

Groupe n°39
Section Microtechnique
(MT)
Rendu le : 05/06/2020

De Bel-Air Lou
Hars Juliette Alexandra
Philippine
Cohen-Dumani Joshua
Le Royer Gabriel Alexandre

Rapport du projet de Construction Mécanique

Semoir de graines portatif

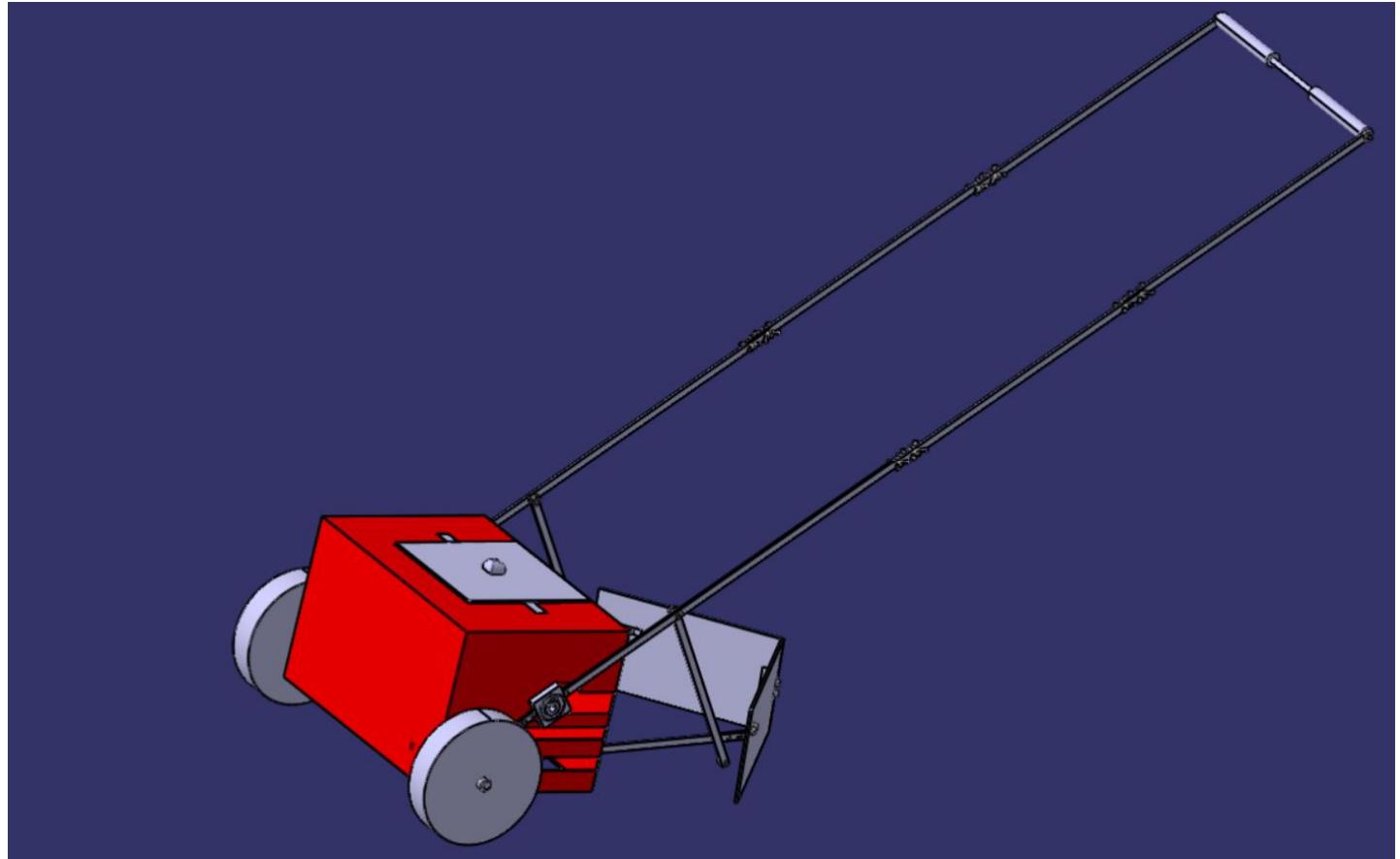


Table des matières

I. Introduction :	1
II. Cahier des charges :.....	2
III. Concepts imaginés :	4
1. Forme du réservoir :	4
2. Séparation des graines	5
3. Calibrage de la distance entre chaque graine semée	6
4. Système pour remettre la terre dans le sillon	6
IV. Descriptif du choix final	7
1. Réservoir :	7
2. Cylindre à encoches :	8
3. Triangle :	9
V. Choix des matériaux.....	10
VI. Modèle théorique du design.....	11
1. Cylindre à encoches :	11
2. Cache :	12
2.1. Contraintes à respecter : (calculs effectués pour la plus grosse graine)	12
2.2. Calcul des dimensions du cache :	13
2.3. Manche du cache :	13
3. Temps de chute des graines :.....	14
4. Débit de graines :.....	16
5. Roues et erreur sur l'espacement des graines :	16
6. Réservoir :	17
7. Axes :.....	18
7.1. Calculs de la longueur de l'axe et de la partie cannelée	18
7.2. Calculs de la partie contenant le bouton poussoir, le ressort, la pièce supplémentaire ..	19
7.3. Partie gauche de l'axe, circlips, clavette.....	20
7.4. Poids et enlèvement de matière	21
7.5. Axe supplémentaire	21
8. Engrenages :	22
9. Hauteur du semoir et triangle qui ferme le sillon :	23
9.1. Hauteur du semoir / bâti	23
9.2. Position du triangle	23
10. Rendement :.....	24

11. Résistance :.....	26
11.1. Résistance des vis	26
11.2. Résistance au cisaillement des clavettes.....	26
11.3. Résistance à la torsion des axes	27
11.4. Résistance du cache	27
11.5. Résistance en flexion des engrenages.....	28
11.6. Résistance générale.....	29
12. Ajustements :.....	29
12.1. Ajustement du cylindre sur son axe.....	29
12.2. Ajustements du cache	29
12.3. Ajustements des roulements	30
12.4. Ajustements des deux parties du capot.....	30
13. Guidage :	30
VII. Usinages et états de surface.....	32
VIII. Liste des pièces	34
IX. Notice de montage	44
X. Mode d'emploi.....	49
XI. Conclusion	50
1. Réponses apportées au cahier des charges	50
2. Impressions personnelles.....	51
3. Remerciements	52
XII. Annexes	53
1. Pièces des fournisseurs :	53
1.1. Vis pour fixer la pale au reste du cache (4x), et pour fixer la pièce supplémentaire (bouton poussoir) à l'axe du cylindre (2x), Bossard	53
1.2. Circlips pour fixer la roue dentée en translation sur l'axe du cylindre (2x) et pour fixer l'axe du cylindre par rapport au bâti (2x), Misumi.....	54
1.3. Clavette pour fixer la roue dentée en rotation sur l'axe du cylindre (1x), Misumi	55
1.4. Ressort pour le bouton poussoir, Sodemann	56
1.5. Roulement à billes pour la partie gauche de l'axe du cylindre (1x), Misumi.....	57
1.6. Roulements à billes pour l'axe des roues (2x), Misumi	58
1.7. Roue dentée axe du cylindre, Misumi	59
1.8. Écrous à embase pour l'axe des poignées (2x), Misumi	60
1.9. Tube en caoutchouc pour poignées (1x), RubberStock (rubberstock.fr)	60
1.10. Clavette pour bloquer la roue dentée en rotation sur l'axe des roues (1x), Misumi....	61

1.11. Circlips pour bloquer les roues en translation, les têtes de roulement et la roue dentée sur l'axe des roues (10x), Misumi	62
1.12. Clavette pour bloquer les roues en rotation sur l'axe des roues (2x), Misumi	63
1.13. Roues (2x), Misumi	64
1.14. Équerre pour relier les deux plaques qui forment le triangle (1x), Misumi	64
1.15. Équerres pour relier l'axe roue-triangle et la plaque chassis-triangle (2x), Misumi	65
1.16. Douille à billes pour la partie droite de l'axe du cylindre (1x), Misumi	66
1.17. Vis à oreilles à desserrer pour plier le chassis (4x) et écrous correspondants (4x), Misumi.....	67
1.18. Vis à oreilles à desserrer pour plier le chassis (4x) et écrous correspondants (4x), Misumi.....	68
1.19. Vis pour fixer la plaque du chassis à la plaque allant vers le triangle (2x) et écrous correspondants (2x), Misumi	69
1.20. Embouts à roulements (2x), Misumi	70
1.21. Vis pour les équerres (dans le triangle et celle de liaison avec l'axe roue-triangle) (10x), Misumi	71
1.22. Vis pour les équerres (qui lient l'équerre, l'axe roue-triangle et la plaque chassis-triangle) (2x), Misumi.....	71
1.23. Écrous correspondant aux vis pour les équerres (12x), Misumi.....	71
1.24. Vis pour bloquer le roulement en translation sur la partie gauche de l'axe du cylindre (2x) et écrous correspondants (2x), Misumi	72
1.25. Vis pour fixer plaques du bâti aux plaques chassis-triangle(2x) et écrous correspondants (2x)	73
1.26. Roue dentée axe du cylindre, Misumi.....	73
1.27. Roue dentée axe supplémentaire, Misumi	74
1.28. Vis pour garder capot en place.....	75
2. Mise en plan	76

I. Introduction :

Notre petite équipe de quatre ingénieurs a été contactée en février 2020 afin de mettre au point un semoir portatif utilisable par une seule personne dans un potager. Le défi est le suivant : l'utilisateur doit pouvoir manipuler facilement le semoir à raison de plusieurs heures par jour, en choisissant la taille des graines qu'il souhaite semer ainsi que l'intervalle auquel celles-ci sont libérées.

Nous sommes donc chargés de concevoir une machine efficace, rentable, facile d'utilisation et peu encombrante, qui relâche les graines à intervalles réguliers sans les abîmer. Par ailleurs, celle-ci doit également être capable de refermer le sillon préalablement creusé dans la terre pour accueillir les graines.

Notre conception se base sur quatre pièces maîtresses : le réservoir permettant le stockage des graines, le cylindre et son cache qui permettent d'effectuer les réglages de taille et d'intervalle de relâche, ainsi que le triangle dont la fonction est de refermer le sillon de terre.

Tout d'abord, nous présenterons le cahier des charges en mettant en valeur ses spécificités dans un tableau récapitulatif. Puis nous détaillerons les différentes idées que nous avons eues pour la réalisation de ce projet avant de décrire le concept final que nous avons choisi ainsi que son fonctionnement détaillé. Nous nous intéresserons ensuite au modèle théorique permettant de comprendre plus en détail le fonctionnement du semoir, ses atouts et faiblesses techniques et la mise en application des réglages demandés par le cahier des charges. Enfin, nous terminerons par une liste de pièces détaillées, une notice de montage et un mode d'emploi et nous conclurons en mettant en valeur la manière dont chaque enjeu du cahier des charges a été résolu.

II. 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

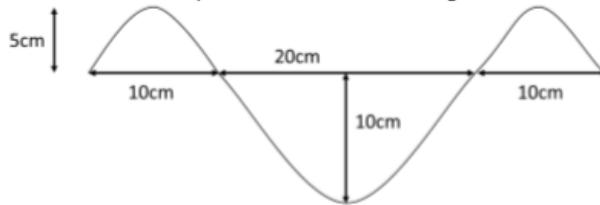
Semoir Portatif

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.

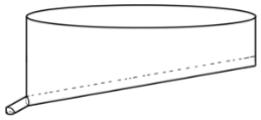
Éléments du cahier des charges	Spécifications / détails
Semoir à graines	2 litres de graines Seule source d'énergie : humaine Sécurité de l'utilisateur assurée
Graines de tailles différentes	De 1 à 11 mm par incrément de 2 mm
Semées à intervalles réguliers	Tous les 15, 30 ou 60 cm.
Sillon déjà creusé à refermer	De 40 cm de large
Facile d'utilisation	Par une seule personne Pas trop encombrant Léger (max. 15 kg)
Performant	Graines non abîmées Résiste à l'environnement Ne se bloque pas Débit correct Robuste

III. Concepts imaginés :

Nous consignons ici les différentes idées que nous avons eues pour la réalisation du projet, en mettant en avant les défis et problèmes rencontrés ainsi que les solutions possibles.

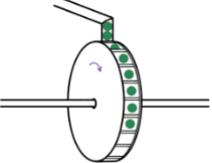
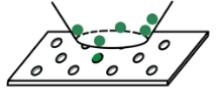
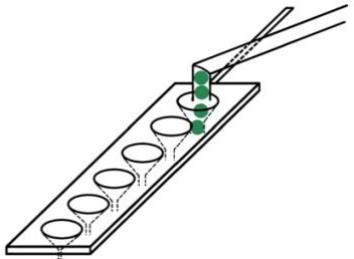
1. Forme du réservoir :

Enjeu : le réservoir doit pouvoir contenir deux litres de graines, être relativement léger, pas trop encombrant, et permettre à sa sortie un acheminement convenable des graines pour que celles-ci ne soient pas endommagées.

IDEES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Cylindre avec entonnoir, en pente 	Simple, dimension adaptable. La pente permet l'écoulement moins brusque des graines, et celles-ci ne sont pas écrasées	Possibilité de blocage si les graines ne sont pas secouées à intervalles réguliers, difficultés pour rejoindre le cylindre, nécessite une pièce de raccordement avec le cylindre.
Figure 1 : entonnoir en pente		
Cylindre avec sortie en forme de tube en pente	Le tube en pente permet de ralentir le débit des graines et d'assurer leur protection	Encombrant, sortie du tube difficile à mettre en place à cause de la taille variable des graines
Cylindre ou pavé plus large que haut	Réduire la pression et éviter l'écrasement des graines, aucun risque de pont car pas un entonnoir	Non compatible avec le reste de nos choix : aucune pente donc on aurait besoin d'un mécanisme pour acheminer les graines au reste du semoir pour le tri.
Réservoir avec ouverture en forme d'arc de cercle qui s'adapte à la forme du cylindre 	Simple, pente douce ce qui limite le risque de blocage par rapport aux autres idées, sortie adaptée au reste de notre mécanisme, pas besoin de pièce de raccordement. Le débit est très bon et il y a peu de pression sur les graines individuelles car le réservoir est plus large que haut.	Possibilité de blocage car forme en entonnoir, mais risque réduit par mouvement des graines et géométrie adaptée.
Figure 2 : réservoir avec sortie en arc de cercle		

2. Séparation des graines

Enjeu : les graines doivent tomber une par une dans les sillons.

IDEES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Moulin à graines  Figure 3 : moulin à graines	Les graines sont acheminées une par une à une vitesse pouvant être facilement calibrée	Les graines ayant une taille variable, on est forcé de choisir une taille de compartiment correspondant à la plus grosse graine, ou de changer le moulin à chaque changement de taille de graine
Tamis  Figure 4 : tamis (vue de dessus)  Figure 5 : tamis (vue de côté)	Facile à concevoir, peu de risques d'endommager les graines	Sépare les graines mais pas une par une, trop de pièces détachables à changer pour chaque taille de graines
Plaque à entonnoirs  Figure 6 : plaque à entonnoirs Chaque trou est associé à un entonnoir de taille adaptée à la graine.	Facilement réglable avec un manche (en tirant ou poussant la plaque)	Vitesse de chute des graines pas réglable, trop élevée (flux incontrôlé)
Cylindre à trous (<i>idée retenue</i>) (voir section IV pour plus de détails)	Encoches de différentes tailles, facilement réglable avec un manche, flux réglable	Passage des graines du réservoir au cylindre délicat pour ne pas abîmer les graines

3. Calibrage de la distance entre chaque graine semée

Enjeu : les graines peuvent être plantées à 15, 30 ou 60 cm d'espacement.

IDEES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Boîte à vitesse (type vélo)	Système efficace qui permet à l'utilisateur de régler la vitesse facilement, en peu de manipulations	Trop compliqué à mettre en place surtout au niveau des engrenages + chaîne, trop lourd
Cylindre avec système de cache	Une seule pièce, seul le cache est amovible pour changer la taille entre les graines	Taille du cache : doit être très fin pour ne pas abîmer la graine à l'entrée du cylindre (liaison réservoir – cylindre)
Cylindre avec système de cache et engrenages (<i>idée retenue</i>)	Amélioration de l'idée précédente en rajoutant un système d'engrenages pour ne pas être limité dans le choix de la taille des roues et du cylindre	Epaisseur du cache : doit être adapté aux graines de 1mm de diamètre

4. Système pour remettre la terre dans le sillon

IDEES	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Rouleau percé	Conception simple, aplatis la terre et la remue, n'est pas arrêté par les cailloux	Trop gros, trop lourd et encombrant, risque de surmonter les monticules et de ne plus pousser la terre, géométrie non adaptée pour pousser la terre dans le sillon
Deux pales verticales accrochées pour former un triangle, fixé au reste du mécanisme (<i>idée retenue</i>)	Idée simple, il est fixé au reste du mécanisme et n'a donc aucun mouvement vertical, ce qui est avantageux pour nous, car un mécanisme avec un degré de liberté courrait le risque de surmonter les monticules ou de s'enfoncer dans la terre.	Possibilité qu'une telle pièce soit encombrante, et qu'elle gène l'utilisateur, si l'utilisateur applique une force disproportionnée vers le bas il y a un risque d'enfoncement dans la terre mais la solution est simple.

IV. Descriptif du choix final

1. Réservoir :

Le réservoir est une pièce maîtresse de notre semoir, car c'est lui qui constitue l'intermédiaire entre l'utilisateur et le cylindre qui trie les graines selon les paramètres choisis. Plusieurs problèmes sont survenus lors de la conception de cette pièce, comme un blocage des graines, l'endommagement des graines, ou encore comment gérer l'accès au cylindre pour le tri.

Après plusieurs versions, nous avons finalement choisi un réservoir qui répond au mieux à ces contraintes à nos yeux.

Nous avons tout d'abord fait le choix d'avoir un réservoir très large devant la taille des graines, même les plus grosses. C'est pour cela que notre réservoir est bien plus large que haut, ce qui diminue fortement les chances de formation d'un pont de graine.

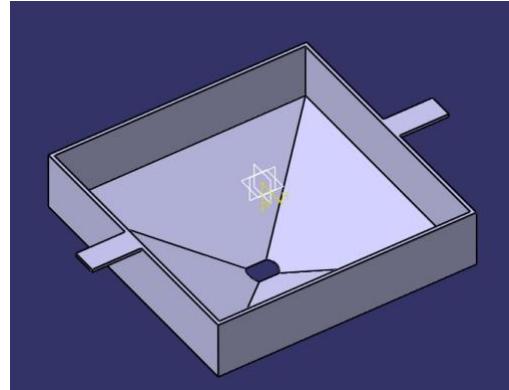


Figure 7 : réservoir

Sa géométrie est la suivante : il a des bords verticaux pour une hauteur prédéfinie, ce qui préserve la largeur aussi longtemps que possible. Puis deviens un entonnoir avec une pente assez faible (de 20°), ce qui défavorise la formation de ponts, met moins de pression sur les graines du fond, tout en gardant une pente assez importante pour ne pas avoir de graines bloquées dans les coins.

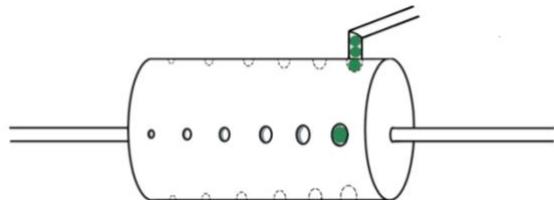
La sortie a une forme carrée également, entourant une encoche du cylindre à la fois. Pour les plus grandes graines, il n'y a de place que pour une graine, ce qui n'est pas vrai pour les autres tailles, mais ce n'est pas un problème, car nous avons chanfreiné le cache du cylindre, ce qui 'lisse' la zone de contact entre les graines et le cylindre. Le cache a une faible épaisseur, plus petite que même les graines de 1 mm.

Le réservoir est placé aussi proche que possible du cylindre, avec un « ajustement » avec jeu garanti. Ceci afin de garantir qu'il n'y ait aucune perte de graines sur les côtés, et que le passage du réservoir au cylindre se fasse de manière naturelle et efficace.

2. Cylindre à encoches :

Nous avons retenu l'idée d'un cylindre avec encoches de différentes tailles placées sur la longueur, chacune prévue pour accueillir une seule graine. Le cylindre tourne et libère la graine lorsque l'encoche est orientée vers le bas.

À la sortie du réservoir, les graines sont récupérées par le cylindre tournant autour de son axe principal. Les trous sont disposés sur quatre lignes (de 6 trous chacune), tous équidistants afin de pouvoir contrôler les réglages.



Les encoches sont assez grandes pour contenir une graine, mais trop petites pour en contenir deux (elle est proportionnelle à la taille de la graine, avec un facteur d'environ 1,5). Chaque encoche est également chanfreinée afin de simplifier la sortie de graines partiellement introduites.

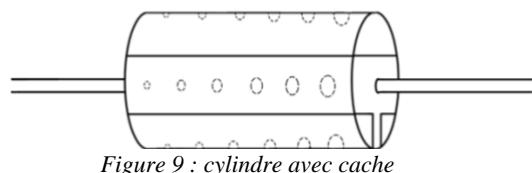


Figure 9 : cylindre avec cache

Le réglage de l'espacement entre les graines se fait grâce à un cache qui permet de cacher zéro, deux ou trois rangées (respectivement pour les 15, 30 ou 60 cm), en prenant en compte le fait que les roues du semoir mesurent chacune 60 cm de périmètre, et que la rotation du cylindre est assurée par engrenages

avec les roues. Ainsi, le dispositif de cache ajustable permet de régler à la fois la taille et l'espacement entre les graines : ce réglage se fera à l'aide d'un « bouton poussoir » tel que l'on peut en trouver sur des valises par exemple. Chaque trou sur le manche du cache correspondra à un réglage bien précis.

