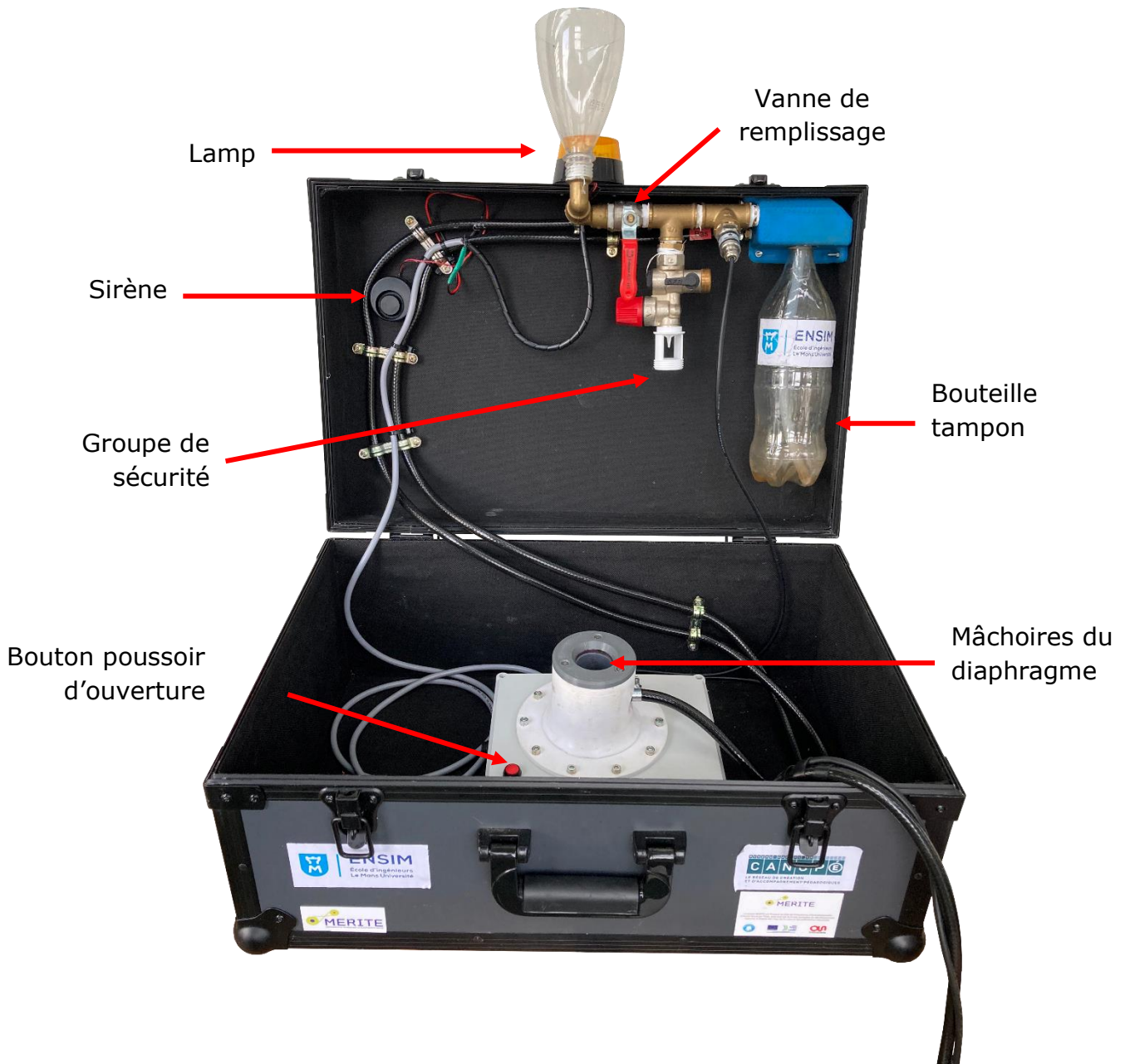


DOSSIER DE FABRICATION

Base de lancement pour fusée à eau



Version du 27/06/2021

NE PAS DIFFUSER

I. Table des matières

I.	Table des matières	1
II.	Explication du fonctionnement de la mallette	3
II.1)	Une mallette ?	3
II.2)	Fonctionnement	3
II.3)	Utilisation	4
II.4)	Fabrication modulaire	4
III.	Rassemblez les outils nécessaires	5
III.1)	Outils de base	5
III.2)	Pour la programmation	5
III.3)	Pour la fabrication du PCB	5
III.4)	Pour la fabrication du pas de tir	5
III.5)	Pour les raccordements électriques et la fixation	5
III.6)	Pour le système de mise sous pression	5
IV.	Commande des pièces	6
V.	Impression des pièces 3D, fabrication du PCB et découpage des mâchoires	6
V.1)	Impression des pièces en 3D	6
V.2)	Fabrication PCB en gravure anglaise avec la Charly robot	9
V.3)	Découpage des mâchoires en époxy et de la couronne dentée avec la Charly Robot	10
V.3.a)	Mâchoires :	10
V.3.b)	Couronne dentée :	10
V.4)	Préparation du boîtier ABS	11
V.4.a)	Partie inférieure	11
V.4.b)	IV.4.a - Partie supérieur	12
V.5)	Préparation de la valise	12
VI.	Assemblage	13
VI.1)	Électronique	13

VI.1.a)	PCB	13
VI.1.b)	V.1.b - Capteur de pression	13
VI.1.c)	Sirène et flash	14
VI.1.d)	Connexion mini USB	14
VI.1.e)	Cable de recharge	16
VI.1.f)	Arduino	16
VI.2)	Assemblage des éléments sur la valise	17
VI.3)	Tuyauterie	18
VI.4)	Assemblage pièces 3D	20
VI.5)	Assemblage partie supérieure du boîtier	23
VI.6)	Mise en place du système de déclenchement	24
VI.7)	Raccordement électronique	25
VI.8)	Vérifier le bon fonctionnement :	29
VII.	Zones de sécurités	30
VIII.	Décollage	31

II. Explication du fonctionnement de la mallette

II.1) Une mallette ?

Cette mallette sert de base de lancement pour la fusée à eau. Elle est équipée d'un système électronique et d'un système de mise sous pression.

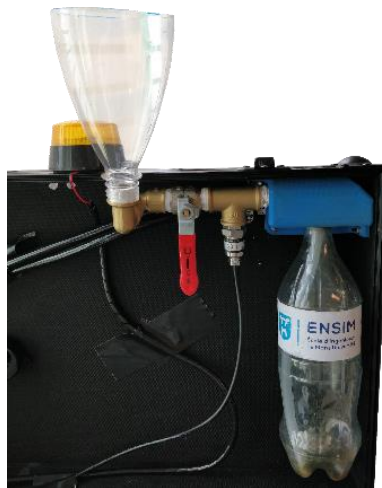
Elle ne nécessite aucun raccordement au réseau électrique et ou au réseau d'eau au moment d'un lancement.



II.2) Fonctionnement

La pièce centrale de la mallette est le pas de tir.

La mallette de lancement est pilotée par une carte Arduino. Cette carte permet à la mallette d'être commandée à distance et d'exécuter quelques tâches telles la récolte de données de pression dans le système, l'avertissement d'un décollage imminent et la libération de la fusée à l'aide d'un servomoteur.



L'autre pièce maîtresse de la mallette est la section de mise sous pression qui permet à la fusée d'avoir de la puissance pour décoller.

Il suffit de remplir manuellement le réservoir puis de fermer la vanne.

Une pompe et un déclencheur déportés permettent de prendre ses distances avec le pas de tir et de procéder au lancement en toute sécurité.

II.3) Utilisation

La fusée est insérée entre les mâchoires du pad de lancement. Celles-ci se referment et bloquent la fusée.

On remplit le réservoir d'eau, puis on pompe pour mettre la fusée sous pression.

L'utilisateur tient en main un bouton déclencheur, pour libérer la fusée et la faire décoller.

Voici une vidéo vous expliquant comment utiliser la mallette lors d'un tir de fusée : [Utilisation de la base de lancement](#)

Ou bien la notice : [Notice d'utilisation de la base de lancement](#)

II.4) Fabrication modulaire

Cette valise est modulaire, elle peut être basique comme équipée de nombreux capteurs.

Par la suite nous indiquerons la construction correspondante à notre valise test mais des éléments peuvent être enlevés et d'autres rajoutés.

