

OPITEC

113.174

Moteur à air chaud Stirling



REMARQUE

Une fois terminées, les maquettes de construction d'OPITEC ne sauraient être considérées comme des jouets au sens commercial du terme. Ce sont, en fait, des moyens didactiques propres à accompagner un travail pédagogique. Ce kit de construction ne doit être construit et utilisé par les enfants et les jeunes adolescents QUE sous la direction et la surveillance d'adultes expérimentés. Ne convient pas aux enfants de moins de 36 mois. Risque d'étouffement!

Outils nécessaires:

Règle, crayon,
Scie chantourner, cutter, ciseaux
Perçoir, Pointe à tracer
Foret $\varnothing 1$, $\varnothing 2,5$, $\varnothing 4 + \varnothing 10\text{mm}$
Foret Forstner $\varnothing 20\text{mm}$
Perceuse à support 1 Etau de machine
Papier émeri, lime d'atelier
Pince ronde, pince coupante de côté
Equerre de butée + de centrage
Scie à métaux à archet
Tournevis à fente en croix
Colle instantanée + Colle universelle

Liste des matériaux	Quantité	Dimensions	Description	N° pce
Plaque MDF	1	8x100x100	Châssis, base de cylindre	1
Contreplaqué	1	3x160x160	Châssis inférieur	2
Couvercle d'injection	2	$\varnothing 110$	Fond, couvercle	3
Essieu métallique	1	$\varnothing 3 \times 70$	Axe	4
Vis	6	2,9x6,5	Fixation	5
Douille en laiton	1	$\varnothing 4 \times 8$	Appui	6
Tube en papier rigide	1	$\varnothing 19,5 \times 65$	Cylindre	7
Gant	1		Membrane	8
Fil d'acier à ressort	2	$\varnothing 1 \times 200$	Plaque pour piston	9
Découpe de mousse	1	$\varnothing 107$	Piston de refoulement	10
Laine d'acier	1		Piston de refoulement (Régénérateur)	11
Roue dentée , module 1, 58 dents	1	$\varnothing 60$	Roue de manivelle, grande	12
Elastique	1	$\varnothing 40$	Membrane	13
Roue dentée, Module 0,5, 30/10 dents	1	$\varnothing 26$	Roue à manivelle, petite	14
Rondelle d'écartement	2	2,9x9,5	Appui	15
Tuyau en silicone	1	env. $\varnothing 1,7/0,7 \times 10$	Bielle de la manivelle	16
Tube en papier rigide	1	env. $\varnothing 114 \times 43$	Piston de refoulement	17
Bougeoir	2		Châssis inférieur	18

Instructions

Fonctionnement

Le moteur à air chaud ici présente selon le principe de la combustion extérieure, c'est à dire qu'on a seulement un débit de chaleur mais pas de débit en masse.

Principe:

L'air qui est dans la boîte est réchauffé par les bougies et s'étend. La membrane du piston mécanique se bombe vers le haut et fait sortir le piston mécanique du cylindre.

La grande roue volante se tourne dans le point mort haut par la barre du piston.

Dans le même temps, la petite roue à manivelle se tourne en direction du point mort bas, alors que l'air réchauffé est poussé vers le haut, en direction du couvercle plus froid. Ici, il se refroidit et se contracte. De ce fait, la membrane se retourne vers le bas et entraîne le piston mécanique avec elle. Entretemps, le piston de refoulement se dirige à nouveau vers le haut et pousse l'air refroidi vers le bas. Là, l'air se réchauffe à nouveau et tout recommence depuis le début.

Afin d'améliorer le degré d'efficacité, le piston de refoulement est composé partiellement de laine d'acier. Celle-ci absorbe une partie de l'énergie qui passe à travers et la renvoie à nouveau en sens inverse.

Réalisation des pièces en bois

1. Choisir le pochoir d'une des 2 variantes du châssis de la machine (1a) et le coller sur la plaque en MDF (1) de manière à ce que les pieds du châssis de la machine (1a) soient à franc-bord avec une arête de la plaque en MDF. On s'assure ainsi que l'arête inférieure des pieds est bien droite, lisse et à angles droits.

Marquer les points centraux de perçage avec un perceur.

Marquer également les points centraux de perçage sur la face inférieure du châssis de machine (1a).

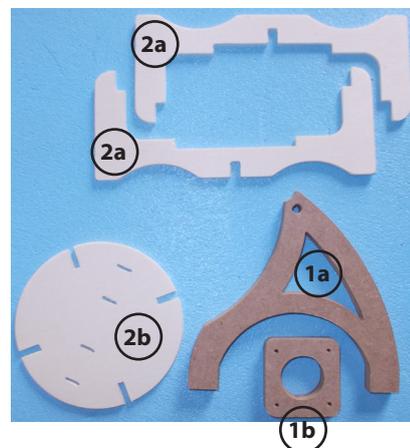
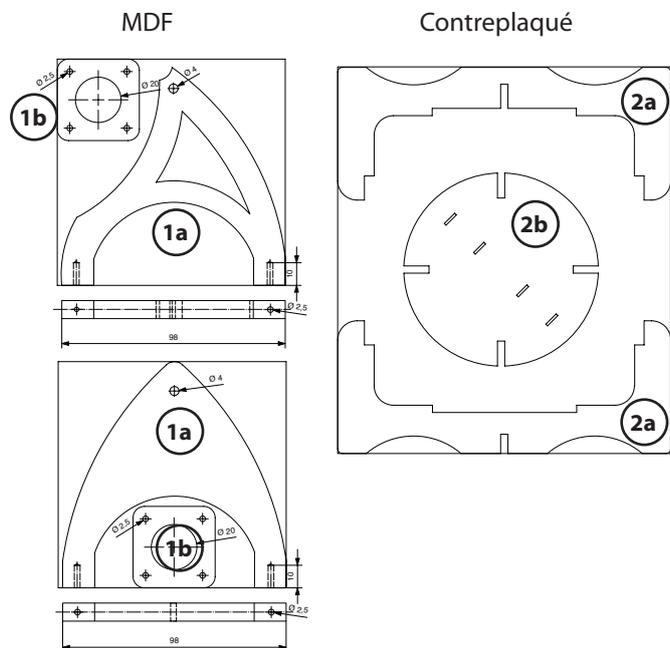
Découper les pochoirs pour les pièces en contreplaqué et les coller sur la plaque en contreplaqué (2) de manière à ce que les pieds du châssis inférieur (2a) soient à franc-bord avec une arête de la plaque en contreplaqué. On s'assure ainsi que l'arête inférieure des pieds est droite, lisse et à angles droits.

