



**UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE** DE BELFORT-MONTBÉLIARD

# Projet de MA51 : Boîtier de protection pour station météo

Compte rendu de Projet - MA51

**SUTER Gaétan**

Département Génie Mécanique et Conception  
Filière Conception des Systèmes Mécatroniques

**VANDEPOORTER Valentin**

Département Génie Mécanique et Conception  
Filière Conception des Systèmes Mécatroniques

**MA51 – Fabrication additive**

Responsable de l'UV  
**Lucas DEMBINSKI**

---

## Sommaire

1. Introduction .....	3
2. Cahier des charges .....	4
3. Boitier de L'Arduino, du Dragino et du boitier 3G.....	5
3.1. Concept.....	5
3.2. Création des pièces .....	6
3.2.1. Arduino et Dragino.....	6
3.2.1. Plateforme et attache .....	7
3.2.2. Couvercle.....	8
3.2.3. Assemblage .....	9
3.3. Réflexions et changement de cap.....	11
4. Boitier la Webcam .....	12
4.1. Cahier des charges.....	12
4.2. Premier modèle.....	12
4.3. Ébauche du second design .....	13
4.4. Création de la pièce sous Catia .....	14
4.5. Vérification analyse .....	17
4.6. Impression.....	19
5. Boitier de la sonde de température.....	21
6. Table des illustrations.....	23
7. Conclusion .....	24

## 1. Introduction

Dans le cadre d'un projet de mécatronique, nous réalisons une station météo. Cette station météo a pour but de fournir à un club de voile les conditions météorologiques du lac de Champagney : vitesse du vent, direction du vent, température et photo de la surface de l'eau.

Cette station est réalisée avec un Arduino qui, relié à un shield Dragino Yun et à un boîtier 3G, transmet les données à distance. Ces composants électroniques sont fixés à la station et nécessitent par conséquent d'être protégés des intempéries

Nous avons donc souhaité mettre à profit le projet de MA51 pour réaliser un boîtier en fabrication additive qui protégera le microcontrôleur.



Figure 1: Le Bassin de Champagney

## 2. Cahier des charges

Quatre parties de la station doivent être protégées :

- La batterie et le régulateur de tension
- Le capteur de température
- La caméra (webcam) qui prend les photos
- Le boîtier Arduino relié au Dragino Yun et au boîtier 3G

La batterie, trop lourde pour être fixée au mât, restera dans une boîte étanche au sol. Les trois autres sont éligibles à l'impression 3D. Nous décidons dans un premier temps de créer le boîtier contenant l'Arduino, le Dragino et le boîtier 3G.

Ce boîtier devra remplir le cahier des charges suivant :

Fonction
- Contenir l'Arduino, le Dragino Yun et le boîtier 3G
- Protéger l'Arduino, le Dragino Yun et le boîtier 3G de la pluie
- Avoir des trous pour faire entrer les câbles
- Pouvoir se fixer au mât
- Être fabriquable en impression 3D

Figure 2: Cahier des charges boîtier Arduino, Dragino et 3G

La station météo sera sortie seulement l'été, il n'est donc pas nécessaire de la protéger contre la neige ou le gel.

### 3. Boitier de L'Arduino, du Dragino et du boitier 3G

#### 3.1. Concept

Nous avons commencé à réfléchir à la forme du boitier. Premièrement, pour qu'il puisse se fixer au mât, nous voulions le doter de la fixation suivante :

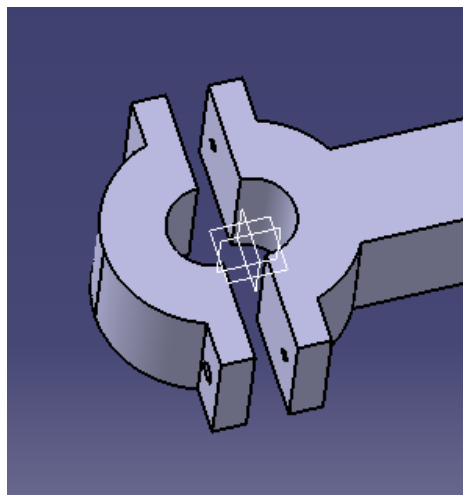
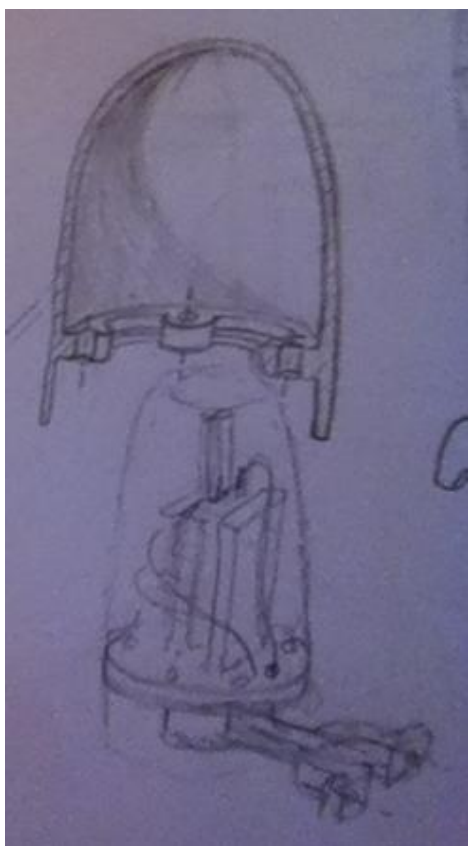


Figure 3: Fixation au mât du boitier Arduino, Dragino, 3G

Le serrage s'effectue via deux vis, les deux parties s'attacheraient de chaque côté du mât. Puis un bras reliait cette fixation au boitier.



Une forme cubique a été la première idée suggérée, néanmoins il ne faut pas que l'eau stagne sur « le toit ». C'est pourquoi le dessus devra être en pente. Mais une pente nécessitera des supports, à moins que celle-ci soit très abrupte ( $>45^\circ$ ).

L'idée d'un boîtier en forme ogive germa. L'imprimer à l'envers supprimerait les supports internes et les pentes supérieures à  $45^\circ$  supprimeraient les supports externes. Le sommet sera néanmoins plat afin d'avoir une base plus stable à l'impression et éviter les angles aigü.

Figure 4: Concept du boitier Arduino, Dragino et 3G

Une « plateforme » forme la base du cône tout en le refermant pour le rendre étanche. Une plaque en son milieu permet de d'y fixer l'Arduino et le Dragino d'un côté et le boîtier 3G de l'autre. Les câbles passeront par des trous sur la face inférieure, protégés de la pluie par les rebords de l'ogive et comblés au silicone pour être bien étanches.

## 3.2. Création des pièces

### 3.2.1. Arduino et Dragino

Nous commençons par réaliser des versions Catia de l'Arduino et du Dragino afin de voir s'ils rentrent dans le modèle CATIA du boîtier et pour pouvoir réaliser les fixations de l'Arduino.