L'inconvénient principal de ce dispositif est sa complexité, car le système cache-cylindre doit être précis afin de fonctionner correctement. Il s'agit d'une solution facile à utiliser une fois mis en place, mais une certaine quantité de calculs ont dû être fait afin d'assurer le fonctionnement correct du dispositif.

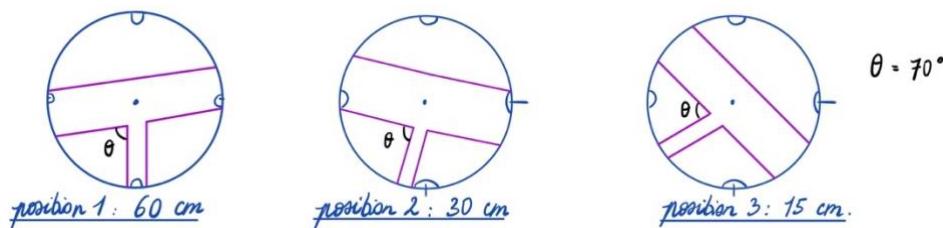


Figure 10 : trois positions du cache (dessins indicatifs)

Le cylindre libère les graines une par une lors de sa rotation, celles-ci tombent dans un entonnoir qui dépasse à l'extérieur du semoir et permet de déposer la graine dans le sillon et pas en-dehors.

Ce dispositif n'est certes pas le plus original mais nous semble être le plus efficace. Il a de nombreux avantages comme:

- Le débit des graines est facilement réglable
- La taille souhaitée de graines peut être réglée facilement avec un manche
- Les graines sont récupérées une par une par le cylindre
- Il permet de mettre en œuvre les deux réglages demandés (taille des graines et distance entre chaque graine) en un seul système
- Une fois dans l'encoche, les graines sont protégées de tout endommagement jusqu'à leur sortie du semoir

3. Triangle :

Afin de refermer le sillon, nous avons retenu l'idée d'avoir deux pales en aluminium accrochées par une fausse équerre de 100 degrés (pressée à froid, voir annexe 1.14), afin de former un « triangle ».

Ce triangle est accroché à deux endroits afin d'être stable et complètement immobile. D'une part il est relié à l'axe (en rotation) de la roue à l'aide de deux embouts à roulement (la rotation n'est donc pas prise en compte) auxquels on accroche un axe (fileté au bout afin de pouvoir les fixer), qui seront eux-mêmes usinés de manière à pouvoir être accrochés aux pales à l'aide d'une équerre (voir annexe 1.15).

D'autre part, on accroche à chaque côté du triangle une plaque (comme le bâti). Les deux plaques seront liées aux mêmes points que ceux décrits ci-dessus.

L'avantage principal de ce système est sa simplicité. Il est complètement fixe, ce qui veut dire qu'il n'y a pas de risque qu'il monte au-dessus du sillon. Il restera toujours à la bonne hauteur pour pouvoir pousser toute la terre dans le sillon, et grâce à sa géométrie triangulaire pourra ramener la terre vers le centre efficacement, refermant le sillon.

Ce système est également léger par rapport à un rouleau, ce qui améliore sa portabilité (il fait moins d'un kg).

Nous avons choisi une hauteur de 15 cm, qui est largement supérieure à la hauteur des monticules de terre adjacents au sillon, qui ont une hauteur d'environ 5 cm.

Cette solution nous semble optimale, notamment grâce à sa simplicité et le risque très bas de problèmes (le triangle est immobile, le risque que le triangle s'enfonce dans la terre, ou qu'il monte au-dessus des monticules de terre est donc très faible).

V. Choix des matériaux

Chaque pièce ayant une fonction bien particulière, nous avons donc choisi le plus judicieusement possible le matériau correspondant le mieux pour chacune.

- **Nylon (6)** : Ce plastique est résistant aux conditions climatiques et peut soutenir de grandes charges. Il permet également de bien absorber les chocs ce qui est optimal pour un terrain inégal ou pour minimiser les chocs sur les graines. Module de Young : 2.6 à 3.0 GPa.

Pièces : roues, réservoir, capot

- **Acier (plusieurs types)** : la plupart des pièces achetées directement sont en acier. Le type varie de pièce en pièce (EN 1.7220, EN 1.4301, etc.). L'acier est peu cher et très répandu, et présente d'excellentes propriétés mécaniques, ce qui est bénéfique pour notre semoir.

Pièces : vis, roulements, ressorts, clavettes, engrenages, circlips

- **Laiton (CuZn 37)** : résistance au grippage « passable » avec l'aluminium, ce qui convient pour le cache car le frottement avec le cylindre et avec l'axe est faible (mouvement à la main) et occasionnel. Nous avons choisi un alliage assez commun et donc pas trop cher pour notre pièce. De plus, le laiton 37 a des propriétés mécaniques convenables pour notre cache (voir section VI.8). Module de Young : de 100 à 110 GPa.

Pièce : cache

- **Caoutchouc EPDM** : bonne résistance aux UV, aux intempéries, aux déchirures et au vieillissement, il est aussi confortable et convient parfaitement pour assurer le confort de l'utilisateur lorsque celui-ci saisit les poignées.

Pièce : tuyau pour poignées

- **Aluminium (6082)** : la plupart des pièces sont en aluminium car ce matériau est plutôt léger et facile à usiner. De plus, le semoir n'est pas soumis à de fortes contraintes, ce qui encourage l'utilisation de l'aluminium (voir section VI.8 pour plus de détails). Module de Young : 69 GPa.

Pièces : toutes les autres pièces, y inclus le cylindre à encoches, axe du cylindre, axe des roues, tous les axes du bâti, triangle, axes roue-triangle, etc.

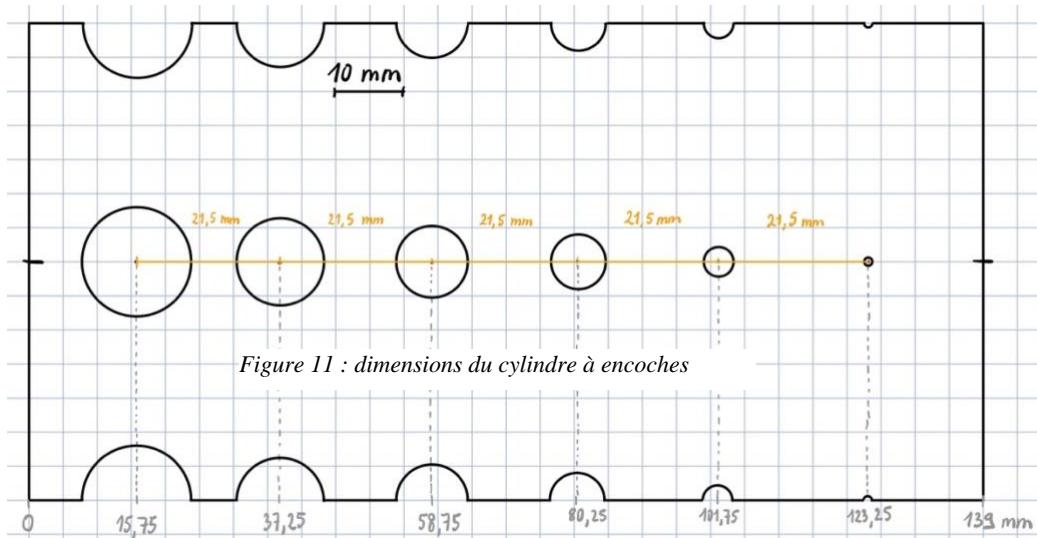
VI. Modèle théorique du design

Durant cette section (surtout à partir de la partie VI.8), nous allons baser nos approximations de force avec une contrainte d'environ 100N, ce qui correspond plus ou moins à une force « maximale » que l'utilisateur utiliserait pour pousser la machine. Ceci est vraisemblablement au-dessus de la force moyenne habituellement rencontrée mais afin de vérifier nos hypothèses et notre fonctionnement nous devons voir les cas plus contraignants.

1. Cylindre à encoches :

Le diamètre du cylindre doit être suffisamment grand pour que le réglage du cache soit possible (voir section 2 : Cache), mais aussi suffisamment petit pour que les graines aient le temps de tomber dans leur trou lorsque le cylindre tourne (voir section 3 : Temps de chute des graines). À partir des calculs des sections 2 et 3, nous avons donc choisi un diamètre de 70 mm.

De plus, on veut que le cylindre ne soit pas trop grand pour ne pas peser trop lourd et que l'espacement entre chaque centre de trou soit le même pour faciliter le réglage sur l'axe. Nous choisissons une distance entre les centres de 21.5 mm, ce qui laisse un espace entre le bord du plus gros trou et son voisin de 6.5 mm. Chaque encoche est également chanfreinée bien que ceci ne soit pas représenté dans le schéma explicatif ci-dessous.



La

longueur totale du cylindre est de 139 mm.

2. Cache :

Notre but est de calculer l'angle α , qui représente le déplacement entre la position 1 et 2 et entre la position 2 et 3 (voir figure 8). Ainsi, l'utilisateur devra tourner le cache (par rapport à l'axe) de α pour passer de la position 1 à la position 2 ou de la position 2 à la position 3.

2.1. Contraintes à respecter : (calculs effectués pour la plus grosse graine)

- Rayon du cylindre : $R_c = 35 \text{ [mm]}$
- Rayon de l'axe : $R_A < 35 - 13 = 22 \text{ [mm]}$ (car la profondeur max. d'un trou sur le cylindre est de 13 mm)
- Condition pour que le système de cache fonctionne (le gros bras du cache doit être inférieur à la distance entre deux trous sur le cylindre, voir figure 11) :

$$\frac{\pi}{2} \cdot R_c - 16.5 > 2 \cdot R_c \cdot \alpha$$

(diamètre du trou de la plus grosse graine : 16.5 mm)

$$\begin{aligned} \alpha &< \frac{\pi}{4} - \frac{8.25}{R_c} \\ \alpha &< 0.55 \text{ [rad]} \end{aligned}$$

- Condition pour que deux trous voisins (radialement) ne se chevauchent pas :

Diamètre d'un trou : 5 mm.

Distance min. entre deux trous voisins : 2 mm.

Total : arc de 7 mm.

$$\begin{aligned} R_A \cdot \alpha &= 7 \text{ [mm]} \\ \alpha &= \frac{7}{R_A} \end{aligned}$$

Finalement :

$$\frac{7}{R_A} < 0.55 \Leftrightarrow R_A < \frac{7}{0.55} = 12.73 \text{ [mm]}$$

Pour avoir de la marge, on choisit :

$$\begin{aligned} R_A &= 14 \text{ [mm]} \\ \alpha &= \frac{7}{14} = 0.5 \text{ [rad]} \end{aligned}$$

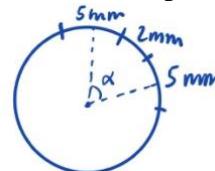


Figure 12 :
coupe
schématique du

2.2. Calcul des dimensions du cache :

Arc orange : déplacement nécessaire pour un angle de 0.5 rad :

$$R_c \cdot \alpha = 35 \cdot 0.5 = 17.5 \text{ [mm]}$$

Arc vert : déplacement nécessaire pour un angle de $2 \cdot 0.5$ rad :

$$2R_c \cdot \alpha = 35 \cdot 2 = 70 \text{ [mm]} < 38.48 \text{ [mm]}$$

Calcul de l_1 et l_2 :

$$l_1 = 2R_c \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 35 \cdot \sin \frac{1}{4} = 17.3183 \text{ [mm]}$$

$$l_2 = 2 \cdot l_1 = 34.6366 \text{ [mm]}$$

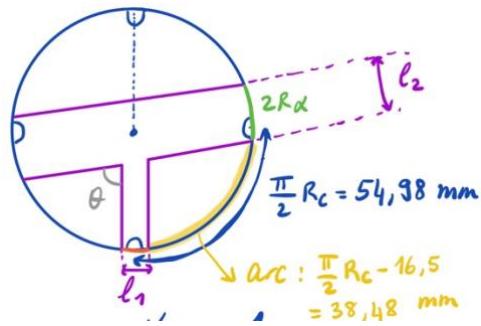


Figure 13 : schéma du cache en position 1 avec dimensions

Calcul de l'angle θ :

$$\text{Arc orange : } c = \frac{\pi}{2} \cdot 35 + 8.3 - 20.4167 = 42.8612 \text{ [mm]} = R_c \cdot \theta$$

$$\theta = \frac{c}{R_c} = 1.2246 \text{ [rad]} = 70.1647 \text{ [°]}$$

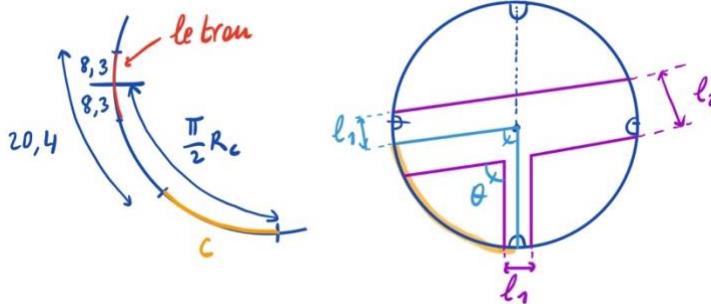


Figure 14 : schémas pour le calcul de l'angle θ

2.3. Manche du cache :

Le manche du cache est la partie visible par l'utilisateur, qui dépasse du bâti. Elle permet à ce dernier de choisir le réglage qu'il souhaite pour la taille des graines et la distance entre chaque graine semée. Un système de six fois trois trous (voir figure 13) permet de régler le cache grâce à un unique bouton poussoir. L'utilisateur choisit le trou qui correspond au réglage qu'il souhaite et l'enclenche sur le bouton poussoir. Chaque trou a un diamètre de 5 mm.

Réglage de la taille des graines : la distance entre les centres des trous étant de 21.5 mm sur le cylindre, elle est identique sur le manche du cache (voir figure 13).

Réglage de la taille des graines : comme calculé précédemment, la distance entre les trous d'une rangée de trois est de 2 mm, ce qui correspond à une rotation du manche de $\alpha = 0.5 \text{ rad} = 28.6^\circ$ pour passer d'un réglage à l'autre.

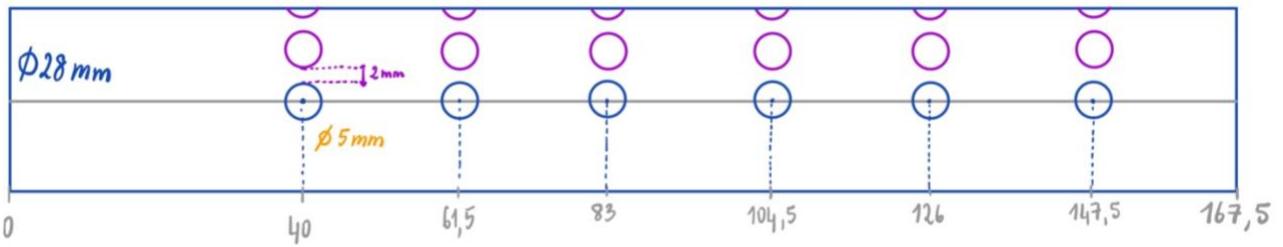


Figure 15 : manche du cache

3. Temps de chute des graines :

Nous avons dû adresser une autre question pour s'assurer du bon fonctionnement de notre mécanisme : est-ce qu'une graine a le temps de tomber dans le trou prévu à cet effet lors de la rotation du cylindre ? Nous étudions donc le mouvement d'une graine lors de sa chute. Pour ce faire nous allons calculer la distance minimum parcourue par la graine pendant le temps dont elle dispose pour tomber avant que le trou ne soit hors de portée.

Pour commencer, la graine qui est sur le point de tomber est soumise au préalable à une force qui la pousse vers le bas, celle que toutes les autres graines au-dessus exercent sur elle. Nous essayons d'approximer cette force :

Le réservoir a un volume de 2 L. Nous avons pesé 2 L de graines pour avoir une approximation du poids total des graines lorsque le réservoir est plein. 2 L de graines = 2.2 kg.

Par ailleurs, l'ouverture au fond du réservoir mesure 18 mm. Il peut donc y avoir au maximum 324 graines de 1 mm au fond du réservoir.

La force qui s'exerce sur la graine sur le point de tomber vaut donc à peu près :

$$F = m \cdot g = \frac{2,2}{324} g = 0.067 [N]$$

La vitesse de marche d'un homme vaut à peu près $v = 0.75 \left[\frac{m}{s} \right]$

La vitesse de rotation des roues vaut au max. : $\omega_{max} = \frac{v}{R_{roue}} = 0.75 \cdot \frac{2\pi}{0.6} = 7,854 \left[\frac{rad}{s} \right]$

Calcul de l'angle φ (voir figure 13) :

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{l}{2R_c} \Leftrightarrow \varphi = 2 \sin^{-1} \frac{l}{2R_c}$$

Temps dont la graine dispose pour tomber :

$$\Delta t_{min} = \frac{\varphi}{\omega_{max}} = \frac{2 \cdot R_{roue}}{v} \cdot \sin^{-1} \frac{l}{2R_c}$$

Distance de chute :

$$a = g \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}\text{]}$$

$$v = gt + \frac{2,2}{324}g \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

$$x = \frac{1}{2}gt^2 + \frac{2,2}{324}gt \text{ [m]}$$

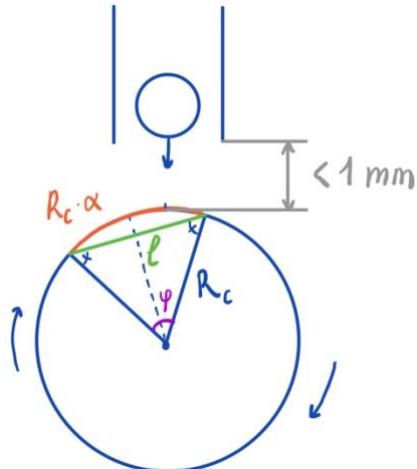


Figure 16 : chute d'une

La distance x_{min} que la graine va parcourir est donnée lorsque $t = \Delta t_{min}$:

$$x_{min} = \frac{1}{2}g \cdot \Delta t_{min}^2 + \frac{2,2}{324} \cdot g \cdot \Delta t_{min}$$

$$x_{min} = \frac{1}{2}g \cdot \left(\frac{2 \cdot R_{roue}}{v} \cdot \sin^{-1} \left(\frac{l}{2R_c} \right) \right)^2 + \frac{2,2}{324} \cdot g \cdot \frac{2 \cdot R_{roue}}{v} \cdot \sin^{-1} \left(\frac{l}{2R_c} \right)$$

Il faut que $x_{min} > R_{graine}$ pour que le centre de gravité de la graine ait le temps de tomber dans son trou et ne se casse pas en deux.

Application numérique :

R_{graine} (mm)	l (mm)	x_{min} (mm)
0.5	1.5	0.652
1.5	4.5	3.24
2.5	7.5	7.55
3.5	10.5	13.61
4.5	13.5	21.47
5.5	16.5	31.17

On constate que x_{min} est tout le temps supérieur au rayon et même au diamètre de la graine dans certains cas, les graines ont donc le temps de tomber dans l'encoche sur le cylindre.

4. Débit de graines :

On s'intéresse ici au débit de graines semées, et donc au nombre de graines que l'on peut semer par unité de temps.

La vitesse de rotation des roues vaut (valeurs approximatives minimale et maximale) :

$$\omega_{max} = \frac{v_{marche\ max}}{R_{roue}} = 1.11 \cdot \frac{2\pi}{0.6} = 11.62 \left[\frac{rad}{s} \right]$$

$$\omega_{min} = \frac{v_{marche\ min}}{R_{roue}} = 0.56 \cdot \frac{2\pi}{0.6} = 5.86 \left[\frac{rad}{s} \right]$$

La vitesse de rotation des roues est retransmise au cylindre, ce qui signifie que celui tourne à la même vitesse que les roues. On a donc :

$$f_{max} = \frac{\omega_{max}}{2\pi} = 1.85 \text{ [tours/s]} \text{ et } f_{min} = \frac{\omega_{min}}{2\pi} = 0.93 \text{ [tours/s]}$$

Pour un espacement de 60 cm entre chaque graine, une graine tombe à chaque fois que le cylindre fait un tour. On a donc un débit de 1.85 graines/s au maximum et de 0.93 graines/s au minimum. En marchant à 4 km/h on peut ainsi planter 111 graines en une minute, ou 56 à 2km/h.

Pour un espacement de 30 cm entre chaque graine, deux graines tombent à chaque fois que le cylindre fait un tour. On a donc un débit de 3.7 graines/s au maximum et de 1.85 graines/s au minimum. En marchant à 4 km/h on peut planter 222 graines en une minute, ou 111 à 2 km/h.

Pour un espacement de 15 cm entre chaque graine, quatre graines tombent à chaque fois que le cylindre fait un tour. On a donc un débit de 7.4 graines/s au maximum et de 3.7 graines/s au minimum. En marchant à 4 km/h on peut planter 444 graines en une minute, ou 222 à 2 km/h.

5. Roues et erreur sur l'espacement des graines :

Nous n'avons malheureusement pas pu trouver des roues faisant exactement 60 cm de périmètre et 188.5 mm de diamètre. Nous avons donc opté pour des roues de diamètre 20 cm, et nous calculons ici l'erreur relative que ce choix entraîne sur l'espacement entre les graines.

Le périmètre réel des roues vaut : $P = 2\pi R = 2\pi \cdot 10 = 62.83 \text{ [cm]}$

Au lieu d'un espacement de 60 cm entre chaque graine pour le premier réglage on aura donc 62.83 cm. Les deux autres espacements seront de 31.42 cm et 15.71 cm au lieu de 30 et 15 cm respectivement.

$$\text{L'erreur relative vaut : } \delta = \frac{|val\ théorique - val\ réelle|}{val\ théorique} \cdot 100 = \frac{|60 - 62.83|}{60} \cdot 100 = 4.7\%$$

Cette erreur relative étant faible, on peut considérer que l'objectif est atteint.

