

# Conversion Rotation Translation

Mohd Johan Danial Bin Mohd Khairil  
Département de Génie Mécanique et Productique



## Sommaire

Partie 1: Cahier des charges .....	4
1.1 Intro.....	4
1.2 Mise en Situation.....	4
1.3 Phases de vie de produit.....	5
1.3.1 Conception .....	5
1.3.2 Utilisation normale .....	6
1.3.3 Maintenance & Réparation.....	6
1.4 Analyse fonctionnelle.....	6
1.5 État de l’art des solutions techniques existantes .....	7
Partie 2 : Réalisation .....	9
2.1 Avant-Projet .....	9
2.1.1 Modelé Inspiré .....	9
2.1.2 Graphe de liaison.....	9
2.1.3 Schéma cinématique .....	10
2.1.4 Conception Squelette Pilotant.....	10
2.2 Conception 3D et modélisation .....	11
2.2.1 Ensemble des pièces fixes .....	11
2.2.2 Ensemble des pièces tournantes .....	12
2.2.3 Ensemble des pièces de la liaison rotule .....	13
2.2.4 Ensemble des pièces glissantes .....	14
2.2.5 Ensemble des pièces verticales.....	15
2.2.6 Assemblage CATIA final.....	15
2.3 Fabrication.....	16
2.3.1 Pièces fabriquées en impression 3D.....	16
2.3.2 Pièces fabriquées en tournage conventionnel.....	18
2.4 Assemblage .....	20
2.4.1 Pièces standards .....	20
2.4.2 Montage final.....	21
2.5 Notice de calcul.....	21
2.5.1 Analyse cinématique .....	21
2.5.2 La course de la base verticale .....	22

2.5.3 Calcul de l'effort appliqué (Fp) .....	23
2.5.4 La dimension par rapport à l'angle d'inclinaison de la rotule .....	24
2.6 Perspective .....	24
2.6.1 Projet .....	24
2.6.2 Personnelle .....	25
3. Biblio.....	25
4. Annexe.....	26
4.1 Reference .....	26
4.2 Fiche technique .....	27
4.3 Dessin definition.....	28

# Partie 1: Cahier des charges

## 1.1 Intro

En emboutissage, il est crucial de maîtriser la déformation imposée pour garantir une transformation optimale du matériau. Dans le domaine de l'emboutissage, la maîtrise de la déformation imposée est un enjeu crucial pour garantir la qualité des pièces produites. L'emboutissage consiste à emboutir une tôle métallique en lui appliquant une contrainte mécanique à l'aide d'un poinçon et une matrice selon la forme de pièce souhaitée. Pour obtenir une transformation optimale, il est essentiel de contrôler précisément le déplacement et l'effort appliqué à la tôle. Les presses mécaniques utilisées dans ce processus reposent sur différents mécanismes de transmission de mouvement, parmi lesquels la bielle-manivelle. Ce mécanisme permet de transformer un mouvement rotatif en un mouvement de translation avec une grande précision, ce qui le rend particulièrement adapté aux opérations de déformation imposée.

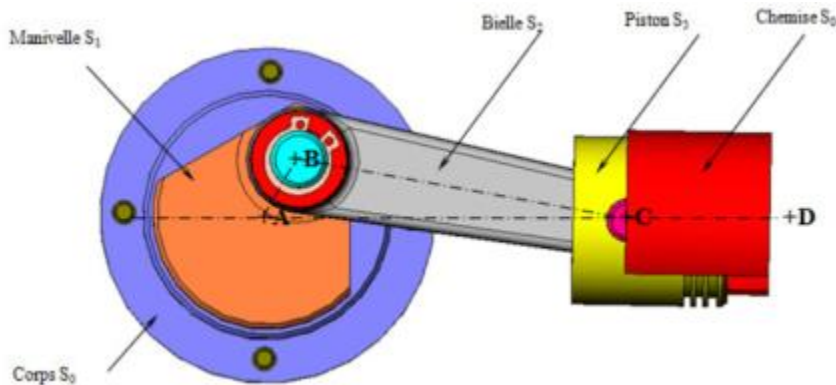
L'objectif de cette étude est d'analyser, concevoir et développer un prototype de presse mécanique basé sur le mécanisme de bielle-manivelle afin de garantir un contrôle optimal de la déformation des pièces embouties et pour permettre la flexibilité de la forme des pièces. Donc, la problématique est l'étude et réalisation d'un prototype de presse mécanique à déformation imposée.

## 1.2 Mise en Situation

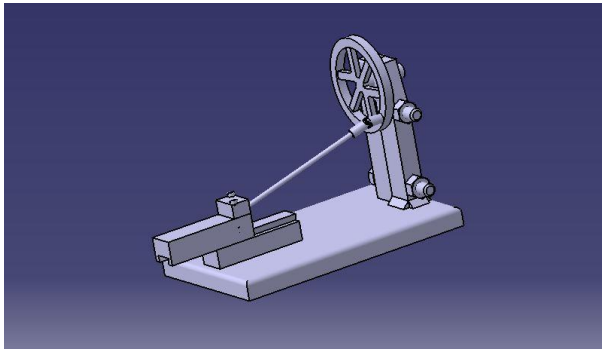
L'emboutissage est un procédé largement utilisé dans l'industrie automobile, l'aéronautique et la fabrication de pièces métalliques complexes. L'une des problématiques majeures de ce procédé est la nécessité d'adapter les presses aux différentes formes et dimensions des pièces à produire.

Dans ce contexte, mon projet vise à étudier deux configurations du mécanisme bielle-manivelle :

- Bielle-manivelle simple : un système en 2D permettant un mouvement linéaire simple de l'outil d'emboutissage.



- Bielle-manivelle spatiale : une conception plus avancée en 3D offrant une plus grande flexibilité dans le contrôle du mouvement et de la course de la presse.



En étudiant ces deux configurations, je cherche à identifier la solution la plus adaptée pour assurer une déformation maîtrisée, fiable et efficace des pièces métalliques. L'étude se concentrera sur l'analyse cinématique du mécanisme, la conception assistée par ordinateur (CAO), et la réalisation d'un prototype fonctionnel permettant de valider le concept.

## 1.3 Phases de vie de produit

### 1.3.1 Conception

L'objectif est de créer une presse mécanique capable de générer une déformation précise et maîtrisée sur les pièces, en utilisant un mécanisme de bielle-manivelle spatiale. J'ai choisi le mécanisme spatial plutôt que plan car cela permet une transmission complexe du mouvement, nécessaire pour certaines formes de déformation ou configurations d'outil spécifiques. Le matériau sélectionné doit dépendre à la résistance à la fatigue, à l'usure, et à la température. En outre, il doit avoir une réduction des pertes mécaniques par un bon alignement et une lubrification adaptée. Une simulation numérique sur l'étude des efforts, déplacements, et contraintes dans les liaisons du système doit être faite.

### 1.3.2 Utilisation normale

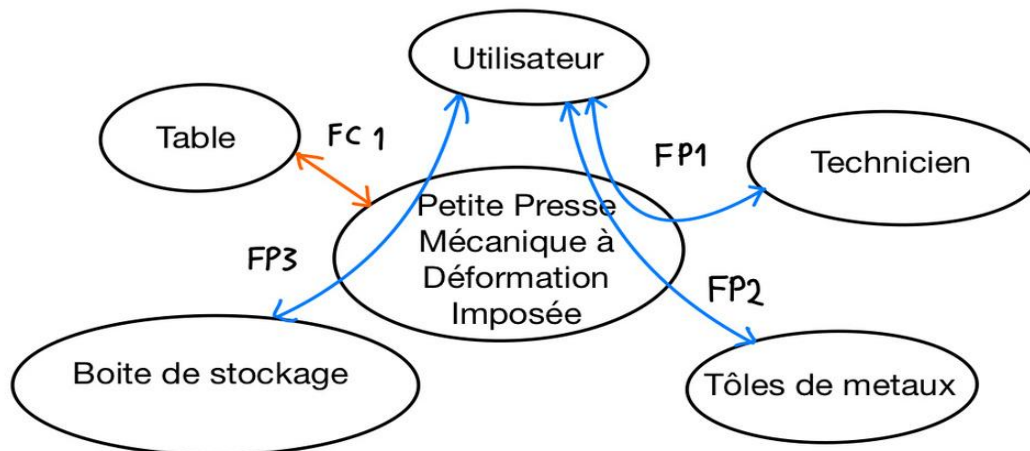
La fonction principale est d'emboutir des pièces avec une course contrôlée du poinçon via le mécanisme bielle-manivelle spatiale. L'avantage du mécanisme spatial est de permettre un profil de déplacement spécifique, idéal pour certaines géométries de pièces. Les critères de performance sont la précision du déplacement de l'outil malgré les effets dynamiques, la répétabilité du cycle, avec faible jeu et usure contrôlée dans les articulations spatiales et la productivité élevée avec des cadences optimisées.

### 1.3.3 Maintenance & Réparation

La maintenance de la presse mécanique est essentielle pour garantir son bon fonctionnement, prolonger sa durée de vie et éviter des pannes coûteuses. La présence de liaisons rotules nécessite un contrôle fréquent de l'alignement et de l'usure avec les zones de frottement dans des directions multiples, donc il faut mettre une lubrification adaptée et contrôlée. Pour la maintenance préventive, il faut faire ces étapes : vérification du jeu dans les articulations spatiales, serrage des fixations, lubrification régulière. En plus, un remplacement de pièces comme des roulements linéaires, un palier lisse et des axes particulièrement sensibles dans un système spatial.

## 1.4 Analyse fonctionnelle

Un diagramme des milieux extérieurs (diagramme pieuvre) pour la phase utilisation normale pour représenter les liens entre les interacteurs et les fonctions et les contraintes du projet.



Un tableau des fonctions en fonction de la diagramme pieuvre qui détaille les fonctions et les contraintes sur le produit sert comme un cahier des charges pour ce projet.

