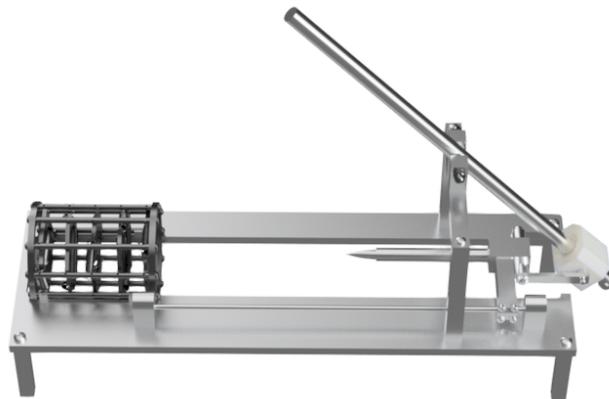




Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

Epluche Carottes



Projet de Construction Mécanique

Génie Mécanique, BA2

Groupe n°25

Vendredi 3 Juin, 2022

Adrian Cardaba (344144); Calvin Pluim (339639); Arda Ozdogan (346585);
Gaspard Smith-Vaniz (339901)

Encadré par B. Lacour et S. Soubielle.

Table des matières :

I - Présentation du projet:	4
1 - Introduction	4
2 - Cahier des charges	5
3 - Tableau de spécifications:	7
4 - Description et analyse des options	8
5 - Tableau de comparaison des options	11
II - Analyse du mécanisme choisi	12
1 - Fonctionnement du concept	12
2 - Résultats expérimentaux	14
3 - Force, puissance et rendements	16
4 - Calculs de dimensions	19
5 - Calculs de cisaillement des vis	25
6 - Analyse des risques de blocage du système	26
7 - Torsion et cisaillement des axes	27
III - Choix des matériaux	29
IV - Dimensions finales	32
V - Assemblage des pièces	34
1 - Tolérances d'ajustements	34
2 - Assemblage du mécanisme	37
3 - Mode d'emploi	44
VI - Conclusion	45
VII - Annexes	47
Bibliographie	47
Remerciements	47
Inventaire des pièces	47
Répertoire de pièces achetées	48
Modifications aux pièces achetées	50

I - Présentation du projet:

I - Introduction

L'objectif du projet présenté dans ce dossier est d'étudier et de concevoir un épluche carottes mécanique. Il est fondamental de réaliser le projet en respectant le cahier des charges soumis. En effet, l'épluche carottes en question doit être utilisable dans un environnement de cuisine domestique, une condition qui impose certaines contraintes. La machine rendue doit être relativement légère (jusqu'à 8 kg), et peu encombrante. L'éplucheur est activé de manière manuelle par l'utilisateur, et le mouvement d'action ne peut être parallèle à l'axe longitudinal de la carotte. Enfin, le système doit être relativement sécurisé, et la partie en contact avec la carotte doit être facilement lavée et rincée.

Ce dossier constitue le développement, l'étude et la justification de la solution proposée par le groupe. Il inclut les premières solutions imaginées, le fonctionnement du système proposé, l'étude des dimensions et de la physique de chaque pièce. Enfin, ce rapport inclut un procédé d'assemblage et un mode d'emploi pour les utilisateurs.

« 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 des 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 :
 - o Longueur de la carotte (hors fanes et extrémités) : comprise entre 100 et 200mm.
 - o Diamètre minimum de la carotte = 20mm.
 - o 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.

Ces spécifications donnent de nombreuses contraintes qui nous permettent de commencer à préciser les détails du mécanisme. On identifie facilement les points les plus importants auxquels s'adapter. Par exemple, la variabilité du diamètre des carottes impose une certaine flexibilité quant au positionnement de la ou des lame(s). De plus, cette flexibilité devrait pouvoir permettre une adaptation aux irrégularités topologiques mentionnées. Le mécanisme devant être entièrement actionné à la main élimine toute possibilité d'alimentation électrique ou autre, et son axe de mouvement ne pouvant pas être celui de la carotte impose une conversion de mouvements d'un axe vers un autre ou d'un mouvement rotationnel en linéaire. La lame est fournie, et le mécanisme conçu devra ainsi fonctionner avec. Enfin, étant donné que l'on peut considérer les carottes précédemment coupées et lavées, il n'est pas nécessaire de s'inquiéter à faire un mécanisme qui fait ces actions. Le reste des spécifications nous donne des restrictions sur le type de vis utilisable, les matériaux etc...

Il y a ainsi amplement assez d'informations pour en tirer un tableau de spécifications.

3 - Tableau de spécifications:

Objet	Spécifications	Dimensions associées
Carottes	<ul style="list-style-type: none"> - Diamètre compris entre 20 et 45 mm. - Longueur comprise entre 100 et 200 mm. - Irrégularités topologiques continues de jusqu'à 2mm. - Considérées comme coupées aux extrémités et lavées au préalable. 	Débattement entre lames allant de 18 à 45 mm au moins.
Actionnement	<ul style="list-style-type: none"> - Manuel uniquement, une seule personne : une main devant être disponible pour maintenir le mécanisme. - L'axe doit être différent de l'axe longitudinal de la carotte 	Force ergonomique pour un humain, inférieure à 70N (valeur supérieure).
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> - Limités aux matériaux que l'on peut utiliser en usinage. - Pour les pièces en contact avec les carottes, doivent être des matériaux considérés acceptable pour le contact avec des aliments. 	<p>Risques de déformation élastique évités - limite élastique élevée.</p> <p>Permettent de demeurer sous le poids de la contrainte.</p>
Masse et dimensions	<ul style="list-style-type: none"> - Masse inférieure à 8 kg. - Doit être rangeable dans une armoire de cuisine (dimensions raisonnables). 	<p>Masse totale inférieure à 8 kg</p> <p>Dimensions inférieures à 60x40x60 (LxlxH)</p>
Epluchage	<ul style="list-style-type: none"> - La carotte doit être épluchée sur sa longueur entière. - La lame doit fonctionner pour toute carotte de diamètre inclus dans la fourchette donnée. - La lame doit s'adapter aux imperfections topologiques de l'ordre de 2 mm. 	<p>Capacité d'épluchage de 200 mm en longueur et sur un périmètre de</p> $2 \cdot \pi \cdot R = 140mm$

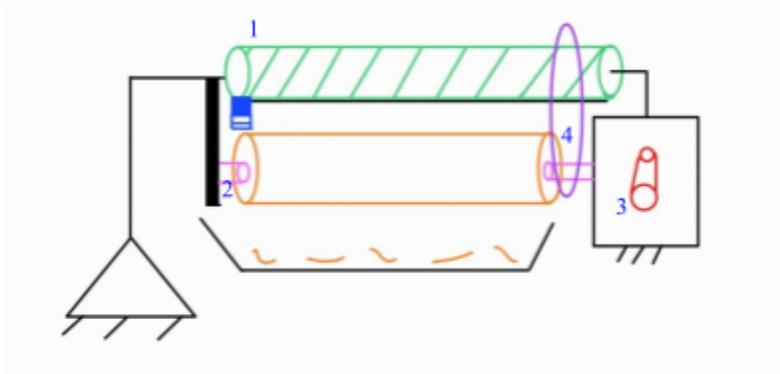
	<ul style="list-style-type: none"> - La lame utilisée doit nécessairement être celle fournie. 	
Utilisation quotidienne	<ul style="list-style-type: none"> - La sécurité des utilisateurs doit être assurée à toute étape de l'utilisation - Les éléments en contact avec la carotte doivent être démontables et lavables relativement facilement. - Les épluchures de carottes doivent être évacuées du mécanisme pour être disposées. 	
Pièces d'assemblage	<ul style="list-style-type: none"> - Toutes les pièces du plan doivent être usinées en 3 axes. - Le diamètre minimal de toutes pièces d'assemblage est 4 mm, 2 mm pour les goupilles et vis sans tête. 	Diamètre des trous, vis et goupilles supérieur à 4 mm

4 - Description et analyse des options

Options de mécanisme

Le cahier de charges nous a permis dès le début du projet de conceptualiser les différentes options de mécanismes qui permettraient de répondre à toutes les spécifications. Ainsi, au cours du développement du projet, notre groupe a vu plusieurs itérations d'idées avant d'opter pour celui qui sera présenté plus bas. Ces idées étaient portées par une analyse des options pré-existantes sur le marché, ainsi que la nécessité de répondre au cahier de charges. Certains étant plus adaptés que d'autres, notre analyse nous a poussé à laisser de côté celles qui ne répondaient pas le mieux aux spécifications apportées.

Troisième concept

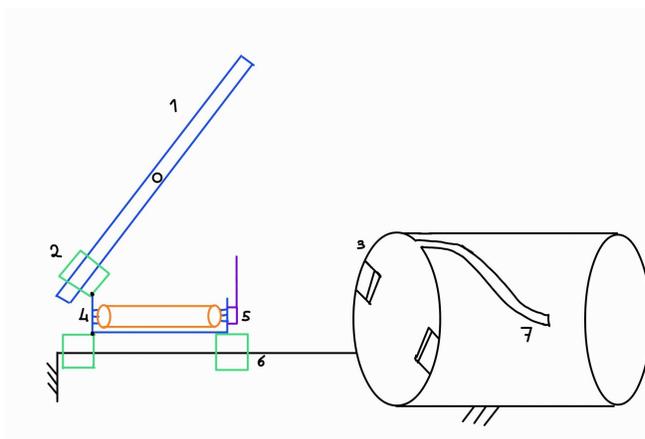


Une vis infinie (1) entraîne l'avancement de la lame, qui elle est désormais perpendiculaire à l'axe longitudinal de la carotte. De manière synchronisée à l'avancement de la lame, la carotte tourne sur elle-même (selon son axe longitudinal).

On obtient ainsi un système de serrage de carotte (2) (soit par ressorts, soit par vissage) actionné en rotation longitudinale par une manivelle et une boîte à engrenages (3) et synchronisé à l'avancement de la lame selon l'axe de la vis infinie par une courroie (4).

Le montage de la lame par rapport à la carotte permet d'économiser en place dans la cuisine. Cependant, l'unique lame limite forcément la rapidité de l'épluchage. Le positionnement de la lame lui donne aussi peu de flexibilité pour s'adapter aux imperfections topologiques.

Quatrième concept

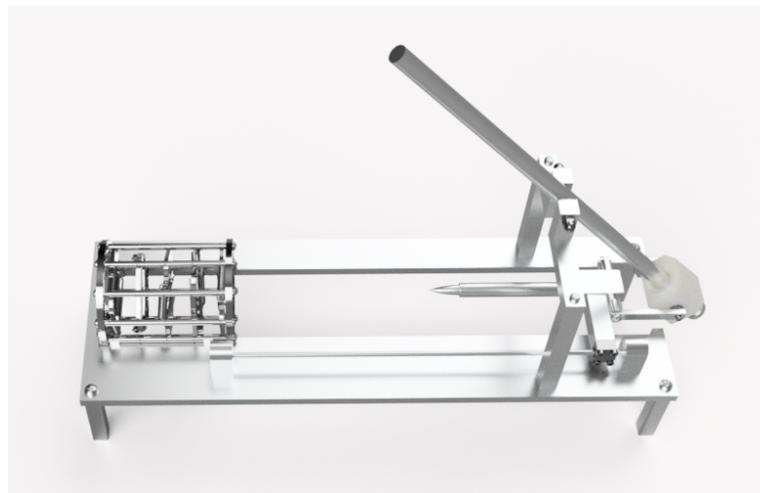


Un levier (1) initialement à un angle de 45° avec l'horizontale, sur lequel sera monté un roulement linéaire (2). Un cylindre (3) contenant deux lames installées de manière symétrique sera fixé au mécanisme. La carotte sera elle installée sur un système de serrage (4). Ce système permet la rotation de la carotte selon son axe longitudinal *dans un sens uniquement* grâce à des roulements

unidirectionnels (5). Un rail (6) avec un roulement linéaire permettra de bloquer tout mouvement selon l'axe Y, contraignant donc la carotte à un seul axe. A chaque avancée, le système serre-carotte serait en rotation *libre* contraint par des gorges (7) dans le cylindre à lames. C'est au retour du serre carotte (dans la direction qui n'épluche pas) que le système serre-carotte tourne cette fois en transmettant la rotation à la carotte.

L'ensemble du système de serrage pour la carotte et de rotation unidirectionnelle rendent le système très complexe. La présence de seulement deux lames force un nombre d'allers retours. Il est pourtant possible d'éliminer ces complexités et désavantages.

Cinquième concept



Celui-ci combine divers éléments des concepts précédents. En se basant largement sur le quatrième concept, une réflexion plus avancée a permis de prendre la décision que le système de rotation de la carotte de ce système pourrait être éliminé. En effet, en utilisant le même cylindre que le premier concept (monté avec une dizaine de

lames), il est possible de conserver des idées relatives au quatrième concept tout en diminuant la complexité du mécanisme et la durée d'épluchage. Ainsi, plus besoin de fixer la carotte en la serrant, mais à la place une simple pique qui pousse la carotte à travers le squelette de cylindre directement. Plus besoin de faire tourner la carotte, car celle-ci est épluchée en un aller simple. Le nouveau mécanisme ressemble alors aussi au premier concept, tout en éliminant la complexité des engrenages et le désavantage de taille du poussoir, remplacés par un levier et des guidages linéaires.

5 - Tableau de comparaison des options

	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Concept 4	Concept 5
Encombrement (longueur)	65-70 cm	25 cm à 30cm	Environ 30cm	55-60cm	Environ 50cm
Rapidité d'épluchage	1 aller (lent)	10 allers retours minimum	1 aller (lent)	5 allers retours minimum	1 aller (rapide)
Sécurité	Les lames sont protégées par un cylindre, pas de danger	Les lames sont protégées par un cylindre, pas de danger	La lame est exposée, possibilité de se couper en	Les lames sont protégées par un cylindre, pas de danger	Les lames sont dans un squelette de cylindre, danger raisonnable.

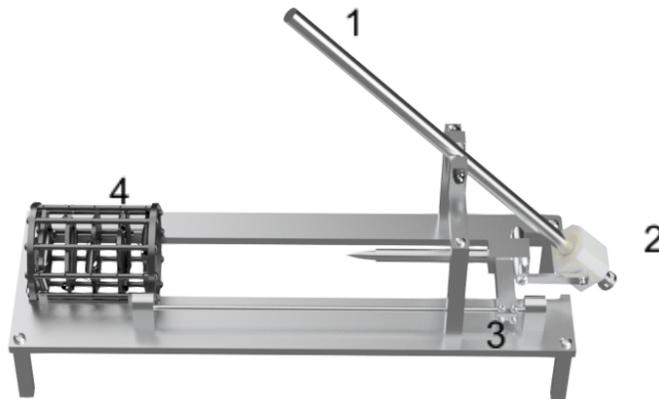
			installant la carotte		
Complexités d'implémentation	Boîte à engrenages, Cylindre à lames	Rigidité de la lame selon la carotte, Boîte à engrenages, Rotation de la carotte	Boîte à engrenages, Rotation synchronisée	Serre-carotte, Rotation fixée par avance, Roulement unidirectionnel, Cylindre à lame	Cylindre à lames

Finalement, afin de maximiser la performance, la facilité d'utilisation, la rapidité, tout en minimisant la complexité d'implémentation, la cinquième option semble la meilleure.

Cette étude des possibilités nous a permis de considérer toutes les options, et enfin choisir un mécanisme maximisant l'ensemble des éléments du cahier des charges. Le concept choisi étant le dernier considéré est une preuve qu'une période de réflexion et de considération permet de raffiner le design choisi.

II - Analyse du mécanisme choisi

1 - Fonctionnement du concept



Fonctionnement général:

Le concept final consistera alors en un levier (1) connecté à deux roulements à bille (2 et 3) (un sur le levier, un sur un rail de guidage horizontal) permettant de pousser la carotte sur un axe horizontal. La carotte sera alors poussée à travers un cylindre (4) comportant une dizaine de lames, permettant d'éplucher la carotte entière en un aller simple. L'utilisateur pourra alors récupérer sa carotte épluchée de l'autre côté du cylindre.

Ce système conserve la rapidité d'utilisation, conserve des dimensions raisonnables pour un plan de travail de cuisine. Il est aussi simple à implémenter, car il élimine les besoins d'engrenages, de roulements unidirectionnels etc.

Composants du mécanisme:



Levier:

Le levier a pour but de transmettre l'action rotative de l'utilisateur à la carotte. Il sera dimensionné de manière à ce que la distance horizontale entre sa position initiale (à 45° de l'horizontale) et sa position finale (à -45°) soit égale à la distance nécessaire d'avancer la carotte afin de l'éplucher entièrement.



Roulements linéaires:

Ceux-ci ont pour objectif de transformer un mouvement circulaire (décrit par le levier) en un mouvement de translation horizontale nécessaire à pousser la carotte à travers le cylindre. On a alors un guide linéaire sur le levier, qui permet de maintenir la composante de force horizontale à une position verticale constante. On a aussi un guide linéaire sur un rail horizontal, connecté au premier, permettant de bloquer l'axe de liberté vertical du système pousse-carotte.

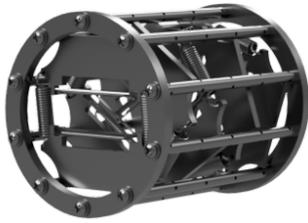


Pièce pousse-carotte:

Cette pièce a une utilité relativement directe : elle est connectée aux deux roulements linéaires, est actionnée par le levier, et permet de pousser de manière horizontale et linéaire la carotte à travers le cylindre à lames. Il est connecté au roulement linéaire par des joints qui lui permettent de maintenir une trajectoire

rectiligne lorsque le levier tourne autour de son axe.

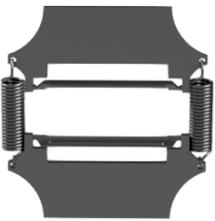
Cylindre à lames:



Le cylindre à lames est l'élément essentiel qui permet d'effectuer l'épluchage des carottes. Il consistera en une structure de squelette de cylindre, sur lequel seront fixés l'ensemble des lames (dont le nombre sera à justifier), positionnées en duos symétriques par rapport à l'axe central du cylindre. Sa longueur sera

déterminée par la distance nécessaire entre chaque binôme de lames, elle-même donnée par le débattement nécessaire aux lames sans se toucher.

Système de plaque et lame:



Les lames, déjà fournies, seront montées sur des plaques qui auront pour but multiple : permettre aux carottes plus épaisses de les pousser et ainsi écarter les lames, permettre aux lames de tourner afin de s'adapter aux différentes dimensions de carotte, ou encore simplement relier les lames à la structure. Il est aussi important de noter que deux ressorts (un de part et d'autre de chaque paire de plaques face à face) permettent d'assurer le maintien des plaques et lames dans une position par défaut, ainsi que d'appliquer une force d'appui (normale) des lames sur les carottes de diverses dimensions. D'autre part, une petite extrusion en angle droit (1) permettra d'empêcher les lames de tourner librement en dehors de leur champ d'utilisation.

2 - Résultats expérimentaux

En premier lieu, il est essentiel de déterminer les forces nécessaires afin d'éplucher une carotte. Nous avons alors implémenté des expériences à l'aide d'un épluche carottes et d'une balance. Ceci nous a permis de connaître les forces nécessaires à l'utilisation, et dans les ressorts appliqués aux lames, ainsi que la force latérale (selon l'axe de la carotte) nécessaire. Ci-dessous sont les résultats des expériences en question.

Tout d'abord, on observe la force normale (radiale) appliquée nécessaire à la pénétration et l'épluchage continu d'une carotte. Cette force impacte l'épaisseur de l'épluchure.

Expérience N°	1	2	3	4	5	6	7
Force appliquée	20 N	16 N	15 N	14 N	10 N	8 N	4 - 6 N
Résultat Epluchage	Très efficace	Efficace, épluchure correcte	Force limite				

Ainsi, on observe 8 N est une valeur d'épluchage convenable, minimisant la force nécessaire tout en permettant un résultat tout à fait acceptable.

D'autre part, il est important de déterminer la force latérale à appliquer pour éplucher une carotte. On a constaté que la force nécessaire à la pénétration dans la carotte (soit la création d'une fissure) est plus importante que la force nécessaire à l'épluchage continu (propagation de la fissure le long de la lame). Par expérience, on positionne une carotte sur une balance et on appuie jusqu'à ce que la lame pénètre pour trouver la force maximale nécessaire. On obtient que la force de pénétration nécessaire est de l'ordre de 10N.

Enfin, il faut connaître la force d'épluchage continu, une fois la lame pénétrée. En renouvelant à nouveau l'expérience, on obtient alors:

Expérience N°	1	2	3	4	5	6	7
Force appliquée	20N	16 N	12 N	10 N	8 N	5 N	2 - 4 N
Résultat Epluchage	Très efficace	Efficace	Force insuffisante				

De par cette expérience, on en a alors déduit qu'il faut appliquer une force latérale de 5 N afin d'assurer un épluchage continu et efficace.

Dans un esprit d'assiduité, on s'assure de ces résultats par une recherche externe et une approche différente.

D'après Nakhon Bunyaphlanan dans *Mechanical Properties of Carrot Tissues* (1973) lors de l'utilisation d'une lame de coupe en acier inoxydable aiguisée, la force propagation d'une fissure (soit la force de coupe) est de l'ordre de 4N. Ne reste alors que la composante de frottements due à la force normale appliquée. On connaît cette dernière, qui sera appliquée à 8N au plus.

Connaissant que la force de frottements F_{fr} vaut $F_{fr} = N \cdot \mu$, il nous reste donc à connaître le coefficient de frottements μ entre une carotte et de l'acier inoxydable avant de pouvoir faire des calculs généraux. Notre groupe a estimé que le coefficient de frottements entre de l'acier inoxydable et du bois mouillé est le coefficient connu le plus proche de celui requis pour nos calculs. Selon W. M. McKenzie dans *The frictional behaviour of wood* (1968)¹, le coefficient de frottements entre l'acier inoxydable et le bois mouillé prend une valeur entre 0.1 et 0.15. Afin de conserver une marge, nous avons choisi de prendre la valeur supérieure : $\mu = 0.15$. On en déduit alors que :

$$F_{tot} = F_{fr} + F_{coupe} = \mu \cdot N + 4 = 0.15 \cdot 8 + 4 = 5.2N$$

Ainsi, par deux méthodes différentes (approche théorique et approche pratique), on obtient une force de coupe très similaire. On se conforte alors dans le résultat.

On a finalement :

Force normale/radiale	Force de Pénétration	Force d'épluchage
8N	10N	5N

3 - Force, puissance et rendements

Exigence de force en entrée:

On connaît alors les valeurs de nos forces appliquées. On détermine aussi que le cylindre sera composé de 10 lames (*voir justification du nombre de lames*). De plus, on connaît toutes les autres informations nécessaires aux calculs de force et de puissance, tels que les angles du levier, distance de pousse etc. Tout est en place pour les calculs.

Nous allons, dans un esprit de marge de sécurité, effectuer les calculs pour déterminer la force maximale à appliquer pour notre système. Ceci a lieu à un moment précis : lorsque

les 8 premières lames ont déjà pénétré la carotte (nécessitant alors une force de 5N) et que les 2 dernières lames doivent être enfoncées.

Effectuons les calculs de force comme si ceci était le cas pour l'entièreté de l'épluchage.

Nous faisons alors le calcul pour la position initiale du levier, puis nous démontrerons qu'en considérant une force constante du côté de l'épluchage implique une force constante du côté utilisateur.

Ainsi, dans les premiers instants, le levier est positionné avec un angle de 45° . On considère que l'utilisateur applique une force toujours perpendiculaire au levier.

Ci-contre est un schéma des forces qui nous intéressent.

Les forces qui nous intéressent sont alors :

- F_c la force nécessaire de coupe d'une lame.
- F_p la force de pénétration d'une lame dans la carotte.
- F_u la force appliquée par l'utilisateur.
- M_e le moment appliqué par les forces de coupe et de pénétration.
- M_u le moment appliqué par l'utilisateur.

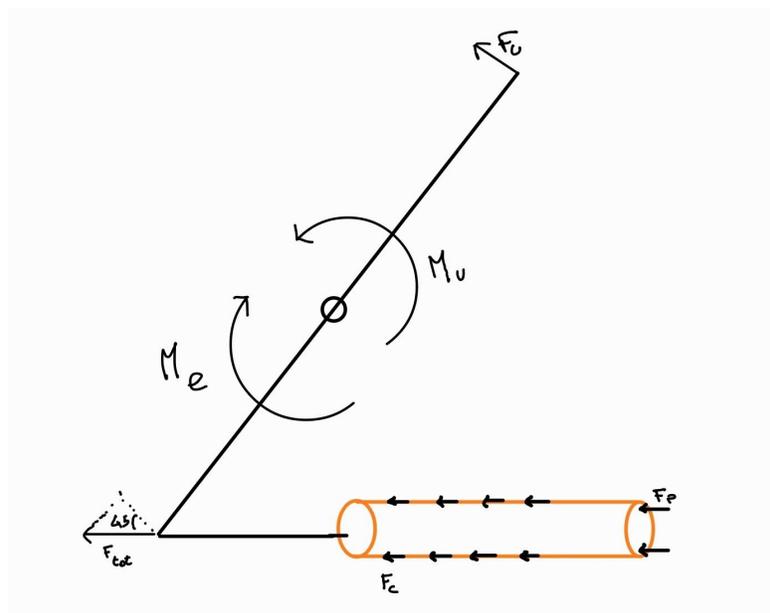
Ainsi, on pose très simplement la condition pour faire avancer (et ainsi éplucher) la carotte :

$$M_u > M_e$$

Les forces appliquées au niveau du centre de rotation n'appliquent pas de moment : elles n'apparaissent pas.

On développe les expressions.

$$F_u \cdot l > (8 \cdot F_c + 2 \cdot F_p) \cdot l \cdot \sin 45^\circ \quad F_u \cdot l > (8 \cdot F_c + 2 \cdot F_p) \cdot l \cdot \sin 45^\circ$$



$$\Rightarrow F_u > (8 \cdot 5 + 2 \cdot 10) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 42.5N$$

Ainsi, la condition pour l'épluchage d'une carotte est une force appliquée par l'utilisateur de 42.5N, en considérant le cas extrême. On a fait le calcul pour la position initiale du levier. Pourtant, cette valeur demeure valide pour l'ensemble des positions. En effet, en maintenant les mêmes suppositions sur les lames (force maximale), on peut refaire le calcul pour une autre position: celle où l'angle entre la force due à la carotte et le levier est égal à 90°. Ceci correspond à la position de levier horizontal.

En effet, lorsque le levier avance, le point d'application des forces par la carotte sur le levier demeure horizontal, et 'monte' donc par rapport au bout du levier. Ainsi, si l'angle entre la force et le levier augmente, la distance entre la force et le centre de rotation diminue, amenant donc un effet de levier.

Dans notre cas, la distance entre le point d'application des forces et le centre de rotation du levier sera :

$$d = l \cdot \sin 45^\circ = 16.26cm.$$

Voyons alors :

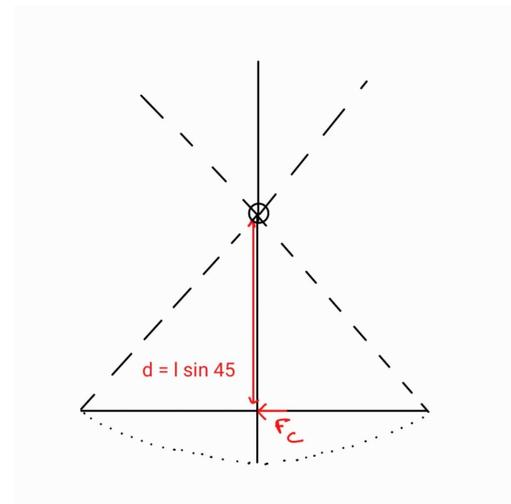
$$F_u \cdot l > (8 \cdot F_c + 2 \cdot F_p) \cdot d \cdot \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow F_u > 60 \cdot \frac{16.26}{23} = 42.5N$$

On obtient exactement le même résultat que pour la position initiale du levier. On a ainsi déterminé en faisant le calcul pour les deux positions importantes que la force reste constante si l'on suppose une force constante.

La condition nécessaire à l'utilisation de l'épluche carottes est alors une force appliquée par l'utilisateur $F_u > 42.5N$. Ceci est en réalité une borne supérieure de la force nécessaire. En effet, au début de l'épluchage par exemple, il suffira d'appliquer une force pour faire pénétrer les deux premières lames de :

$$F_u > 2 \cdot F_p \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 15N$$



Exigence de puissance en entrée

On a déterminé qu'une force de $42.5N$ est suffisante afin de faire fonctionner le mécanisme. On sait qu'il faut faire avancer la carotte sur une longueur de $32cm$ (**voir dimensionnement du rail horizontal, page 24**). Alors, on peut déterminer le travail W en sortie nécessaire à l'épluchure :

$$W = F(N) \cdot distance(m) = 42.5 \cdot 0.32 = 13.6J$$

En considérant une durée d'épluchure qui peut être estimée à 1s au plus rapide, on obtient la puissance en sortie P_s :

$$P_s = \frac{W}{t} = 13.6W$$

Il faut désormais utiliser le facteur de rendement des deux guides linéaires utilisés. Ceci sont de $\eta = 0.99$ chacun. Alors, la puissance en entrée nécessaire P_e sera :

$$P_e = \frac{P_s}{\eta^2} = 13.86W$$

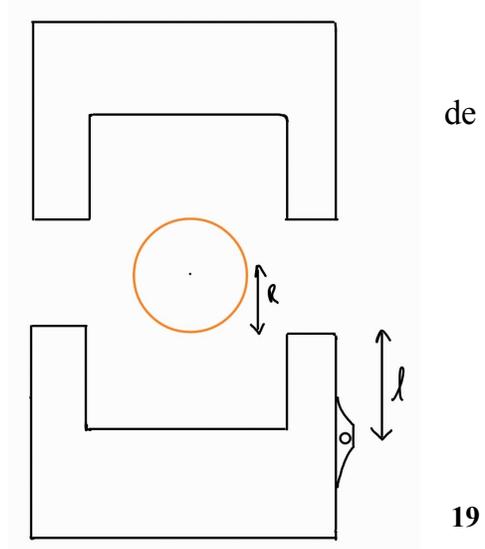
Ceci correspond bien évidemment à la limite supérieure de puissance requise, puisque, comme expliqué précédemment, la force réelle à appliquer sera inférieure pour la majeure partie du processus, $42.5N$ étant une force maximale.

Telle sera donc la puissance requise à l'utilisateur afin d'éplucher sa carotte en 1 seconde. Une valeur parfaitement acceptable.

4 - Calculs de dimensions

Choix de ressort:

Le concept original supposait une utilisation ressorts à torsion. Cependant, après de nombreux calculs avec différents ressort possédant des constantes de ressort différentes, il s'est avéré impossible de trouver un ressort qui avait une constante autour de $3N$ et une plage d'utilisation (en fonction de l'angle du ressort) assez grande pour permettre à la carotte la plus grande de passer entre les lames.