2. Percer seulement les pièces comme suit $\varnothing 2,5$, $\varnothing 4$ + $\varnothing 20$ mm.

Pour les trous verticaux de $\varnothing 2,5$ mm, orienter la plaque MDF dans l'étau de machine horizontalement et, avec la perceuse à support, percer les trous de fixation au milieu, sur env. 10 mm de profondeur et à une distance d'env. 85 mm.

Après avoir percé, scier toutes les pièces en MDF et en contreplaqué.

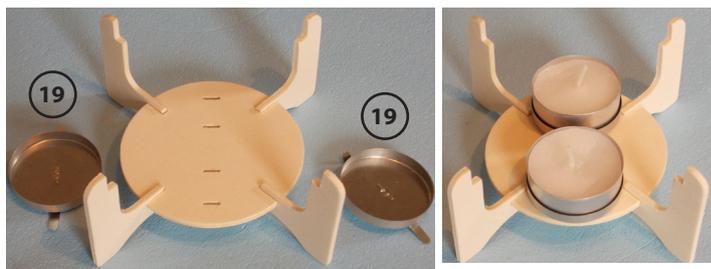
Poncer proprement les découpes faites à la scie.



Instructions

3. Assembler et coller le support de base à partir des pièces en contreplaqué (2a+2b).

Faire passer les languettes des bougeoirs (19) à travers la fente de la plaque de support (2b) et replier en-dessous.

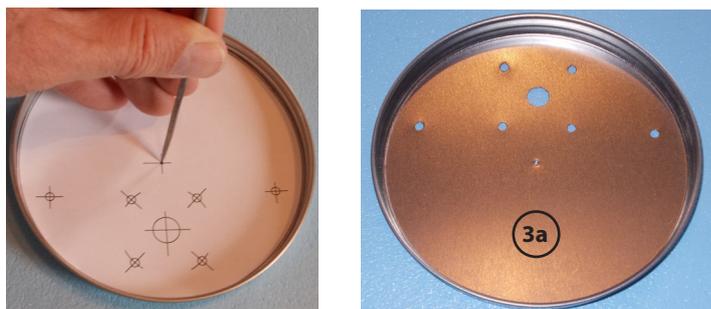


Réalisation du couvercle

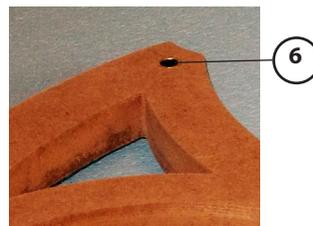
4. Découper le pochoir de perçage (v. page 11) sur le cercle extérieur et le centrer minutieusement dans l'un des couvercles (3a).

Bien fixer le pochoir (le tenir!). Avec une pointe à tracer ou un perceur, marquer les points centraux de perçage des différents trous.

Poser le couvercle sur une plaque en bois plane et alors seulement à ce moment percer tous les trous à travers, avec un foret de 1 mm. Ensuite, aléser le trou aux diamètres correspondants ($\varnothing 3 + \varnothing 10\text{mm}$). Bien ébarber les trous.



5. Enfoncer avec précaution la douille en laiton (6) dans le châssis de machine (1a) à angles droits.

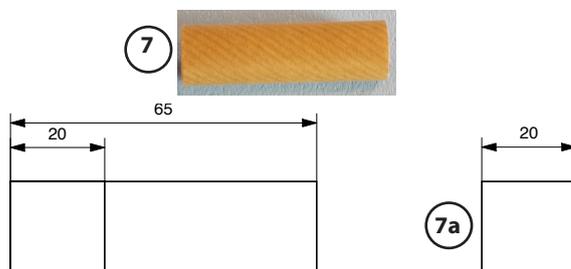


6. Fixer le châssis de machine (1a) avec 2 vis (5) dans les trous correspondants sur le couvercle (3a).

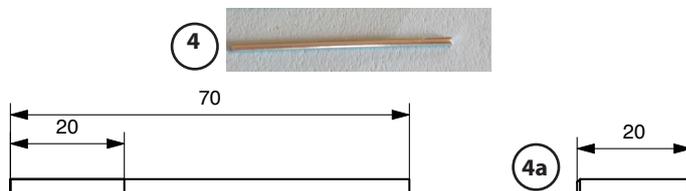
De la même manière, fixer la base du cylindre (1b) avec quatre vis (5) dans les trous correspondants sur le couvercle (3a).