Fonction/contrainte	Critère	Niveau/ Valeur	Contrôle
FP1 Permettre la maintenance et la réparation	Prix estimé de maintenance et réparation	5€ -20€	Maintenabilité
	Durée de vie attendu	3 ans	Durée de vie des pièces
FP2 Emboutir et former des pièces	Effort de l'emboutissage	Fmin = 500N	Puissance de moteur
	Type de matériaux à usiner	Acier ou Aluminium e≤1mm	Effort d'emboutissage
FP3 Protéger les pièces contre les déformations	Qualité de boîte de stockage	Suffisant	-
FC1 Mettre en place sur une table	Bonne prise à la surface du pied	Suffisant	Frottement de la surface

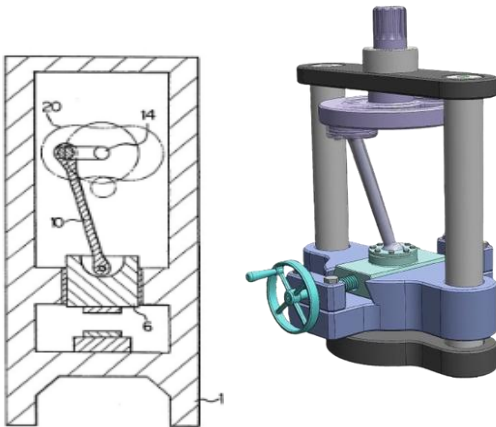
## 1.5 État de l'art des solutions techniques existantes

La bielle-manivelle est généralement un mécanisme permettant de convertir un mouvement rotatif en mouvement linéaire. Ce qui différencie les configurations simple et spatiale, c'est principalement l'orientation de l'axe de sortie du mouvement linéaire.

Dans une bielle-manivelle simple, l'axe de rotation de la manivelle est généralement perpendiculaire à la direction du mouvement linéaire (par exemple : manivelle horizontale et coulisseau se déplaçant verticalement)

À l'inverse, la bielle-manivelle spatiale offre une plus grande liberté : elle peut convertir le mouvement rotatif en un mouvement linéaire selon plusieurs directions, grâce à une géométrie non plane et à des articulations dans l'espace.

Cependant, dans le cadre de ce projet, la particularité est que l'axe de rotation de la manivelle sera parallèle à l'orientation du mouvement linéaire. Cette configuration permet de conserver les avantages du mécanisme spatial tout en assurant une transmission directe dans le même plan d'action.



### Comparaison des performances des solutions existantes

Critere	Bielle Manivelle Simple	Bielle Manivelle Spatiale
Mouvement	2D (un seul axe)	3D (multi-axes)
Course	Dépend de la longueur de la manivelle	Reglable
Tolerance de guidage	$\pm 0,1$ à $\pm 0,3$ mm	$\pm 0,05$ à $\pm 0,2$ mm

La course de la bielle-manivelle simple est difficile à régler dans la mesure où elle nécessite une manivelle réglable, dont l'ajustement n'est possible que lorsque le système est à l'arrêt. À l'inverse, en modifiant la position de la liaison rotule pendant le fonctionnement, il devient possible de changer la course sans interrompre le système, offrant ainsi une plus grande flexibilité.

La tolérance de guidage représente l'écart admissible entre la position réelle d'une pièce en mouvement et sa trajectoire idéale. Autrement dit, c'est la marge d'erreur latérale ou angulaire que le système de guidage autorise sans affecter le bon fonctionnement ou la précision de la pièce emboutie. Il s'agit d'un critère essentiel pour assurer la fabrication précise de pièces aux formes complexes et variées.

### Conclusion :

Pour répondre à notre besoin, qui est de concevoir une presse mécanique à déformation imposée, la bielle-manivelle spatiale est mieux adaptée grâce à sa flexibilité à former des pièces complexes, sa course réglable, et sa grande tolérance de guidage.

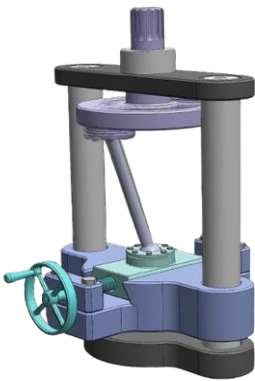


## Partie 2 : Réalisation

### 2.1 Avant-Projet

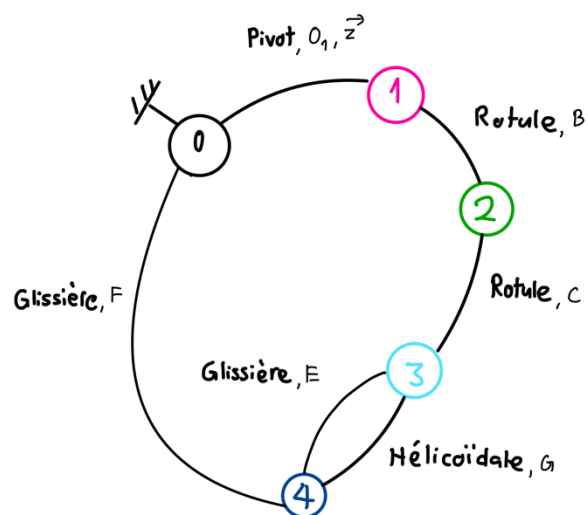
#### 2.1.1 Modelé Inspiré

J'ai été inspirée par ce modelé du mécanisme spatiale que j'ai trouve sur Internet. C'est le premier aide visuel pour réaliser ce projet.



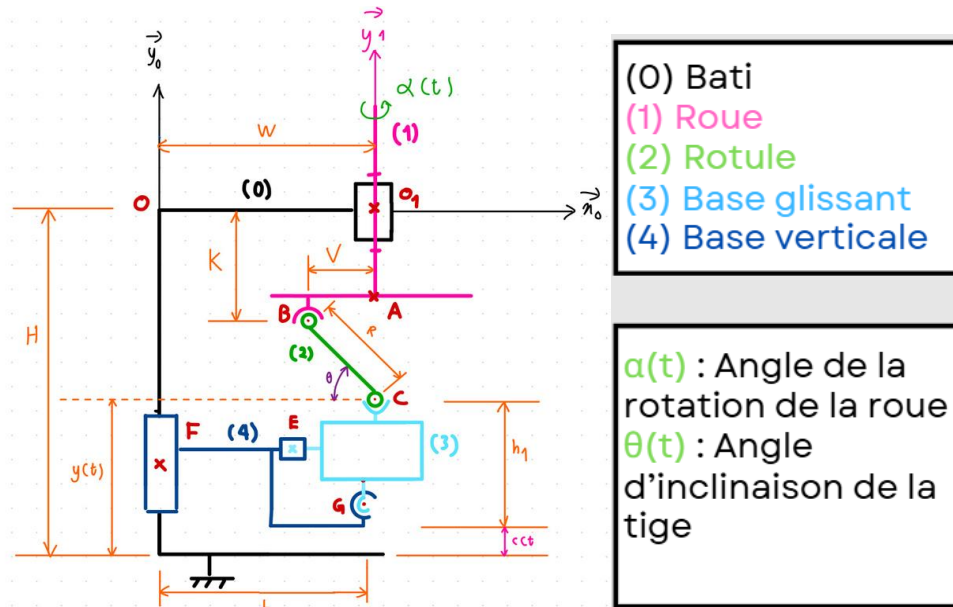
#### 2.1.2 Graphe de liaison

L'étude de mouvement des liaisons du système selon le modèle inspiré pour bien comprendre la fonction du mécanisme.



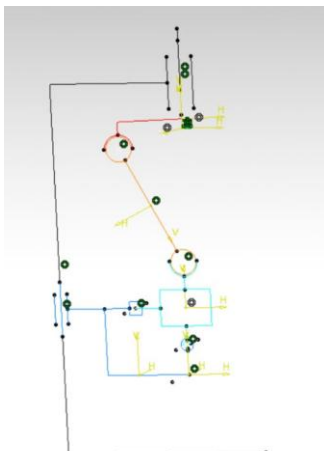
### 2.1.3 Schéma cinématique

Ce schéma aide la compréhension du système par rapport aux liaisons



### 2.1.4 Conception Squelette Pilotant

C'est la première conception sur CATIA qui me permet de bien visualiser le mouvement selon le schéma cinématique. Cela est une référence pour faire la conception 3D sur CATIA.

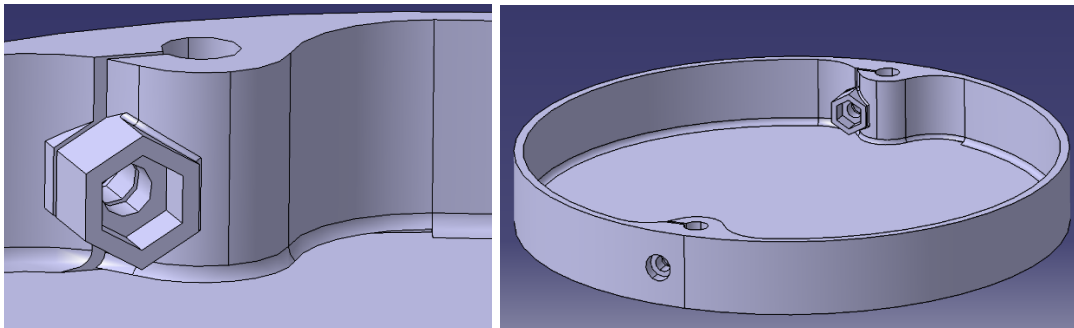


## 2.2 Conception 3D et modélisation

Ce prototype a pour objectif de montrer le fonctionnement du mécanisme, sans emboutir réellement des pièces métalliques. C'est la raison pour laquelle j'ai choisi de concevoir la majorité des pièces de manière adaptée à l'impression 3D.

### 2.2.1 Ensemble des pièces fixes

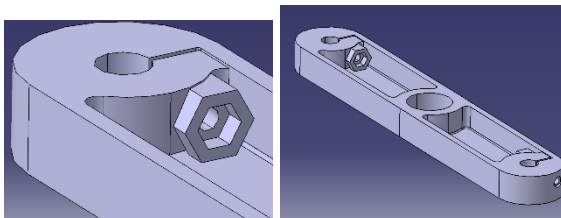
#### ➤ Base bâtie



Elle sert à tenir les deux tiges en passant dans les trous pour guider le glissement de la base verticale qui monter et descendre. En plus, elle est la base principale pour la presse. Pour pouvoir mettre en place les deux tiges, il y a deux solutions fiables que j'ai trouvées. La première solution est d'assembler des tiges et la base en passant des vis et écrous. Un contreperçage sera nécessaire pour monter les deux pièces. Cependant, cette solution pose des risques de rupture en raison des contraintes importantes pour une presse mécanique. La deuxième solution est d'utiliser un serrage à la déformation. Cette solution n'est qu'adaptée pour un modèle en impression 3D parce que les matériaux doivent être flexibles pour déformer lorsqu'il est serré avec une vis et revenir à sa forme initiale. Cette forme sert comme une griffe qui maintient la tige. Alors, le matériau comme PLA qui est utilisé pour l'impression 3D est adapté pour cette solution. Une poche hexagonale pour monter un écrou sert comme un insert fileté pour passer une vis pour serrer et desserrer la griffe. La forme de la pièce doit être conçue comme une coque afin de mettre la forme de la griffe.

Enfin, j'ai choisi la deuxième solution qui est plus adaptée pour une maquette et plus simple à réaliser.