L'utilisation de deux ressorts à torsions couplés avec des plaques qui assurent un angle d'ouverture suffisant pour faire passer et couper la plus grosse carotte nous permet non seulement de garantir le passage de la plus grande carotte mais aussi une plus haute précision sur la variation de la force normale à la carotte du à la constante du ressort. En choisissant un ressort a traction a longueur configurable (voir annexe) de longueur initiale de 35mm et qui sera étirée jusqu'à 80 mm nous permet d'avoir un système adapté au diamètre variable des carottes. Cette plage d'utilisation est conforme à la déformation max spécifié par le fournisseur.

K = Constante de Ressort

L = Longueur du Ressort

$\|\vec{F}_r\|$ = La force normale à la carotte du au ressort

K^0 = La force a vide

$$\|\vec{F}_r\| = K \cdot L$$

$$\|\vec{F}_r\| = 0.09 \cdot 35 + 0.85 = 4N$$

$$\|\vec{F}_r\| = 0.09 \cdot 80 + 0.85 = 8.05N$$

Chaque lame est rattaché à 2 ressorts ce qui nous donne une Force min: F_{min}^{\rightarrow}

Et une Force maximale:

$$F_{max}^{\rightarrow} = 16.1N$$

Cette intervalle est adapté à la force minimale requise pour éplucher une carotte qui est d'environ 5 N ce qui permet d'éplucher une carotte peu importe son diamètre.

Positionnement du point d'attache des ressort:

D'après le positionnement des plaques, on a un rayon formé par l'écartement de lames au repos de:

$$R = 8mm$$

Le ressort au repos a une longueur

$$L = 35mm$$

La longueur totale du ressort avec son crochet est de:

$$L^* = L + D - 2 \cdot d = 35 + 6 - 2 \cdot 2.6 = 35.8mm$$

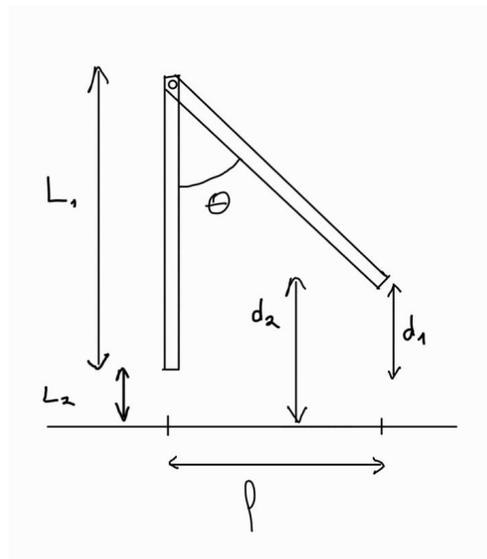
Calcul de l la longueur ou l'attache commence:

$$l = \frac{L^*}{2} - R = 17.9 - 8 = 9.9mm$$

L'extrémité de l'attache doit se trouver à 9,9 mm du début de la plaque pour que le crochet passe dans l'anneau d'attache.

Détermination de l'espacement des lames

Quelle que soit la dimension de la carotte qui passe à travers le système, il faut veiller à ce que celle-ci n'enclenche pas un contact entre les lames. Celles-ci ont en effet un degré de liberté par rapport à l'axe qui les fixe au cylindre. Alors, les lames se déplacent d'une certaine distance sur l'axe horizontal, qu'il faut déterminer. Cette distance sera alors la distance minimale entre deux lames. On fait donc les calculs pour $F_{r_{min}} = 8N$ la plus large carotte, d'un diamètre de $45mm$, soit un rayon de $22.5mm$. La distance entre la plaque et l'axe central vaut $L_2 = 7mm$, choisi afin d'assurer l'épluchage d'une carotte la plus petite, de rayon $10mm$, soit une marge de $3mm$ pour assurer une tension des ressorts entre les lames.



Sur le schéma proposé, on a alors:

$$L_2 = 7mm, L_1 = 27mm, d_2 = \frac{45}{2} = 22.5mm, d_1 = d_2 - L_2 = 15.5mm$$

On obtient donc :

$$\theta = \arccos\left(\frac{L_1 - d_1}{L_1}\right) = 64.79^\circ$$

Et ainsi :

$$l = L_1 \sin(\theta) = 27 \cdot \sin(64.79^\circ) = 24.43mm$$

Les lames devront alors être espacées de $24.43mm$.

Détermination du nombre de lames :

Nous avons expérimentalement remarqué que la profondeur de pénétration d'une lame variait d'environ 0.8 mm à 1.2 mm.

Nous allons donc pour la suite baser nos calculs sur les hypothèses suivantes :

- La plus petite carotte (20 mm de diamètre, 10 mm de rayon) se fait éplucher à une profondeur de 0.8 mm
- La plus grande carotte (45 mm de diamètre, 22.5 mm de rayon) se fait éplucher à une profondeur de 1.2 mm

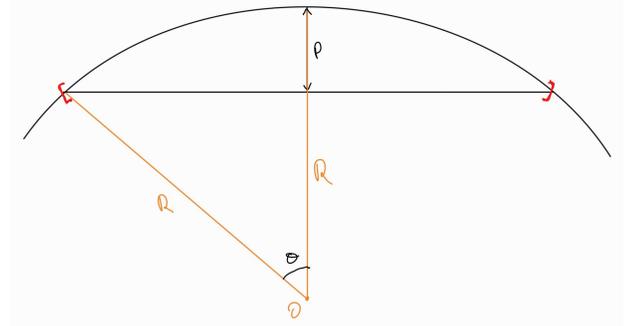
On cherche donc la longueur de l'arc de cercle en fonction de la profondeur de pénétration de la lame, résultat d'une épluchure. (longueur de l'arc entre les crochets rouges sur le schéma)

Nos variables sont:

p = profondeur

R = rayon de la carotte

\widehat{A} = longueur de l'arc de cercle résultat d'une épluchure



Calculs :

$$p = R(1 - \cos(\theta))$$

$$\Rightarrow \theta = \arccos\left(1 - \frac{p}{R}\right)$$

$$\widehat{A} = R \cdot 2\theta$$

$$\Rightarrow \widehat{A} = R \cdot 2\arccos\left(1 - \frac{p}{R}\right)$$

Le périmètre de la carotte est donné $P = 2\pi R$ par

Le nombre de lames (nombre d'épluchures) est donc donné par $N = \frac{P}{\widehat{A}}$

- Pour la petite carotte, en appliquant les calculs ci-dessus, on a :

$$R = 10 \text{ mm}$$

$$p = 0.8 \text{ mm}$$

$$\widehat{A} = 10 \cdot 2\arccos\left(1 - \frac{0.8}{10}\right) = 8.05 \text{ mm}$$

$$P = 2\pi \cdot 10 = 62.83 \text{ mm}$$

$$N = \frac{62.83}{8.05} = 7.81$$

- Pour la grosse carotte, en appliquant les calculs ci-dessus, on a:

$$R = 22.5 \text{ mm}$$

$$p = 1.2 \text{ mm}$$

$$\widehat{A} = 22.5 \cdot 2\arccos\left(1 - \frac{1.2}{22.5}\right) = 14.76 \text{ mm}$$

$$P = 2\pi \cdot 22.5 = 141.37 \text{ mm}$$

$$N = \frac{141.37}{14.76} = 9.58$$

On voit donc que **dans le cas idéal** la plus petite carotte a besoin de 8 lames pour être entièrement épluchée lorsque la plus grosse carotte aurait besoin de 10 lames.

On a donc finalement opté pour un système qui utilise 10 lames (donc 10 épluchures) puisque le cahier des charge demande que la carotte soit épluchées “sur toute leur longueur” ce qui implique qu’elles doivent être entièrement épluchées. On a donc préféré trop éplucher que pas assez, d’autant plus que toutes les personnes à qui nous avons demandé (nous même inclus), préfèrent qu’il ne reste plus aucune épluchure sur leur carotte.

Un bon compromis aurait peut être été 9 lames, mais ce nombre est problématique puisque dans un premier temps, il serait resté des épluchures sur les plus grosses carottes et, dans un second temps, un nombre impair de lames ne convient pas à notre système. En effet, une lame non-pairée peut dévier la trajectoire rectiligne de la carotte, posant de potentiels problèmes de coincement.

Dimensionnement du rail:

Le rail est l’élément du système qui guide la carotte, ou plus particulièrement l’élément qui guide le point d’attache de la carotte sur le levier, afin que la carotte ait un mouvement rectiligne, et pas une trajectoire arrondie comme celle du bout du levier.

La carotte la plus grande mesurant 20 cm de long, il faut que le rail fasse au moins cette longueur puisque l’intégralité de cette longueur doit être épluchée.

Le système de maintien carotte mesure 15 cm, donc le rail doit faire au minimum 35 cm. Pour pouvoir maintenir le rail, on rajoute 2 cm de longueur pour que le rail puisse garder sa longueur d’utilisation.

Le rail de guidage horizontal doit ainsi mesurer 37 cm.

Dimensionnement du pousse-carotte:

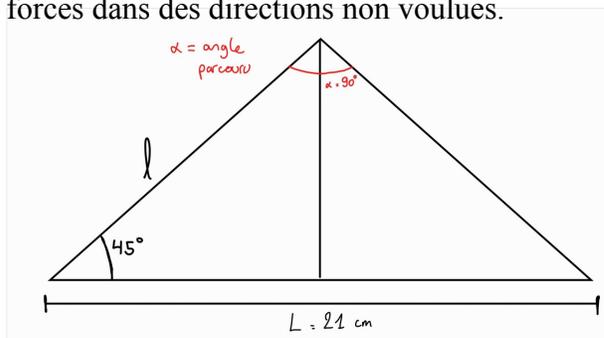
Cette pièce qui est rattachée par une liaison articulée au levier permet de maintenir la carotte et la pousser à travers l'intégralité du système de lames.

Pour pouvoir éplucher une carotte entière, cette pièce doit mesurer 12 cm de long pour traverser le système de lames qui mesure 12 cm de long.

Un pique de forme ogive permet de maintenir la carotte sans piquer trop profondément. Cela pourrait entraîner des fissures et une fracture de la carotte lors de l'épluchage si celles-ci sont à longueur critique.

Articulation de la liaison guidage linéaire - pousse-carotte

Cette pièce a pour objectif de fluidifier le mouvement de la carotte et éviter le blocage causé par des forces dans des directions non voulues.

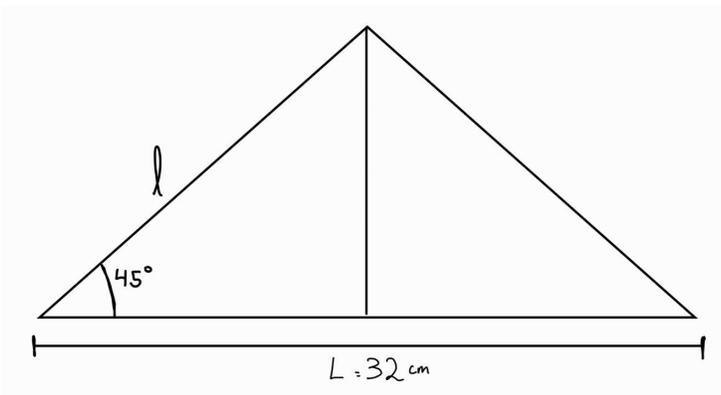


Lorsque le levier parcourt horizontalement les 20 cm pour éplucher la carotte, il parcourt un angle de 90° par rapport à son point de rotation. L'articulation doit donc pouvoir varier d'un angle d'au moins 90° lors de l'avancement du levier pour éviter les blocages.

La liaison est donc mobile sur 180° pour garder une transmission horizontale peu importe la position du levier.

Dimensionnement du levier

Notre levier doit pouvoir transmettre un mouvement horizontal sur une distance de $20\text{cm} + 12\text{cm} = 32\text{cm}$ pour pouvoir pousser la plus longue carotte à travers l'éplucheur. Afin d'obtenir un équilibre entre la longueur du levier et la profondeur de l'arc de cercle décrit par celui-ci, on a choisi un angle de 45°.



On a donc:

$$L = 32\text{cm}$$

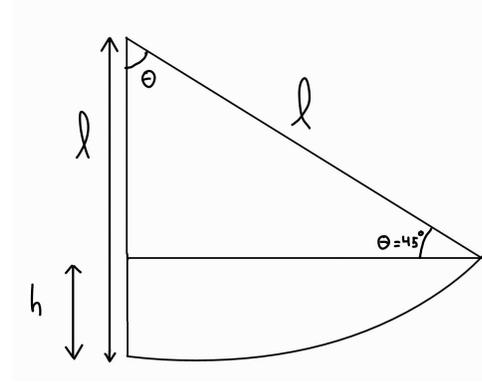
$$l = \frac{L/2}{\cos(45)} = 22.63 \approx 23\text{cm}$$

Le point de rotation du levier se trouve au sommet du triangle. On

multiplie donc par 2 pour avoir la longueur finale du levier: $l_{levier} = 46cm$.

On y ajoutera, seulement en bas, un disque d'épaisseur $5mm$ et de diamètre plus grand que le levier, afin de bloquer le mouvement du guide linéaire au-delà de son champ d'utilisation.

Justification de la hauteur des pieds du socle:



Le levier de longueur L à un mouvement d'arc de cercle il faut donc laisser assez de place en dessous du socle pour que le levier puisse passer sans toucher le sol. Il faut donc déterminer cette hauteur maximale.

$$l = \frac{L}{2} = 23cm$$

A l'aide de la trigonométrie:

$$h = l(1 - \cos(\theta)) = 23(1 - \cos(45)) \approx 6.74 \approx 7cm$$

Il faut donc que les pieds du socle mesure $7cm$ pour assurer que le levier ne touchera pas le sol sachant que le socle lui-même fait $1cm$ d'épaisseur ce qui élimine le risque que le levier touche le sol.

Justification dimension du socle:

Pour pouvoir attacher tous les composants il faut calculer les dimensions du socle:

Le socle doit pouvoir contenir la longueur du cylindre à lames, du rail de guidage et des 2 maintiens lames au minimum.

$$L^{tot} = L^{cylindre} + L^{rail} + L^{maintienrail} = 12 + 35 + 2 = 49cm$$

Pour laisser de la place pour fixer les pieds du socle on ajoute $5cm$ soit $L^{tot} = 54cm$

La largeur de la plaque est obtenue en sommant le diamètre du cylindre, la largeur des 2 maintiens rail et la largeur des 2 maintiens levier.

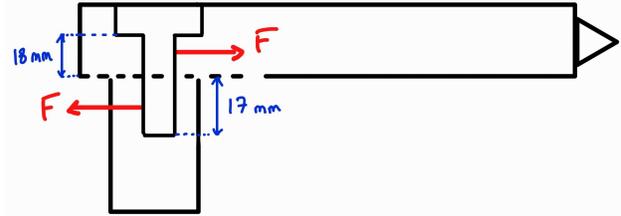
$$l^{tot} = l^{cylindre} + l^{maintienrail} \cdot 2 + l^{maintienlevier} \cdot 2 = 10 + 3 \cdot 2 + 4 \cdot 2 = 17.2 \approx 18cm$$

Sachant que ces composants sont interposés, une largeur de $18cm$ est largement suffisante pour positionner tous les composants.

5 - Calculs de cisaillement des vis

Nous avons sélectionné une vis qui selon nous sera l'une des plus contraintes relativement aux autres vis, afin de démontrer que les vis que nous utilisons sont très largement suffisantes (assez résistantes).

Cette vis est le numéro 21, qui lie les pièces 15 et 16.



$$F = 30N$$

$$\sigma_{el} = 190MPa$$

$$r = 2.5mm$$

Calcul de la contrainte appliquée:

$$\frac{F}{S} = \frac{F}{r \cdot \pi} = \frac{42.5}{0.0025 \cdot \pi} = 2.16MPa$$

Le rapport de $\frac{\sigma_{el}}{\sigma_{ap}} = 87.96$ ce qui nous montre que la limite élastique est 88 fois plus

grande que la contrainte appliquée. Sachant que toutes les autres vis subissent des forces inférieures ou égales à 42.5N l'on peut supposer qu'aucunes de nos vis vont se déformer.

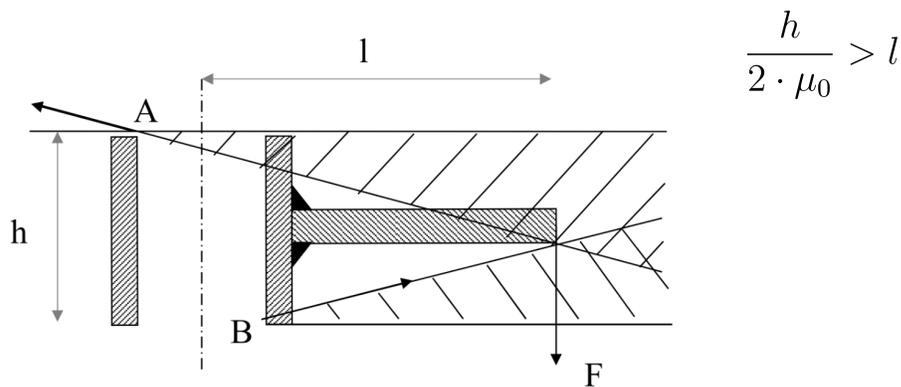
6 - Analyse des risques de blocage du système

L'ensemble du mécanisme est relativement simple et direct. L'ensemble des éléments qui se déplacent le font dans un axe dédié et non obstrué. Ainsi, le levier est libre d'opérer la rotation nécessaire de -45° à 45° : l'axe de rotation n'est pas obstrué, et l'axe horizontal est libre sur la longueur parcourue. D'autre part, on sait que les deux autres éléments mobiles sont les deux guides linéaires (SMA 5 et SMA 16). Ces deux éléments

sont montés sur des rails de guide (respectivement un rail horizontal et le levier). Ainsi, ils sont libres de se déplacer selon ces axes sans encombre.

Enfin, il reste alors à considérer les risques d'arc-boutement pour les deux guides linéaires. On sait qu'afin d'éviter le risque d'arc boutement, il faut vérifier la condition ci-dessous, avec h la dimension en longueur du guide linéaire, et l la distance entre l'axe de translation et le point d'application de la force.

Le mouvement est conditionné par :



Dans le cas du guide linéaire horizontal, le SMA5, on connaît selon les spécifications du constructeur $h = 18mm$ (voir plans 2D constructeur en fin de fichier). D'autre part, on sait grâce à l'assemblage que la distance l correspond à la distance entre l'axe du rail horizontal et la position du pousse-carotte. Ceci correspond à $l = 70mm$. Enfin, on sait que pour un guide linéaire à billes comme le SMA5, le coefficient de friction μ_0 vaut environ 0.001 (arrondi supérieur). On a alors toutes les informations pour déterminer que:

$$\frac{h}{2 \cdot \mu_0} = \frac{18}{2 \cdot 0.001} = 9000 \gg l = 70$$



Il est donc clair qu'il n'y a absolument pas de risque d'arc-boutement, principalement grâce au coefficient de frottements particulièrement bas pour un guide linéaire à billes.

Dans le cas du guide linéaire selon l'axe du levier, le calcul est encore plus trivial. En effet, les forces sont appliquées au niveau des axes de rotation des bras de part et d'autre du guide.

Or, ceux-ci sont alignés avec l'axe de rotation. La distance l est alors 0. On en conclut que la condition de mouvement sans arc-boutement est vérifiée car :

$$h > 0; \mu_0 > 0 \rightarrow \frac{h}{2 \cdot \mu_0} > 0 = l$$

On confirme donc que notre mécanisme est à l'abri de tout risque d'arc-boutement.

Enfin, on considère le risque des épluchures de carottes. Celles-ci tomberont sous l'effet de la gravité soit dans un récipient sous la cage de lames, soit au fond de celle-ci. Alors, aucune épluchure ne risque de rester dans une position portant obstacle au mouvement de quelconque objet. Il n'y a alors aucun risque.

7 - Torsion et cisaillement des axes

Notre mécanisme étant relativement simple et direct, il n'existe qu'un axe de rotation subissant des efforts notables. En effet, l'ensemble des forces appliquées afin d'éplucher la carotte sont transmises au levier, tournant autour d'un axe de rotation de dimensions M8 : une pièce achetée en Acier. Il faut alors vérifier que cet axe résiste dans les limites des contraintes appliquées. On sait que la torsion maximale τ_{max} prend pour valeur :

$$\tau = \frac{M_t \cdot R}{I_0}$$

Où M_t correspond au moment appliqué dans l'axe observé à l'arbre, R est le rayon de l'arbre, et I_0 correspond au second moment d'inertie (unité sans masse) dans l'axe observé.

On étudie alors ce cas dans une limite supérieure où l'ensemble des contraintes sont appliquées à l'arbre autour duquel tourne le levier. Sachant que dans l'axe longitudinal

étudié pour l'arbre en question, $I_0 = \frac{\pi \cdot D^4}{32}$

Ce que l'on obtient alors :

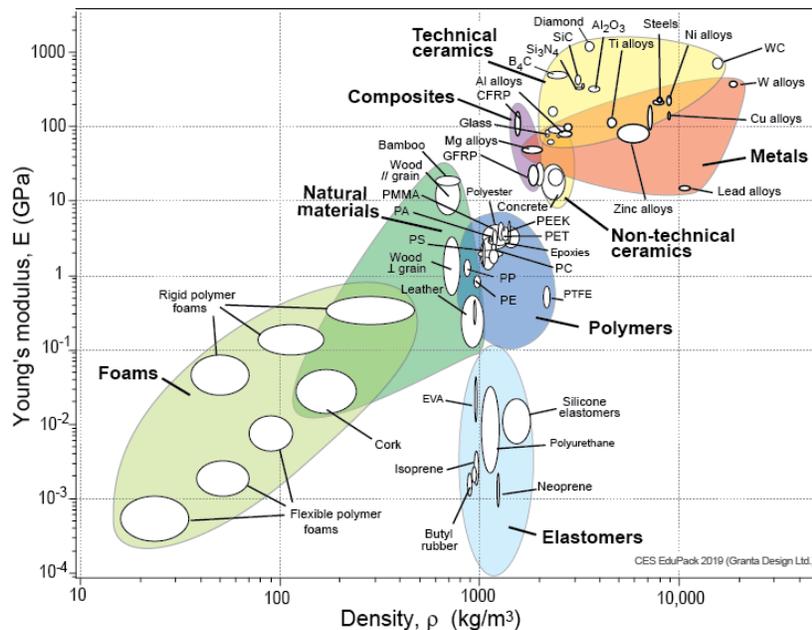
$$\tau_{max} = \frac{M_t \cdot R}{I_0} = \frac{42.5N \cdot 230mm \cdot 4mm}{128\pi} = 97.2MPa$$

En prenant la limite élastique de l'acier inoxydable qui vaut au moins $\sigma_y = 250\text{Mpa}$ (selon le type), on a largement que:

$$\tau_{max} < \frac{250}{2} = \frac{\sigma_y}{2}$$

Il n'y a alors aucune inquiétude sur la résistance de l'axe de rotation du levier. Etant donné que cette partie du mécanisme est l'une des plus sollicitées, et que l'on reste plusieurs ordres de magnitude en dessous de la limite élastique, on peut considérer que l'ensemble du système est à l'abri de déformations.

III - Choix des matériaux



Notre mécanisme utilise principalement des pièces en aluminium et en acier inoxydable.

L'aluminium (6061) est le matériau principal pour l'assemblage général. En effet, on a vérifié par le calcul que le levier ne risquerait pas de se tordre même dans des conditions extrêmes. On observe d'ailleurs que la contrainte sur le levier est 1000 fois en dessous de la limite élastique de l'aluminium. On en déduit que l'aluminium est un matériau adapté pour la majorité du mécanisme. Il permet de trouver un très bon équilibre entre limite élastique (250 MPa) et densité (2700 kg/m³).

L'acier inoxydable est le matériau utilisé pour les pièces très longues et fines avec des points potentiellement faibles (nombreux trous etc). Il est plus lourd que l'aluminium, mais offre une rigidité (module de Young) largement plus élevée (70 vs 210 GPa environ).

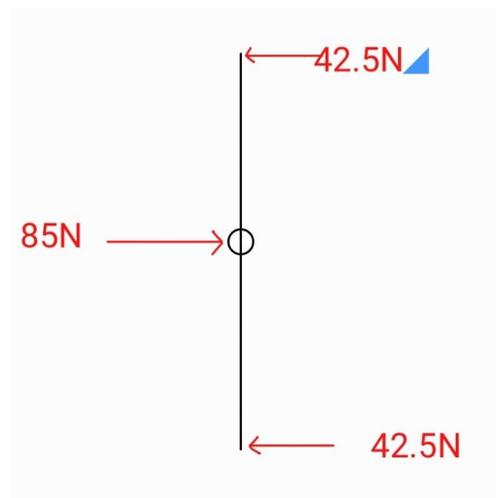
Pièce: SMA16G et SMA5G - Guides linéaires selon levier et horizontale.

Discussion sur les matériaux: La pièce n'étant pas soumise à des contraintes externes élevées, le guide linéaire peut être fait de matériaux plus légers et moins coûteux.

Matériaux choisis : La cage du guide peut alors être faite de plastique (une option proposée par le constructeur). Les roulements en eux même sont en acier (pas de choix ici).

Pièce: Levier

Discussion sur les matériaux: Cette pièce est soumise à une variété de contraintes. Les forces les plus élevées subies sont de $42.5N$. Or, l'aluminium 6061 a une limite élastique de $250MPa$. On calcule la contrainte interne au point où la section du levier est minimale : c'est au niveau du centre, là où la structure de l'épluche-carotte applique une force d'équilibre et où le levier est traversé par un trou débouchant de diamètre $8mm$. Les forces sont appliquées comme suit:



On connaît grâce aux études de structures mécaniques la condition afin de rester dans la zone élastique du matériaux:

$$\sigma_y \geq -E \cdot \frac{d}{2} \cdot K$$

En utilisant la formule $K = w''$ où w est la déflexion en fonction de la position, et d est le diamètre du levier - et connaissant $\sigma_y \approx 250MPa$ pour l'aluminium 6061 - on

obtient ainsi :

$$-E \cdot \frac{h}{2} \cdot K = 131800Pa \approx 0.13MPa \ll \frac{\sigma_y}{2} = 125MPa$$

Matériau choisi: Ainsi, on a déterminé que l'aluminium 6061 permet un poids limité tout en éliminant les risques de déformation plastique de la pièce.

Pièce: Cage cylindrique à lames.

Discussion sur les matériaux: Cette partie de l'assemblage est essentielle au bon fonctionnement du mécanisme. Elle doit durer longtemps et être solide. Les tiges longitudinales de la cage sont fines mais cruciales. D'autre part, ces tiges sont aussi perforées par de nombreux trous débouchant à des intervalles réguliers. On choisit par

sécurité un matériau solide et résistant, préférablement avec un module de young élevé afin d'offrir une structure rigide au passage des carottes (sans flexion etc).

Matériau choisi: Acier inoxydable.

Pièce : Socle, rail horizontal, pieds.

Discussion sur les matériaux : De manière similaire à la cage cylindrique, ces éléments seront mis sous contrainte, mais celle-ci sera très faible (poids du mécanisme, etc.) relativement aux forces et moments appliqués au levier. Étant donné la très grande marge obtenue avec l'aluminium sur le levier, on en conclut que ce matériau sera convenable pour le reste de la structure.

IV - Dimensions finales

Les dimensions finales de notre mécanisme semblent raisonnables vis-à-vis du cahier des charges, malgré une longueur totale relativement longue. Les dimensions sont les suivantes :

Objet	Spécifications	Dimensions finales
Carottes	<ul style="list-style-type: none">- Diamètre compris entre 20 et 45 mm.- Longueur comprise entre 100 et 200 mm.- Irrégularités topologiques continues de jusqu'à 2mm.- Considérées comme coupées aux extrémités et lavées au préalable.	Débattement entre lames allant de 18 à 45+ mm.
Actionnement	<ul style="list-style-type: none">- Manuel uniquement, une seule personne : une main devant être disponible pour maintenir le mécanisme.- L'axe doit être différent de l'axe longitudinal de la carotte	Force ergonomique pour un humain, égale ou inférieure à 42.5 N.
Matériaux	<ul style="list-style-type: none">- Limités aux matériaux que l'on peut utiliser en usinage.- Pour les pièces en contact avec les carottes, doivent être des matériaux considérés acceptable pour le contact avec des aliments.	Aucun risque de déformation ou cassage.
Masse et dimensions	<ul style="list-style-type: none">- Masse inférieure à 8 kg.- Doit être rangeable dans une armoire de cuisine (dimensions raisonnables).	Masse totale de 3.67kg Dimensions de 54 x 18 x 48 cm.
Epluchage	<ul style="list-style-type: none">- La carotte doit être épluchée sur sa longueur entière.- La lame doit fonctionner pour toute carotte de diamètre inclus dans la	Capacité d'épluchage de 200 mm en longueur et sur un périmètre de $2 \cdot \pi \cdot R = 140mm$ vérifié.

	<p>fourchette donnée.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La lame doit s'adapter aux imperfections topologiques de l'ordre de 2 mm. - La lame utilisée doit nécessairement être celle fournie. 	
Utilisation quotidienne	<ul style="list-style-type: none"> - La sécurité des utilisateurs doit être assurée à toute étape de l'utilisation - Les éléments en contact avec la carotte doivent être démontables et lavables relativement facilement. - Les épluchures de carottes doivent être évacuées du mécanisme pour être disposées. 	<p>La cage ouverte et démontable permet de vider et laver le cylindre de toutes les épluchures. Pas de risque de sécurité.</p>
Pièces d'assemblage	<ul style="list-style-type: none"> - Toutes les pièces du plan doivent être usinées en 3 axes. - Le diamètre minimal de toutes pièces d'assemblage est 4 mm, 2 mm pour les goupilles et vis sans tête. 	<p>Diamètre des trous, vis et goupilles supérieur à 4 mm.</p>

V - Assemblage des pièces

1 - Tolérances d'ajustements

Tolérances Roulement de Levier SMA 16, SMA5

Le constructeur fournit les spécifications suivantes :

dr	Tolerance		L		L ₁		h	H	(H ₁)	(H ₂)	W	W ₁	W ₂	M	d	t	(A)	(B)	C	
	Single	Medium	Single	Medium	Single	Medium														
(5)	0 -0.008	-	18	-	12	-	7	14	11	-	22	16	3	M3	-	-	-	-	0.5 or less	
6	0 -0.009	0 -0.010	25	35	15	24	9	18	15	6	30	20	5	M4	3.4	8	12	0.4	1 or less	
8			30	43	18	28	11	22	18		34	24					16			
10			35	53	21	34	13	26	21	8	40	28	6	M5	4.3	12	15.5			
12			36		26	38	15	28	24		42	30.5	5.75				17.5			
13			39	54	26	38	15	30	24.5	9	44	33	5.5	M6	5.2	18	19			0.85
16			44	63				34	48		19	38.5	32.5				50			
20	50	73	40	56	21	41	35	11	54	40	7	21	0.5	1.5 or less						
25	67	93	50	66	26	51.5	42	12	76	54	11	M8	7		18	36	1			
30	72	100	58	70	30	59.5	49	15	78	58	10					39.9	0.75			
(35)	80	-	60	-	34	68	54	18	90	70	11	M10	8.7		25	53	1.5			
(40)	90	-	60	-	40	78	62	20	102	80						61				
(50)	110	-	80	-	52	102	80	25	122	100						81		2 or less		

For Precautions for Use, see [Here](#) dr5 appearance will be different from the drawings above. dr () are available for Single Type only.