6. Réservoir :

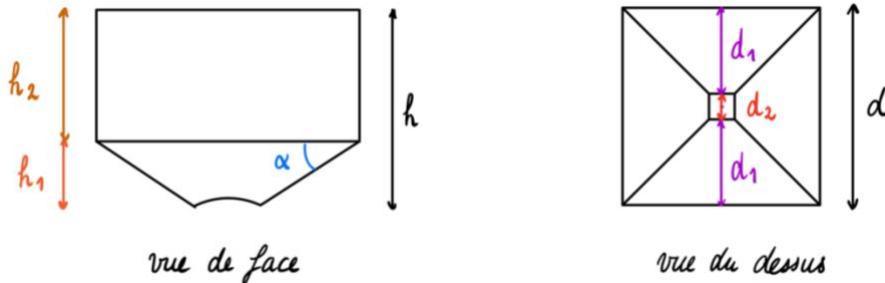


Figure 17 : dimensions du réservoir

On fixe :

$d_2 = 18\text{mm}$, ce qui correspond à la taille du plus grand trou, en ajoutant une marge dû au chanfrein tout autour de ce trou, et une marge de sécurité.

On fixe également $d = 210\text{ mm}$, ce qui correspond avec la taille voulue de notre mécanisme, tout en gardant l'accès confortable pour l'utilisateur, pour remplir le réservoir par exemple.

Ceci nous donne $d_1 = \frac{d-d_2}{2} = 96\text{ mm}$.

De plus, on pose $\alpha = 20^\circ$, ce qui nous permet d'avoir une pente raisonnable afin de faire converger les graines vers la sortie, tout en étant assez ‘plat’ pour minimiser l’effet « entonnoir » qui met beaucoup de pression sur les graines proche du fond (en contribuant rapidement à l’élargissement du réservoir)

Le réservoir doit pouvoir contenir au minimum $2L$ de graines. C'est à partir de cette information qu'on pose l'équation suivante :

$$V = 0.002 [\text{m}^3] = \frac{1}{6}h_1(d_2 \cdot d_2 + (d_2 + d)^2 + d \cdot d) + h_2 \cdot d \cdot d$$

On en déduit le système :

$$\begin{cases} \frac{1}{6}h_1(d_2 \cdot d_2 + (d_2 + d)^2 + d \cdot d) + h_2 \cdot d \cdot d - 0.002 = 0 \\ h_1 = \tan \alpha \cdot d_1 \end{cases}$$

Application numérique :

$$h_1 = 34,94\text{mm}$$

$$h_2 = 32,6\text{ mm}$$

Afin de faciliter la production, ainsi que d'avoir une marge de sécurité, on imagine un réservoir légèrement plus grand que celui-ci. C'est pour cela qu'on pose que h_2 , c'est-à-dire la partie verticale, est égale à 45mm. Ceci veut dire que la hauteur totale h est environ égale à 80mm.

Nos valeurs réelles sont : $d_2 = 16.62$ mm

$$h_1 = 33,5 \text{ mm}$$

$$h_2 = 46,5 \text{ mm}$$

Le volume dans ce cas-ci est donc réellement égal à 2,55L.

7. Axes :

Axe du cylindre :

L'axe du cylindre comporte plusieurs éléments :

- Une partie cannelée au milieu de l'axe pour que le cylindre puisse translater sur l'axe (réglage de la taille des graines) mais soit contraint à tourner avec l'axe.
- La partie droite doit être un axe de diamètre 28 mm (voir section 2. Cache) et doit comprendre un logement pour le bouton poussoir « de type valise », ce qui rajoute une pièce supplémentaire et deux vis (voir suite).
- La partie gauche doit être un axe de 22 mm (Afin de permettre le montage du cylindre sur la partie cannelée). Elle comprend une roue dentée, donc deux circlips et une clavette pour que l'engrenage entraîne l'axe en rotation et ne translate pas sur l'axe. Ainsi, l'axe doit contenir un logement pour clavette et deux rainures pour les circlips.
- Un roulement à bille fixes dans le bâti à gauche (côté opposé au cache), et une douille à bille du côté du cache ce qui permet la libre translation et rotation du cache autour de l'axe du cylindre.
- L'axe ne doit pas pouvoir translater par rapport au bâti : il faut donc deux circlips autour du bâti, donc deux rainures sur l'axe.

7.1. Calculs de la longueur de l'axe et de la partie cannelée

- La distance entre l'intérieur des roues doit faire 450 mm (400 mm entre les bords extérieurs du sillon + 25 mm de marge de chaque côté pour que les roues ne roulent pas sur la terre formée par le sillon).
- La sortie du réservoir doit se trouver au milieu des roues (à 225 mm du bord de la roue) pour que la graine tombe au milieu du sillon.
- La partie cannelée doit faire au minimum 246.5 mm (taille du cylindre 139 mm + déplacement à droite maximal de $21.5 \cdot 5 = 107.5$ mm)
- Pour la partie cannelée on prend de la marge à droite et à gauche pour que le cylindre ne se bloque pas dans les positions extrêmes : 5 mm à droite et 8 mm à gauche car le cache fait 8 mm d'épaisseur sur les côtés.
- La roue dentée peut être placée n'importe où à gauche de la partie cannelée de l'axe : la roue dentée du bas est située à $78.75 - 25 = 53.75$ mm horizontalement du bord extérieur du sillon.
- La partie qui dépasse à gauche doit être égale à l'épaisseur du circlip + distance min. après le circlip. (voir plus loin)
- La partie qui dépasse à droite doit être égale à 197.5 mm (manche du cache de 167.5 mm + marge de 30 mm).

Enfin, nous obtenons un axe d'une longueur totale d'environ **640 mm** (voir figure 18).

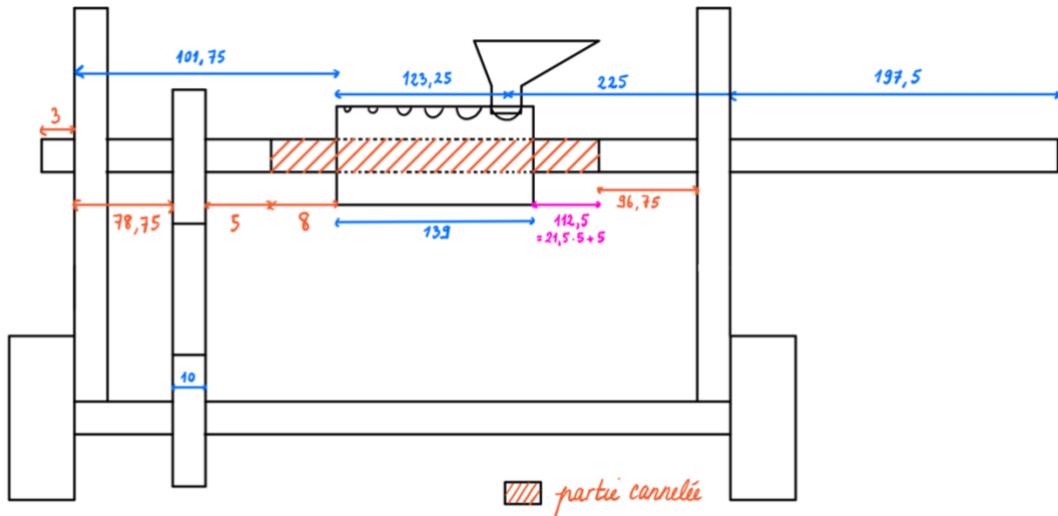


Figure 18 : dessin non à l'échelle des dimensions de l'axe du cylindre dans sa position la plus à gauche

En réalisant l'assemblage sur Catia nous nous sommes rendu compte que les plaques du bâti ne seraient pas directement collées aux roues mais qu'un circlip + le moyeu les sépareraient. Pour adapter notre pièce on a réduit la longueur de notre axe de 10.15.

7.2. Calculs de la partie contenant le bouton poussoir, le ressort, la pièce supplémentaire

En ce qui concerne le bouton poussoir, nous avons rencontré un problème lors de sa conception. Un simple fraisage n'empêchera pas le bouton de sortir de son logement, ce que nous ne souhaitons pas. Nous avons donc décidé de créer une petite pièce supplémentaire afin de retenir le bouton dans le trou (contenant le bouton et le ressort).

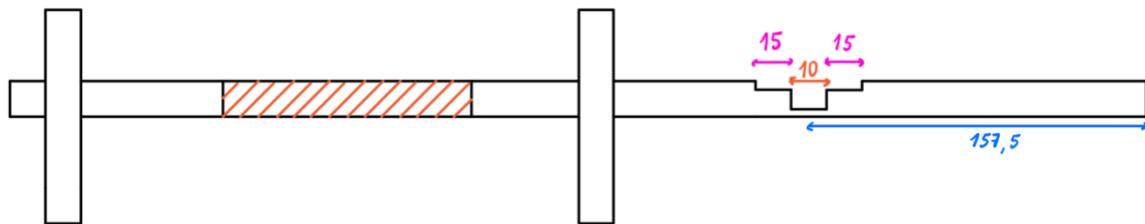


Figure 19 : schéma des dimensions du logement pour le bouton

- Le centre du bouton doit être à 157.5 mm du bord droit (le centre du premier trou sur le cache se trouve à 40 mm du bâti, voir 2. Cache).
- Le trou doit mesurer 10 mm de largeur et 10 mm de longueur (voir figure 18, a)

Le bouton :

Il est composé d'un « socle », un parallélépipède rectangle qui permet au bouton d'être bloqué dans son logement. Le bouton en lui-même a la forme d'une demi-sphère sur un cylindre.

Choix des dimensions : $d = 4.8 \text{ mm}$ car il doit passer dans un trou de 5 mm de diamètre, ce qui lui laisse 2 mm de marge ; $r = 2.4 \text{ mm}$ pour que ça soit une demi-sphère ; $h = 6.6 \text{ mm}$ car $r + h = 9 \text{ mm}$ (choisi en fonction du ressort trouvé sur le site du fournisseur), (3.798 mm qui dépassent, 1 mm d'épaisseur du cache et 4.202 mm dans l'axe, voir la suite).

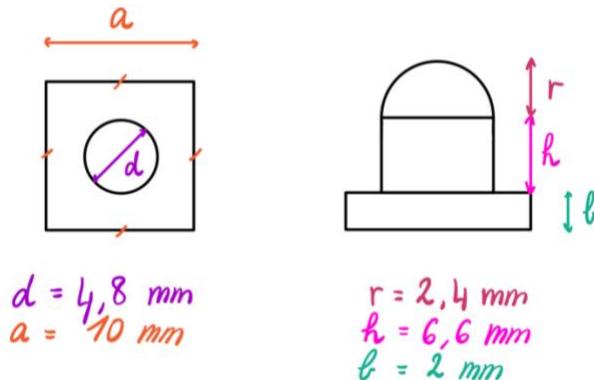


Figure 20 : schéma des dimensions du bouton, vue de dessus et vue de côté

Le ressort :

On doit avoir la distance max. à laquelle on peut comprimer le ressort
 $S_n = L_0 - L_n \geq 9 \text{ [mm]} = r + h$

Sur le site du fournisseur on trouve un ressort avec $S_n = 9.19 \text{ [mm]}$ et
 $L_0 = 14.22 \text{ [mm]}$ (voir annexe, Ressort Sodemann)

Cela nous définit la profondeur du trou $p = L_0 + b = 14.22 + 2 = 16.22 \text{ [mm]}$

La pièce supplémentaire :

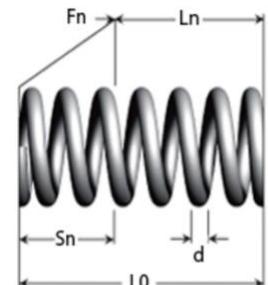


Figure 21 : ressort

Le but de la pièce supplémentaire est de permettre l'insertion du bouton dans son logement avant de visser la pièce par-dessus, empêchant le bouton d'en sortir. Pour ce faire, nous choisissons des vis M4 (taille minimale imposée par le cahier des charges), qui ne soit pas conique pour que le serrage de la pièce supérieure sur l'axe soit efficace, voir annexe).

7.3. Partie gauche de l'axe, circlips, clavette

Comme le diamètre intérieur de la partie cannelée fait 23 mm de diamètre et que la partie droite fait 28 mm de diamètre il faut absolument que la partie gauche ait un diamètre $\leq 23 \text{ mm}$ afin de pouvoir monter le cylindre sur l'axe du cylindre au moment de l'assemblage. On prendra $d = 22$

mm pour avoir une mesure standard (des roulements à billes allant sur un axe de 23 mm sont difficiles à trouver).

Nous avons donc besoin de quatre circlips, deux autour de la roue dentée, deux autour du bâti. L'épaisseur de la rainure est de 1.35 mm et l'espace minimal après la rainure est fixé à 1.5 mm, ce qui exige que la taille de l'axe qui dépasse à gauche soit de 3 mm ($1.35 + 1.5 = 2.85$). Pour d'avantage de précisions concernant les circlips et la clavette, voir les annexes.

7.4. Poids et enlèvement de matière

28 mm étant un diamètre très élevé pour un axe nous avons décidé de le faire creux et en aluminium pour réduire son poids au maximum. Sur la partie droite du bouton le diamètre extérieur étant de 28 mm, on choisit un diamètre intérieur de 18 mm (dimensions standard). En ce qui concerne la partie cannelée on fera un diamètre intérieur de 11, l'endroit le plus « sensible » étant l'endroit où se trouve le logement à clavette où on a un rayon de $11 - 3.2 = 7.8$ [mm] (voir annexes).

7.5. Axe supplémentaire

Nous avons dû faire face à un problème durant la conception de nos axes, et notamment de nos engrenages (voir section 8) : l'axe du cylindre a besoin d'être à une distance minimum d'environ 114 mm de l'axe des roues (à cause du rayon des roues ainsi que le rayon de l'axe du cylindre). Il nous a fallu donc trouver une solution afin de transmettre le mouvement des roues à notre cylindre, tout en ayant cette distance minimale. Nous avons longuement hésité entre l'usage d'une chaîne, ou de réviser notre plan précédent, qui utilisait des engrenages.

Cette seconde solution consiste à avoir un axe intermédiaire entre l'axe des roues et du cylindre, qui a aussi un engrenage. Nous avons opté pour la solution, qui nous semblait plus simple par rapport aux pièces que nous avions déjà conçues, et qui n'avait pas de réel inconvénient, mis à part le poids ajouté. Le sens de rotation de notre cylindre est inversé, mais cela n'a pas d'incidences sur le fonctionnement de notre mécanisme.

Nous avons donc conçu un axe supplémentaire avec un engrenage similaire aux deux autres. Ce système à trois engrenages a un très bon rendement et reste très précis.

8. Engrenages :

Pour permettre le réglage de l'espacement entre les graines, les roues du semoir mesurent 60 cm de périmètre. Nous voulons donc que le cylindre fasse un tour sur lui-même quand les roues font un tour.

Selon le rapport : $i = 1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1}$ il faut donc que les roues dentées de l'axe du cylindre et des roues aient le même nombre de dents et le même rayon r .

Dimensions utiles :

- Rayon du cylindre : $R_C = 35 \text{ [mm]}$
- Rayon des roues : $R_R = \frac{600}{2\pi} = 95.49 \text{ [mm]}$

Contraintes :

- Pour que le cylindre ne touche pas l'axe de rotation des toues il faut : $R_C < 2r$ (diamètre de tête d'une roue dentée, représente aussi la distance entre les deux axes)
- Pour que la roue dentée sur l'axe des roues ne touche pas le sol il faut : $r < R_R$

Au final on a : $R_C < 2r < 2R_R \Leftrightarrow 35 < 2r < 191 \Leftrightarrow 17.5 < r < 95.5$

Choix du module :

- Effort tangentiel : $T_{max} = 100 \text{ [N]}$ (poussée maximum sur le semoir)
- Résistance pratique en traction (acier EN 1.7220) : $\sigma_{pe} = 400 \text{ [Mpa]}$
- $7 \leq k \leq 12$

$$\text{On a donc : } m \geq 2.34 \cdot \sqrt{\frac{T}{k \cdot \sigma_{pe}}} \Leftrightarrow m \geq 2.34 \cdot \sqrt{\frac{100}{7 \cdot 400}} = 0.44$$

(en ayant pris les valeurs min. de σ_{pe} et k)

On choisit donc un module (normalisé) : $m = 1$

À partir du module nous pouvons calculer les caractéristiques des deux roues dentées (les deux sont identiques), pour $d = 80 \text{ [mm]}$, diamètre choisi arbitrairement, existant dans le catalogue du fournisseur (voir annexe 1.7) :

Nombre de dents	$z = \frac{d}{m}$	80 <i>dents</i>
Pas primitif	$p = \pi \cdot m$	3.14 <i>[mm]</i>
Entraxe entre les deux roues	$a = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2}$	80 <i>[mm]</i>
Hauteur de la dent	$h = h_a + h_f = m + 1.25 \cdot m$	2.25 <i>[mm]</i>
Diamètre de tête	$d_a = d + 2m$	82 <i>[mm]</i>
Diamètre de pied	$d_f = d - 2.5m$	77.5 <i>[mm]</i>

Épaisseur de la dent (jeu nul)	$s = \frac{\pi \cdot m}{2}$	1.57 [mm]
Angle de pression	α	20 [°]

Par simplicité, nous avons opté pour un engrenage avec des caractéristiques identiques à ces deux. La distance mentionnée en section 7.5. est donc bien surmontée et le système reste très efficace.

9. Hauteur du semoir et triangle qui ferme le sillon :

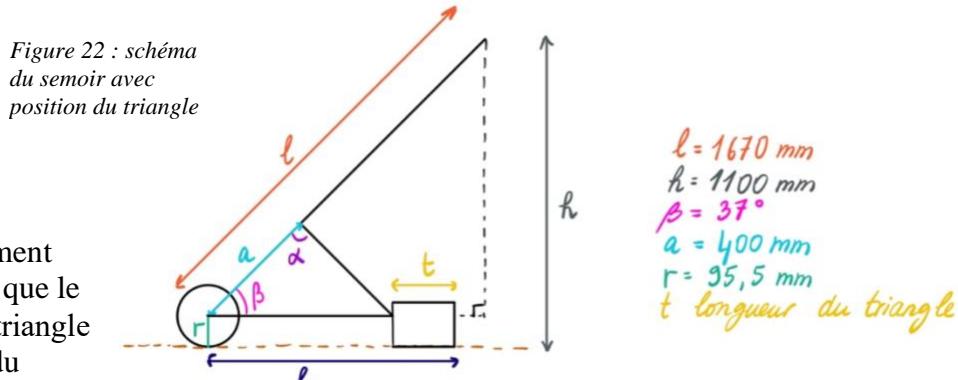
9.1. Hauteur du semoir / bâti

Pour que le semoir soit facile d'utilisation, il faut que l'utilisateur n'ait pas à se pencher pour semer ses graines. On choisit donc une hauteur de $h = 1.10$ m (voir figure 22), ce qui nous semble raisonnable pour une personne de taille moyenne.

Par ailleurs, on choisit un angle β avec l'horizontale de 37° car cet angle doit être plus petit que 45° degrés pour que le système ne penche pas vers l'avant quand l'utilisateur pousse, et les cos et sin de 37° ont des valeurs presque rondes.

9.2. Position du triangle

Pour que la personne ne se prenne pas les pieds dans le triangle en marchant, il faut que l'arrière du triangle soit au maximum à une distance $b_{max} = l \cdot \cos \beta = 1670 \cdot \cos 37^\circ = 1333.7$ [mm] de l'axe des roues.



On choisit arbitrairement $a = 400$ [mm] pour que le point d'accroche du triangle se trouve au-dessus du réservoir.

Le calcul de la longueur t du triangle se fait à partir de la mesure de l'ouverture du triangle : celle-ci doit être assez grande pour permettre de refermer le sillon correctement. Ce dernier mesure 400 mm de large. On choisit donc une ouverture de 440 mm, ce qui nous permet d'obtenir $t = 184.6$ [mm].

À partir de ces mesures, on peut trouver la distance qui sépare l'arrière du triangle de l'axe des roues, en prenant $\alpha = 90^\circ$:

$$b = \frac{a}{\cos \beta} + t = \frac{400}{\cos 37^\circ} + 184.6 = 685.5 \text{ [mm]}$$

Cette valeur est largement inférieure à b_{max} , donc l'utilisateur ne sera pas dérangé par le triangle en poussant le semoir.

Dans la pratique, notre angle α est égal à environ 85° , ce qui réduit d'autant plus la distance du triangle par rapport à la valeur théorique.

10. Rendement :

Afin de calculer le rendement du semoir, nous devons d'abord montrer qu'il roule sans glisser sur la terre :

La condition pour qu'il y ait roulement sans glissement est :

$$F_p \leq \mu \cdot N$$

F_p est la force de poussée, μ le coefficient de frottement statique des roues sur la terre, et N est la normale. On somme les forces sur l'axe vertical et on obtient $N = mg$.

On peut donc écrire :

$$F_p \leq \mu \cdot mg$$

Après quelques recherches internet, nous avons trouvé que le coefficient de frottement statique du nylon sur la neige et d'un pneu sur l'herbe valent tous deux 0.35¹. Nous choisissons donc $\mu = 0.35$, ce qui nous paraît être une valeur raisonnable.

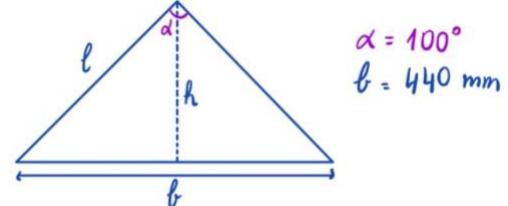
On obtient donc : $F_p \leq 51.5 [N]$

Calcul du volume maximal de terre dans le triangle :

$$l = \frac{b}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} [\text{m}]$$

$$h = l \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{b}{2} \cdot \frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}} [\text{m}]$$

$$\text{aire du triangle} : A = \frac{b \cdot h}{2} = 0.041 [\text{m}^2]$$



Le triangle a une hauteur de 15 cm, afin de pouvoir reboucher le sillon (qui mesure 10 cm de profondeur).

