



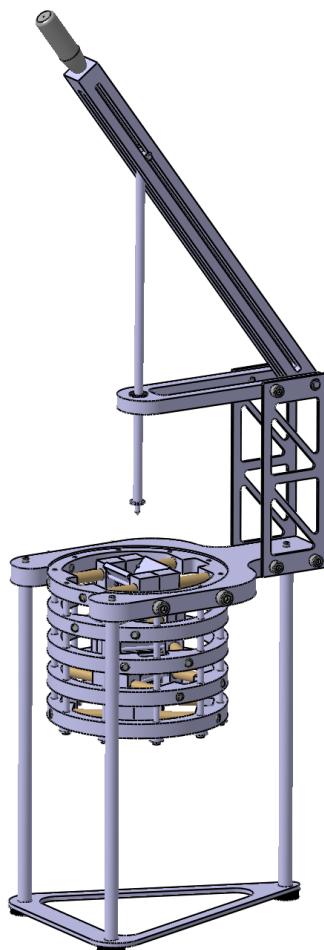
ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE

---

## Projet de Construction Mécanique

---

GROUPE 44 : SECTION GÉNIE MÉCANIQUE  
DATE DE RENDU : 3 JUIN 2022



Teo HALEVI, SCIPER : 329561  
Adrien CADET, SCIPER : 346445  
Brian LUPTON, SCIPER : 328337  
Roy TURK, SCIPER : 345573

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>I Cahier des charges</b>	<b>4</b>
I.1 Cahier des charges . . . . .	4
I.2 Tableau de spécifications . . . . .	7
<b>II Description et analyse des options</b>	<b>8</b>
II.1 Le Tournage . . . . .	9
II.2 Levier engrenage . . . . .	10
II.3 Pousse-carottes . . . . .	11
II.4 Critères de choix . . . . .	12
<b>III Physique du mécanisme</b>	<b>14</b>
III.1 Détermination du nombre de lames . . . . .	14
III.2 Force à appliquer sur la carotte . . . . .	15
III.3 Puissances d'entrée . . . . .	16
III.4 Calculs de contraintes . . . . .	17
III.5 Analyse des risques de coincement . . . . .	18
III.6 Synchronisation du mécanisme : avancements . . . . .	18
III.7 Calcul du rendement . . . . .	19
<b>IV Analyse du mécanisme choisi</b>	<b>21</b>
IV.1 Elements de machine . . . . .	21
IV.1.1 Support de lames (Numéros de pièce : 1, 2) . . . . .	21
IV.1.2 Glissière (3) et glissière symétrique (4) . . . . .	22
IV.1.3 Tiges interlames (5, 6) . . . . .	23
IV.1.4 Ressorts de compression (7) . . . . .	24
IV.1.5 Plan d'ajustement (8) . . . . .	25
IV.1.6 Tige d'ajustement (9) . . . . .	26
IV.1.7 Goupille anti-rotation (11) . . . . .	27
IV.1.8 Entretoise (12) . . . . .	27
IV.1.9 Tige interset (13) . . . . .	28
IV.1.10 Pied (14) . . . . .	29
IV.1.11 Plaque (15) . . . . .	29

IV.1.12 Pied plastique (16) . . . . .	30
IV.1.13 Support de sets (17) . . . . .	30
IV.1.14 Plaque support (18) . . . . .	31
IV.1.15 Guidage (19) . . . . .	32
IV.1.16 Palier lisse (20) . . . . .	32
IV.1.17 Clou (21) . . . . .	32
IV.1.18 Levier (22) . . . . .	34
IV.1.19 Poignée (23) . . . . .	34
IV.1.20 Vis M4, M8, M10 (26, 25, 24) . . . . .	35
IV.1.21 Segments d'arrêts (27, 28) . . . . .	35
IV.1.22 Gouilles (29, 30) . . . . .	35
IV.2 Choix des matériaux . . . . .	36
IV.2.1 POM-C (Fiche technique : <a href="#">VII.5.1</a> ) . . . . .	36
IV.2.2 Aluminium . . . . .	36
IV.2.3 Acier Inoxydable . . . . .	36
IV.3 Assemblage des pièces . . . . .	36
<b>V Assemblages et mode d'emploi (utilisateur)</b>	<b>38</b>
V.1 Procédure d'assemblage . . . . .	38
V.2 Mode d'emploi . . . . .	55
V.3 Précautions d'emploi . . . . .	56
V.3.1 Utilisation . . . . .	56
V.3.2 Entretien . . . . .	56
<b>Conclusion</b>	<b>57</b>
<b>VI Plans 2D</b>	<b>58</b>
<b>VII Annexes</b>	<b>81</b>
VII.1 Détermination du nombre de lames . . . . .	81
VII.1.1 Explication de la figure <a href="#">III.1.0.1</a> . . . . .	81
VII.1.2 Code Python . . . . .	82
VII.2 Volume perdu, Rendement . . . . .	83
VII.3 Angle du plan d'ajustement . . . . .	85
VII.4 Inventaire . . . . .	86
VII.5 Matériaux . . . . .	88
VII.5.1 Fiche technique POM-C . . . . .	88
VII.6 Données de fournisseur . . . . .	90

## Introduction

Nous allons dans ce document vous présenter le projet d'épluche-carottes dans le cadre du cours de Construction Mécanique (II). Le groupe est constitué de Teo Halevi, Roy Turk, Adrien Cadet, Brian Lupton (SCIPERs dans la page de garde).

L'épluche-carottes doit avoir des dimensions raisonnables, c'est à dire semblables à celles d'un appareil ménager qu'on peut trouver dans une cuisine. Il permet d'éplucher en sécurité des carottes assimilables à des cylindres ou cônes tronqués dont le diamètre peut varier entre 20mm et 45mm. La carotte elle-même mesure entre 10 et 20cm.

Ce document se découpe en 5 chapitres : Dans le premier, on parlera des discussions autour du cahier des charge et sa traduction en tableau des spécifications. Le 2e chapitre est consacré à la description et analyse des différentes options proposées. Le 3e comprend la physique du mécanisme : forces et puissances d'entrée et explications physiques du système. Dans le 4e chapitre, on se consacrera à l'analyse du concept mécanique choisi. Cela comprend description des éléments de machine, calculs, justification de dimensionnement. La 5e partie comprend les notices d'assemblage, mode d'emploi, et précautions destinés à l'utilisateur. Pour finir le 6e chapitre contient les plans 2D. Les annexes seront présentes en chapitre 7.

*NB : les liens qui font références à des figures, ou à des parties sont indiqués par une couleur et cliquables. Les crochets indiquent une référence à la bibliographie et sont également cliquables.*

*Exemple : Cliquer sur [Croix de Malte \(mécanisme de Genève\)](#) [Mik] ou sur [II.1.0.1](#) vous emmènera à la figure présentant une croix de Malte.*

# **Chapitre I**

## **Cahier des charges**

### **I.1 Cahier des charges**

Vous trouverez dans la page qui suit le cahier des charges original [LS] du projet.

## « Epluche-Carottes »

Le projet de construction mécanique consiste en la réalisation de l'étude et de la conception mécanique d'un éplucheur de carottes à usage domestique.

L'objectif principal de la machine est d'enlever la peau de carottes et de les rendre prêtes à la consommation.

La conception de l'éplucheur de carottes manuel doit répondre au cahier des charges suivant :

- Mécanisme capable d'éplucher des carottes sur toute leur longueur.
- Les carottes ont été préalablement triées, lavées et égouttées, et leurs extrémités dont les fanes ont été coupées.
- Les carottes sont calibrées de la manière suivante avant épluchage :
  - Longueur de la carotte (hors fanes et extrémités) : comprise entre 100 et 200mm.
  - Diamètre minimum de la carotte = 20mm.
  - Diamètre maximum de la carotte = 45mm.
- L'épluche-carottes doit être capable de s'adapter raisonnablement aux irrégularités topologiques de la carotte, i.e. déviations continues de 2mm au plus sur le diamètre.
- La mise en œuvre du mécanisme se fait par une seule personne.
- La seule source d'énergie pour l'actionnement de la machine est une main de l'utilisateur., la deuxième pouvant être utilisée pour stabiliser le mécanisme.
- L'interface mécanique d'actionnement (type, forme, etc.) et sa nature sont laissées libres.
- La direction du mouvement d'actionnement devra cependant être perpendiculaire à l'axe longitudinal de la carotte.
- La lame d'épluchage à utiliser est fournie en annexe (modèle 3D CATIA). Aucune modification ne doit être apportée sur la géométrie de cette pièce.
- La machine doit être stable, robuste, résister à son environnement et ne pas se bloquer.
- La masse totale de la machine prête à l'emploi est de 8kg maximum (hors carotte).
- L'encombrement de la machine devra être raisonnable afin de pouvoir l'utiliser sur un plan de travail de cuisine, de pouvoir la déplacer et la stocker facilement.
- La sécurité de l'opérateur et de son entourage doit être assurée en tout temps.
- Les éléments en contact avec les carottes doivent pouvoir être facilement démontés et nettoyés.
- Les déchets doivent être évacués dans un récipient ne faisant pas partie de la machine, dont la forme et la taille sont laissées libres mais doivent être justifiées.
- Toutes les pièces sur plan doivent pouvoir être fabriquées par usinage 3-axes.
- Les matériaux autorisés pour les pièces sur plan sont ceux utilisés en usinage : acier, acier inoxydable, alliages d'aluminium, laiton, matières plastiques (polyamide, polyéthylène, polycarbonate, PTFE, POM, etc.).
- Le diamètre minimal des éléments d'assemblage (vis, axes, etc) est de 4mm et à justifier.
- Le diamètre nominal des goupilles et vis sans tête peut descendre jusqu'à 2mm.

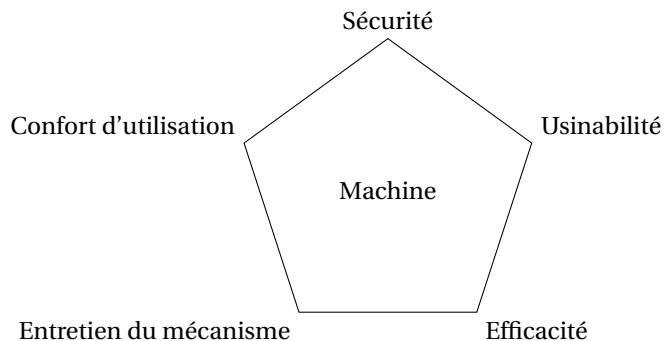
Tout élément du cahier des charges non imposé est libre d'être choisi mais le bon sens est indispensable.

Le rapport en format pdf incluant les mises en plan et le modèle 3D de l'assemblage (format step) doivent être impérativement remis par email ou lien (type googledrive) avant le :

**Vendredi 03 juin 2022 à 10h**

Avant de choisir notre mécanisme définitif, nous avons eu plusieurs discussions concernant le cahier des charges qu'il devait respecter. Tout d'abord bien sûr, il y a les contraintes spécifiées dans le cahier des charges original.

Les discussions autour de ce cahier des charges se sont axées autour des cinq catégories : Sécurité, Confort d'utilisation, Entretien du mécanisme, Efficacité et Usinabilité. Idéalement, le mécanisme devrait satisfaire les conditions que nous détaillons plus bas.



#### Sécurité :

Notre épluche-carottes doit utiliser une ou plusieurs lames dont le format est imposé. La sécurité des utilisateurs et de leur entourage est donc primordiale en tout temps : du montage à l'utilisation, et à l'entretien. Il est donc important de trouver une solution qui satisfasse cette contrainte importante.

#### Confort d'utilisation :

Le cahier des charges original nous impose d'avoir une machine pesant moins de 8kg (sans récipient à déchets, et sans carotte). Précisons également que selon le cahier des charges, une personne seule doit utiliser la machine, en utilisant une seule main pour actionner le mécanisme. La fluidité du mécanisme est donc importante, et l'opérateur ne doit pas se fatiguer à éplucher les carottes. Nous préciserons à la section III.3 les puissances d'entrée acceptables.

Le confort d'utilisation passe entre autres par des dimensions pas trop imposantes : la machine doit pouvoir être mise en place, déplacée et stockée facilement. Nous pouvons nous inspirer de l'électroménager classique présent en cuisine pour donner des dimensions d'encombrement acceptables.

Les épluchures devront être évacuées correctement dans un récipient ne faisant pas partie de la machine.

#### Mécanisme :

On cherche à avoir un mécanisme simple à utiliser et pas trop technique. On suppose que l'utilisateur découvre la machine pour une première fois, le design doit donc être intuitif pour faciliter l'entretien et l'utilisation de la machine.

En particulier, si une pièce devait être remplacée, des instructions claires devront être données.

En ce qui concerne le montage, une personne devrait réussir à tout mettre en œuvre avec des outils basiques (tournevis, clés...) et en cas de blocage, de simples instructions et manipulations permettraient de résoudre les problèmes rencontrés.

Concernant l'entretien régulier (après une utilisation notamment), les parties en contact avec la carotte, ou les projections éventuelles de carotte/jus de carottes, doivent être démontables facilement pour être lavées, tout en assurant la sécurité de l'opérateur.

#### Efficacité :

L'épluche-carottes est destiné à un usage domestique. On ne s'attend donc pas à des performances industrielles ou destinées à la restauration. Par expérience, le temps d'épluchage moyen d'une carotte est de 40 secondes. Il faut donc trouver une solution qui épluche une carotte dans ce temps.

Pour un souci d'ergonomie et d'efficacité, on évitera les mouvements inutiles ou superflus à l'utilisateur, en particulier au niveau de la mise en place de la carotte et de l'actionnement de la machine.

La machine doit s'adapter à différentes tailles de carottes. La longueur de la carotte varie entre 10 et 20cm, et son diamètre entre 20 et 45mm. On admettra que la carotte prend des formes classiques : les deux bases sont sur le même axe, et la carotte ne pourra pas prendre la forme d'un diabolo.

#### Usinabilité :

Un des critères les plus importants est l'usinabilité. Si notre machine n'est pas usinable, elle ne pourra pas exister réellement et les critères mentionnés ci-dessus n'auront plus d'importance.

La cahier des charges nous spécifie les contraintes d'usinabilité :

Les pièces sur plan utilisées doivent être fabriqués par usinage 3-axes. La diamètre minimal des éléments d'assemblage est de 4mm, et le diamètre minimal des goupilles et vis sans tête est de 2mm.

En effet, notre machine est destinée à un usage domestique. IL faut simplifier le montage et l'entretien en n'ayant pas de pièces trop petites.

## I.2 Tableau de spécifications

Afin d'avoir des contraintes claires pour suivre le projet au cours du semestre, nous allons donner les contraintes présentes dans le cahier des charges dans un tableau de spécifications :

		Cahier des charges	Objectif	A la main
Dimensions	Largeur	Raisonnables	25	10cm
	Longueur		30	15cm
	Hauteur		60	1cm
Poids		< 8 kg	< 7 kg	25 grammes
Temps d'épluchage			< 20 secondes	40 secondes
Nb de carottes par minute			> 3 carottes	1.5 carottes
Adaptabilité	Diamètre	25 - 45 mm 10 - 20 cm		Oui
	Longueur			Oui
Perte volumique carottes			10%	6% expérimentalement
Direction d'actionnement		Perpendiculaire à l'axe de la carotte		Longitudinal

FIGURE I.2.0.1 – Tableau de spécifications

## Chapitre II

# Description et analyse des options

Plusieurs options s'offrent à nous pour notre mécanisme, en fonction du mouvement choisi. Nous pouvons catégoriser nos mouvements en plusieurs parties : mouvement de carotte, d'épluchage, mode d'actionnement, adaptabilité, stabilité, sécurité.

Chaque partie peut être mise en place avec plusieurs mécanismes.

### Epluchage :

- Spirale :  
On fait tourner la carotte sur la lame qu'on fait translater selon l'axe longitudinal de la carotte. Le motif d'épluchure sur la carotte sera donc en spirale.
- Longitudinalement :  
Comme à la main : on fait translater la lame selon l'axe longitudinal de la carotte, en gardant la carotte fixe. A noter que l'inverse est également possible : garder la lame fixe et la carotte translate.
- Tournage industriel :  
La carotte tourne assez vite, et on vient enlever la peau avec une lame. Pour cela, il faudrait synchroniser le mouvement rotatif de la carotte avec l'avancée de la lame.

Mode d'actionnement manuel : Il est important de préciser que les directions d'actionnement de ces mécanismes doivent être perpendiculaires à l'axe longitudinal de la carotte.

- Manivelle
- Levier
- Bielle (dans les 2 sens : soit tourner la roue pour faire translater la bielle, soit translater la bielle pour faire tourner la roue)

### Stabilité :

- Support mural : plaquer la machine contre un mur ou dans un coin pour assurer sa stabilité
- Poids : une machine relativement lourde (en respectant la contrainte des 8kg) pour qu'elle ne bouge pas facilement. Inconvénient, son déplacement sera plus fatigant.
- Revêtement antidérapant sous la machine
- Etau

### Adaptabilité : à la taille de la carotte et au diamètre variable

- Poids : la lame est plaqué contre la carotte par un poids

- Ressorts

#### Sécurité :

On a par exemple pensé, en fonction du mécanisme choisi (voir section 3) à des protège-lames qui s'enlèveraient avant l'utilisation. Il y a aussi la possibilité de bloquer le mécanisme quand il n'est pas utilisé : par exemple en utilisant une goupille qui se placerait entre la partie mobile et la partie fixe de la machine, pour bloquer les mouvements, ou en ayant besoin de lever un capot pour débloquer le mécanisme.

\* \* \*

Cette liste de possibilité pour chaque partie nous permet de développer des mécanismes auxquels nous n'aurions peut être pas pensé. Pour chaque option possible, on donne des possibilités de mise en oeuvre. Ensuite, on combine les différentes options pour générer de nouvelles idées.

En combinant ces différentes options, nous arrivons à créer des mécanismes auxquels nous n'aurions peut être pas pensés. Chaque possibilité a ses avantages et inconvénients. L'idéal est donc de combiner nos options en ayant le maximum d'avantages en minimisant les inconvénients.

Par exemple, si on décide de faire bouger seulement la carotte, et de garder la lame fixe, on aura une machine d'au minimum 40cm de longueur (selon l'axe longitudinal de la carotte) : la carotte pouvant mesurer jusqu'à 20cm, et devant se déplacer. On peut prendre le cas inverse : la carotte est fixe et la lame se déplace. Dans cette configuration, la machine pourrait prendre moins de place. Il est également possible de choisir une configuration hybride : la lame et la carotte sont mobiles. Dans ce cas, il faudra re-spécifier les contraintes de taille.

Avec ce système, nous avons eu 3 idées principales de machines, que nous exposons dans les parties qui suivent.

## II.1 Le Tournage

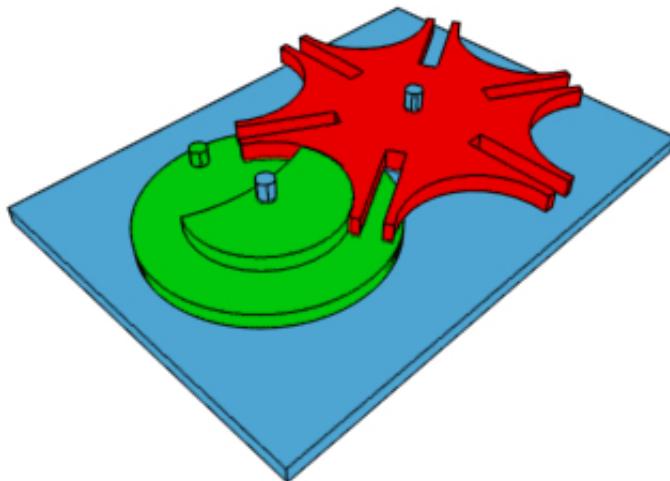


FIGURE II.1.0.1 – Croix de Malte (mécanisme de Genève) [Mik]

Avant de recevoir le cahier des charges complet, la première idée que nous avons eu était d'éplucher la carotte par un procédé similaire au tournage. Après plusieurs discussions pour respecter le cahier des charges, nous nous sommes mis d'accord sur un mécanisme pas-à-pas avec une croix de Malte.

Voici son fonctionnement : on place la carotte sur un engrenage (en vert [II.1.0.1](#)), relié à une croix de Malte (en rouge [II.1.0.1](#)). Sur la croix de Malte, on place une vis sans fin sur laquelle repose la lame. Par le mécanisme de la croix de Malte, à chaque tour de carotte, la croix de Malte, et donc la vis sans fin

tourne d'un tour pour faire avancer la lame d'un pas fixe. En même temps, la lame a pénétré la carotte, ce qui permet après N tours de carottes d'avoir fait N avancées de lame, et donc d'éplucher la carotte.

Nous nous sommes rendu compte que le fait de faire tourner la carotte et de translater la lame après coup, ne permettait pas d'éplucher complètement la carotte. La lame risquerait de se bloquer à cause du décalage d'épaisseur entre la partie épluchée et le reste de la carotte.

## II.2 Levier engrenage

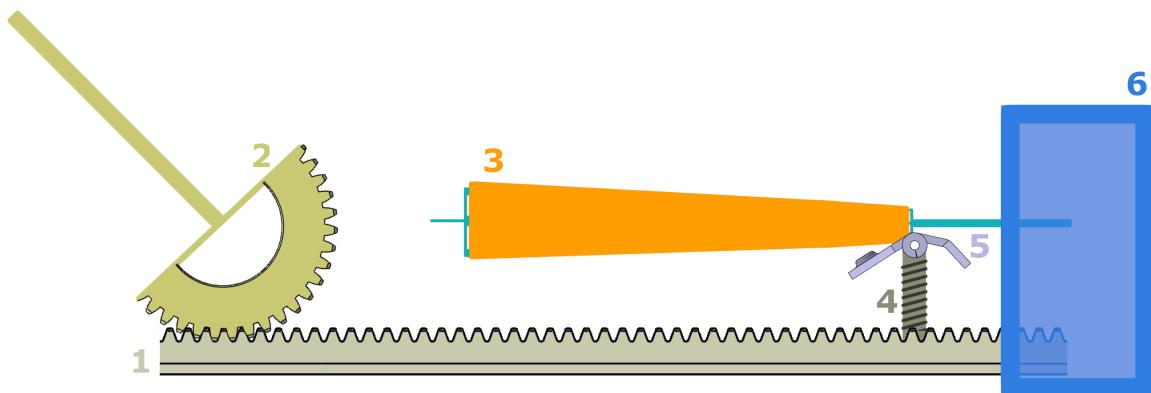


FIGURE II.2.0.2 – Levier-engrenage (Illustration non à l'échelle)

La deuxième idée que nous avons eu est le "Levier-engrenage" : figure II.2.0.2.

L'idée est d'actionner un bras de levier lié par une roue dentée (2) à une crémaillère (1) qui translate horizontalement. Sur la crémaillère, on fixe une double-lame (5) sur un ressort (4) : sur le schéma ci-dessus, une seule lame est représentée. La carotte (3) est fixée, et les lames translatent en épluchant la carotte.

L'intérêt d'une double-lame est d'éplucher la carotte à l'aller et au retour du bras de levier, et de la crémaillère. Dans ce but, les lames seraient dans des sens opposés. Également, les lames sont montées sur un ressort (4) pour s'adapter à la forme de la carotte (diamètre variable).

Pour pouvoir éplucher toute la carotte avec ce système, il aurait fallu que la carotte tourne d'un certain angle après chaque épluchage. Pour cela, on aurait un système de cliquet (6, figure II.2.0.3). Lorsque la crémaillière arrive en bout de parcours, elle fait tourner une roue intérieure, qui va pousser une roue extérieure. Cette dernière actionnera la rotation de la carotte. Quand l'opérateur ramène le bras de levier pour éplucher dans l'autre sens, le système de cliquet fait tourner la roue intérieure mais pas la roue extérieure. Cela permet de ne pas faire tourner la carotte dans l'autre sens après sa rotation initiale. Ainsi, on épluche toutes les faces de la carotte.

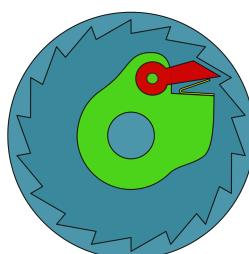


FIGURE II.2.0.3 – Système de cliquet [Tec]

Ce mécanisme a l'avantage d'être élégant et demande peu d'effort à l'utilisateur. En effet, après quelques allers-retours la carotte serait entièrement épluchée.

Par contre, inconvénient conséquent : la complexité du mécanisme. Nous n'avons pas trouvé de cliquet correspondant à nos exigences chez les fournisseurs usuels. Le mécanisme serait particulièrement compliqué à concevoir et calculer, en particulier pour la loi de Hooke qui réglera les ressorts de cliquet. Enfin, la possible maintenance qui doit être opérée par les utilisateurs doit être relativement simple, ce qui ne serait pas le cas pour le cliquet.

Nous avons donc décidé de ne pas choisir ce mécanisme pour notre projet.

### II.3 Pousse-carottes

Enfin, la troisième et dernière idée est celle du "Pousse-carotte" :

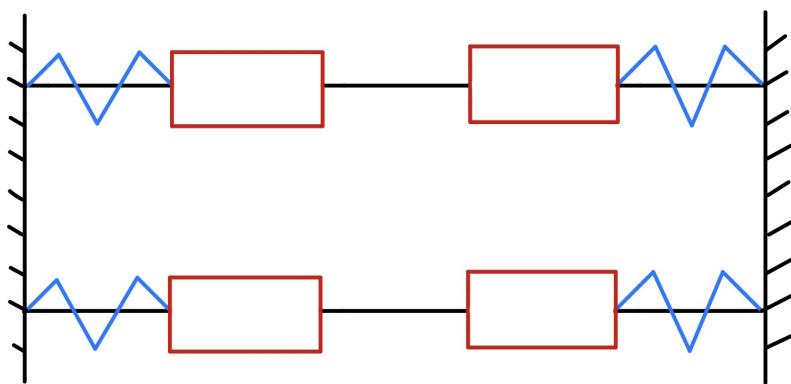


FIGURE II.3.0.4 – Schéma cinématique d'un set

L'idée est de faire passer la carotte à travers un trou où se trouvent des lames, disposées de manière à former, vu de dessus, un polygone en contact avec la carotte.

Le principe est le suivant : un bras de levier actionné par l'utilisateur met en translation une broche qui se plante dans la carotte et la pousse dans la série de lames. Ces dernières sont placées sur des bras attachés à un support. Afin de s'adapter à la forme de la carotte, des ressorts en compressions sont placés entre deux lames parallèles à la même hauteur, de manière à ce qu'elles soient déplacées pour toujours être en contact avec la carotte : les lames pourront donc suivre les irrégularités de la surface de la carotte ainsi que son diamètre variable.

Dans la figure ci-dessus, les lames sont présentes sur des glissières (en rouge) reliées à des ressorts (en bleu). Ainsi, les lames sont poussées vers la carotte pour l'éplucher efficacement.

En fonction de sa mise en pratique, le système pourrait potentiellement demander beaucoup de force pour faire passer la carotte dans dix lames qui exercent des forces de frottements et réaction sur la carotte, et difficilement démontable. Pour autant, l'intérêt principal de ce système est tout d'abord la rapidité d'épluchage : il suffit d'un coup de levier pour éplucher totalement la carotte. Il est également relativement simple à la fois mécaniquement (par rapport aux autres idées) et à l'utilisation. Pour simplifier l'épluchage ou la maintenance, nous privilégions la simplicité du mécanisme.

Pour les problèmes qui apparaissent à première vue, notamment la difficulté au démontage ou la force nécessaire sur le bras de levier, nous pouvons créer notre mécanisme de sorte à ce qu'il ait le moins de risques de coincement, et donc moins de maintenance nécessaire. Pour la partie sur la force, étant donné que nous utiliserons un bras de levier, si on se rend compte que la force à appliquer est trop importante, nous pourrons agrandir le bras de levier. Par la loi des moments, avec  $\vec{M}$  le moment de force,  $\vec{r}$  le vecteur allant du point d'application de la force au point pivot, et  $\vec{F}$  la force appliquée

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Si on applique une force plus faible mais avec une distance plus grande, le moment résultant sera plus important. En fonction des problèmes rencontrés lors du développement, nous pouvons aussi utiliser des systèmes de multiplication de forces, comme des engrenages.

Pour ces différentes raisons, et en comparaison avec les autres options proposées, nous avons décidé de choisir le pousse-carottes pour notre projet.

## II.4 Critères de choix

Pour rationaliser notre choix de mécanisme, nous avons pondéré chaque partie avec un coefficient. Puis, nous avons donné une note à chaque partie, pour chaque mécanisme. Nous avons noté chaque critère sur 10. Les coefficients vont de 1 à 10, 10 étant le critère le plus important. La note est donnée en noir, la note multipliée par le coefficient est donnée en gris.

Critères	Usinable	Sécurité	Simplicité mécanisme
Coefficients	10	8	7
Commentaires	(+ usinable = 10)	(+ sécurité = 10)	(+ simple = 10)
Pousse-carottes	7 70	6 48	8 56
Tournage	8 80	7 56	5 35
Levier Engrenage	8 80	7 56	3 21

Critères	Adaptabilité (forme)	Temps d'épluchage	Ergonomie
Coefficients	7	6	6
Commentaires	(+ adaptable = 10)	(- temps = 10)	(confortable = 10)
Pousse-carottes	8 56	7 42	9 54
Tournage	7 49	5 30	7 42
Levier Engrenage	7 49	6 36	8 48

Critères	Efforts fournis	Qualité épluchage	Encombrement faible
Coefficients	6	6	5
Commentaires	(- d'efforts = 10)	(meilleur = 10)	(- encombrant = 10)
Pousse-carottes	4 24	8 48	5 25
Tournage	6 36	7 42	7 35
Levier Engrenage	6 36	8 48	6 30

Critères	Démontable	Évacuation épluchures	Originalité
Coefficients	3	3	2
Commentaires	(+démontable = 10)	(+ efficace = 10)	(+ original = 10)
Pousse-carottes	7 21	7 21	4 8
Tournage	5 15	7 21	7 14
Levier Engrenage	4 12	8 24	8 16

TOTAL	
Pousse-carottes	473
Tournage	455
Levier Engrenage	456

TABLE II.4.1 – Critères pondérés du choix de machine

La note la plus importante représente le mécanisme avec le plus d'avantages. C'est donc le "Pousse-carottes" qui est avantagé, et que nous allons choisir pour ce projet.

## Chapitre III

# Physique du mécanisme

### III.1 Détermination du nombre de lames

Afin de déterminer le nombre de lames nécessaires pour bien éplucher la carotte, nous avons fait quelques calculs selon un cas théorique.

Les détails sur les calculs et géométrie qui nous ont permis de développer ce qui va suivre, sont présents dans la partie [VII.1.1](#).

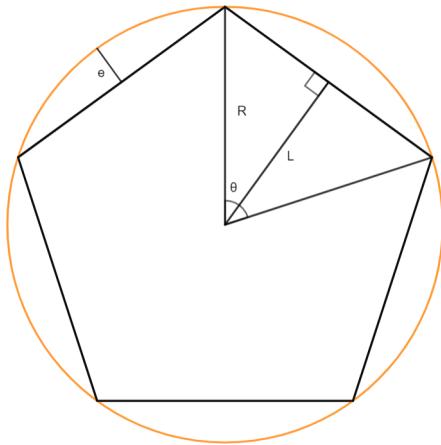


FIGURE III.1.0.1 – Schéma pour déterminer le nombre de lames (cf. Annexe [VII.1.1](#) pour les détails)

Expérimentalement, on a déterminé que l'épaisseur maximale d'une épluchure de carotte était de 1.2 mm environ.

L'épaisseur  $e$  des épluchures est donnée par :

$$e = R - L$$

Par trigonométrie, on obtient  $L = R \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$  et on sait que  $\theta = \frac{2\pi}{n}$ , d'où on obtient l'épaisseur en fonction de  $n$  le nombre de côtés :

$$e(n) = R \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi}{2n}\right)\right) = R \left(1 - \cos\left(\frac{\pi}{n}\right)\right)$$

Donc :

$$n = \frac{\pi}{\arccos\left(1 - \frac{e}{R}\right)}$$

On trouve donc que pour une épaisseur  $e = 1.2 \text{ mm}$ , on obtient un nombre de lames  $n = 10$ .

### III.2 Force à appliquer sur la carotte

Une des premières choses à faire pour ce projet a été de mesurer la force à appliquer sur la carotte pour l'éplucher. On peut décomposer cette force selon deux composantes : une composante normale  $\vec{F}_x$  et une composante longitudinale  $\vec{F}_y$ , selon la figure qui suit. La force  $\vec{F}$  est la somme vectorielle de ces deux forces. En magnitude, on a :

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

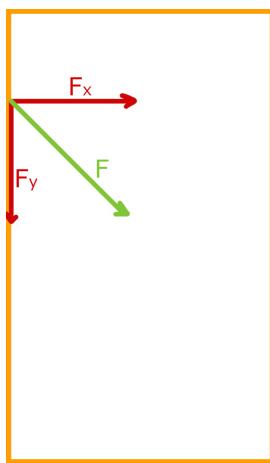


FIGURE III.2.0.2 – Décomposition de forces (longitudinale et normale)

Le protocole de mesure est le suivant : on place la carotte sur une balance que l'on tare. On épluche la carotte et on relève les valeurs indiquées par la balance. Les valeurs sont données en kg. Pour transformer ces valeurs en [N], il suffit de multiplier par  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ . On approximera par  $g$  par 10 pour simplifier.

La balance va jusqu'à 5[kg] avec une précision au gramme près.



FIGURE III.2.0.3 – Mesure de la force à appliquer sur une carotte

Les résultats pour  $F_x$ ,  $F_y$  et  $F$  sont donnés dans le tableau suivant :

	$F_y$ [N]	$F_x$ [N]	$F$ [N]
Mesure 1	8.1	6.8	10.5
Mesure 2	9.3	11.7	14.9
Mesure 3	7	6.5	9.5
Mesure 4	7.2	8.5	11.1
Mesure 5	7	10	12.2
Moyenne	7.7	8.7	11.64

TABLE III.2.1 – Forces mesurées

Sur 5 mesures, on obtient en moyenne  $F_y = 7.7$ [N],  $F_x = 8.7$ [N], et donc  $F = 11.64$ [N].

On décide d'approcher la **force minimale nécessaire par 12[N]**.

Nous avons profité de cette occasion pour mesurer d'autres paramètres : longueur, poids avant et après épluchage, et diamètre maximal. Les valeurs marquées "*avant*" sont mesurées avant épluchage et avant que les extrémités sans les fanes soient coupées.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau qui suit (longueurs en [mm], poids en [g]) :

Longueur avant	Longueur après	Diam. max	Diam. min	Poids avant	Poids après
215	185	40	24	183	173
185	155	36	20	167	160
124	110	28	20	72	67

TABLE III.2.2 – Mesures de carottes

### III.3 Puissances d'entrée

Nous avons donc opté pour un mécanisme d'actionnement par levier. La contrainte imposée par le cahier des charges est bien respectée : la direction d'actionnement est bien perpendiculaire à l'axe longitudinal de la carotte.

Nous allons déterminer dans cette section, les détails sur le type de mouvement et la puissance d'entrée.

Pour ce faire, nous avons recherché des articles ou livres qui donneraient une idée du couple moyen appliqué par une personne, en particulier par une forme physique pas idéale.

Dans « *Accuracy of older adults in judging self-generated elbow torques during multi-joint isometric tasks* » [CDG20] dans la revue Nature, on trouve des valeurs pour des adultes âgés de 40 ans et plus. Pour les trois types de mesures, les valeurs obtenues par l'article sont d'environ 13[Nm], avec un minimum moyen autour de 7[Nm] et un maximum moyen autour de 19[Nm].

**Table 2 Summary of Outcome Measures when Matching Elbow Torques.**From: [Accuracy of older adults in judging self-generated elbow torques during multi-joint isometric tasks](#)

Arm		Single-to-single-joint	Multi-to-single-joint	Multi-to-multi-joint
Dominant	n	14	13	15
	$\mu_{\text{torque}}$ (Nm)	13.1 ± 4.5 (7.2, 19.5)	13.2 ± 4.5 (7.4, 19.0)	13.2 ± 4.5 (7.3, 18.8)
	CVT (%)	1.0 ± 0.2 (0.7, 1.4)	1.2 ± 0.6 (0.6, 2.7)	1.3 ± 0.5 (0.5, 2.6)
	CE (Nm)	2.7 ± 3.1 (-4.9, 7.3)	7.6 ± 5.8 (-2.2, 18.3)	3.0 ± 2.8 (-1.9, 7.8)
	VE (Nm)	1.9 ± 0.9 (0.7, 2.9)	3.0 ± 1.6 (1.0, 5.7)	2.1 ± 0.9 (0.8, 3.9)
Non-Dominant	n	15	14	15
	$\mu_{\text{torque}}$ (Nm)	13.1 ± 5.0 (7.0, 20.1)	13.3 ± 4.7 (7.6, 20.3)	13.2 ± 4.9 (7.4, 20.3)
	CVT (%)	1.1 ± 0.4 (0.7, 2.2)	1.3 ± 0.6 (0.6, 2.8)	1.6 ± 0.6 (0.8, 2.7)
	CE (Nm)	3.4 ± 2.8 (-2.7, 8.7)	6.2 ± 5.8 (-2.7, 17.5)	3.8 ± 2.7 (0.0, 8.1)
	VE (Nm)	1.9 ± 0.9 (0.9, 2.1)	3.0 ± 1.6 (0.8, 5.8)	2.1 ± 0.9 (1.0, 3.4)

Mean ± standard deviation and range (minimum, maximum) are reported across all participants for the mean magnitude of the measured reference torque ( $\mu_{\text{torque}}$ ), coefficient of variation of torques (CVT), constant error (CE), and variable error (VE) in the three conditions tested. n: number of participants included in the data analyses.

FIGURE III.3.0.4 – *Summary of outcomes measures when matching elbow torques*

Notre levier va de haut en bas pour épucher la carotte. Le mouvement est donc aidé par le poids du bras et par le poids du levier. Nous décidons donc de prendre la valeur maximale moyenne de l'étude présentée ci-dessus. En ayant 19[Nm] au maximum, avec un bras de 0.5m, **la force maximale moyenne à appliquer au haut du levier sera de 38[N]**.

### III.4 Calculs de contraintes

Notre mécanisme est soumis à plusieurs types de contraintes. Pour s'assurer de sa fiabilité, nous devons les calculer pour vérifier que ça ne pose pas de problème mécanique.

Les pieds de la machine sont contraints en compression par la force appliquée et par le poids de la machine. On peut donc avoir un phénomène de flambage si les contraintes dépassent une valeur critique. La formule d'Euler, pour une barre encastrée des 2 côtés (modèle utilisé pour décrire notre barre vissée à ses 2 extrémités) donne :

$$F_{\text{critique}} = \frac{\pi^2 EI}{(0.5L)^2}$$

avec  $I$  le moment quadratique de la barre,  $E$  le module de Young du matériau utilisé, et  $L$  la longueur de la barre.

Notre barre est cylindrique et en acier, on a donc  $I = \frac{\pi R^4}{4}$  et  $E = 200\text{GPa}$ .

Par application numérique de la formule d'Euler, on trouve

$$F_{\text{critique}} = 4.9 \times 10^5 \text{N}$$

On applique une force ≤ 100N. Le poids appliqué sur les pieds peut être majoré par 60N pour simplifier. La force appliquée de 160N est donc bien inférieure à la limite de flambage. Les pieds ne poseront donc pas de problème à ce niveau.

On peut appliquer un raisonnement similaire pour le bras du clou qui va pousser la carotte. La force en compression appliquée au clou sera aussi inférieure à la limite critique de flambage.

### III.5 Analyse des risques de coincement

Le risque de coincement des épluchures de la carotte dans les ressorts est écarté grâce au très faible espace libre entre le ressort et la tige interlame. En effet, les tiges ont un diamètre de 10 mm or le diamètre intérieur du ressort est de :  $10.4\text{mm} > 10\text{ mm}$ . Donc le ressort s'enroule parfaitement autour de la tige et si on suppose que l'un des côtés du ressort touche la tige, le côté opposé est distant de 0.4 mm au maximum. Or 0.4 mm est bien inférieur à l'épaisseur d'une épluchure donc aucun risque de coincement.