The datum surface is located on the other side of product ID label.

SMA 16: guide linéaire monté sur le levier de diamètre inscrit “dr” 16mm - colonne ‘Single’: **0 ; -0.009 mm** sur un arbre de diamètre 16 mm.

SMA 5: guide linéaire monté sur le rail horizontal avec “dr” 5 mm - colonne “Single”: tolérance **0 ; -0.008 mm**, sur un arbre de diamètre 5 mm - soit une tolérance **h6**.

Tolérance sur les points de fixation du rail horizontal

On fixe le rail horizontal de part et d’autre avec un serrage important. Le rail a une tolérance **h6**. On veut alors que les trous aient une tolérance **P7**, permettant un serrage fort pour transmettre de petits couples.

Tolérances sur les fixations “plaques de lames”

Le constructeur des goupilles indique une tolérance **h7**. On a besoin de maintenir un serrage entre les goupilles et les barres de la cage cylindrique, et un jeu entre les goupilles et les plaques de maintien de lames. Ainsi, on s’assure que les goupilles ne se défont pas

de la cage, et on maintient les plaques en place tout en leur permettant de tourner librement. On utilise l'*Extrait des normes* (2018) afin de déterminer les tolérances de part et d'autre. Au niveau des barres de la cage cylindrique, on obtient un serrage "*transmission de petits couples*" avec une tolérance **P7**. Pour la plaque de maintien de lames, on obtient un jeu de type "*glissière de précision*" avec une tolérance **G7**.

Tolérances sur l'axe de rotation du levier

L'axe de rotation du levier est réalisé par une tige filetée de chaque côté (pièce n°35). Celle-ci a une tolérance donnée par le constructeur : **h9**. Par l'*Extrait des Normes (2018)*, on détermine que l'alésage correspondant doit avoir une tolérance **E9**, afin d'obtenir un grand jeu pour un "**palier de levier**".

On a alors le *tableau de tolérances* suivant:

Pièce & n° pièce	Tolérance	Justification
Levier(pour glisser avec le guide linéaire)	+0 - 0.009	Donnée constructeur du guide linéaire
Trou Maintien Rail/Rail guide horizontal	P7/h6	Jeu non perceptible: transmission de petit couple
Trou goupille plaque lame/Goupilles de plaque à lame	G7/h7	Jeu non perceptible
Trou goupille barre de cylindre/Goupilles de plaque à lame	P7/h7	Serrage: Assemblé par presse
Trou levier/Axe de rotation levier	E9/h9	Grand Jeu
Roulement butée à billes/ Goupille maintien pique	Entre M6 et K7/h6	Incertain (conseillé par constructeur)
Trou de coté SMA 16 / Goupille maintien pique	N7/h6	Incertain: Assemble sous pression
Trous de goupille des maintiens levier/Goupille	H7/h7	Incertain

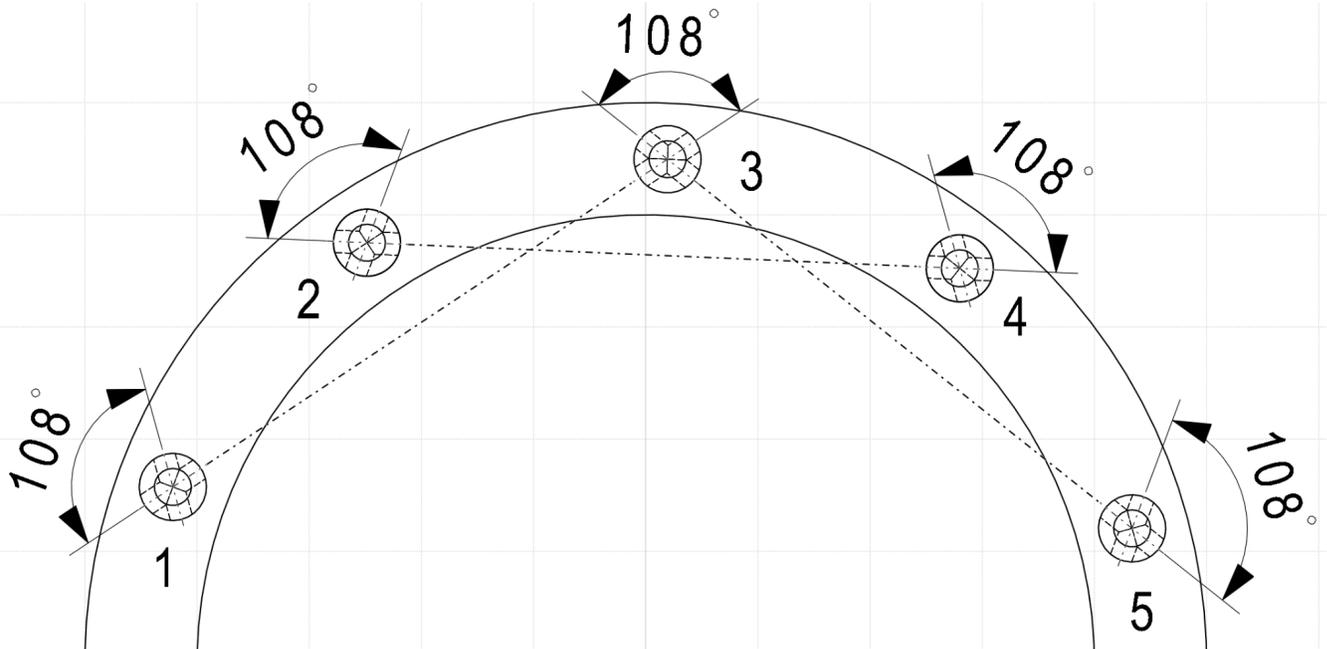
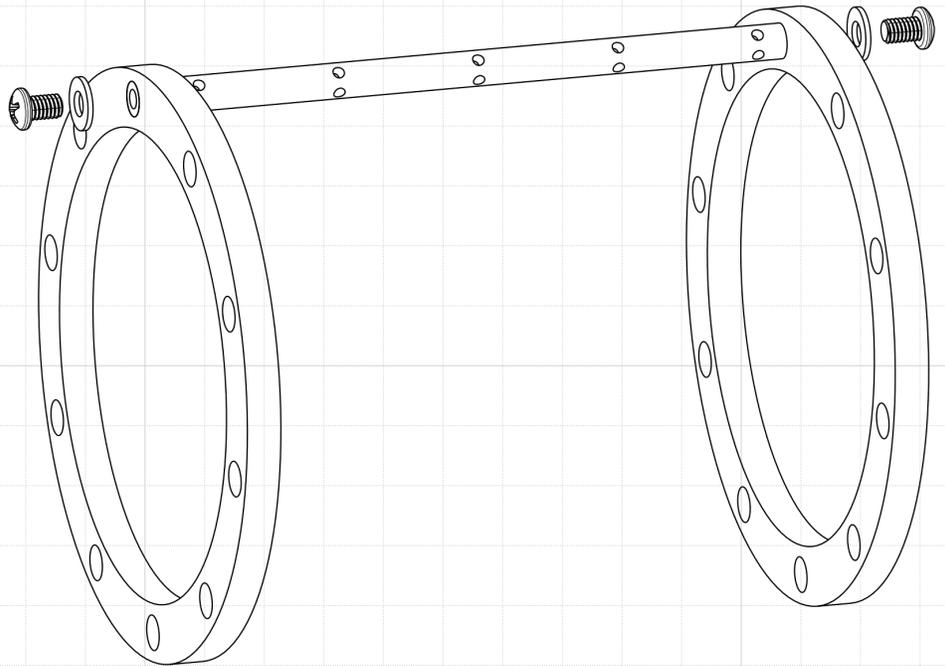
2 - Assemblage du mécanisme

Assemblage du squelette de cylindre:

Utiliser une vis M4 (#33) et une rondelle (#29) associée de chaque côté de la barre (#26) pour la fixer aux couronnes, répéter l'action pour les 10 barres (#26).

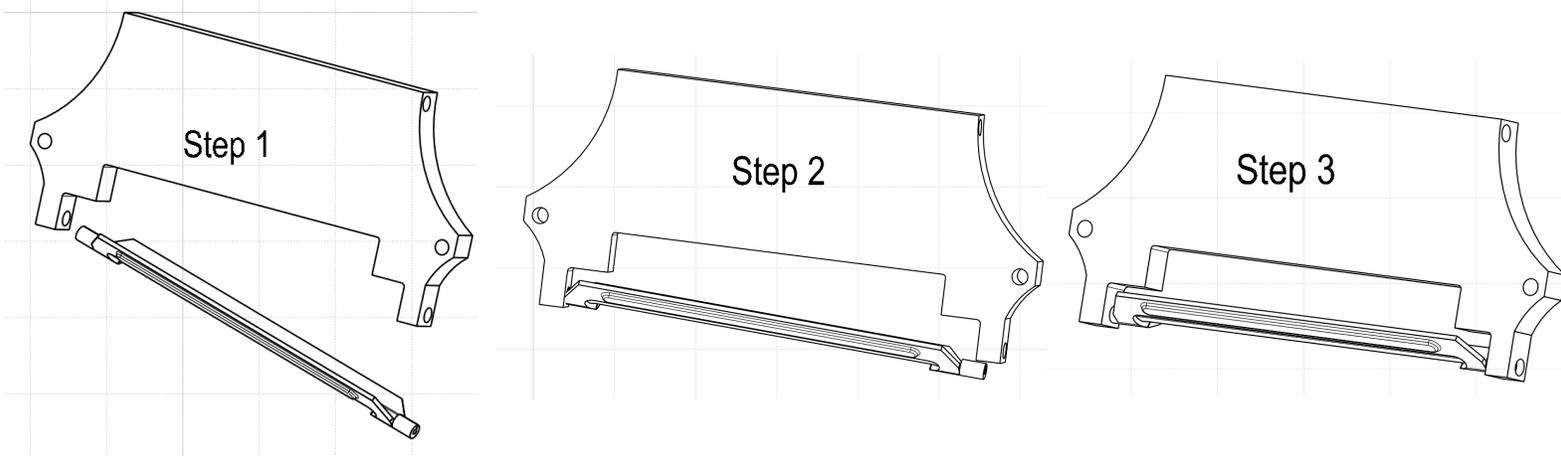
Attention: l'orientation de chaque barre (#26) doit être comme suit, afin que toutes les plaques puissent être fixées.

Veiller à maintenir l'angle de 108° (le grand angle) toujours orienté vers l'extérieur du cylindre, de manière à ce que les trous soient alignés comme sur l'image ci-dessous. Répéter l'action pour les dix barres (#26).



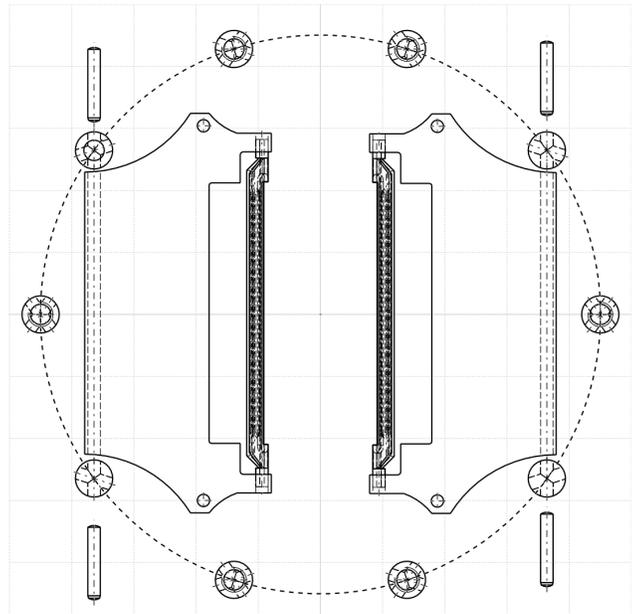
Assemblage de la lame à la plaque:

On assemble la lame (#32) sur sa plaque (#31) associée avec une certaine force, en utilisant la déformation élastique. *Attention:* par précaution, en manipulant les lames, porter des gants.

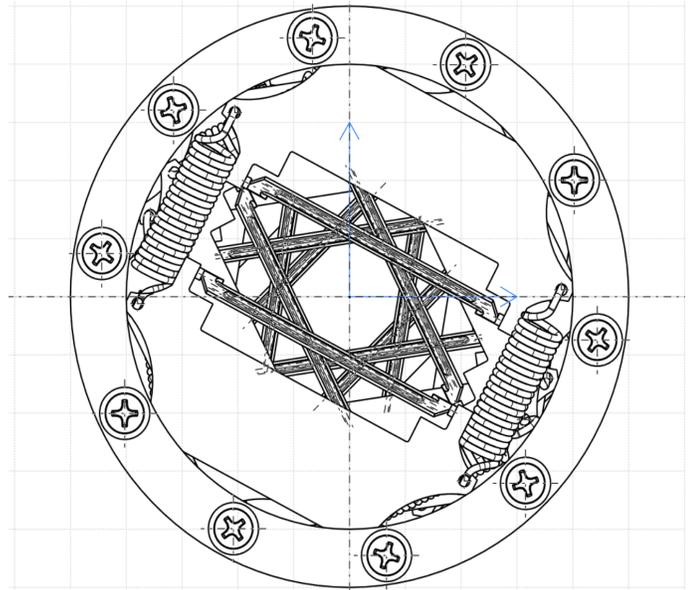
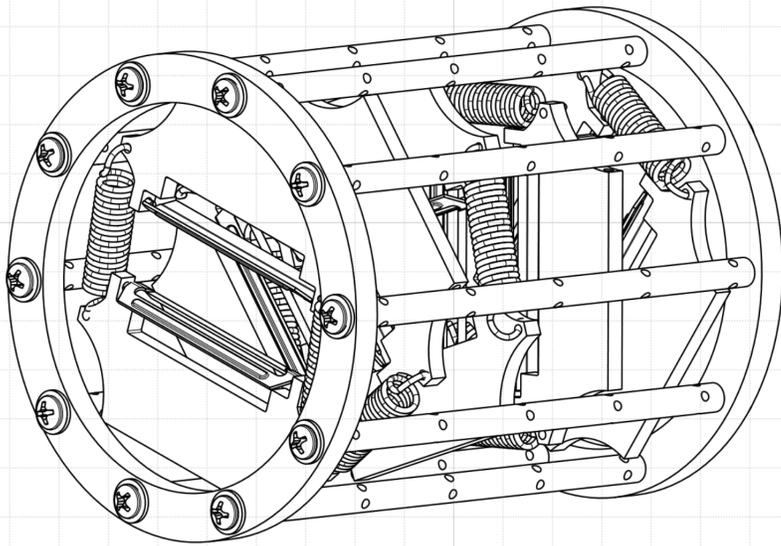


Assemblage des plaques au squelette de cylindre:

- Commencer par fixer les plaques (#31) au milieu du cylindre car ces emplacements seront inaccessibles si des plaques sont posées aux extrémités.
- Prendre note que, à la fin, il doit y avoir exactement 2 points d'attaches par barre (#26).
- Les lames (#32) sont assemblées par paires dans le même plan, pour la stabilité de la carotte.
- Il y a un certain serrage entre la goupille et la barre (#26), utiliser un marteau si nécessaire.
- Enfoncer jusqu'à ce que la goupille ne dépasse plus du côté extérieur.
- Une fois que la paire de plaque est mise en place, ajoutez les ressorts (#30) par les trous prévus à cet effet.
- Répéter l'action 5 fois en faisant bien attention à ce que les extrémités soient remplies en dernier.
- **Les paires de lames ne doivent jamais être parallèles aux autres et doivent toujours éplucher un nouveau plan de la carotte.**

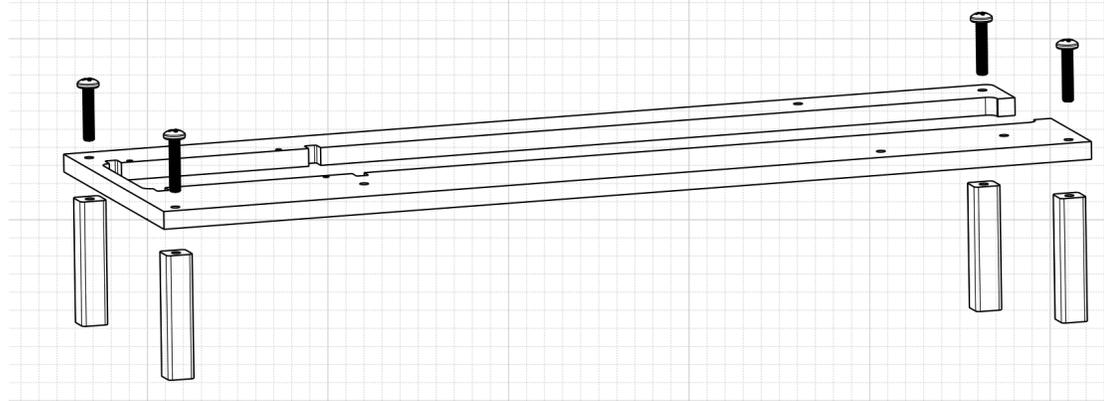


Resultat final:

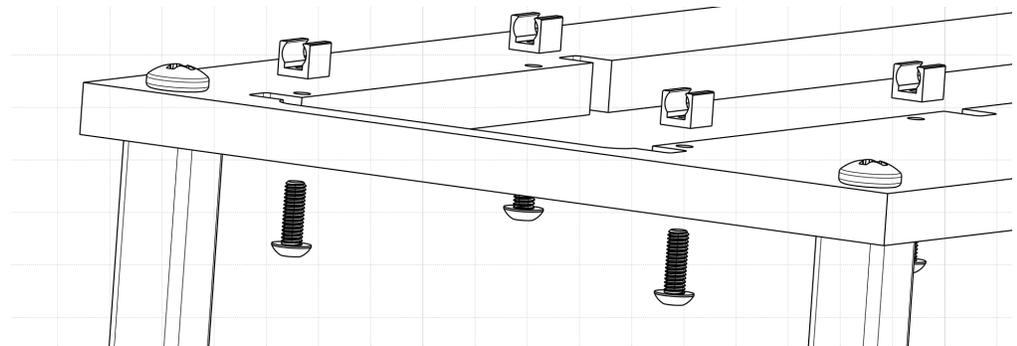


Assemblage du socle :

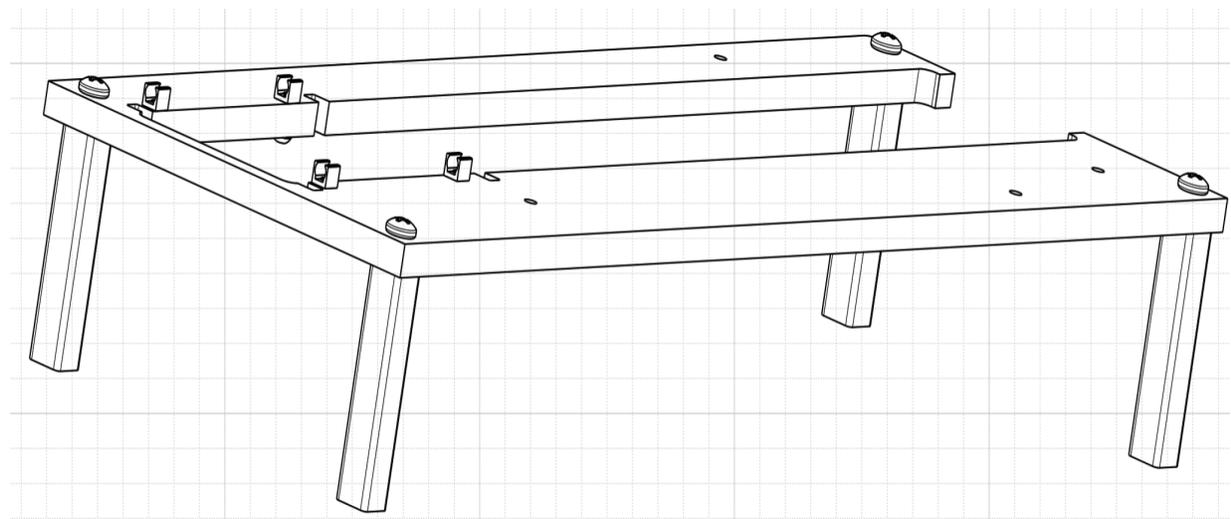
Commencer par attacher les 4 pieds (#2) au socle (#1) à l'aide de vis M6 (#3), au quatres coins du socle.



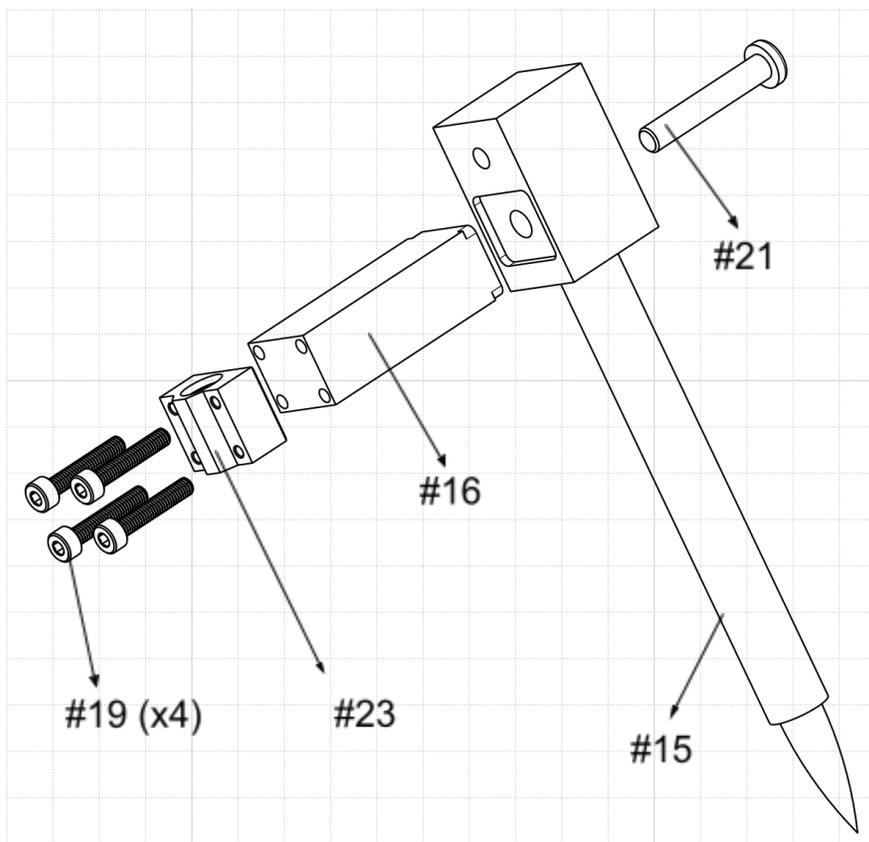
Ensuite, fixer les 4 colliers (#4) du côté des 4 encoches (côté gauche sur le dessin ci-contre). Utiliser les vis M4 (#5).



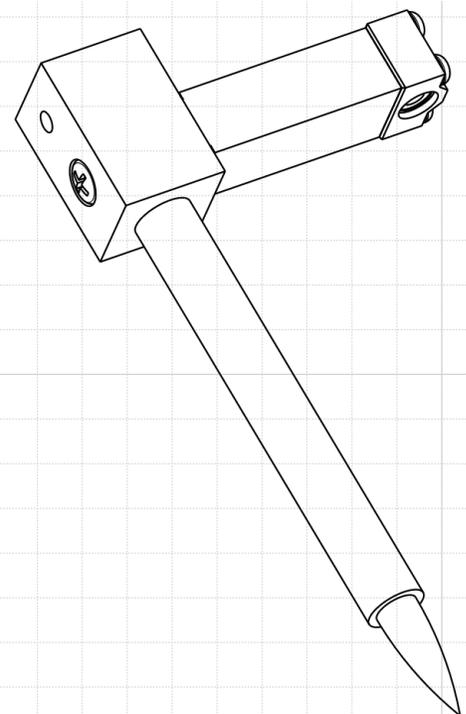
Resultat final :



Assemblage du petit guide linéaire (#23) avec le pousse-carotte (assemblage #A):

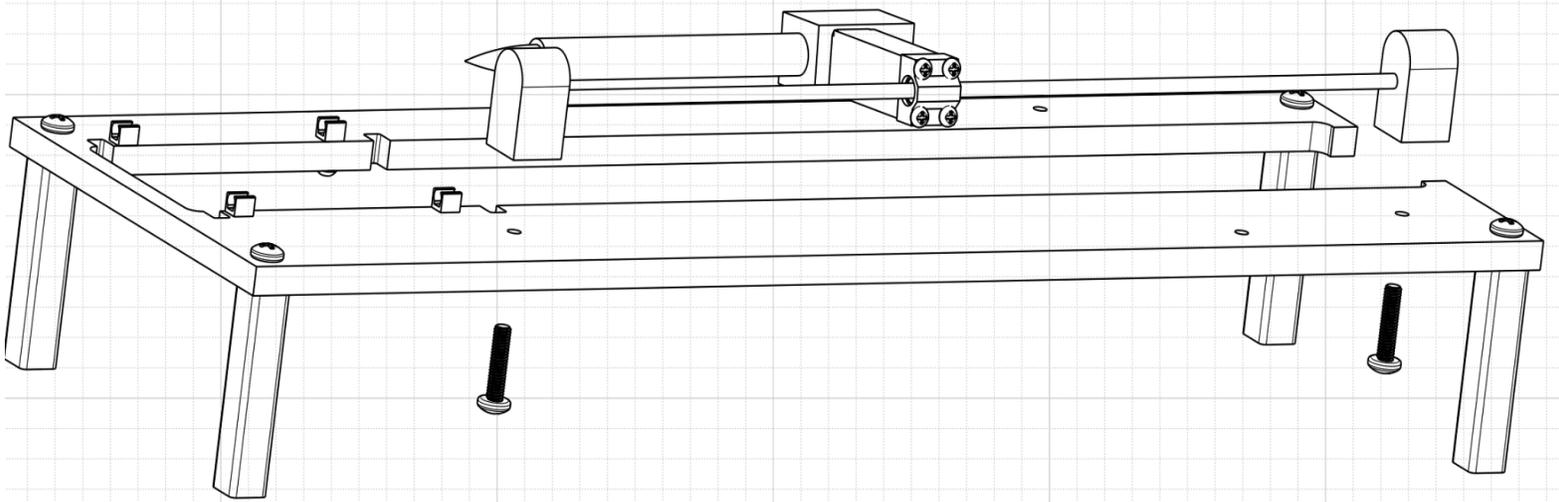
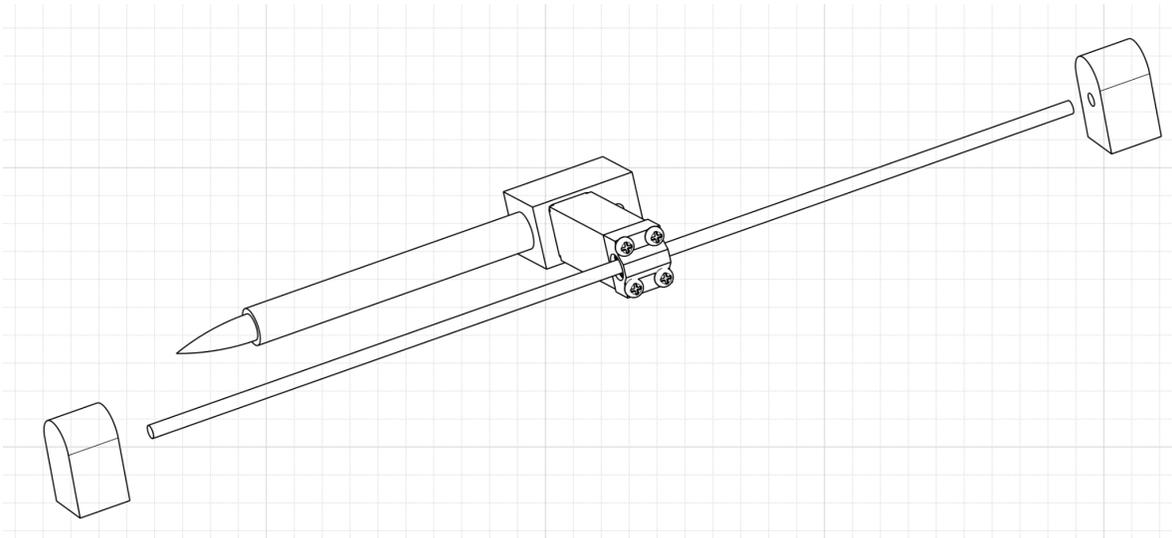


Résultat final :



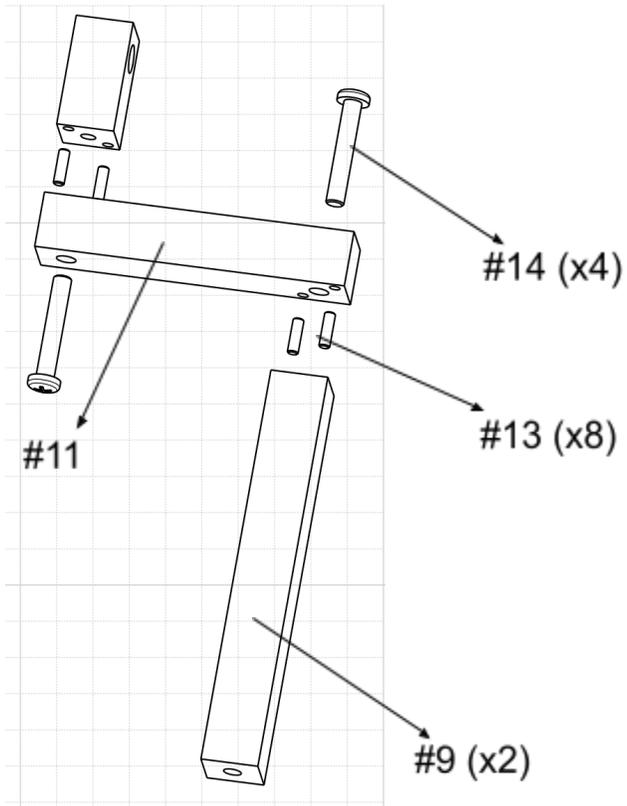
Assemblage du rail et guide linéaire

- Glisser le guide linéaire (#23) dans le rail (#6) comme sur l'image ci-dessous.
- Insérer les deux maintiens (#7) jusqu'à ce que le rail soit bien enfoncé jusqu'au bout du trou. Dû à l'ajustement en serrage, utiliser un marteau si nécessaire.
- **Veiller à ce que les plans des bases des maintiens soient confondus.**
- Ajouter le nouvel assemblage au socle du côté prévu à cet effet, à l'aide de deux vis M6 (#38)
- **Attention : le guide linéaire n'empêche pas la rotation autour du rail horizontal. Il faudra le maintenir en place jusqu'à ce qu'il soit assemblé avec le reste du mécanisme qui bloquera ce degré de liberté.**