7. Dans le tube en carton (7) couper un morceau de 20 mm (7a) avec un cutter ou la scie à chantourner, avec peu de pression. Veiller à ce que la coupe soit bien droite.



8. Dans l'essieu de $\varnothing 3\text{mm}$ (4) raccourcir un bout de 20 mm (4a) et ébarber soigneusement avec une lime d'atelier.



Instructions

9. Poser le pochoir pour le piston (dès page 9) sur le morceau de mousse (11), au milieu (le point central doit être au milieu, à 5 mm). Avec une punaise, percer le trou médian ($\varnothing 1$ mm) et percer un trou de 1 mm.

10. Raccourcir la bielle de manivelle (9) dans l'un des fils d'acier à ressort (10). Ebarber minutieusement les extrémités de fil avec du papier émeri fin ou une lime d'atelier. Enfoncer la bielle de manivelle (9) dans le trou médian. Avec très peu de colle instantanée, coller la barre dans le piston de refoulement (contrôler avec l'équerre de butée!).



12. A une extrémité de chacun des deux fils d'acier à ressort (10) plier un "S" conformément au dessin. La forme du "S" doit être maintenue très exactement, car sinon le fil ne peut pas se laisser enfilé dans les trous des roues de manivelle ou peut se bloquer. Ensuite, raccourcir très exactement avec une pince coupante de côté.

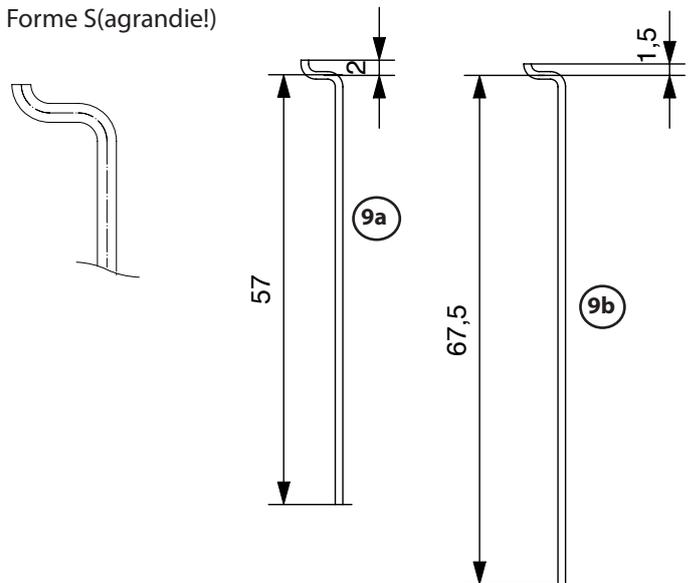
Remarque:

Les données de longueur indiquent la longueur totale de la longueur effective du piston!

Couper la tige du piston (10c) dans un bout qui reste des fils d'acier à ressort (11).

Ebarber soigneusement les extrémités de fil avec du fin papier émeri ou une lime d'atelier.

Forme S (agrandie!)



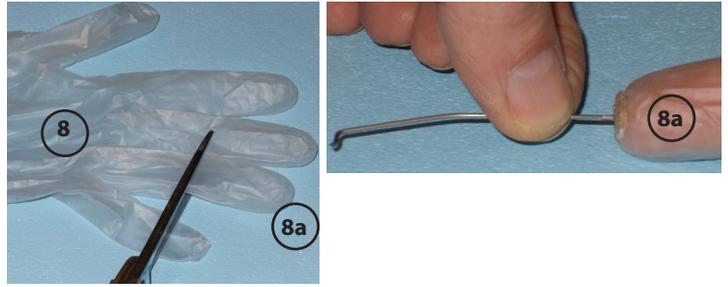
13. Dans le dessous de chope, avec un scalpel ou des ciseaux, découper une rondelle (10) d'env. 10 mm de diamètre et au milieu, percer un trou de 1 mm.

Coller la bielle de manivelle longue de 57 mm (9a) verticalement dans la plaque pour piston (10 – dessous de chope $\varnothing 10$ mm) avec de la colle instantanée (contrôler avec l'équerre de butée). Et là veiller à ce qu'ultérieurement, le fil ne passe pas à travers la membrane (8a).



Instructions

14. Dans le gant (9) couper le petit doigt ou l'annulaire (9a). Enfiler ce bout de gant sur l'index. Mettre une goutte de colle instantanée au bout du morceau de gant (9a) et l'enfoncer au milieu, sur le piston (8). Bien appuyer sur le piston (env. 2 minutes) jusqu'au durcissement de la colle, puis ôter ce bout de gant de l'index.

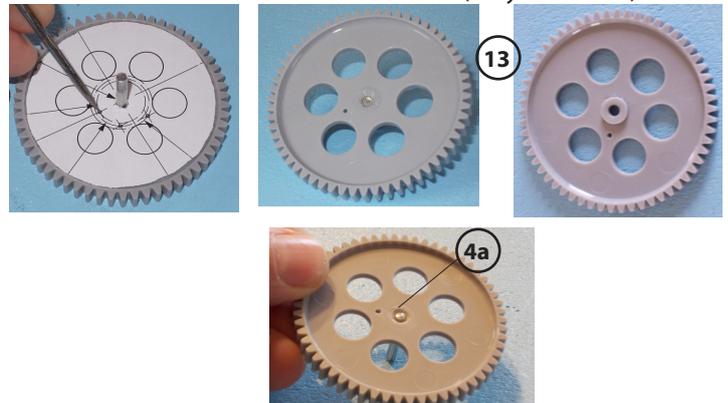


15. Comme illustré, enfoncer l'unité piston-membrane dans le bout de tube (7a) et retrousser la membrane qui dépasse (9a) sur le tube en carton.

