

Horloge sidérale et station météo de terrain pour l'astronomie V1.0



Par Olivier Garde (janvier 2022)



Southern Spectroscopic Project Observatory Team

1- Préambule

A travers ce document, l'auteur et l'association 2SPOT (www.2spot.org) met à disposition gratuitement, l'ensemble du projet de réalisation d'une horloge sidérale et station météo portable pour l'astronomie nomade. Le projet est soumis «en l'état» et peut sans doute être amélioré que ce soit pour les parties logiciels et mécaniques. L'auteur ne pourra être tenu responsable des problèmes liés à sa réalisation ou à son utilisation. Les documents ainsi mis à disposition restent la propriété de l'auteur et de l'association 2spot et ne peuvent être utilisés dans un but commercial sans l'accord écrit de l'auteur et de l'association 2spot.

2- Description du projet

Ce projet permet de disposer d'un appareil compact permettant d'avoir des informations utiles pour des observations astronomiques sur le terrain et permet d'afficher :

- le **temps UTC** via un module GPS inclus dans le boîtier
- Le **temps sidéral local**, calculé par le logiciel embarqué dans le module Arduino
- La **longitude**, **Latitude** et **Altitude** du site d'observation (en Degrés, Minutes, Secondes ou en décimale)
- La **température**, **degrés d'humidité** et **pression atmosphérique** du site d'observation.

Les données peuvent être affichées via 3 écrans différents que l'on sélectionne en appuyant sur un bouton poussoir pour passer d'un écran à l'autre.

Ecran #1 : Temps UTC
Temps sidéral local (LST)
Latitude du site en °, min, sec.
Longitude du site en °, min, sec.



11h 17m 28s UTC
19h 54m 10s LST
Lat. 45°55m 53s N
Lon. 8°54m 54s E

Ecran #2 : Temps UTC
Temps sidéral local (LST)
Latitude du site en ° décimal
Longitude du site en ° décimal



11h 17m 40s UTC
19h 54m 22s LST
Lat. 45.731571 Dec.
Lon. 8.815038 Dec.

Ecran #3 : Température en °C
Altitude en mètre
Degré d'humidité en %
QFE : pression du site en Hpa
QNH : pression au niveau de la mer en Hpa



Temp. 23.3°C.
Alt. 536m Dew 39.7%
QFE 967.8 Hpa
QNH 1030.5 Hpa

Les caractéristiques et précisions des données affichés (d'après les données du constructeur des modules GPS et du module météo BME 280) :

- +/- 1s pour le temps UTC et sidéral local
- Mesure de température de -40°C à 85°C avec une précision de +/- 1°C
- Mesure de l'humidité relative de 0% à 100% avec une précision de +/- 3%
- Mesure de pression de 300 hpa à 1100 hpa avec une précision de +/- 0,12 hpa (de -40°C à 65°C) soit environ 1m de précision.

3- Algorithme du calcul du temps sidéral local

Le logiciel récupère le temps GPS en UTC et calcul d'après la date et l'heure GPS le temps sidéral local en se basant sur l'heure sidérale au méridien de Greenwich le 1er janvier 2000.

L'équation utilisée est : $GST = G + (0,0657098244 \times J) + (1,00273791 \times H)$

Avec GST : temps sidéral au méridien de Greenwich

J = nombre de jour depuis le 1er janvier de l'année de référence

G = heure sidérale de référence pour une date donnée

H = heure UTC

Year	G	G		
	hours	h	m	s
1999	6.6147239	6	36	53.00
2000 *	6.5988098	6	35	55.72
2001	6.6486056	6	38	54.98
2002	6.6326915	6	37	57.69
2003	6.6167774	6	37	00.40
2004 *	6.6008633	6	36	03.11
2005	6.6506591	6	39	02.37
2006	6.6347450	6	38	05.08
2007	6.6188309	6	37	07.79
2008 *	6.6029168	6	36	10.50
2009	6.6527125	6	39	09.76
2010	6.6367984	6	38	12.47
2011	6.6208844	6	37	15.19

Valeur de G pour certaines dates de références.

Source : https://www.astro.umd.edu/~jph/GST_eqn.pdf

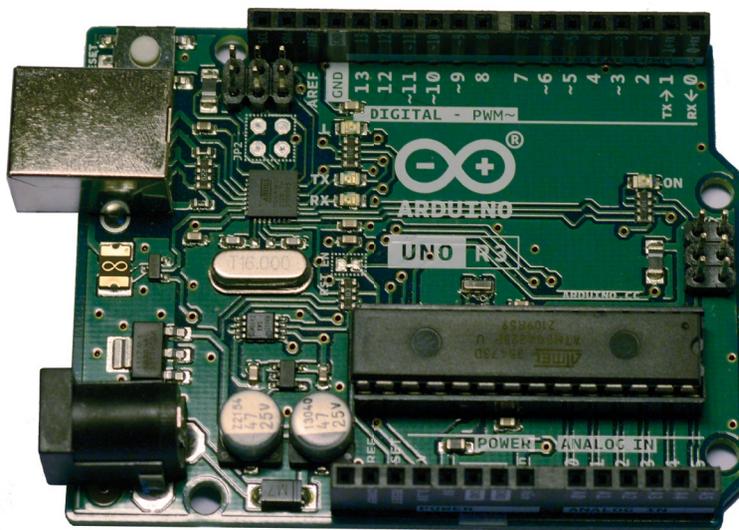
Le programme prend comme année de référence l'an 2000, donc une valeur de référence G = 6,5988098.

La durée d'un jour sidéral est de 23h 56' min 04,091 secondes (23.93446989 en décimal). Du fait du manque de précision des variables de type float avec l'Arduino, au delà de 5 chiffres après la virgule, on utilise une constante dif = 0,0665 pour ajuster le calcul de l'Arduino (cette valeur sera sans doute à modifier dans plusieurs années si l'on constate un décalage. On aurait pu prendre une date de référence plus proche comme la valeur de 2011 mais ce n'était pas une année bissextile et la programmation aurait été un peut plus compliqué.

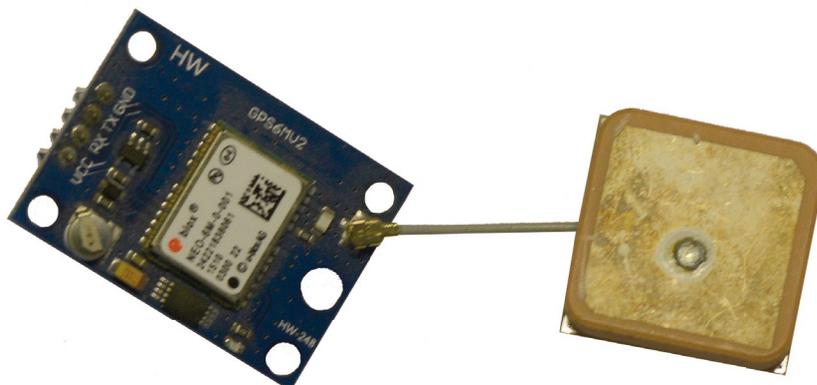
Enfin le programme tient compte de la longitude du site pour calculer le temps sidéral local.