Le risque de coincement entre les glissières et les tiges interlame est dû à deux facteurs : d'un côté par des frottements trop importants, d'un autre côté par un risque que les épluchures viennent se loger entre le slider et la tige.

Pour pallier ce premier potentiel problème, nous avons pensé à choisir 2 matériaux pour lesquels le coefficient de frottement est très faible ( $= 0.32$ ) : le POM-C et l'acier inoxydable. Ce faisant, les glissières peuvent ainsi coulisser sans soucis sur les tiges interlame.

Concernant le risque de coincement des épluchures, on peut calculer le jeu maximal entre la glissière et la tige interlame :

$$J_{max} = D_{max} - d_{min}$$

Diamètre intérieur maximal de la glissière ( $\varnothing 10H7$ ) :  $D_{max} = 10 + 15 \times 10^{-3}\text{mm}$

Diamètre extérieur minimal de la tige interlame ( $\varnothing 10g6$ ) :  $d_{min} = 10 - 14 \times 10^{-3}\text{mm}$

D'où

$$J_{max} = 15 + 14 \times 10^{-3} = 0,029\text{mm}$$

Ainsi, comme une épluchure a une épaisseur bien supérieure à 0,029 mm on s'assure qu'elle ne pourra pas venir se coincer entre la glissière et la tige interlame.

Risque de coincement de la goupille du clou-levier dans le levier :

Pour pallier ce premier potentiel problème, nous avons pensé à choisir 2 matériaux pour lesquels le coefficient de frottement est très faible ( $= 0.3$ ) : le POM-C et l'aluminium. Ce faisant, la goupille clou-levier (en POM-C) peut coulisser sans encombre dans le levier (en aluminium).

Risque de coincement du clou dans les lames : Ce risque est évité puisque les lames sont toutes distantes au plus de 18 mm et le clou a un diamètre maximal de 16 mm  $< 18$ .

### III.6 Synchronisation du mécanisme : avancements

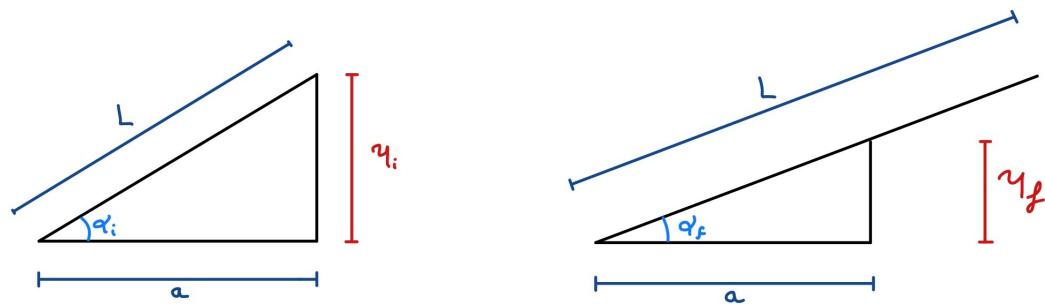


FIGURE III.6.0.5 – Avancement

Notre machine fait intervenir un bras de levier. On doit tout d'abord s'assurer que la carotte traverse bien toutes le set de lames et ressorte complètement. Calcul de l'avancement de la carotte :

$$\text{Avancement} = |y_f - y_i|$$

$$y_i = L \sin(\alpha_i)$$

$$y_f = a \tan(\alpha_f)$$

D'où :

$$|y_f - y_i| = |\alpha \tan(\alpha_f) - L \sin(\alpha_i)|$$

On obtient, avec  $\alpha_i = 60^\circ$ ,  $\alpha_f = 10^\circ$ ,  $L = 500\text{mm}$ ,  $a = 203\text{mm}$  :  $|y_f - y_i| = 397\text{mm}$ , ce qui est bien suffisant pour passer par nos lames.

En somme, comme l'avancement de la carotte est supérieur à la longueur des 5 sets (16 cm) plus la longueur de initiale de la carotte (20 cm dans le pire des cas) on est assuré qu'elle traverse tous les sets et qu'elle ressort complètement. La simulation CATIA avec les contraintes appliquées montre que l'avancement du clou est correctement synchronisé avec l'angle du levier.

### III.7 Calcul du rendement

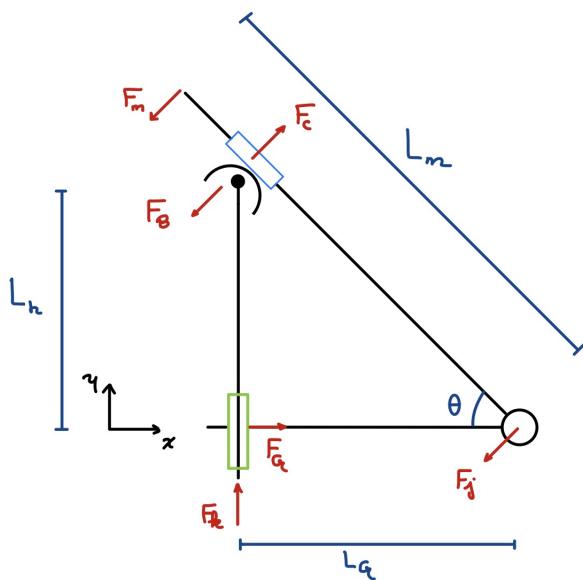


FIGURE III.7.0.6 – Rendement

La principale source de perte mécanique est due au bras de levier qui doit pousser le clou et la carotte à travers toutes les lames. En effet, comme l'angle  $\theta$  du bras de levier ( $\overline{OC}$ ) avec le guidage ( $\overline{OG}$ ) au départ est plus élevé que  $45^\circ$ , la force que l'on applique aura une plus grande composante horizontale que verticale et par conséquent contribuera moins au poussage de la carotte. Or au fur et mesure que la carotte descend elle rencontre de plus en plus de lames qui génèrent chacune des forces de frottement qui s'additionne aux précédentes. Afin de simplifier le calcul, nous avons décidé de calculer un rendement dans la position la moins rentable mécaniquement parlant. A savoir, lorsque  $\theta = 60^\circ$  ce qui implique que la force de réaction est égale à  $F_k = 20\text{N}$ . Nous avons estimé la force de l'utilisateur. De là on en déduit toutes les autres forces :

$$F_c = \frac{F_k}{\cos \theta} = \frac{20}{\cos \frac{\pi}{3}}, F_c = 40\text{N}$$

$$F_b = F_c = 40\text{N}$$

$$F_g = F_b \sin \theta = 40 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}, F_g = 34.64\text{N}$$

Comme on sait que le coefficient de frottement est égale à  $\mu_c = 0.3$ , on peut en déduire les forces de frottement induites par  $F_c, F_g, F_j$  et  $F_{fc}$  (où les deux dernières sont les forces de frottement dans les joints).  $F_{fc} = F_c \mu_c = 40 \cdot 0.3, F_{fc} = 12\text{N}$

$$F_j = F_m - F_c = 5\text{N}$$

$$F_{fg} = F_g \mu_c = 34.64 \cdot 0.3, F_{fg} = 10.39\text{N}$$

$$F_{fj} = F_j \mu_c = 5\text{N}$$

$$F_{fj} = 1.5\text{N}$$

$$F_{fjc} = F_c \mu_c, F_f f_{jc} = 12\text{N}$$

Puis on calcule la vitesse de chacune des forces. Nous estimons que le levier effectue une complète descente en une seconde :

$$v_m = \frac{L_m}{1s}, v_m = 0.58\text{m/s}$$

$$v_{fc} = \frac{L_{ci} - L_{cf}}{1s}, v_{fc} = 0.21\text{m/s}$$

$$v_{fg} = \frac{L_h}{1s}, v_{fg} = 0.36\text{m/s}$$

$$v_j = \frac{r_j \theta}{1s} = 0.006 \cdot \frac{\pi}{3}, v_j = 0.006\text{m/s}$$

$$v_{jc} = \frac{r_{jc} \theta}{1s}$$

$$v_{jc} = 0.008\text{m/s}$$

Ensuite on calcule les puissances de chaque force :

$$P_{fc} = F_{fc} v_{fc} = 12 \cdot 0.21 = 2.52\text{W}$$

$$P_{fg} = F_{fg} v_{fg} = 10.39 \cdot 0.36 = 3.77\text{W}$$

$$P_{fj} = F_{fj} v_{fj} = 1.5 \cdot 0.006 = 0.009\text{W}$$

$$P_{fjc} = F_{fjc} v_{fjc} = 12 \cdot 0.008 = 0.096\text{W}$$

Enfin de là on calcule la puissance d'entrée et de sortie, pour trouver le rendement :

$$P_e = F_e v_m = 35 \cdot 0.58, P_e = 20.3\text{W}$$

$$P_s = P_e - \sum F_i v_i, P_s = 14.905\text{W}$$

$$\rho = \frac{P_s}{P_e} = \frac{14.905}{21.3}$$

$$\rho = 0.70$$

## Chapitre IV

# Analyse du mécanisme choisi

Comme présenté dans la section II.1.3, nous avons choisi le mécanisme nommé "Pousse-carottes".

Nous allons donc analyser ce mécanisme, et les raisons qui nous ont poussé à le choisir.

### IV.1 Elements de machine

Les références en Sans Serif (Comme ce texte) sont les numéros de pièces ou d'assemblage de la machine.

#### IV.1.1 Support de lames (Numéros de pièce : 1, 2)

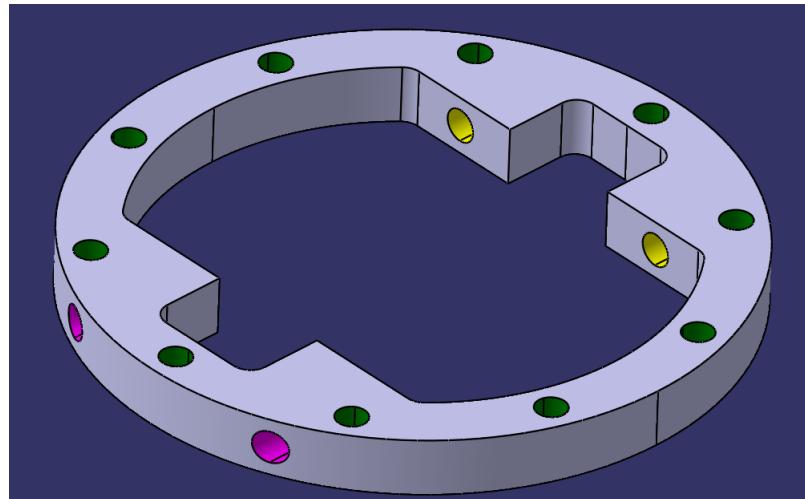


FIGURE IV.1.1.1 – Cercle de support

Caractéristiques	
Matériau	EN AW-Al Mg3
Poids	0.388kg
Volume	1.436e-004m3

Nous avons eu plusieurs discussions sur la mise en place des lames dans notre machine. La première idée était de disposer les lames sur des bras qui pivoteraient autour d'un support horizontal, avec des ressorts de torsion. Nous avons rapidement remarqué que les ressorts de torsion étaient difficiles à manipuler au niveau des calculs (en particulier avec des bras de taille variable). De plus, avoir des bras pivotant ajoute une composante verticale entre les sets de lame. Ce n'était donc pas idéal pour l'encombrement.

Nous avons ensuite pensé à utiliser des ressorts de traction qui amèneraient les lames l'une vers l'autre. Néanmoins, l'inconvénient des ressorts de traction pour notre mécanisme est que les lames ne seraient pas centrées. Utiliser des ressorts de compression permet de rapprocher les lames (en fait, écarter chaque lame du bord) tout en centrant le mécanisme.

Chaque set est constitué de 9 éléments : un support de lames (1, 2) qui va soutenir les éléments suivants : Deux tiges interlames (5, 6) en bout pour les visser à l'anneau de support. Quatre glissières ("sliders", 3, 4), qui translatent sur les tiges (deux sur chaque tige). Deux lames (10) qui sont fixées par leurs extrémités aux glissières.

Entre le bord du support de lames et chaque glissière, on place un ressort de compression (7). On aura donc 2 ressorts de compression par lame pour approcher les lames.

Quand la carotte est amenée par le clou (21), elle pousse des plan d'ajustement (8) pour qu'elle puisse passer entre les lames. En effet, les lames sont par défaut (comprendre quand la machine est à vide) espacées de 18mm. Quand une carotte de plus de 20mm entre, elle doit repousser les lames pour pouvoir entrer, et grâce aux ressorts, les lames restent en contact avec la carotte pour l'éplucher. Par contre, si une carotte de diamètre 45mm (diamètre maximal) essaie de passer par les lames espacées de 18mm, il y aura un blocage qui risque de casser une partie du mécanisme. Pour résoudre ce problème, nous avons décidé de créer des plans d'ajustements qui seront placés à un certain angle depuis les tiges. Ainsi, quand une carotte passe, elle va d'abord pousser ces plans inclinés pour les écarter, puis passer par les lames.

Il est à noter que le premier support de lame se différencie des 4 autres par la présence de 4 trous transversaux permettant de le fixer (avec les 4 autres vissés en dessous) au support de la machine par des vis M10.

Le dimensionnement de ce cercle de support s'est fait grâce aux calculs de ressort de compression : les deux ressorts, lorsque les sliders sont collés, ont une longueur de 41.50[mm]. Les deux glissière mesurent chacun 25[mm]. Nous avons donc besoin d'une longueur de  $2 \times 41.5 + 2 \times 25 = 133$ mm. A partir de cette longueur, nous avons créé le support de lames en cercle pour avoir un assemblage plus simple.

#### IV.1.2 Glissière (3) et glissière symétrique (4)

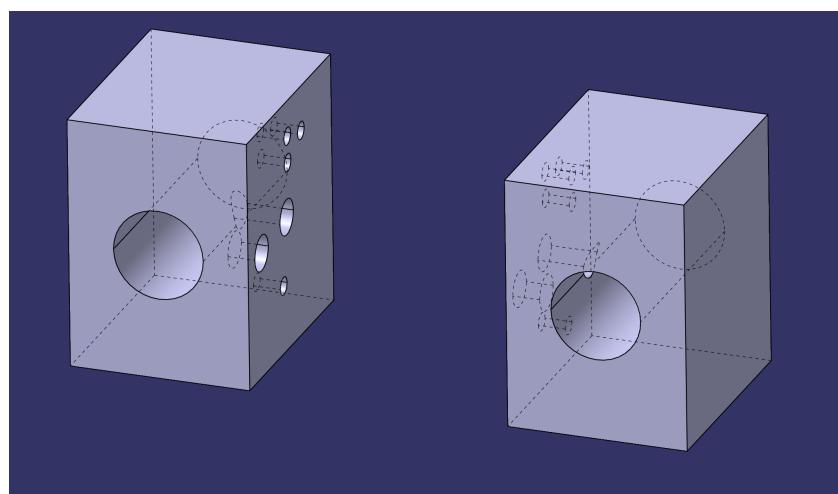


FIGURE IV.1.2.2 – Glissières : à droite la glissière, et à gauche sa symétrique

Caractéristiques (par glissière)	
Matériau	POM-C
Poids	0.017kg
Volume	1.19e-005m <sup>3</sup>

Pour une simplification de design 3D et dimensionnement, et afin d'avoir un assemblage plus simple, on décide de faire des sliders en parallélépipède, avec un trou cylindrique.

Pour que les lames s'adaptent aux carottes, on les fixe sur deux glissières parallèles. Afin que la lame ne fasse pas un tour complet et s'oriente dans une mauvaise position, on limite son degré de liberté (rotation) avec deux goupilles. La lame peut donc faire une rotation limitée entre deux angles fixes. Cela permet à la lame de s'adapter à la forme de la carotte, en ne bloquant pas le mécanisme par une mauvaise rotation.

Le matériau utilisé est le POM-C a un faible coefficient de frottement avec l'acier. Le grippage est évité et en choisissant un couple de matériau avec faible coefficient de frottement, on limite également les phénomènes d'arc-boutement.

#### IV.1.3 Tiges interlames (5, 6)

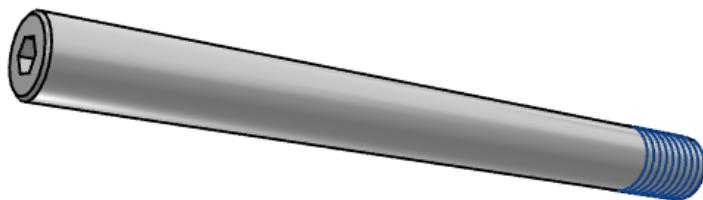


FIGURE IV.1.3.3 – Tige interlames

Caractéristiques	
Matériau	X 10 Cr Ni S 18 10
Poids	0.112kg
Volume	1.423e-005m <sup>3</sup>

Pour simplifier notre projet, et pour une utiliser des pièces fournisseurs normalisées, nous avons décidé de prendre les tiges qui supportent les glissières chez Misumi.

A une extrémité (extrémité gauche sur l'image IV.1.3.3) la tige est en 6 pans creux. L'autre extrémité est filetée sur 20mm pour pouvoir la visser dans les trous du support de lame (trous jaunes taraudés à M10 dans la figure IV.1.1.1).

Nous avons donc renseigné les paramètres dont nous avions besoin pour notre mécanisme, pour avoir les tiges en question.

Leur référence est : FSSFJGC-D10-L160-T23-N10-S23 [Misa].

La tige se fixe sur le cercle de support en se vissant avec une clé Inbus. Pour faire passer le filetage en bout de tige par le premier trou sur le cercle de support, nous décidons de ne pas utiliser de trou de

passage normalisé, mais plutôt une tolérance adéquate (H12). En effet, nous avons besoin d'un guidage correct assuré pour les sliders, donc d'un jeu moindre sur les tiges.

N.B. Les 2 tiges interlames du premier support de lame diffèrent des autres tiges par leur longueur : en effet, comme le premier cercle de support de lame va être fixé au plan de support, il faut que les tiges ne rentrent pas dans le support. Ainsi, le côté 6 pans creux de cette tige va donc être enfoncé dans le trou correspondant. De l'autre côté, le filetage pourra dépasser si besoin étant donné qu'il n'aura rien devant lui. La référence des tiges interlames du 1er set (5) est FSSFJGC-D10-L155-T23-N10-S23.

#### IV.1.4 Ressorts de compression (7)

Les ressorts de compression ont été pris chez un fournisseur, « Ressorts du Léman ». Leur référence est CI 0.90/59.70 [Lém].

Le choix de ses paramètres ont été faits en se basant sur les calculs qui vont suivre :

1. Il faut d'abord trouver  $L_{min}$ , la longueur minimale que devrait avoir le ressort pour assurer une charge de 6N (minimum) quand les glissières sont collées (i.e. les lames distantes de 18mm), pour avoir une charge de au moins 12 N par lame.
2. Il faut ensuite trouver  $L_{max}$ , la longueur maximale que pourra avoir le ressort quand la plus grosse carotte va passer (diamètre de 45mm), et s'assurer qu'elle respecte les caractéristiques du ressort.

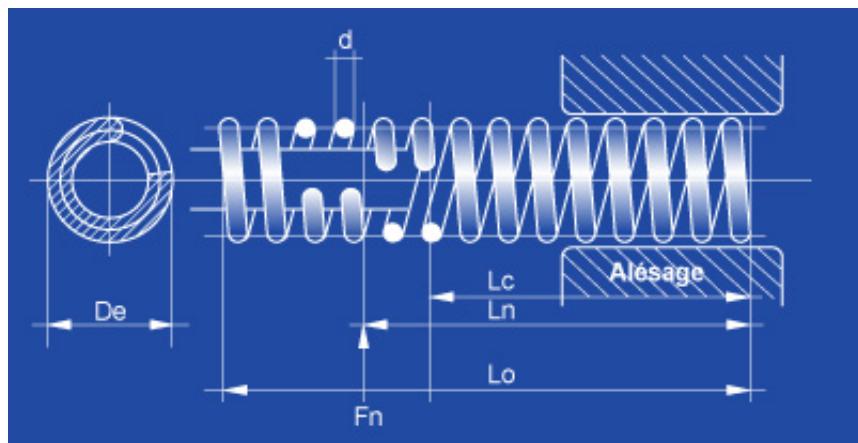


FIGURE IV.1.4.4 – Dimensions ressort [Lém]

Caractéristiques du ressort choisi :

- Diamètre du fil :  $d = 0.90$  [mm]
- Diamètre extérieur :  $De = 12.20$  [mm]
- Constante de raideur :  $C = 0.33$  [N/mm]
- Longueur libre :  $L_0 = 59.70$  [mm]
- Longueur maximale de compression :  $L_n = 18.12$  [mm]
- Charge maximale :  $F_n = 13.80$  [N]

Tout d'abord, les tiges ont un diamètre de 10 mm or le diamètre intérieur du ressort est de :  $De - 2d = 10.4\text{mm} > 10\text{ mm}$  Donc le ressort s'enroule parfaitement autour de la tige.

On veut  $F_{min} = 6$  N au repos. Calcul de  $L_{min}$  :

Par les paramètres du ressort, on a :

$$C = \frac{F}{L_0 - L}$$

D'où,

$$L_{min} = L_0 - \frac{F_{min}}{C} \quad (\text{IV.1.1})$$

et

$$F = C(L_0 - L) \quad (\text{IV.1.2})$$

Par (II.2.1), on trouve :

$$L_{min} = 41.50[\text{mm}].$$

En injectant cette valeur dans (II.2.2), on trouve que la force exercée sur la carotte de plus petit diamètre sera de :

$$F_{20} = 0.33(59.70 - 41.50 - 2) = 5.68[\text{N}].$$

Le retranchement de 2 à  $L_{min}$  vient du fait que l'on part avec un écart entre les lames de 18 mm et non pas de 20 mm, qui correspond au diamètre le plus petit possible.

On cherche ensuite à déterminer  $L_{max}$ .

$$L_{max} = L_{min} - \frac{45 - 18}{2} = 28[\text{mm}].$$

$L_{max}$  est bien supérieur à  $L_n$ .

Enfin,

$$\begin{aligned} F_{max} &= C(L_0 - L_{max}) \\ &= 0.33(59.70 - 28) \\ &= 10.46[\text{N}]. \end{aligned}$$

$F_{max}$  est bien inférieur à  $F_n$ .

Le ressort est donc bien conforme aux spécifications demandées pour notre mécanisme.

#### IV.1.5 Plan d'ajustement (8)

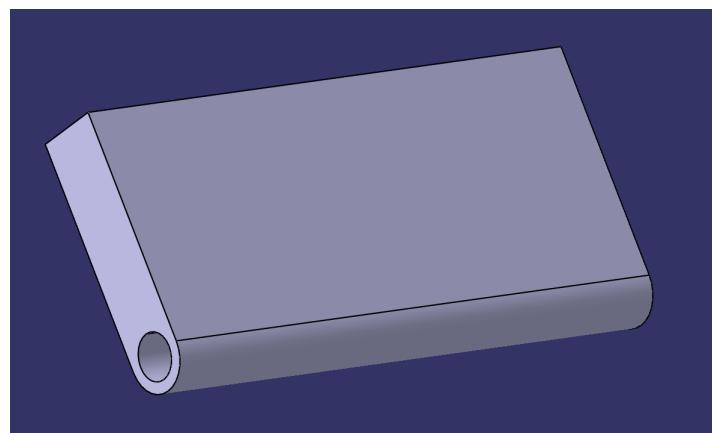


FIGURE IV.1.5.5 – Plan d'ajustement

Caractéristiques	
Matériau	POM-C
Poids	0.009kg
Volume	6.079e-006m <sup>3</sup>

Le dimensionnement de ces plans doit se faire selon 2 aspects : si l'angle est trop faible, la composante horizontale de la force exercée par la carotte tendra vers 0, donc l'effet d'écartement est perdu. A l'inverse, si l'angle tend vers 90°, la carotte ne pourra pas entrer entre les 2 plans qui seront aussi espacées de 18mm. Il faut donc définir les dimensions du plan d'ajustement en prenant en compte ces paramètres.

On cherche donc à maximiser la composante horizontale, tout en minimisant la composante verticale, en prenant en compte les contraintes évoquées ci-dessus.

De plus, il faut que la carotte avec l'angle le plus grand passe aussi en écartant les lames. Il faut donc que notre angle de plan soit inférieur à cet angle de carotte.

Par trigonométrie sur la carotte avec l'angle le plus grand, on trouve que son angle est de  $\theta = 83^\circ$ .

Pour que notre plan soit usinable correctement, on décide de le séparer en 2 parties : le plan lui même avec un trou qui accueillera une tige d'ajustement (9, présentée dans la section qui suit).

Par calcul et projection de forces, on trouve dans l'annexe VII.3 que l'angle idéal est de  $45^\circ$ .

#### IV.1.6 Tige d'ajustement (9)

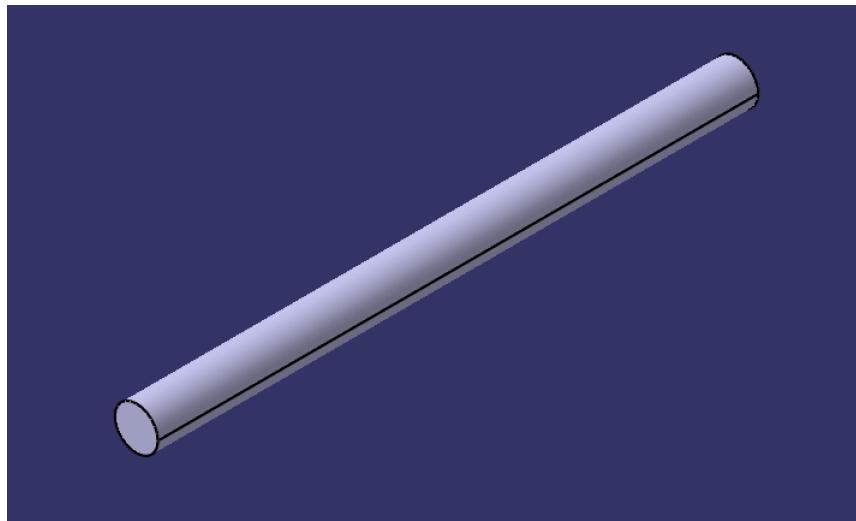


FIGURE IV.1.6.6 – Tige d'ajustement

Caractéristiques	
Matériau	POM-C
Poids	9.745e-004kg
Volume	6.912e-007m <sup>3</sup>

Le plan d'ajustement présenté en IV.1.5 est trouvé sur sa longueur. Pour l'assembler aux 2 glissières, il faudra mettre dans ce trou une tige d'ajustement. Egalement, le plan d'ajustement va reposer sur une tige d'ajustement qui va d'une glissière à sa symétrique. Ainsi, quand une carotte appuie sur un plan, celui-ci est retenu par la tige d'ajustement, ce qui permet à l'ensemble de translater correctement et ainsi de s'adapter à la taille de la carotte.

#### IV.1.7 Goupille anti-rotation (11)



FIGURE IV.1.7.7 – Goupille anti-rotation

Caractéristiques	
Matériau	X 10 Cr Ni S 18 10
Poids	8.744e-005kg
Volume	1.107e-008m3

Sur la glissière, plusieurs éléments sont montés avec un degré de liberté en rotation. C'est le cas en particulier du plan d'ajustement et de la lame. Pour bloquer ou limiter les rotations indésirables, on va utiliser des goupilles élastiques que l'on prendra chez Misumi : leur référence est SSPSR2-6 [Misb]. L'avantage d'utiliser une goupille est que le poids est très faible tout en offrant une résistance suffisante pour retenir nos éléments mécaniques.

Son diamètre est de 2mm, et sa longueur est 6mm.

La goupille élastique s'assemble en serrage sur les trous spécifiés.

#### IV.1.8 Entretoise (12)

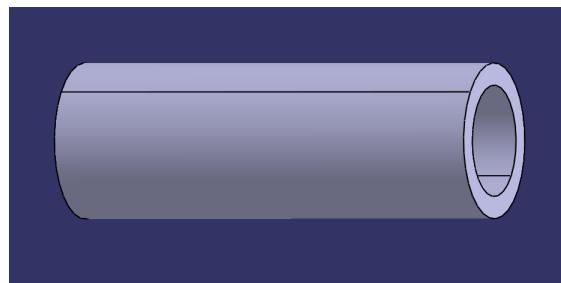


FIGURE IV.1.8.8 – Entretoise

Pour séparer les différents sets de lames, nous allons utiliser des entretoises.

Ces entretoises s'enfilent sur les tiges intersets. Il faut 4 entretoises pour séparer 5 sets sur une tige interset. Avec nos 10 tiges, nous aurons donc besoin de 40 entretoises.

Caractéristiques	
Matériau	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6
Poids	0.001kg
Volume	3.77e-007m <sup>3</sup>

Chaque entretoise mesure 20[mm] de haut et a une épaisseur de 2[mm]. Les 20[mm] permettent d'écartier à la bonne longueur les différents sets pour qu'à la fois l'ensemble reste compact, et que leurs éléments respectifs n'entrent pas en contact.

#### IV.1.9 Tige interset (13)

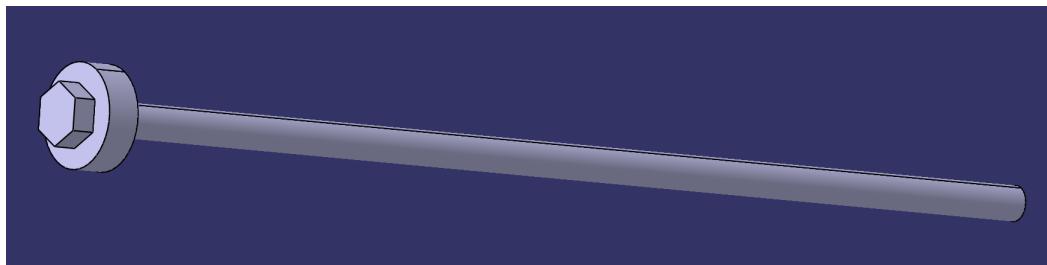


FIGURE IV.1.9.9 – Tige interset

Caractéristiques	
Matériau	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6
Poids	0.011kg
Volume	4.214e-006m <sup>3</sup>

Pour assembler les sets de lames (SA2, SA3) entre eux, nous avons fait le choix d'utiliser des tiges filetées que nous auront créées. En effet, les composants normalisés de fournisseurs ne permettent pas de lier les sets comme on voudrait le faire. On crée donc une tige avec épaulement en bas (sur lequel va s'appuyer le set tout en bas) en tête hexagonale, et un filetage en haut sur 16[mm] pour se visser sur le premier set du haut dont les trous débouchant sont taraudés à 16[mm]. Pour visser cette tige, on utilisera une clé plate taille 8 sur la tête hexagonale.

Nous avons choisi une tête hexagonale plutôt qu'une tête en 6 pans creux comme nous avions pensé au début pour faciliter l'usinage. En faisant une tête hexagonale plutôt que 6 pans creux, on creuse par l'extérieur plutôt que creuser en intérieur. Cela permet plus de libertés sur le choix de la fraise et permet d'éviter les congés d'arête internes.

Le matériau utilisé est l'aluminium et sera justifié dans la section IV.2.2.

En particulier, nous pouvons calculer la déformation de la tige interset lorsque la contrainte maximale est appliquée. La force totale appliquée en tension sur les tiges est d'au maximum 100N, divisée en 10 tiges. Chaque tige supporte donc 10N en tension.

La loi de Hooke donne

$$\sigma = E\varepsilon$$

avec  $\sigma$  la contrainte appliquée,  $E$  le module de Young, et  $\varepsilon$  la déformation.

Avec une tige en aluminium, de section  $A = 2 \times 10^{-5} \text{m}^2$ , on a  $E = 69 \text{GPa}$  et  $\sigma = 5 \times 10^5 \text{Pa}$ .

On trouve donc

$$\varepsilon = 7.2 \times 10^{-6} \text{m.}$$

La déformation a un ordre de grandeur en microns, donc nous pouvons considérer que l'allongement est largement négligeable.

#### IV.1.10 Pied (14)

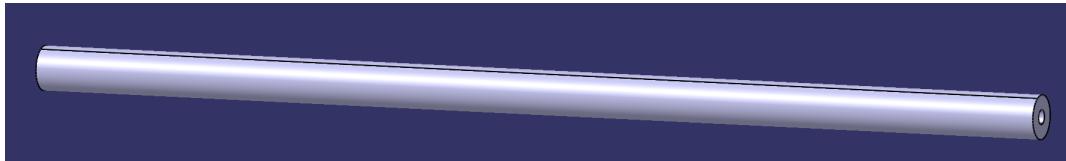


FIGURE IV.1.10.10 – Pied

Caractéristiques	
Matériau	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6
Poids	0.17kg
Volume	6.304e-005m <sup>3</sup>

Ces trois pieds servent à maintenir le support de sets à hauteur suffisante pour que la carotte puisse sortir du tunnel totalement et être facilement accessible à la main. Nous avons choisi trois pied car cette configuration offrait un maximum de stabilité pour notre machine. Chaque pied est taraudé aux 2 extrémités, pour d'un côté être assemblé au support de set, et de l'autre à la plaque (avec les pieds plastique).

#### IV.1.11 Plaque (15)

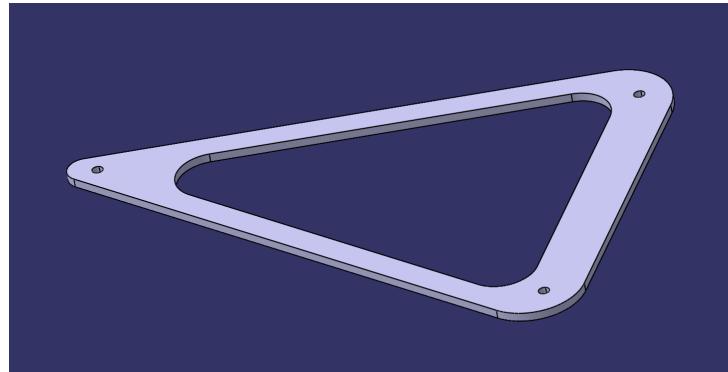


FIGURE IV.1.11.11 – Plaque

Caractéristiques	
Matériau	POM-C
Poids	0.113kg
Volume	7.983e-005m <sup>3</sup>

Pour lier les 3 pieds et assurer la stabilité de la machine, nous avons décidé de les lier par une plaque de plastique (POM-C). Son épaisseur est de 5mm, et ses trous pour faire passer les pieds plastiques sont

de diamètre 8mm. Pour fixer la plaque aux trois pieds, on utilisera des pieds plastiques présentés dans la section qui suit.

#### IV.1.12 Pied plastique (16)

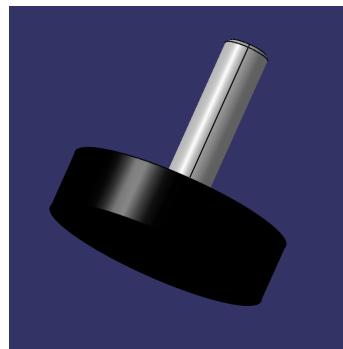


FIGURE IV.1.12.12 – Pied plastique

Caractéristiques	
Matériau	PP
Poids	0.006kg
Volume	6.274e-006m <sup>3</sup>

Pour fixer la plaque présentée dans la section précédente aux pieds de la machine, nous avons utilisé des pieds plastique pris chez Misumi, leur référence est : NFB30\_6\_22\_5 [Misc]. Cela contribue également à augmenter légèrement la stabilité de la machine. Les pieds sont en polypropylène.

#### IV.1.13 Support de sets (17)

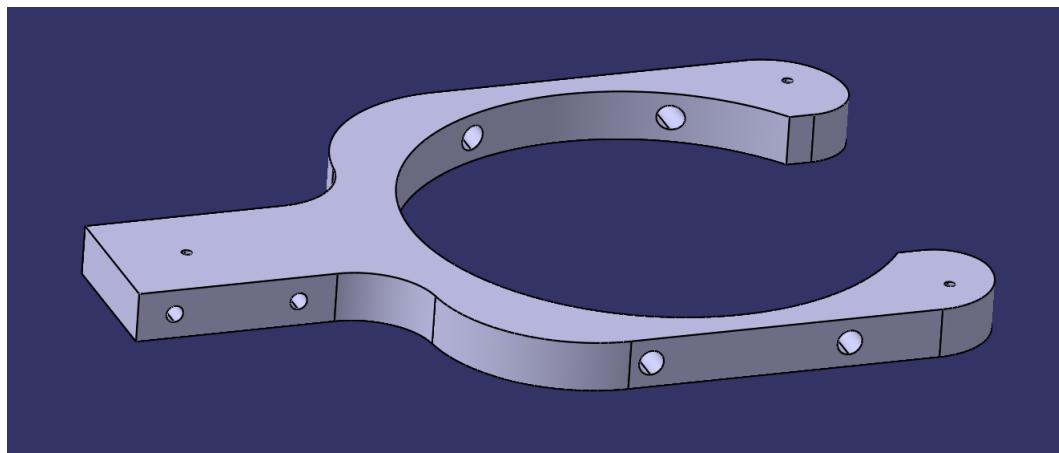


FIGURE IV.1.13.13 – Support de sets

Caractéristiques	
Matériau	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6
Poids	1.078kg
Volume	3.994e-004m3

Cette pièce en aluminium est centrale dans la machine car elle lie tous les principaux éléments entre eux. Epaisse de 20mm elle retient les 5 sets de lame avec les tiges intersets. Egalement, les pieds de la machine et les plaques de support qui tiennent le mécanisme d'actionnement sont vissés à cette pièce.

La forme donnée est une solution efficace pour tenir les 5 sets bien en place avec les pieds et le bras de levier.

#### IV.1.14 Plaque support (18)

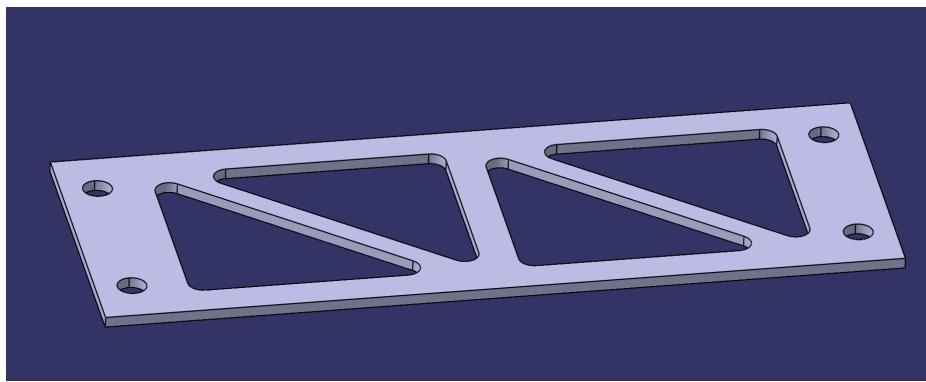


FIGURE IV.1.14.14 – Plaque de support

Caractéristiques	
Matériau	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6
Poids	0.073kg
Volume	2.692e-005m3

Ces plaques rectangulaires de 3mm d'épaisseur servent à tenir le guidage du Clou et le point de pivot du levier à une hauteur convenable pour pouvoir y introduire une carotte. Reliées au Holder par des vis et un taraudage dans ce dernier, elles empêchent tout mouvement autant en translation qu'en rotation de la pièce de guidage du clou.

Leur forme rectangulaire a été choisie pour la simplicité d'usinabilité, puis nous avons décidé d'y découper des motifs triangulaires pour diminuer le poids tout en conservant une bonne rigidité. De plus, la charge imposée à ces pièces est selon la largeur de la pièce (et pas la profondeur), donc les risques de déformation sont négligeables.

Cette pièce est simple et facile à produire. Deuxièmement, elle est facile à assembler dans la machine. Troisièmement, elle confère une bonne rigidité malgré sa légèreté.