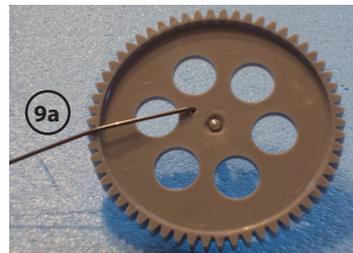


16. Sur la grande roue dentée (13) percer avec un foret $\varnothing 10\text{mm}$ le moyeu (augmentation au milieu) sur un côté, lentement jusqu'à la moitié. Ôter le reste avec un cutter aiguisé, à franc bord. Découper le pochoir de perçage (v. page 11) et entailler le point médian ($\varnothing 3\text{mm}$) en forme de croix. Mettre l'essieu (20 mm) dans la roue dentée et orienter de façon à ce que d'un côté, avec le moyeu éloigné (= face avant) il y ait env. 5 mm qui dépasse. Par l'avant, faire passer le pochoir sur l'axe et fixer au milieu avec du ruban adhésif. Percer 3 trous de $\varnothing 1\text{mm}$ à travers. Enlever le pochoir. Orienter l'essieu (4a) à franc-bord par rapport à la face avant.

Roue denté entièrement percée (13)
Vue face avant (moyeu distant) Verso



17. Mettre l'extrémité courbe de la bielle de manivelle (10a) dans le trou qui est le plus proche du point médian de la roue dentée (13) (7mm voir pochoir page 11). En utilisant les autres perforations (Eloignement 8 + 9 mm) il est possible ultérieurement de modifier le nombre de tours au cas où.

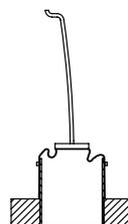


18. Enfiler une rondelle d'écartement (16) sur l'axe (4a) et faire passer l'axe à travers l'appui (douille en laiton, 6) dans le châssis de la machine. Dès que la roue est tournée, la membrane doit, dans le point mort bas, être sur le point de se raidir. Elle ne doit en aucun cas se raidir ne serait-ce qu'un peu (voir esquisse A page 11).



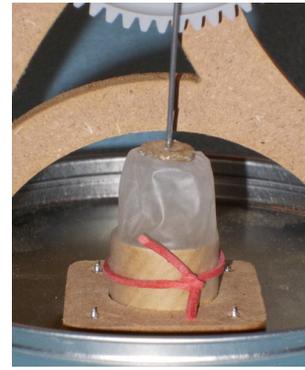
19. A l'essai mettre le groupe "piston/membrane" dans la base du cylindre (1b). La tige du piston ne doit pas être tordue.

Skizze A



Instructions

20. Dans cette position enrouler un élastique coupé (14) sur le bord supérieur, autour du tube et nouer en tirant seulement légèrement. Le tube ne doit pas être écrasé à cause de cela.

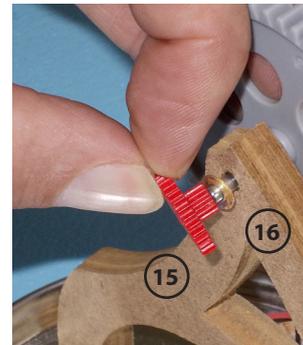


13

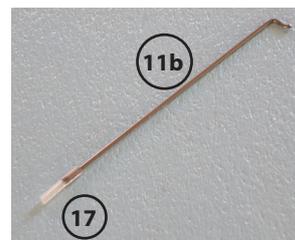
- 21 Si la membrane est bien fixée alors on va coller le tube (7a) dans la base du cylindre avec de la colle instantanée ou universelle. Veiller à ce qu'il n'y ait pas de colle sur la membrane!



22. Du côté opposé, mettre une rondelle d'écartement (16) et la petite roue dentée (15) sur l'axe de manière à ce que l'essieu puisse tourner sans jeu et facilement.



23. Sur l'extrémité droite de la bielle de manivelle (11b) faire glisser le morceau de tuyau (17) jusqu'à la moitié. Ensuite, enfiler la bielle de manivelle dans l'un des petits trous de la petite roue dentée.



Généralités

L'ajustement entre les couvercles (3) et le tube en carton rigide (18) est choisi consciemment de manière à ce que, même en cas de détachements répétés, il n'y ait pas de défaut d'étanchéité.

Dans les faits, il peut arriver que les couvercles soient trop serrés dans la douille en carton, et ne puissent être retirés sans aucun dommage.

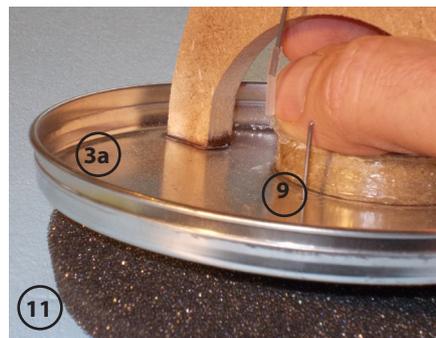
24. Appuyer le deuxième couvercle (3) dans le tube en carton rigide (18) et contrôler l'ajustement. Si le couvercle peut être à nouveau retiré facilement, alors, on peut renoncer à élargir. Si le couvercle est trop serré, procéder comme suit: Le couvercle se laisse enlever en soulevant minutieusement tout autour avec une lame de ciseaux. Répéter ceci 3 à 5 fois, jusqu'à ce que le couvercle s'enlève facilement.