4- Liste des composants électroniques

Voici les divers éléments qui sont utilisés dans cette horloge. Le cerveau du système est une **carte Arduino UNO (Rev. 3)**.



Un module **GPS GY-NEO6MV2 NEO-6M** avec son antenne en céramique

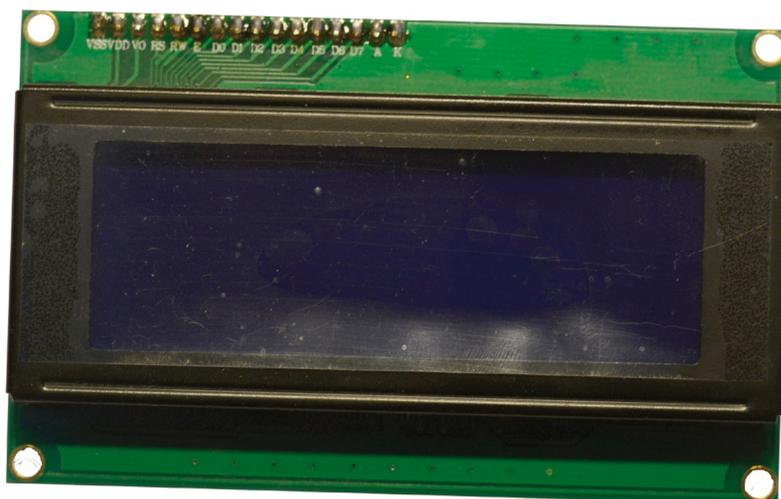


Un module «météo» **BME 280** avec le protocole SPI (et pas qu'en I2C). Adafruit vend ce type de capteur compatible avec la bibliothèque utilisée dans le programme.

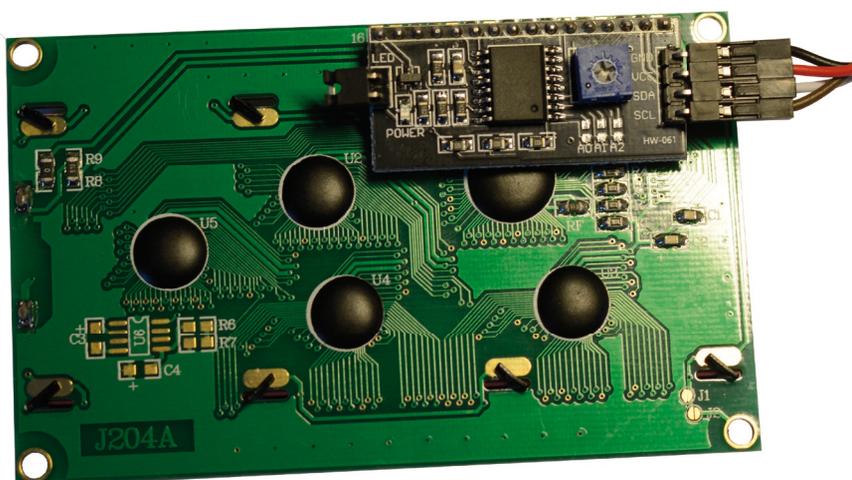


Ce capteur permet à lui seul de mesurer la température, le degré d'humidité et la pression.

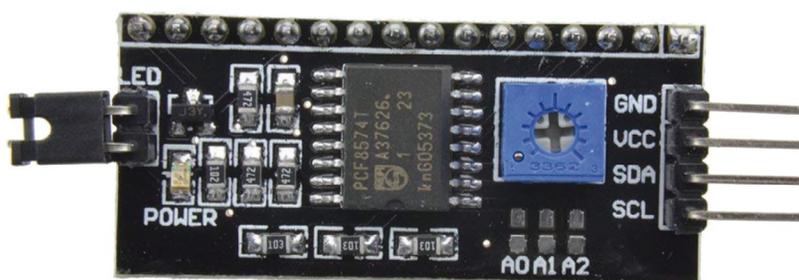
Un module d'afficheur LCD de type J204A permettant d'afficher 4 lignes de 20 caractères avec une interface I2C.



Vérifier que l'afficheur possède bien une **interface I2C** au verso de l'afficheur tel que le montre la photo ci dessous. Si c'est pas le cas, pas de panique, on peut trouver l'interface séparément que l'on aura juste à souder sur la carte de l'afficheur.



On en trouve de différentes marques. Il faut que la carte soit compatible avec des afficheurs LCD de 4 lignes de 20 caractères tel que celui ci dessous. Le chip sur la carte est un PCF8574.



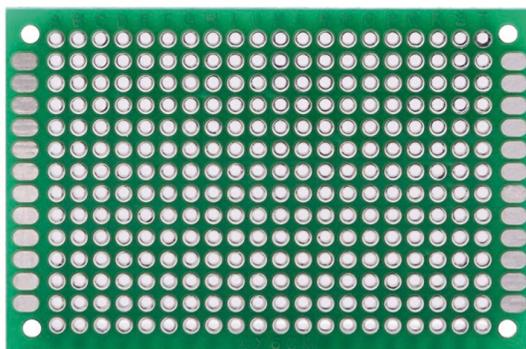
Il est nécessaire d'avoir aussi quelques composants passifs :

- Une résistance de 10K Ω
- Deux résistances de 680 Ω
- Une résistance de 910 Ω
- Un condensateur de 10 nF

3 LED de 5 mm de diamètre (rouge, verte et jaune) et aussi un bouton poussoir de ce type



Enfin il vous faudra du fil de câblage, soit pour souder directement les différents modules entre eux, soit pour les relier via des connecteurs Dupont (on trouve facilement des câbles de 10 à 20 cm pré-équipé de ce type de connecteur) et un carte de prototypage double face de 60x40mm tel que le montre la photo ci dessous afin de fixer dessus, les 3 leds, les composants passifs et le bouton poussoir.



5- Assemblage de la partie électronique

Dans un premier temps, vous pouvez assembler les divers éléments de la partie électronique pour vérifier si tout fonctionne bien avant de l'intégrer dans le boîtier.

Le module GPS (outre les bornes d'alimentation en +3,3V et GND) doit être relié aux bornes suivantes de l'Arduino :

- TX du GPS sur la broche 8
- RX du GPS sur la broche 9

Le module météo (BME 280 SPI) doit être connecté de la manière suivante (outre les bornes d'alimentation en +3,3V et GND) :

- CS du BME 280 sur la broche 10
- SDI du BME 280 sur la broche 11
- SDO du BME 280 sur la broche 12
- SCK du BME 280 sur la broche 13