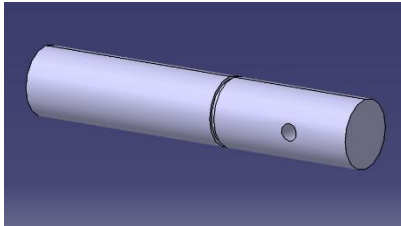
#### ➤ Bielle



Cette pièce sert à tenir les deux tiges et le palier lisse qui entraîne la rotation de l'arbre d'entrée. La tolérance du logement est  $\varnothing 20H7$  qui dépende du diamètre extérieur du palier lisse fabriquée en POM (référence de GSTI pg 256), donc la cote du logement doit être entre  $\varnothing 20,018\text{mm}$  et  $\varnothing 20\text{mm}$  pour créer un jeu moyen entre elle-même est le palier lisse. L'épaisseur de la pièce dépende de la longueur de palier lisse avant l'épaulement. Elle est conçue du même principe de conception et méthode de réalisation de la base bâti qui utilise la griffe de serrage à la déformation. En outre, le logement hexagonal est conçu de la forme d'un écrou M3 avec un jeu de 0,5 mm afin de le faire passer dans le logement.

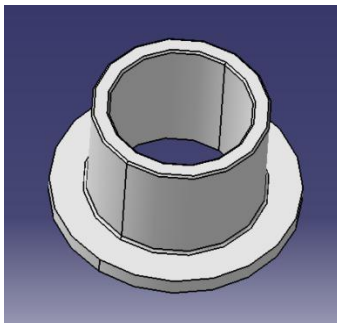
### 2.2.2 Ensemble des pièces tournantes

#### ➤ Arbre d'entrée



Cette pièce sert à générer le mouvement de rotation du système. Elle guide la rotation de la roue qui tiens la rotule. La tolérance du diamètre de l'arbre est  $\varnothing 16f7$  qui dépende du diamètre intérieur du palier lisse, donc la cote doit être entre  $\varnothing 15,984\text{mm}$  et  $\varnothing 15,966\text{mm}$  pour créer un jeu moyen entre elle-même est le palier lisse. Elle est montée en passant dans le palier lisse qui est monte dans la bielle et il y a une rainure de circlips sur l'arbre d'entrée qui sert à maintenir le palier lisse. Le diamètre de la gorge fait  $\varnothing 16h11$  (entre  $\varnothing 16\text{mm}$  et  $\varnothing 15,89\text{mm}$ ) et l'épaisseur de la gorge fait 1,1H13 (entre 1,24mm et 1,1mm). Puis, elle est aussi montée en passant dans la roue où il y a un trou qui travers les deux pièces pour monter une goupille de  $\varnothing 4\text{mm}$  afin de maintenir les deux pièces.

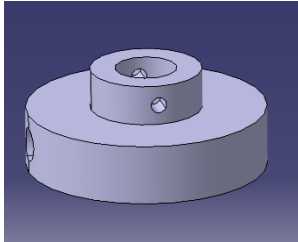
#### ➤ Palier lisse



Ce palier lisse est de type coussinet a collerette et sert à guider la rotation de l'arbre d'entrée. Elle a été choisie en raison de son facilite de montage a l'arbre d'entrée. Elle est montée avec un épaulement et un circlip intérieur. En plus, cette pièce est fabrique en composite thermoplastique

polyoxyméthylène (POM) qui possède une résistance mécanique élevée, un bon taux de frottement (0,04-0,20) et une bonne aptitude aux vitesses élevées qui sont des atouts pour une presse mécanique.

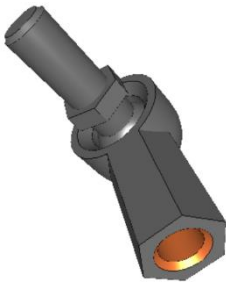
➤ Roue



Cette pièce consiste de deux cylindres qui sont un petit cylindre en dessus qui sert à tenir l'arbre d'entrée en passant une goupille et un grand cylindre qui sert à tenir la rotule en dessus avec un trou taraudé M10. Il y a un trou qui traverse les deux pièces pour monter une goupille de  $\varnothing 4\text{mm}$  afin de maintenir les deux pièces. La roue doit avoir un trou de  $\varnothing 16\text{H8}$  (entre  $\varnothing 16,027\text{mm}$  et  $\varnothing 16\text{mm}$ ) pour faire passer l'arbre d'entrée. En outre, le diamètre extérieur du grand cylindre est  $\varnothing 60\text{mm}$  qui est déterminé selon le calcul de dimensionnement **2.5.4**.

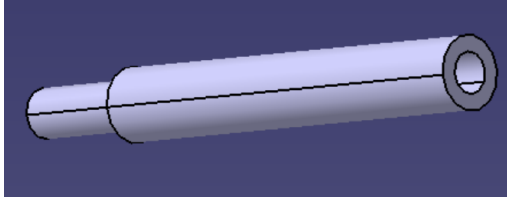
### 2.2.3 Ensemble des pièces de la liaison rotule

➤ Rotule M10



C'est la pièce qui permet la conversion du mouvement rotation au mouvement linéaire. Il y a deux liaisons rotule avec une partie mâle et femelle. Il y a une rotule en haut et une rotule en bas qui sont montées à l'inverse pour créer une liaison pivot entre elles. Ces pièces ont été commandées et prêtes parce que c'est dur à fabriquer et elles doivent être très précises.

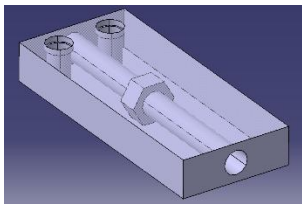
➤ Arbre fileté



C'est un arbre qui sert à tenir une rotule d'une partie mâle monté en dessus et une rotule d'une partie femelle monté en dessous. Donc, la partie en dessus est un segment fileté tandis que la partie en dessous est un segment avec un trou taraudé à M10. La longueur de l'arbre doit être 150mm selon la somme de longueur de trajet de la base glissant et le trou percé pour bloquer sa translation.

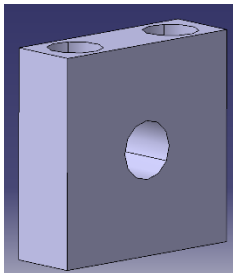
## 2.2.4 Ensemble des pièces glissantes

### ➤ Base glissante



C'est une pièce qui sert à changer la position de la rotule afin de varier la course de la base verticale. Elle est montée glissant avec un jeu axial de 1mm de l'extrémité de la poche de base verticale et un jeu radial de 0,5mm de la surface de la poche et elle est guidée par l'arbre de guidage. J'ai choisi de fabriquer cette pièce en imprimant donc un écrou est nécessaire pour monter l'arbre de guidage qui est fileté. Une poche hexagonale est placée pour monter un écrou M8 avec des jeux de 0,5mm. Cette poche sert à guider l'arbre de guidage qui est fileté. Il y a aussi deux trous positionnés à l'extrémité d'un côté pour monter le support rotule.

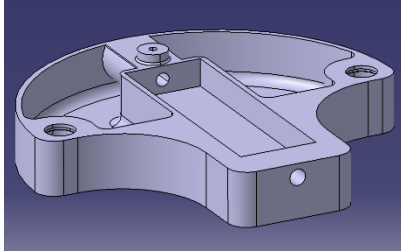
### ➤ Support rotule



Cette pièce sert à tenir la partie femelle de la rotule en passant une vis M10 entre les deux pièces. Le support est fixé à la base glissant en passant des vis M8 dans les trous de la base glissante. En plus, cette pièce sert à positionner la rotule au centre de la base glissante.

## 2.2.5 Ensemble des pièces verticales

### ➤ Base verticale



Cette pièce sert à être la base où le mouvement translation est converti au mouvement rotation. En outre, cette pièce est la base qui forme la pièce à emboutir. Cette forme me permet de réduire la masse et la taille de la pièce en utilisant une conception de coque et des arrêtes congés. Cette pièce est montée aux tiges bâties avec des trous percés à  $\varnothing 16\text{mm}$  pour mettre des roulements linéaires afin d'assurer un bon glissement. Les trous possèdent des épaulements en dessous et des gorges pour monter des circlips intérieure  $\varnothing 16\text{mm}$  qui servent à monter les roulements linéaires. Un trou central est mis pour passer l'arbre de guidage et il y a un petit cylindre avec un trou pour monter une vis de pression qui sert à tenir l'arbre de guidage sur son épaulement. En outre, il y a une rainure pour monter la base glissante qui fait 40mm de largeur et 150mm de longueur.

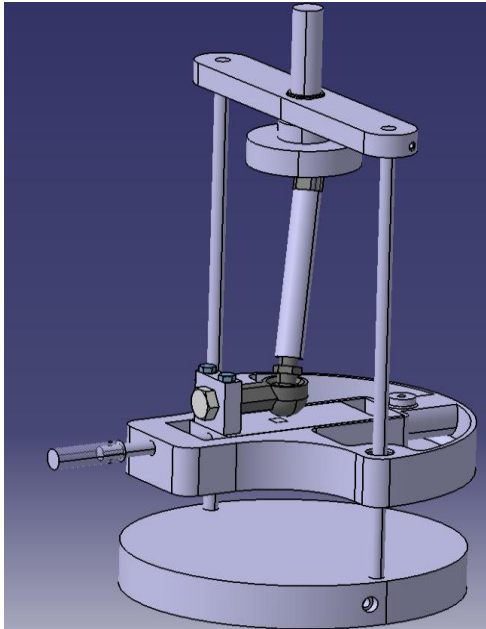
### ➤ Arbre de guidage



C'est une pièce qui sert à guider la translation de la base glissante. Sur la pièce, il y a un segment lisse avec des épaulements pour bloquer la translation de l'arbre de guidage. Cette pièce est déjà filetée et une poignée a été déjà montée.

## 2.2.6 Assemblage CATIA final

En assemblant tous les ensembles des pièces avec ses liaisons, un assemblage final sur CATIA qui fonctionne avec sa liaison peut représenter.



## 2.3 Fabrication

Pour ce projet, j'ai choisi de fabriquer des pièces entre deux types de fabrication, l'impression 3D ou tournage conventionnel.

### 2.3.1 Pièces fabriquées en impression 3D

- Base bâtie
- Bielle
- Roue
- Base glissante
- Support rotule
- Base verticale

Ces pièces sont fabriquées en impression 3D en raison de ses formes complexes comme la base verticale et de ses solutions de montage comme la bielle et la base bâtie qui utilise le maintien à la griffe.

