

HAUTE ÉCOLE D'INGÉNIEUR DU VALAIS

REPORT NAME

COURSE NAME

Author Name
21 janvier 2022

Table des matières

1 Partie mécanique	2
1.1 Banc de test	2
1.1.1 Fausse neige (confettis)	3
1.1.2 Canon à confettis	3
1.2 Boitier	7
1.2.1 Premier prototype	7
1.2.2 Version finale du boitier	8
1.2.3 Module électronique	11
1.2.4 Bras de fixation	12
1.2.5 LoRaSnow Testbox	14

Chapitre 1

Partie mécanique

Afin de savoir si les capteurs choisis vont fonctionner, il a fallu effectuer une série de simulations. Le premier défi était de simuler de la neige en pleine été. Etant donné que des canons à neige ou autres dispositifs du style n'étaient pas disponibles, de la fausse neige a dû être fabriquée. Cependant, simuler des chutes de neige implique des importantes salissures. Un banc de test a donc été mis en place pour effectuer ces tests de manière propre. Pour simuler la neige qui tombe, un canon à confettis permet de le faire. Ces mesures ont grandement aidé à l'avancement du projet.

Le deuxième grand défi était de compacter toute la partie électronique dans un boîtier pouvant résister aux intempéries. Une carte de développement, un Shield, des batteries ainsi que d'autres composants doivent être à l'abri dans ce boîtier. Pour assurer des mesures fiables et la survie de l'électronique, l'étanchéité du boîtier est nécessaire. La simplicité du démontage est aussi recherchée, elle permettra aux personnes de gagner du temps lors du montage ou de la maintenance.

1.1 Banc de test

Durant l'étape de réflexions deux capteurs ont été retenus. Cependant les moyens pour essayer ces derniers étaient restreints. Afin d'avoir un espace pour effectuer des tests volatiles sans impacter nos collègues, un banc d'essai a été mis en place.

Le but était d'avoir assez de place dans une zone fermée pour être 3 personnes à l'intérieur tout en créant des nuages de confettis. Ces nuages ne devaient en aucun cas gêner les autres personnes dans la salle de classe. Une cage avec une base de 2m par 1.5m et 1.5m de haut a été développé.

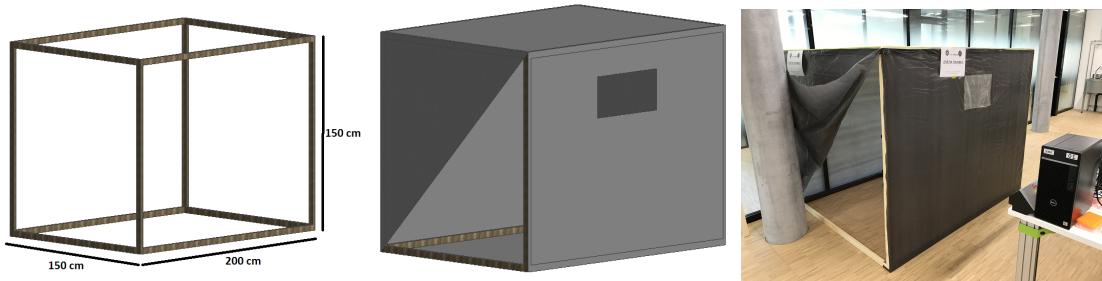


FIGURE 1.1 – Encombrement de la structure de test

La structure nécessitait d'être rapidement construite. Sans elle, les essais auraient été bien plus compliqués. Une structure en bois a donc été retenue pour sa simplicité à être travaillée. Les façades de la cage ont été réalisées avec des bâches de protections épaisse qui furent agrafées sur la structure en bois. Les planches en bois ont été assemblées à l'aide d'équerres en métal et de vis à bois. Toutes les fournitures

tures ont été trouvées chez Hornbach.

Afin d'avoir une très bonne rigidité, la structure aurait pu être triangulé avec des poutres en bois en plus. Cependant la structure étant exposé à quasiment aucune contrainte, la rigidité rajoutée par les bâches de protections épaisses agrafée était largement suffisante. Cette configuration nous a permis d'économiser du temps et de l'argent.

1.1.1 Fausse neige (confettis)

Problématique

Simuler de la neige en plein été est quelque chose de compliqué. La température ne jouant pas en notre faveur, la solution retenue était d'utiliser des confettis blancs. À la suite d'une commande impossible de confettis (rupture de stock), une autre solution dure a été trouvée rapidement.

