


# Joyeux Bidon Low-tech - Enceinte fabriquée avec des composants de réemploi

 Gipsa-Lab/Ense3




[https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Joyeux\\_Bidon\\_Low-tech\\_-\\_Enceinte\\_fabriqu%C3%A9e\\_avec\\_des\\_composants\\_de\\_r%C3%A9emploi](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Joyeux_Bidon_Low-tech_-_Enceinte_fabriqu%C3%A9e_avec_des_composants_de_r%C3%A9emploi)

Dernière modification le 17/10/2023

 Difficulté Moyen

 Durée 2 jour(s)

 Coût 20 EUR (€)

## Description

Une enceinte MP3 à l'intérieur d'un bidon, pour petites et grandes oreilles. Elle est pensée pour servir de boîte à histoires audio pour les petits ou simplement pour lire de la musique!

# Sommaire

## Sommaire

---

Description

Sommaire

Introduction

Étape 1 - Trouver les composants

Étape 2 - Installer le programme pour flasher la carte micro-contrôleur

Étape 3 - Téléversement du programme dans la carte micro-contrôleur

Étape 4 - Démontage des enceintes amplifiées

Étape 5 - Dessin du plan de la façade

Étape 6 - Découpe des bidons

Étape 7 - Préparation des composants électriques

Étape 8 - Soudure de l'alimentation, de l'interrupteur et de la carte

Étape 9 - Branchements et test

Étape 10 - Façonnage du socle

Étape 11 - Installation du récepteur USB

Étape 12 - Perçage du capot

Étape 13 - Façonnage de la fente pour l'écran LCD

Étape 14 - Montage final

Étape 15 - Bonus: découpe LASER du capot

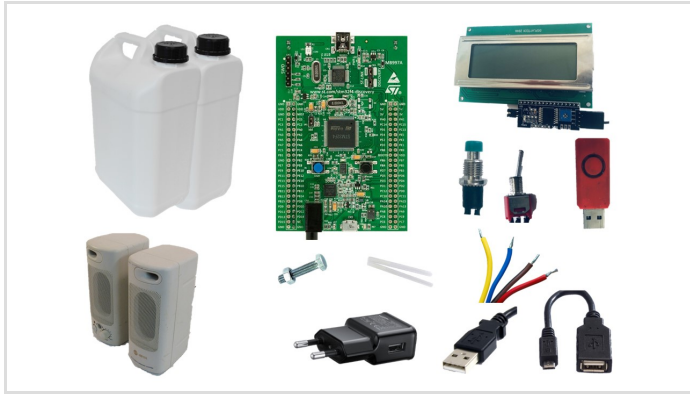
Notes et références

Commentaires

# Introduction

Le Joyeux Bidon Low-tech est une enceinte amplifiée qui lira les fichiers MP3 de votre clef USB. Elle est munie d'un écran LCD (optionnel), d'un interrupteur ON/OFF, de boutons lecture/stop et suivant, d'une molette de volume et d'une sortie casque (optionnelle). La base de cette enceinte est une carte électronique programmable, une paire d'enceintes amplifiées de PC, et bien sûr, un bidon !

On pourrait dire que cette enceinte n'est pas très low-tech avec tous ces composants électroniques ... Que nenni ! Le projet était de réaliser un objet technologique en utilisant uniquement du matériel électronique obsolète inutilisé, issus de nos stocks de matériels au laboratoire de recherche Gipsa-lab et au fablab MASTIC. Elle est donc composée à 100% d'éléments de réemploi, et elle est facilement réparable. Un autre objectif de notre projet est que l'enceinte puisse servir de "boîte à histoires audio" pour les enfants. Elle est donc sécurisée, très robuste et très facile à utiliser.



## Matériaux

Base:

2 Bidons 5L plastique

1 Paire d'enceintes amplifiées de PC

Electronique:

- 1 Carte micro-contrôleur programmable stm32F4Discovery
- 1 Clef USB
- 1 Convertisseur secteur USB 230V/5V
- 10 Fils électriques
- 2m Fils électrique 0.4mm souple
- 1 Câble USB femelle / USB Mini-b (fabricable avec les deux portions)
- 1 Câble USB/n'importe quoi
- Etain
- Gaine thermo-rétractable
- 1 Convertisseur DC-DC 5V (optionnel)

Interface:

- 1 Ecran LCD compatible STM32 discovery
- 1 Interrupteur à bascule
- 2 boutons poussoirs

Visserie:

- 15 vis M4 (dont 8 > 1cm et 7 > 3cm)
- 4 Vis M2.5
- 10 Vis à plastiques 3mm de diamètre (> 1cm)
- 38 Ecrous (33 M4, 4 M2.5 et 1 adapté au potentiomètre)

Bois/métal:

- 1 Plaque en aluminium (8cm/14cm épaisseur la plus fine possible) ou 1 Plaque en bois (8cm/14cm/2cm)
- 1 Cornière en aluminium (longueur 10cm, bords transversaux > 2.5cm) ou 2 Tasseaux de bois (7cm/2cm/2cm)
- 3 Plaques en contreplaqué (10cm/10cm/ > 0.6cm)

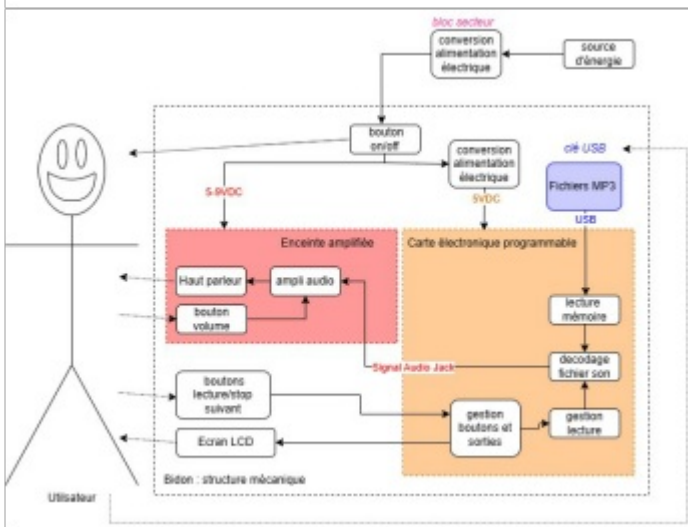
## Outils

Façonnage bidon:

- Découpeuse LASER (optionnel)
- Outil rotatif (style Dremel ) (optionnel mais conseillé) avec embout papier de verre
- Perceuse à mains
- Ciseaux
- Cutter
- Papier de verre P80 et P240
- Cisaille massicot (optionnel)

Manipulation électrique:

- Pince coupante
- Multimètre
- Fer à souder




- Pompe à dessouder
- Pince à dénuder
- Décapeur thermique ou briquet

#### Fixations

- Perceuse à colonne (recommandée)
- 2 Serre-joints
- Pistolet à colle
- Tournevis
- Clefs plates

#### Équipement de protection

- Lunettes (outil rotatif, perceuses)
- Gants (ciseaux, cutter, tournevis (forçage))
- Casque anti-bruit (perceuse à colonne)

 Bidon\_enceinte\_grille\_LASER.svg

---

## Étape 1 - Trouver les composants

Les cartes stm32F4Discovery, sorties en 2011 étaient plutôt populaires et font partie des plus courantes des anciennes générations de cartes micro-contrôleurs programmables. Elle se trouvent dans les fablab, les laboratoires de recherche, les collèges, lycées, centres de formations et écoles d'ingénieurs, etc... Elles sont parfois accompagnées d'écrans LCD compatibles.

C'est le cas également des vis, des boutons poussoirs et de l'interrupteur qui peuvent également se récupérer sur des appareils électroniques usagés.

Les enceintes amplifiées de PC étaient très utilisées avant que tout le monde ne s'équipe de PC portable munis de leur propre enceintes intégrées. On les trouve donc un peu partout, aussi bien dans les entreprises que chez les particuliers, et donc maintenant dans les ressourceries ...

Enfin, les câbles USB et la clé USB devraient se trouver au fond de vos tiroirs.

---

# Étape 2 - Installer le programme pour flasher la carte micro-contrôleur

Il vous faut téléverser le code dans votre carte micro-contrôleur de la manière suivante:

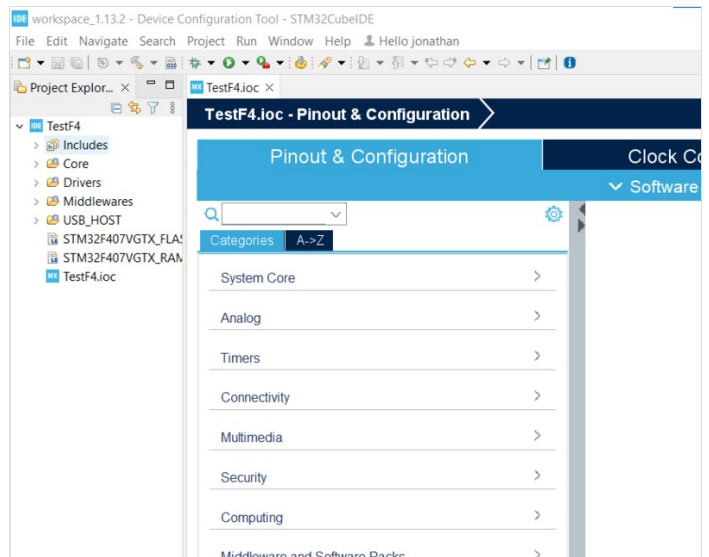
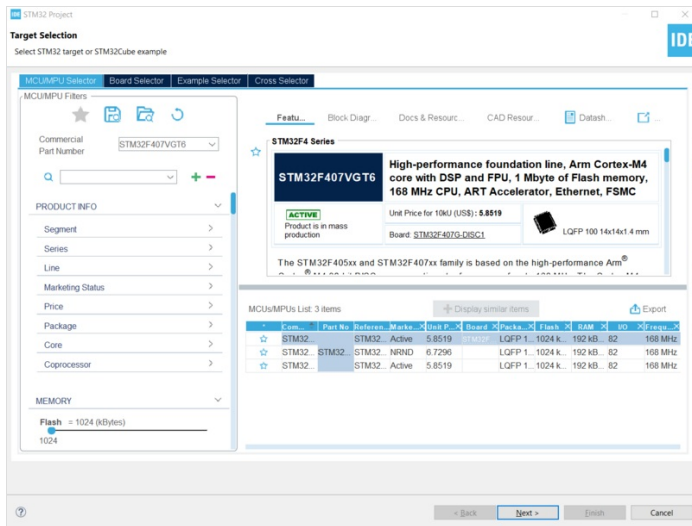
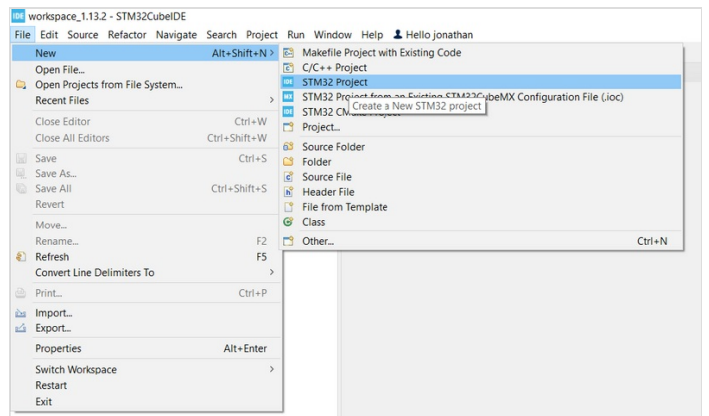
Installez le logiciel **STM32cubeIDE**

- Rendez vous sur le site de ST pour télécharger le logiciel STM32cubeIDE: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubeide.html>
- sous "Get software", cliquez sur "Get latest" en face du système d'exploitation de votre ordinateur (Linux, Windows ou Mac, copie d'écran n°0).
- Acceptez le "License Agreement" et créez un compte en cliquant sur "login/Register" puis "create account".
- Après validation du lien que vous aurez reçu par e-mail, vous pourrez enfin télécharger le logiciel STM32cubeIDE.
- Décompressez l'archive reçue et installez le logiciel sur votre ordinateur.