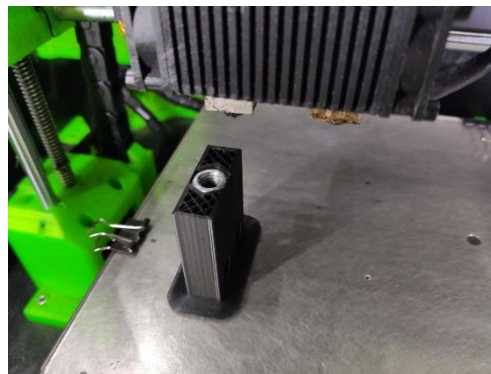
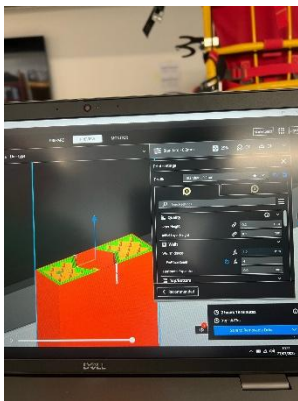


En plus, j'ai choisi quelques paramètres pour imprimer. La densité du remplissage est à 20% pour les rendre légère et avoir les résistances mécaniques suffisantes. Cependant, la roue doit avoir une densité du remplissage à 100% afin de tarauder un trou de M10 qui maintient la rotule malle en haut et de passer un alésoir dans l'alésage pour avoir une surface plus lisse.



En outre, le motif de remplissage choisi est subdivision cubique qui donne des arêtes vives plus arrondies et des surfaces plates plus lisses. Donc, c'est adapté aux pièces car les pièces possèdent de nombreuses arêtes congées afin de réduire des contraintes et les surfaces plates sont importantes. Tous les autres paramètres ne sont pas changés.

Il faut bloquer des supports dans tous les trous fonctionnels pour avoir une surface plus lisse dans les trous. Enfin, pour la base glissante, j'ai utilisé une technique d'impression particulière. En utilisant l'imprimant 3D qui est disponible dans le laboratoire, une technique de pause de l'impression a été utilisée pour passer un écrou dans une poche hexagonale puis continuer l'impression qui reste.



Un insert thermosoudé est mis dans chaque trou pour pouvoir passer des vis afin de fixer le support à la base et un petit insert est mis dans le trou de segment cylindre pour passer une vis de pression. Alors, les trous sont légèrement lamés afin d'éviter les matériaux se forment lorsque les inserts sont mis en place.



### 2.3.2 Pièces fabriquées en tournage conventionnel

- Arbre d'entrée

J'ai choisi de dresser les deux côtés jusqu'à la longueur souhaitée et de charioter les deux côtés avec un montage mixte (utilisation d'un contre point). Puis, en utilisant un outil à tronçonner, j'ai fait la rainure de circlips. Enfin, j'ai utilisé une perceuse pour faire le logement de goupille en faisant un contreperçage qui est de percer l'axe en montant la roue dans l'axe.



- Palier lisse

J'ai fabriqué le palier lisse en POM, donc le temps d'usinage doit être diminué pour éviter l'échauffement de matériaux. J'ai choisi de dresser les deux côtés et de charioter jusqu'à

l'épaulement. L'alésage de palier lisse doit être percé puis passer sur un alésoir afin d'assurer une surface plus lisse.



- Arbre fileté

J'ai fabriqué cette pièce en dressant les deux segments et en chariotant les deux segments au différent diamètre. Ensuite, le grand segment a été percé selon son axe puis ce trou a été taraudé à la main. Enfin, le petit segment a été aussi fileté à la main car le diamètre est inférieur à 10mm.



- Arbre de guidage

Cette pièce est déjà filetée donc il reste à faire des segment lisse en chariotage en un peu de chanfreinage sur le bord de la pièce. Un papier a été utilisé pour garder l'état surface de filetage.



## 2.4 Assemblage

### 2.4.1 Pieces standards

Pieces standards	Quantité
Ecrou M3	2
Ecrou M5	2
Ecrou M8	2
Circlips extérieurs $\varnothing$ 16	1
Goupille $\varnothing$ 4	1
Roulement linéaire $\varnothing$ 15	2
Circlips intérieurs $\varnothing$ 16	2
Vis de pression M3	1
Vis M8	2
Vis M10	1
Insert thermosoudée M3	1
Insert thermosoudée M8	2



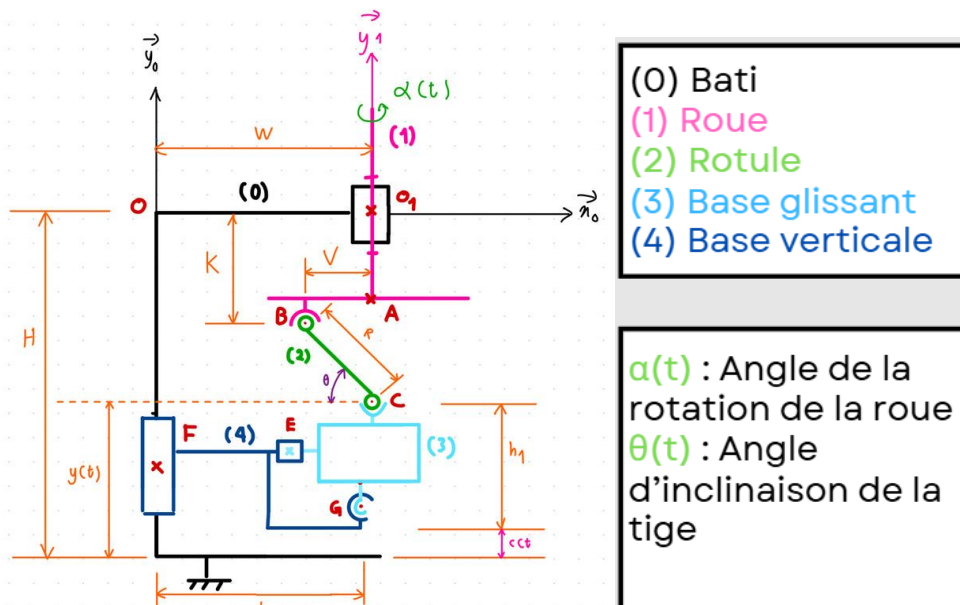
## 2.4.2 Montage final



## 2.5 Notice de calcul

### 2.5.1 Analyse cinématique

Pour les premiers calculs de dimensionnement, j'ai dimensionné le système par rapport à la schéma cinématique.



## 2.5.2 La course de la base verticale

En utilisant la loi d'entrée-sortie, le calcul de la course du système par rapport à l'angle de rotation est possible.

$$c(t) = H - h1 - K - \sqrt{R^2 + 2V(L - W) \cdot \cos\alpha - (L - W)^2 - V^2}$$

$c(t)$  = Course de la base verticale

H = Le hauteur de la base à la bielle

h1= Le hauteur de la base verticale au centre de la rotule en dessous

K = Le hauteur de la bielle au centre de la rotule en dessus

R = Le longueur du centre des deux rotules

V = Le longueur du centre de la roue au centre de la rotule en dessus

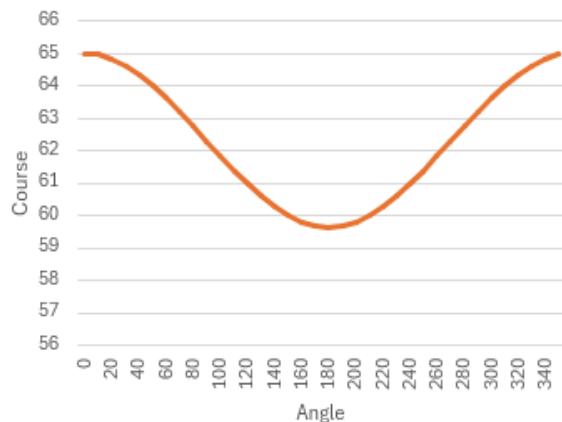
L = Le longueur du centre de la tige de bâti au centre de la rotule en dessous

W = Le longueur du centre de la tige de bâti à l'axe de l'arbre d'entrée

$\alpha(t)$  = L'angle de rotation du système

Une représentation de graphique a été faite en ajoutant la formule dans l'application de Microsoft Excel.

Résultat graphique :



Conclusion :

Le mouvement du système de mouvement translation a mouvement rotation est représentée sous une forme de courbe de la fonction cosinus où la base verticale est plus basse lorsque le système fait un demi tourne (180°).

### 2.5.3 Calcul de l'effort appliqué (Fp)

$\alpha(t)$  : entrée

$c(t)$  : sortie

En appliquant la conversion de la puissance mécanique, on a :

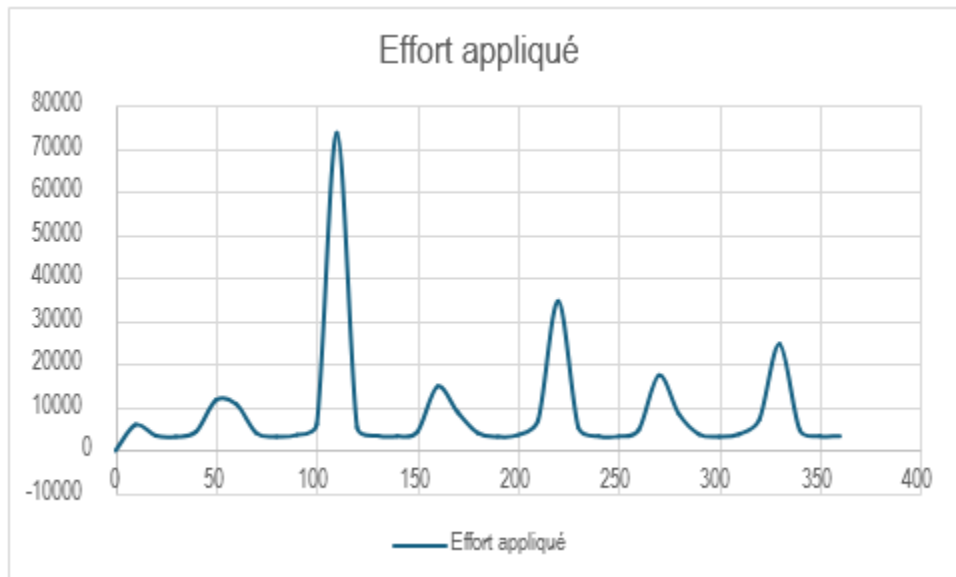
$$C_{\text{moteur}} \times d\alpha/dt = dc/dt \times F_p$$

$$C_{\text{moteur}} = dc/d\alpha \times F_p$$

$$\text{Avec : } dc/d\alpha = \frac{-V(L-W).sin\alpha}{\sqrt{2V(L-W).cos\alpha + R^2 - (L-W)^2 - V^2}}$$

Donc, pour calculer  $F_p$ , on prend  $C_{\text{moteur}} = 8482,3 \text{ N.mm}$  comme une constante et je calcule  $F_p$  par rapport à l'angle de rotation du moteur.