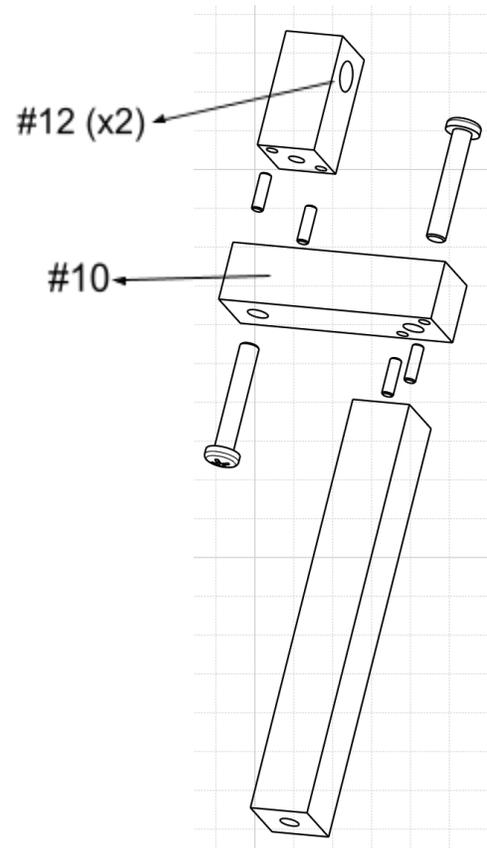


Assemblage des supports de levier

1) Partie longue :

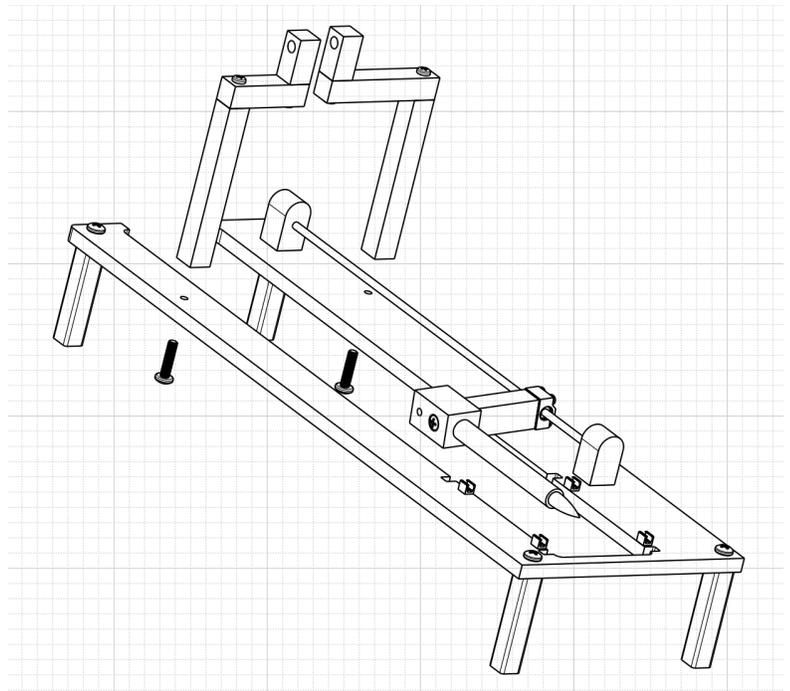


2) Partie courte :



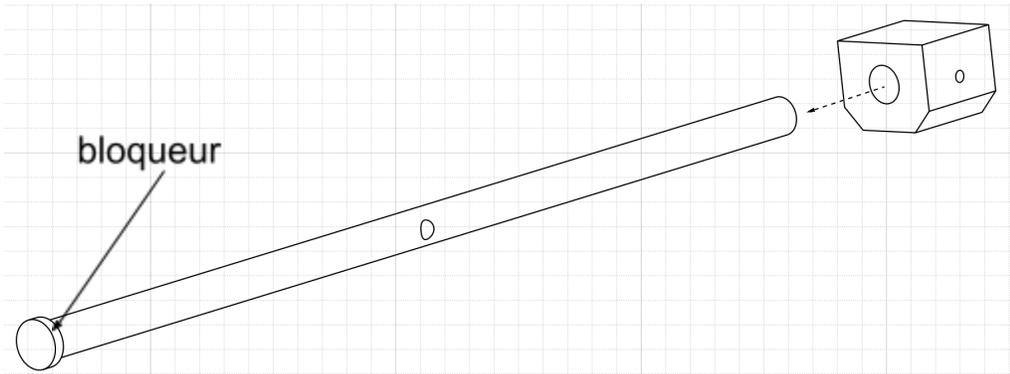
Ajouter à présent les supports de levier au socle comme suit avec des vis M6 (#8):

- Le plus long du côté du rail.
- Le plus court de l'autre côté.



Assemblage du levier (#34):

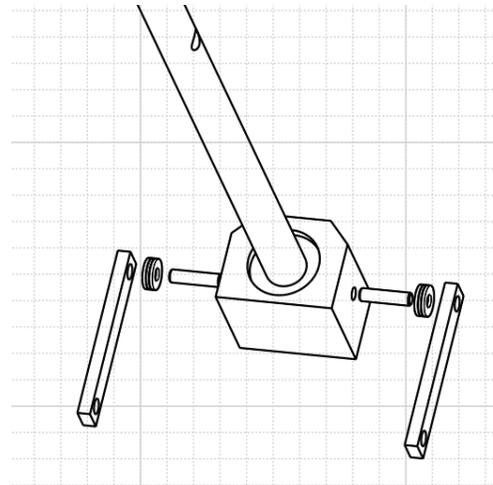
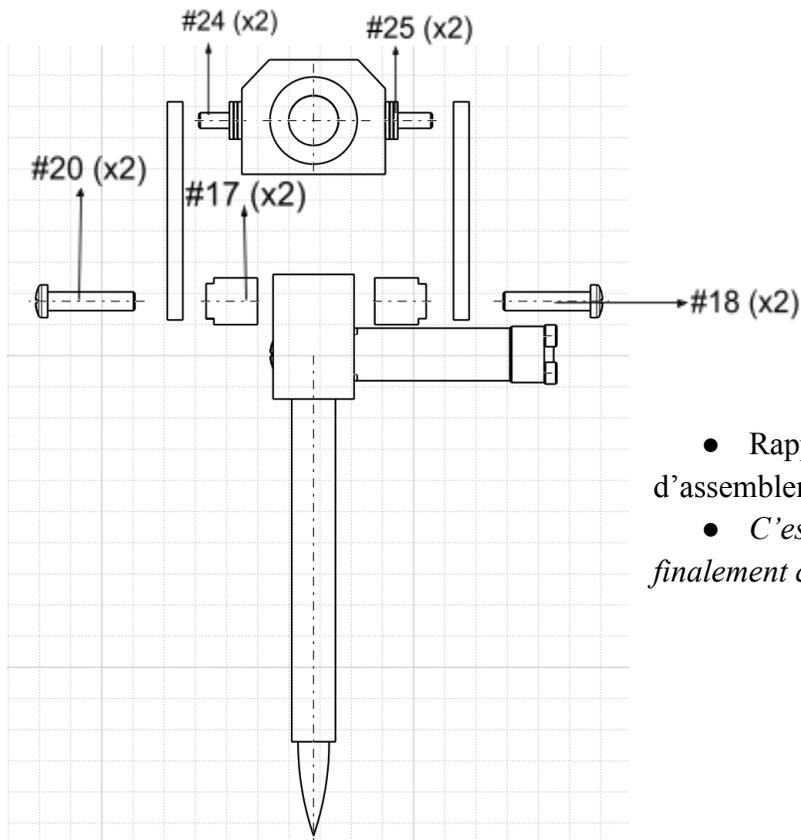
- Commencer par enfiler le grand guide linéaire (#22) dans le levier (#34) comme suit :
- Faire glisser celui-ci jusqu'au bloqueur.



- Attacher à présent le levier à ses supports à l'aide de la *tige filetée aux extrémités* (#35), le bloqueur orienté vers le bas.

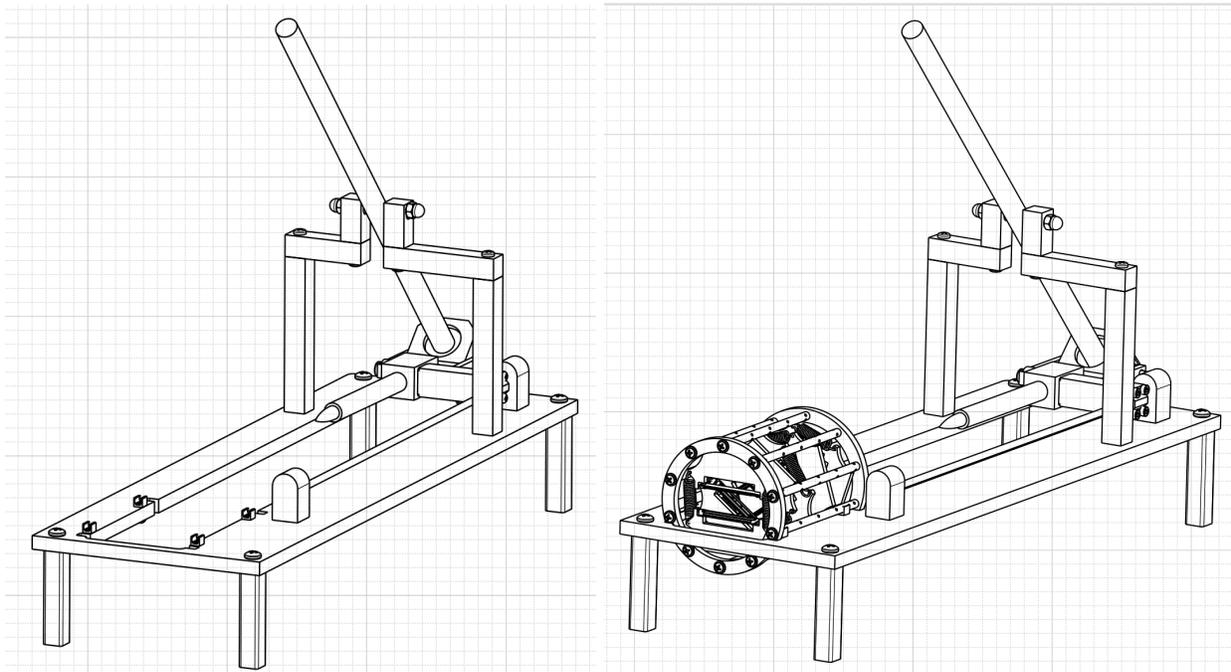
Joindre le tout :

- Dans les trous latéraux, insérer dans cet ordre la goupille (#24), le roulement (#25) et garder la barre (#18) en dehors pour l'instant.
-



- Rapprocher à présent le pique afin d'assembler le tout comme ci-contre.
- *C'est ici que le pousse carotte sera finalement contraint à un seul degré de liberté.*

Resultat :



Vous pouvez à présent installer le cylindre à lames dans les colliers prévus à cet effet et commencer à éplucher en faisant attention à ce que les lames soient bien tournées vers le pique.

3 - Mode d'emploi

Avertissement: Ce mécanisme comprend des éléments tranchants. Manipuler avec précautions. Maintenir hors de portée des enfants.

Installation: La cage cylindrique comportant les lames peut être démontée pour des raisons d'encombrement et de nettoyage, en. Veillez à la re-fixer avant utilisation.

Épluchage:

I - Positionner le levier afin d'avoir l'espace de placer la carotte entre le poussoir et le cylindre éplucheur.

II - Positionner la carotte afin qu'elle soit alignée avec l'axe du cylindre, et tel que l'extrémité de la carotte soit située entre les deux premières lames.

III - Actionner le levier afin de pousser la carotte à travers les premières lames.

IV - Tirer le levier jusqu'à ce que la carotte soit entièrement sortie du cylindre à lames.

V - La carotte est épluchée. Vous pouvez déguster!

Nettoyage :

L'entretien régulier de votre épluche carottes est important à son bon fonctionnement.

I - Détacher la cage cylindrique contenant les lames fixée à sa base par des colliers d'attache. **Attention: cet élément contient des lames - veuillez les manipuler avec précautions.**

II - Secouer au-dessus d'une poubelle ou d'un récipient de votre choix la cage cylindrique.

III - Rincer celle-ci dans votre évier, en laissant l'eau enlever les épluchures éventuellement restantes ou mettez la directement au lave vaisselle.

IV - Laisser sécher la pièce désormais propre. Celle-ci peut être remontée une fois sèche.

VI - Conclusion

Ce rapport détaille dans son ensemble le projet de conception d'un épluche carotte, dans le cadre du cours de construction mécanique. Il se base principalement sur les acquis du cours en question, mais utilise aussi des notions vues en cours de Structures mécaniques et en ingénierie des matériaux.

Le mécanisme finalement conçu respecte toutes les contraintes imposées par le cahier des charges. L'épluchage des carottes se fait rapidement, l'assemblage et l'utilisation se font facilement etc. La limitation du mécanisme qui pourrait être mentionnée est sa taille, bien que le système demeure utilisable et rangeable dans une cuisine standard. Il serait alors intéressant, dans le contexte d'un projet avec plus de moyen et de temps, de réfléchir à des moyens de diminuer la longueur et la hauteur du mécanisme.

D'un point de vue pédagogique, ce projet a été particulièrement riche en nouveaux acquis et en leçons d'ingénierie. La période de réflexion sur les différents designs possibles, en premier lieu, nous a permis de comprendre la quantité d'idées à entretenir et analyser avant de prendre une décision. La quantité de variables données par le cahier des charges mène à une vaste réflexion sur le meilleur moyen de trouver un milieu fonctionnel et équitable sur les contraintes. Cette tâche est tout sauf facile. De plus, le passage d'un concept imaginatif ou en dessin primitif à un mécanisme concret a posé ses propres défis. Chaque calcul de différentes dimensions impacte les autres et réciproquement, menant à un système de contraintes à résoudre de manière harmonieuse. De plus, les résultats d'une étude plus poussée de certaines parties d'un mécanisme exposent parfois des problèmes à résoudre, et donc requiert un retour au départ. De plus, notre groupe a acquis énormément d'expérience sur le travail en équipe, l'utilisation de différents logiciels, ou encore les aspects concrets des acquis théoriques.

Le rendu d'une conception entière du mécanisme d'épluche carottes est donc un fier accomplissement pour notre groupe, ainsi que la clôture d'un semestre riche en travail et en apprentissage. Il marque un premier pas dans le monde de la construction mécanique et un pas important dans notre cursus ingénieur.

VII - Annexes

Bibliographie

- *Mechanical Properties of Carrot Tissues*, N Bunyaphlanan (1973)
- *The frictional behaviour of wood*, W. M. MCKenzie (1968)
- *Extrait des normes* (2018)

Remerciements

Nous tenons à remercier l'ensemble des professeurs et assistants pour l'aide continue qu'ils ont pu nous apporter à travers le semestre. En particulier, l'aide de B. Lacour, S. Soubielle et de Guillaume Keusch a été essentielle au bon développement du projet.

Inventaire des pièces

Nom de la pièce	Numéro de référence	Nombre d'apparition	Matériaux	Masse (kg)
Socle	1	1	Aluminium 6061	1.494
Pied Socle	2	4	Aluminium 6061	0.041
Metric 18-8 Stainless Steel Pan Head Phillips Screw 92000A438	3	4	Stainless Steel 18-8	0.008
Collier De Serrage	4	2	Polyethylene	1.05E-04
Metric 18-8 Stainless Steel Button Head Hex Drive Screw 92000A222	5	4	EN1.4301 Stainless Steel	0.001
Rail de Guidage	6	1	Aluminium 6061	0.02
Maintien Rail	7	2	Aluminium 6061	0.034
Metric 18-8 Stainless Steel Pan Head Phillips Screw 92000A430	8	2	18-8 Stainless Steel	0.007
Maintien levier 1	9	2	Aluminium 6061	0.077
Maintien levier 2	10	1	Aluminium 6061	0.039
Maintien levier 2 long	11	1	Aluminium 6061	0.058
Maintien levier 3	12	2	Aluminium 6061	0.019

Goupille MSHSM3-10	13	8	EN 1.4301	5.59E-04
Vis CSPPN-316L-M5-30	14	4	EN 1.4404	0.006
T1	15	1	Aluminium 6061	0.111
T2	16	1	Aluminium 6061	0.047
Rondelle Epaisse	17	2	Aluminium 6061	0.006
Bras du joint	18	2	Aluminium 6061	0.009
Socket Head Screw-M4-22 91292A806	19	4	18-8 Stainless Steel	3.00E-03
Vis CSPPN-SUS-M6-28	20	2	EN 1.4301	0.008
Vis CSPPN-SUS-M6-35	21	1	EN 1.4301	0.01
Roulement Linéaire 16-3	22	1	2 C 45	0.425
Roulement Linéaire 5-3	23	1	2 C 45	0.027
Goupille	24	2	EN 1.4301	0.003
Roulement à butées à billes 7806K57	25	2	Steel	0.003
Barre	26	10	X 10 Cr Ni S 18 10	0.025
Couronne	27	2	Aluminium 6061	0.041
goupille MSHSM2-12	28	20	EN 1.4301	0.0003
rondelle 93475A230_18-8	29	20	18-8 Stainless steel	0.0005
Ressort de traction UFSP6-0.6-35	30	10	EN1.4301	0.005
Plaque (maintien lame)	31	10	Aluminium 6061	0.013
Lame	32	10	Stainless steel	0.002
Metric 18-8 Stainless Steel Pan Head Phillips Screw 92000A216	33	20	18-8 Stainless steel	0.001
Levier	34	1	Aluminium 6061	0.252
Specified Threaded Rods - Fully Threaded similar DIN 6379	35	1	Stainless steel EN1.4301	0.024
Metric 18-8 Stainless Steel Cap Nuts 94000A039	36	2	Stainless 18-8	0.005
Metric 18-8 Stainless Steel Pan Head Phillips Screw 92000A428	38	2	Stainless Steel 18-8	0.007

Répertoire de pièces achetées

Pièce	Utilité	Fournisseur	Quantité
SMA5	Guide linéaire horizontal	Nippon Bearings	1

SMA16	Guide linéaire selon levier	Nippon Bearings	1
Goupille MSHSM2-12	Lier les plaques aux barres (#28) pour l'épluchage	Misumi	20
Metric 18-8 Stainless Steel Pan Head Phillips Screw M4-6	Attacher les barres (#26) à la couronne, pour avoir un assemblage pour l'épluchage rigide	Misumi	20
Rondelle ronde	Pour les vis M4 ci dessus	McMaster-Carr	20
Goupille MSHSM3-10	Utilisé entre LHP 1-2 et 2-3	Misumi	8
Vis CSPPN-316L-M5-30	Utilisé entre LHP 1-2 et 2-3	Misumi	4
Socket Head Screw-M4-22	Utilisé pour attacher lin bear 5 à T2	McMaster-Carr	4
Vis CSPPN-SUS-M6-28	Utilisé pour attacher rondelle épaisse, joint arm et T	Misumi	2
Vis CSPPN-SUS-M6-35	Utilisé pour attacher T1 et T2	Misumi	1
Thrust Bearing	Faire tourner le joint	McMaster-Carr	2
Metric 18-8 Stainless Steel Pan Head Phillips Screw M6-	Attacher les maintiens rail(de guidage)	McMaster-Carr	2
Metric 18-8 Stainless Steel Cap Nuts	Maintenir l'axe de rotation du levier	McMaster-Carr	2
Ressort de traction-Longueurs configurables	Permet de maintenir une force d'épluchure sur la carotte	Misumi	10
Metric 18-8 Stainless Steel Pan Head Phillips Screw M6-25	Maintenir	McMaster-Carr	2
Metric 18-8 Stainless Steel Button Head Hex Drive Screw	Utilisé pour maintenir les colliers au socle	McMaster-Carr	4

M4-12			
Metric 18-8 Stainless Steel Pan Head Phillips Screw M6-30	Utilisé pour attacher les pieds au socle	Mcmaster-Carr	4
Specified Threaded Rods - Fully Threaded similar DIN 6379	Axe de rotation du levier	Misumi	1

Modifications aux pièces achetées

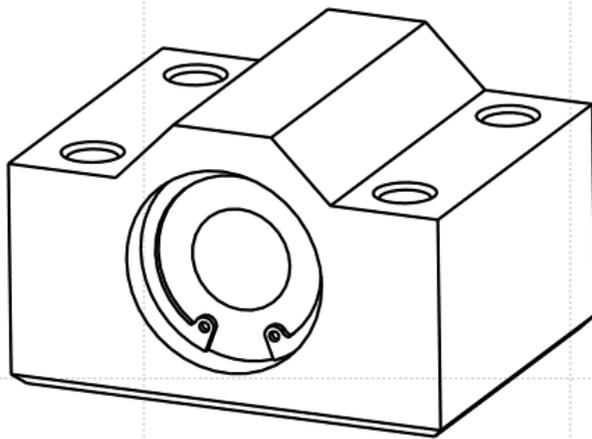
Nous modifions 2 pièces, les guidages linéaires SMA5 et SMA16.

SMA5 : nous avons agrandi les 4 trous taraudés M3 à des trous de diamètre 4.5. On enlève ensuite de la matière sur la pente qui se trouve en haut de la pièce par fraisage de face.

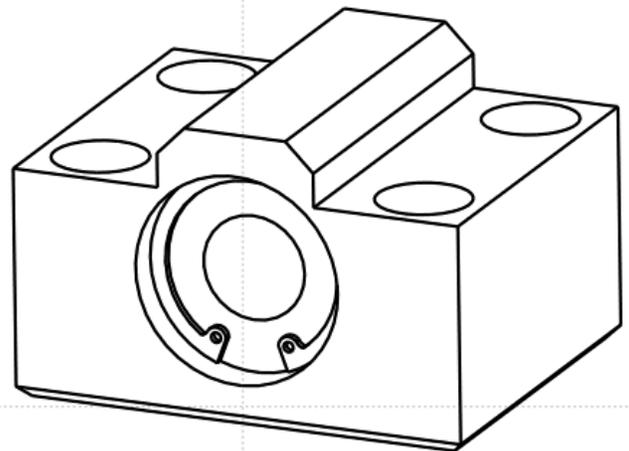
Les trous sont utilisés pour attacher le SMA5 à l'assemblage T avec des vis M4, il faut des trous de passage pour serrer le roulement linéaire.

La pente coupée : les plus petites têtes de vis M4 qu'on a pu trouver avaient une tête de vis trop large par rapport à la place disponible. En enlevant la pente (qui ne contient rien dedans) nous a permis d'utiliser une vis normalisée.

SMA5:

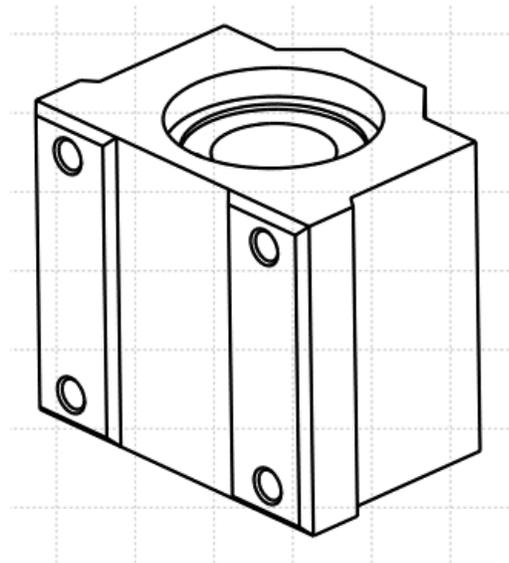


Avant

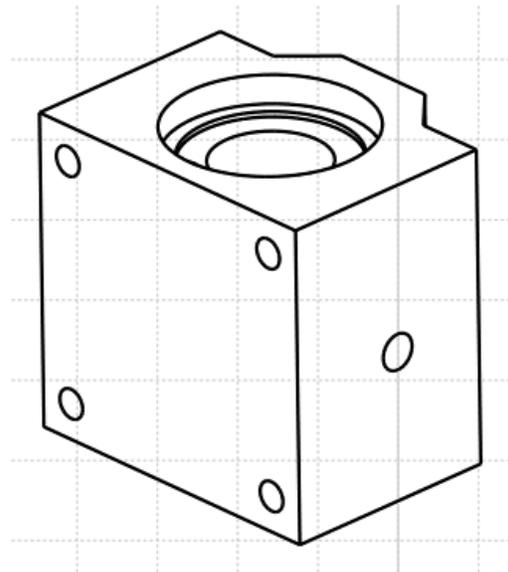


Après

SMA16 : on enlève de la matière sur les deux faces latérales du roulement linéaire. On supprime les reliefs qui se trouvent sur les parois par fraisage en bout afin que la pièce soit lisse (pour que les pièces installées puissent bouger librement). On ajoute ensuite des trous de diamètre 6 sur les deux faces latérales. Ce changement nous permet de mettre en place le bras du joint plus facilement et éviter un blocage potentiel. On enlève également le relief situé sur la face intérieure, ce qui est mieux adapté à notre système (attache plus facile).