Méthode

La première chose envisagée était de regarder dans les bacs des perforatrices automatiques situées dans les imprimantes de l'école. Malheureusement ces derniers étaient vidés régulièrement. La quantité trouvée était plus qu'insuffisante.

La deuxième solution, celle qui a été retenue, était d'utiliser la déchiqueteuse du secrétariat. Cette démarche n'était pas des plus écologique, mais elle a permis de pouvoir avoir les confettis rapidement. Un paquet de feuille blanche a été détruit pour fabriquer un carton plein de lamelle blanche s'apparentant à des confettis ou de la grosse neige.

Le remplissage du carton ci-dessous a pris environ une heure.

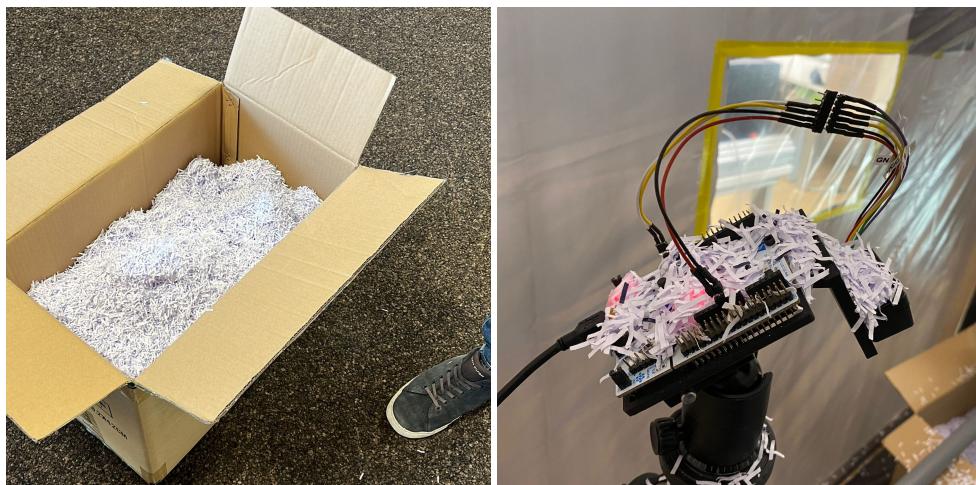


FIGURE 1.2 – Aspect des confettis fabriqués

1.1.2 Canon à confettis

La meilleure solution pour simuler la chute des flocons est de projeter des confettis de la manière la plus continue possible vers le haut. Les premiers essais ont été effectués en les jetant manuellement devant les capteurs. Cependant, il fallait avoir un débit constant afin de pouvoir faire des séries de mesures et déterminer plus précisément les erreurs.

Principe de fonctionnement

En regardant les canons à confettis existants qui la plupart fonctionnent par à-coup d'air comprimé (effet non désiré) une solution avec un débit d'air plus faible fonctionnant par effet venturi fut retenue. Le principe de base (inspiré des carburateurs) était, grâce à un débit d'air régulier dans notre cas, d'aspirer des confettis introduit dans un réservoir grâce à une baisse de pression à un endroit précis. La première version se composait d'un tube principal avec une réduction de section. Ce tube était parcouru par le débit d'air constant. Un réservoir de confettis se situait au-dessus de la zone de dépression (réduction de section). Un petit coude déposé dans le réservoir permettait aux confettis de pouvoir mieux couler dans le tube principal.

Sur le schéma ci-dessous, le principe y est bien représenté. Le débit d'air constant en noir arrive au niveau du réservoir, la section diminuant la pression diminue aussi. En diminuant une dépression à ce niveau est créé, un phénomène d'aspiration ce produit. En ressortent de ce système, un mélange d'air et de confettis.

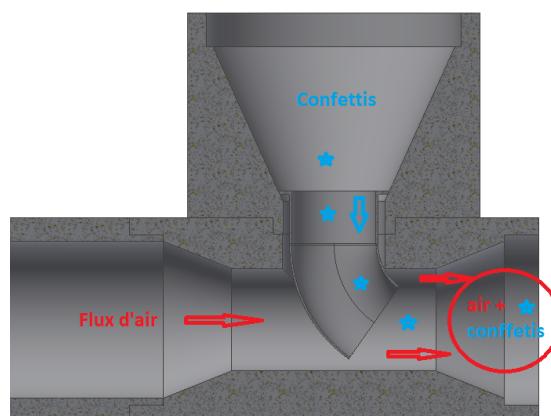


FIGURE 1.3 – Principe du canon à effet Venturi

Cette première version fut rapidement envoyée dans l'atelier pour être imprimée en 3d afin d'effectuer les premiers tests et les éventuelles corrections du canon. Voici une photo du tube principale imprimé en PETG grâce à l'imprimante 3d de l'école.