Volume du triangle : $V = A \cdot 0.15 = 6.15 \cdot 10^{-3} [\text{m}^3]$

On peut ainsi calculer la force nécessaire pour déplacer la terre (force de frottement, obtenue avec un bilan des forces) :

$$F_t = V \cdot \rho_{terre} \cdot g \cdot \mu [\text{N}]$$

Ici μ vaut 0.6 (valeur donnée en cours de mécanique), et $\rho_{terre} = 1250 [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]^2$

On a donc : $F_t = 6.15 \cdot 10^{-3} \cdot 1250 \cdot 9.81 \cdot 0.6 = 45.2 [\text{N}]$

¹ Source : https://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html

² <http://www.machinerie-spectacle.org/poids-et-masse.html>

On trouve également la force de frottement avec roulement (totale et maximale) qui s'applique sur les roues³ :

$$F_{f\ max} = \mu_R \cdot N = \mu_R \cdot m \cdot g = 0.01 \cdot 15 \cdot 9.81 = 1.47 [N]$$

À partir de ces calculs, on peut déduire la valeur de la force de poussée :

$$F_p = F_t + F_{f\ max} = 46.67 [N]$$

On constate que cette valeur est inférieure à la valeur limite trouvée précédemment, donc on est bien dans le cas d'un roulement sans glissement.

Pour le calcul du rendement, on doit aussi prendre en compte les deux roues dentées, les cinq roulements du système et la douille à billes. D'après le cours de Construction Mécanique, le rendement du mécanisme d'engrenage est environ de 98%, et celui d'un roulement est de 99%. En ce qui concerne la douille à billes, celle-ci a un rendement élevé et fonctionne avec un faible frottement⁴. On considère donc qu'elle a un rendement identique à celui des roulements à billes. De plus, on considère F_t la force utile car une grande partie de la force exercée est utilisée pour refermer le sillon après passage de la machine. Elle est également simple à quantifier et représente bien le rendement de notre machine. On a donc :

$$\eta = \frac{F_t}{F_p} \cdot (0.98)^2 \cdot (0.99)^6 = 87.6\%$$

³ On trouve la valeur de μ_R dans le cours de construction mécanique 2020

⁴ Uiker.ch, Schaeffler Technologies

11. Résistance :

11.1. Résistance des vis

Les vis que nous utilisons sont en acier inox de qualité standard A2, de classe de qualité 70 ou 50.

$$R_{e,70} = 70 \cdot 10 = 700 \frac{N}{mm^2}$$

$$R_{e,50} = 50 \cdot 10 = 500 \frac{N}{mm^2}$$

$$R_e = \frac{F_{max}}{A_s}$$

$$A_s = 8,8 \text{ mm}^2 (\text{M4})$$

$$A_s = 14,2 \text{ mm}^2 (\text{M5})$$

$$A_s = 20,1 \text{ mm}^2 (\text{M6})$$

$$A_s = 36,6 \text{ mm}^2 (\text{M8})$$

Application numérique : $F_{max, M4, 70} = 6160 \text{ N}$

$$F_{max, M4, 50} = 4400 \text{ N}$$

$$F_{max, M5, 50} = 7100 \text{ N}$$

$$F_{max, M6, 50} = 10050 \text{ N}$$

$$F_{max, M8, 50} = 18300 \text{ N}$$

Sachant que notre mécanisme pèse au maximum 15kg, même avec la charge supplémentaire des graines, nous pouvons déduire que ces charges, qui font plusieurs ordres de grandeurs en plus que celles habituellement rencontrée par notre mécanisme, ne seront jamais atteintes.

11.2. Résistance au cisaillement des clavettes

La contrainte de cisaillement est donnée par :

$$\tau = \frac{F}{A} [\text{MPa}]$$

avec F [N] l'effort tranchant et A [mm^2] la section cisaillée.

La condition de non-cisaillement est $\tau < R_{pg}$ avec R_{pg} la résistance pratique au cisaillement.

Nos clavettes sont de formes B (parallèle) selon l'extrait de normes 2018, leur section est donc donnée par :

$$A = b \cdot L$$

On considère le cas limite $F_{max} = R_{pg} \cdot A$.

Application numérique : $A_{clavette \text{ engrenage, axe cylindre}} = 60 \text{ mm}^2$

$$A_{clavette \text{ engrenage, axe roues}} = 40 \text{ mm}^2$$

$$A_{clavette, roues} = 200 \text{ mm}^2$$

$$A_{clavette, axe sup.} = 30 \text{ mm}^2$$

$$R_{e, \text{inox(A2)}} = 700 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
R_{pg} &= 350 \text{ MPa} \\
F_{\max, \text{axe cylindre}} &= 21000 \text{ N} \\
F_{\max, \text{axe roues}} &= 14000 \text{ N} \\
F_{\max, \text{roues}} &= 70000 \text{ N} \\
F_{\max, \text{axe sup.}} &= 10500 \text{ N}
\end{aligned}$$

Ces forces sont d'un ordre de grandeur bien supérieur à celui auquel les clavettes vont être exposées, on peut donc en déduire qu'il n'y a pas de risques de cisaillement pour les clavettes utilisées.

11.3. Résistance à la torsion des axes

Les axes du cylindre et des roues sont en rotation. Il faut donc vérifier que son axe résiste à la torsion. La valeur de la contrainte tangentielle nous est donnée par la formule :

$$\tau_{\max} = \frac{M_t \cdot r}{I_0} [\text{MPa}]$$

et le moment quadratique d'une section circulaire [mm^4] est donné par :

$$I_0 = \frac{\pi \cdot D^4}{32}$$

Où M_t [N.mm] est le moment de torsion, r [mm] est le rayon de l'axe, et D [mm] le diamètre.

En remplaçant, on trouve $\tau_{\max} = \frac{M_t \cdot 2}{\pi \cdot r^3}$

Il y a résistance à la torsion lorsque $\tau_{\max} < R_{pg}$, où la résistance pratique au cisaillement R_{pg} est donnée par $R_{pg} = \frac{R_e}{s}$, avec s un facteur de sécurité valant à peu près 2 et R_e la limite élastique de notre matériau.

Le moment de torsion est donné par : $M_t = F_{\text{appliquée}} \cdot R_{\text{axe}}$

Application numérique : $R_e = \text{environ } 250 \text{ MPa}$ (6082)

$$R_{pg} = 125 \text{ MPa}$$

$F_{\text{appliquée}} = \text{estimée à } 50 \text{ N}$

$$R_{\text{roues}} = 100 \text{ mm}$$

$$M_t = F_{\text{appliquée}} \cdot R_{\text{roues}} = 500 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$r_{\text{axe cylindre}} = 11.5 \text{ mm}$ (on prend la plus petite valeur entre les deux rayons pour prendre le cas le plus « sensible »)

$$r_{\text{axe sup.}} = 5 \text{ mm}$$

$$r_{\text{axe des roues}} = 6 \text{ mm}$$

d'où la valeur de $\tau_{\max, \text{cylindre}} = 0.209 \text{ MPa}$, $\tau_{\max, \text{roues}} = 1,474 \text{ MPa}$, et $\tau_{\max, \text{axe sup.}} = 2,546 \text{ MPa}$.

Ces valeurs sont nettement inférieures à 125 MPa, l'axe résiste donc bien en torsion.

11.4. Résistance du cache

Le cylindre, étant plus large et moins long que les axes, ne présente aucun risque de rupture en torsion. Cependant, la même chose ne peut pas être dite du cache, qui lui est très fin et est néanmoins soumis à des forces plus ou moins importantes. On considère le cas où l'utilisateur change de paramètre, c'est-à-dire tourne l'axe avec la force de sa main. On considère le cache comme un tube afin de simplifier les calculs, ce qui n'est pas très loin de la réalité car la partie la plus sensible est bien celle autour du cylindre. Un tube et les 'pales' de notre cache ont des propriétés mécaniques assez proches, ce qui justifie cette approximation. On surestime toutefois la force appliquée mis en jeu afin de justifier cette approximation.

Les calculs sont assez proches de ceux de la section 3 :

$$\text{La contrainte tangentielle max est donnée par : } \tau_{\max} = \frac{M_t \cdot r}{I_0} \text{ [MPa]}$$

Le moment quadratique pour un tube : $I_0 = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32}$, avec D le grand diamètre et d le diamètre alésé.

La condition pour avoir résistance à la torsion est toujours $\tau_{\max} < R_{pg}$.

Le cache est en laiton (37), sa limite élastique est environ 350 MPa. On a aussi le moment de torsion $M_t = F_{\text{appliquée}} \cdot R_{\text{manche du cache}}$

Application numérique :

$R_{pg} = 175 \text{ MPa}$
$F_{\text{appliquée}} = \text{estimée à } 100 \text{ N}$
$R_{\text{cache}} = 14 \text{ mm}$
$M_t = 1400 \text{ N} \cdot \text{mm}$
$D_{\text{cache}} = 70,4 \text{ mm}$
$D_{\text{cylindre}} = 70 \text{ mm}$
$\tau_{\max} = 0,91 \text{ MPa}$

Cette valeur de τ_{\max} est bien inférieure à la résistance pratique du laiton (37). La différence est telle qu'il nous semble possible de tirer la même conclusion pour notre cache, qui lui sera soumis à moins de force (seule la force de la main entre en jeu).

On en déduit donc que notre cache peut donc avoir une épaisseur de 0.4 mm sans risque de casse.

11.5. Résistance en flexion des engrenages

La condition de résistance en flexion est donnée par : $\sigma_{\max} < \sigma_{pe}$

Où : σ_{\max} [MPa] est donnée par $5,47 \cdot \frac{T}{k \cdot m^2}$, avec T la contrainte, k le coefficient de largeur de denture et m le module.

σ_{pe} la résistance pratique en traction est donnée par $\frac{R_e}{2}$, avec R_e la limite élastique (EN 1.7220).

Application numérique :

T estimée à 100 N
k = 7
m = 1 mm
$R_e \approx 800 \text{ MPa}$
$\sigma_{pe} = 400 \text{ MPa}$
$\sigma_{\max} = 78,14 \text{ MPa}$

σ_{max} est bien inférieure à σ_{pe} , on peut donc considérer que nos engrenages (les trois identiques) résistent bien en flexion.

11.6. Résistance générale

La plupart de nos pièces sont soit en aluminium, soit en acier, soit en laiton qui sont des matériaux résistants par rapport aux contraintes auxquelles ces pièces vont être exposées, qui ne dépassent pas les quelques centaines de Newton.

De même, les pièces en Nylon 12 ne sont pas non plus exposées à de très fortes contraintes. Les roues soutiennent au grand maximum une vingtaine de kilos ensemble, et le réservoir au maximum les quelques kilos des graines lorsqu'il est plein.

Pour ces raisons, nous pouvons considérer que notre semoir résiste aux charges auxquelles il est soumis.

12. Ajustements :

12.1. Ajustement du cylindre sur son axe

Il s'agit premièrement de la tolérance d'ajustement entre le cylindre et son arbre. Le cylindre doit être mobile en translation sur son axe (par la seule force de la main), et donc facilement déplaçable. Le fait qu'il y ait du jeu n'est pas un problème pour la solidarité en rotation car l'arbre et l'alésage sont tous deux cannelés. On choisit ainsi une tolérance h9 pour l'arbre et H8 pour l'alésage. Comme les deux sont cannelés, il y a deux diamètres : le « grand » diamètre est de 28 mm et le « petit » de 23 mm. On peut choisir l'un ou l'autre pour déterminer la plage de tolérance car cela ne fait aucune différence.

Jeu maximal : 85 µm

Jeu minimal : 0 µm

12.2. Ajustements du cache

En ce qui concerne l'ajustement entre le cylindre et son cache, on souhaite avoir un jeu à peine perceptible, pour que l'utilisateur puisse juste déplacer le cache (alésage) à la main, mais que la rotation du cylindre entraîne la rotation du cache également. On choisit donc une tolérance h6 pour l'arbre et H7 pour l'alésage. Le diamètre est de 70 mm.

Jeu maximal : 49 µm

Jeu minimal : 0 µm

Nous choisissons les mêmes tolérances pour le manche du cache et l'axe du cylindre, puisque les contraintes à respecter sont les mêmes. Le diamètre est de 28 mm.

Jeu maximal : 34 µm

Jeu minimal : 0 µm

Nous n'avons pas de soucis à nous faire quant au fait que le cache est bien solidaire en rotation avec le cylindre, car le bouton poussoir représente une sécurité supplémentaire : en effet lorsque

celui-ci est enclenché pour le réglage choisi par l'utilisateur, il empêche le cache de bouger par rapport à l'axe du cylindre, et donc aussi par rapport au cylindre puisque celui-ci tourne avec l'axe.

12.3. Ajustements des roulements

Les deux roulements à billes sur l'axe des roues sont identiques. La charge est tournante par rapport à la bague intérieure, et on considère que c'est une charge « normale ». De plus, le diamètre est inférieur à 100, on doit donc prendre une tolérance k6 pour l'arbre (axe). Par ailleurs, la charge est fixe par rapport à la bague extérieure, la tolérance est donc H7 pour le logement (bâti).

Ceci implique que l'axe est serré dans le roulement mais que le roulement a du jeu avec le bâti. Pour qu'il ne puisse pas translater par rapport au bâti, on ajoute donc un épaulement à gauche sur le bâti pour le roulement de gauche et un épaulement à droite pour le roulement de droite.

Les mêmes tolérances sont valables pour le roulement de l'axe du cylindre. Or, puisqu'il n'y a qu'un seul roulement (à gauche, et une douille à billes à droite), on est donc forcés de fixer le roulement par rapport au bâti uniquement par le côté gauche. On ajoute pour ce faire une pièce supplémentaire que l'on visse sur le bâti, permettant de bloquer le roulement en translation.

12.4. Ajustements des deux parties du capot

Pour monter le capot on est obligé de le faire en deux parties. On réalise donc une pièce principale ouverte à l'arrière et une deuxième pièce qui va aller se loger dans un épaulement. On souhaite qu'une fois monté, le capot ne puisse pas s'ouvrir. On doit donc prendre une tolérance qui nous donne un serrage et on choisit un assemblage sous pression. La tolérance est donc H7 pour l'alésage et n6 pour la pièce arrière.

13. Guidage :

Nous avons deux axes en rotation dans notre semoir : un pour les roues et un pour le cylindre. Pour chacun de ces axes nous avons dû mettre en place un guidage pour limiter les mouvements de ces deux axes à une rotation dans la direction voulue.

Il existe plusieurs solutions pour mettre ceci en place. Celle que nous avons retenue pour l'axe des roues est celle des roulements à billes. En effet, ils sont plus durables que les paliers lisses, et étant donné la vitesse de rotation de nos axes, il est plus logique d'avoir une solution optimale par rapport aux frottements, qui useraient des paliers lisses bien trop vite.

De plus, un roulement à billes est plus précis qu'un coussinet. Ceci est un avantage pour notre mécanisme, car on manipule parfois des graines très petites, et toute variation dans la hauteur de l'axe (avec d'éventuels paliers lisses) auraient dû être pris en compte.

Enfin, les roulements à billes ont un excellent rendement, ce qui est avantageux pour toute machine.

Ces roulements sont tenus en place à l'aide d'épaulements dans l'axe des roues.

Pour l'axe du cylindre, cette solution n'était pas possible, parce que l'utilisateur a besoin de translater le cache autour de l'axe, sans pour autant bouger le reste de l'axe. C'est pour cela que

notre partie de l'axe qui traverse le bâti avec le cache est guidé par une douille à bille plutôt qu'un roulement.

Cependant, cette solution n'est pas parfaite car elle permet l'axe de translater, alors que nous voulons que celui-ci reste fixe alors que le cache, lui, peut translater. Afin d'adresser ce problème nous avons dû fixer le roulement à bille qui se trouve de l'autre côté. À gauche de celui-ci, on utilise un épaulement dans le bâti, comme pour l'axe des roues, et à droite, afin de permettre l'assemblage, nous avons décidé d'avoir une pièce jouant un rôle similaire à un épaulement, qui serait vissé au bâti une fois l'axe placé.

Un autre problème est la stabilité de notre pièce recouvrant le sillon, attachée de manière fixe au bâti. Nous avons eu besoin d'avoir un autre point d'accroche afin de la stabiliser. Notre solution est d'utiliser un embout à roulement qui serait relié à l'axe des roues. De cette manière, le triangle pourra être fixé autour de l'axe en rotation, sans que cette rotation soit problématique. Dans l'absolu toutes ces parties reliées au triangle sont une classe d'équivalence, ce qui est représenté par le code couleur du schéma de liaison.

Nous avons décidé de montrer deux schémas de liaisons, car le cache fait partie de la même classe d'équivalence à l'axe du cylindre lorsque le semoir est prêt à l'usage ou en mouvement, mais ils se différencient lorsqu'un réglage se fait, ce qui bouge le cache et le cylindre, mais pas l'axe.

(fig 24) le schéma de liaison de notre semoir « en motion ». On y voit les deux axes en rotations, ainsi que les embouts à roulements qui sont reliés au bâti à travers le triangle.

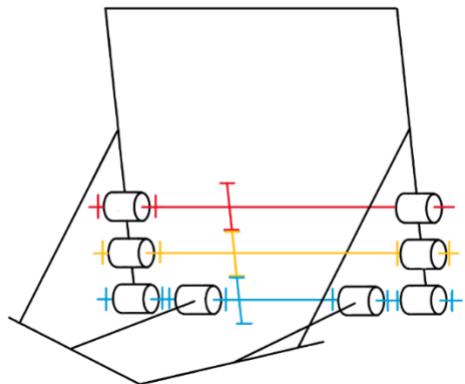


Figure 24 : schéma de liaisons quand la machine avance

(fig 25) le schéma de liaison de notre semoir « immobile ». On remarque que le cache et l'axe du cylindre sont maintenant différenciés (le cache translate et tourne autour de l'axe).

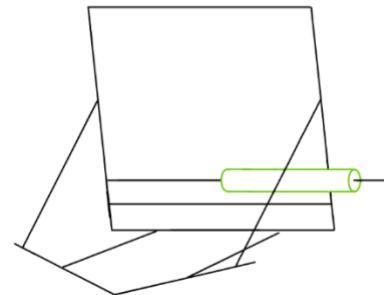


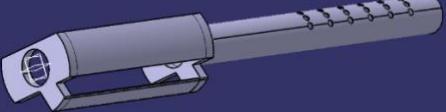
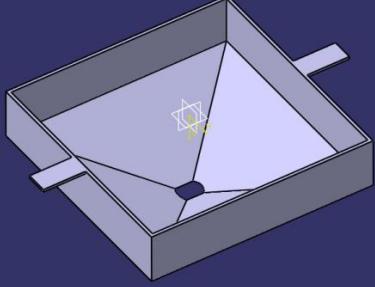
Figure 25 : schéma de liaison quand on change le réglage du cache

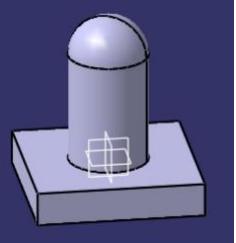
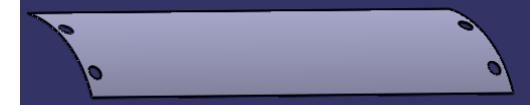
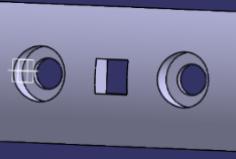
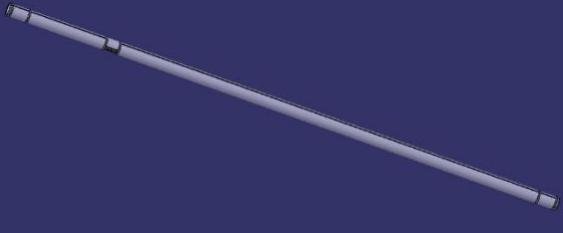
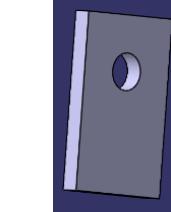
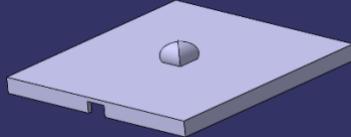
VII. Usinages et états de surface

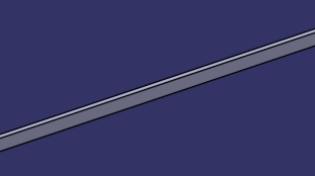
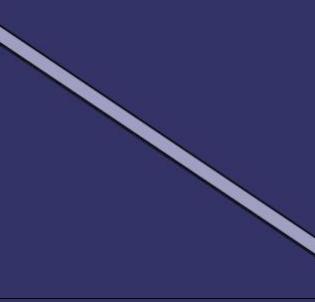
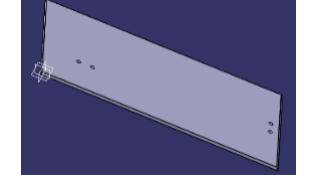
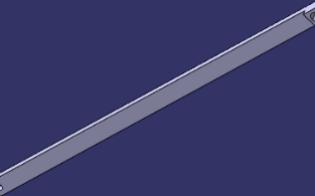
Pièce	Usinage	État de surface	Commentaires
Réservoir	Fraisage	N8 – Ra 3.2	
Cylindre à encoches	Tournage	N8 – Ra 3.2	Extérieur
	Alésage	N8 – Ra 3.2	Encoches (trous)
	Perçage	N9 – Ra 6.3	Facilite le fraisage suivant
	Fraisage	N8 – Ra 3.2	Cannelures internes
	Tournage	N8 – Ra 3.2	Manche + Partie extérieure
Cache (partie principale)	Perçage	N9 – Ra 6.3	Pour éviter le cache
	Fraisage	N8 – Ra 3.2	Pour éviter le cache
	Taraudage	-	Pour visser la deuxième partie du cache
Pale du cache	Fraisage	N8 – Ra 3.2	
	Perçage	N9 – Ra 6.3	Trous pour visser la plaque sur le cache
Axe du cylindre	Fraisage	N8 – Ra 3.2	Cannelures, logement à clavette, rainures pour circlips et logement pour le bouton
	Perçage	N9 – Ra 6.3	Pour éviter une partie
	Tournage	N8 – Ra 3.2	
	Taraudage	-	Pour les vis du bouton
Équerres de 100°	Pressage à froid	N8 – Ra 3.2	Changer l'angle qui est de 90° à la base
Équerre de 130°, L = 10	Pressage à froid	N8 – Ra 3.2	Changer l'angle qui est de 90° à la base
	Fraisage	N8 – Ra 3.2	Changer la longueur qui vaut L = 50 à la base
	Perçage	N9 – Ra 6.3	Trous de l'équerre
Axe de la poignée	Filetage	-	De chaque côté de l'axe
	Tournage	N8 – Ra 3.2	

