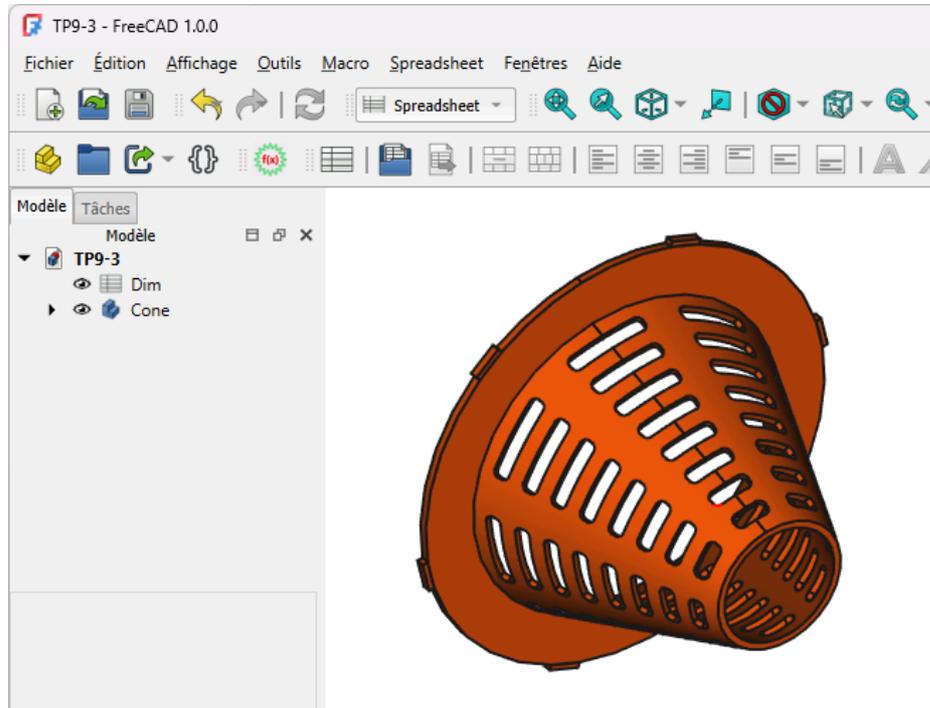
- Utiliser la fonction paramétrique Hélice additive^W ;
- Utiliser une sous-forme liée d'un corps ;
- Utiliser la commande Opérateur booléen ;



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 un 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			Chapeau							
2	Diamètre extérieur (BoitDiam)	78,20 mm		Diamètre Chapeau (ChapeuDiam)	110,00 mm						
3	Nombre de filetages (BoitNbFiletage)	6		Épaisseur Chapeau (ChapeuEp)	1,80 mm						
4	Distance supérieure filetage (BoitHtSupFiletage)	5,00 mm		Diamètre Fixation (ChapeauTrouDiam)	4,00 mm						
5	Distance inférieure filetage (BoitHtInfFiletage)	9,00 mm		Distance centre fixation (ChapeauDistTrouFixation)	48,75 mm						<-- Valeur calculée
6	Hauteur filetage (BoitHtFiletage)	1,30 mm		Épaisseur renfort fixation (ChapeauEpTrouFixation)	1,50 mm						
7	Largeur filetage (BoitLargFiletage)	1,30 mm		Hauteur Renfort trou fixation (ChapeauHtTrouFixation)	2,00 mm						
8				Hauteur nervure (ChapHtNervure)	7,00 mm						
9				Épaisseur Nervure (ChapeauEpNervure)	1,20 mm						
10	Diamètre disque est (ConeDisDiam)	78,20 mm		Diamètre est nervure (ChapeauDiamNervure)	47,20 mm						<-- Valeur calculée
11	Hauteur totale (ConeHtTotal)	45,30 mm		Couvercle							
12	Largeur disque (ConeLargDisque)	10,00 mm		Distance Chapeau Couvercle (CouvDistChapeau)	35,00 mm						<-- Valeur calculée
13	Épaisseur disque (ConeEpDisque)	1,30 mm		Diamètre intérieur couvercle (CouvDiamInt)	81,00 mm						<-- Valeur calculée
14	Hauteur ergot (ConeHtErgot)	1,00 mm		Épaisseur couvercle (CouvEp)	2,00 mm						
15	Largeur ergot (ConeLargErgot)	5,80 mm		Diamètre ouverture couvercle (CouvDiamOuverture)	47,20 mm						<-- Valeur calculée
16	Petit diamètre intérieur du cône (ConePetitDiamInt)	21,50 mm		Hauteur Couvercle (CouvHt)	16,00 mm						
17	Épaisseur cône (ConeEp)	1,30 mm		Alès							
18	Largeur max des fentes de la grille (GrilleLargMax)	15,00 mm		largeur aile intérieur (AlèsGrLarg)	28,60 mm						<-- Valeur calculée
19	Largeur min des fentes de la grille (GrilleLargMin)	6,00 mm		Haut aile intérieur (AlèsHt)	48,30 mm						<-- Valeur calculée
20	Nombre de fentes (GrilleNbFentes)	8		Petite largeur aile (AlèsPetLarg)	9,03 mm						<-- Valeur calculée
21	Angle du cône (AngleCone)	22,05°	<-- Valeur calculée	Dial Cylindre Liason Ailes (DiamLiasonAile)	4,00 mm						
22	long de la génératrice du cône (ConeLongGeneratrice)	47,28 mm	<-- Valeur calculée	ep Aile (AileEp)	1,30 mm						
23	Espacement entre éléments de la grille (GrilleEspacement)	2,78 mm	<-- Valeur calculée								
24	Rayon arrondi des fentes de la grille (GrilleConce)	1,00 mm									
25											

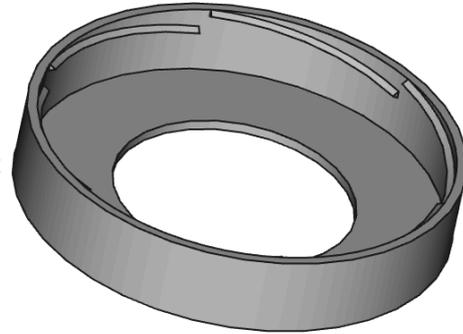


Pour travailler confortablement :

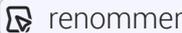
- Télécharger et imprimer sur support papier le tableau des dimensions avec les alias : [TP7-3-dim](#) au format PDF ;

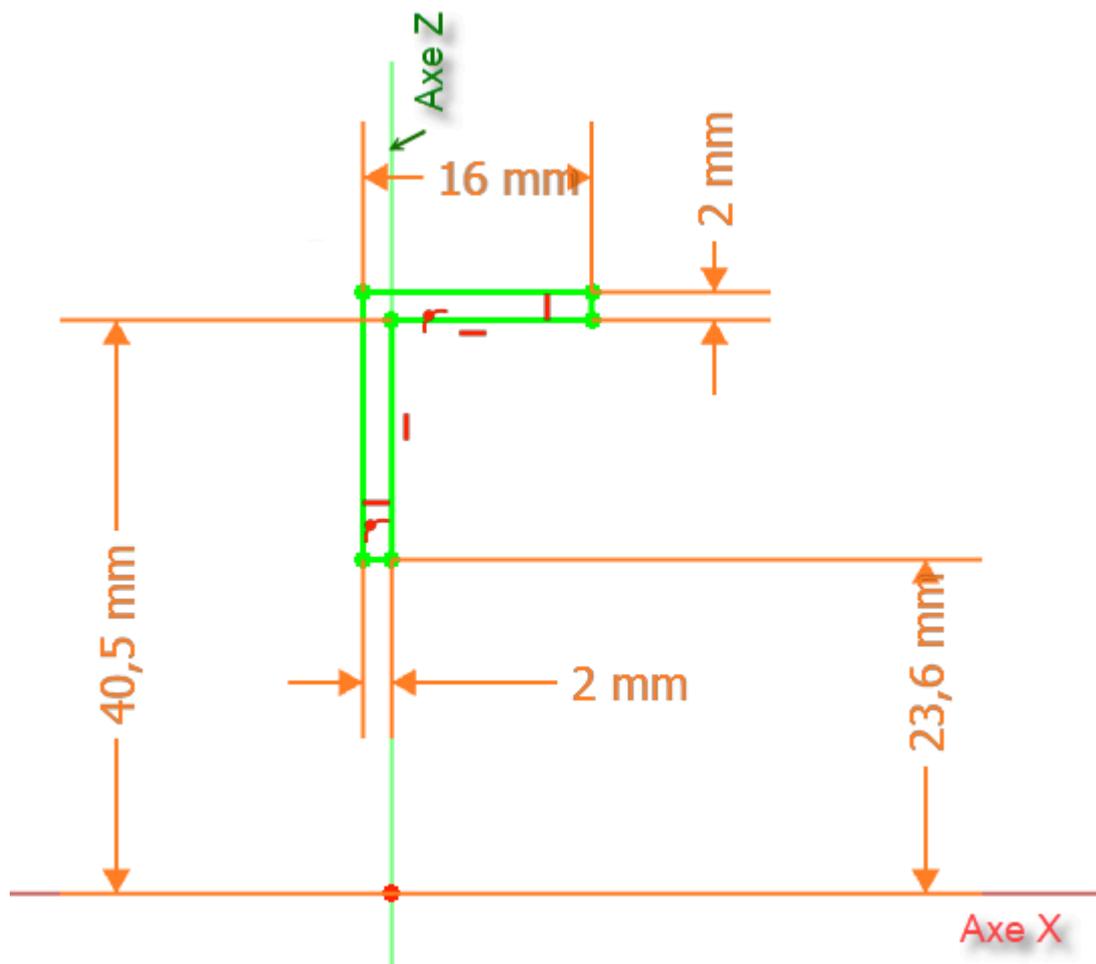
7.4.2. Création du couvercle

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

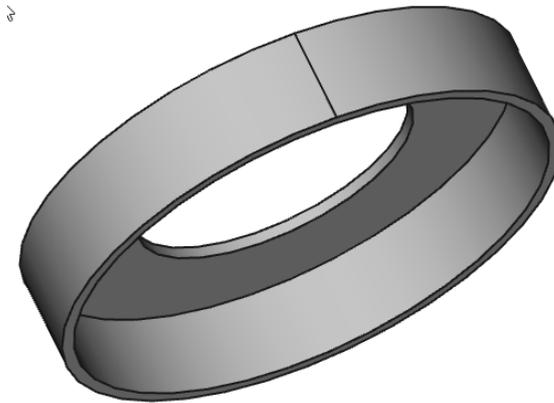


Tâches à réaliser

- Dans la vue combinée, masquer le cône à l'aide de la  barre d'espace ;
- Créer un nouveau corps  que vous renommerez  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 ;



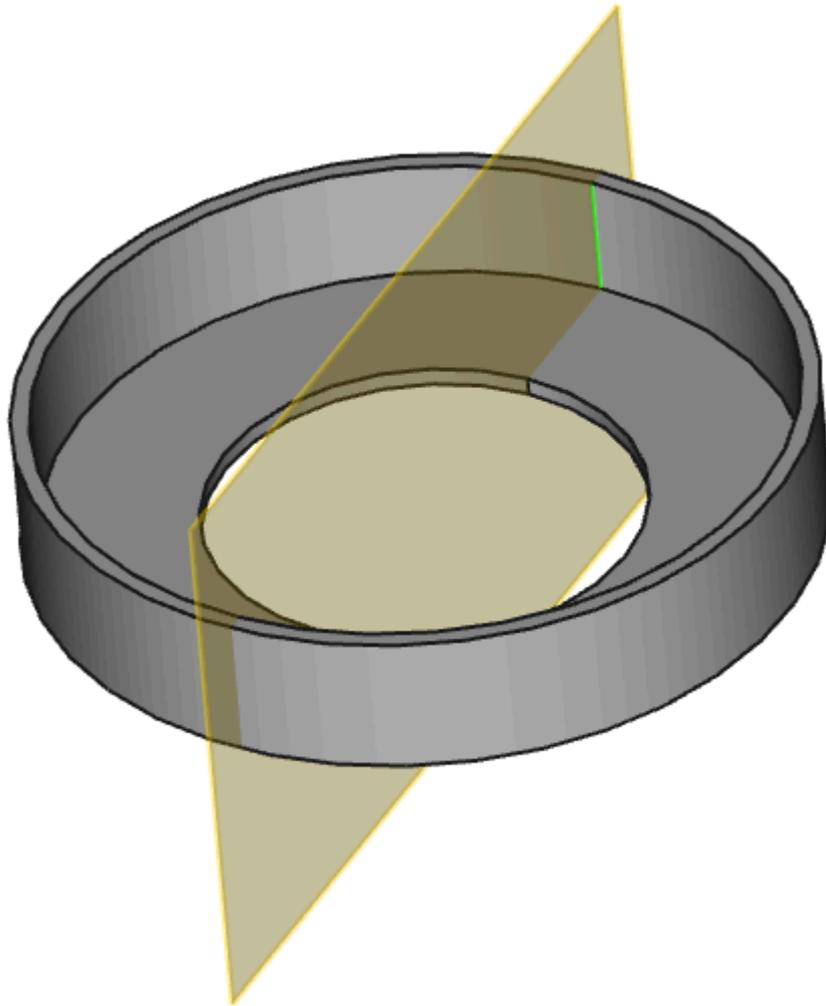
- Créer une révolution  autour de l'axe X ;



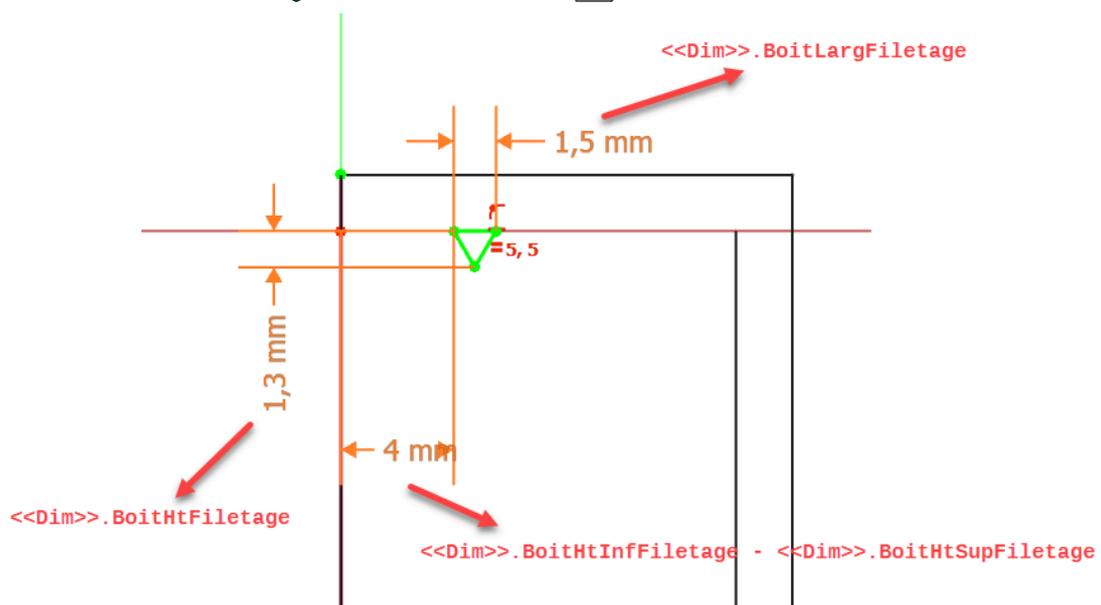


Tâches à réaliser

- 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 :



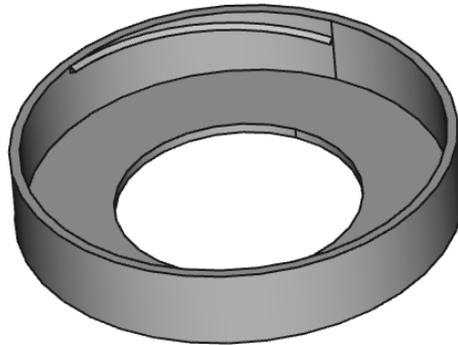


- Masquer le plan de référence dans la vue combinée pour mieux visualiser votre esquisse ;

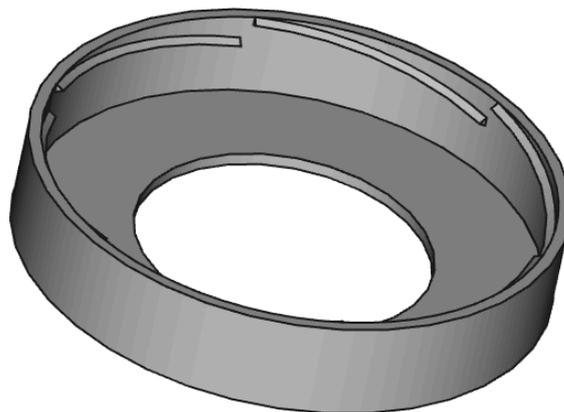
☰ Tâches à réaliser

- 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	$\langle\langle Dim \rangle\rangle . BoitHtInfFiletage$ - $\langle\langle Dim \rangle\rangle . BoitHtSupFiletage$	4 mm
Tours	$1 / \langle\langle Dim \rangle\rangle . BoitNbFiletage$	0.17
Angle du cône	0°	



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



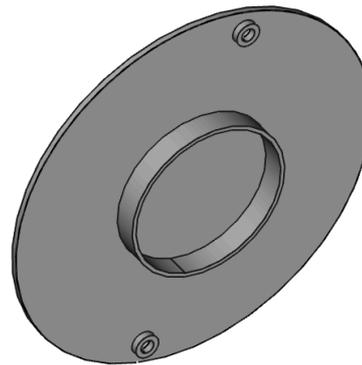


7.4.2.1. Capture vidéo



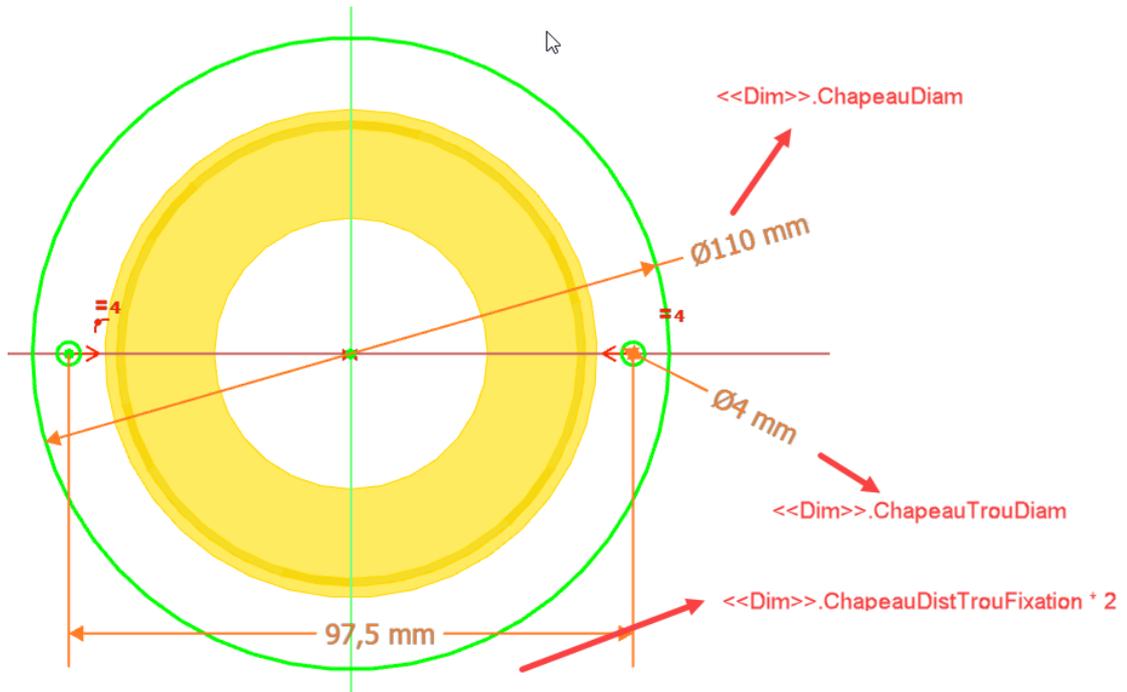
7.4.3. Création du chapeau

Nous allons maintenant modéliser le chapeau du piège :