Créez un nouveau projet

- Allez dans File-New-STM32 Project (copie d'écran n°1)
- Sélectionnez la carte STM32F407VGT6, "NEXT" (copie d'écran n°2)
- puis Project name : "TestF4"
- Il vous sera demandé de vous connecter avec votre compte ST créé précédemment, et les librairies complémentaires relatives à la carte Discovery seront téléchargées.
- A ce stade, le projet "TestF4" apparait en haut à gauche du logiciel (copie d'écran n°3)

Get Software					
Part Number	General Description	Latest version	Supplier	Download	All versions
STM32CubeIDE-DEB	STM32CubeIDE Debian Linux Installer	1.13.2	ST	<a href="#">Get latest</a>	Select version
STM32CubeIDE-Lnx	STM32CubeIDE Generic Linux Installer	1.13.2	ST	<a href="#">Get latest</a>	Select version
STM32CubeIDE-Mac	STM32CubeIDE macOS Installer	1.13.2	ST	<a href="#">Get latest</a>	Select version
STM32CubeIDE-RPM	STM32CubeIDE RPM Linux Installer	1.13.2	ST	<a href="#">Get latest</a>	Select version
STM32CubeIDE-Win	STM32CubeIDE Windows Installer	1.13.2	ST	<a href="#">Get latest</a>	Select version




# Étape 3 - Téléversement du programme dans la carte micro-contrôleur


Charger le projet Joyeux\_Bidon\_Lowtech

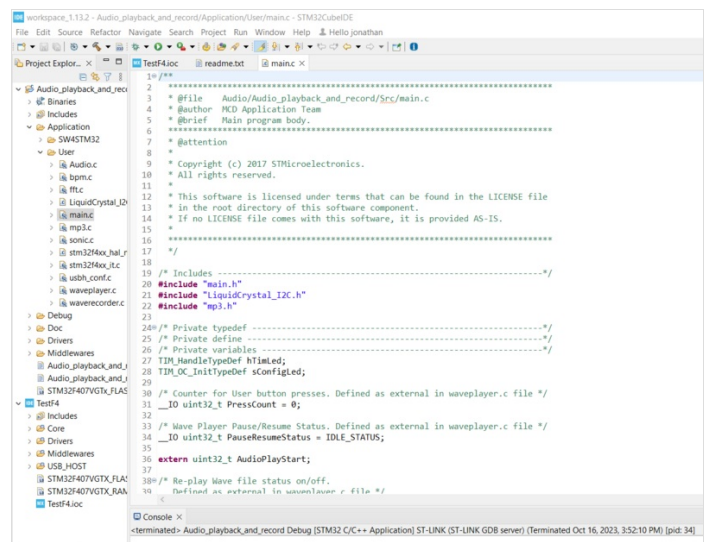
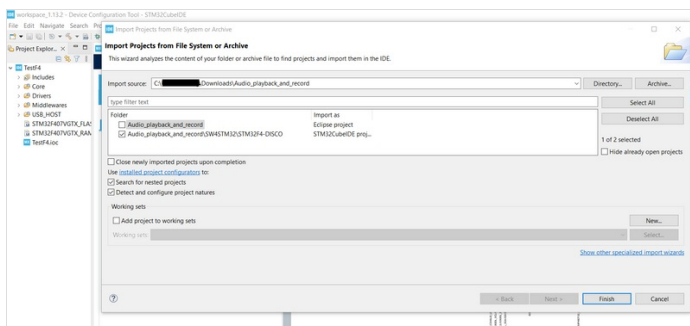
- Télécharger le code **Audio\_playback\_and\_record.zip** via le lien [https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/dumonj/joyeux\\_bidon\\_lowtech/-/blob/main/Audio\\_playback\\_and\\_record.zip](https://gricad-gitlab.univ-grenoble-alpes.fr/dumonj/joyeux_bidon_lowtech/-/blob/main/Audio_playback_and_record.zip)
- Décompressez le fichier sur votre ordinateur
- Importez le projet dans STM32CubeIDE : File-Open project from file system
- Sélectionner dans "import source" avec le bouton "Directory" le répertoire du projet préalablement décompressé "Audio\_playback\_and\_record"
- décochez le projet "Audio\_playback\_and\_record" pour ne conserver que le projet "Audio\_playback\_and\_record\SW4STM32\STM32F4-DISCO" (copie écran n°4)
- Ouvrir à gauche le projet "Audio\_playback\_and\_record" puis "Application", "User", et double cliquer sur "main.c" pour l'ouvrir (copie écran n°5)
- Branchez la carte STM32 en USB sur votre PC (prise USB du haut, USB-Mini et non Micro-B)
- Appuyez sur la flèche verte en haut (encadrée en rouge sur la copie d'écran n°5)
- Le logiciel va demander à mettre à jour le firmware ST-Link, cliquez sur "Yes", et cliquez sur "Open in update mode" (encadré rouge dans la copie d'écran n°6)
- Débrancher la prise USB de la carte puis rebranchez la pour la faire redémarrer.
- Appuyez sur "Refresh device list" (encadré vert dans la copie d'écran n°6) puis à nouveau sur "Open in update mode"
- Appuyez sur le bouton "Upgrade" en bas de la fenêtre qui devrait maintenant être dégrisé.
- Si tout va bien, il devrait indiquer en bas "Upgrade succesfull" (copie d'écran n°7), vous pouvez alors fermer cette fenêtre.
- Cliquez à nouveau sur la flèche verte (encadrée en rouge sur la copie d'écran n°5), et cliquez sur "Proceed" si une erreur est signalée.
- La partie "console" en bas devrait indiquer : Download verified successfully Shutting down... Exit.
- Ouf! voilà une bonne chose de faite!

Description du code:

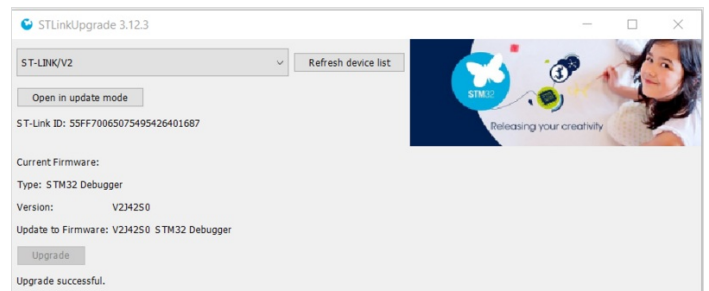
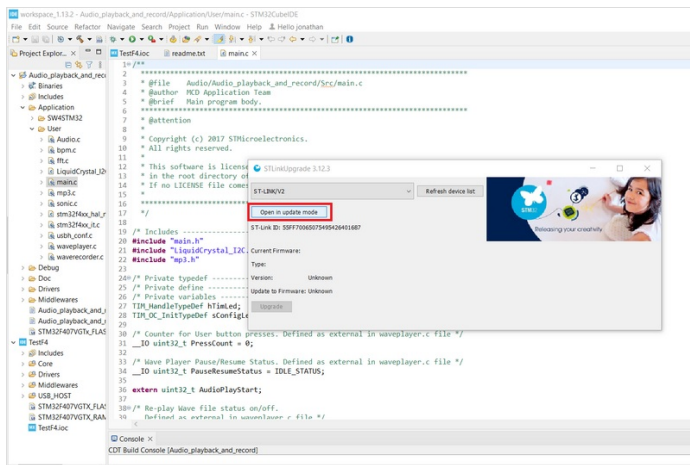
La carte lit le contenu de la clé USB, décode les fichiers MP3 et transmet le son vers la carte d'amplification audio. Le bouton "play/stop" lance et arrête la lecture, le bouton "next" passe au morceau suivant. L'écran affiche le nom du fichier en cours de lecture. Le volume sonore est réglé directement avec le bouton de réglage de l'enceinte amplifiée.

 Le code pourrait faire l'objet de quelques améliorations. Par exemple, les musiques ne défilent pas toutes seules après que la lecture en cours se termine. Pour passer de musique, il faut faire "next" puis "play".

 On pourra par la suite adapter le code à d'autres versions de cartes micro-contrôleur programmables de type STM32, Raspberry ou équivalents.







## Étape 4 - Démontage des enceintes amplifiées

Vous devez récupérer les membranes et la carte d'amplification de votre enceinte amplifiée.