FIGURE 1.4 – Exemple d'impression 3D du canon

Turbine

Un paramètre indispensable était d'avoir une source d'air continue avec un bon débit. La classe étant équipée d'air comprimé, il suffisait de l'utiliser pour avoir un bon débit d'air constant. Cependant, le bâtiment étant encore pas terminé les raccords d'air n'était pas fixé. Une autre solution demandait à être trouvée. Il se trouve, qu'une turbine alimentée par un moteur à courant continu était la bonne solution. Premièrement, ce dispositif est assez simple, pour régler la vitesse de rotations il suffit de changer le voltage aux bornes du moteur. Deuxièmement la mécanique est très facilement intégrable au canon. Cette solution permit de ne plus se soucier des histoires de débit d'air.

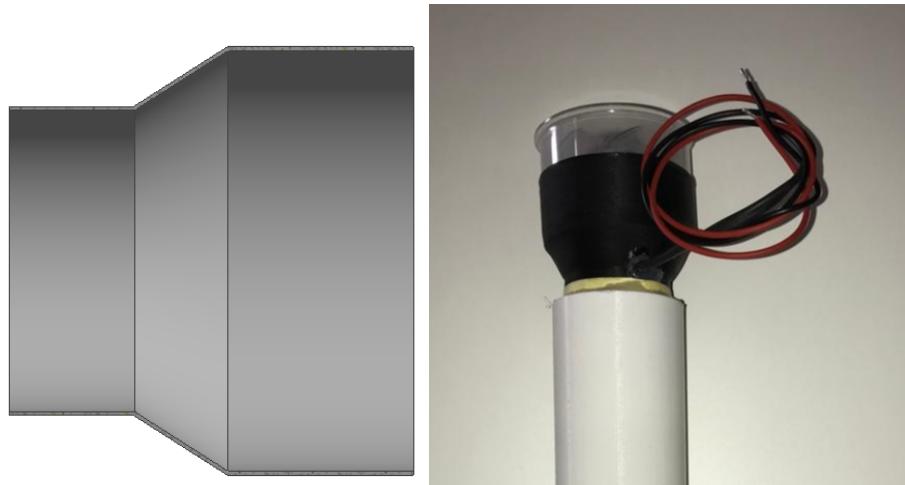


FIGURE 1.5 – Turbine DC

Problèmes rencontrés

A la suite de plusieurs tests, plusieurs choses se sont révélées problématiques. Premièrement, les confettis « maison » ont une fâcheuse tendance à s'enchevêtrer les uns dans les autres, cela réduit considérablement leurs capacités à bien couler dans le réservoir. Ce dernier se retrouvait sans cesse bouché. Grace aux tests, le fait d'agrandir le passage des confettis permettrait d'avoir un meilleur écoulement et de limiter la formation des bouchons.

Solution apportée

En prenant compte des problèmes survenu lors des premiers essais, une deuxième version fut modélisée. Cette fois ci avec un réservoir plus grand et un angle de remplissable plus faible. Le coude passe de 28mm de diamètre à 34 mm et cette fois ci il est imprimé directement sur le tube principal afin d'éviter les angles trop saillants qui pourraient causer un blocage. Afin d'obtenir un coude plus large il a fallu augmenter le changement de section dans le tube principale. Refaire complètement la pièce pour tout faire plus grand aurait possible pour avoir plus d'aspiration. Cependant, le fait de garder les dimensions de bases permettait de gagner du temps et d'éviter d'avoir à refaire des impressions pour rien ou de racheter du matériel en plus.

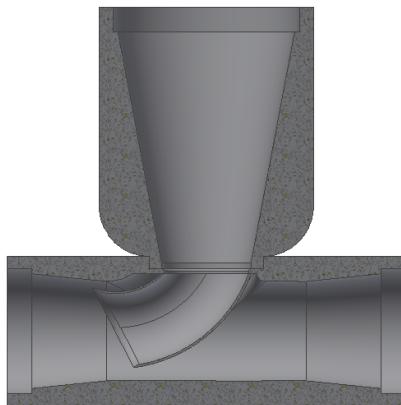


FIGURE 1.6 – Deuxième version du canon

Lors des essais de la nouvelle version, le changement était notable. Le fait d'avoir augmenté le diamètre du coude et de l'avoir imprimé en une fois avec le tube principal a réduit fortement les angles saillants. Les lamelles de papiers continuaient à se coincer de temps en temps mais l'objectif d'avoir un débit constant pendant une bonne minute a pu largement être atteint. Le canon était même capable s'il était placé réservoir vers le bas d'aspirer les confettis comme un aspirateur et de les rejeter comme de la neige.