Tâches à réaliser

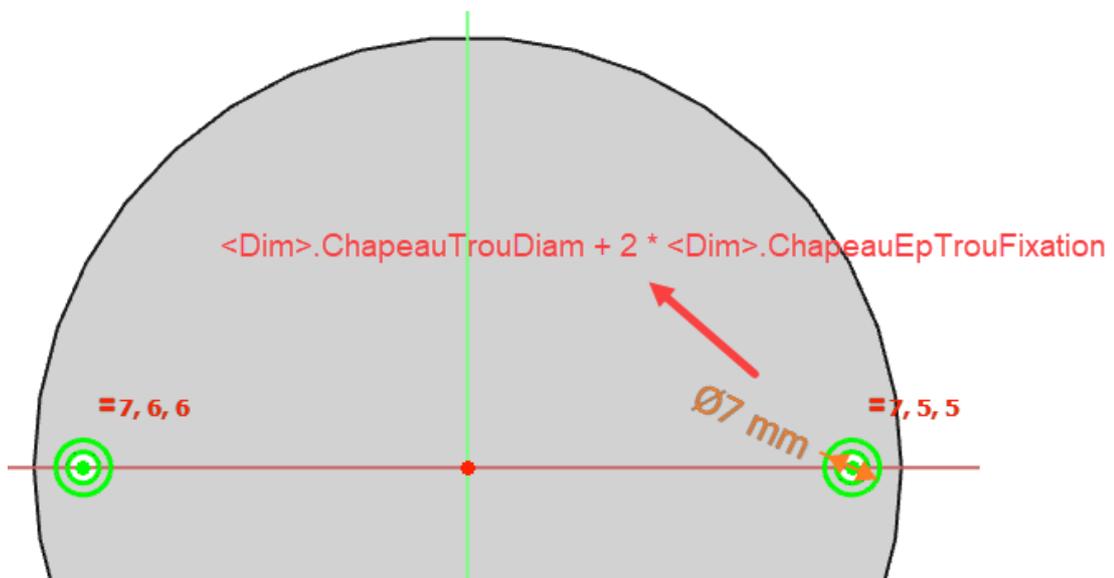
- Créer un nouveau corps  que vous renommerez `Chapeau` ;
- Créer une forme liée  du `Couvercle` , puis masquer le couvercle ;
- Sélectionner la face plate de la forme liée et créer un plan de référence  ;
- Décaler ce plan de référence sur l'axe Z de la distance `<<Dim>>.CouvDistChapeau` ;
- Créer l'esquisse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



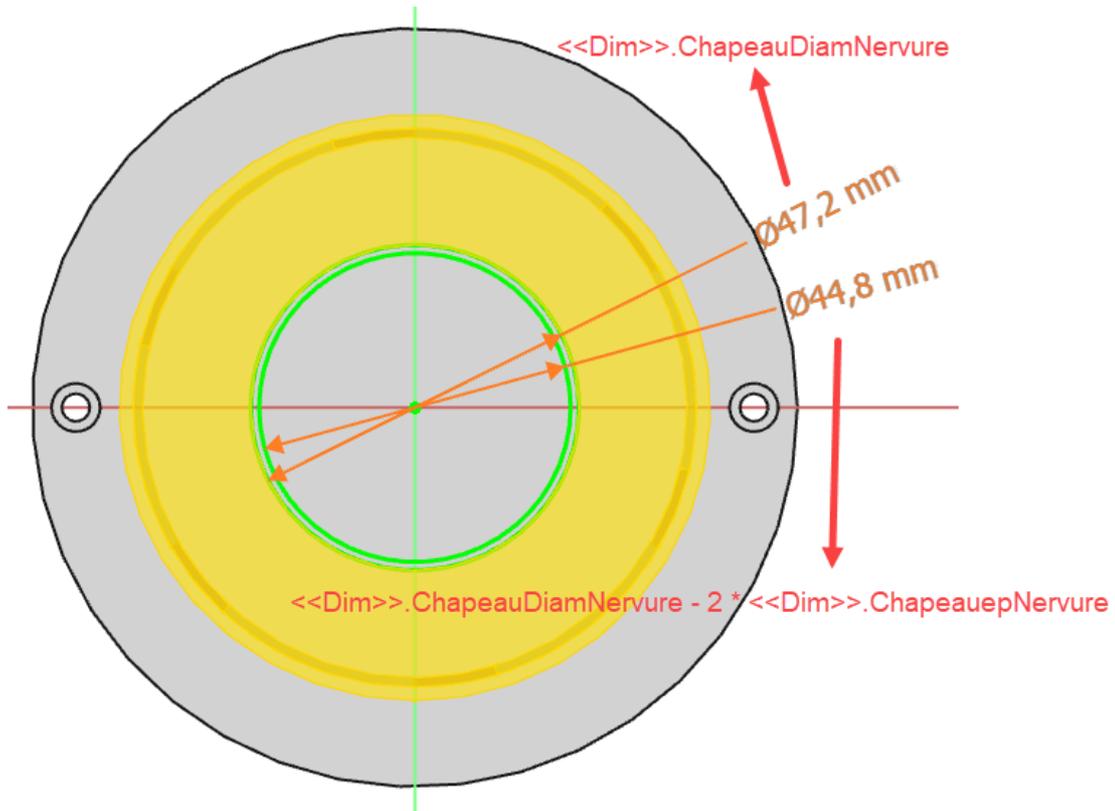
- Créer une protrusion  d'épaisseur ;

Tâches à réaliser

- Créer l'esquisse  ci-dessous en sous-face du chapeau puis une protrusion  d'épaisseur pour créer les renforts des trous de fixation ;



- Créer l'esquisse  ci-dessous en sous-face du chapeau puis une protrusion  d'épaisseur pour créer la nervure ;

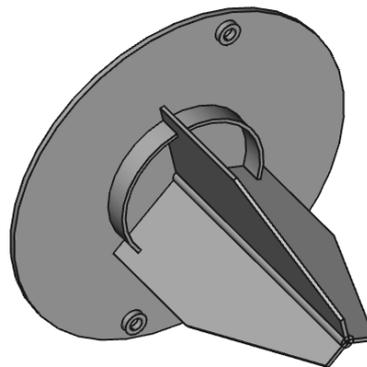


7.4.3.1. Capture vidéo



7.4.4. Création des ailes

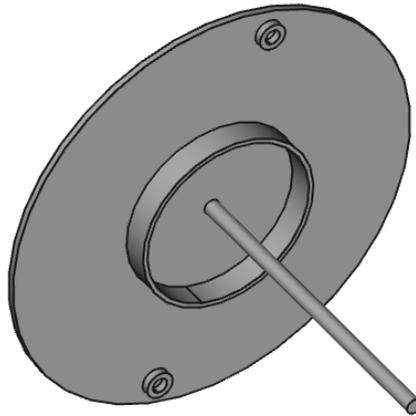
Nous allons maintenant ajouter les ailes au chapeau :



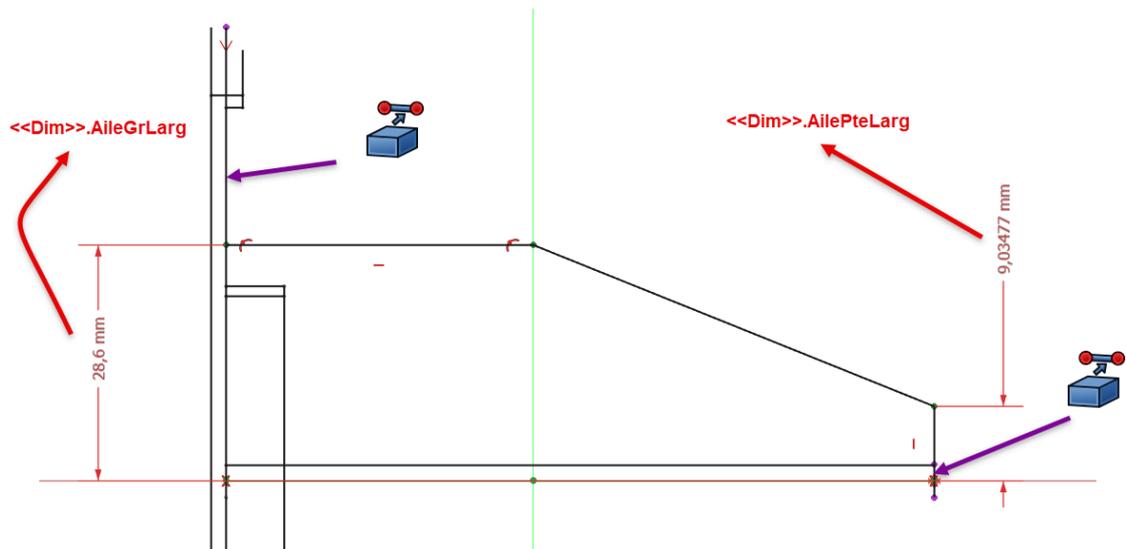


Tâches à réaliser

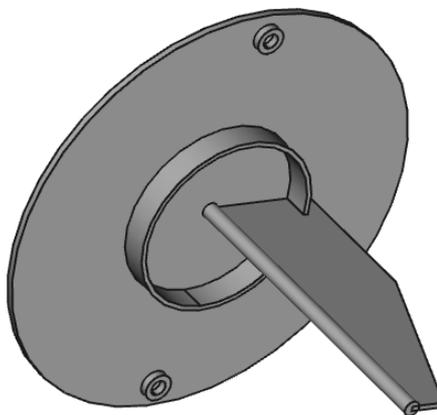
- Créer le cylindre de liaison de diamètre `<<Dim>>.DiamLiaisonAile` et de longueur `<<Dim>>.CouvDistChapeau + <<Dim>>.CouvEp + <<Dim>>.AileHt` à l'aide d'une esquisse et d'une protrusion ;



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

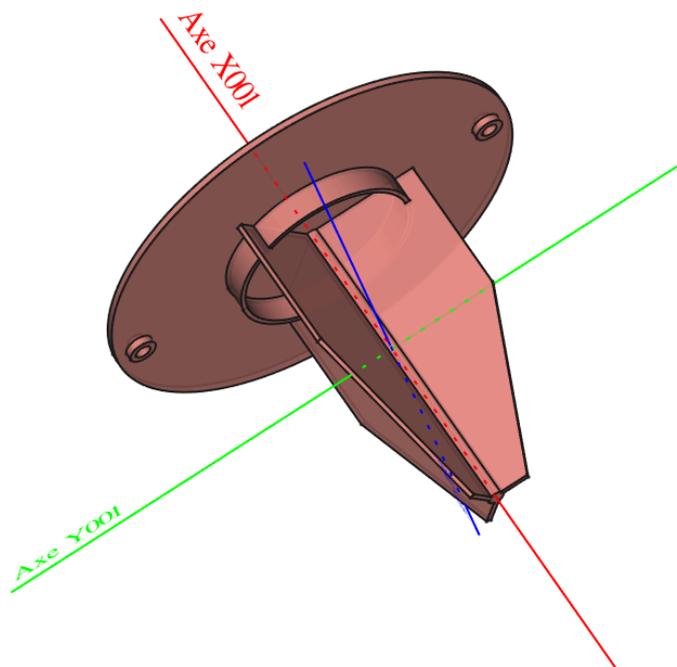
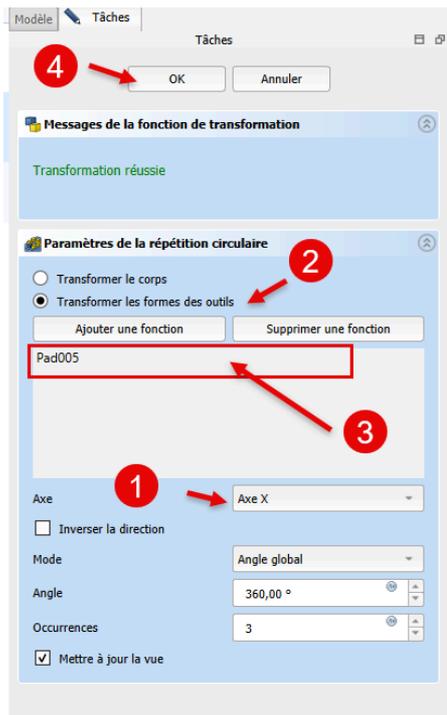


- Revenir en affichage filaire ombré et créer une protrusion symétrique d'épaisseur `<<Dim>>.AileEp` ;





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

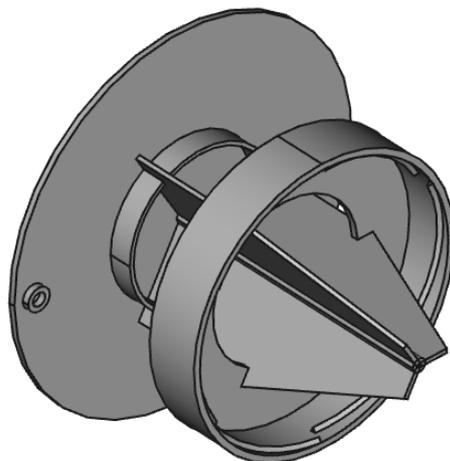


7.4.4.1. Capture vidéo



7.4.5. Fusion du chapeau et du couvercle

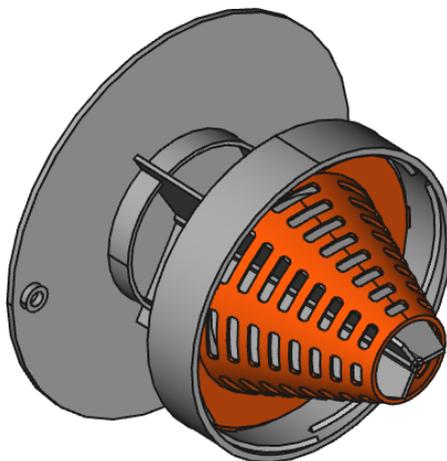
Nous allons maintenant fusionner le couvercle et le chapeau :





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

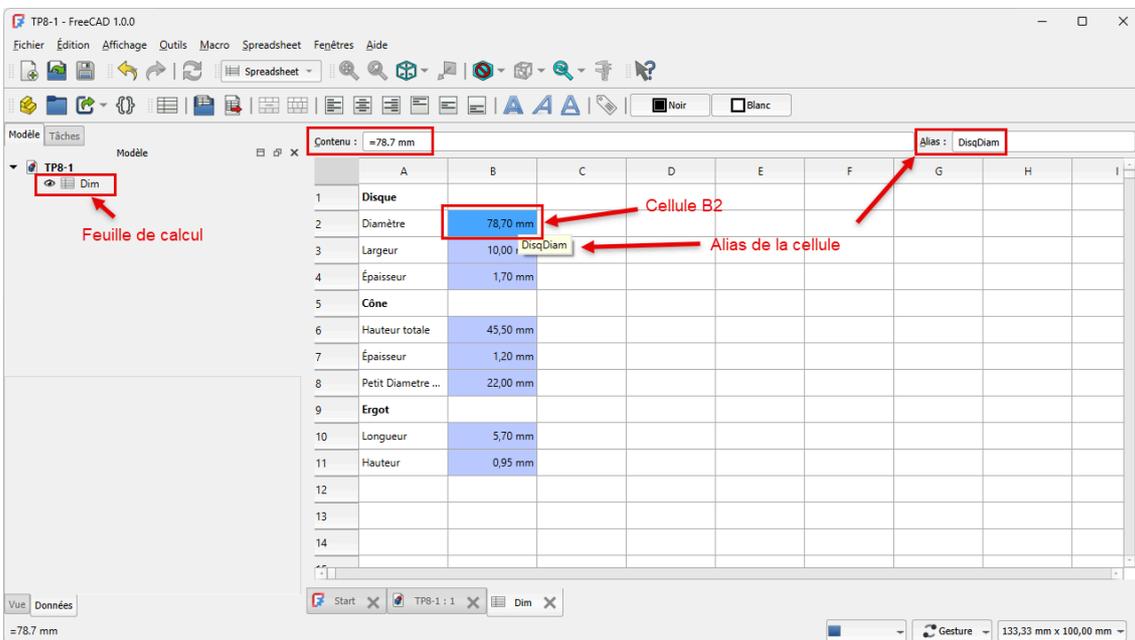
Permet de créer et d'éditer des feuilles de calcul dans un document FreeCAD. Il sera alors possible :

- **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



The screenshot shows the FreeCAD Spreadsheet window. The spreadsheet contains the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Disque								
2	Diamètre	78,70 mm							
3	Largeur	10,00	DisqDiam						
4	Épaisseur	1,70 mm							
5	Cône								
6	Hauteur 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							

Annotations in the image:

- A red box highlights the formula bar content: `=78.7 mm`.
- A red box highlights the alias: `DisqDiam`.
- A red arrow points to cell B2 with the label "Cellule B2".
- A red arrow points to the alias "DisqDiam" in cell C3 with the label "Alias de la cellule".
- A red arrow points to the "Dim" icon in the left sidebar with the label "Feuille de calcul".

Feuille de calcul

Contenu des cellules

- Une cellule peut contenir du texte arbitraire 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 ;

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 ;



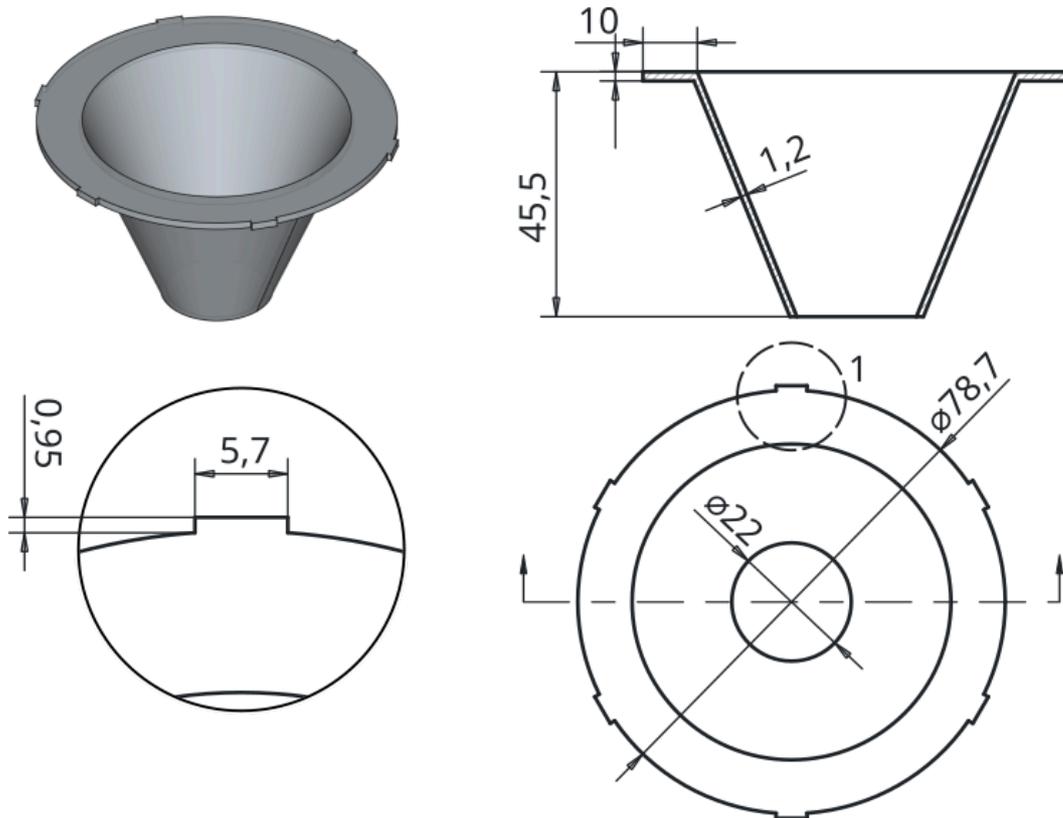
⚠ Unités

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

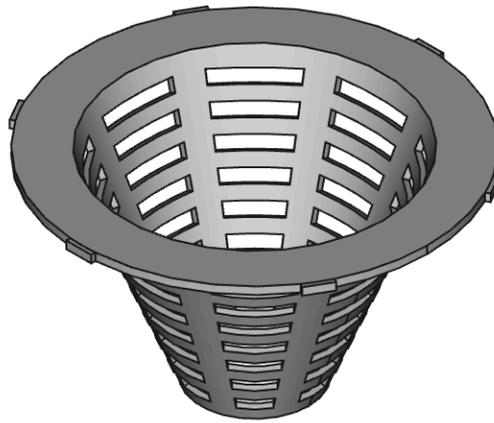
Nous allons modéliser le solide suivant (cf. [TP8-1-Plan](#)) en utilisant une feuille de calcul contenant toutes les dimensions du modèle.