En outre en plus de la version actuelles, deux capteurs et un actionneur peuvent être rajouter :

- Une électrovanne
- Un débitmètre
- Un anémomètre

III. Rassemblez les outils nécessaires

Un certain nombre d'outils sont nécessaires pour fabriquer une mallette de lancement. La majorité de ces outils sont disponibles dans les salles de technologie aux collèges ou aux fablabs :

III.1) Outils de base

- ✓ Perceuse
- ✓ Mèche à bois
- ✓ Tournevis
- ✓ Jeux de clés
- ✓ Pincés coupantes
- ✓ Pincés plates

III.2) Pour la programmation

- ✓ Ordinateur
- ✓ Open-Source Software Arduino IDE

III.3) Pour la fabrication du PCB

- ✓ Fer à souder
- ✓ Etain (avec plomb pour de meilleur soudure)
- ✓ Pompe à dessouder
- ✓ Fraise diamantaires 1 et 3 mm / Pointe javelot
- ✓ Forêt 0.8/1/1.2 mm (compatible époxy)

III.4) Pour la fabrication du pas de tir

- ✓ Imprimante 3D FDM pour PLA et PETG
- ✓ CNC Charly Robot
- ✓ Tarauds pour les filetages $\frac{3}{8}$ " / $\frac{1}{2}$ " / M4

III.5) Pour les raccordements électriques et la fixation

- ✓ Pincés coupantes
- ✓ Pincés plates
- ✓ Scotch d'électricien

III.6) Pour le système de mise sous pression

- ✓ Set de clés

IV. Commande des pièces

Il vous faut aussi commander les pièces permettant la réalisation de la mallette. Cela va des résistances à la valise elle-même.

La liste des pièces à commander et leurs références sont disponibles sur cette feuille de calcul en ligne : [liste des pièces](#)

Les pièces et références sont données à titre indicatif. Elles peuvent être remplacées par des pièces équivalentes. Libre au constructeur de choisir ces composants en prenant en compte la compatibilité de chacun d'entre eux.

V. Impression des pièces 3D, fabrication du PCB et découpage des mâchoires

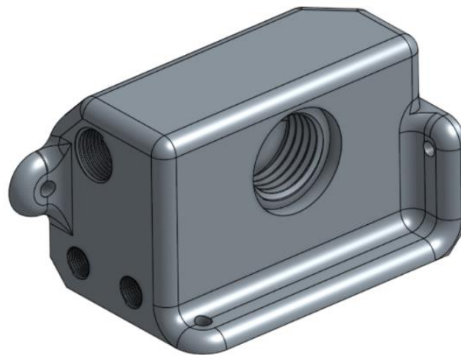
V.1) Impression des pièces en 3D

Une modélisation de la mallette sur Onshape est disponible en ligne : [Modélisation mallette OnShape](#).

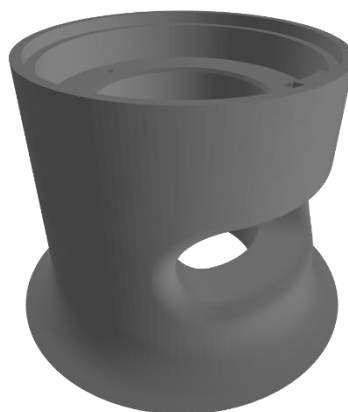
Vous pouvez récupérer les fichiers STL de chaque pièce pour les importer dans votre slicer (ex : Cura Ultimaker, MakerBot Print Software...).

La base est constituée de 6 pièces mécaniques à imprimer en 3D :

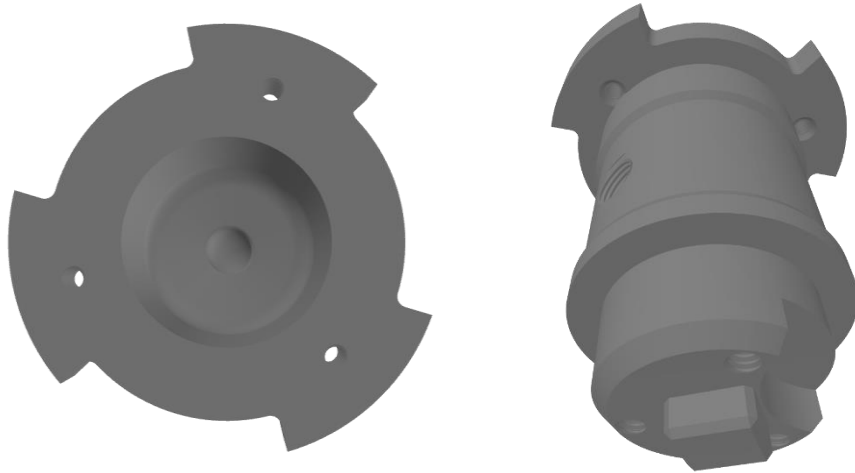
- ✓ module tampon



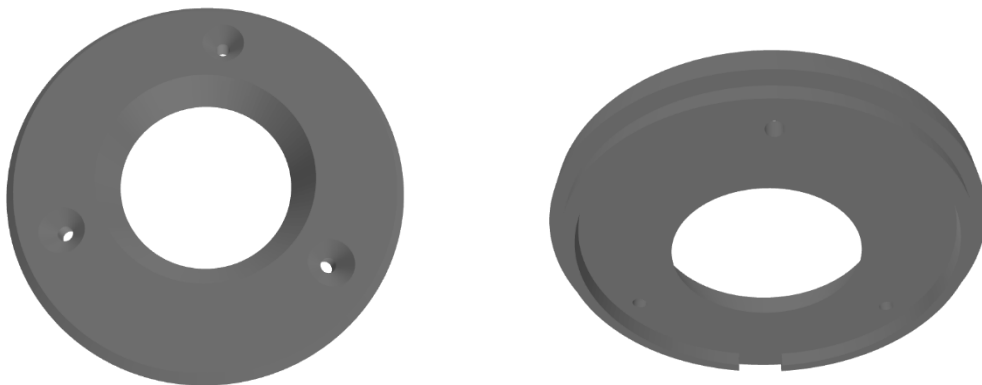
- ✓ entraîneur extérieur



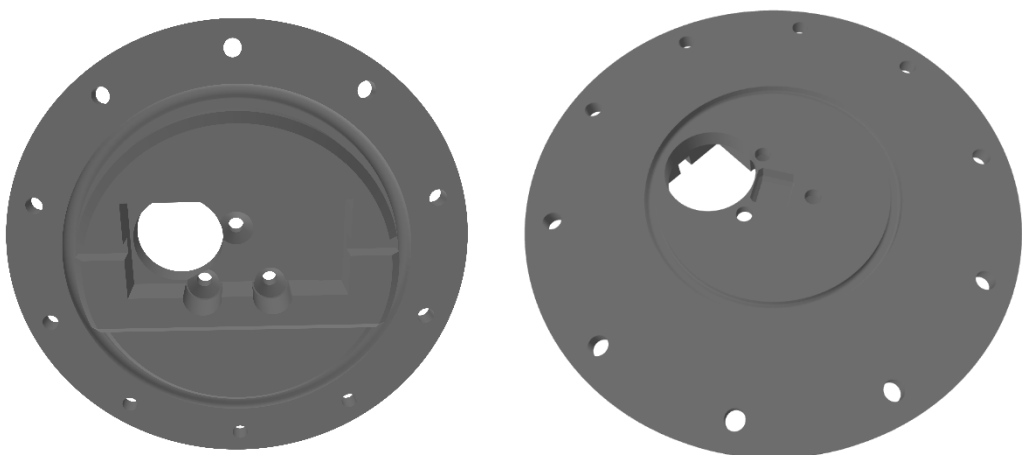
✓ entraîneur intérieur



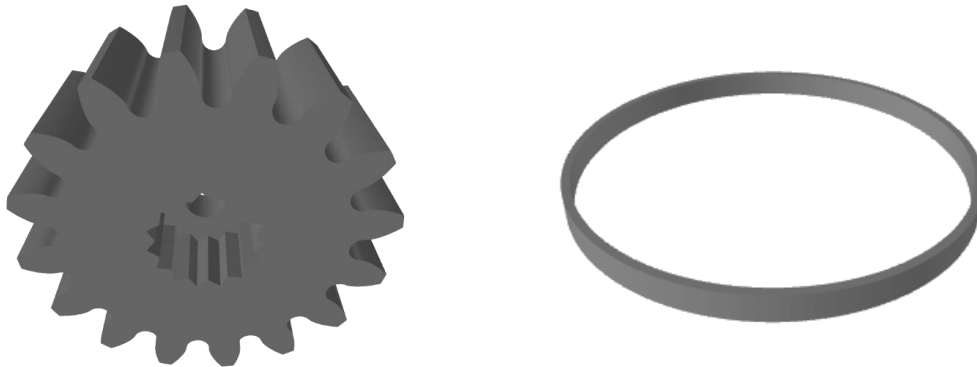
✓ couvercle



✓ embase



- ✓ engrenage et cercle de centrage



La géométrie de certaines pièces nécessite un support pour l'impression.

