

BACHELOR II - MICROTECHNIQUE
PROJET DE CONSTRUCTION MÉCANIQUE

Semoir portatif

HINARD Killian
VRAY Alexandre
ODDON Rémi
MARSY Lucas

Groupe 3

Printemps 2020

Sommaire

1	Introduction	5
2	Cahier des charges	6
3	Mécanismes et concepts envisagés	7
3.1	Idées liées à la taille des graines	7
3.1.1	Les deux disques horizontaux	7
3.1.2	Le cylindre avec caches	9
3.2	Idées liées à la vitesse de distribution	11
3.2.1	La roue trouée	11
3.2.2	Boîte de vitesse	12
3.3	Idée liée au réservoir	14
3.3.1	Roue	14
4	Mécanismes retenus et leur fonctionnement	16
4.1	Pour la sélection de la taille des graines	16
4.2	Pour le réglage de la vitesse de distribution	18
4.3	Pour le réservoir	19
4.4	Pour le rabattage de la terre	21
5	Caractéristiques techniques	23
5.1	Dimensionnement des mécanismes :	23
5.1.1	Les roues :	23
5.1.2	Le réservoir :	24
5.1.3	Axes des roues et système de distribution :	25
5.1.4	Le rabatteur :	28
5.1.5	La courroie, les poulies et l'engrenage :	30
5.1.6	Les poignées :	30
5.2	Puissance à fournir au semoir	31
5.3	Rendement	35
5.4	Modèles théoriques du fonctionnement	36
5.4.1	Temps de chute d'une graine	36
5.4.2	Résistance lors d'un blocage du système de distribution	38
5.5	Choix des matériaux et justification	39
6	Nomenclatures	40
6.1	Table des pièces à usiner	40
6.2	Table des pièces à commander chez un fournisseur	48

7 Notice de montage	56
7.1 Étape 1 : Réservoir	56
7.2 Étape 2 : Axe avant	62
7.3 Étape 3 : Axe arrière	64
7.4 Étape 4 : Assemblage des premières parties	66
7.5 Étape 5 : Axe supérieur	69
7.6 Étape 6 : Assemblage des mécanismes	71
7.7 Étape 7 : Poignées et habillage	73
8 Utilisation du semoir	76
8.1 Notice d'utilisation	76
8.2 Consignes de sécurité	77
9 Conclusion	78
9.1 Tableau des spécifications	78
9.2 Auto-évaluation	79
9.3 Conclusion générale	80
A Annexes	81
A.1 Plans des pièces à usiner	81
A.2 Dessin d'ensemble	81

Table des figures

1	Schéma disques	7
2	Schéma cache	8
3	Schéma alignement des disques	8
4	Schéma cylindre 4 répétitions	9
5	Schéma cylindre avec caches	10
6	Schéma cylindre avec engrenages	10
7	Schéma roue trouée	11
8	Schéma sélecteur	12
9	Schéma Boîte de vitesse	13
10	Schéma roue dans le réservoir	14
11	Cylindre de distribution	16
12	Axe avant	17
13	Cache de distribution	18
14	Réservoir	20
15	Chaîne de transmission	20
16	Lames de rabatteur couplées aux plaquettes	21
17	Roue	23
18	Schéma réservoir vue de profil	24
19	Schéma positionnement décisif du cylindre sur l'axe	25
20	Schéma espacement trous poussoirs	27
21	Schéma rabatteur vue de dessus	28
22	Poussoir permettant de régler la hauteur des poignées	31
23	Schéma cinématique de transmission	31
24	Bilan des forces sur la terre à rabattre	34
25	Étape 1-1	56
26	Étape 1-2	57
27	Étape 1-3-1	57
28	Étape 1-3-2	58
29	Étape 1-3-3	58
30	Étape 1-4-1	59
31	Étape 1-4-2	59
32	Étape 1-4-3	60
33	Étape 1-5-1	60
34	Étape 1-5-2	60
35	Étape 1-5-3	61
36	Étape 2-1	62
37	Étape 2-2	62
38	Étape 2-3	63
39	Étape 2-4-1	63

40	Étape 2-4-2	63
41	Étape 3-3-1	64
42	Étape 3-3-2	65
43	Étape 4-1-1	66
44	Étape 4-1-2	66
45	Étape 4-2-1	67
46	Étape 4-2-2 (vue de dessous)	67
47	Étape 4-2-3	67
48	Étape 4-3	68
49	Étape 5-2-1	69
50	Étape 5-2-2	70
51	Étape 6-1	71
52	Étape 6-2-1	71
53	Étape 6-2-2	72
54	Étape 6-2-3	72
55	Étape 7-1	73
56	Étape 7-2-1	73
57	Étape 7-2-2	74
58	Étape 7-2-3	74
59	Étape 7-3-1	74
60	Étape 7-3-2	75
61	Étape 7-4-1	75
62	Étape 7-4-2	75
63	Ouverture du réservoir	76
64	Ouverture du capot avant	76

1 Introduction

Durant le 2^e semestre de notre Bachelor en Microtechnique il nous a été demandé de concevoir une machine simple, sous la contrainte d'un cahier des charges donné. Le rapport technique que vous nous apprêtez à lire expose la conception de notre machine dans le cadre de ce projet de construction mécanique.

L'appareil que nous avons dû imaginer est un semoir portatif qui doit permettre à son utilisateur de semer des graines de tailles définies, à intervalles réguliers dans un sillon déjà creusé, qu'il doit ensuite pouvoir le refermer. L'utilisateur doit avoir la possibilité de régler la taille des graines et l'intervalle de distribution, c'est-à-dire la distance séparant le semis de chaque graine.

Au vu des différentes contraintes imposées par le cahier des charges, les notions de simplicité et de concision ont été fondamentales quant à la réalisation du semoir à graines, que ce soit au niveau du mécanisme, de l'utilisation par le client ou encore au niveau du choix des matériaux. De plus, le concept de simplicité implique souvent d'autres avantages tels que le coût de production, la légèreté de la machine ainsi que sa compacité.

On divise les tâches à réaliser en 2 parties principales : l'acheminement des graines du réservoir jusqu'au sillon creusé, et la fermeture du sillon après le semis des graines. On peut ajouter à cela toutes les notions liées au confort de l'utilisateur comme le poids total de la machine ainsi que la puissance à fournir afin de faire avancer le semoir le long du sillon. Même si tout cela est détaillé plus bas dans le cahier des charges, il est important de comprendre directement sous quelles restrictions les différents mécanismes ont été établis.

2 Cahier des charges



CONSTRUCTION MÉCANIQUE II - ME-102 – BA2

Sections Génie Mécanique & Microtechnique

Projet de Construction Mécanique - 2020

Février 2020 - J.F.Ferrot/B.Lacour

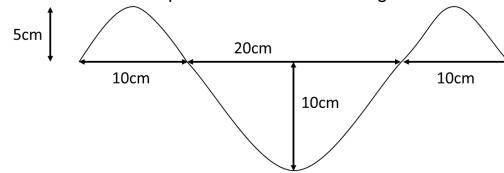
Semoir Portatif

Le projet de construction mécanique consiste en la réalisation de l'étude et de la conception mécanique d'un semoir portatif utilisable dans un potager.

L'objectif principal de la machine est de laisser tomber des graines de tailles différentes à intervalles réguliers dans un sillon déjà creusé et de refermer ce sillon.

La conception du semoir portatif doit répondre au cahier des charges suivant :

- Mécanisme capable d'accepter un réservoir de 2 litres de graines.
- Les graines doivent être relâchées à intervalles réguliers tous les 15, 30 ou 60cm.
- La taille des graines peut aller de 1mm à 11mm de diamètre par incrément de 2mm.
- La machine peut être adaptée à la taille des graines à semer grâce au changement d'une pièce de passage de graine ou à un réglage intégré à la machine.
- Le sillon déjà creusé et à refermer possède au maximum la géométrie suivante :



- La seule source d'énergie de la machine est la poussée de l'utilisateur avec ses deux mains.
- Les axes de rotation peuvent avoir n'importe quelle orientation. Les sens de rotation sont libres.
- La machine ne doit pas affecter la qualité des graines.
- La machine doit résister à son environnement et ne pas se bloquer.
- La masse totale de la machine prête à l'emploi est de 15kg maximum et son encombrement devra être raisonnable afin de pouvoir la transporter facilement.
- Les matériaux utilisés pour la construction sont ceux habituellement rencontrés dans les ateliers de mécanique et de construction, à savoir : acier, acier inoxydable, aluminium, laiton, (évent. cuivre) et quelques matières plastiques courantes telles que : Akulon®, Makrolon®, Nylon, PE, PEEK, etc.
- Pièces obtenues par impression 3D, soudage, injection et formage à chaud non autorisées.
- La mise en œuvre du semoir se fait par une seule personne.
- La sécurité de l'opérateur et de son entourage doit être assurée en tout temps.
- Le diamètre minimal des éléments d'assemblage (vis, axes, etc) est de 4mm et à justifier.

Les éléments de performances suivants seront, entre autres, à justifier :

- Débit de graines,
- Réglage de la taille des graines,
- Intervalle de relâche des graines,
- Fermeture du sillon,
- Robustesse,
- Pratичité d'utilisation.

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

3 Mécanismes et concepts envisagés

Durant la conception de notre semoir, nous avons dû faire un travail de recherche sur différentes mises en places de mécanismes, dans le but de proposer à l'utilisateur des fonctionnalités qui nous étaient imposées par le cahier des charges.

3.1 Idées liées à la taille des graines

La première de ces fonctionnalités est que l'utilisateur puisse facilement régler son semoir pour une certaine taille de graine parmi un ensemble de 6 tailles proposées (à savoir 1, 3, 5, 7, 9 et 11 mm). Ce réglage devait permettre à la machine de s'adapter à cette taille de graine et ainsi les distribuer une à une sans en libérer plusieurs à la fois.

3.1.1 Les deux disques horizontaux

L'une des premières idées que nous avons eu pour permettre à l'utilisateur de faire ce réglage est un mécanisme composé de deux disques horizontaux.

Comment s'adapter à la taille des graines ? Les deux disques du système sont organisés de la manière suivante. Tout d'abord ils sont placés sous le réservoir de manière à ce que les graines arrivent jusqu'à eux par le dessus. De plus les deux disques sont disposés l'un au-dessus de l'autre et il n'y a donc que le disque du dessus en contact avec le réservoir. Ils sont constitués de 1,2 ou 4 trous chacun (suivant la vitesse de distribution voulue, voir Figure 1), d'un diamètre suffisant pour laisser passer n'importe quelle taille de graine (donc supérieur à 11mm). La sortie du réservoir est en face d'un seul des quatre trous du disque supérieur : les graines ne peuvent rentrer que par un seul trou à la fois.

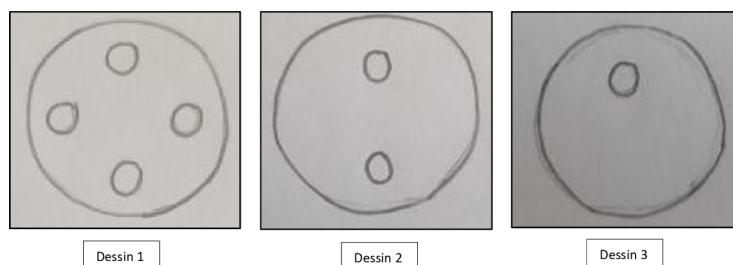


FIGURE 1 – Schéma disques

Entre ces deux disques vient se placer un cache (voir Figure 2) possédant un compartiment adapté à la taille d'une seule graine. Il ne peut donc y avoir qu'une seule graine à la fois dans ce logement, ce qui permet de les sélectionner une par une. L'utilisateur a

donc à disposition un ensemble de 6 caches différents, chacun correspondant à une des 6 tailles de graine possibles.

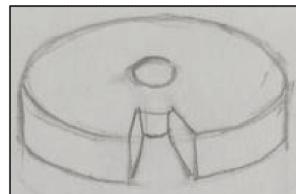


FIGURE 2 – Schéma cache

Ces disques sont en rotation sous le réservoir, ce qui permet à chaque trou du disque supérieur d'être sous la sortie du réservoir à un moment donné du cycle. Les trous des deux disques ne sont pas alignés (Figure 3), de façon à ce que quand une graine tombe dans le compartiment du cache, elle y reste au moins jusqu'à ce que le trou du disque supérieur ne soit plus aligné avec le compartiment, cela pour empêcher une autre graine de s'y insérer entre-temps.

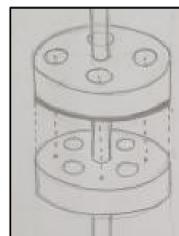


FIGURE 3 – Schéma alignement des disques

Les deux disques doivent également avoir la même vitesse de rotation et pour assurer cela, ils sont disposés sur le même axe de rotation. Entre ces deux disques vient, comme dit précédemment, se loger un cache. Ce cache doit être tout le temps positionné de la même manière, c'est-à-dire qu'il est fixe par rapport au disque et son compartiment est toujours aligné avec la sortie du réservoir. Ainsi, une graine tombe à travers un trou du disque supérieur dans le compartiment du cache et attend ensuite que le second disque s'aligne à son tour avant de tomber sur le sol.

Comment régler la vitesse de rotation ?

Pour pouvoir par la suite régler la vitesse de distribution des graines avec ce dispositif de tri, notre idée serait de fournir trois paires de disques troués de 1, 2, ou 4 trous pour respectivement une disposition à des intervalles de 60, 30 ou 15 cm.

Avantages	Inconvénients
- permet un ajustement très précis afin d'assurer la chute d'une seule graine	-nécessite un grand nombre de pièces annexes pour le réglage de la vitesse de distribution et la tailles des graines -Le changement des pièces pour changer les réglages fonctionne en théorie, mais paraît compliqué à mettre en pratique pour l'utilisateur.

3.1.2 Le cylindre avec caches

La deuxième idée que l'on a eue pour permettre à l'utilisateur de régler la taille des graines qu'il souhaite utiliser est un mécanisme composé d'un long cylindre et de plusieurs caches qui viennent par-dessus ce cylindre.

Comment s'adapter à la taille des graines ? Le cylindre aurait son axe de rotation à l'horizontale et serait disposé en-dessous du réservoir, de sorte que l'entièreté du cylindre soit sous la sortie du réservoir et que les graines puissent atteindre toute la surface de celui-ci. Sur sa surface, il y aurait des trous correspondant à toutes les différentes tailles possibles de graine (6 trous), alignés et répartis régulièrement sur toutes les longueurs du cylindre. Ces trous seraient alors répétés circulairement autour de celui-ci 1, 2, ou 4 fois suivant la vitesse de distribution voulue (voir Figure 4).

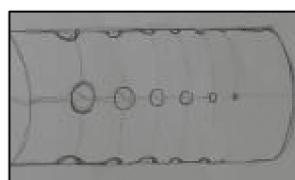


FIGURE 4 – Schéma cylindre 4 répétitions

Pour que l'utilisateur puisse alors régler la taille des graines qu'il souhaite utiliser, il y aurait 5 caches au-dessus du cylindre servant à bloquer l'entrée des cinq trous qui ne correspondent pas à la taille de graine choisie par l'utilisateur. Les trous dans le cylindre sont conçus de telle manière que la profondeur d'un trou ne laisse passer qu'une seule graine de la taille souhaitée, ce qui permet de ne les distribuer qu'une par une. Les caches peuvent être déplacés selon l'axe horizontal du cylindre, mais ils restent immobiles en rotation, le but étant qu'ils bloquent le passage vers les trous indésirables de façon permanente (voir Figure 5).

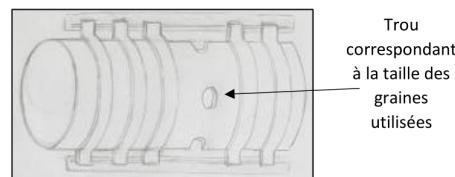


FIGURE 5 – Schéma cylindre avec caches

Comment régler la vitesse de distribution ? Plusieurs solutions sont dans ce cas envisageables.

La première idée serait de pouvoir simplement changer de cylindre manuellement. L'utilisateur aurait alors à sa disposition 3 cylindres, plus ou moins troués, correspondant aux trois vitesses de distribution différentes, qu'il changerait alors à sa guise, selon la vitesse de distribution souhaitée.

La seconde solution garde l'idée d'avoir trois cylindres différents correspondant aux trois vitesses différentes mais cette fois-ci en intégrant directement les trois au mécanisme. La pièce en charge du changement de vitesse de rotation serait alors le réservoir : disposé au-dessus des trois cylindres et offrant la possibilité de pivoter de manière à distribuer les graines dans le cylindre souhaité. Les trois cylindres seraient entraînés en même temps, et à la même vitesse grâce à des engrenages (Figure 6), car dans ce cas de figure l'utilisateur a juste à se soucier du réglage du réservoir pour la sélection de la vitesse.

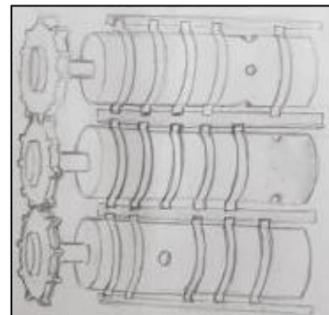


FIGURE 6 – Schéma cylindre avec engrenages

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - mise en place et utilisation simple pour l'utilisateur 	<ul style="list-style-type: none"> - Certaines graines peuvent ne jamais tomber car restées bloquées au bord d'un cache à l'autre bout du cylindre - peut nécessiter des pièces annexes suivant la façon de régler la vitesse

3.2 Idées liées à la vitesse de distribution

Le semoir doit également permettre de régler la distance de répartition des graines semées. Afin d'être en mesure de proposer des intervalles de distribution réguliers, à savoir 15, 30 ou 60 cm d'écart entre chaque graine, et de permettre à l'utilisateur de régler facilement la machine selon le mode de distribution qu'il souhaite utiliser, nous avons dû trouver un mécanisme simple et facile d'utilisation pour assurer cette fonctionnalité.

3.2.1 La roue trouée

Durant notre recherche nous avons tout d'abord eu l'idée suivante, qui est en quelque sorte un prototype moins optimisé du mécanisme final que nous avons par la suite retenu pour la conception du semoir.

Le changement de vitesse de distribution : Pour assurer un changement de vitesse de distribution, nous utilisons une roue trouée qui est contenue dans un cache (cylindrique, donc). Afin de permettre un passage pour les graines modulable selon la taille et la vitesse de distribution, les 2 pièces sont usinées sur leur circonférence, à raison de 4 trous répartis uniformément pour le cache, et 7 compartiments disposés sur la surface de la roue. Le fonctionnement du mécanisme est alors basé sur l'alignement des compartiments de la roue avec les trous du cache : lorsque l'on veut distribuer les graines à 15 cm d'intervalle, chaque trou du cache est en face d'un trou de la roue (voir Figure 7 dessin 1 ci-dessous), pour distribuer tous les 30 cm on a seulement deux trous du cache qui sont alignés avec des compartiments de la roue (Figure 7 dessin 2) et enfin pour 60 cm il n'y a qu'un seul des quatre trous du cache qui est aligné avec un compartiment de la roue (Figure 7 dessin 3).

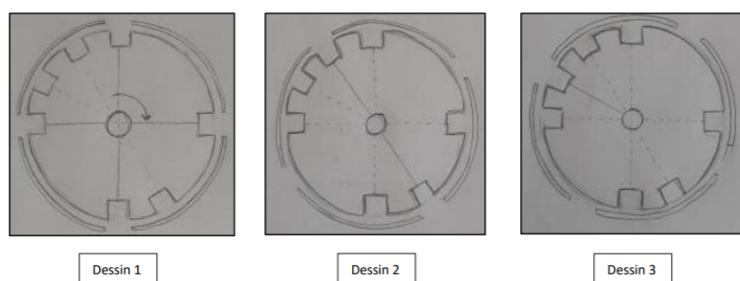


FIGURE 7 – Schéma roue trouée

L'utilisateur peut quant à lui sélectionner simplement la distance de distribution des graines en tournant le cache par rapport à la roue. Pour ce faire, le mécanisme offre à sa disposition un sélecteur permettant de faire tourner le cache à des positions bien

définies de manière à assurer le bon fonctionnement du mécanisme et le bon alignement des trous entre eux (Figure 8).

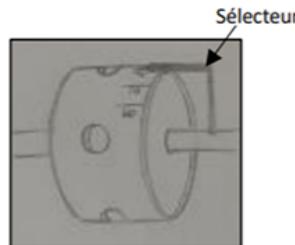


FIGURE 8 – Schéma sélecteur

Comment assurer la prise d'une seule graine dans le mécanisme ? Pour garantir que le système ne prenne qu'une seule graine à la fois pour la distribuer, il faut que les compartiments de la roue aient des dimensions telles qu'il ne puisse y avoir qu'une seule graine à la fois à l'intérieur. De plus il faut que le cache soit suffisamment fin pour que son épaisseur ne pose pas de problème à ce niveau-là, en particulier pour les graines de 1 et 3 mm de diamètre. Les compartiments doivent donc être d'une profondeur égale au diamètre de la graine et le cache devrait idéalement avoir une épaisseur inférieure à 0.5mm. Il faudrait donc une roue de ce type par graine, ce qui rend notre système moins pratique et plus complexe pour l'utilisateur, constraint changer de roue à chaque fois qu'il veut changer la taille des ses graines.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - La distance de distribution est facilement réglable - Le système est compact 	<ul style="list-style-type: none"> - Le mécanisme n'est pas facilement réglable vis-à-vis de la taille des graines - La sélection de la taille des graines nécessite des pièces annexes

3.2.2 Boîte de vitesse

La dernière idée que nous avons eue pour permettre à l'utilisateur de changer la vitesse de distribution est en quelque sorte une boîte de vitesse simplifiée.

Sélection de la taille des graines : Dans le cadre du problème de la taille des graines, nous pensions réutiliser le principe d'un cylindre percé de 6 trous (pour les 6 tailles de graines) alignés, et cela répété 4 fois tout autour du cylindre.

Comment faire varier la vitesse de rotation du rouleau ? Dans notre situation, nous souhaitons déposer une graine tous les 15-30-60 cm. Ainsi, nous avons deux axes parallèles, l'un correspond à l'axe des roues du semoir, et l'autre est celui du rouleau. Sur chacun des axes, nous plaçons 3 roues dentées possédant chacune une roue correspondante sur l'autre axe (voir Figure 9). Il ne faut pas que toutes les roues dentées soient en face de leur correspondante sinon le système est bloqué. En effet, le rayon primitif des roues dentées est déterminé de telle sorte que chaque rapport de transmission corresponde à une vitesse de rotation définie. Ainsi, si toutes les roues sont appariées, le système est bloqué à cause des rapports de transmission différents. Il faut donc qu'il n'y ait qu'un seul couple de roues dentées aligné à la fois. De cette manière, une seule roue dentée actionne sa correspondante et fait tourner le rouleau à une vitesse déterminée. Pour changer la vitesse de rotation, il suffit de tirer/pousser l'axe des roues dentées, cela aura pour effet de faire perdre la correspondance entre l'engrenage précédent mais d'en créer une nouvelle avec le l'engrenage suivant. En répétant cette opération encore une fois le dernier engrenage serait en fonctionnement contrairement aux deux précédents.

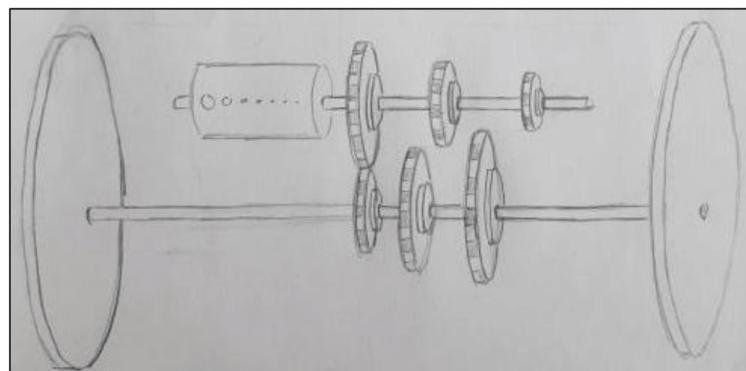


FIGURE 9 – Schéma Boîte de vitesse

Pour que ce modèle fonctionne, il faut calculer les rayons des roues dentées de manière à ce que les rapports entre les rapports de transmission soit de 1, 2 et 4 pour poser une graine à des intervalles de 15, 30 et 60 cm.

Avantages	Inconvénients
- le système est tel que l'utilisateur pourrait régler le mécanisme depuis l'extérieur en tirant une tige permettant de décaler les roues dentées	- le changement de vitesse implique que les dents des engrenages soient bien alignées, et sans un mécanisme de réglage précis, cela va conduire l'utilisateur à "tâtonner" pour trouver la bonne position.

3.3 Idée liée au réservoir

Notre machine doit également disposer d'un réservoir de minimum 2L lui permettant de stocker des graines en attendant leur traitement par la machine. Nous avons donc dû imaginer un réservoir capable d'assurer la bonne répartition des graines dans le mécanisme de traitement et cela en continu, jusqu'à ce que toutes les graines soient semées. Le problème principal à résoudre était de pouvoir éviter la formation d'arc de graines dans le réservoir, bloquant ainsi leur écoulement, tout en garantissant une distribution des graines précise, à l'endroit souhaité dans notre système.

3.3.1 Roue

L'une des idées que nous avons eue pour le bon acheminement des graines jusqu'au mécanisme de traitement est un système composé d'une roue qui tourne dans le réservoir.

Le réservoir doit être un contenant assez grand et large pour garantir que la formation d'arc de graine soit impossible, peu importe leur diamètre. Celui-ci est alors penché d'un angle d'environ 30° par rapport à l'horizontale (la valeur de l'angle est approximative, l'important est d'assurer une légère pente permettant aux graines de glisser vers le bas du réservoir uniquement grâce à leur poids). Dans le fond du réservoir est disposée une roue qui possède sur toute sa circonférence des trous de la taille d'une graine de 11mm (voir Figure 10). Cette roue est en contact direct (sans laisser de jeu) avec la paroi du fond du réservoir mais peut tout de même tourner. En haut de cette paroi du fond du réservoir se trouve une ouverture qui conduit la graine jusqu'au mécanisme de traitement. Pour amener la graine jusqu'à cette ouverture la roue tourne, comme le réservoir est penché toutes les graines vont être conduites en bas, là où se trouve la roue, et vont venir petit à petit se loger dans les trous de la roue qui va les remonter jusqu'à l'ouverture dans laquelle elles pourront tomber.

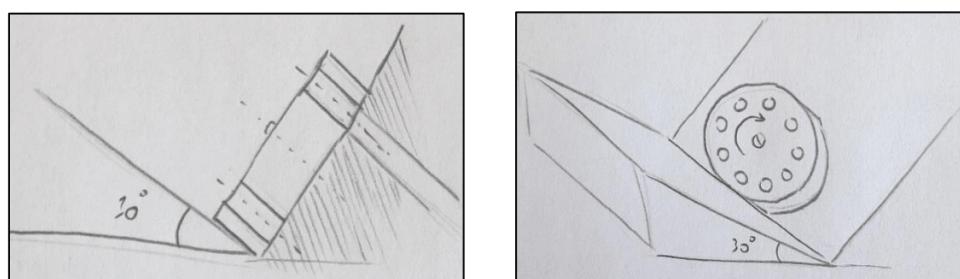


FIGURE 10 – Schéma roue dans le réservoir

Ce mécanisme réussit donc à acheminer les graines là où on le souhaite et empêche la création d'arc

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Ce système permet à coup sûr d'éviter les arcs de graines	<ul style="list-style-type: none">- compliqué à mettre en place avec un axe de rotation ni vertical ni horizontal- induit un nouveau risque de blocage du mécanisme : celui de la roue à cause des graines

4 Mécanismes retenus et leur fonctionnement

Tous les mécanismes que nous vous avons présentés précédemment sont ceux qui n'ont pas été retenus pour la machine finale. À travers la section qui suit, nous allons exposer tour à tour les systèmes finaux mis en place dans la conception de notre semoir, qui devront assurer les diverses fonctionnalités exigées par le cahier des charges.

4.1 Pour la sélection de la taille des graines

Le mécanisme que nous avons retenu pour cette fonction est en quelque sorte une version plus optimisée de certains déjà présentés dans la section 3. Ici il s'agit également d'un cylindre avec cette fois-ci seulement un cache. Cependant, ici le cache ne sert pas à empêcher les graines d'entrer dans les autres trous du cylindre, il sert à régler la vitesse de distribution. Nous détaillerons le fonctionnement de ce cache dans la partie 4.2 .

Détail du Fonctionnement : Le cylindre que nous utilisons ici est pratiquement le même que celui montré à la Figure 4 : c'est un cylindre possédant 6 trous alignés correspondant aux 6 tailles de graines possibles, et cela répété 4 fois à intervalles réguliers sur sa circonférence (voir Figure 11).

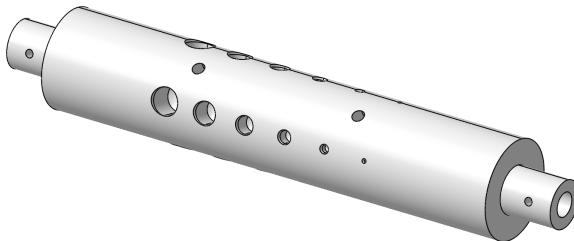


FIGURE 11 – Cylindre de distribution

Le cylindre est disposé sous le réservoir mais il n'a qu'un seul de ses 6 trous en face de la sortie du réservoir. Pour sélectionner la taille de graine qu'il souhaite, l'utilisateur déplace le cylindre sur son axe de rotation de manière à aligner avec la sortie du réservoir le trou de la taille correspondante à celle des graines qu'il veut semer. Pour maintenir le cylindre à la position qu'il choisit, l'utilisateur le fixe ensuite grâce à des vis à oreilles disposées aux extrémités du cylindre grâce à des trous prévus à cet effet (voir Figure 11). L'axe sur lequel est disposé le cylindre est percé de petits trous permettant à la vis de traverser ce dernier, assurant ainsi son maintien total (voir Figure 12).

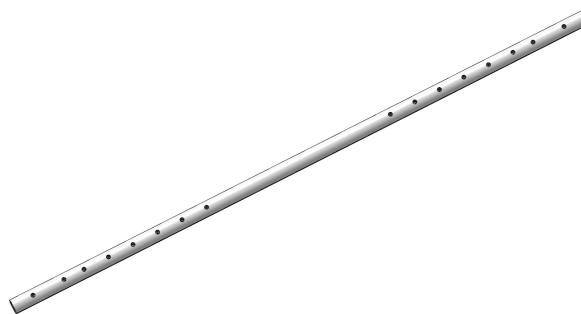


FIGURE 12 – Axe avant

Les trous sont disposés de façon à correspondre aux différents alignements possibles du cylindre avec la sortie du réservoir. Cela permet à l'utilisateur de ne pas avoir à se soucier de savoir si il a bien aligné le cylindre avec la sortie du réservoir.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Ce système permet à l'utilisateur de régler facilement et rapidement la taille des graines - Le mécanisme est simple avec peu de risques de dysfonctionnement - Ne nécessite pas d'avoir des pièces annexes 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite une taille de trou assez précise pour s'assurer qu'il n'y ait qu'une seule graine à la fois qui puisse se loger

Pourquoi ce système et pas un autre ? Comme nous avons vu dans le tableau précédent, ce système possède beaucoup d'avantages et très peu d'inconvénients. Par rapport aux autres idées que l'on avait eues, il a déjà l'avantage d'être le plus simple à intégrer dans la machine : son axe de rotation est le même que celui des roues, ce qui n'est pas le cas pour le mécanisme de la section 3.1.1 et 3.1.2. Cela fait qu'il ne nécessite daucun mécanisme de transmission de rotation comme des engrenages ou une courroie. De plus, c'est le système qui est le plus simple à réaliser : les systèmes des sections 3.1.1 et 3.1.2 sont composés de plusieurs petites pièces (caches, disques, rails pour les caches...) à assembler et fabriquer tandis qu'ici le cylindre est la seule pièce à usiner. Enfin, le dernier argument qui conforte le choix de ce concept, est qu'il s'adapte parfaitement au mécanisme de cache que nous avons choisi pour réguler la vitesse et que nous allons vous présenter maintenant.

4.2 Pour le réglage de la vitesse de distribution

Comme dit ci-dessus nous allons à présent vous présenter le mécanisme que nous avons retenu pour permettre à l'utilisateur de régler la vitesse de distribution des graines. Celui-ci est constitué d'un cache troué qui vient s'enfiler sur le cylindre présenté précédemment.

Détail du Fonctionnement : Le but de cette pièce est de plus ou moins cacher les trous du cylindre pour régler le nombre de graines distribuées en un tour complet de celui ci. En effet le cylindre possède des ensembles de 4 trous sur sa circonférence ce qui permet de distribuer 4 graines à intervalles réguliers à chaque tour de celui-ci. Sa rotation est telle que lorsqu'il fait 1 tour, la machine avance de 60 cm et donc si il y a 4 trous disposé uniformément sur le tour du cylindre les graines seront disposées tous les 15 cm (pour voir comment est assuré une rotation du cylindre pour une avancée de 60 cm de la machine, voir partie 5.1.1). Le cache est donc un cylindre creux d'un diamètre très légèrement supérieur à celui du cylindre de distribution et tourne en même temps que celui-ci. Il est troué suivant trois rangés de respectivement 1, 2 et 4 trous, répartis uniformément sur sa circonférence, de 13mm de diamètre pour laisser passer sans risque n'importe quel type de graine (voir Figure 13).

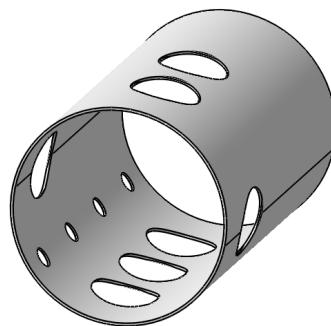


FIGURE 13 – Cache de distribution

Pour régler la cadence de distribution des graines, l'utilisateur déplace le cache sur le cylindre de manière à plus ou moins cacher ses trous. Par exemple, supposons que l'utilisateur veuille semer des graines de 5mm tous les 30 cm alors il aligne les trous de 5mm du cylindre de distribution avec la sortie du réservoir, puis il déplace le cache de manière à aligner la rangée de celui-ci qui possède 2 trous avec les trous du cylindre.