FIGURE 1.7 – Mise en fonction du canon

Pour l'assemblage des différentes pièces du canon, comme ces dernières étaient très bien ajustées et tenaient sans rien entre elles, le fait d'utiliser des colles fortes spécifiques n'a pas été nécessaire. L'utilisation de colle chaude pour garantir un non-détachement et un démontage plus simple fut utilisé. Certaines pièces étant interchangeable, elles ne pouvaient pas être collé, l'utilisation de scotch pour garantir aucun déboitements fut très pratique. Cet appareil a surtout été conçu dans un but d'avancer les mesures rapidement et le temps de conception/réalisation était très court, c'est pourquoi la complexité des fixations n'a pas été la priorité. L'objectif qui était d'avoir un débit de neige constant a donc été atteint.



FIGURE 1.8 – Ensemble final du canon à confettis

1.2 Boitier

1.2.1 Premier prototype

Ouverture

À la suite de ça un prototype de boitier fut réalisé pour se rendre compte de l'encombrement, de la praticité et du design. Le choix de l'ouverture était de la mettre à l'arrière du boitier avec le système d'étanchéité démontré ci-dessus. Le maintien de la pression sur le joint était fait grâce à 4 vis qui venait directement prendre dans la base du boitier. Cette manière de fixer permet de ne pas avoir de trou traversant le boitier. Cette méthode est la même que sur celle de la plupart des boitier étanche.

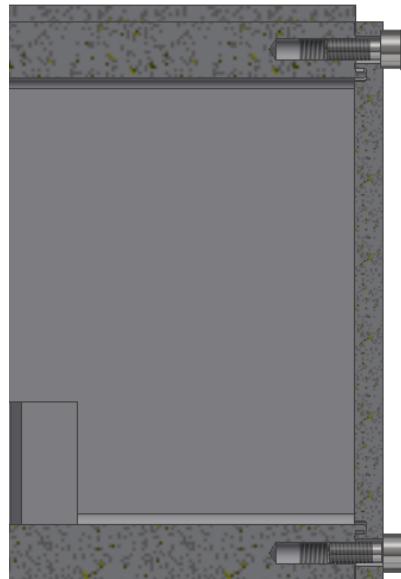


FIGURE 1.9 – Ouverture arrière du boitier

Encombrement

En ce qui concerne l'encombrement de la carte de développement dans le boitier qui faisait 200mm de long par 100mmx100mm, il y avait juste assez de place. Dans le cas ci-dessous il manque les batteries, le capteur et le Shield.

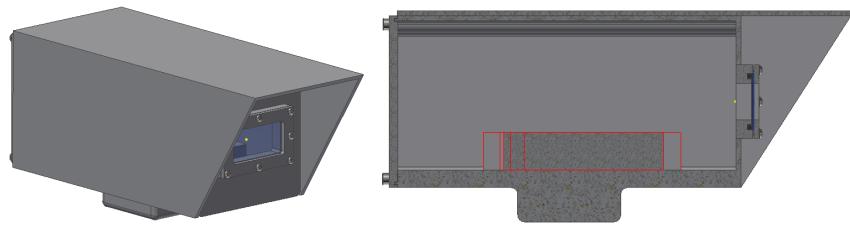


FIGURE 1.10 – Encombrement du boîtier, version 1

En avançant dans le design du boîtier des difficultés quant à la fixation de l'électronique dans le boîtier se manifestèrent. L'utilisation d'une casquette devenait aussi complexe, ce n'est pas facile de devoir fixer des choses sur un boîtier sans faire des trous traversants. La fixation pour le bras était pensée sous le boîtier, cependant elle aurait aussi pu être prise sur les côtés en englobant la casquette. À la suite de tous ces problèmes, le design fut complètement revisité.

1.2.2 Version finale du boîtier

Le dernier design est inspiré des caméras de surveillance récente. Ce boîtier sera conçu à base de polymère. Cette matière permet de limiter les transferts de chaleurs et les couts.