#### IV.1.15 Guidage (19)

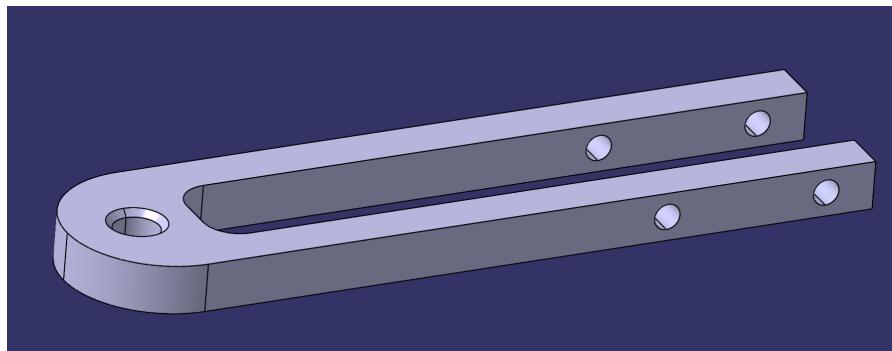


FIGURE IV.1.15.15 – Guidage du clou

Caractéristiques	
Matériau	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6
Poids	0.304kg
Volume	1.125e-004m <sup>3</sup>

Ce guidage d'une épaisseur de 15mm sert à guider le clou dans toute sa trajectoire longitudinale à travers les lames. Il sert également de guidage de l'axe de rotation du bras de levier. Taraudé puis vissé aux plaques supports, il apporte une rigidité additionnelle de part son épaisseur.

Cette forme de U nous semblait être un bon compromis entre simplicité de fabrication, économie de matériaux et rigidité de la structure. En effet, pour que la trajectoire du clou soit correcte, il fallait que la plaque dans laquelle cette pièce allait être coupée soit suffisamment épaisse pour maintenir les moments du clou engendré par le levier. Cependant, pour que le bras de levier puisse effectuer toute sa course il a fallu laisser un espace au milieu de la pièce pour qu'il puisse s'y loger au fur et mesure de sa course.

Le trou de diamètre 14mm présent sur cette pièce sert à loger un palier lisse. Celui-ci permettra de faire coulisser le clou avec de faibles frottements. Pour insérer le palier lisse dans le trou, le fournisseur Igus recommande un chanfrein de 2mm avec un angle de 45°.

Les 4 trous traversant dans la pièce sont taraudés à M8 pour l'assembler aux plaques de support.

#### IV.1.16 Palier lisse (20)

Nous avons choisi un palier lisse afin de guider le clou tout en minimisant les frottements avec le clou (coefficient de frottement compris entre 0,18 et 0,40). Nous avons pris le palier lisse chez Igus, sa référence est : MFM-101419-12-421 [Igu].

#### IV.1.17 Clou (21)

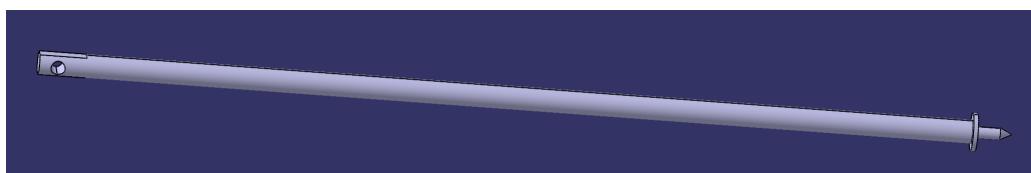


FIGURE IV.1.17.16 – Clou

Caractéristiques	
Matériau	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6
Poids	0.085kg
Volume	3.156e-005m3

Cette tige de 400mm de longueur et de diamètre 10mm sert à guider et pousser la carotte dans le set de lame. D'un côté de cette tige (à droite sur la figure ci-dessus), nous avons une pointe qui va se planter dans la carotte pour la maintenir lorsqu'elle sera dans les lames. Juste après cette pointe, il y a un épaulement qui sert à faire que le clou ne puisse pas sortir du guidage. Précisons que l'épaulement de 16mm de diamètre est inférieur au rapprochement maximal des lames. Il n'y a donc pas de risque que le clou se coince dans les lames.

Maintenu verticalement par le bras de levier (dans lequel il peut coulisser) puis contraint verticalement par le Guidage, il transforme le moment du bras de levier en force longitudinale qui va pousser la carotte.

Nous avons besoin de 40cm de longueur de tige pour pouvoir faire passer la carotte à travers les 5 sets de lames, en laissant 20cm de libre en haut, et 20cm en bas, pour pouvoir mettre la carotte dans la machine et la retirer.

Pour visualiser la nécessité de cette longueur, nous avons fait une simulation sur CATIA :

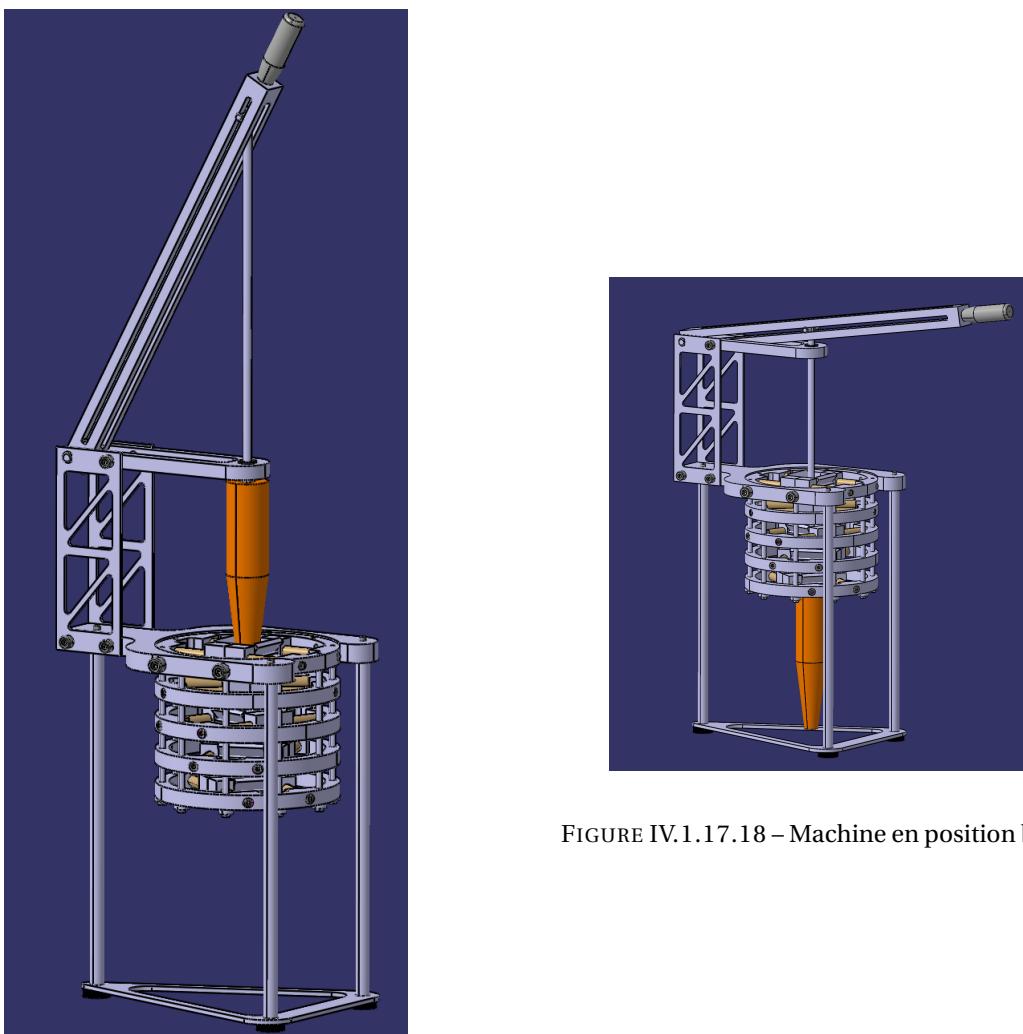


FIGURE IV.1.17.18 – Machine en position basse

FIGURE IV.1.17.17 – Machine en position haute

#### IV.1.18 Levier (22)

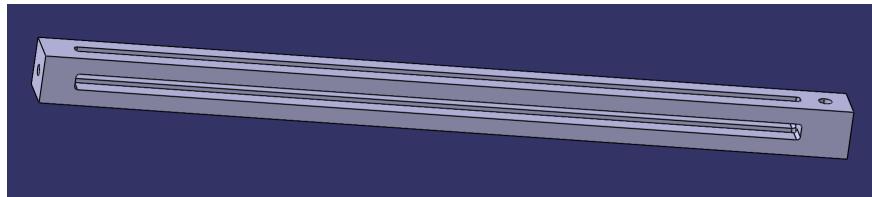


FIGURE IV.1.18.19 – Levier

Caractéristiques	
Matériau	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6
Poids	0.663kg
Volume	2.454e-004m <sup>3</sup>

Pour respecter les contraintes du cahier des charges on a choisi un levier qui a une direction d'actionnement perpendiculaire à l'axe longitudinal de la carotte. Le levier a deux rainures perpendiculaires et traversantes qui permettent au clou de glisser grâce à sa goupille. L'actionnement vers le bas fait pousser le clou et la carotte à travers le support de lame.

Nous avions besoin d'un levier suffisamment long pour pouvoir entraîner le clou dans toute sa course par un simple mouvement de rotation. Son pivot fut initialement choisi à une distance suffisamment grande pour avoir une longueur de bras suffisamment importante par rapport à l'axe pour minimiser la force d'actionnement tout en évitant des dimensions trop grandes.

#### IV.1.19 Poignée (23)

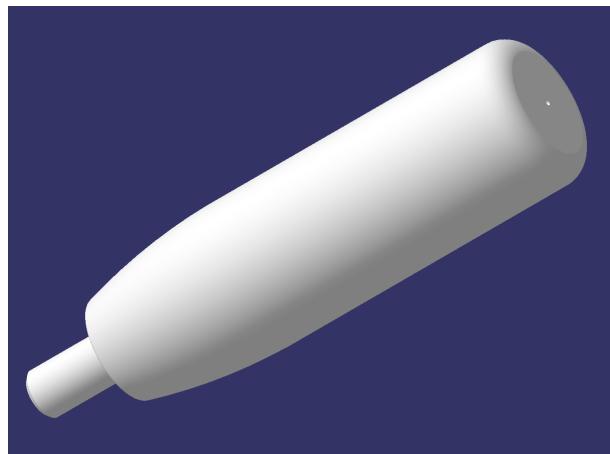


FIGURE IV.1.19.20 – Poignée (Misumi)

Caractéristiques	
Matériau	PA 6
Poids	0.04kg
Volume	3.466e-005m <sup>3</sup>

Pour manipuler confortablement le levier, nous avons choisir d'y visser une poignée prise chez Misumi. L'avantage est que ça ajoute une longueur pour le bras de levier, donc ce dernier pourra être réduit. De plus, nous avons choisi notre poignée pour améliorer l'ergonomie de notre mécanisme. La poignée mesure 80[mm] de long pour un diamètre de 24[mm]. La poignée se visse au levier par un filetage M8 sur 15[mm] de longueur. La poignée est en Nylon 6 [Misd].

#### IV.1.20 Vis M4, M8, M10 (26, 25, 24)

Pour assembler plusieurs composants de la machine, nous avons décidé d'utiliser des vis normalisées en 6 pans creux prises chez Misumi, leur référence est respectivement SCB4\_40, SCB8\_18, SCB10\_35 pour les composants 26, 25, 24.

Les vis sont en acier inoxydable.

#### IV.1.21 Segments d'arrêts (27, 28)

Pour bloquer en translation les goupilles 29 et 30 de notre assemblage, nous utilisons des segments d'arrêt de chaque côté. Le choix des segments d'arrêt s'est fait avec la normalisation : nos goupilles en question mesurent moins de 10mm, nous ne pouvons donc pas utiliser de circlip. Les segment d'arrêt sont en acier inoxydable. Nous avons pris ces segments d'arrêt chez Misumi, leur référence est NETWS4 et NETWS6 [Mise] pour respectivement 27 et 28.

#### IV.1.22 Goupilles (29, 30)

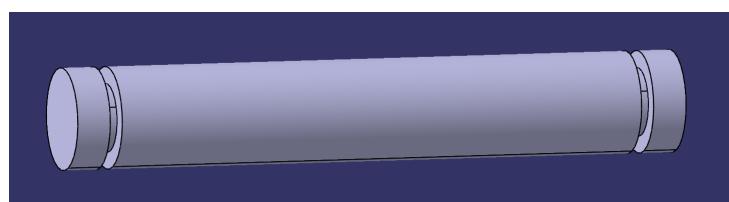


FIGURE IV.1.22.21 – Gouille

Caractéristiques	
Matériau	POM-C
Poids	0.005kg (29), 0.001kg (30)
Volume	3.661e-006m <sup>3</sup> (29), 1.036e-006m <sup>3</sup> (30)

Le levier et le clou sont liés par une goupille. C'est également le cas pour le levier et le guidage. Pour permettre à ces éléments d'effectuer correctement leurs mouvements (rotation ou glissement), nous utilisons des goupilles. Elles seront en POM-C pour permettre un glissement optimal avec l'aluminium.

Pour bloquer les goupilles en translation, les segments d'arrêt semblent être une solution optimal, en raison du diamètre des goupilles. Nous avons donc dimensionné les gorges pour segments d'arrêt selon la norme DIN 6799, avec des arbres de 6 et 8mm de diamètre. Nous avons laissé une distance supplémentaire de 1mm de chaque côté pour ne pas contraindre la goupille en serrage par les segments d'arrêt.

## IV.2 Choix des matériaux

### IV.2.1 POM-C (Fiche technique : VII.5.1)

Le POM-C (polyoxyméthylène) est une matière plastique qui a des très bonnes propriétés de résistance à la fatigue, et a un faible coefficient de frottement. L'Extrait de Normes [Nor18] spécifie qu'il a des bonnes propriétés de glissement : il est utilisé pour des éléments coulissants.

Son coefficient de frottement avec l'acier est de 0.2. Une faible coefficient de frottement permet également de minimiser les phénomènes d'arc-boutement.

Selon la FDA (*Food & Drug Administration*, administration de sécurité alimentaire américaine), ce matériau peut être utilisé pour un usage alimentaire.

Pour ces différentes raisons, nous avons décidé d'utiliser le POM-C pour nos glissières, en contact avec des tiges en acier.

### IV.2.2 Aluminium

L'aluminium est un matériau possédant deux avantages majeurs : il est relativement léger (densité de 2.7) et rigide (module de Young de 69GPa).

L'aluminium peut s'oxyder en surface, la couche oxydée va former une protection pour le reste de la pièce. Nous avons décidé de ne pas appliquer d'aluminium sur les pièces directement en contact avec la carotte pour cette raison.

Nous avons appliqué ce matériau au support de lame. L'aluminium va supporter les contraintes mécaniques imposées à cette pièce et on évite une pièce trop lourde.

### IV.2.3 Acier Inoxydable

L'acier inoxydable, alliage de fer, de chrome et de carbone, possède la propriété de résister à la corrosion, en plus d'avoir des propriétés mécaniques très intéressantes. Néanmoins, sa densité de 9 est assez élevée, plus de 3 fois celle de l'aluminium. Nous utilisons donc l'acier inoxydable pour les pièces qui soit subiront des contraintes mécaniques importantes que l'aluminium ne supporterait pas, soit les pièces en contact avec une forte humidité lors de l'utilisation.

C'est pourquoi nous avons choisi de mettre les tiges interlames et les lames en acier inoxydable.

## IV.3 Assemblage des pièces

\* On considère que la glissière et son symétrique présentent les mêmes tolérances.

\*\* On a supposé qu'on peut imposer la tolérance sur la lame.

Les H12 présents dans ce tableau proviennent des trous de passage. Nous avons besoin de guidage précis pour nos pièces, un jeu minimal pour que tous les éléments bougent correctement. Plutôt qu'utiliser des trous de passage dans des éléments qui doivent laisser passer un composant fileté, nous avons donc décidé de tolérer ces trous avec H12, correspondant à un trou de passage fin selon l'Extrait de Normes (p. 258).

Couple de pièces	Tolérancement	Justification
Support de lames/Tige interset	H12/h9	Trou de passage, tige facilement déplaçable
Support de lames/Tige interlames	H12/g6	Trou de passage, jeu non perceptible pour assurer un guidage correct des éléments mécaniques
Glissière*/Tige interlames	H7/g6	Jeu non perceptible
Glissière/Lame**	E9/h9	Grand jeu
Glissière/Tige d'ajustement	H7/js6	Encore mobile sous légère pression
Glissière/Goupille anti-rotation	H12	p273 de l'Extrait de Normes [18]
Plan d'ajustement/Tige d'ajustement	H7/js6	Encore mobile sous légère pression
Entretoise/Tige interset	H8/h9	Facilement déplaçable
Plaque	H12	Trou de passage

TABLE IV.3.1 – Tableau de tolérances

## Chapitre V

# Assemblages et mode d'emploi (utilisateur)

## V.1 Procédure d'assemblage

### Assemblage d'un set

Outil à utiliser : clé Inbus, taille 8.

1. Assembler le plan d'ajustement (8) avec une tige d'ajustement (9). Répéter l'opération 10 fois.

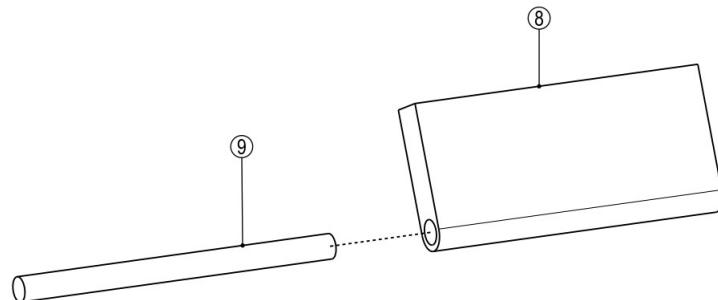


FIGURE V.1.0.1 – Etape 1

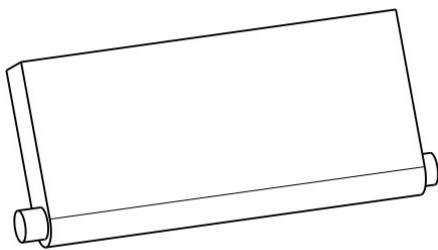


FIGURE V.1.0.2 – Etape 1 faite

2. Assembler 3 goupilles anti-rotation (11) avec une glissière 3). Répéter l'opération 20 fois, pour les glissières (3) et glissières symétriques (4).

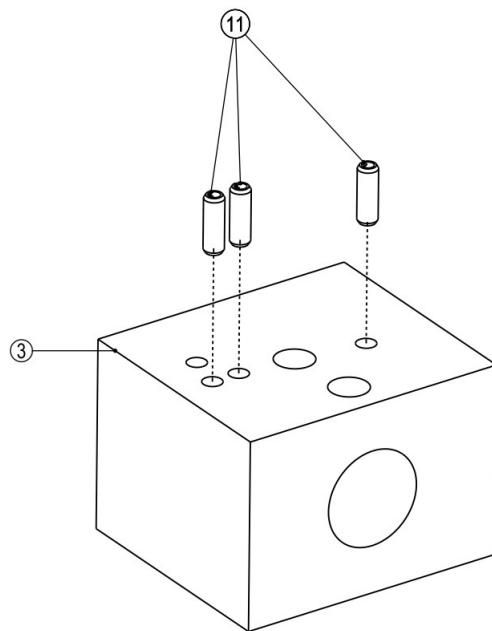


FIGURE V.1.0.3 – Etape 2

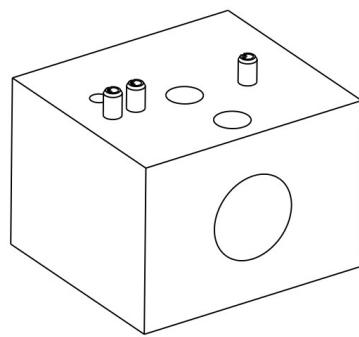


FIGURE V.1.0.4 – Etape 2 faite

3. Assembler un plan d'ajustement (8) (avec sa tige (9)), une tige d'ajustement (9) et une lame (10) sur une glissière (3), selon la figure qui suit. Répéter l'opération 10 fois, pour les glissières (3).

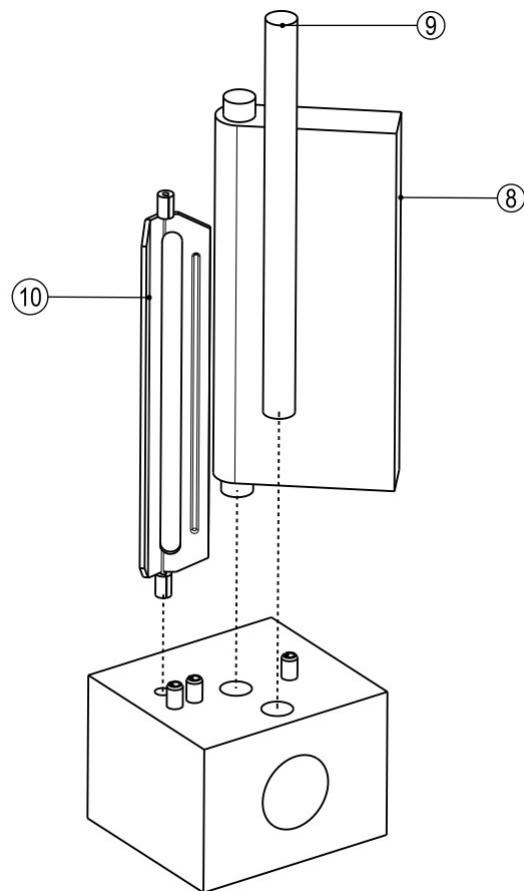


FIGURE V.1.0.5 – Etape 3

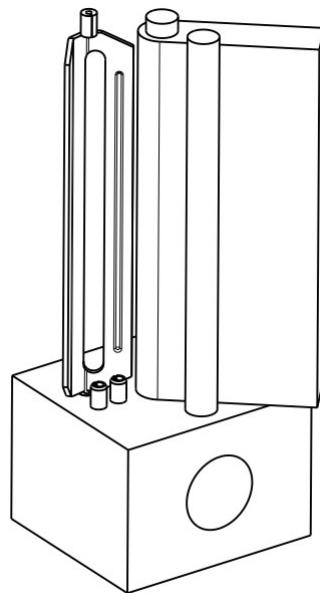


FIGURE V.1.0.6 – Etape 3 faite

4. Assembler une glissière symétrique (4) sur l'assemblage créé dans l'étape précédente. Faire de même avec tous les assemblages précédemment créés et les glissières symétriques.

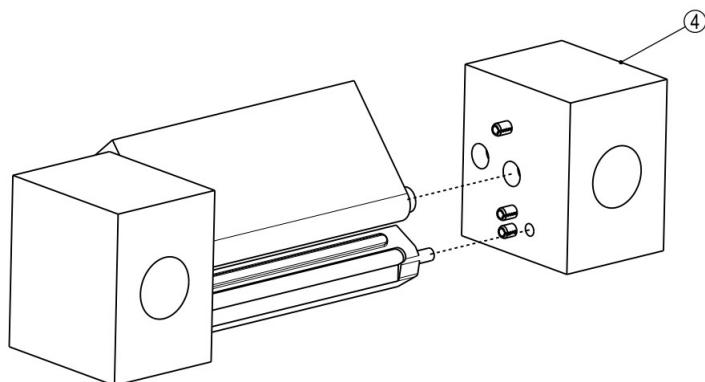


FIGURE V.1.0.7 – Etape 4

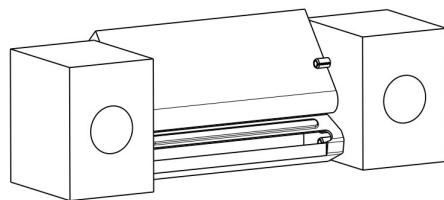


FIGURE V.1.0.8 – Etape 4 faite

5. Sur un support de lames (2), introduire deux tiges interlames (6). Enfiler sur ces tiges deux ressorts de compression (7), deux assemblages (SA1) : les plans d'ajustement doivent se faire face comme sur la figure qui suit. Répéter cette opération pour créer 4 set de lames. Faire de même pour le premier set de lames (SA3), avec les tiges interlames (5).

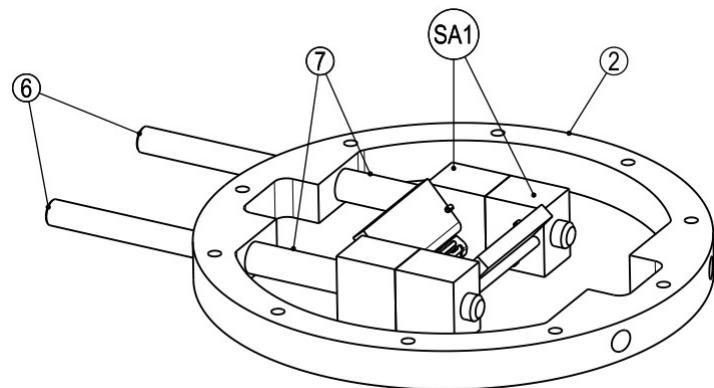


FIGURE V.1.0.9 – Etape 5

6. Enfiler deux autres ressorts de compression (7) sur les tiges. Puis, visser ces tiges avec une clé Inbus, taille 8. Faire de même pour les assemblages commencés dans l'étape précédente.

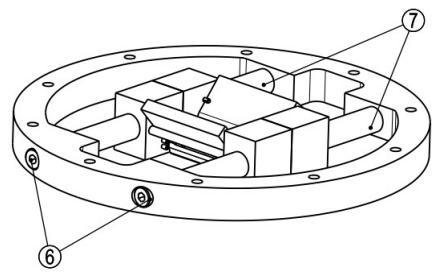


FIGURE V.1.0.10 – Etape 6

7. Prendre un set de lames (SA2). Insérer 10 tiges interset (13) : le filetage des tiges doit être dirigé vers le haut comme présenté dans la figure qui suit. Enfiler 10 entretoises (12) sur les tiges interset (13), une par tige.

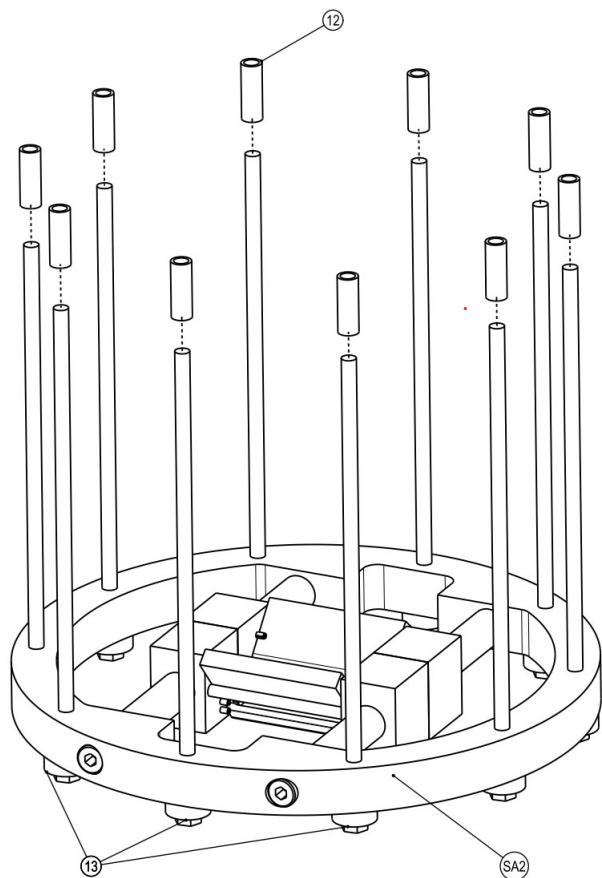


FIGURE V.1.0.11 – Etape 7

8. Insérer un deuxième set de lame (SA2) sur les tiges interset, en tournant ce set de  $36^\circ$ , de façon à ce qu'un trou d'un set et son équivalent dans le suivant soient décalés.
9. Répéter cette étape 2 fois en séparant les sets (SA2) par des entretoises, et en décalant les sets successifs d'un trou ( $36^\circ$ ).

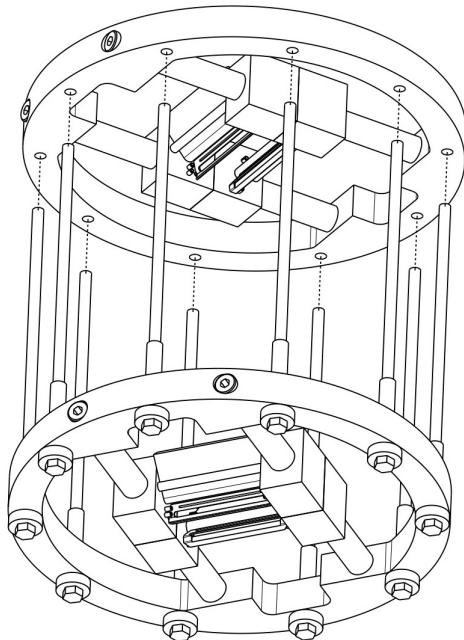


FIGURE V.1.0.12 – Etape 9

10. Ajouter les entretoises sur le dernier set SA2 placé, et approcher le premier set de lames (SA3) au dessus des tiges interset, toujours en décalant d'un trou. Visser les tiges interset au premier set de lame par une clé plate de taille 8.

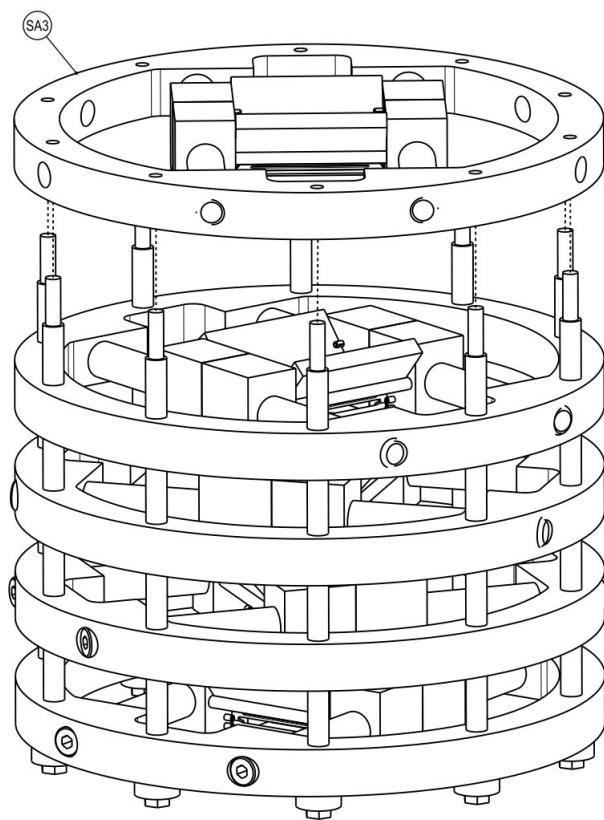


FIGURE V.1.0.13 – Etape 10

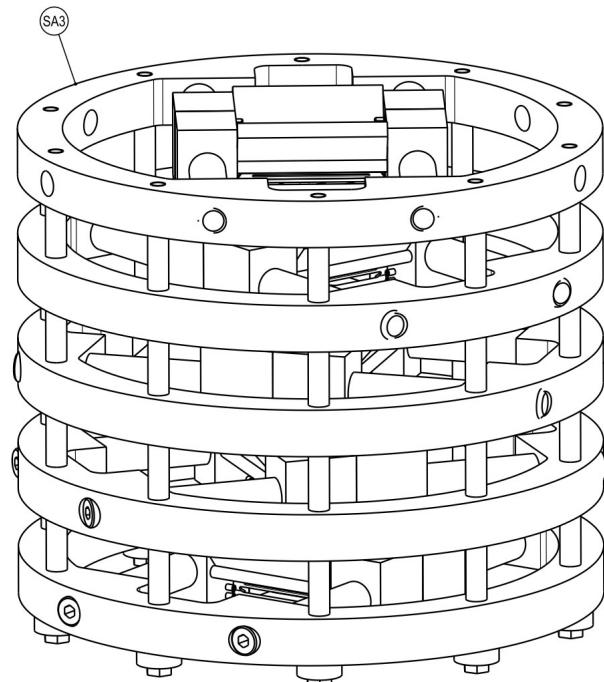


FIGURE V.1.0.14 – Assemblage des 5 sets

11. Assembler les pieds (14) au support de sets (17) par des vis M4 ((26) en utilisant une clé Inbus taille 3.

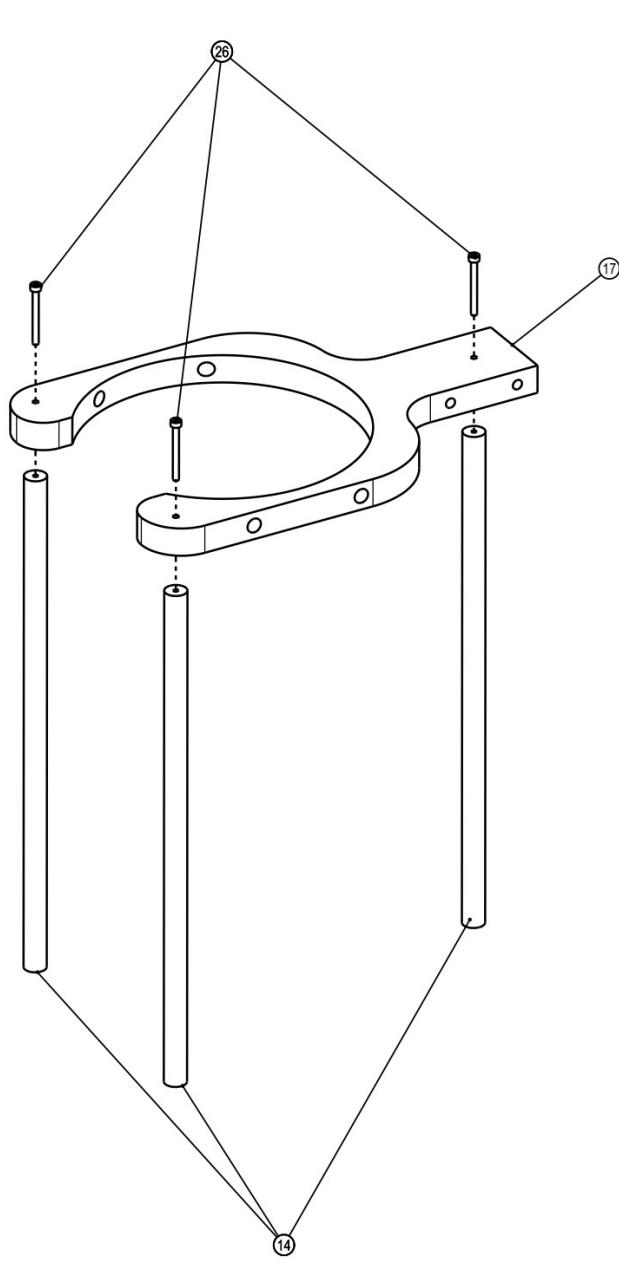


FIGURE V.1.0.15 – Etape 11

12. Fixer la plaque (15) aux 3 pieds (14), en leur vissant 3 pieds plastiques (16).

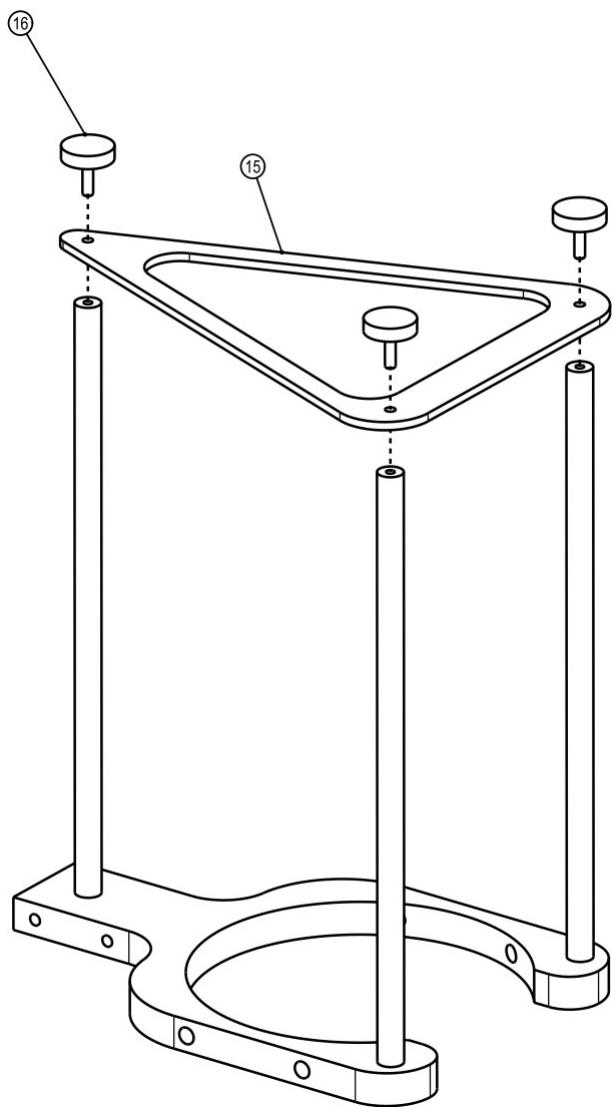


FIGURE V.1.0.16 – Etape 12

13. Visser les 2 plaques de support ((18) à l'arrière du support de sets (17) avec 4 vis M8 ((25) : utiliser une clé Inbus taille 6. Pour savoir dans quel sens mettre les plaques, ces dernières ne doivent pas dépasser en dessous du support de set.