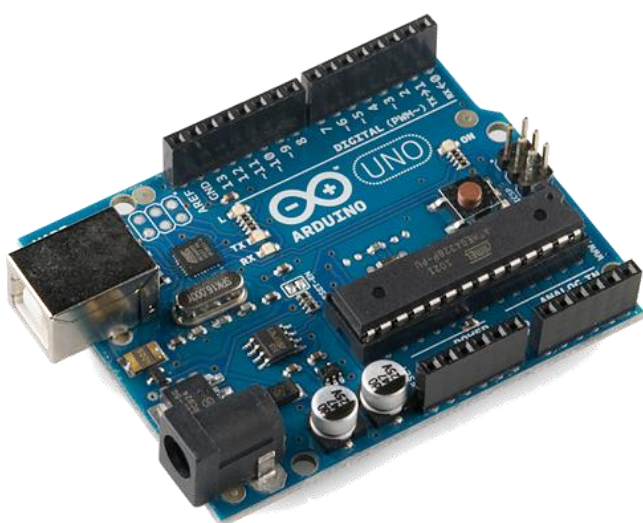


Figure 7: Arduino

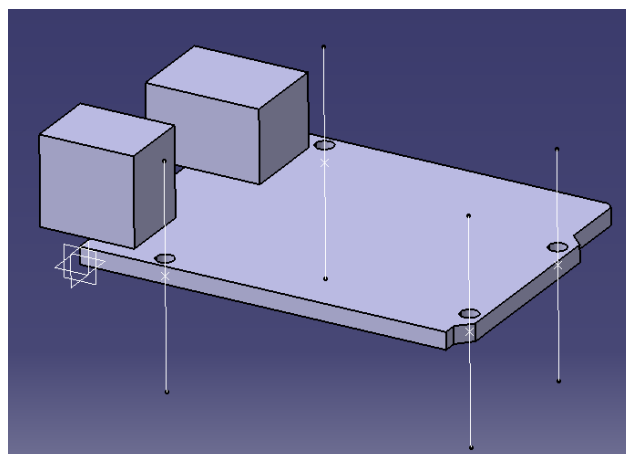


Figure 5: modèle Catia de l'Arduino



Figure 6: Dragino

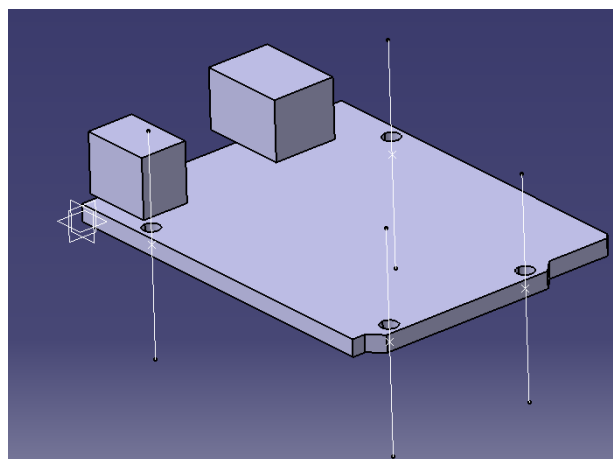


Figure 8: modèle Catia du Dragino

A ce moment-là, nous disposons des dimensions approximatives du boîtier 3G mais n'étant toujours pas arrivé, nous ne l'avons pas modélisé. Ses dimensions sont à peu-près égales à celles d'un Arduino.

### 3.2.1. Plateforme et attache

La plateforme attachée au mât sur laquelle sera fixé les composants est réalisée ensuite. Elle est circulaire et en son milieu se dresse une plaque dotée de quatre trous sur laquelle l'Arduino viendra se fixer.

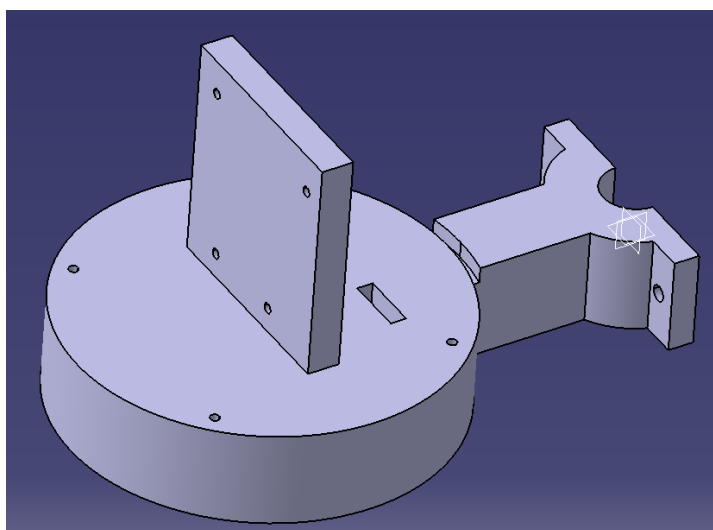


Figure 9: Plateforme vue 3/4

Quatre autres trous sont réalisés dans la plateforme pour pouvoir fixer le couvercle. Deux autres trous sont réalisés pour pouvoir faire passer le câble d'alimentation ainsi que les fils de la webcam et des capteurs. Ces derniers trous seront colmatés au silicone une fois la station finie afin de garantir l'étanchéité.

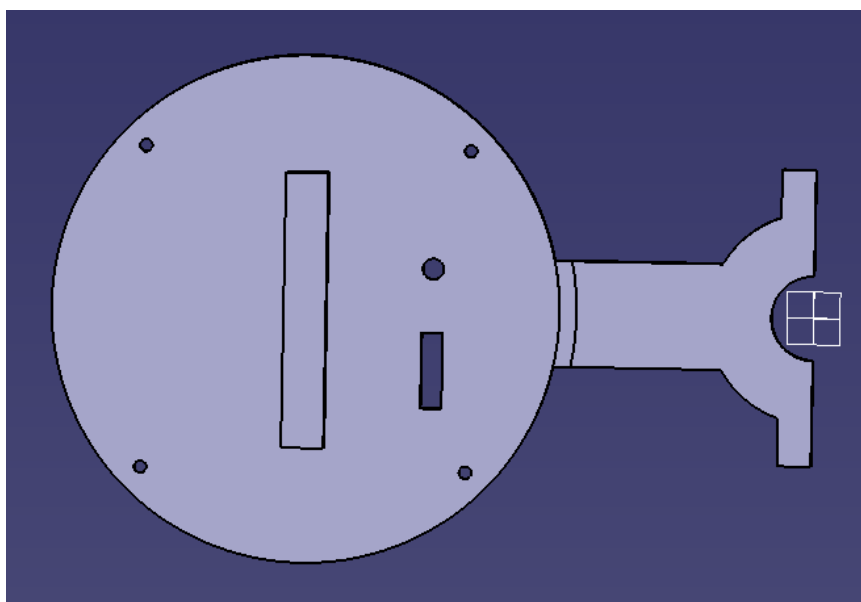


Figure 10: Plateforme vue du dessus

A la base du bras, juste à l'extérieur de la plateforme cylindrique, une rainure est créée pour empêcher l'eau de rentrer par le raccord du bras.

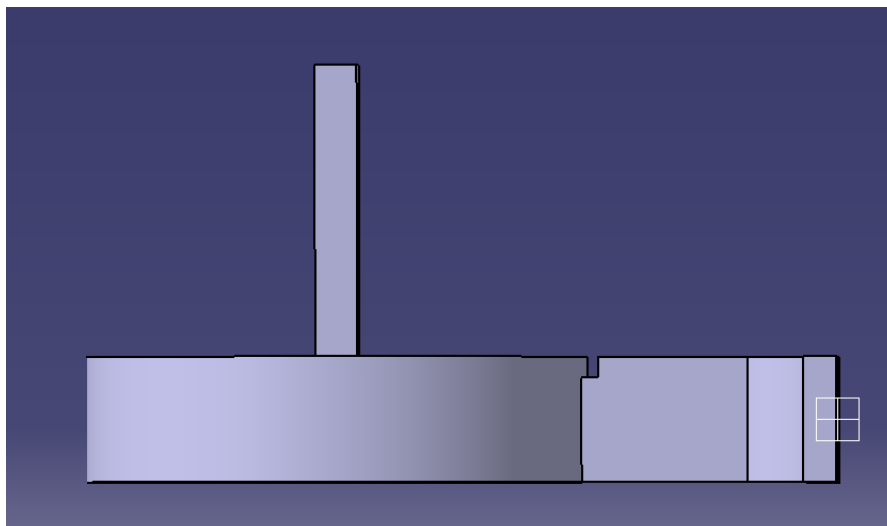


Figure 11: Plateforme vue de côté

La base de la plateforme est réalisée sur le même plan horizontal afin d'éviter l'usage de supports.