Les pièces présentées dans ce dossier ont été exportées en STL sur Cura Ultimaker puis réalisées en PLA/PETG avec une imprimante Ultimaker 3 Extended.

Il est toutefois possible d'utiliser d'autres paramètres à votre guise, d'utiliser d'autres matériaux et de modifier les pièces.

Le PLA est simple d'impression mais ne donne pas totale satisfaction en termes de résistance à la pression. En plus d'être sujet aux déformations dues à la chaleur, il n'est pas très fiable dans le temps avec une utilisation en conditions humides.

Le PETG répond à la fois aux contraintes de résistances mécaniques équivalentes à l'ABS, est assez facile à imprimer car similaire au PLA. De plus, il s'agit d'un dérivé du PET qui constitue majoritairement les bouteilles en plastique que l'on trouve dans le commerce. Il est donc résistant à l'humidité. Il ne présente pas de problème de soudure froide avec une bonne fusion inter-couche. Un réglage des paramètres propres à votre machine sera à réaliser.

Nos recommandations pour le paramétrage de votre impression 3D :

- ✓ Augmentez le nombre de parois à 3 ou 4 pour toutes les pièces servant à la mise sous pression.
- ✓ L'entraîneur extérieur est l'une des plus grosses pièces et la plus longue à imprimer. Elle nécessite un support et une vitesse d'impression réduite car elle doit être imprimée avec précision.
- ✓ L'entraîneur intérieur doit aussi être imprimé à vitesse réduite.
- ✓ L'engrenage du servomoteur est une petite pièce facile à fabriquer. Elle fait le lien entre le servomoteur et l'entraîneur intérieur.
- ✓ Le module tampon relie le système de tuyauterie à la bouteille tampon. Elle doit être imprimée très lentement puisqu'elle comporte des cavités laissant passer l'eau et qui doivent donc être imperméables.
- ✓ Le couvercle permet de maintenir les mâchoires qui bloquent la fusée. Vous ne rencontrerez pas de problème pour le réaliser.

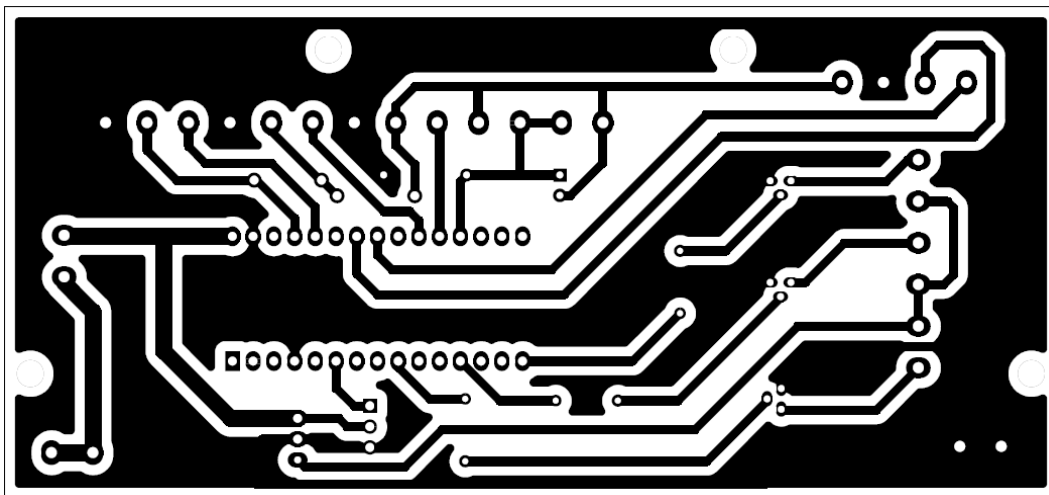
V.2) Fabrication PCB en gravure anglaise avec la Charly robot

Le PCB est destiné à être réalisé en gravure à l'anglaise à partir d'un Charly Robot. Si vous avez accès à une autre méthode de réalisation (bain acide par exemple), les fichiers fournis seront également compatibles.

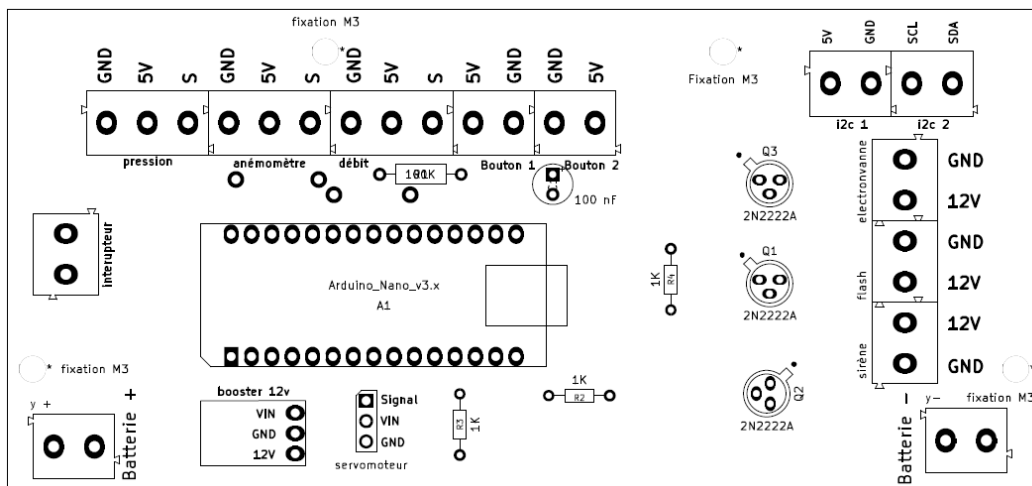
L'objectif est de séparer les différents potentiels avec une fraise diamantaire de 1 mm ou une pointe javelot en réalisant une rainure sur 0.5 mm de profondeur.

Le PCB est le suivant :

- ✓ Face arrière:



- ✓ Face avant (à imprimer sur autocollant et coller) :



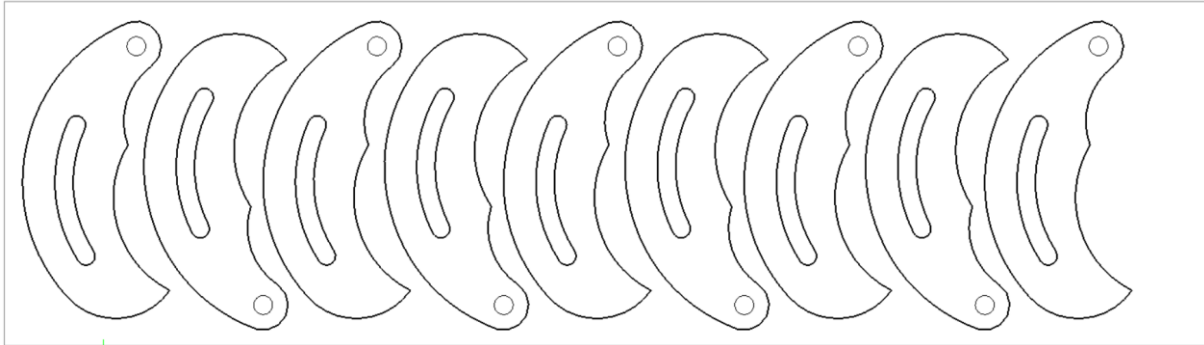
- ✓ La première étape est la réalisation des différents perçages au diamètre de 0.8mm / 1mm / 1.2mm.
- ✓ On vient ensuite séparer les pistes avec un contournement extérieur de 1mm .
- ✓ Puis on découpe le PCB à sa taille finale avec un fraise un peu plus grosse de 3mm .