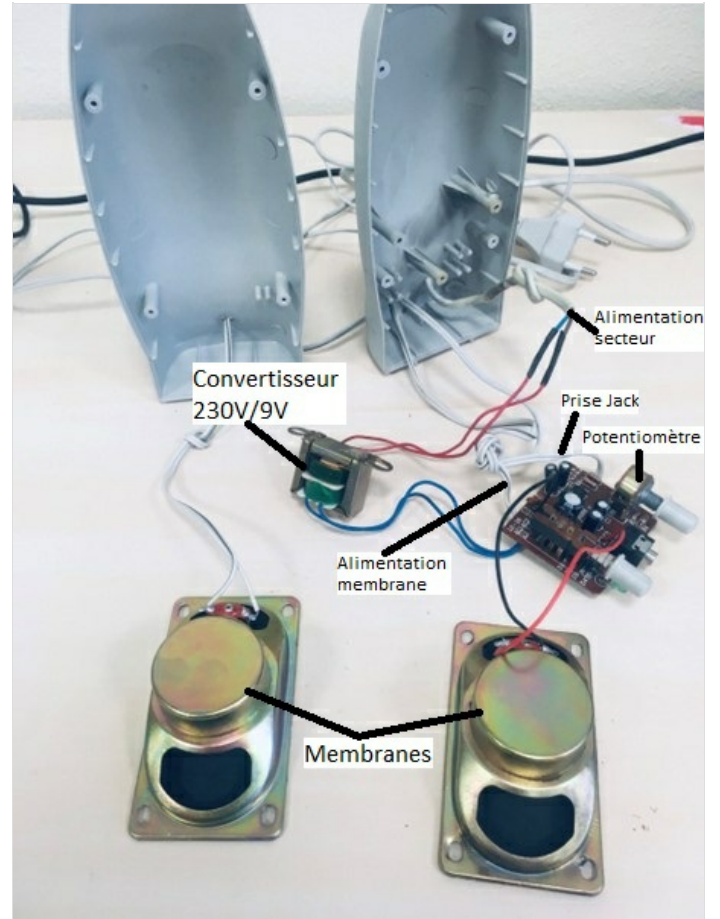
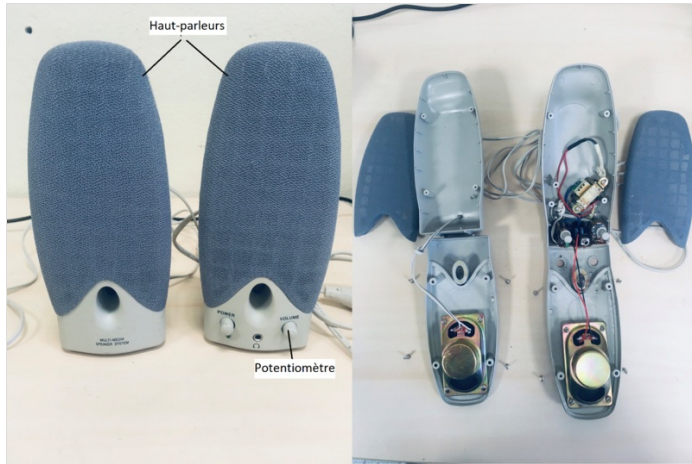
- Avant de les démonter, s'assurer que les enceintes fonctionnent en branchant sa prise jack sur une source de musique.
- Débrancher les enceintes
- Retirer les coques à mousse, dévissez les deux coques avant et ouvrez vos haut-parleurs, conservez les vis qui peuvent servir pour l'étape 14.
- Dessouder les fils d'alimentation qui arrivent sur la carte d'amplification

**⚠** Si les enceintes sont alimentées en courant continu par un bloc secteur, le câble qui alimente la carte amplification devrait être connecté directement à ce bloc secteur. Dans ce cas, vérifiez la tension de sortie de ce bloc secteur. Vous pouvez conserver ce bloc secteur pour alimenter l'ensemble de votre bidon mais il faudra veiller à ce que cette tension d'alimentation soit compatible avec votre carte micro-contrôleur. Le cas échéant, ajouter un convertisseur DC-DC pour adapter la tension d'alimentation de votre carte micro-contrôleur (5VDC pour la STM32F4Discovery).

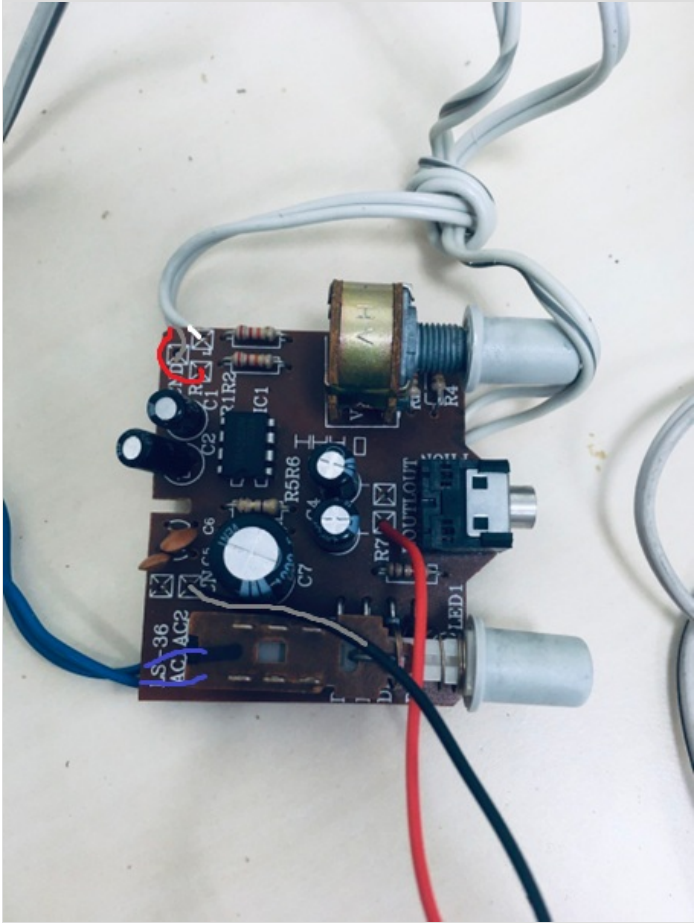
**⚠** Si les enceintes sont alimentées en 220V, elle devraient posséder un module de conversion à l'intérieur (220VAC vers 9VDC par exemple), comme illustré sur la photo ci-contre. Ici on a mesuré une tension continue de sortie du convertisseur à 9VDC, mais notre carte micro-contrôleur STM32F4Discovery doit être alimentée en 5VDC. Nous avons alors vérifié que cette carte d'amplification prévue pour fonctionner à 9VDC fonctionnait toujours à 5VDC, ce qui était le cas. Ceci entraîne une puissance maximum plus faible mais permet de simplifier la fabrication en éliminant la conversion d'alimentation pour la carte électronique.

**i** On pourrait réaliser un Joyeux Bidon Low-tech pour alimenter les membranes uniquement sur du 9V et ainsi être plus puissante, en branchant le tout sur secteur. L'intérêt de cette version avec alimentation USB est qu'on puisse l'utiliser facilement sur secteur ou sur batterie type "batteries externes USB".

**i** Votre bidon doit s'adapter à la dimension de vos membranes et à la présence ou non d'un écran LCD. Si vous voulez des énormes enceintes, vous devrez peut-être trouver un bidon plus grand ou agencer votre bidon différemment







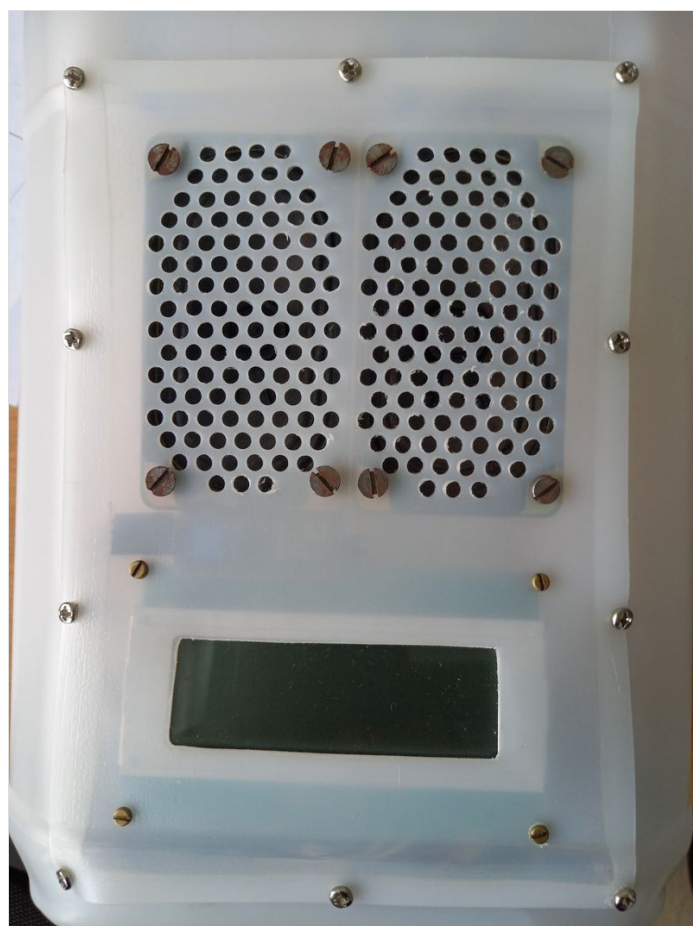
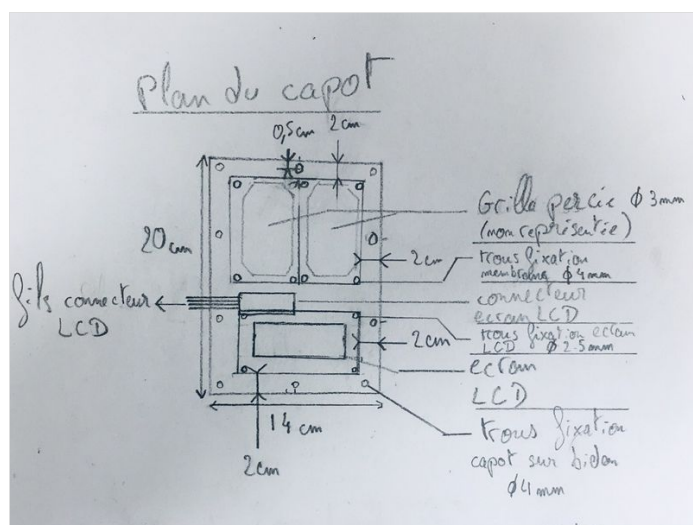
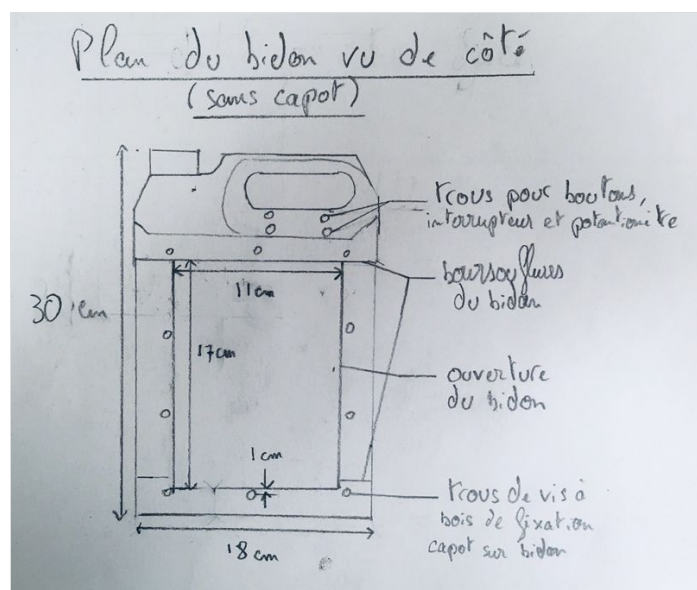
## Étape 5 - Dessin du plan de la façade

Faites vous un plan des bidons et du capot pour que les dimensions collent bien. Placez les éléments et assurez vous bien que tout rentre comme il faut avant de commencer à percer, couper etc...

**!** Prévoyez une petite marge entre les bords du capot et les bords de l'entrée du bidon pour avoir la place de visser les deux éléments ensemble (par exemple hauteur du capot = hauteur de l'entrée du bidon + 3cm, idem pour la largeur)

Choisissez où vous allez mettre les boutons, l'interrupteur et la molette (ils peuvent aller sur le corps du bidon mais aussi sur le capot). Nous avons placé les boutons sous la poignée pour pouvoir appuyer sur les boutons poussoirs sans avoir à tenir le bison, et pour limiter les éléments qui dépassent, ce qui limite la casse lors du transport notamment.