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 renommerez  Dim ;
- Saisir les données ci-dessous dans les colonnes A & B :

	A	B
1	Disque	
2	Diamètre	=78,7mm
3	Largeur	=10mm
4	Epaisseur	=1,7mm
5	Cône	
6	Hauteur	=45,5mm
7	Epaisseur	=1.2mm
8	Diamètre int. Inférieur	
9	Ergot	
10	Longueur ergot	=5,7mm
11	Hauteur ergot	=22mm



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

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

Alias

- Enregistrer votre document ;

Saisie des unités

- Ne pas mettre d'espace entre le nombre et l'unité comme dans le tableau ci-dessus.

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 ;

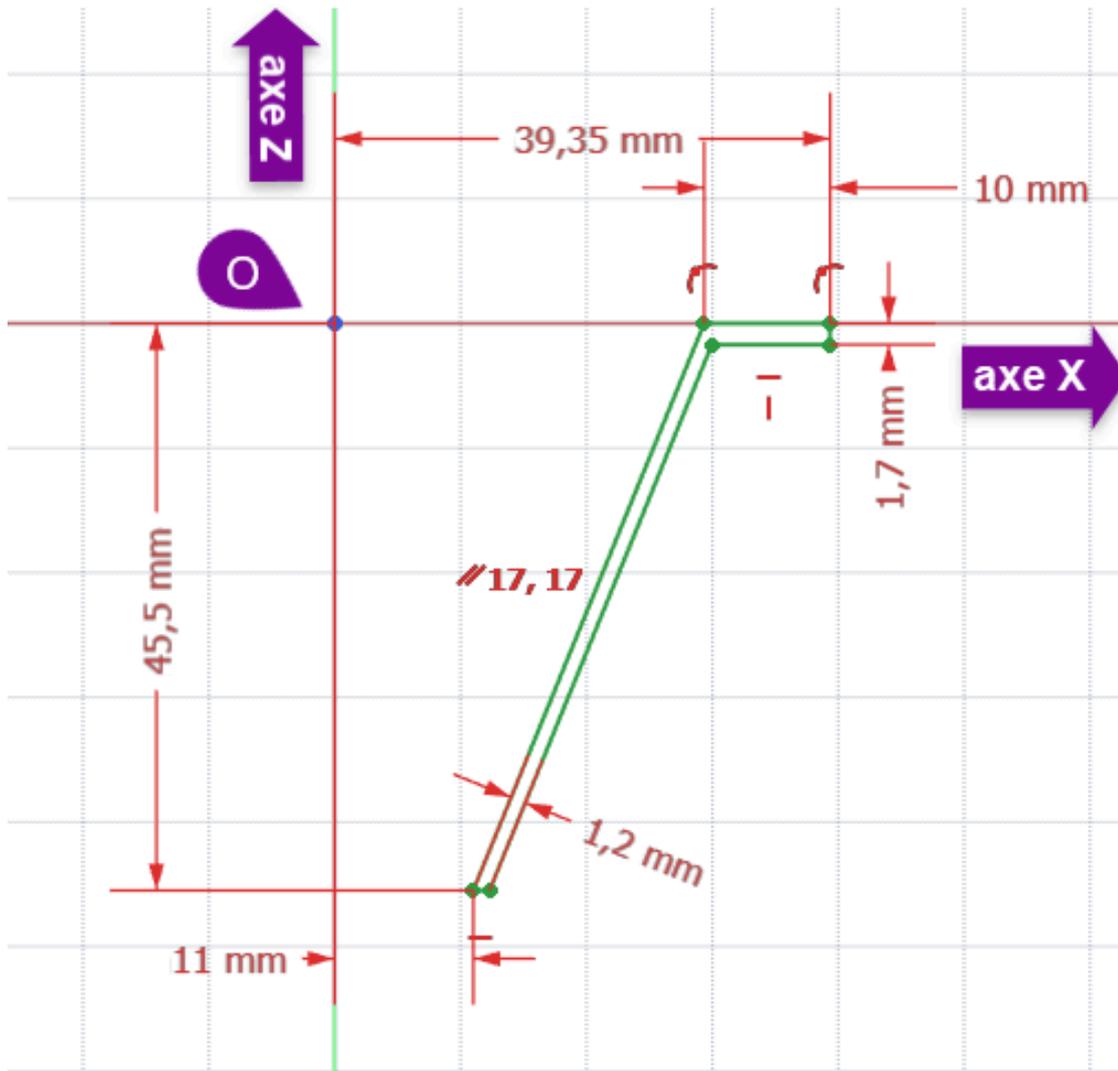
Le fond de la cellule doit se colorer.



8.1.2. 1^{ère} esquisse & révolution

Tâches à réaliser

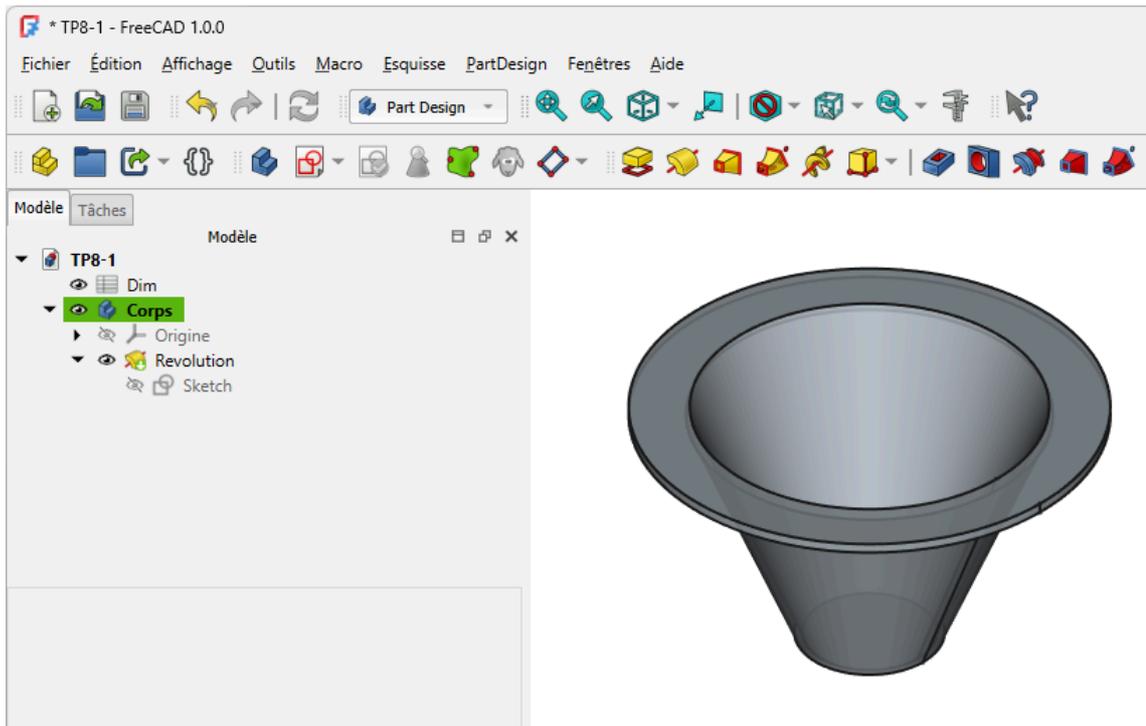
- Sélectionner l'atelier , créer un nouveau corps  et une nouvelle esquisse  dans le plan XZ ;
- Créer l'esquisse ci-dessous à l'aide d'une polygone  et saisir les contraintes via les alias de la feuille de calcul :



Esquisse du cône



- Créer une révolution  autour de l'axe vertical :



Aide

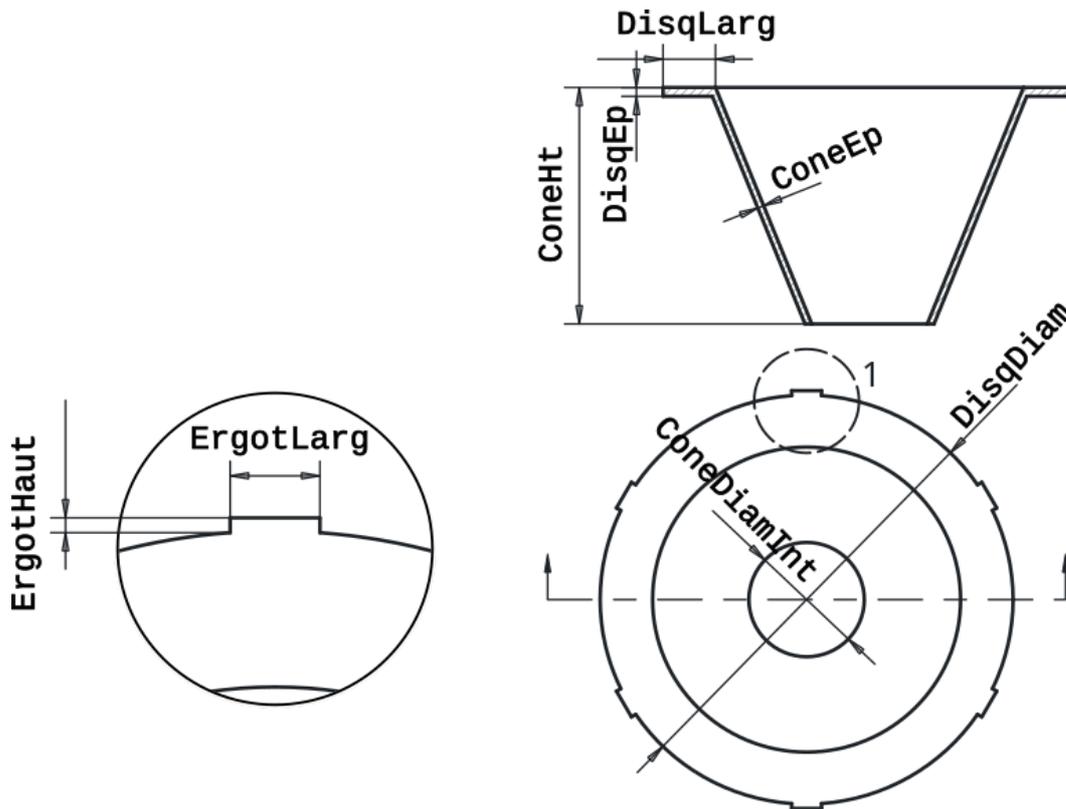
- Les lignes inclinées (génératrices du cône) sont parallèles  ;
- Pour saisir une valeur provenant de la feuille de calcul, vous pouvez :
 - soit cliquer sur le bouton ,
 - soit appuyer sur la touche =,

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

- saisir  Dim => 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  Dis => 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

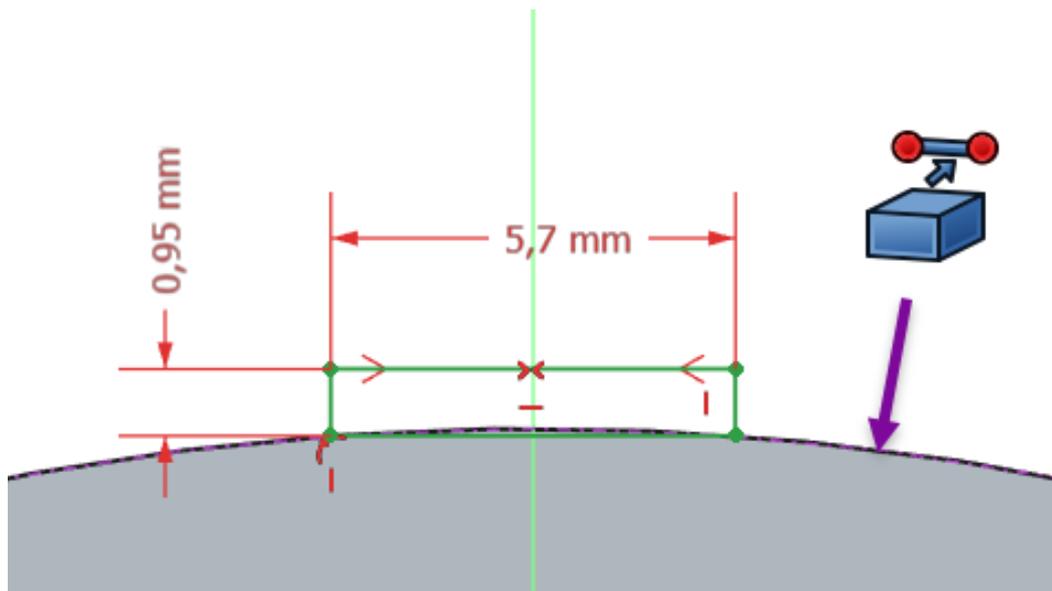


Repérage des alias

8.1.3. Créations des Ergots

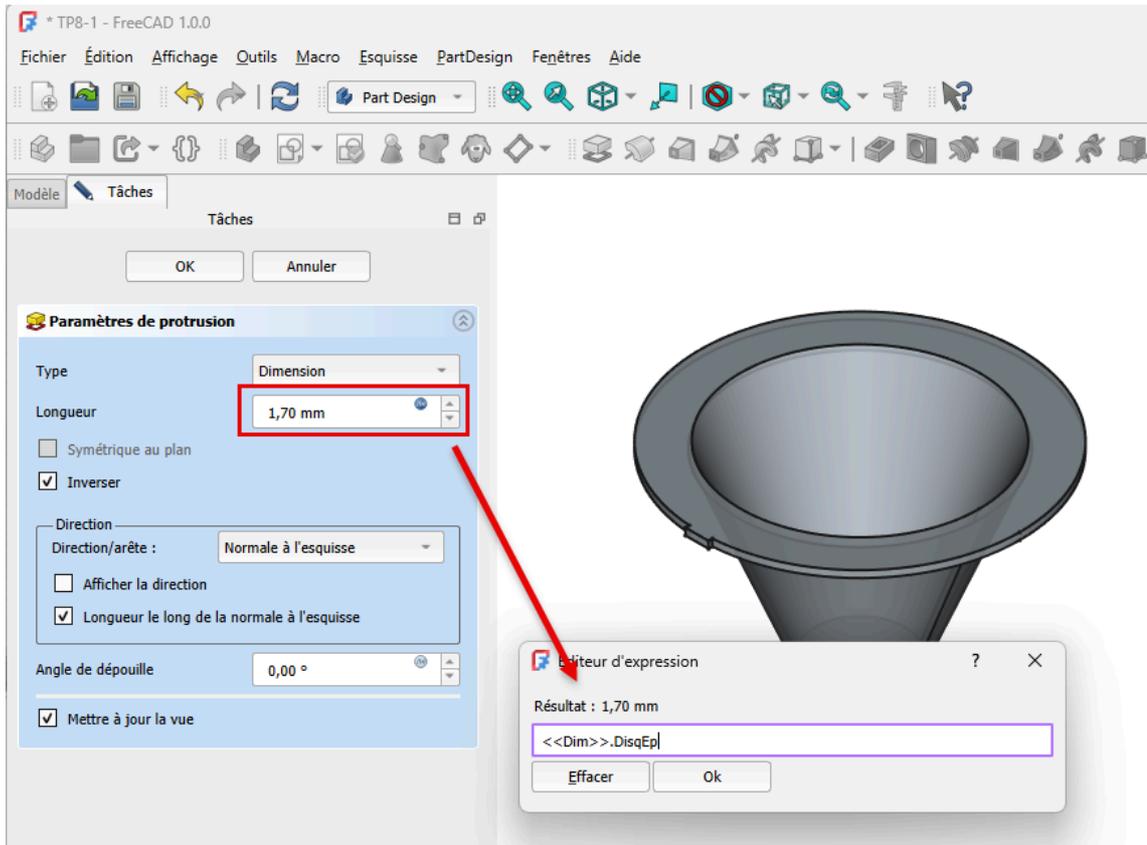
Tâches à réaliser

- 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 ;



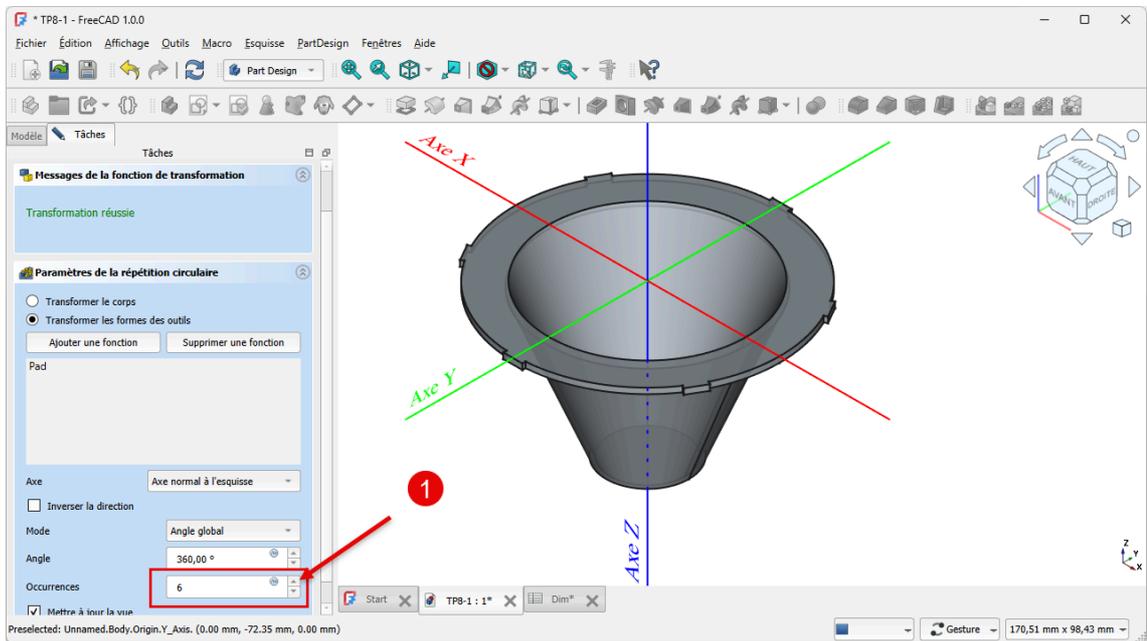
Esquisse des ergots

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



Protrusion de l'ergot

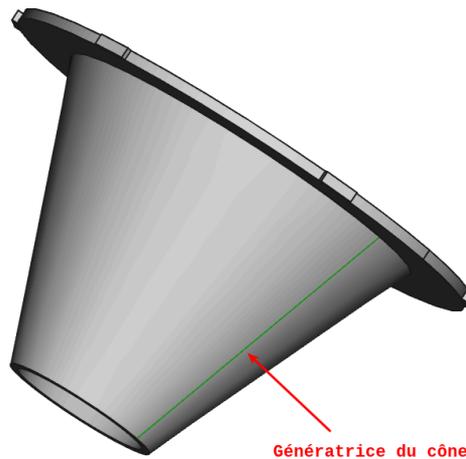
- Créer une répétition circulaire de 6 éléments ;





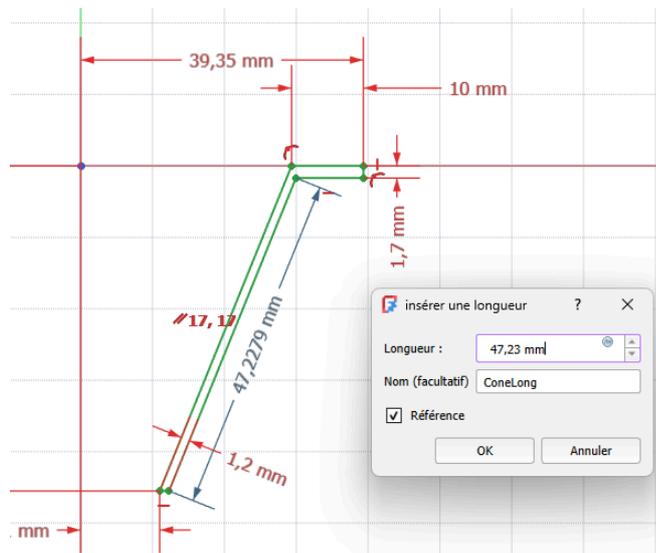
8.1.4. Récupérer une dimension

Nous allons récupérer la longueur de la génératrice du cône :