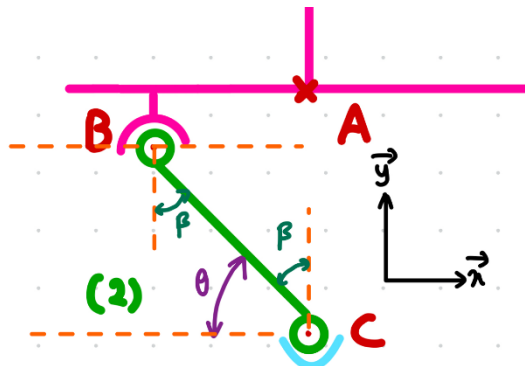
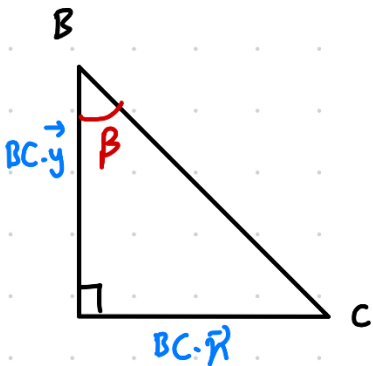
Résultat graphique :



## 2.5.4 La dimension par rapport à l'angle d'inclinaison de la rotule

La rotule possède une limite de l'angle d'inclinaison à  $25^\circ$ . Alors, certaine dimension doit être contrôlée pour que le système fonctionne bien. En appliquant les connaissances de trigonométrie, ces relations sont définies :

$$\text{Soit } r = \frac{AB}{BC} \text{ et } BC \cdot \sin \beta = AB$$



$$\beta \leq 25^\circ$$

$$\sin \beta = \frac{AB}{BC} \leq |\sin 25^\circ|$$

$$r \leq 0,423$$

Le longueur AB est inversement proportionnel à l'angle d'inclinaison,  $\beta$

Le longueur BC est directement proportionnel à l'angle d'inclinaison,  $\beta$

Donc, ce calcul est important pour le choix de dimension pour la roue est l'arbre fileté parce qu'il dépende de l'un de l'autre. Pour réduire la largeur de la maquette, j'ai choisi de réduire le diamètre de la roue en augmentant la longueur de l'arbre fileté.

## 2.6 Perspective

### 2.6.1 Projet

Ce projet de réalisation d'une maquette de presse mécanique met en évidence le fonctionnement d'un mécanisme bielle-manivelle spatiale, sans viser à reproduire la fonction réelle



d'emboutissage. L'objectif principal est d'illustrer, de manière claire et visuelle, le mouvement complexe généré par ce type de mécanisme, souvent difficile à appréhender en théorie seule.

La maquette permet d'analyser les liaisons mécaniques, la transmission du mouvement et la géométrie spatiale du système. Elle constitue ainsi un excellent support pédagogique pour la compréhension de systèmes articulés tridimensionnels et de leurs applications dans les machines industrielles.

## 2.6.2 Personnelle

Ce projet m'a beaucoup appris, pas seulement sur la construction d'une maquette. J'ai compris à quel point des éléments que je néglige parfois en théorie, comme le jeu mécanique, sont essentiels en pratique. Trop de jeu, et le mécanisme devient instable, si ce n'est pas assez, tout se bloque. J'ai également découvert l'importance de la précision, que ce soit dans la modélisation, la découpe ou le montage. Chaque petite erreur peut avoir un impact direct sur le fonctionnement du système. Ce projet m'a permis de développer une approche plus rigoureuse, mais aussi plus patiente, face à la mécanique.

Enfin, j'ai apprécié le fait de passer de la théorie à quelque chose de concret. Ce projet me donne l'opportunité de mieux voir le mouvement fonctionner, comprendre d'où il vient et comment chaque pièce contribue au système, ça m'a donné envie d'aller plus loin dans ce domaine. C'est un projet qui m'a réellement permis de progresser techniquement, mais aussi de gagner en autonomie et en confiance.

## 3. Biblio

Jean-Louis Fanchon  
Nathan  
13 mai 2024  
624 pages



## 4. Annexe

### 4.1 Reference

[https://youtu.be/8vTWuRIO0U8?si=zbMgyA\\_9GnaPMrC2](https://youtu.be/8vTWuRIO0U8?si=zbMgyA_9GnaPMrC2)

<https://eric->

[walschaerts.canoprof.fr/eleve/SN/CINEMATIQUE/CINEMATIQUE/activities/44-BIELLE\\_MANIVELLE.xhtml](https://eric-walschaerts.canoprof.fr/eleve/SN/CINEMATIQUE/CINEMATIQUE/activities/44-BIELLE_MANIVELLE.xhtml)

<https://grabcad.com/library/exemple-d-application-d-un-systeme-bielle-manivelle-spatiale-1>

<https://fr.rs-online.com/web/p/joints-a-rotule/7124998>

## 4.2 Fiche technique

Angled ball and socket joint (low-cost):  
WGRM LC and WGLM LC



- Housing with ball stud
- Lightweight
- Maintenance-free
- Ball studs made from plastic, galvanised steel and stainless steel<sup>19</sup> ► Accessories, page 777

 Order key


Type	Size [mm]	Version
WG ... M-	05	LC

Angled ball and socket joint	Thread	Metric	Inner Ø	Low-cost
------------------------------	--------	--------	---------	----------

Options:

Ball stud	Blank: plastic stud
Thread	MS: ball studs made from galvanised steel <sup>19</sup>
L: left-hand thread	R: right-hand thread
ES: ball studs made from stainless steel <sup>20</sup>	

 Lifetime calculation online  
► [www.igus.eu/igubal-expert](http://www.igus.eu/igubal-expert)

 Material:  
Housing: igumid G ► Page 1496

### Technical data

Part No.	Max. axial tensile force (Ball stud axis) <sup>19</sup>		Max. axial compressive force (Ball stud axis)		Max. axial tensile force (Housing axis)		Max. axial tensile force steel stud (Housing axis)		Weight [g]	
	Short-term	Long-term	Short-term	Long-term	Short-term	Long-term	Short-term	Long-term		
Right-hand thread										
Left-hand thread										
WGRM-04 LC-MS <sup>20</sup>	WGLM-04 LC-MS <sup>20</sup>	100	50	150	75	–	–	500	250	2.4
WGRM-05 LC	WGLM-05 LC	30	15	200	100	100	50	600	300	2.6
WGRM-06 LC	WGLM-06 LC	35	17.5	300	150	140	70	800	400	4.0
WGRM-08 LC	WGLM-08 LC	250	125	500	250	200	100	1,500	750	8.2
WGRM-10 LC	WGLM-10 LC	250	125	900	450	400	200	1,900	950	13.8

### Dimensions [mm] – technical drawing ► Page 694

Part No.	d1	d2	d4	I1	I2	I5	I6	h1	h2	h3	a	b	e	S1	S2	Max. pivot angle	
Right-hand thread	+0.1	+0.5	+0.2	+0.3				+0.4	+0.5	+0.5	+0.3	+0.5	+1.0				
Left-hand thread	-0.1	-0.5	-0.2	-0.3			Min.	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.5	-1.0				
WGRM-04 LC-MS <sup>20</sup>	WGLM-04 LC-MS <sup>20</sup>	6.0	M4	10.6	8.5	8.0	12.5	6.8	9.0	0.2	21.8	18.0	23.3	10.5	SW 7	SW 7	20°
WGRM-05 LC	WGLM-05 LC	8.0	M5	12.8	9.0	10.2	14.0	8.2	10.8	0.65	25.6	22.0	28.4	11.0	SW 8	SW 7	25°
WGRM-06 LC	WGLM-06 LC	10.0	M6	14.8	11.0	12.5	16.0	10.5	12.3	0.70	30.9	25.0	32.4	13.0	SW 9	SW 8	25°
WGRM-08 LC	WGLM-08 LC	13.0	M8	19.3	13.0	16.5	18.0	13.5	16.2	1.15	38.8	30.0	39.7	16.0	SW 12	SW 11	25°
WGRM-10 LC	WGLM-10 LC	16.0	M10	24.0	16.0	20.0	20.0	16.0	20.0	1.15	47.0	35.0	47.0	18.0	SW 14	SW 13	25°

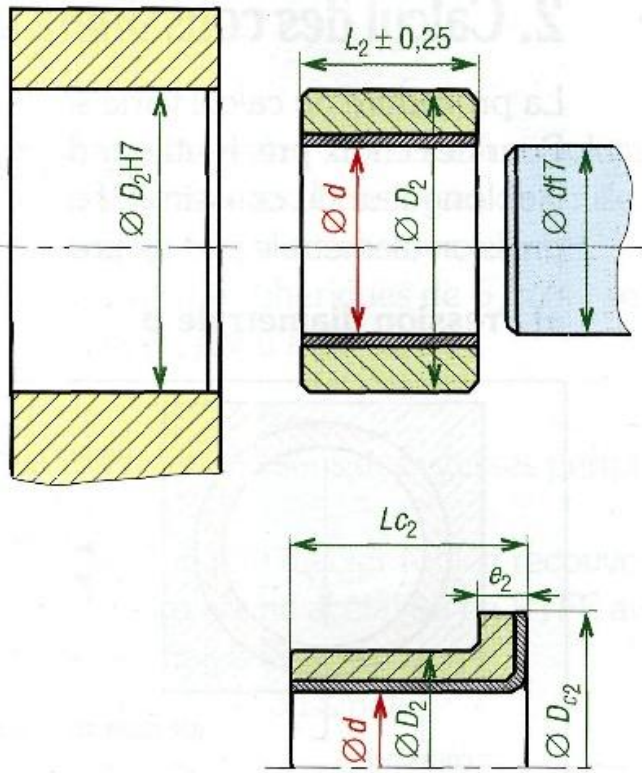
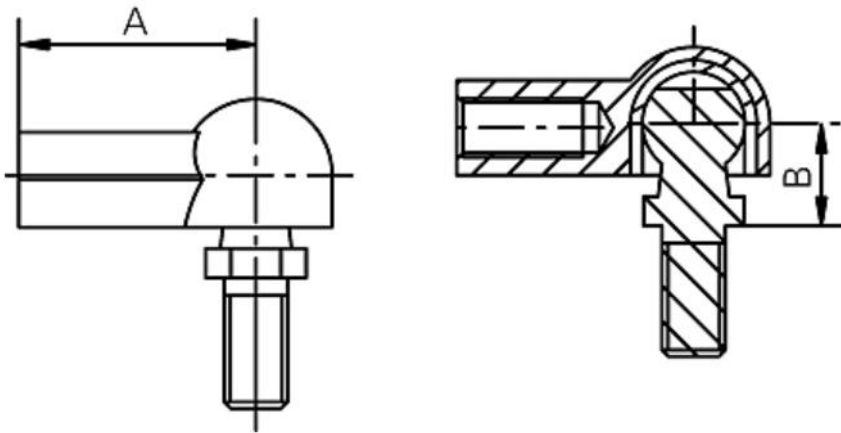
<sup>19</sup> Galvanised steel stud only available with right-hand thread. Order example: WGRM-05 LC MS