Le logement inférieur du couvercle ne doit pas être élargi, car, après avoir enfoncé le fond (3b) il ne sera plus soulevé.

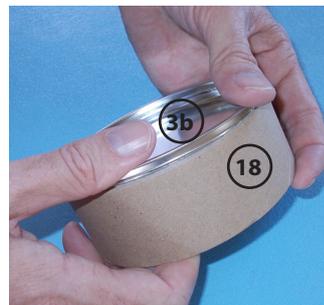


Instructions

25. Faire passer le piston de refoulement par en bas à travers le trou de 1 mm du couvercle (3a).



26. Maintenant, appuyer le 2ème couvercle (3b) comme fond dans le côté non élargi du tube en carton rigide (18).



27. Enfoncer l'ensemble de la partie supérieure minutieusement dans le tube en carton rigide (côté non élargi).



28. Lâcher la bielle de manivelle (10c) du piston de refoulement.

Le refouleur se trouve désormais au point mort bas. Tourner la bielle de manivelle (10b) avec la petite roue à manivelle (15) dans le point mort bas. Dans cette position, faire glisser le tuyau (17) sur la tige du piston (10c) afin de le relier avec la bielle de manivelle (10b).

Maintenant, soulever la tige du piston (10c) légèrement (max. avec une pince plate et enfoncer le tuyau encore un peu plus. On doit absolument pouvoir garantir que le refouleur, dans le point mort bas de la petite roue de manivelle ne soit juste plus sur le fond du couvercle (3b).

Retirer à nouveau la partie supérieure de la partie inférieure de la boîte (ne pas démonter le refouleur).

Attention:

En retirant la partie supérieure du tube en carton (18) ne jamais tirer sur le châssis! Toujours soulever le bord du couvercle!



29. Après le démontage, tourner la petite roue de manivelle maintenant dans le point mort haut ; le piston de refoulement, dans cette position, ne doit toucher les vis que légèrement.

Si l'effet de freinage est trop haut, alors le moteur ne va pas tourner



Instructions

30. En remettant la partie supérieure, le moteur est prêt pour la course d'essai.

Réglage:

Le réglage moteur (= transformation angulaire entre les deux pistons) est de 80-90 degrés (esquisse B).

Tourner la petite roue de manivelle dans le point mort bas et maintenir dans cette position. Maintenant, tourner la grande roue de manivelle également dans le point mort bas sur l'axe. Afin que le tour puisse s'effectuer seul spontanément grâce à la chaleur, le piston mécanique doit tourner à 80-90° en décalage par rapport au piston de refoulement.

Pour ce faire, comme illustré orienter la grande roue à manivelle tordue à 80-90° (v. illustrations et esquisse B page 11)

Les roues peuvent à tout moment être tournées dans le mauvais sens, l'une par rapport à l'autre, c'est pourquoi le réglage et la correction sont très simples.

Course d'essai:

Contrôler le bon fonctionnement en tournant les roues de manivelle, le cas échéant corriger.

Mettre deux bougies dans les bougeoirs et allumer. Mettre le moteur sur le bougeoir et tourner la petite roue de sorte que le refouleur soit au point mort haut.

Après un temps de chauffe d'env. 20-30 secondes, le moteur peut être mis en route en tournant l'une des deux roues de manivelle.

Le sens de rotation est défini par la position des deux roues l'une à l'autre.

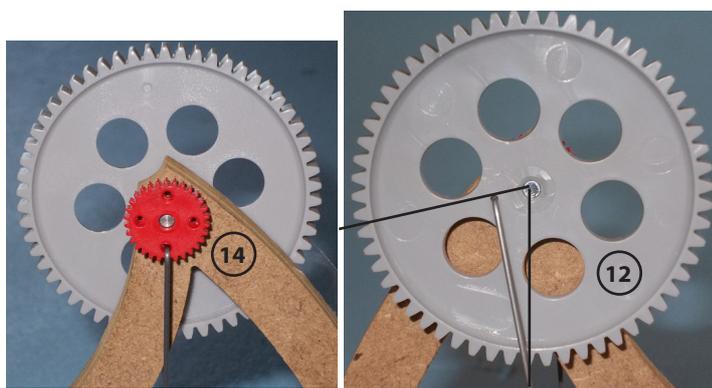
Le moteur a relativement peu de puissance. C'est pourquoi il faut s'assurer que le frottement soit aussi faible que possible.

IMPORTANT, ne jamais laisser le moteur avec des bougies allumées sans surveillance.

Lorsque les bougies brûlent, le refouleur ne doit jamais, à l'arrêt, se trouver en position point mort bas. La mousse pourrait brûler.