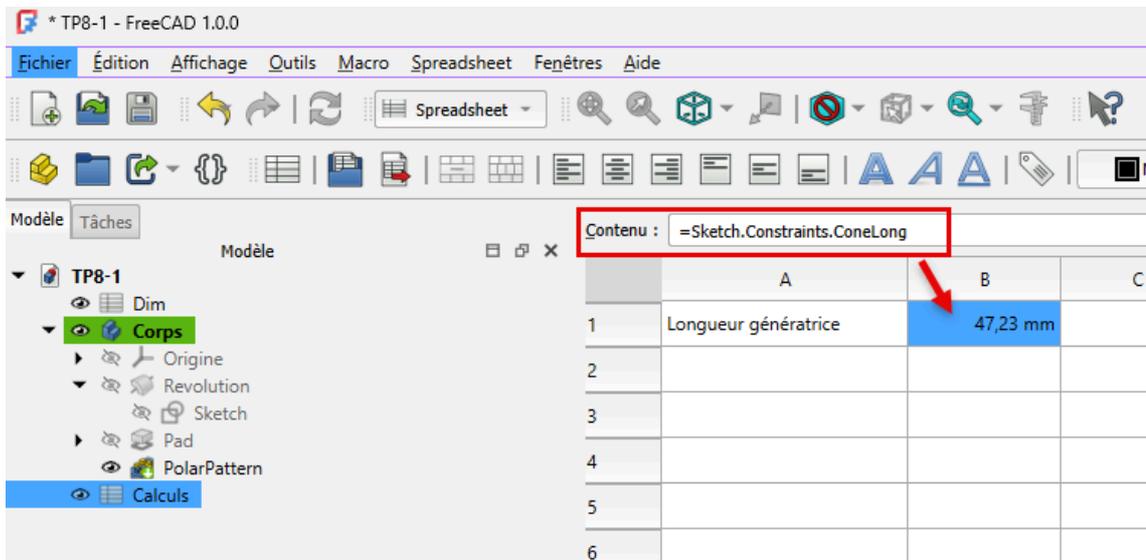


Tâches à réaliser

- Ajouter une seconde feuille de calcul au document TP8-1 que vous renommerez 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 ;



Récupération de la longueur dans la feuille de calcul

⚠ 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 Bézières, 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 ;

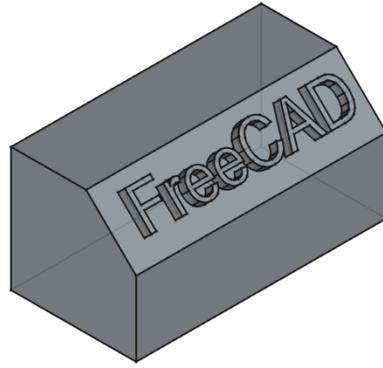
Méthodologie de travail dans l'atelier Draft

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. TP 9-1  

Nous allons modéliser le solide suivant :



+ Complément

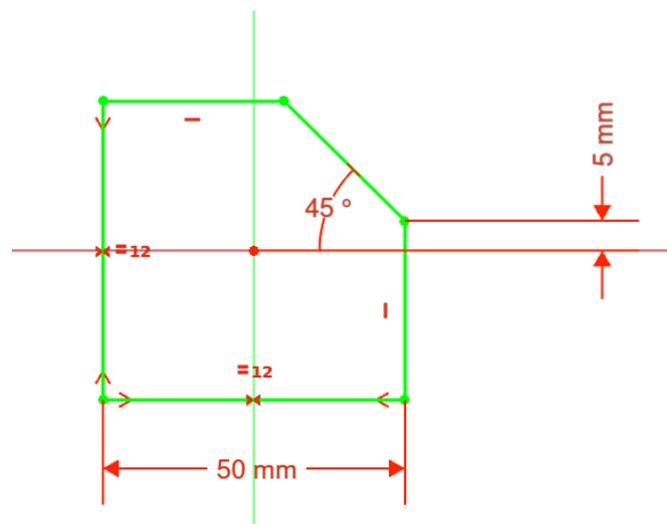
Il s'agit d'une mise à jour du tutoriel https://wiki.freecadweb.org/Draft_ShapeString_tutorial/fr

🔄 Objectifs

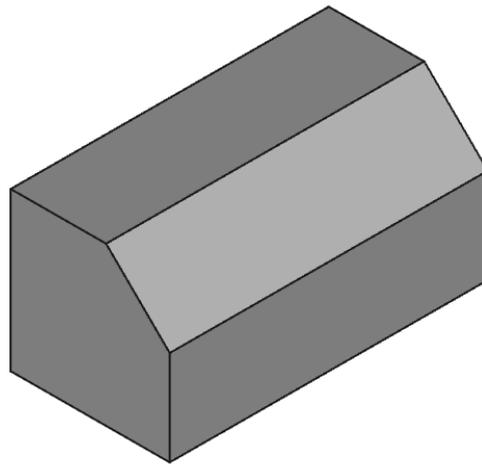
- Utiliser l'atelier Draft  ;
- Utiliser les commandes *Forme à partir de texte*^W  et *Draft Vers Esquisse*^W  ;
- Utiliser la commande *Ancrer une esquisse*^W  dans l'atelier Sketcher  ;
- Gérer des polices de caractères dans FreeCAD ;

☰ 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 , 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 être 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 un 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  et compléter le formulaire comme ci-dessous :



S Forme à partir d'un texte

X	0,00 mm
Y	0,00 mm
Z	0,00 mm

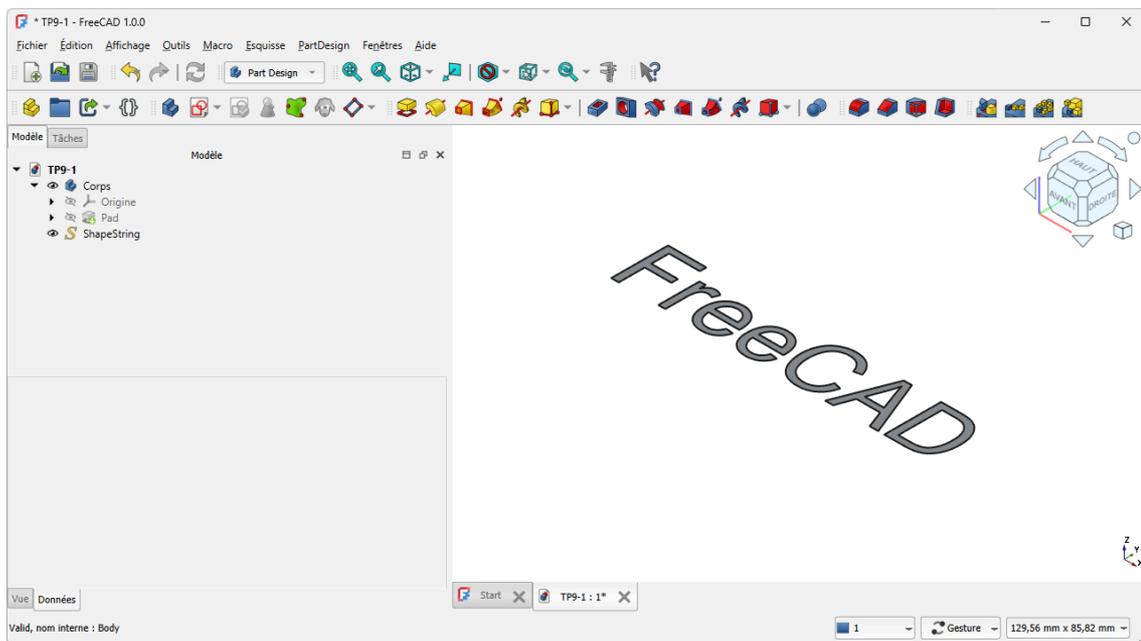
Réinitialiser le point

Chaîne de caractères

Hauteur

Fichier de la police ...

- 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 ;



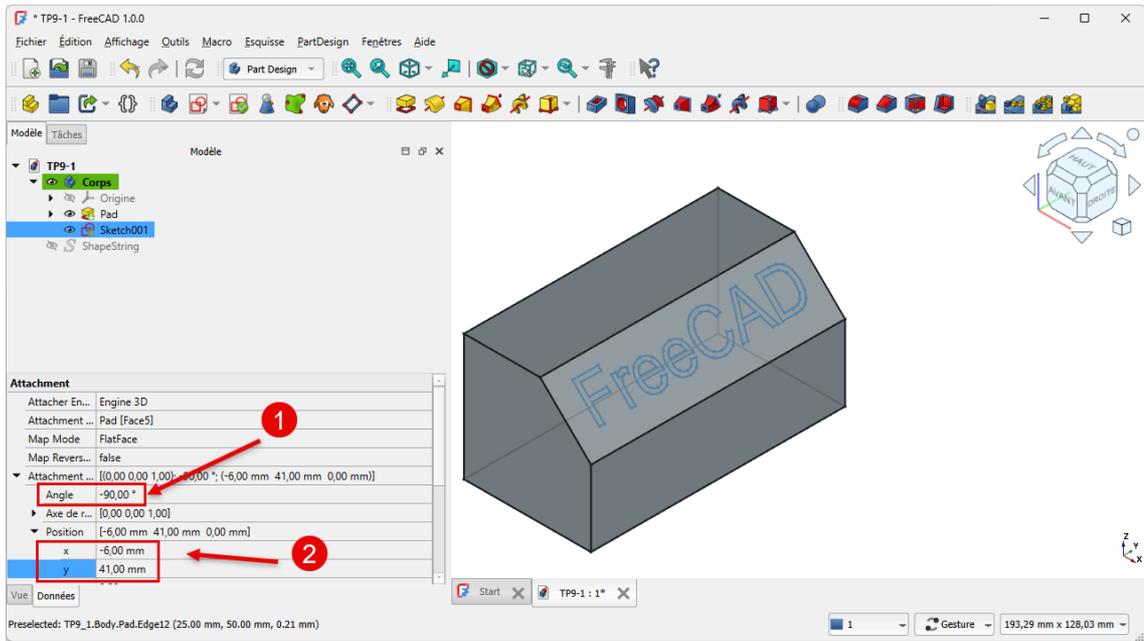
Aide

- 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. Créer la protrusion

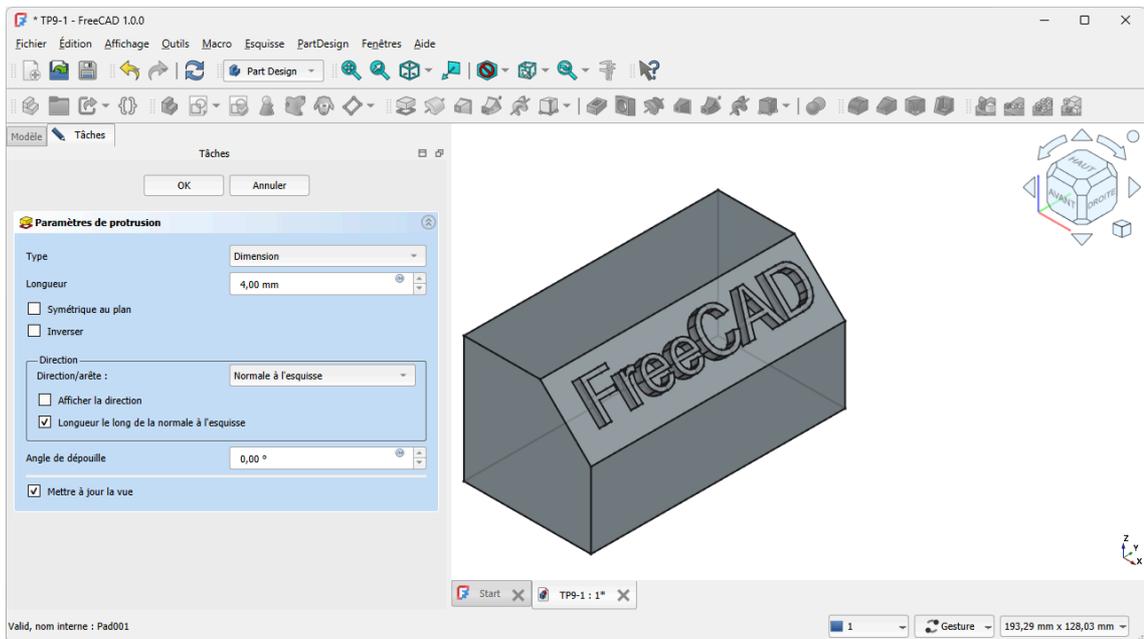
Tâches à réaliser

- Déplacer l'esquisse  dans , masquer  et ré-afficher  ;
- Sélectionner le plan incliné et cliquer sur la commande  ;
- Sélectionner l'esquisse  et le mode  FlatFace ;
- 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.197], nous avons modélisé du texte en 3D en utilisant la commande ShapeString **S** 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 ;

Quelques bibliothèques de cliparts au format SVG sur le web

https://openclipart.org/	https://publicdomainvectors.org/	https://www.resshot.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](https://inkscape.org/fr/) ;

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](https://inkscape.org/fr/) ;
- 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

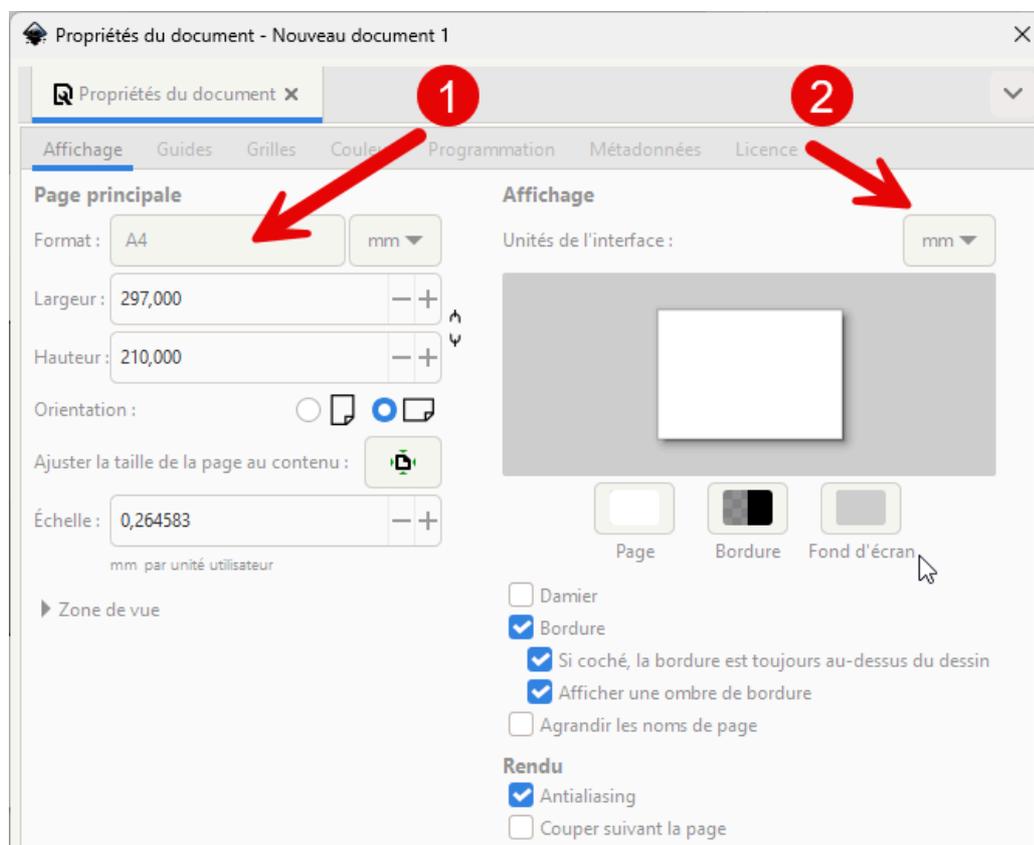
Inkscape propose différents outils (, , , , , , ,  ...) permettant de créer différentes formes : , FreeCAD ne peut importer que les types d'objet suivants : **chemin**, **ligne**, **polygone**, **rectangle**, **ellipse**, **polyligne**. En particulier, il n'importe pas les objets **texte** : il faudra 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 ;

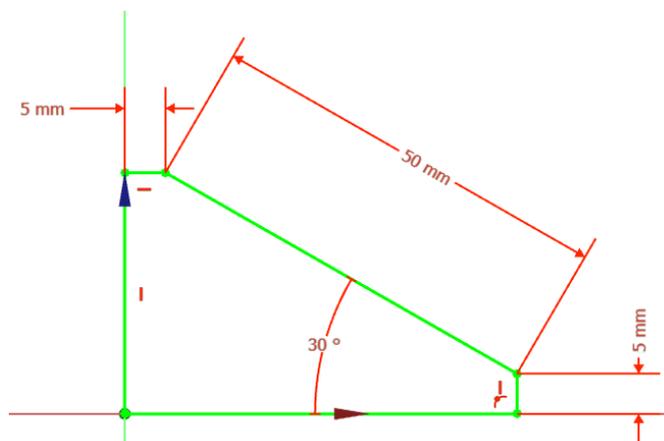
 Ceci aura pour conséquence de rendre ces objets invisibles dans Inkscape !