### 3.2.2. Couvercle

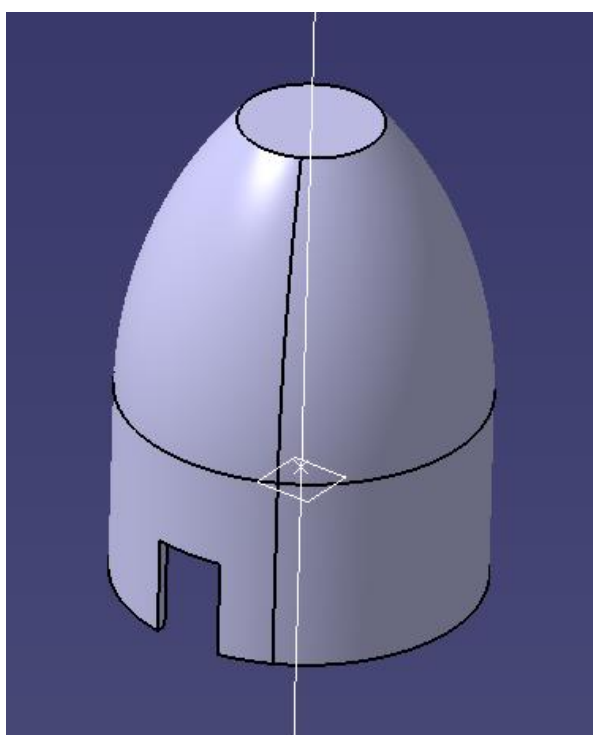


Figure 12: Couvercle vue du dessus

Le couvercle en forme d'ogive est réalisé à partir de la révolution d'un profil. Une encoche est créée pour le passage du bras de fixation.



A l'intérieur, un rebord permet au couvercle de reposer sur la plateforme et quatre cylindres sont créés pour accueillir les boulons et les filetages des vis de fixation.

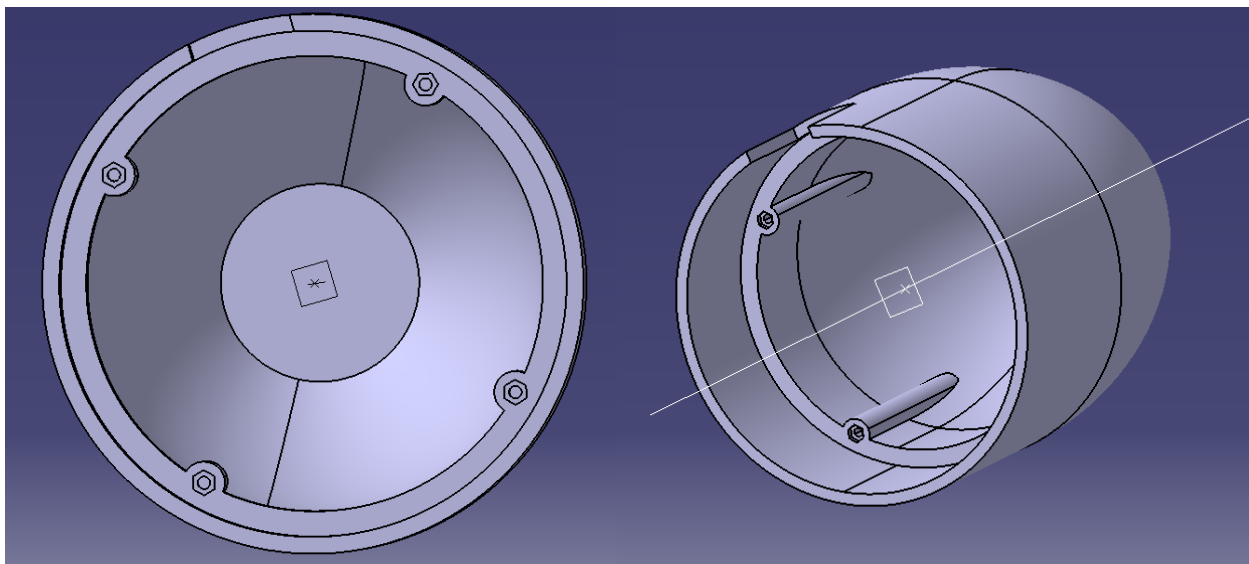


Figure 14: Couvercle vue interne

Figure 13: Couvercle vue interne

Ce couvercle s'imprimera à l'envers.

### 3.2.3. Assemblage

On effectue enfin l'assemblage. Le Dragino vient se fixer sur l'Arduino lui-même fixé sur la plateforme du support.

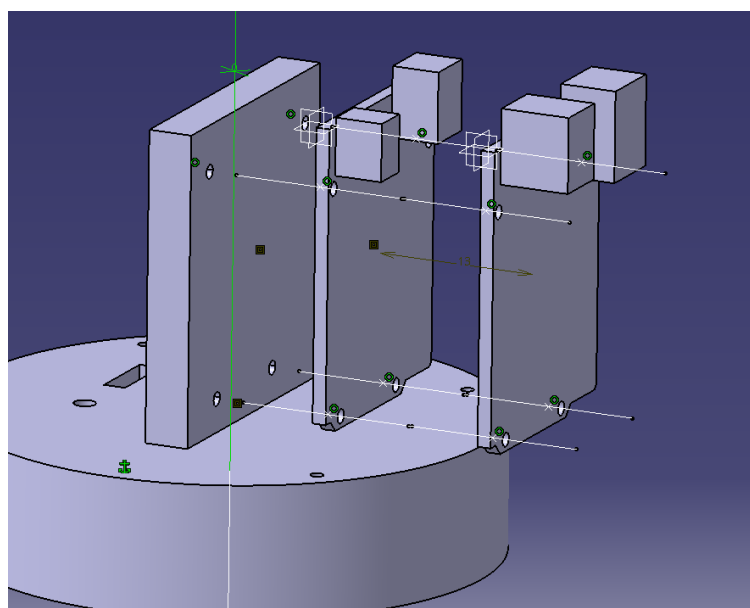


Figure 15: Fixation de l'Arduino et du Dragino sur la plateforme

Puis le couvercle vient recouvrir le tout et est maintenu par quatre vis. La plaque sur laquelle est fixée l'Arduino est au milieu pour pouvoir accueillir le futur boîtier 3G sur la face opposée à celle de l'Arduino.