**i** Si vous n'avez pas d'écran LCD, vous pouvez suivre tout de même ce tuto sans prendre en compte l'écran car le programme est prévu pour fonctionner sans. Cependant, vous n'aurez pas de retour visuel sur le fonctionnement de l'enceinte et le nom du fichier en train d'être lu.



## Étape 6 - Découpe des bidons

Il vous faut découper les deux bidons : dans l'un vous couperez la face latérale du bidon pour accéder à l'intérieur. Dans l'autre bidon, vous récupérerez une face latérale qui servira de capot à l'enceinte (le reste du bidon n'a pas d'utilité primordiale, entraînez-vous dessus avant d'attaquer le vrai bidon notamment pour l'étape 11 et 13)

💡 Vous pouvez retirer la colle des étiquettes en frottant avec une éponge imbibée d'huile végétale. Mais si vos bidons contiennent une face sans étiquette, faites en sorte de garder ces parties pour l'enceinte (la colle peut être pénible à retirer).

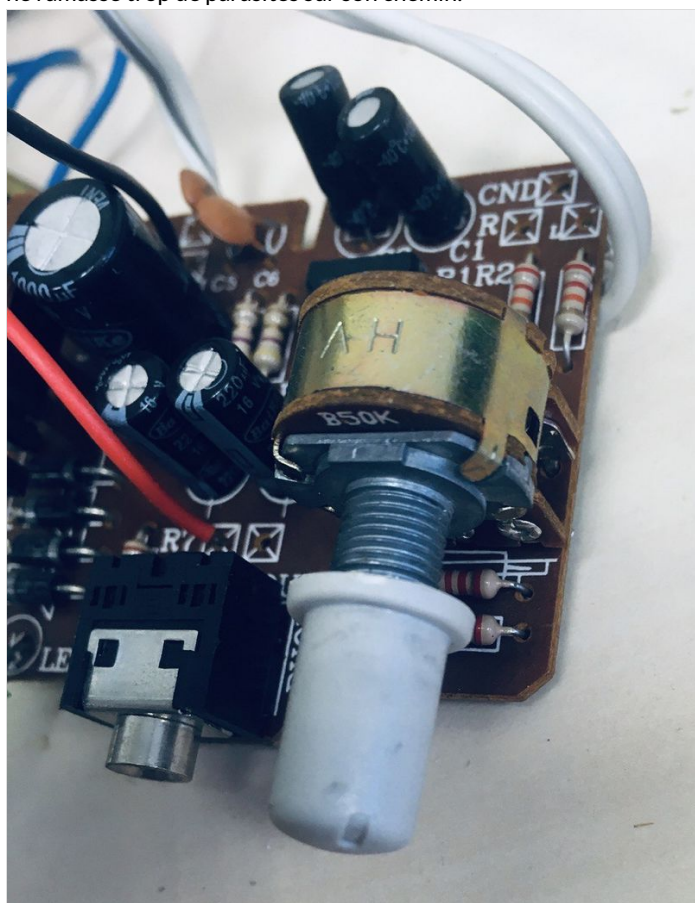
Pour faire une découpe propre des bidons, suivez l'étape 13 "façonnage de la fente pour l'écran LCD". Vous pouvez couper le capot très droit si vous disposez d'une cisaille massicot.

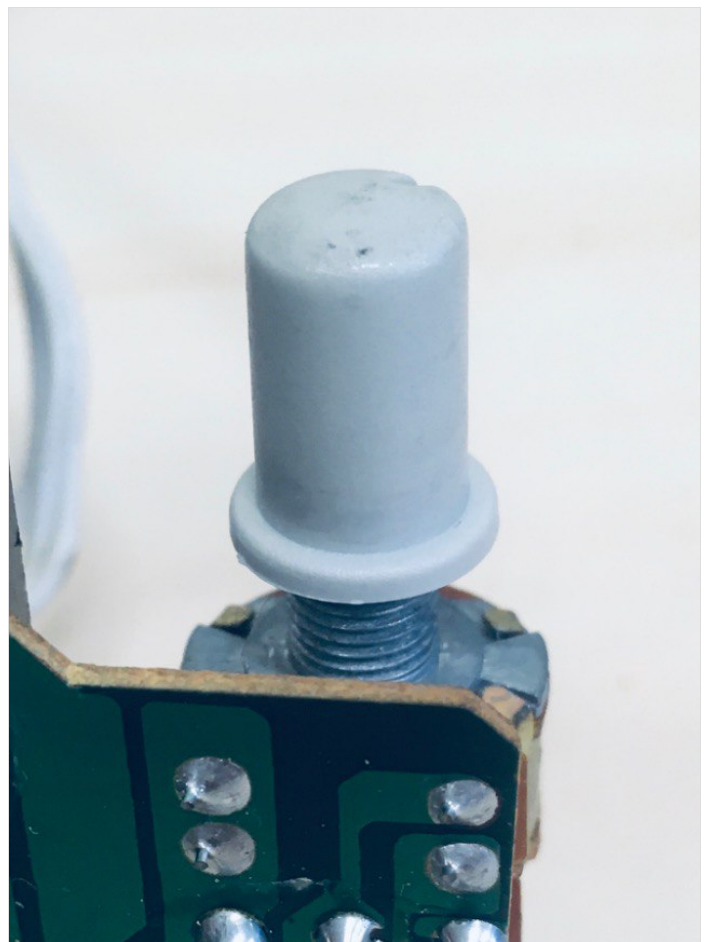


## Étape 7 - Préparation des composants électriques

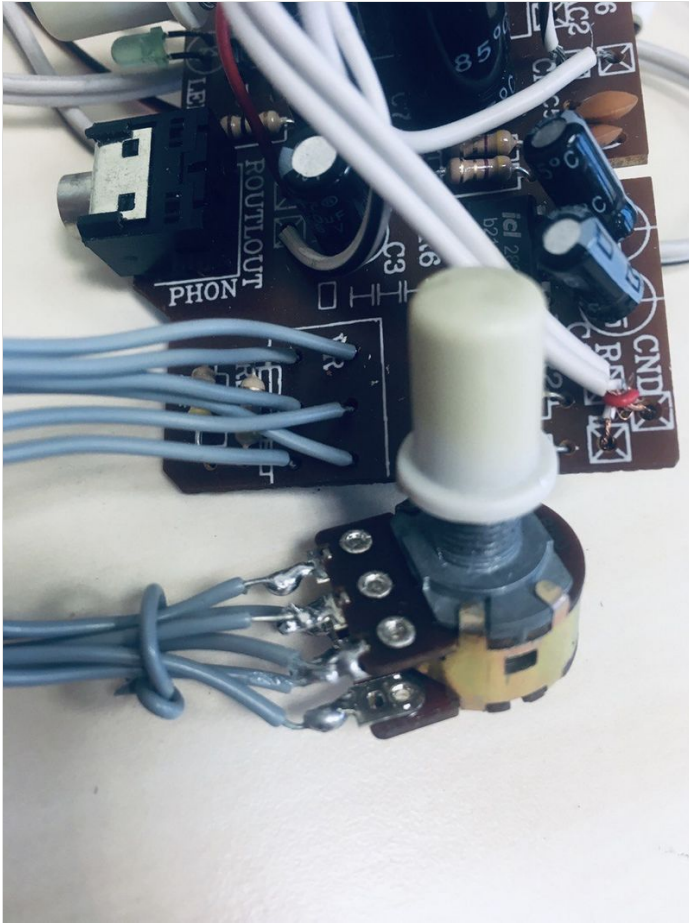
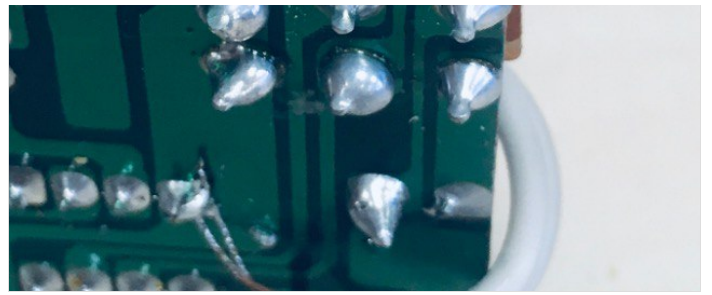
Maintenant passons à la partie électronique:

- Vérifiez la longueur des fils, les rallonger si besoin
- Fabriquez un fil femelle USB/USB Micro-B (si vous n'en avez pas) qui servira de connecter la clef USB à la carte micro-contrôleur
- Si besoin transformer les fils des boutons poussoirs, les 4 fils de l'écran LCD, et les fils de l'alimentation pour qu'ils puissent se brancher à la carte micro-contrôleur.
- Dessouder le potentiomètre et ressoudez-le avec des fils pour pouvoir le mettre où vous voulez. Torsadez les fils ensemble pour éviter qu'il ne ramasse trop de parasites sur son chemin.





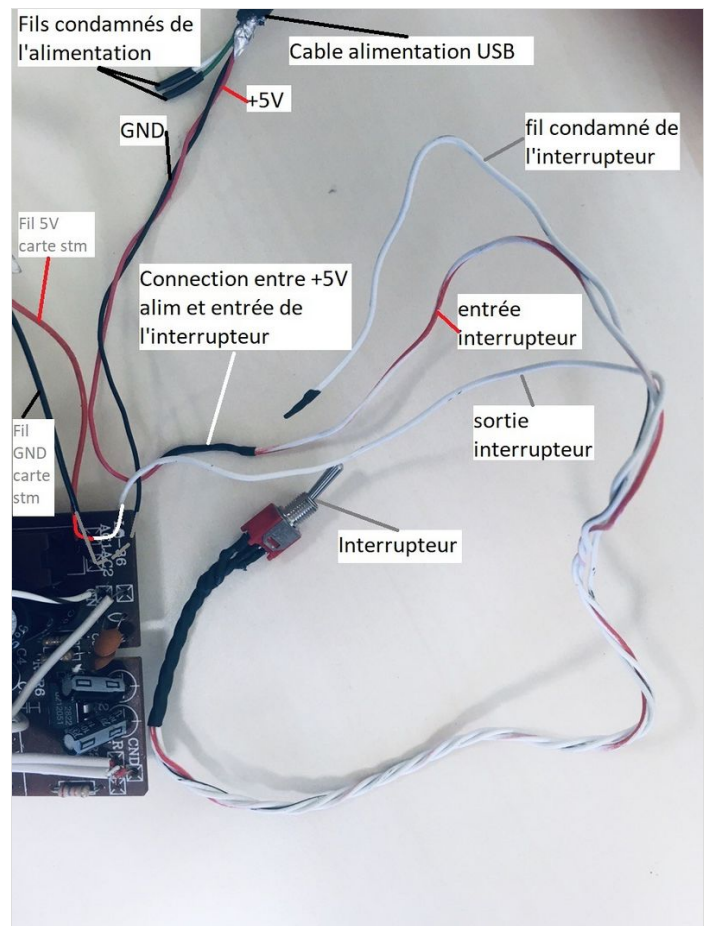




## Étape 8 - Soudure de l'alimentation, de l'interrupteur et de la carte

Vous allez maintenant connecter votre câble d'alimentation à la carte d'amplification en y insérant un interrupteur en série. Il faudra ensuite relier l'alimentation de la carte d'alimentation à la carte micro-contrôleur (ajouter un convertisseur DC/DC si la tension d'alimentation de la carte d'amplification n'est pas compatible avec celle de la carte micro-contrôleur).