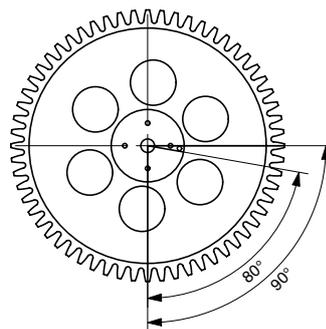
Si le moteur ne devait pas fonctionner, ce pourrait être à cause des points suivants:

- Le piston de refoulement touche le sol ?
- Le piston de refoulement touche trop près le couvercle supérieur ou trop fort les vis ?
- Le piston de refoulement reste accroché à la paroi du cylindre ou alors il traîne ?
- L'axe tourne-t-il sans frottement dans la douille en laiton? Le cas échéant mettre une goutte d'huile dans le palier à glissement, Régler le jeu.
- Le „S” de la tige du piston traîne sur le châssis de la machine ?
- La membrane se tend au point mort supérieur et freine ainsi la machine?
- La tige du piston est à l'envers dans le piston (elle se coince dans le trou de la grande roue de manivelle)?
- La bielle avant de manivelle se coince dans le trou de la petite roue de manivelle ?
- La tige du piston se tourne sans frottement dans le trou du couvercle ?
- Est-ce que la membrane est étanche?
- Est-ce que le réglage est correct (env. 80-90 degrés)?



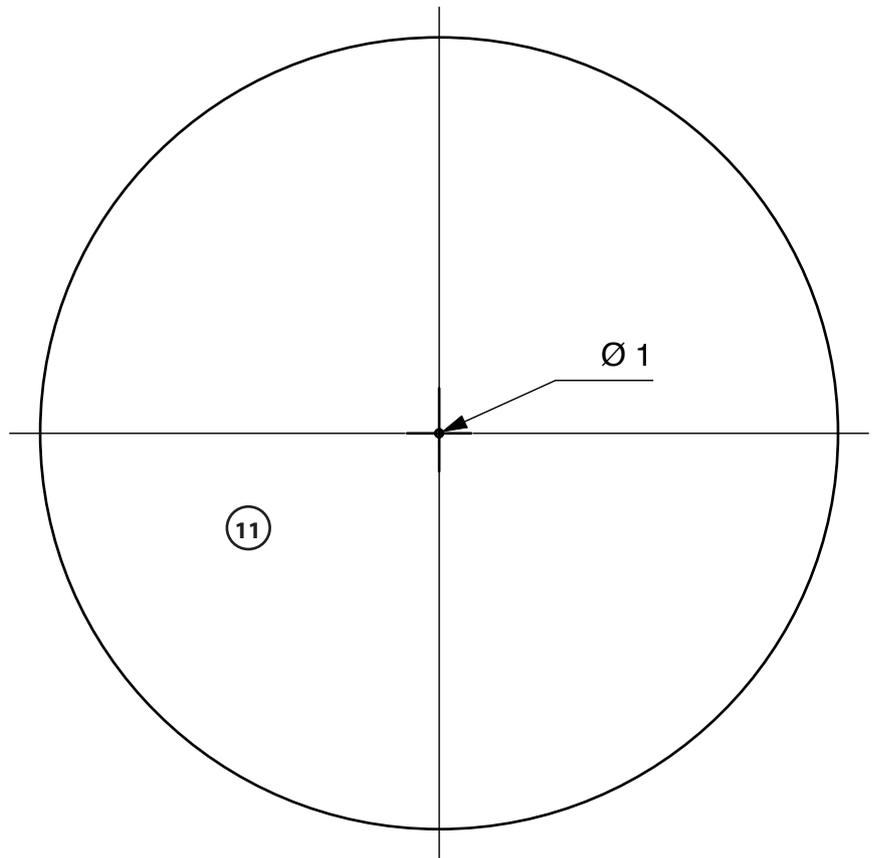
Recto (14)

Verso (12)



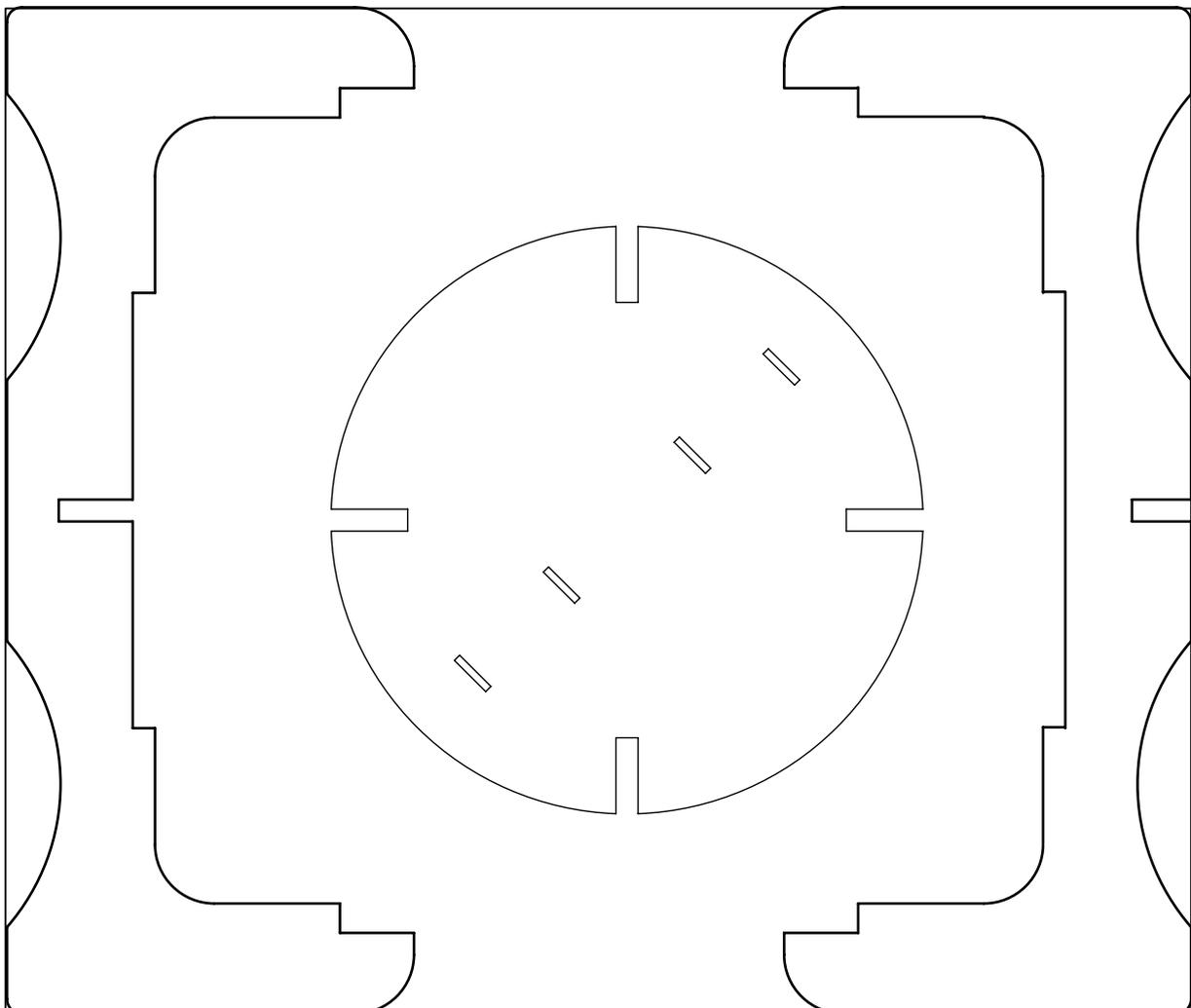
Pochoir Piston de refoulement (Découpe de mousse, 11)