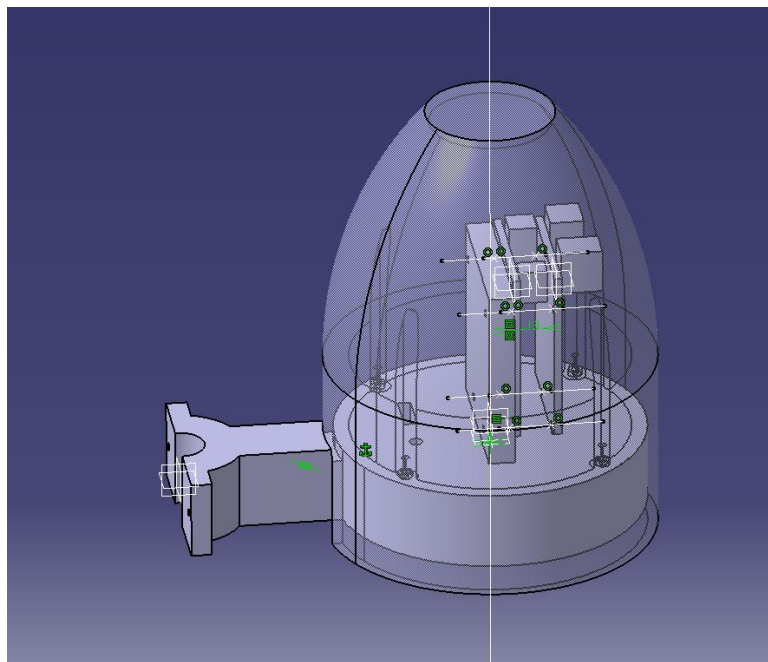


Figure 16: Pose du couvercle

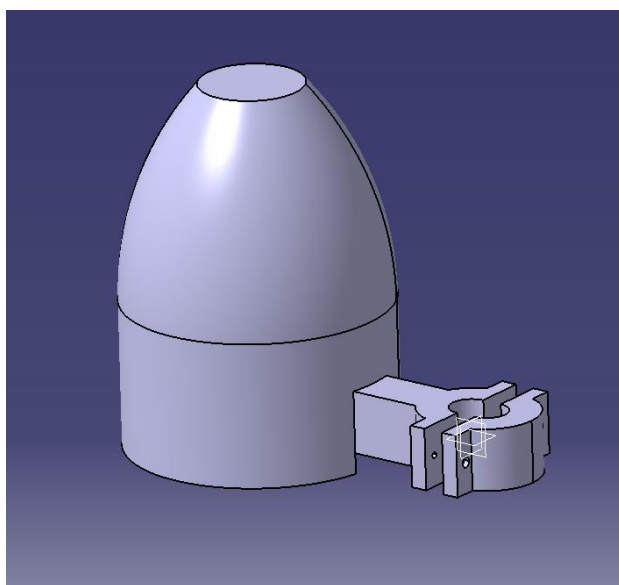


Figure 18: Boîtier Arduino, Dragino et 3G vue du dessus

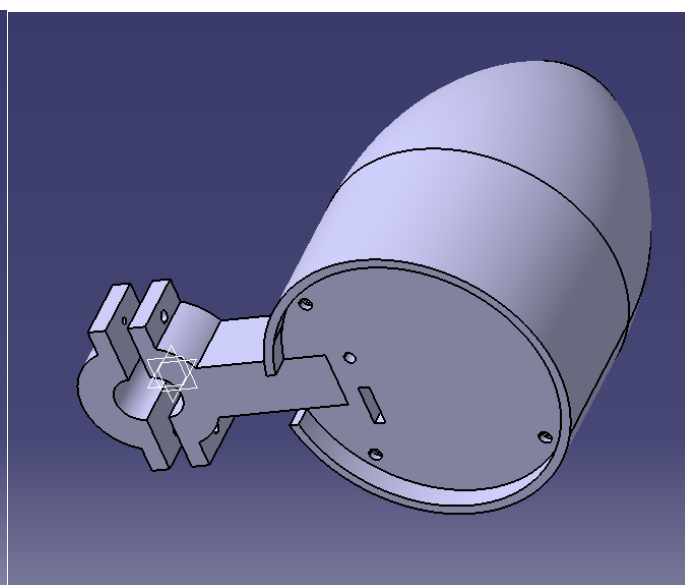


Figure 17: Boîtier Arduino, Dragino et 3G vue du dessous

### 3.3. Réflexions et changement de cap

Au cours des séances de travaux pratique du mardi soir, il nous a été mis en évidence par le professeur que notre idée n'était pas très adapté à la FA. Trop de fonctions que réalisait notre concept pouvaient être faites d'une autre manière, plus adaptées ou moins onéreuse. La conception restait très standard, sans profiter des nouvelles possibilités de design rendues possibles par la fabrication additive, telles que les formes courbes ou les objets autres que rectilignes ou circulaires.

Nous nous sommes alors penchés sur un moyen plus modulaire de réaliser ce boîtier. C'est finalement avec un assemblage de tuyaux de PVC que nous avons réussi à protéger notre partie commande.

## 4. Boitier la Webcam

Nous choisissons de consacrer dorénavant nos efforts sur la création du boitier de la webcam.

### 4.1. Cahier des charges

On commence par créer un nouveau cahier des charges, dédié à La webcam cette fois-ci :

Fonction
- Protéger de la pluie
- Pouvoir se fixer au mât
- Permettre la prise de photos
- Pouvoir attacher la caméra
- Être fabricable en impression 3D

Figure 19: Cahier des Charges du boitier de la Webcam

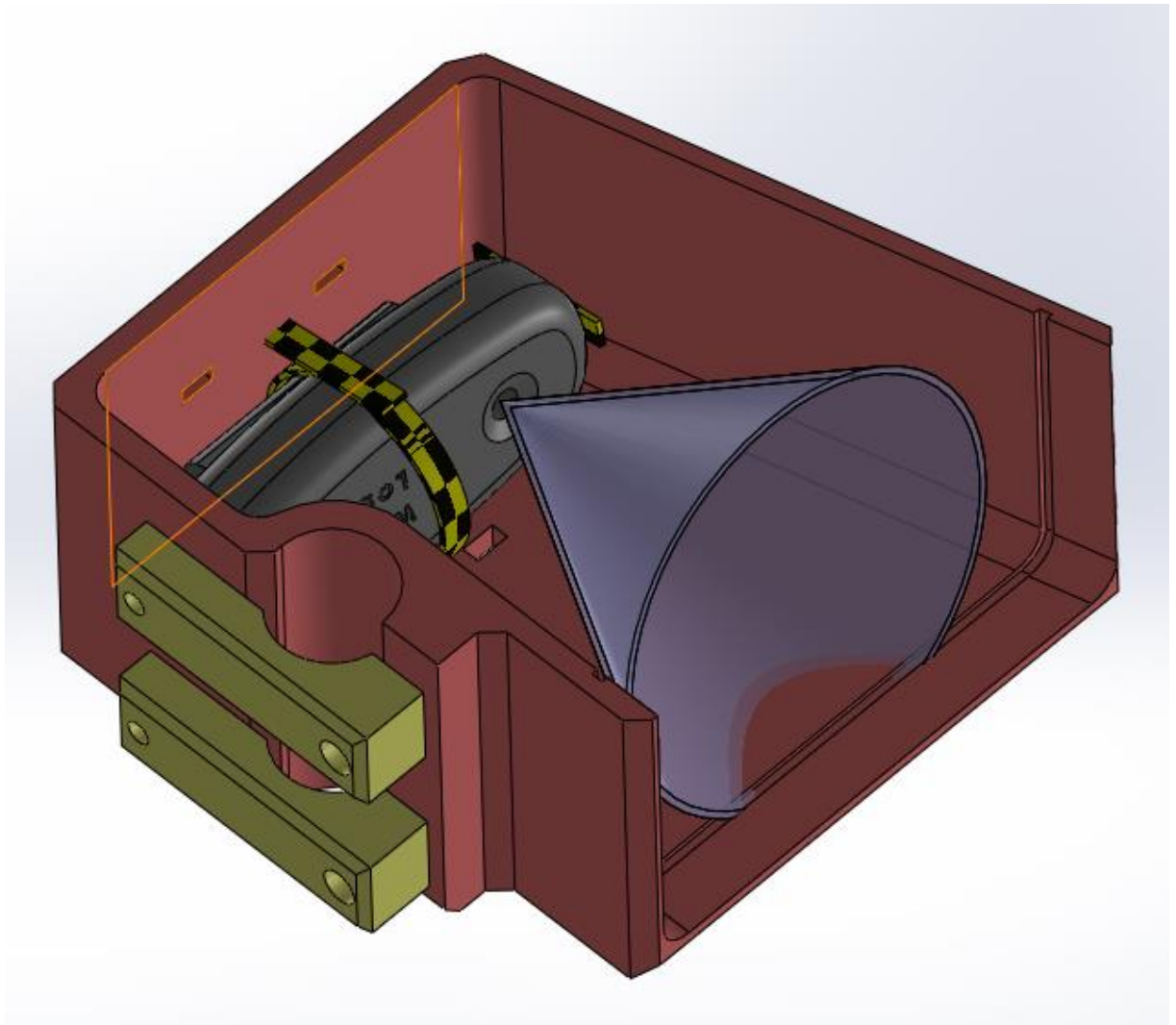
### 4.2. Premier modèle

Plusieurs solutions s'offraient à nous pour rendre ce boitier étanche tout en permettant la prise de photos. Faire une « fenêtre » en pvc transparent était l'une d'entre elles, cependant, il y avait plusieurs inconvénients :