Tous les fichiers DXF et CFAO du PCB sont fournis dans un dossier en pièce jointe.

V.3) Découpage des mâchoires en époxy et de la couronne dentée avec la Charly Robot

V.3.a) Mâchoires :

Les mâchoires sont découpées à l'aide de la Charly robot dans un plaque d'époxy à partir du fichier CFAO fournit.



V.3.b) Couronne dentée :

La couronne dentée est à découper à l'aide de la Charly robot dans une place de PVC expansé de 6mm à partir du fichier CFAO fournit.



V.4) Préparation du boîtier ABS

Le boîtier en ABS permet d'abriter les éléments électroniques de la valise.

On doit y réaliser plusieurs découpes afin d'accueillir les différentes pièces. Ces découpes sont à adapter en fonction des pièces commandées et des options mises en place.

Dans notre cas, nous avons sur notre valise des trous pour le connecteur mini USB, 3 presses étoupes, l'interrupteur et les bornes de recharges.

L'ensemble des positions de perçages sont référencés dans 2 mises en plans fournies en pièces complémentaires.

Nous recommandons l'utilisation de mèches à bois pour la découpe dans le boîtier qui est en ABS.

Les dimensions de coupe fournies ci-dessous correspondent aux données fournies par chaque fournisseur. Nous vous recommandons d'utiliser la mèche de diamètre inférieur correspondant.

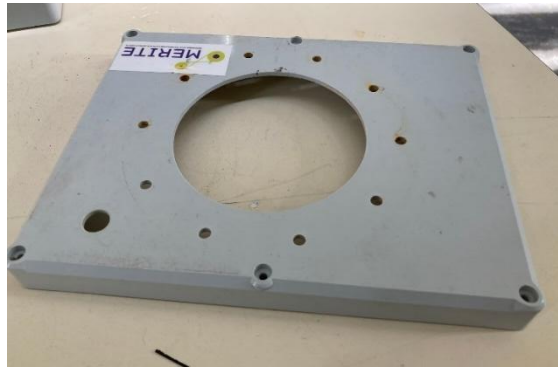
V.4.a) Partie inférieure

- ✓ Bornes de recharges (douille banane) x2 :
Perçage constructeur : 8,1 mm
- ✓ Interrupteur secteur :
Découpe constructeur : 30,5 x 22 mm
- ✓ Presse-étoupe PG7B x2
Perçage constructeur : \varnothing 12,5 mm
- ✓ Presse-étoupe PG14
Perçage constructeur : \varnothing 20,5 mm
- ✓ Connecteur mini USB en façade
Perçage constructeur : \varnothing 19,2 mm



V.4.b) IV.4.a - Partie supérieur

- ✓ Bouton poussoir étanche :
Perçage constructeur : $\varnothing 12$ mm
- ✓ Emplacement Module de lancement
Trou de fixation de la bride : 5,5 mm
poche de la Bride : 100 mm



Pour la partie supérieure du boîtier nous recommandons un usinage sur Charly robot.

À l'aide d'un foret à pointer pour percer les trous de fixations de la bride sur une perceuse à colonne et d'un fraise taille de 2 dents pour le contournage du bouton poussoir et de la poche.

Des fichiers DXF et CFAO sont fournis afin de réaliser cette découpe sur CNC.

V.5) Préparation de la valise

Pour préparer la valise, il faut identifier l'emplacement de chaque collier servant à maintenir les tuyaux. Nous vous recommandons de mettre en place deux colliers doubles en bas du capot et sur la bordure intérieure de la base afin d'éviter que les tuyaux ne viennent à se coincer lors de la fermeture.

Percez afin de pouvoir y passer des vis de 5,4 mm pour une M5 de 16 mm .



VI. Assemblage

VI.1) Électronique

VI.1.a) PCB

Nous vous recommandons de souder le PCB à l'aide d'un étain à base de plomb en respectant l'ordre énoncé. Un nettoyant pour le flux pourra être prévu afin de nettoyer la carte à la fin.

- ✓ Support lyre (2 pâtes de seront à couper et les emplacements à condamner)
- ✓ Strap
- ✓ Résistance / capacité / transistor
- ✓ Pin 3x1 pas de 2.54 mm (servomoteur)
- ✓ Convertisseur 12v
- ✓ Bornier

Le résultat devrait ressembler à cela :



Nous recommandons l'application d'un vernis de tropicalisation afin d'éviter toute oxydation du PCB avec l'humidité.

VI.1.b) V.1.b - Capteur de pression

Le capteur de pression est fourni dans le conditionnement suivant :



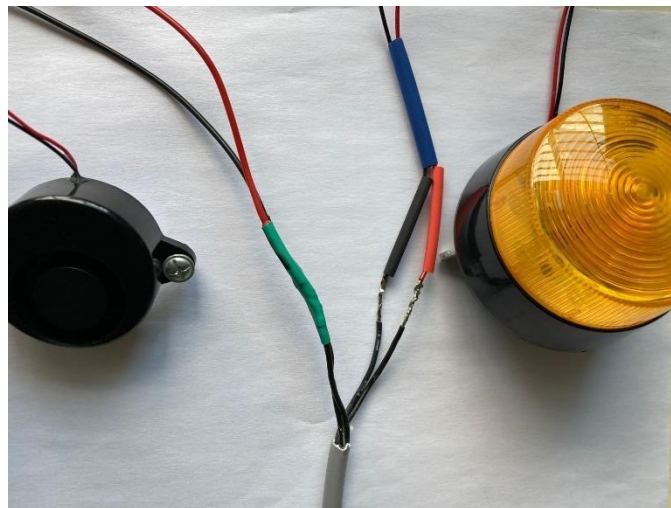
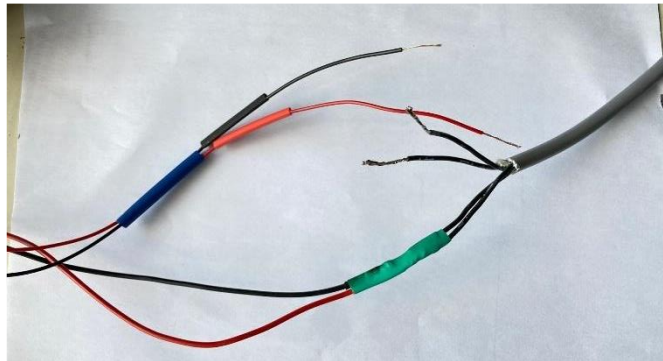
Si le câble fourni est assez long il suffit de couper le connecteur afin de disposer de 3 fils raccordables au bornier

Dans le cas contraire, il est possible de rallonger le capteur avec un câble multiconducteur.

VI.1.c) Sirène et flash

Afin de rendre le système étanche, la sirène et la lampe doivent être reliées à un câble multiconducteur pour passer dans un seul presse-étoupes.

On fait alors le raccordement des deux avertisseurs en prenant soin de mettre des gaines thermo rétractables pour chaque soudure.



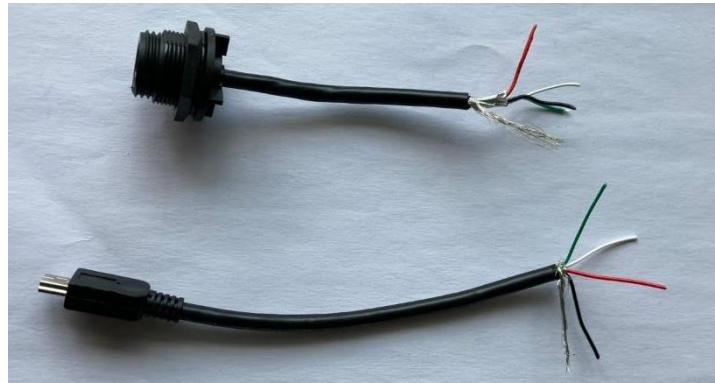
VI.1.d) Connexion mini USB

Afin de faciliter l'utilisation, un port mini USB étanche peut être monté en façade du boîtier.