E 1:1

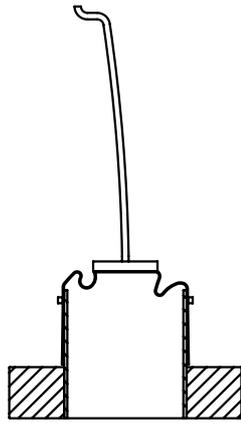


Pochoir Plaque de contreplaqué (2)

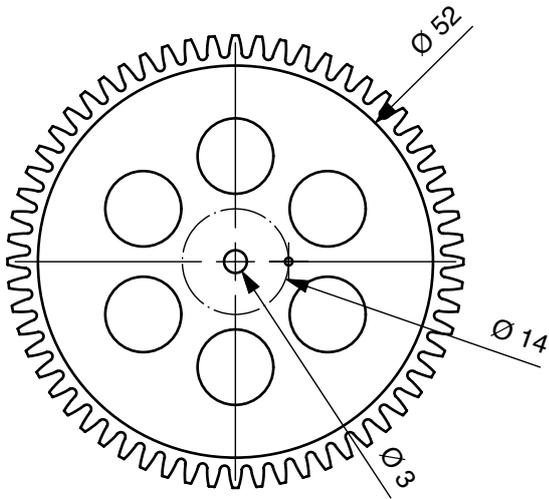
E 1:1



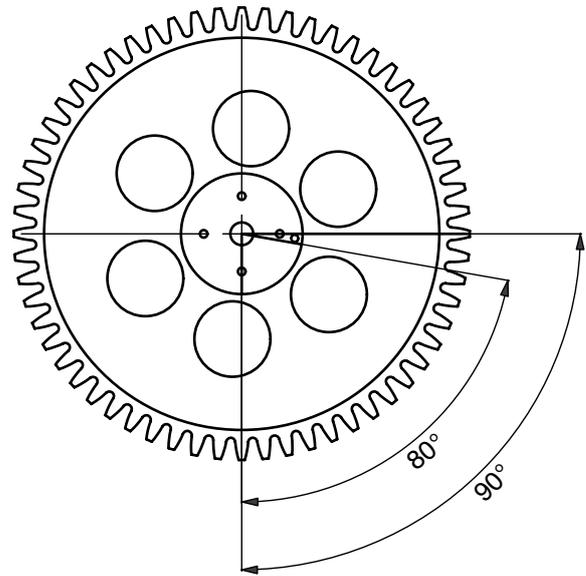
Esquisse A
Tension membrane (9a)