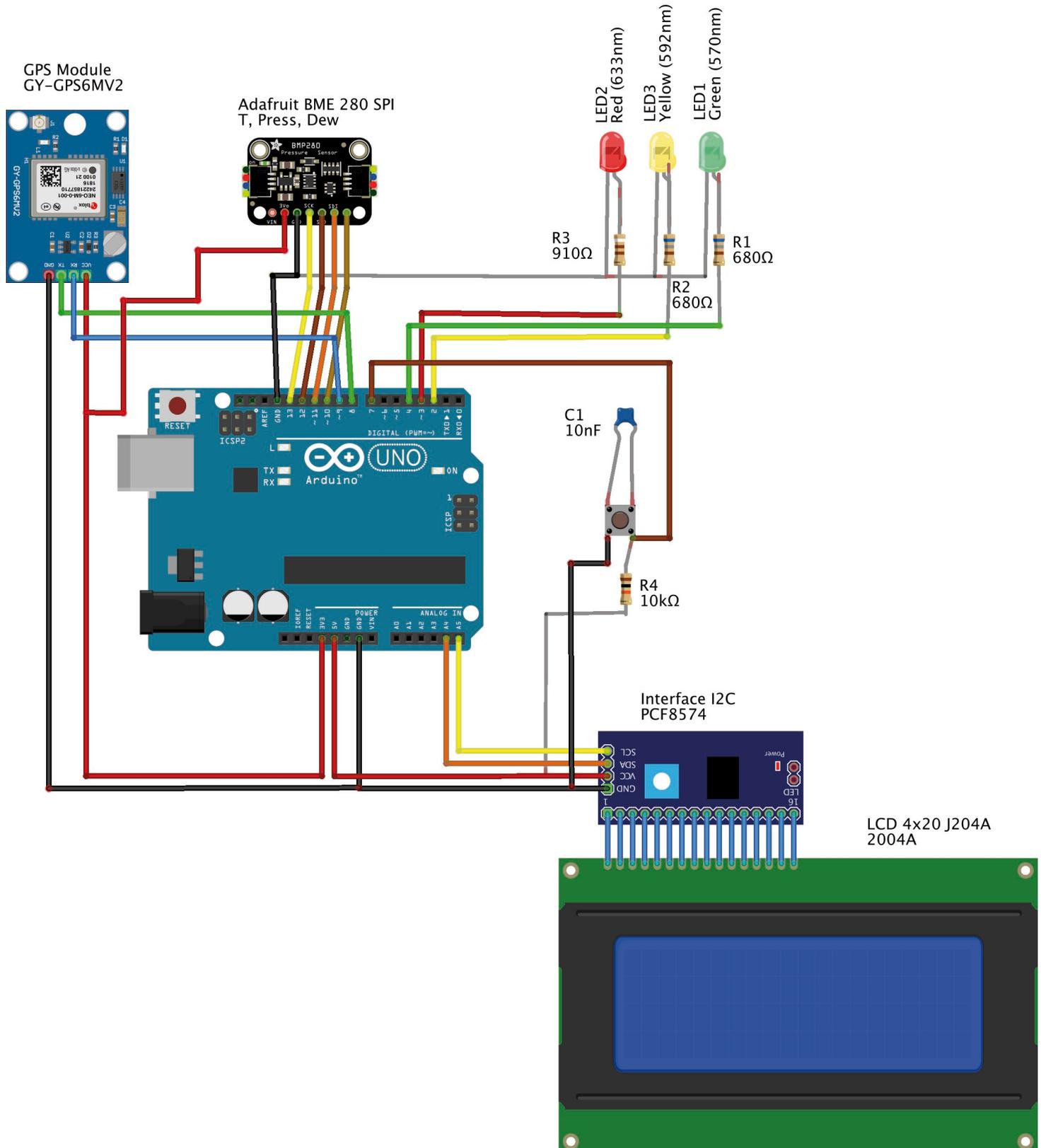
L'afficheur via son interface I2C (outre son alimentation en +5V et GND), doit être relié à l'arduino via 2 câbles :

- SDA du module I2C à la broche A4
- SCL du module I2C à la broche A5

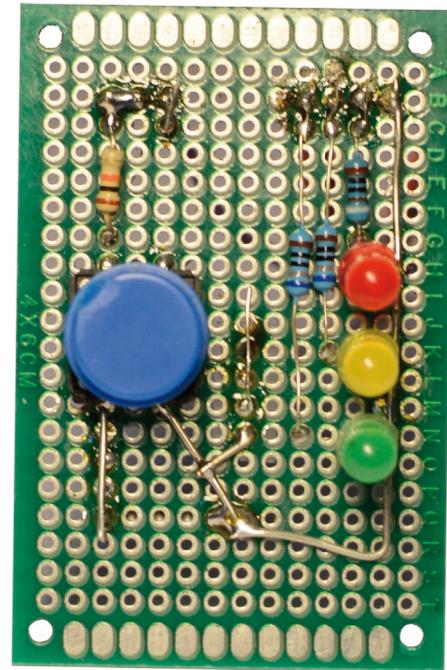
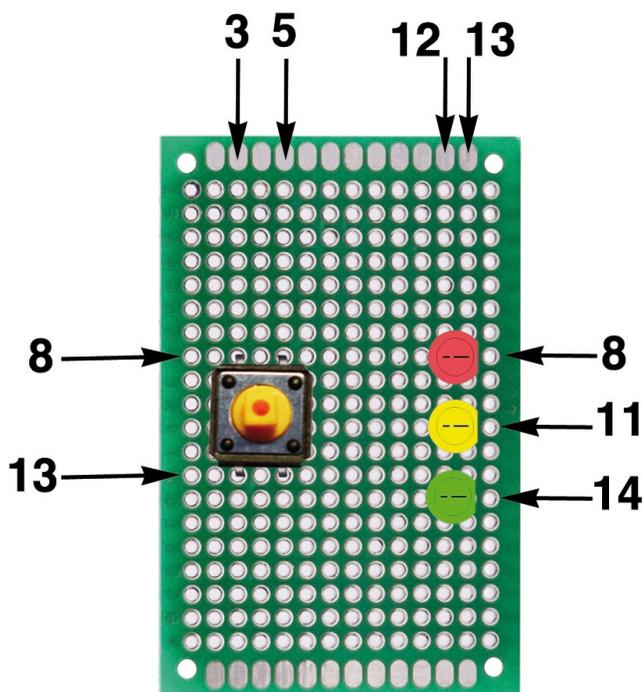
Reste les 3 LEDs et le bouton poussoir qui doivent être monté avec leurs résistances et condensateur respectif et en respectant la polarité des LEDs (coté plat du boîtier correspondant à GND) :

- Positif de la LED rouge sur la broche 3 (via une résistance de 910Ω)
- Positif de la LED verte sur la broche 4 (via une résistance de 680Ω)
- Positif de la LED jaune sur la broche 2 (via une résistance de 680Ω)
- Bouton poussoir sur la broche 7 (avec le condensateur et la résistance de $10K\Omega$)

Le montage du bouton poussoir avec le condensateur et la résistance permet de s'affranchir des «rebonds» du bouton lorsque l'on l'actionne.