Pour maintenir le cache à sa position sur le cylindre il possède, en plus des trous pour laisser passer des graines, des plus petit trous par lesquels vont venir passer des poussoirs à ressort. Ceux-ci sont directement fixés sur le cylindre de distribution et on peut d'ailleurs

voir Figure 11, deux trous non alignés avec les autres qui correspondent aux emplacements des poussoirs à ressorts. Ce système de fixation sur le cylindre à l'avantage d'être très simple d'utilisation et de mise en place, l'utilisateur ne pourra placer le cache qu'à des positions bien définies ce qui va assurer le fait que le cache soit toujours bien placé par rapport au cylindre.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Ce système permet à l'utilisateur de régler facilement et rapidement la vitesse de distribution de ses graines - Le mécanisme est simple avec peu de risques de dysfonctionnement - Ne nécessite pas d'avoir des pièces annexes 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite un bon ajustement avec la sortie du réservoir et avec le cylindre au risque de faire tomber des graines hors des trous prévus à cet effet

Pourquoi ce système et pas un autre ? Le tableau précédent nous montre que ce système possède beaucoup d'avantages pour peu d'inconvénients. Tout d'abord, il est en effet très simple à mettre en place dans notre machine, contrairement à d'autres idées comme la boîte de vitesse qui aurait nécessité un mécanisme bien plus complexe et difficile à entretenir. De plus, il s'adapte parfaitement à notre système de distribution ce qui permet de compacter un maximum le dispositif. Enfin cet assemblage nous permet d'avoir un système de sélection de la taille des graines et de la vitesse de distribution sans nécessiter de pièces annexes.

4.3 Pour le réservoir

La conception du réservoir en lui-même a été assez vite établie, l'idée étant de pouvoir mettre à disposition un réceptacle qui puisse contenir un certain volume de graines et les conduire au mécanisme de distribution, à savoir le cylindre surmonté de son cache dans notre cas. Afin d'éviter la création d'arcs nuisant à la circulation des graines, il a fallu ajouter au contenant un mécanisme qui empêche tout blocage du flux de graines. Pour ce faire, nous avons inclus un système de brassage au sein du réservoir permettant un mouvement fluide et continu des graines.

Détail du Fonctionnement : Le réservoir est un bloc cubique de parois fixées entre elles à l'aide de vis et d'équerres. Le toit possède une surface rabattable permettant de remplir le réservoir. À l'intérieur, une autre planche est fixée aux parois avec un angle

de 45° par rapport au sol, afin de créer une pente faisant glisser les graines en bas du réservoir, qui se situe au dessus du cylindre de distribution (voir Figure 14).

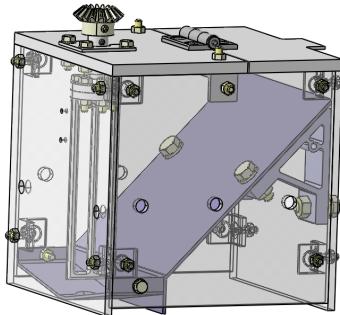


FIGURE 14 – Réservoir

Le brassage est effectué par un agitateur en rotation. Cette rotation est transmise depuis l'axe des roues arrières grâce à une courroie crantée jusqu'à un axe au dessus du réservoir. Ensuite, pour changer la direction de la rotation entre cet axe et celui de l'agitateur, nous utilisons un engrenage conique (voir Figure 15).

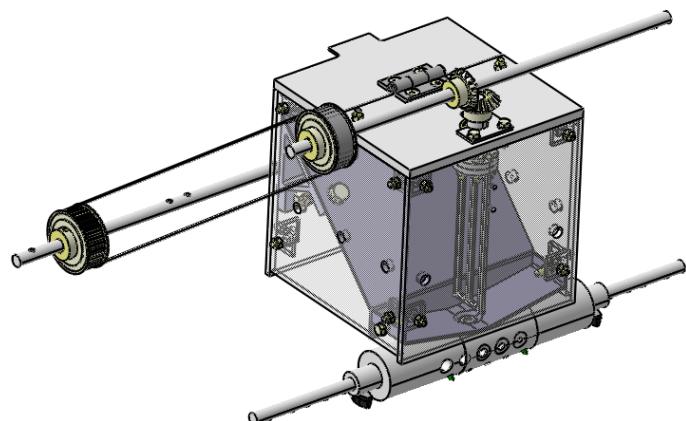


FIGURE 15 – Chaîne de transmission

Avantages	Inconvénients
- Système simple, autant au niveau de l'usinage que du montage	- Circuit de transmission relativement long de l'axe des roues arrières jusqu'à l'agitateur, ce qui inclue quelques pertes

Pourquoi ce système et pas un autre ? Pour les raisons précisées précédemment, on retient ce système car il est assez basique, les pièces sont faciles à usiner et le montage est simple. Cependant, nous sommes contraints d'ajouter un mécanisme supplémentaire (le brassage) pour empêcher la création de voûtes, problème qui pourrait être contourné par un concept de réservoir différent. Cependant, le mécanisme de brassage n'est pas trop compliqué à mettre en place et profite de la rotation de l'axe des roues arrières. Il s'inclut donc sans problème dans notre machine.

4.4 Pour le rabattage de la terre

Le semoir doit pouvoir présenter un mécanisme capable de refermer le sillon creusé pour planter les graines. Dans ce contexte, nous avons donc dû imaginer un moyen pour rabattre la terre disposée de part et d'autre du sillon directement dans celui-ci, de manière progressive, conformément à l'avancée de la machine sur le terrain.

Détail du Fonctionnement : L'idée générale est très similaire à l'étrave de déneigement d'un chasse-neige, cependant la finalité du mécanisme est à l'opposé (ici on cherche à rassembler la matière plutôt que de la dégager). Les pièces utilisées sont similaires. On a deux lames disposées en V (fixées entre elles), chargées de racler la terre au fur et à mesure que la machine avance (voir Figure 16).

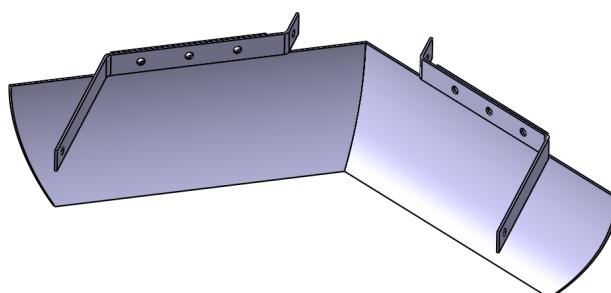


FIGURE 16 – Lames de rabatteur couplées aux plaquettes

L'idée est de pouvoir fixer les lames au sein de la machine. On préfère en effet éviter de dédier une zone trop excentrée spécifiquement réservée pour les lames du rabatteur, à

cause des désavantages que cela pourrait induire (dimension totale de la machine, structure moins compacte donc potentiellement moins de résistance à la déformation). Sur les lames sont donc fixées des plaquettes pliées (une pour chaque lame respectivement), elles-mêmes fixées sur les boîtiers de roulement des axes des roues avant et arrière respectivement. Le rabatteur est alors placé au centre de la machine. Le choix de la forme et de la disposition des lames est déterminé de telle manière à minimiser le travail de poussée de l'individu sur la machine tout en maximisant la quantité de terre emportée par les lames (voir Figure 16).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">- Simplicité du mécanisme- Nécessite peu d'entretien	<ul style="list-style-type: none">- Surfaces des lames relativement grandes par rapport aux autres pièces, système peu compact qui occupe un certain espace

5 Caractéristiques techniques

5.1 Dimensionnement des mécanismes :

5.1.1 Les roues :

Dans notre semoir, le dimensionnement des roues joue un rôle crucial pour le bon fonctionnement du mécanisme de distribution des graines.

En effet, notre cylindre est situé directement sur l'axe de rotation des roues. Il effectue alors un tour complet lorsque les roues effectuent elles-mêmes un tour complet. Or pour assurer le fonctionnement de notre mécanisme, il est important qu'un tour de cylindre, et donc qu'un tour de roue, corresponde à une avancée de la machine de 60 cm le long du fossé. On en conclut donc que le périmètre de nos roues doit être égale à 60 cm.

Or on a que le périmètre d'un disque de rayon R est égal à :

$$p = 2\pi R$$

On peut donc aisément en déduire que :

$$R = \frac{p}{2\pi}$$

Application numérique :

$$R = \frac{60}{2\pi} \simeq 9.55 \text{ cm}$$

On peut donc en conclure que nos roues doivent avoir un rayon $R = 9.55 \text{ cm}$ pour qu'un tour de roue corresponde à une avancée de 60 cm de notre machine

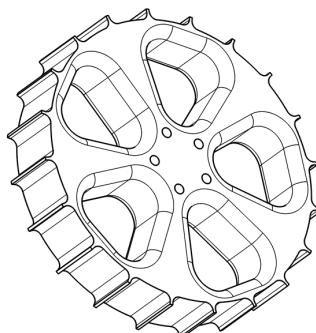


FIGURE 17 – Roue

Pour éviter que nos roues glissent sur le terrain, nous les avons équipées de petites dents espacées tout autour de leur circonference (voir Figure 17). Ici nous estimons que ces dents sont assez espacées, assez petites et qu'elles s'enfoncent complètement dans la terre de manière à ce qu'elles n'aient aucune d'influence sur le rayon de la roue (c'est à dire que même avec ces dents on peut considérer que le rayon de la roue est de 9,55 cm et qu'elle effectue un tour en 60 cm d'avancée de la machine).

5.1.2 Le réservoir :

Le cahier des charges nous demande d'équiper notre machine d'une capacité de stockage de minimum 2 litres. Le réservoir de notre semoir doit donc être adapté à cette capacité.

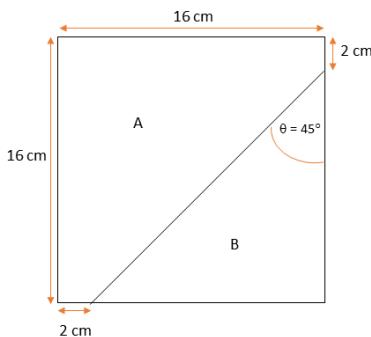


FIGURE 18 – Schéma réservoir vue de profil

Voici ci dessus une schéma simplificatif du réservoir vue de profil. On peut donc voir que son profil est un carré de $16\text{cm} \times 16\text{cm}$ qui est traversé par un segment. Ce segment représente la plaque penchée qui permet de faire descendre les graines vers le bas du réservoir (voir Figure 18). Ce profil se répète sur 16 cm de profondeur ce qui permet de n'avoir qu'à calculer la surface A pour ensuite trouver le volume totale de graines stockable dans notre machine.

On a que la surface B est un triangle rectangle isocèle de 14cm de coté. Donc :

$$B = \frac{14^2}{2} = 98 \text{ cm}^2$$

Donc la surface A vaut :

$$A = 16^2 - B = 256 - 98 = 158 \text{ cm}^2$$

On peut donc en conclure que le volume V disponible pour les graines est :

$$V = 16 \cdot A = 16 \cdot 158 = 2528 \text{ cm}^3 = 2.528 \text{ L}$$

5.1.3 Axes des roues et système de distribution :

Nous avons pris la décision de faire reposer notre semoir sur 4 roues de manière à ce que l'utilisateur ait juste à exercer une poussée parallèle au sol pour le faire avancer sans avoir à porter une partie du poids de la machine pour le faire tenir en équilibre, comme c'est par exemple le cas pour une brouette. Ceci implique que pour rouler, le semoir doit avoir ses roues disposer de chaque côté du sillon en prenant en compte les tas de terre à rabattre. La dimension des axes auxquels sont fixées les roues est donc primordiale pour permettre à la machine d'être déplacée correctement.

Le cahier des charges nous indique que la largeur maximale du sillon (en prenant en compte les tas de terre) est de :

$$L_{sillon} = 10 \cdot 2 + 20 = 40 \text{ cm}$$

De plus les deux axes du semoir sont fixés directement sur la partie intérieur des roues (il ne rentre pas dans la roue) donc la longueur de l'axe correspondra directement à la longueur qu'il y a entre les deux roues. C'est pour cette raison que nos axes mesure :

$$L_{axe} = 42 \text{ cm} > L_{sillon}$$

(on a rajouté 2 cm pour avoir de la marge de chaque côté)

En plus de devoir permettre de dépasser la largeur du sillon, l'axe doit être également assez grand pour permettre au cylindre de distribution de pouvoir être réglé dans toutes les positions de sélection des graines possible. Les deux positions qui sont décisives à ce niveau là sont celles correspondantes aux réglages du cylindre sur les trous qui se trouvent aux deux extrêmes de celui ci.

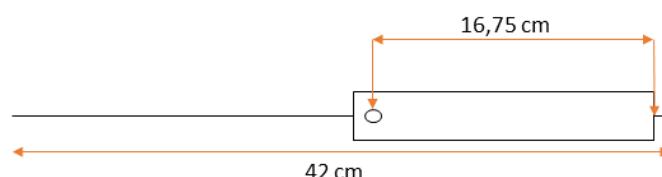


FIGURE 19 – Schéma positionnement décisif du cylindre sur l'axe

La sortie du réservoir est placée au dessus du milieu de l'axe du cylindre. Donc lorsque le cylindre est réglé sur une des positions problématiques, le centre du trou sous la sortie du cylindre est au centre de l'axe. On voit sur le schéma que la distance entre ce centre et le bout du cylindre est de 16,75 cm. Sachant que le cylindre peut être disposer de cette manière de chaque côté on a que pour pouvoir accueillir l'ensemble des positions du cylindre l'axe doit donc avoir une longueur supérieur à :

$$L = 2 \cdot 16.75 = 33.5 \text{ cm}$$

Et on a bien :

$$L_{axe} > L$$

Les trous accueillant les graines sur le cylindre doivent être également disposés à intervalle régulier pour simplifier le réglage de la taille des graines. Or la taille maximale d'un trou est de 11 mm de diamètre. L'espacement entre les deux centres de deux trous doit donc être :

$$e > 11 \text{ mm}$$

On a donc choisi d'avoir une marge $e = 18 \text{ mm}$. Sur l'axe de rotation avant, les trous permettant de définir les positions prédefinies du cylindre doivent donc aussi être espacés de 18 mm, afin de correspondre à l'espacement entre chaque trous sur le cylindre.

De plus, dans notre cylindre, les trous font au maximum 11 mm de profondeur, ce qui implique que notre cylindre doit avoir un diamètre :

$$D > 22 \text{ mm}$$

Seulement dans notre cas il y a l'axe de rotation avant qui passe au milieu du cylindre. On doit donc prendre en compte son diamètre (qui est de 10 mm) et on obtient donc

$$D > 32 \text{ mm}$$

Pour avoir de la marge nous avons opté pour un diamètre de $D = 40 \text{ mm}$. Il faut également que ce diamètre soit assez grand afin d'avoir un périmètre suffisamment important pour permettre aux trous de ne pas se gêner. Encore une fois les trous les plus grands font 11 mm de diamètre, il faut donc un périmètre tel que

$$P > 4 \cdot 11 = 44 \text{ mm}$$

Or avec un diamètre de 40 mm le cylindre a un périmètre égal à :

$$P = 2\pi \cdot R = 40\pi \simeq 126 \text{ mm} > 44 \text{ mm}$$

Et donc la taille du cylindre permet de répondre à toutes ces contraintes.

Le cache doit également avoir un dimensionnement particulier. En effet il doit venir se loger sur le cylindre et cela de manière très ajustée pour empêcher les graines de 1 mm de s'insérer entre ces parties du mécanisme de distribution. On a estimé que pour éviter tout risque de coincement d'une graine dans le système, il faut que l'écart entre le cylindre et le cache soit inférieur à 0,5 mm. On a donc :

$$40 \text{ mm} < D_{cache} < 40.5 \text{ mm}$$

Dans notre mécanisme nous avons alors $D_{cache} = 40.2 \text{ mm}$ ce qui répond bien aux conditions imposées.

Ensuite, les trous dans le cache doivent être logiquement, au minimum, du diamètre du plus gros trou du cylindre afin de laisser passer n'importe quel taille de graine. Comme dit plusieurs fois précédemment les trous les plus grands mesurent 11 mm de diamètre et donc les trous du cache doivent avoir un diamètre supérieur ou égal à celui-ci. Nous avons décidé de prendre un diamètre de $D = 13 \text{ mm}$ afin d'avoir de la marge et de limiter les problèmes liés à un mauvais alignement des trous qui empêcherait une graine de rentrer (ce qui pourrait facilement arriver avec des trous de cache qui soit exactement de 11 mm de diamètre). De plus ces trous sur le cache ont évidemment le même espacement entre eux que les trous du cylindre, c'est à dire 18mm entre chaque centre.

Enfin sur le cylindre il y a deux plus petits trous qui correspondent aux emplacements des poussoirs à ressort permettant le maintien du cache sur le cylindre (voir Figure 11 et 13). Ces deux trous sont disposés de manière à ce qu'il n'y ait toujours qu'un seul des deux poussoirs qui maintiennent le cache. Sur celui-ci on peut voir qu'il y a quatre trous correspondants à quatre positions différentes pour les boutons poussoirs. Comme on souhaite qu'il n'y ait qu'un seul poussoir à la fois on doit calculer précisément l'espacement entre les deux trous dans le cylindre pour que ce soit le cas.

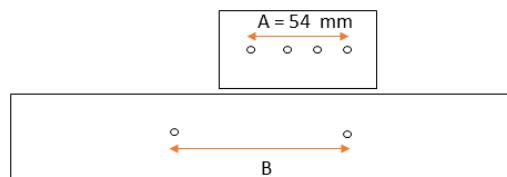


FIGURE 20 – Schéma d'espacement des trous de poussoirs

les centres de chacun des petits trous du cache sont bien évidemment espacés de 18 mm pour correspondre à l'espacement entre chaque trou du cylindre. On a donc bien que la distance A est égale à :

$$A = 3 \cdot 18 = 54 \text{ mm}$$

De plus entre le centre du trou au bord et le centre du trou avec le poussoir non utilisé du cylindre, il faut qu'il y ait un espacement de 18 mm. Cela nous donne donc une distance B égale à :

$$B = A + 18 = 54 + 18 = 72 \text{ mm}$$

Donc l'espacement entre ces deux trous sur le cylindre est de 72 mm.

5.1.4 Le rabatteur :

Le rabatteur doit pouvoir couvrir une distance assez grande pour récupérer toute la terre sur les côtés du sillon pour la rabattre dans celui ci. Or le cahier des charges nous dit que le sillon fait 20 cm de large et que les tas des terre sur le côtés du sillon font 10 cm de large pour 5cm de haut. Le rabatteur doit donc être adapté en taille à de telles dimensions.

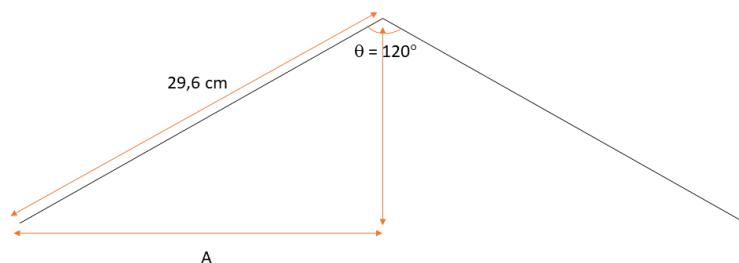


FIGURE 21 – Schéma rabatteur vue de dessus

Voici les dimensions de notre rabatteur : la longueur d'une lame est de 29,6 cm, sa hauteur et de 9 cm (ce qui est déjà suffisant pour s'assurer que la terre ne passe pas au dessus du rabatteur) et l'angle entre les deux lames est de 120 ° (ces dimensions ont été choisies de manière à ce que le rabatteur s'intègre au mieux dans la machine). Vérifions si cela permet de couvrir la longueur demandée : la longueur A est de :

$$A = l \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = 29.6 \cdot \sin(60) \simeq 25,6 \text{ cm}$$

Seulement la longueur de 29,6 cm est celle du haut des lames. En réalité, la longueur de la lame en contact avec le sol est de 24 cm, soit :

$$A = l \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = 24 \cdot \sin(60) \simeq 20,8 \text{ cm}$$

La longueur totale est donc de :

$$L = 2 \cdot A = 41,2 \text{ cm}$$

Sachant que la longueur que doit couvrir le rabatteur est de

$$L_{necessaire} = 2 \cdot 10 + 20 = 40 \text{ cm}$$

Et donc on a bien :

$$L > L_{necessaire}$$

Calculons à présent la force appliquée par la terre sur ce rabatteur. Ici, on part du principe que le rabatteur déplace un volume de terre égale au volume intérieur du prisme à base triangulaire formé par le rabatteur et ses parois.

Ce volume est donné par :

$$V = S_{triangle} \cdot h_{lame}$$

Or on sait que :

$$S_{triangle} = \frac{base \cdot hauteur}{2} = A \cdot l \cdot \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Donc le volume de terre déplacé est de :

$$V = A \cdot l \cdot \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \cdot h_{lame}$$

On considère que la force exercée par le volume de terre sur le rabatteur est égale au poids de ce volume déplacé multiplié par un coefficient de frottement correspondant à un frottement de la terre sur la terre. On a de ce fait :

$$\begin{aligned} F_t &= \mu_t \cdot P_t \\ &= \mu_t \cdot \rho_t \cdot V \cdot g \end{aligned}$$

Or $\rho_t = 1,25 \text{ kg} \cdot L^{-1}$ et on prends $\mu_t = 0.6$. On a donc :

$$F_t = 25 \text{ N}$$

N'ayant pas les connaissances nécessaires pour faire un calcul précis sur la résistance en flexion du rabatteur nous allons approximer ce calcul en vérifiant simplement si la force exercée par le déplacement de la terre sur l'ensemble de la longueur d'une lame, multipliée par son épaisseur est inférieure à la limite élastique du matériau utilisé, c'est-à-dire de l'acier inoxydable ($\sigma_{lim} = 200 \text{ MPa}$). De plus, on considère que la force est répartie équitablement entre les deux lames et il s'exerce alors $\frac{F_t}{2} \text{ N}$ par lame. Enfin, dans notre semoir on a choisi une épaisseur de 2mm pour les lames et on va donc vérifier ici que cela suffit.

On a donc une contrainte de :

$$\sigma = \frac{F_t}{2 \cdot l \cdot e} \simeq 21 \text{ kPa} \ll \sigma_{lim} = 200 \text{ MPa}$$

On peut donc en conclure que notre lame d'une épaisseur de 2mm est largement assez solide pour supporter le déplacement de la terre sans se casser.

5.1.5 La courroie, les poulies et l'engrenage :

Pour transmettre la puissance fournie par l'utilisateur au mélangeur du réservoir, nous avons une chaîne de transmission composée de 2 poulies, courroie crantée et d'un engrenage conique droit. Il faut transmettre 1.82 W au mélangeur (calcul en section 5.2), or d'après le cours, les engrenages peuvent transmettre des puissances très élevées et assez élevées pour les courroies crantées. Ainsi nous estimons que ces éléments de transmission ne nécessitent pas d'un dimensionnement particulier vis à vis de la puissance. Cependant il nous faut quand même trouver la longueur L de la courroie. Elle se calcule grâce à la formule :

$$L = \sqrt{4a^2 - (D - d)^2} + \frac{1}{2}(d\theta_d + D\theta_D)$$

avec a l'entraxe entre les poulies, D et d les diamètres primitifs de la grande et de la petite poulie, θ_d l'angle de contact de la courroie sur la petite poulie et θ_D l'angle sur la grande. Dans notre cas les poulies sont les mêmes donc $d = D$ et $\theta_d = \theta_D = \pi$, ce qui implique que :

$$L = 2a + d\theta_d = 910 \text{ mm}$$

avec $a = 375 \text{ mm}$ et puisque nos poulies ont $Z = 30$ dents et un pas de $p = 5 \text{ mm}$ on en conclut que $d = \frac{pZ}{\pi} = 47,7 \text{ mm}$

5.1.6 Les poignées :

Les poignées sont un point crucial de la machine même si au premier abord elles ne semblent pourtant pas l'être. En effet pour un confort optimal lors de l'utilisation, les poignées doivent être assez hautes sans être trop hautes non plus et doivent pouvoir s'adapter à plusieurs tailles d'utilisateurs. De plus elles doivent pouvoir se détacher ou se rabattre pour que comme exigé dans le cahier des charges, l'encombrement de la machine soit raisonnable lorsque celle ci est rangée.

Nous avons jugé que les poignées devaient arriver environ jusqu'au nombril de l'utilisateur pour que celui ci puisse utiliser confortablement le semoir. Or en moyenne le nombril se situe à 60% de la taille d'un individu et la taille moyenne en Europe est d'environ 1m75. On obtient donc que la hauteur des poignées par rapport au sol doit être :

$$h_p = 0.6 \cdot 175 = 105 \text{ cm}$$

Seulement pour prendre en compte le fait que la taille des utilisateurs varie nous offrons à celui-ci la possibilité de régler la hauteur des poignées grâce à des poussoir à ressort (voir Figure 22).

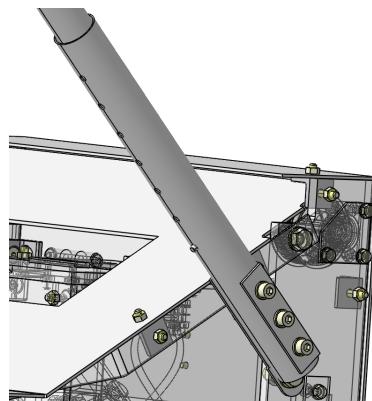


FIGURE 22 – Poussoir permettant de régler la hauteur des poignées

Ces poussoirs à ressort permettent de régler les poignées à une hauteur entre 98 cm à 109 cm avec des positions de réglage tous les 2,5 cm (98, 100.5, ...). Ils permettent également de décrocher les poignées de l'appareil afin de le rendre plus compact pour le ranger ou le transporter.

5.2 Puissance à fournir au semoir

On cherche à présent à trouver le rendement de la machine et la puissance nécessaire à son fonctionnement. L'utilisateur va fournir une puissance $P_{fournie}$ au seoir. Cette puissance va être convertie en puissances utiles pour compenser les puissances consommées dus au rabattement de la terre et à la résistance des graines sur l'agitateur du réservoir.

Tout d'abord, voici ci-dessous le schéma cinématique de transmission :

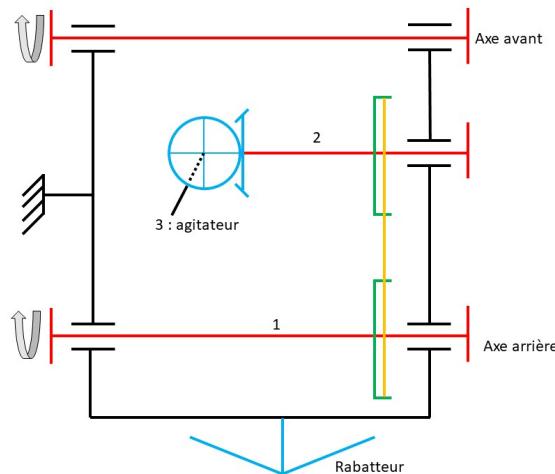


FIGURE 23 – Schéma cinématique de transmission

La puissance fournie va se répartir entre les points de consommation de manière proportionnelle vis-à-vis des puissances nécessaires à fournir avant les chaînes de transmission. Ainsi, on peut définir des puissances représentant la répartition de $P_{fournie}$ avant les transmissions. On a donc :

$$P_{axe\ arriere} + P_{rabatteur} = P_{fournie}$$

La seule chaîne de transmission de puissance contient une courroie crantée et un engrenage conique à denture droite. Il y a également à deux reprises, sur l'axe arrière et l'axe 2 (voir Figure 23) au dessus du réservoir, deux roulements à billes qui dissipent de la puissance. On peut définir des puissances avec P_1 la puissance donnée à l'axe arrière après la dissipation de puissance des 2 roulements, P_2 la puissance au niveau de l'axe 2, P_3 la puissance utile fournie à l'agitateur. On a donc entre $P_{axe\ arriere}$ et P_1 une perte due aux roulements à billes, puis entre P_1 et P_2 une dissipation à cause des roulements à billes et de la courroie, et enfin entre P_2 et P_3 un engrenage conique à denture droite ayant un rendement de $\eta_{engrenage}$ et un roulement à bille. On a donc les relations suivantes :

$$\begin{aligned} P_1 &= \eta_{roulement}^2 P_{axe\ arriere} \\ P_2 &= \eta_{roulement}^2 \eta_{courroie} P_1 \\ P_3 &= \eta_{roulement} \eta_{engrenage} P_2 \end{aligned}$$

Donc :

$$\begin{aligned} P_3 &= \eta_{roulement} \cdot \eta_{engrenage} \cdot \eta_{roulement}^2 \cdot \eta_{courroie} \cdot \eta_{roulement}^2 \cdot P_{axe\ arriere} \\ \Leftrightarrow P_3 &= \eta_{roulement}^5 \cdot \eta_{engrenage} \cdot \eta_{courroie} \cdot P_{axe\ arriere} \end{aligned}$$

Il n'y a pas d'élément de transmission ou d'élément de dissipation entre les poignées et le rabatteur donc la puissance qu'il reçoit est bien $P_{rabatteur}$.

Étant donné qu'on a la relation $P_{axe\ arriere} + P_{rabatteur} = P_{fournie}$ et que $P_{axe\ arriere}$ se déduit si on connaît la puissance P_3 consommée par l'agicateur, on peut déterminer la puissance totale à fournir au semoir par l'utilisateur. Nous allons donc à présent calculer la puissance P_3 . L'agicateur est en rotation dans le réservoir afin d'empêcher la formation de ponts ou voûtes par les graines. Il entre ainsi en collision avec elles au fur et à mesure de sa rotation. On peut considérer qu'il pousse un volume V de graines. Dans ce cas, la force résistante au mouvement, et donc dissipatrice de puissance, serait une force de frottement sec \vec{F}_f entre le volume V de graines et le fond du réservoir. On aurait donc $P_3 = |\vec{F}_f| \cdot r \cdot \omega_{agitateur}$, avec r la distance entre la tige de l'agicateur et son axe de rotation et $\omega_{agitateur}$ la vitesse angulaire de l'axe de rotation. On sait que la norme d'une force

de frottement sec sur une masse m dans un régime dynamique correspond au produit du coefficient de frottement dynamique μ_d avec la norme N de la réaction normale du support sur la masse, c'est-à-dire $P_3 = \mu_d \cdot N \cdot r \cdot \omega_{agitateur}$. Ici, la normale N équivaut au poids de la masse, car la masse est contrainte de liaison contre le fond du réservoir. Ensuite, on considère que l'intégralité des graines est déplacée par l'agitateur, donc N correspond au poids de toutes les graines du réservoir, ce qui donne $N = mg = \rho_{graine}Vg$. On obtient donc $P_3 = \mu_d \cdot N \cdot r \cdot \omega_{agitateur} = \mu_d \cdot \rho_{graine}Vg \cdot r \cdot \omega_{agitateur}$.

On sait que sur la chaîne de transmission, les rapports de transmission de la courroie et de l'engrenage sont de 1 puisque nous utilisons deux roues dentées identiques, de même pour les poulies, et que la vitesse angulaire de l'axe arrière est égale à la vitesse v de l'utilisateur divisée par le rayon R des roues du semoir : $\omega_{axe\ arriere} = \frac{v}{R}$. On a ainsi :

$$\begin{aligned} i_{courroie} &= \frac{\omega_{axe\ 2}}{\omega_{axe\ arriere}} = 1 \\ i_{engrenage} &= \frac{\omega_{agitateur}}{\omega_{axe\ 2}} = 1 \\ \Rightarrow \omega_{agitateur} &= \omega_{axe\ arriere} = \frac{v}{R} \end{aligned}$$

Enfin :

$$P_3 = \mu_d \cdot \rho_{graine}Vg \cdot r \cdot \omega_{agitateur} = \mu_d \cdot \rho_{graine}Vg \cdot v \cdot \frac{r}{R}$$

A.N. : On prend $\mu_d = 0.6$, qui correspond au frottement de terre contre terre, $\rho_{graine} = 800\ kg \cdot m^{-3}$, $V = 2.528\ L$ d'après la section 5.1.2, $g = 9.81\ m \cdot s^{-2}$, $v = 3\ km \cdot h^{-1}$, $r = 17.5\ mm$ et $R = 95.5\ mm$.

$$P_3 = 0.6 \cdot 800 \cdot 2.528 \cdot 10^{-3} \cdot 9.81 \cdot 3 \cdot \frac{10^3}{3600} \cdot \frac{17.5}{95.5} = 1.82\ W$$

Nous allons ensuite déterminer la puissance $P_{rabatteur}$ à fournir au rabatteur pour pousser le volume de terre dans le sillon. On sait que la puissance fournie à un objet correspond au travail infinitésimal δW de l'ensemble des forces s'appliquant sur l'objet divisé par une durée infime dt . L'ensemble des forces s'appliquant sur le volume V de terre à déplacer est son poids et une force de frottement sec dynamique entre la terre à rabattre et celle en-dessous, au niveau du sol. On a :

$$P_{rabatteur} = \frac{\delta W}{dt} = \frac{\delta W^{mg} + \delta W^{\vec{F}_f}}{dt}$$

Le travail infinitésimal d'une force \vec{F} est $\delta W^{\vec{F}} = \vec{F} \cdot d\vec{r}$, avec \cdot le produit scalaire entre la force et un déplacement infinitésimal $d\vec{r}$ du point d'application de la force. Tout d'abord, voici un schéma représentant la situation :

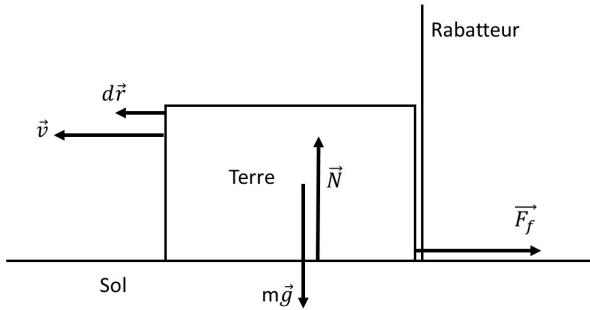


FIGURE 24 – Bilan des forces sur la terre à rabattre

On sait que le travail d'une force perpendiculaire à la trajectoire est nul, donc le travail du poids est nul au cours du déplacement et il ne reste que le travail de la force de frottement. Comme dit plus haut, l'expression de la norme de la force de frottement sec dynamique est $|\vec{F}_f| = \mu_d N$. À nouveau la norme de la normale au sol donc la norme de la réaction du sol sur le volume V de terre équivaut au poids de ce même volume, donc $|\vec{F}_f| = \mu_d mg = \mu_d \rho_{terre} V g$. Puisque \vec{F}_f et $d\vec{r}$ sont colinéaires, leur produit scalaire vaut le produit de leur norme donc :

$$\delta W^{\vec{F}_f} = |\vec{F}_f| \cdot dr = \mu_d \rho_{terre} V g \cdot dr$$

L'utilisateur se déplace à une vitesse v donc il parcourt une distance d en une durée Δt tel que $v = \frac{d}{\Delta t} \Leftrightarrow d = v \Delta t$. Le volume de terre à rabattre pour une durée Δt correspond à $V = S \cdot d = S v \Delta t$ avec S la section des deux rangées de terre.