2. Réajuster si nécessaire les dimensions des objets ;
3. Enregistrer votre document Inkscape ;

9.2.2. Travail préliminaire

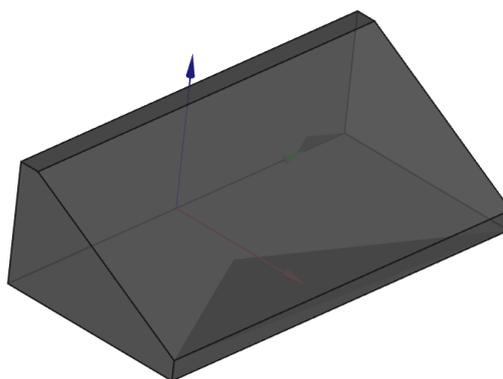
Tâches à réaliser

- 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 ;

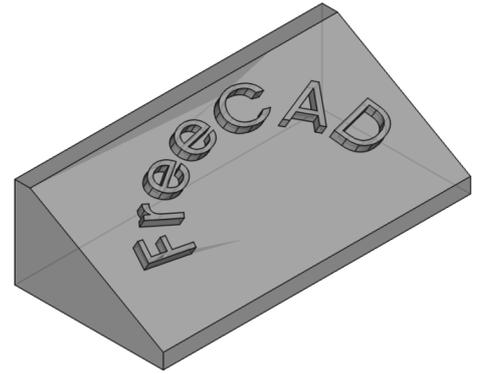


Protrusion TP 9-2 : travail préparatoire

- Enregistrer vos modifications ;

9.2.3. Texte créatif

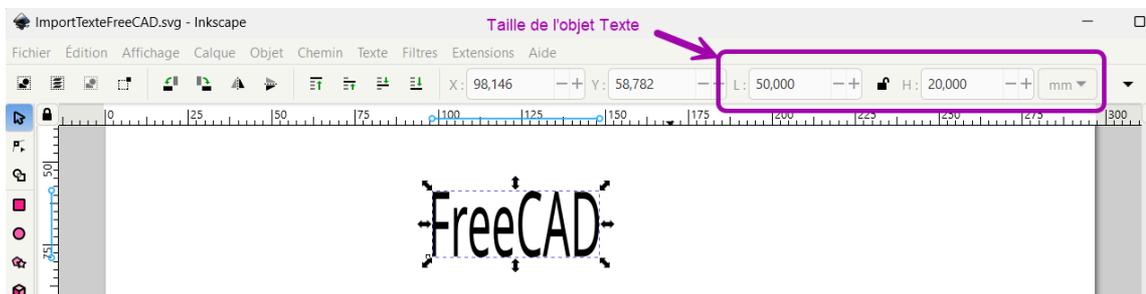
Nous allons ajouter du texte en relief sur la face inclinée du solide :



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  contenant le mot « FreeCAD »
- Sélectionner 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

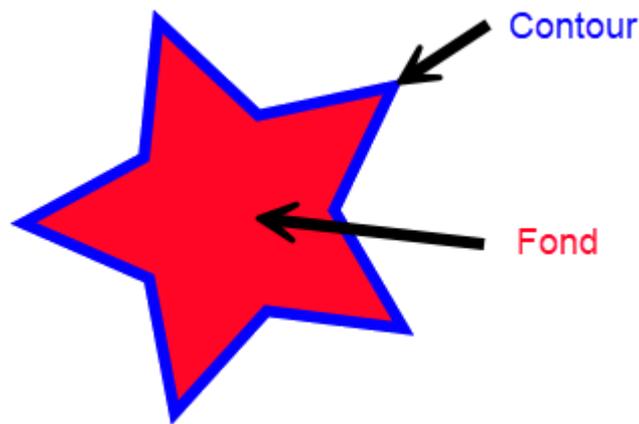
Le raccourci clavier  Ctrl Maj T ouvre le panneau  Texte et police permettant de **changer la police du texte** : il faudra valider votre choix en cliquant sur le bouton  Appliquer en bas du panneau ;

Tâches à réaliser (suite)

- Créer un cercle  (Maintenir la touche  Ctrl appuyée) ;
- Sélectionner 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 ;



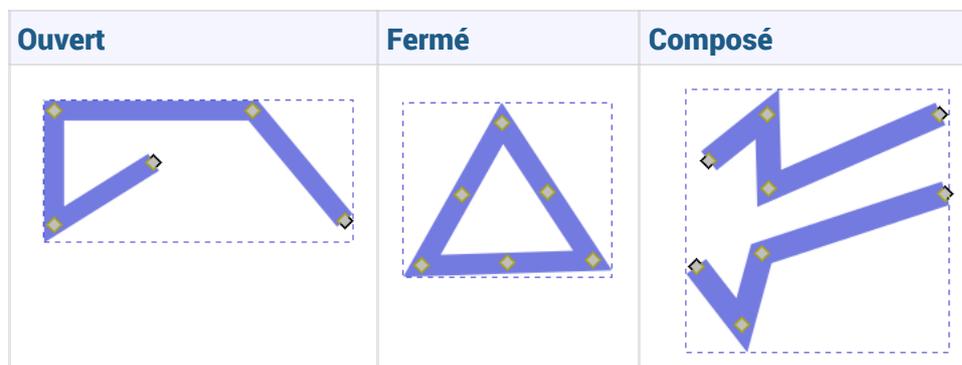
Texte suivant chemin

- 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 :



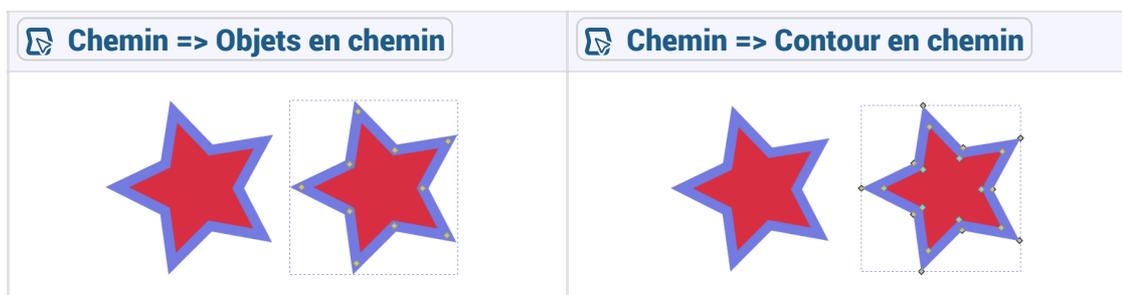
- Le bouton  permet de modifier les nœuds de la courbe de Bézier ;



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 () ouvre le panneau  Effets de chemin

OUTILS

 Coins Contour dynamique Contour fuselé Décalage Entrelacs Simplifier

DÉFORMATION

 Agitation Courber Déformation par enveloppe Déformation par grille Motif suivant un chemin Perspective et enveloppe Transformation par deux points

GÉNÉRER

 Cloner l'élément original Croquis Découpe avancée Hachures Interpoler les sous-chemins Masque avancé Opération booléenne Pavage Reflet miroir Relier les sous-chemins Remplir dans les nuées Tourner les copies Tranche Von Koch

CONVERTIR

 Afficher les poignées B-spline Boîte englobante Contour en pointillés Ellipse à partir de points Ellipse par cinq points Engrenages Grille de conception Interpoler des points Joindre un chemin Mesure de segments Règle Spline spirographique Type de jointure

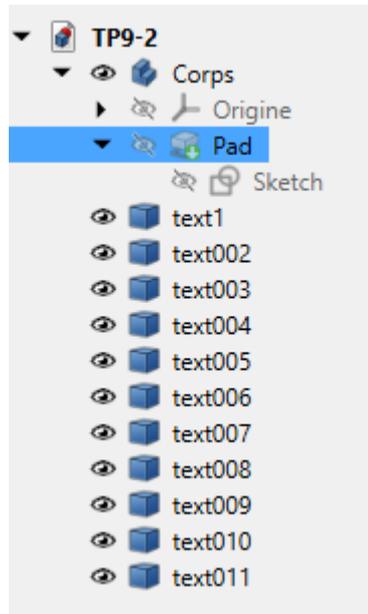
Ce panneau permet, par exemple :



9.2.3.2. Importation dans FreeCAD

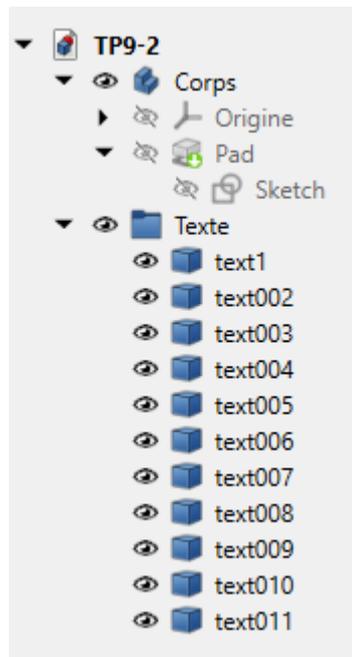
☰ Tâches à réaliser

- 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  ;



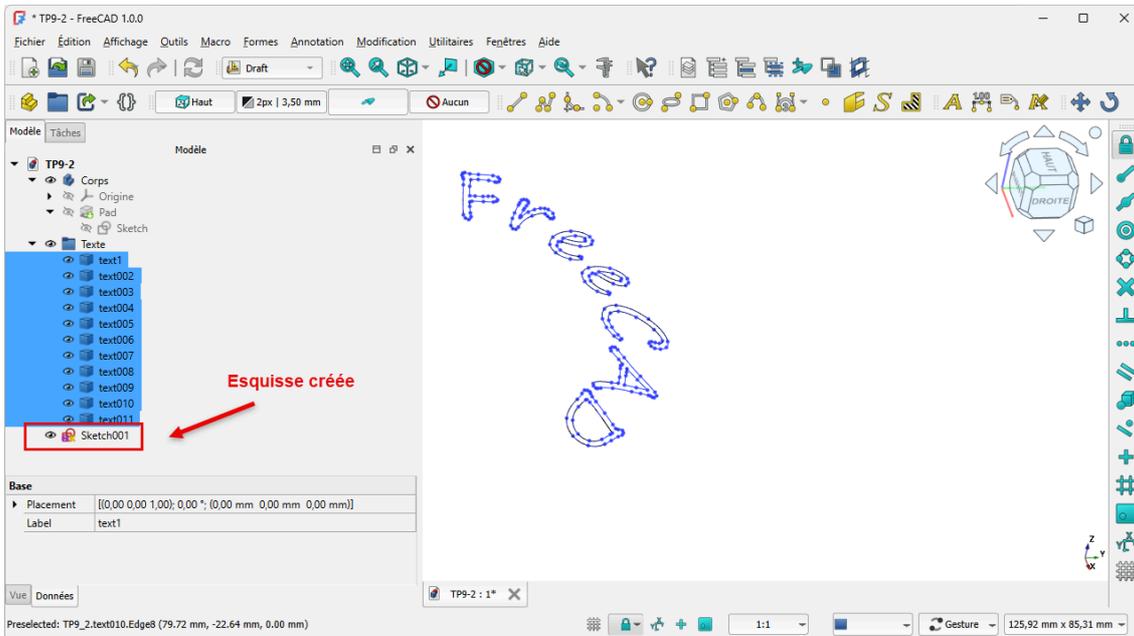
Importation un fichier SVG

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



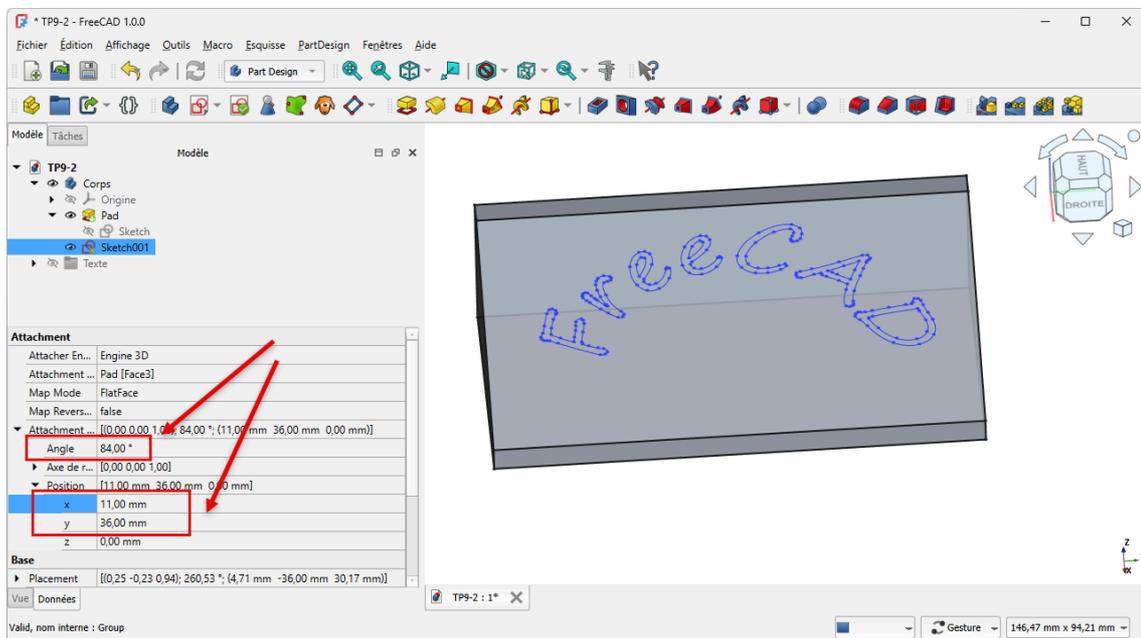
Groupe Texte

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



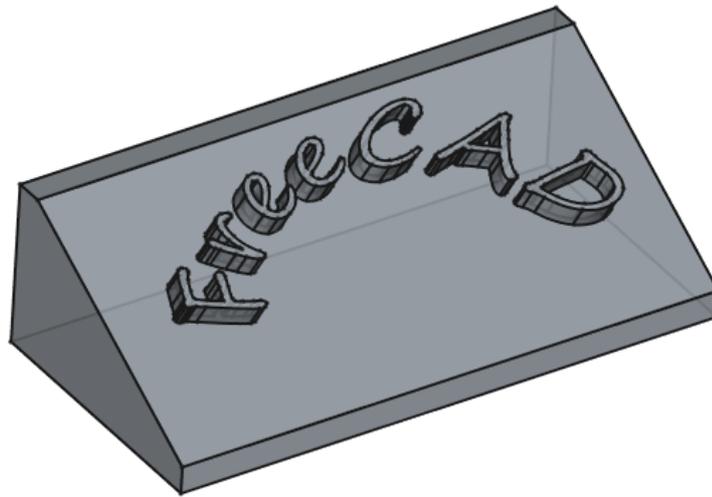
Création de l'esquisse

- Dans l'atelier Part Design , masquer et réduire le groupe Texte  ;
- Déplacer l'esquisse  Sketch001 dans le corps  Body ;
- Réafficher la protrusion , 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'attachement (angle et positions x & y) ;



Positionnement du texte sur le plan incliné

- Créer une protrusion  de 3 mm ;

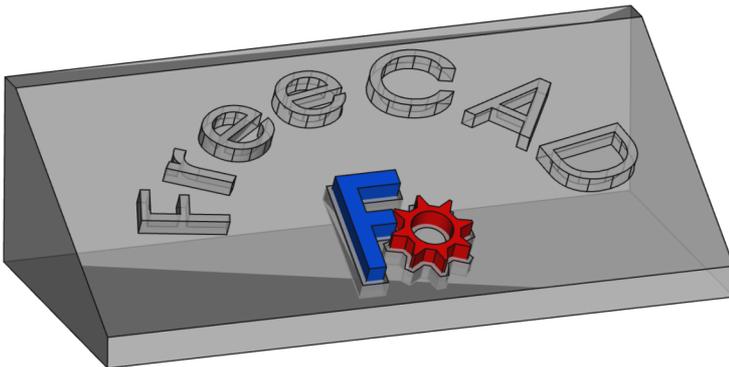


Protrusion du texte

- Enregistrer vos modifications ;

9.2.4. Récupérer un logo

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



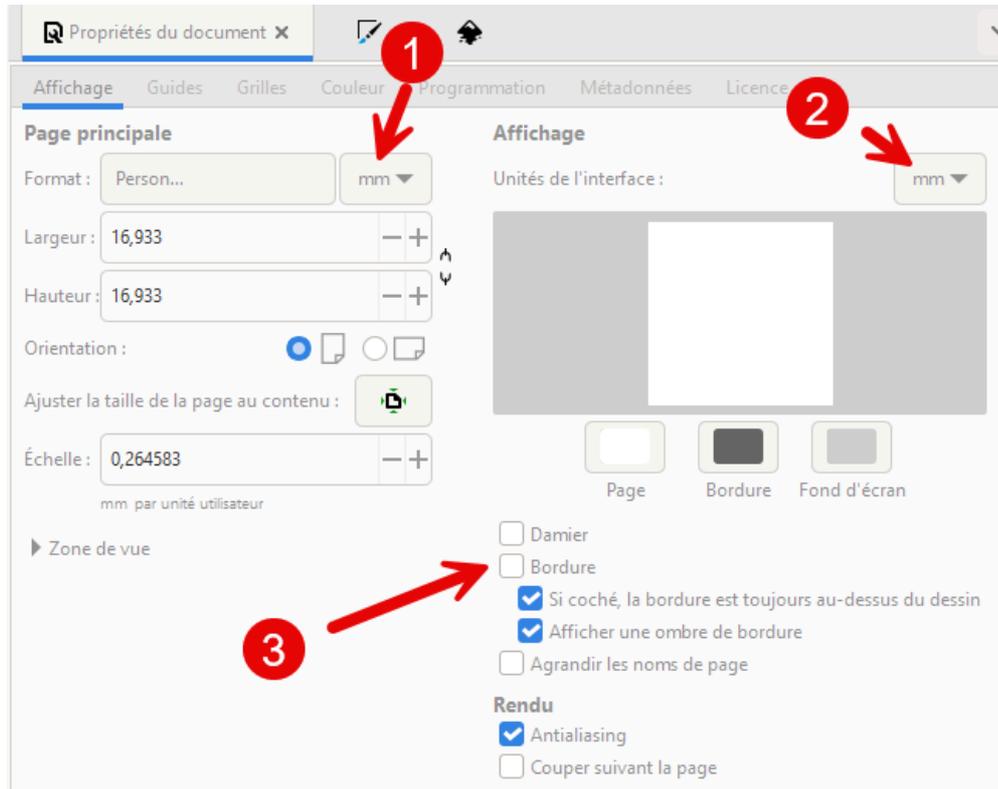
9.2.4.1. Préparation Inkscape

Tâches à réaliser

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

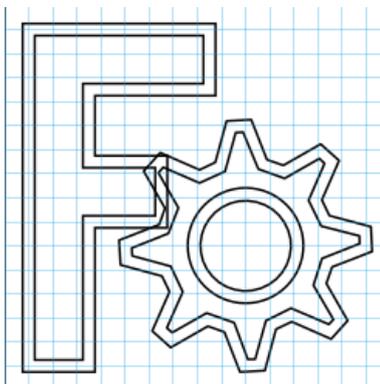


- Enregistrer le document sous le nom  `ImportLogoFreeCAD.svg` ;
- Modifier les propriétés du document pour travailler en mm et supprimer la bordure à l'aide de la commande  `Fichier => Propriétés du document` ( `Ctrl Maj D`) ;



Propriétés du document pour travailler en mm

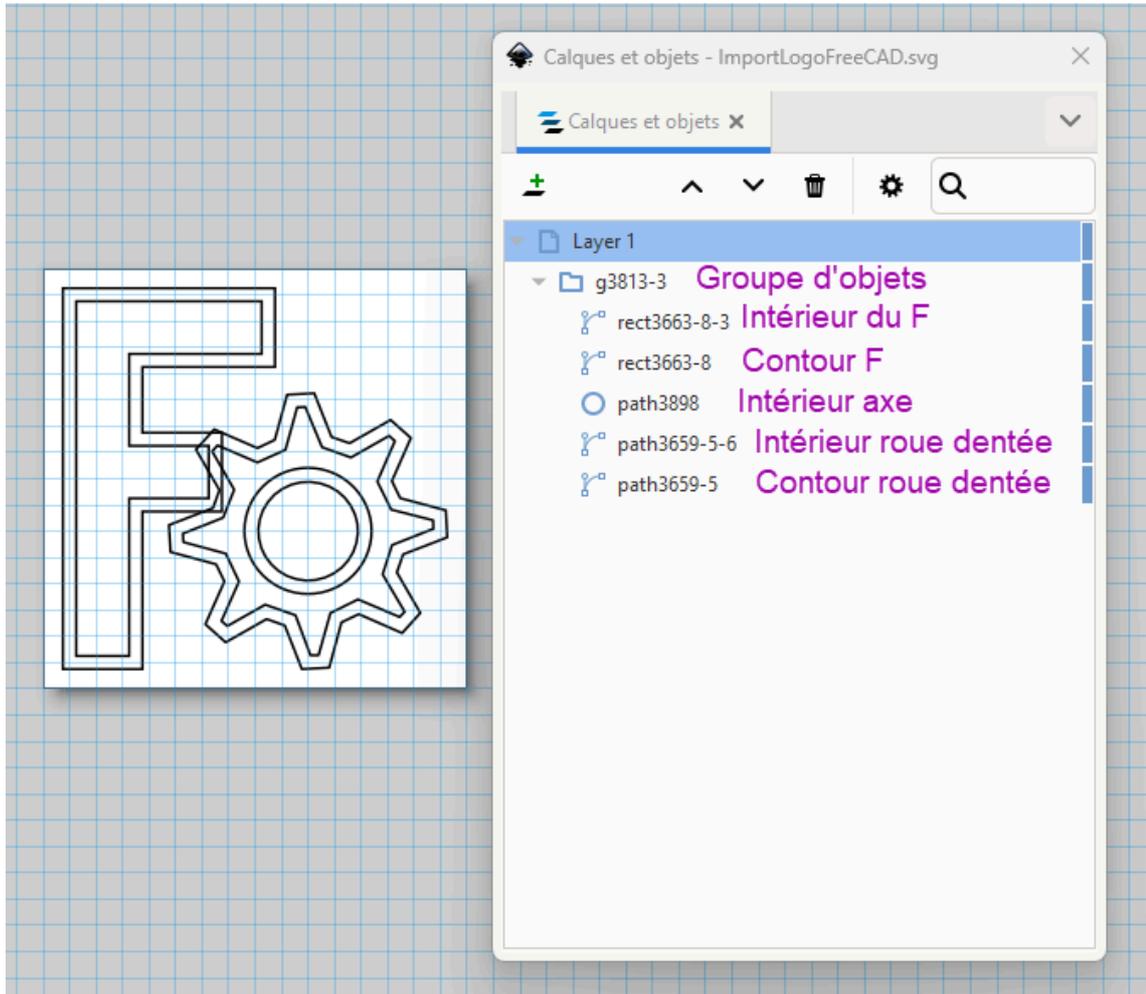
- Sélectionner l'ensemble ( Ctrl A), supprimer le fond et donner un contour de 0.1mm à l'aide de la commande  Objet => Fond et Contour ( Ctrl Maj F) ;