<sup>20</sup> Only available with galvanised steel stud

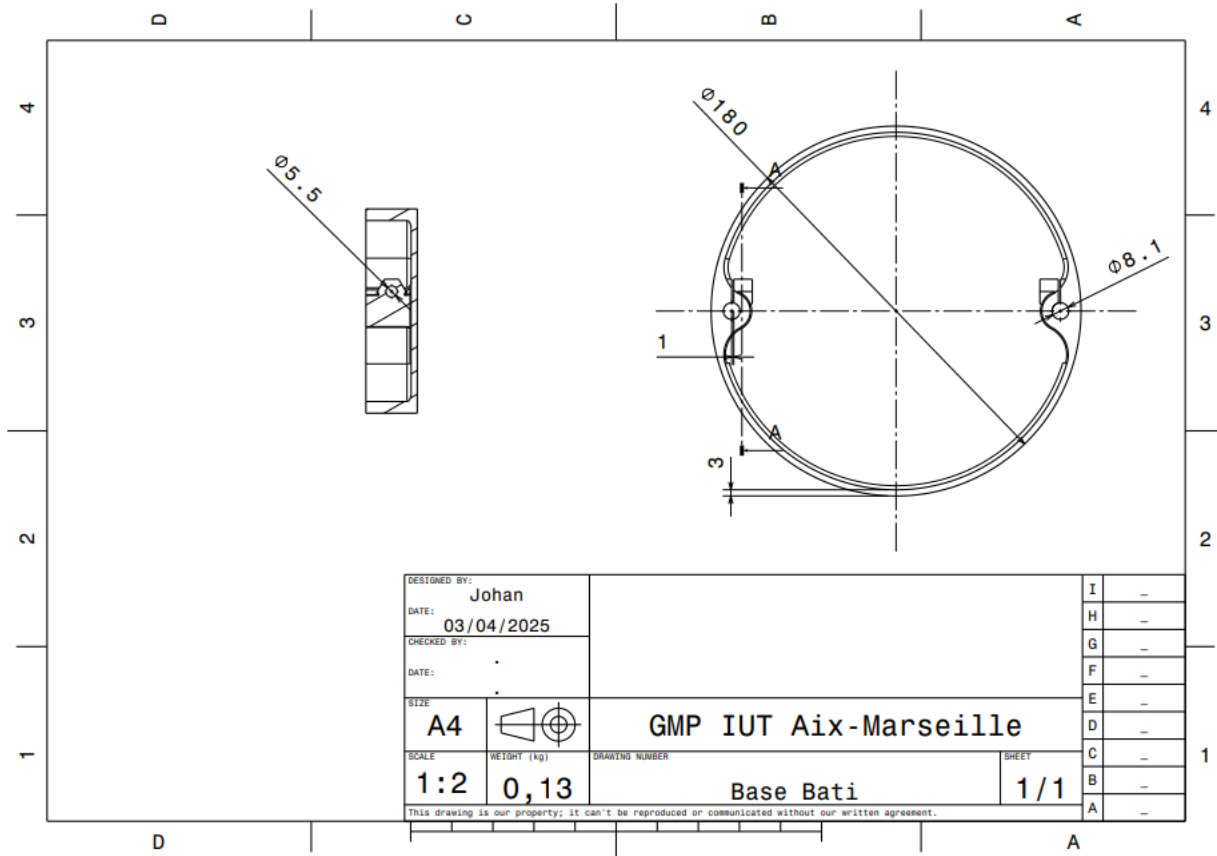
<sup>20</sup> Stainless steel ball stud upon request

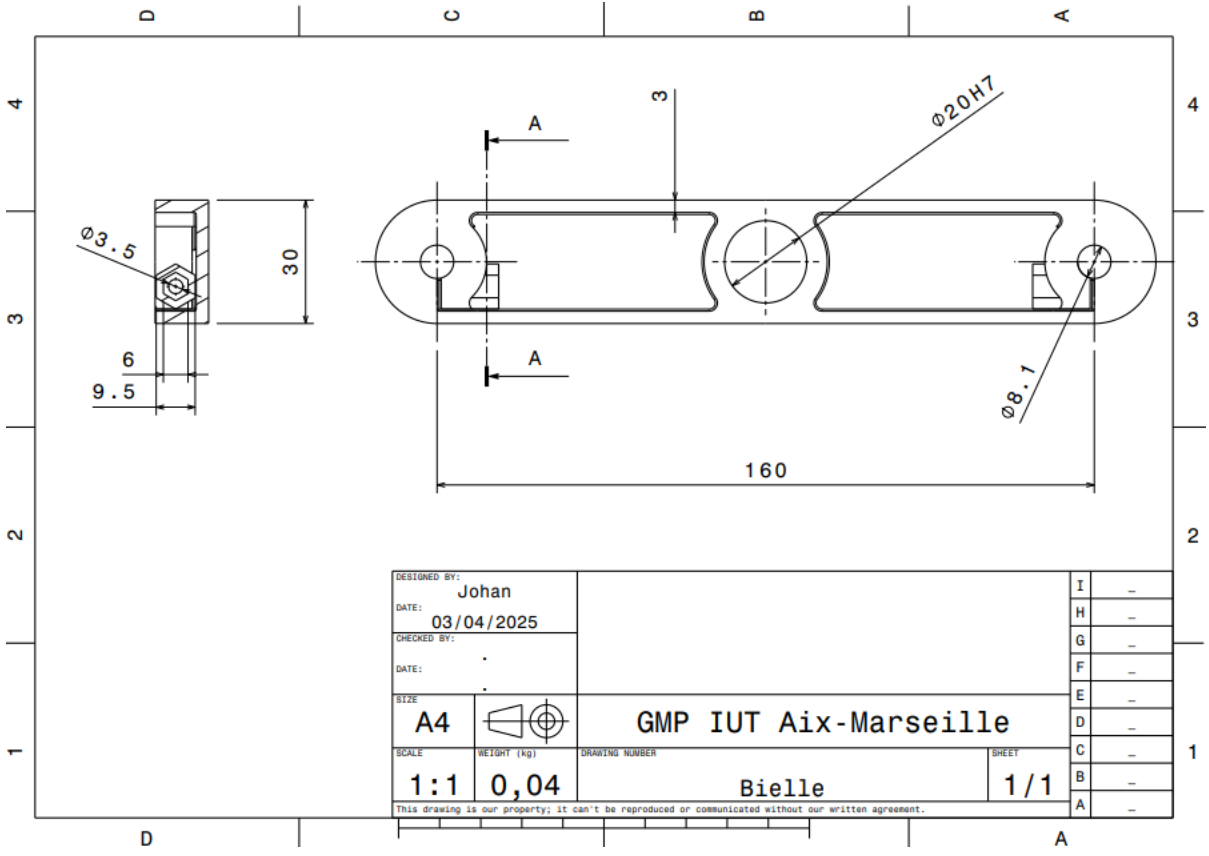


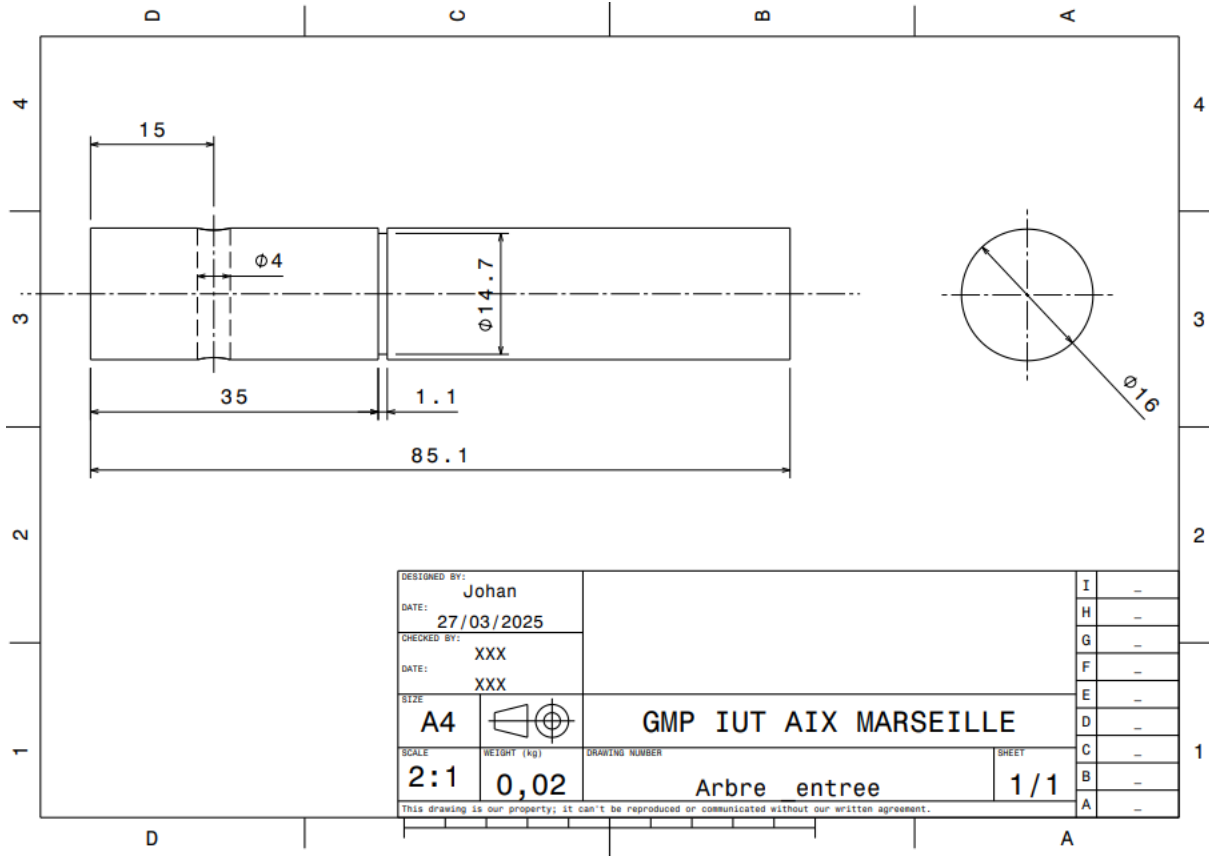
3D-CAD files, prices and delivery time online ► [www.igus.eu/rod-end](http://www.igus.eu/rod-end) 695