On peut à présent trouver la puissance à fournir au rabatteur pour contrer la puissance consommée, on a :

$$P_{rabatteur} = \frac{\delta W^{\vec{F}_f}}{dt} = \frac{\mu_d \rho_{terre} V g \cdot dr}{dt} = \mu_d \rho_{terre} S v \Delta t g \frac{dr}{dt}$$

On sait que la dérivée de la position par le temps correspond à la vitesse donc $\frac{dr}{dt} = v$ et ainsi :

$$P_{rabatteur} = \mu_d \cdot \rho_{terre} \cdot S \cdot v^2 \cdot \Delta t \cdot g$$

La puissance est une énergie normalisée par une durée, elle correspond donc à une énergie pour 1 seconde, ce qui implique que $\Delta t = 1 \text{ s}$. Ensuite, grâce au schéma du cahier des charges nous pouvons estimer que la section S maximale des talus à rabattre correspond à un rectangle de 5cm x 10cm. De plus, on sait que $\mu_d = 0.6$ et que la masse volumique de la terre végétale est $\rho_{terre} = 1250 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Enfin on prend $g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ et $v = 3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

On en déduit que la puissance $P_{rabatteur}$ vaut :

$$P_{rabatteur} = 0.6 \cdot 1250 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 10^{-2} \cdot \left(3 \cdot \frac{10^3}{3600}\right)^2 \cdot 1 \cdot 9.81 = 25.5 \text{ W}$$

Nous connaissons les puissances utiles consommées, nous pouvons à présent trouver la puissance totale à fournir. Nous avons les relations :

$$\begin{aligned} P_{axe\ arriere} + P_{rabatteur} &= P_{fournie} \\ P_3 &= \eta_{roulement}^5 \cdot \eta_{engrenage} \cdot \eta_{courroie} \cdot P_{axe\ arriere} \end{aligned}$$

Nous savons également que le rendement d'un roulement à billes vaut 99% et que celui d'une courroie crantée ainsi que celui d'un engrenage à denture droite vaut 98%, donc :

$$\begin{aligned} P_{fournie} &= \frac{P_3}{\eta_{roulement}^5 \cdot \eta_{engrenage} \cdot \eta_{courroie}} + P_{rabatteur} \\ \Leftrightarrow P_{fournie} &= \frac{P_3}{0.99^5 \cdot 0.98 \cdot 0.98} + P_{rabatteur} = 27.5 \text{ W} \end{aligned}$$

La puissance que peut développer humain pour un effort d'une durée moyenne est d'environ 300 W. De plus nous trouvons une puissance à fournir de 27.5 W. On constate que de part nos approximations, il faut fournir un dixième de la puissance maximum que l'on pourrait développer. Ainsi, nous estimons que si notre modèle physique est trop simplifié et que nous y avons introduit des erreurs, nous pouvons toujours appliquer un facteur de sécurité même élevé où la puissance d'un Homme serait toujours suffisante pour pousser le semoir.

5.3 Rendement

On peut à présent trouver le rendement de la machine lorsqu'elle est en fonctionnement. Nous savons grâce au cours que le rendement correspond à la puissance utile divisée par la puissance fournie. Donc :

$$\eta_{total} = \frac{P_{utile}}{P_{fournie}} = \frac{P_3 + P_{rabatteur}}{P_{fournie}}$$

A.N. :

$$\eta_{total} = \frac{1.82 + 25.5}{27.5} = 99\%$$

5.4 Modèles théoriques du fonctionnement

5.4.1 Temps de chute d'une graine

Notre but va être ici de vérifier les dimensions de notre réservoir vis-à-vis du temps de chute d'une graine. On souhaite être certain qu'une graine ait le temps de tomber dans un trou du cylindre lors de la rotation de celui-ci.

Pour ce faire, nous allons calculer le temps de chute d'une graine dans un trou du cylindre et le comparer au temps pour lequel un trou du cylindre est accessible par la graine.

Soit m la masse de la graine, \vec{g} le champ de pesanteur terrestre, h la hauteur d'un trou du cylindre, r le rayon du cylindre, ω la vitesse angulaire du cylindre, d le diamètre de la pièce guidant les graines jusqu'au cylindre, R le rayon des roues du semoir, v la vitesse de l'utilisateur.

Temps de chute d'une graine :

$$\begin{aligned} m\vec{a} &= \sum \vec{F}_{ext} = m\vec{g} \\ \Leftrightarrow \vec{a} &= \vec{g} \\ \Leftrightarrow a_z(t) &= -g \end{aligned}$$

En intégrant, on obtient la vitesse :

$$v_z(t) = -gt$$

En intégrant à nouveau, on obtient la position :

$$z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + h$$

La graine chute d'une hauteur h et atteint la hauteur nulle au fond du trou au temps t_{chute} :

$$0 = -\frac{1}{2}gt_{chute}^2 + h \quad \Leftrightarrow \quad t_{chute} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

À présent on cherche à déterminer le temps t_{trou} que dispose la graine en étant à la surface du cylindre pour tomber dans un de ses trous :

$$v_{surface} = r\omega$$

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow \frac{d}{t_{trou}} &= r\omega \\ \Leftrightarrow t_{trou} &= \frac{d}{r\omega} \end{aligned}$$

On sait que $v = R\omega$ donc que $\omega = \frac{v}{R}$, ainsi :

$$t_{trou} = \frac{dR}{rv}$$

Nous nous plaçons dans le pire des cas pour t_{chute} avec la plus grosse taille de graine, puisque t_{chute} est proportionnelle à h , ainsi avec $g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $h = 11 \text{ mm}$, on a :

$$t_{chute} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11 \cdot 10^{-3}}{9.81}} = 47.3 \text{ ms}$$

Pour trouver t_{trou} , nous nous plaçons à nouveau dans le pire des cas où la longueur le long du cylindre visible depuis l'intérieur du réservoir est la plus faible, ce qui implique $d = 11 \text{ mm}$, puisqu'il faut au moins que les plus grosses graines puissent quitter le réservoir. De plus, on a $r = 20 \text{ mm}$ et $R = 95.5 \text{ mm}$.

$$t_{trou} = \frac{11 \cdot 10^{-3} \cdot 95.5 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3} \cdot v \cdot \frac{10^3}{3600}}$$

Pour $v = 3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, on a : $t_{trou} = 63.0 \text{ ms}$

Pour $v = 4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, on a : $t_{trou} = 47.2 \text{ ms}$

Nous avons besoin que $t_{chute} < t_{trou}$, donc on peut déterminer une valeur limite de v à laquelle la graine a juste le temps de tomber dans le trou :

$$\begin{aligned} t_{chute} &= t_{trou} \\ \Leftrightarrow t_{chute} &= \frac{dR}{rv_{lim}} \\ \Leftrightarrow v_{lim} &= \frac{dR}{rt_{chute}} = 3.99 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} \end{aligned}$$

Étant donné que $v_{lim} = 3.99 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, que la vitesse d'un adulte moyen en condition difficiles (randonnée, terrain meuble ou accidenté) est d'environ $2.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ à $3.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ et sachant que nous nous sommes placés dans le pire des cas pour faire notre calcul, on peut estimer que la graine a le temps pour se loger dans le cylindre.

5.4.2 Résistance lors d'un blocage du système de distribution

À présent, nous supposons que pour une raison quelconque l'axe avant se bloque et ne tourne plus. Ainsi on peut vérifier que notre axe avant résiste à la torsion provoquée par la poussée de l'utilisateur. D'après le cours, on sait que la contrainte tangentielle maximale de torsion pour un arbre vaut :

$$\tau_{max} = \frac{M_t}{I_0} r$$

avec M_t le moment appliquée à la périphérie de l'axe, I_0 le moment quadratique polaire de la section et r le rayon de l'axe avant.

On a $M_t = F \cdot R$ et $P_{fournie} = F \cdot v$ donc $M_t = \frac{P_{fournie}}{v} R$, avec R le rayon des roues. Le moment quadratique polaire de la section vaut d'après le cours :

$$I_0 = \frac{\pi r^4}{2}$$

Ainsi, la contrainte τ_{max} vaut :

$$\tau_{max} = \frac{\frac{P_{fournie}}{v} R}{\frac{\pi r^4}{2}} r = \frac{2 P_{fournie} R}{\pi r^3 v} = 16.05 \text{ MPa}$$

en prenant $r = 5 \text{ mm}$, $R = 95.5 \text{ mm}$, $v = 3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ et $P_{fournie} = 27.5 \text{ W}$.

Cependant, on a une condition de résistance à la torsion qui est :

$$\tau_{max} < R_{pg} = \frac{R_e}{s}$$

où R_{pg} est la résistance pratique au cisaillement, R_e la limite élastique et s un facteur de sécurité généralement pris à 2. Notre axe est en acier inox X 10 Cr Ni S 18 10, qui a une limite élastique $R_e = 280 \text{ MPa}$, ce qui implique que $R_{pg} = 140 \text{ MPa}$. On constate que la résistance pratique au cisaillement R_{pg} est nettement plus grande que la contrainte tangentielle maximale de torsion, donc notre axe avant résisterait à un blocage du cylindre de distribution et ne casserait pas.

5.5 Choix des matériaux et justification

Le choix des matériaux pour les pièces est justifié par plusieurs contraintes, selon les fonctions des pièces à usiner. Nous séparons grossièrement l'ensemble de nos pièces en 3 groupes définis par rapport aux restrictions liées aux fonctions des pièces. À chaque groupe est assigné un matériau répondant au mieux aux critères imposés. On veille à ne pas choisir de matériau trop lourd, afin de ne pas dépasser la limite du poids total de la machine fixé à 15 kilos par le cahier des charges, ou encore à ne pas prendre un matériau trop onéreux.

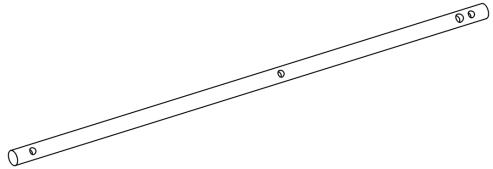
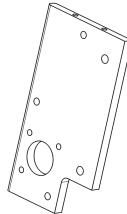
Aacier inoxydable Pour toutes les pièces exposées à des contraintes, telles que les plaquettes fixatrices, les attaches, les axes de rotation ou encore le rabatteur de terre (qui en plus est directement exposé à la terre), il faut un matériau qui puisse offrir une résistance à la déformation assez importante. L'acier inoxydable présente des caractéristiques idéales pour ce genre de tâches, telles qu'une forte résistance mécanique et à la corrosion, ce qui en fait un matériau solide et durable, parfait pour constituer le squelette du semoir, en plus de protéger le rabatteur d'éventuels dommages chimiques liés à l'exposition continue à la terre pouvant être mouillée.

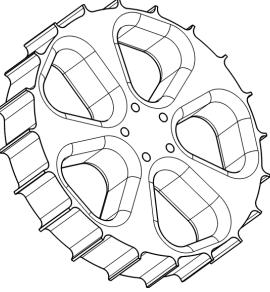
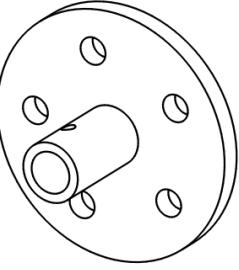
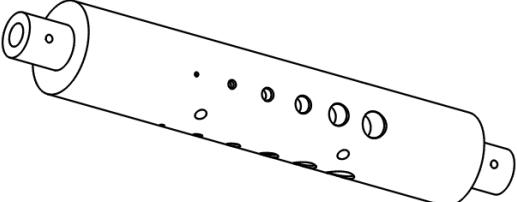
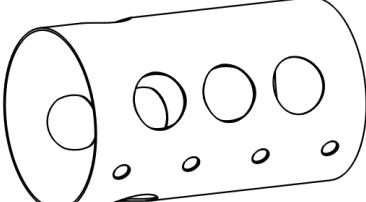
PVC Pour des pièces comme les roues ou les côtés du réservoir qui nécessitent peu d'entretien, les contraintes à respecter vis-à-vis du matériau à utiliser ne sont pas très restrictives. Notre choix se porte donc sur un le PVC rigide, un plastique qui offre une résistance mécanique et chimique très correcte, pour une masse volumique et un prix peu élevés.

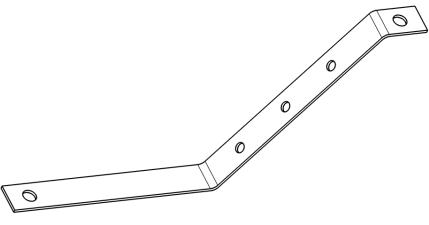
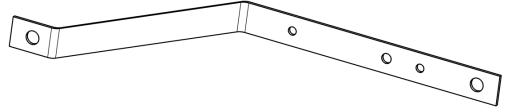
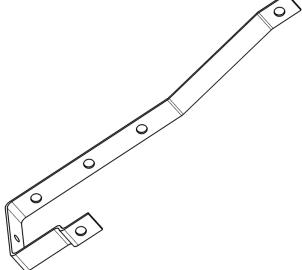
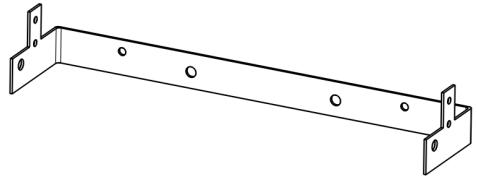
Aluminium Pour le reste des pièces qui constituent la machine, les restrictions qui permettent d'établir le choix du matériau sont à mi-chemin entre celles pour les pièces en PVC rigide et celles en acier inoxydable. On cherche un matériau relativement léger et peu onéreux, mais qui offre tout de même une résistance et une durabilité supérieure au PVC. On se tourne donc vers un alliage d'aluminium EN AW-Al Mg3 qui répond très bien à ces contraintes.

6 Nomenclatures

6.1 Table des pièces à usiner

n° :	Description :	Modèles 3D :
1	Axe de rotation avant Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 251 Quantité : 1	
2	Axe de rotation arrière Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 255 Quantité : 1	
3	Axe de rotation supérieur Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 226 Quantité : 1	
4	Boîtier de roulement Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 222 Quantité : 6	

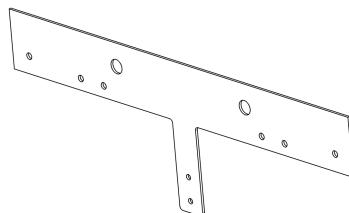
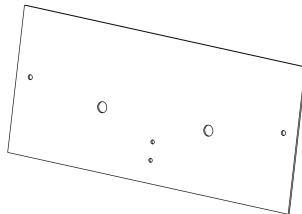
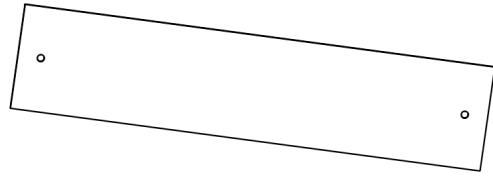
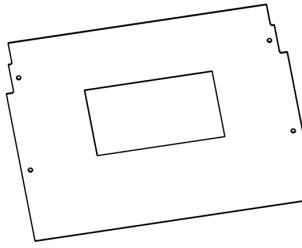
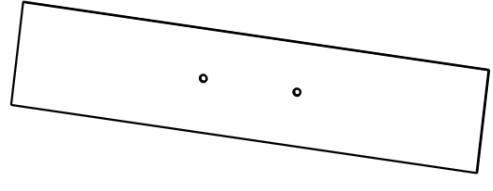
n° :	Description :	Modèles 3D :
5	Roue Matériau : PVC dur Masse [g] : 953 Quantité : 4	
6	Mainteneur roue Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 121 Quantité : 4	
7	Cylindre de distribution Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 638 Quantité : 1	
8	Cache de distribution Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 11 Quantité : 1	

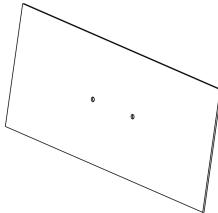
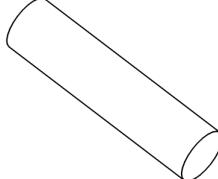
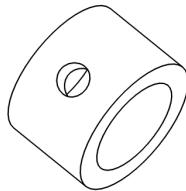
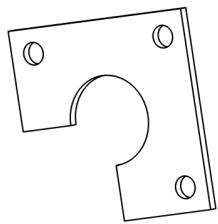
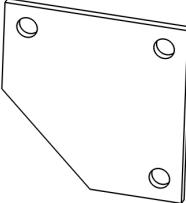
n° :	Description :	Modèles 3D :
9	Plaquette basse Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 98 Quantité : 2	
10	Plaquette haute Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 86 Quantité : 2	
11	Plaquette mi-haute Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 141 Quantité : 2	
12	Plaquette avant Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 265 Quantité : 1	

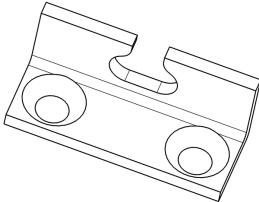
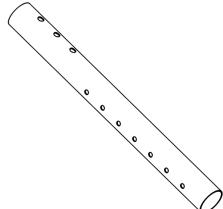
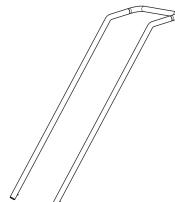
n° :	Description :	Modèles 3D :
13	Plaquette pour poignées Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 31 Quantité : 2	
14	Plaquette externe pour poignées Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 24 Quantité : 2	
15	Réservoir planche avant-arrière Matériau : PVC dur Masse [g] : 194 Quantité : 2	
16	Réservoir planche coté Matériau : PVC dur Masse [g] : 179 Quantité : 2	

n° :	Description :	Modèles 3D :
17	Réservoir plaque latérale Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 166 Quantité : 1	
18	Réservoir fond Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 110 Quantité : 1	
19	Couvercle fixe Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 353 Quantité : 1	
20	Couvercle amovible Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 256 Quantité : 1	

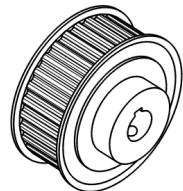
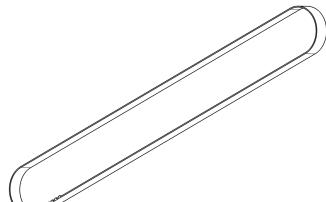
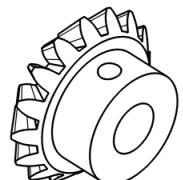
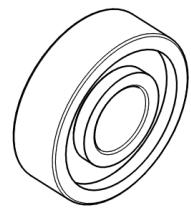
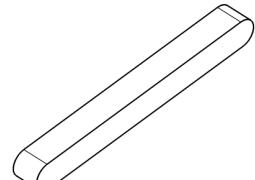
n° :	Description :	Modèles 3D :
21	<p>Guide des graines</p> <p>Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 199 Quantité : 1</p>	
22	<p>Maintien du mélangeur</p> <p>Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 74 Quantité : 1</p>	
23	<p>Lame du rabatteur</p> <p>Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 436 Quantité : 2</p>	
24	<p>Habilage Avant bas bascule</p> <p>Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 169 Quantité : 1</p>	

n° :	Description :	Modèles 3D :
25	Habillage Avant bas Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 108 Quantité : 1	
26	Habillage avant mi-haut Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 318 Quantité : 1	
27	Habillage avant haut Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 164 Quantité : 1	
28	Habillage centre Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 469 Quantité : 1	
29	Habillage arrière haut Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 161 Quantité : 1	

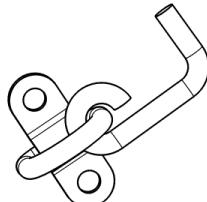
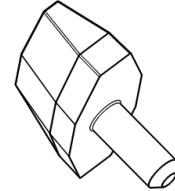
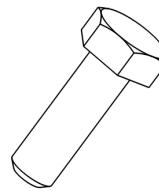
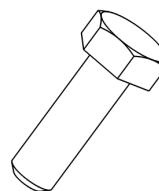
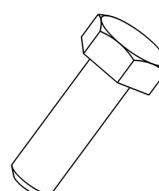
n° :	Description :	Modèles 3D :
30	Habillage arrière bas Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 299 Quantité : 1	
31	Guide construction Matériau : PVC dur Masse [g] : 0.3 Quantité : 4	
32	Cale cylindrique Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 2 Quantité : 9	
33	Bloqueur vide Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 5 Quantité : 12	
34	Bloqueur plein Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 7 Quantité : 2	

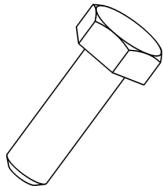
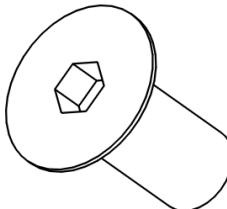
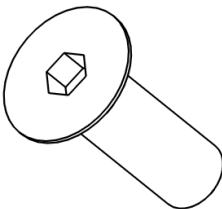
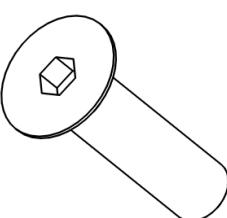
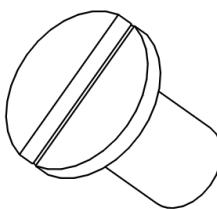
n° :	Description :	Modèles 3D :
35	Attache crochet Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 8 Quantité : 2	
36	Tube pour poignée Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 73 Quantité : 2	
37	Poignée Matériau : EN AW-Al Mg3 Masse [g] : 577 Quantité : 1	
38	Agitateur Matériau : X 10 Cr Ni S 18 10 Masse [g] : 108 Quantité : 1	

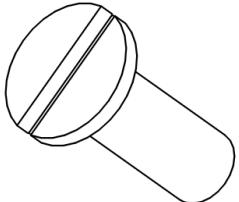
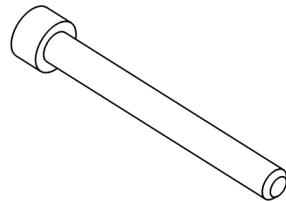
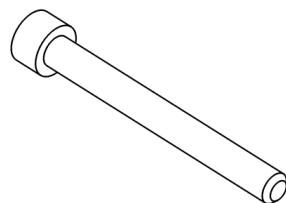
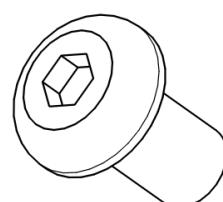
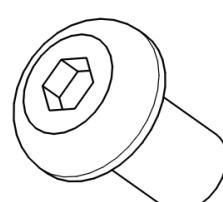
6.2 Table des pièces à commander chez un fournisseur

n° :	Description :	Modèles 3D :
39	<p>Poulie crantée T5 Z=30</p> <p>Fournisseur : gotronic Référence : 31854 Quantité : 2</p>	
40	<p>Courroie crantée</p> <p>Fournisseur : Misumi Référence : TTBU900T5-100 Quantité : 1</p>	
41	<p>Engrenage conique Z=16</p> <p>Fournisseur : Norelem Référence : 22433-05110016 Quantité : 2</p>	
42	<p>Roulement à bille</p> <p>Fournisseur : 123Roulement Référence : 6000-2RS-SKF Quantité : 7</p>	
43	<p>Clavette parallèle DIN 6885 A 03x03x28</p> <p>Fournisseur : Norelem Référence : 4059495037080 Quantité : 2</p>	

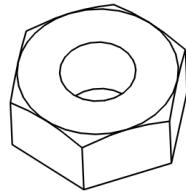
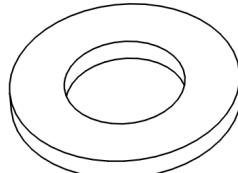
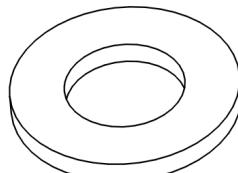
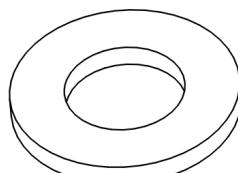
n° :	Description :	Modèles 3D :
44	<p>Équerre 5 20x20</p> <p>Modèle : Traceparts FIXE05E3222 Fabricant : hellomoov Quantité : 24</p>	
45	<p>Équerre 45 °</p> <p>Modèle : Traceparts 3.31.80.40.40 Fabricant : Dalian Modular Assembly Technology Co., Ltd. Quantité : 2</p>	
46	<p>Charnière</p> <p>Fournisseur : Misumi Référence : HHPSN5 Quantité : 3</p>	
47	<p>Poussoir 1</p> <p>Fournisseur : Elesa Référence : GN.32512 Quantité : 2</p>	
48	<p>Poussoir 2</p> <p>Fournisseur : Misumi Référence : MPFHT5-4 Quantité : 2</p>	

n° :	Description :	Modèles 3D :
49	<p>Crochet articulé de rabat</p> <p>Fournisseur : Marineshop Référence : 7155CR Quantité : 1</p>	<p>Modèle simplifié</p> 
50	<p>Vis oreil</p> <p>Modèle : Traceparts 6378010 Fabricant : GAMM Quantité : 2</p>	
51	<p>Vis à tête hexagonale ISO 4017-M5-16</p> <p>Fournisseur : Vis-express Référence : 4112501602 Quantité : 2</p>	
52	<p>Vis à tête hexagonale ISO 4017-M5-20</p> <p>Fournisseur : Vis-express Référence : 4112502002 Quantité : 31</p>	
53	<p>Vis à tête hexagonale ISO 4017-M8-20</p> <p>Fournisseur : Vis-express Référence : 4112802002 Quantité : 8</p>	

n° :	Description :	Modèles 3D :
54	Vis à tête hexagonale ISO 4017-M8-25 Fournisseur : Vis-express Référence : 4112802502 Quantité : 16	
55	Vis à tête conique à 6 pans creux ISO 10642-M5-12 Fournisseur : Immerag Référence : 83.1282.05012 Quantité : 26	
56	Vis à tête conique à 6 pans creux ISO 10642-M5-16 Fournisseur : Immerag Référence : 83.1282.05016 Quantité : 18	
57	Vis à tête conique à 6 pans creux ISO 10642-M5-20 Fournisseur : Immerag Référence : 83.1282.05020 Quantité : 16	
58	Vis à tête conique fendue ISO 2009-M4-8 Fournisseur : Screwwerk Référence : STM330500080S Quantité : 2	

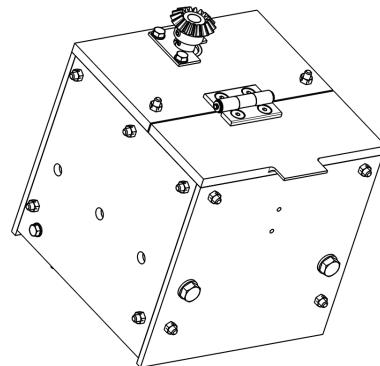
n° :	Description :	Modèles 3D :
59	Vis à tête conique fendue ISO 2009-M4-12 Fournisseur : Screwwerk Référence : STM330500120S Quantité : 2	
60	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762-M6-50 Fournisseur : Quinquaillerie pro Référence : P175765 Quantité : 6	
61	Vis à tête cylindrique à 6 pans creux ISO 4762-M6-55 Fournisseur : Norelem Référence : 07160-06X55 Quantité : 20	
62	Vis à tête bombée à 6 pans creux ISO 7380-M4-8 Fournisseur : Norelem Référence : 07174-1304X8 Quantité : 2	
63	Vis à tête bombée à 6 pans creux ISO 7380-M6-12 Fournisseur : Norelem Référence : 07174-1306X12 Quantité : 6	

n° :	Description :	Modèles 3D :
64	Vis sans tête à 6 pans creux ISO 4026-M4-8 Fournisseur : Bossard Référence : 1025449 Quantité : 14	
65	Vis sans tête à 6 pans creux ISO 4026-M5-12 Fournisseur : Bossard Référence : 1025678 Quantité : 4	
66	Écrou hexagonal ISO 4032-M4-8 Fournisseur : Norelem Référence : 07210-04 Quantité : 2	
67	Écrou hexagonal ISO 4032-M5-8 Fournisseur : Norelem Référence : 07210-05 Quantité : 97	
68	Écrou hexagonal ISO 4032-M6-8 Fournisseur : Norelem Référence : 07210-06 Quantité : 34	

n° :	Description :	Modèles 3D :
69	Écrou hexagonal ISO 4032-M8-8 Fournisseur : Norelem Référence : 07210-08 Quantité : 24	
70	Rondelle DIN 125-5-AC Fournisseur : Bossard Référence : 1729276 Quantité : 33	
71	Rondelle DIN 125-6-AC Fournisseur : Bossard Référence : 1729284 Quantité : 34	
72	Rondelle DIN 125-8-Ac Fournisseur : Bossard Référence : 1729306 Quantité : 24	

7 Notice de montage

7.1 Étape 1 : Réservoir



Étape 1-1 : Préparer les faces avant arrière (x2)

Pour débuter, nous allons placer les équerres permettant le maintien du réservoir sur les faces avant et arrière de celui-ci.

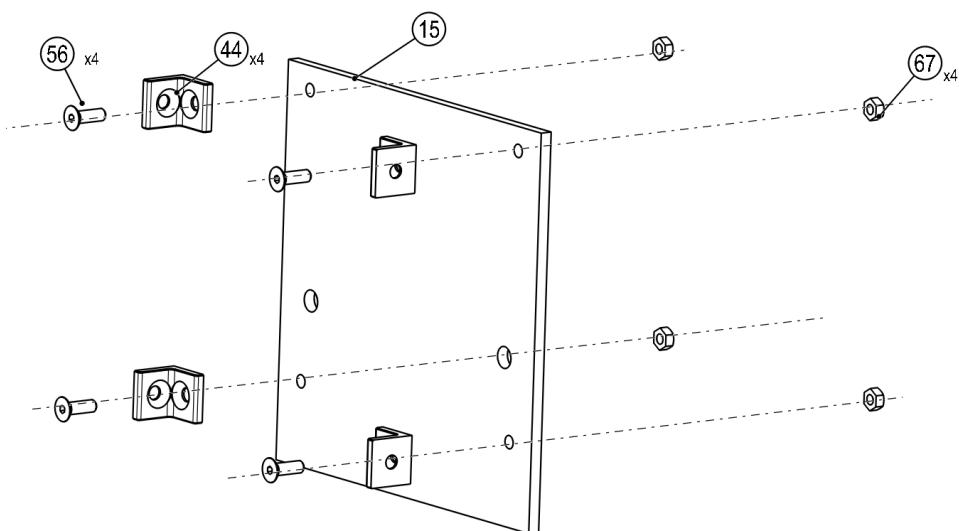


FIGURE 25 – Étape 1-1

Étape 1-2 : Assembler les faces

Puis, compléter le cube avec les deux faces cotés.

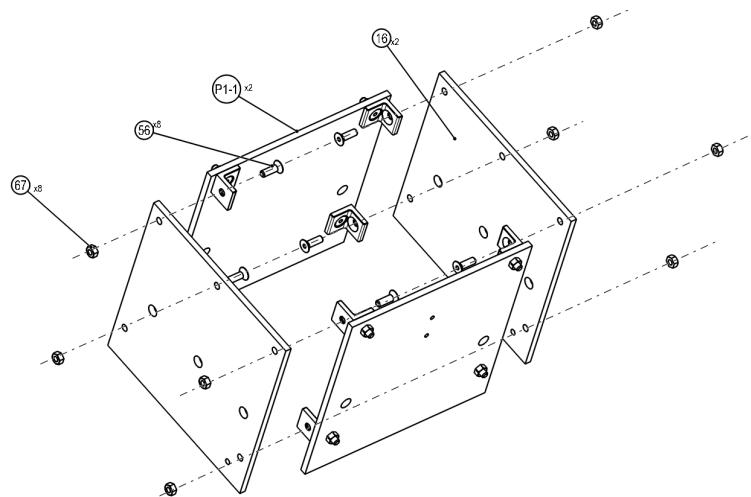


FIGURE 26 – Étape 1-2

Étape 1-3 : Fond du réservoir

Placer deux équerres 45 ° pour le support de la plaque intérieure.

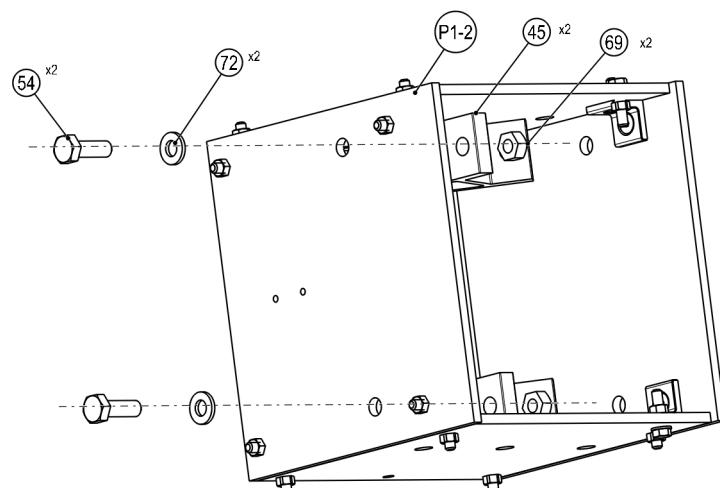


FIGURE 27 – Étape 1-3-1

Visser la plaque intérieure.

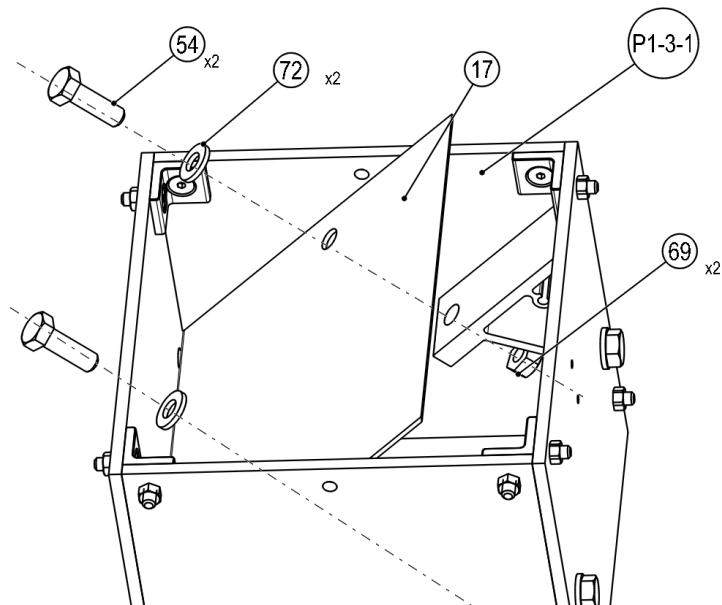


FIGURE 28 – Étape 1-3-2

Visser la plaque se situant au fond du réservoir.