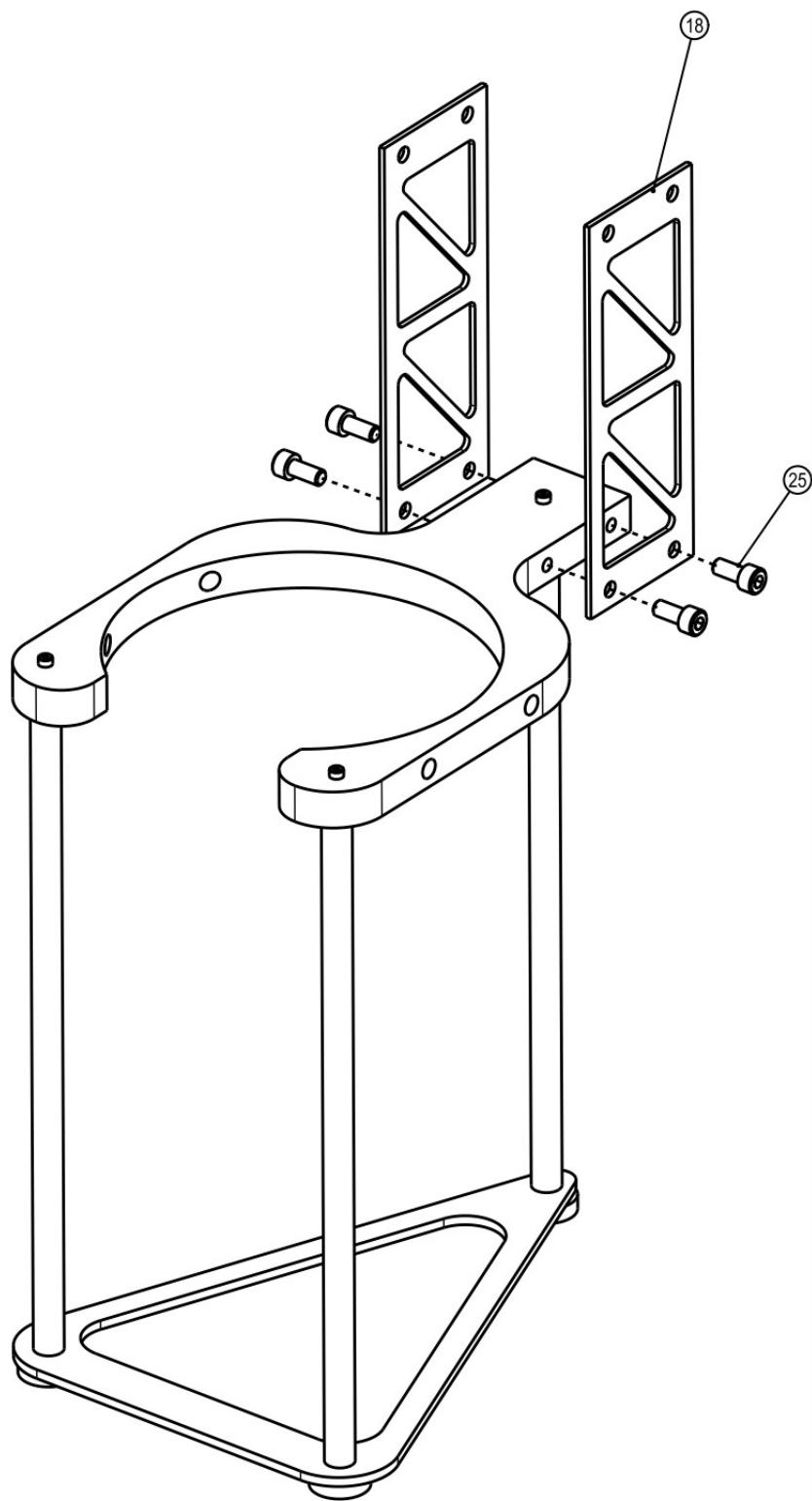


FIGURE V.1.0.17 – Etape 13

14. Assembler la poignée (23) au levier (22) en la vissant dans le trou taraudé M8.

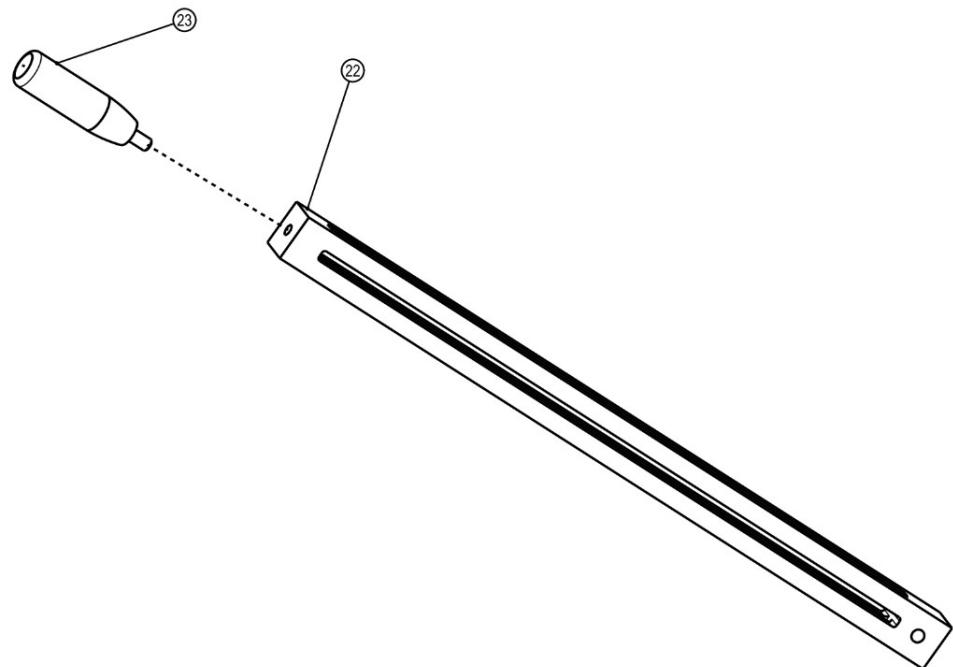


FIGURE V.1.0.18 – Etape 14

15. Assembler en serrage le palier lisse (20) sur le guidage de clou (19). La collerette du palier lisse doit arriver au niveau du chanfrein du trou dans le guidage de clou.

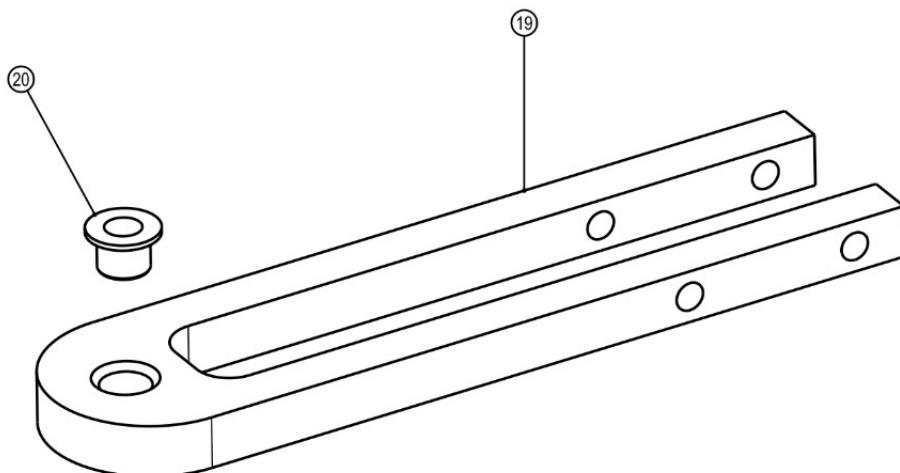


FIGURE V.1.0.19 – Etape 15

16. Visser les vis M8 (25) dans le guidage de clou (19) en faisant passer le vis par les trous des plaques de support (18). Utiliser une clé Inbus taille 6.

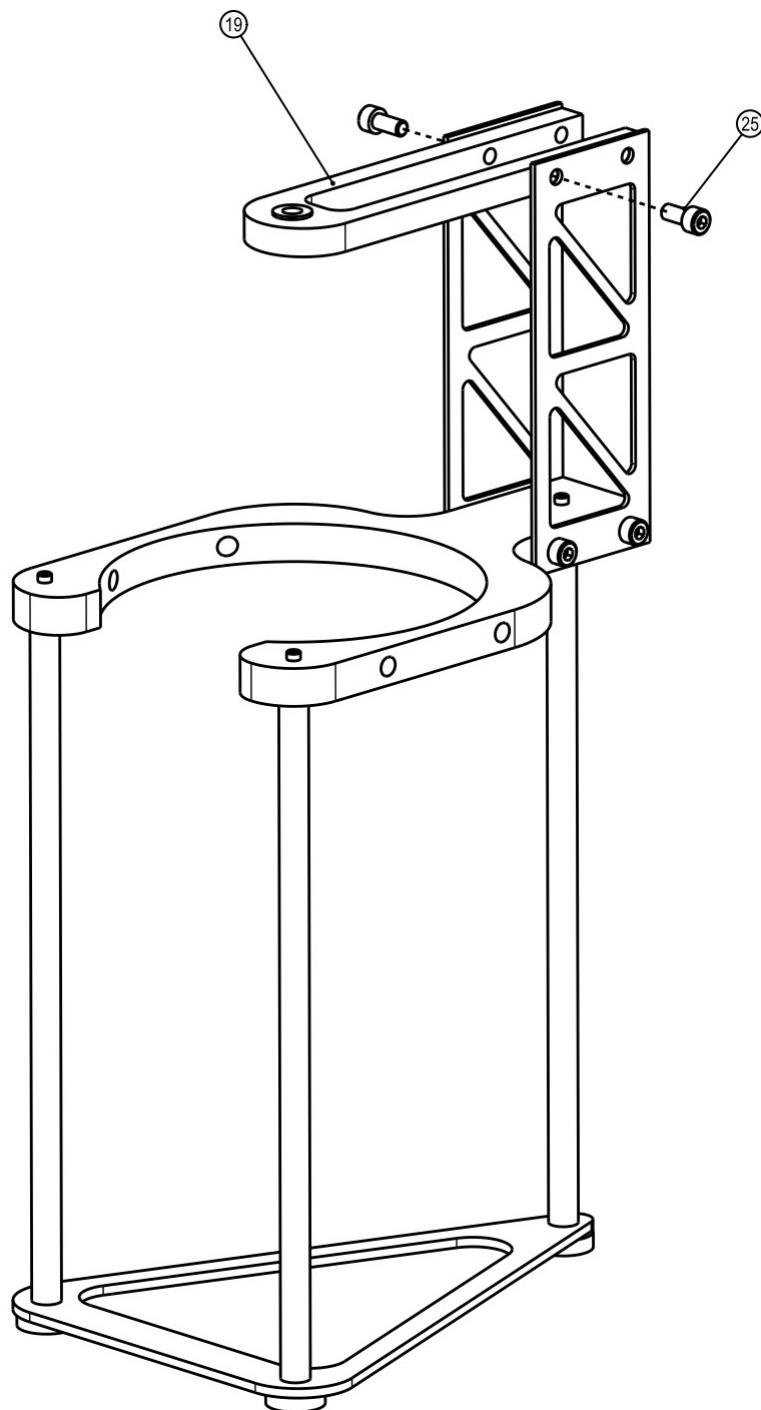


FIGURE V.1.0.20 – Etape 16

17. Assembler le levier sur le guidage en introduisant une goupille (29) dans le trou du levier, et dans le trou des plaques de support. Bloquer la goupille en translation par des segments d'arrêt (27) : à placer sur les 2 gorges de la goupille.

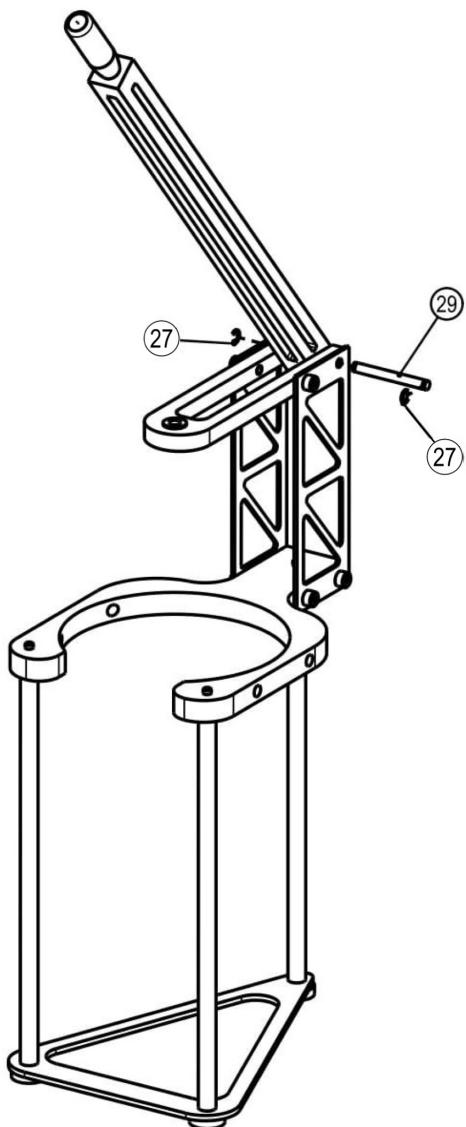


FIGURE V.1.0.21 – Etape 17

18. Insérer le clou (21) dans le palier lisse par le dessous et faire coincider le trou du clou et la rainure du levier.

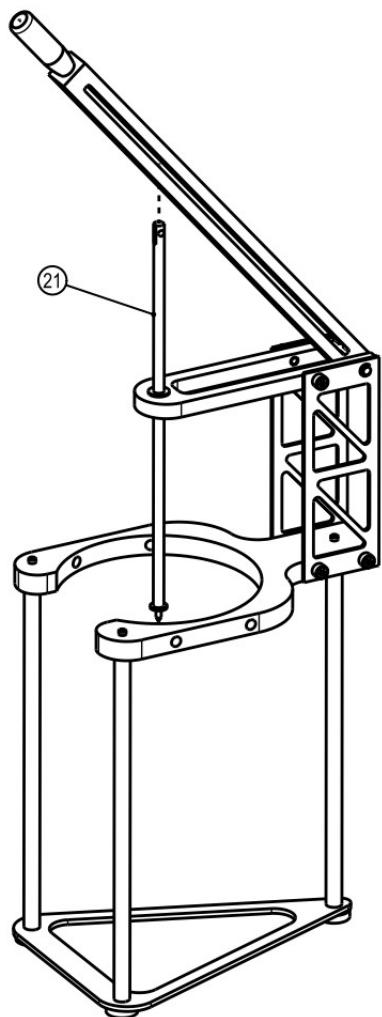


FIGURE V.1.0.22 – Etape 18

Note : dans les étapes qui suivent, la poignée n'a pas été représentée pour alléger le dessin. Elle doit cependant être assemblée comme précisé à l'étape 14.

19. Mettre la goupille (30) dans le trou du clou (21), la goupille doit passer par la rainure du levier. Bloquer en translation la goupille en y ajoutant les segments d'arrêt (28) dans les gorges de la goupille.

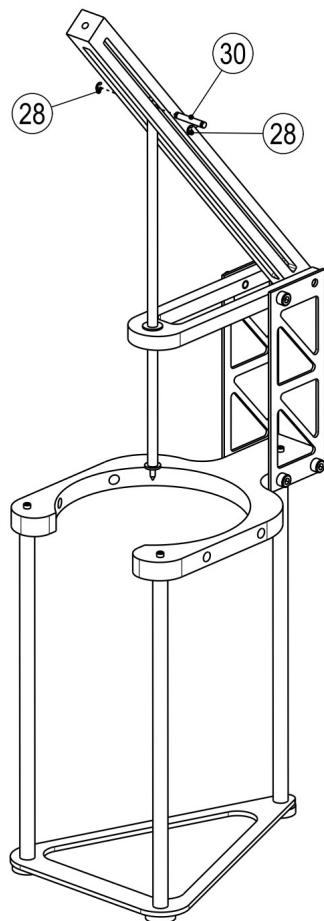


FIGURE V.1.0.23 – Etape 19

20. Soulever le levier (et donc le clou). Approcher les 5 sets (SA4) du support de sets, en faisant attention à prendre les 5 sets par le côté.

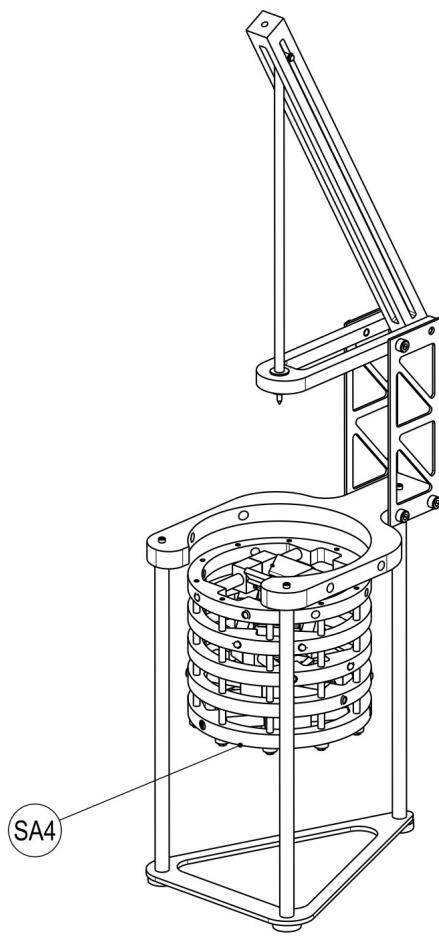


FIGURE V.1.0.24 – Etape 20

21. Quand les 5 sets (SA4) sont centrés au niveau du support de sets (le filetage des premières tiges interlames doit se voir), le levier peut être abaissé. Visser ensuite les 4 vis M10 (24) au premier set (SA3) (appartenant à (SA4)). Utiliser une clé Inbus de taille 8.

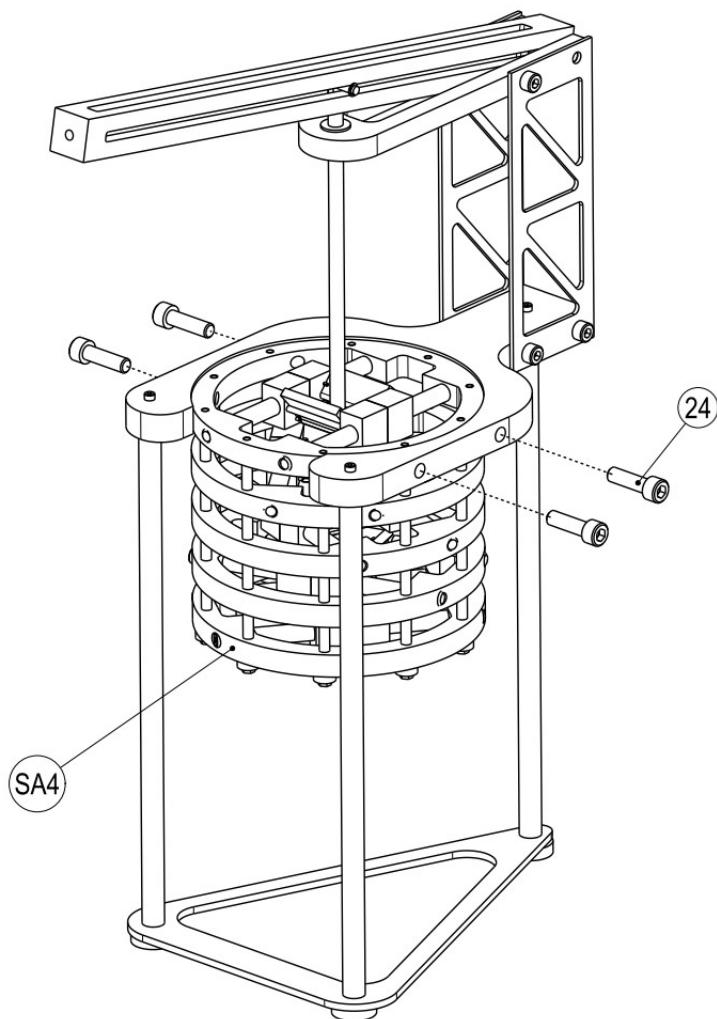


FIGURE V.1.0.25 – Etape 21

## V.2 Mode d'emploi

**⚠️ Attention !** La liste exhaustive des précautions d'emploi est dans la section [V3](#) qui suit. Cette section est à lire attentivement.

Dans cette partie, nous supposons que la machine est correctement montée et prête à l'emploi.

Le fonctionnement est très simple. Il impose tout de même une vigilance particulière au moment de manipuler la pointe qui va se planter dans la carotte.

Pour éplucher une carotte, il faut suivre 5 étapes :

1. Placer une assiette sur la plaque triangulaire, en dessous des 5 sets.
2. Soulever le bras de levier au maximum. La pointe qui va pousser la carotte sera donc libérée.
3. Placer la carotte au dessus du premier set de lames.
4. Baisser le bras de levier de sorte à ce que la pointe se plante dans la carotte. Attention, dans cette étape, il est important de bien tenir la carotte pour éviter que la pointe se retrouve sur la main de l'opérateur.

5. Lorsque la pointe est engagée dans la carotte, baisser le bras de levier jusqu'à ce que le haut de la carotte ait passé tous les sets de lames.
6. Quand la carotte sort par le bas, la récupérer en la détachant de sa pointe.

Nous évaluons que l'ensemble de ces étapes prend environ 5 secondes.

## V.3 Précautions d'emploi

### V.3.1 Utilisation

Cette machine peut être utilisée par un enfant de plus de 12 ans. Par sécurité, si un enfant utilise la machine, il doit être sous la responsabilité d'un adulte.

Attention : ne jamais mettre sa main dans la trajectoire du clou. Ne pas mettre ses doigts dans le rail du levier, risque de pincement. Ne pas mettre ses doigts/sa main dans le tunnel de lame.

Attention les lames sont tranchantes : à manipuler et à nettoyer avec précaution!

### V.3.2 Entretien

Après chaque session d'utilisation, il est nécessaire de laver l'intérieur de la machine. Pour ce faire, il faut séparer les 5 sets de lames du reste de la structure. Il faut donc dévisser les 4 vis M10 (24) présentes sur le support de sets (17). Il faut ensuite récupérer les 5 sets pour les laver.

Il est important de bien sécher cette partie après son lavage.

# Conclusion

Ce projet a été intéressant par bien des aspects. Tout d'abord au niveau du travail en groupe, nous avons appris à être efficaces, à diviser le travail correctement pour avancer de manière régulière. Nous avons aussi beaucoup appris sur la Construction Mécanique en mettant en application nos connaissances acquises au premier et au deuxième semestre.

Plusieurs idées ont été développées pour respecter le cahier des charges. Après avoir pensé à une carotte en rotation et une lame en translation avec une croix de Malte, puis à une lame en translation et une carotte en rotation par un cliquet, nous nous sommes fixés sur un levier qui pousse une carotte dans des sets de lames. Nous avons décidé d'utiliser cette machine plutôt qu'une autre en notant chaque mécanisme. La simplicité du mécanisme était un critère assez important pour nous, ce qui a été respecté.

Notre machine, selon nos estimations, permet d'éplucher une carotte en environ 5 secondes. Expérimentalement à la main, cela se fait en environ 40 secondes. On prend donc 8 fois moins de temps avec la machine. On comprend donc tout l'intérêt d'une machine pour faciliter une tâche humaine. La contrainte des 8kg a été respectée en choisissant judicieusement nos matériaux en fonction de leurs propriétés et de leur densité.

Malheureusement, nous n'avons pas pu respecter l'objectif que nous nous étions fixé concernant les dimensions. Rappelons que le cahier des charges nous imposait seulement un "encombrement raisonnable". Dans notre tableau des spécifications, nous avons traduit cette contrainte en prenant pour exemple un presse-orange manuel, de fonctionnement similaire à notre machine. Ses dimensions sont de 70x20x20cm. Notre machine quant à elle mesure (pleinement dépliée) 80cm de hauteur, ce qui est assez grand pour une cuisine. Nous avons essayé plusieurs solutions pour réduire sa taille, mais avec les autres contraintes imposées par d'autres éléments de machine, nous n'avons pas réussi à réduire cette hauteur. C'est donc une amélioration possible de cette machine : réduire la place prise pendant l'utilisation et le stockage.

Mis à part cette problématique, le résultat du tableau des spécifications est largement positif.

Nous considérons donc ce projet, en plus d'être intéressant, comme une réussite sur les aspects présentés. En particulier, la sécurité de l'opérateur est primordiale et est assurée en tout temps, et l'actionnement respecte les contraintes tout en étant simple et naturel.

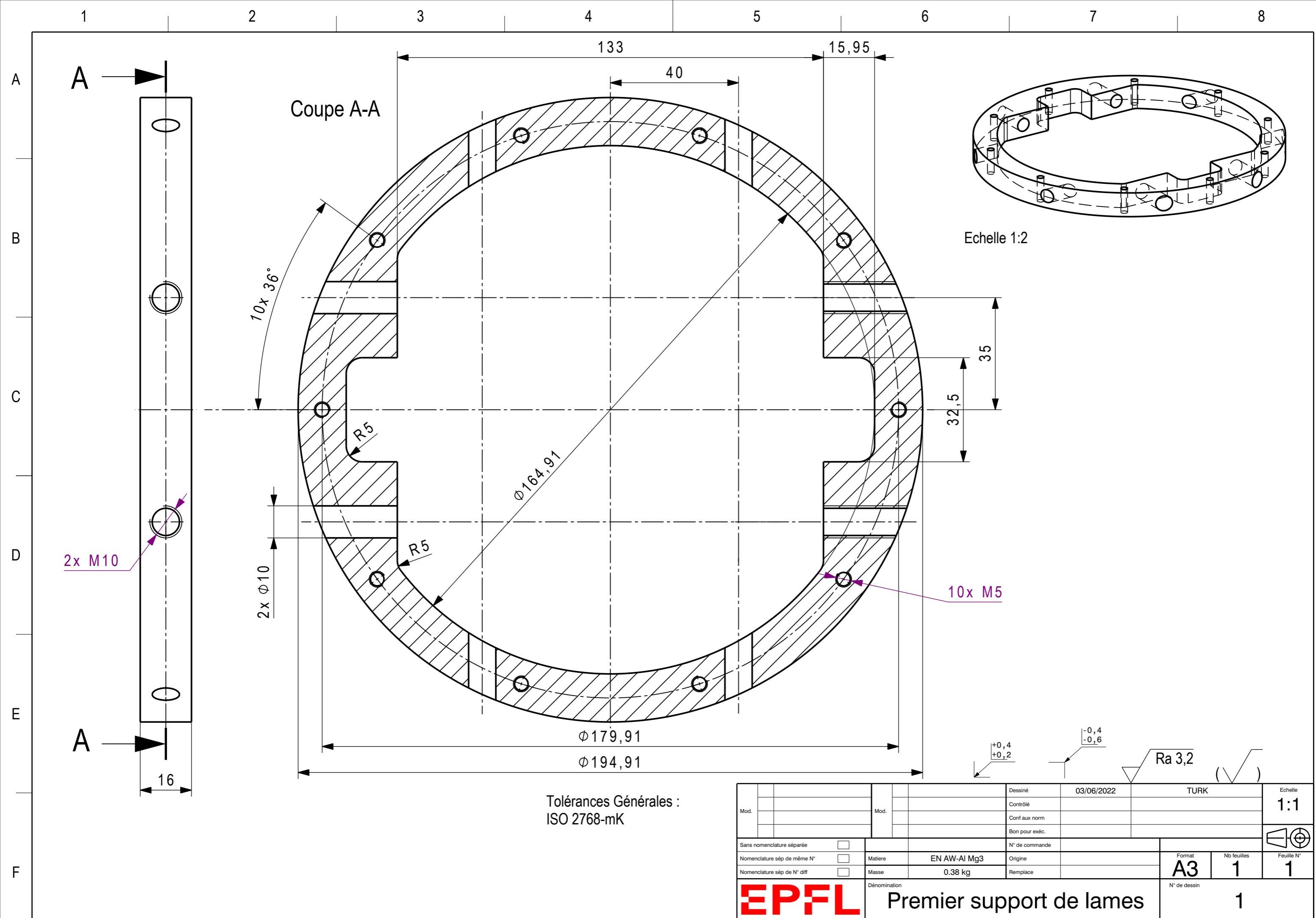
Le tableau des spécifications avec résultats résume le projet :

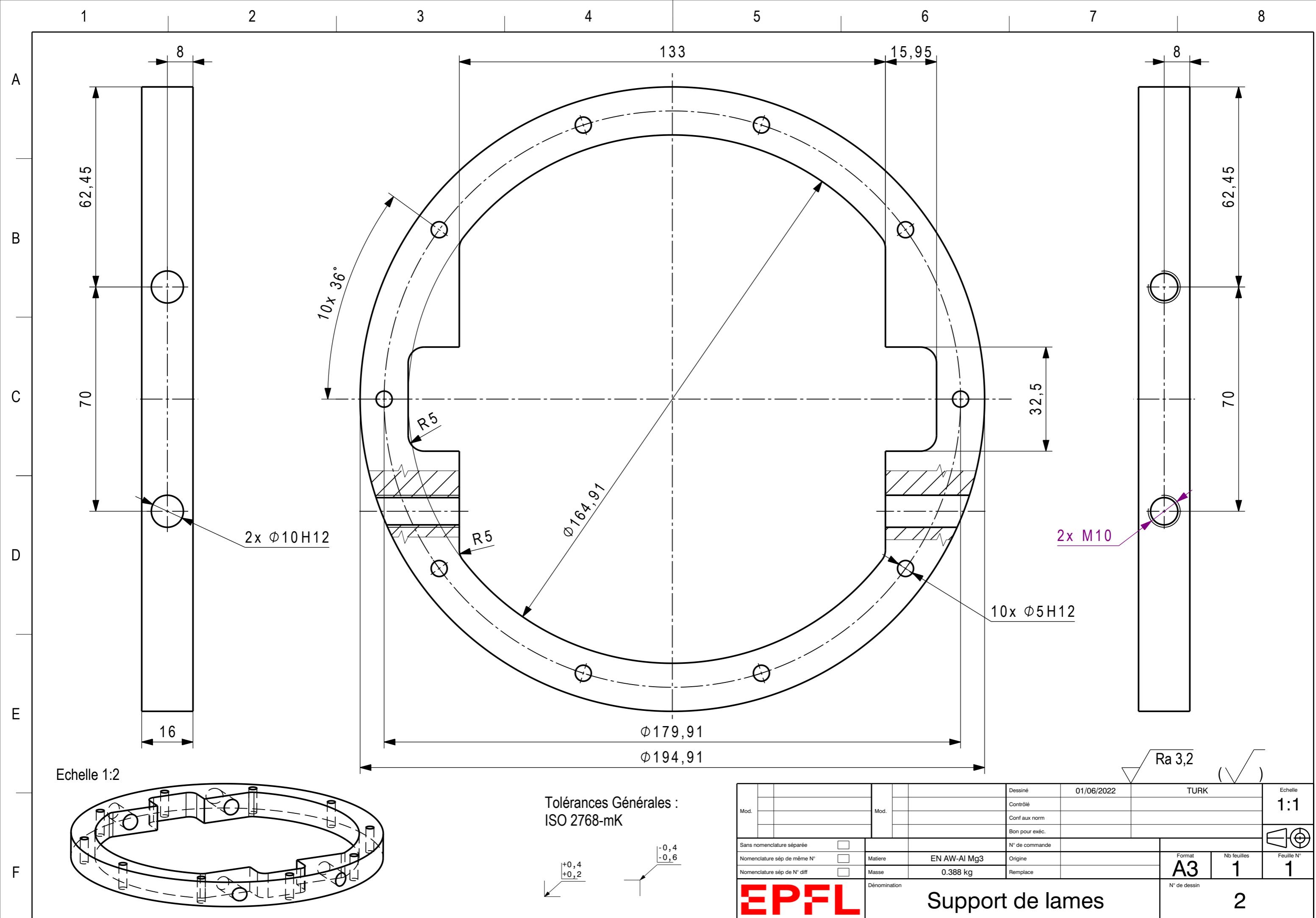
		Cahier des charges	Objectif	A la main	Machine	Résultat
Dimensions	Largeur	Raisonnable	25	10cm	24	Respecté
	Longueur		30	15cm	33	Dépassé
	Hauteur		60	1cm	87 (moyenne)	Dépassé
Poids	< 8 kg	< 7 kg	25 grammes	6.9 kg		Respecté
Temps d'épluchage			< 20 secondes	40 secondes	5 secondes	Respecté
Nb de carottes par minute			> 3 carottes	1.5 carottes	12 carottes	Respecté
Adaptabilité	Diamètre	25 - 45 mm		Oui	Oui	Respecté
	Longueur	10 - 20 cm		Oui	Oui	Respecté
Perte volumique carottes			10%	6% expérimentalement	12.5%	
Direction d'actionnement		Perpendiculaire à l'axe de la carotte		Longitudinal	Perpendiculaire	Respecté

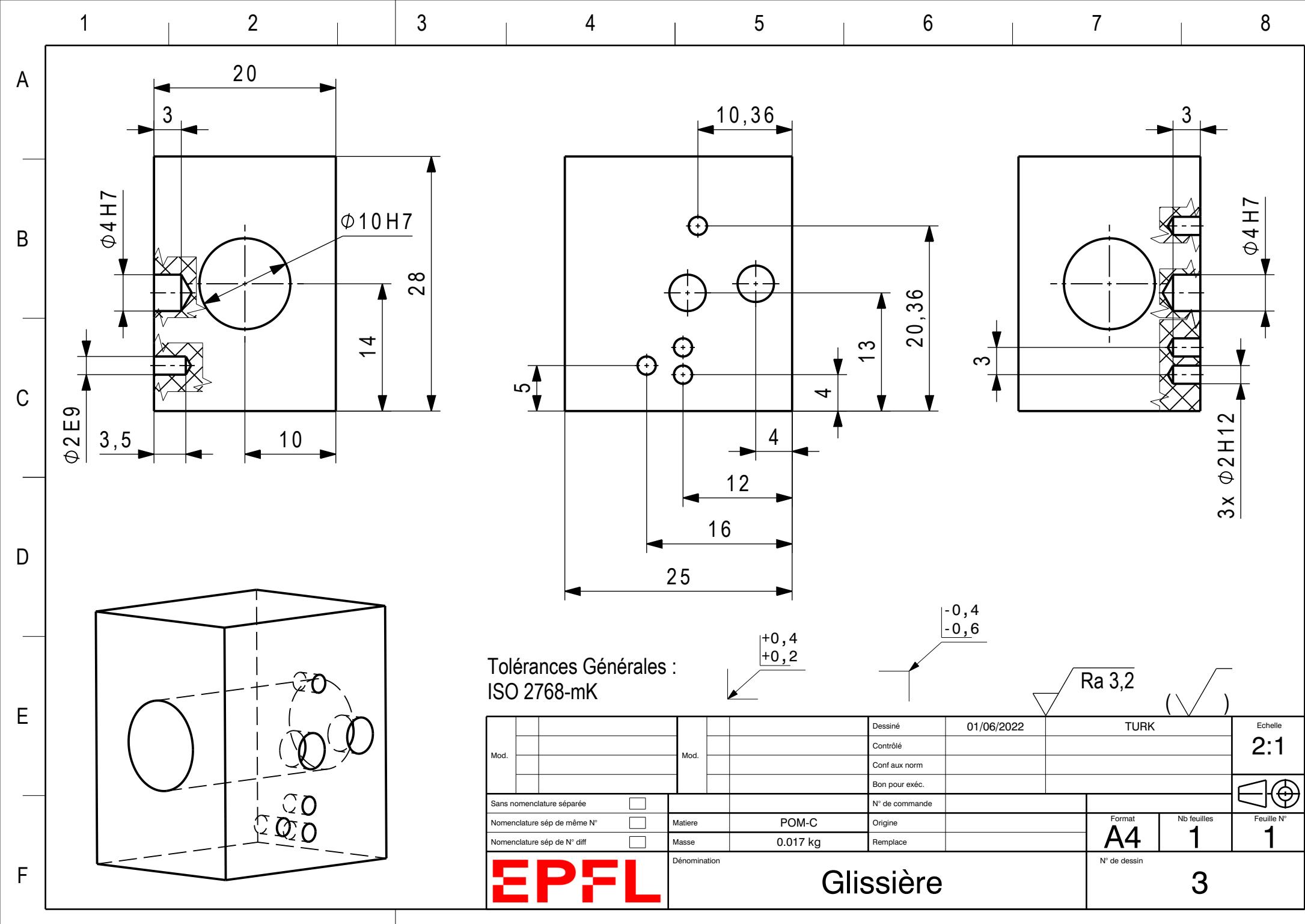
FIGURE V.3.2.26 – Tableau des spécifications fini

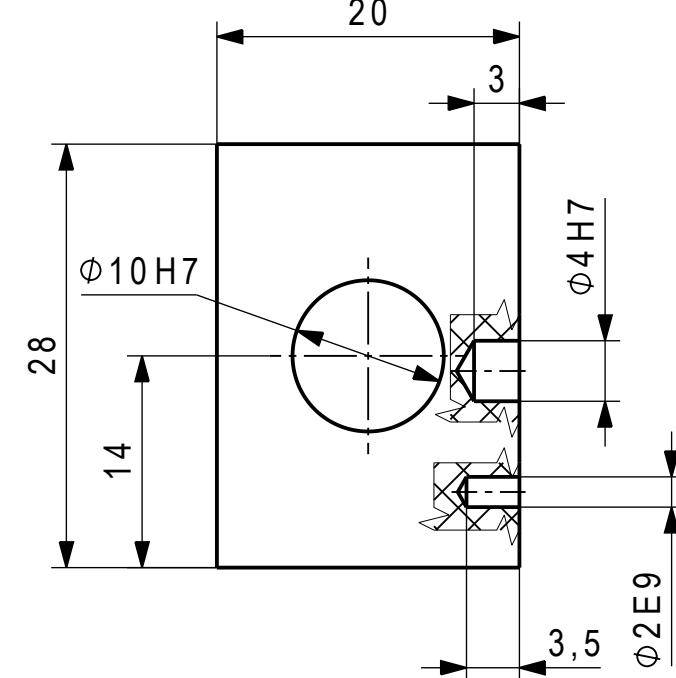
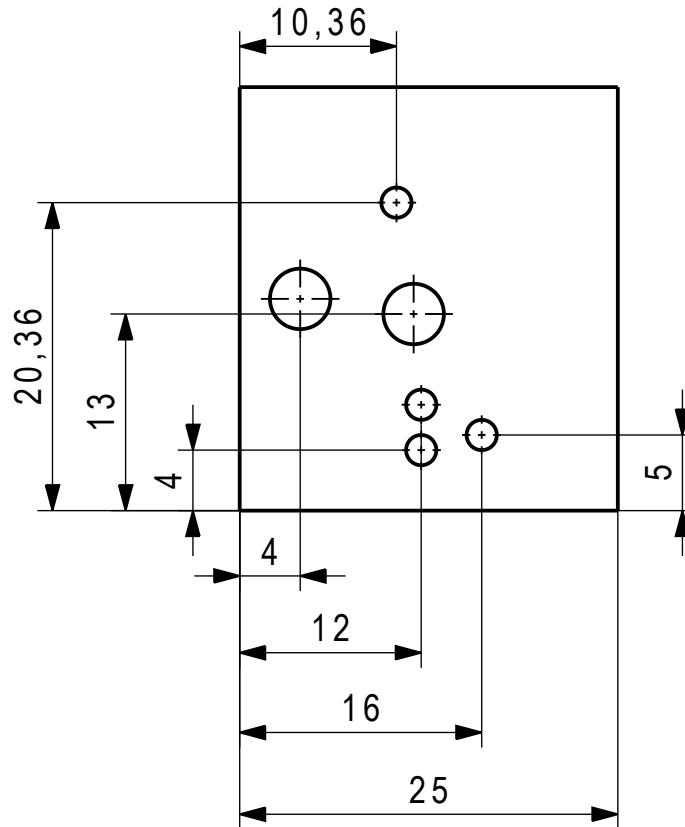
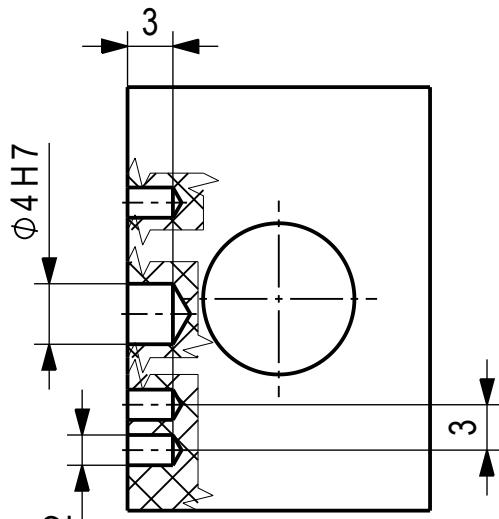
## **Chapitre VI**

### **Plans 2D**









## Tolérances Générales : ISO 2768-mK

Mod.		Mod.	Dessiné	01/06/2022	TURK		Echelle 2:1			
			Contrôlé							
			Conf aux norm							
			Bon pour exéc.							
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		N° de commande								
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere	POM-C	Origine				Format A4	Nb feuilles 1	Feuille N° 1
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse	0.017 kg	Remplace						
Dénomination			Glissière symétrique			N° de dessin	4			
EPFL										

1

2

3

4

5

6

7

8

A

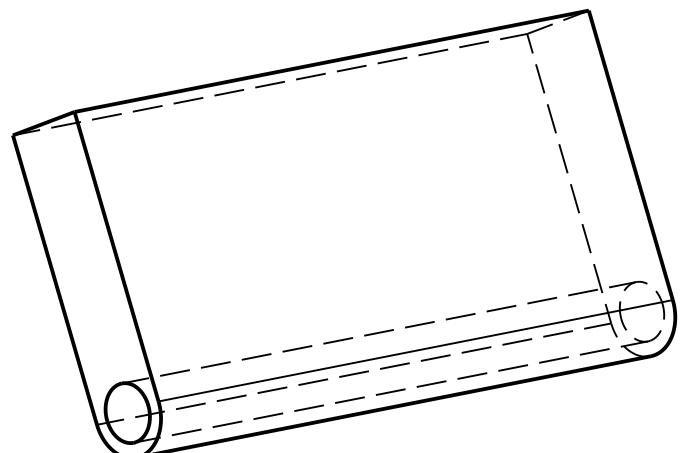
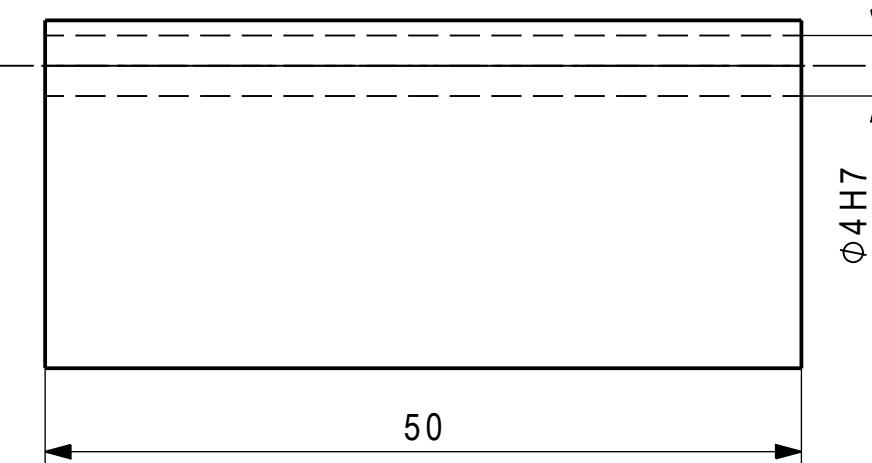
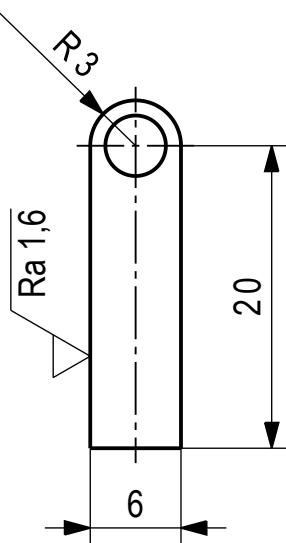
B

