

Horloge sidérale pour l'astronomie «Observatoire» 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

Cette horloge 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 (TSL)

Cette version est plutôt orientée pour un usage dans un observatoire et peut être déclinée avec des afficheurs de tailles différentes. La version présentée ici est réalisée avec des afficheurs 7 segments de 14mm de hauteur, pilotée par un MAX 7219. Mais des versions avec des afficheurs plus grands sont envisageables, mais contrairement à cette version où l'on trouve des modules «pré-cablés» pour la partie afficheur, il sera nécessaire pour des versions plus grandes, de réaliser un circuit imprimé dédié et comportant un MAX 7219. Il faudra aussi une alimentation plus puissante car celle incluse dans l'Arduino, ne pourra délivrer suffisamment de puissance pour de gros afficheurs.

La version qui est présentée ici fait 169 x 84 x 39 mm.

Selon l'endroit où sera utilisée cette horloge, il pourra être nécessaire d'utiliser une antenne GPS extérieure en remplacement de celle incluse dans le module GPS. Les essais que j'ai pu faire en intérieur montrent que si l'on est proche d'une fenêtre ou Vélux, on arrive à capter suffisamment de satellites pour avoir une position précise de la latitude, longitude et temps UTC.



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

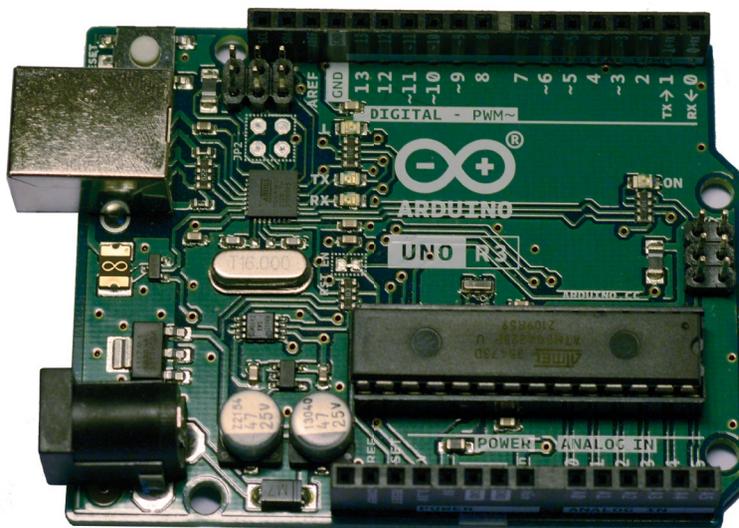
Le programme prend comme année de référence l'an 2000, donc une valeur de référence G = 6,5988098.

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.

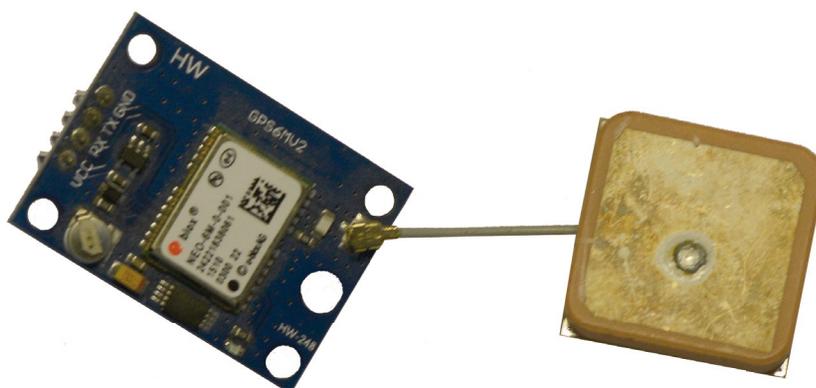
Enfin le programme tient compte de la longitude du site pour calculer le temps sidéral local.

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



Si vous pensez utiliser l'horloge dans une pièce qui ne pourra capter les signaux GPS, il sera sans doute nécessaire d'acheter le module ci dessous qui a une antenne déportée avec un câble.