- La fenêtre peut se salir, détériorant la qualité de l'image. Cela reste cependant peu probable si la fenêtre est à l'abri des intempéries.
- La condensation sur la vitre peut créer de la buée et brouiller l'image. La station météo sera en service l'été, ce scénario est donc envisageable. L'enceinte du boitier ne doit donc pas être complètement clos.
- Le plus gros problème peut être la réflexion du soleil sur la surface de l'eau puis sur la vitre ce qui saturerait encore une fois l'image.

Nous avons donc opté pour le choix de laisser le boitier ouvert devant l'objectif et en dessous de la webcam. Ce choix impose donc de « long rebords » pour ne pas que la pluie atteigne la Webcam.

Une première ébauche sous SolidWorks nous donne le modèle suivant (retourné pour plus de visibilité):



Conçue dans l'optique d'une fabrication additive, cette est basée sur un toit plat pour coller au plateau et s'élance vers le haut en évitant tout rebord et porte-à-faux. Avec une encoche arrondie pour recevoir le mat le plus près possible du centre de gravité, cela nous permet de limiter les effort de bras de levier, ce qui s'est avéré négligeable au vu du faible poids de la pièce, une centaine de grammes. Une gorge était creusée afin de bloquer toute eau qui pourrait ruisseler.

#### 4.3. Ébauche du second design

Ce premier modèle était néanmoins trop rectiligne. Nous avons donc par la suite réalisé l'ébauche d'un modèle aux formes plus courbes sous le logiciel de modélisation 3D Blender afin d'avoir une idée globale de la forme finale.

Le design s'inspire du premier modèle SolidWorks en arrondissant les faces pour un résultat plus d'esthétique et pour que l'eau ruisselle plus aisément. L'attache au mât a été déplacée sur le côté et fait maintenant complètement partie du reste du boîtier.

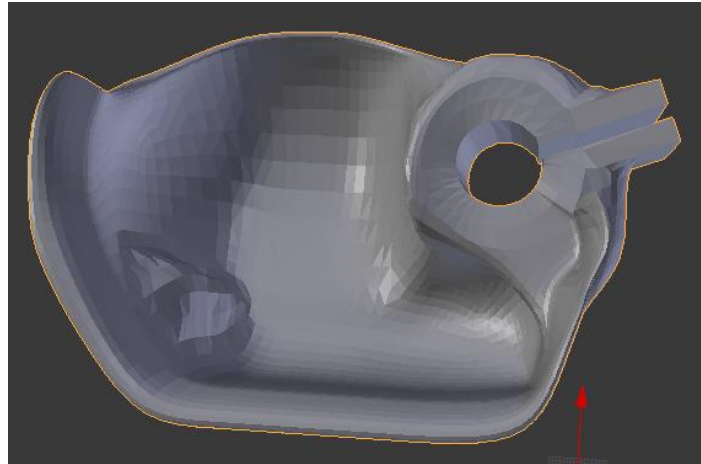


Figure 20: Modèle Blender vue de dessous

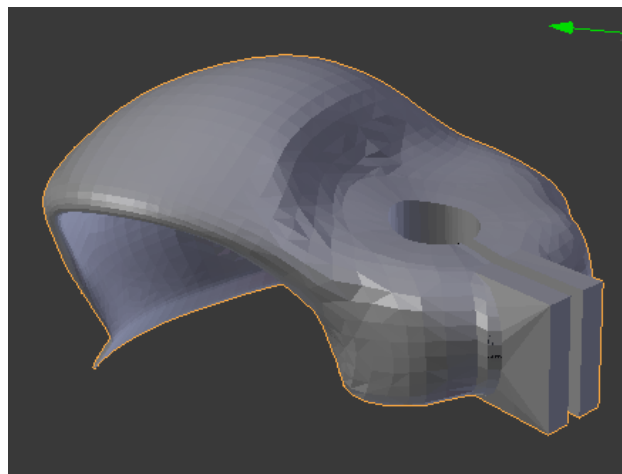


Figure 21: modèle Blender vue du dessus

#### 4.4. Création de la pièce sous Catia

Une fois la forme générale validée nous avons refait un modèle surfacique sous Catia. S'il est assez aisé de faire des courbes sous Blender, le logiciel n'est pas adapté au niveau du maillage à l'ajout de trous de vis.

C'est pourquoi nous réalisons ce dernier modèle. Nous commençons par créer des surfaces recouvrant la webcam, puis nous les découpons, les lions et les

extrudons pour former une coque englobant la caméra. On y ajoute la géométrie de l'attache. Après quelques ajustements, nous obtenons le modèle suivant :

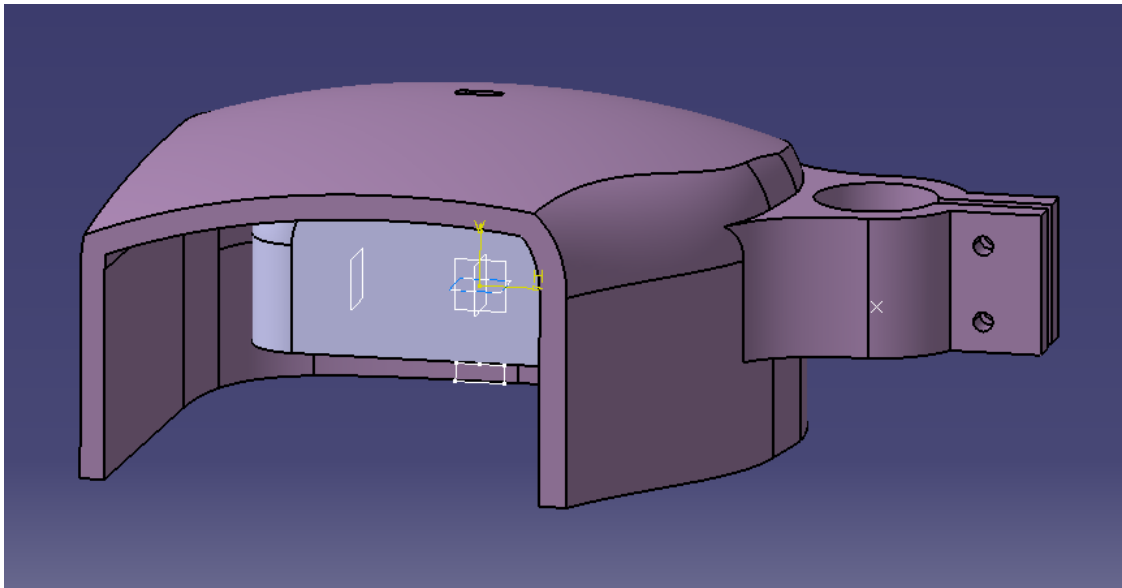
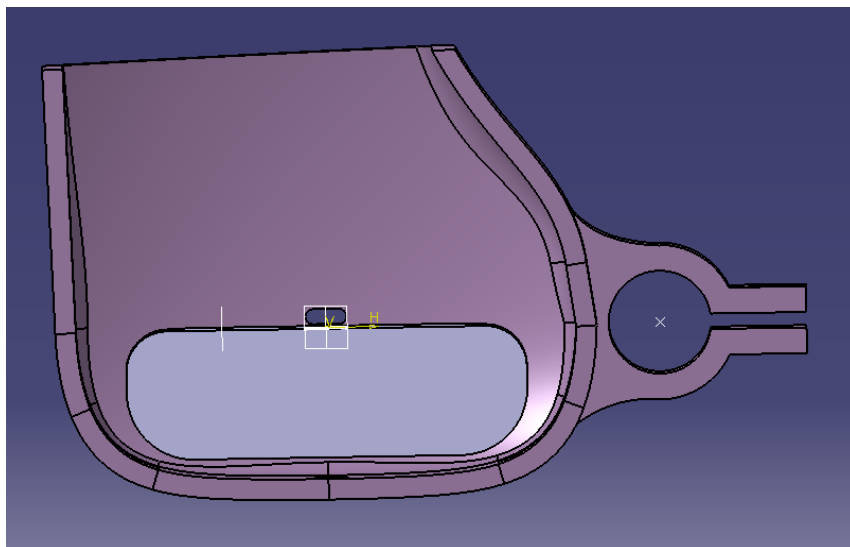