C

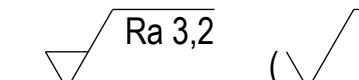
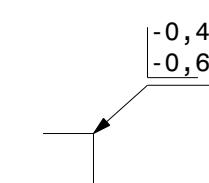
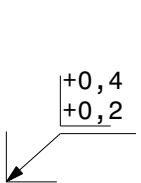
D

E

F



Tolérances Générales :  
ISO 2768-mK



Mod.	Mod.	Dessiné	01/06/2022	TURK	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>	Matière	POM-C	Origine		
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0.009 kg	Remplace		
	Dénomination	EPFL Plan d'ajustement			N° de dessin 8
		Format A4	Nb feuilles 1	Feuille N° 1	

1

2

3

4

5

6

7

8

A

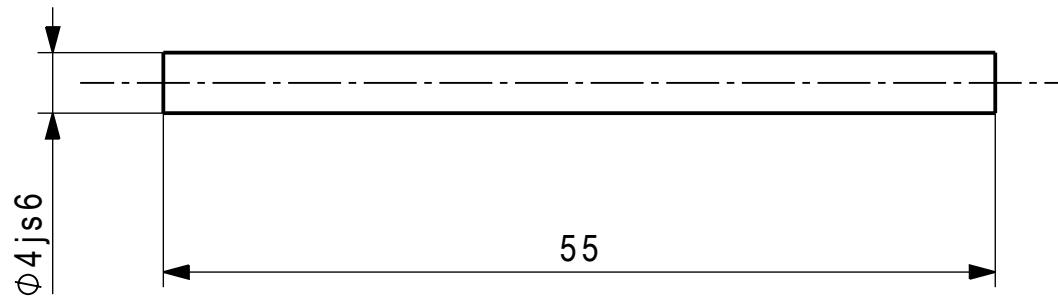
B

C

D

E

F



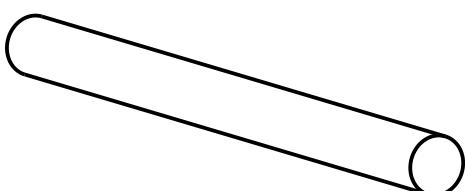
Tolérances Générales :  
ISO 2768-mK

+0,4  
+0,2

-0,4  
-0,6

Ra 3,2

(✓)



Mod.	Mod.	Dessiné	01/06/2022	TURK	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Bon pour exéc.			
		N° de commande			
		Matière	POM-C	Origine	
		Masse	0.001 kg	Remplace	
		Dénomination	EPFL Tige d'ajustement	N° de dessin	9
				Format	A4
				Nb feuilles	1
				Feuille N°	1

1

2

3

4

5

6

7

8

A

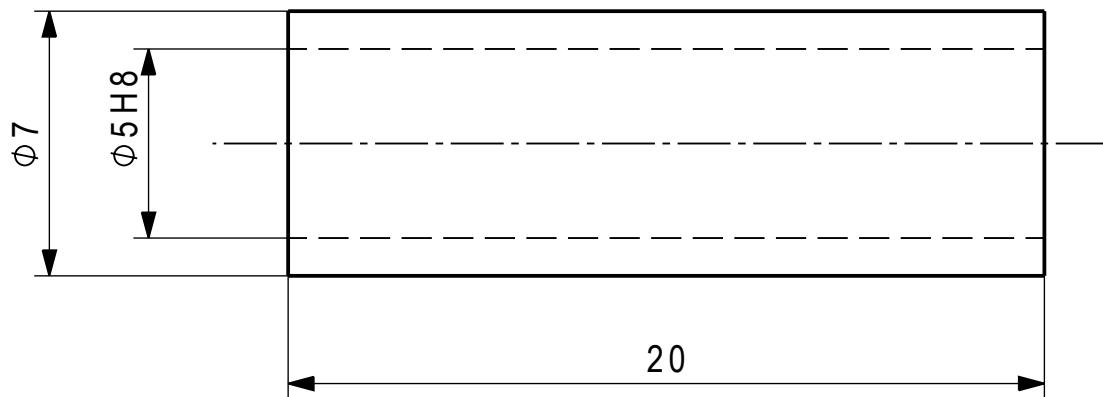
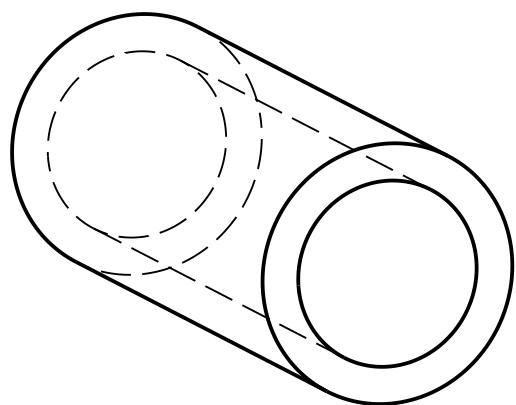
B

C

D

E

F



Tolérances Générales :  
ISO 2768-mK

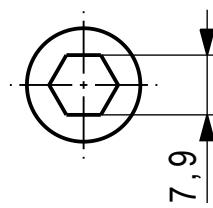
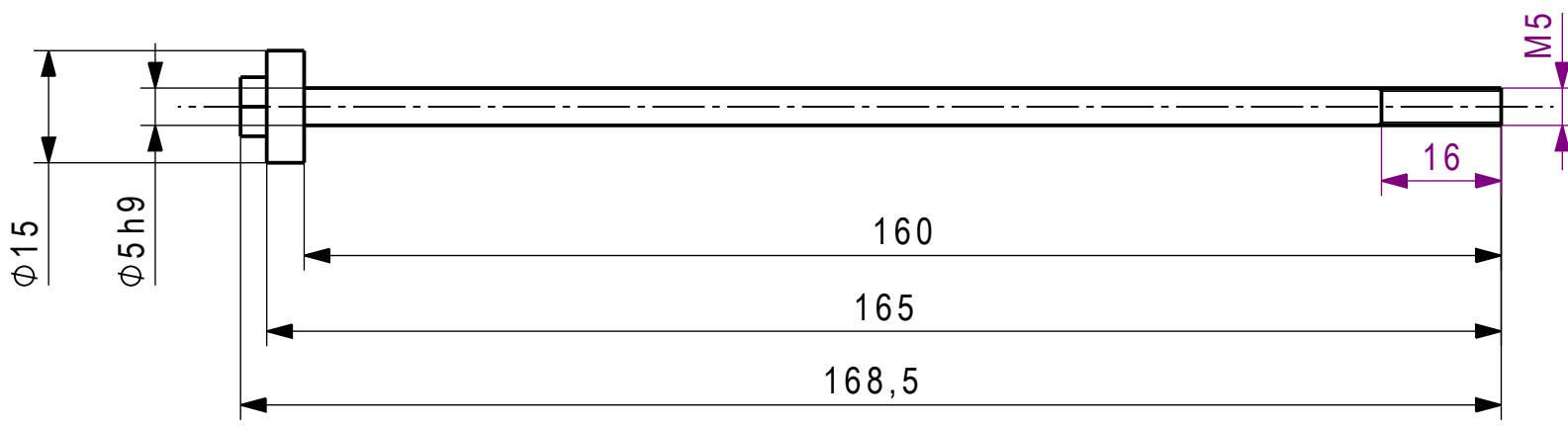
+0,4  
+0,2

-0,4  
-0,6

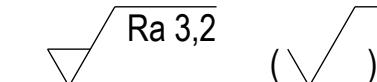
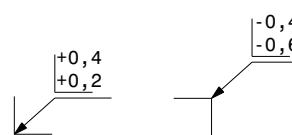
Ra 3,2

(✓)

Mod.	Mod.	Dessiné	01/06/2022	TURK	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Bon pour exéc.			
		N° de commande			
		Matière	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6	Origine	
		Masse	0.001 kg	Remplace	
		Dénomination	Entretoise		
<b>EPFL</b>		N° de dessin			<b>12</b>
		Format	A4	Nb feuilles	Feuille N°
			1	1	1



## Tolérances Générales : ISO 2768-mK



Mod.		Mod.		Dessiné	01/06/2022	TURK	Echelle 1:1
				Contrôlé			
				Conf aux norm			
				Bon pour exéc.			
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>				N° de commande			
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>	Matiere	EN AC-AISI7Mg0.3 T6	Origine		Format	Nb feuilles	Feuille N°
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0.011 kg	Remplace		A4	1	1
<b>EPFL</b>	Dénomination		N° de dessin		13		
<b>Tige interset</b>							

1

2

3

4

5

6

7

8

A

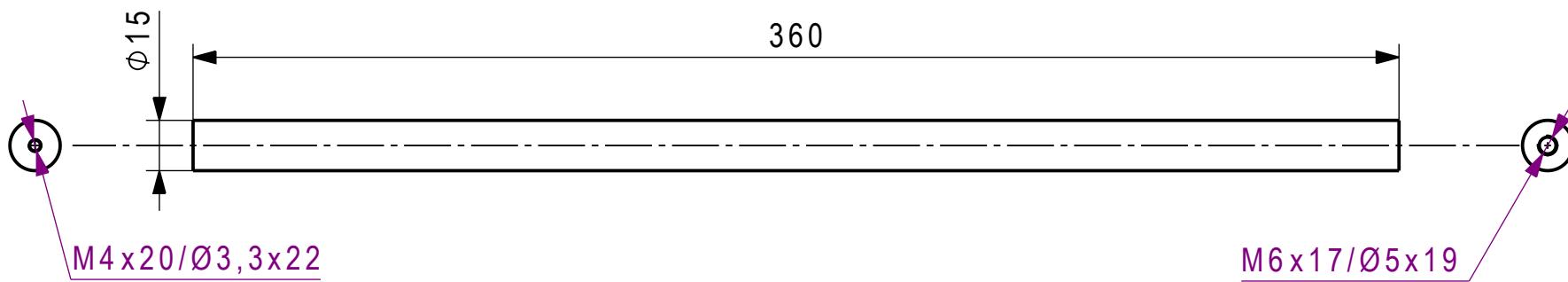
B

C

D

E

F

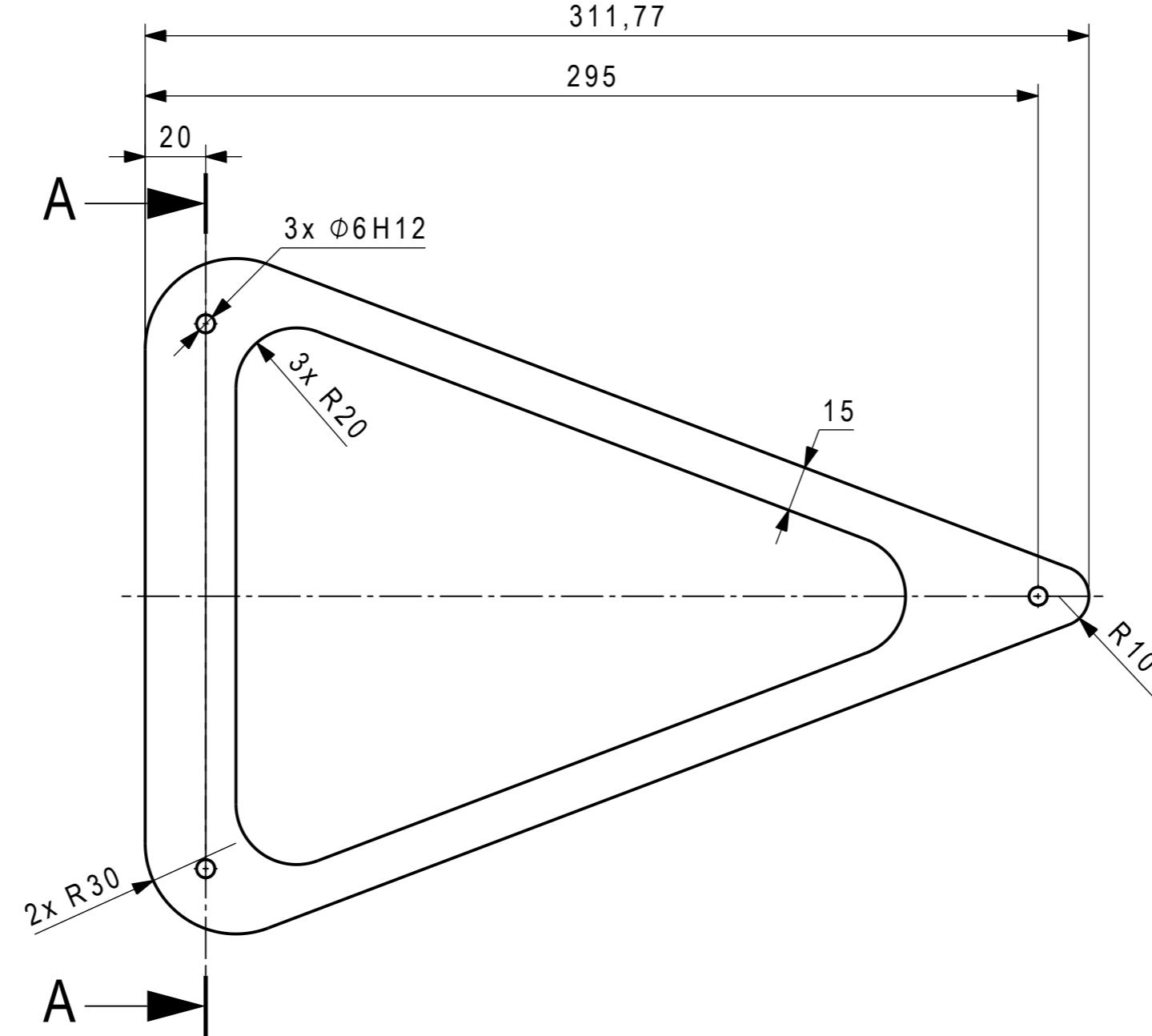


Tolérances Générales :  
ISO 2768-mK

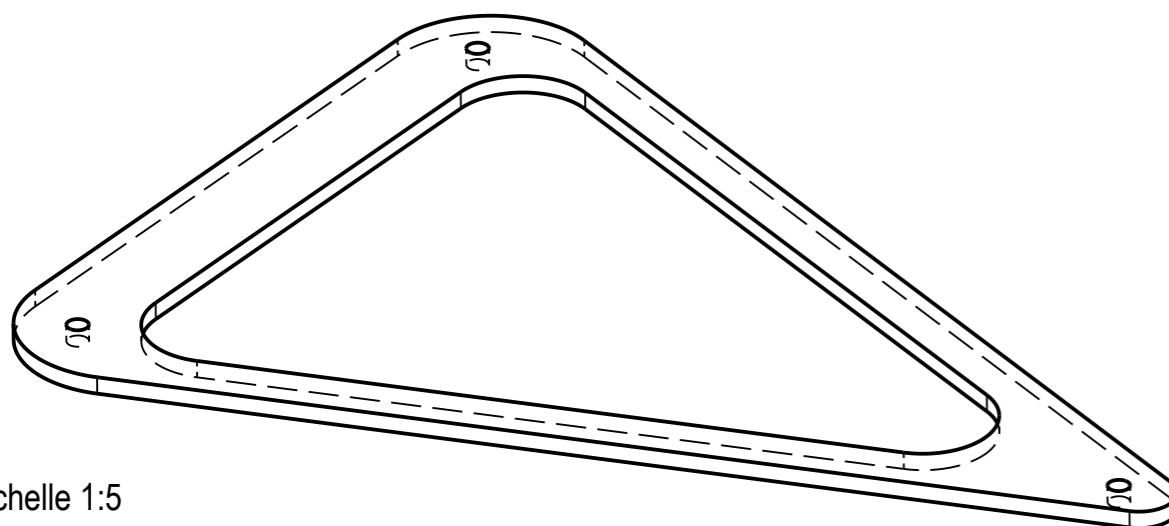
Mod.		Mod.	Dessiné	02/06/2022	TURK	Echelle
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép. de même N°	<input type="checkbox"/>		Conf aux norm			
Nomenclature sép. de N° diff	<input type="checkbox"/>		Bon pour exéc.			
			N° de commande			
			Matière	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6	Origine	
			Masse	0.17 kg	Remplace	
			Dénomination	Pied	N° de dessin	
					14	
			EPFL		Format	A4
					Nb feuilles	1
					Feuille N°	1

1 2 3 4 5 6 7 8

A  
B  
C  
D  
E  
F



Coupe A-A



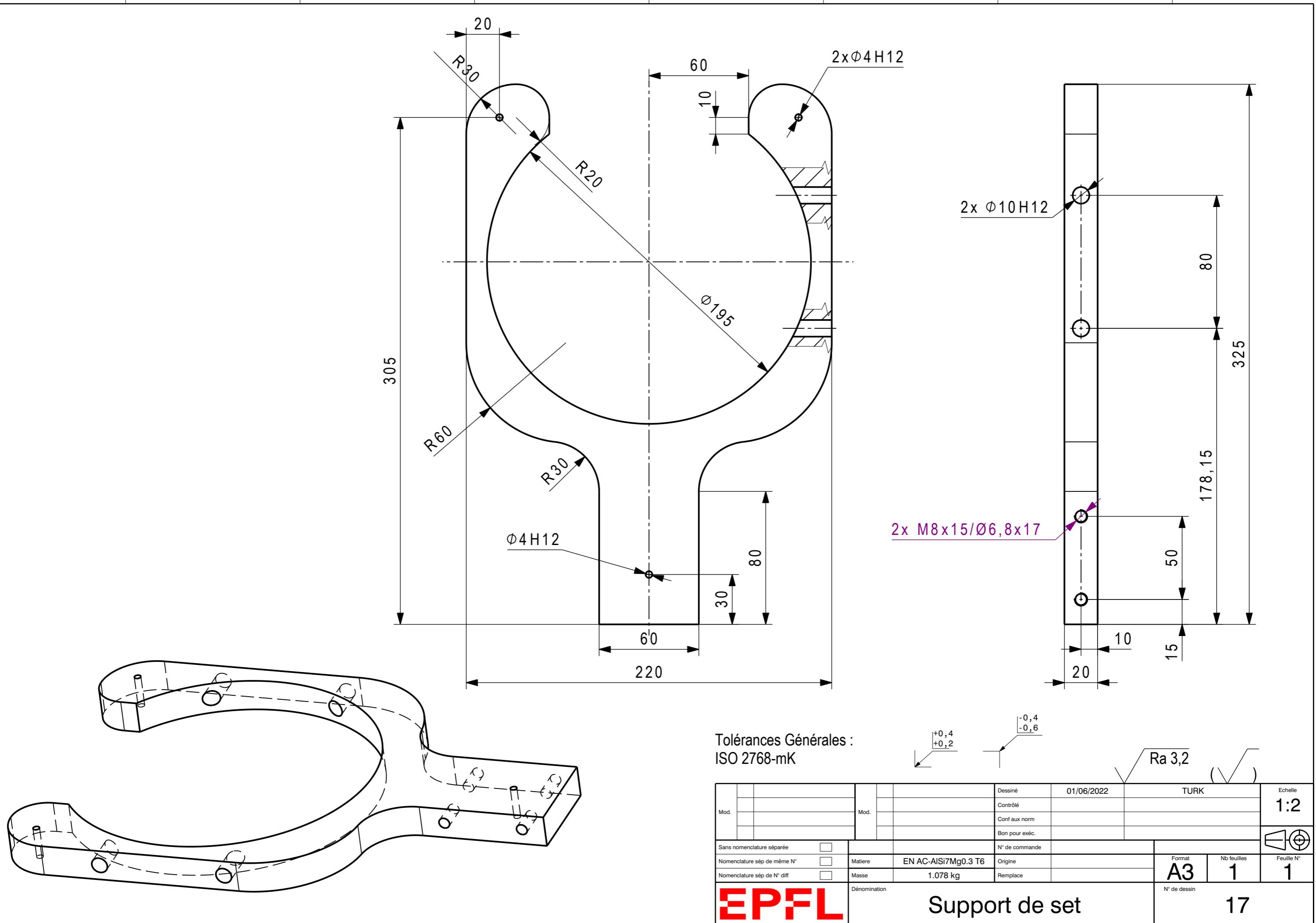
Echelle 1:5

Tolérances Générales :  
ISO 2768-mK

Mod.	Mod.	Dessiné	02/06/2022	TURK	Echelle
Sans nomenclature séparée		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép de même N°		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff		Bon pour exéc.			
		N° de commande			
		Matière	POM-C	Origine	
		Masse	0.113 kg	Remplace	
		Dénomination	Plaque	N° de dessin	
				15	

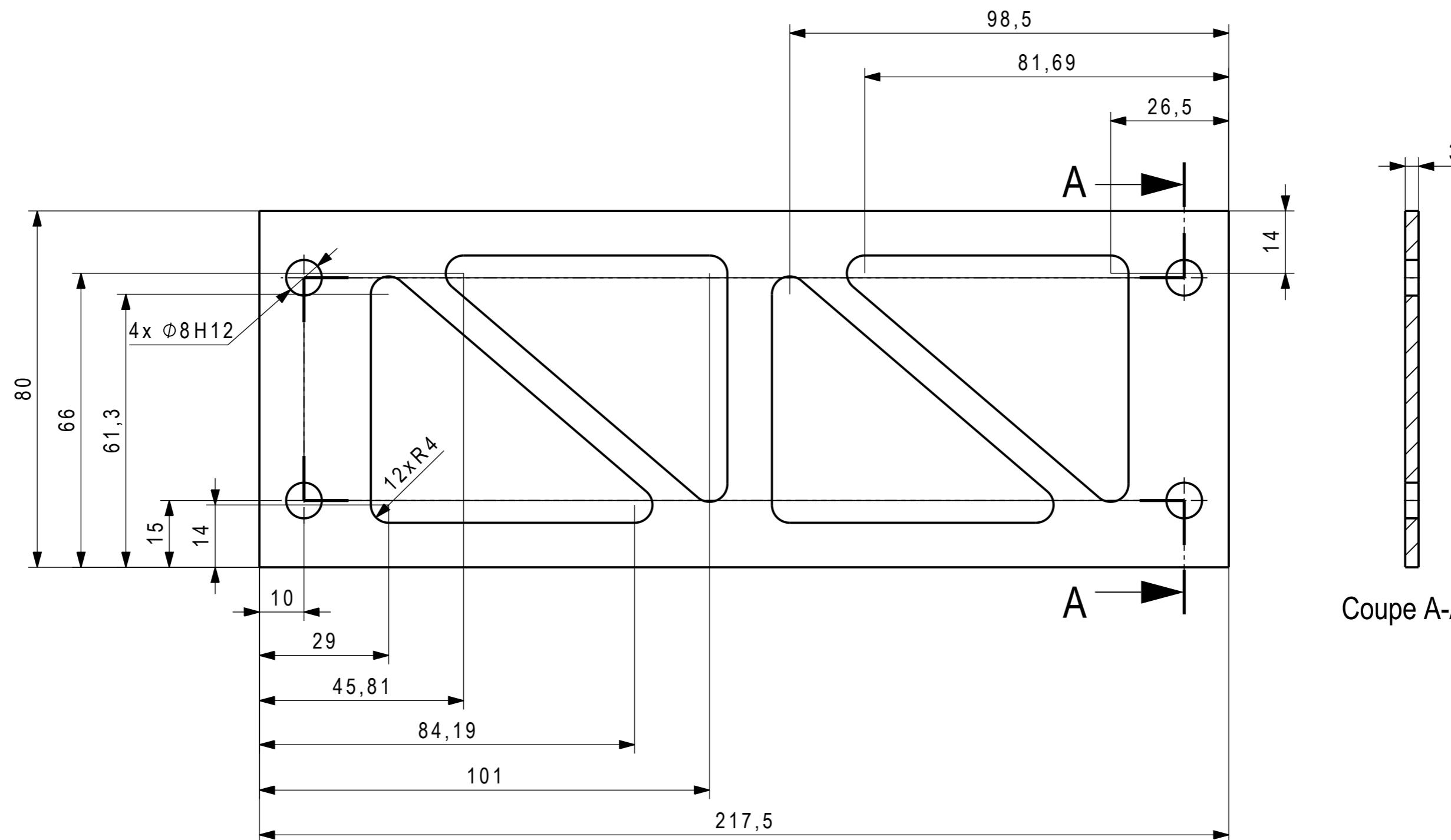
**EPFL**

1 2 3 4 5 6 7 8

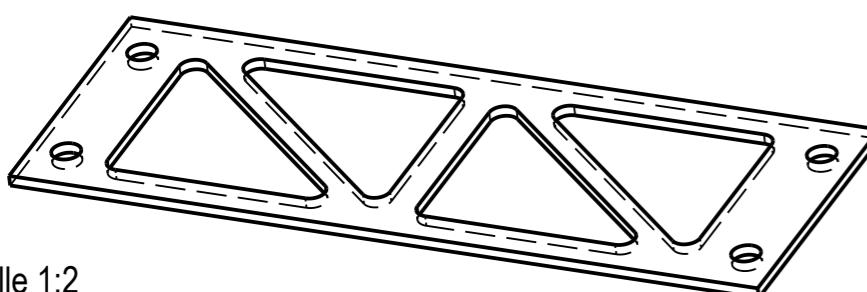


1 2 3 4 5 6 7 8

A  
B  
C  
D  
E  
F



Coupe A-A



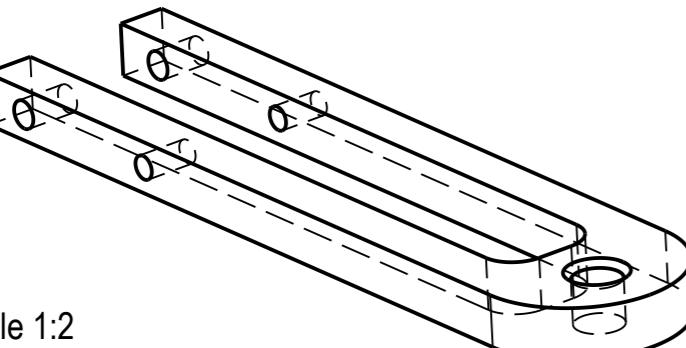
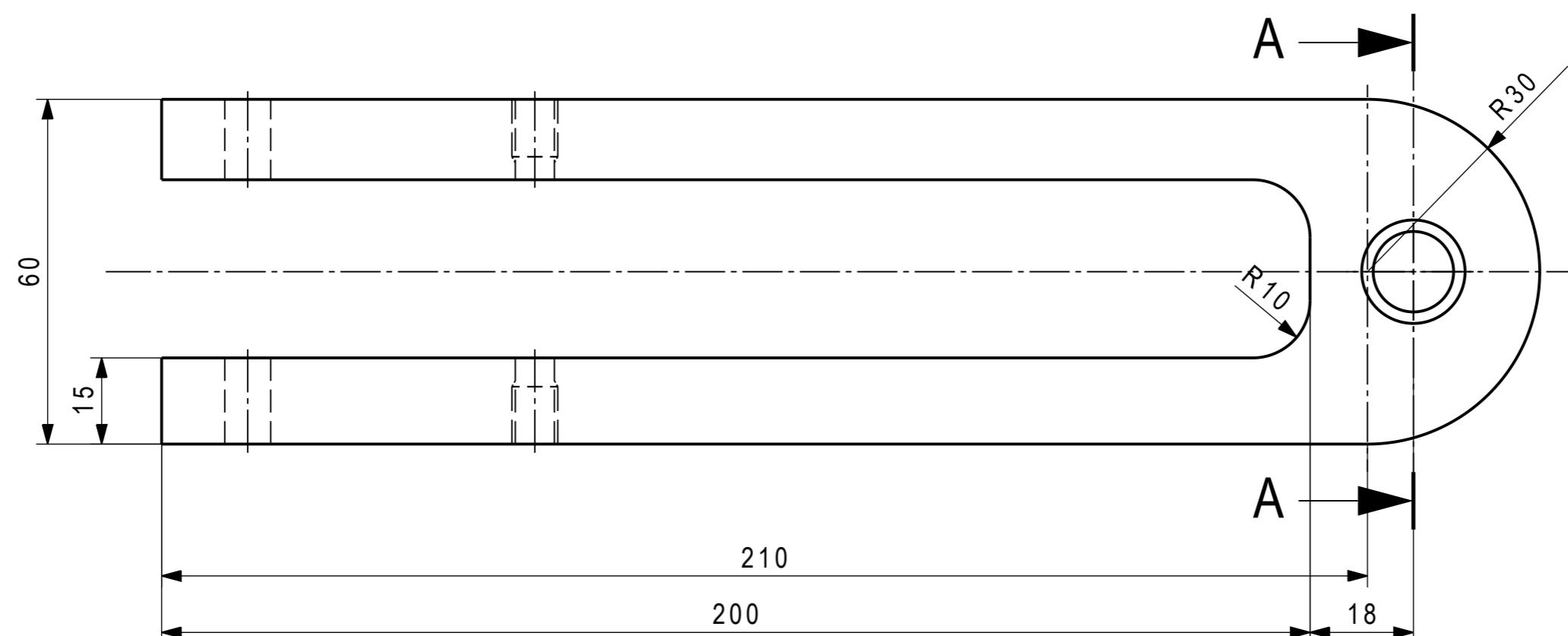
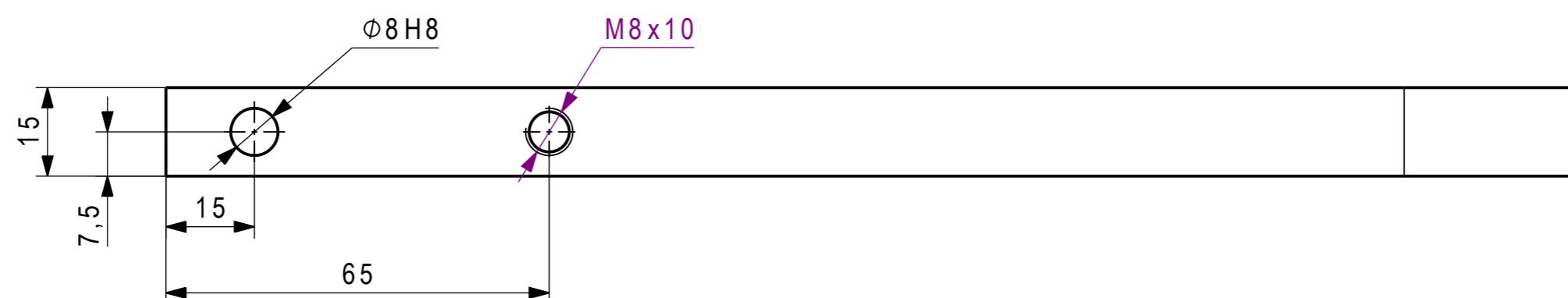
Tolérances Générales :  
ISO 2768-mK

Mod.	Mod.	Dessiné	02/06/2022	TURK	Echelle
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Contrôlé			1:1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Conf aux norm			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bon pour exéc.			
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>	N° de commande			
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6	Origine	
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0.073 kg	Remplace	
EPFL	Dénomination	Plaque de support		N° de dessin	18
				Format	A3
				Nb feuilles	1
				Feuille N°	1

2

2

8

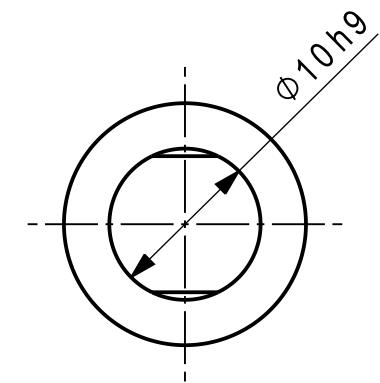
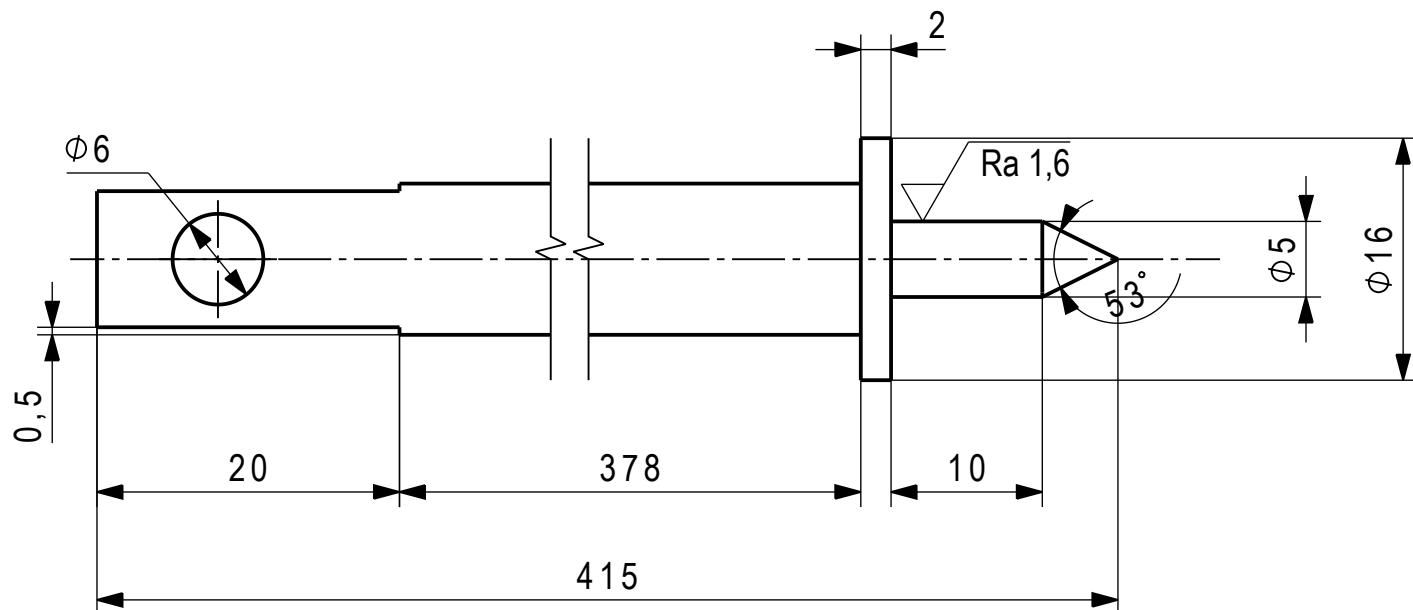


## Echelle 1:2

Tolérances Générales  
ISO 2768-mK



1 2 3 4 5 6 7 8

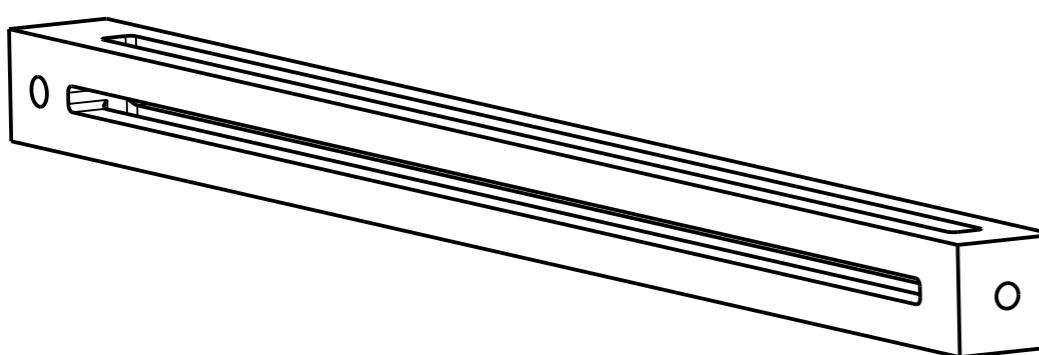
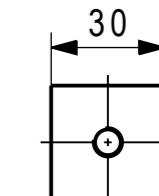
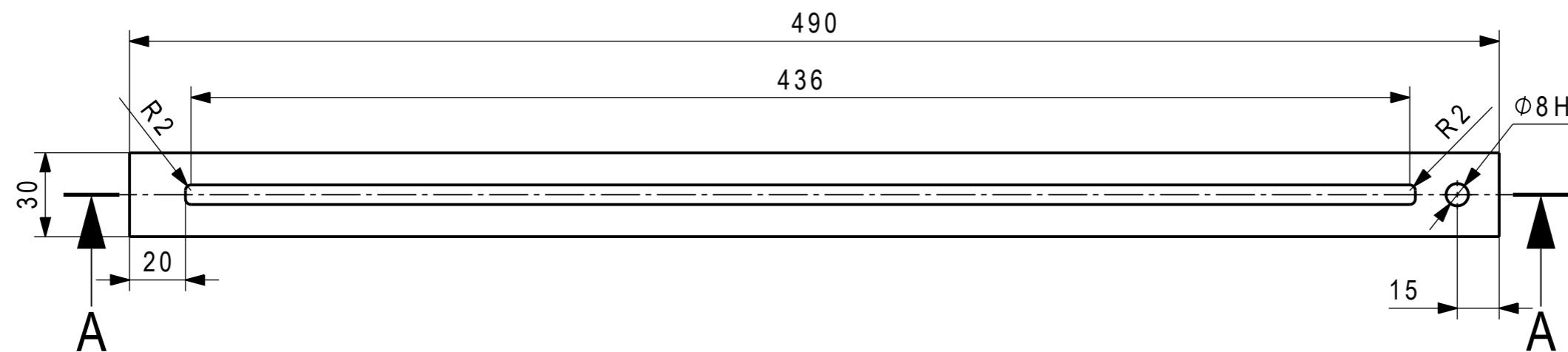
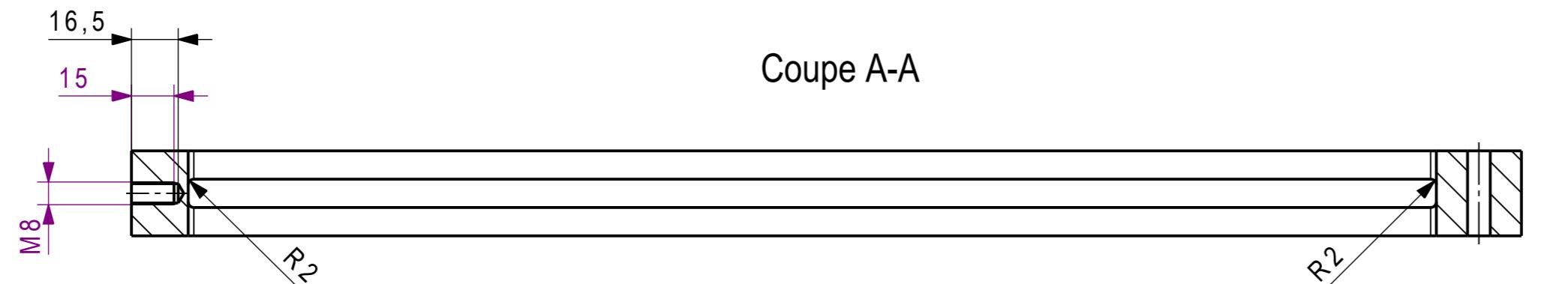


Echelle 1:5

Tolérances Générales :  
ISO 2768-mK

Mod.	Mod.	Dessiné	02/06/2022	TURK	Echelle
<input type="checkbox"/>		Contrôlé			
		Conf aux norm			
		Bon pour exéc.			
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>	N° de commande			
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6	Origine	
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0.085 kg	Remplace	
EPFL		Dénomination	Clou	N° de dessin	
				21	
					Feuille N°
					1
					1