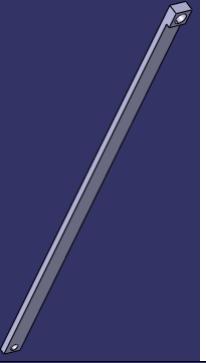
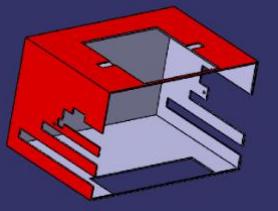
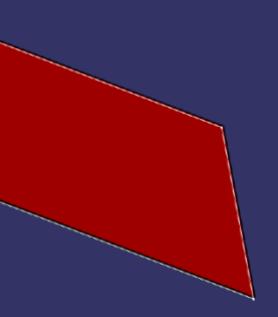
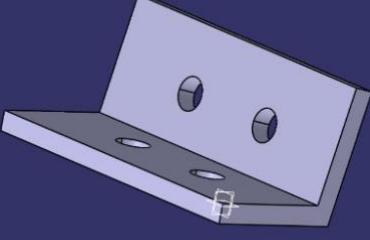
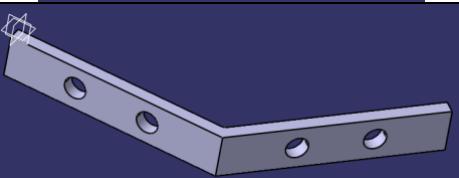
Axe des roues	Fraisage	N8 – Ra 3.2	Logements à clavettes, rainures pour circlips
	Tournage	N8 – Ra 3.2	
Bouton pousoir	Fraisage	N8 – Ra 3.2	
	Tournage	N8 – Ra 3.2	Partie supérieure
Pièce supplémentaire du bouton	Fraisage	N8 – Ra 3.2	
	Perçage	N9 – Ra 6.3	Trous pour les vis qui vont la fixer à l'axe
Axe roues-triangle	Filetage	-	À l'extrémité
	Tournage	N8 – Ra 3.2	
	Fraisage	N8 – Ra 3.2	Pour obtenir des plats des deux côtés
Plaques du chassis haut, milieu, et bas	Taraudage	-	Pour les vis
	Fraisage	N8 – Ra 3.2	
Plaques chassis-triangle	Taraudage	-	Pour les vis
	Fraisage	N8 – Ra 3.2	
Pales du triangle	Fraisage	N8 – Ra 3.2	
	Taraudage	-	Pour les vis
Pièces suppl. pour bloquer le roulement	Taraudage	-	
Couvercle	Fraisage	N8 – Ra 3.2	
Axe supplémentaire	Tournage	N8 – Ra 3.2	
	Fraisage	N8 – Ra 3.2	Logement à clavette, rainures pour circlips
Poignées	Découpage simple	-	Réduire la longueur
Roues	Fraisage	N8 – Ra 3.2	Logements pour clavettes
Capot	Fraisage	N8 – Ra 3.2	
	Perçage	N9 – Ra 6.3	Trous pour les vis qui fixent le capot au bâti

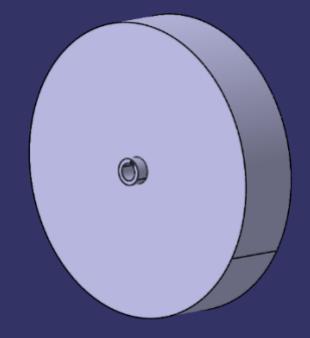
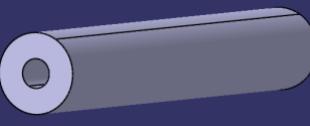
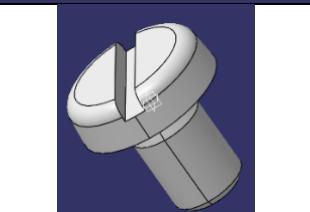
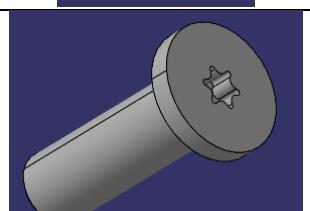
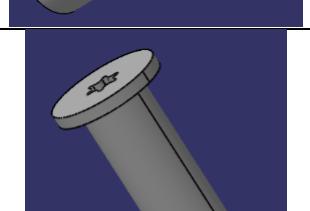
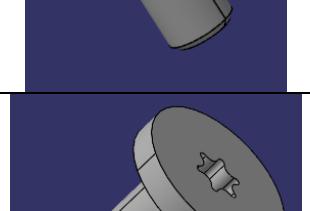
VIII. Liste des pièces

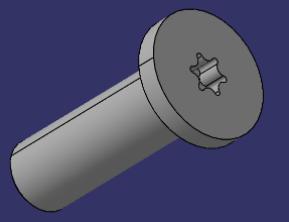
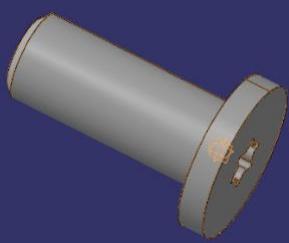
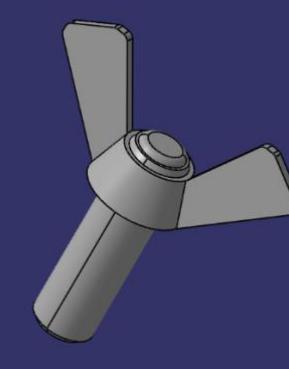
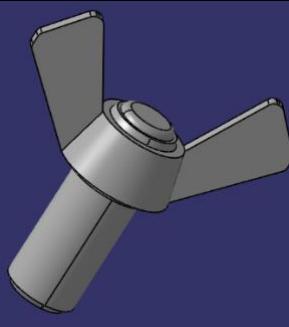
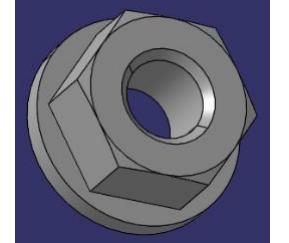
N°	Nom	Quantité	Acheté / usiné	Poids pièce [kg]	Vue	
1	Cylindre à encoches	1	Usiné	1.205		
2	Cache	1	Usiné	0.393		
3	Réservoir	1	Usiné	0.249		
4	Axe du cylindre	1	Usiné	0.748		
5	Axe de la poignée	1	Usiné	0.061		
6	Axe des roues	1	Usiné	0.174		

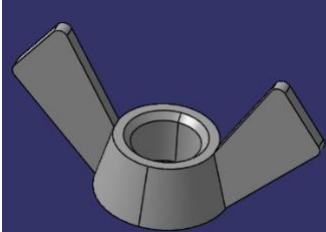
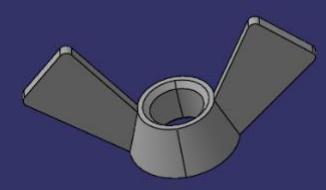
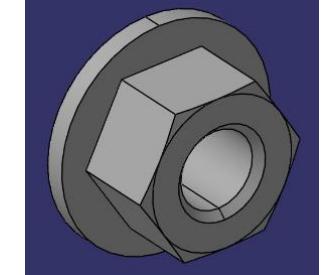
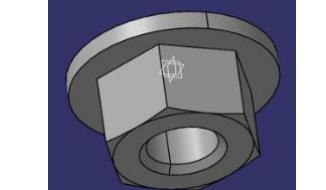
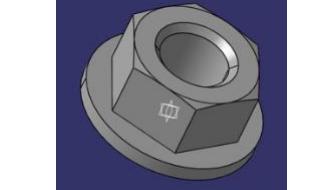
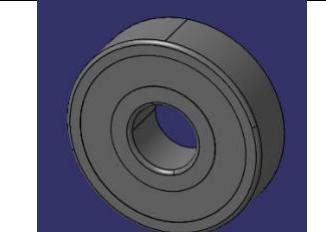
7	Bouton poussoir	1	Usiné	0.00094		
8	Pale du cache	1	Usiné	0.009		
9	Pièce supplémentaire du bouton	1	Usiné	0.005		
10	Axe supplémentaire	1	Usiné	0.096		
11	Pièce suppl. pour fixer le roulement en translation	2	Usiné	0.005		
12	Axe des roues vers le triangle	1	Acheté et Usiné	0.056		
13	Couvercle du réservoir	1	Usiné	0.258		

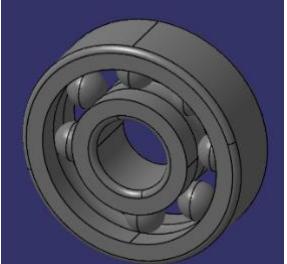
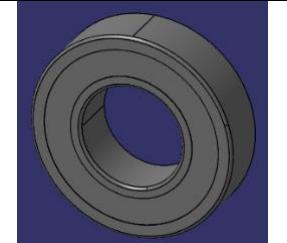
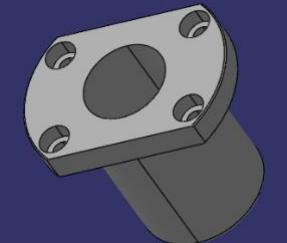
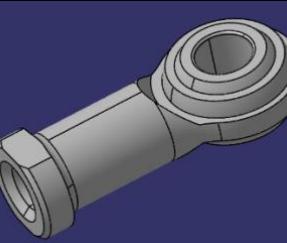
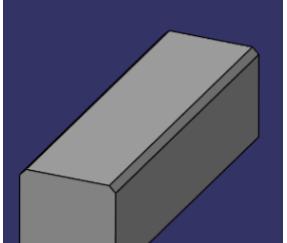
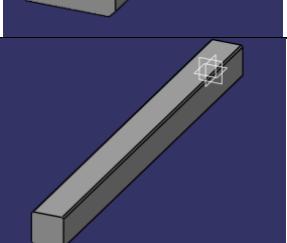
14	Plaque du chassis droite (bas)	1	Usiné	0.594		
15	Plaque du chassis gauche (bas)	1	Usiné	0.535		
16	Plaque du chassis (milieu)	2	Usiné	0.169		
17	Plaque du chassis (haut)	2	Usiné	0.17		
18	Pale du triangle gauche	1	Usiné	0.467		
19	Pale du triangle droite	1	Usiné	0.467		
20	Plaque chassis-triangle gauche	1	Usiné	0.038		

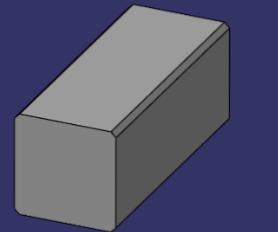
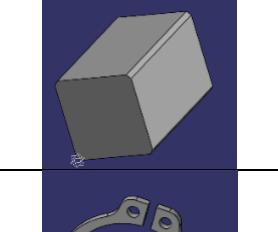
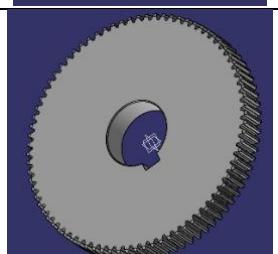
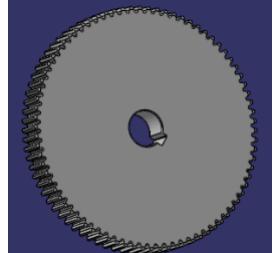
21	Plaque chassis-triangle droite	1	Usiné	0.038			
22	Capot partie avant	1	Usiné	1.771			
23	Capot partie arrière	1	Usiné	0.415			
24	Équerre L = 50	1	Acheté et Usiné	0.043			
25	Équerre L = 10	2	Acheté et Usiné	0.022			

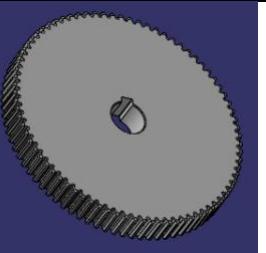
26	Roue	2	Acheté et Usiné	1.573			
27	Poignée en caoutchouc	2	Acheté et Usiné	0.089			
28	Vis M4 x 6	6	Acheté	0.001			
29	Vis M4 x 10	2	Acheté	0.002			
30	Vis M8 x 20	2	Acheté	0.009			
31	Vis M5 x 12	8	Acheté	0.003			

32	Vis M5 x 16	4	Acheté	0.001			
33	Vis M6 x 16	2	Acheté	0.001			
34	Vis à oreilles M6 x 15	4	Acheté	0.007			
35	Vis à oreilles M8 x 15	4	Acheté	0.013			
36	Écrou à embase M6	2	Acheté	0.004			

37	Écrou à oreilles M8	4	Acheté	0.005		
38	Écrou à oreilles M6	4	Acheté	0.002		
39	Écrou à embase M5	12	Acheté	0.002		
40	Écrous à embase M4	2	Acheté	0.002		
41	Écrou à embase M8	3	Acheté	0.006		
42	Roulements d = 10	2	Acheté	0.035		

43	Roulement $d = 12$	2	Acheté	0.059		
44	Roulement $d = 22$	1	Acheté	0.077		
45	Douille à billes Diamètre intérieur = 30	1	Acheté	0.569		
46	Embout à roulement M12	2	Acheté	0.103		
47	Clavette B = 3, $L = 10$	1	Acheté	0.0007		
48	Clavette B = 4, $L = 50$	2	Acheté	0.006		

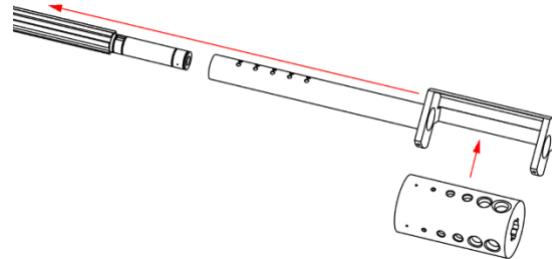
49	Clavette B = 4, L = 10	1	Acheté	0.001			
50	Clavette B = 6, L = 10	1	Acheté	0.003			
51	Circlip 20.5, (N°22)	4	Acheté	0.002			
52	Circlip 11.1 (N°12)	10	Acheté	0.0006			
53	Circlip 9.3 (N°10)	6	Acheté	0.00046			
54	Roue dentée D = 22	1	Acheté	0.364			
55	Roue dentée D = 10	1	Acheté	0.386			

56	Roue dentée D = 12	1	Acheté	0.386			
57	Ressort	1	Acheté	0.00077			

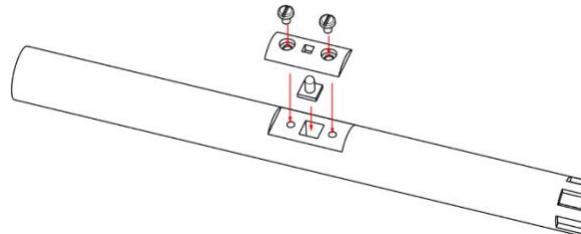
IX. Notice de montage

Voici comment assembler ces pièces afin de construire le semoir portatif :

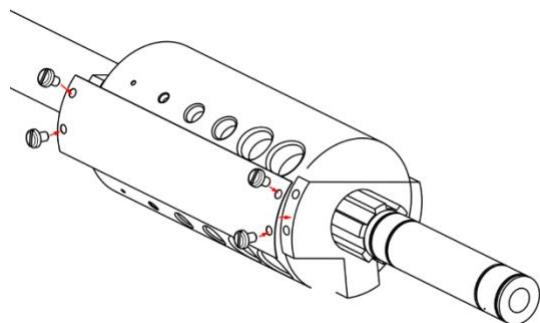
1. Insérer le cylindre dans socle ouvert du cache, puis enfiler le cache autour de l'axe du cylindre.



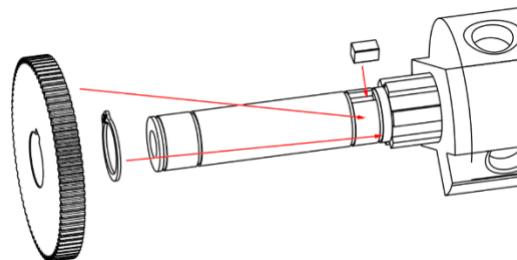
2. Poser le bouton au-dessus du ressort dans son socle, placer la pièce détaillée ci-contre pour stabilité. Visser cette pièce à l'aide de deux vis M4 x 6



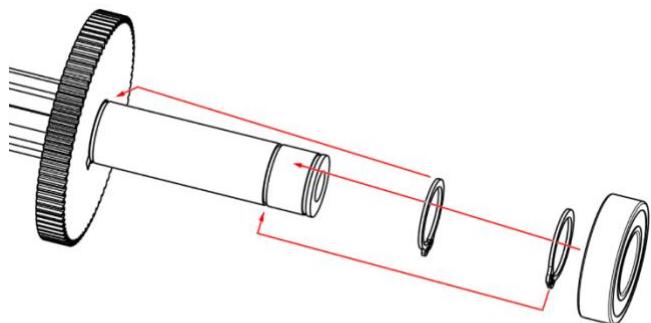
3. Visser la pale restante du cache à l'aide de 4 vis M4 x 6.



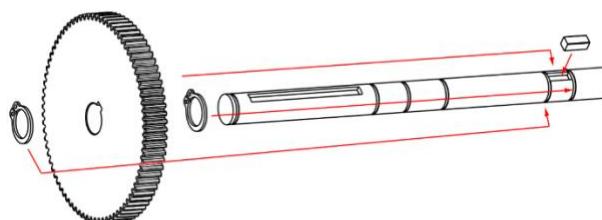
4. Poser circlip (20.5) dans la rainure prévue à cet effet, suivi de la clavette (b = 6, 1 = 10). La roue dentée avec diamètre intérieur 22 peut être placée, en faisant bien attention à la positionner de telle sorte que la clavette soit dans le socle prévu à cet effet.



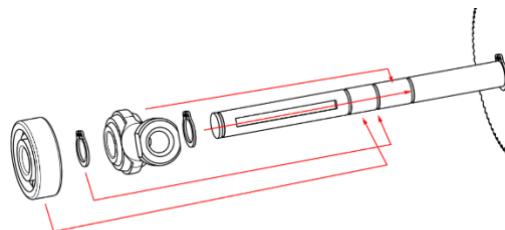
- Poser second circlip pour bloquer la roue dentée. Même procédure avec les circlips pour le roulement à bille (diamètre intérieur 22) qu'avec la roue dentée (cf. schéma)



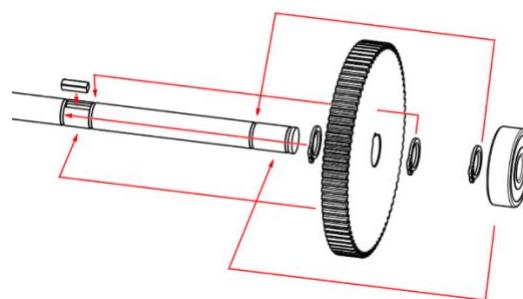
- Sur l'axe des roues, placer circlip (11.1), clavette ($b = 4$, $l = 10$), roue dentée (diamètre intérieur = 12), puis circlip (11.1) (dans les rainures comme précédemment)



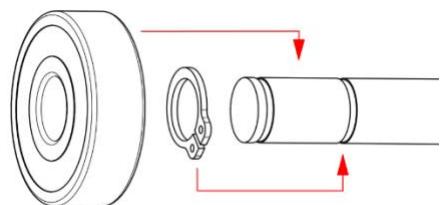
- Placer circlip (11.1), embout à roulement, et à nouveau circlip, avant de placer le roulement à bille de l'axe des roues (diamètre intérieur 12) (suivi d'un circlip 11.1 également). Cette procédure est répétée sur l'autre côté de l'axe, avec le même ordre.



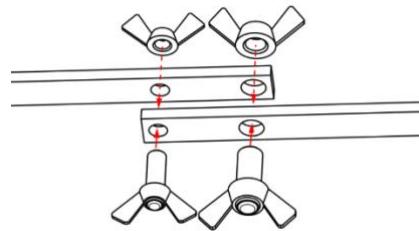
- Sur l'axe restant, suivre la même procédure : circlip (9.3), clavette ($b = 3$, $L = 10$), roue dentée (diamètre intérieur 10), circlip (9.3), puis un autre circlip afin de garder le roulement à bille (diamètre intérieur 10)



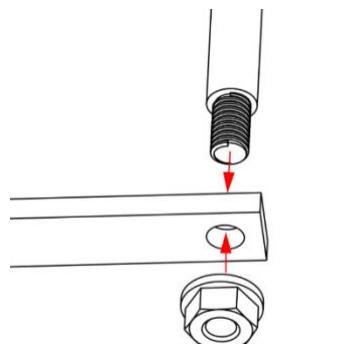
- Un regard plus proche au montage circlip-roulement



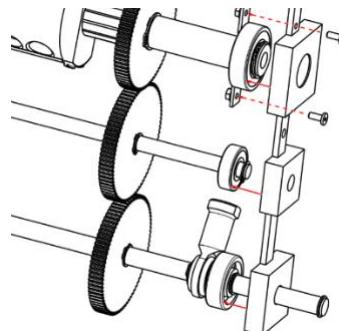
10. Visser les visses à oreilles afin de monter le bâti. La vis ‘supérieur’ est M8 x 15, celle en dessous est M6 x 15. Sécuriser la vis avec l’écrou à oreille de taille adaptée. Cette procédure est symétrique, sur chaque pièce du bâti.