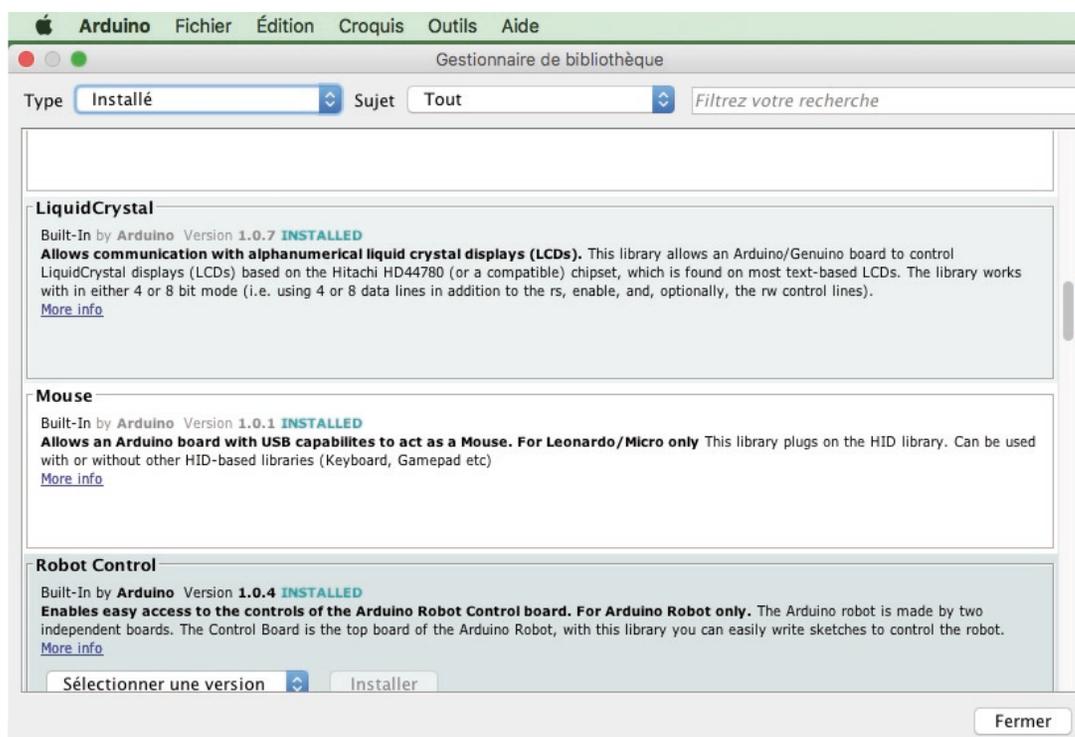
Passons à l'assemblage des LEDs et du bouton poussoir sur la carte de prototypage de 60x40mm. Vous devez souder précisément les LEDs et le bouton à la bonne place de façon à ce que la face avant du boîtier s'ajuste bien. Pour cela il faut souder les LED's et le bouton poussoir aux bonnes coordonnées des trous tel qu'indiqué sur le schéma ci dessous. Les LEDs doivent être à la même hauteur que le bouton poussoir. Puis rajouter les autres composants (3 résistances et le condensateur) en les reliant selon le schéma électronique de la page précédente.



6- Mise en place du programme

Il faudra installer sur votre Pc ou Mac, le logiciel Arduino disponible gratuitement sur le lien suivant : <https://www.arduino.cc/en/software>

Puis charger les bibliothèques qui ne sont pas présentes par défaut. pour cela il faut cliquer sur le menu «outils» puis «**gérer les bibliothèques**».



Il faudra installer les bibliothèques suivantes :

- LiquidCrystal
- Adafruit BME280 Library
- Adafruit sensor
- Tiny GPS ++

Si vous avez oublié une bibliothèque, le logiciel vous avertira qu'il manque quelque chose ou que la fonction n'existe pas lorsque vous compilerez le programme pour le télécharger dans la carte Arduino..

Maintenant que vous avez tout ce qu'il faut coté soft, vous pouvez télécharger le programme de l'horloge sidérale tel qu'indiqué sur notre site internet, le fichier : **Horloge_sidéral_Weather_V1.ino**

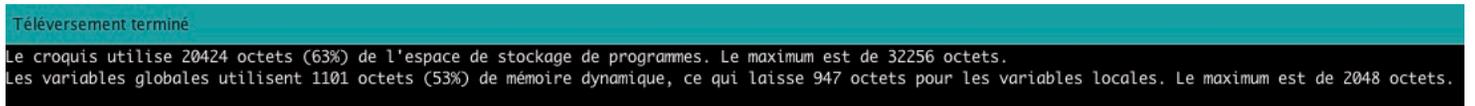
via le programme arduino par le menu «**fichier**» puis «**Ouvrir**».

Il faudra relier la carte Arduino à votre PC ou Mac via un câble USB. Bien définir le port USB via le menu «**outils**» puis «**port**» en sélectionnant le port USB. En profiter pour sélectionner le bon module Arduino dans le menu «**Outils**» puis «**Type de carte**» et enfin choisir «**Arduino UNO**».

Puis vous appuyer sur la flèche en haut à gauche de la fenêtre ou s'affiche le programme



Le programme est ainsi téléversé dans la carte Arduino et dans la fenêtre ou figure les lignes de codes du programme, un message s'affiche en bas indiquant soit des erreurs, soit que le téléchargement est effectué.



A ce stade, si vous rencontrez des erreurs, il est fort probable qu'une bibliothèque soit manquante, dans ce cas il faudra vérifier les bibliothèques installées via la fonction «**gérer les bibliothèques**».

Si tout se passe bien, alors vous devriez voir sur l'afficheur un premier message pendant quelques secondes.



Puis il faudra attendre plusieurs minutes avant que le GPS puisse trouver quelques satellites. Lorsque le GPS a trouvé plusieurs satellites, une petite LED rouge ou bleue se mettra à clignoter sur le module GPS et l'afficheur passera directement à l'affichage de l'heure UTC et sidérale. Il est conseillé de se placer à l'extérieur pour avoir plus de chance de capter des satellites GPS quoi que dans certaines configurations, le GPS peut fonctionner à l'intérieur d'une maison selon que l'on soit proche d'une fenêtre ou d'un Velux.

Vous pouvez continuer à vérifier que tout fonctionne par exemple en appuyant 2 secondes sur le bouton poussoir, puis le relâcher pour voir si vous passez à l'écran suivant (celui qui affiche la latitude et longitude en décimal), puis une 2ème fois pour passer au 3ème écran, (celui qui affiche les données météo), puis une 3ème fois pour revenir à l'écran initial.

L'écran peut ne rien afficher car la luminosité de celui ci est réglé trop faible, dans ce cas prendre un petit tournevis et ajuster le potentiomètre à l'arrière de l'écran LCD qui règle ainsi le contraste de l'afficheur.