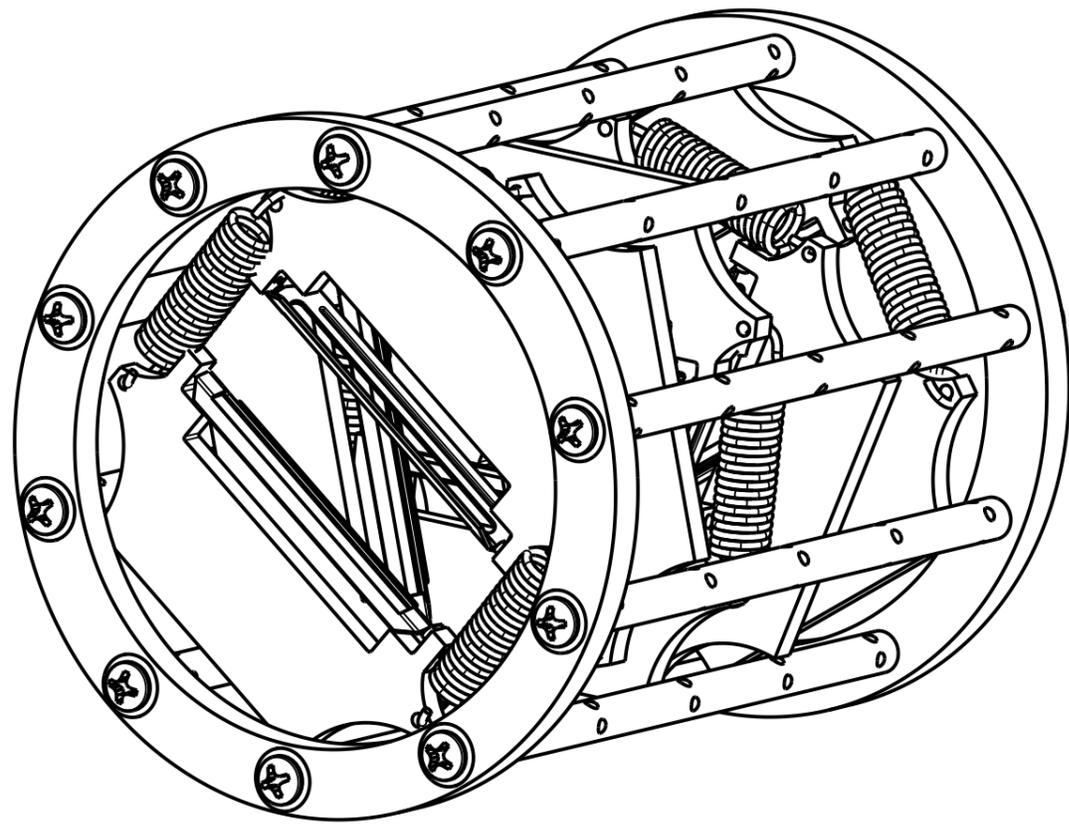
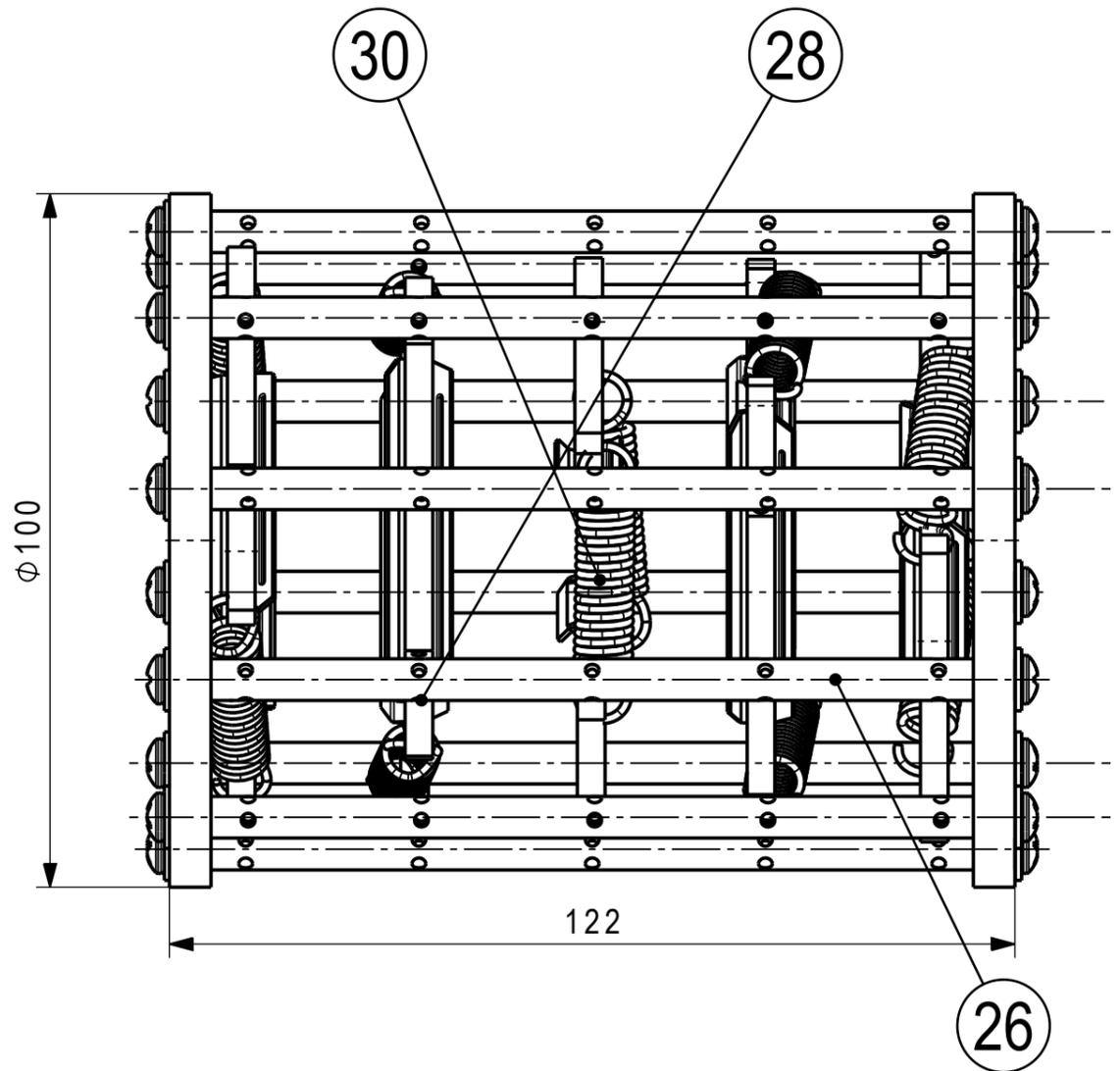
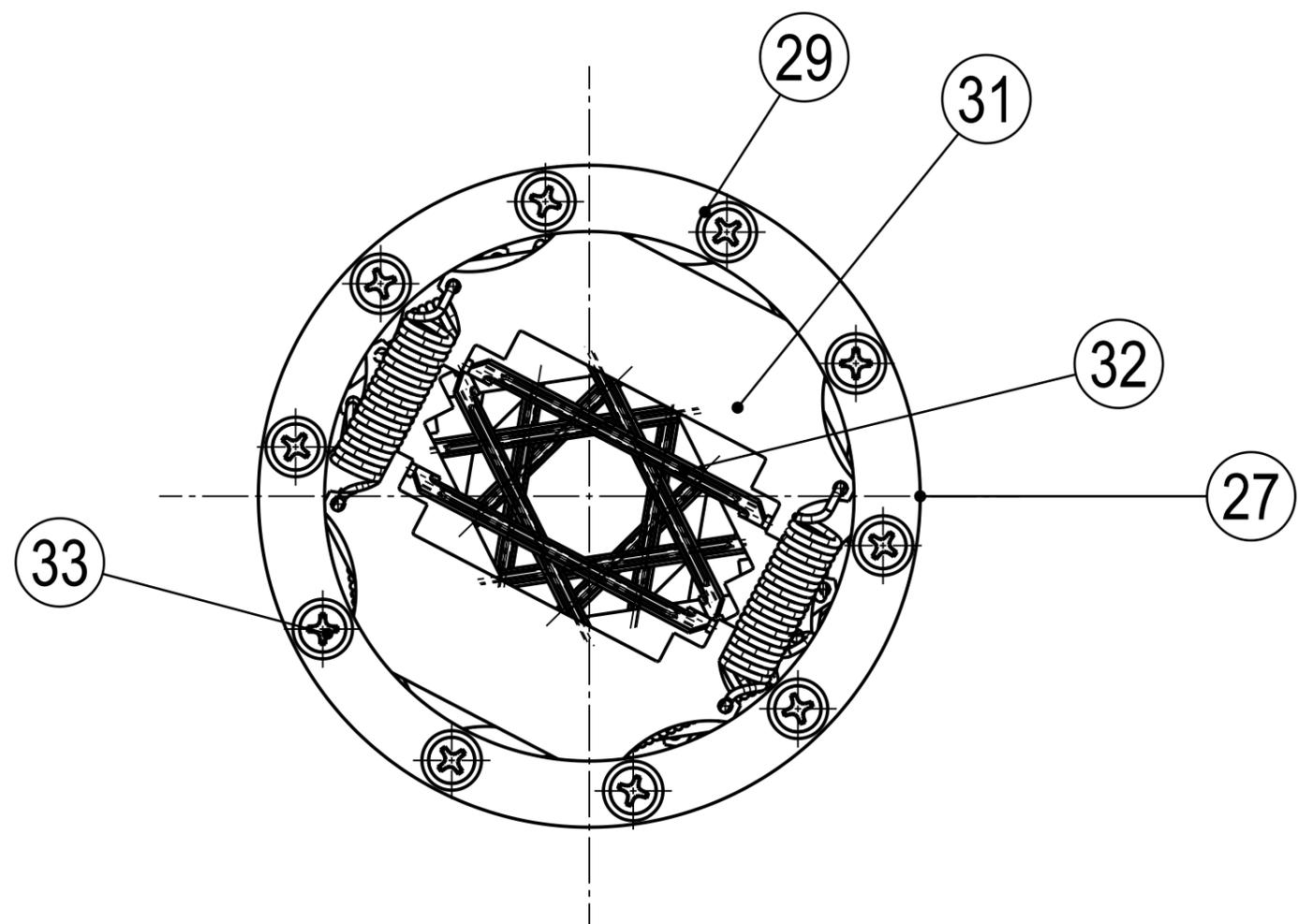


Avant



Après

Dessins 2D



30	10		Ressort de traction	UFSP6-0.6-35
28	20		Goupille	MSHSM2-12
29	20		Rondelle ronde	93475A230
33	20		Vis M4	92000A216
31	10		Plaque	
32	10		Lame	
26	10		Barre	
27	2		Couronne	
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification	Dénomination/caractéristiques

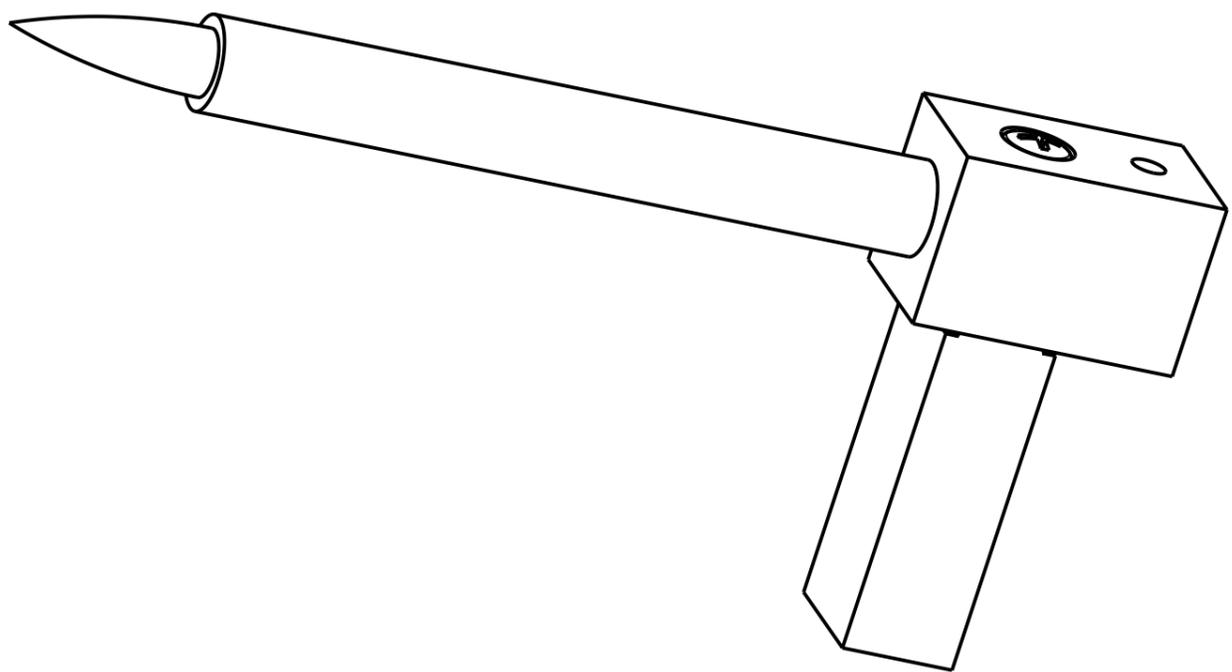
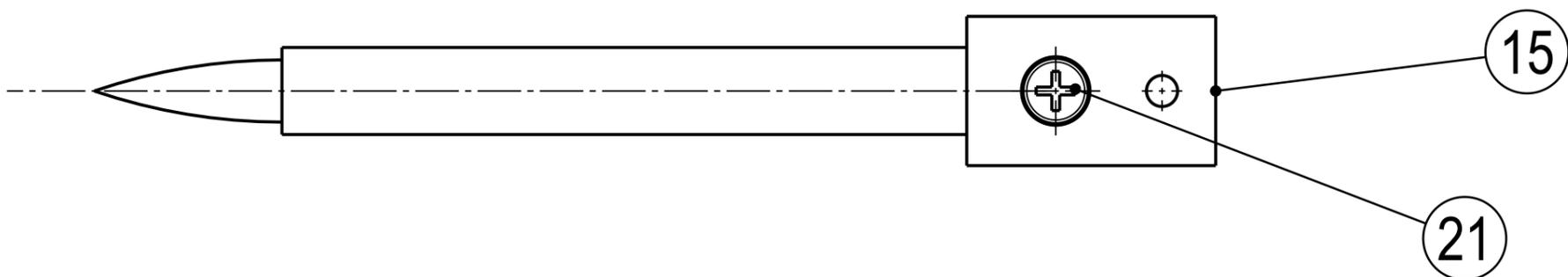
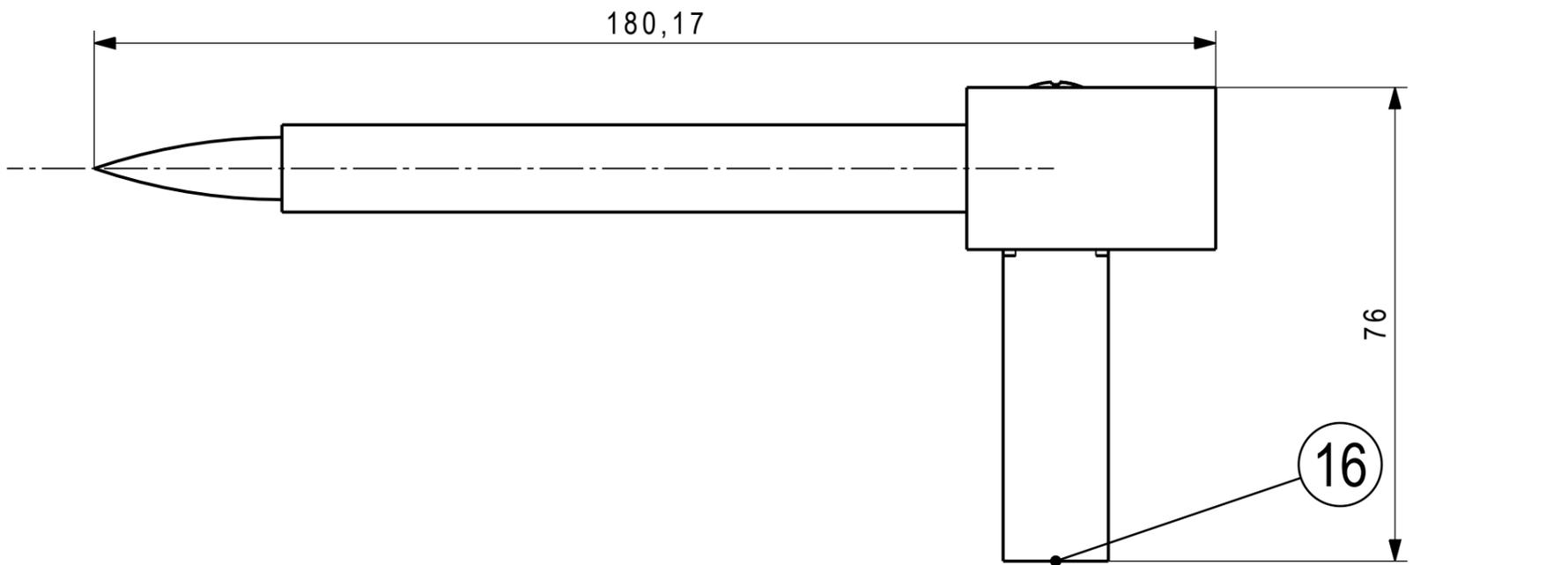
Mod.		Mod.	Dessiné	5/27/2022	CARDABA	Echelle	1:1
			Contrôlé				
			Conf aux norm				
			Bon pour exéc.				

Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>	N° de commande		Format	A3	Nb feuilles	1	Feuille N°	1
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>	Origine							
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>	Remplace							

EPFL	Dénomination	Cylindre à lames	N° de dessin	L
-------------	--------------	-------------------------	--------------	----------

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



21	1		Vis M6	CSPPN-ST-M6-35			
16	1		T1				
15	1		T2				
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification		Dénomination/caractéristiques		
					Dessiné	5/27/2022	
					Contrôlé	CARDABA	
					Conf aux norm		
					Bon pour exéc.		
Sans nomenclature séparée			<input type="checkbox"/>		N° de commande		
Nomenclature sép de même N°			<input type="checkbox"/>	Matiere	Origine	Format	
Nomenclature sép de N° diff			<input type="checkbox"/>	Masse	Remplace	A3	
EPFL				Dénomination		Pique	
				N° de dessin		T	

Echelle
1:1

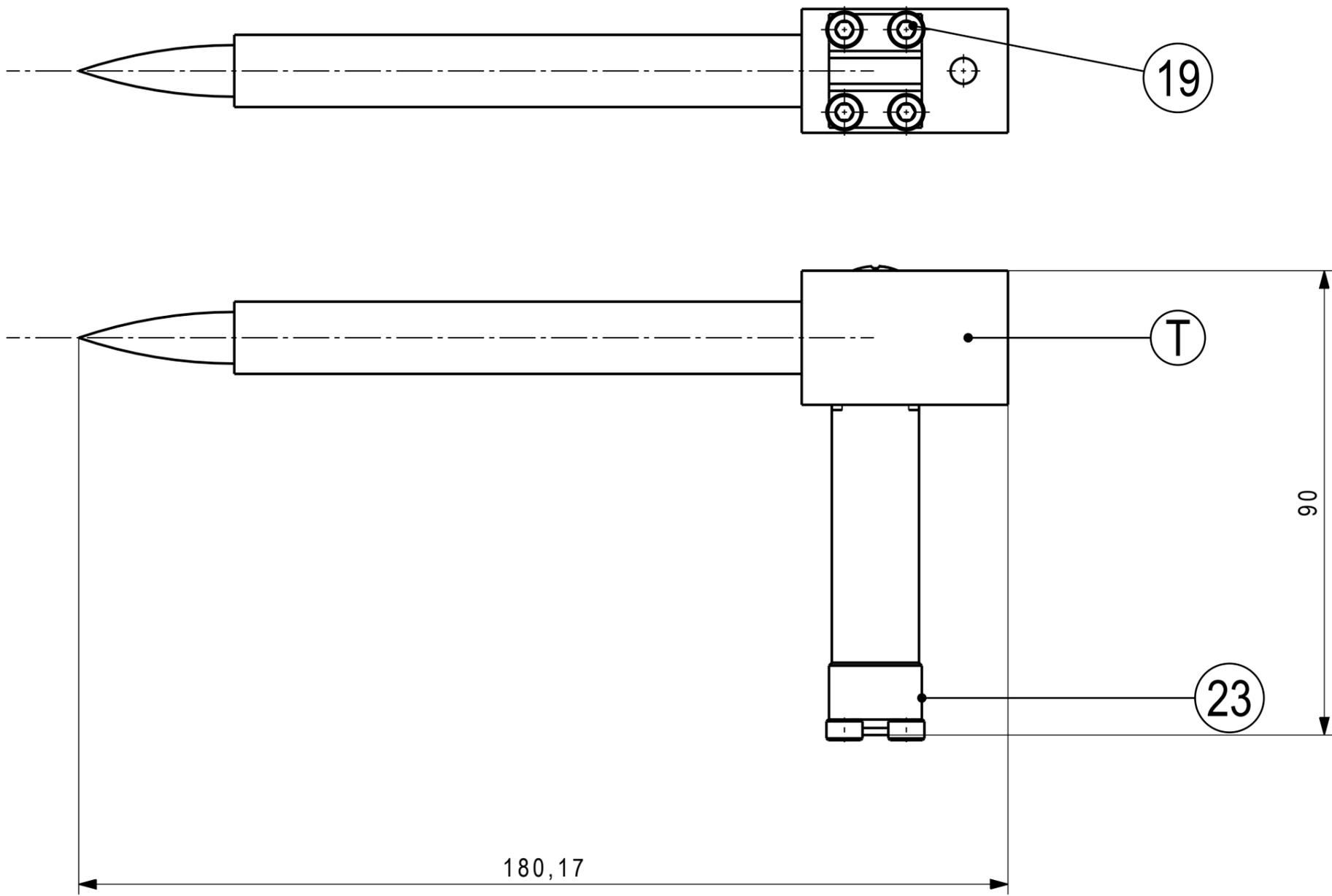


Nb feuilles
1

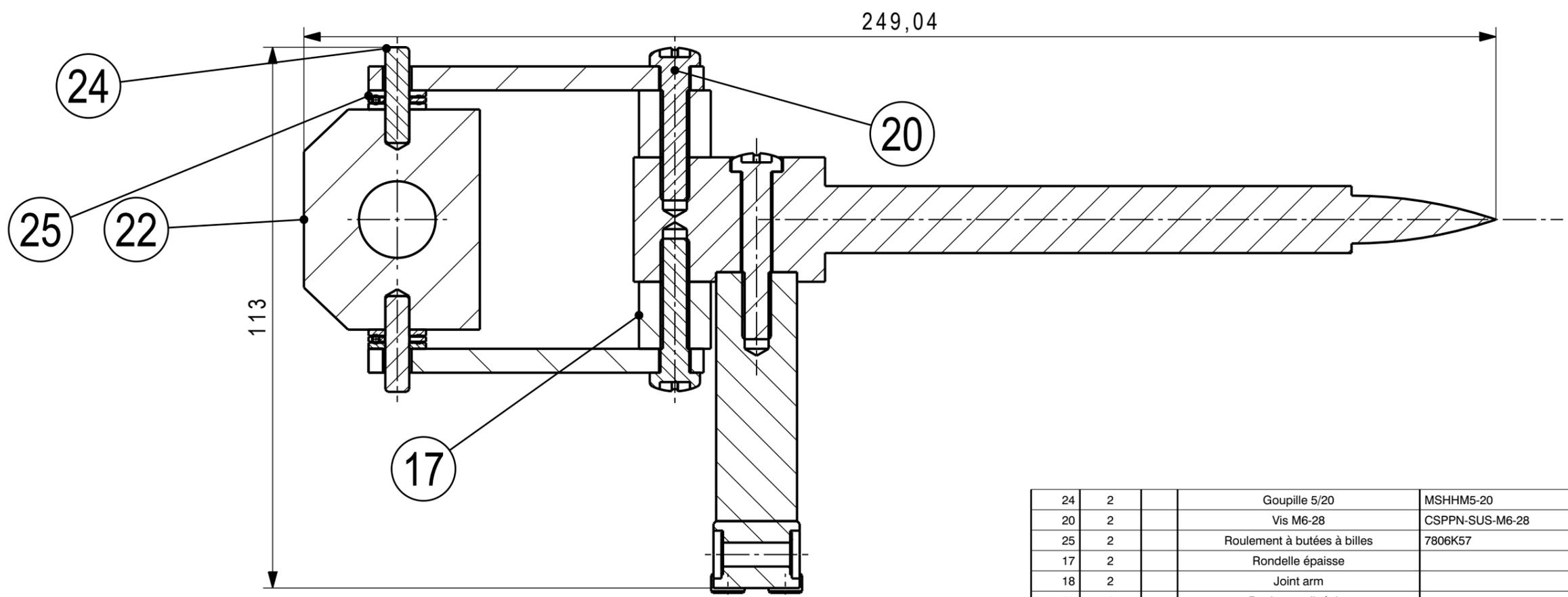
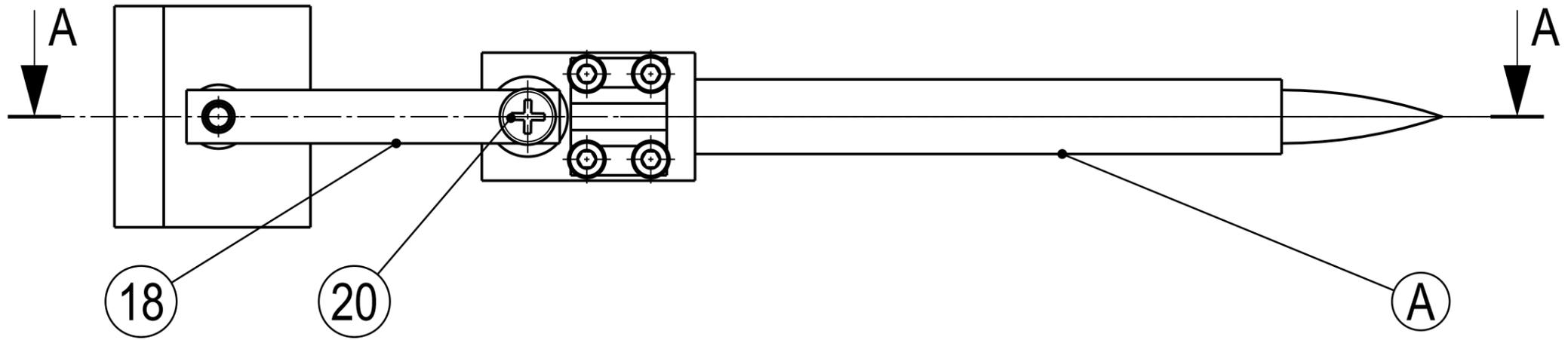
Feuille N°
1

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



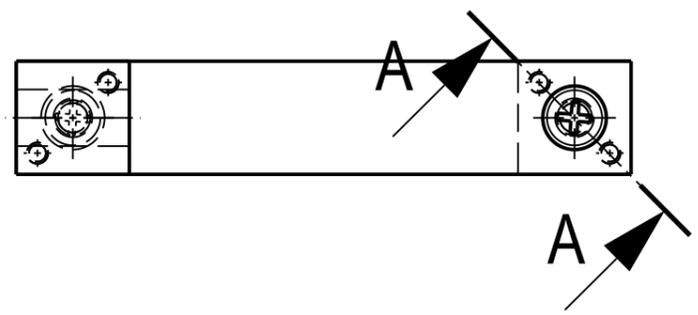
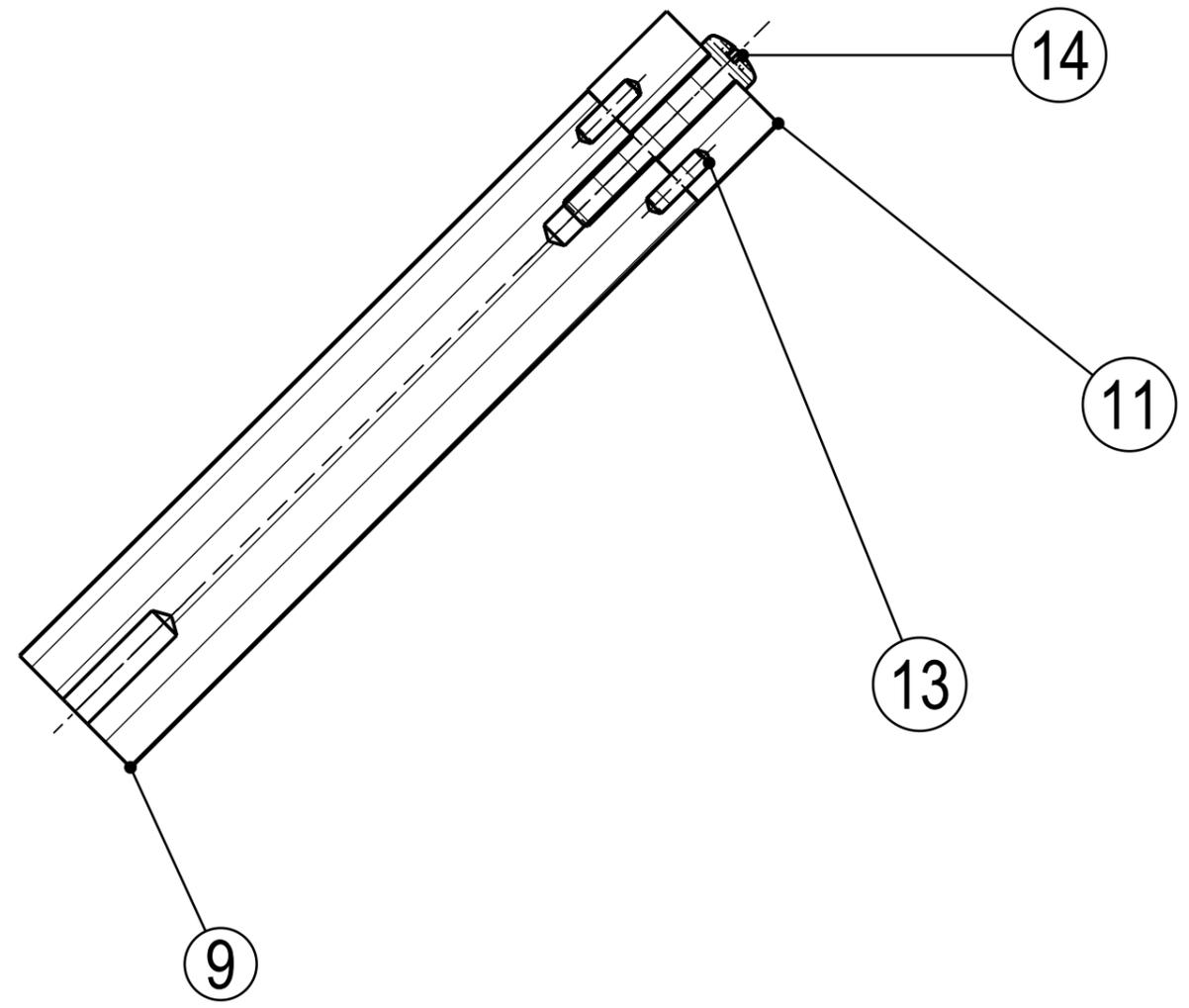
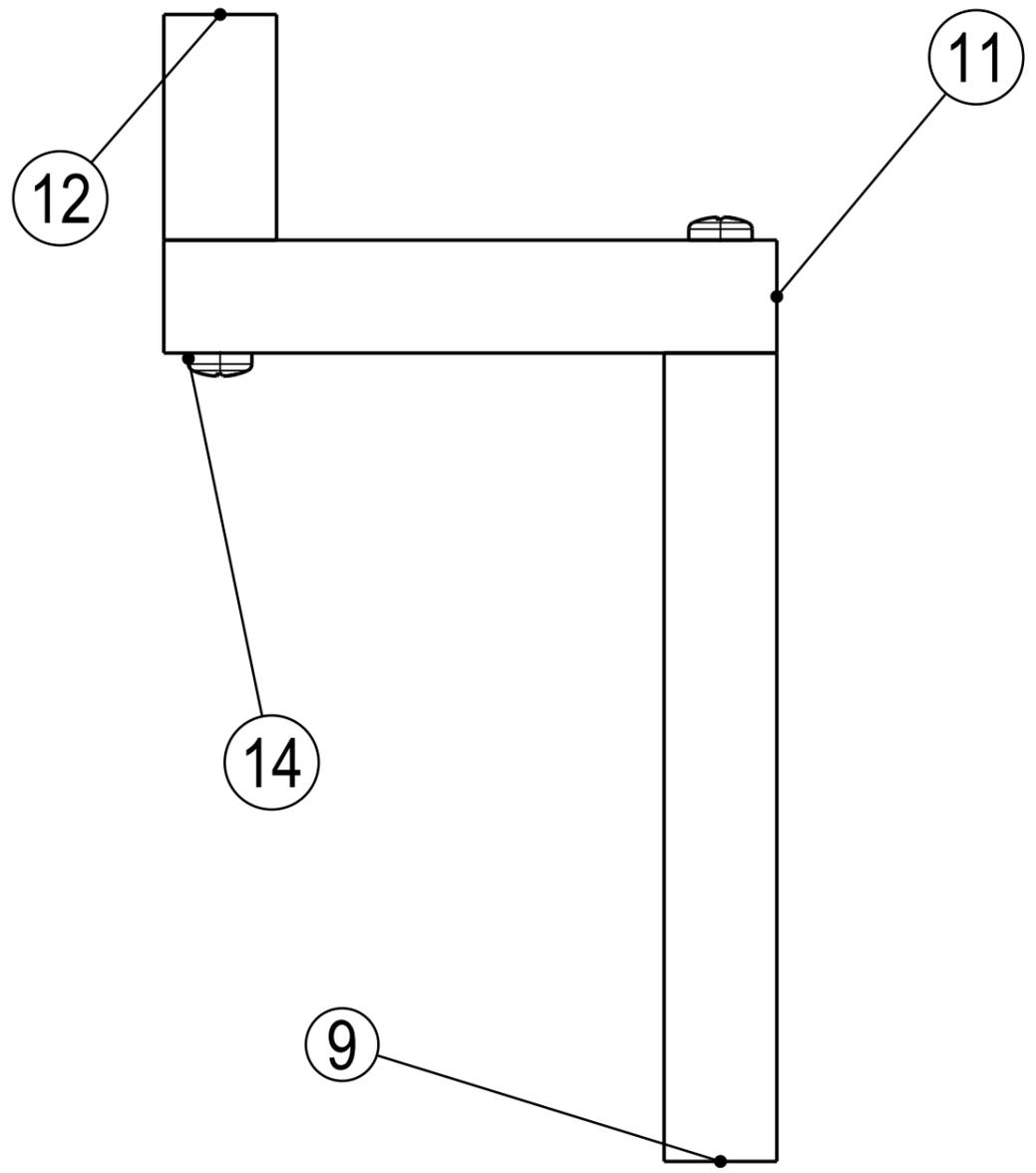
19	4		Vis M4-22	91292A806	
23	1		Guidage linéaire	SMA5-3	
T	1		Pique carrote seul		Liste
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification		Dénomination/caractéristiques
Mod.			Mod.	Dessiné	5/27/2022
				Contrôlé	CARDABA
				Conf aux norm	
				Bon pour exéc.	
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>			N° de commande		Echelle 1:1
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	
				Pique + guidage linéaire	
				N° de dessin	
				A	