1 2 3 4 5 6 7 8



Tolérances Générales :  
ISO 2768-mK



Mod.	Mod.	Dessiné	02/06/2022	TURK	Echelle 1:2
Sans nomenclature séparée		Contrôlé			
Nomenclature sép de même N°		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff		Bon pour exéc.			
		N° de commande			
		Matière	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6	Origine	
		Masse	0.663 kg	Remplace	
		Dénomination	Bras de levier	N° de dessin	
				22	

**EPFL**

1 2 3 4 5 6 7 8

A

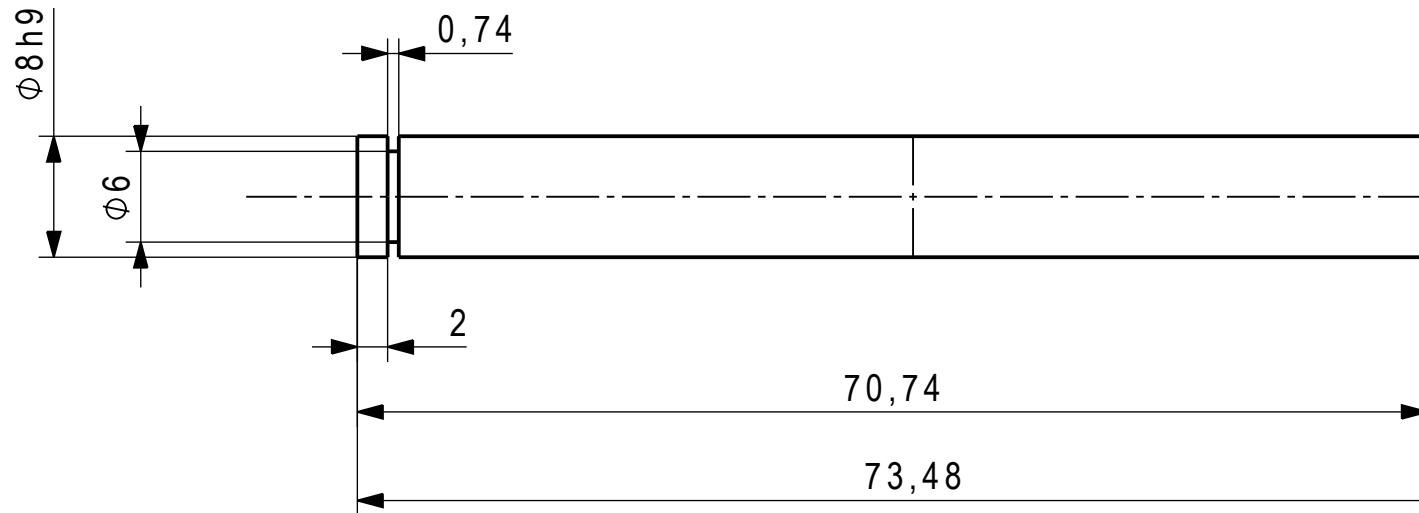
B

C

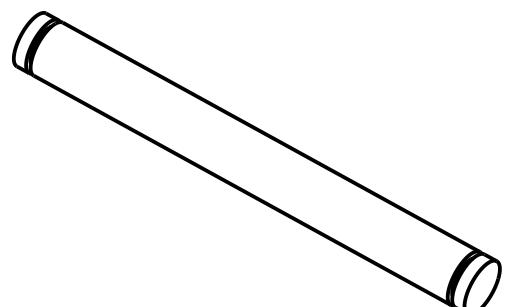
D

E

F



Echelle 1:1



Tolérances Générales :  
ISO 2768-mK

+0,4  
+0,2

-0,4  
-0,6

Ra 3,2

(✓)

Mod.	Mod.	Dessiné	02/06/2022	TURK	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			2:1
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>	Matière	POM-C	Origine		
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0.005 kg	Remplace		
	Dénomination	EPFL Goupille levier-support	N° de dessin	Format A4	Nb feuilles 1 Feuille N° 1

29

1

2

3

4

5

6

7

8

A

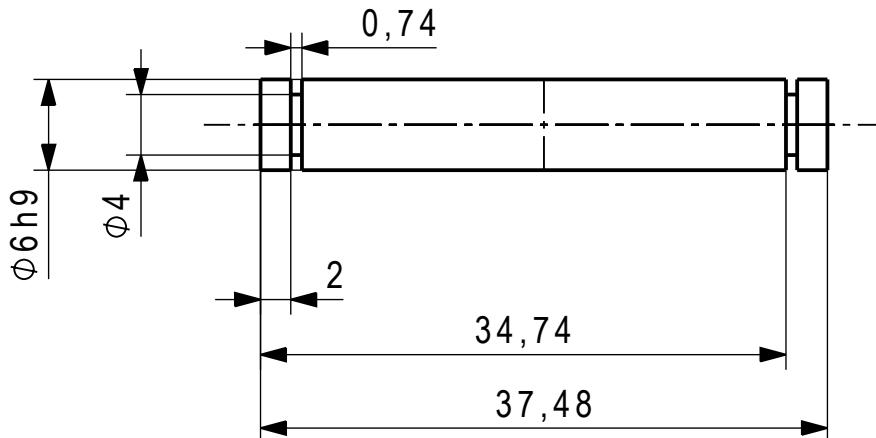
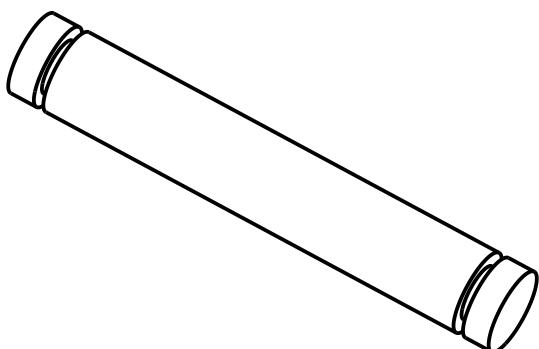
B

C

D

E

F



Tolérances Générales :  
ISO 2768-mK

+0,4  
+0,2

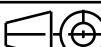
-0,4  
-0,6

Ra 3,2

(✓)

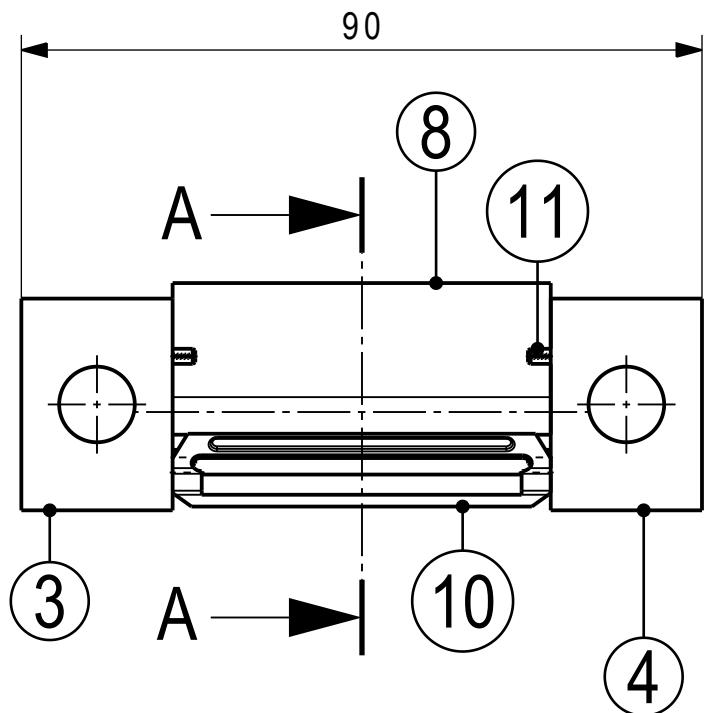
Mod.	Mod.	Dessiné	02/06/2022	TURK	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Bon pour exéc.			
		N° de commande			
		Matière	POM-C	Origine	
		Masse	0.001 kg	Remplace	
		Dénomination	Goupille clou-levier		
<b>EPFL</b>		N° de dessin			30
		Format	Nb feuilles	Feuille N°	
		A4	1	1	

2:1

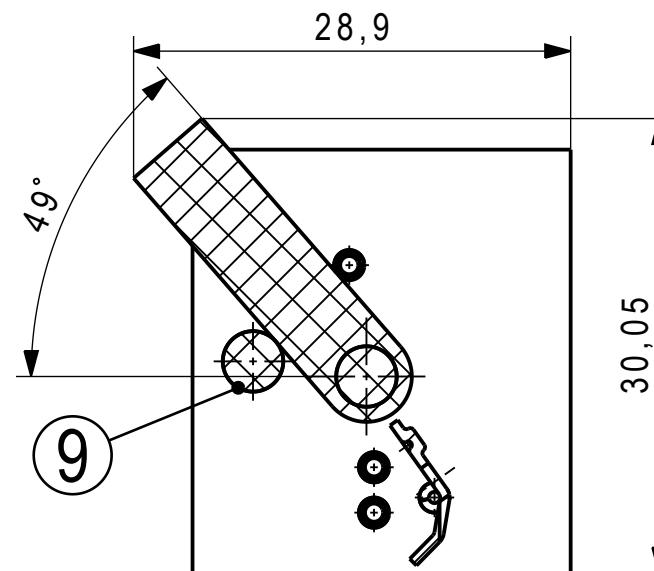


1 2 3 4 5 6 7 8

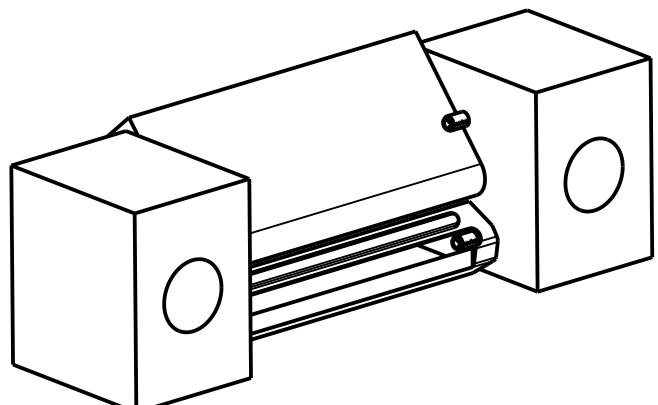
A  
B  
C  
D  
E  
F



Echelle 2:1

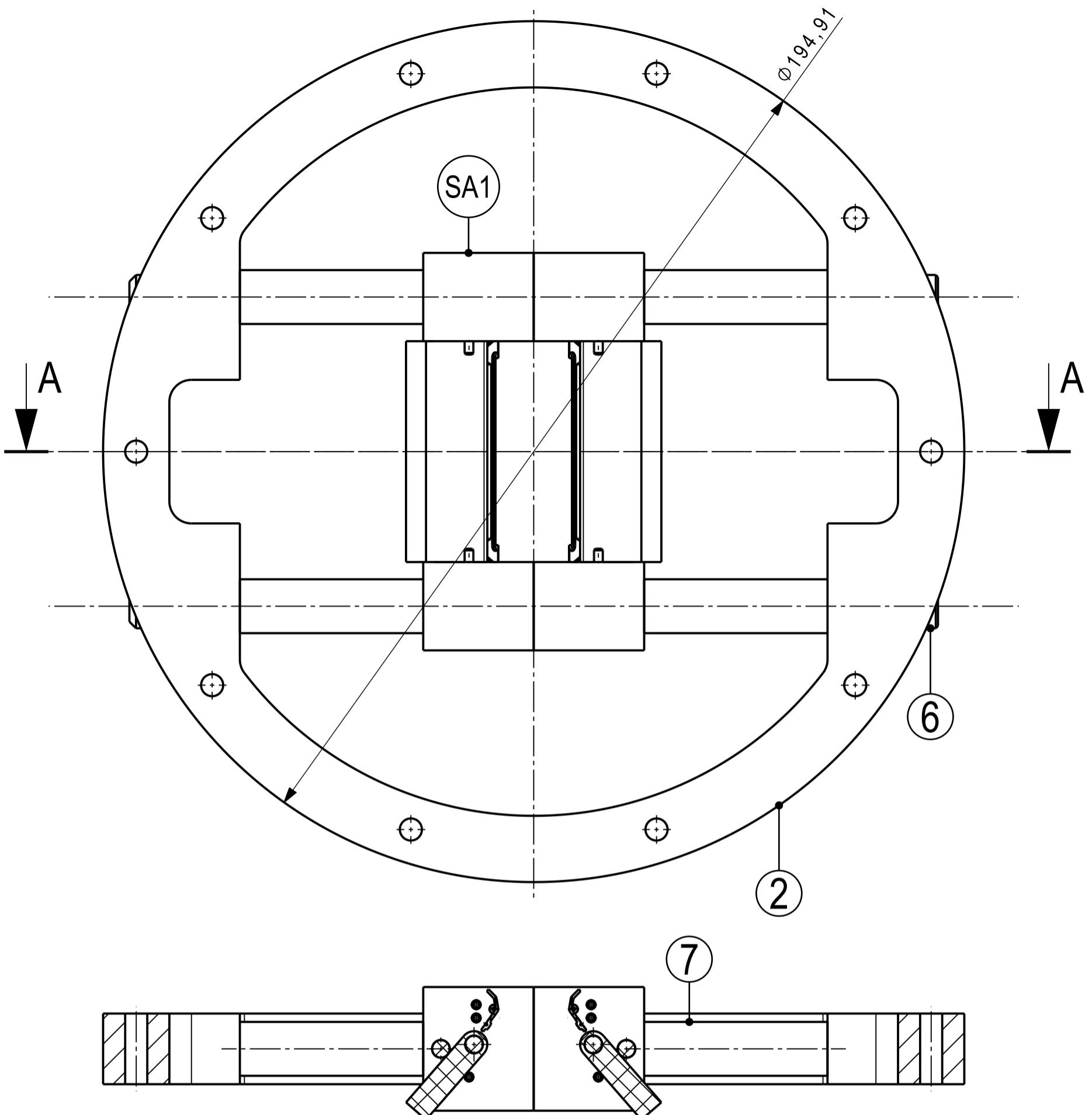


Coupe A-A

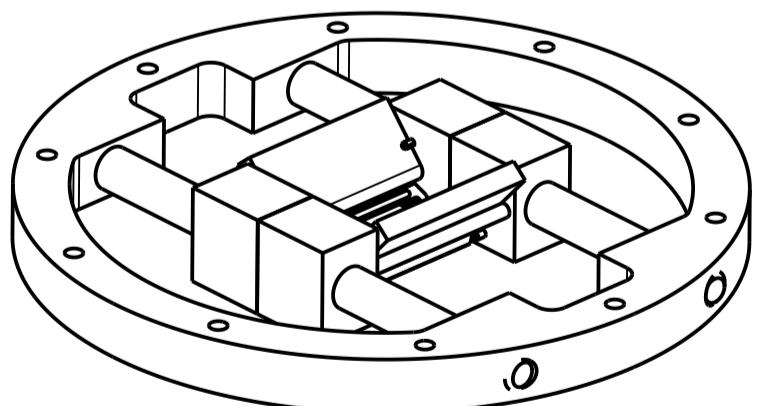


11	6		Goupille anti-rotation	SSPSR2_6 (Misumi)	X 10 Cr Ni S 18 10	
8	1		Plan d'ajustement		POM-C	
4	1		Glissière symétrique		POM-C	
10	1		Lame		X 10 Cr Ni S 18 10	
9	2		Tige d'ajustement		POM-C	
3	1		Glissière		POM-C	
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification	Désignation/caractéristiques		
Mod.			Mod.	Dessiné	01/06/2022	TURK
				Contrôlé		
				Conf aux norm		
				Bon pour exéc.		
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>		N° de commande			Echelle
Nomenclature sép. de même N°	<input type="checkbox"/>		Origine			1:1
Nomenclature sép. de N° diff	<input type="checkbox"/>		Remplace			
<b>EPFL</b>	Désignation				Format	Nb feuilles
	<b>Lame + double glissière</b>				<b>A4</b>	<b>1</b>
					N° de dessin	Feuille N°
						<b>SA1</b>

1 2 3 4 5 6 7 8

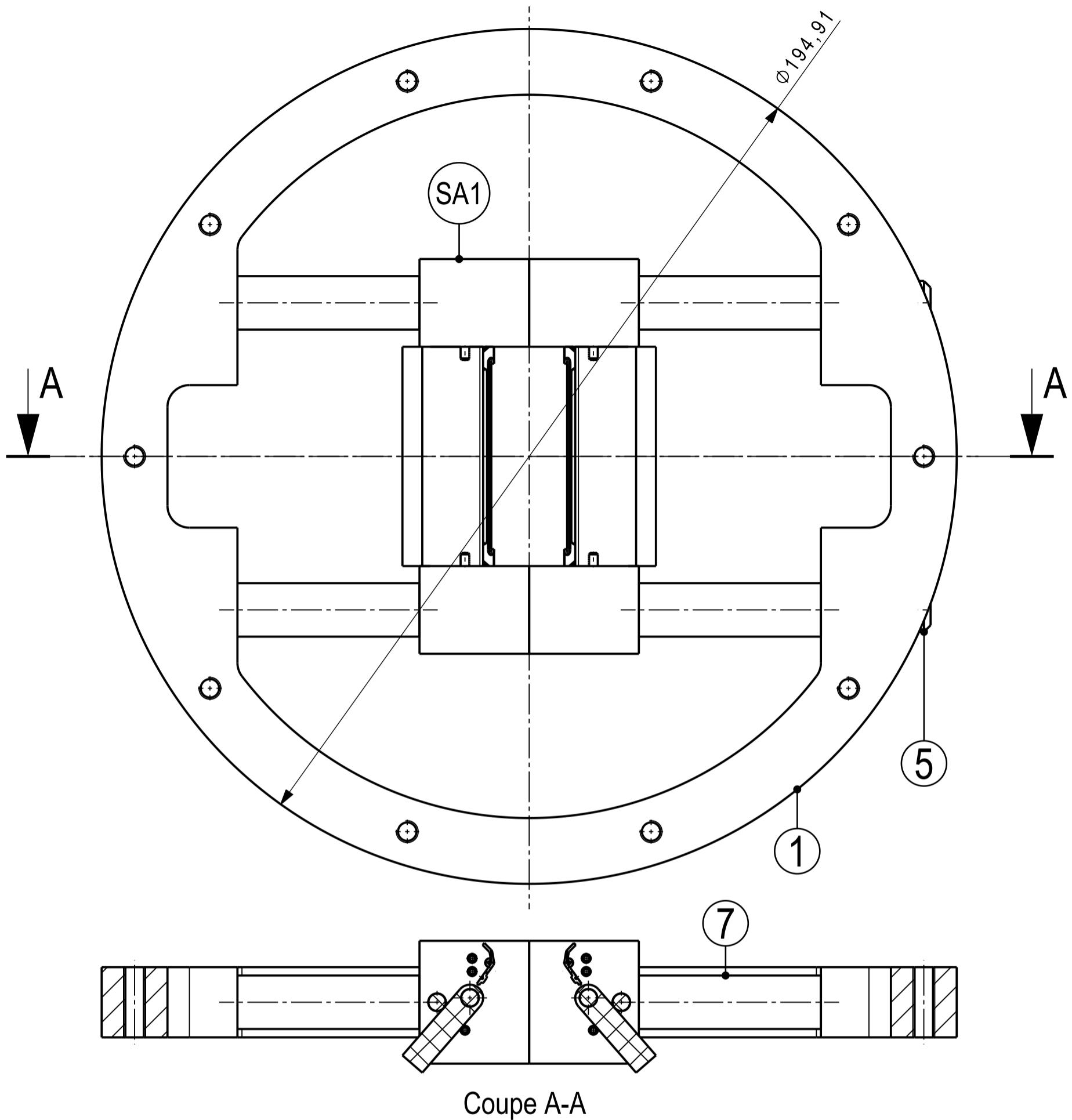


Coupe A-A



Echelle 1:2

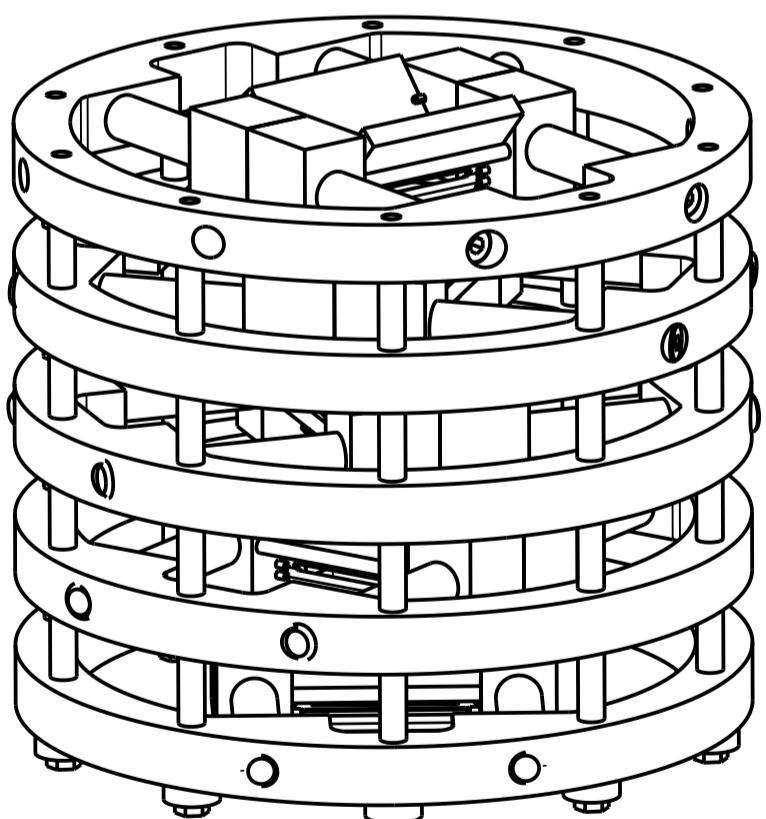
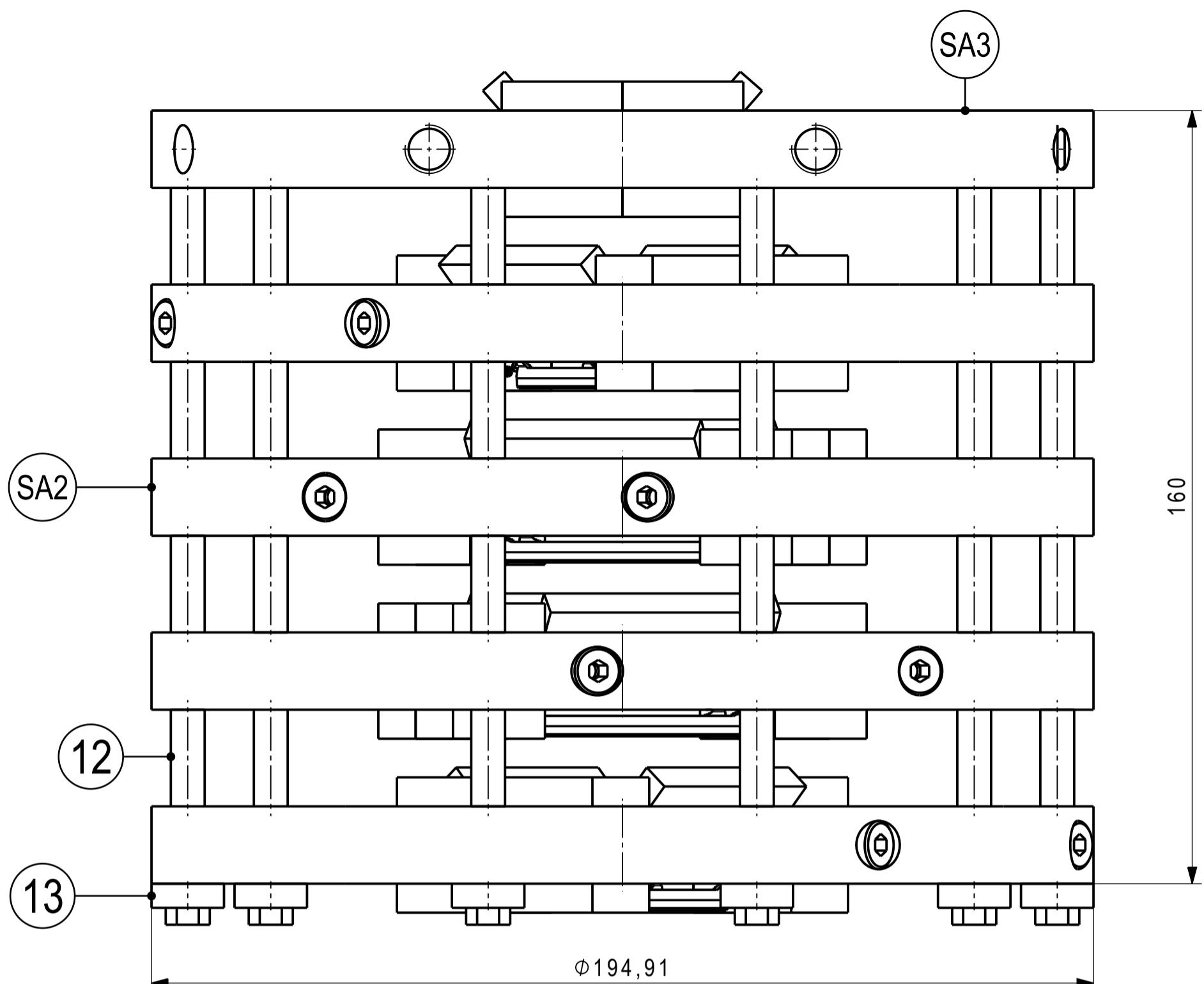
7	4		Ressort de compression	Cl 0.90/59.70 (Ressorts du Léman)	X 10 Cr Ni S 18 10	
SA1	2		Lame + double glissière		Liste	
6	2		Tige interlames	FSSFJGC_D10_L160_T23_N10_S23 (Misumi)	X 10 Cr Ni S 18 10	
2	1		Support de lames		EN AW-Al Mg3	
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification	Dénomination/caractéristiques		
Mod.			Mod.	Dessiné Contrôlé Conf aux norm Bon pour exéc.	01/06/2022 TURK	Echelle 1:1
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>			N° de commande		
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>			Origine		
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>			Remplace		
Format	A3	Nb feuilles	1			Feuille N° 1
EPFL	Dénomination	Set de lames		N° de dessin		
				SA2		



## Echelle 1:2

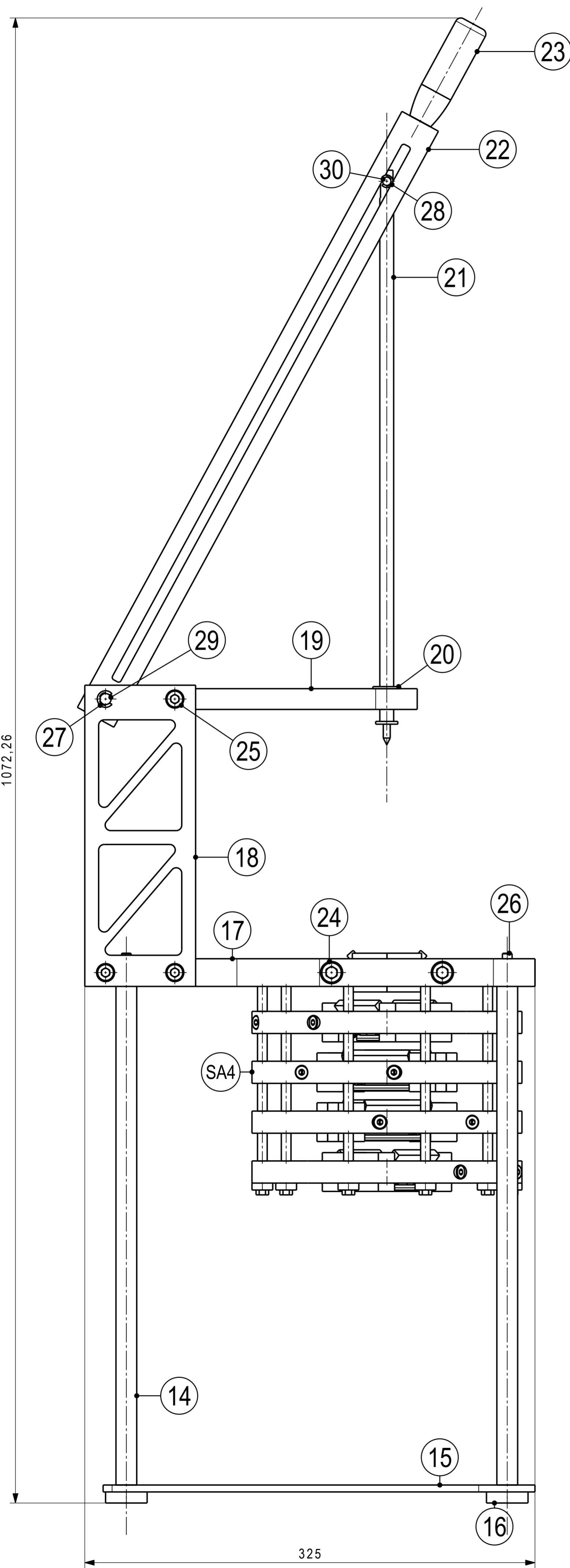
5	2		Tige interlames (premier set)	FSSFJGC_D10_L155_T23_N10_S23 (Misumi)	X 10 Cr Ni S 18 10			
7	4		Ressort de compression	Cl 0.90/59.70 (Ressorts du Léman)	X 10 Cr Ni S 18 10			
SA2	2		Lame + double glissière		Liste			
1	1		Premier support de lames		EN AW-Al Mg3			
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification		Dénomination/caractéristiques			
Mod.			Mod.	Dessiné	01/06/2022	TURK	Echelle 1:1	
				Contrôlé				
				Conf aux norm				
				Bon pour exéc.				
Sans nomenclature séparée					N° de commande			
Nomenclature sép de même N°					Origine			
Nomenclature sép de N° diff					Remplace			
<b>EPFL</b>				Dénomination	N° de dessin			
Premier set de lames					SA3			

1 2 3 4 5 6 7 8

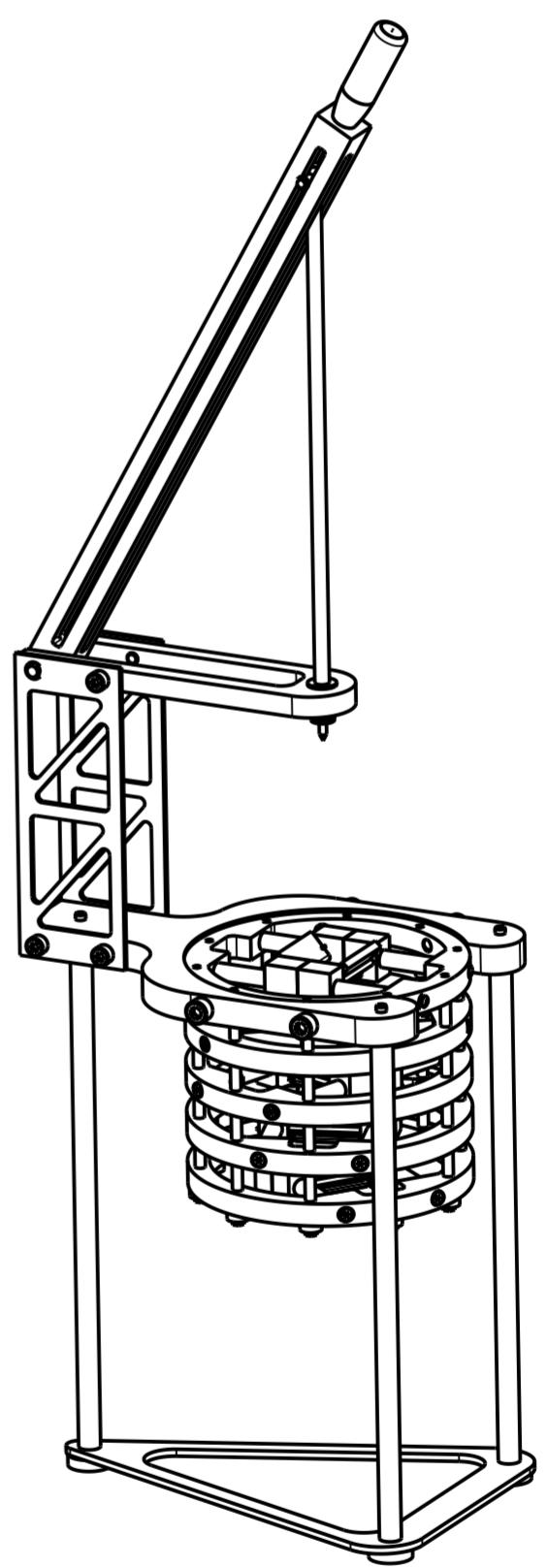


Echelle 1:2

12	40		Entretoise	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6
13	10		Tige interset	EN AC-AlSi7Mg0.3 T6
SA2	4		Set de lames	Liste
SA3	1		Premier set de lames	Liste
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification	Dénomination/caractéristiques
Mod.			Mod.	Dessiné 01/06/2022 TURK
				Contrôlé
				Conf aux norm
				Bon pour exéc.
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>		N° de commande	
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>		Origine	
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>		Remplace	
EPFL			Dénomination	Format A3 Nb feuilles 1 Feuille N° 1
			5 sets	N° de dessin SA4



Echelle 1:5



Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification	Désignation/caractéristiques	Echelle
28	2		Segment d'arrêt 2	NETWS6 (Misumi)	X 10 Cr Ni S 18 10
29	1		Goupille levier-support		POM-C
27	2		Segment d'arrêt 1	NETWS4 (Misumi)	X 10 Cr Ni S 18 10
16	3		Pied plastique	NFB30_6_22_5 (Misumi)	PP
15	1		Plaque		POM-C
25	6		Vis M8	SCB8_18 (Misumi)	X 10 Cr Ni S 18 10
20	1		Palier lisse	MFM-101419-12-421 (Igus)	PP
30	1		Goupille clou-levier		POM-C
23	1		Poignée	GTM_24_M8 (Misumi)	PA 6
22	1		Bras de levier		EN AC-AIS7Mg0.3 T6
21	1		Clou		EN AC-AIS7Mg0.3 T6
19	1		Guidage de clou		EN AC-AIS7Mg0.3 T6
18	2		Plaque de support		EN AC-AIS7Mg0.3 T6
24	4		Vis M10	SCB10_35 (Misumi)	X 10 Cr Ni S 18 10
26	3		Vis M4	SCB4_40 (Misumi)	X 10 Cr Ni S 18 10
14	3		Pied		EN AC-AIS7Mg0.3 T6
SA4	1		5 sets		Liste
17	1		Support de set		EN AC-AIS7Mg0.3 T6
Dessiné 02/06/2022 TURK Echelle 1:2					
Mod. Mod. Contrôle Conf aux norm Bon pour exéc.					
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/> N° de commande					
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/> Origine					
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/> Remplace					
Format A2 Nb feuilles 1 Feuille N° 1					
EPFL Dénomination Pousse-carottes N° de dessin A1					

# Chapitre VII

## Annexes

### VII.1 Détermination du nombre de lames

#### VII.1.1 Explication de la figure III.1.0.1

Pour déterminer le nombre de lames nécessaires à l'épluchage de la carotte, nous avons procédé par géométrie.

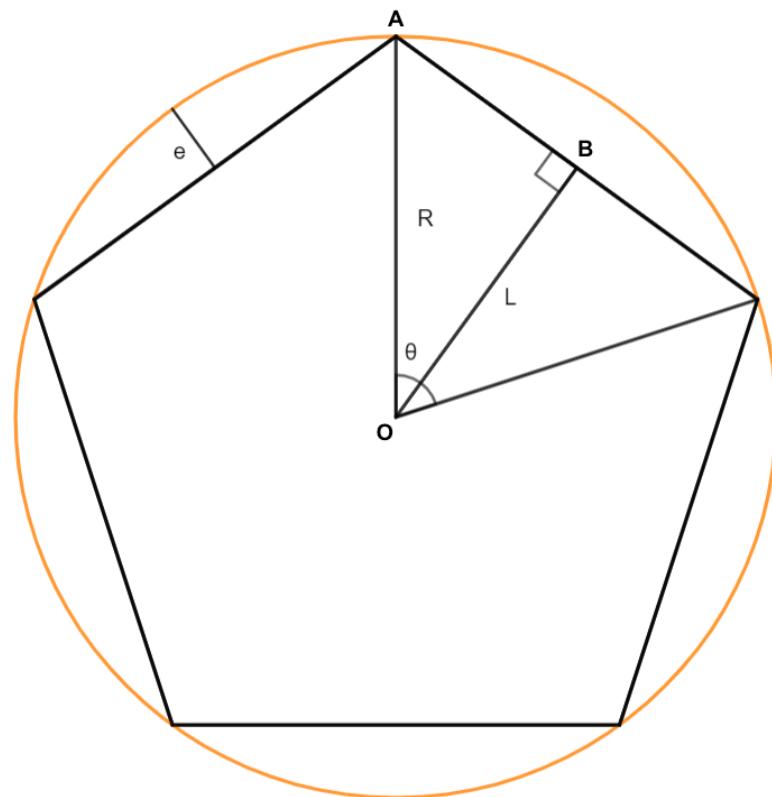


FIGURE VII.1.1.1 – Schéma pentagone, cercle, et épaisseur

$R$  est le rayon du cercle,  $e$  est l'épaisseur de l'épluchure,  $\theta$  est l'angle entre 2 sommets consécutifs du polygone,  $L$  est la longueur du segment allant du centre du cercle au centre d'un segment de polygone.

$n$  représente le nombre de côtés du polygone. Dans le schéma VII.1.1.1,  $n = 5$ .

En radians, l'angle total du cercle est de  $2\pi$ . Pour un polygone à  $n$  côtés, il est trivial que l'angle entre 2 sommets consécutifs du polygone sera

$$\theta = \frac{2\pi}{n}. \quad (\text{VII.1.1})$$

Par la construction de  $L$ , nous avons :

$$e = R - L \quad (\text{VII.1.2})$$

Par trigonométrie sur le triangle  $OAB$  (rectangle en  $B$ ) et en remplaçant  $\theta$  par  $\frac{2\pi}{n}$ , nous avons

$$L = R \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) = R \cos\left(\frac{2\pi}{2n}\right) = R \cos\left(\frac{\pi}{n}\right) \quad (\text{VII.1.3})$$

Nous pouvons donc réécrire  $e$  en fonction de  $n$  notre nombre de côtés :

$$e(n) = R - L(n) = R - R \cos\left(\frac{\pi}{n}\right) = R \left(1 - \cos\left(\frac{\pi}{n}\right)\right) \quad (\text{VII.1.4})$$

Nous pouvons isoler  $n$  en fonction de notre épaisseur pour avoir le bon nombre de côtés du polygone, donc le bon nombre de lames :

$$e(n) = R \left(1 - \cos\left(\frac{\pi}{n}\right)\right) \quad (\text{VII.1.5})$$

$$\iff \frac{e}{R} = 1 - \cos\left(\frac{\pi}{n}\right) \quad (\text{VII.1.6})$$

$$\iff 1 - \frac{e}{R} = \cos\left(\frac{\pi}{n}\right) \quad (\text{VII.1.7})$$

$$\iff \arccos\left(1 - \frac{e}{R}\right) = \frac{\pi}{n} \quad (\text{VII.1.8})$$

$$\iff n = \frac{\pi}{\arccos\left(1 - \frac{e}{R}\right)} \quad (\text{VII.1.9})$$

Pour un confort de calcul, nous avons développé un code Python qui résout  $n$  selon l'épaisseur choisie.