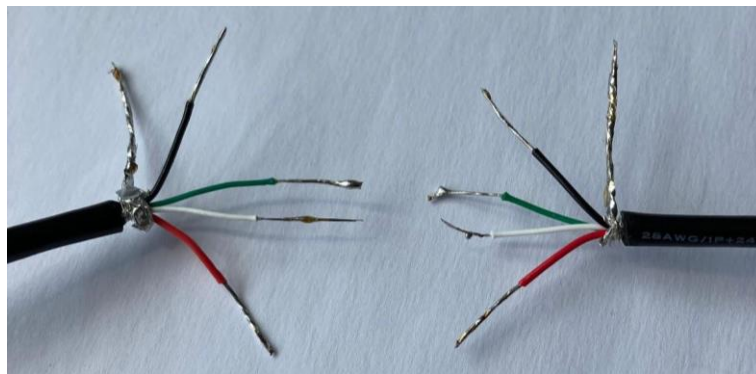
Nous avons décidé de raccourcir celui acheté pour avoir moins de câbles dans le boîtier.

Voici quelques photos résumant la procédure :

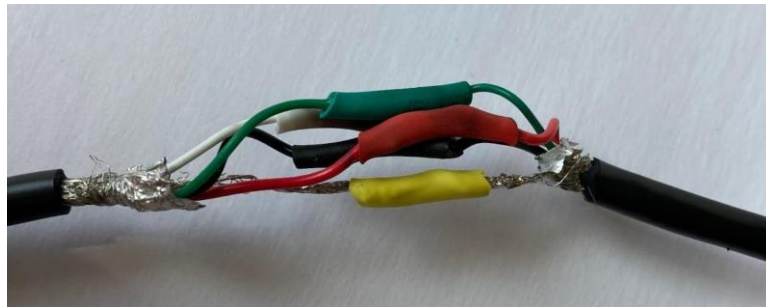
- ✓ Découpez à la longueur souhaitée :



- ✓ Dénudez et étamez les câbles



- ✓ Soudez et mettez de la gaine thermo sur chaque soudure



- ✓ Finissez de protéger la jonction avec du scotch d'électricien



VI.1.e) Cable de recharge

Afin de relier les bornes de recharge extérieures à la batterie, il faut réaliser deux câbles avec une cosse ronde dont le trou est de taille M3



VI.1.f) Arduino

La carte Arduino est juste à insérer dans le support lyre.

Le code est à téléverser, il est disponible ici : [Code Arduino \(nano\)](#) à copier/coller ou [fichier source Arduino](#) à télécharger. En voici un résumé :

L'entête déclare les différentes variables, les pins de connections. On y retrouve aussi les éléments de réglage de la course des mâchoires et du seuil de pression.

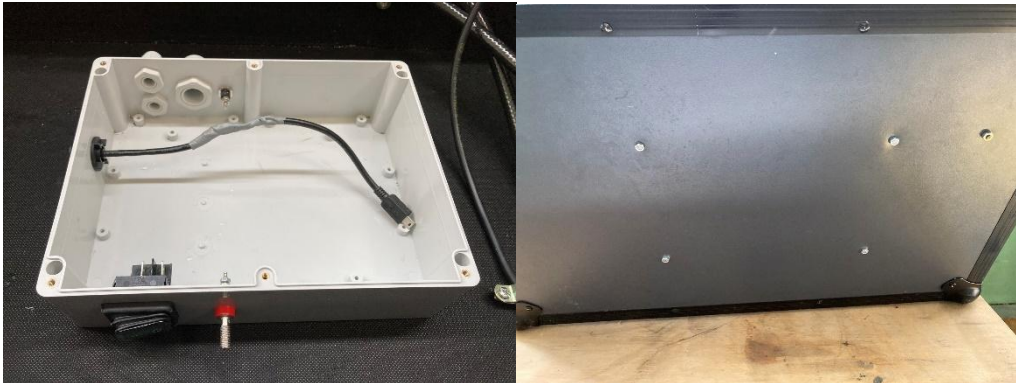
Le setup permet d'initialiser les variables et d'effectuer un test à chacun des éléments de la mallette : ouverture et fermeture des mâchoires, test de la lampe et test de la sirène.

La boucle regarde en permanence l'appui sur un des deux déclencheurs. Lors d'un appui elle actualise la position des mâchoires en fonction de la position gardée en mémoire.

De plus toutes les 50 ms, la pression est mesurée dans le système à l'aide du capteur. Les données en tension et pression sont recopiées sur le moniteur série. Dès le dépassement du seuil de pression, la sirène et la lampe s'allument.

VI.2) Assemblage des éléments sur la valise

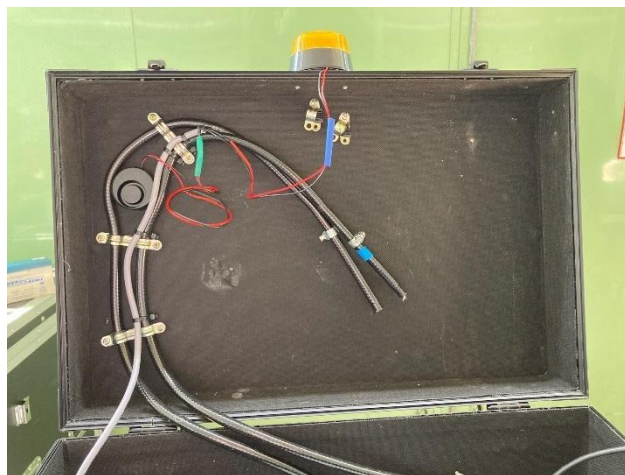
- ✓ Fixation du boîtier



- ✓ Mise en place des tuyaux



- ✓ Passage des câbles autour des tuyaux et fixation de la lampe et la sirène



VI.3) Tuyauterie

Mettez les raccords cannelés dans leur emplacement. Un taraudage est nécessaire pour les filetage réalisée en impression 3D

Mise en place de la bouteilles tampon sur le module de pression



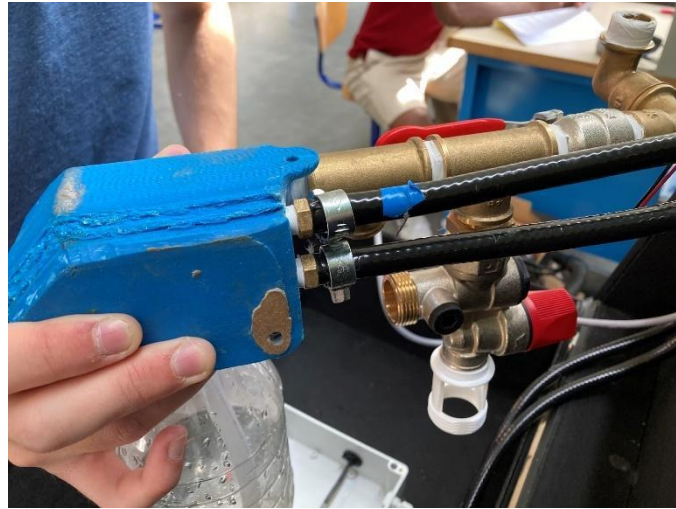
- ✓ Assemblage des différents éléments de remplissage de contrôle : capteur de pression, groupe de sécurité, valve, etc.



- ✓ Raccordement de la plomberie sur le module de pression



- ✓ Raccordement des tuyaux sur le module de pression
Tuyau relié à la source de pression en haut, tuyau relié à la base de lancement en bas



- ✓ Fixation du module de pression sur la valise



- ✓ Branchez le capteur de pression



VI.4) Assemblage pièces 3D

- ✓ Visserie :



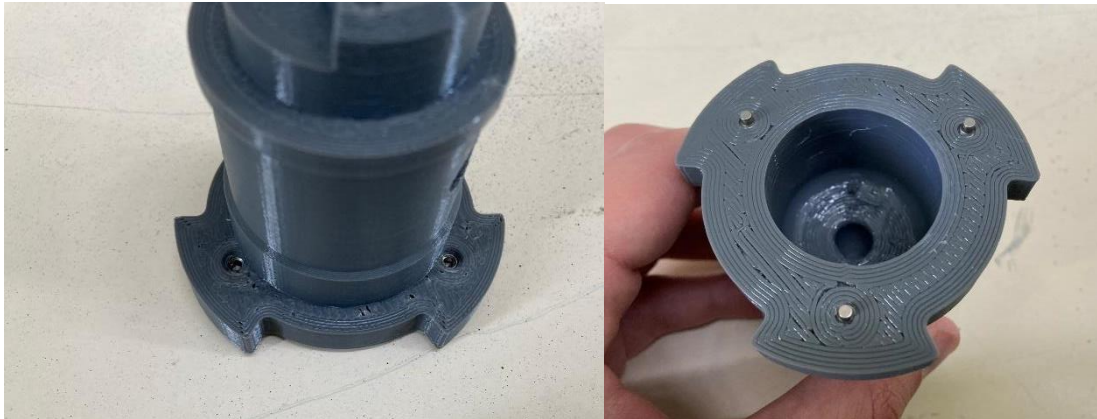
- ✓ Mise en place du joint spi sur l'entraîneur extérieur
Le joint spi vient rentrer légèrement en force dans l'entraîneur extérieur. L'utilisation d'un maillet est à privilégier pour ne pas endommager le joint.
Les lèvres sont vers le haut.