Les LEDs rouge, verte et jaune indiquent le nombre de satellites capté par le GPS :

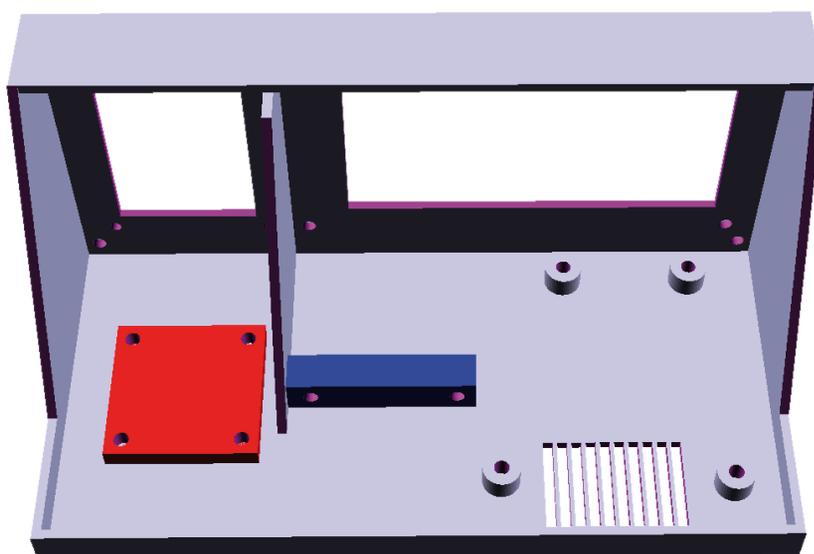
- Rouge clignotant : pas de satellites
- Rouge continu : de 1 à 3 satellites
- Jaune continu : de 4 à 7 satellites
- Vert continu : de 8 à 12 satellites

Les paramètres pour l'allumage des LEDs est bien sur modifiable dans le programme très simplement.

7- La partie mécanique

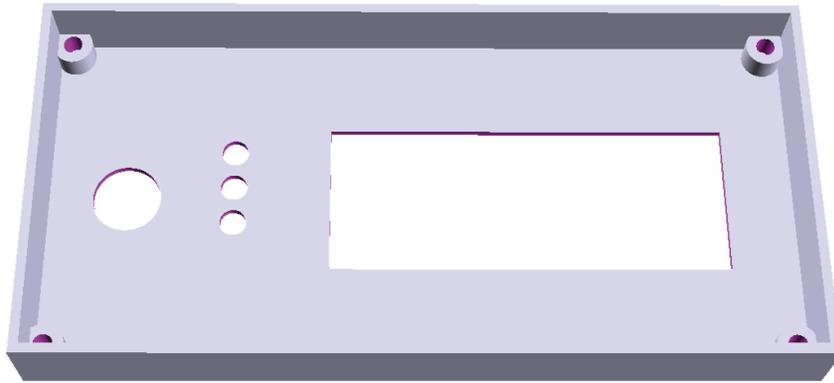
La partie mécanique est constitué d'un boîtier en impression 3D en 3 parties. Les impressions se feront avec du PLA ou PETG et une qualité d'impression de 0,1mm afin que les divers éléments s'emboîtent parfaitement. Il conviendra avec le logiciel de l'imprimante 3D (Slicer) de générer des supports sur la partie châssis pour les 2 fenêtres de l'afficheur et de la carte de prototypage afin que la partie supérieur du châssis ne soit pas «dans le vide». On pourra imprimer cette pièce en noire, mais vous pouvez bien sur utiliser d'autres couleurs.

- Le châssis : fichier : **#1Chassis_horloge_sid.stl**



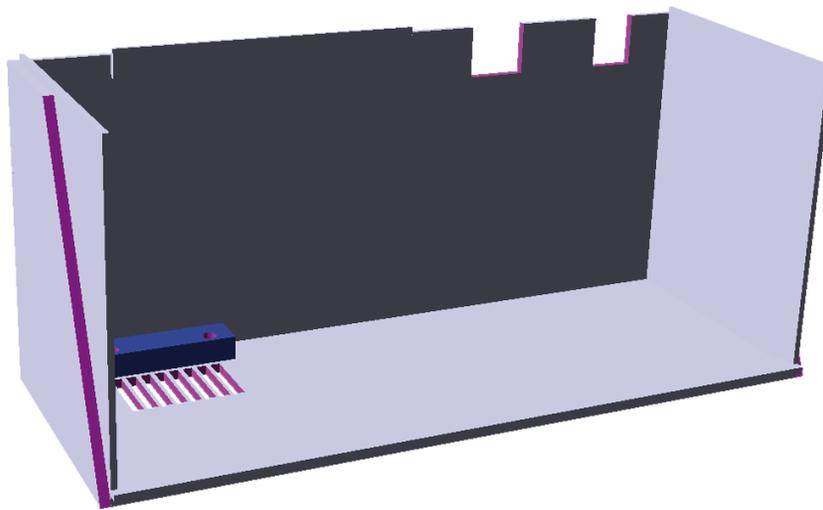
Sur ce châssis sera fixé la carte Arduino, le module GPS (partie en bleu), l'antenne GPS (partie en rouge), l'afficheur LCD et la carte de prototypage avec le bouton poussoir et les 3 LEDs.

- La partie frontale : #2Capot_avant_horloge_sid.stl



J'ai imprimé cette pièce en orange, mais la aussi chacun pourra utiliser la couleur de son choix.

- La partie arrière : #3Capot_arriere_horloge_sid.stl



Sur cette partie arrière du boîtier sera fixé le module météo à coté de la grille d'aération.

Il faudra aussi rajouter un peut de visserie dont voici la liste :

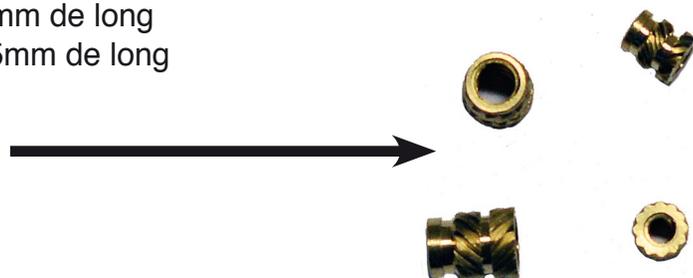
- 4 entretoises males/femelles M3 de 5mm de long
- 4 entretoises males/femelles M2 de 10mm de long
- 4 entretoises femelles/femelles M2 de 5mm de long

- 4 inserts en laiton M3, 5,7mm de long
- 12 inserts en laiton M2, 4mm de long

- 4 écrous M3

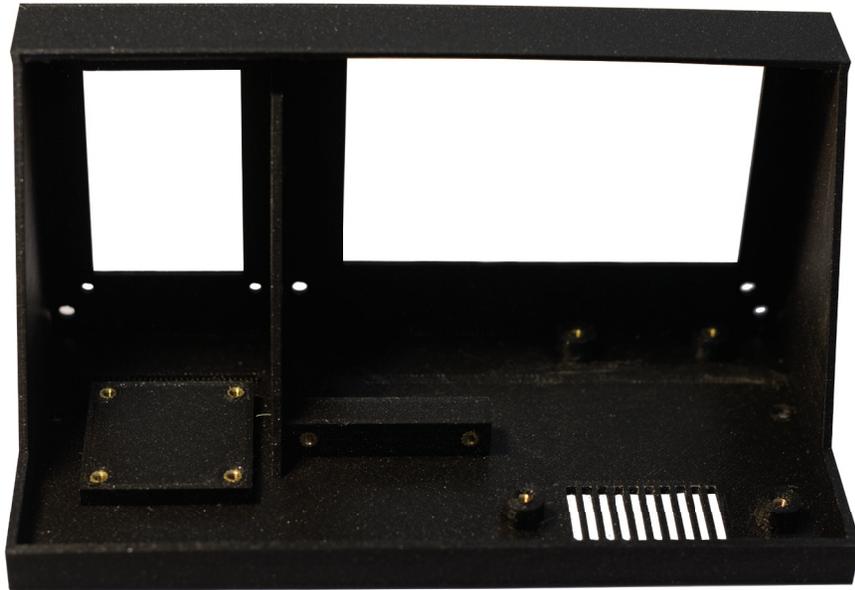
- 4 vis M3 de 12mm de long
- 4 vis M3 de 4mm de long
- 16 vis M2 de 4mm de long
- 4 vis M3 de 6mm de long