Matériaux

Matière Les deux matériaux les plus souvent retrouvés dans l'industrie pour les boîtiers sont l'Acrylonitrile butadiène styrène (abs) et le polycarbonate (pc). Le polycarbonate n'apprécie pas d'être exposé trop longtemps à un environnement humide. Cela pourrait provoquer de l'hydrolyse et dégrader le boîtier. L'abs quant à lui est très résistant, il est notamment utilisé pour faire des barques de secours. L'injection de l'abs est très rependue, ce matériau est notamment utilisé pour fabriquer les briques Lego. Ce terpolymère montre une bonne résistance aux chocs jusqu'à -40 °C . Sa TG se situe aux alentours 110 degrés, ce qui est largement suffisant dans notre cas. Le problème de l'abs est qu'il a une mauvaise résistance aux UV. L'utilisation d'un revêtement de protection UV sous forme de peinture est envisageable. Ce processus permettrait d'augmenter la durée de vie du boîtier. Le prix de l'abs se situe aux alentours de 3200 euros la tonne¹.

L'aluminium aurait aussi pu être intéressant pour la fabrication de ce boîtier. Cependant la fonderie s'avère plus complexe et plus coûteuse que l'injection plastique. Le prix de la matière serait quasiment triplé. Les caractéristiques du polymère étant parfaitement suffisant, l'intérêt d'utiliser de l'aluminium n'était donc pas nécessaires.

Ouverture

L'ouverture se fait par en haut à l'aide d'un couvercle amovible. Le système de d'étanchéité est le même que pour les précédentes versions. Le maintien en pression sur le joint est effectué grâce à une fixation dites grenouillère. La grenouillère dispense l'utilisation d'outils et permet un gain de temps lors de l'ouverture et la fermeture. Cette dernière possède une serrure intégrée pour dissuader des possibles vols.

1. <https://www.polyvia.fr/fr/prix-du-plastique-les-previsions-pour-2022>



FIGURE 1.11 – Ouverture du boîtier, version 2 (à gauche), grenouillère pour la fermeture (à droite)

Pivot du couvercle

L'une des grandes forces de ce système est son ouverture simplifiée. En effet, le couvercle est fixé comme une trappe. Cette spécificité permet d'avoir un bien meilleur accès à l'intérieur du système. Cette particularité permet pouvoir manipuler aisément les éléments qui se situent à l'intérieur. Le pivot est assuré par un axe (tube) fileté à ses deux extrémités. Deux vis viennent maintenir de chaque côté l'axe afin qu'il ne puisse pas sortir de son logement.

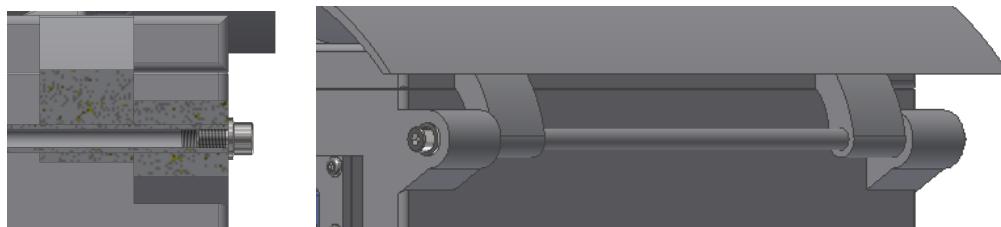


FIGURE 1.12 – Mécanisme du pivot

Fixation de la casquette

La casquette qui se situe sur le couvercle est facilement démontable pour mettre un autre modèle ou la changer en cas de dégradation. Elle est fixée par 4 vis imbus qui viennent se loger dans des inserts situés sur le dessus du couvercle. Les fixations de la casquette sont posées sur le couvercle, cette configuration permet de soulager les efforts sur les supports.



FIGURE 1.13 – Mécanisme du pivot

Fixation du module

En ce qui concerne la partie intérieure, 4 supports sont intégrés dans le fond du boîtier. Ces derniers sont dimensionnés pour accueillir des inserts plastiques. Toute la partie électronique pourra par la suite venir fixer sur le dessus. Mettre une vue en coupe avec la plaque de base fixée

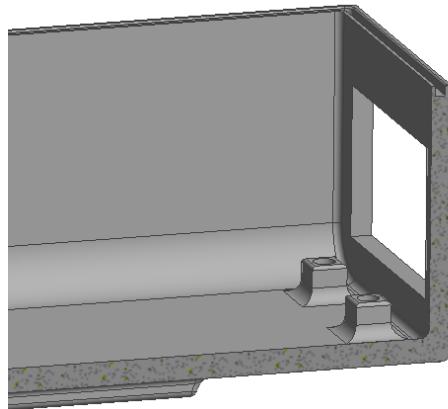


FIGURE 1.14 – Fixation du module

Fixations des supports

La fixation du bras sera assurée par 4 écrou carrés situé sous le boîtier. Cette solution permet de ne pas à avoir à faire de trous dans le boîtier pour maintenir une bonne étanchéité. C'est écrou sont guidés dans une gorge afin d'être maintenu pendant le serrage. Le même principe est utilisé dans pour fixer des éléments dans les armoires en automation.