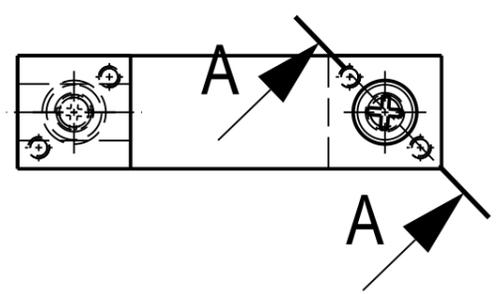
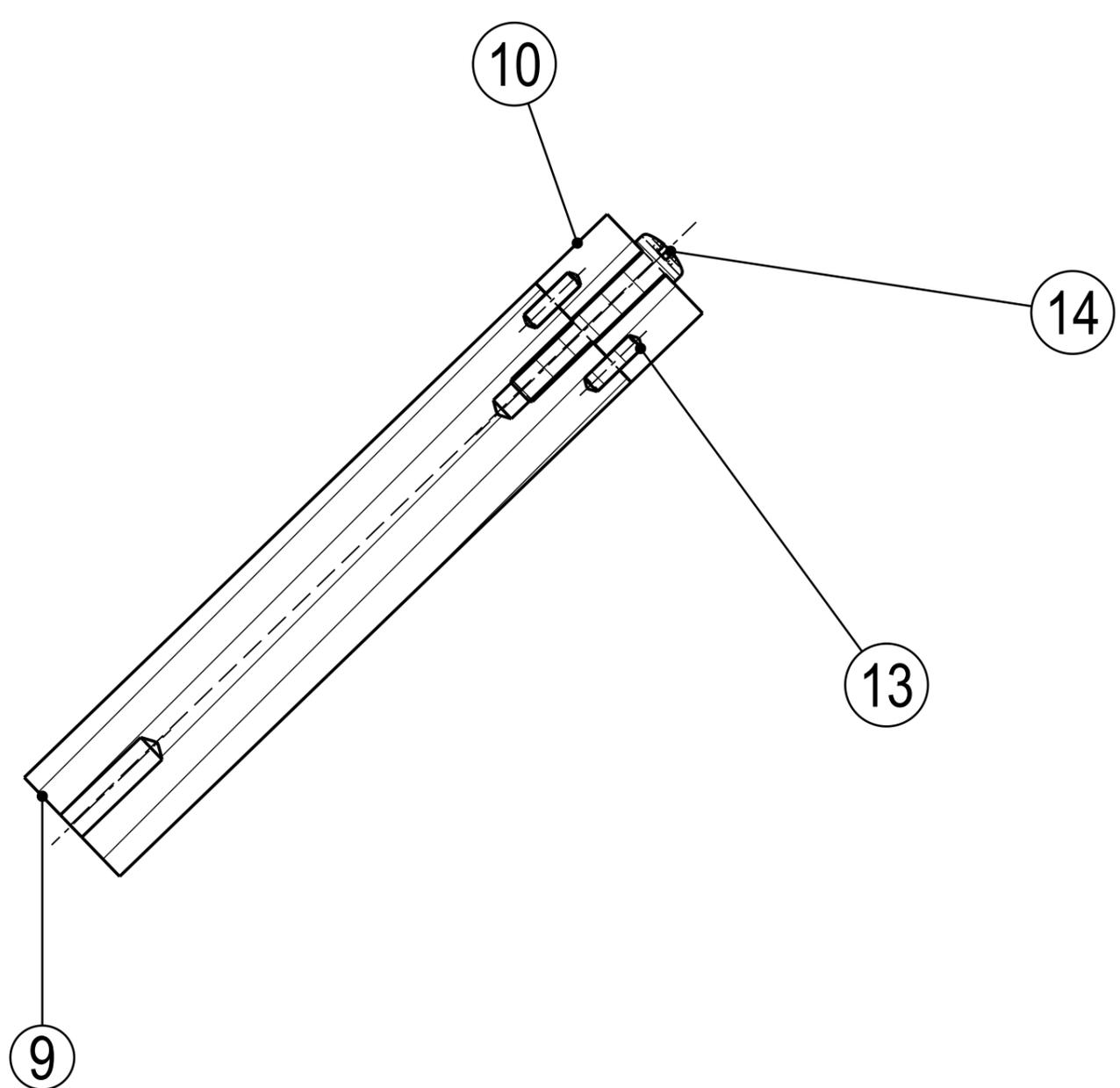
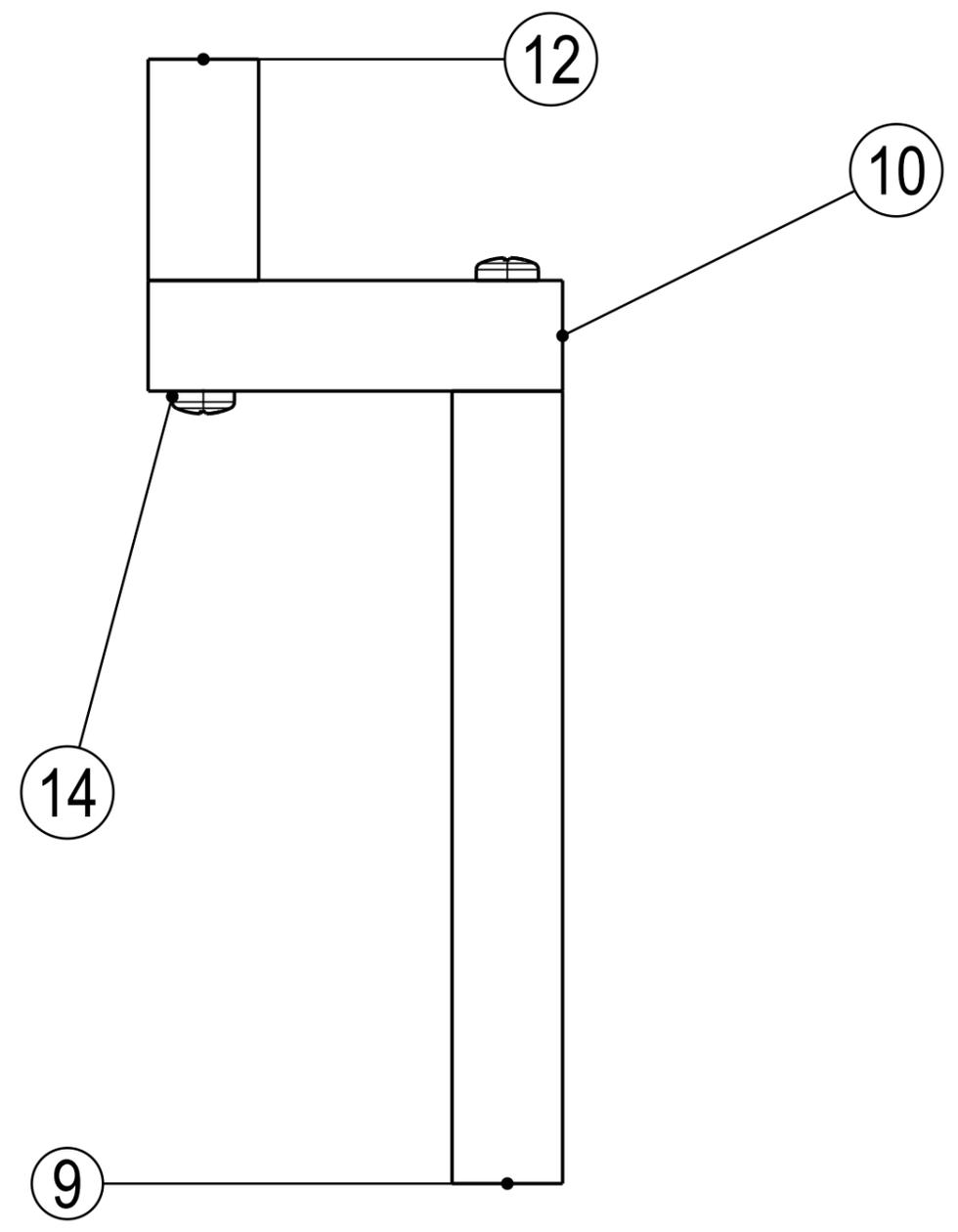
24	2		Goupille 5/20	MSHHM5-20			
20	2		Vis M6-28	CSPPN-SUS-M6-28			
25	2		Roulement à butées à billes	7806K57			
17	2		Rondelle épaisse				
18	2		Joint arm				
22	1		Roulement linéaire				
A	1		Pique carotte			Liste	
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification		Dénomination/caractéristiques		
				Dessiné	5/27/2022	CARDABA	
				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		Format	
Nomenclature sép de N° diff			<input type="checkbox"/>	Remplace		Nb feuilles	
				Dénomination		N° de dessin	
						Assemblage guidage	
						Echelle	
						1:1	
						Format	
						A3	
						Nb feuilles	
						1	
						Feuille N°	
						1	

1 2 3 4 5 6 7 8

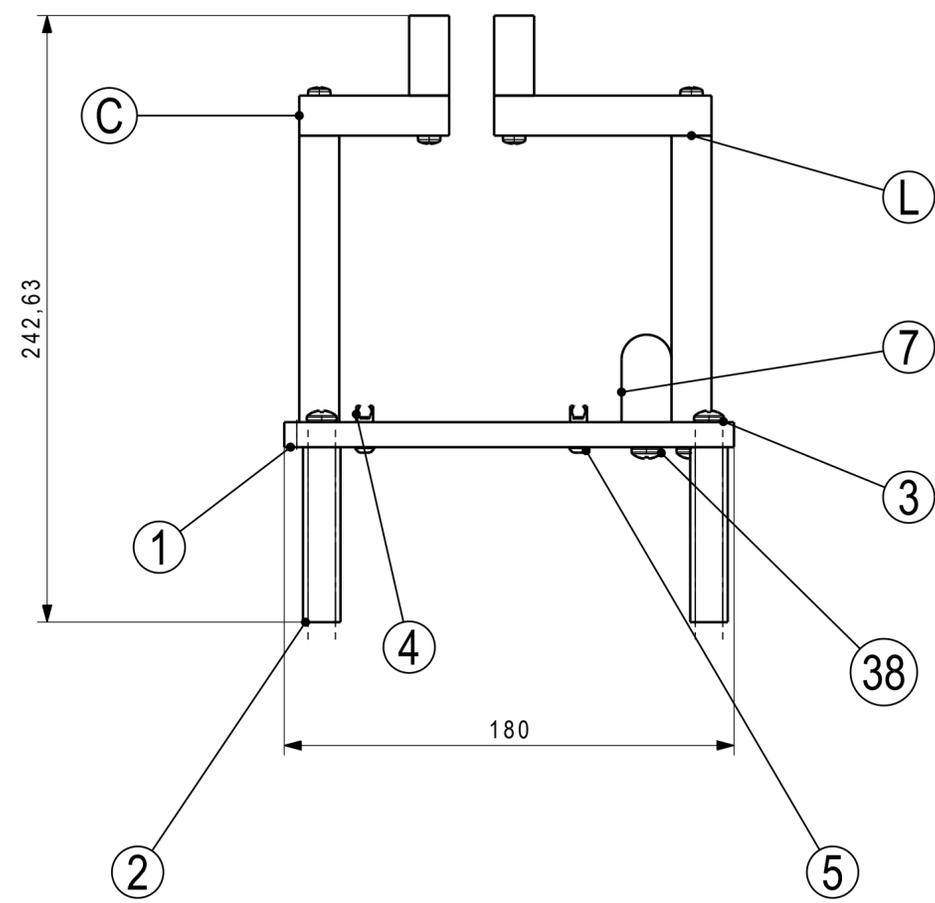
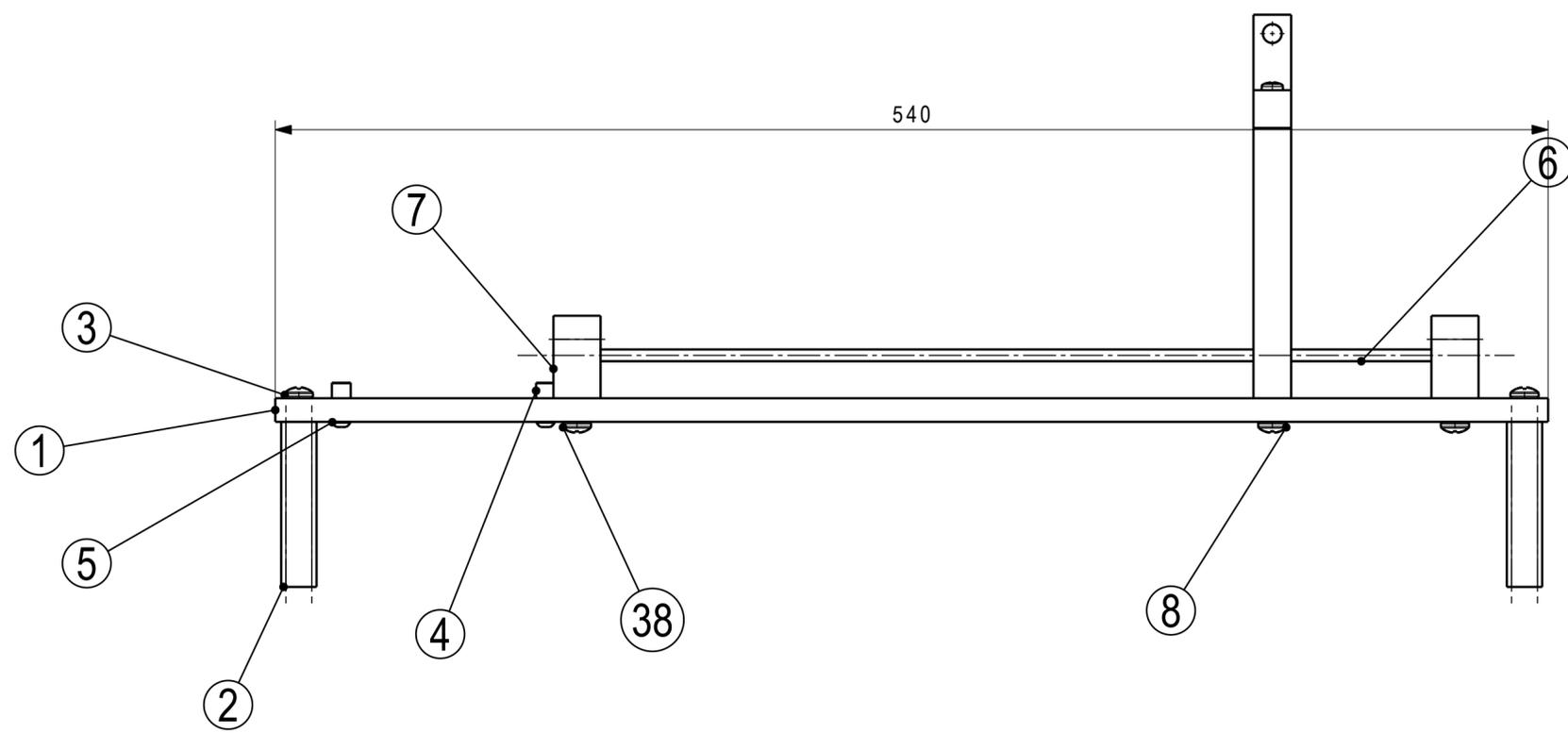
A
B
C
D
E
F



12	1		Maintien levier 3		
14	2		Vis M5	CSPPN-ST-M5-30	
13	4		Goupille	MSHSM3-10	
11	1		Maintien levier 2 long		
9	1		Maintien levier 1		
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification		Dénomination/caractéristiques
Mod.				Dessiné	5/27/2022
				Contrôlé	CARDABA
				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	
				Maintien de levier (long)	
				N° de dessin	
				L	
				Format	
				A3	
				Nb feuilles	
				1	
				Feuille N°	
				1	
				Echelle	
				1:1	

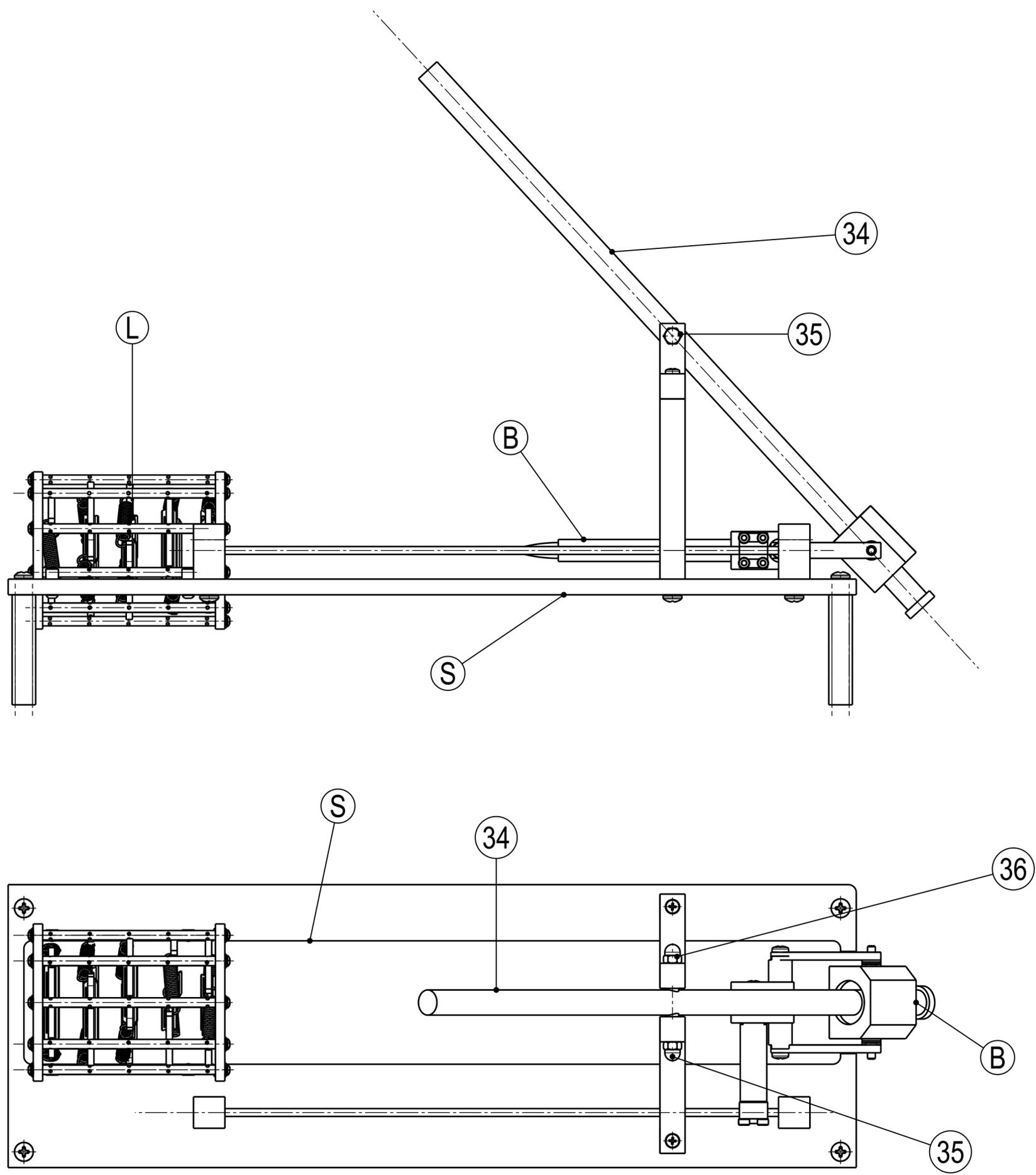


12	1		Maintien levier 3		
14	2		Vis M5	CSPPN-ST-M5-30	
13	4		Goupille	MSHSM3-10	
10	1		Maintien levier 2		
9	1		Maintien levier 1		
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification		Dénomination/caractéristiques
Mod.			Dessiné		5/27/2022
			Contrôlé		CARDABA
			Conf aux norm		Echelle
			Bon pour exéc.		1:1
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		
Matiere			Format		A3
Masse			Nb feuilles		1
Dénomination			N° de dessin		C
EPFL			Maintien levier (court)		



6	1		Rail de guidage	Aluminium 6061
L	1		Maintien levier (long)	Liste
3	4		M6-30	92000A438
2	4		Pied	Aluminium 6061
8	2		M6-25	92000A430
C	1		Maintien levier (court)	Liste
5	4		M4-12	92095A192
4	4		Collier de serrage	
38	2		M6-20	92000A428
7	2		Maintien rail	Aluminium 6061
1	1		Socle	Aluminium 6061
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification	Dénomination/caractéristiques
				Dessiné 28/05/2022 PLUIM
				Contrôle
				Confi aux norm
				Bon pour exéc.
				N° de commande
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>			N° de dessin	
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>			Format A2 Nb feuilles 1 Feuille N° 1	
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>			Remplace	
EPFL			Assemblage SOCLE	





L	1		Assemblage cylindre à lames					
35	1		Tige filetée aux extrémités M8	FWB8_60_E21_F21				
36	2		Ecrou borgne M8	94000A039				
S	1		Assemblage Socle					
34	1		Levier					
B	1		Assemblage guidages linéaires					
Pos.	Quantité	Unité	Numéro d'identification		Dénomination/caractéristiques			
					Dessiné	29/05/2022	CARDABA	
					Contrôlé			
					Confl aux norm			
					Bon pour exéc.			
					N° de commande			
					Origine			
					Remplace			
Sans nomenclature séparée			<input type="checkbox"/>					
Nomenclature sép de même N°			<input type="checkbox"/>					
Nomenclature sép de N° diff			<input type="checkbox"/>					
EPFL					Dénomination		N° de dessin	
					Assemblage final		A2 1 1	



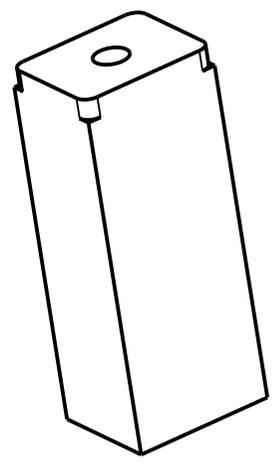
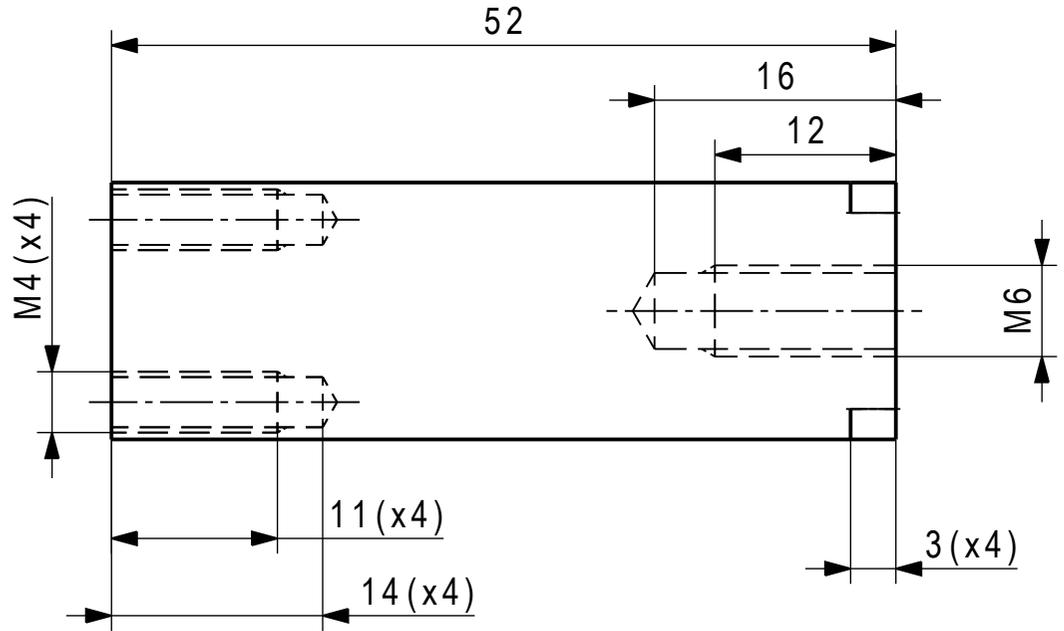
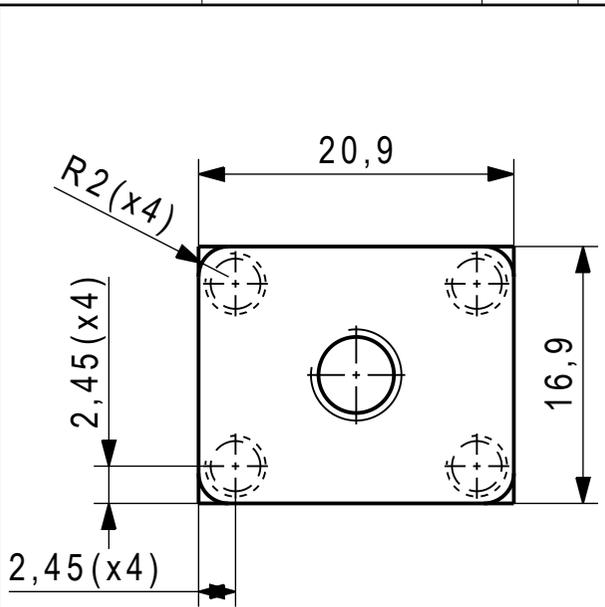
Assemblage final

Format A2 Nb feuilles 1 Feuille N° 1

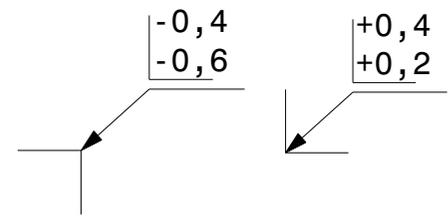
Echelle 1:2

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



Tolérances générales:
ISO 2768-mK



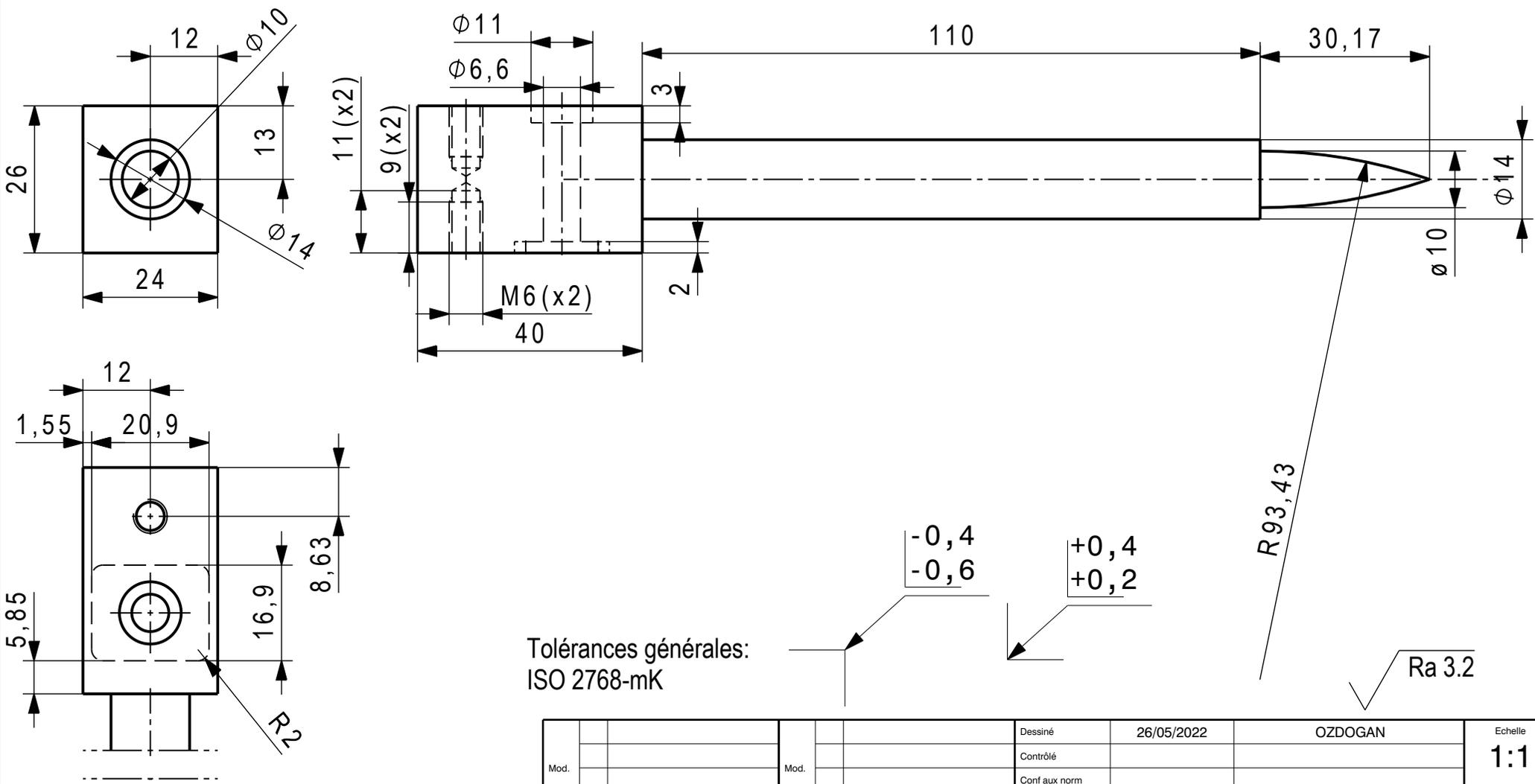
Ra 3.2

Mod.		Mod.		Dessiné	5/13/2022	OZDOGAN		Echelle	
				Contrôlé				2:1	
				Conf aux norm					
				Bon pour exéc.					
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>				N° de commande					
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere		Aluminium 6061		Origine		Format	
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse		0.047kg		Remplace		A4	
								Nb feuilles	
								1	
								Feuille N°	
								1	
				Dénomination		T 2		N° de dessin	
								16	