- Coupez le câble d'alimentation, conservez la partie USB mâle (gardez le plus de longueur possible pour pouvoir brancher votre enceinte loin de la source de tension)
  - Trouvez le derrière du bidon au centre, à hauteur de la plaque, de la taille du câble d'alimentation.
  - Insérez le câble dans le trou du bidon.
  - Dénudez le câble.
  - Condamnez les fils inutiles (D+ et D-) avec de la gaine thermo-rétractable
  - Reliez les éléments comme le schéma ci-contre
- Désormais votre carte d'amplification est unie avec votre bidon, toutes mes félicitations!

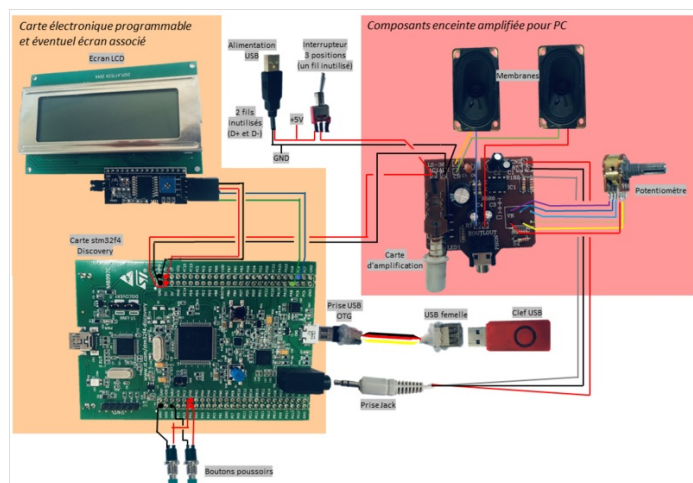




## Étape 9 - Branchements et test

Vous pouvez désormais faire tous les branchements et tester votre enceinte (sans coque) avec une clef USB qui contient des fichiers MP3.

**i** L'enceinte a besoin de quelques secondes avant de se lancer, elle est prête lorsque l'écran affiche le titre du 1<sup>er</sup> fichier MP3



## Étape 10 - Façonnage du socle

Le système de fixation des cartes au socle consiste à venir pincer le bord des cartes avec deux rondelles que l'on vient plaquer avec deux écrous autour (figure 3). Les vis sont fixées sur une plaque qui est plaquée au fond du bidon (vous pouvez prendre une plaque de bois à la place).

Pour s'assurer que le bidon soit bien stable lorsqu'on le pose, surélevez les quatre vis aux coins du bidon: comme dans la figure 3, insérez un écrou entre la tête de vis et le plastique.

Une fois cette fixation faite, vous pouvez ajuster la hauteur des cartes et leur déplacement latéral comme bon vous semble.

**!** Les jeux de cette fixation sont très faibles: vous devez être très précis lors du perçage des trous, quelques millimètres d'écart peuvent suffire à pincer dans le vide.

**💡** Vous pouvez faire des trous oblongs pour ajuster cette distance.

**!** ...Faites attention à ne pas toucher de composant sur les cartes avec les rondelles

Évaluez la taille du socle dont vous aurez besoin, assurez-vous que le tout rentrera dans le bidon.

Si votre enceinte possède une sortie jack pour des écouteurs, vous pouvez placer cette sortie contre la paroi du bidon que vous aurez préalablement percé.

**!** Attention, la prise Jack branchée sur la carte électronique vous empêche de mettre quelque chose juste à côté.

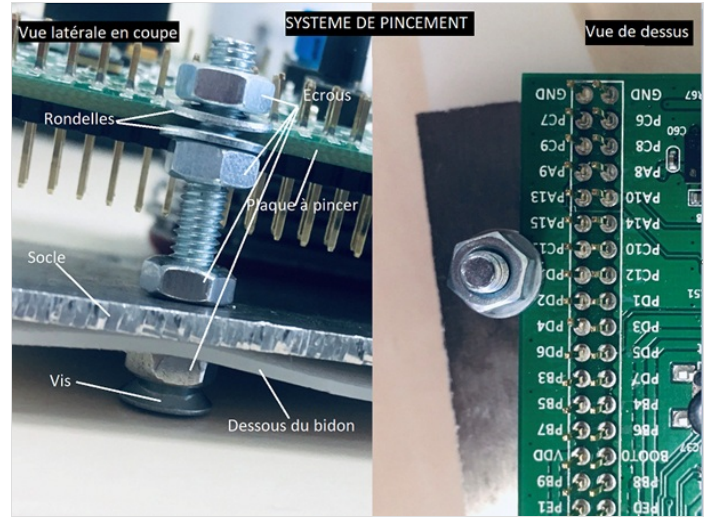
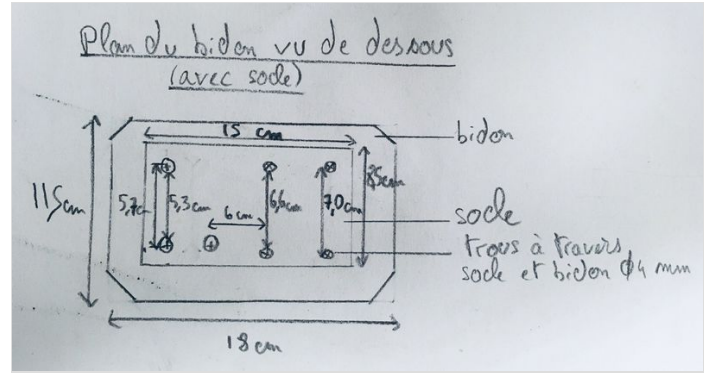
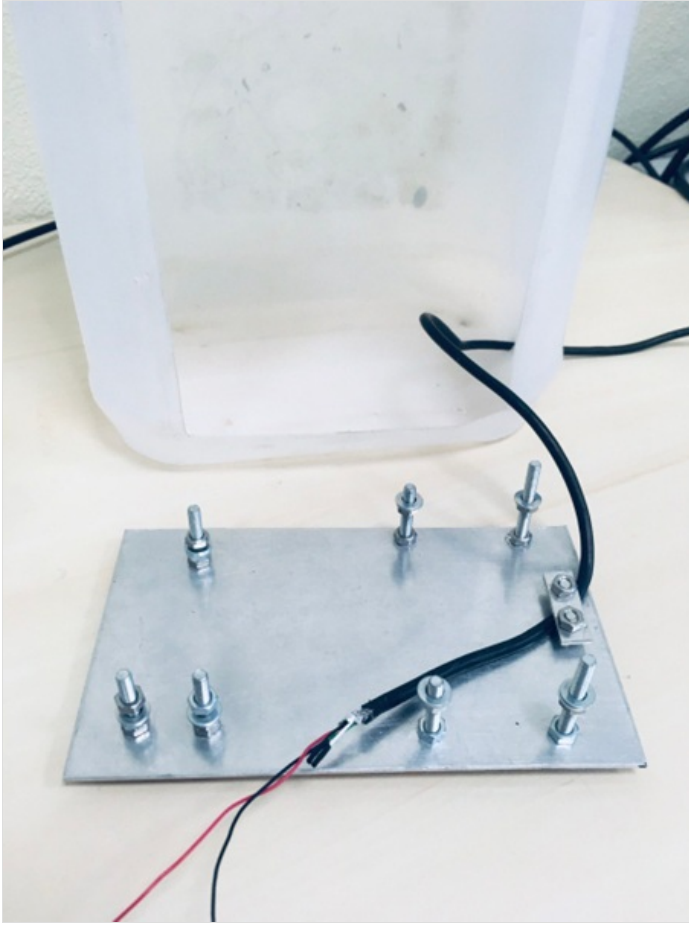
**💡** Vous pouvez surélever la carte stm par rapport à la carte d'amplification pour rapprocher les deux cartes en évitant l'encombrement de la prise jack et de la prise USB Micro-B. (ou bien vous pouvez placer les cartes l'une sur l'autre)

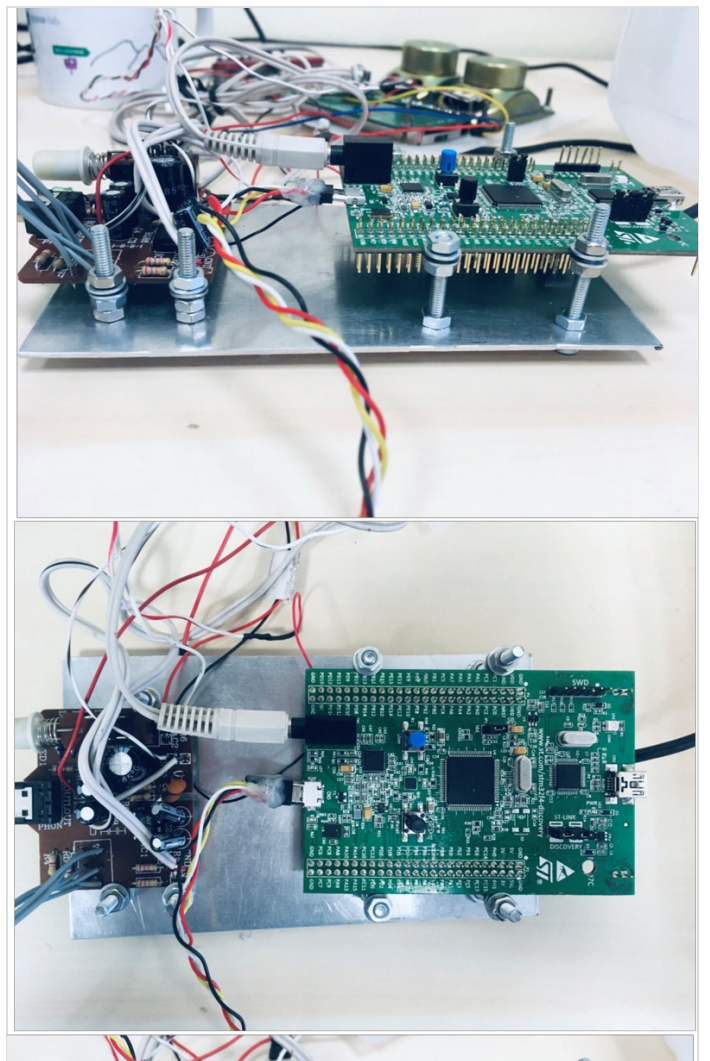
- Réalisez les trous de la plaque (ou planche) précisément
- Vérifiez que le système de fixation fonctionne bien (si pas la bonne taille, car pas assez précis, percez de nouveau sur la même plaque)
- Percez le dessous du bidon.