- ✓ Mise en place de la couronne dentée rapporter
La couronne dentée rapporter est fixée à l'aide de deux vis M4.
Un taraudage est préférable.



- ✓ Insérez les vis sans tête dans l'entraîneur intérieur, elles permettront de maintenir les mâchoires en époxy. Ces dernières doivent dépasser de quelques milli mètres sur la partie supérieur et être à fleur ou légèrement enfoncées sur la partie basse.



- ✓ Mise en place de l'entraîneur intérieur dans l'entraîneur extérieur. Il est recommandé de lubrifier les parois internes du joint spi.



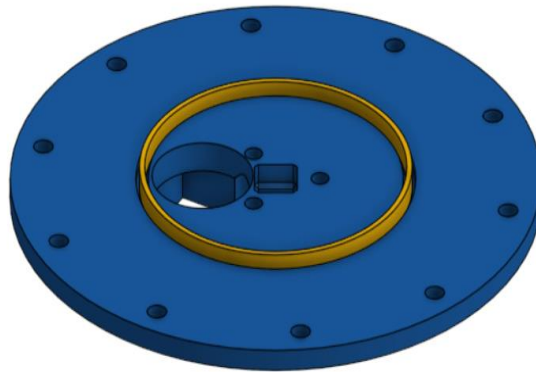
- ✓ Placez les mâchoires en époxy sur le dessus de l'ensemble. Une lubrification des mâchoires avec une graisse fine est préférable.



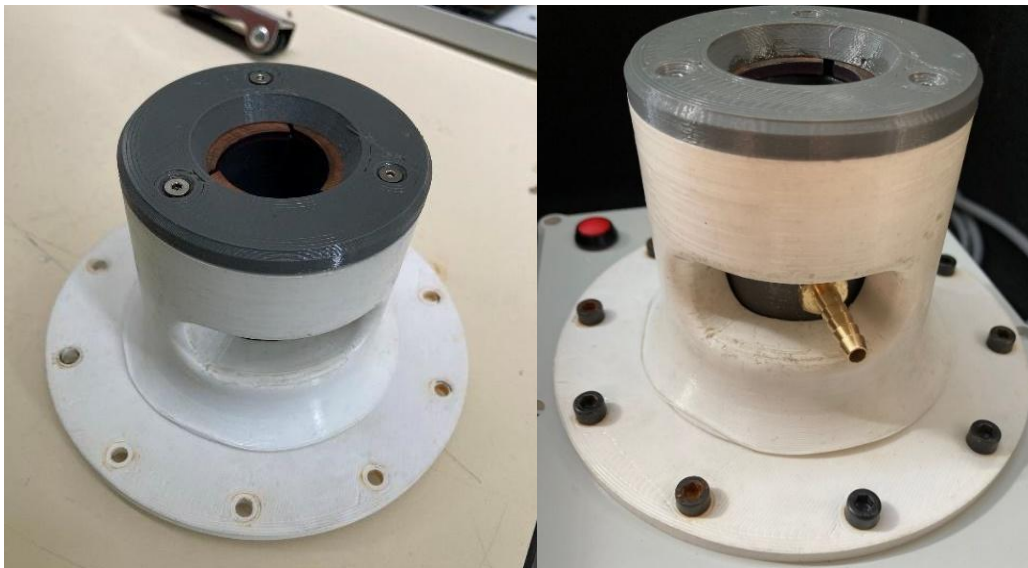
- ✓ Mise en place du couvercle sur le système



- ✓ Coller le cercle de centrage sur l'embase :



- ✓ Mettez l'entraîneur sur l'embase et mettez le raccord cannelé dans son emplacement (entraîneur intérieur)

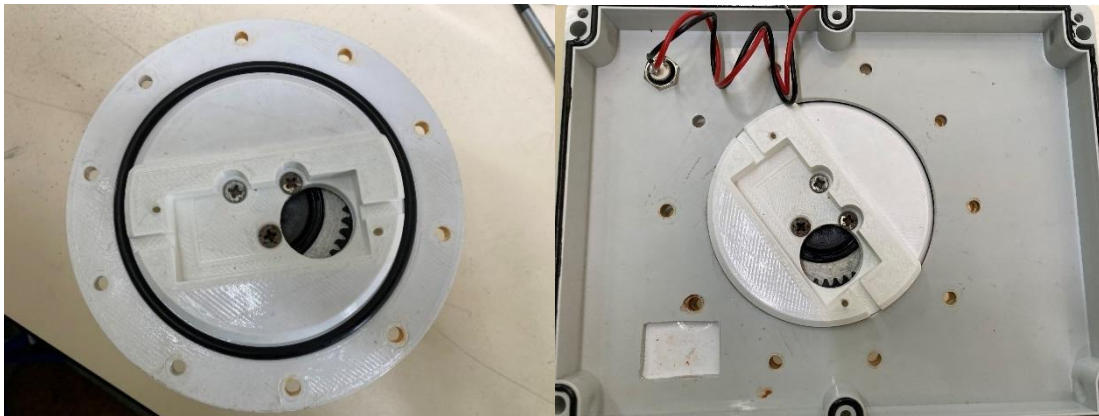


VI.5) Assemblage partie supérieure du boîtier

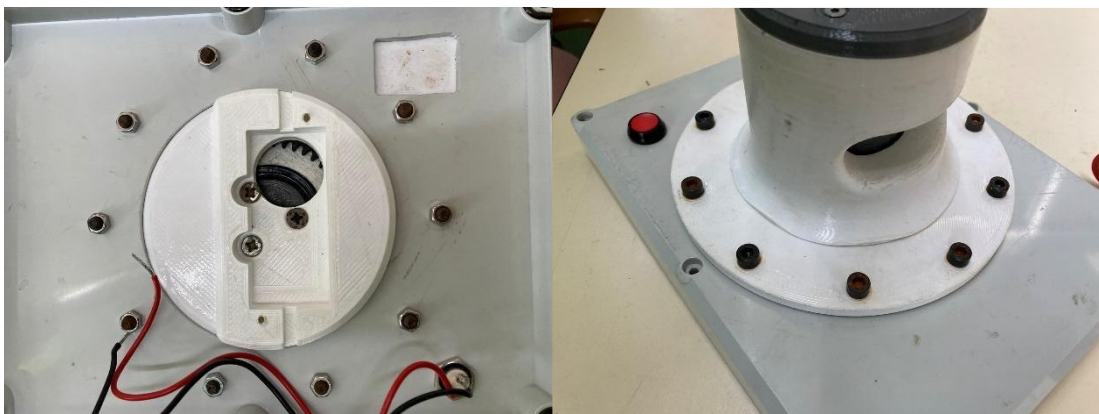
- ✓ Mise en place du bouton poussoir de déclenchement



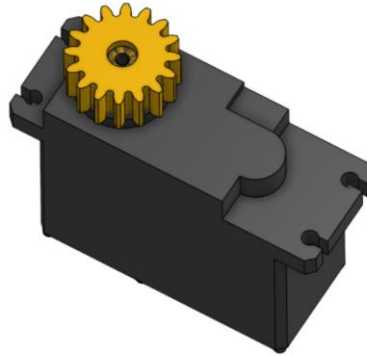
- ✓ Assemblage des éléments 3D sur la partie supérieure du boîtier.
Un joint torique de 105,00 X 4,50 - NBR 70 est à placer dans l'emplacement prévu avant de placer l'embase sur le boîtier. Ce dernier doit être graissé afin de ne pas sécher ;



- ✓ Il suffit de positionner l'embase de façon à ce que le servomoteur se retrouve du côté du bouton et parallèle à la paroi latérale
Des joints plats peuvent être également ajoutés autour de chaque vis. Nous recommandons l'utilisation de vis en inox pour éviter la rouille (nous n'en avons pas mis sur notre valise).