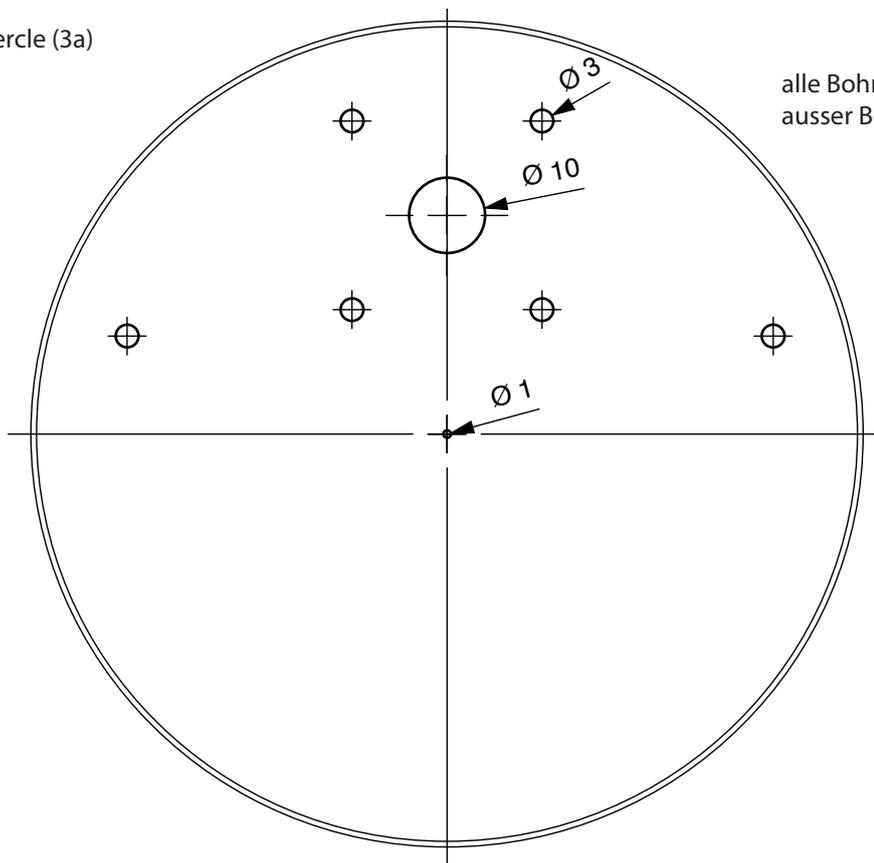
Pochoir Roue à manivelle (roue dentée, 13)
E 1:1



Temps de commande (esquisse B)
E 1:1



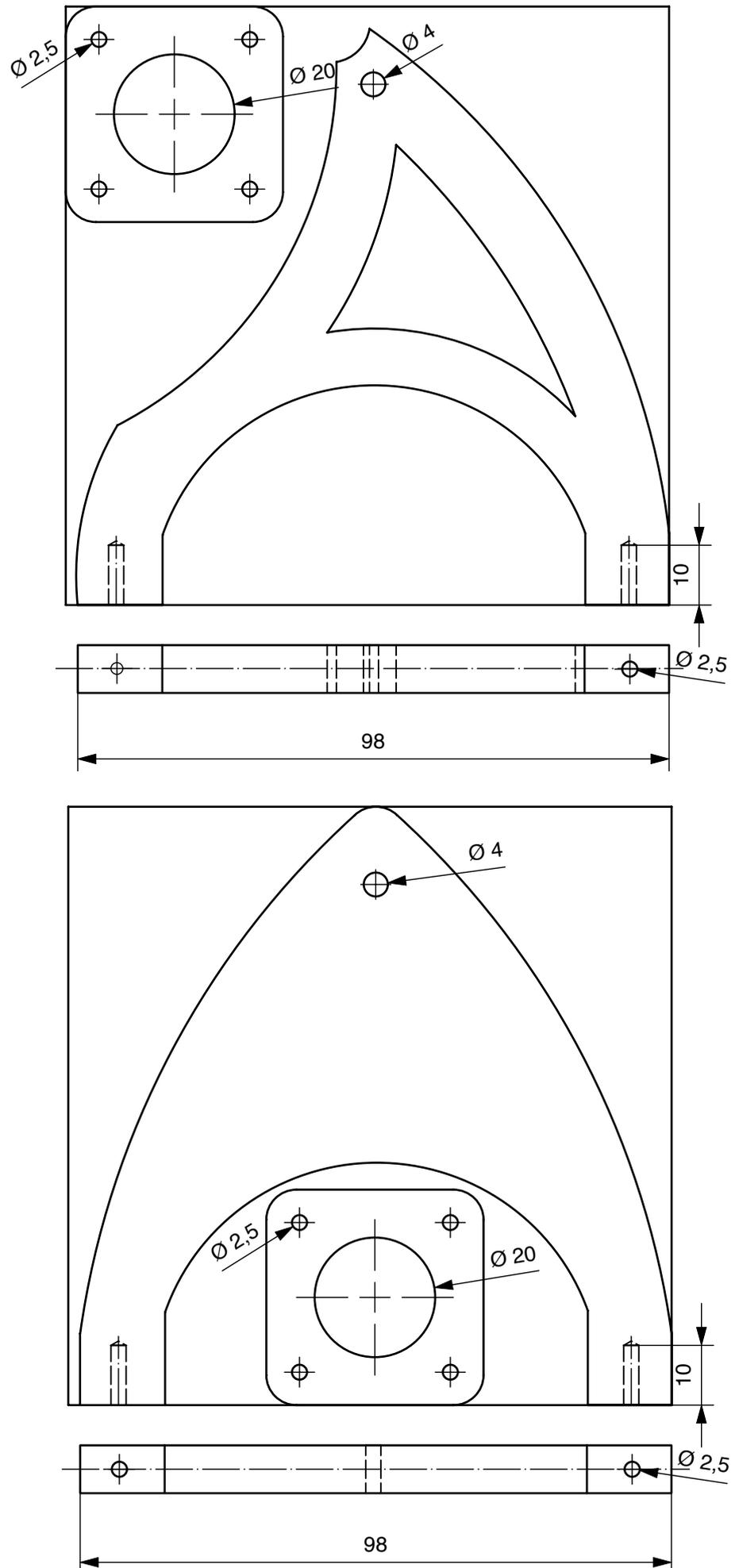
Pochoir Couvercle (3a)
E 1:1



alle Bohrungen sauber entgraten
ausser Bohrung $\varnothing 1$

Pochoirs
Plaque MDF (1)

E 1:1



Coupe Moteur Stirling