Figure 22: Boîtier Webcam surfacique vue de devant

La caméra est protégée de la pluie par la large coque épaisse de 4 mm et son ouverture lui permet de prendre des photos de la surface du lac.



Le serrage de la coque autour du mât se fait via deux vis qui viennent resserrer l'étau de la fixation autour de l'axe.

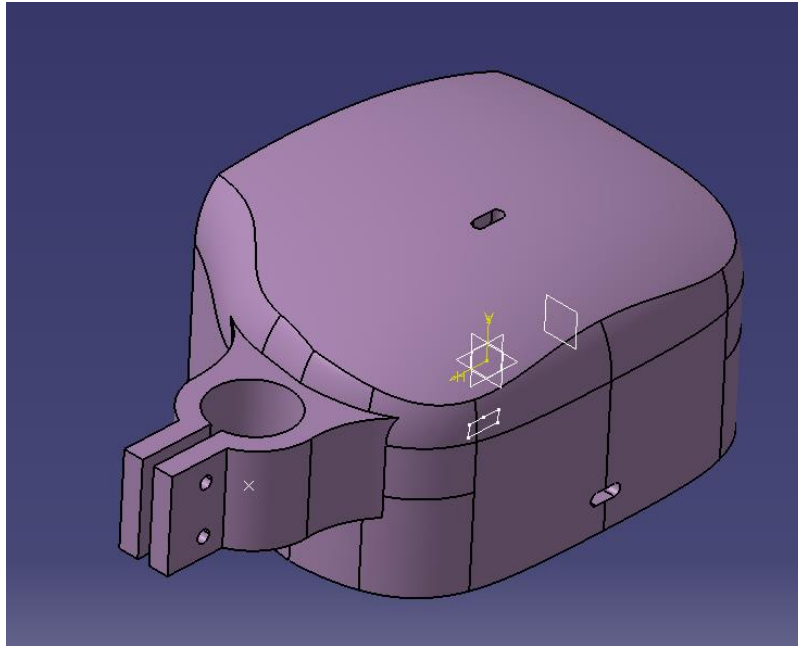


Figure 24: Boitier Webcam surfacique vue du dessus

Deux petits trous dans la coque permettent le passage d'un colson qui tiendra la caméra en place. Ces trous seront rebouchés avec du silicone pour garantir l'étanchéité de la coque. L'avantage du colson face à une fixation intégrée est que l'on peut plus facilement ajuster l'orientation de la caméra selon les besoins futurs du client.

Ce boîtier peut s'imprimer à l'envers sur la face supérieure ce qui évite les supports à l'intérieur. De plus, l'axe du mât sera vertical, évitant des déformations. Les trous des vis ont un diamètre de 3,2 mm ce qui est inférieur à 5mm. Ils ne nécessitent donc pas de support non plus. Une fois la face supérieure faite, le reste de la pièce est verticale : plus aucun autre support n'est requis. Il n'y a pas d'angle trop abrupt susceptible de générer des contraintes pendant la fabrication.

Ce modèle remplit donc bien le cahier des charges énoncé plus haut.



## 4.5. Vérification analyse

Avant de lancer l'impression, nous vérifions la résistance du système au poids de la caméra dans le logiciel Inspire.

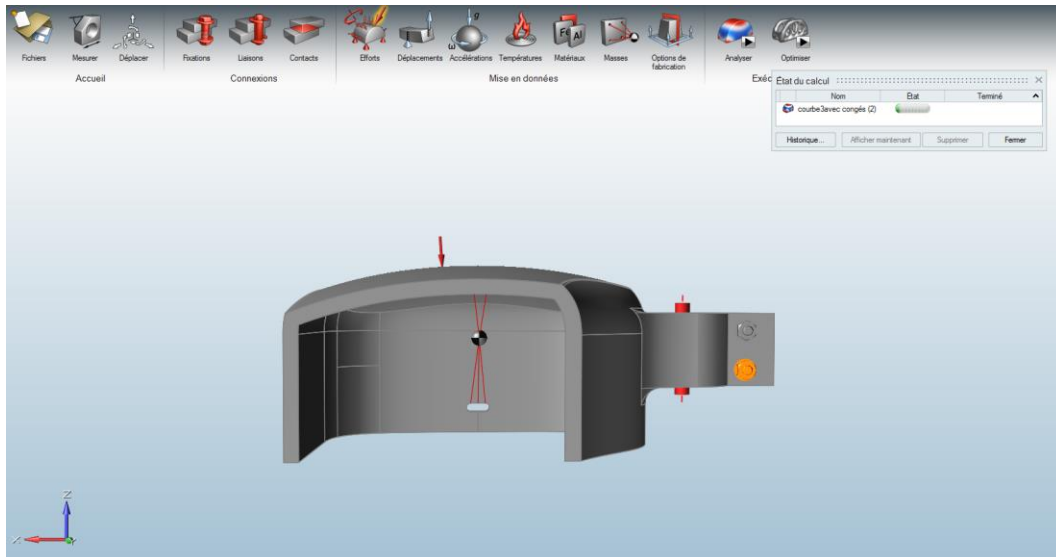


Figure 25: Paramétrage du modèle sous Inspire

On place deux vis-écrous dans la fixation au mât et on simule ce dernier par un support cylindrique. Une masse ponctuelle de 30g (avec marge de sécurité) est placée à la place de la caméra.

Après analyse, nous trouvons que le maintien de la caméra seul génère un déplacement maximal en extrémité de  $39\mu\text{m}$ . Cette valeur est parfaitement satisfaisante. Nous appliquons maintenant une force supplémentaire sur la face supérieure pour simuler le poids éventuel d'un moineau (40g). Cette charge supplémentaire n'induit qu'un déplacement maximum de  $56\mu\text{m}$ . Une distance négligeable à l'échelle du boîtier. Nous sommes à 0,5% de la limite élastique et le facteur de sécurité est en tout point largement supérieur à  $6.0.10^6$ .