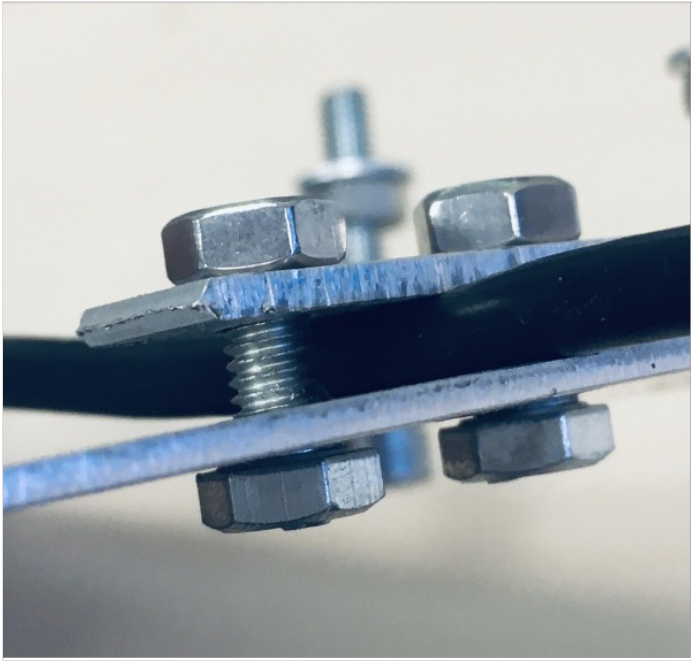
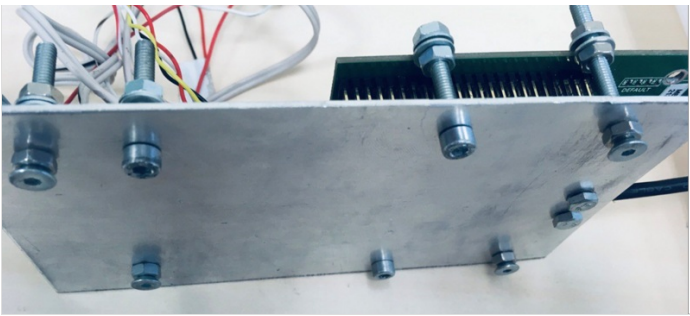
**i** Pour des trous bien propres dans le plastique, il est important de venir plaquer sous la surface plastique une surface dure (bois) afin que les bavures en plastique partent bien et ne restent pas coller au bord des trous. Vous pouvez percer le plastique avec des mèches à métal.

Votre support est prêt.

- Faire le coince câble (figure 5): le coince câble permet de bloquer le câble d'alimentation pour empêcher d'abimer l'intérieur du bidon si un utilisateur venait à tirer ou pousser ce câble par l'extérieur. Vous pouvez simplement plaquer une languette en métal avec deux vis écrous qui la traversent et traversent le socle (pas le bidon).
- Faites les trous dans le bidon pour insérer les deux boutons, l'interrupteur et le potentiomètre.









# Étape 11 - Installation du récepteur USB

Vous allez maintenant réaliser le support de fixation pour la clef USB. La clef USB s'insère par le goulot du bidon.



L'intérêt est qu'une fois le bouchon refermé, la clef USB n'est plus accessible. Ceci évitera que l'utilisateur ne l'ingère accidentellement, notamment si il s'agit d'un jeune enfant.

Le support de fixation est composé d'un système de serrage avec deux cornières (ou morceaux de bois) qui viennent pincer à l'aide de boulons la prise USB femelle. Tout ce système est collé au pistolet à colle sur la paroi du bidon. Voici comment procéder:

- Mettre de la colle avec le pistolet à colle autour du récepteur USB (image 1), on viendra ensuite serrer les cornières sur cette colle pour ne pas abimer le composant et ne pas empêcher le branchement/débranchement de la clef USB . Ne mettez de la colle que sur la base du port.
- Préparer les cornières ou le bois de la bonne taille



Vous devez être sûr que la clef USB ne dépasse pas du haut du bidon, sinon au moment de fermeture, le système va être pressé vers le bas par le bouchon et les équerres se décolleront. Vous pouvez opter pour trouver une clef USB plus petite pour faciliter ce problème.

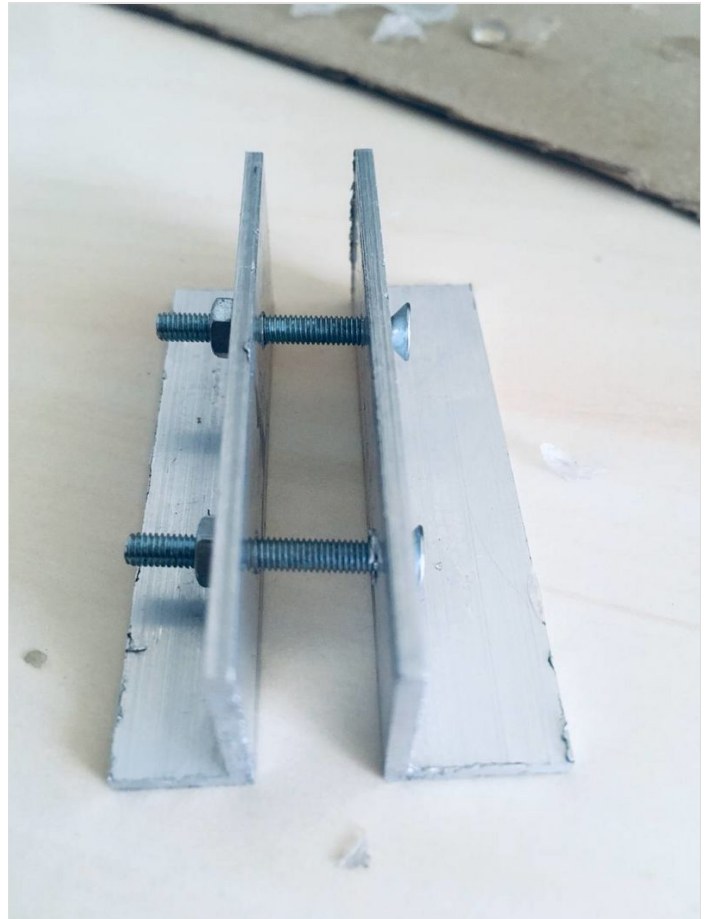
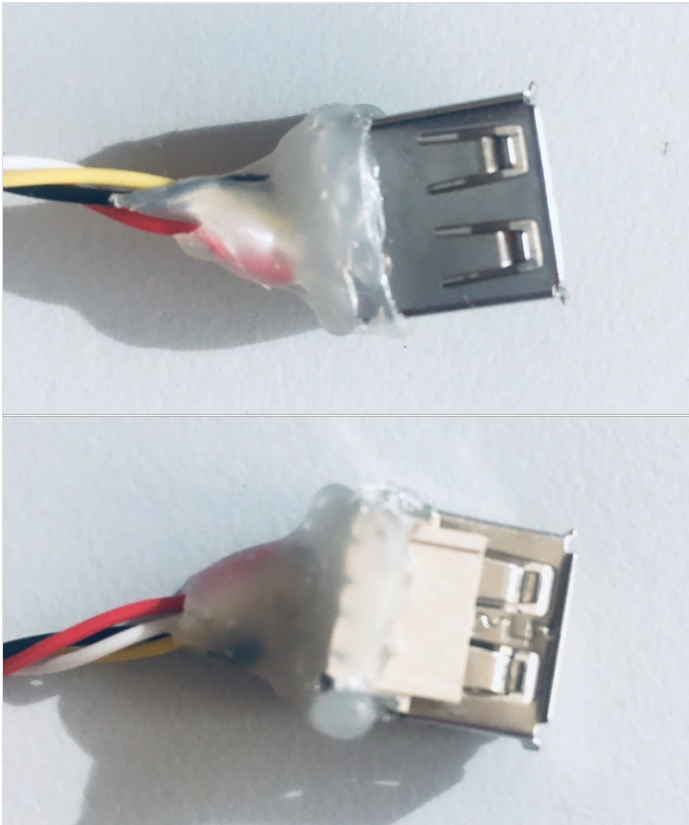
- Faites 2 trous autour de l'endroit où sera pincé le récepteur , le plus bas possible des cornières (tout en étant sûr d'avoir la longueur de doigts pour pouvoir introduire la clef USB). Si les équerres s'ouvrent ou se ferment trop quand vous serrez, mettez une troisième vis pour empêcher cela
- Assemblez le système pincé

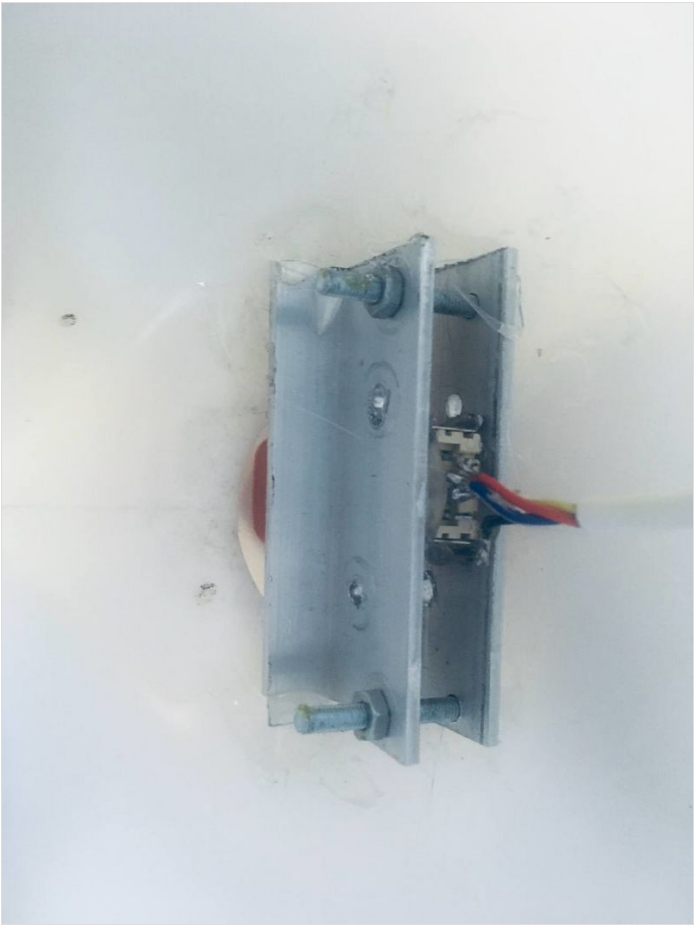
La prochaine manipulation est délicate, si vous la loupez vous devrez retirer la colle et recommencer (c'est très pénible). Ce sera plus facile si vous êtes deux : l'un.e qui tient le système et l'autre le pistolet à colle. Je vous conseille d'essayer sur le bidon test une première fois (la colle n'est pas très dure à enlever du métal).