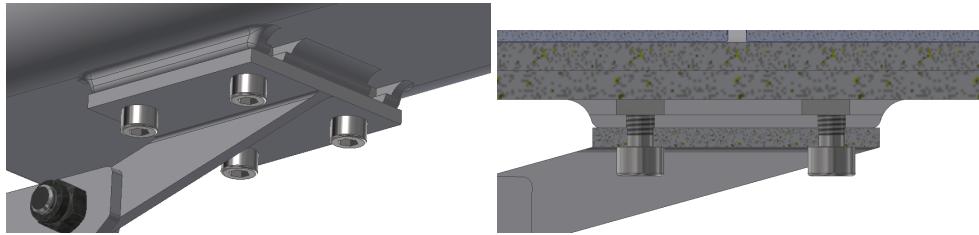


FIGURE 1.15 – Support de fixation du boitier

1.2.3 Module électronique

Cette partie est consacrée au développement d'un module compact et simple composé de toute la partie électronique. Ce module est fixé dans le boîtier grâce aux 4 plots de fixations situés dans le fond du boîtier. L'intérêt de faire une construction mécanique est de pouvoir soutenir tous les composants pour les empêcher de se déplacer à leur guise. La simplicité recherchée dans sa conception permettra aux opérateurs de gagner beaucoup de temps.

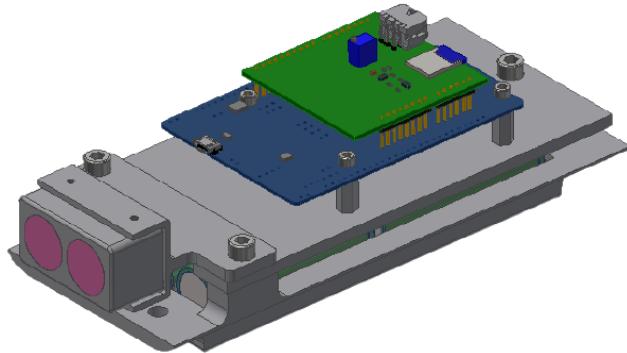


FIGURE 1.16 – Module électronique

Base du support des batteries

La pièce de base est prévue pour accueillir 6 batteries 18650. Un espace légèrement plus grand est prévu. L'appellation 18650 signifie que l'élément rechargeable fait un diamètre de 18mm et une longueur de 65mm. Des petites fentes furent aussi pensées pour faciliter un câblage série/parallèle entre les éléments. Cette pièce est la fondation du module électronique, elle sera naturellement fixée dans le boîtier. Cette pièce est directement fixée dans le boîtier grâce aux 4 trous de fixations.

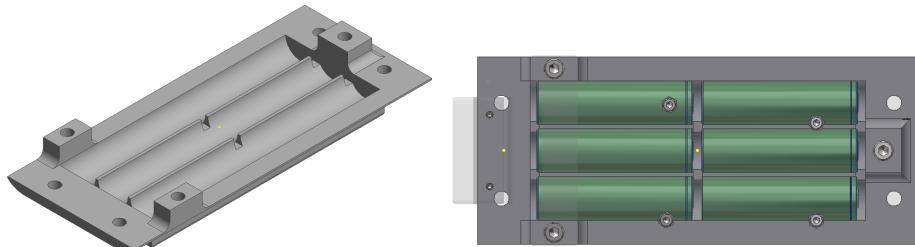


FIGURE 1.17 – Support à batteries

Plaque de fixation et PCB

Au-dessus de la pièce supportant les batteries, une plaque est fixée. Cette plaque est très importante dans l'ensemble. C'est en quelques sorte la carte mère de l'ensemble. Tous les modules sont fixés autours d'elle. Elle permet grâce aux trois fixations situées aux extrémités de venir bloquer les batteries pour pas qu'elles ne sortent de leurs logements. Ces trois trous sont prévus pour venir fixer la plaque sur le module de bas. Les 4 autres trous servent à fixer la partie PCB. 4 vis à tête fraisée seront insérées dans les trous fraisés afin de venir fixer des entretoises en plastiques. Sur ces entretoises en plastique les circuits imprimés pourront être fixé à l'aide de vis en plastiques. Ces composants plastique permettent d'éviter tout risque de court-circuit.