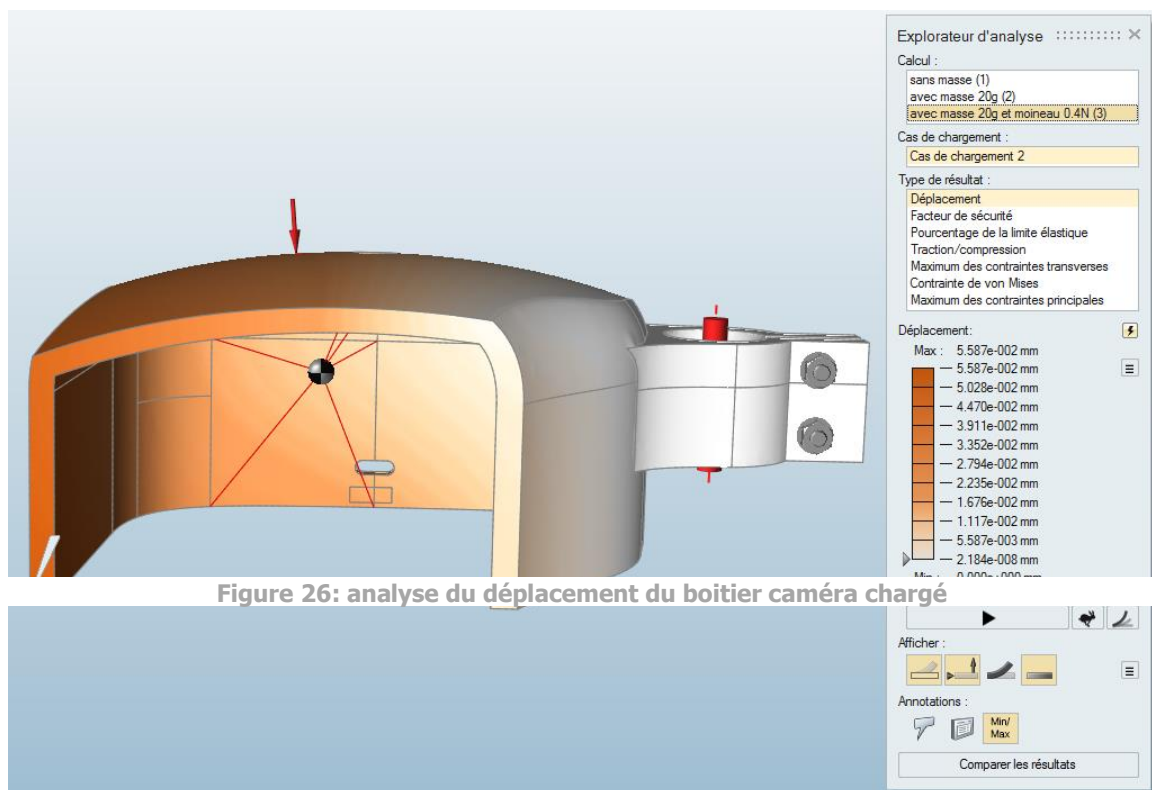


Figure 26: analyse du déplacement du boîtier caméra chargé

On remarque donc que l'on résiste très largement à la charge. Il serait donc possible de supprimer de la matière du boîtier. Nous laissons néanmoins les dimensions et l'épaisseur telles quelles car ce boîtier sera installé à l'extérieur. Il lui faudra résister aux intempéries, à l'érosion et aux éventuels chocs. De plus, nous avons constaté que les pièces imprimées peuvent se déformer sous l'action de la chaleur en été si elles ne sont pas suffisamment épaisses.

## 4.6. Impression

On imprime la pièce en PLA sur une machine ULTIMAKER<sup>2</sup>.

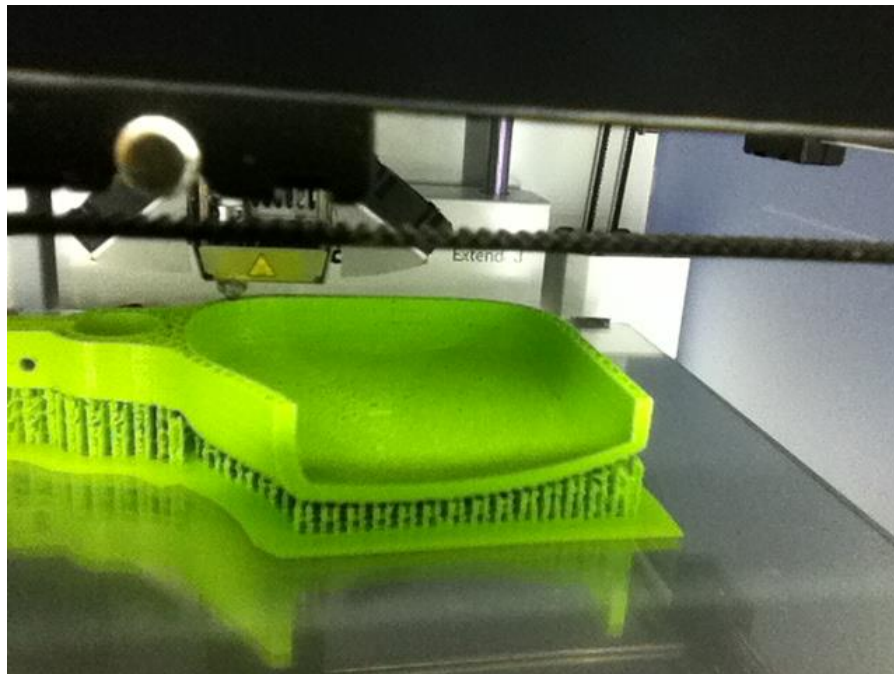


Figure 27: Impression de la pièce

L'impression se déroule globalement bien excepté plusieurs défauts. On remarque en effet plusieurs lacunes entre certaines couches et sur la face supérieure du boîtier.

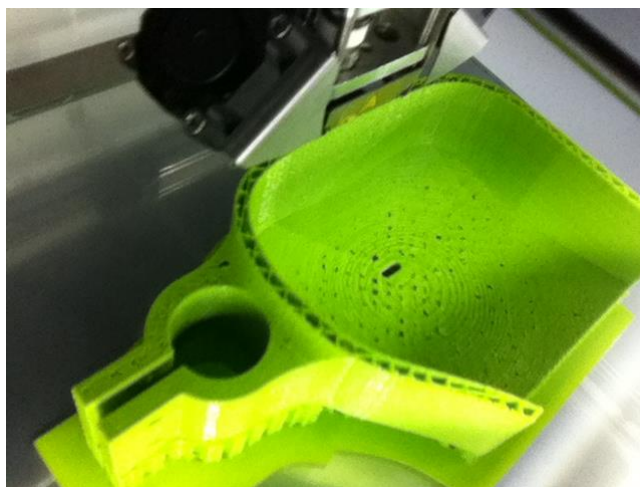


Figure 29: Défauts d'impression



Figure 28: Défauts d'impression 2

Nous pensons que cela est dû aux vibrations de la plaque chauffante. Nous avons en effet constaté que celle-ci vibrait beaucoup et que les fils étaient parfois déposés en ondulant verticalement.