- ✓ Placez l'engrenage sur le servomoteur et fixé le à l'aide d'une visse.

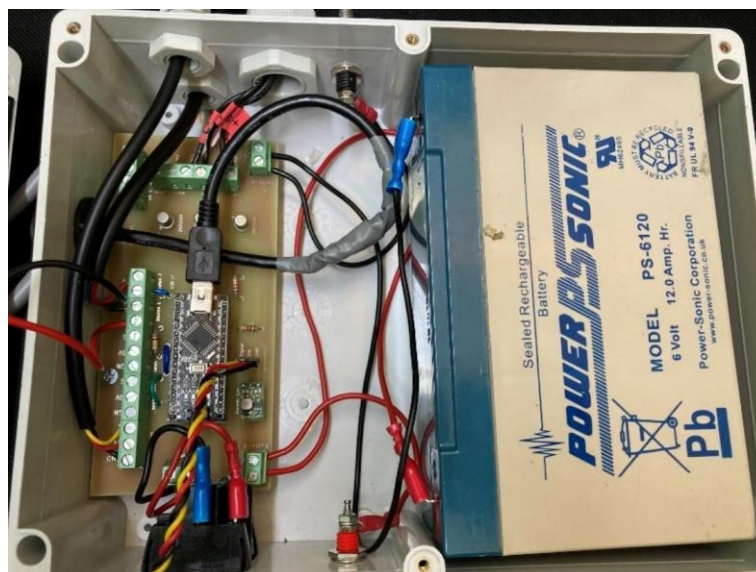


- ✓ Placez le servomoteur dans l'embase
Mettez le servomoteur au milieu de sa course et de même pour l'entraîneur intérieur avant d'enfoncer le servo.
La fixation est réalisée par des vis auto taraudeuses fournies avec le servo ou des vis à bois.



VI.6) Mise en place du système de déclenchement

Photo du résultat final :



Étapes :

- ✓ Mise en place des presse-étoupes sur la partie basse du boîtier



- ✓ Mise en place des bornes de recharges sur la partie basse du boîtier.
Un joint plat peut être ajouté sur la partie extérieure du boîtier pour les bornes de recharges.



VI.7) Raccordement électronique

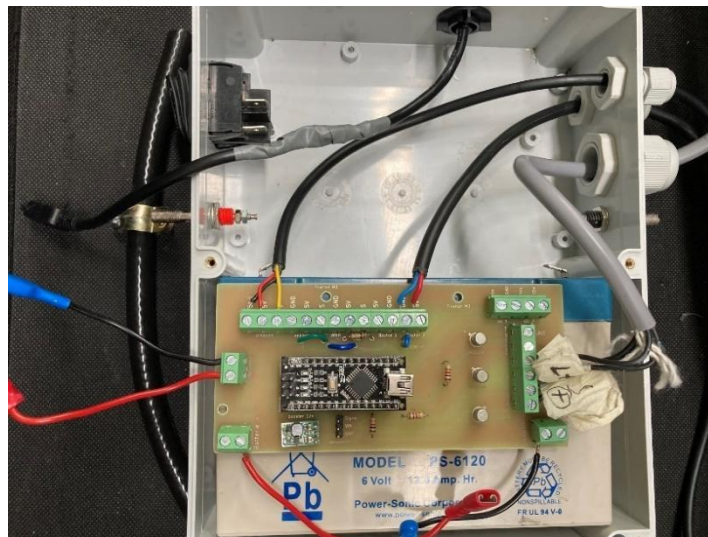
- ✓ Passage des câbles dans les presses étoupes



- ✓ Mise en place de la batterie



- ✓ Raccordement des différents composants sur le PCB (bouton de déclenchement, capteur de pression, électrovanne) mise à part l'interrupteur



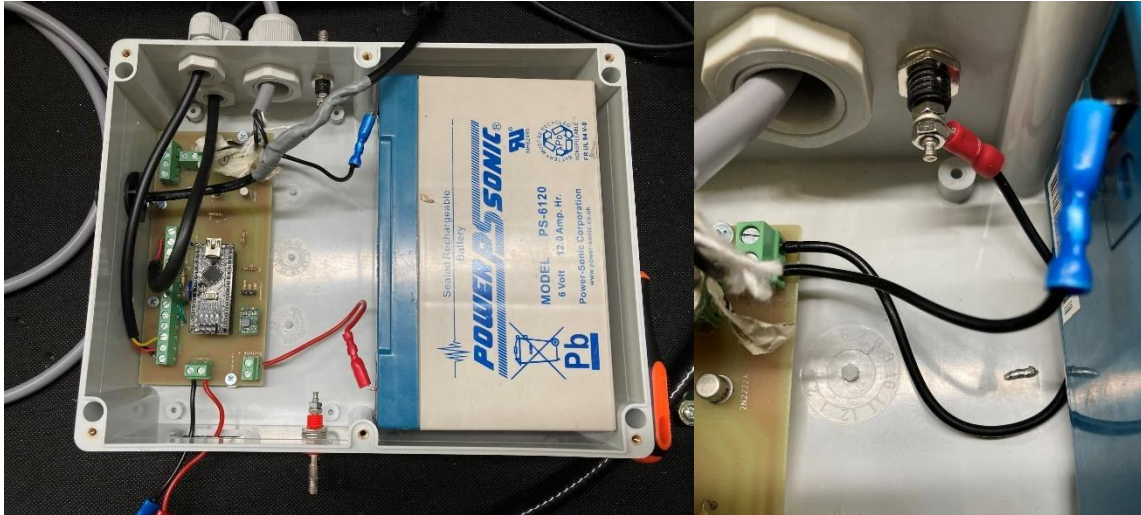
- ✓ Fixation du PCB à l'aide de 4 vis M3
Un écrou peut être mis sous le PCB afin de la surélever



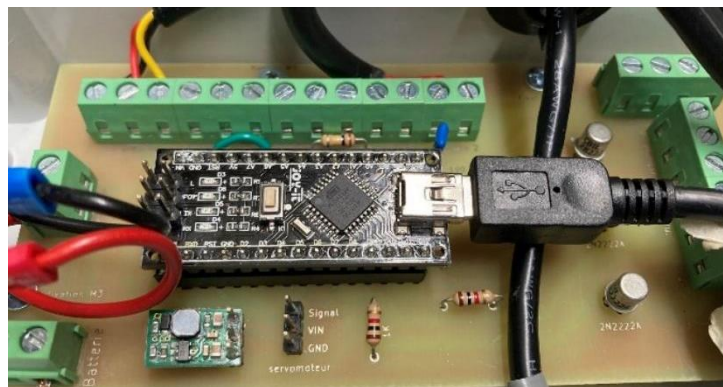
- ✓ Mise en place de l'interrupteur et branchement (même position que sur la photo)



- ✓ Branchement de la batterie et des bornes de recharge



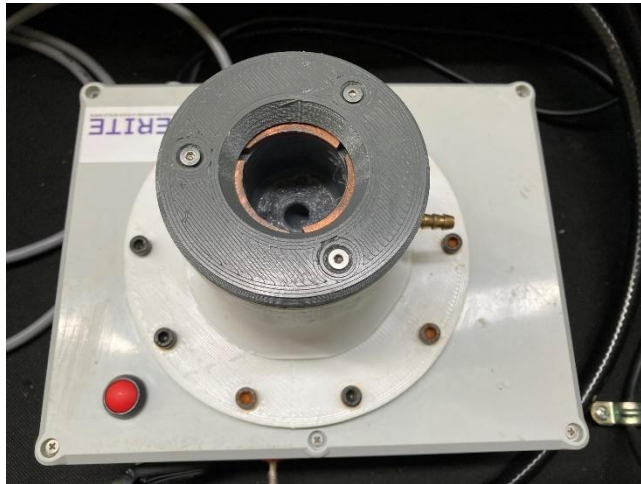
- ✓ Branchement du câble USB (optionnel)



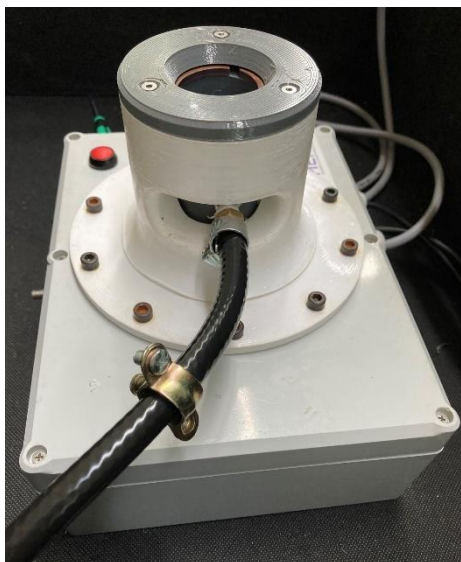
- ✓ Branchement servomoteur



- ✓ Mise en place de la partie supérieure du boîtier



- ✓ Serrage des presse-étoupes
- ✓ Raccordez le système de lancement au module de mise sous pression.