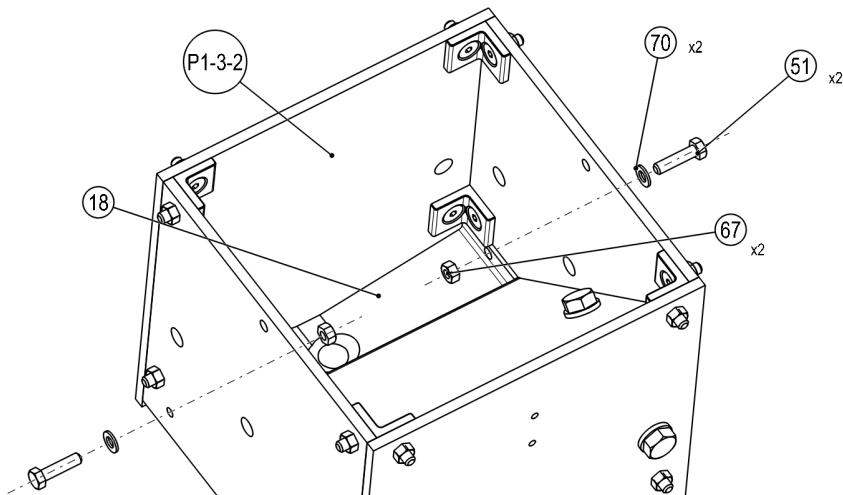


FIGURE 29 – Étape 1-3-3

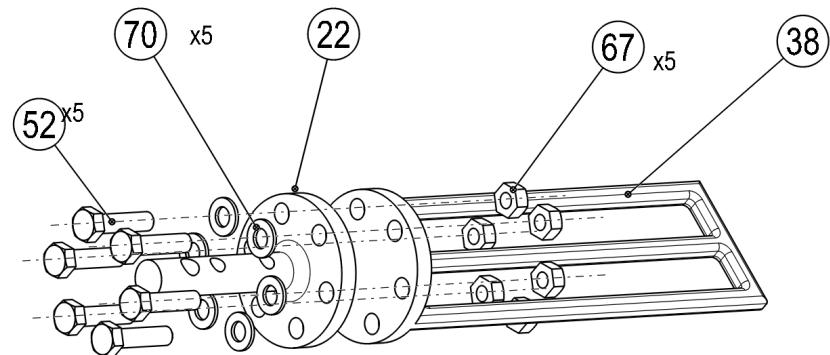
Étape 1-4 : Préparer le mélangeur

FIGURE 30 – Étape 1-4-1

Assembler le mélangeur au couvercle du réservoir.

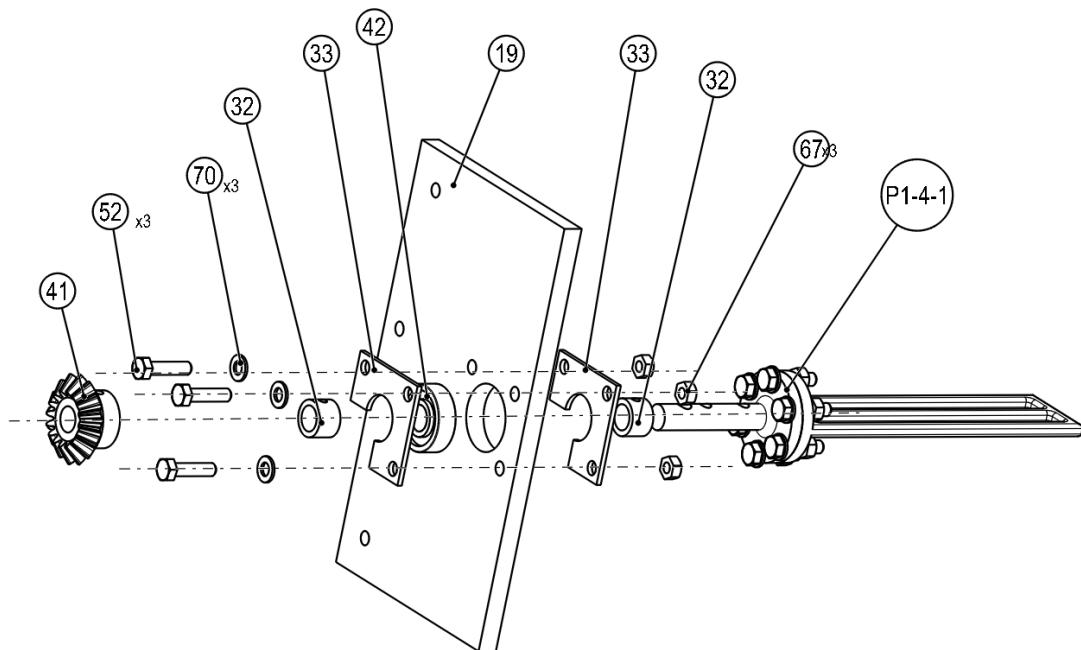


FIGURE 31 – Étape 1-4-2

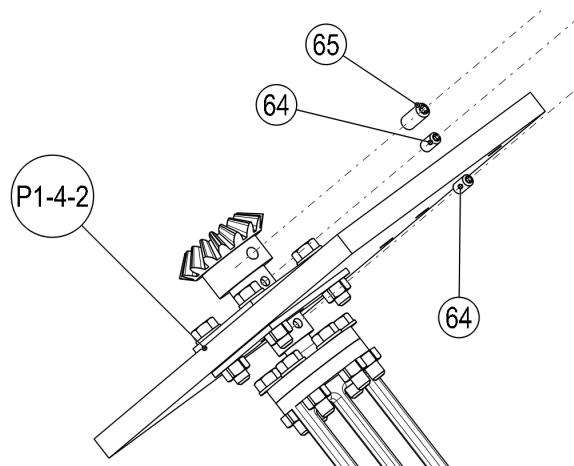


FIGURE 32 – Étape 1-4-3

Étape 1-5 : Assembler le couvercle

Placer les équerres pour le couvercle.

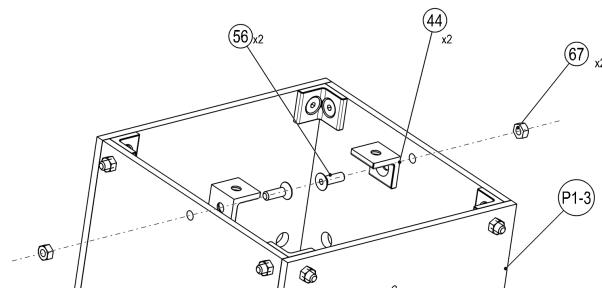


FIGURE 33 – Étape 1-5-1

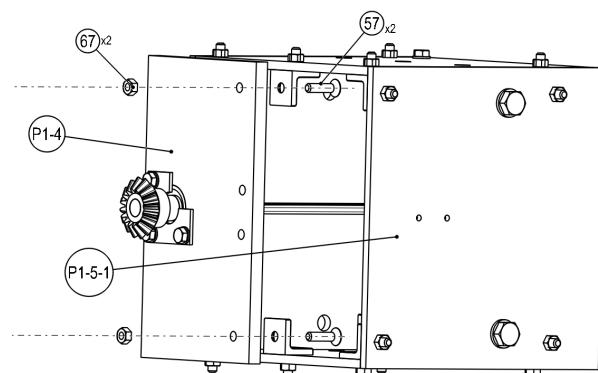


FIGURE 34 – Étape 1-5-2

Pour finir, il suffit de fixer la charnière permettant l'ouverture libre du réservoir de graines.

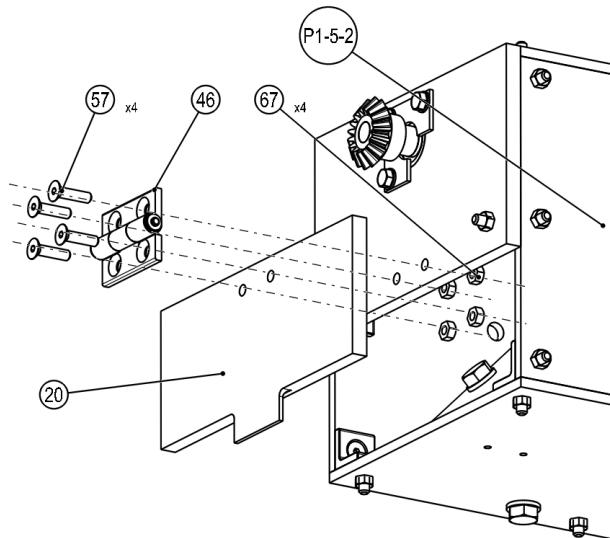
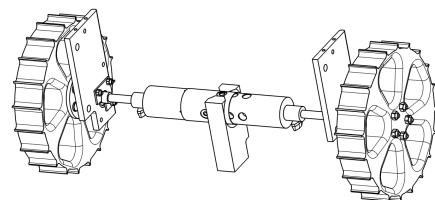


FIGURE 35 – Étape 1-5-3

7.2 Étape 2 : Axe avant



Étape 2-1 : Système de distribution

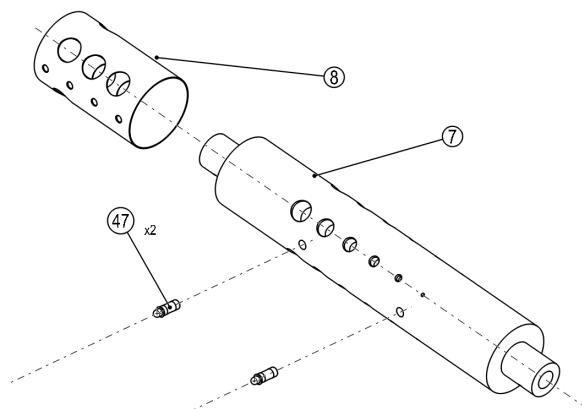


FIGURE 36 – Étape 2-1

Étape 2-2 : Roue (x2)

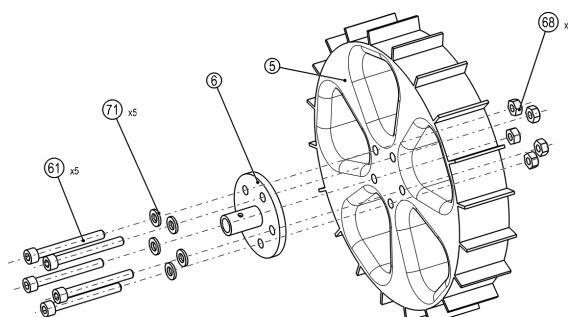


FIGURE 37 – Étape 2-2

Étape 2-3 : Boîtier de roulement A(x1) B(x1)

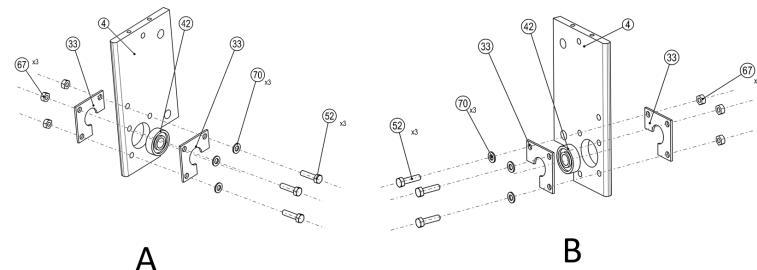


FIGURE 38 – Étape 2-3

Étape 2-4 Assemblage

Tous les éléments préalablement assemblés se positionnent sur le même axe, seul le guide (21) reste libre et n'est fixé que plus tard, mais il est nécessaire de le positionner sur cet axe immédiatement, après il sera trop tard.

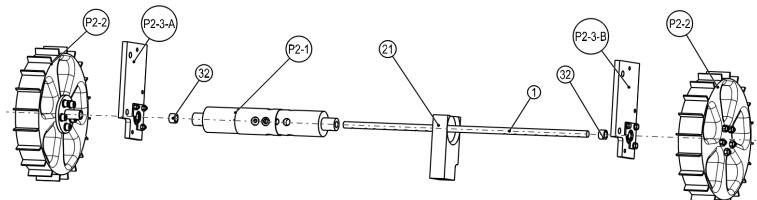


FIGURE 39 – Étape 2-4-1

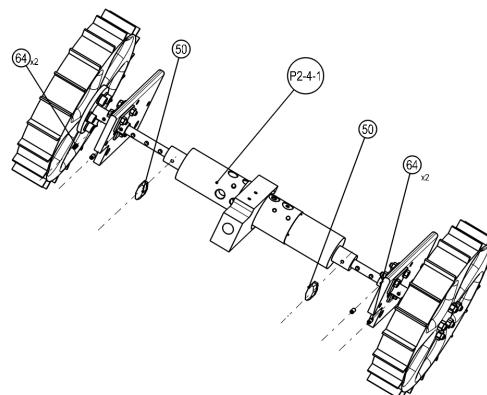
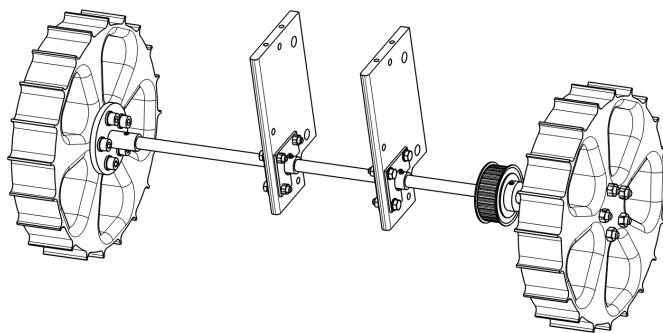


FIGURE 40 – Étape 2-4-2

7.3 Étape 3 : Axe arrière



Étape 3-1 : Roue (x2)

Assembler 2 roues de manière similaire à l'étape (2-2).

Étape 3-2 : Boîtier de roulement A(x1) B(x1)

Assembler les boîtiers de roulement comme à l'étape (2-3).

Étape 3-3 : Assemblage

Tous les éléments s'assemblent sur le même axe, cependant, veiller à bien positionner la clavette (43) avant la poulie (39).

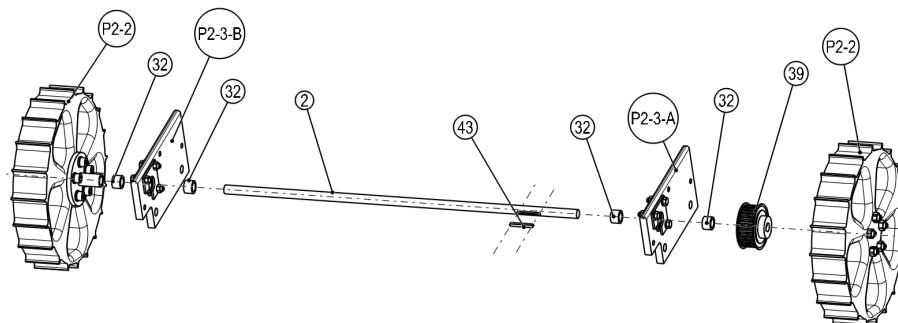


FIGURE 41 – Étape 3-3-1

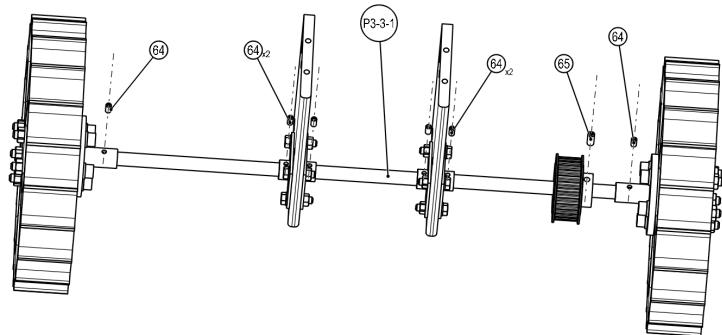
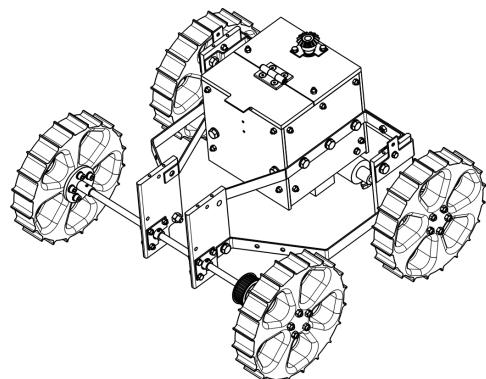


FIGURE 42 – Étape 3-3-2

7.4 Étape 4 : Assemblage des premières parties



Étape 4-1 : Plaquettes avant(x2)

Réaliser aussi cette étape de l'autre côté du semoir en utilisant la même plaquette (12) qui prend toute la largeur du semoir.

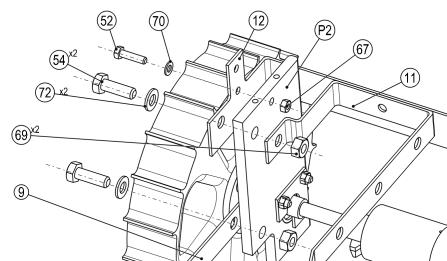


FIGURE 43 – Étape 4-1-1

Ici, visser les plaques avant entre elles pour assurer plus de maintien et surtout éviter la nuisance sonore due aux vibrations de ces deux plaques entre elles.

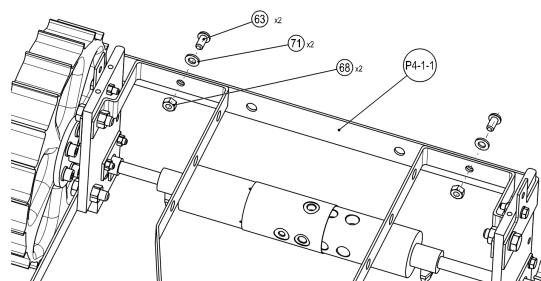


FIGURE 44 – Étape 4-1-2

Étape 4-2 : Fixer réservoir

De manière similaire des deux cotés.

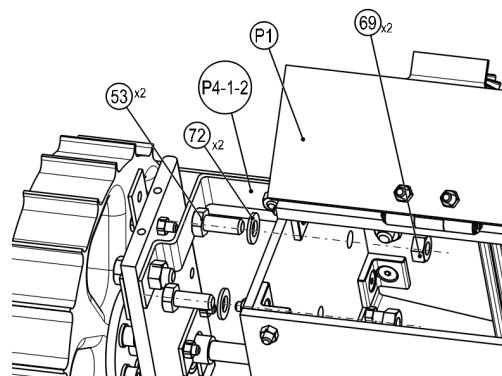


FIGURE 45 – Étape 4-2-1

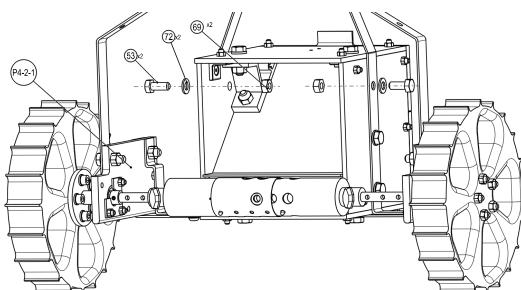


FIGURE 46 – Étape 4-2-2 (vue de dessous)

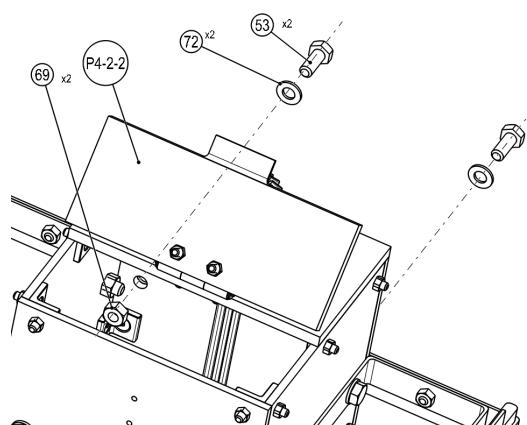


FIGURE 47 – Étape 4-2-3

Étape 4-3 : Fixer axe arrière

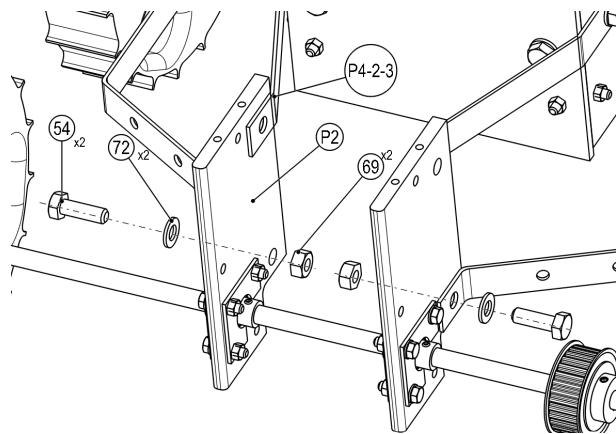
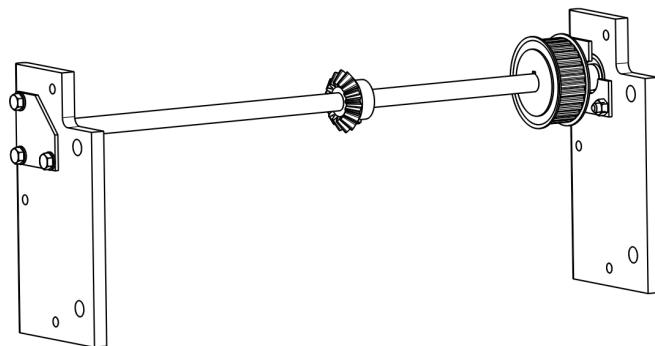


FIGURE 48 – Étape 4-3

7.5 Étape 5 : Axe supérieur



Étape 5-1 : Boîtier de roulement A(x1) B(x1)

Assembler les boîtiers de roulement de manière similaire à l'étape (2-3) mais attention à bien remplacer le bloqueur (33) côté écrou par le bloqueur (34).

Étape 5-2 : Assemblage

Tous les éléments s'assemblent sur le même axe, cependant, veiller à bien positionner la clavette (43) avant la poulie (39).

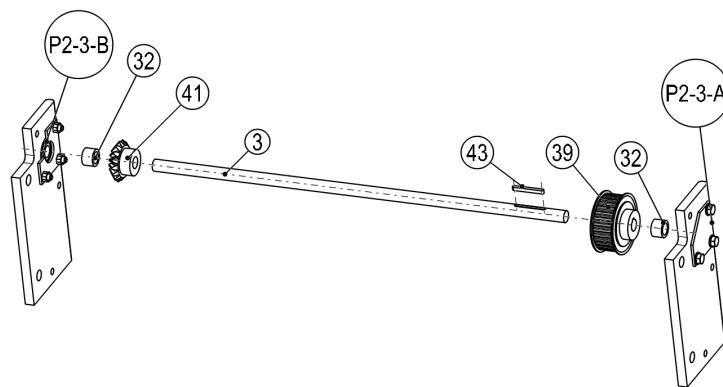


FIGURE 49 – Étape 5-2-1

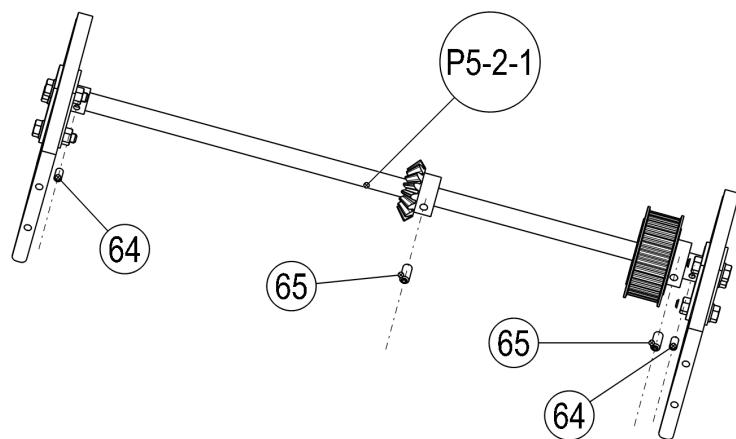
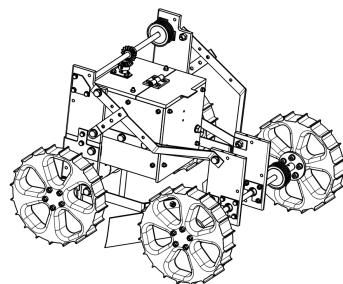


FIGURE 50 – Étape 5-2-2

7.6 Étape 6 : Assemblage des mécanismes



Étape 6-1 : Fixer les lames du rabatteur(x2)

De manière similaire des deux cotés.

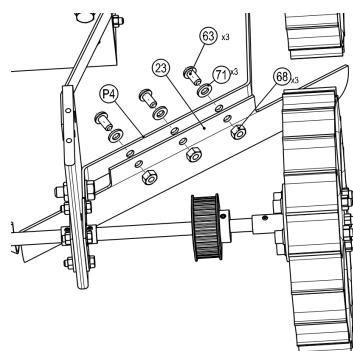


FIGURE 51 – Étape 6-1

Étape 6-2 : Assembler avec la partie supérieure

Les guides (31) permettent le bon positionnement de l'axe supérieur.

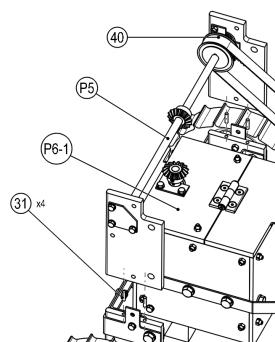


FIGURE 52 – Étape 6-2-1

De manière similaire des deux côtés, fixer les plaquettes de maintien de la structure.

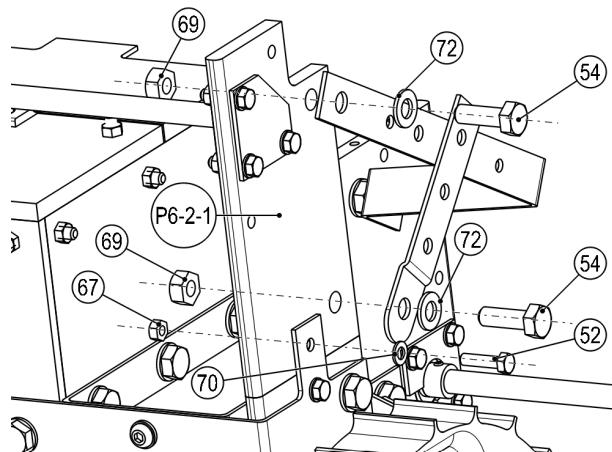


FIGURE 53 – Étape 6-2-2

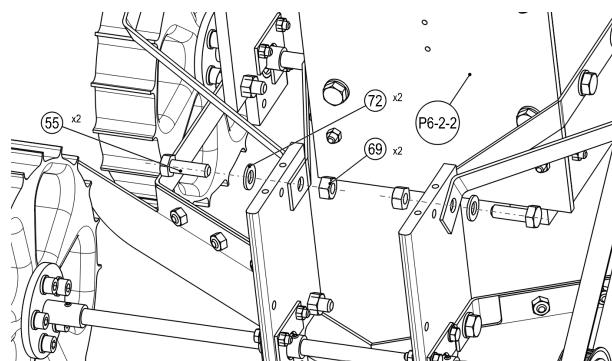
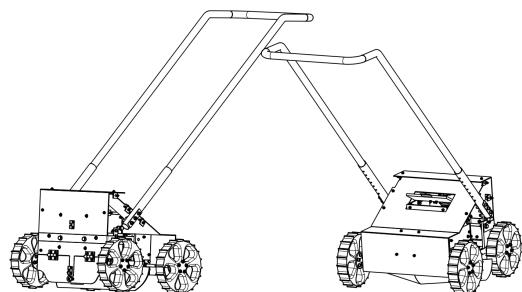


FIGURE 54 – Étape 6-2-3

7.7 Étape 7 : Poignées et habillage



Étape 7-1 : Attache des poignées(x2)

De manière similaire des deux cotés.

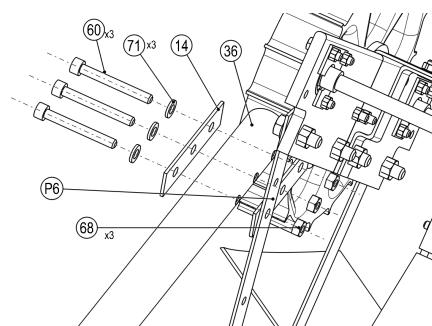


FIGURE 55 – Étape 7-1

Étape 7-2 : Habillage avant

De manière similaire des deux cotés, commencer par fixer les équerres.

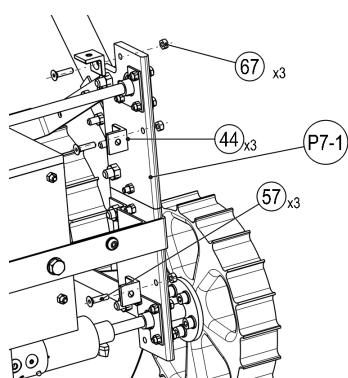


FIGURE 56 – Étape 7-2-1

Préparer ensuite le rabat de l'habillage.

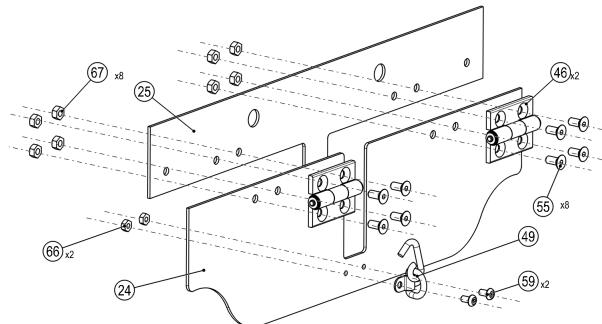


FIGURE 57 – Étape 7-2-2

Finalement, fixer le tout.

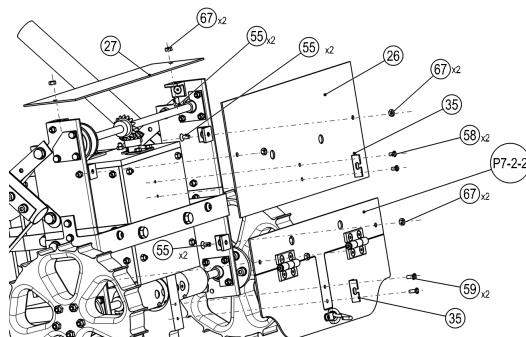


FIGURE 58 – Étape 7-2-3

Étape 7-3 : Habillage arrière

De même, placer les équerres.

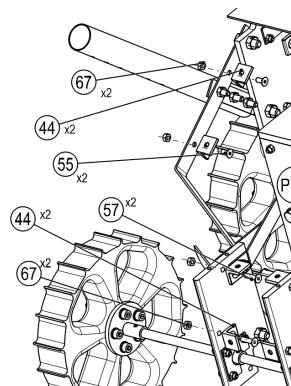


FIGURE 59 – Étape 7-3-1

Puis fixer les plaques.

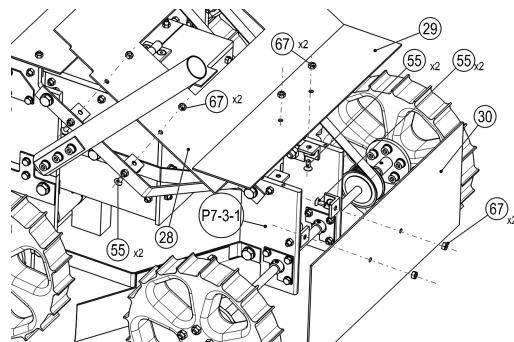


FIGURE 60 – Étape 7-3-2

Étape 7-4 : Poignées

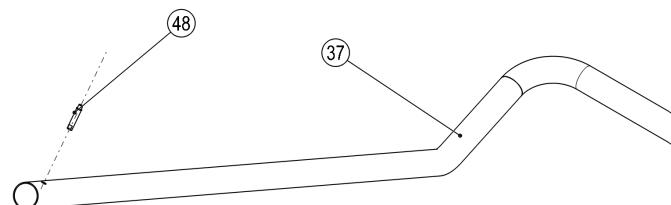


FIGURE 61 – Étape 7-4-1

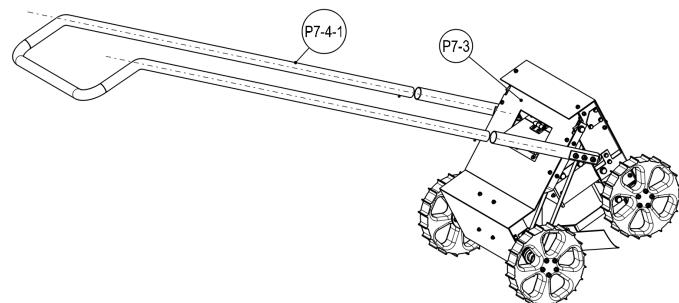


FIGURE 62 – Étape 7-4-2

8 Utilisation du semoir

8.1 Notice d'utilisation

1. Avant utilisation, veiller à creuser un sillon adéquat, dont les bords surélevés serviront à le reboucher progressivement.
2. Ouvrir le capot du réservoir afin d'y introduire les graines en veillant à ne pas dépasser sa capacité maximale.

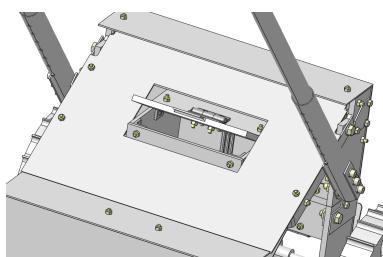


FIGURE 63 – Ouverture du réservoir

3. Pour régler le cylindre de distribution conformément à la taille des graines introduites dans le réservoir, ouvrir le capot avant puis régler l'emplacement du cylindre en le superposant au bas du réservoir, puis le fixer à l'aide des vis à oreilles disposées sur l'axe.

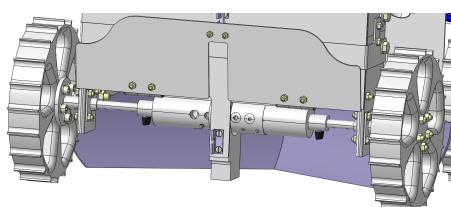


FIGURE 64 – Ouverture du capot avant

4. Pour régler l'intervalle de distribution entre chaque graine, régler le cache situé sur le cylindre de distribution en fonction de la distance souhaitée entre chaque graine, les emplacements du cache sur le cylindre sont pré-définis par un système de poussoirs à ressorts qui fixent les 3 positions possibles en fonction des intervalles.
5. Une fois les différentes options réglées, pousser le semoir à l'aide des poignées fixées à l'armature, en prenant garde à suivre le sillon creusé et à maintenir les 4 roues sur le sol.