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 :

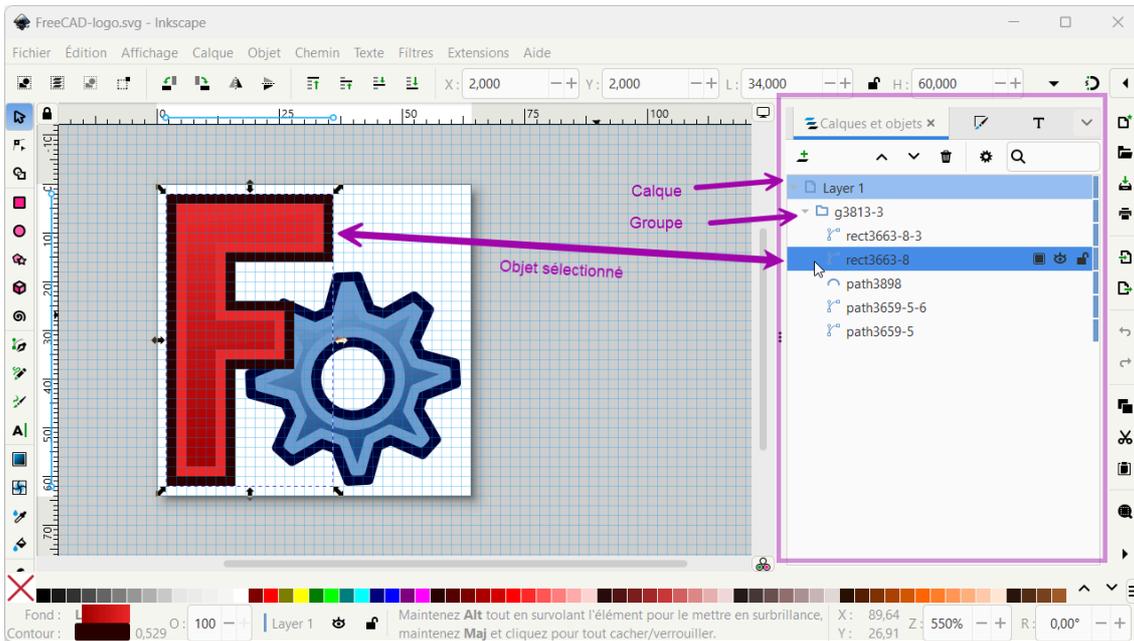


Structure du Logo

- 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

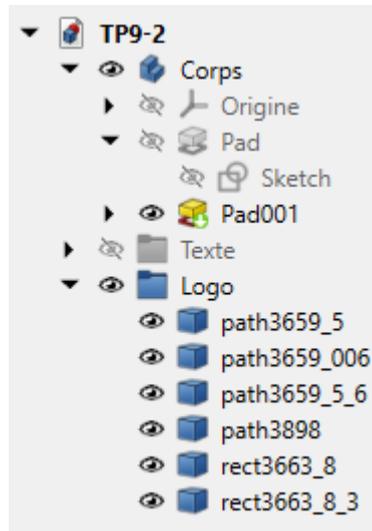
- Si nécessaire, ouvrir le document  TP9-2 créé précédemment dans FreeCAD ;



9.2.4.2.1. Création 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 :

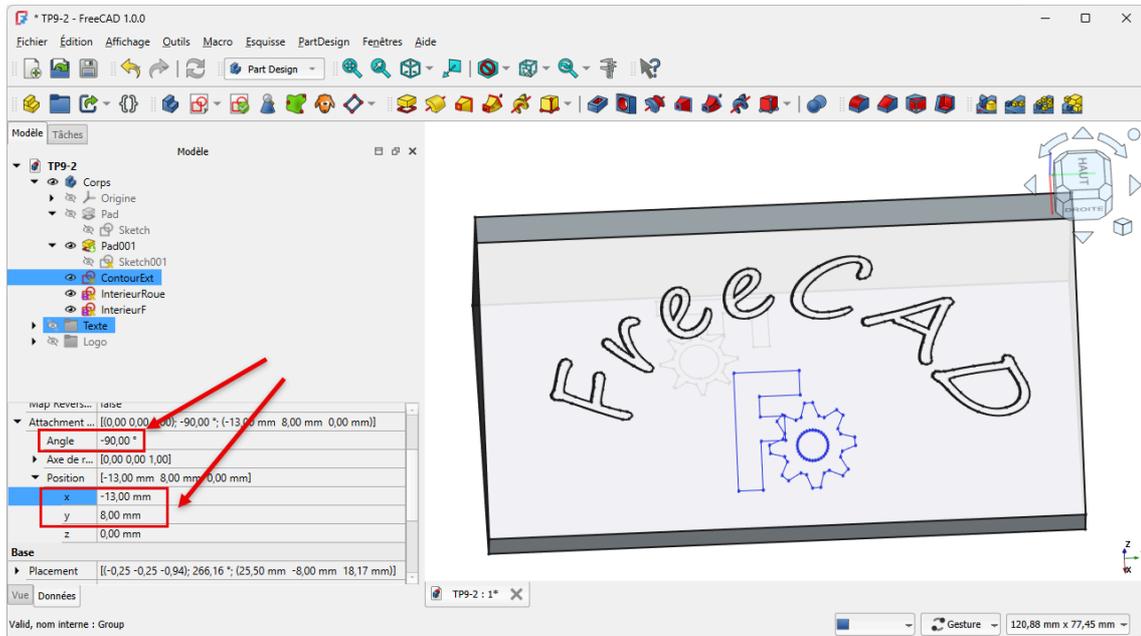


Groupe Logo

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

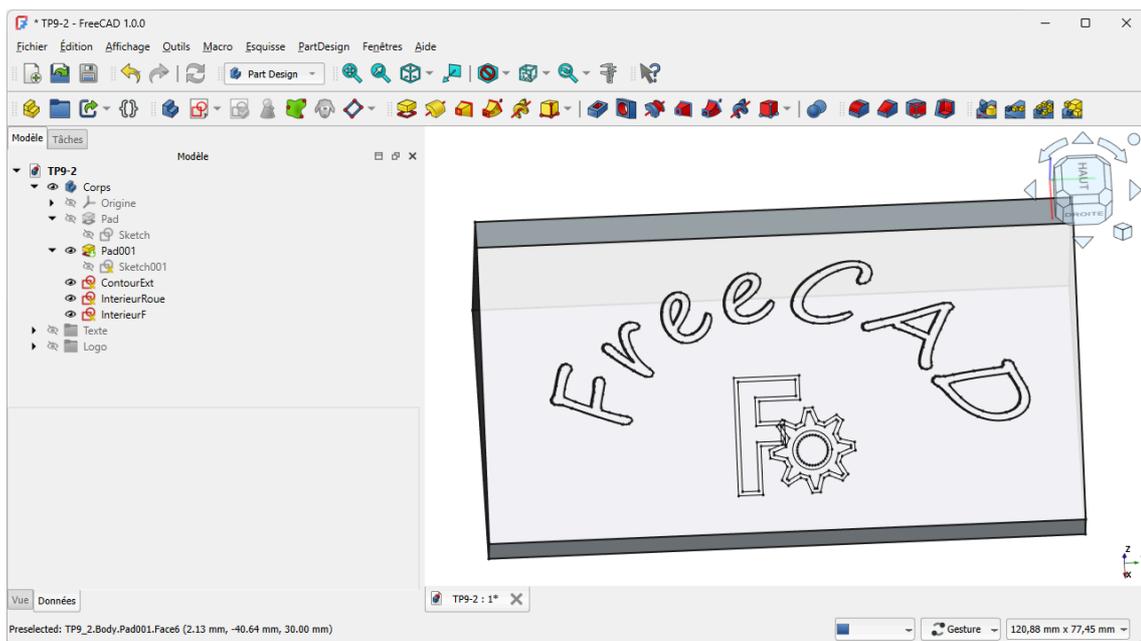
Objets Sélectionnés	Nom des esquisses
 rect3663_8 ,  path3659_5  path3659_006	 ContourExt
 rect3663_8_3	 InterieurF
 path3659_5_6 et  path3898	 InterieurRoue

- 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 ;



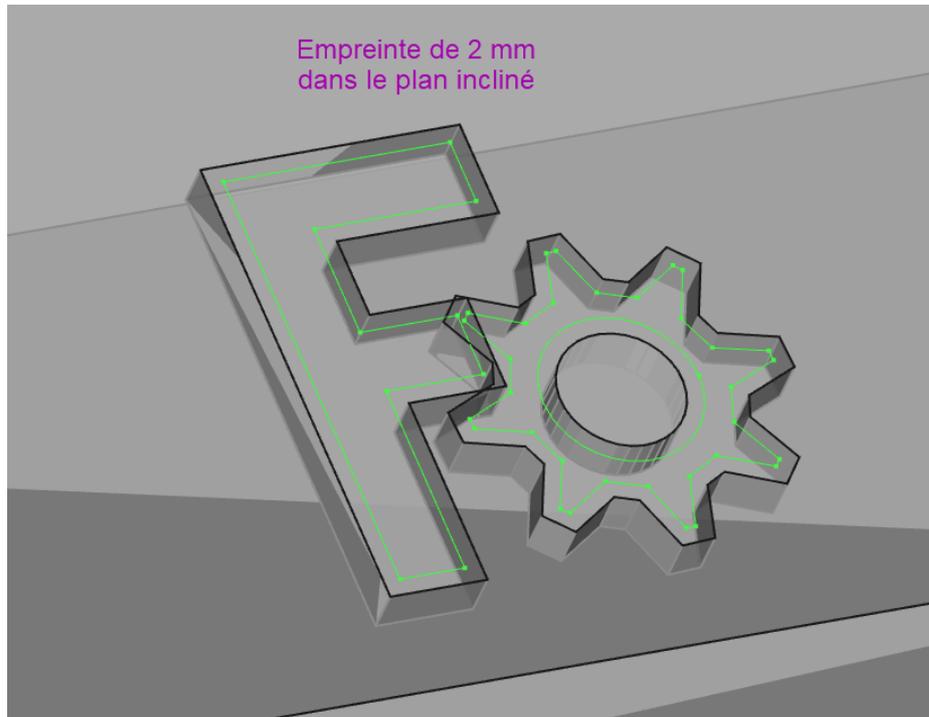
Décalage de l'esquisse sur le plan incliné

- 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 ;

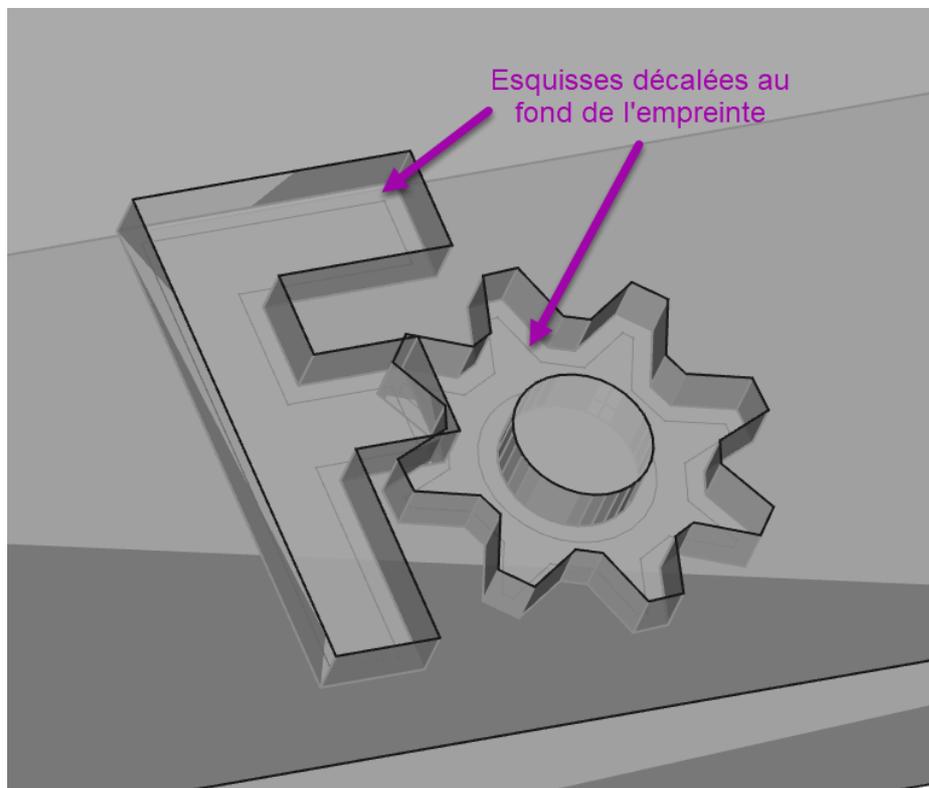


Empreinte pour les inserts

9.2.4.2.2. Création des inserts

Tâches à réaliser

- Modifier l'attachement  $z = -2 \text{ mm}$ des 2 esquisses  Interieur_F et  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 renommerez  Insert_F ;

- Ajouter un forme liée  de l'esquisse  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 ;

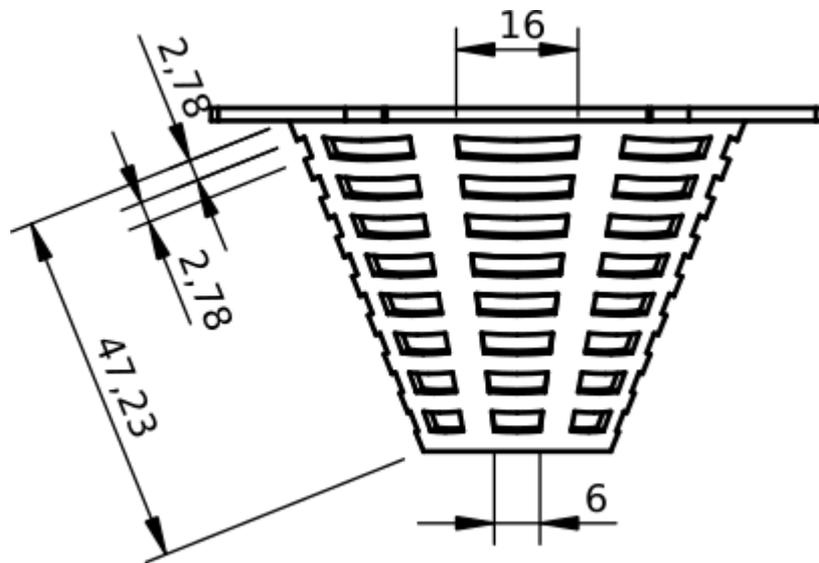
9.2.5. Capture vidéo



9.3. TP 9-3

Nous allons ajouter une grille au solide modélisé lors du TP 8-1 [p.187] :

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  ;

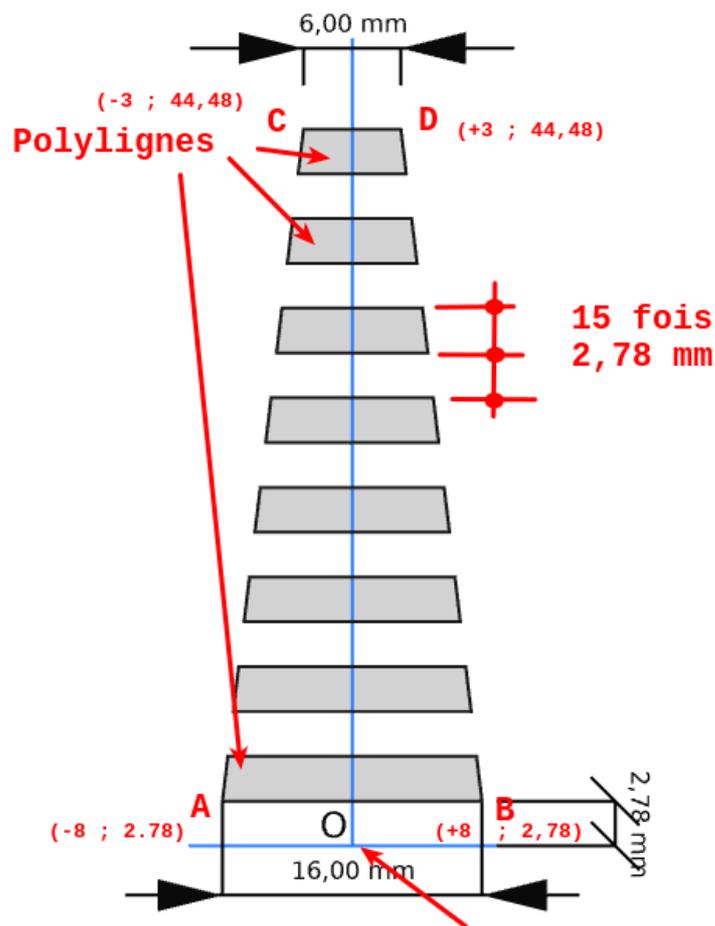
Travail préparatoire

- 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

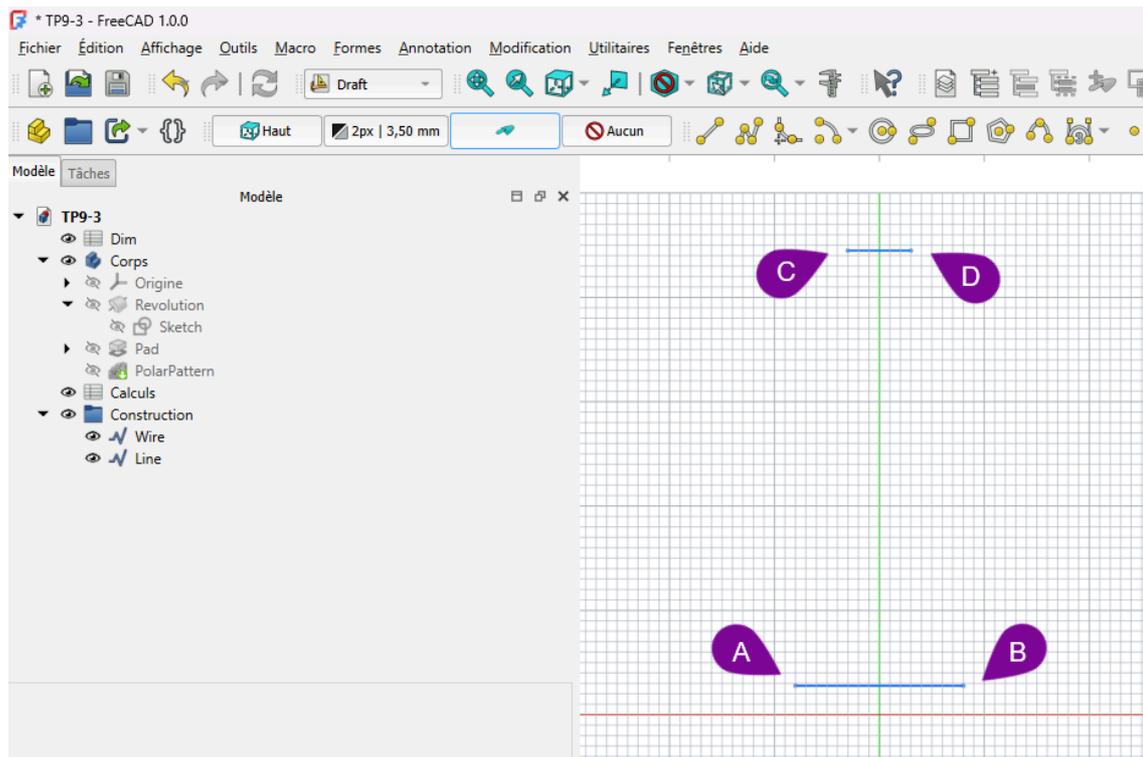


Tâches à réaliser

- 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

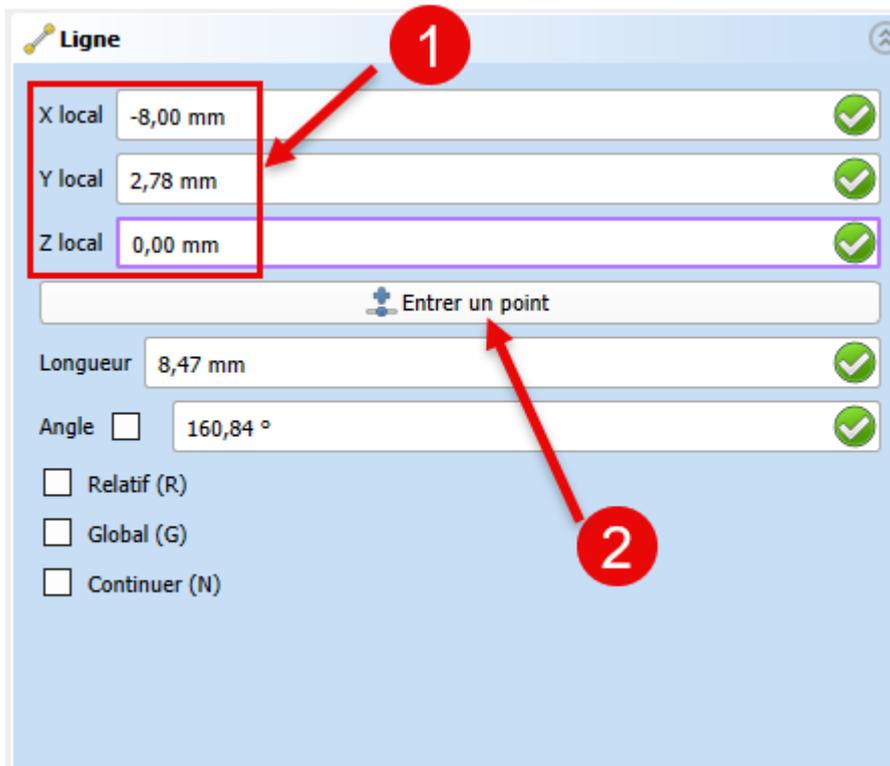


Lignes AB & CD

 Aide

Pour saisir la ligne AB :