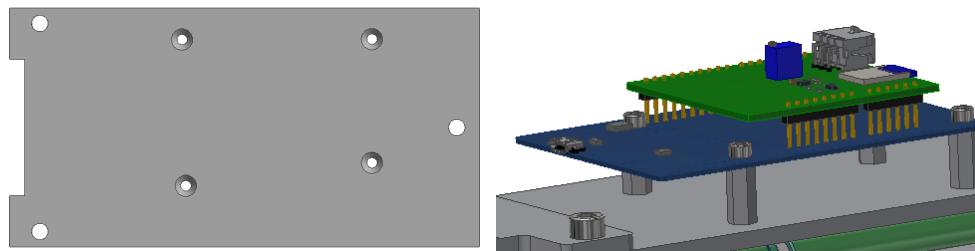


FIGURE 1.18 – Plaque de fixation pour la partie électronique

Support du LiDAR

Le capteur Lidar ne possède pas de trou de fixation, seul deux fentes sont disponibles pour venir clipser un support sur ce dernier. Le fabricant préconise de le fixer avec des colsons ou du scotch double face. Ces solutions sont plutôt prévues à des fins de bricolage. Des essais de supports à base de clips ont été réalisés mais l'ajustement de ces derniers était problématique. C'est pour ça que la solution de pincer le capteur à l'aide de vis sans tête est parvenue comme la plus sûre et la plus simple. Le support qui permet de fixer le lidar dans la bonne position vient directement se fixer dans les trous de fixations du support à batteries.

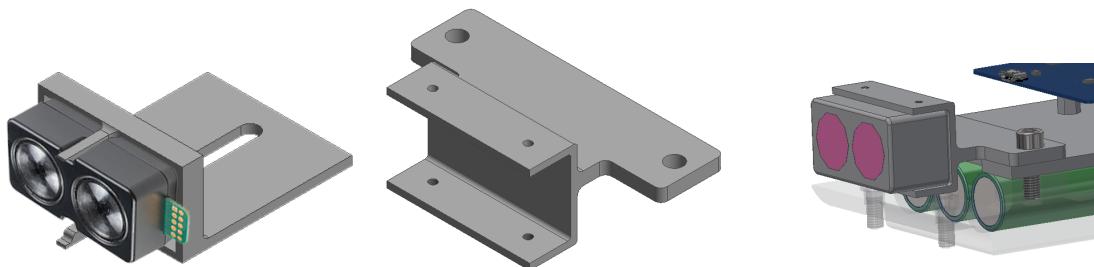


FIGURE 1.19 – Support pour le LiDAR

1.2.4 Bras de fixation

La partie fixation permet d'assurer un positionnement juste et précis de l'ensemble du boîtier. Cette fixation doit pouvoir se faire sur quasiment toutes les surfaces à dispositions comme les murs ou les lampadaires.

Support du boîtier

Le support du boîtier est une partie rigide en aluminium qui vient se visser sous le boîtier à l'aide de 4 vis. Cette pièce est en deux parties. La première partie est une plaque carrée ayant les trous de perçage cor-

respondant au boîtier. La deuxième est une autre plaque percée soudée perpendiculairement. Ce perçage permettra de jongler entre les systèmes de fixation désiré. Grace à cette liaison par boulon, l'inclinaison du boîtier pourra être réglée. En ce qui concerne le réglage précis de l'angle, un petit cadran autocollant pourrait être rajouté sur le support et une ligne autocollante sur le support du boîtier. Elle permettra de lire la valeur de l'inclinaison du boîtier. Cette petite subtilité permettra de faciliter le montage du boîtier et de pouvoir contrôler si la position du boîtier est bonne sur le long terme.