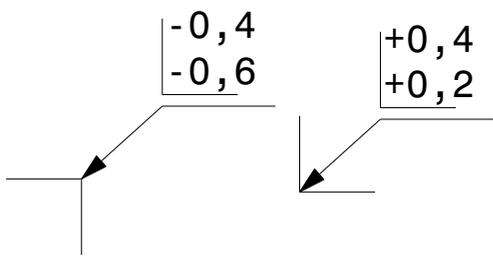


1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



Tolérances générales:
ISO 2768-mK



R93,43

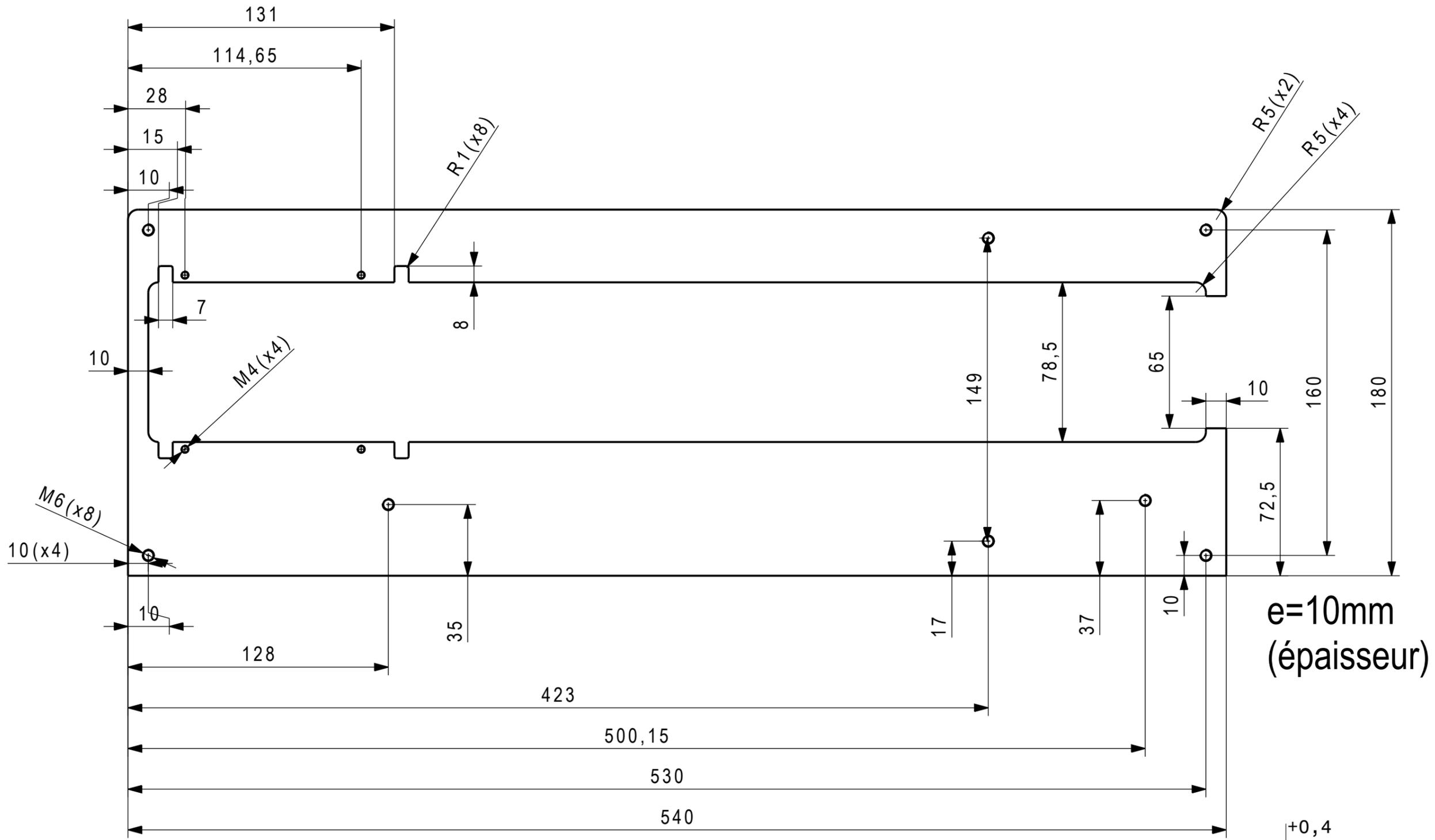
Ra 3.2

Mod.		Mod.		Dessiné	26/05/2022	OZDOGAN		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		Aluminium		Format		A4	
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse		0.111kg		Nb feuilles		1	
		Dénomination		T 1		N° de dessin		15	

EPFL

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



e=10mm
(épaisseur)

Ra 3.2

+0,4
+0,2

-0,4
-0,6

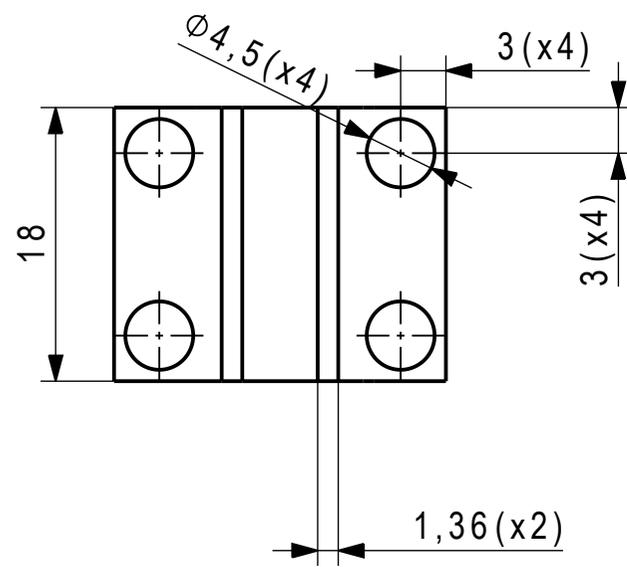
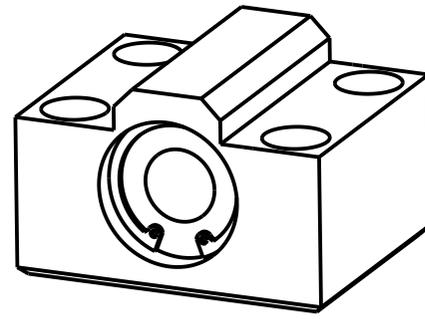
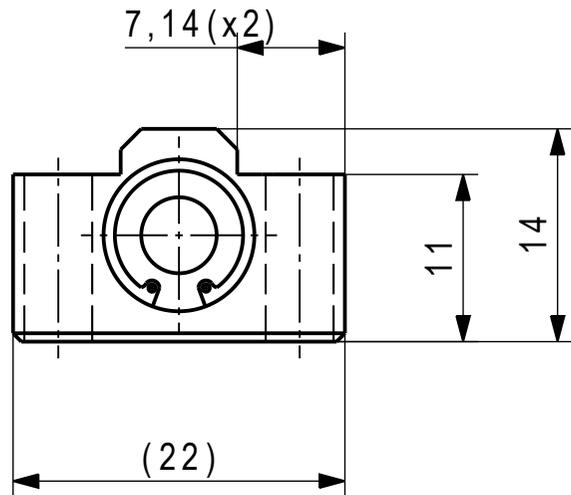
Tolérances Générales:
ISO 2768-mK

Mod.		Dessiné		31/05/2022		PLUIM		Echelle	
		Contrôlé						1:2	
		Conf aux norm							
		Bon pour exéc.							
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		N° de commande				Format		Nb feuilles	
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere		Aluminium 6061		A3		1	
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse		1.494 kg		Remplace		Feuille N°	
		Dénomination		Socle		N° de dessin			



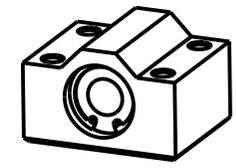
1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



Ancienne pièce

Fournisseur: Nippon Bearings
Pièce de Référence : SMA5



Mod.		Mod.	Dessiné	5/27/2022	OZDOGAN		Echelle	
				Contrôlé			2:1	
				Conf aux norm				
				Bon pour exéc.				
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>			N° de commande					
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere	2 C 45		Origine		Format	Nb feuilles
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse	0.027kg		Remplace		A4	1
		Dénomination				N° de dessin		
		EPFL				Roulement lineaire 5-3		23

1

2

3

4

5

6

7

8

A

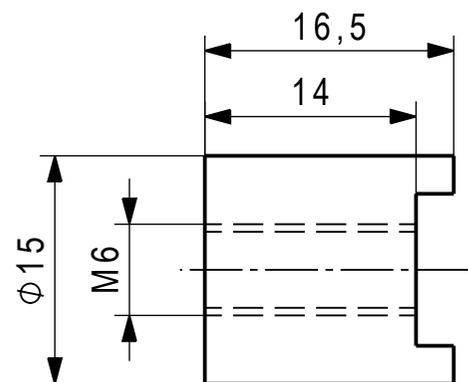
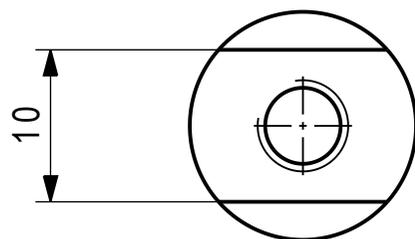
B

C

D

E

F



Tolérances générales:
ISO 2768-mK

-0,4
-0,6

+0,4
+0,2

Ra 3.2

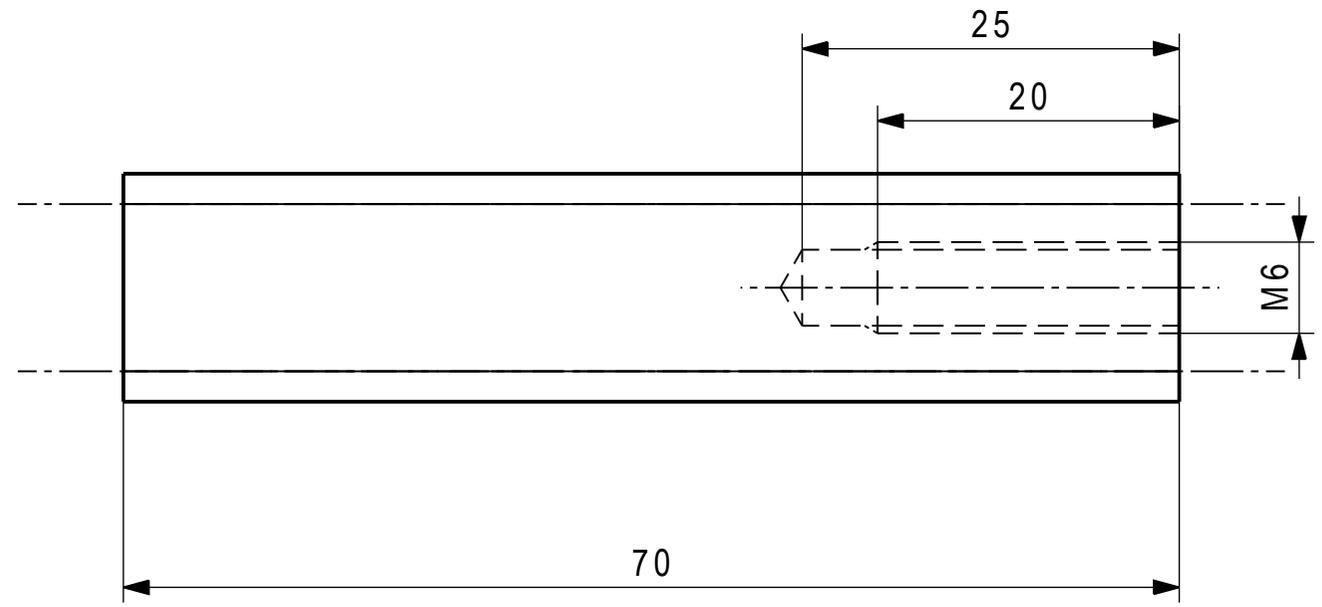
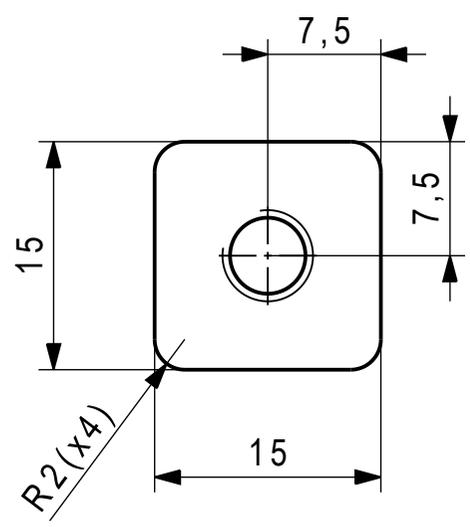
Mod.		Mod.		Dessiné	26/05/2022	OZDOGAN		Echelle	
				Contrôlé				2:1	
				Conf aux norm					
				Bon pour exéc.					
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>				N° de commande					
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere		Aluminium 6061		Origine		Format	
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse		0.006kg		Remplace		A4	
								Nb feuilles	
								1	
								Feuille N°	
								1	
								N° de dessin	
								17	

EPFL

Rondelle epaisse

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



Tolérances générales
ISO 2768-mK

-0,4
-0,6

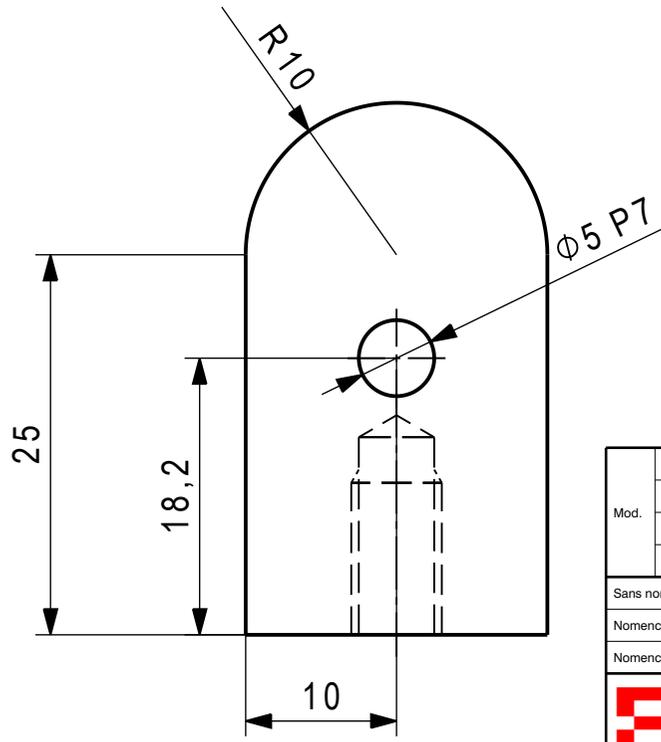
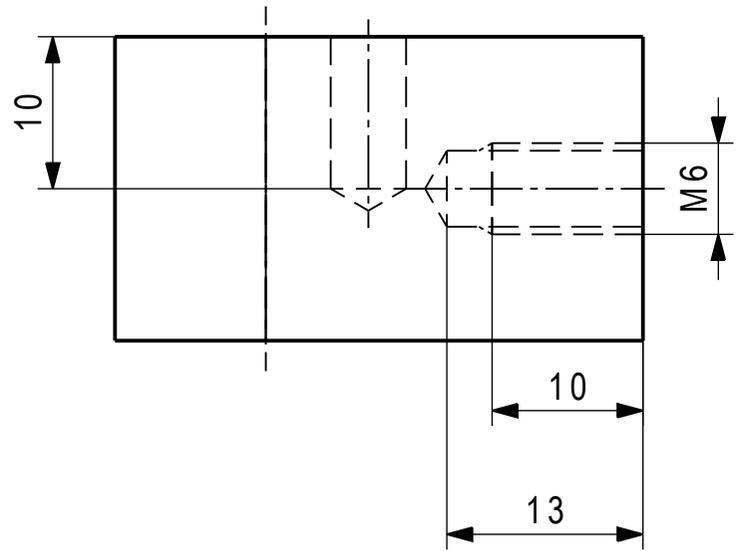
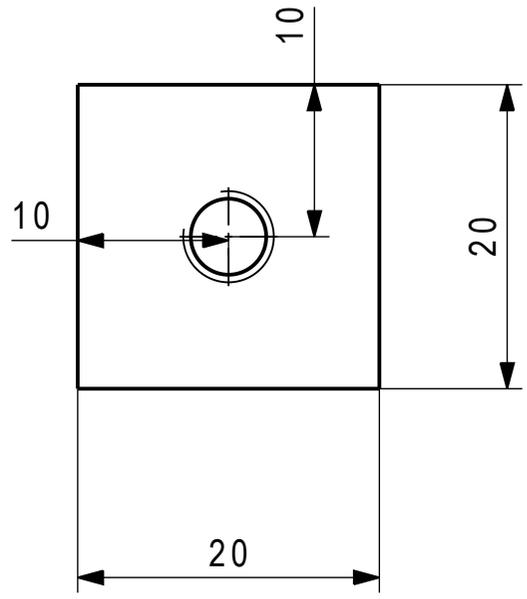
+0,4
+0,2

Ra 3.2

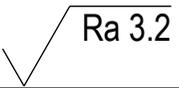
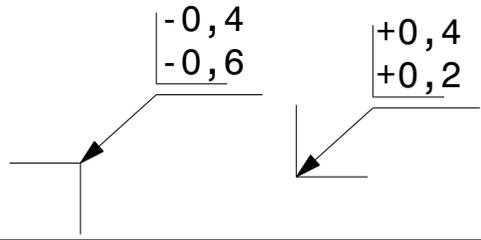
Mod.		Dessiné		22/05/2022		PLUIM		Echelle	
		Contrôlé						2:1	
		Conf aux norm							
		Bon pour exéc.							
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		N° de commande				Format		Feuille N°	
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere		Aluminium 6061		A4		1	
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse		0.041kg		Remplace		1	
		Dénomination				N° de dessin			
		Pied				2			

1 2 3 4 5 6 7 8

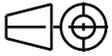
A
B
C
D
E
F



Tolérances générales
ISO 2768-mK

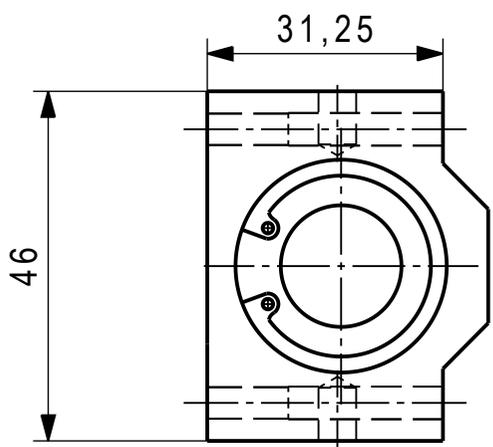
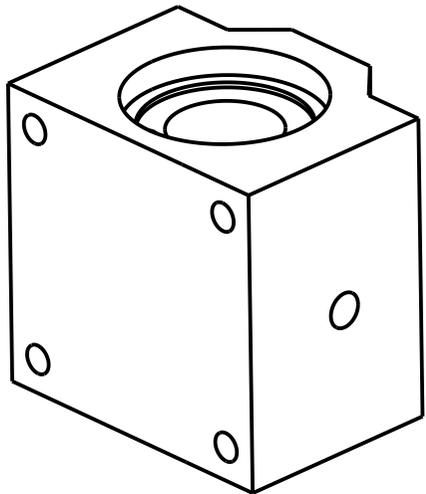
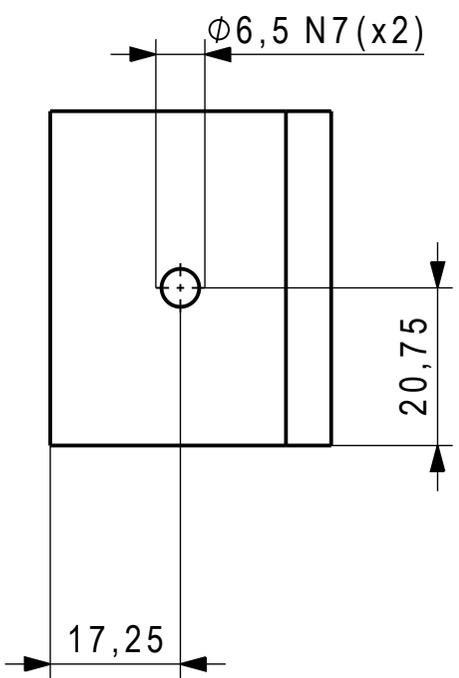


Mod.		Dessiné		22/05/2022		PLUIM		Echelle	
Mod.		Contrôlé						1:1	
		Conf aux norm							
		Bon pour exéc.							
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		N° de commande							
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere		Aluminium 6061		Format		Nb feuilles	
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse		0.034kg		A4		1	
EPFL		Dénomination		Maintien Rail		N° de dessin		7	

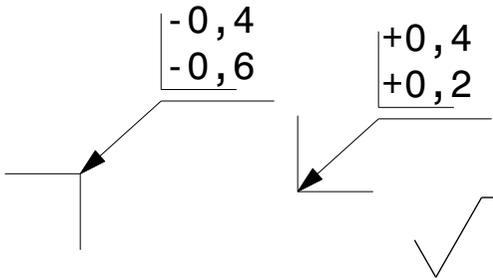


1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



Tolérances générales:
ISO 2768-mK



Ra 3.2

Fournisseur: Nippon Bearings
Référence Pièce: SMA16

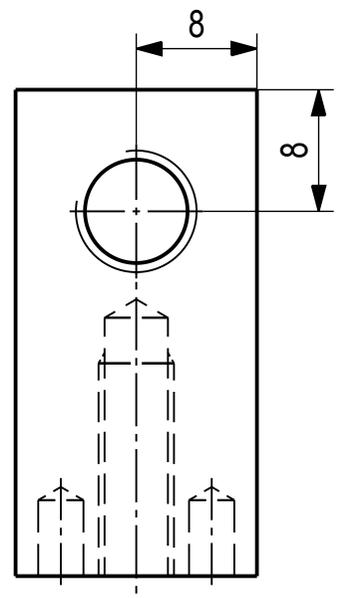
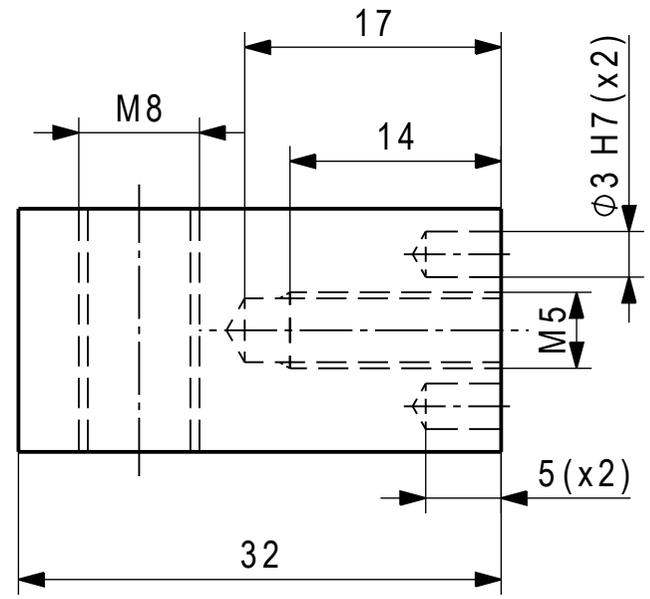
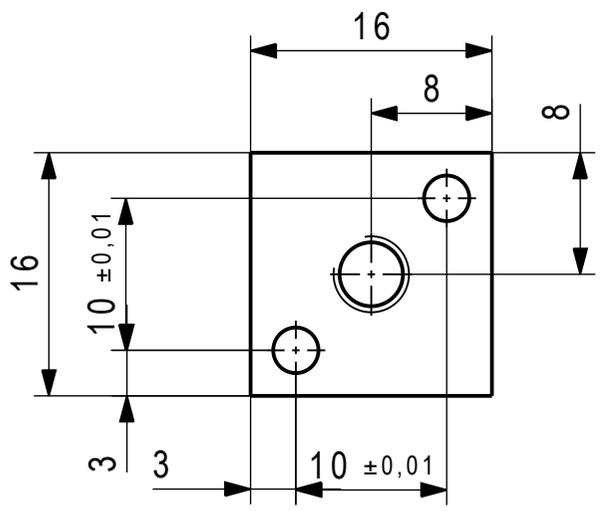
Ancienne pièce



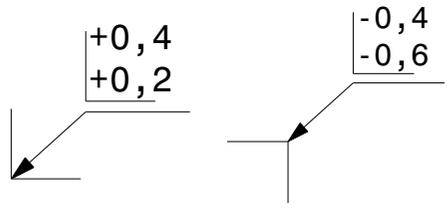
Mod.			Dessiné	5/27/2022	OZDOGAN		Echelle	1:1	
			Contrôlé						
			Conf aux norm						
			Bon pour exéc.						
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>			N° de commande						
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere	2 C 45		Origine		Format	Nb feuilles	Feuille N°
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse	0.425kg		Remplace		A4	1	1
		Dénomination				N° de dessin			
		Roulement lineaire 16-3				22			

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



Tolérance générales:
ISO 2768-mK



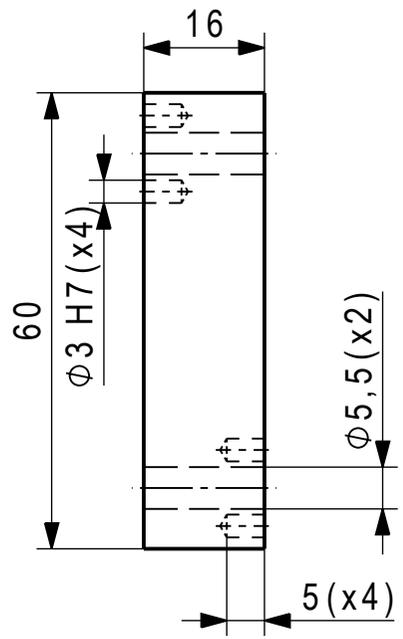
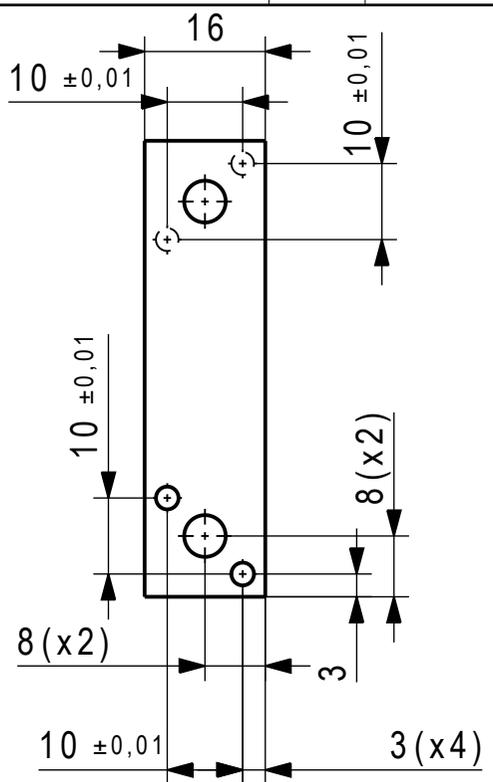
Ra 3.2

Mod.		Mod.		Dessiné	5/24/2022	OZDOGAN		Echelle	
				Contrôlé				2:1	
				Conf aux norm					
				Bon pour exéc.					
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>				N° de commande					
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere		Aluminium 6061		Origine		Format	Nb feuilles
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse		0.019kg		Remplace		A4	1
		Dénomination		Maintien levier 3				N° de dessin	
								12	



1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



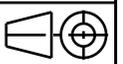
Tolérances générales:
ISO 2768-mK

+0,4
+0,2

-0,4
-0,6

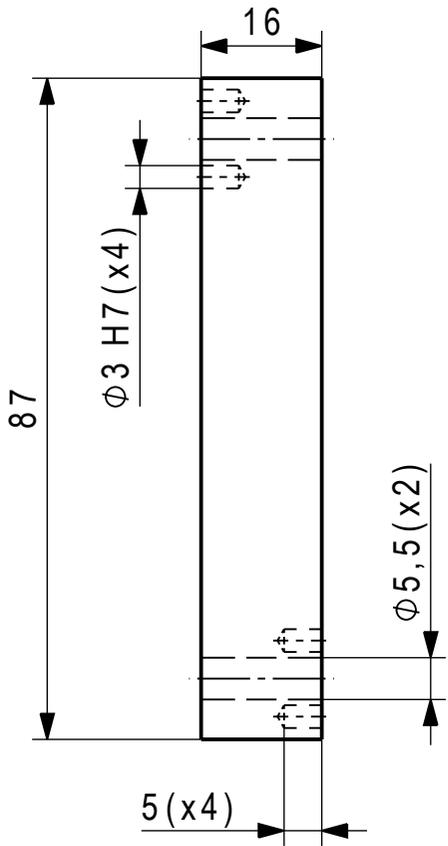
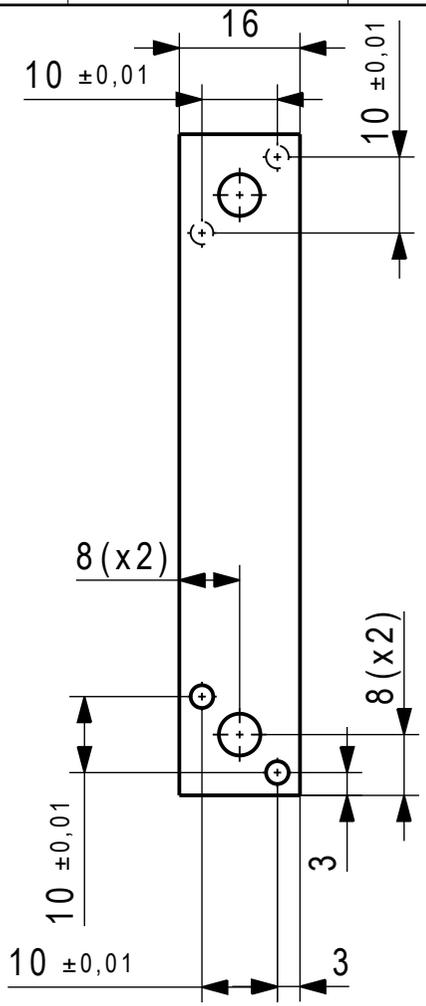
Ra 3.2

Mod.		Dessiné		5/24/2022		OZDOGAN		Echelle	
Mod.		Contrôlé						1:1	
		Conf aux norm							
		Bon pour exéc.							
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		N° de commande							
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere		Aluminium 6061		Format		Nb feuilles	
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse		0.039kg		A4		1	
EPFL		Dénomination				Maintien levier 2		N° de dessin	
								10	