## VII.1.2 Code Python

Nous avons développé le code Python suivant pour calculer facilement le nombre de lames, sans avoir à répéter des calculs plusieurs fois : il suffit d'entrer l'épaisseur moyenne d'une épluchure. En effet, en fonction des forces appliquées, des types de carottes, des mesures faites, on obtient des épaisseurs différentes. Le code Python ressort le nombre de lames nécessaire selon le calcul en VII.1.9, arrondi à l'entier pair supérieur (on ne peut en effet pas avoir de fraction de lames). De plus, selon notre idée de mécanisme, il faudrait avoir un nombre pair de lames.

```

1 from math import pi, acos, ceil
2
3 def pair(valeur):
4     """La fonction sort l'entier pair supérieur le plus proche"""
5     if valeur % 2 == 0:
6         return valeur
7     else:
8         valeur = valeur + 1
9     return valeur
10
11 epaisseur = float(input("Entrer l'épaisseur en mètres : "))
12 rayon_max = 0.0225
13
14 temp1 = 1 - (epaisseur/rayon_max)
15 temp2 = (pi)/acos(temp1)
16
17 x = ceil(temp2)
18 resultat = pair(x)
```

```

20
21 print(f"Le nombre minimal de lames nécessaire (arrondi à l'entier pair supérieur) : {resultat}")

```

Listing VII.1 – nb-lames.py

Résultats (valeurs de  $e$  en mètre) :

$$\begin{aligned} e = 0.002 &\implies n = 8 \\ e = 0.0015 &\implies n = 10 \\ e = 0.0133 &\implies n = 10 \end{aligned}$$

## VII.2 Volume perdu, Rendement

Nous avons décidé de faire un calcul qui permet de trouver le volume perdu de carotte lors de l'épluchage. Nous prenons un modèle simplifié de la carotte en considérant un cône tronqué, de rayon  $r_1, r_2$  pour les 2 bases respectives et de hauteur  $h$ . Le volume épluché sera fonction de l'épaisseur  $e$  des épluchures.

Le volume  $V_c$  d'un cône tronqué est donné par :

$$V_c = h \frac{\pi}{3} \times (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2) \quad (\text{VII.2.10})$$

De même, pour le volume  $V_e$  de la carotte épluchée sera donné par :

$$V_e = h \frac{\pi}{3} \times ((r_1 - e)^2 + (r_2 - e)^2 + (r_1 - e)(r_2 - e)) \quad (\text{VII.2.11})$$

Ainsi, la perte  $\rho$  (en pourcentage) de carotte est :

$$\rho = \left(1 - \frac{V_e}{V_c}\right) \times 100 \quad (\text{VII.2.12})$$

Pour simplifier le calcul, on a également créé un code en langage C ([volume-perdu.c](#)) pour afficher la perte de volume pour des dimensions de carotte données :

Voici un exemple de plusieurs sets d'entrée :

1. Taille intermédiaire :

$$\left. \begin{array}{l} r_1 = 20 \text{ mm} \\ r_2 = 45 \text{ mm} \\ h = 200 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow \rho = 7.472\%$$

2. Taille minimale :

$$\left. \begin{array}{l} r_1 = 20 \text{ mm} \\ r_2 = 20 \text{ mm} \\ h = 100 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow \rho = 12.577\%$$

3. Taille maximale :

$$\left. \begin{array}{l} r_1 = 45 \text{ mm} \\ r_2 = 45 \text{ mm} \\ h = 200 \text{ mm} \end{array} \right\} \Rightarrow \rho = 5.694\%$$