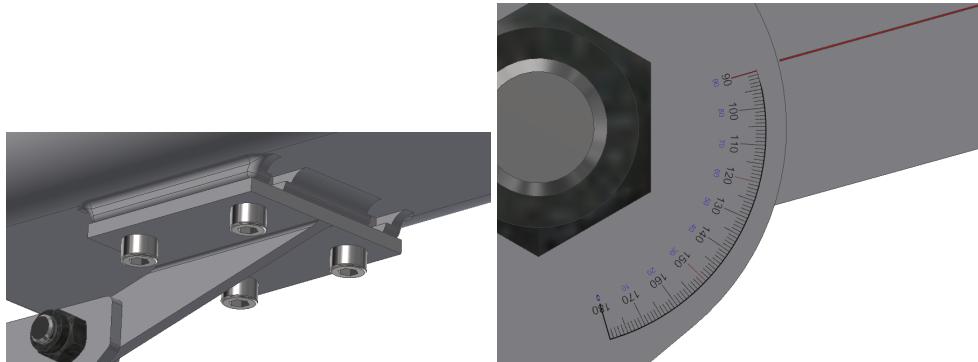


FIGURE 1.20 – Système de réglage de l'élévation

Support mural et tubulaire

L'objectif voulu était de pouvoir fixer le boîtier sur des lampadaires ou des poteaux. Un système de collier de serrage a donc été conçu pour répondre à cette problématique. Les deux arcs de cercle collé entre eux forment un ovale avec une air un peu plus petite que celle du poteau de fixation. En venant serrer les vis, une force de serrage agira naturellement sur le poteau et le boîtier sera bien fixé. Afin de régler la rotation azimutale, c'est-à-dire autours de l'axe du lampadaire, il suffit de placer le boîtier dans la position voulue. Une fois cette position atteinte, il faut bloquer l'ensemble boulonné. Ce dispositif permet deux degrés de liberté, l'azimut et l'élévation.

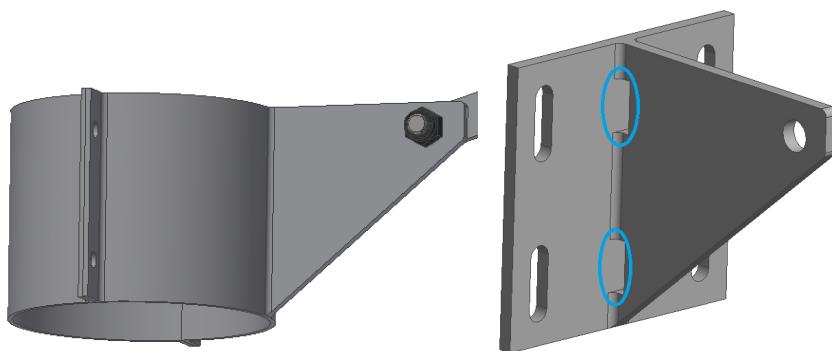


FIGURE 1.21 – Support de fixation tubulaire et mural

Un autre dispositif pour une fixation murale a aussi été pensé. Malheureusement dans cette configuration la rotation azimutale ne peut pas être réglée. Le seul degré de liberté est l'élévation. Les trous en bleus ont été pensé pour passer un éventuel collier de serrage pour un fixation spécial ou un montage provisoire.

1.2.5 LoRaSnow Testbox

Pour savoir si les simulations effectuées correspondaient avec la réalité, il a fallu tester le capteur en condition réel. Cependant les chutes de neiges sont difficilement prévisibles. Le boîtier étant un concept mécanique, il fallait protéger les composants durant les essais. Un boîtier pour la soirée de test a rapidement été fabriquer la veille pour protéger les composants électroniques de la neige. La fixation avec les clips a pu être expérimentée sous le boîtier pour fixer le lidar. Ce type de fixation n'étant pas convainquant, un collier Colson fut rajouté pour augmenter la force de pincement des clips. Une autre fixation permettait de fixer le boîtier sur un trépied.

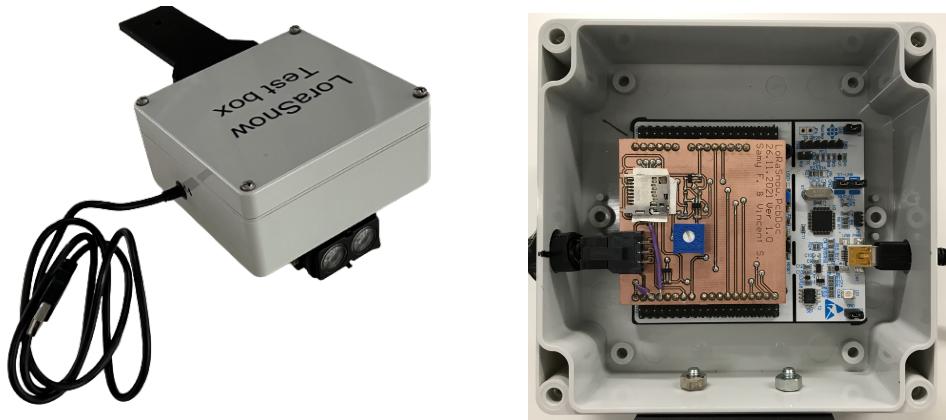


FIGURE 1.22 – LoRaSnow Testbox, intérieur et extérieur