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



Ligne

X local -8,00 mm ✓

Y local 2,78 mm ✓

Z local 0,00 mm ✓

Entrer un point

Longueur 8,47 mm ✓

Angle 160,84 ° ✓

Relatif (R)

Global (G)

Continuer (N)

Saisie du point A

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



4. Compléter le formulaire comme ci-dessous :

Ligne

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)

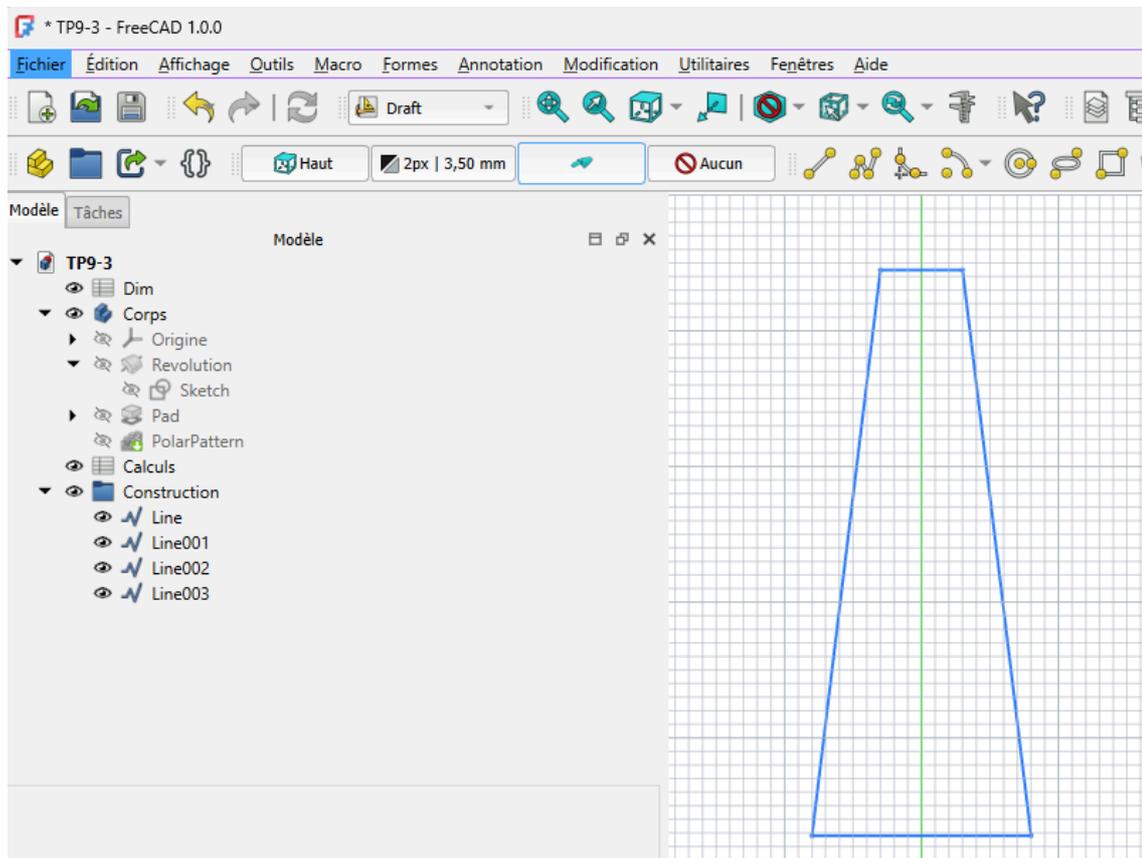
Saisie du point B

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

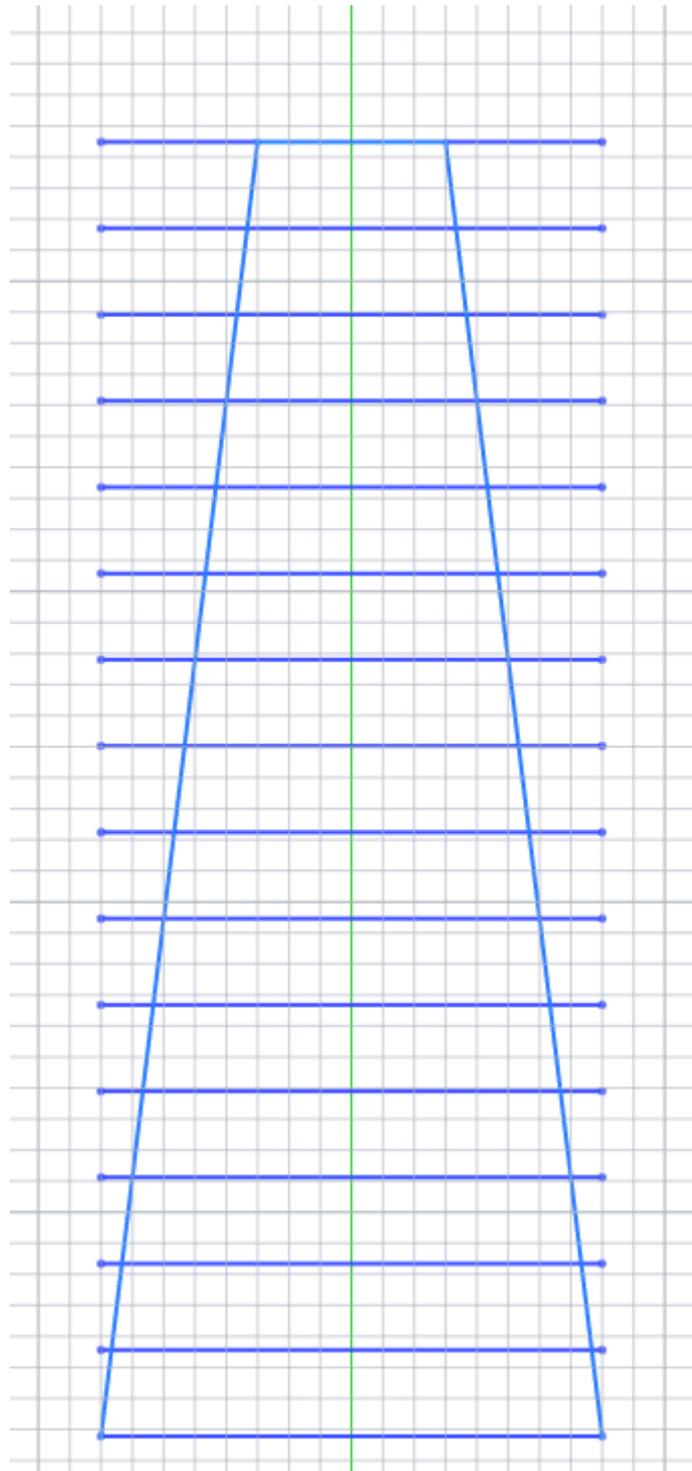
Pour saisir un point en utilisant le mode aimantation Extrémité  :

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



Tâches à réaliser (suite)

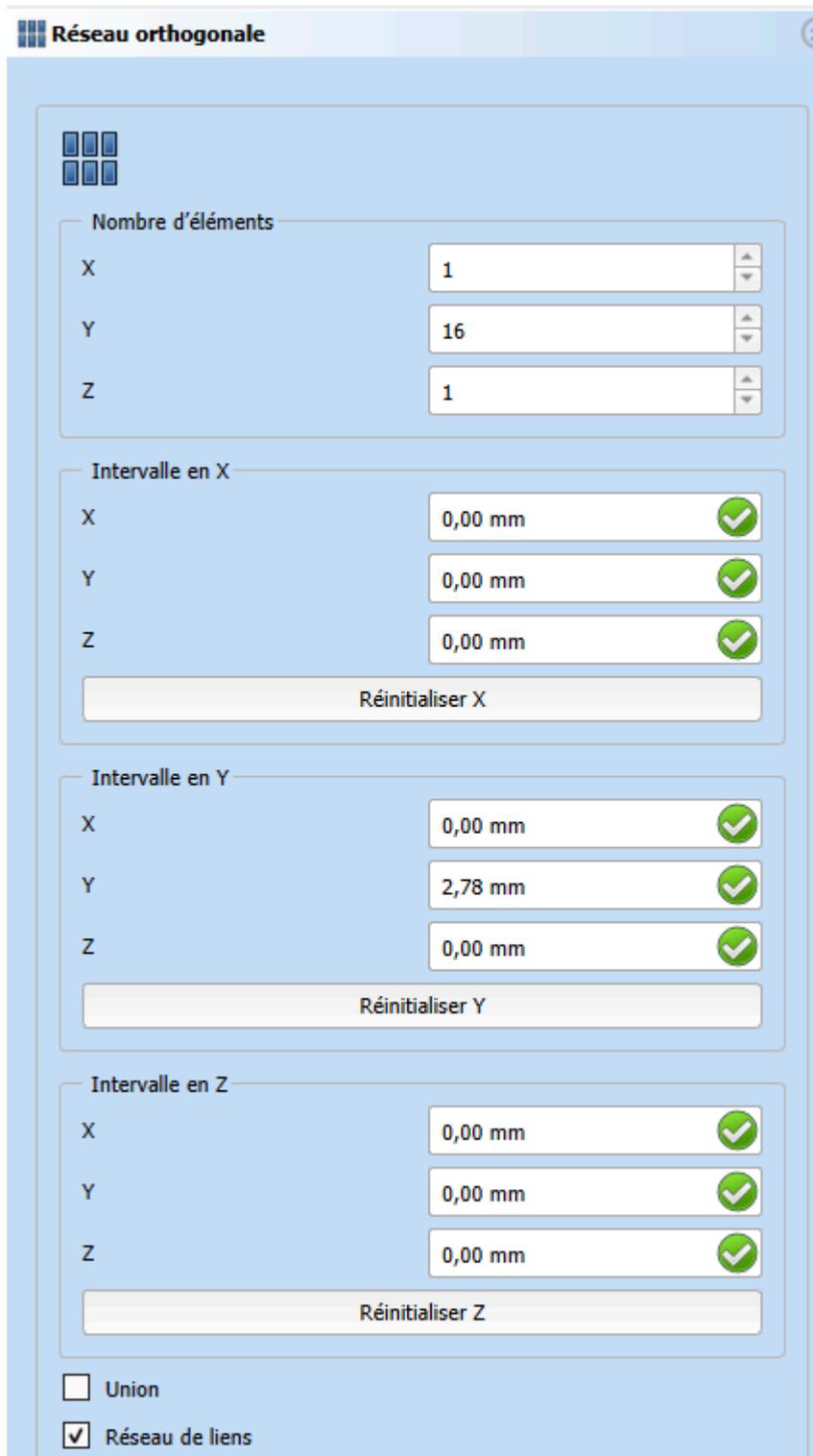
- Répéter 16 fois la ligne AB vers le haut avec un delta Y de 2.78 mm à l'aide de la commande Réseau orthogonal  ;



Réseau orthogonal 

 Aide :

Pour créer le réseau orthogonal, saisir les paramètres suivants :



Réseau orthogonal



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

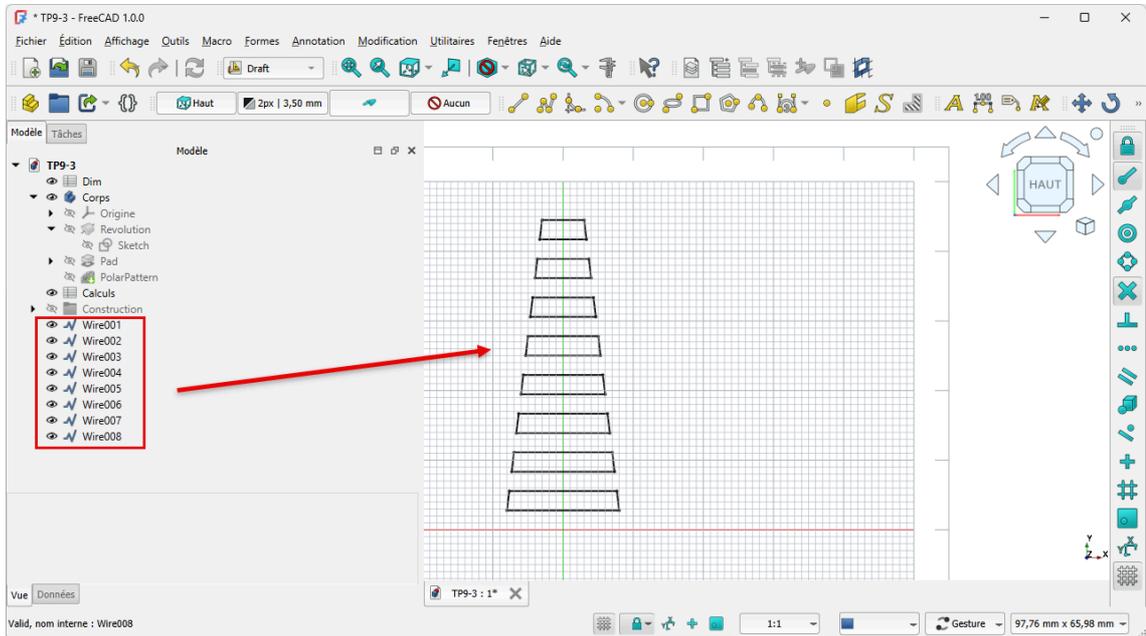
Union

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 polygones fermés à l'aide de la commande  en utilisant l'aimantation extrémité  et intersection  ;



Création des 8 polygones

- Sélectionner les 8 polygones 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 ;

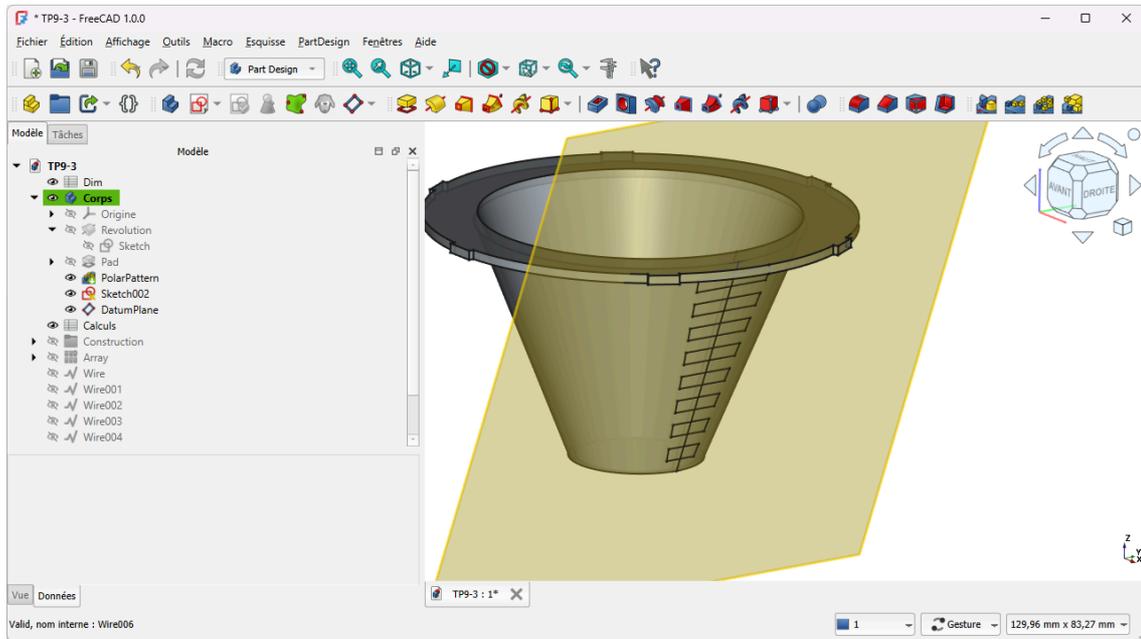
9.3.2. Attacher l'esquisse

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 polygones ;
- 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 ;



The screenshot shows the 'Modèle' tree in FreeCAD. The 'DatumPlane' object is selected and highlighted in blue. Below the tree is a table of properties for the selected object.