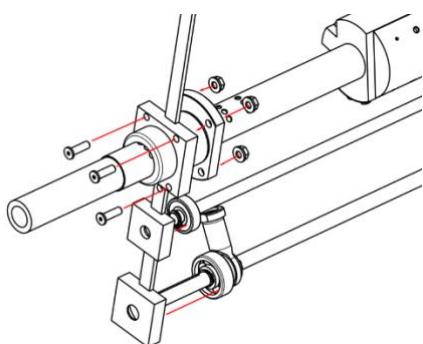
11. Visser l’axe de la poignée sur un côté du bâti. Utiliser un écrou M6 pour sécuriser l’assemblage.



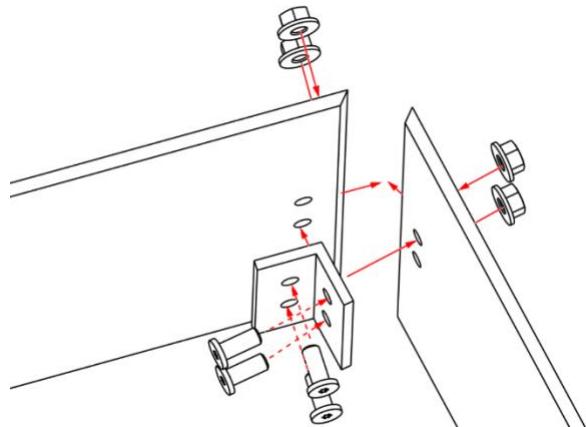
12. Enfiler le bâti partiellement construit dans : (ordre ascendant) axe des roues, puis intermédiaire, puis du cylindre. Visser à l’aide de deux vis M4 x 10 le bâti à l’axe supérieur (cylindre).



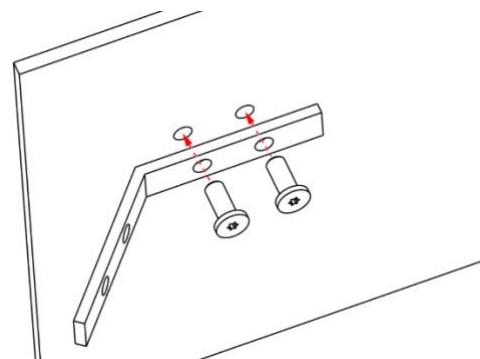
13. Enfiler l’autre bâti dans le mécanisme. Utiliser trois vis M6 x 20, et sécuriser avec les écrous M6 correspondants. Sécuriser l’assemblage avec l’axe de la poignée (cf. 11).



14. Visser l'équerre ($L = 50$, angle de 100°) à l'aide de 4 vis M5 x 12 et les écrous M5 correspondants.

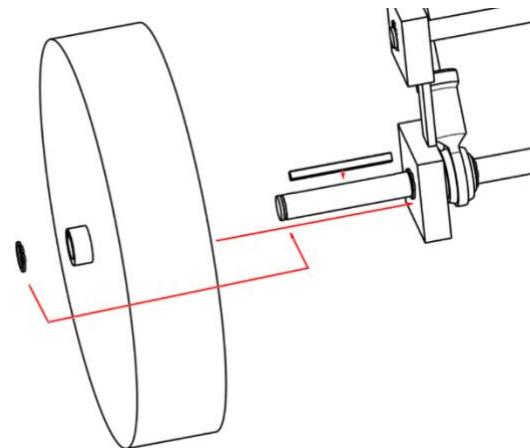


15. Visser les vis M5 x 12 sur l'équerre ($L = 10$, angle de 130°), et sécuriser avec les écrous M5 correspondants. Procédure symétrique.

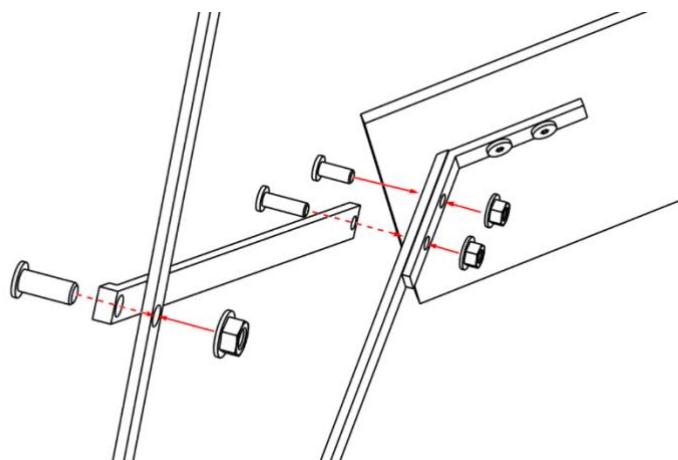


16. Visse axe roue-triangle à l'embout à roulement sur l'axe des roues. De l'autre côté on fixe cet axe au dispositif placé précédemment.

17. Pour placer les roues, on pose la clavette dans l'axe des roues, on enfile la roue, puis on place le circlip pour stabiliser le tout. Symétrique.



18. Assemblage de plaque chassis-triangle :



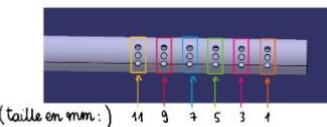
19. Montage du capot et du réservoir : une fois l'assemblage de la partie interne terminée, on place la partie avant du capot en alignant les trous des vis avec ceux du bâti. On place ensuite la partie arrière en l'encastrant dans la partie avant. Finalement nous n'avons qu'à poser le réservoir dans l'emplacement prévu à cet effet et rajouter le couvercle par-dessus.

X. Mode d'emploi

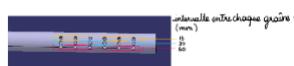
- Verser les graines (environ 2 litres) dans le réservoir, et refermer le couvercle.
- Se saisir du manche avec le bouton poussoir et les trous. Appuyer sur le bouton et faire tourner et/ou translater le cache pour enclencher le bouton dans le trou correspondant au réglage souhaité. Les réglages sont ci-contre.

Attention : un changement de réglage en cours d'utilisation n'est pas recommandé car il peut avoir des conséquences imprévues.

RÉGLAGE TAILLE DES GRAINES



RÉGLAGE INTERVALLE DE RELACHE DES GRAINES



- Marcher à une allure raisonnable en poussant le semoir devant soi (entre 2 et 4 km/h environ). Si l'allure est trop rapide, les roues glisseront au lieu de rouler et les graines ne seront plus libérées. Dans ce cas, ralentir l'allure de marche.

Que faire en cas de blocage ?

- En cas de blocage du triangle, soulever celui-ci et le replacer sur la terre.
- En cas de blocage interne des graines, secouer le semoir (sans être brusque). Si besoin, ouvrir le réservoir et remuer les graines à l'aide de vos mains.

Comment plier le semoir pour le transporter plus facilement ?

- Pour plier le haut du semoir, démonter complètement les 4 boulons M6 et dévisser les 4 boulons M8. Plier ensuite les deux axes verticaux pour les laisser reposer sur le capot.



Figure 26: Sur le bâti : en bleu sont représentés les boulons M8 à desserrer et en rouge, les boulons M6 à démonter.

XI. Conclusion

Afin de vérifier que notre semoir correspond aux attentes du cahier des charges, nous reprenons ici le tableau regroupant ces attentes et nous le complétons en spécifiant les réponses que nous avons apportées.

1. Réponses apportées au cahier des charges

Éléments du cahier des charges	Spécifications / détails	Solutions
Semoir à graines	2 litres de graines Seule source d'énergie : humaine Sécurité de l'utilisateur assurée	Réservoir adapté Force de poussée transmise par engrenages pour faire tourner le cylindre Capot protège l'utilisateur des pièces en mouvement
Graines de tailles différentes	De 1 à 11 mm par incrément de 2 mm	Cylindre à trous, rangées de 6 trous adaptés à la taille des graines
Semées à intervalles réguliers	Tous les 15, 30 ou 60 cm.	Roues de 60 cm de périmètre transmettent leur période de rotation au cylindre, système de cache
Sillon déjà creusé à refermer	De 40 cm de large	Triangle d'ouverture 44 cm, assez haut pour reboucher le sillon (15 cm de hauteur)
Facile d'utilisation	Par une seule personne Pas trop encombrant Léger (max. 15 kg)	Réglages faciles à la main avec un bouton, force à appliquer de 50 N environ (pas très lourd) Bâti pliable, ce qui réduit largement le volume total. Le reste du semoir est assez compact. (Dimensions : 555,7 x 1065,1 x 777) Contrainte des 15kg respectée : 14,2 kg en tout
Performant	Graines non abîmées Résiste à l'environnement Ne se bloque pas	Réservoir « collé » au cylindre et large pour réduire la pression sur les graines, usage de nylon pour réduire les chocs Roues et capot en nylon (résiste aux intempéries), pièces exposées résistantes à l'eau Peu de risque de blocage grâce à la forme adaptée du réservoir, et le fait que les graines au fond, l'endroit plus susceptible de former des ponts, sont toujours en mouvement.

	Débit correct	Au minimum 0.93 graines/s, au maximum 7.4 graines/s, ce qui est acceptable.
	Robuste	Les résistances sont très au-dessus des contraintes habituellement rencontrées ; il ne devrait pas avoir de problèmes de robustesse.

Toutes les demandes du client ont été respectées, notre mécanisme respecte donc le cahier des charges.

Cependant, certains points d'améliorations restent possibles. Par exemple, il existe encore un risque, bien que minime, qu'un pont de graines se forme au fond de notre réservoir. À cet effet il serait possible de concevoir un mécanisme frappant sur le réservoir ou qui induirait des vibrations supplémentaires. De plus il y a un risque de perte de graines à la jonction réservoir-cylindre lorsque la taille des graines est très petite, car certaines secousses pourraient déplacer notre réservoir assez pour entrouvrir un côté, laissant une marge supérieure à 1 mm, ce qui laisserait passer quelques petites graines. À cet effet il serait possible de mettre en place un système plus élaboré afin de garantir qu'il n'y ait aucune perte.

Néanmoins, notre semoir remplit le cahier des charges actuel d'une manière efficace, et ces propositions sont des améliorations qui pourraient être mises en place dans une seconde phase de développement du semoir portatif.

2. Impressions personnelles

Ce rapport constitue le premier contact concret avec la construction mécanique pour plusieurs membres de notre groupe, ce qui a été une expérience très intéressante.

En tant que travail de groupe, ce projet fut très intéressant pour nous, et cette expérience nous sera précieuse, car tout ingénieur sera amené à régulièrement travailler avec d'autres personnes. Ce fut un exercice de communication, de concession, et d'argumentation, mais aussi de créativité, d'imagination et d'échanges d'idées. Notre groupe a fait de son mieux pour exploiter les forces de chacun, diviser le travail de manière adéquate, et communiquer souvent, et efficacement.

De plus, une grande majorité de ce semestre s'est déroulée en confinement, ce qui fut un défi non seulement par rapport à l'organisation, mais aussi par rapport à la communication, la construction mécanique étant très visuelle et prenant souvent avantage de dessins. Cependant, nous avons pu relever ce défi, prendre avantage de cette autonomie ajoutée, et notre travail est resté efficace pendant toute cette période, notamment grâce à certains outils informatiques comme Google Drive ou Discord, que nous avons beaucoup utilisé.

Enfin, ce travail fut particulièrement enrichissant par sa pluridisciplinarité. L'usage de CATIA, les multitudes de calculs, non seulement pour justifier les dimensions, mais aussi pour vérifier certaines contraintes physiques comme le temps de chute des graines, la rédaction du rapport, ainsi que toute la réflexion et la recherche : en somme, ce travail fut un travail d'ingénieur, et un premier exercice particulièrement utile et enrichissant pour nos prochains projets.

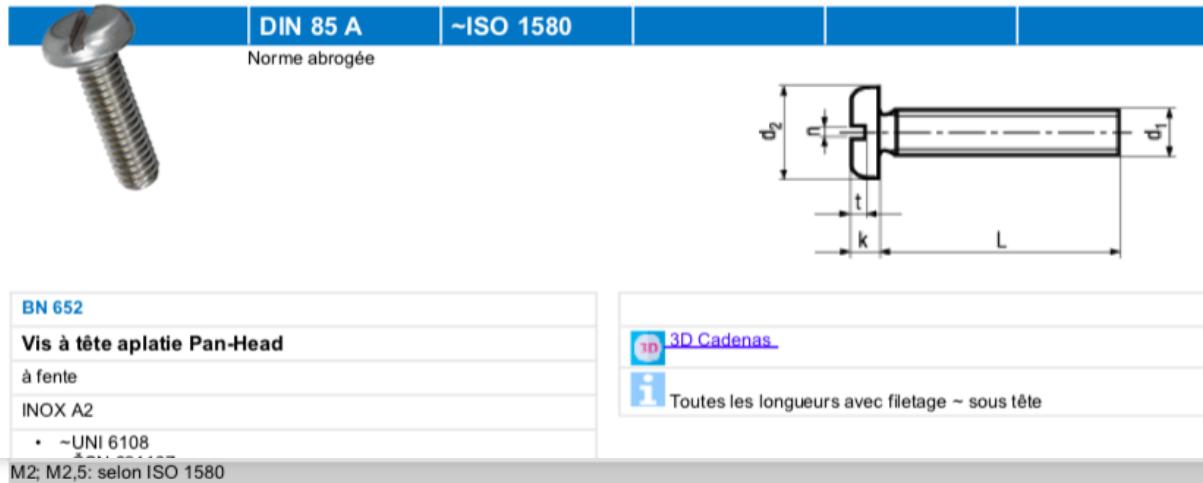
3. Remerciements

Nous adressons tous nos remerciements aux professeurs Bertrand Lacour et Jean-François Ferrot, qui ont organisé ce cours, ainsi qu'aux assistants, qui ont su répondre à nos nombreuses questions à travers le semestre. Notamment à Cédric Fontaine, qui nous a fourni une aide précieuse tout au long de la réalisation de notre projet.

XII. Annexes

1. Pièces des fournisseurs :

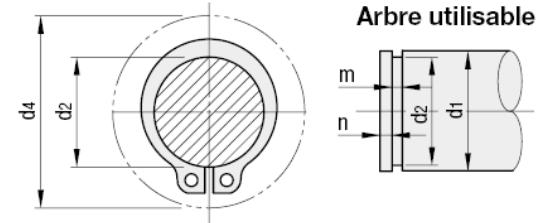
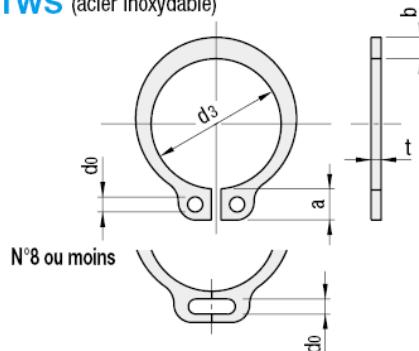
1.1. Vis pour fixer la pale au reste du cache (4x), et pour fixer la pièce supplémentaire (bouton poussoir) à l'axe du cylindre (2x), Bossard



Article#	d ₁	d ₂	k	n	t min.	L
1246038	M3	6	1,8	0,8	0,7	10
1246046						12
1114719						(14)
1246054						16
1246062						20
1073109						25
1073117						30
1210335						35
1210343						40
1425668						45
1210351						50
1210386	(M3,5)	7	2,1	1	0,8	6
1210394						8
1210408						10
1210416						12
1210424						16
1210432						20
1210440	M4	8	2,4	1,2	1	4
1073125						5
1246070						6

1.2. Circlips pour fixer la roue dentée en translation sur l'axe du cylindre (2x) et pour fixer l'axe du cylindre par rapport au bâti (2x), Misumi

STWN
STWS (acier inoxydable)



d₄ : diamètre extérieur maximal lorsque la bague de retenue est installée sur d₁.
(D.E. du jeu)

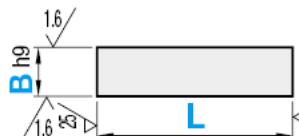
Type	M Matériaux	D Dureté
STWN	Acier à ressort	44~53HRC
STWS	EN 1.4301 (CSP) équiv.	36~44HRC

Référence pièce		Bague de retenue							Référence	Arbre utilisable (référence)							
Type	N°	d ₃	Tolérance	t	Tolérance	b (environ)	a (environ)	d ₀ (min.)	d ₄	d ₁	d ₂	Tolérance	m	Tolérance	n (Min.)		
STWN	12	11.1	±0.18	1	±0.05	2.1	3.2	1.5	19	12	11.5	0 -0.11	1.15	1.5	1.15		
	13	12					3.3		20	13	12.4						
	14	12.9				2.2	3.4		22	14	13.4						
	15	13.8					3.5		23	15	14.3						
	16	14.7					3.6	1.7	24	16	15.2						
	17	15.7					3.7		25	17	16.2						
	18	16.5				2.6	3.8		26	18	17						
	19	17.5				2.7	3.8		27	19	18						
	20	18.5					3.9		28	20	19	1.5	1.35	+0.14 0	1.5	1.35	
	21	19.5					4		30	21	20						
	22	20.5		1.2	±0.06		4.1		31	22	21						
	23	21.4					2.9		32.5	23	22						
	24	22.2					4.2	2	33	24	22.9	0 -0.21	1.35	+0.14 0	1.5	1.35	
	25	23.2	±0.2				4.3		34	25	23.9						

1.3. Clavette pour fixer la roue dentée en rotation sur l'axe du cylindre (1x), Misumi

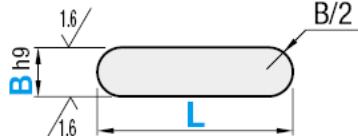
KED

KEDS (acier inoxydable)
KEDH (type trempé)



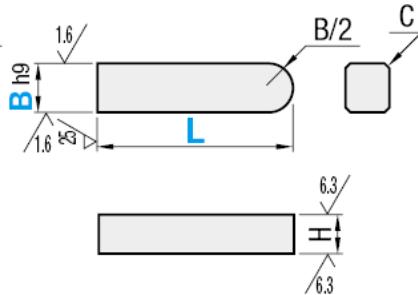
KES

KESS (acier inoxydable)
KESH (type trempé)



KEG

KEGS (acier inoxydable)
KEGH (type trempé)



Une marque d'identification est gravée sur le type trempé.

Dimension B/Dimension H conformes à la norme B 1301-1996 (nouvelle norme JIS).

Type	M	Matériau	Résistance à la traction
KED	KES	KEG	EN 1.1191 équiv.
KEDS	KESS	KEGS	EN 1.4401 équiv.
KEDH	KESH	KEGH	EN 1.1191 équiv. 25~30HRC

L	Tolérance
~10	0 -0.18
11~18	0 -0.18
19~30	0 -0.21
31~50	0 -0.25
51~80	0 -0.30

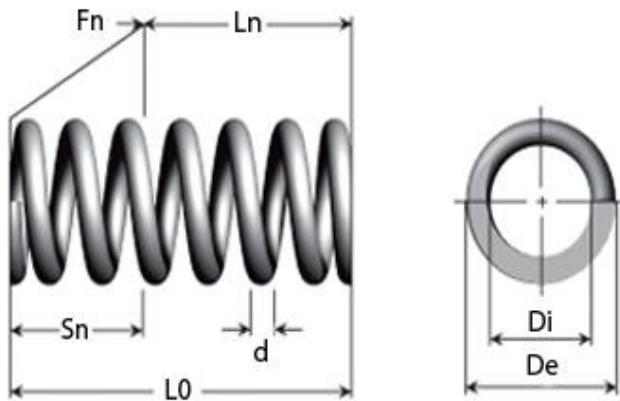
Spécifications

Référence pièce - L
KED6 - 30

Référence pièce - L
KESH6 - 30

Référence pièce		L														Tolérance de H	C					
Type	B_hg	2	0	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	2	0	0.16			
(acier inoxydable)	KED	3	-0.025	6	8	10	12	15	16	18	20	25	30	35	40	45	50	3	0 -0.025	~ 0.25		
		4	0	8	10	12	15	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	4	0 -0.030	~ 0.25		
	KES	5	-0.030	10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50	5	0 -0.030	~ 0.25	
		6	0	10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50	6	0 -0.036	~ 0.25	
	KEG	7	0	15	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50	60	70	70	7	0 -0.036	~ 0.40		
		8	-0.036	10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50	8	0 -0.090	~ 0.40	
	KEDS	10	0	15	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	9	0 -0.090	~ 0.60
		12	0	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	90	10	0 -0.043	~ 0.60		
	KESS	14	0	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	90	90	100	110	11	0 -0.110	~ 0.60	
		15	0	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	90	90	100	110	11	0 -0.110	~ 0.60		
	KEGS	16	-0.043	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	110	110	110	110	110	11	0 -0.110	~ 0.60	
		18	0	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	110	110	110	110	110	11	0 -0.110	~ 0.60	

1.4. Ressort pour le bouton pousoir, Sodemann



d - Diamètre du fil (mm)	0,41
De - Diamètre extérieur (mm)	6,10
Di - Diamètre intérieur (mm)	5,28
L₀ - Longueur libre (mm)	14,22
L_n - Longueur sous charge max. (mm)	5,03
S_n - Course maximale (mm)	9,19
F_n - Charge maximale sous L_n (N)	3,41
R - Constante de ressort (N/mm)	0,37