VI.8) Vérifier le bon fonctionnement :

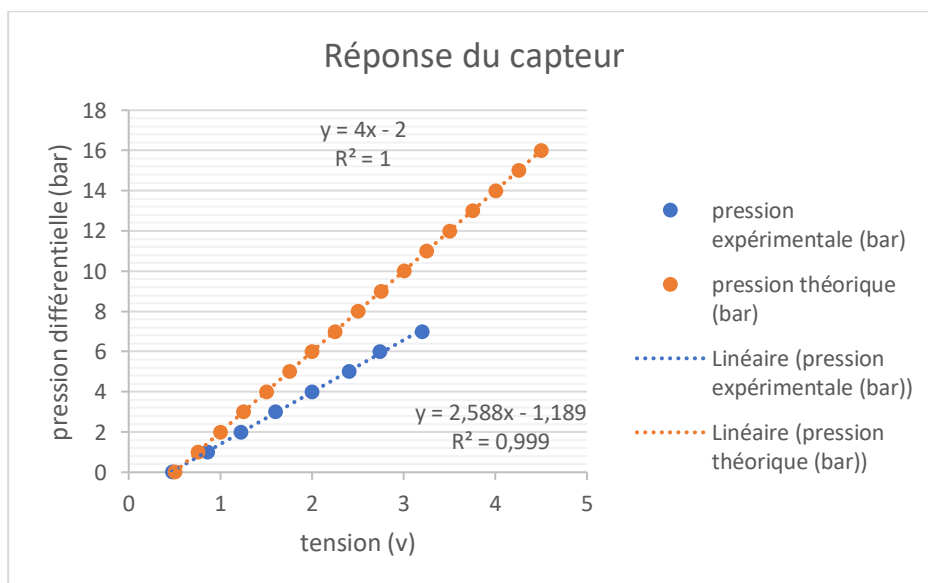
- ✓ Vérifiez le téléversement d'un programme à l'aide de l'embout USB extérieur.
- ✓ Vérifiez la course du servomoteur
La course est à régler à chaque réassemblage du servo sur le module de lancement. Les valeurs se retrouvent dans l'entête du code Arduino.

```
//Servomoteur - constantes
```

```
int position_diaphragme_ouvert = 40; // Position du servomoteur pour diaphragme ouvert  
int position_diaphragme_ferme = 160; // Position du servomoteur pour diaphragme fermé
```

- ✓ Mettez le système sous pression : 1 bar à 2 bars
Traquez les fuites
- ✓ Vérifiez le fonctionnement du flash et de la sirène
- ✓ Vérifier capteur de pression
Les données pourront être comparées à un manomètre externe.

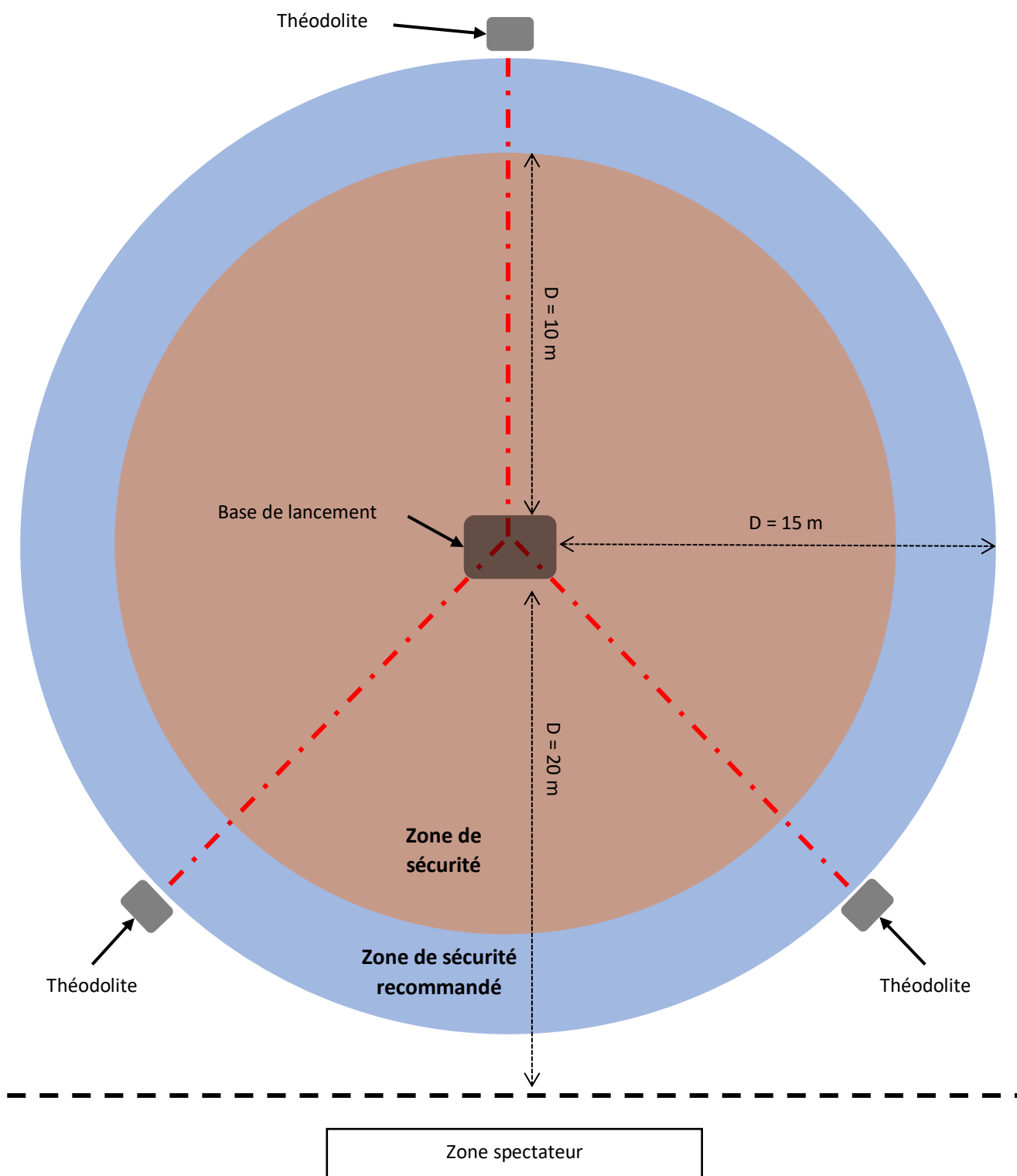
Il est recommandé de recalibrer le capteur. Un écart peut être observé avec la réponse du fabricant :



La réponse est à modifier dans le code Arduino dans la partie :

```
void Capter_pression() // Fonction dédiée à la capture de la valeur de la pression dans le système  
{  
  float V = analogRead(captPressionPin) * 5.00 / 1024;  
  float pression = 2.588*V - 1.189;  
  //float pression = (V - offSet_Pression) * 2.588
```

VII. Zones de sécurité



VIII. Décollage

Tout est bon pour le décollage. Fabriquez votre fusée en regardant notre vidéo de fabrication ! Munissez-vous de la *Notice d'utilisation de la mallette* et de la *Vidéo d'utilisation de la mallette* et procédez à vos premiers tirs de fusée. Vous pouvez utiliser des théodolites pour estimer l'altitude maximale atteinte par votre fusée.

[Vidéo d'utilisation des théodolites](#)

[Vidéo Fabrication d'une fusée à eau](#)