8.2 Consignes de sécurité

- Tenir hors de portée des enfants
- Les différents mécanismes sont isolés par un habillage, ne rien placer à l'intérieur de cet habillage sous peine d'endommager le mécanisme voire de le rendre inutilisable ou de se blesser si on y introduit un doigt
- Ne pas exercer une poussée trop brusque sur la machine (la distribution des graines reste uniforme pour une vitesse sur le terrain inférieure à 3,99 km/h)
- Lors du transport de la machine, ne pas la saisir par l'extrémité des poignées sous peine d'appliquer une contrainte en flexion trop forte
- Veiller à ne pas présenter une quantité de terre trop importante pour reboucher le sillon sous peine de bloquer l'avancée du semoir

9 Conclusion

9.1 Tableau des spécifications

Tableau des spécifications tiré de l'analyse du cahier des charges

But de la machine

- Le réservoir peut contenir jusqu'à 2,5 litres de graines
- La création d'arcs au niveau du réservoir est prévenue par un mélangeur
- La distribution des graines est assurée par un mécanisme réglable permettant de varier l'espacement entre les graines et de s'adapter à la taille de ces dernières
- Le sillon de terre est refermé par la machine au fur et à mesure de l'avancée sur le terrain

Machine et caractéristiques

- La force mécanique de poussée appliquée par l'utilisateur permettant l'avancée du semoir portatif est la seule source d'énergie à disposition
- Concernant le poids de la machine et son encombrement, celle ci est dimensionnée au ainsi : 1017x527x(980↔1090) mm avec les poignées et 501x527x464 sans les poignées. Avec un poids total de 14,5 kg (réservoir vide), la machine est transportable si besoin
- Les matériaux utilisés sont les suivants : PVC rigide, alliage d'aluminium EN et AW-Al Mg3 et X10CrNiS 18-1-0 (acier inoxydable). Tous sont habituellement rencontrés dans les ateliers de mécanique et de construction
- Respect du diamètre minimal des éléments d'assemblage imposés par le cahier des charges : 4mm de diamètre au minimum pour l'ensemble des vis, axes, etc
- Aucun usage de technique proscrite par le cahier des charges, à savoir l'impression 3D, le soudage, l'injection et fromage à chaud

Utilisation

- Une personne seule suffit pour faire fonctionner la machine en la poussant à l'aide des poignées intégrées dans le mécanisme
- On suppose une vitesse de l'utilisateur inférieure à 3,99 km/h afin d'éviter tout problème au niveau de la distribution des graines (le cylindre de distribution dépendant de la rotation des roues avant)

9.2 Auto-évaluation

Notre méthode de conception du semoir se divise en plusieurs étapes assez distinctes :

Séparation des fonctionnalités : Afin de ne pas se perdre dans la charge de travail à accomplir il est essentiel de pouvoir segmenter l'ensemble du semoir en une somme de mécanismes capables d'offrir une fonctionnalité spécifique (donnée par le cahier des charges). Dans un premier temps, une séparation logique est établie entre le mécanisme permettant de rabattre la terre et celui responsable de la distribution des graines. Le second étant plus complexe, il est encore subdivisé en plusieurs tâches à remplir. On distingue parmi ces tâches le réglage de la distribution des graines, l'adaptation du mécanisme de distribution en fonction de la taille des graines, et le réservoir chargé d'accueillir un volume de graines minimum. Le fait de subdiviser au maximum les tâches que la machine finie doit pouvoir accomplir nous a permis de nous concentrer spécifiquement sur chaque mécanisme, indépendamment des autres.

Établissement des mécanismes : La séparation distincte des différents mécanismes nous a permis de soumettre plusieurs pistes de réflexions relativement abouties. Cette diversité dans le panel présenté implique une réflexion cohérente sur les choix finaux. Ainsi, chaque mécanisme qui sera plus tard composant de la machine finale est d'un point de vue individuel assez recherché, et de ce fait même s'il présente forcément des défauts, son choix peut être facilement justifiable car on essaie toujours d'avoir le meilleur compromis entre avantages et inconvénients. À ce niveau, on peut citer comme défaut le fait que notre réflexion s'est dirigée uniquement sur des mécanismes spécifiques, biaisant ainsi notre vue d'ensemble de la machine. Il est par exemple à noter qu'elle ne présente aucun moyen explicite d'effectuer des virages si nécessaires (le cahier des charges ne spécifiant si le sillon de terre pouvait suivre des trajectoires courbées, nous aurions dû prendre en compte ce cas de figure).

Assemblage des éléments : Le plus gros défaut dans la réalisation de ce projet réside dans le fait que, en établissant chaque mécanisme de manière individuelle, nous n'avons pas pris assez en considération la machine dans son ensemble. Si l'avancée du projet a été assez efficace au début, l'assemblage de tous les différents éléments implique de nombreux retours en arrière au niveau des différentes composantes du semoir. En effet, dans un projet de ce type il est important de ne pas considérer la machine à produire comme une addition de plusieurs mécanismes dont les fonctionnalités répondent au cahier des charges, mais plutôt comme un ensemble où chaque mécanisme est lié d'une manière ou d'une autre au reste. Cette partie est capitale dans la création du semoir car c'est à ce moment qu'entrent en jeu la mise en place de tous les moyens de fixation qui permettent de relier les pièces entre elles en créant une structure solide et pertinente. La combinaison de tous

ces éléments font de l'assemblage de la machine une partie très longue avec énormément d'allers-retours entre les différentes pièces dans le but de produire un ensemble cohérent.

Calculs : Parallèlement à l'assemblage des différents éléments, on introduit les différents calculs permettant de savoir si la machine ne présente pas de défaut majeur vis-à-vis de son utilisation pratique. Cela permet de vérifier que l'on ne néglige aucun aspect du semoir afin de ne pas avoir de mauvaise surprise une fois en situation réelle. Il est assez courant que nos calculs soient surestimés par rapport à la réalité, ce qui nous permet de les simplifier et de vérifier le bon fonctionnement du semoir dans des contextes qui présentent des conditions encore plus contraignantes que dans la réalité.

Finition : Une fois la structure générale bien établie, il est important de procéder aux dernières modifications afin de répondre à l'ensemble des contraintes imposées par le cahier des charges. On apporte donc les dernières modifications au mécanisme, et on s'occupe en parallèle de montrer l'ensemble des pièces utilisées pour construire le semoir et d'illustrer leur assemblage. En partant du principe que les étapes précédentes ont été correctement réalisées, cette dernière partie ne présente pas beaucoup de choses à propos desquelles on pourrait rediscuter.

9.3 Conclusion générale

La réalisation du projet étant arrivée à son terme, on peut considérer les objectifs fixés comme étant atteints. En effet, ce rapport détaille les différentes étapes de la création d'une machine fonctionnelle répondant à un cahier des charges précis (allant de la justification de tous les choix effectués à l'ensemble des pièces et matériaux utilisés, illustrés par des modélisations 3D, dessins et nomenclatures). Pour ce faire, le développement de compétences transversales telles que l'organisation d'un travail en groupe, la répartition des tâches et la planification à moyen terme ont été essentielles pour mener à bien un travail fini dans un temps donné, couplées à l'apprentissage du logiciel CATIA et à l'utilisation adéquate de l'extrait de normes. De plus, la résolution des différents problèmes rencontrés ainsi que la mise en place des calculs nous ont permis d'exploiter nos connaissances acquises dans d'autres matières telles que la physique mécanique ou les propriétés des matériaux. Tous les points cités précédemment montrent donc que la réalisation du projet nous a été bénéfique sur beaucoup d'aspects et que cela nous sera utile pour la suite de nos études.

A Annexes

A.1 Plans des pièces à usiner

A.2 Dessin d'ensemble

1

2

3

4

5

6

7

8

A

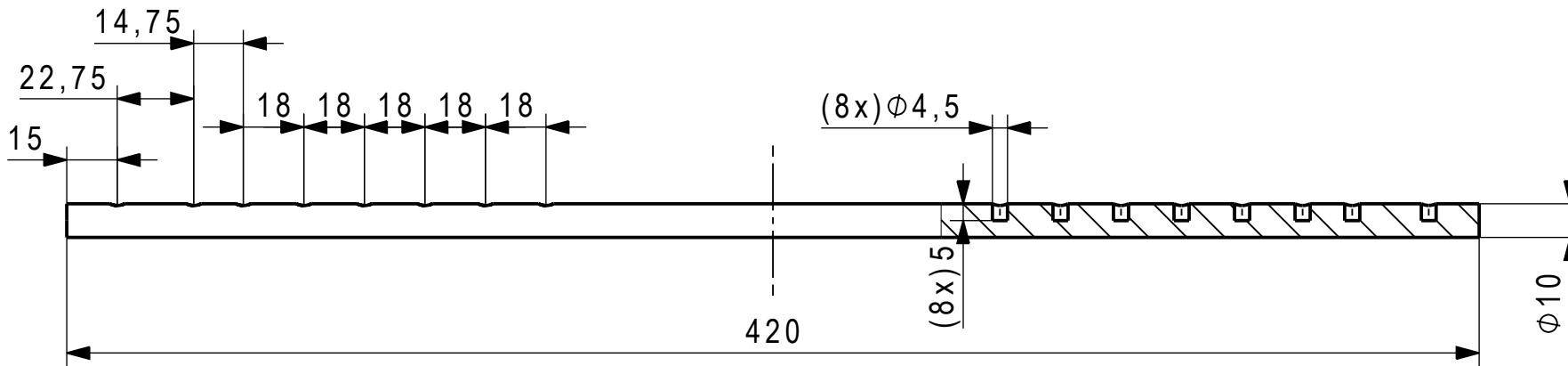
B

C

D

E

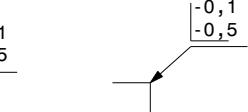
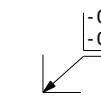
F



Tolérances générales
ISO 2768 - mK



Ra 3,2



Mod.		Mod.		Dessiné	19.05.2020	REMI ODDON		Echelle
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>			Contrôlé				1:2
Nomenclature sép. de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Conf aux norm				
Nomenclature sép. de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,251 kg	Bon pour exéc.				
		N° de commande						
		Format		Nb feuilles		Feuille N°		
		A4		1		1		
		N° de dessin						
		1						
EPFL		AXE AVANT						

1

2

3

4

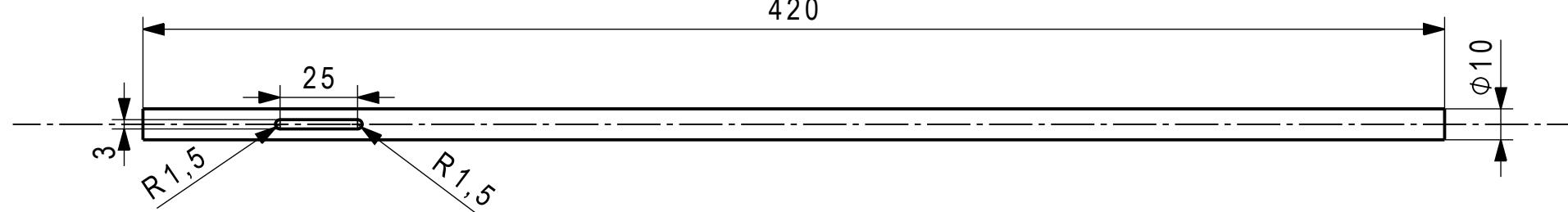
5

6

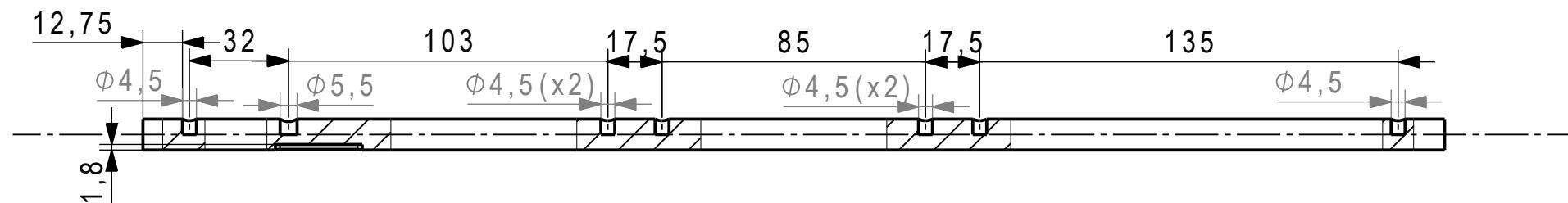
7

8

A



B



C

D

E

F

Tolérances générales
ISO 2768 -mK

Ra 3,2

(✓)

-0,1
-0,5

-0,1
-0,5

Mod.		Mod.	Dessiné	22/05/2020	VRAY ALEXANDRE	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"/>	Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine		
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,255 kg	Remplace		
EPFL			Dénomination	AXE ARRIERE		
				Format	Nb feuilles	Feuille N°
				A4	1	1
				N° de dessin		
				2		

1

2

3

4

5

6

7

8

A

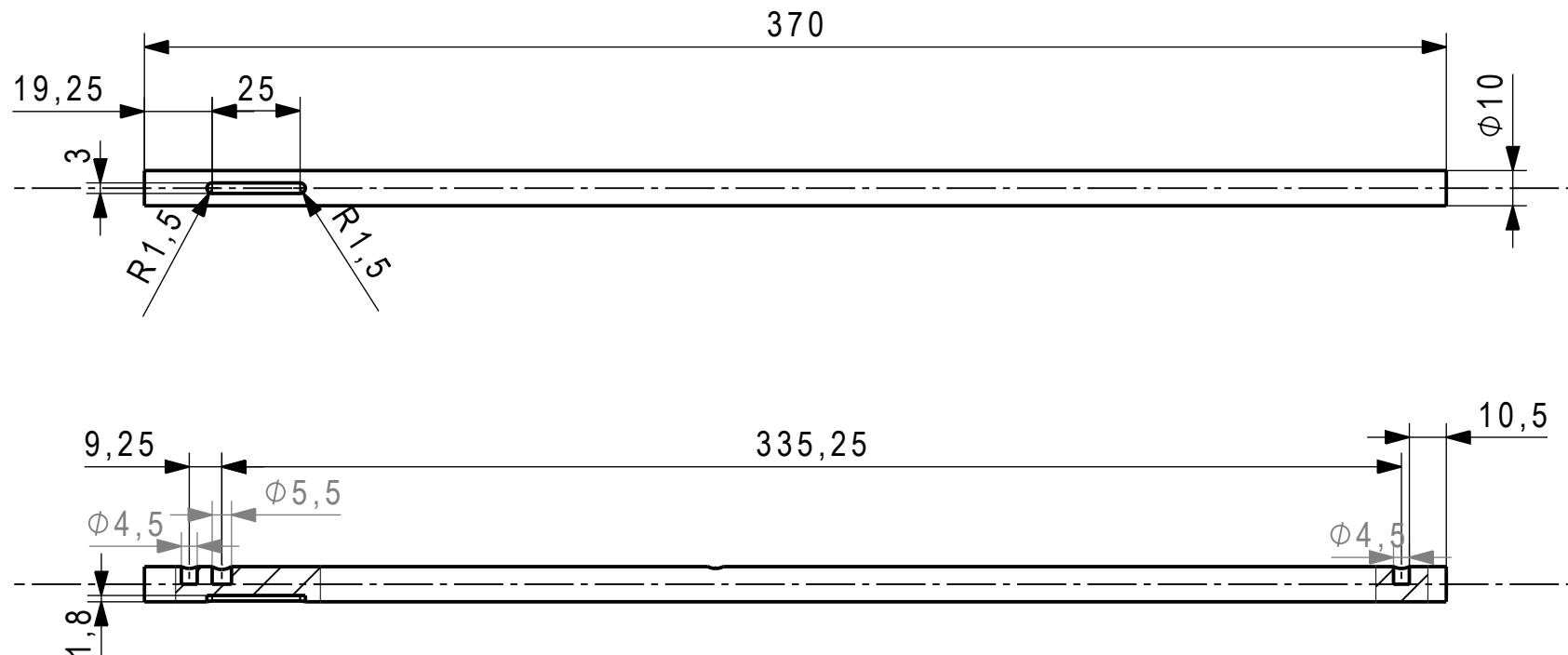
B

C

D

E

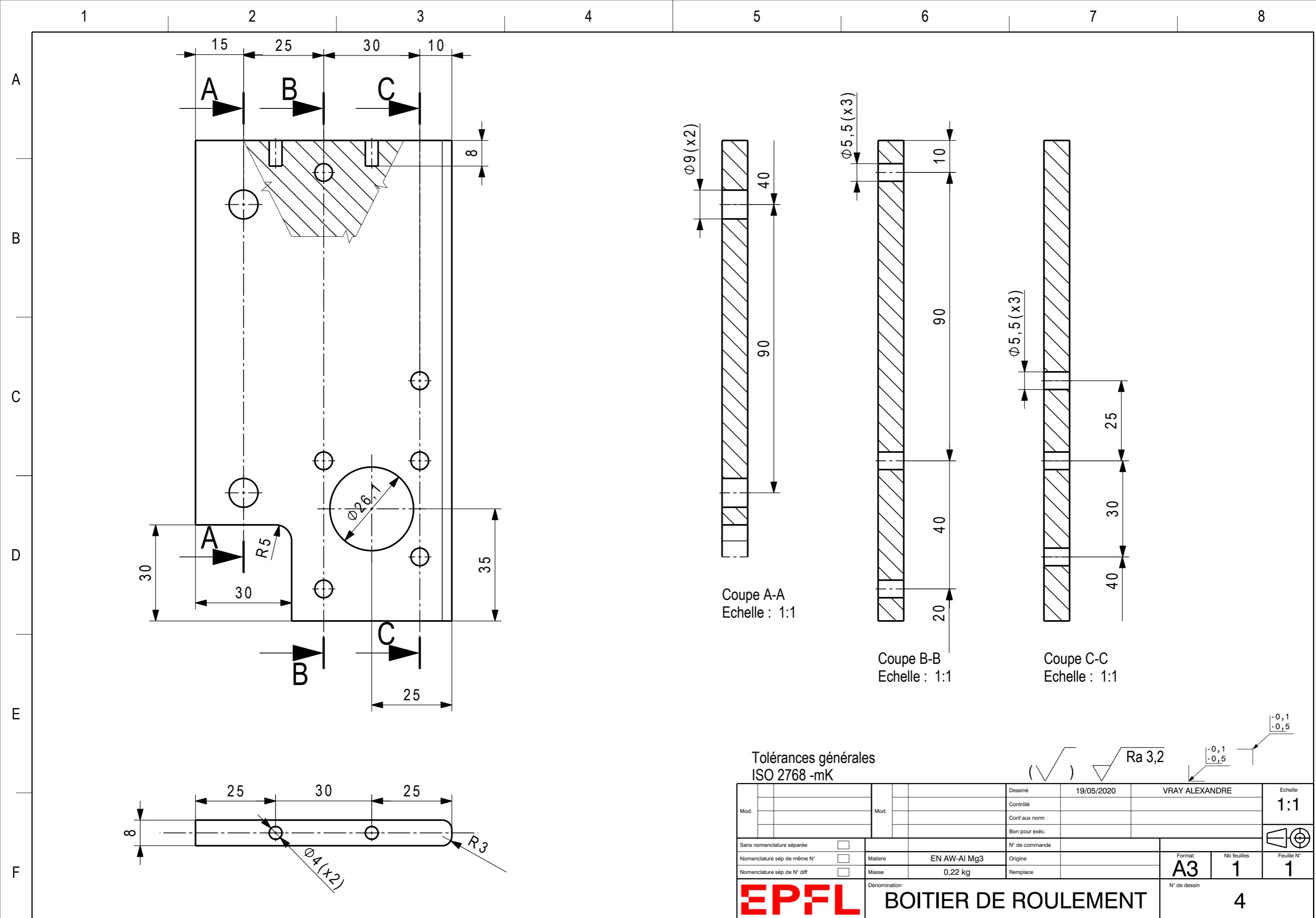
F



Tolérances générales
ISO 2768 -mK

Mod.	Mod.	Dessiné	24/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>		Bon pour exéc.			
		N° de commande			
		Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine	
		Masse	0,226 kg	Remplace	
		Dénomination	AXE SUPERIEUR	N° de dessin	
				3	
				Format	A4
				Nb feuilles	1
				Feuille N°	1

EPFL



1

2

3

4

5

6

7

8

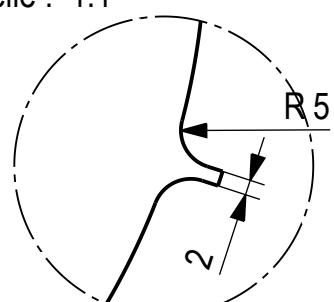
A

B

C

D

Détail B
Echelle : 1:1



A

25

 R_{15}

30

 R_{15}

R95,5

B

A

Tolérances générales
ISO 2768 - mK

40

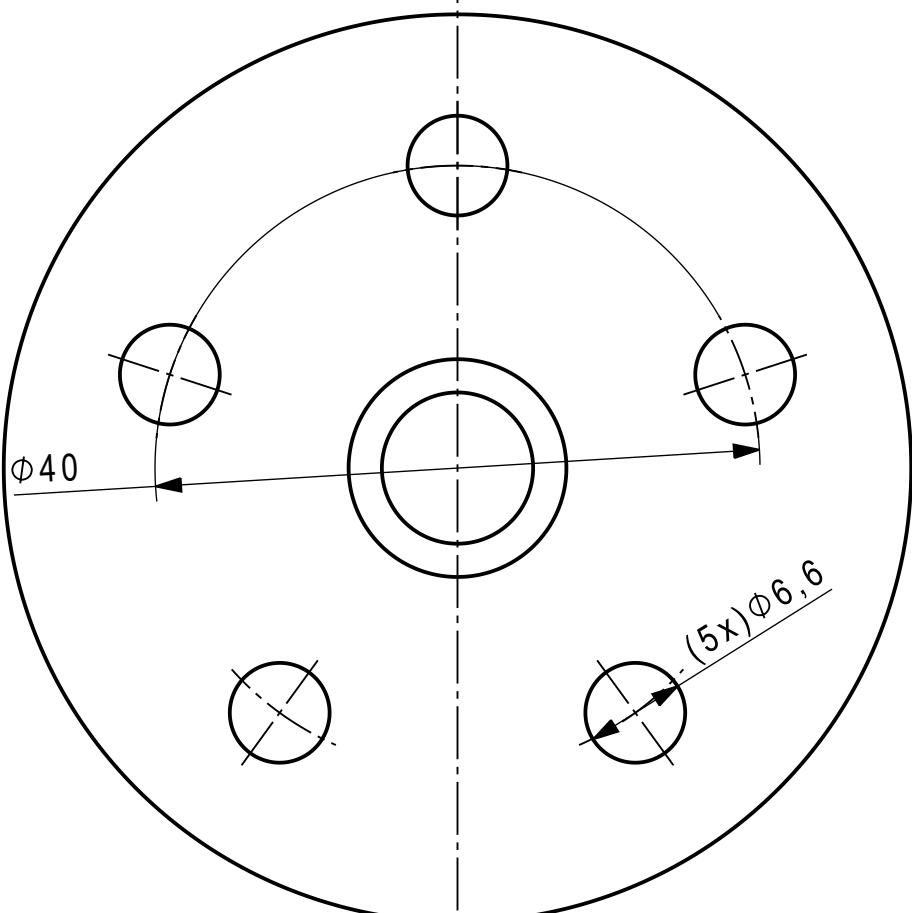
 R_7

205

 $\phi 6,6$

Coupe A-A
Echelle : 1:2

Mod.	Mod.	Dessiné	12/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép. de même N° <input type="checkbox"/>	Matière	PVC dur	Origine		
Nomenclature sép. de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0,957 kg	Remplace		
EPFL		Dénomination	ROUE		
			N° de dessin		
			5		

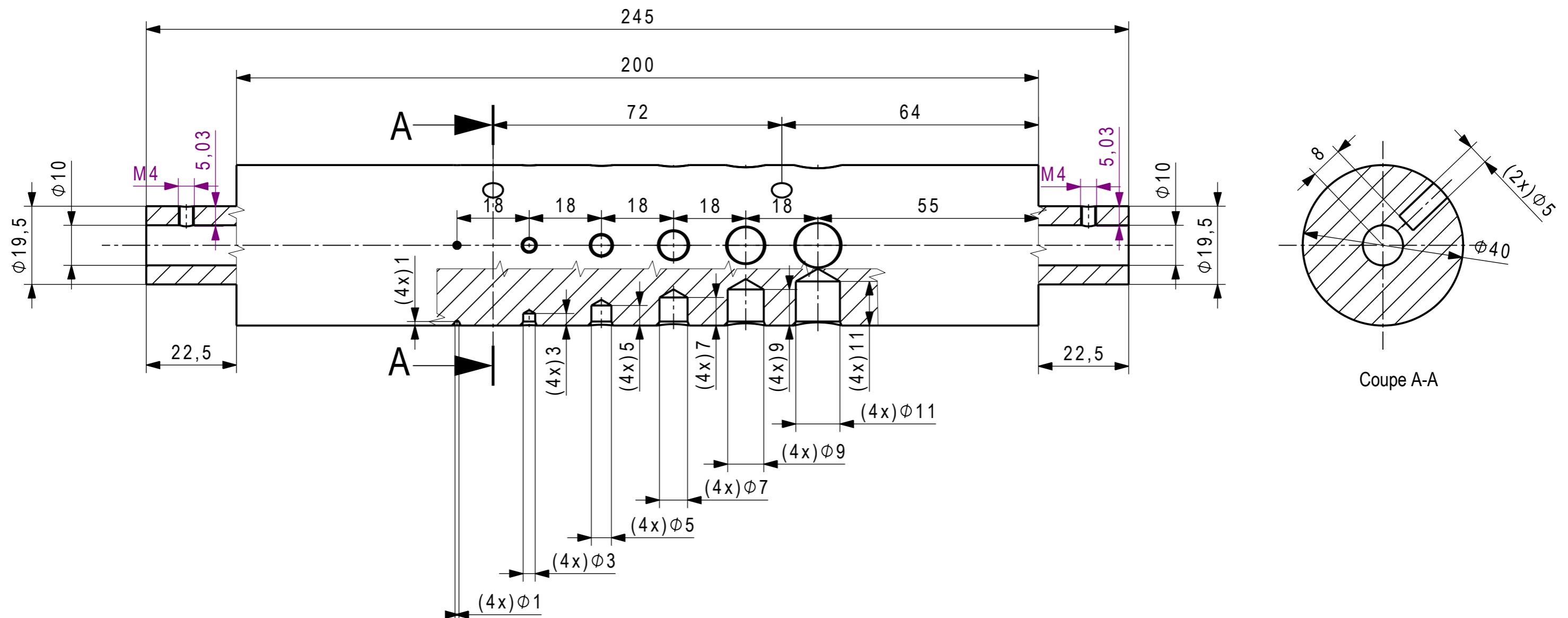


Tolérances générales
ISO 2768 - mK

EPFL

MAINTENEUR ROUE

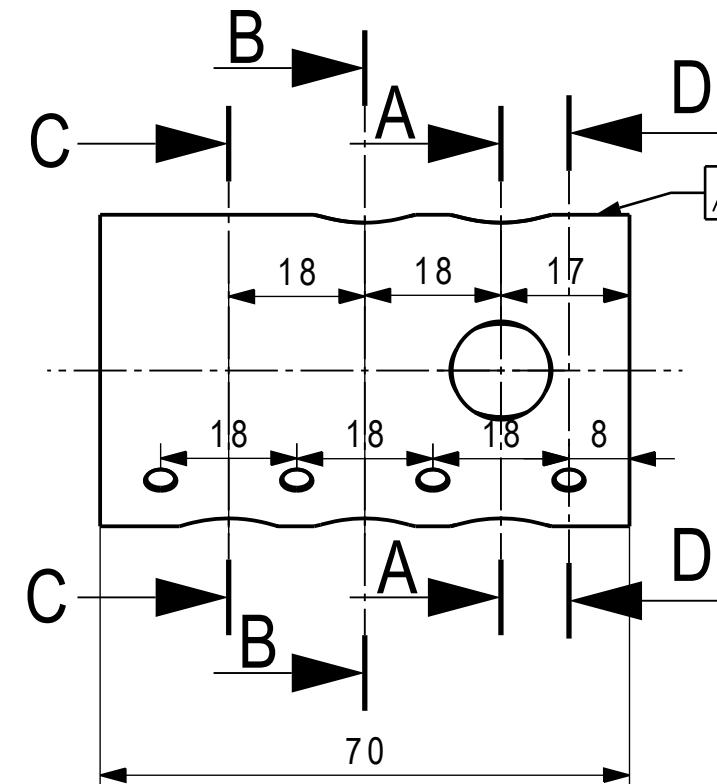




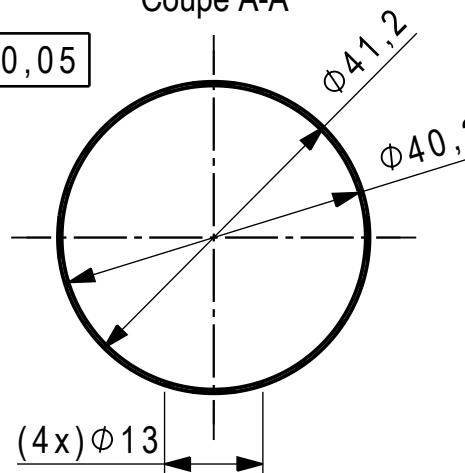
Tolérances générales
ISO 2768 - mK

ISO 2700 - FR			Dessiné	19.05.2020	REMI ODDON		Echelle
Mod.	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"/>	Matière EN AW-Al Mg3	Origine			Format A3	Nb feuilles 1	Feuille N° 1
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse 0,638 kg	Remplace					
EPFL	Dénomination CYLINDRE DE DISTRIBUTION			N° de dessin 7			

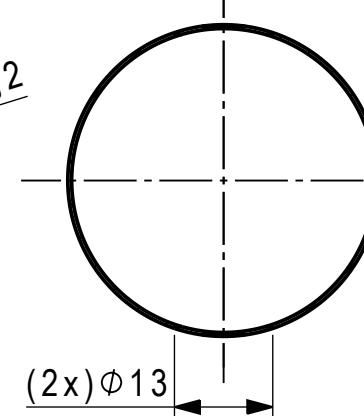
1 2 3 4 5 6 7 8



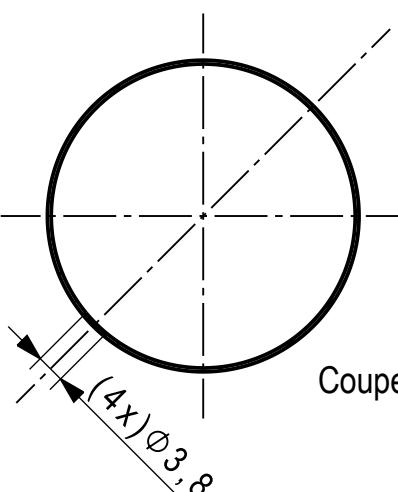
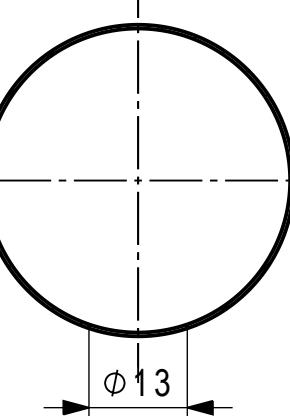
Coupe A-A



Coupe B-B



Coupe C-C



Coupe D-D

Tolérances générales
ISO 2768 - mK

(✓)

Ra 3,2

-0,1
-0,5

Mod.	Mod.	Dessiné	13.05.2020	REMI ODDON	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			
Nomenclature sép. de même N° <input type="checkbox"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine		
Nomenclature sép. de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0,011 kg	Remplace		
	Dénomination			Format	Nb feuilles
	EPFL	CACHE DE DISTRIBUTION		A4	1
				Feuille N°	1
				N° de dessin	8

1

2

3

4

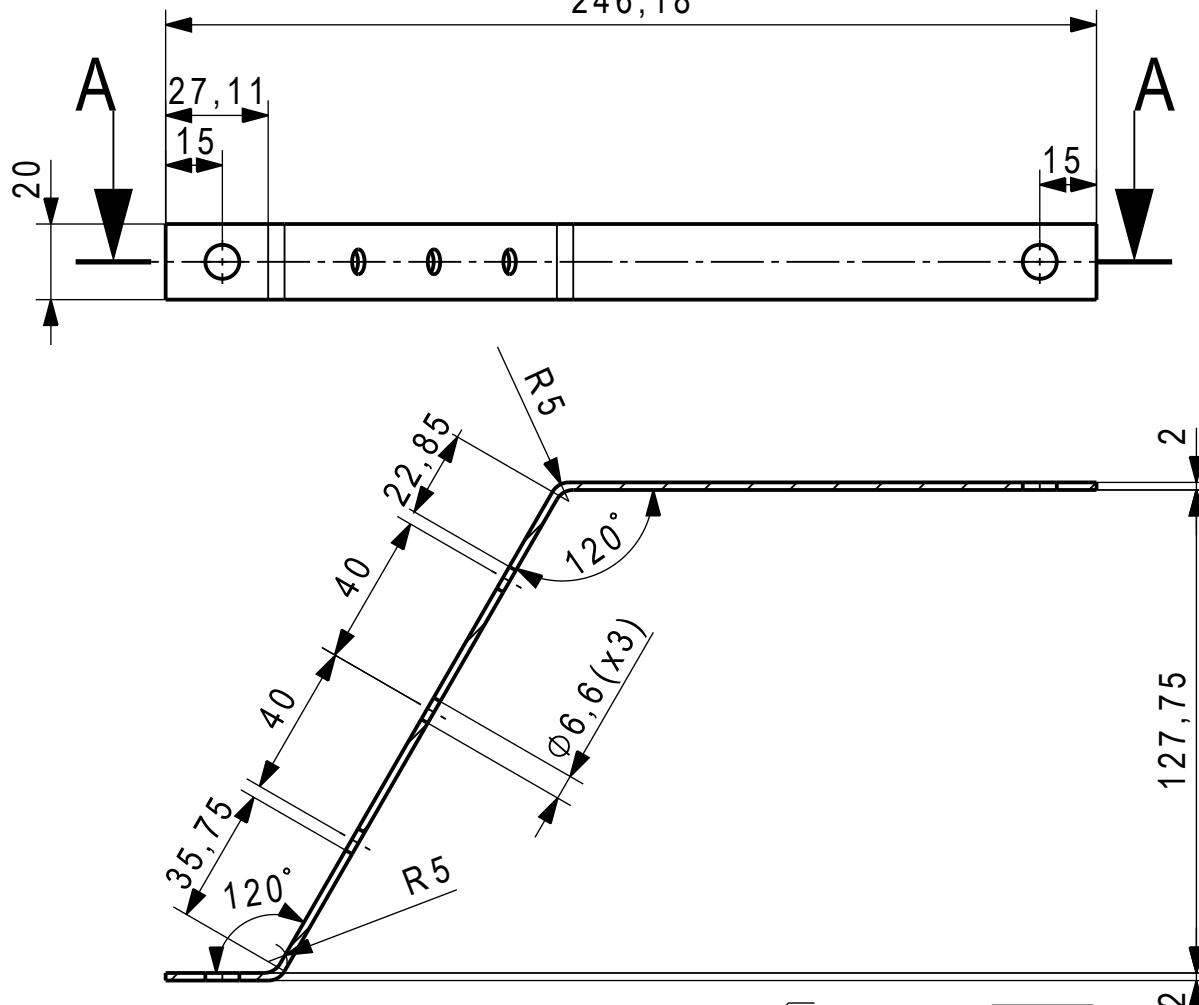
5

6

7

8

246,18



Coupe A-A
Echelle : 1:2

Tolérances générales
ISO 2768 -mK

EPFL

PLAQUETTE BASSE

Mod.	Mod.	Dessiné	12/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép de même N°	Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine		
Nomenclature sép de N° diff	Masse	0,098 kg	Remplace		
	Dénomination			Format	Nb feuilles
	PLAQUETTE BASSE			A4	1
				Feuille N°	1
				N° de dessin	9

1

2

3

4

5

6

7

8

282,26

15

20

90

55

78,64

15

 $\varnothing 9$ $\varnothing 5,5$ $\varnothing 6,6$ $\varnothing 5,5$ $\varnothing 9$