1.5. Roulement à billes pour la partie gauche de l'axe du cylindre (1x), Misumi

	Roulements à billes_Roulements à billes à gorge profonde			
	Référence pièce 60/22DDUCM			
Forme de la bague de roulement	Bille	Matériaux des bagues intérieure et extérieure	[Acier] Acier	
matériel du bouclier et de la forme	Avec joint en caoutchouc	Type de bague externe	Plat	
Précision (JIS)	Qualité 0	Diamètre intérieur(φ)	22	
Diamètre extérieur(φ)	44	Largeur(mm)	12	
Capacité de charge dynamique de base(N)	9400	Vitesse de rotation admissible maximale(tr/min)	11000	
Spécifications / environnement	Standard	Direction de la charge	Radial	
Bague externe	Avec bague externe	Nombre de rangées de bagues de roulement	Rangée simple	
Norme de taille	Système métrique	Matériau de l'élément de roulement	[Acier] Acier	
Type à support	Retrait Momi	Capacité de charge de base, valeur nominale statique(N)	5050	
Signe de jeu	CM	Précision(Classe)	Classe 0	
Symbolle acoustique	NA	Bague de retenue	-	
Type de graisse	-	Bague de retenue	-	
Symbolle du porte-outils	NA	Symbolle de forme de la bague de roulement	NA	
Symbolle de joint, blindage	DDU	Symbolle du taux de précision	NA	
Symbolle de l'angle de contact	-	Symbolle de combinaison	NA	
Code de configuration spéciale	NA	Spécification de couple faible	NA	
Symbolle interne	NA	Symbolle Rubugado	NA	
Symbolle de matériau	NA	Symbolle de couple	NA	
Entretoise, symbolle de manchon	NA	Type	NA	

Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

1.6. Roulements à billes pour l'axe des roues (2x), Misumi

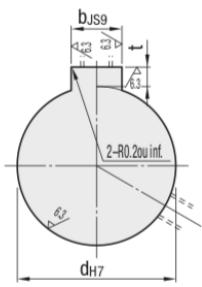
	Roulements à billes_Roulements à billes à gorge profonde			
	Référence pièce 6301DDU			20200603154517
Forme de la bague de roulement	Bille	Matériaux des bagues intérieure et extérieure	[Acier] Acier	
matériel du bouclier et de la forme	Avec joint en caoutchouc	Type de bague externe	Plat	
Précision (JIS)	Qualité 0	Diamètre intérieur(φ)	12	
Diamètre extérieur(φ)	37	Largeur(mm)	12	
Capacité de charge dynamique de base(N)	9700	Vitesse de rotation admissible maximale(tr/min)	16000	
Spécifications / environnement	Standard	Direction de la charge	Radial	
Bague externe	Avec bague externe	Nombre de rangées de bagues de roulement	Rangée simple	
Norme de taille	Système métrique	Matériau de l'élément de roulement	[Acier] Acier	
Type à support	Perforation	Capacité de charge de base, valeur nominale statique(N)	4200	
Signe de jeu	CN (standard)	Précision(Classe)	Classe 0	
Symbolle acoustique	NA	Bague de retenue	-	
Type de graisse	-	Bague de retenue	-	
Symbolle du porte-outils	NA	Symbolle de forme de la bague de roulement	NA	
Symbolle de joint, blindage	DDU	Symbolle du taux de précision	NA	
Symbolle de l'angle de contact	-	Symbolle de combinaison	NA	
Code de configuration spéciale	NA	Spécification de couple faible	NA	
Symbolle interne	NA	Symbolle Rubugado	NA	
Symbolle de matériau	NA	Symbolle de couple	NA	
Entretien, symbolle de manchon	NA	Type	NA	

Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

1.7. Roue dentée axe du cylindre, Misumi

	Engrenages droits_Engrenages droits - Angle de pression de 20°, module 1.0										
	Référence pièce GEAKS1.0-80-10-A-22N	20200602154600									
Nombre de dents	80	Matériaux	Aacier inoxydable								
Forme	Forme A	Traitement thermique	Non fourni								
Traitement de surface	Non fourni	Dent rectifiée	Non fourni								
Jeu	Fourni	Diam. de l'alésage de l'arbre(Ø)	22								
roulement	Non fourni	Largeur de la dent B(mm)	10								
Tolérance de l'alésage de l'arbre	H7	Précision((Classe) *Nouveau JIS)	JIS B 1702 (niveau 4)								
Forme de trou	Rainure	-	-								
<p>Engrenages droits</p> <p>Forme K</p> <p>Forme A</p> <p>Forme B</p> <p>Spécifications de l'alésage d'arbre (formes d'engrenage disponibles)</p> <table border="1"> <tr> <td>Alésage droit (Forme A, forme B, forme K)</td> <td>Alésage droit + taraudage (Forme B, forme K)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rainure (forme A)</td> <td>Rainure + taraudage (forme B)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>• Détails des dim. de rainure P1498</p> <p>• La position de la rainure et des dents n'est pas fixe.</p> <p>Précision : précédemment JIS B 1702 classe 4 (nouveauté : JIS B 1702-1 classe 8 équiv.)</p> <p>• Les alésages d'arbre taraudés ne sont pas disponibles pour la forme A.</p>				Alésage droit (Forme A, forme B, forme K)	Alésage droit + taraudage (Forme B, forme K)			Rainure (forme A)	Rainure + taraudage (forme B)		
Alésage droit (Forme A, forme B, forme K)	Alésage droit + taraudage (Forme B, forme K)										
Rainure (forme A)	Rainure + taraudage (forme B)										

Dimensions des rainures

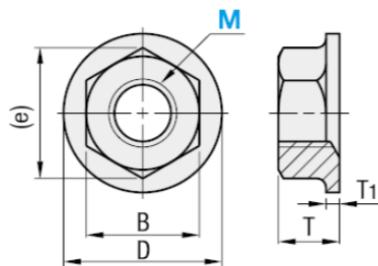


N: Nouvelles dimensions de rainure JIS (B1301)

Nominal	dH7	bJS9	Tolérance T	Nominal	dH7	bJS9	Tolérance T	Nominal	dH7	bJS9	Tolérance T
8N	8	+0.015	3 ±0.0125 1.4	23N	23			39N	39		
10N	10	0		24N	24			40N	40		
10K	10			25N	25			41N	41		
11N	11			26N	26	+0.021	8	42N	42		
12N	12			27N	27	0		43N	43		
13N	13			28N	28			44N	44		
14N	14	+0.018	4 ±0.0150 1.8	29N	29			45N	45		
15N	15	0		30N	30			46N	46		
16N	16			31N	31		±0.0180	31N	31		
17N	17			32N	32			47N	47		
18N	18			33N	33			48N	48		
19N	19			34N	34	+0.025	10	49N	49		
20N	20	+0.021	6 ±0.0150 2.3	35N	35	0		50N	50		
21N	21	0		36N	36						
22N	22			37N	37						
				38N	38						

1.8. Écrous à embase pour l'axe des poignées (2x), Misumi

	Écrous à embase_Ecrous à embase	Référence pièce FRSNUT 6	
			20200602155515
Vis nominale (M)	6	Matériaux	[Acier inoxydable] Acier inoxydable
Traitement de surface	Non fourni	Type de filetage	[Métrique normal] Métrique normal
Applications, fonctions	Standard	Unité de vente	Faible quantité (disponible à partir de 1 pièce)
Traitement de surface (détails)	Non fourni	Détail de la forme	Écrous à embase



 Sans cannelure

Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

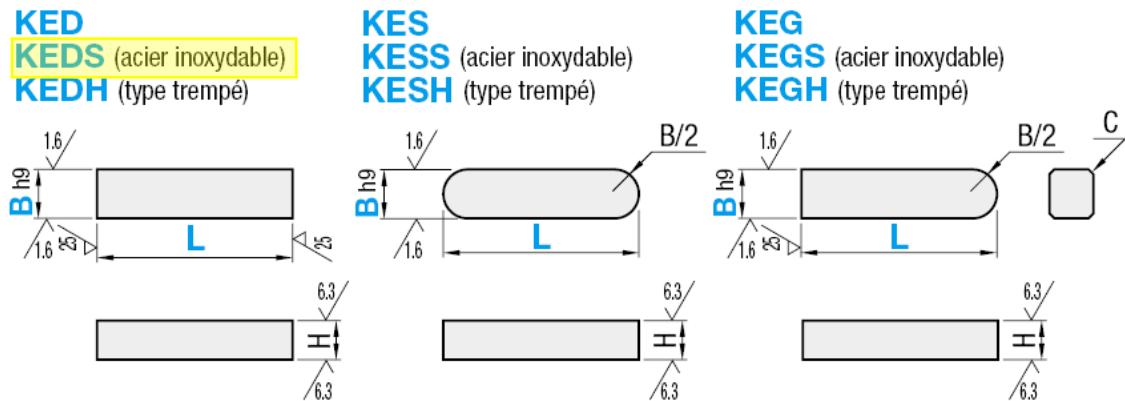
1.9. Tube en caoutchouc pour poignées (1x), RubberStock (rubberstock.fr)



Tube mousse caoutchouc 8x22mm

Référence	22200822
Qualité	EPDM
Tenue aux températures	-30°C / +100°C
Exécution	Sponge
Couleur	Noir
Dureté	15° Shore A
Délai de livraison	3 à 5 jours
Longueur (mm)	1000
Diamètre extérieur	22
Diamètre intérieur	8
Unité de mesure	mètre

1.10. Clavette pour bloquer la roue dentée en rotation sur l'axe des roues (1x), Misumi



⚠ Une marque d'identification est gravée sur le type trempé.

Dimension B/Dimension H conformes à la norme B 1301-1996 (nouvelle norme JIS).

Type	M	Matériau	Résistance à la traction
KED	KES	KEG	EN 1.1191 équiv.
KEDS	KESS	KEGS	EN 1.4401 équiv.
KEDH	KESH	KEGH	EN 1.1191 équiv. 25~30HRC

L	Tolérance
~10	0 -0.18
11~18	0 -0.18
19~30	0 -0.21
31~50	0 -0.25
51~80	0 -0.30

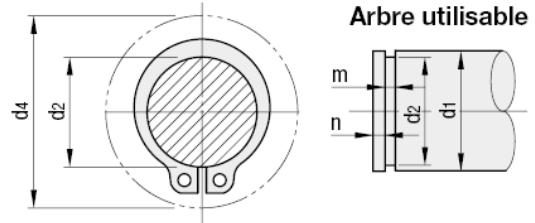
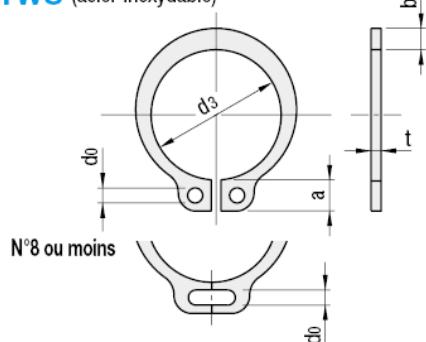
Spécifications

Référence pièce	-	L
KED6	-	30
Référence pièce	-	L
KESH6	-	30

Type	B_hg	L															Tolérance de H	C	
		2	0	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60			
(acier inoxydable)	KED	2	0	6	8	10	15	20									2	0	0.16
		3	-0.025	6	8	10	12	15	16	18	20	25	30				3	-0.025	~0.25
		4		8	10	12	15	16	18	20	25	30	35	40	45	50	4		
		5	-0.030	10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40	5	0 -0.030	
	KES	6		10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40	6		0.25
		7	0		15		20	22	25	28	30	32	35	40	45	50	7	0 -0.036	~0.40
	KEG	8	-0.036		10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40		
		10			15	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	80		
	KEDS	12				20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	
		14					30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90		
		15	0					30	35	40	45	50	55	60	70	80	90		
		16	-0.043						40	45	50	55	60	70	80	90	100		
		18							40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	0 -0.110

1.11. Circlips pour bloquer les roues en translation, les têtes de roulement et la roue dentée sur l'axe des roues (10x), Misumi

STWN
STWS (acier inoxydable)

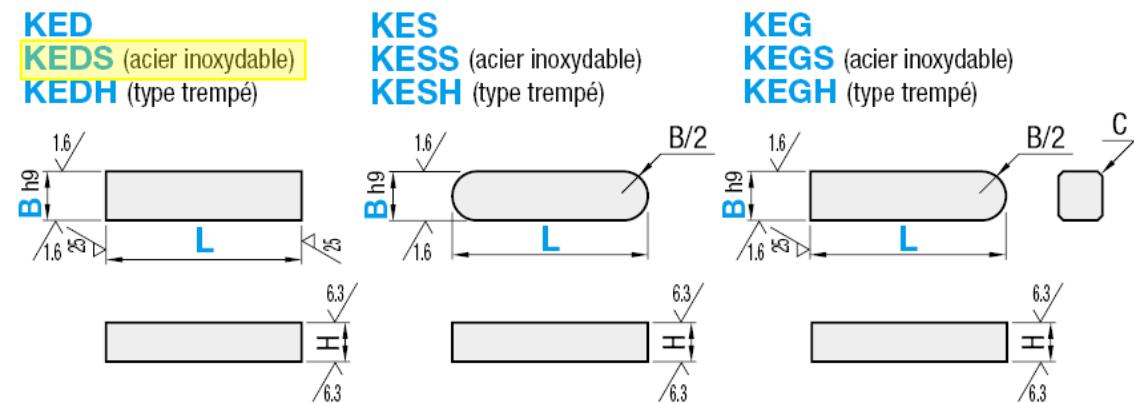


d₄ : diamètre extérieur maximal lorsque la bague de retenue est installée sur d₁.
(D.E. du jeu)

Type	M Matériaux	D Dureté
STWN	Acier à ressort	44~53HRC
STWS	EN 1.4301 (CSP) équiv.	36~44HRC

Référence pièce		Bague de retenue							Référence	Arbre utilisable (référence)					
Type	N°	d ₃	Tolérance	t	Tolérance	b (environ)	a (environ)	d ₀ (min.)	d ₄	d ₁	d ₂	Tolérance	m	Tolérance	n (Min.)
STWN	12	11.1		1.2	±0.06	2.1	3.2	1.5	19	12	11.5		1.15	1.5	
	13	12				1	±0.05		20	13	12.4				
	14	12.9					3.3		22	14	13.4				
	15	13.8	±0.18				3.4		23	15	14.3	0 -0.11			
	16	14.7					3.5		24	16	15.2				
	17	15.7					3.6		25	17	16.2				
	18	16.5					3.7		26	18	17				
	19	17.5					2.6	3.8	27	19	18				
	20	18.5							28	20	19		1.35	1.5	
	21	19.5							30	21	20				
	22	20.5							31	22	21				
	23	21.4							32.5	23	22				
	24	22.2	±0.2						33	24	22.9	0 -0.21			
	25	23.2							34	25	23.9				

1.12. Clavette pour bloquer les roues en rotation sur l'axe des roues (2x), Misumi



⚠ Une marque d'identification est gravée sur le type trempé.

Dimension B/Dimension H conformes à la norme B 1301-1996 (nouvelle norme JIS).

Type	M	Matériau	Résistance à la traction
KED	KES	EN 1.1191 équiv.	600N/mm ² ou plus
KEDS	KESS	EN 1.4401 équiv.	600N/mm ² ou plus
KEDH	KESH	EN 1.1191 équiv. 25~30HRC	700N/mm ² ou plus

L	Tolérance
~10	0 -0.18
11~18	0 -0.18
19~30	0 -0.21
31~50	0 -0.25
51~80	0 -0.30

Spécifications

Référence pièce	-	L
KED6	-	30
Référence pièce	-	L
KESH6	-	30

Référence pièce		Type	B_hg	L																Tolérance de H	C		
				2	0	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60					
KED KES KEG (acier inoxydable)	KEDS	2	0	6	8	10	15	20											2	0	0.16		
		3	-0.025	6	8	10	12	15	16	18	20	25	30						3	-0.025	~0.25		
	KESH	4		8	10	12	15	16	18	20	25	30	35	40	45	50			4				
		5	-0.030	10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50	55	60	5	0 -0.030	
	KEGS	6		10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50	55	60	6		0.25
		7	0	15		20	22	25	28	30	32	35	40	45	50	55	60	65	70	70	7	0 -0.036	~0.40
	KEDH	8	-0.036	10	12	15	16	18	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50	55	60			
		10		15	16	18	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	70	80	90			
	KESH	12		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90					8	0	
		14		30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90							9	-0.090	0.40
	KEGH	15	0	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90								10		~0.60
		16	-0.043	40	45	50	55	60	70	80	90	100									11	0 -0.110	
		18		40	45	50	55	60	70	80	90	100	110										

1.13. Roues (2x), Misumi

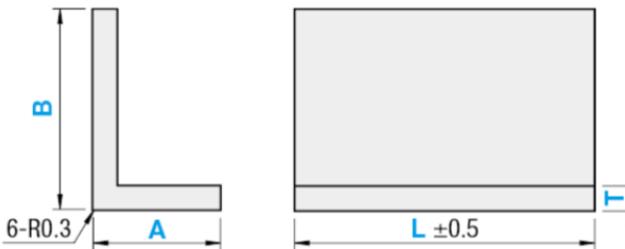
	Roues_Roues utilisées - Roues en nylon		
	Référence pièce 429S-NRB200	20200603155142	
Type à roue	Intégré	Matériau de la roue	[Nylon] Nylon
D.E. de la roue(Ø)	200	Largeur de roue(mm)	44
Diamètre du trou(Ø)	12	Largeur du moyeu(mm)	62
Roulement	Disponible	Couvercle	Disponible
Variété	S	Variété de véhicules	NRB
Configuration de la roue	Roue 100% nylon avec roulements à billes radiaux	-	-

Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

1.14. Équerre pour relier les deux plaques qui forment le triangle (1x), Misumi (On presse cette équerre à froid pour obtenir un angle de 100°)

	Cadres pour usage général_Profilés extrudés en aluminium - Angles		
	Référence pièce HFHL2020-3-50-N5-XA17-XB34-YA17-YB34	20200603161245	
Type	Equerres	Epaisseur T(mm)	3
Longueur A(mm)	20	Longueur B(mm)	20
Longueur totale L(mm)	50	Usinage de trou traversant [N] (Sélection du diam. nominal du trou traversant)	5
Ajout d'un trou traversant sur le plan X [XA](Distance depuis le plan d'extrémité gauche)(mm)	17	Ajout d'un trou traversant sur le plan X [XB](Distance depuis le plan d'extrémité gauche)(mm)	34
Ajout d'un trou traversant sur le plan Y [YA](Distance depuis le plan d'extrémité gauche)(mm)	17	Ajout d'un trou traversant sur le plan Y [YB](Distance depuis le plan d'extrémité gauche)(mm)	34

HFHL



Référence pièce - **T** - **L** - **N** - (XA, ...YA, ...)
HFHL2040 - 2 - 90 - N6 - XA42-XB62-YA20-YB42



Modifications

Ajoute des trous traversants sur l'extrusion.

N est un diamètre nominal.

Face d'extrusion **N** (sélection)

X 3 4 5 6 8

Y 3 4 5 6 8

5+N/2 est nécessaire à une extrémité.

Seul 1 diam. peut être choisi pour N.

Lorsque A=15, seuls N3, N4 et N5 sont disponibles.

Une face peut comprendre jusqu'à cinq trous.

Détails de l'usinage d'orifice

N (trou traversant)

d

3 4 5 6 8

3.5 4.5 5.5 6.5 9

Trou traversant

Code de commande Spécifications de la taille et de la position du trou (ex)

N (choisir dans le tableau)

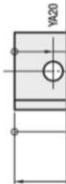
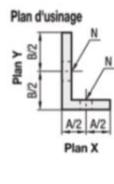
Plan d'extrusion

Usage de l'orifice sur ce plan (dans l'ordre A, B et C)

Distance à partir de l'extrémité (encreinte de 1mm)

N6 X A 42-XB62

Y A 20-YB42

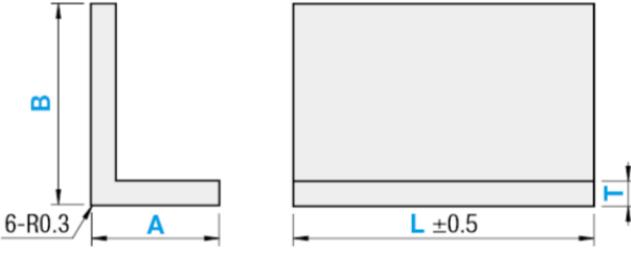


Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

1.15. Équerres pour relier l'axe roue-triangle et la plaque chassis-triangle (2x), Misumi
 (On presse ces équerres à froid pour obtenir un angle de 130°, et on les découpe pour avoir L = 10 mm)

		Cadres pour usage général_Profilés extrudés en aluminium - Angles	 MISUMI
		Référence pièce HFHL2020-3-50	20200603162322
Type	Equerres	Epaisseur T(mm)	3
Longueur A(mm)	20	Longueur B(mm)	20
Longueur totale L(mm)	50	-	-

HFHL



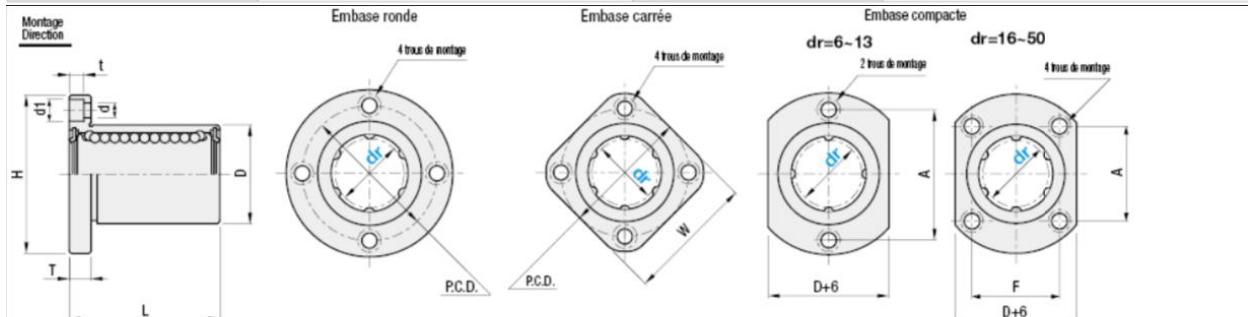
Alterations

Référence pièce : **HFHL2040** - **T** - **L** - **N** - (XA, ...YA, ...)
 HFHL2040 - 2 - 90 - NB - XA42-XB62-YA20-YB42

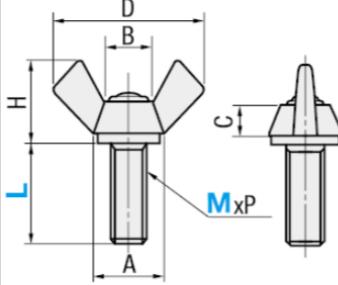
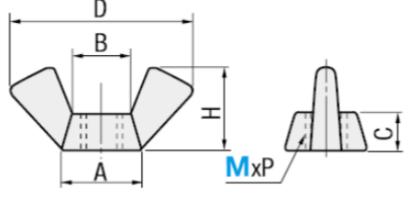
Modifications	Trou traversant																		
Spéc.	Ajoute des trous traversants sur l'extrusion. N est un diamètre nominal. Face d'extrusion N (sélection)	Détails de l'usinage d'orifice (trou traversant) N Code de commande Spécifications de la taille et de la position du trou (ex.) N (choisir dans le tableau) Plan d'extrusion Usage de l'orifice sur ce plan (dans l'ordre A, B et C) Distance à partir de l'extrémité (incrément de 1mm) N6 X A 42-XB62 Y A 20-YB42																	
	N (trou traversant) <table border="1"> <tr> <td>N</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>3.5</td> <td>4.5</td> <td>5.5</td> <td>6.5</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>d</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	N	3	4	5	6	8	X	3.5	4.5	5.5	6.5	9	Y	d				
N	3	4	5	6	8														
X	3.5	4.5	5.5	6.5	9														
Y	d																		

Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

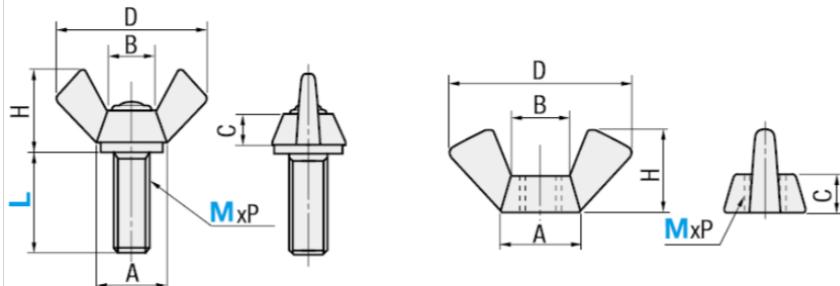
1.16. Douille à billes pour la partie droite de l'axe du cylindre (Ix), Misumi

	Manchons linéaires_Douille à billes avec bride/type simple/Produit économique		
	Référence pièce C-LHFC30		MISUMI
Type	Embase	Style	Standard
Type à bride	Standard à bride	Diamètre du cercle circonscrit dr(φ)	30
Longueur totale L(mm)	64	Matériau du cylindre extérieur	[Fer] EN 1.3505 Equiv.
Traitement de surface du cylindre extérieur	Sans traitement	Mouvement	Mouvement linéaire
Type de lubrification	Non fourni	Le type de circulation de billes	Simple
Diamètre extérieur D(φ)	45	Note de charge de base dynamique (détail)(N)	1570
Capacité de charge de base, valeur nominale statique(N)	2740	Précision	Niveau élevé
Tolérance du Cercle Inscribed (Minus côté)(mm)	-0.015	Excentricité(μm)	30
Type	Standard à bride	Longueur	Simple
Forme de l'embase	A embase compacte	Matériau de la bille	EN 1.3505 Equiv.
Matériel du dispositif de fixation	Plastique (equiv. POM)	Joint s	Fourni
Trou contre-alésé	Standard	Rempli de graisse	Non fourni
			
Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.			