Voici la procédure:

- Placez le bidon à l'envers, bloquez le pour pas qu'il ne bouge, placez le système pincé à l'endroit désiré, marquez les 4 coins des équerres (ou bois) qui touchent le plastique.
- Placez de la colle sur les bords dessinés (plus la surface de collage sera grande mieux le système sera fixé), soyez généreux ,puis avant que la colle n'ait séché, placez le système de pincement au bon endroit, puis remettez une bonne couche de colle sur les bords (soyez généreux). Attendez que tout refroidisse bien pour tester le branchement de la clef USB.

Bravo, cette étape n'était pas la plus facile...







## Étape 12 - Perçage du capot

Vous allez désormais façonner le capot de votre enceinte:

Pour fixer le capot sur le bidon, des vis à plastiques vont venir prendre pas dans le bidon (derrière le capot), et venir plaquer le capot.

- Faites les trous de fixation du capot avec une perceuse (diamètre de trous qui permet votre vis à plastique de coulisser librement).



Vous pouvez peut-être réutiliser les vis à plastique récupérées lors du démontage du haut parleur.

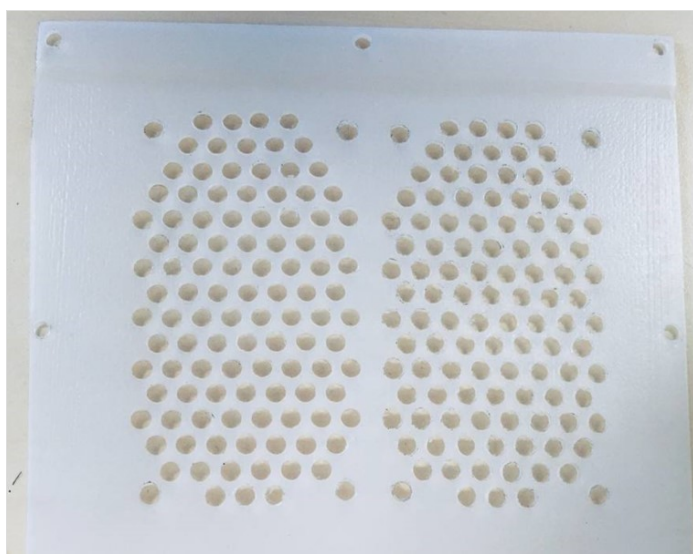
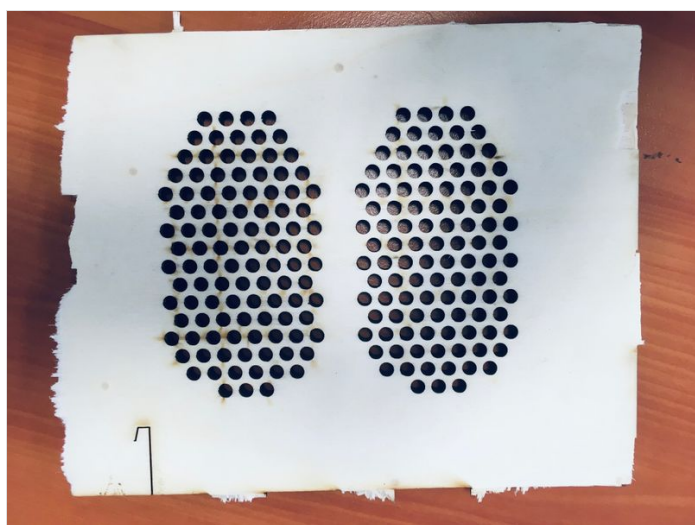
- Placez votre capot sur votre bidon, puis marquez sur le bidon les trous à travers les trous du capot. Percez le bidon avec un diamètre plus petit que le diamètre de vos vis, ce qui leur permettra d'accrocher solidement dans le bidon.
- Réalisez les trous de fixation pour les membranes

Pour réaliser votre grille, vous pouvez réaliser un guide en bois qui vous servira de guider votre perceuse pour être précis (le contreplaqué 6mm fonctionne bien).



Découper à la découpeuse LASER directement le PEHD n'est pas facile, mais permet de réaliser des découpes plus complexes et originales. Cependant, cela rend la finition un peu moins jolie car le plastique au bord des trous aura fondu puis resolidifié, laissant apparaître une marque. Pour les détails sur la découpe laser des bidons, rendez vous à l'étape 15.

- Créer votre guide en contreplaqué à la découpeuse LASER (ou CNC) (cf fichier de découpe joint).
- Placez votre capot sur une plaque de bois (au mieux du bois brut, au pire du contreplaqué minimum 6mm d'épaisseur), puis venez placer votre guide en bois par dessus votre capot. Fixez bien le tout avec des serre-joints à vis sur un support. Puis percez chaque trou à la perceuse à mains en suivant les trous du guidage.
- Percez aux endroits voulus les trous pour les deux boutons, l'interrupteur et le potentiomètre. Essayez autant que possible de positionner un pièce de bois derrière le plastique du bidon pour éviter les bavures.



## Étape 13 - Façonnage de la fente pour l'écran LCD

Vous voici à la dernière étape: réaliser une jolie fente pour voir l'affichage de l'écran LCD. Je vous conseille d'essayer cette étape en 1er sur le bidon test au cas où vous gâchiez tout votre beau capot d'un coup de cutter!

- D'abord, réalisez les trous pour les vis de l'écran LCD de la taille des trous déjà usinés dans le support de l'écran (soyez précis).
- Vissez l'écran avec des écrous. sur le capot. L'écran est placé, marquez précisément le cadre de l'écran.

La méthode suivante pour faire de jolis trous dans le PEHD s'applique aussi pour réaliser le trou de l'entrée du bidon et les bords du capot (étape 6).

- Marquez l'endroit voulu à couper.
- Faites une coupe grossière au cutter pour dégrossir la pièce: prenez bien 1.5cm de marge (ou moins en fonction de votre habileté et du tranchant du cutter) autour de la partie mâle à découper (ou à l'intérieur de la partie femelle à découper)

**⚠** Quand vous arrivez à la fin d'un trait au cutter, ralentissez pour être sûr de ne pas dépasser.

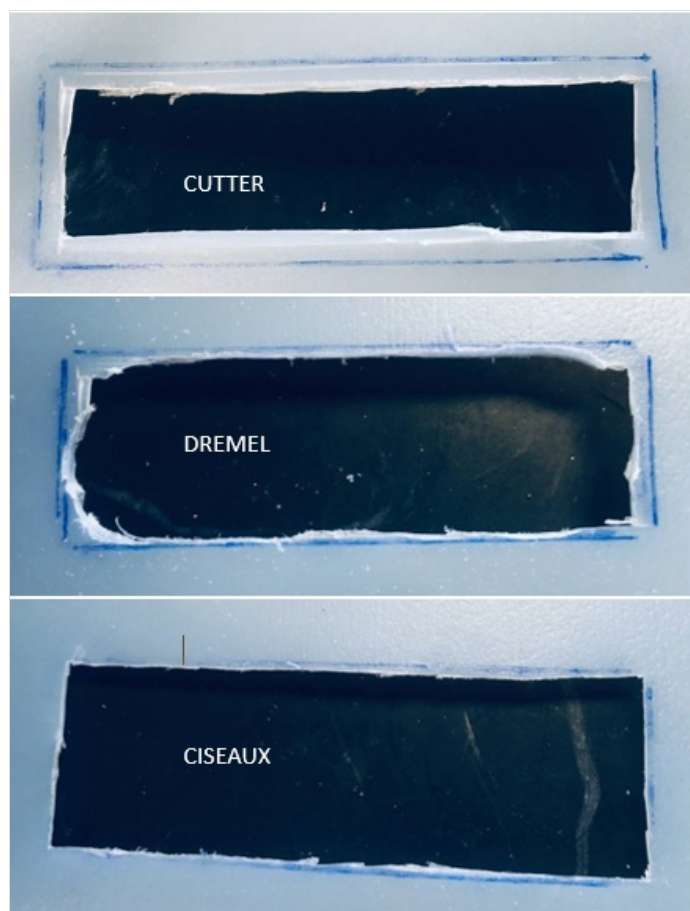
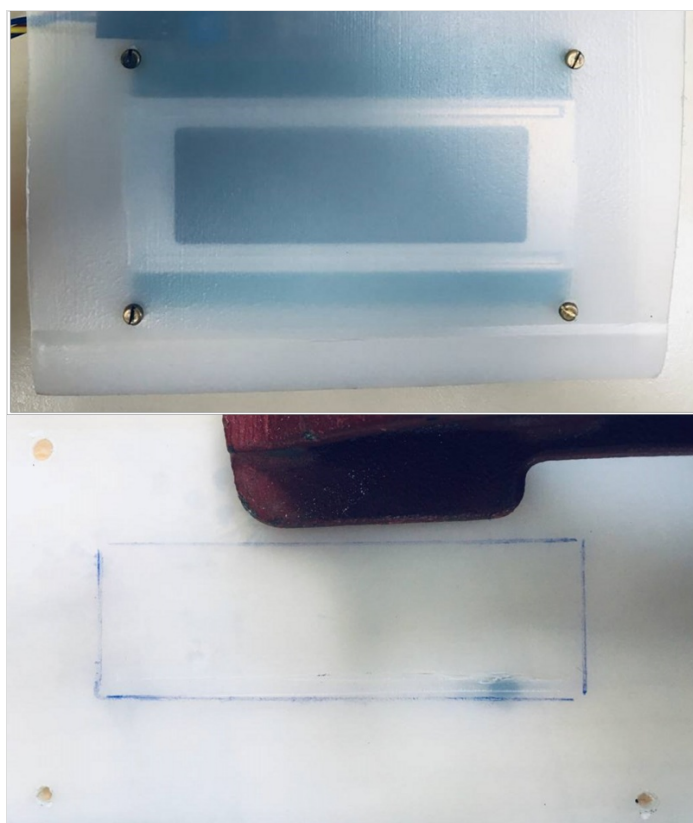
- Rapprochez vous du bord à l'aide d'un outil rotatif associé à du papier de verre à gros grain.