- 8 rondelles M2

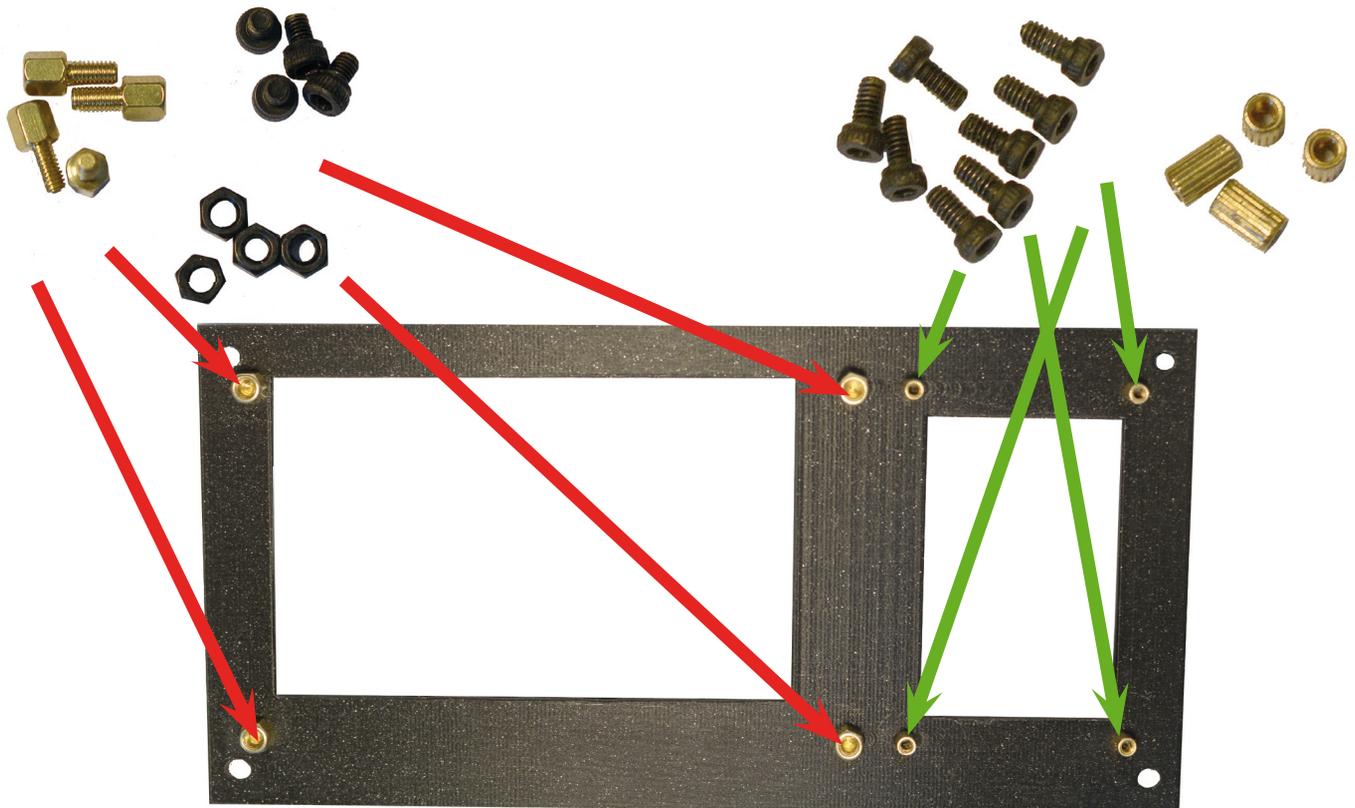


8- Assemblage partie mécanique

On commencera avec le châssis en y insérant les 10 inserts en laiton M2. Il ne faut pas trop chauffer les inserts sous peine de déformer le châssis. Les inserts une fois installées, doivent juste affleurer les divers surfaces du châssis et il faut bien les positionner verticalement. La photo ci dessous montre le châssis avec tout les inserts.

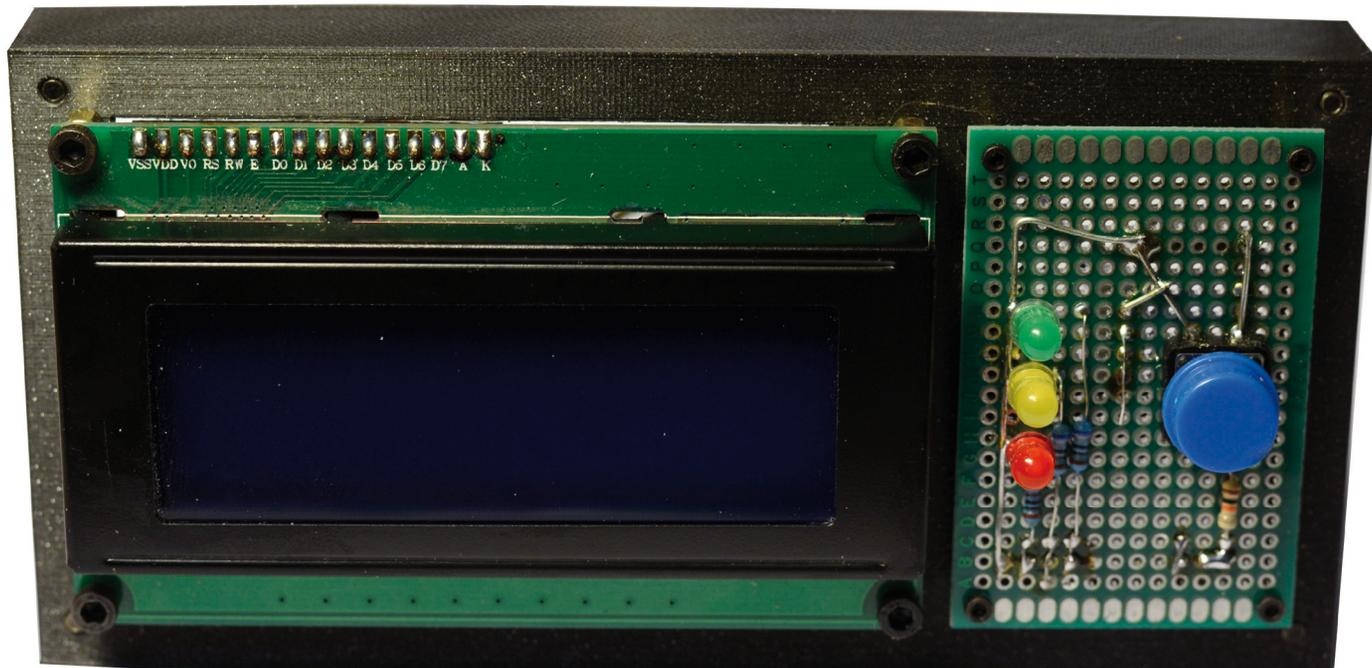


Puis on fixera les 4 entretoises M2 longueur 5mm avec des vis M2 pour la carte Led et les 4 entretoises M3 pour l'afficheur avec des écrous M3.