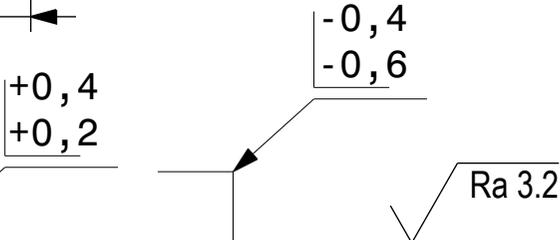


1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



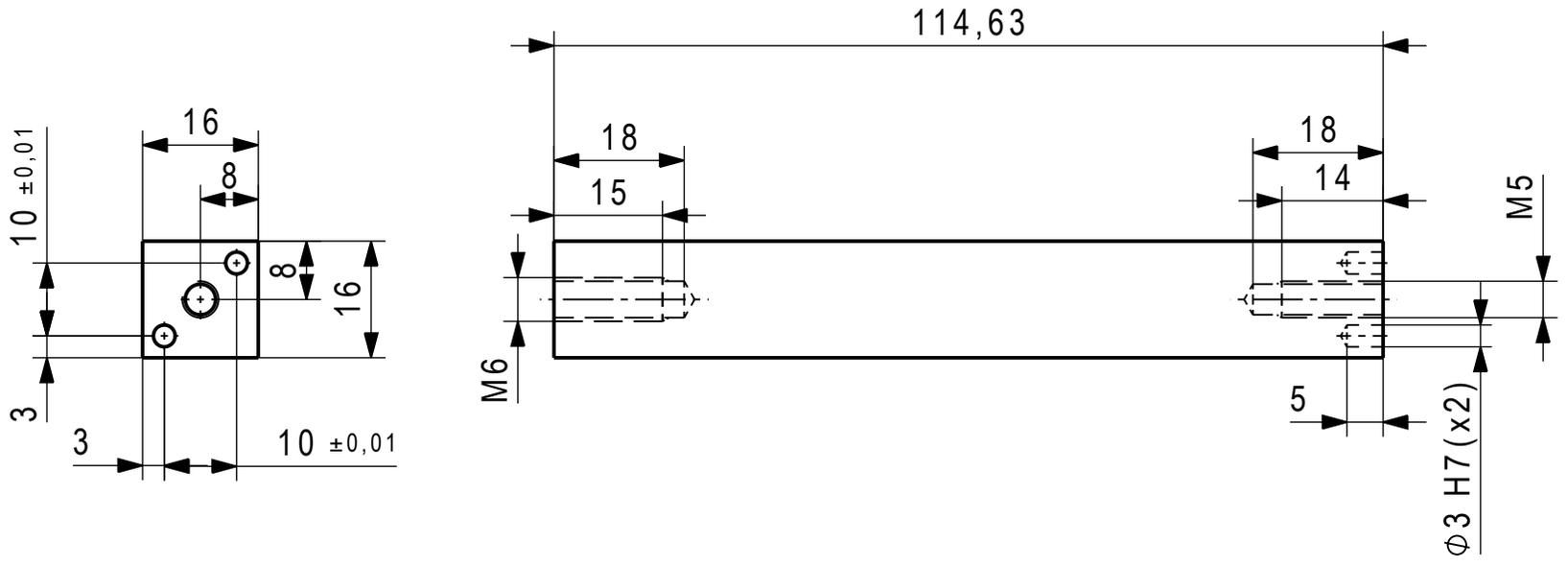
Tolérances générales:
ISO 2768-mK



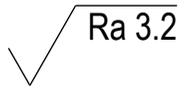
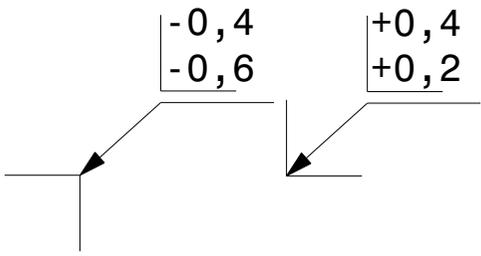
Mod.		Mod.		Dessiné	5/24/2022	OZDOGAN			Echelle
					Contrôlé				1:1
					Conf aux norm				
					Bon pour exéc.				
Sans nomenclature séparée			<input type="checkbox"/>	N° de commande					
Nomenclature sép de même N°			<input type="checkbox"/>	Matiere	Aluminium 6061	Origine	Format	Nb feuilles	Feuille N°
Nomenclature sép de N° diff			<input type="checkbox"/>	Masse	0.058kg	Remplace	A4	1	1
				Dénomination			N° de dessin		
				Maintien levier 2 long			11		

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



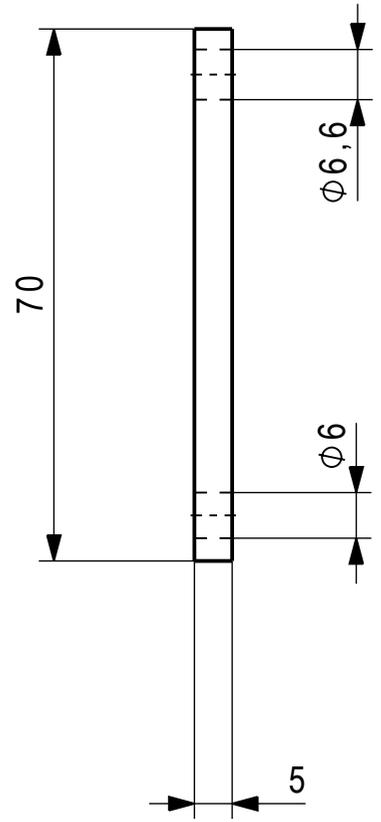
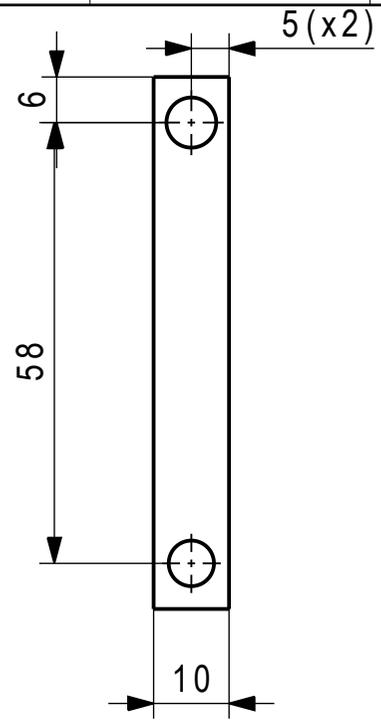
Tolérances générales:
ISO 2768-mK



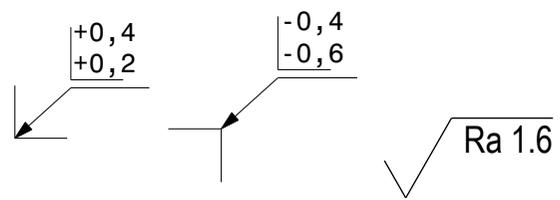
Mod.		Mod.		Dessiné	5/17/2022	OZDOGAN		Echelle	
				Contrôlé				1:1	
				Conf aux norm					
				Bon pour exéc.					
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>				N° de commande					
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere		Aluminium 6061		Format		Nb feuilles	
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse		0.077kg		A4		1	
		Dénomination		Maintien levier 1		N° de dessin		9	
		EPFL							

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



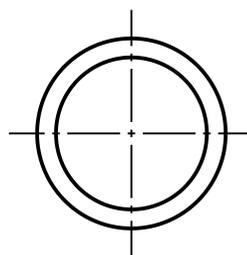
Tolérance générales:
ISO 2768-mK



Mod.		Mod.		Dessiné	26/05/2022	OZDOGAN		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	Aluminium 6061	Format	Nb feuilles		Feuille N°
Nomenclature sép de N° diff			<input type="checkbox"/>	Masse	0.009kg	A4	1		1
				Dénomination			Bras du joint		N° de dessin
									18

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



45° +0,5

Ra 0.8

5 h6

20

+0,4
+0,2

-0,4
-0,6

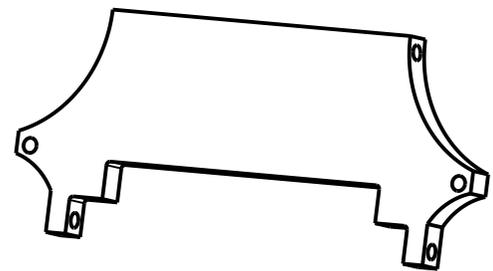
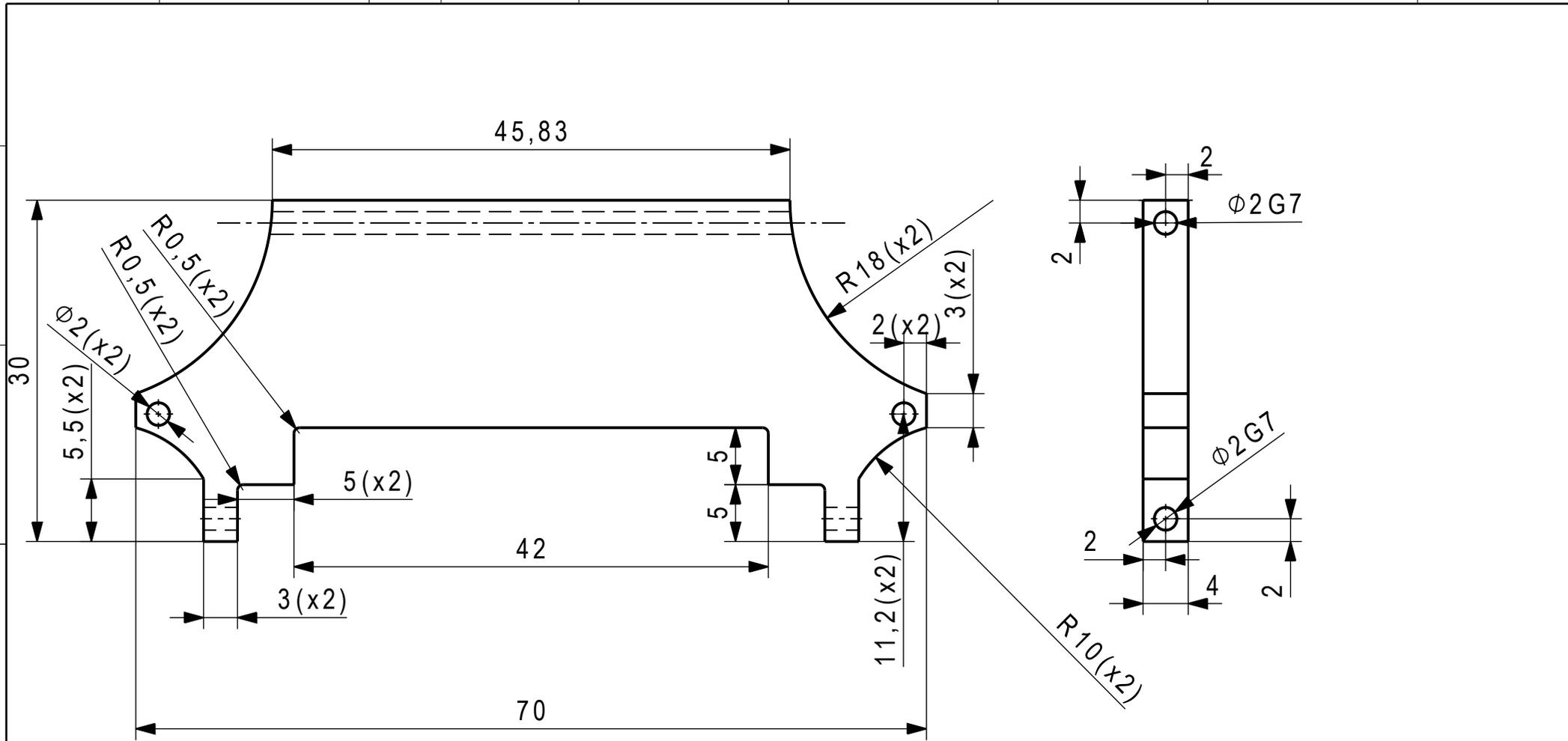
Ra 1.6

Tolérances générales
ISO 2768-mK

Mod.		Mod.		Dessiné	6/3/2022	OZDOGAN		Echelle		
				Contrôlé				5:1		
				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 1.4301		Format		Nb feuilles	
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>			Masse		3g		A4		1	
				Dénomination				N° de dessin		
				Goupille 5-20						

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F

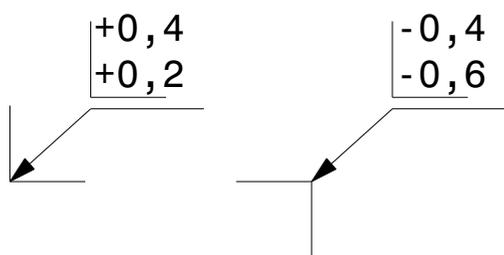
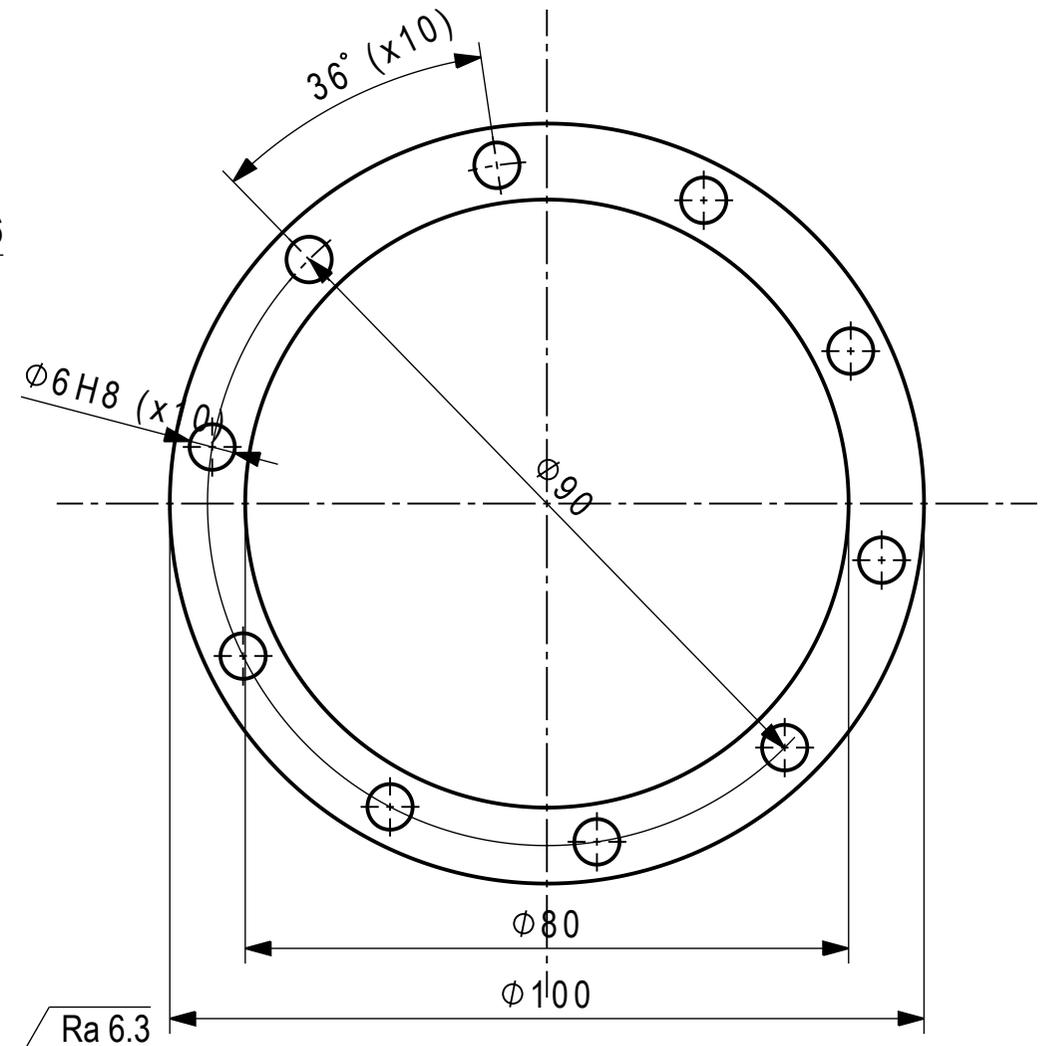
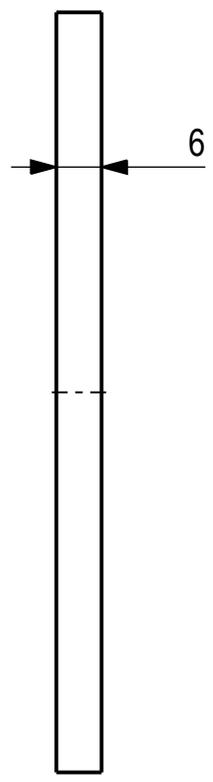
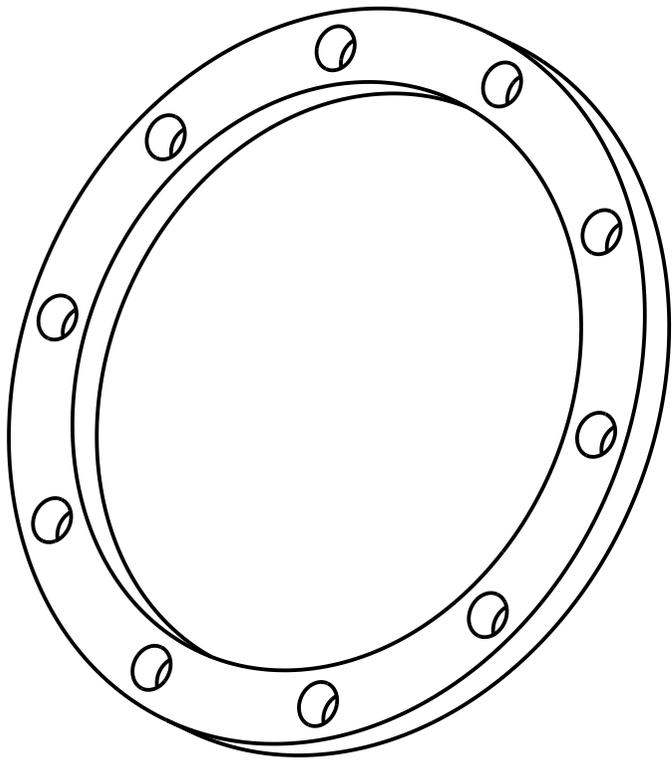


Mod.		Mod.		Dessiné	5/8/2022	CARDABA		Echelle	
				Contrôlé				2:1	
				Conf aux norm					
				Bon pour exéc.					
Sans nomenclature séparée		<input type="checkbox"/>		N° de commande					
Nomenclature sép de même N°		<input type="checkbox"/>		Matiere	Aluminium 6061	Origine		Format	Nb feuilles
Nomenclature sép de N° diff		<input type="checkbox"/>		Masse	0.013kg	Remplace		A4	1
				Dénomination		Plaque		N° de dessin	
								31	



1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F

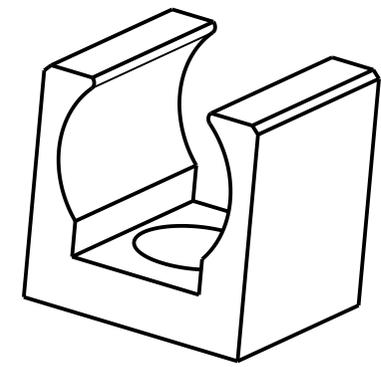
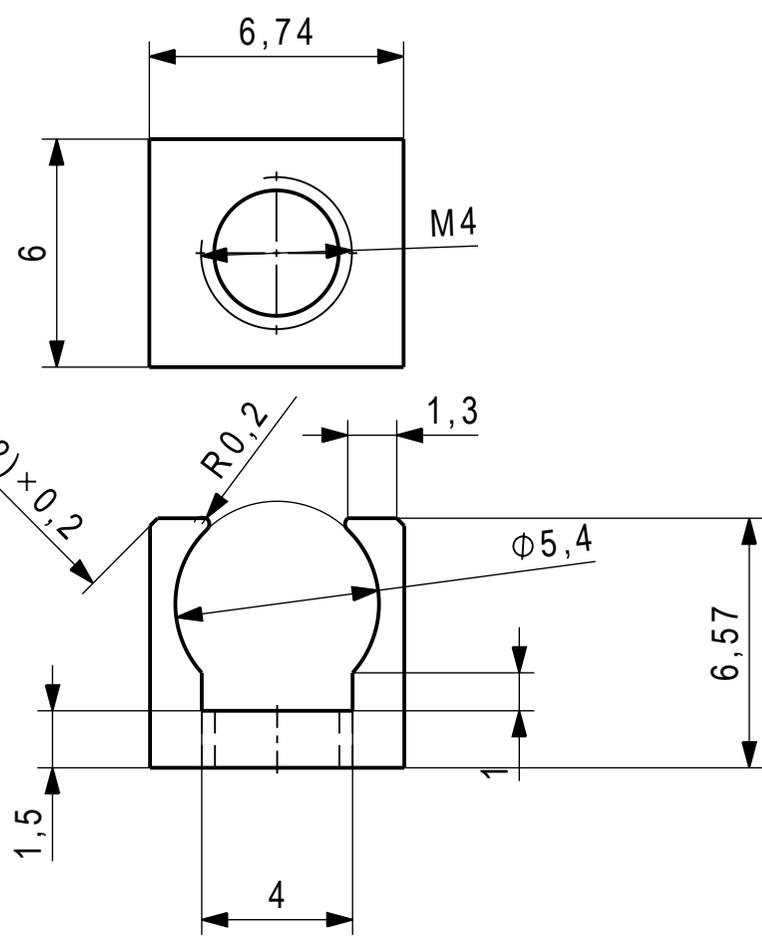


Tolérances Générales :
ISO 2768-mK

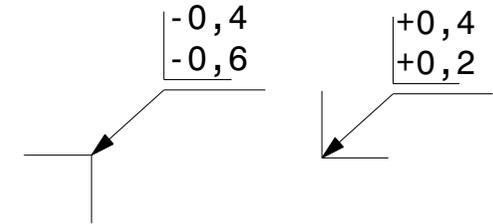
Mod.		Mod.		Dessiné	5/8/2022	CARDABA		Echelle	
				Contrôlé				1:1	
				Conf aux norm					
				Bon pour exéc.					
Sans nomenclature séparée		<input type="checkbox"/>		N° de commande					
Nomenclature sép de même N°		<input type="checkbox"/>		Matiere	Aluminium 6061		Format	Nb feuilles	Feuille N°
Nomenclature sép de N° diff		<input type="checkbox"/>		Masse	0.041kg		A4	1	1
		Dénomination					N° de dessin		
		Couronne					27		

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F



✓ Ra 6.3

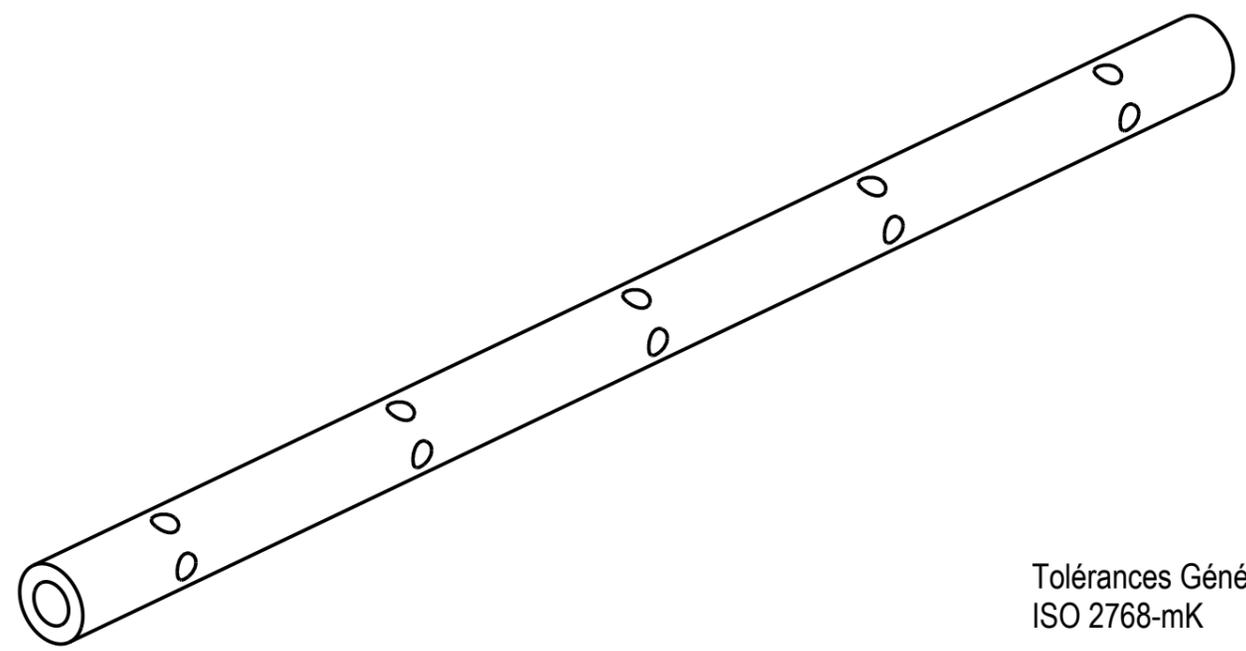
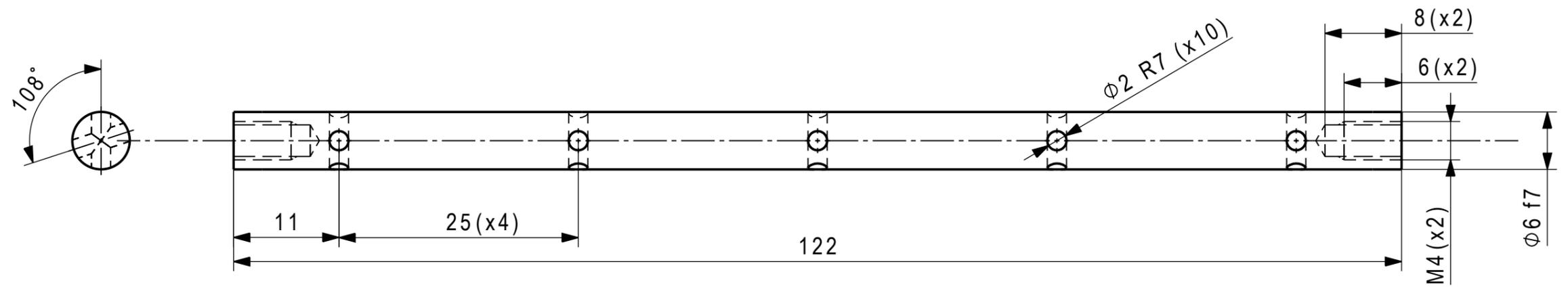


Tolérances Générales :
ISO 2768-mK

Mod.			Dessiné	5/8/2022	CARDABA		Echelle		
			Contrôlé				5:1		
			Conf aux norm						
			Bon pour exéc.						
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>			N° de commande						
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere	Polyéthylène (PE)		Origine		Format	Nb feuilles	Feuille N°
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse	1.053g		Remplace		A4	1	1
		Dénomination				N° de dessin			
		Collier de Serrage				4			

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F

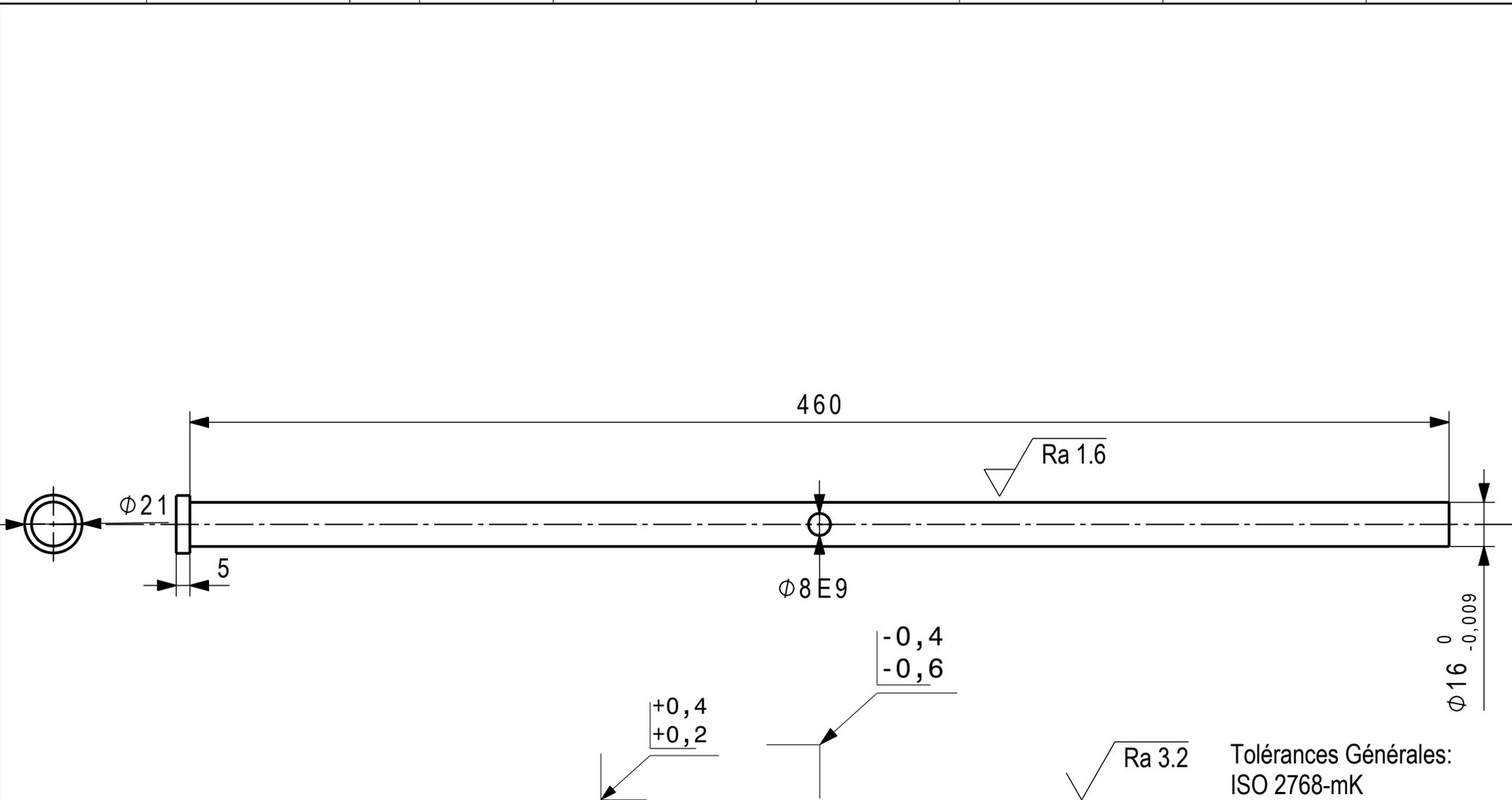


Tolérances Générales :
ISO 2768-mK

Ra 3.2		-0,4 -0,6	+0,4 +0,2
Mod.	Mod.	Dessiné	5/13/2022
		Contrôlé	CARDABA
		Conf aux norm	
		Bon pour exéc.	
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		N° de commande	
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>	Matiere	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0.025kg	Remplace
EPFL		Dénomination	
		Barre	
		N° de dessin	
		26	
		Echelle	
		2:1	
		Format	
		A3	
		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

Mod.		Mod.		Dessiné	18/05/2022	Gaspard Smith-Vaniz		Echelle	
				Contrôlé				1:2	
				Conf aux norm					
				Bon pour exéc.					
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>				N° de commande					
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Matiere		Aluminium 6061		Origine		Format	Nb feuilles
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Masse		0.252kg		Remplace		A4	1
EPFL		Dénomination				Levier		N° de dessin	
								34	