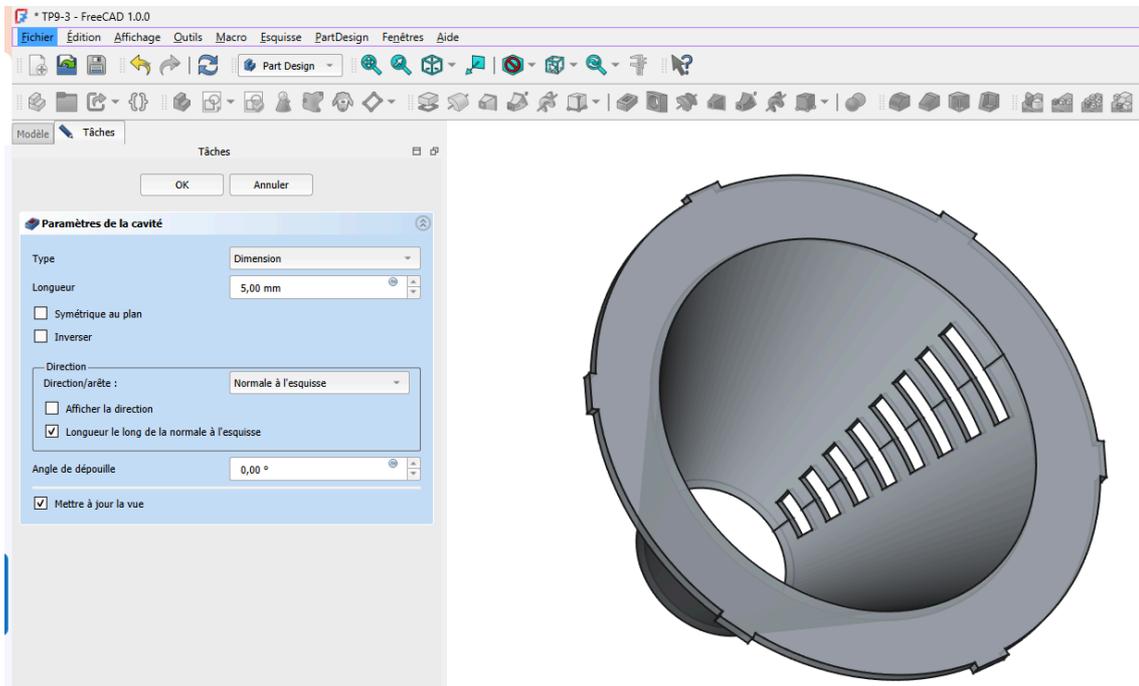
Attachment	
Attacher Engine	Engine 3D
Attachment Support	PolarPattern [Edge78]
Map Mode	NormalToEdge
Map Reversed	true
Map Path Parameter	0,00
▶ Attachment Offset	[(1,00 0,00 0,00); 90,00 °; (0,00 mm 0,00 m...
Base	
▶ Placement	[(0,64 -0,64 0,43); 226,61 °; (29,96 mm 0,00 ...
Label	DatumPlane
Size	
Resize Mode	Automatic

Inversion du plan de référence

9.3.3. Créer les cavités

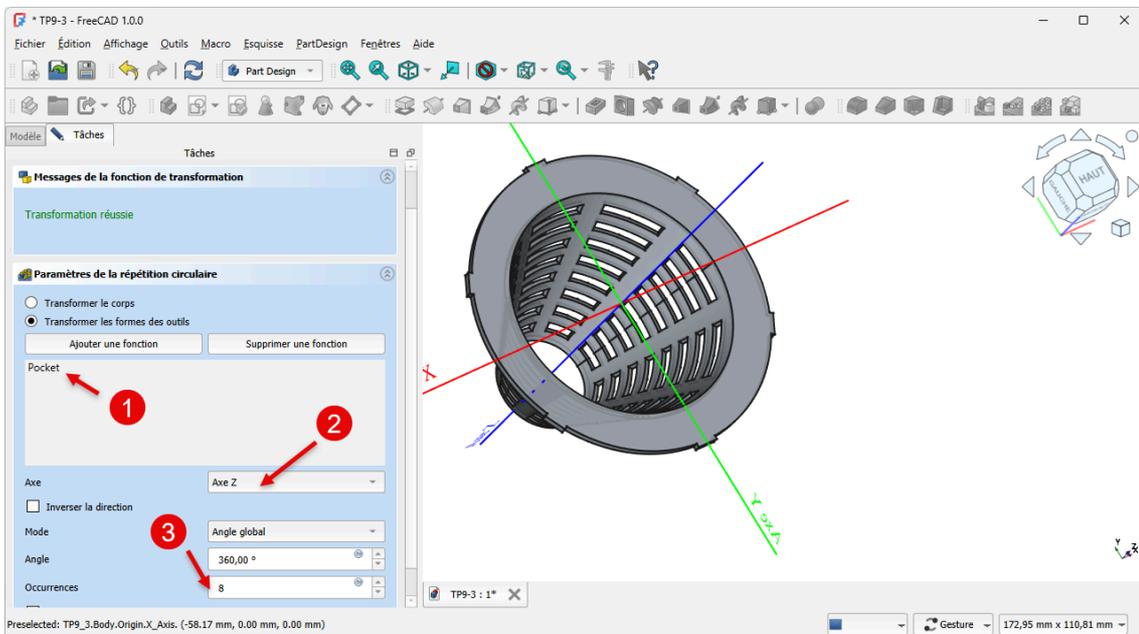
Tâches à réaliser

- 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

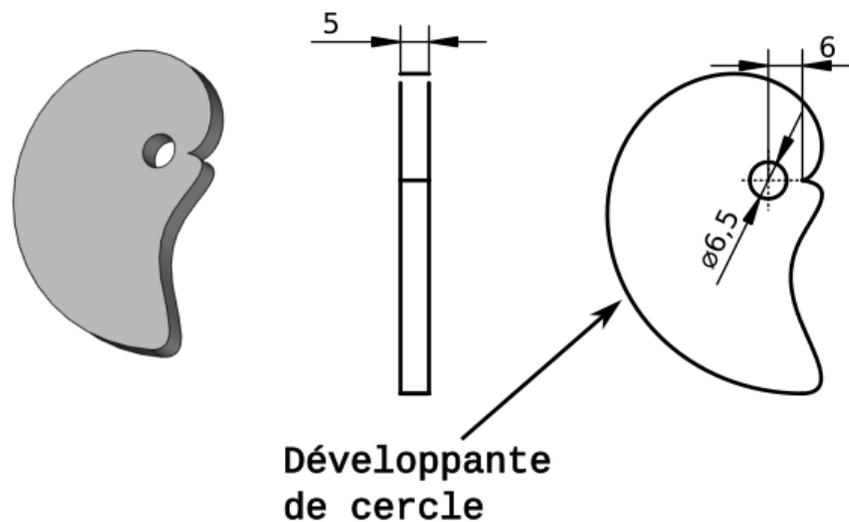


9.3.4. Capture vidéo



9.4. Pince excentrique

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. Voir les exemples suivants :

- <https://www.lairdubois.fr/creations/17125-pincas-anti-clothoide-pour-cnc.html> ;
- Le chapitre « 5 - Pincas 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 :

$$x = a \times (\cos(t) + t \times \sin(t))$$

$$y = a \times (\sin(t) - t \times \cos(t))$$

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

Objectifs :

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

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

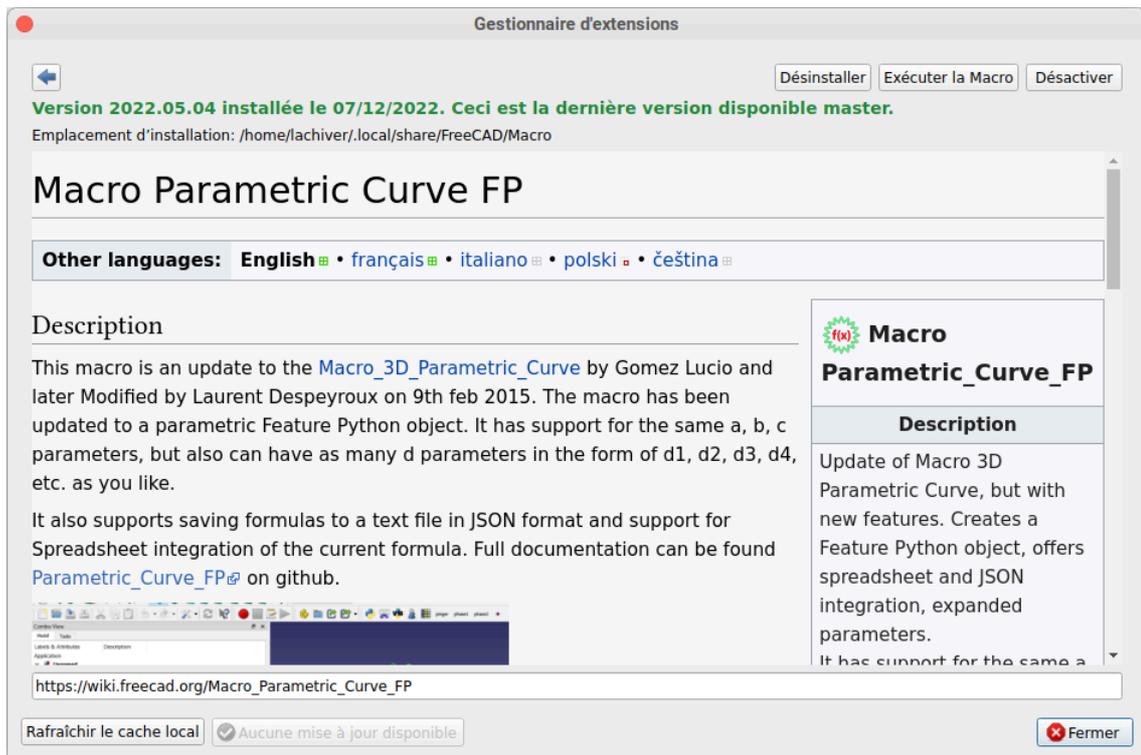
Travail préparatoire

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

9.4.1. Installer la macro

Tâches à réaliser

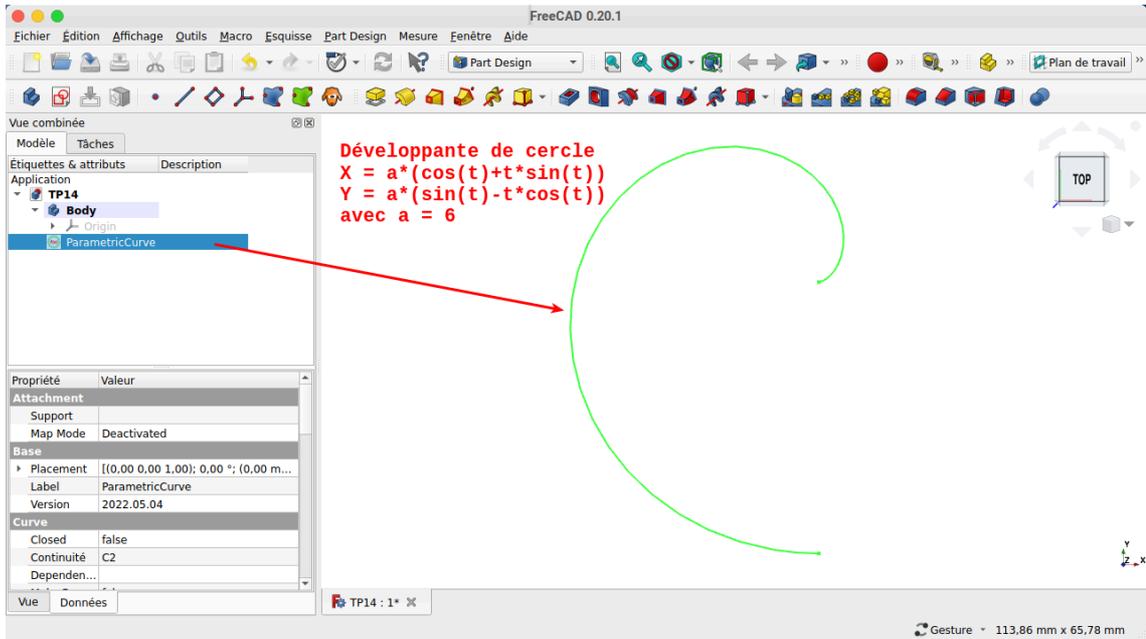
- Installer la macro  Parametric Curve FP à l'aide de commande `Outils -- Gestionnaire d'addons`  ;



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
 - t_max : $2 * \pi$



9.4.3. Transformer la courbe en esquisse

Tâches à réaliser

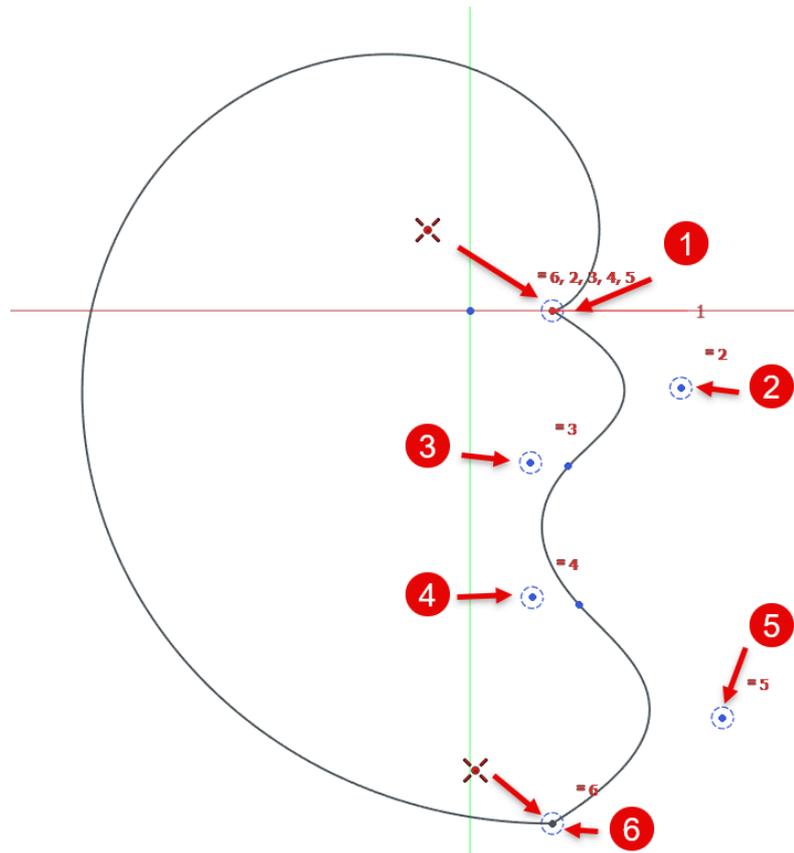
- Sélectionner l'atelier Draft  ;
- Sélectionner la courbe et la transformer en esquisse  ;
- Déplacer l'esquisse dans l'arborescence du corps ;
- Masquer la courbe ;

9.4.4. Fermer l'esquisse et créer la protrusion

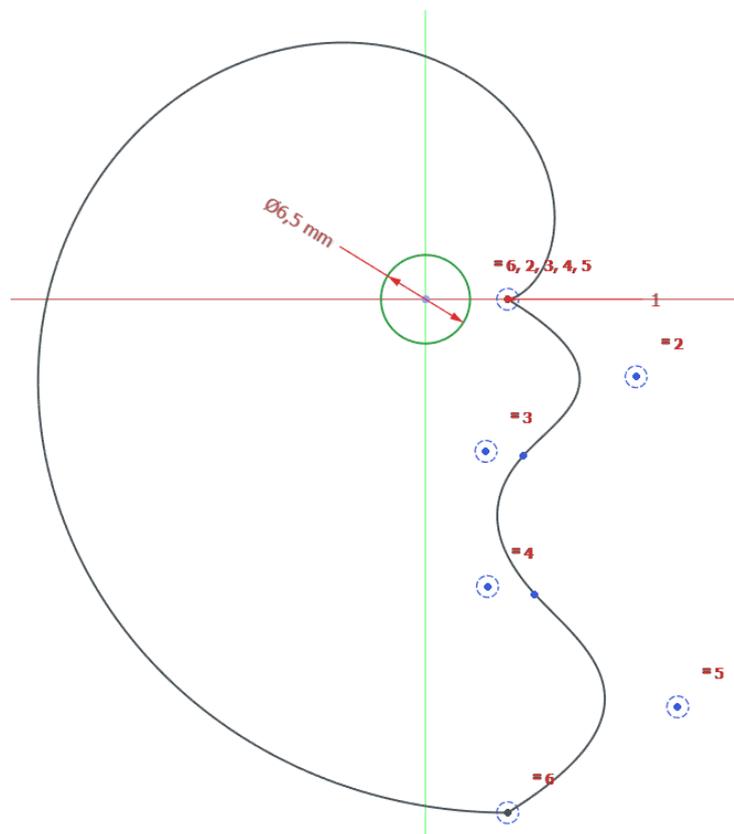
Nous allons ajouter une B-spline  pour fermer l'esquisse et pouvoir créer la protrusion ;

Tâches à réaliser

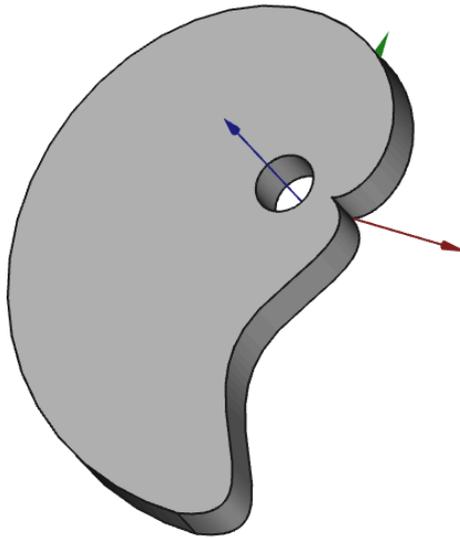
- Ouvrir l'esquisse  dans l'atelier Sketcher ;
- Ajouter une B-spline  à 6 points de contrôle en utilisant une contrainte automatique  pour les extrémités afin de fermer le contour extérieur de l'esquisse ;

*B-spline de fermeture*

- Ajouter un cercle  de diamètre \varnothing 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

Remarque

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  ^W ;
- Exporter un maillage  ^W permettant de créer un fichier au format STL ;

Mesh

≈ Maillage

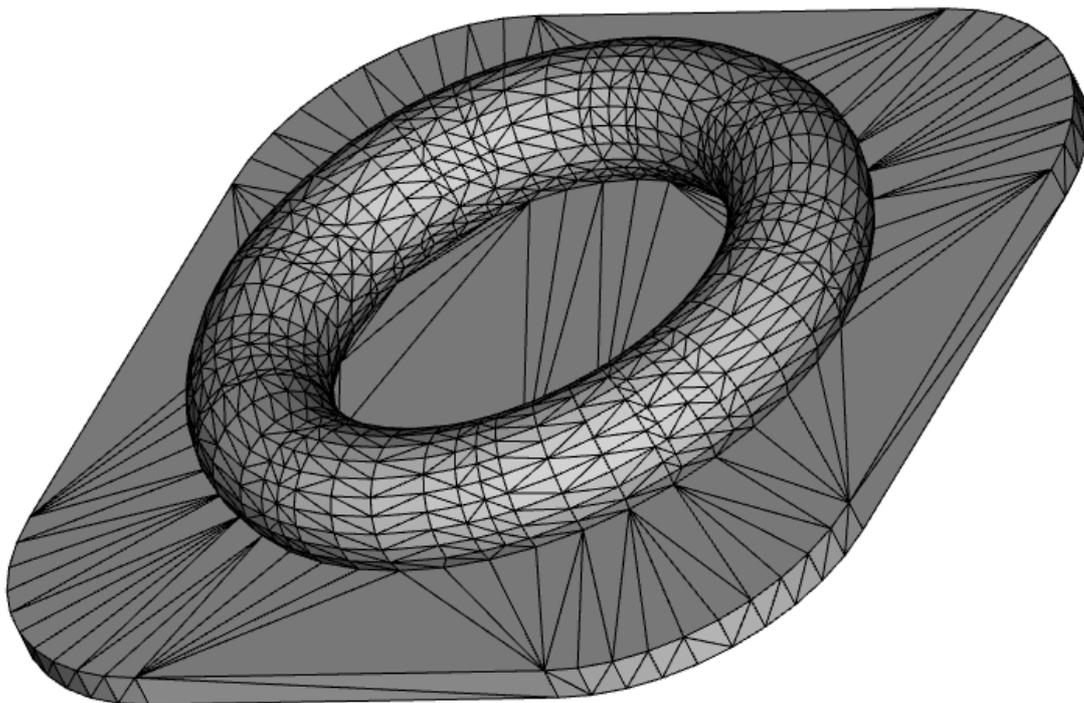
Un **mesh** ou **maillage** est un objet tridimensionnel constitué de sommets, d'arêtes et de faces organisés en polygones sous forme de fil de fer dans une infographie tridimensionnelle. Les faces se composent généralement de triangles, de quadrilatères ou d'autres polygones convexes simples, car cela 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))

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

Tâches à réaliser

- Si nécessaire, activer l'atelier  Mesh Design à l'aide de l'onglet  Ateliers de la commande  ;
- 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  ;
- Créer un fichier  Pad.stl du maillage à l'aide de la commande  ;

Pour mieux visualiser le maillage :

- Masquer l'objet  ;

11. Documentation

Wiki FreeCAD

Accueil	Part Design	Sketcher	Draft
Spreadsheet	Path	Mesh	

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> ;

11.1. Raccourcis Clavier

11.1.1. 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 

0 Vue isométrique 		
---	--	--

 **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						

11.1.2. Affichage

 **Réglementaire**

Affichage	 & 	
Sélection 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 + -

11.1.3. 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

11.1.4. Menu édition

Réglementaire

Édition	 & 	
Copier	Ctrl + C	Cmd + C
Coller	Ctrl + V	Cmd + V
Couper	Ctrl + X	Cmd + X
Supprimer	Del	Backspace
Annuler	Ctrl + Z	Cmd + Z
Rétablir	Ctrl + Y	Maj + Cmd + Z
Recalculer (Actualiser)	F5	Cmd + R