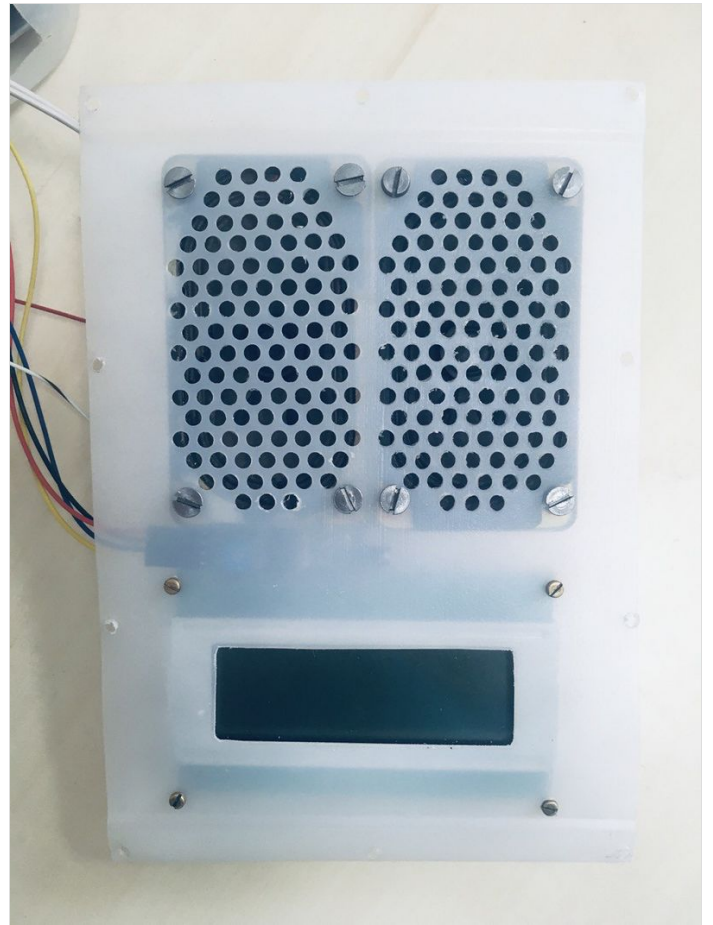
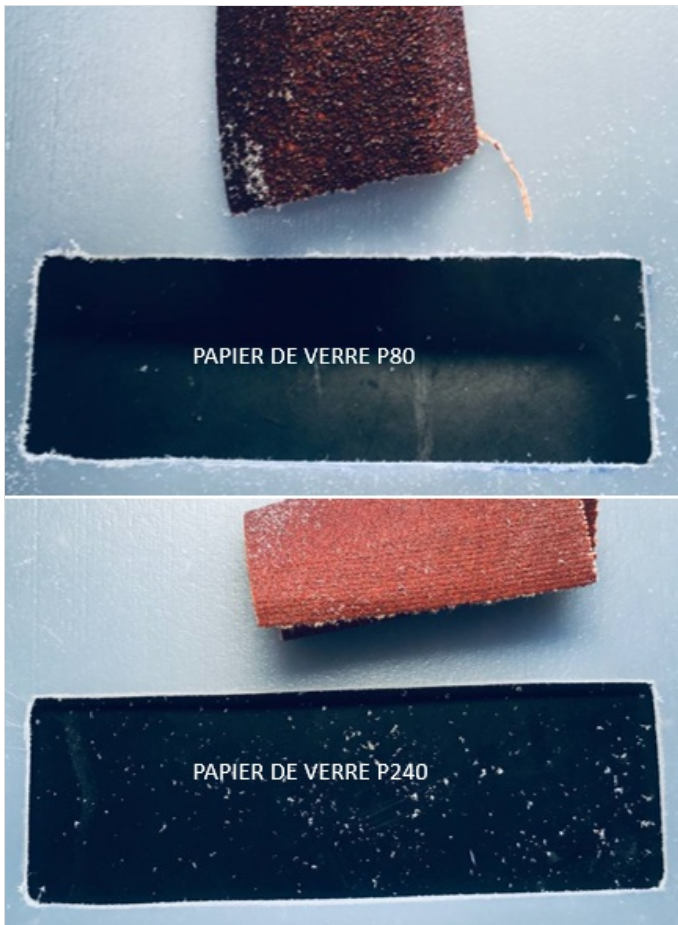
**i** Les coins des parties femelles sont compliquées à faire avec cet outil, ne vous en occupez pas.

- Rapprochez vous encore du trait avec de bons ciseaux, façonnez les coins bien droits (si vous voulez qu'ils soient droits)
- Passez les bords au papier de verre P80 puis P240 pour finir.

**⚠** Attention à ne pas rayer votre bidon à poncer avec votre papier de verre, vous devez uniquement toucher le bord du plastique pour éviter les traces autour.

**💡** N'hésitez pas à ajouter des modifications, à pimper votre enceinte à votre goût !



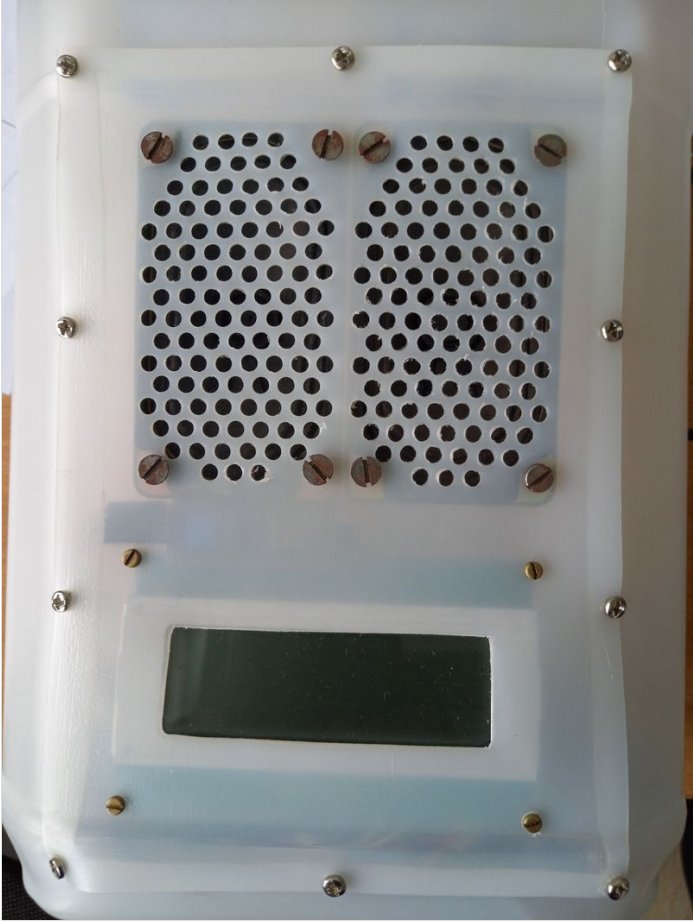


## Étape 14 - Montage final

Votre enceinte est normalement prête à être montée:

- Montez la plaque sur le bidon, coincez le câble d'alimentation dans le coin câble
- Montez les deux cartes sur le système de fixation
- Fixez les membranes et l'écran LCD au capot
- Fixez les boutons/interrupteur/molette
- Branchez tout
- Vissez le capot sur le bidon
- Branchez votre alimentation
- Tournez le potentiomètre à fond dans le sens horaire
- Allumez l'interrupteur
- Attendez 5 secondes
- Appuyez sur le bouton Play
- Sautez de joie
- Prenez soin de votre nouveau compagnon





## Étape 15 - Bonus: découpe LASER du capot


Vous pouvez aussi choisir de découper votre capot à la découpeuse LASER.


Avantage:


- Une fois la bonne combinaison Vitesse/puissance trouvée, votre capot se découpera rapidement et précisément.

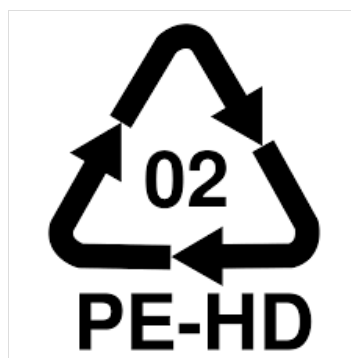
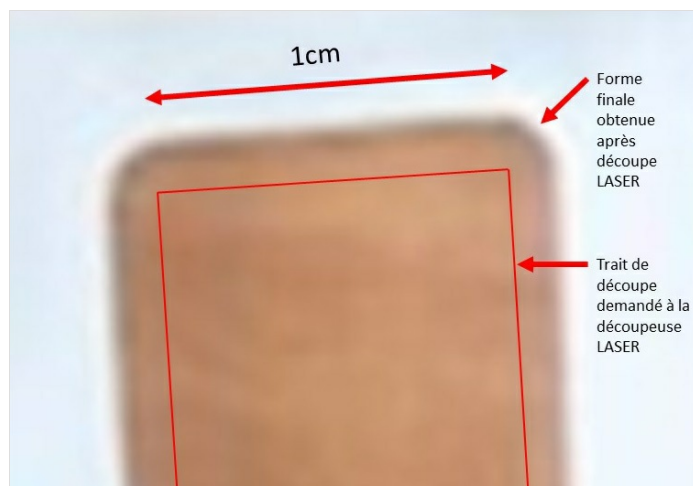
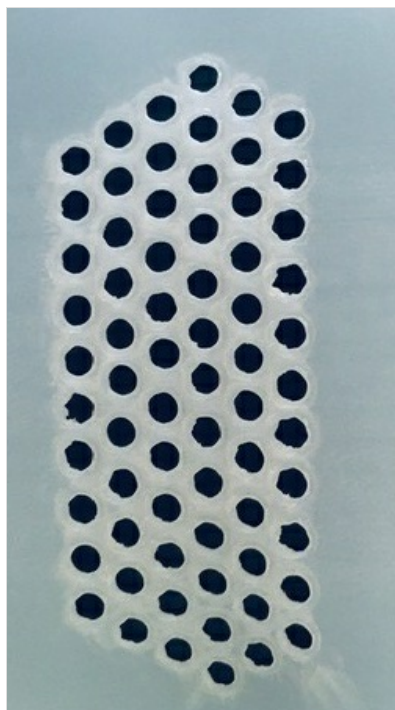
Inconvénients:

- Il vous faut trouver la bonne combinaison vitesse/puissance en tâtonnant
- Les bords des endroits touchés par le LASER fondent et se resolidifient, laissant une marque (voir Image 1)
- Le tracé du laser ne sera pas exactement votre rendu sur plastique: Lorsque le LASER touche le plastique, un petit cercle de matière plastique s'enlève (d'environ 1mm de rayon), un trou de 3mm de diamètre sur logiciel rendra donc environ 5mm de diamètre après découpe. Vous ne pouvez donc pas faire de bords pointus (Image 2: découpe LASER d'un rectangle sur le logiciel de dessin de largeur 1cm rendant le rectangle arrondis et plus grand)

 Les tests ont été effectués avec un PEHD 02 d'épaisseur 1.0mm. Cherchez sur votre bidon le logo avec l'indication PEHD ou HDPE.

 Assurez vous que votre matériau soit compatible avec la découpeuse LASER. Pour nos tests, nous avons utilisé une découpeuse Laser Speedy 360 muni d'un laser de 100W.

 Pour éviter que le plastique ne surchauffe et se déforme trop, lorsque vous effectuez une grille, faites en sorte que la découpeuse ne fasse pas les trous cotes à cote à la suite, faites par exemple un trou en haut à gauche puis en bas à droite etc...



## Notes et références

Enceinte développée par Jonathan Dumon (CNRS/Gipsa-lab), Germain Lemasson (Grenoble-INP/Fablab MASTIC) et François Michot (étudiant à l'ENSE3-Grenoble INP durant son stage d'été 2023).

Avec l'aide précieuse de nos collègues du fablab de l'ENSE3.