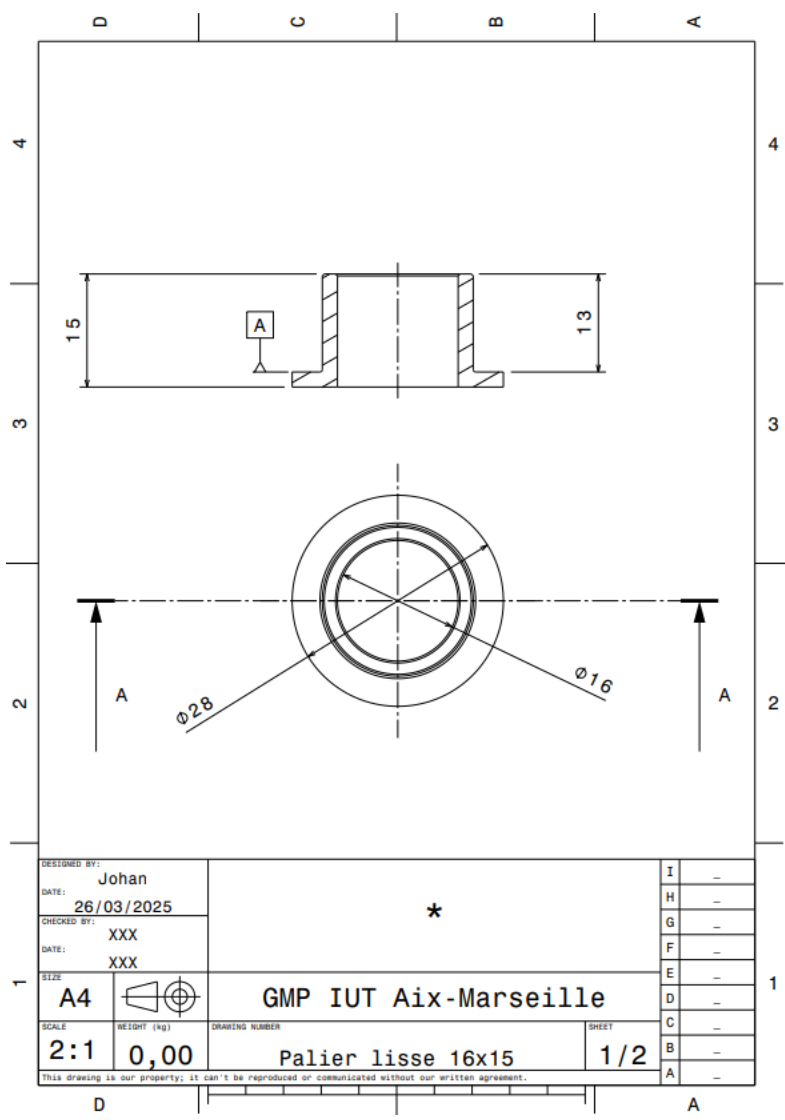


### 4.3 Dessin definition





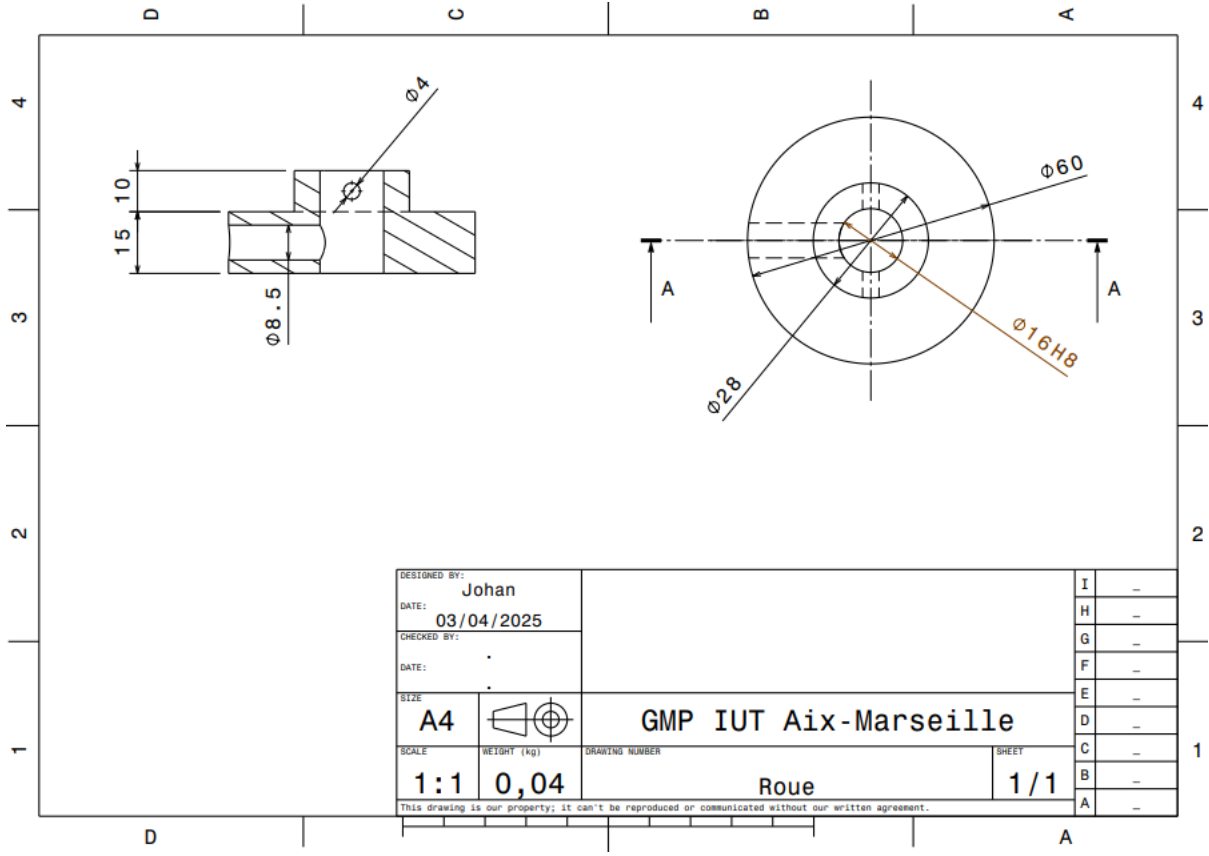





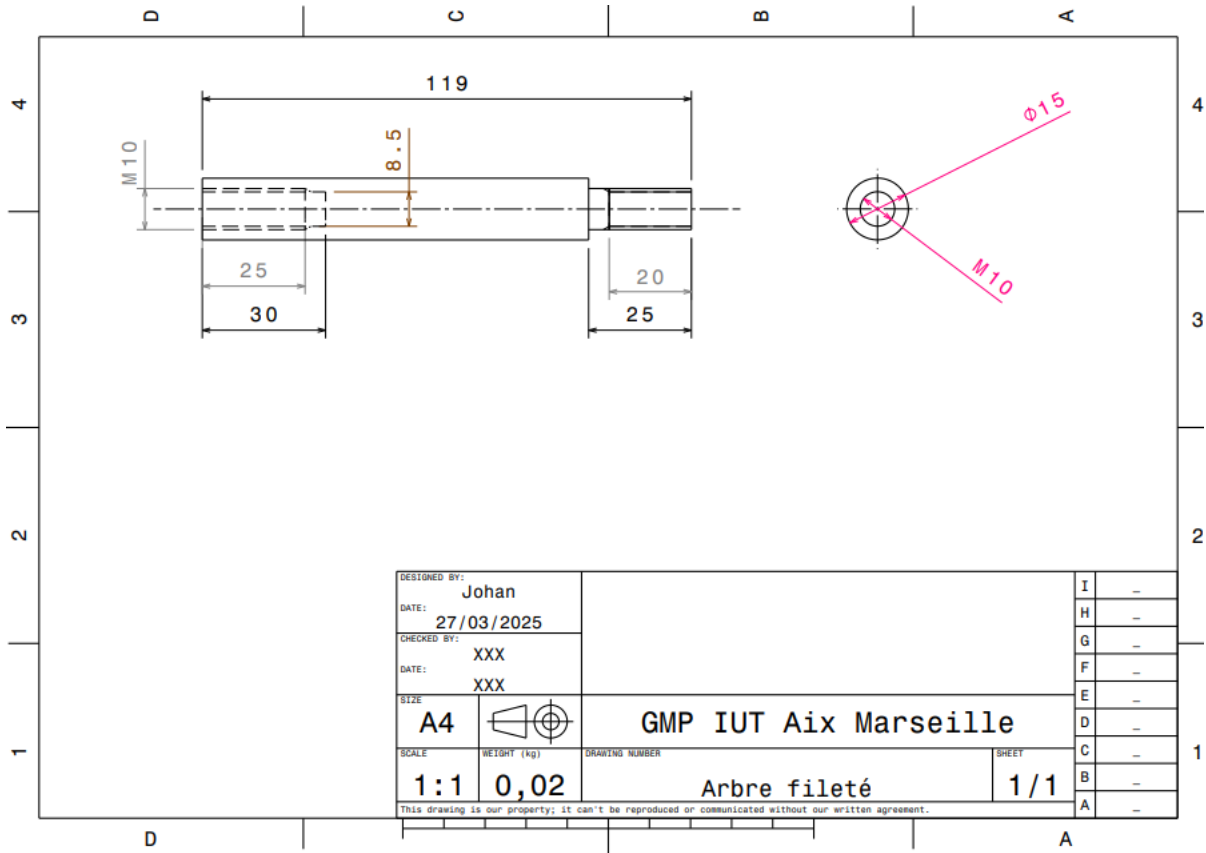
DESIGNED BY: Johan	*	I	-
DATE: 26/03/2025		H	-
CHECKED BY: XXX		G	-
DATE: XXX		F	-
SIZE: A4	GMP IUT Aix-Marseille	E	-
SCALE: 2:1		D	-
WEIGHT (kg): 0,00		C	-
DRAWING NUMBER: Palier lisse 16x15		B	-
SHEET: 1/2		A	-