On peut alors fixer l'afficheur et la carte Led/Bouton poussoir sur les entretoises avec des vis M3 et M2 respectivement. Sur certains afficheurs, le connecteur fait sortir les câbles en haut à gauche et horizontalement, dans ce cas prévoir de faire pivoter le connecteur de 90 degrés à l'aide d'une pince plate.

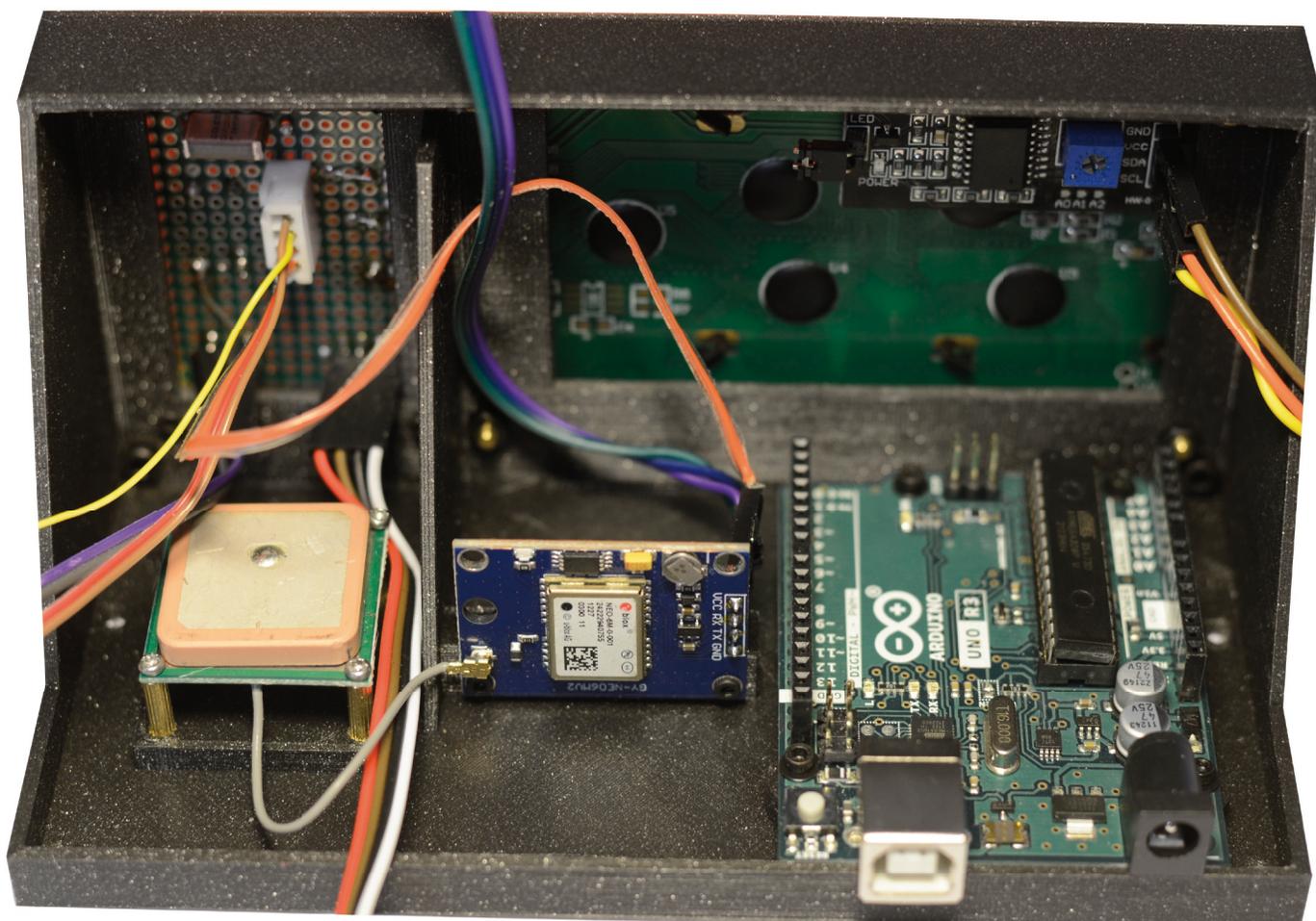
Une fois assemblé, vous devriez obtenir un résultat tel que présenté sur la photo ci dessous.



Il reste à fixer sur le châssis :

- le module GPS avec 2 vis M2 et 2 rondelles
- L'antenne GPS avec 4 entretoises et 4 vis M2
- La carte Arduino Uno avec 4 vis M2 longueur 6mm et 4 rondelles

Le châssis est maintenant terminé et doit ressembler à la photo ci dessous.

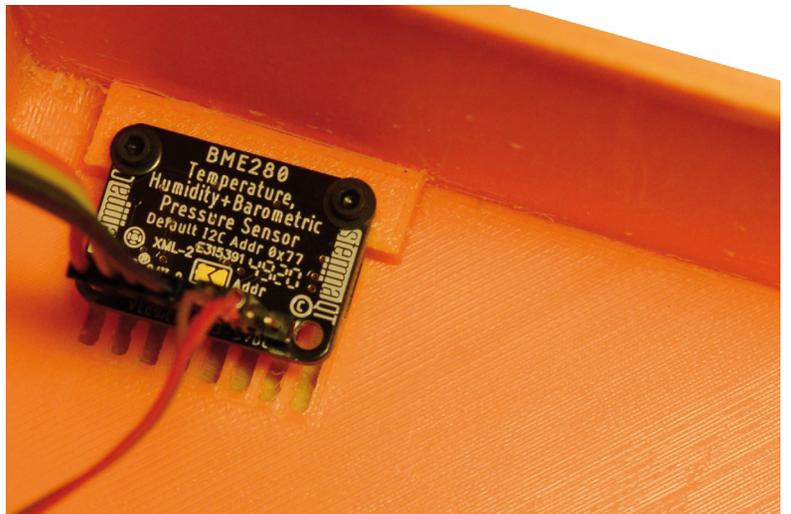
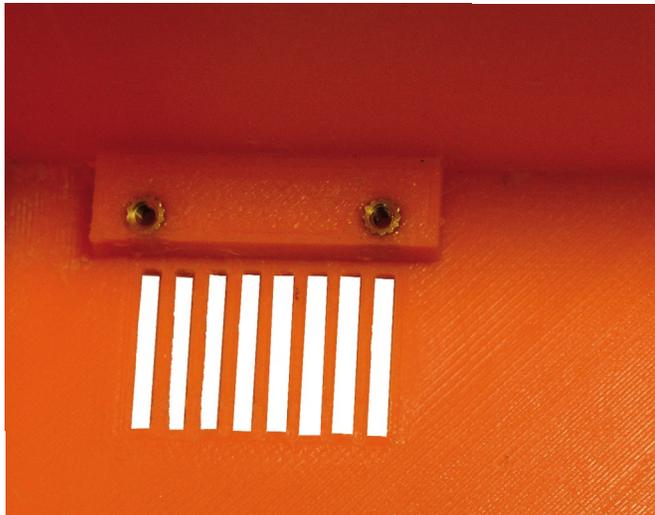


On va préparer le capot avant avec la mise en place de 4 inserts laitons M3 à chaque angle intérieur tel que le montre la photo ci dessous. Faire attention à ne pas trop enfoncer les inserts de manière à ce qu'ils effleurent tout juste la surface du capot. Puis fixer le capot avant avec 4 vis M3 de 12mm de long en faisant attention de bien positionner les LEDs et le bouton poussoir.