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <math.h>
3
4 int main(){
5
6     float r1, r2, h, v1, v2, perte;
7     const float e = 1.3;
8
9     printf("Donner le rayon r1: ");
10    scanf("%f", &r1);
11    printf("Donner le rayon r2: ");
12    scanf("%f", &r2);
13    printf("Donner la hauteur h: ");
14    scanf("%f", &h);
15
16    v1 = h * (M_PI / 3) * (pow(r1,2) + pow(r2,2) + r1 * r2);
17
18    printf("Le volume de la carotte est v1 = %.3f \n", v1);
19
20    v2 = h * (M_PI / 3) * (pow(r1 - e,2) + pow(r2 - e,2) + (r1 - e) * (r2 - e));
21
22    printf("v2 = %.3f \n", v2);
23
24    perte = (1 - (v2 / v1)) * 100;
25
26    printf("La perte de carotte est de: %.3f \n", perte);
27
28    return 0;
29 }
```

Listing VII.2 – volume-perdu.c

### VII.3 Angle du plan d'ajustement

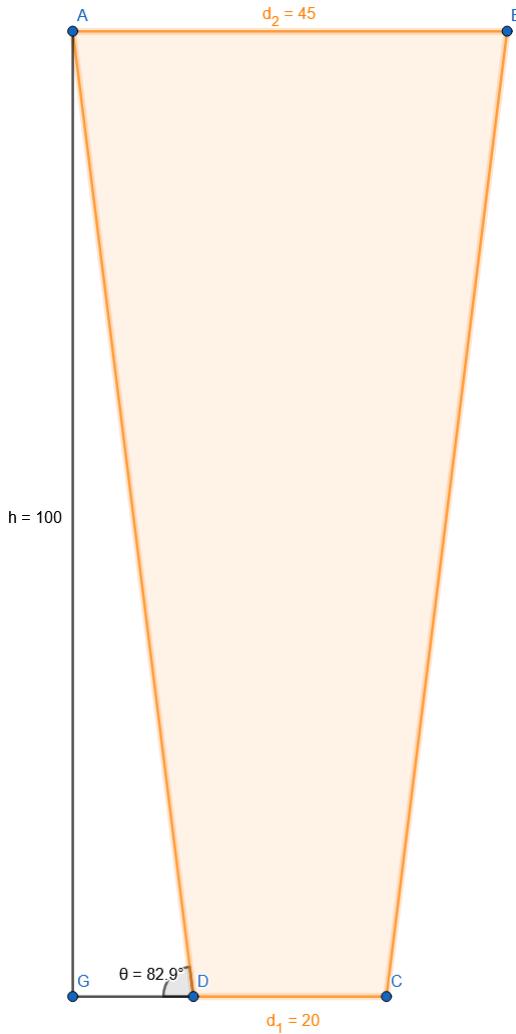


FIGURE VII.3.0.2 – Angle maximal  $\theta_{max}$

Calcul de l'angle  $\theta$  maximal :

$$\begin{aligned} \tan(\theta_{max}) &= \frac{h}{GD} = \frac{h}{\frac{d_2 - d_1}{2}} = \frac{100}{12.5} \\ \iff \theta_{max} &= \arctan\left(\frac{100}{12.5}\right) \\ \iff \theta_{max} &= 83^\circ \end{aligned}$$

Pour l'angle  $\theta$  lui-même, on raisonnera selon le schéma qui suit :

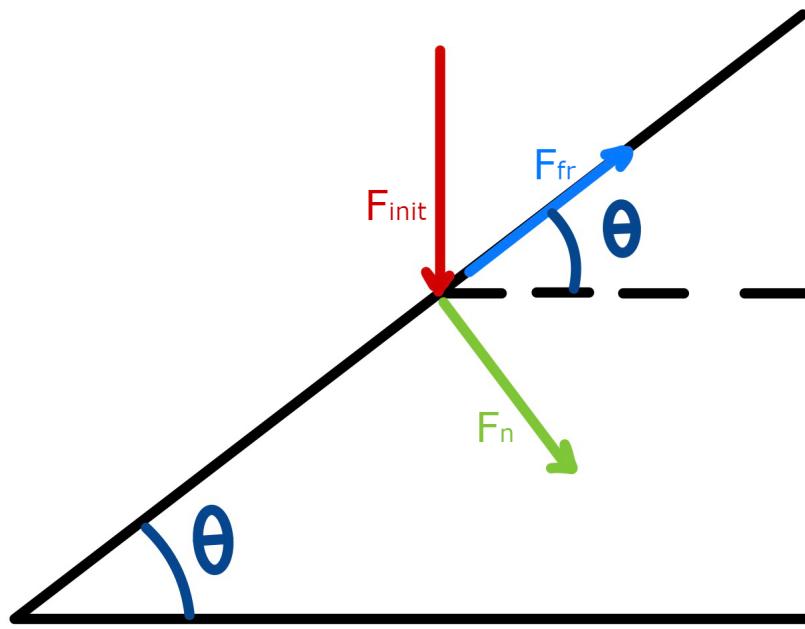


FIGURE VII.3.0.3 – Bilan de forces sur le plan d'ajustement

On veut  $F_n \sin(\theta) > F_{\text{ressort}}$  puisque que les frottements sont favorables au déplacement (leur projection selon  $\hat{x}$  est dans le même sens que  $F_n \sin(\theta)$ ).

Or

$$F_n \sin(\theta) = F_{\text{init}} \cos(\theta) \sin(\theta) = \text{constante.}$$

$$\begin{aligned} &\iff \frac{d}{d\theta}(F_{\text{init}} \cos(\theta) \sin(\theta)) = 0 \\ &\iff F_{\text{init}}(\cos^2(\theta) - \sin^2(\theta)) = 0 \end{aligned}$$

Comme  $F_{\text{init}} \neq 0$  :

$$\begin{aligned} &\iff \cos^2(\theta) - \sin^2(\theta) = 0 \\ &\iff 2\cos^2(\theta) - 1 = 0 \\ &\iff \cos^2(\theta) = \frac{1}{2} \\ &\iff \cos(\theta) = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ (seule solution acceptable pour notre problème).} \\ &\implies \theta = 45^\circ < \theta_{\max} \end{aligned}$$

On trouve donc que l'angle idéal est de  $45^\circ$ . Cet angle est bien inférieur à  $83^\circ$ .

## VII.4 Inventaire

Nous présentons dans cette partie l'inventaire de nos pièces utilisées. Pour chaque pièce, on donne son numéro de référence, son origine (fabriquée ou fournisseur) et sa quantité.

Désignation	N°	Quantité	Fournisseur	Référence
Premier support de lames	1	1	-	-
Support de lames	2	4	-	-
Glissière	3	10	-	-
Glissière symétrique	4	10	-	-
Tige interlame (premier set)	5	2	Misumi	FSSFJGC-D10-L155-T23-N10-S23
Tige interlame	6	8	Misumi	FSSFJGC-D10-L160-T23-N10-S23
Ressort de compression	7	20	Ressort du léman	CI 0.90/59.70
Tige d'ajustement	9	20	-	-
Lame	10	10	-	-
Goupille anti-rotation	11	60	Misumi	SSPSR2-6
Entretoise	12	40	-	-
Tige interset	13	10	-	-
Pied	14	3	-	-
Plaque	15	1	-	-
Pied plastique	16	3	Misumi	NFB30-6-22-5
Support de set	17	1	-	-
Plaque de support	18	2	-	-
Guidage de clou	19	1	-	-
Palier lisse	20	1	Igus	MFM-101419-12-421
Clou	21	1	-	-
Levier	22	1	-	-
Poignée	23	1	Misumi	GTM-24-M8
Vis M10	24	4	Misumi	SCB10-35
Vis M8	25	6	Misumi	SCB8-18
Vis M4	26	3	Misumi	SCB4-40
Segment d'arrêt 1	27	2	Misumi	NETWS4
Segment d'arrêt 2	28	2	Misumi	NETWS6
Goupille levier-suport	29	1	-	-
Goupille clou-levier	30	1	-	-

TABLE VII.4.1 – Inventaire

## VII.5 Matériaux

### VII.5.1 Fiche technique POM-C

# Fiche technique

## POM

<b>Propriétés général</b>			
Désignation du matière	POM		
Couleur(s) du matière	naturel (7000), bleu outremer (3009), noir (6000)		
Groupe de matière première	POM-C   Polyoxyméthylène		
Poids moléculaire (masse molaire moyenne)	-		
<b>Propriétés mécaniques</b>			
Densité	Unité	Méthode d'essai	Valeur
Module de traction	g/cm <sup>3</sup>	DIN EN ISO 1183	1,42
Dureté Shore D, 15s - valeur	MPa	DIN EN ISO 527	65
Dureté à la bille, 30s - valeur	Skala D	DIN EN ISO 868	85
Traction à la rupture	MPa	DIN ISO 2039 Teil 1	150
Allongement à la rupture	MPa	DIN EN ISO 527	70
Module d'élasticité	%	DIN EN ISO 527	> 30
Résistance au chocs (Charpy)	MPa	DIN EN ISO 527	3.200
Résistance à l'usure	kJ/m <sup>2</sup>	DIN EN ISO 179	> 10
Coefficient de frottement (à l'acier)	%	slurry à base de sable	-
	μ		0,32
<b>Propriétés thermiques</b>			
Stabilité dimensionnelle à chaud	Unité	Méthode d'essai	Valeur
Température de ramollissement Vicat	°C	DIN 53461	47
Température de fusion des cristallites	°C	DIN EN ISO 306	79
Conductibilité thermique à 23°C	°C	DIN EN ISO 11357	175
Chaleur spécifique à 23°C	W/ (K * m)	DIN 52612	0,31
Coefficient de dilatation linéaire à 23°C	kJ / (K * Kg)	DIN ISO 11359	1,46
Tenue à la flamme	10 <sup>-5</sup> * (1/K)	UL 94	10
Température d'utilisation (min.)	°C		HB
Température d'utilisation (continuelle)	°C		- 50
Absorption d'humidité	%		+ 100
			0,17
<b>Propriétés électriques</b>			
Résistance volumique spécifique	Unité	Méthode d'essai	Valeur
Résistance de surface spécifique	Ω * cm	IEC 60093	10 <sup>15</sup>
Rigidité diélectrique	Ω	IEC 60093	10 <sup>13</sup>
	KV/mm	IEC 60243	49
<b>Conformité avec les produits alimentaires</b>			
FDA	Conforme selon les réglementations de la FDA		
EU	-		

Nos collaborateurs sont à votre disposition pour toutes vos questions.

Vous trouverez de plus amples informations sur nos qualités de matériaux sur Internet, à l'adresse [www.wefapress.com/fr/materiaux](http://www.wefapress.com/fr/materiaux).

Les indications fournies correspondent au niveau actuel de nos connaissances. Les informations figurant dans les fiches techniques ne constituent ni un accord ni une garantie de caractéristiques spécifiques. Il appartient à l'utilisateur de déterminer lui-même si le matériau convient ou non pour une application concrète. Sous réserve de modification des données indiquées.

Les matériaux marqués "Food Secure Product" (FSP) sont conformes aux dispositions des règlements (UE) n°10/2011 et n°1935/2004.

## VII.6 Données de fournisseur

Les données techniques pour les pièces provenant de fournisseurs sont présentées dans les pages qui suivent. Dans l'ordre, vous trouverez :

1. "Arbre, Extrémités d'arbre configurable", Misumi

Utilisé pour les tiges interlames du premier set et des sets suivants :

2. "Goupilles élastiques", Misumi

Goupille anti-rotation utilisées dans les sliders :

3. "Vis d'assemblage à tête à six pans creux", Misumi

Vis d'assemblage utilisés en M4, M8, M10 pour assembler différentes parties du mécanismes :

4. "iglidur® M250", Igus

Palier lisse utilisé pour faire passer le clou dans le guidage :

5. "GTM Fixing grip", Misumi

Poignée vissée au levier :

6. "Bagues de retenue - Type E", Misumi

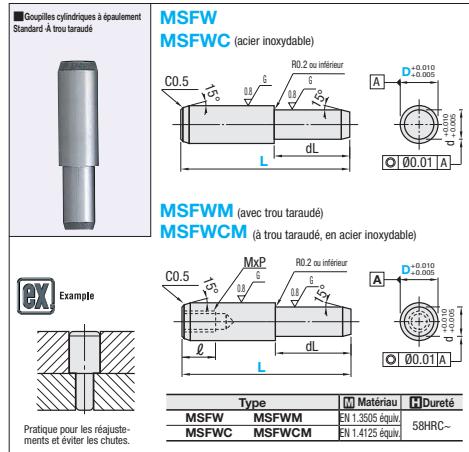
Segment d'arrêts utilisés pour bloquer les goupilles en translation.

7. "Supports de nivellation de table", Misumi

Pieds de table utilisés pour fixer la plaque dessous aux pieds.

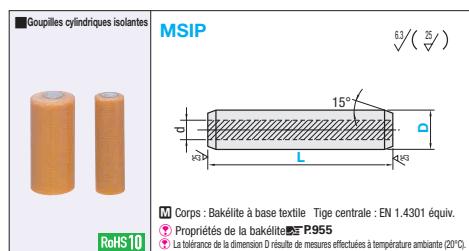


# Goupilles cylindriques à épaulement/Goupilles cylindriques isolantes/ Goupilles cylindriques en plastique



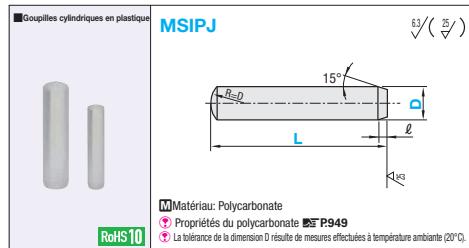
Référence pièce Type	D	L	MxP	$\ell$	d	dL	Prix unitaire			
							MSFW	MSFWC	MSFWM	MSFWCM
5	15	-	-	-	4	5			-	-
	25	-	-	-	10	10			-	-
6	20	-	-	-	5	10			-	-
	30	3x0.5	6	-	8	15			-	-
8	25	4x0.7	-	8	6	10			-	-
	35	-	-	-	8	15			-	-
10	35	5x0.8	-	8	8	15			-	-
	40	-	-	-	10	15			-	-
13	45	6x1.0	10	10	10	20			-	-
	55	-	-	-	25	25			-	-
	70	-	-	-	30	30			-	-

**Ordering Example** Référence pièce - **L**  
MSFW10 - 35



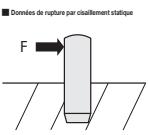
**Ordering Example** Référence pièce - **L**  
MSIP6 - 30

Référence pièce Type	Tolérance D	d	L	Prix unitaire						
				L8-10	L15	L20	L25	L30	L35	L40
MSIP	6	3	8 10 15 20 25 30 35 40	-	-	-	-	-	-	-
	+ 0.03	8	10 15 20 25 30 35 40	-	-	-	-	-	-	-
		9	15 20 25 30 35 40 45 50	-	-	-	-	-	-	-
		10	15 20 25 30 35 40 45 50	-	-	-	-	-	-	-
		12	20 25 30 35 40 45 50	-	-	-	-	-	-	-

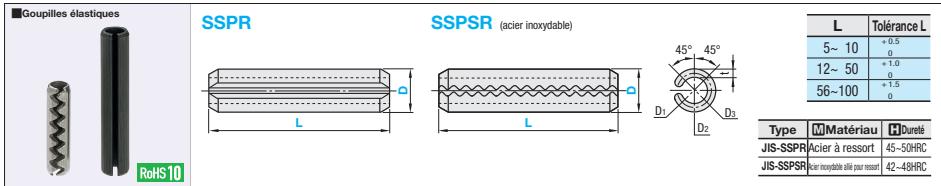


**Ordering Example** Référence pièce - **L**  
MSIPJ6 - 25

Référence pièce Type	Tolérance D	d	$\ell$	L	Prix unitaire			
					L10	L15	L20	L25
MSIPJ	3	+ 0.03	1.0	10 15 20	-	-	-	-
	1.5		10 15 20	-	-	-	-	
	2.0		10 15 20 25	-	-	-	-	
	2.0		15 20 25	-	-	-	-	
	2.0		15 20 25	-	-	-	-	
	2.0		15 20 25	-	-	-	-	



# Goupilles élastiques



Référence pièce Type	D - L	t	*kN		min.	max.
			JIS-SSPR	JIS-SSPSR		
SSPR	2	2.76	2.76	0.4	0.4	2.15
	3	6.2	6.2	0.6	0.6	3.25
	4	10.8	10.8	0.8	0.8	4.4
	5	17.25	17.25	1	1	5.4
	6	24.83	24.83	1.2	1.2	6.4
	8	44.13	-	1.6	-	8.6
	10	68.94	-	2	-	10.6

La valeur maximale de D correspond à la valeur maximale de la circonference de la goupille et la valeur minimale de D est la moyenne de D1, D2 et D3.

Référence : est conforme à la norme JSMA (Japan Spring Manufacturers Association Standard) N°6

\*kN=Charge minimale de cisaillement double

Le diamètre du trou de montage des goupilles élastiques doit être identique au diamètre nominal de la goupille élastique, avec une tolérance des dimensions du trou de montage de H12, comme spécifié dans la norme JIS B0401.

Référence pièce Type	D - L	SSPR		SSPSR	
		Prix unitaire 1-99 pces.	Remise sur volume 100 à 1000 pces.	Prix unitaire 1-99 pces.	Remise sur volume 100 à 1000 pces.
SSPR	6- 12	-	-	-	-
	14	-	-	-	-
SSPSR	6	-	-	-	-
(acier inoxydable)	8	-	-	-	-
	10	-	-	-	-
	12	-	-	-	-
	14	-	-	-	-
	16	-	-	-	-
	18	-	-	-	-
	20	-	-	-	-
	22	-	-	-	-
	25	-	-	-	-
	28	-	-	-	-
	32	-	-	-	-
	36	-	-	-	-
	40	-	-	-	-
	45	-	-	-	-
	50	-	-	-	-
	56	-	-	-	-
	SSPR	8- 16	-	-	-
	18	-	-	-	-
	20	-	-	-	-
	22	-	-	-	-
	25	-	-	-	-
	28	-	-	-	-
	32	-	-	-	-
	36	-	-	-	-
	40	-	-	-	-
	45	-	-	-	-
	50	-	-	-	-
	56	-	-	-	-
	63	-	-	-	-
	70	-	-	-	-
	80	-	-	-	-
	100	-	-	-	-

Spécification non disponible pour les tailles sans notification de prix.

# Vis d'assemblage à tête à six pans creux

Acier inoxydable (disponible en conditionnement boîte)



**Le conditionnement par boîte est plus économique, soit pour des besoins de stock, soit pour les commandes de grandes quantités.**

$\ell$	Référence pièce		Prix à l'unité 1 à 10 boîtes		Pièces / boîte
	Type	M-L	Prix/paquet	1 boîte	
Goujons - Entièrement filetés	2- 5				1 000 pce/boîte
	8				
	10				
	12				
	15				
	2.5- 5				
	8				
	10				
	2.6- 5				
	8				
18	10				500 pce/boîte
	3- 5				
	6				
	8				
	10				
	12				
	15				
	20				
	25				
	30				
20	4- 5				1 000 pce/boîte
	6				
	8				
	10				
	12				
	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
22	40				500 pce/boîte
	5- 8				
	10				
	12				
	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
	40				
24	6- 8				1 000 pce/boîte
	10				
	12				
	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
	40				
	8-12				800 pce/boîte
28	15				
	20				
	25				
	30				
	35				
	40				
	10-20				600 pce/boîte
	25				
	30				
	35				
Goujons - Entièrement filetés	40				
	10				400 pce/boîte
	20				
	30				
	40				
25	10				1 000 pce/boîte
	15				
	20				
	25				
	30				
30	35				800 pce/boîte
	40				
	45				
	50				
	55				
35	60				600 pce/boîte
	65				
	70				
	75				
	80				
40	85				400 pce/boîte
	90				
	95				
	100				
	105				
45	110				1 000 pce/boîte
	115				
	120				
	125				
	130				
50	135				800 pce/boîte
	140				
	145				
	150				
	155				
55	160				600 pce/boîte
	165				
	170				
	175				
	180				
60	185				400 pce/boîte
	190				
	195				
	200				
	205				
65	210				1 000 pce/boîte
	215				
	220				
	225				
	230				
70	235				800 pce/boîte
	240				
	245				
	250				
	255				
75	260				600 pce/boîte
	265				
	270				
	275				
	280				
80	285				400 pce/boîte
	290				
	295				
	300				
	305				
85	310				1 000 pce/boîte
	315				
	320				
	325				
	330				
90	335				800 pce/boîte
	340				
	345				
	350				
	355				
95	360				600 pce/boîte
	365				
	370				
	375				
	380				
100	385				400 pce/boîte
	390				
	395				
	400				
	405				
105	410				1 000 pce/boîte
	415				
	420				
	425				
	430				
110	435				800 pce/boîte
	440				
	445				
	450				
	455				
115	460				600 pce/boîte
	465				
	470				
	475				
	480				
120	485				400 pce/boîte
	490				
	495				
	500				
	505				
125	510				1 000 pce/boîte
	515				
	520				
	525				
	530				
130	535				800 pce/boîte
	540				
	545				
	550				
	555				
135	560				600 pce/boîte
	565				
	570				
	575				
	580				
140	585				400 pce/boîte
	590				
	595				
	600				
	605				
145	610				1 000 pce/boîte
	615				
	620				
	625				
	630				
150	635				800 pce/boîte
	640				
	645				
	650				
	655				
155	660				600 pce/boîte
	665				
	670				
	675				
	680				
160	685				400 pce/boîte
	690				
	695				
	700				
	705				
165	710				1 000 pce/boîte
	715				
	720				
	725				
	730				
170	735				800 pce/boîte
	740				
	745				
	750				
	755				
175	760				600 pce/boîte
	765				
	770				
	775				
	780				
180	785				400 pce/boîte
	790				
	795				
	800				
	805				
185	810				1 000 pce/boîte
	815				
	820				
	825				
	830				
190	835				800 pce/boîte
	840				
	845				
	850				
	855				
195	860				600 pce/boîte

## Bearing technology | Plain bearing | iglidur® M250



$\varnothing$  1.0 - 75.0mm

Also available  
as:



Bar stock,  
round bar  
Page 672



Bar stock,  
plate  
Page 683



tribo-tape liner  
Page 691



Piston rings  
Page 584



Two hole  
flange  
bearings  
Page 603



Moulded  
special parts  
Page 624



igubal®  
spherical balls  
Page 841



### The robust all-rounder according to ISO 2795 Excellent vibration dampening

The self-lubricating plain bearing made from iglidur® M250 distinguishes itself through its impact resistance, vibration dampening and wear resistance. They excel in applications in which vibration dampening is necessary, for example, in fitness and packaging machines.

- Over 450 sizes available from stock
- Excellent vibration dampening
- Suitable for high edge pressures
- Suitable for impact loads
- Thick-walled according to ISO 2795
- Dirt can become embedded for shaft protection
- Lubrication-free
- Maintenance-free
- Thrust washers available only in imperial sizes, from page 1601

#### Typical application areas

- Agricultural machines
- Furniture/Industrial design
- Textile industry
- Doors and gates
- Mechanical engineering

#### Descriptive technical specifications

Wear resistance at +23°C	-	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>
Wear resistance at +90°C	-	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>
Wear resistance at +150°C	-	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>
Low coefficient of friction	-	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>
Low moisture absorption	-	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>
Wear resistance under water	-	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>
High media resistance	-	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: white; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>
Resistant to edge pressures	-	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>
Suitable for shock and impact loads	-	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>
Resistant to dirt	-	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>

Online product finder  
[www.igus.eu/iglidur-finder](http://www.igus.eu/iglidur-finder)

Online service life calculation  
[www.igus.eu/iglidur-expert](http://www.igus.eu/iglidur-expert)

## Technical data

General properties		Testing method
Density	g/cm³	1.14
Colour		dark grey
Max. moisture absorption at +23°C and 50% r.h.	% weight	1.4 DIN 53495
Max. moisture absorption	% weight	7.6
Coefficient of friction, dynamic, against steel	$\mu$	0.18 - 0.40
pv value, max. (dry)	MPa · m/s	0.12
Mechanical properties		
Flexural modulus	MPa	2,700 DIN 53457
Flexural strength at +20°C	MPa	112 DIN 53452
Compressive strength	MPa	52
Max. recommended surface pressure (+20°C)	MPa	20
Shore D hardness		79 DIN 53505
Physical and thermal properties		
Max. application temperature long-term	°C	+80
Max. application temperature short-term	°C	+170
Min. application temperature	°C	-40
Thermal conductivity	W/m · K	0.24 ASTM C 177
Coefficient of thermal expansion (at +23°C)	K⁻¹ · 10⁻⁵	10 DIN 53752
Electrical properties		
Specific contact resistance	Ωcm	> 10¹³ DIN IEC 93
Surface resistance	Ω	> 10¹¹ DIN 53482

Table 01: Material properties

The self-lubricating plain bearing made from iglidur® M250 distinguishes itself through its impact resistance, vibration dampening and wear resistance. They excel in applications in which vibration dampening is necessary, for example, in fitness and packaging machines. Since they are additionally able to absorb dirt, they are also suited for agricultural machines and garden appliances.

#### Moisture absorption

Under standard climatic conditions, the moisture absorption of iglidur® M250 plain bearings is approximately 1.4% weight. The saturation limit in water is 7.6% weight. This must be taken into account for these types of applications.

#### Vacuum

In vacuum, any present moisture is released as vapour. The use in vacuum is only possible to a limited extent.

#### Radiation resistance

Plain bearings made from iglidur® M250 have limited use under radioactive radiation. They are resistant to radiation up to an intensity of  $1 \cdot 10^4$  Gy.

#### Resistance to weathering

iglidur® M250 plain bearings are not resistant to weathering. The material properties are significantly affected. Discoloration occurs. Practical tests under real application conditions are strongly recommended.

#### Mechanical properties

With increasing temperatures, the compressive strength of iglidur® M250 plain bearings decreases. Diagram 02 shows this inverse relationship. The maximum recommended surface pressure is a mechanical material parameter. No conclusions regarding the tribological properties can be drawn from this.

iglidur® M250 plain bearings can withstand a maximum recommended surface pressure of 20MPa. Compared with other iglidur® materials iglidur® M250 plain bearings are highly elastic. By this elasticity they can yield very well, but retain their original shape again. A plastic deformation is minimal up to the maximum recommended surface pressure.

**Surface pressure, page 41**



20MPa



# Bearing technology | Plain bearing | iglidur® M250

## Permissible surface speeds

As standard, iglidur® M250 is manufactured as a thick-walled bearing. iglidur® M250 is best suited for low to medium surface speeds. The maximum permissible surface speed for dry operation is 0.8m/s (rotating) or 2.5m/s (linear). In practice, though, this level is rarely reached due to varying application conditions.

*Surface speed, page 44*

## Temperature

Short-term application temperatures up to +170°C are permitted. However, iglidur® M250 plain bearings can only be exposed to this temperature if no additional load is applied. The maximum long-term application temperature is +80°C. This is also the point of the wear limit, i.e. the temperature over which the wear increases exponentially. For temperatures over +60°C an additional securing is required.

*Application temperatures, page 49*

*Additional securing, page 49*

## Friction and wear

The coefficient of friction  $\mu$  of a plain bearing among other factors is influenced by the surface speed and the load (diagrams 04 and 05).

*Coefficient of friction and surfaces, page 47*

*Wear resistance, page 50*

## Shaft materials

The friction and wear are also dependent, to a large degree, on the shaft material. If you observe the coefficient of friction, then the ideal shaft surface finish for iglidur® M250 bearings is  $R_a = 0.6\text{mm}$ . Diagrams 06 and 07 show the test results of iglidur® M250 plain bearings running against various shaft materials. Up to loads of 2MPa the shaft material plays a relatively small role for rotational movements. Therefore, a suitable shaft material must be considered for higher loads. These are hardened shafts, such as Cf53 or hard-chromed. Diagram 07 shows that iglidur® M250 is considerably better for rotational than for pivoting movements. However, it must be mentioned that pivoting movements often cause high vibrations. Here, iglidur® M250 can utilise its special dampening properties. In our test, these vibrations are excluded for clarity so that the comparison between rotation and pivoting operation is accurate.

*Shaft materials, page 52*

## Installation tolerances

iglidur® M250 plain bearings require a relatively large amount of clearance for optimal operation. This ensures that the bearing remains reliable during temperature change and water absorption. The disadvantages of the bearings' clearance are minimised by the vibration-dampening properties. The bearings are designed for press-fit into a housing machined to a H7 tolerance. After being assembled into a nominal size housing, in standard cases the inner diameter automatically adjusts to the D11 tolerances. For particular dimensions the tolerance differs depending on the wall thickness (please see product range table). The shaft should have a recommended minimum h9 tolerance.

*Testing methods, page 57*

Chemicals	Resistance
Alcohols	+ up to 0
Diluted acids	0 up to -
Diluted alkalines	+
Fuels	+
Greases, oils without additives	+
Hydrocarbons	+
Strong acids	-
Strong alkalines	0

All information given at room temperature [+20°C]

Table 02: Chemical resistance

*Chemical table, page 1636*

	Rotating	Oscillating	linear	
long-term	m/s	0.8	0.6	2.5
short-term	m/s	2.0	1.4	5.0

Table 03: Maximum surface speeds

	Dry	Greases	Oil	Water
Coefficient of friction $\mu$	0.18 – 0.40	0.09	0.04	0.04

Table 04: Coefficient of friction against steel ( $R_a = 1\text{ }\mu\text{m}$ , 50HRC)

	Housing	Plain bearing	Shaft			
$\varnothing d1$ [mm]	H7 [mm]	D11 [mm]	h9 [mm]			
0 – 3	+0.000	+0.010	+0.020	+0.080	-0.025	+0.000
> 3 – 6	+0.000	+0.012	+0.030	+0.105	-0.030	+0.000
> 6 – 10	+0.000	+0.015	+0.040	+0.130	-0.036	+0.000
> 10 – 18	+0.000	+0.018	+0.050	+0.160	-0.043	+0.000
> 18 – 30	+0.000	+0.021	+0.065	+0.195	-0.052	+0.000
> 30 – 50	+0.000	+0.025	+0.080	+0.240	-0.062	+0.000
> 50 – 80	+0.000	+0.030	+0.100	+0.290	-0.074	+0.000
> 80 – 120	+0.000	+0.035	+0.120	+0.340	-0.087	+0.000
> 120 – 180	+0.000	+0.040	+0.145	+0.395	-0.100	+0.000

Table 05: Important tolerances for plain bearings according to ISO 3547-1 after press-fit

## Technical data

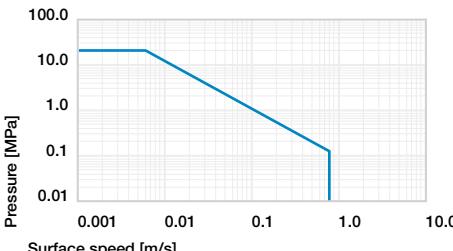


Diagram 01: Permissible  $pv$  values for iglidur® M250 plain bearings with a wall thickness of 1mm, dry operation against a steel shaft, at +20°C, mounted in a steel housing

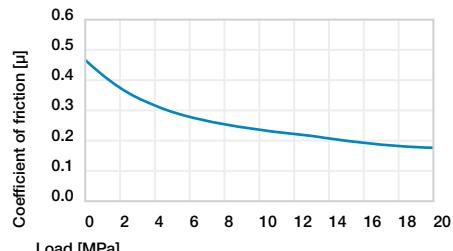


Diagram 05: Coefficient of friction as a function of the load,  $v = 0.01\text{m/s}$

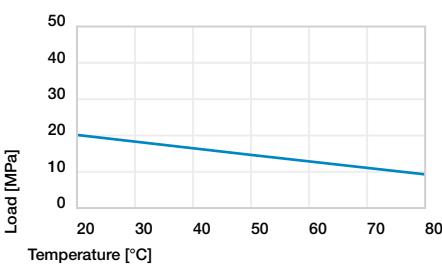


Diagram 02: Maximum recommended surface pressure as a function of temperature (20MPa at +20°C)

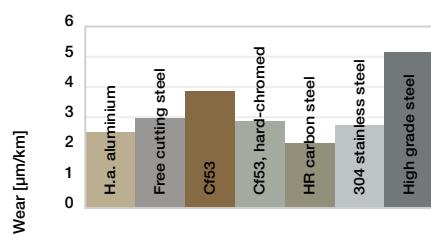


Diagram 06: Wear, rotating with different shaft materials, pressure,  $p = 1\text{MPa}$ ,  $v = 0.3\text{m/s}$

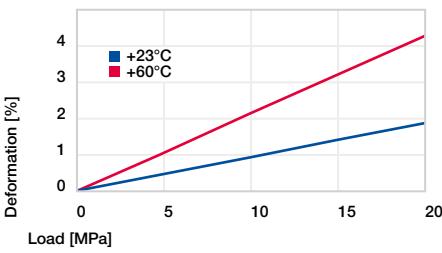


Diagram 03: Deformation under pressure and temperature

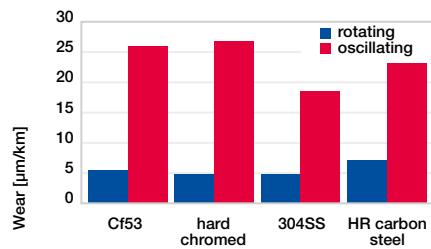


Diagram 07: Wear for rotating and oscillating applications with different shaft materials,  $p = 2\text{MPa}$

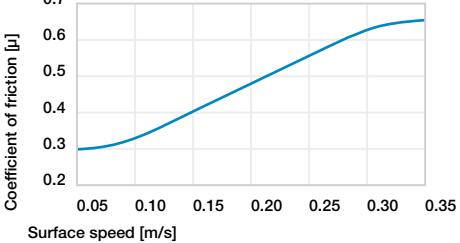
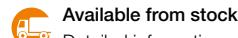


Diagram 04: Coefficient of friction as a function of the surface speed,  $p = 0.75\text{MPa}$

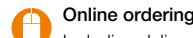
## Bearing technology | Plain bearing | iglidur® M250

d1	d1 Tolerance <sup>3)</sup>	d2	b1	Part No.
[mm]		[mm]	[mm]	h13
25.0		30.0	30.0	<b>MSM-2530-30</b>
25.0		30.0	40.0	<b>MSM-2530-40</b>
25.0		32.0	10.0	<b>MSM-2532-10</b>
25.0		32.0	12.0	<b>MSM-2532-12</b>
25.0		32.0	20.0	<b>MSM-2532-20</b>
25.0		32.0	30.0	<b>MSM-2532-30</b>
25.0		32.0	35.0	<b>MSM-2532-35</b>
25.0		32.0	40.0	<b>MSM-2532-40</b>
26.0		30.0	20.0	<b>MSM-2630-20</b>
26.0		32.0	30.0	<b>MSM-2632-30</b>
27.0		34.0	20.0	<b>MSM-2734-20</b>
27.0		34.0	30.0	<b>MSM-2734-30</b>
27.0	+0.065	34.0	40.0	<b>MSM-2734-40</b>
28.0	+0.195	32.0	20.0	<b>MSM-2832-20</b>
28.0		32.0	25.0	<b>MSM-2832-25</b>
28.0		32.0	30.0	<b>MSM-2832-30</b>
28.0		33.0	20.0	<b>MSM-2833-20</b>
28.0		36.0	20.0	<b>MSM-2836-20</b>
28.0		36.0	30.0	<b>MSM-2836-30</b>
28.0		36.0	40.0	<b>MSM-2836-40</b>
30.0		34.0	20.0	<b>MSM-3034-20</b>
30.0		34.0	25.0	<b>MSM-3034-25</b>
30.0		34.0	30.0	<b>MSM-3034-30</b>
30.0		34.0	40.0	<b>MSM-3034-40</b>
30.0		35.0	20.0	<b>MSM-3035-20</b>
30.0		35.0	40.0	<b>MSM-3035-40</b>
30.0	+0.032	38.0	3.0	<b>MSM-3038-03</b>
30.0	+0.102	38.0	4.5	<b>MSM-3038-045</b>
30.0	+0.065	38.0	4.5	<b>MSM-3038-045</b>
30.0	+0.195	38.0	4.5	<b>MSM-3038-045</b>
30.0	+0.080	38.0	17.0	<b>MSM-3038-17</b>
30.0	+0.240			

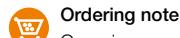
<sup>3)</sup> After press-fit. *Testing methods*, page 57



Detailed information about delivery time online.  
[www.igus.eu/24](http://www.igus.eu/24)



Including delivery times, prices, online tools  
[www.igus.eu/M250](http://www.igus.eu/M250)



Our prices are scaled according to order quantities, current prices can be found online.

### Discount scaling

1 – 9	50 – 99	500 – 999
10 – 24	100 – 199	1,000 – 2,499
25 – 49	200 – 499	2,500 – 4,999

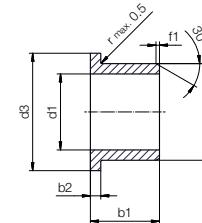
No minimum order value.

No low-quantity surcharges.

Free shipping within Germany for orders above €150.

## Bearing technology | Plain bearing | iglidur® M250

### Flange bearing (form F)



<sup>2)</sup> Thickness < 0.6mm: Chamfer = 20°

Chamfer in relation to d1

d1 [mm]	Ø 1–6	Ø 6–12	Ø 12–30	Ø > 30
f1 [mm]	0.3	0.5	0.8	1.2

Dimensions according to ISO 2795 and special dimensions

Order example: **MFM-0103-02** – no minimum order quantity.

**M250** iglidur® material **F** Flange bearing **M** Metric **01** Inner Ø d1 **03** Outer Ø d2 **02** Total length b1

d1	d1 Tolerance <sup>3)</sup>	d2	d3	b1	b2	Part No.
[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	h13 <sup>3)</sup>
1.0		3.0	5.0	2.0	1.00	<b>MFM-0103-02</b>
1.5		4.0	6.0	2.0	1.00	<b>MFM-0104-02</b>
2.0	+0.020	5.0	8.0	3.0	1.50	<b>MFM-0205-03</b>
2.5	+0.080	6.0	9.0	3.0	1.50	<b>MFM-0206-03</b>
3.0		6.0	9.0	4.0	1.50	<b>MFM-0306-04</b>
4.0		8.0	12.0	4.0	2.00	<b>MFM-0408-04</b>
4.0		8.0	12.0	6.0	2.00	<b>MFM-0408-06</b>
4.0		8.0	12.0	8.0	2.00	<b>MFM-0408-08</b>
5.0		9.0	13.0	5.0	2.00	<b>MFM-0509-05</b>
5.0		9.0	13.0	6.0	2.00	<b>MFM-0509-06</b>
5.0		9.0	13.0	8.0	2.00	<b>MFM-0509-08</b>
6.0	+0.030	8.0	12.0	4.0	1.00	<b>MFM-0608-04</b>
6.0	+0.105	8.0	12.0	8.0	1.00	<b>MFM-0608-08</b>
6.0		10.0	14.0	4.0	2.00	<b>MFM-0610-04</b>
6.0		10.0	14.0	6.0	2.00	<b>MFM-0610-06</b>
6.0		10.0	14.0	10.0	2.00	<b>MFM-0610-10</b>
6.0		11.0	14.0	4.0	2.00	<b>MFM-0611-04</b>
6.0		12.0	14.0	6.0	3.00	<b>MFM-0612-06</b>
6.0		12.0	14.0	10.0	3.00	<b>MFM-0612-10</b>
7.0		11.0	15.0	6.0	2.00	<b>MFM-0711-06</b>
7.0		11.0	15.0	8.0	2.00	<b>MFM-0711-08</b>
8.0		9.0	13.0	5.5	0.50	<b>MFM-0809-055</b>
8.0	+0.040	10.0	15.0	5.5	1.00	<b>MFM-0810-05</b>
8.0	+0.130	10.0	15.0	7.5	1.00	<b>MFM-0810-07</b>
8.0		10.0	15.0	9.5	1.00	<b>MFM-0810-09</b>
8.0		11.0	13.0	5.0	2.00	<b>MFM-0811-05</b>
8.0		11.0	13.0	8.0	2.00	<b>MFM-0811-08</b>
8.0		12.0	16.0	6.0	2.00	<b>MFM-0812-06</b>

d1	d1 Tolerance <sup>3)</sup>	d2	d3	b1	b2	Part No.
[mm]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	h13 <sup>3)</sup>
8.0		12.0	16.0	8.0	2.00	<b>MFM-0812-08</b>
8.0		12.0	16.0	12.0	2.00	<b>MFM-0812-12</b>
14.0		18.0	6.0	3.00		<b>MFM-0814-06</b>
14.0		16.0	6.0	3.00		<b>MFM-081416-06</b>
14.0		18.0	10.0	3.00		<b>MFM-0814-10</b>
14.0		16.0	10.0	3.00		<b>MFM-081416-10</b>
14.0		19.0	6.0	2.00		<b>MFM-0914-06</b>
14.0		19.0	10.0	2.00		<b>MFM-0914-10</b>
14.0		19.0	14.0	2.00		<b>MFM-0914-14</b>
12.0		18.0	7.0	1.00		<b>MFM-1012-07</b>
12.0		18.0	9.0	1.00		<b>MFM-1012-09</b>
12.0		18.0	12.0	1.00		<b>MFM-1012-12</b>
12.0	+0.040	18.0	17.0	1.00		<b>MFM-1012-17</b>
10.0	+0.130	19.0	8.0	2.00		<b>MFM-101419-08</b>
14.0		19.0	10.0	2.00		<b>MFM-1014-10</b>
14.0		19.0	12.0	1.50		<b>MFM-101419-12</b>
14.0		20.0	12.0	2.00		<b>MFM-101420-12</b>
14.0		17.5	14.0	1.00		<b>MFM-1014-14</b>
14.0		17.5	19.0	1.00		<b>MFM-1014-19</b>
14.0		17.5	24.0	1.00		<b>MFM-1014-24</b>
14.0		17.5	34.0	1.00		<b>MFM-1014-34</b>
16.0		20.0	6.0	3.00		<b>MFM-101620-06</b>
16.0		22.0	8.0	3.00		<b>MFM-1016-08</b>
16.0		22.0	10.0	3.00		<b>MFM-1016-10</b>
16.0		20.0	10.0	3.00		<b>MFM-101620-10</b>
16.0		22.0	16.0	3.00		<b>MFM-1016-16</b>

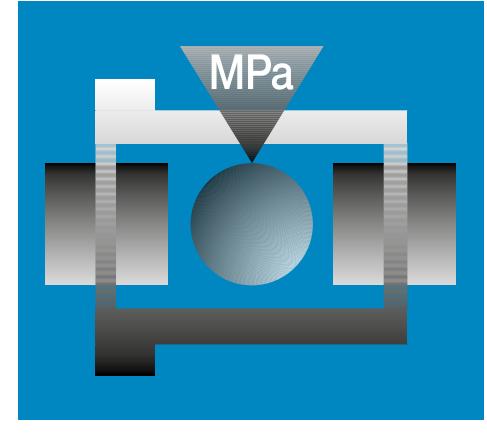
<sup>3)</sup> After press-fit. *Testing methods*, page 57

## Bearing technology | Plain bearing | iglidur® M250

d1	d1	d2	d3	b1	b2	Part No.
	Tolerance <sup>3)</sup>		d13 <sup>3)</sup>	[mm]	[mm]	
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
12.0		14.0	20.0	7.0	1.00	<b>MFM-1214-07</b>
12.0		14.0	20.0	9.0	1.00	<b>MFM-1214-09</b>
12.0		14.0	20.0	12.0	1.00	<b>MFM-1214-12</b>
12.0		14.0	20.0	17.0	1.00	<b>MFM-1214-17</b>
12.0		16.0	22.0	10.0	2.00	<b>MFM-1216-10</b>
12.0		16.0	22.0	20.0	2.00	<b>MFM-1216-20</b>
12.0		18.0	24.0	8.0	3.00	<b>MFM-1218-08</b>
12.0		18.0	22.0	10.0	3.00	<b>MFM-1218-10</b>
12.0		18.0	24.0	12.0	3.00	<b>MFM-1218-12</b>
12.0		18.0	22.0	15.0	3.00	<b>MFM-1218-15</b>
12.0		18.0	22.0	20.0	3.00	<b>MFM-1218-20</b>
13.0		15.0	20.0	14.0	2.00	<b>MFM-1315-14</b>
13.0		16.0	24.0	8.0	2.00	<b>MFM-131624-08</b>
14.0		16.0	22.0	12.0	1.00	<b>MFM-1416-12</b>
14.0		16.0	22.0	17.0	1.00	<b>MFM-1416-17</b>
14.0		20.0	25.0	7.0	3.00	<b>MFM-1420-07</b>
14.0		20.0	25.0	10.0	3.00	<b>MFM-1420-10</b>
14.0		20.0	25.0	15.0	3.00	<b>MFM-1420-15</b>
14.0		20.0	25.0	20.0	3.00	<b>MFM-1420-20</b>
15.0		17.0	23.0	9.0	1.00	<b>MFM-1517-09</b>
15.0	+0.050	17.0	23.0	12.0	1.00	<b>MFM-1517-12</b>
15.0	+0.160	17.0	23.0	17.0	1.00	<b>MFM-1517-17</b>
15.0		21.0	27.0	10.0	3.00	<b>MFM-1521-10</b>
15.0		21.0	27.0	15.0	3.00	<b>MFM-1521-15</b>
15.0		21.0	27.0	20.0	3.00	<b>MFM-1521-20</b>
15.0		21.0	27.0	25.0	3.00	<b>MFM-1521-25</b>
16.0		18.0	28.0	8.0	2.00	<b>MFM-1618-08/02</b>
16.0		18.0	24.0	12.0	1.00	<b>MFM-1618-12</b>
16.0		18.0	24.0	17.0	1.00	<b>MFM-1618-17</b>
16.0		22.0	28.0	12.0	3.00	<b>MFM-1622-12</b>
16.0		22.0	28.0	15.0	3.00	<b>MFM-1622-15</b>
16.0		22.0	28.0	20.0	3.00	<b>MFM-1622-20</b>
16.0		22.0	28.0	25.0	3.00	<b>MFM-1622-25</b>
18.0		20.0	26.0	12.0	1.00	<b>MFM-1820-12</b>
18.0		20.0	26.0	17.0	1.00	<b>MFM-1820-17</b>
18.0		20.0	26.0	22.0	1.00	<b>MFM-1820-22</b>
18.0		24.0	26.0	7.8	3.00	<b>MFM-182426-078</b>
18.0		24.0	30.0	8.0	3.00	<b>MFM-1824-08</b>
18.0		24.0	30.0	12.0	3.00	<b>MFM-1824-12</b>
18.0		24.0	30.0	18.0	3.00	<b>MFM-1824-18</b>
18.0		24.0	30.0	20.0	3.00	<b>MFM-1824-20</b>
18.0		24.0	30.0	30.0	3.00	<b>MFM-1824-30</b>

<sup>3)</sup> After press-fit. Testing methods, page 57

d1	d1	d2	d3	b1	b2	Part No.
	Tolerance <sup>3)</sup>		d13 <sup>3)</sup>	[mm]	[mm]	
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
19.0		24.0	27.0	12.0	2.00	<b>MFM-192427-12</b>
20.0		23.0	30.0	11.5	1.50	<b>MFM-2023-11</b>
20.0		23.0	30.0	16.5	1.50	<b>MFM-2023-16</b>
20.0		23.0	30.0	21.5	1.50	<b>MFM-2023-21</b>
20.0		26.0	28.0	12.0	3.00	<b>MFM-202628-12</b>
20.0		26.0	32.0	15.0	3.00	<b>MFM-2026-15</b>
20.0		26.0	32.0	20.0	3.00	<b>MFM-2026-20</b>
20.0		26.0	32.0	30.0	3.00	<b>MFM-2026-30</b>
22.0		28.0	34.0	15.0	3.00	<b>MFM-2228-15</b>
22.0		28.0	34.0	20.0	3.00	<b>MFM-2228-20</b>
22.0		28.0	34.0	30.0	3.00	<b>MFM-2228-30</b>
24.0		30.0	36.0	15.0	3.00	<b>MFM-2430-15</b>
24.0		30.0	36.0	20.0	3.00	<b>MFM-2430-20</b>
24.0		30.0	36.0	30.0	3.00	<b>MFM-2430-30</b>
24.0	+0.065	28.0	35.0	21.5	1.50	<b>MFM-2528-21</b>
25.0	+0.195	32.0	38.0	12.0	4.00	<b>MFM-2532-12</b>
25.0		32.0	38.0	15.0	4.00	<b>MFM-2532-15</b>
25.0		32.0	38.0	20.0	4.00	<b>MFM-2532-20</b>
25.0		32.0	38.0	30.0	4.00	<b>MFM-2532-30</b>
25.0		32.0	38.0	40.0	4.00	<b>MFM-2532-40</b>
27.0		34.0	40.0	20.0	4.00	<b>MFM-2734-20</b>
27.0		34.0	40.0	30.0	4.00	<b>MFM-2734-30</b>
27.0		34.0	40.0	40.0	4.00	<b>MFM-2734-40</b>
28.0		36.0	42.0	20.0	4.00	<b>MFM-2836-20</b>
28.0		36.0	42.0	30.0	4.00	<b>MFM-2836-30</b>
28.0		36.0	42.0	40.0	4.00	<b>MFM-2836-40</b>
30.0		34.0	42.0	16.0	2.00	<b>MFM-3034-16</b>
30.0		34.0	42.0	26.0	2.00	<b>MFM-3034-26</b>
30.0		35.0	44.0	20.0	4.00	<b>MFM-3035-20</b>
30.0		38.0	44.0	20.0	4.00	<b>MFM-3038-20</b>
30.0		38.0	44.0	30.0	4.00	<b>MFM-3038-30</b>
30.0		38.0	44.0	40.0	4.00	<b>MFM-3038-40</b>
30.0		38.0	44.0	40.0	4.00	<b>MFM-3038-40</b>
32.0		40.0	46.0	20.0	4.00	<b>MFM-3240-20</b>
32.0		40.0	46.0	30.0	4.00	<b>MFM-3240-30</b>
32.0		40.0	46.0	40.0	4.00	<b>MFM-3240-40</b>
35.0	+0.080	39.0	47.0	16.0	2.00	<b>MFM-3539-16</b>
35.0	+0.240	39.0	47.0	26.0	2.00	<b>MFM-3539-26</b>
40.0		44.0	52.0	30.0	2.00	<b>MFM-4044-30</b>
40.0		44.0	52.0	40.0	2.00	<b>MFM-4044-40</b>
45.0		50.0	58.0	50.0	2.00	<b>MFM-4550-50</b>



## Specialist for pivoting, rolling applications and more

Low coefficient of friction and wear on almost every shaft

### iglidur® P210



#### When to use it?

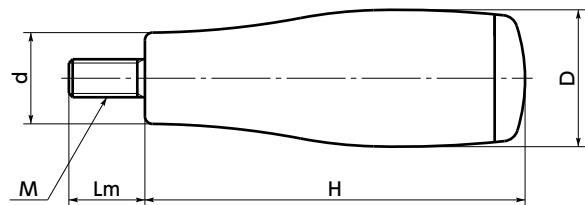
- When a universal plain bearing for use in a moist environment is required
- When a wear-resistant plain bearing for pivoting applications at medium loads is required
- When edge loads and shocks occur
- When the surface pressure of iglidur® J is insufficient



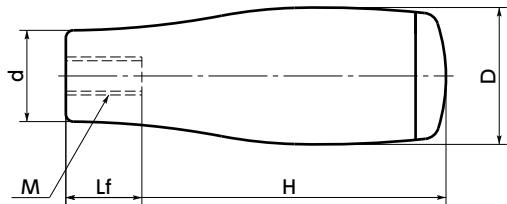
#### When not to use?

- When a plain bearing with the largest possible range of dimensions is required
- iglidur® G
- When a plain bearing for highly loaded pivoting applications is required
- iglidur® Q, iglidur® Q2
- When temperatures are higher than +100°C
- iglidur® G, iglidur® J350

**GTM** **GTMS** Male Screw



**GTF** **GTFS** Female Screw



- The thread parts made of steel and stainless steel are standardized.
- The grip and screw are integrally-molded by insert. This enhances the thread part durability.
- Screw type (male / female) and thread part material can be selected by a product code. **①**

**GTM** — Male screw / made of steel

**GTMS** — Male screw / made of stainless steel

**GTF** — Female screw / made of steel

**GTFS** — Female screw / made of stainless steel

## ● Material/Finish

RoHS Compliant

	<b>GTM</b> Male Screw	<b>GTMS</b> Male Screw	<b>GTF</b> Female Screw	<b>GTFS</b> Female Screw
Grip Part	Nylon 6 (Black)	Nylon 6 (Black)	Nylon 6 (Black)	Nylon 6 (Black)
Thread Part	SS400 Ferrosoferric Oxide Film (Black)	SUS303	S45C Trivalent Chromate Treatment	SUS303

## **GTM** **GTMS** Male Screw

Unit : mm

Part Number Steel	Part Number Stainless steel	D <b>②</b>	M <b>③</b>	Lm	d	H	Mass (g)
<b>GTM-18-M5</b>	<b>GTMS-18-M5</b>	18	M5	10	12	50	16
<b>GTM-19-M6</b>	<b>GTMS-19-M6</b>	19	M6	13	13	65	22
<b>GTM-24-M8</b>	<b>GTMS-24-M8</b>	24	M8	15	17	80	39
<b>GTM-28-M10</b>	<b>GTMS-28-M10</b>	28	M10	18	20	95	68
<b>GTM-28-M12</b>	<b>GTMS-28-M12</b>	28	M12	20	20	95	89

## **GTF** **GTFS** Female Screw

Unit : mm

Part Number Steel	Part Number Stainless steel	D <b>②</b>	M <b>③</b>	Lf	d	H	Mass (g)
<b>GTF-18-M5</b>	<b>GTFS-18-M5</b>	18	M5	10	12	50	13
<b>GTF-19-M6</b>	<b>GTFS-19-M6</b>	19	M6	12	13	65	19
<b>GTF-24-M8</b>	<b>GTFS-24-M8</b>	24	M8	16	17	80	30
<b>GTF-24-M10</b>	<b>GTFS-24-M10</b>	24	M10	20	17	80	43
<b>GTF-28-M10</b>	<b>GTFS-28-M10</b>	28	M10	20	20	95	58
<b>GTF-28-M12</b>		28	M12	24	20	95	66

## ● Part number specification

**GTM-18-M5**

**①** **②** **③**

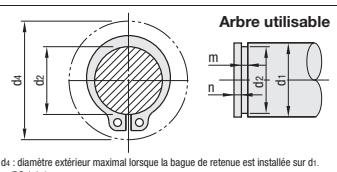
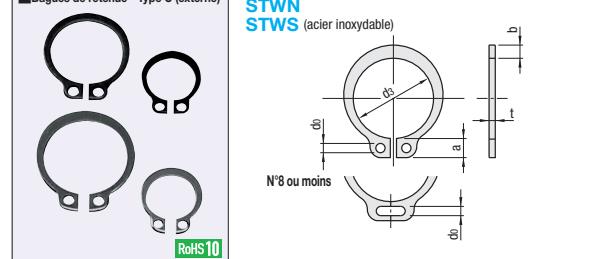
Cleanroom Wash & Packaging → P.792	Vibration Resistant → P.795	Laser Marking → P.806	Modification of Shaft Hole Diameter → P.800
Not Available	Male screw only/ Add'l charge	Available / Add'l charge	Not Available

# Bagues de retenue - Type C (externe)/Type E

# Bagues de retenue - Type C (interne) / Pince pour bague de retenue

En cas de commande de grandes quantités, un lot de plusieurs boîtes est plus économique. [P.273](#)

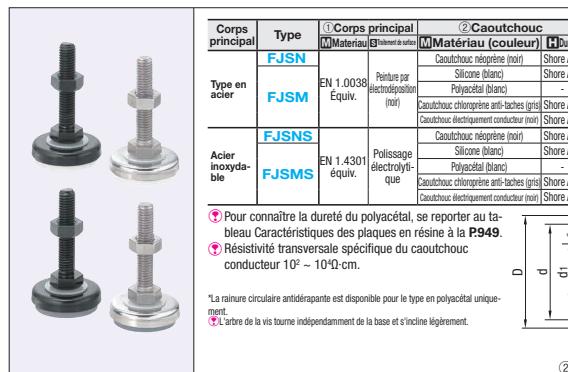
## ■Bagues de retenue - Type C (externe)



Type	Matiériaux	Dureté
STWN	Acier à ressort	44-53HRC
STWS	EN 1.4301 (CSP) équiv.	36-44HRC

Référence pièce	Bague de retenue					Référence	Arbre utilisable (référence)					Prix unitaire	Remise sur volume	Prix unitaire	Remise sur volume		
	Type	N°	$d_4$	Tolérance	$t$	Tolérance	b	Tolérance	a	Tolérance	$d_3$	$d_1$	$d_2$	Tolérance	m	Tolérance	n (Min.)
STWN	3	2.7	0.25	+0.025	0.5	+0.1	0.7	-0.05	0.9	-0.05	3	2.85	0.35	-0.05	0.3		
	4	3.7	-0.15	0.4	+0.04	0.9	+0.2	2.2	-0.05	10.5	5	4.8	-0.04	0.7	+0.10	0	
	5	4.7	-0.15	0.6	+0.04	1.2	+0.2	2.4	-0.05	12	6	5.7	-0.04	0.8	+0.10	0.5	
	6	5.6	+0.06	0.8	+0.04	1.3	+0.2	2.6	-0.05	14	7	6.7	-0.06	0.9	+0.10	0.6	
	7	6.5	-0.02	0.8	+0.04	1.4	+0.3	3	-0.05	15	8	7.6	-0.06	1.0	+0.10		
	8	7.4	-0.02	0.8	+0.04	1.6	+0.3	3	-0.05	17	9	8.5	-0.06	1.1	+0.10		
	9	8.3	-0.02	0.8	+0.03	0.7	+0.1	1.4	-0.05	19	10	9.6	-0.06	1.2	+0.10		
	10	9.3	-0.02	0.8	+0.03	2	+0.1	1.2	-0.05	21	11	10.5	-0.06	1.3	+0.10		
	11	10.2	-0.02	0.8	+0.03	2.1	+0.1	1.5	-0.05	23	12	11.5	-0.06	1.4	+0.10		
	12	11.1	-0.02	0.8	+0.03	3.3	+0.1	2.0	-0.05	25	13	12.4	-0.06	1.5	+0.10		
STWS (acier inoxydable)	13	12	-0.02	0.8	+0.03	3.4	+0.1	2.4	-0.05	27	14	13.4	-0.06	1.6	+0.10		
	14	12.9	-0.02	0.8	+0.03	3.5	+0.1	2.3	-0.05	29	15	14.3	-0.06	1.7	+0.10		
	15	13.8	-0.02	0.8	+0.03	3.6	+0.1	2.4	-0.05	31	16	15.2	-0.06	1.8	+0.10		
	16	14.7	-0.02	0.8	+0.03	3.7	+0.1	2.5	-0.05	33	17	16.2	-0.06	1.9	+0.10		
	17	15.7	-0.02	0.8	+0.03	3.8	+0.1	2.6	-0.05	35	18	17.2	-0.06	2.0	+0.10		
	18	16.5	-0.02	0.8	+0.03	3.9	+0.1	2.7	-0.05	37	19	18.2	-0.06	2.1	+0.10		
	19	17.5	-0.02	0.8	+0.03	4	+0.1	2.8	-0.05	39	20	19.5	-0.06	2.2	+0.10		
	20	18.5	-0.02	0.8	+0.03	4.1	+0.1	3	-0.05	41	21	21	-0.06	2.3	+0.10		
	21	19.5	-0.02	0.8	+0.03	4.2	+0.1	3.3	-0.05	43	22	22	-0.06	2.4	+0.10		
	22	20.5	-0.02	0.8	+0.03	4.3	+0.1	3.4	-0.05	45	23	23	-0.06	2.5	+0.10		
STWN	23	21.4	-0.02	0.8	+0.03	4.4	+0.1	3.5	-0.05	47	24	24	-0.06	2.6	+0.10		
	24	22.2	-0.02	0.8	+0.03	4.5	+0.1	3.6	-0.05	49	25	25	-0.06	2.7	+0.10		
	25	23.2	-0.02	0.8	+0.03	4.6	+0.1	3.7	-0.05	51	26	26	-0.06	2.8	+0.10		
	26	24.2	-0.02	0.8	+0.03	4.7	+0.1	3.8	-0.05	53	27	27	-0.06	2.9	+0.10		
	27	25.9	-0.02	0.8	+0.03	4.8	+0.1	3.9	-0.05	55	28	28	-0.06	3.0	+0.10		
	28	26.9	-0.02	0.8	+0.03	4.9	+0.1	4.0	-0.05	57	29	29	-0.06	3.1	+0.10		
	29	27.9	-0.02	0.8	+0.03	5	+0.1	4.1	-0.05	59	30	30	-0.06	3.2	+0.10		
	30	29.6	-0.02	0.8	+0.03	5.1	+0.1	4.2	-0.05	61	31	31	-0.06	3.3	+0.10		
	31	32.2	-0.02	0.8	+0.03	5.2	+0.1	4.3	-0.05	63	32	32	-0.06	3.4	+0.10		
	32	34.2	-0.02	0.8	+0.03	5.3	+0.1	4.4	-0.05	65	33	33	-0.06	3.5	+0.10		
STWS (acier inoxydable)	33	35.2	-0.02	0.8	+0.03	5.4	+0.1	4.5	-0.05	67	34	34	-0.06	3.6	+0.10		
	34	37.2	-0.02	0.8	+0.03	5.5	+0.1	4.6	-0.05	69	35	35	-0.06	3.7	+0.10		
	35	39.2	-0.02	0.8	+0.03	5.6	+0.1	4.7	-0.05	71	36	36	-0.06	3.8	+0.10		
	36	41.2	-0.02	0.8	+0.03	5.7	+0.1	4.8	-0.05	73	37	37	-0.06	3.9	+0.10		
	37	43.2	-0.02	0.8	+0.03	5.8	+0.1	4.9	-0.05	75	38	38	-0.06	4.0	+0.10		
	38	45.2	-0.02	0.8	+0.03	5.9	+0.1	5	-0.05	77	39	39	-0.06	4.1	+0.10		
	39	47.2	-0.02	0.8	+0.03	6	+0.1	5.1	-0.05	79	40	40	-0.06	4.2	+0.10		
	40	49.2	-0.02	0.8	+0.03	6.1	+0.1	5.2	-0.05	81	41	41	-0.06	4.3	+0.10		
	41	51.2	-0.02	0.8	+0.03	6.2	+0.1	5.3	-0.05	83	42	42	-0.06	4.4	+0.10		
	42	53.2	-0.02	0.8	+0.03	6.3	+0.1	5.4	-0.05	85	43	43	-0.06	4.5	+0.10		
STWN	43	55.2	-0.02	0.8	+0.03	6.4	+0.1	5.5	-0.05	87	44	44	-0.06	4.6	+0.10		
	44	57.2	-0.02	0.8	+0.03	6.5	+0.1	5.6	-0.05	89	45	45	-0.06	4.7	+0.10		
	45	59.2	-0.02	0.8	+0.03	6.6	+0.1	5.7	-0.05	91	46	46	-0.06	4.8	+0.10		
	46	61.2	-0.02	0.8	+0.03	6.7	+0.1	5.8	-0.05	93	47	47	-0.06	4.9	+0.10		
	47	63.2	-0.02	0.8	+0.03	6.8	+0.1	5.9	-0.05	95	48	48	-0.06	5.0	+0.10		
	48	65.2	-0.02	0.8	+0.03	6.9	+0.1	6	-0.05	97	49	49	-0.06	5.1	+0.10		
	49	67.2	-0.02	0.8	+0.03	7	+0.1	6.1	-0.05	99	50	50	-0.06	5.2	+0.10		
	50	69.2	-0.02	0.8	+0.03	7.1	+0.1	6.2	-0.05	101	51	51	-0.06	5.3	+0.10		
	51	71.2	-0.02	0.8	+0.03	7.2	+0.1	6.3	-0.05	103	52	52	-0.06	5.4	+0.10		
	52	73.2	-0.02	0.8	+0.03	7.3	+0.1	6.4	-0.05	105	53	53	-0.06	5.5	+0.10		
STWS (acier inoxydable)	53	75.2	-0.02	0.8	+0.03	7.4	+0.1	6.5	-0.05	107	54	54	-0.06	5.6	+0.10		
	54	77.2	-0.02	0.8	+0.03	7.5	+0.1	6.6	-0.05	109	55	55	-0.06	5.7	+0.10		
	55	79.2	-0.02	0.8	+0.03	7.6	+0.1	6.7	-0.05	111	56	56	-0.06	5.8	+0.10		
	56	81.2	-0.02	0.8	+0.03	7.7	+0.1	6.8	-0.05	113	57	57	-0.06	5.9	+0.10		
	57	83.2	-0.02	0.8	+0.03	7.8	+0.1	6.9	-0.05	115	58	58	-0.06	6.0	+0.10		
	58	85.2	-0.02	0.8	+0.03	7.9	+0.1	7	-0.05	117	59	59	-0.06	6.1	+0.10		
	59	87.2	-0.02	0.8	+0.03	8	+0.1	7.1	-0.05	119	60	60	-0.06	6.2	+0.10		
	60	89.2	-0.02	0.8	+0.03	8.1	+0.1	7.2	-0.05	121	61	61	-0.06	6.3	+0.10		
	61	91.2	-0.02	0.8	+0.03	8.2	+0.1	7.3	-0.05	123	62	62	-0.06	6.4	+0.10		
	62	93.2	-0.02	0.8	+0.03	8.3	+0.1	7.4	-0.05	125	63	63	-0.06	6.5	+0.10		
STWN	63	95.2	-0.02	0.8	+0.03	8.4	+0.1	7.5	-0.05	127	64	64	-0.06	6.6	+0.10		
	64	97.2	-0.02	0.8	+0.03	8.5	+0.1	7.6	-0.05	129	65	65	-0.06	6.7	+0.10		
	65	99.2	-0.02	0.8	+0.03	8.6	+0.1	7.7	-0.05	131	66	66	-0.06	6.8	+0.10		
	66	101.2	-0.02	0.8	+0.03	8.7	+0.1	7.8	-0.05	133	67	67	-0.06	6.9	+0.10		
	67	103.2	-0.02	0.8	+0.03	8.8	+0.1	7.9	-0.05	135	68	68	-0.06	7.0	+0.10		
	68	105.2	-0.02	0.8	+0.03	8.9	+0.1	8	-0.05	137	69	69	-0.06	7.1	+0.10		
	69	107.2	-0.02	0.8	+0.03	9	+0.1	8.1	-0.05	139	70						

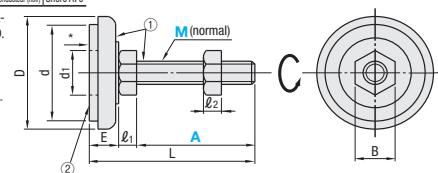
# Supports de nivellation à base en caoutchouc



Corps principal	Type	Corps principal Matériau	Traitement de surface	Caoutchouc	
				Matière (couleur)	Houle
	FJSN	Caoutchouc néoprène (noir)	Shore A80	8	40
Type en acier	FJSN	Peinture par électroposition (noir)	EN 1.0038 Equiv.	10	40
	FJSMS	Caoutchouc chloropène anti-taches (gris)	Shore A70	12	50
	FJSMS	Polyacétal (blanc)	-	16	60
	FJSMS	Caoutchouc électriquement conducteur (noir)	Shore A70	20	60
	FJSMS	Caoutchouc néoprène (noir)	Shore A70		
Aacier inoxydable	FJSNS	Polissage électrolytique	EN 1.4301		
	FJSMS	Caoutchouc chloropène anti-taches (gris)	-		
	FJSMS	Caoutchouc électriquement conducteur (noir)	Shore A70		

M	D	d	d1	l1	l2	E	B
8	40	35.5	10	5.5	6.5	13.5	17
10	40	(18)	7	8	-	-	-
12	50	45.5	15	8	10	16	19
16	60	55.5	20	10	13	17	24
20	60	(26)	13	16	-	-	30

Les valeurs entre ( ) sont pour les dimensions d1 et E de FJSN et FJSMS.



Pour connaître la dureté du polyacétal, se reporter au tableau Caractéristiques des plaques en résine à la P949.

Résistance transversale spécifique du caoutchouc conducteur  $10^2 \sim 10^4$  cm.

La rainure circulaire antidérapante est disponible pour le type en polyacétal uniquement.

L'arbre de la vis tourne indépendamment de la base et s'incline légèrement.

## Type en acier

Référence pièce	Type	M-A	FJSN	L	Charge verticale admissible (kN)	Masse (g)	Prix unitaire			
							FJSN	S (silicone)	P (polyacétal)	C (chloropène)
	8-60				79	80				
	10-50				70.5	110				
	10-75				95.5	135				
	12-70				94	160				
FJSN	12-100				124	190				
	16-70				97	290				
	16-100				127	340				
	20-100				130	440				
	20-130				160	510				

Le type de caoutchouc ne peut pas être sélectionné pour FJSN (caoutchouc néoprène uniquement).

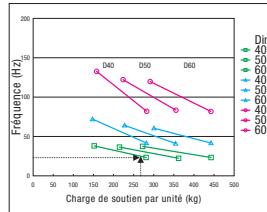
## Aacier inoxydable

Référence pièce	Type	M-A	FJSMS	L	Charge verticale admissible (kN)	Masse (g)	Prix unitaire			
							FJSNS	S (silicone)	P (polyacétal)	C (chloropène)
	8-60				79	80				
	10-50				70.5	110				
	12-70				94	160				
FJSNS	16-70				97	290				
	20-100				130	440				
	20-130				160	510				

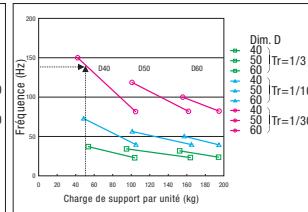
Le type de caoutchouc ne peut pas être sélectionné pour FJSNS (caoutchouc néoprène uniquement).

Ordering Example: Référence pièce - Matériau caoutchouc  
FJSN12-100  
FJSN12-100 - S

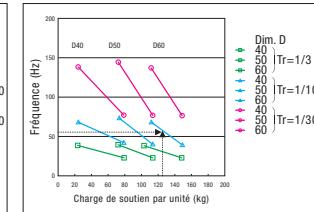
## Effet antivibrations du caoutchouc néoprène



## Effet antivibrations du caoutchouc de silicium



## Effet antivibrations du caoutchouc chloropène anti-taches / du caoutchouc conducteur



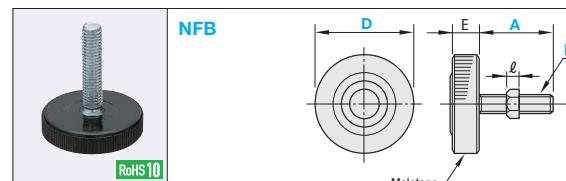
Ex. Si FJSN10-75 est sélectionné avec une charge supportée de 260kg par pied, la transmissibilité des vibrations de 25Hz ou plus diminue jusqu'à 1/3 ou moins.

Ex. Si FJSN10-75-S est sélectionné avec une charge supportée de 50kg par pied, la transmissibilité des vibrations de 140Hz ou plus diminue jusqu'à 1/10 ou moins.

Les données d'antivibrations ne sont pas disponibles pour le type en polyacétal étant donné qu'il s'agit de résine.

Les chiffres montrés ci-dessus sont tous des valeurs calculées et ne sont pas garantis.

# Supports de nivellation de table



Les vis et les pieds sont intégrés. Ecrou hexagonal inclus.

Référence pièce	M filage normal	A	l	E	Charge admissible (kN)	M	Prix unitaire
NFB	20	5	14	18	28	4	0.7
	6	17	22	27	32	5	1.0
	6	17	22	27	32	5	1.2
	8	21	26	31	36	6.5	1.8
	8	21	26	31	36	6.5	2.0
	10	25	30	35	40	8	2.1

Matériau : Résine PP (pied)  
EN 1.0038 Equiv. (filage)  
Traitement de surface : chrome trivalent

Ordering Example: NFB30 - 6 - 27

Caractéristiques : nouveau produit avec fonction de nivellation. Moins glissant que les produits existants.

Référence pièce	Type à serrage	NFBG

Matériau : Bas Boulon Boulon  
Corps principal : Polyacétal Elastomère JIS-SWCH Galvanisation au zinc

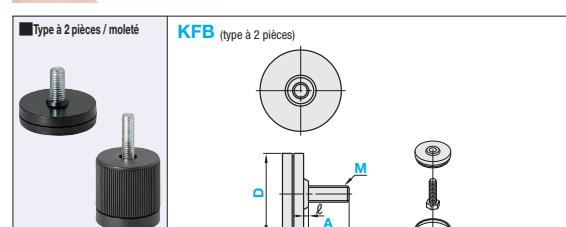
Ordering Example: NFBG32 - 6 - 25 - W

Spécification  
NFBG  
6kg 2kg

Trois fois moins glissant que le type NFB existant.

## Conditions du test

- Bureau (plaqué supérieure en acier)
- 4 pièces utilisées pour une charge de 9.5kg
- La force à partir de laquelle il commence à glisser est mesurée à l'aide d'une jauge Push-Pull.



Le filage et le pied peuvent être séparés, ce qui est pratique pour la mise au rebut.

Référence pièce	M (Normal)	A	l	E	Charge admissible (kN)	Masse (g)	Prix unitaire
KFB	40	8	2	11	0.28	24	
	50	10	3	13	0.28	28	
	60	12	15			30	
	40A	8	24				
	40B	8	32				
	50A	10	25.5				
	50B	10	32				
	60	10	26				

Ordering Example: KFB50 - 10 - 25

Matériau : Corps principal : Résine ABS Bas : Polyamide Boulon : Polyuréthane JIS-SWRM Galvanisation au zinc

Ordering Example: KFB50 - 10 - 25

Matériau : Corps principal : Résine ABS Bas : Polyamide Boulon : Polyuréthane JIS-SWRM Galvanisation au zinc

# Références en ligne

- [Mik] MIKE1024. Geneva mechanism 6spoke animation.gif. URL : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geneva\\_mechanism\\_6spoke\\_animation.gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geneva_mechanism_6spoke_animation.gif). Domaine public (cf. p. 3, 9).
- [LS] B. LACOUR et S. SOUBIELLE. “Epluche-Carottes”. URL : [https://moodle.epfl.ch/pluginfile.php/2879314/mod\\_resource/content/5/ME-102-107%20Projet%20EPFL%202022.pdf](https://moodle.epfl.ch/pluginfile.php/2879314/mod_resource/content/5/ME-102-107%20Projet%20EPFL%202022.pdf). (accès Tequila requis) (cf. p. 4).
- [Tec] TECHNOARGIA. Roue libre cliquet.svg. URL : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roue\\_libre\\_cliquet.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Roue_libre_cliquet.svg). Domaine public (cf. p. 10).
- [Misa] MISUMI. FSSFJGC-D10-L160-T23-N10-S23. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/110300007370/?HissuCode=FSSFJGC-D10-L160-T23-N10-S23>. Tige interlame (cf. p. 23).
- [Lém] Ressorts du LÉMAN. CI 0.90/59.70. URL : <https://www.ressortsduleman.ch/catalogue/ressorts/ressorts-compression-din> (cf. p. 24).
- [Misb] MISUMI. SSPSR2-6. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/110300257360/?HissuCode=SSPSR2-6> (cf. p. 27).
- [Misc] MISUMI. NFB30-6-22-5. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/110302287110/> (cf. p. 30).
- [Igu] IGUS. MFM-101419-12-421. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/221000491481/> (cf. p. 32).
- [Misd] MISUMI. GTM-24-M8. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/221000130357/> (cf. p. 35).
- [Mise] MISUMI. NETWS4. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/110300258420> (cf. p. 35).

# Pièces de fournisseurs

- [Misa] MISUMI. FSSFJGC-D10-L160-T23-N10-S23. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/110300007370/?HissuCode=FSSFJGC-D10-L160-T23-N10-S23>. Tige interlame (cf. p. 23).
- [Lém] Ressorts du LÉMAN. CI 0.90/59.70. URL : <https://www.ressortsduleman.ch/catalogue/ressorts/ressorts-compression-din> (cf. p. 24).
- [Misb] MISUMI. SSPSR2-6. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/110300257360/?HissuCode=SSPSR2-6> (cf. p. 27).
- [Misc] MISUMI. NFB30-6-22-5. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/110302287110/> (cf. p. 30).
- [Igu] IGUS. MFM-101419-12-421. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/221000491481/> (cf. p. 32).
- [Misd] MISUMI. GTM-24-M8. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/221000130357/> (cf. p. 35).
- [Mise] MISUMI. NETWS4. URL : <https://fr.misumi-ec.com/vona2/detail/110300258420> (cf. p. 35).

# Articles

- [CDG20] Ninghe M. CAI, Julius P. A. DEWALD et Netta GURARI. «Accuracy of older adults in judging self-generated elbow torques during multi-joint isometric tasks». In : Nature (août 2020). DOI : <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69470-5> (cf. p. 16).

# Livres

[Nor18] Association Suisse de NORMALISATION (SNV). « Extrait de Normes 2018 ». In : Swissmem, SNV, 2018. Chap. 5.6, p. 366-367 (cf. p. [36](#)).