177,06

2

R5

2

25,89

R5

127,75

2

Ra 3,2

-0,1
-0,5

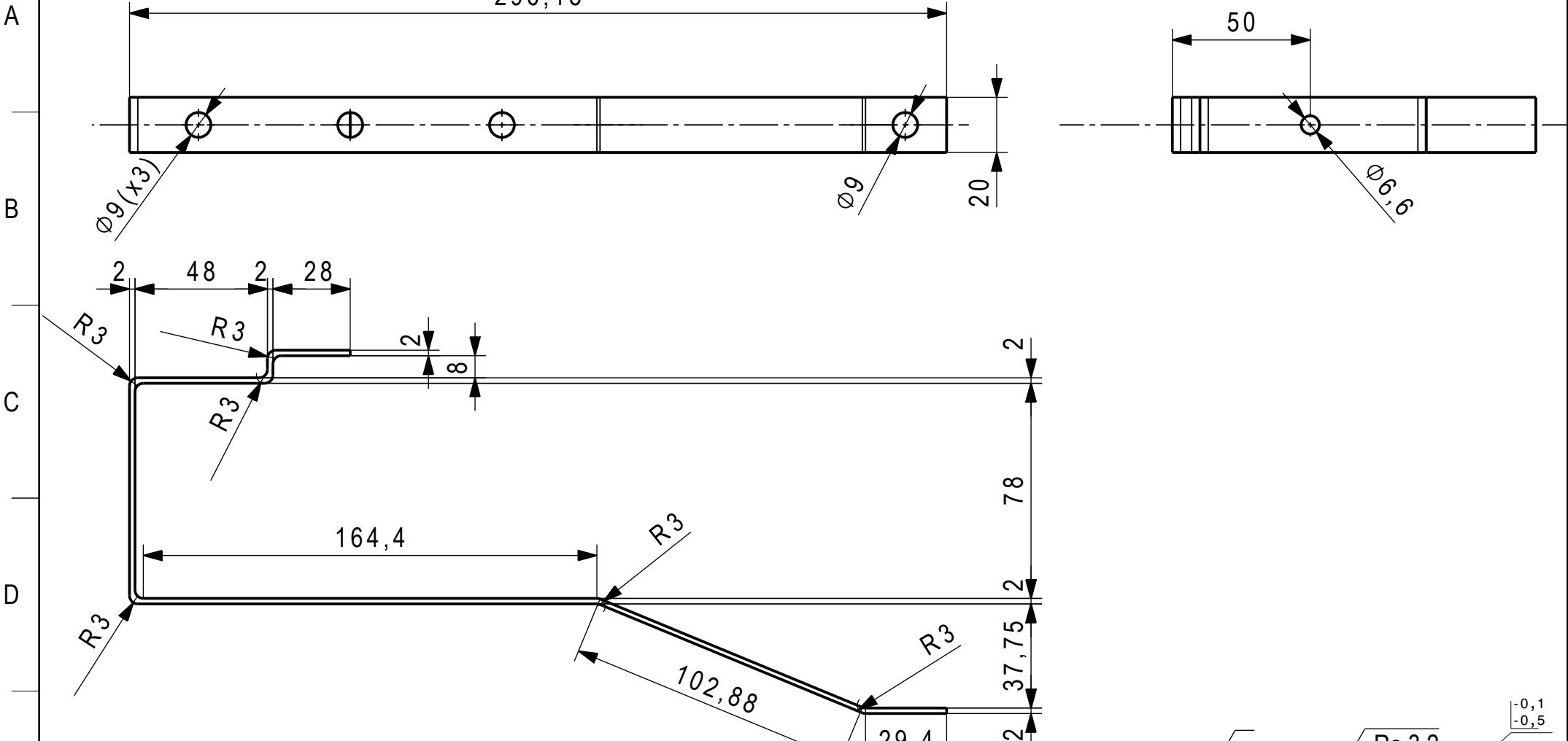
Mod.		Mod.	Dessiné	12/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>		Bon pour exéc.			
			N° de commande			
			Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine	
			Masse	0,086 kg	Remplace	
			Dénomination			
			Plaquette haute			
			N° de dessin			
			10			

Tolérances générales
ISO 2768 -mK**EPFL**

Plaquette haute

1 2 3 4 5 6 7 8

296,18



Tolérances générales
ISO 2768 - mK

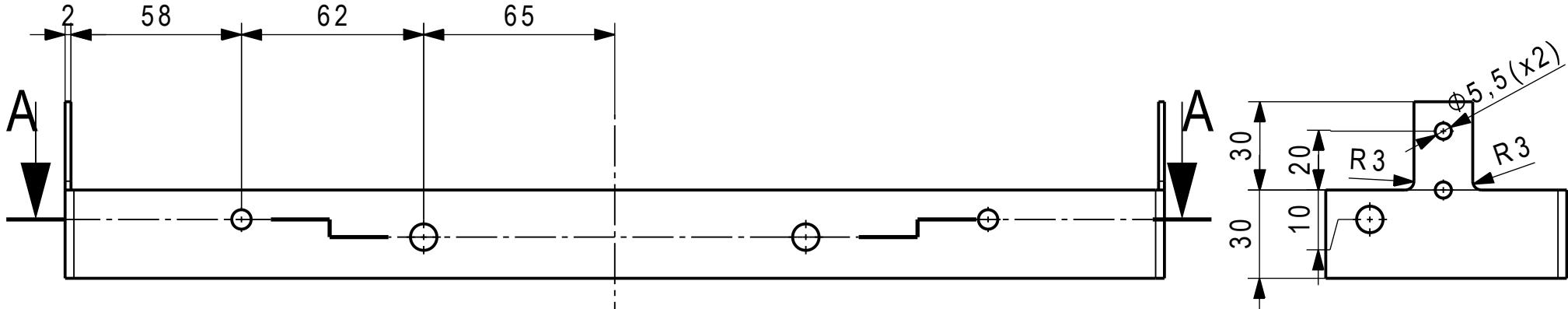
EPFL

PLAQUETTE MI-HAUTE

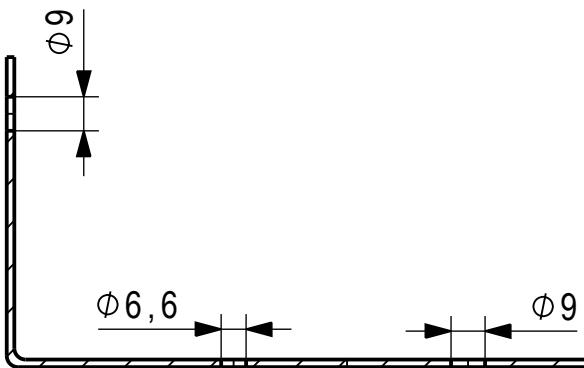
Mod.	Mod.	Dessiné	12/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép de même N°		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff		Bon pour exéc.			
		N° de commande			
		Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine	
		Masse	0,141 kg	Remplace	
		Dénomination			
					Format A4
					Nb feuilles 1
					Feuille N° 1
				N° de dessin 11	

1 2 3 4 5 6 7 8

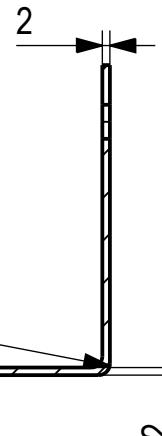
A



C



D



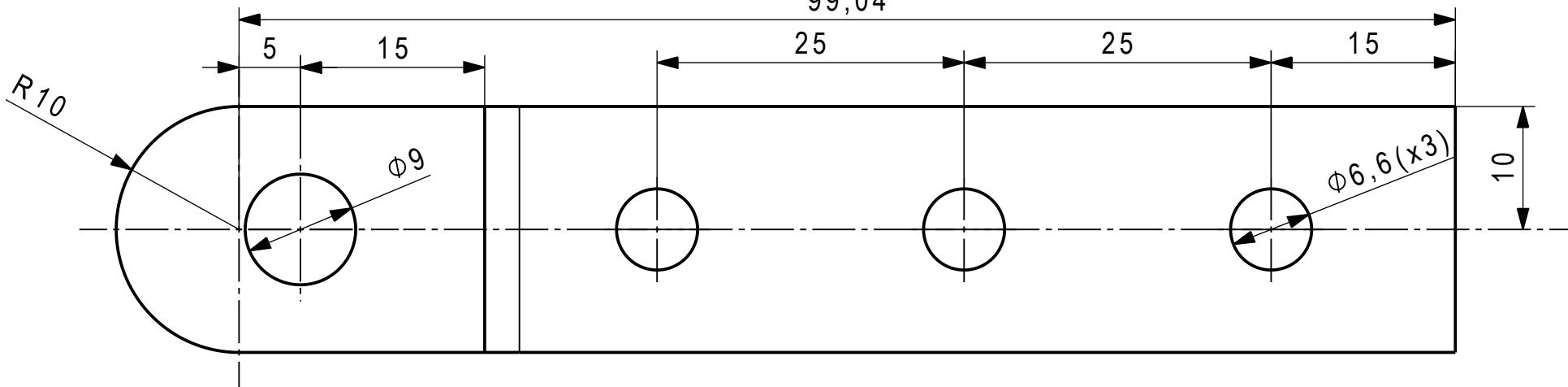
Coupe A-A
Echelle : 1:2

Tolérances générales
ISO 2768 - mK

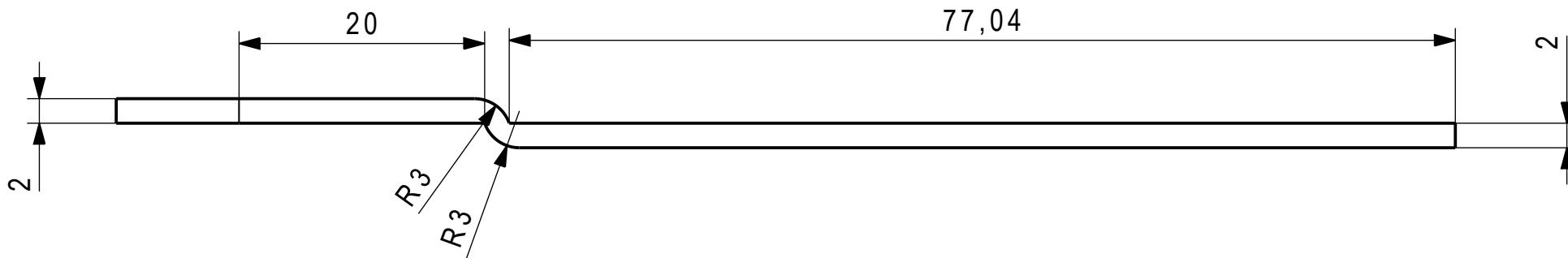
Mod.	Mod.	Dessiné	12/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép de même N°		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff		Bon pour exéc.			
		N° de commande			
		Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine	
		Masse	0,265 kg	Remplace	
		Dénomination		Format	
EPFL		PLAQUETTE AVANT		Nb feuilles	
				Feuille N°	
				A4	1
				N° de dessin	12

1 2 3 4 5 6 7 8

A



B



D

Tolérances générales
ISO 2768 -mK

Mod.	Mod.	Dessiné	12/05/2020	ALEXANDRE VRAY	Echelle
		Contrôlé			
		Conf aux norm			
		Bon pour exéc.			
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>	N° de commande			
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine	
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,031 kg	Remplace	
EPFL	Dénomination	Format	Nb feuilles	Feuille N°	
	PLAQUETTE POIGNEES	A4	1	1	
		N° de dessin			
		13			

F

1

2

3

4

5

6

7

8

A

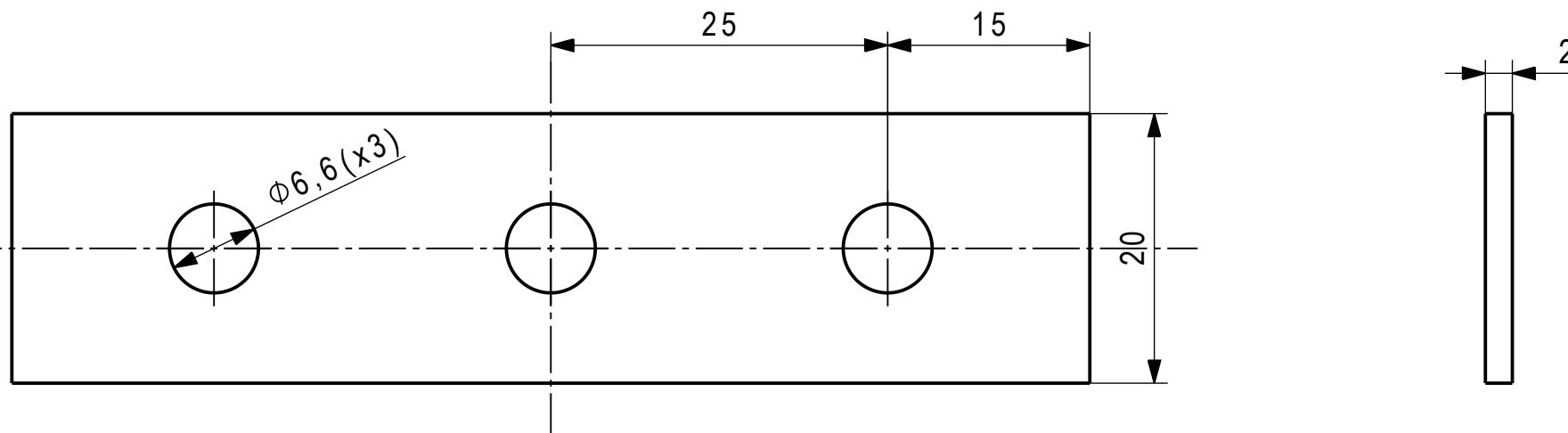
B

C

D

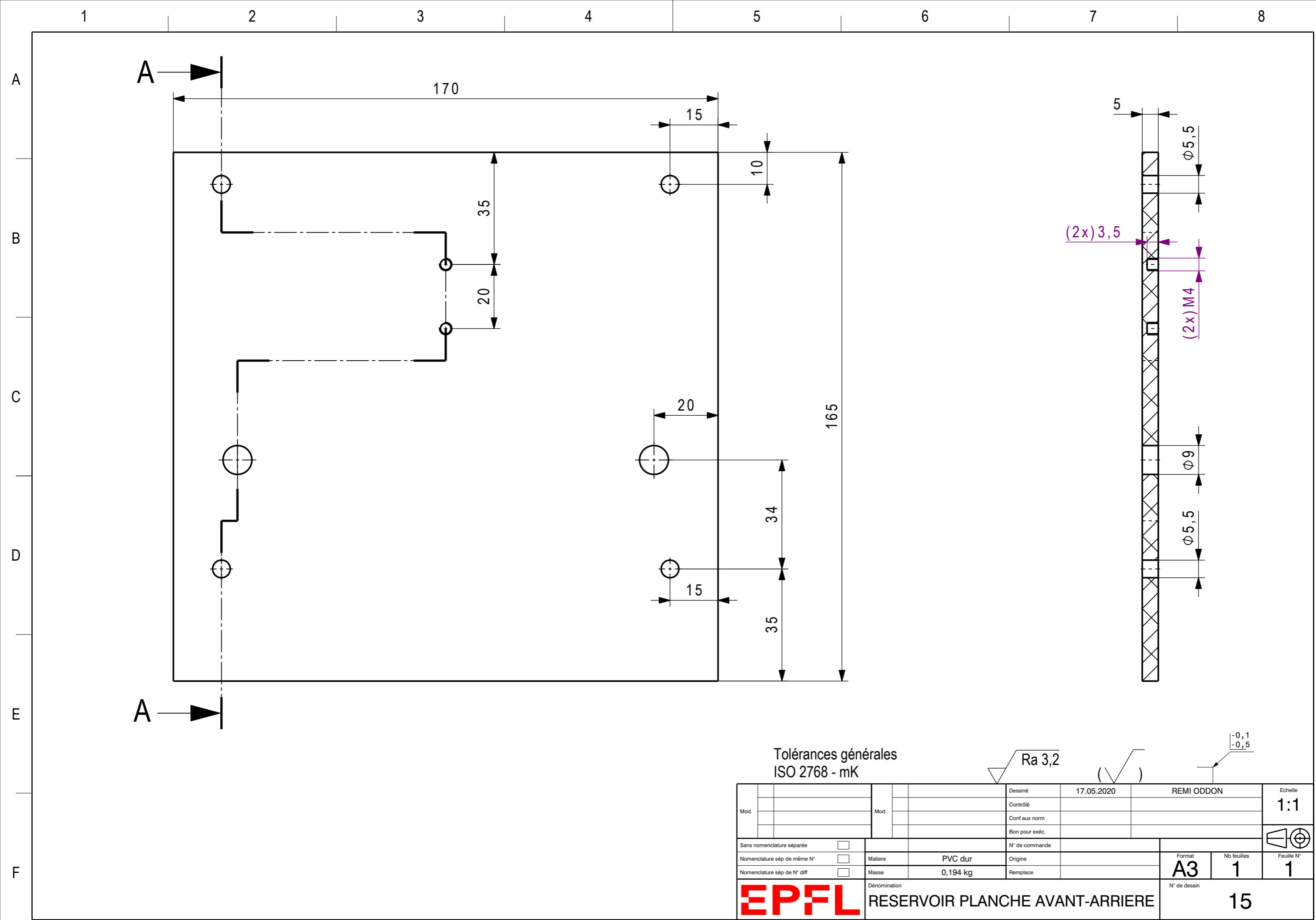
E

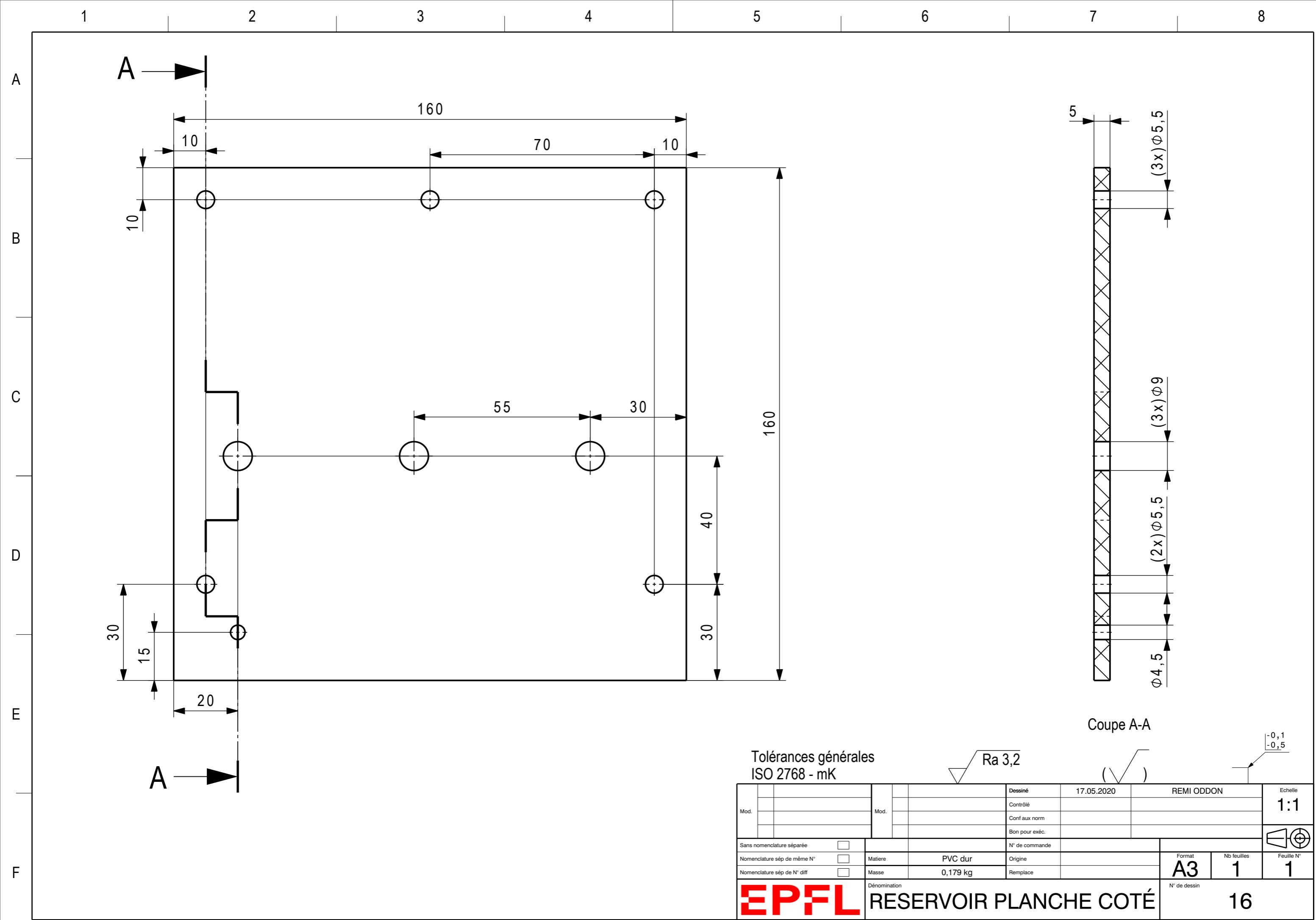
F



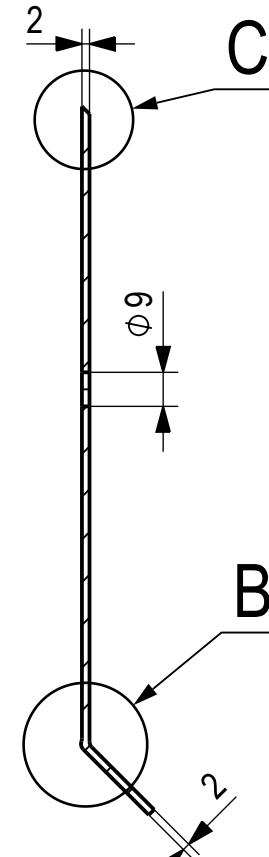
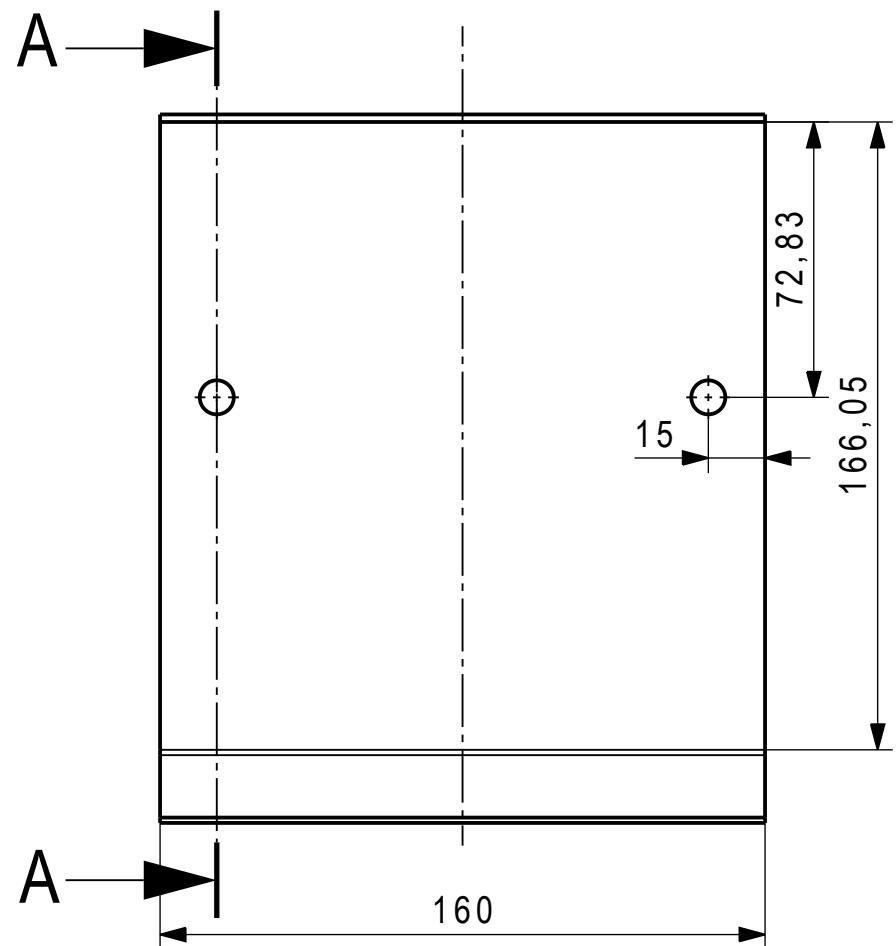
Tolérances générales
ISO 2768 -mK

Mod.	Mod.	Dessiné	19/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			2:1
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>	Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine		
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0,024 kg	Remplace		
	Dénomination	EPFL PLAQUETTE EXTERNE		Format A4	Nb feuilles 1
					Feuille N° 1
				N° de dessin 14	

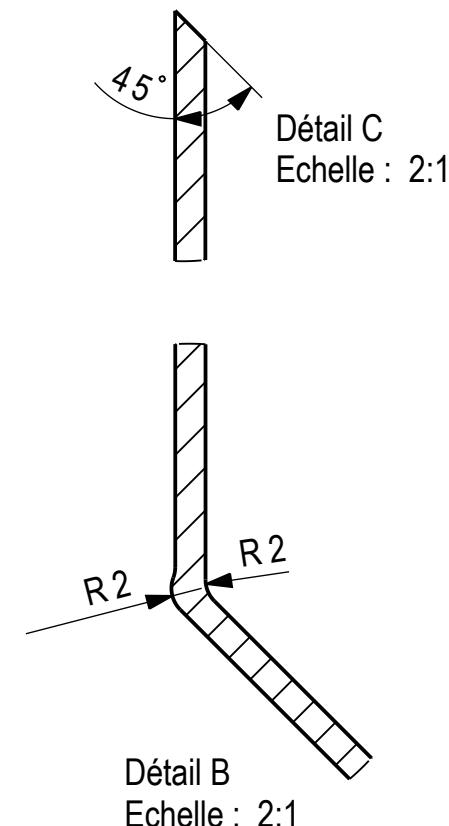




1 2 3 4 5 6 7 8



Coupe A-A



Détail B
Echelle : 2:1

Tolérances générales
ISO 2768 -mK

Mod.		Mod.	Dessiné	17.05.2020	REMI ODDON	Echelle
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine		
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,166 kg	Remplace		
		Dénomination		Format	Nb feuilles	Feuille N°
		EPFL	RESERVOIR PLAQUE LATERALE	A4	1	1
				N° de dessin		
				17		

1

2

3

4

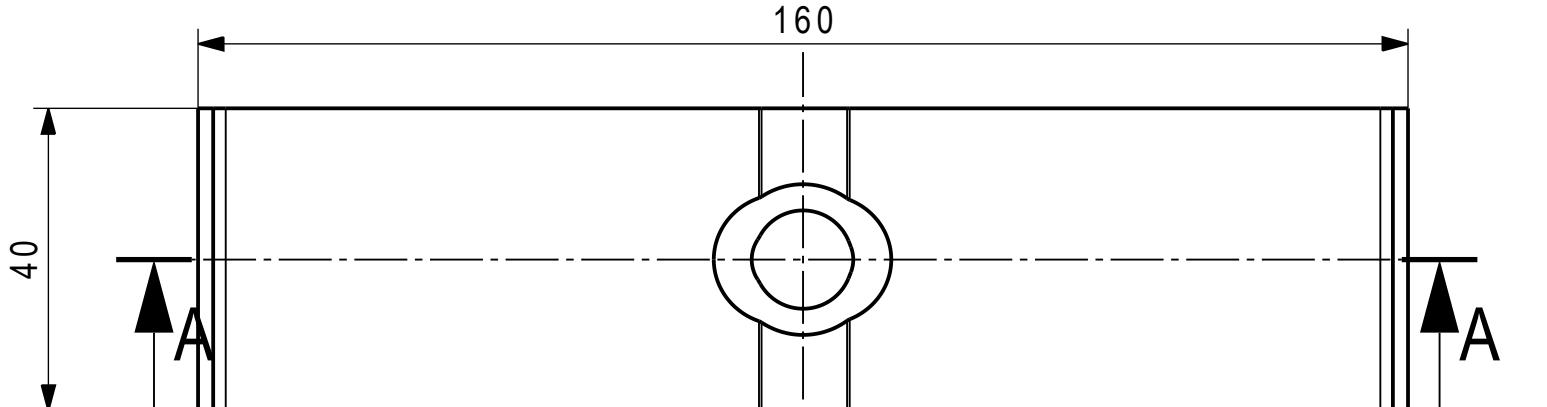
5

6

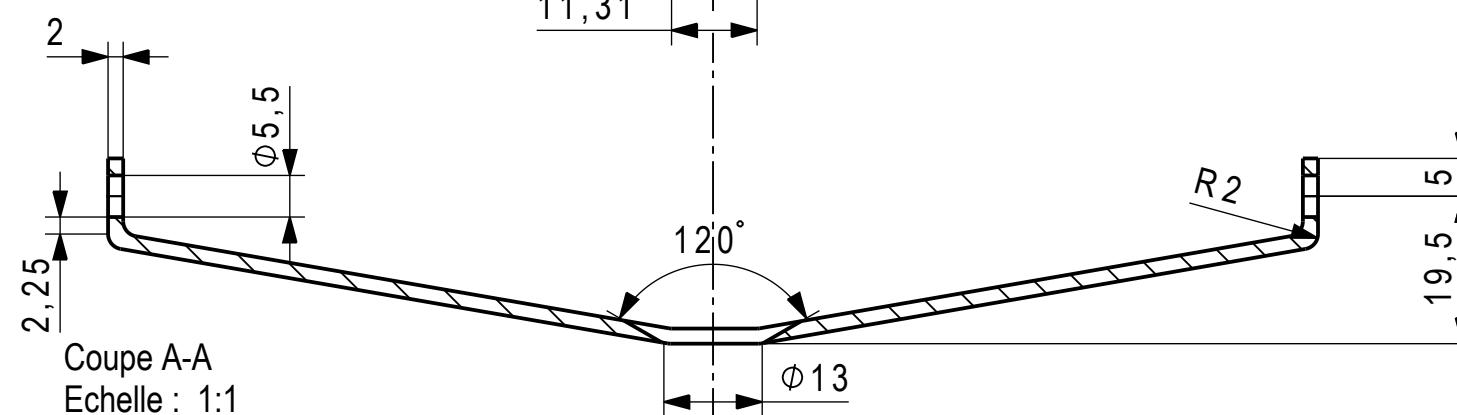
7

8

A



C



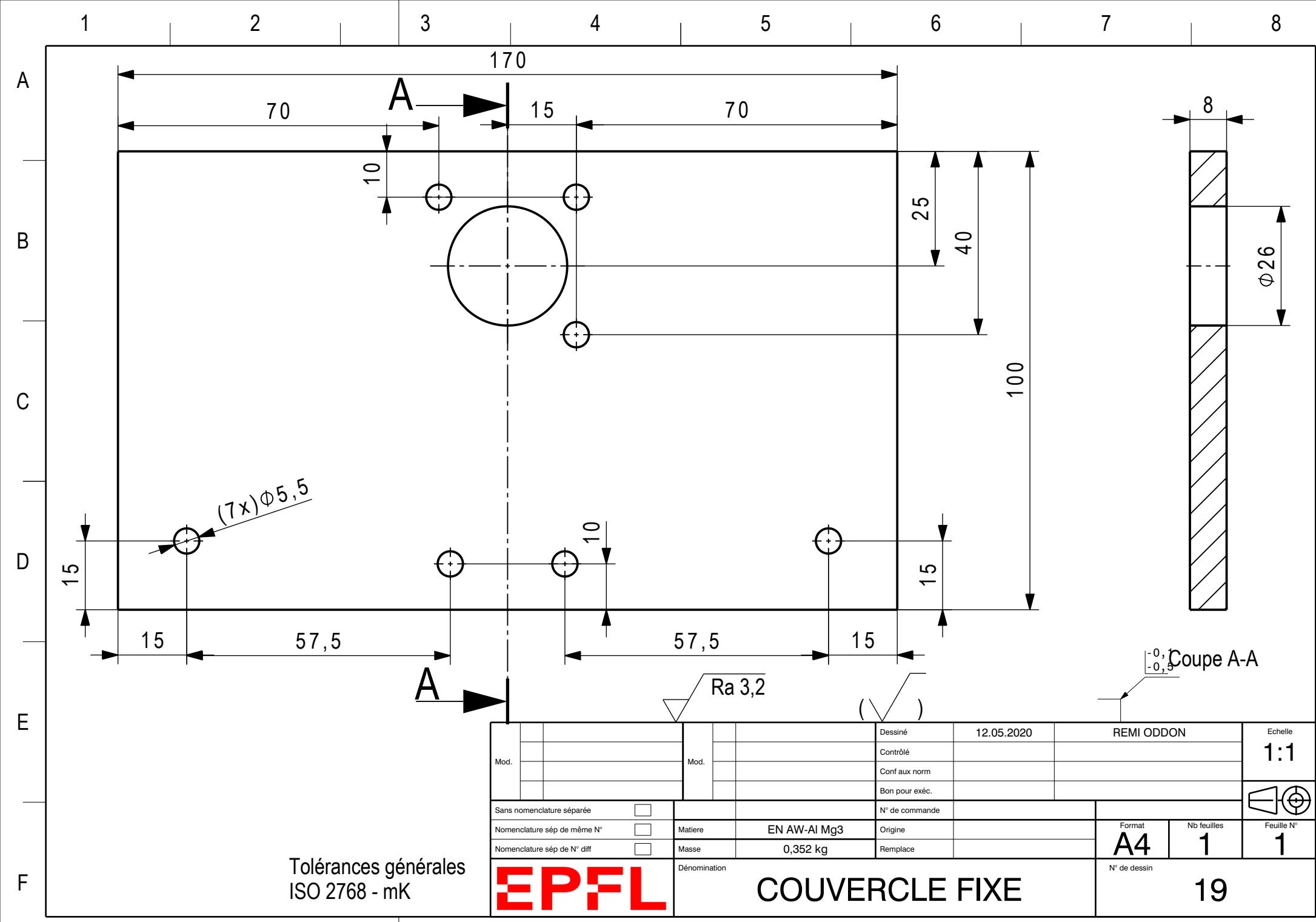
E

Mod.	Mod.	Dessiné	12/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			1:1
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>	Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine		
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0,11 kg	Remplace		
	Dénomination				Format A4
	EPFL				Nb feuilles 1
					Feuille N° 1
					N° de dessin 18

F

Tolérances générales
ISO 2768 -mK

RESERVOIR FOND



1 2 3 4 5 6 7 8

A

170

A

72,5

B



10

69

C

A

R_3

15

40

65

2

8

$\phi 5,5$

R_3

2

Coupe A-A

-0,1
-0,5

D

E

(✓)

Ra 3,2

Mod.		Mod.	Dessiné	12.05.2020	REMI ODDON	Echelle
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>		Contrôlé			1:1
Nomenclature sép. de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine		
Nomenclature sép. de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,256 kg	Remplace		
		Dénomination		Format	Nb feuilles	Feuille N°
		RESERVOIR COUVERCLE 2		A4	1	1
				N° de dessin		
				20		