1.17. Vis à oreilles à desserrer pour plier le chassis (4x) et écrous correspondants (4x), Misumi

	Vis à oreilles_Boulons à oreilles / Ecrou à oreilles		
	Référence pièce CHBS8-15	20200603212622	
Forme détaillée	Aile	Vis nominale (M)	8
Longueur L (mm)(mm)	15	Matériaux	[Acier inoxydable] EN 1.4301 Equiv.
Traitement de surface	Non fourni	Forme du trou de montage	Non fourni
FORME D'EMBOUT	Méplat	Forme supplémentaire	Standard
Type de filetage	Métrique normal	Forme de base	Vis fixées à la main
Unité de vente	Faible quantité (disponible à partir de 1 pièce)	Application	Standard
Taille de vis applicable M	-	Caractéristiques	Vis à oreilles
 			
Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.			

1.18. Vis à oreilles à desserrer pour plier le chassis (4x) et écrous correspondants (4x), Misumi

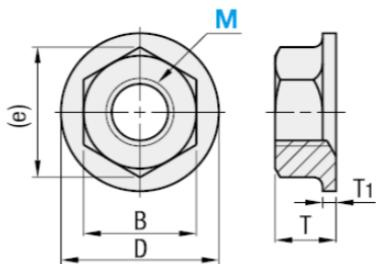
	Vis à oreilles_Boulons à oreilles / Ecrou à oreilles Référence pièce CHBS6-15		
	 20200603213514		
Forme détaillée	Aile	Vis nominale (M)	6
Longueur L (mm)(mm)	15	Matériaux	[Acier inoxydable] EN 1.4301 Equiv.
Traitement de surface	Non fourni	Forme du trou de montage	Non fourni
FORME D'EMBOUT	Méplat	Forme supplémentaire	Standard
Type de filetage	Métrique normal	Forme de base	Vis fixées à la main
Unité de vente	Faible quantité (disponible à partir de 1 pièce)	Application	Standard
Taille de vis applicable M	-	Caractéristiques	Vis à oreilles
			
<small>Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.</small>			

1.19. Vis pour fixer la plaque du chassis à la plaque allant vers le triangle (2x) et écrous correspondants (2x), Misumi

	Boulons tête courte_Vis d'assemblage à tête ronde à six pans creux (tête basse spéciale) SST-TZB/SSTS		
	Référence pièce SST-M8X16-VA	20200603214004	
Forme détaillée	Tête ultra basse	Vis nominale (M)	8
Longueur L (mm)(mm)	16	Matériaux	Acier inoxydable
Traitement de surface	NA	Forme du trou de montage	six lobes internes
Pas(mm)	1.25	Niveau de résistance (acier inoxydable)	A2-50
Type de filetage	Métrique, gros filet	Forme de base	Standard (rond)
Unité de vente	Quantité faible (achat possible à partir d'une pièce)	Application	Standard / Inviolable

Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

	Écrous à embase_Ecrous à embase		
	Référence pièce FRSNUT8	20200603214453	
Vis nominale (M)	8	Matériaux	[Acier inoxydable] Acier inoxydable
Traitement de surface	Non fourni	Type de filetage	[Métrique normal] Métrique normal
Applications, fonctions	Standard	Unité de vente	Faible quantité (disponible à partir de 1 pièce)
Traitement de surface (détails)	Non fourni	Détail de la forme	Écrous à embase



 Sans cannelure

Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

1.20. Embouts à roulements (2x), Misumi



Roulements d'extrémité de tige / roulements sphériques_Extrémité de tige, type à filetage femelle, série PHS

MiSUMI

Référence pièce PHS12

20200603215525

Type	Palier à embout	Type à roulement d'extrémité de tige	Standard
Matériau du corps principal	[Acier] Acier au carbone pour construction	Vis d'assemblage	M12
D.I. d(Ø)	12	Forme du filetage de connexion	Filetage femelle
Sens du filetage de connexion	Vis droite	Matériau de la bille	[Acier] Acier à roulements au chrome à haute teneur en carbone
Matériau de la garniture	Alliage de cuivre spécial	Capacité de charge de base(kN)	12.2
Angle d'inclinaison admissible(deg)	10	Méthode de lubrification	Lubrification

Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

①ZAK ②DD ロッドエンドねじ付 Rod Ends(Female Screw) PHS series

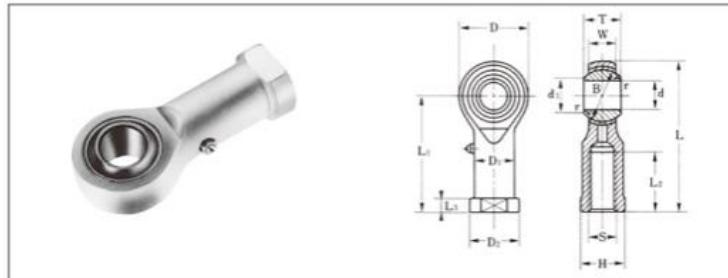


表357 : PHSシリーズ寸法表

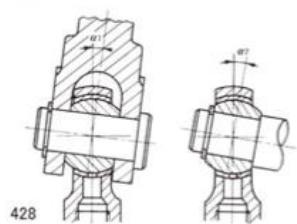
単位 : mm

型番 右ネジ 左ネジ	主 要 寸 法												ボール径 インチ B	動定格荷重 (kN) C	質量 (kg)		
	d	d ₁	D	D ₁	D ₂	W	T	L	L ₁	L ₂	L ₃	S	H	r			
PHS5 PHS5L	5	7.7	16	9	11	6	8	35	27	12	4	M5×0.8	9	0.5	1/8	2.9	0.018
PHS6 PHS6L	6	9	18	10	13	6.7	9	39	30	14	5	M6×1	11	0.5	1/8	3.7	0.026
PHS8 PHS8L	8	10.4	22	12.5	16	9	12	47	36	17	5	M8×1.25	14	0.5	1/8	6.5	0.046
PHS10 PHS10L	10	12.9	26	15	19	11	14	56	43	21	6.5	M10×1.5	17	0.5	3/16	9.7	0.074
PHS12 PHS12L	12	15.4	30	17.5	22	12	16	65	50	24	6.5	M12×1.75	19	1	3/16	12.2	0.113
PHS14 PHS14L	14	16.9	34	20	25	14	19	74	57	27	8	M14×2	22	1	1	16.5	0.166
PHS16 PHS16L	16	19.4	38	22	27	15	21	83	64	33	8	M16×2	22	1	1 1/16	20.0	0.202
PHS18 PHS18L	18	21.9	42	25	31	17	23	92	71	36	10	M18×1.5	27	1.5	1 1/16	25.1	0.296
PHS20 PHS20L	20	24.4	46	27.5	34	18	25	100	77	40	10	M20×1.5	30	1.5	1 1/16	29.3	0.364
PHS22 PHS22L	22	25.8	50	30	37	20	28	109	84	43	12	M22×1.5	32	1.5	1 1/16	35.8	0.480
PHS25 PHS25L	25	29.6	56	33.5	42	22	31	122	94	48	12	M24×2	36	2	1 1/16	43.9	0.673
PHS30 PHS30L	30	34.8	67	40	50	26	37	143.5	110	56	15	M30×2	41	2	2	62.2	1.050

表358 : 許容傾斜角度

単位 : 度

内径d (mm)	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	30
	a ₁	4.5	8	10	8	10	11	12	11	11	12	12
PHS	a ₂	7	11	14	12	13	14	15	14	14	15	15



428

1.21. Vis pour les équerres (dans le triangle et celle de liaison avec l'axe roue-triangle) (10x), Misumi

	Boulons tête courte_Vis d'assemblage à tête ronde à six pans creux (tête basse spéciale) SST-TZB/SSTS		
	Référence pièce SST-S-M5X12-VA	20200603220031	
Forme détaillée	Tête ultra basse	Vis nominale (M)	5
Longueur L (mm)(mm)	12	Matériau	Aacier inoxydable
Traitement de surface	NA	Forme du trou de montage	six lobes internes
Pas(mm)	0.8	Niveau de résistance (acier inoxydable)	A2-50
Type de filetage	Métrique, gros filet	Forme de base	Standard (rond)
Unité de vente	Quantité faible (achat possible à partir d'une pièce)	Application	Standard / Inviolable

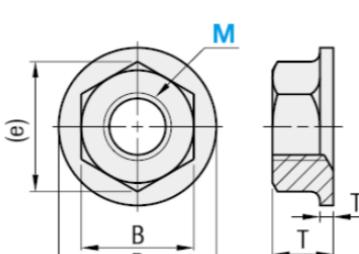
Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

1.22. Vis pour les équerres (qui lient l'équerre, l'axe roue-triangle et la plaque châssis-triangle) (2x), Misumi

	Boulons tête courte_Vis d'assemblage à tête ronde à six pans creux (tête basse spéciale) SST-TZB/SSTS		
	Référence pièce SST-S-M5X16-VA	20200603220528	
Forme détaillée	Tête ultra basse	Vis nominale (M)	5
Longueur L (mm)(mm)	16	Matériau	Aacier inoxydable
Traitement de surface	NA	Forme du trou de montage	six lobes internes
Pas(mm)	0.8	Niveau de résistance (acier inoxydable)	A2-50
Type de filetage	Métrique, gros filet	Forme de base	Standard (rond)
Unité de vente	Quantité faible (achat possible à partir d'une pièce)	Application	Standard / Inviolable

Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

1.23. Écrous correspondant aux vis pour les équerres (12x), Misumi

		Écrous à embase_Ecrous à embase	 MISUMI
Référence pièce FRSNUT5 20200603220825			
Vis nominale (M)	5	Matériaux	[Acier inoxydable] Acier inoxydable
Traitement de surface	Non fourni	Type de filetage	[Métrique normal] Métrique normal
Applications, fonctions	Standard	Unité de vente	Faible quantité (disponible à partir de 1 pièce)
Traitement de surface (détails)	Non fourni	Détail de la forme	Écrous à embase
 <p>Sans cannelure</p>			
Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.			

1.24. Vis pour bloquer le roulement en translation sur la partie gauche de l'axe du cylindre (2x) et écrous correspondants (2x), Misumi

SSTS Hexalobular Socket Head Cap Screws with Special Low Profile 

Part number specification: **SSTS-M5-12**

Order in number of packs. The minimum order quantity is 1 piece. → P.794

• Part number specification: **SSTS-M5-12**

• Application: Reducing the size of equipment and devices

• Material/Finish: SSTS Main Body: SUSXM7 (S.S. grade: A2) Strength Class: A2-50

Unit: mm

Part Number	M	L	D ₁	L ₁	Applicable wrench	Hexalobular Socket No.	t	Max. Torque (N·m)	Mass (g)	
SSTS-M2	M2	4	5	6	8	SKX-5	5	0.9	0.11 - 0.19	
SSTS-M2.5	M2.5	4	5	6	8	SKX-6	6	1	0.36	0.23 - 0.35
SSTS-M3	M3	5	6	8	10	SKX-8	8	1.1	0.65	0.4 - 0.61
SSTS-M4	M4	6	8	10	12	SKX-10	10	1.5	1.5	0.89 - 1.3
SSTS-M5	M5	6	8	10	12	SKX-15	15	1.8	3.1	0.73 - 2
SSTS-M6	M6	8	10	12	16	SKX-20	20	2.1	5.3	1.6 - 3.8
SSTS-M8	M8	8	10	12	16	SKX-25	25	2.4	12	3 - 6.7

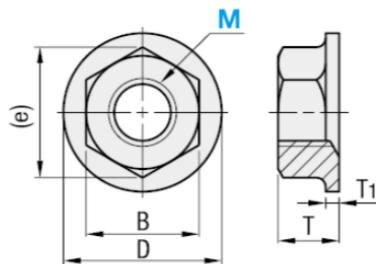
Part Number Qty*
per pack

SSTS-M2 10
SSTS-M2.5 10
SSTS-M3 10
SSTS-M4 10
SSTS-M5 10
SSTS-M6 10
SSTS-M8 10

*1 The minimum order quantity is 1 piece. → P.794

	Écrous à embase_Ecrous à embase	 Misumi
	Référence pièce FRSNUT4	20200603223033

Vis nominale (M)	4	Matériaux	[Acier inoxydable] Acier inoxydable
Traitement de surface	Non fourni	Type de filetage	[Métrique normal] Métrique normal
Applications, fonctions	Standard	Unité de vente	Faible quantité (disponible à partir de 1 pièce)
Traitement de surface (détails)	Non fourni	Détail de la forme	Écrous à embase



⌚ Sans cannelure

Copyright © MISUMI Corporation All Rights Reserved.

1.25. Vis pour fixer plaques du bâti aux plaques châssis-triangle(2x) et écrous correspondants (2x)

SSTS Hexalobular Socket Head Cap Screws with Special Low Profile

Part number specification
SSTS-M5-12

Order in number of packs.
The minimum order quantity is 1 piece. → P.794

Part Number	M	L	D _t
SSTS-M2	M2	4	5 6 6
SSTS-M2.5	M2.5	4	5 6 8
SSTS-M3	M3	5	6 8 10
SSTS-M4	M4	6	8 10 12
SSTS-M5	M5	6	8 10 12 16
SSTS-M6	M6	8	10 12 16 20 10
SSTS-M8	M8	8	10 12 16 20 13

Qty* per pack
SSTS-M2: 10
SSTS-M2.5: 10
SSTS-M3: 10
SSTS-M4: 10
SSTS-M5: 10
SSTS-M6: 10
SSTS-M8: 10

*1 The minimum order quantity is 1 piece. → P.794

e-nedzi.com

The head height for all screws is 1.5 mm or less.
Intended for reducing the size of devices and applications with limited overhead space.
The hexalobular* shape can withstand high tightening torque. → P.712
*The hexalobular shape is prescribed by JIS B 1015: 2008 (ISO 10664: 2005) "Hexalobular internal driving feature for bolts and screws".
Install and remove by using SKX Specialty Hexalobular Key. → P.715

Application

⌚ Écrous à embase

FRNUT JIS-SWCH10R Galvanisation au zinc
FRSNUT EN 14301 Équiv. -

référence pièce	nom	D	B	(e)	T	T ₁ min.	FRNUT	FRSNUT		
Type	M						Prix unitaire 1 à 49 pièces(s)	Prix unitaire 50 à 500 pièces(s)	Prix unitaire 1 à 49 pièces(s)	Prix unitaire 50 à 500 pièces(s)
FRNUT	3	0.5	8	5.5	6.3	3.7	1			
FRNUT	4	0.7	10	7	8	4.5	1.1			
FRNUT	5	0.8	12	8	9.2	5.5	1.1			
FRSNUT	6	1	13	10	11.5	6	1.5			
FRSNUT	8	1.25	17	12	13.8	7.5	1.5			
FRSNUT	10	1.5	19	14	16.2	9	1.8			

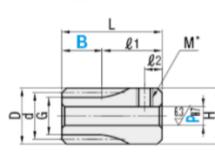
Ordering Example: Référence pièce **FRNUT5**

1.26. Roue dentée axe du cylindre, Misumi

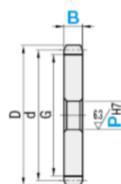
	Engrenages droits_Engrenages droits - Angle de pression de 20°, module 1.0		
	Référence pièce GEAKS1.0-80-10-A-12N		20200605040507
Nombre de dents	80	Matériau	Aacier inoxydable
Forme	Forme A	Traitement thermique	Non fourni
Traitemet de surface	Non fourni	Dent rectifiée	Non fourni
Jeu	Fourni	Diam. de l'alésage de l'arbre(Ø)	12
roulement	Non fourni	Largeur de la dent B(mm)	10
Tolérance de l'alésage de l'arbre	H7	Précision((Classe) *Nouveau JIS)	JIS B 1702 (niveau 4)
Forme de trou	Rainure	-	-

Engrenages droits

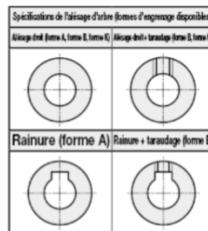
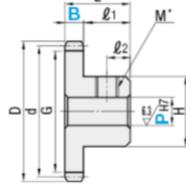
Forme K



Forme A



Forme B



✿ Les alésages d'arbre buraudés ne sont pas disponibles pour la forme A.

✿ Détails des dim. de rainure P1498

✿ La position de la rainure et des dents n'est pas fixe.

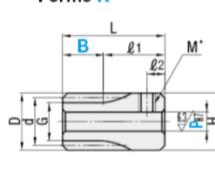
Précision : précédemment JIS B 1702 classe 4 (nouveau : JIS B 1702-1 classe 8 équiv.)

1.27. Roue dentée axe supplémentaire, Misumi

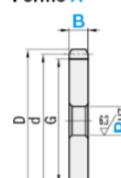
	Engrenages droits_Engrenages droits - Angle de pression de 20°, module 1.0		
	Référence pièce GEAKS1.0-80-10-A-10K		20200605040820
Nombre de dents	80	Matériau	Aacier inoxydable
Forme	Forme A	Traitement thermique	Non fourni
Traitemet de surface	Non fourni	Dent rectifiée	Non fourni
Jeu	Fourni	Diam. de l'alésage de l'arbre(Ø)	10
roulement	Non fourni	Largeur de la dent B(mm)	10
Tolérance de l'alésage de l'arbre	H7	Précision((Classe) *Nouveau JIS)	JIS B 1702 (niveau 4)
Forme de trou	Rainure	-	-

Engrenages droits

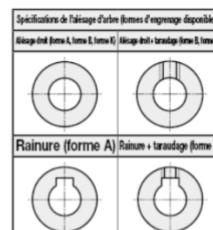
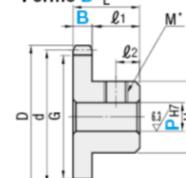
Forme K



Forme A



Forme B



✿ Les alésages d'arbre buraudés ne sont pas disponibles pour la forme A.

✿ Détails des dim. de rainure P1498

✿ La position de la rainure et des dents n'est pas fixe.

Précision : précédemment JIS B 1702 classe 4 (nouveau : JIS B 1702-1 classe 8 équiv.)

1.28. Vis pour garder capot en place

	Boulons tête courte_Vis d'assemblage à tête ronde à six pans creux (tête basse spéciale) SST-TZB/SSTS		
	Référence pièce SSTS-M6X16-VA	20200605070244	
Forme détaillée	Tête ultra basse	Vis nominale (M)	6
Longueur L (mm)(mm)	16	Matériau	Acier inoxydable
Traitement de surface	NA	Forme du trou de montage	six lobes internes
Pas(mm)	1	Niveau de résistance (acier inoxydable)	A2-50
Type de filetage	Métrique, gros filet	Forme de base	Standard (rond)
Unité de vente	Quantité faible (achat possible à partir d'une pièce)	Application	Standard / Inviolable

2. Mise en plan