On termine l'assemblage par la partie arrière du boîtier.

Il faut dans un premier temps installer les 2 inserts laiton M2 tel que le montre la photo ci dessous.



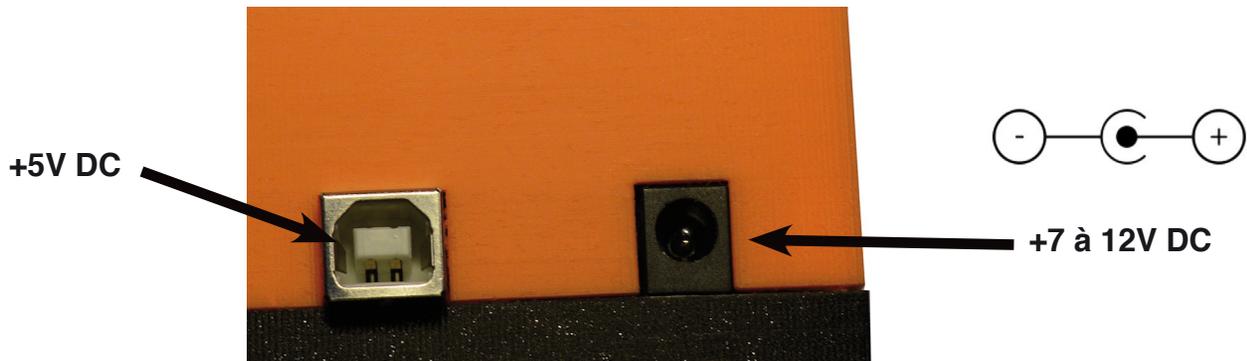
On monte le capteur météo sur son support (capteur orienté vers la grille du capot) avec 2 vis M2 et 2 rondelles. Puis on clips le capot arrière sur le châssis, il n'y a pas besoin de vis.

L'ensemble une fois terminé, doit ressembler aux photos ci dessous.



9- Utilisation

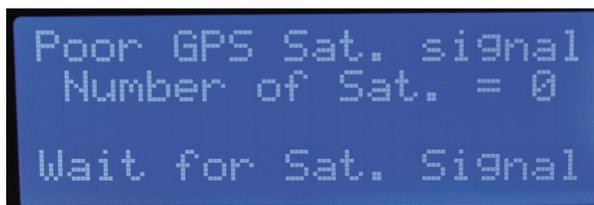
Il faudra utiliser une alimentation secteur soit en 5V via la prise USB (un adaptateur secteur d'un smartphone peut faire l'affaire), soit avec une alimentation secteur de 7 à 12V pour la 2ème prise sur support jack. (en respectant la polarité de la prise) Une alimentation par batterie est également envisageable.



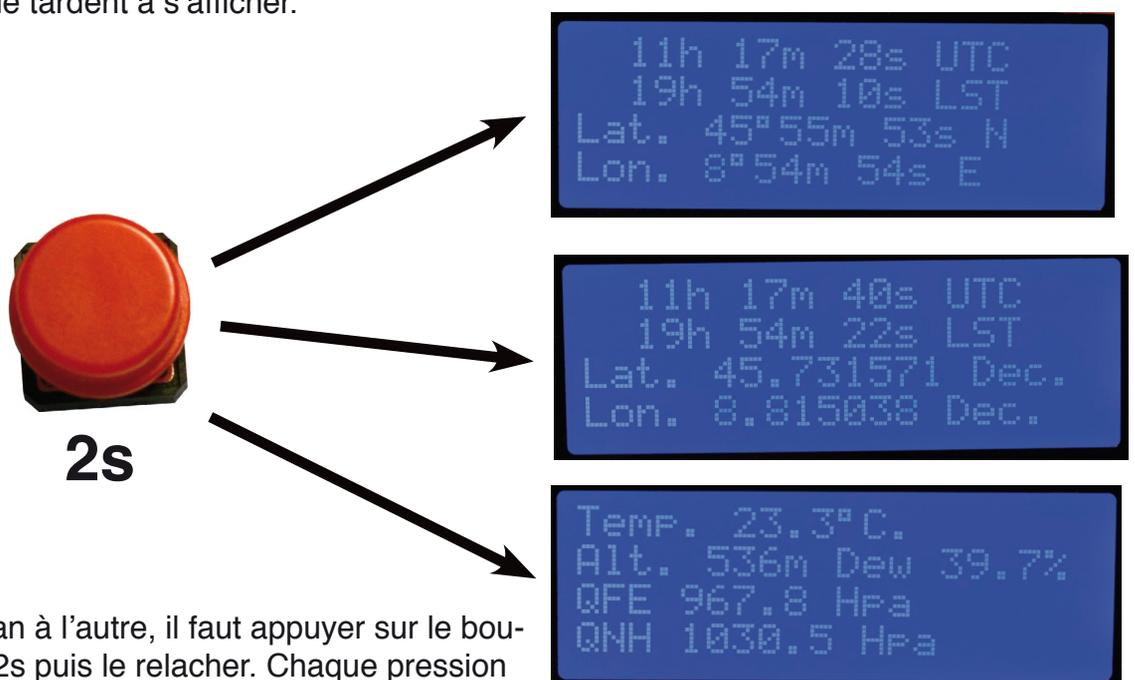
A la mise sous tension, le message suivant s'affiche pendant quelques secondes.



Puis l'horloge passe en mode recherche de satellites GPS et tant qu'il n'a pas trouvé au moins 3 satellites, il affichera en clignotant (avec la LED rouge) le message suivant :



Dés que le nombre requis de satellites est suffisant, l'écran de l'heure UTC, Sidérale ainsi que la latitude et longitude du site s'affichent. (si le nombre de satellites est trop faible, il se peut que la latitude, la longitude et l'altitude tardent à s'afficher.)



Pour passer d'un écran à l'autre, il faut appuyer sur le bouton poussoir environ 2s puis le relâcher. Chaque pression sur le bouton permet d'afficher l'écran suivant.



Southern Spectroscopic Project Observatory Team

**Soutenez les actions de l'association
en faisant un don défiscalisé**

<https://2spot.org/FR/soutien.php>

Association loi 1901 reconnue d'intérêt général à caractère scientifique
SIRET N° 877 987 974 00012
www.2spot.org

e-mail: team@2spot.org