Tolérance générale
ISO 2768 -mK

EPFL

RESERVOIR COUVERCLE 2

1

2

3

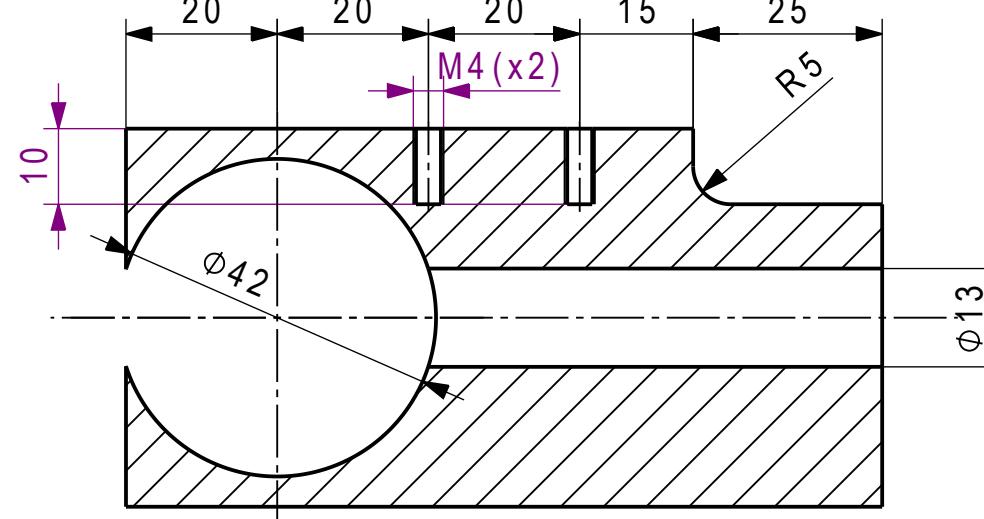
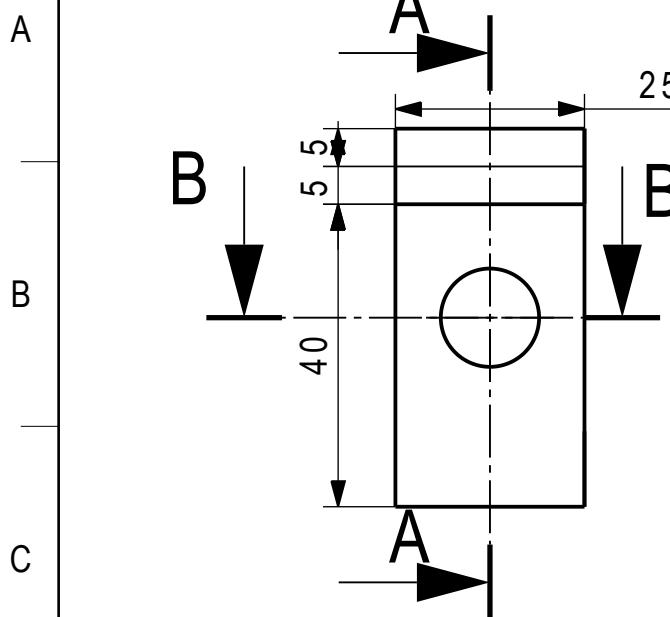
4

5

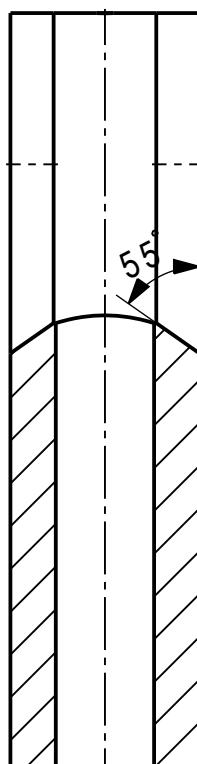
6

7

8



Coupe A-A
Echelle : 1:1

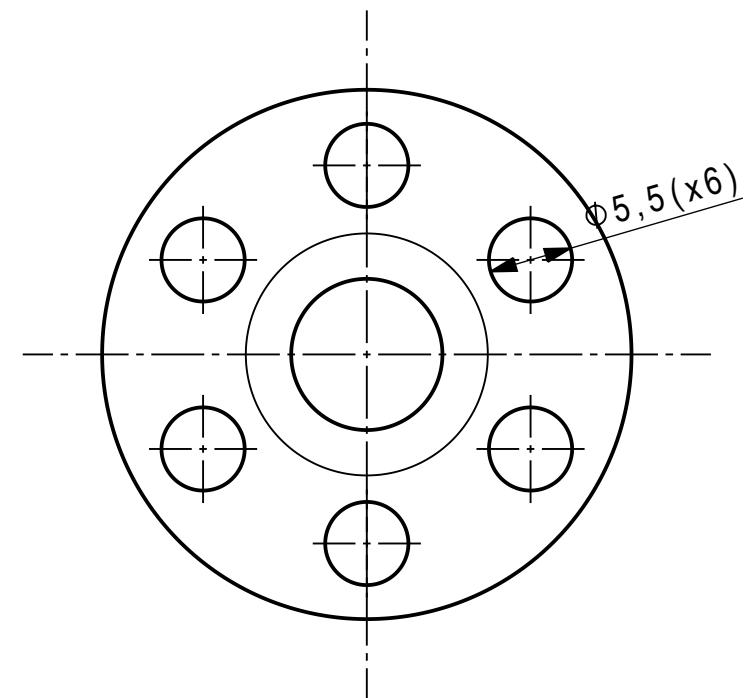
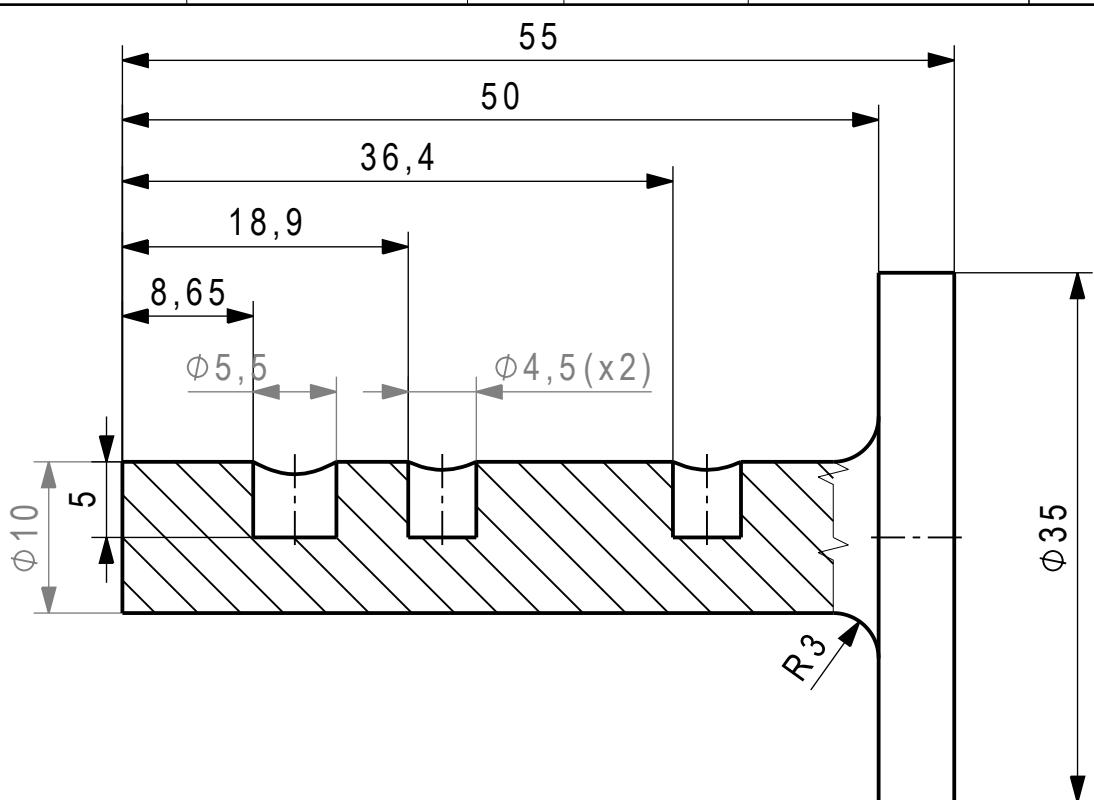


Coupe B-B
Echelle : 1:1

Tolérances générales
ISO 2768 -mK

Mod.		Mod.	Dessiné	12/05/2020	VRAY ALEXANDRE	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"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine		
Nomenclature sép. de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,199 kg	Remplace		
EPFL			Dénomination	GUIDE DE GRAINES		
				N° de dessin	21	
				Format	A4	Nb feuilles
					1	Feuille N°

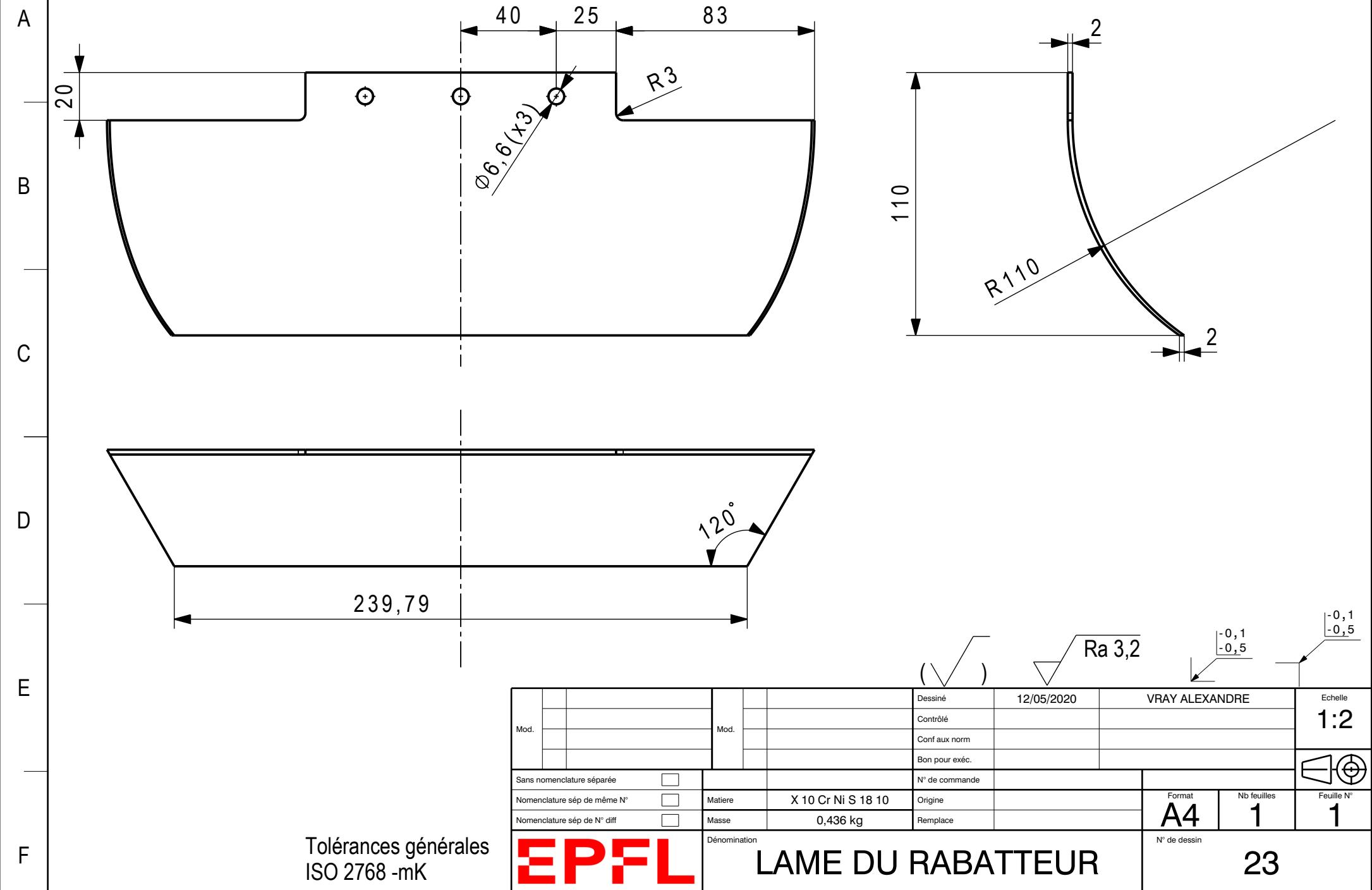
1 2 3 4 5 6 7 8

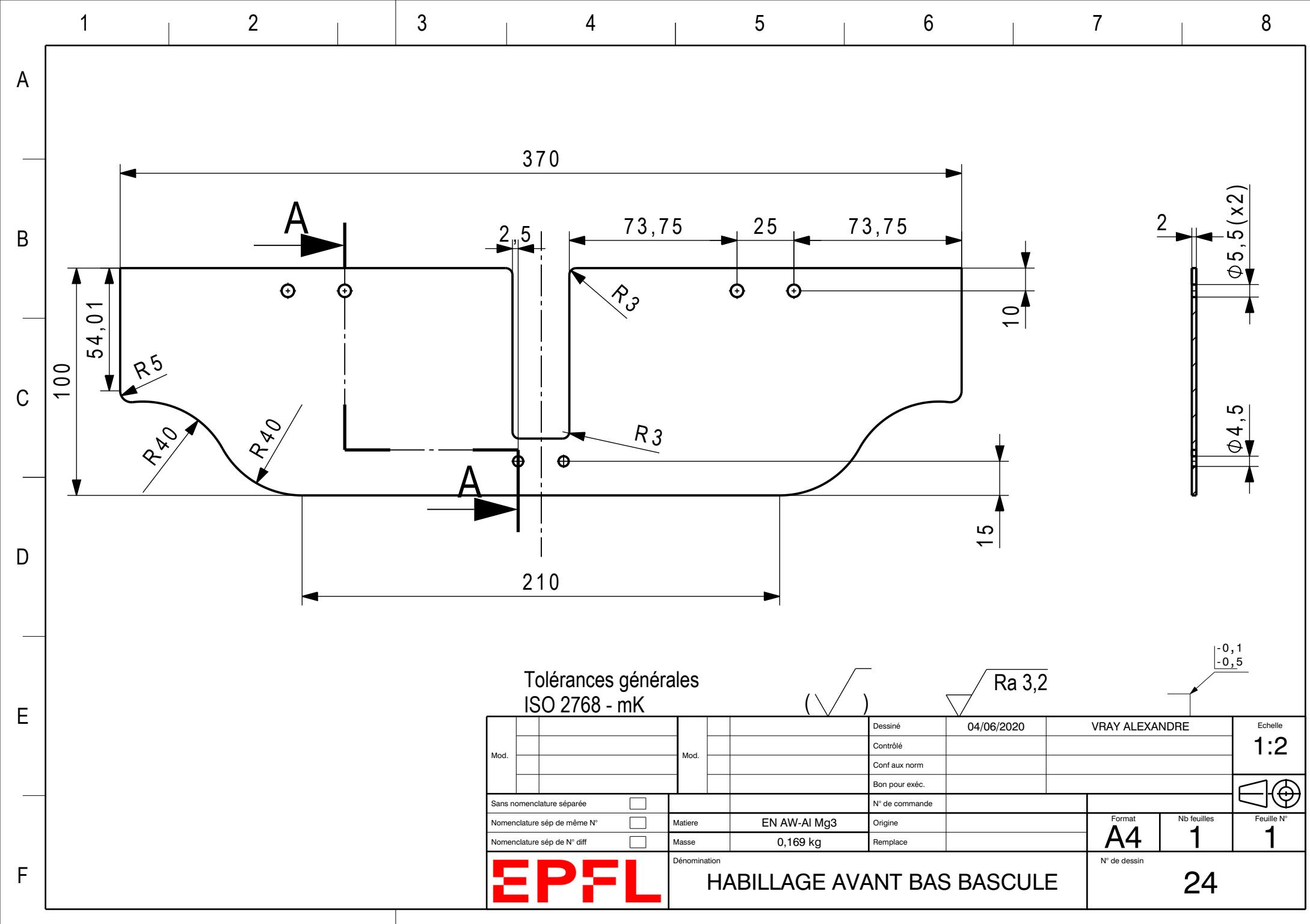


Tolérances générales
ISO 2768 -mK

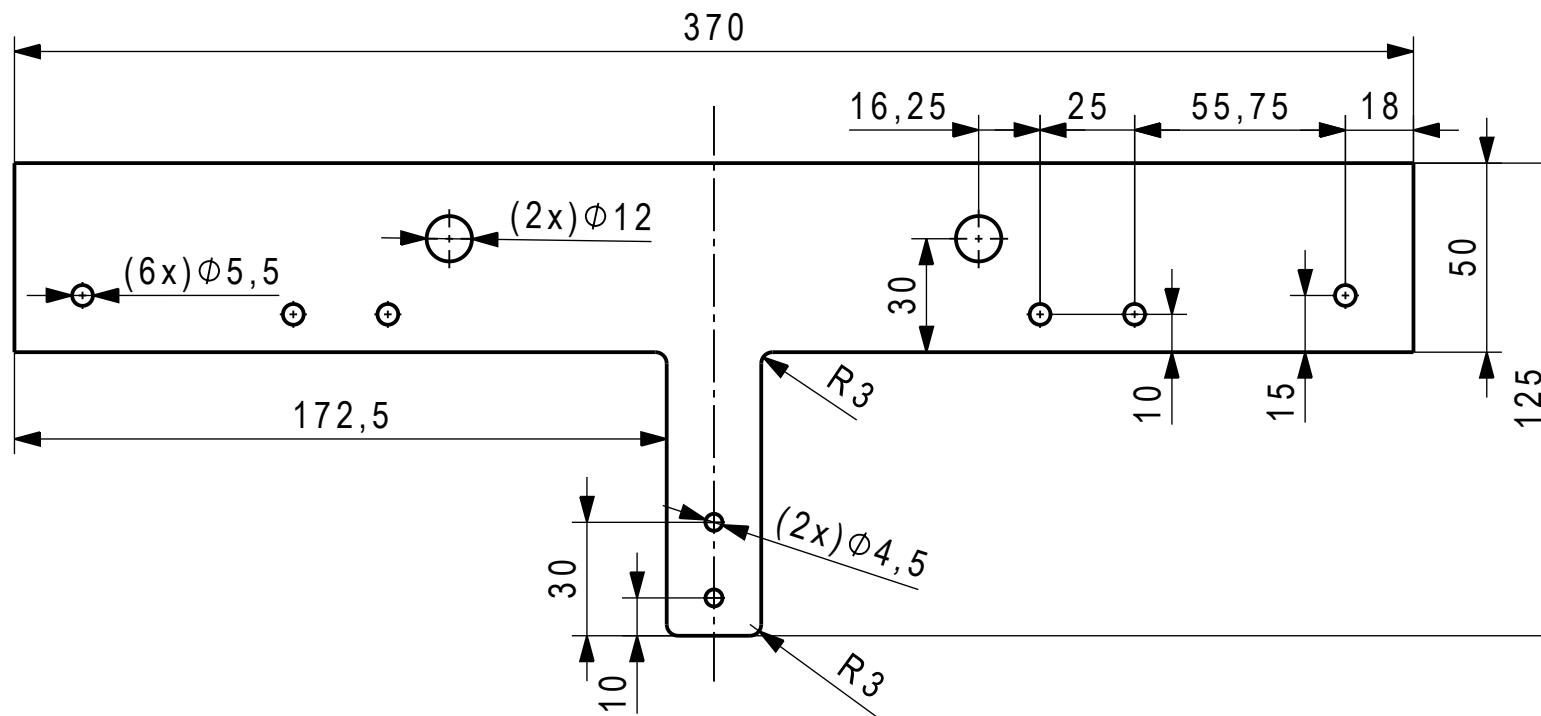
Mod.		Mod.	Dessiné	19/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>		Contrôlé			2:1
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine		
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,073 kg	Remplace		
		Dénomination		Format	Nb feuilles	Feuille N°
EPFL	MAINTIEN DU MELANGEUR			A4	1	1
				N° de dessin		
				22		

1 2 3 4 5 6 7 8





1 2 3 4 5 6 7 8



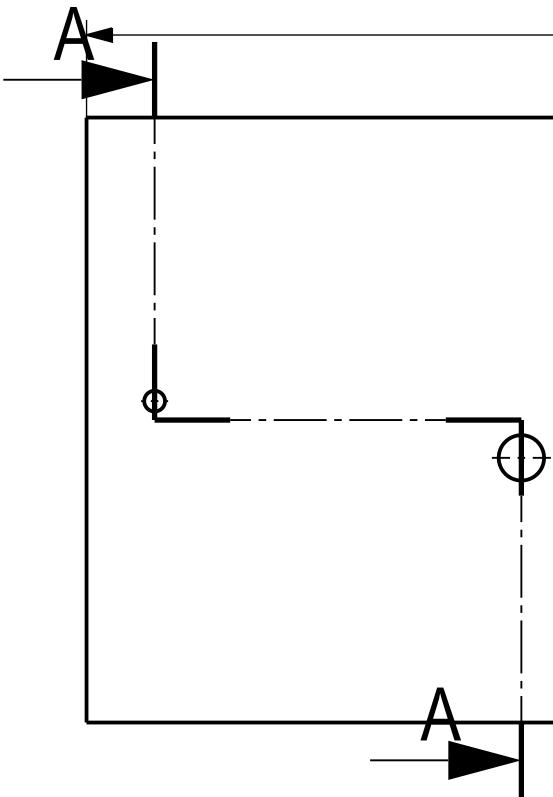
Echelle : 1:1

Tolérances générales
ISO 2768 - mK

Mod.	Mod.	Dessiné	13.05.2020	REMI ODDON	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			
Nomenclature sép. de même N° <input type="checkbox"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine		
Nomenclature sép. de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0,108 kg	Remplace		
	Dénomination			Format	N° de dessin
EPFL	HABILLAGE AVANT BAS			A4	1
					Feuille N° 1
					25

1 2 3 4 5 6 7 8

A



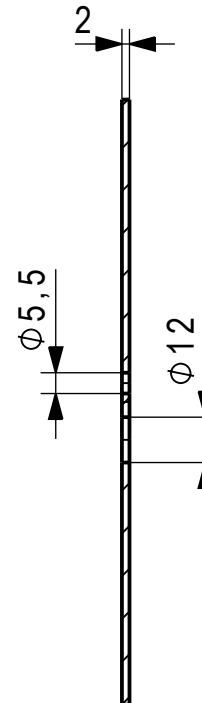
370

$(2x)\phi 4,5$
25
45

115

18
15

160
70



Coupé A-A

Tolérances générales
ISO 2768 - mK

(✓) Ra 3,2

-0,1
-0,5

Mod.		Mod.	Dessiné	13.05.2020	REMI ODDON	Echelle
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép. de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine		
Nomenclature sép. de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,318 kg	Remplace		
		Dénomination		Format	Nb feuilles	Feuille N°
EPFL		HABILLAGE AVANT MI-HAUT		A4	1	1
				N° de dessin		
						26

1

2

3

4

5

6

7

8

A

B

C

D

E

F

 $\odot 5,5$

167

18

40
42

2

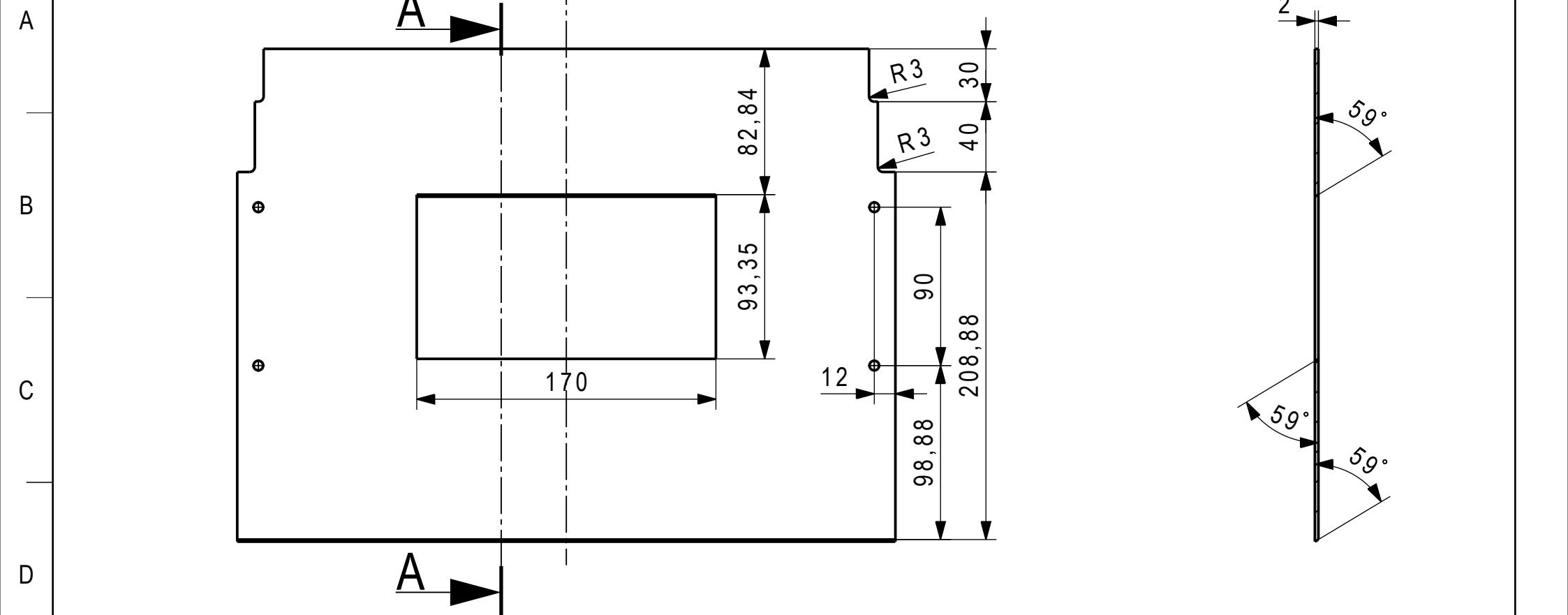
Ra 3,2

[-0,1
-0,5]

Mod.	Mod.	Dessiné	19/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine		
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0,164 kg	Remplace		
	Dénomination			Format	Nb feuilles
	EPFL	HABILLAGE AVANT HAUT		A4	1
				N° de dessin	Feuille N°
				27	1

Tolérances générales
ISO 2768 -mK

1 2 3 4 5 6 7 8



Mod.	Mod.	Dessiné Contrôlé Conf aux norm Bon pour exéc.	14.05.2020	REMI ODDON	Echelle 1:3
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		N° de commande			
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>	Matière EN AW-Al Mg3	Origine			
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse 0,469 kg	Remplace			
	Dénomination EPFL HABILLAGE CENTRE	Format A4	Nb feuilles 1	Feuille N° 1	
		N° de dessin 28			

Tolérances générales
ISO 2768 - mK

EPFL

HABILLAGE CENTRE

1

2

3

4

5

6

7

8

A

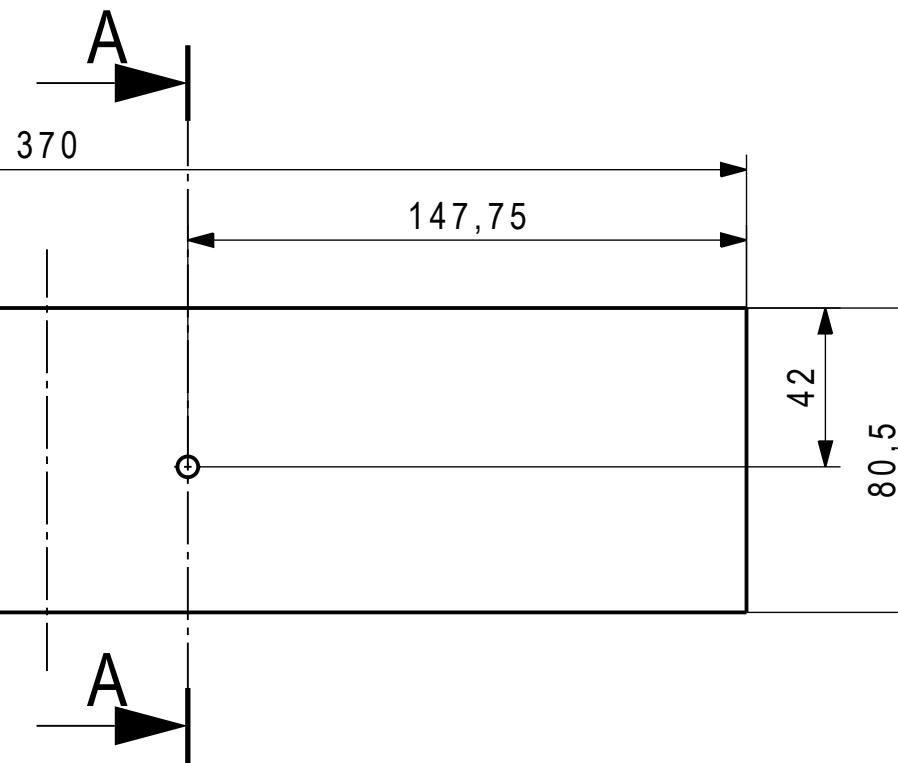
B

C

D

E

F



Coupe A-A
Echelle : 1:1

Tolérances générales
ISO 2768 - mK

Mod.	Mod.	Dessiné	09.05.2020	REMI ODDON	Echelle
		Contrôlé			
		Conf aux norm			
		Bon pour exéc.			
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>	N° de commande			
Nomenclature sép. de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine	
Nomenclature sép. de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,161 kg	Remplace	
EPFL	Dénomination			Format	
	HABILLAGE ARRIERE HAUT			A4	Nb feuilles
				1	Feuille N°
					1
				N° de dessin	
				29	

1 2 3 4 5 6 7 8

A

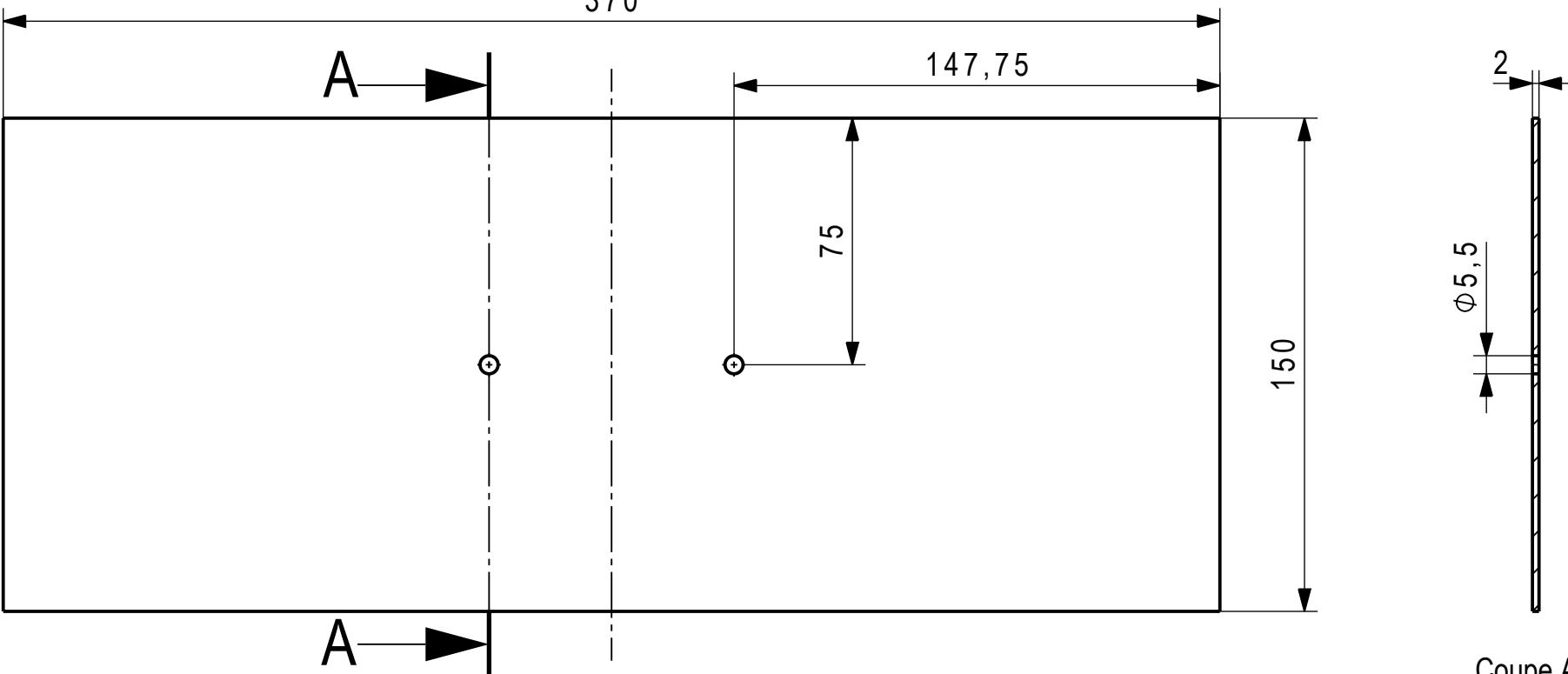
B

C

D

E

F



Tolérances générales
ISO 2768 - mK

Mod.	Mod.	Dessiné	13.05.2020	REMI ODDON	Echelle
		Contrôlé			
		Conf aux norm			
		Bon pour exéc.			
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>	N° de commande			
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine	
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,299 kg	Remplace	
Dénomination				Format	
EPFL HABILLAGE ARRIERE BAS				A4	Nb feuilles
				1	Feuille N°
				30	

1

2

3

4

5

6

7

8

A

B

C

D

E

F

16

4

[-0,1
-0,5]

Ra 3,2

Tolérances générales
ISO 2868 - mK

Mod.		Mod.	Dessiné	09.05.2020	REMI ODDON	Echelle
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>		Contrôlé			10:1
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>		Bon pour exéc.			
			N° de commande			
			Matière	PVC dur	Origine	
			Masse	0,3 g	Remplace	
			Dénomination	GUIDE CONSTRUCTION		
EPFL				N° de dessin	31	
				Format	Nb feuilles	Feuille N°
				A4	1	1