Figure 30: Pièce finale brut vue de dessous

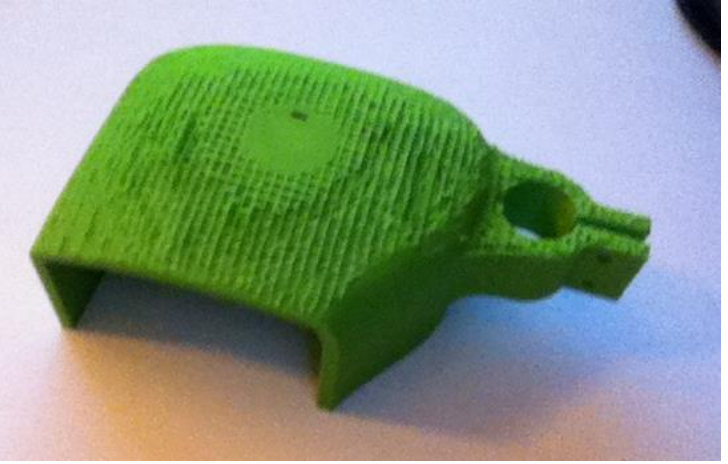
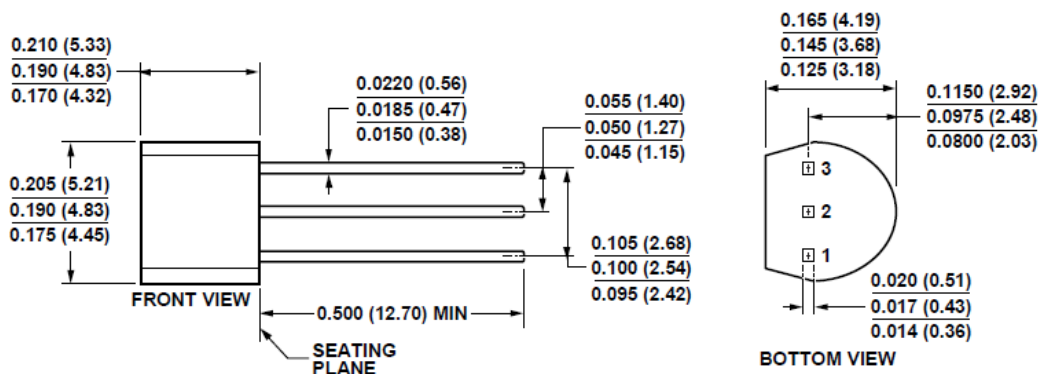


Figure 31: Pièce finale brut vue de dessus

La pièce finale obtenue reste globalement fonctionnelle. Seule l'étanchéité est en défaut. Pour y remédier, nous allons, après avoir poncé, combler les trous en surface avec du silicone ou du mastic et passer quelques couches de peinture.

## 5. Boitier de la sonde de température

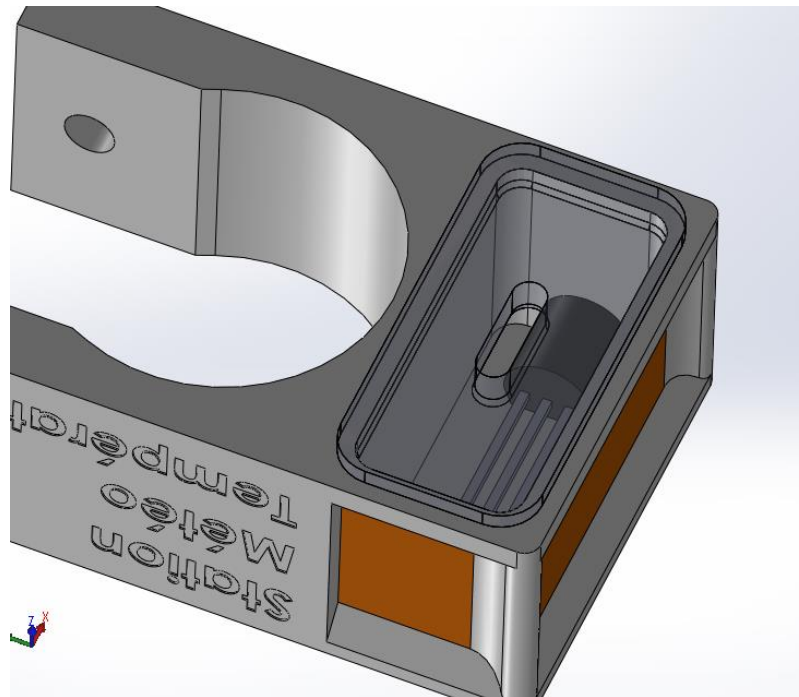
Parallèlement, aux efforts réalisés pour l'élaboration des boîtiers du contrôleur et de la webcam, nous nous sommes penchés sur un sujet plus restreint. En effet, du aux échauffements de la partie commande, il est impossible de placer le capteur de température à proximité de cette dernière. Il est donc décidé, de lui fournir un boîtier dédié, de petite dimension, il vocation à accueillir un capteur de température TMP36 d'une longueur de 20mm. Il sera fixé au mat vertical, tube de diamètre 20mm.



Il lui est nécessaire d'être protégé des conditions climatiques mais doit toujours correspondre aux températures extérieures. Le capteur en lui-même est étudié pour ne provoquer un échauffement interne minime.

Nous créons donc un boîtier possédant un anneau de fixation au mat, avec une possibilité de serrage par une vis ; et d'un autre côté, une cavité s'ouvrant vers le bas qui contiendra le capteur, et sera fermé par un capuchon serré.

Une première version trop grande vis-à-vis du capteur et l'isolant trop des températures extérieures, sera modifiée pour en venir à celle présentée ci-dessous (retournée pour plus de visibilité).



Nous remarquons le capteur collé à la surface supérieure, une ouverture dans le capuchon pour laisser les câbles passer. Mais aussi trop surfaces mise en évidence par leur couleur orange, qui sont définies pour n'avoir une épaisseur que de 0.5 mm, laissant ainsi les échanges thermiques se réaliser plus facilement, surtout que, avec une épaisseur de peau de 0.8mm lors de la préparation du fichier STL, il n'y a pas de cavité interne pouvant faire isolant.

## 6. Table des illustrations

Figure 1: Le Bassin de Champagney .....	3
Figure 2: Cahier des charges boîtier Arduino, Dragino et 3G .....	4
Figure 3: Fixation au mât du boîtier Arduino, Dragino, 3G .....	5
Figure 4: Concept du boîtier Arduino, Dragino et 3G .....	5
Figure 5: modèle Catia de l'Arduino .....	6
Figure 6: Dragino .....	6
Figure 7: Arduino .....	6
Figure 8: modèle Catia du Dragino .....	6
Figure 9: Plateforme vue 3/4 .....	7
Figure 10: Plateforme vue du dessus .....	7
Figure 11: Plateforme vue de côté .....	8
Figure 12: Couvercle vue du dessus .....	8
Figure 13: Couvercle vue interne .....	9
Figure 14: Couvercle vue interne .....	9
Figure 15: Fixation de l'Arduino et du Dragino sur la plateforme .....	9
Figure 16: Pose du couvercle .....	10
Figure 17: Boîtier Arduino, Dragino et 3G vue du dessous .....	10
Figure 18: Boîtier Arduino, Dragino et 3G vue du dessus .....	10
Figure 19: Cahier des Charges du boîtier de la Webcam .....	12
Figure 20: Modèle Blender vue de dessous .....	14
Figure 21: modèle Blender vue du dessus .....	14
Figure 22: Boîtier Webcam surfacique vue de devant .....	15
Figure 23: Boîtier Webcam surfacique vue de dessous .....	15
Figure 24: Boîtier Webcam surfacique vue du dessus .....	16
Figure 25: Impression de la pièce .....	19
Figure 26: Défauts d'impression 2 .....	19
Figure 27: Défauts d'impression .....	19
Figure 29: Pièce finale brut vue de dessous .....	20
Figure 28: Pièce finale brut vue de dessus .....	20



## 7. Conclusion

Partant de nos connaissances, issues de nombreuses années de conception traditionnelle, nous avons appris à maîtriser les nouvelles possibilités que nous offre la fabrication additive, mais également ses contraintes et ses avantages.

Si toutes les pièces que nous envisagions de réaliser en FA ne l'ont finalement pas été, seules celles où cela faisait la différence par rapport à une solution alternative le furent.

A partir de demande du cahier des charges, nous avons au fur et à mesure fait grandir notre solution vers un design plus mature et fiable en utilisant de nouveaux outils qui permettent d'en tirer le meilleur.

Si nous n'avons pas pu toucher à tous les procédés que nous avons découverts en cours, travaux dirigés et interventions extérieures, nous avons néanmoins pu pratiquer et mettre en œuvre nos savoirs théoriques en réalisation concrètes.