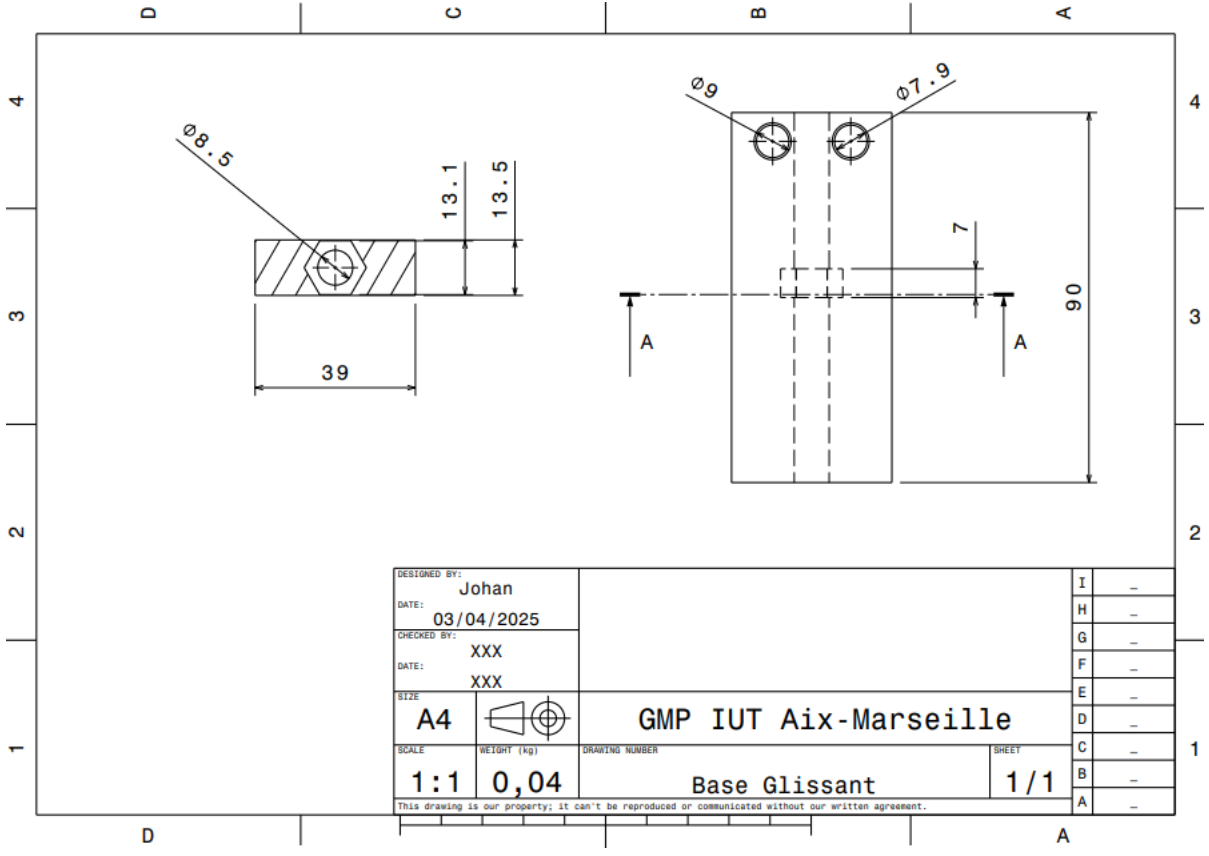
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

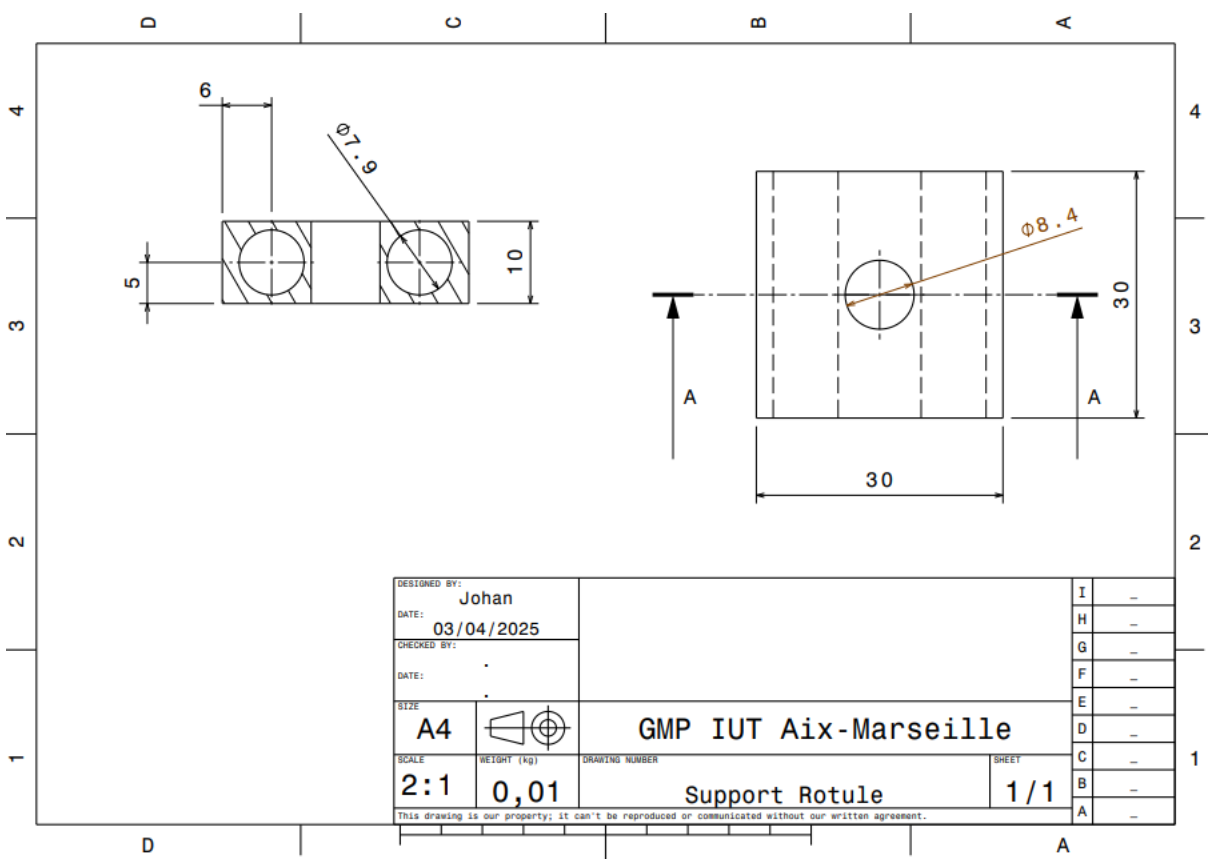


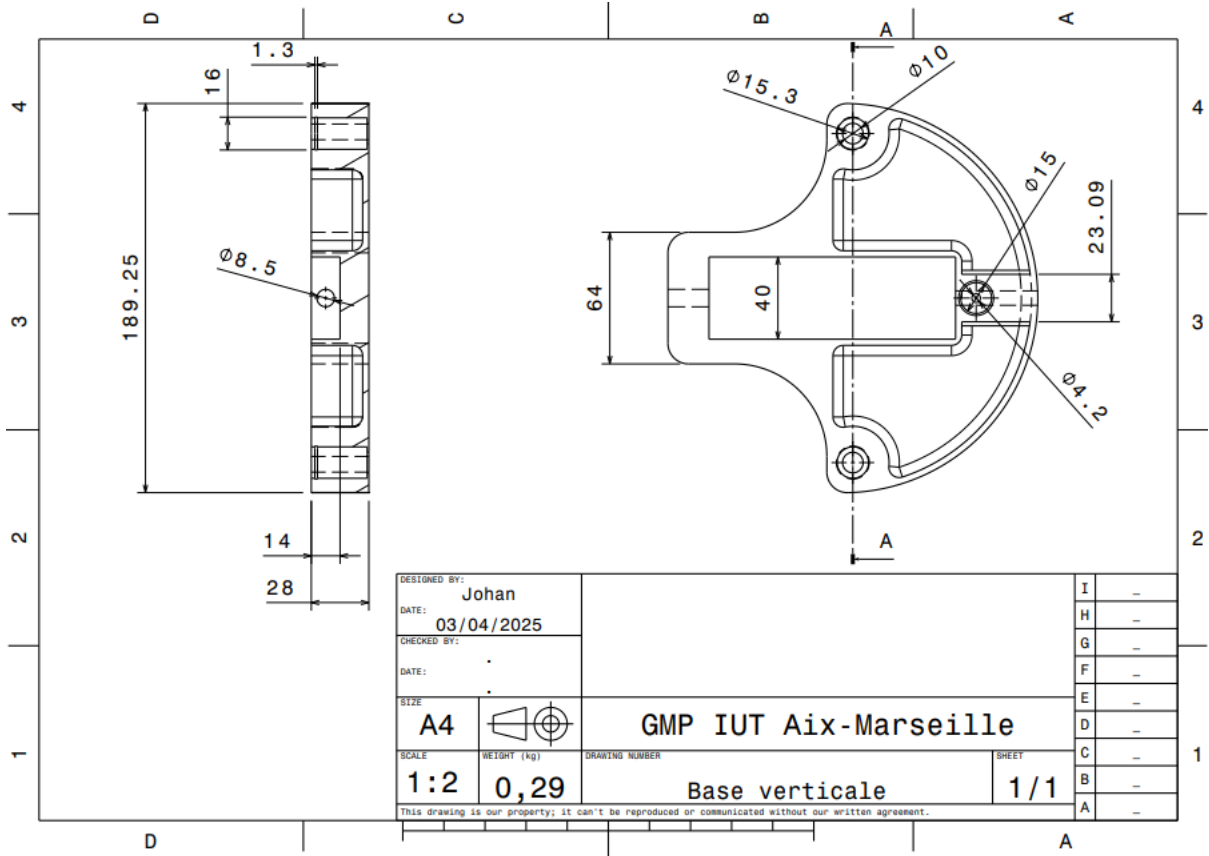


DESIGNED BY: <b>Johan</b>			I	-	
DATE: <b>03/04/2025</b>	CHECKED BY: .		H	-	
DATE: .	SIZE: <b>A4</b>	 <b>GMP IUT Aix-Marseille</b>	G	-	
SCALE: <b>1:1</b>	WEIGHT (kg): <b>0,04</b>		DRAWING NUMBER: <b>Roue</b>	F	-
SHEET: <b>1/1</b>				E	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			D	-	
			C	-	
			B	-	
			A	-	









DESIGNED BY: <b>Johan</b>		I - H - G - F - E - D - C - B - A -
DATE: <b>03/04/2025</b>		
CHECKED BY:		
DATE:		
SIZE <b>A4</b>		<b>GMP IUT Aix-Marseille</b>
SCALE <b>1:2</b>	WEIGHT (kg) <b>0,29</b>	DRAWING NUMBER <b>Base verticale</b>
		SHEET <b>1/1</b>
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.		