1

2

3

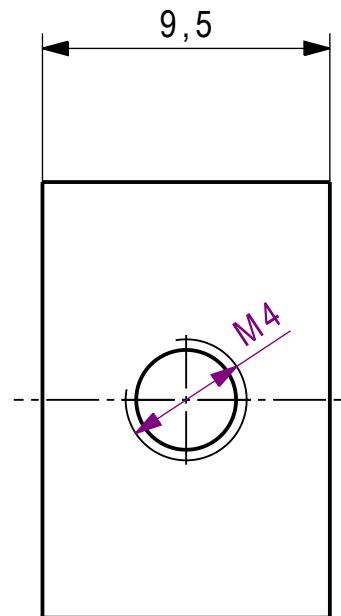
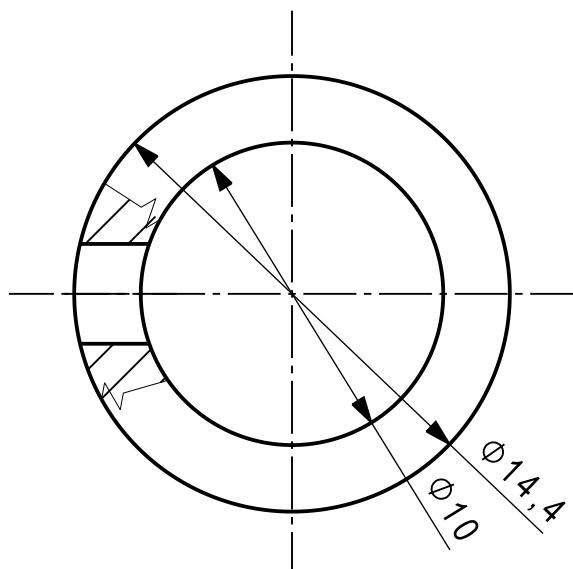
4

5

6

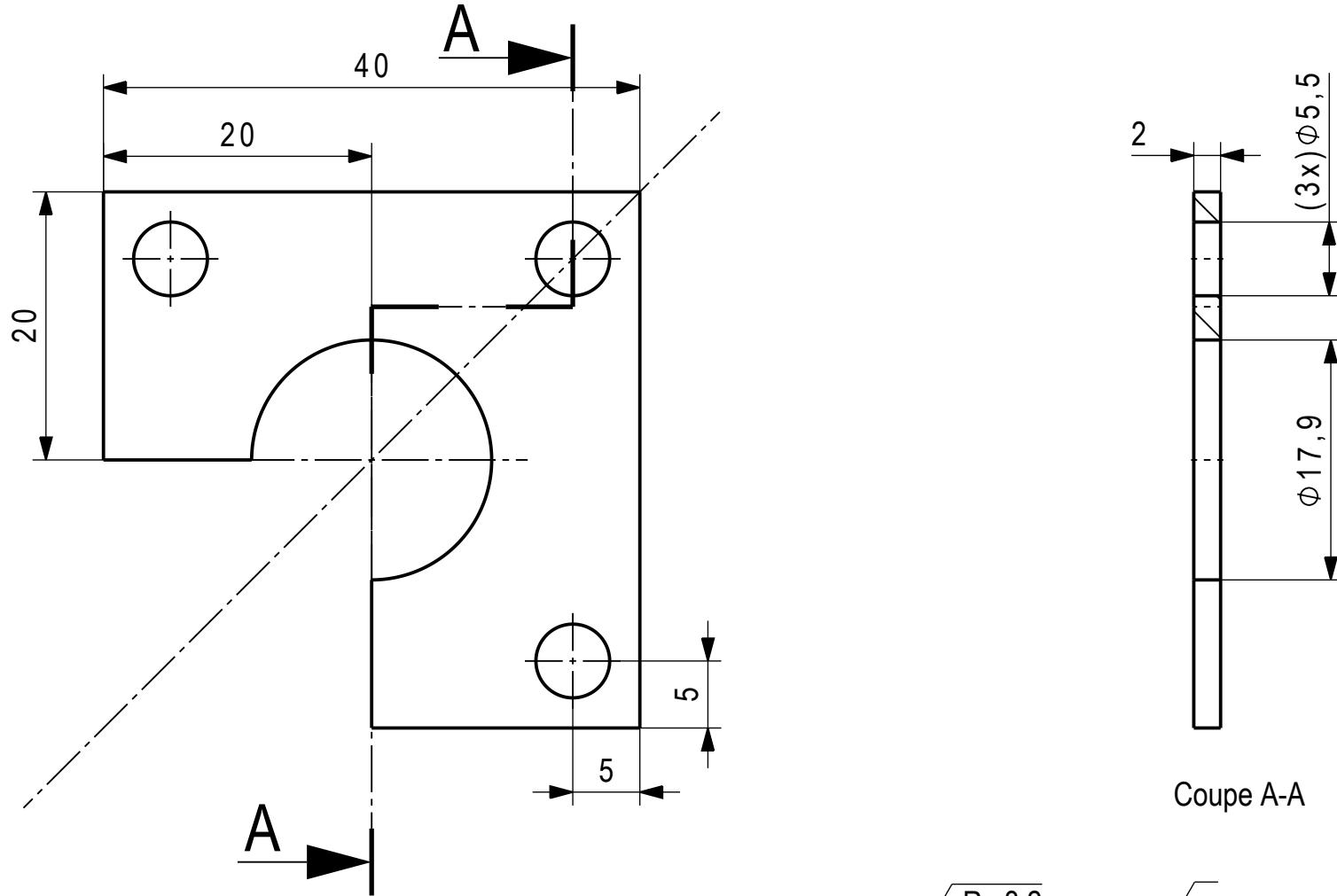
7

8



Tolérances générales
ISO 2768 - mK

(✓)	Ra 3,2	-0,1 -0,5
Dessiné	21/04/2020	VRAY ALEXANDRE
Mod.	Contrôlé	
	Conf aux norm	
Sans nomenclature séparée	Bon pour exéc.	
<input type="checkbox"/>		
Nomenclature sép de même N°	Matière	Matériau non défini
<input type="checkbox"/>		Origine
Nomenclature sép de N° diff	Masse	0,001 kg
<input type="checkbox"/>		Remplace
	Dénomination	
EPFL	CALE CYLINDRIQUE	
		N° de dessin
		32
		Echelle
		4:1
		Format
		A4
		Nb feuilles
		1
		Feuille N°
		1



Tolérances générales ISO 2768 -mK

EPFL

BLOQUEUR VIDE

1

2

3

4

5

6

7

8

A

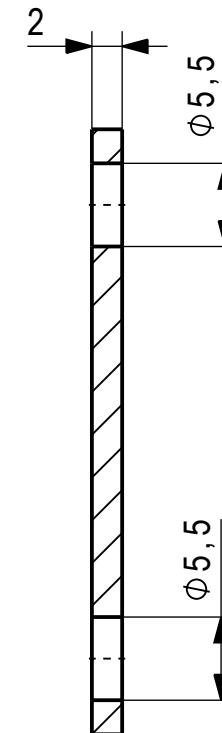
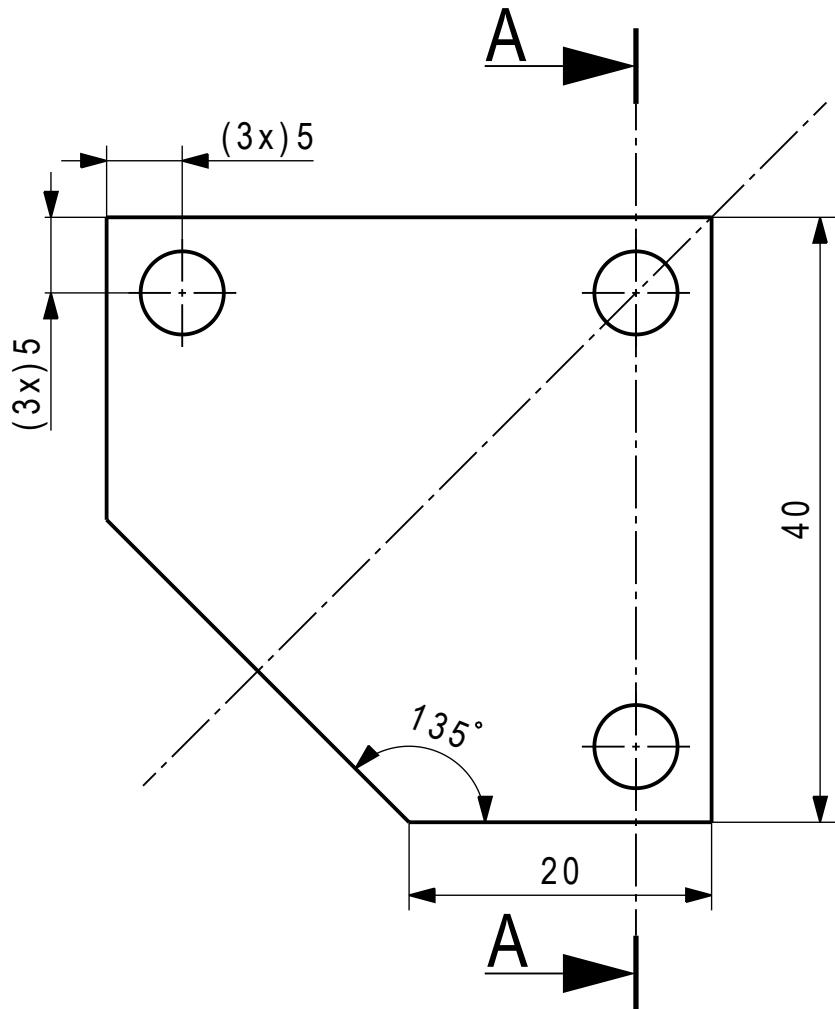
B

C

D

E

F

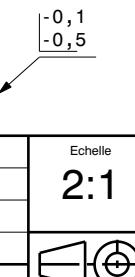


Tolérances générales
ISO 2768 - mK

Mod.		Mod.	Dessiné	09.05.2020	REMI ODDON	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"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine		
Nomenclature sép. de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,007 kg	Remplace		
EPFL			Dénomination	BLOQUEUR PLEIN		
				N° de dessin	34	
				Format	A4	Nb feuilles
					1	Feuille N°

-0,1
-0,5

Ra 3,2



1

2

3

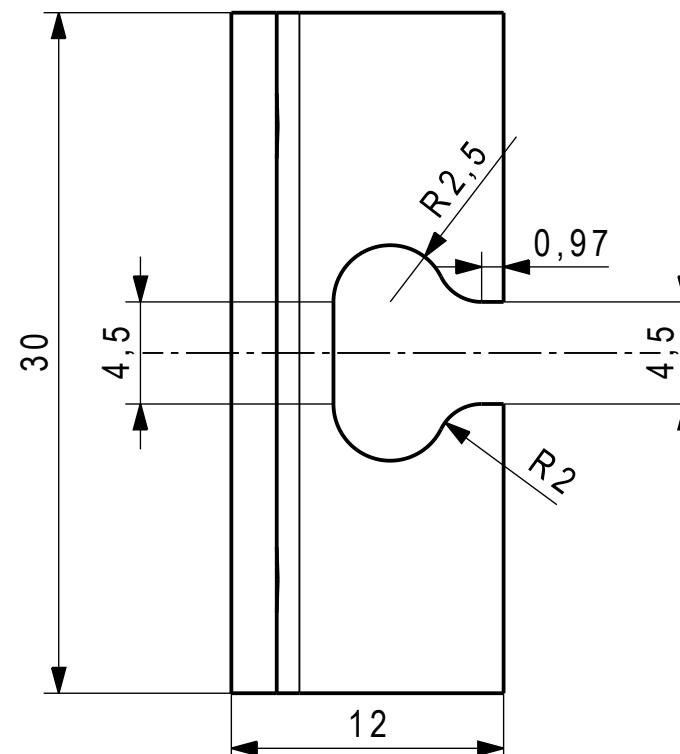
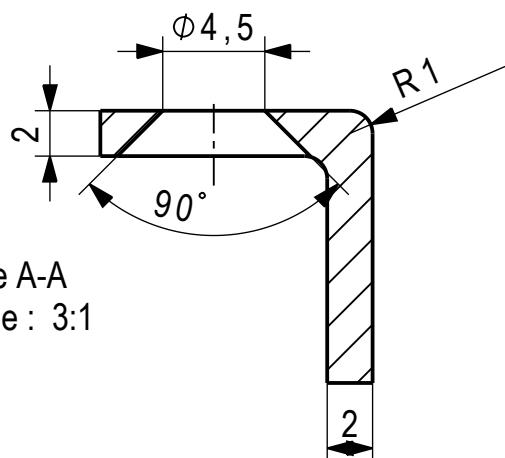
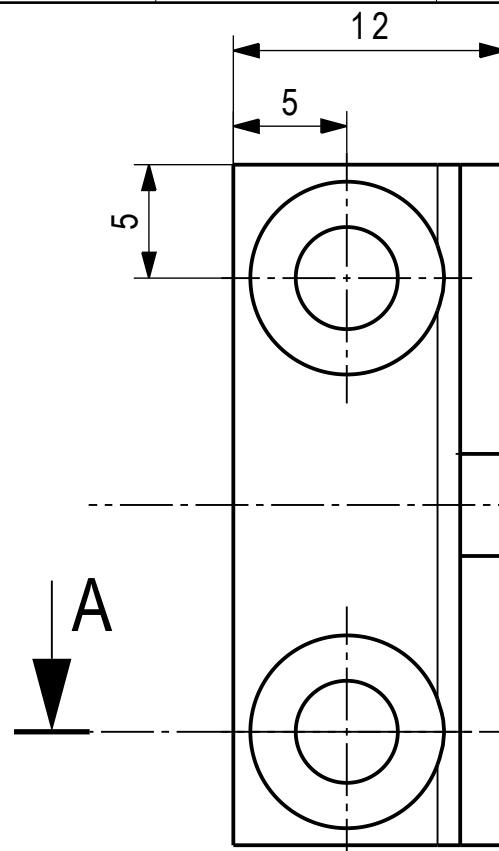
4

5

6

7

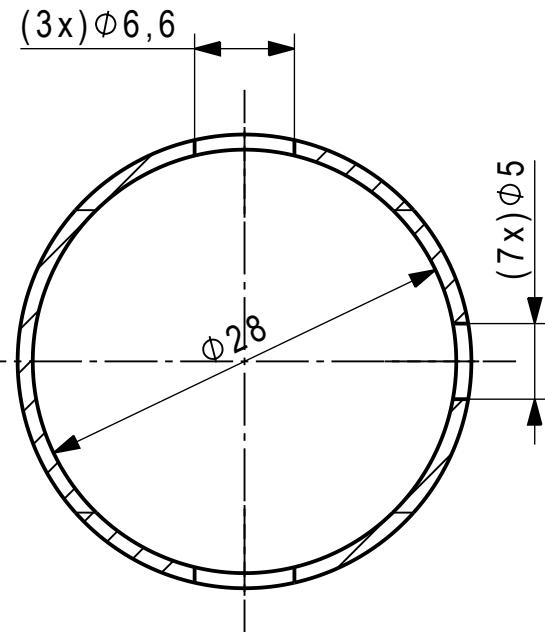
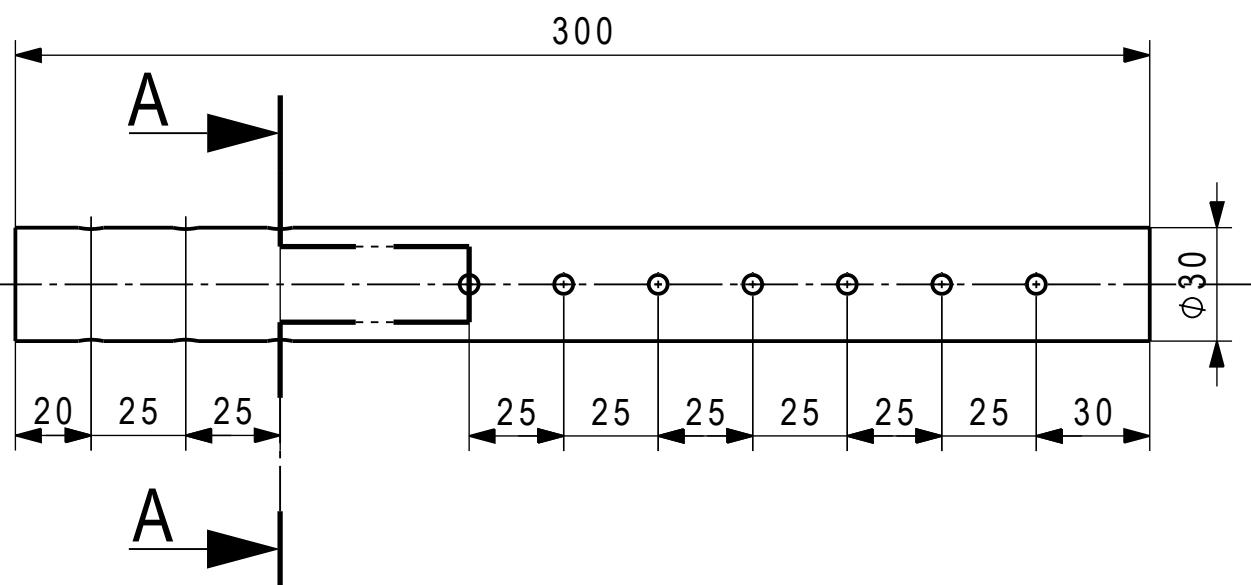
8



Tolérances générales
ISO 2768 -mK

Mod.	Mod.	Dessiné	12/05/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée		Contrôlé			
Nomenclature sép de même N°		Conf aux norm			
Nomenclature sép de N° diff		Bon pour exéc.			
		N° de commande			
		Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine	
		Masse	0,008 kg	Remplace	
		Dénomination			
EPFL		ATTACHE CROCHET		N° de dessin	
				35	

1 2 3 4 5 6 7 8



Coupe A-A
Echelle : 2:1

Tolérances générales
ISO 2768 - mK

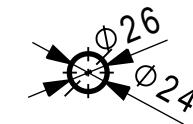
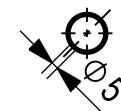
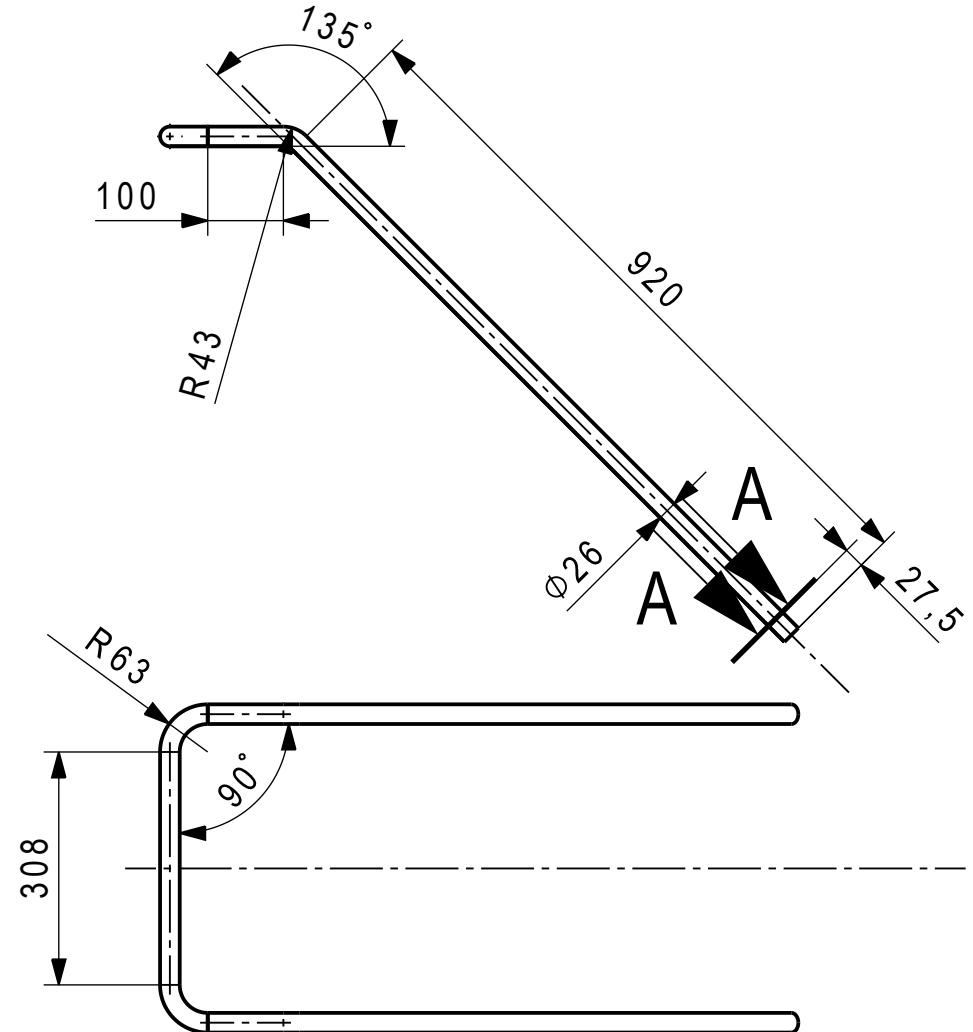
(✓)

Ra 3,2

-0,1
-0,5

Mod.		Mod.	Dessiné	26.05.2020	REMI ODDON	Echelle
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>		Contrôlé			1:2
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine		
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,073 kg	Remplace		
		Dénomination	EPFL TUBE POUR POIGNEES	N° de dessin	Format	Nb feuilles
				36	A4	1
					Feuille N°	1

1 2 3 4 5 6 7 8



Coupe A-A
Echelle : 1:5

(✓)

Ra 3,2

-0,1
-0,5

Mod.	Mod.	Dessiné	03/06/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Contrôlé			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Conf aux norm			
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bon pour exéc.			
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>	N° de commande			
Nomenclature sép de même N°	<input type="checkbox"/>	Matière	EN AW-Al Mg3	Origine	
Nomenclature sép de N° diff	<input type="checkbox"/>	Masse	0,569 kg	Remplace	
		Dénomination	POIGNEES	N° de dessin	
				37	
		Format	A4	Nb feuilles	Feuille N°
			1	1	1

Tolérances générales
ISO 2768 -mK

EPFL

1

2

3

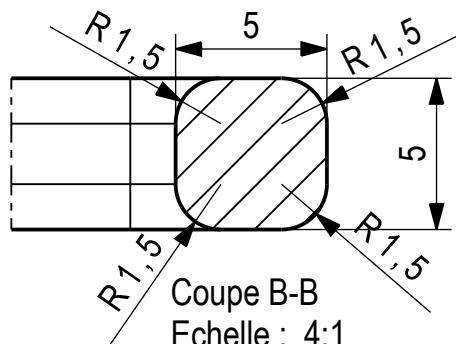
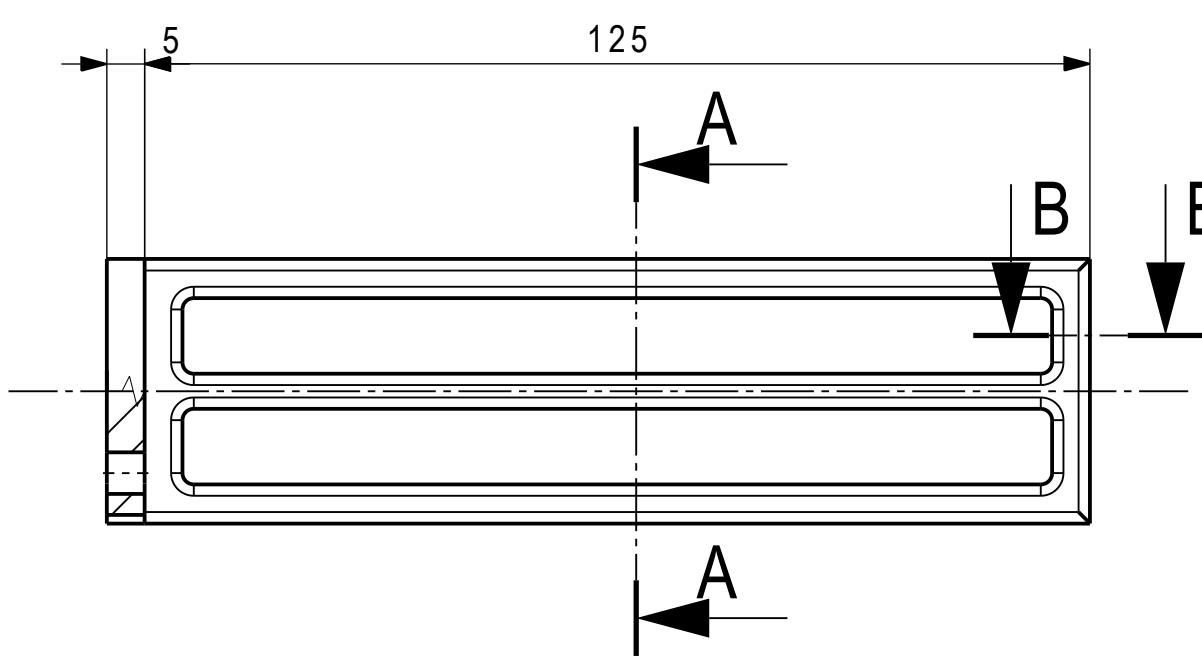
4

5

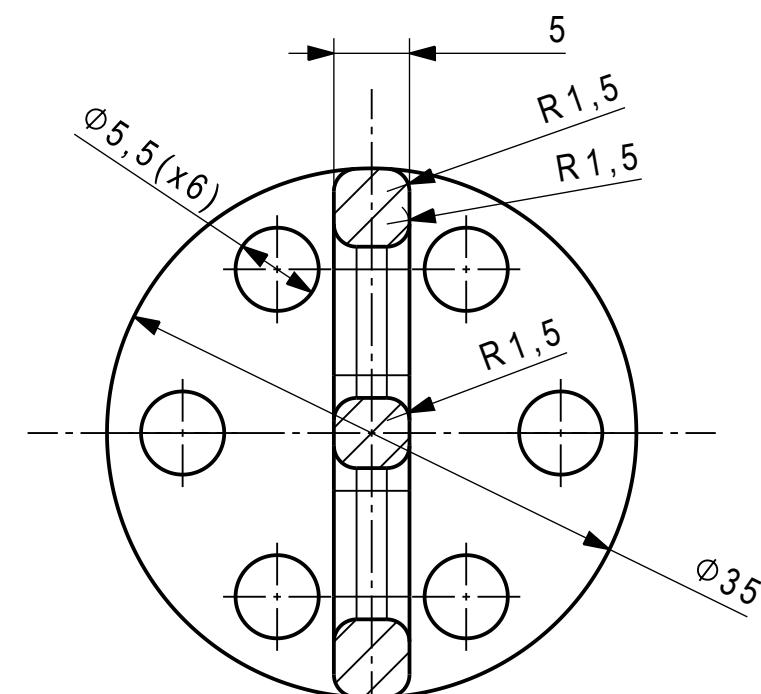
6

7

8

A
B
C
D
E
F

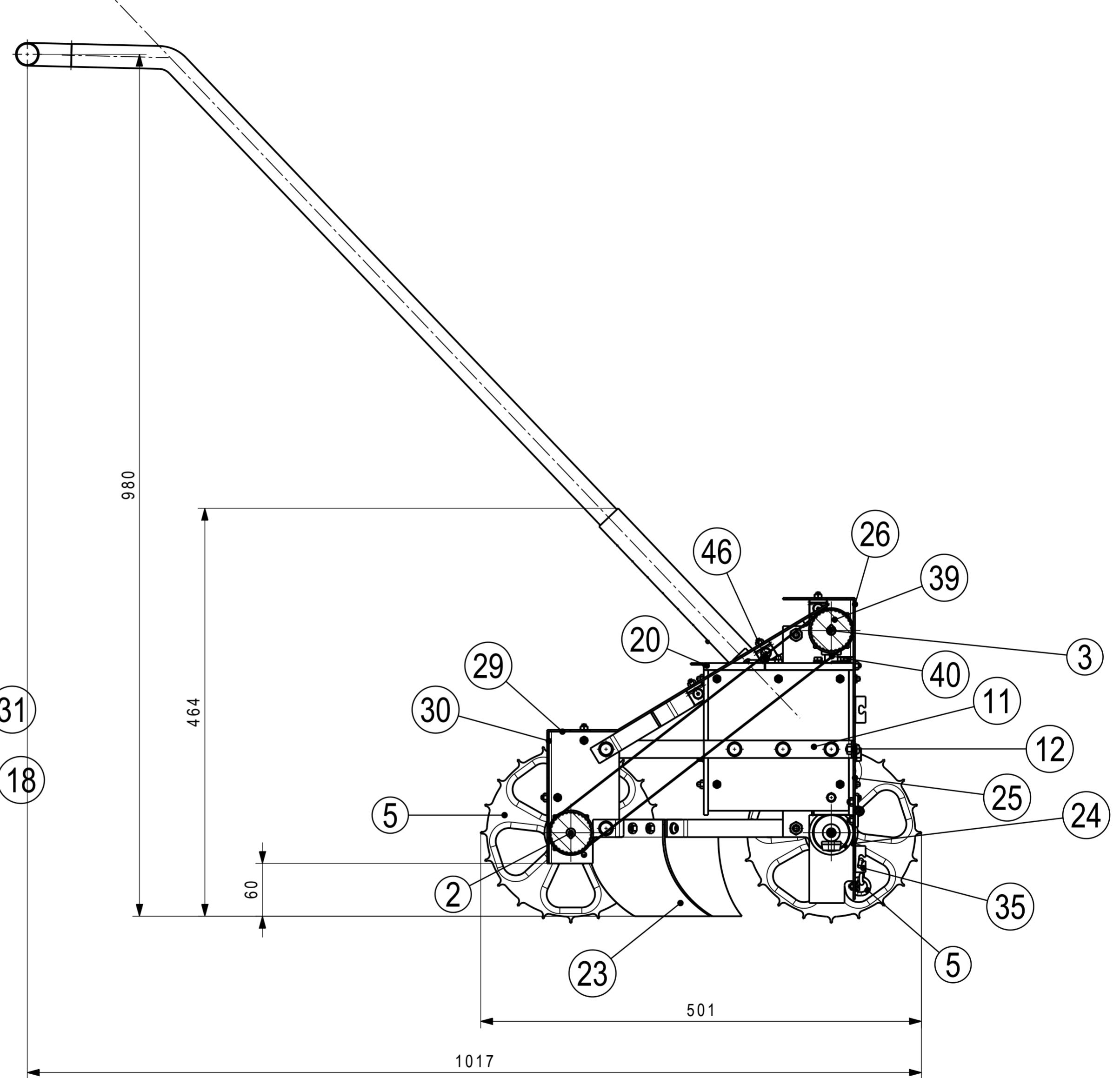
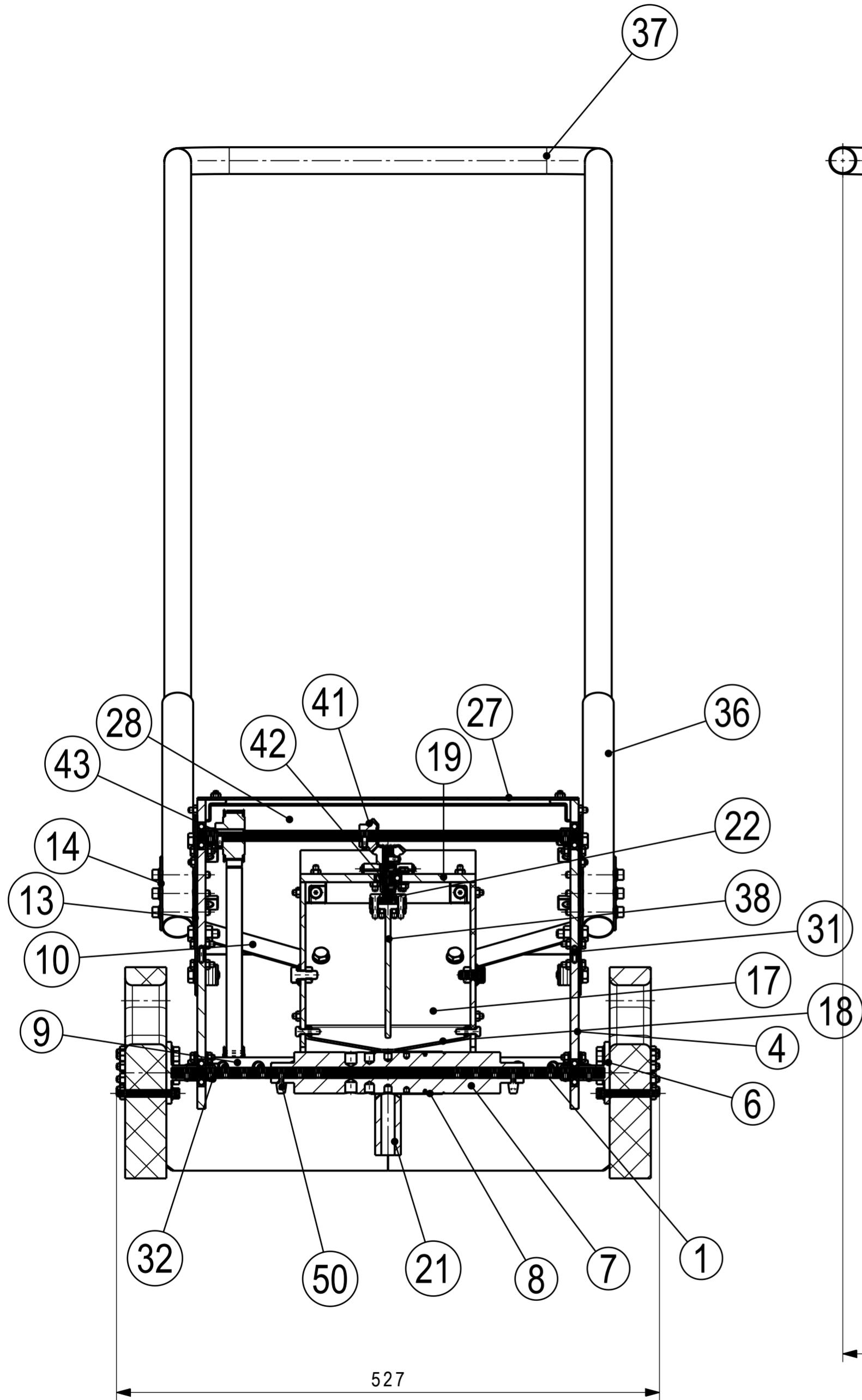
Vue isométrique
Echelle : 1:3



Ra 3,2
()
 $\pm 0,1$
 $\pm 0,5$

Mod.	Mod.	Dessiné	04/06/2020	VRAY ALEXANDRE	Echelle
Sans nomenclature séparée <input type="checkbox"/>		Contrôlé			
Nomenclature sép de même N° <input type="checkbox"/>	Matière	X 10 Cr Ni S 18 10	Origine		
Nomenclature sép de N° diff <input type="checkbox"/>	Masse	0,108 kg	Remplace		
	Dénomination			Format	Nb feuilles
	EPFL	MELANGEUR		A4	1
				N° de dessin	Feuille N°
				38	

Tolérances générales
ISO 2768 - mK



Mod.	Mod.			Dessiné	04/06/2020	VRAY ALEXANDRE		Echelle 1:4 
				Contrôlé				
				Conf aux norm				
				Bon pour exéc.				
Sans nomenclature séparée	<input type="checkbox"/>	Masse:	14,507 kg	N° de commande			Format A2 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 DESSIN D'ENSEMBLE				N° de dessin 39		