2 modules d'afficheur 7 segments par bloc de 8 avec une interface MAX 7219.

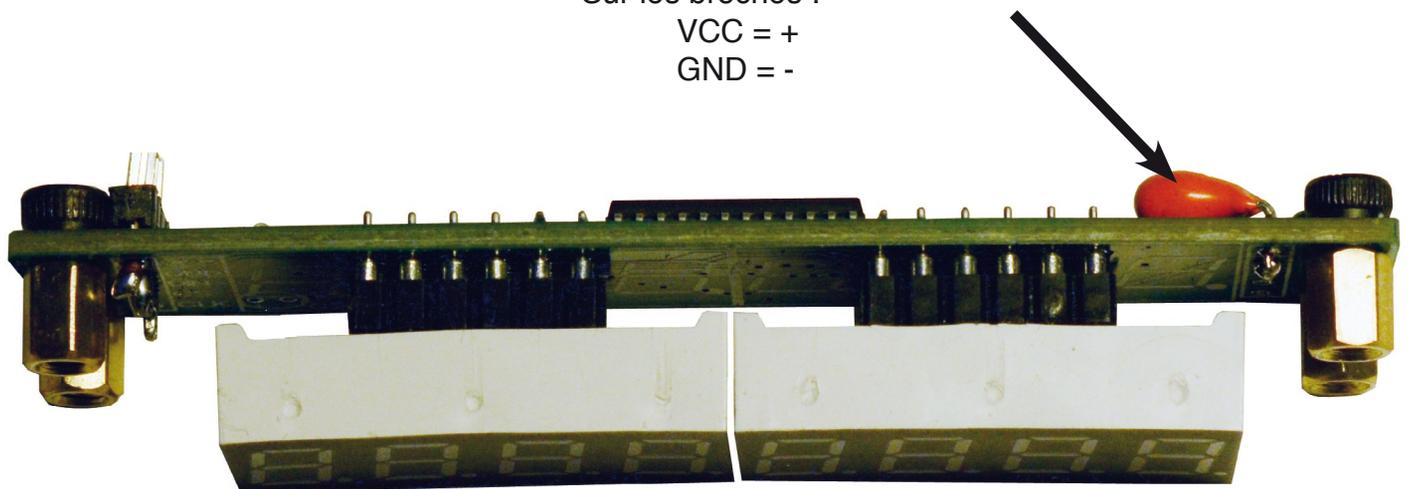


On en trouve chez divers fabricants qui sont souvent livrés avec des entretoises de 5mm et la visserie nécessaire à sa fixation. Vérifier sur la carte la présence des entrées suivantes :

- VCC
- GND
- DIN/DOUT
- CS
- CLK

Ce genre de module est assez sensible au parasites en tout genre, aussi pour les limiter, il faudra souder un **condensateur de 6,8 µF** sur l'afficheur du temps sidéral directement sur les broches ou sur le circuit imprimé tel que le montre la photo ci dessous, en respectant la polarité du condensateur (VCC sur +, GND sur -).

Condensateur de 6,8 µF
Sur les broches :
VCC = +
GND = -



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).

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 de l'Arduino
- RX du GPS sur la broche 9 de l'Arduino

Le premier afficheur (UTC) est à relier à la carte Arduino de la manière suivante :

- VCC sur la broche +5V de l'Arduino
- GND sur la broche GND de l'Arduino
- D IN sur la broche 12 de l'Arduino
- CS sur la broche 10 de l'Arduino
- CLK sur la broche 11 de l'Arduino

Le deuxième afficheur se relie au premier de la manière suivante

- CLK 1er afficheur sur CLK 2ème afficheur
- D Out 1er afficheur sur D IN 2ème afficheur
- Load 1er afficheur sur CS 2ème afficheur
- GND 1er afficheur sur GND 2ème afficheur

Pour l'alimentation du 2ème afficheur, prendre le +5V soit directement sur la carte Arduino, soit sur l'entrée du 1er afficheur en contrôlant que le +5V soit bien présent car sur l'afficheur que j'ai utilisé, il n'y avait pas de +5V de présent.

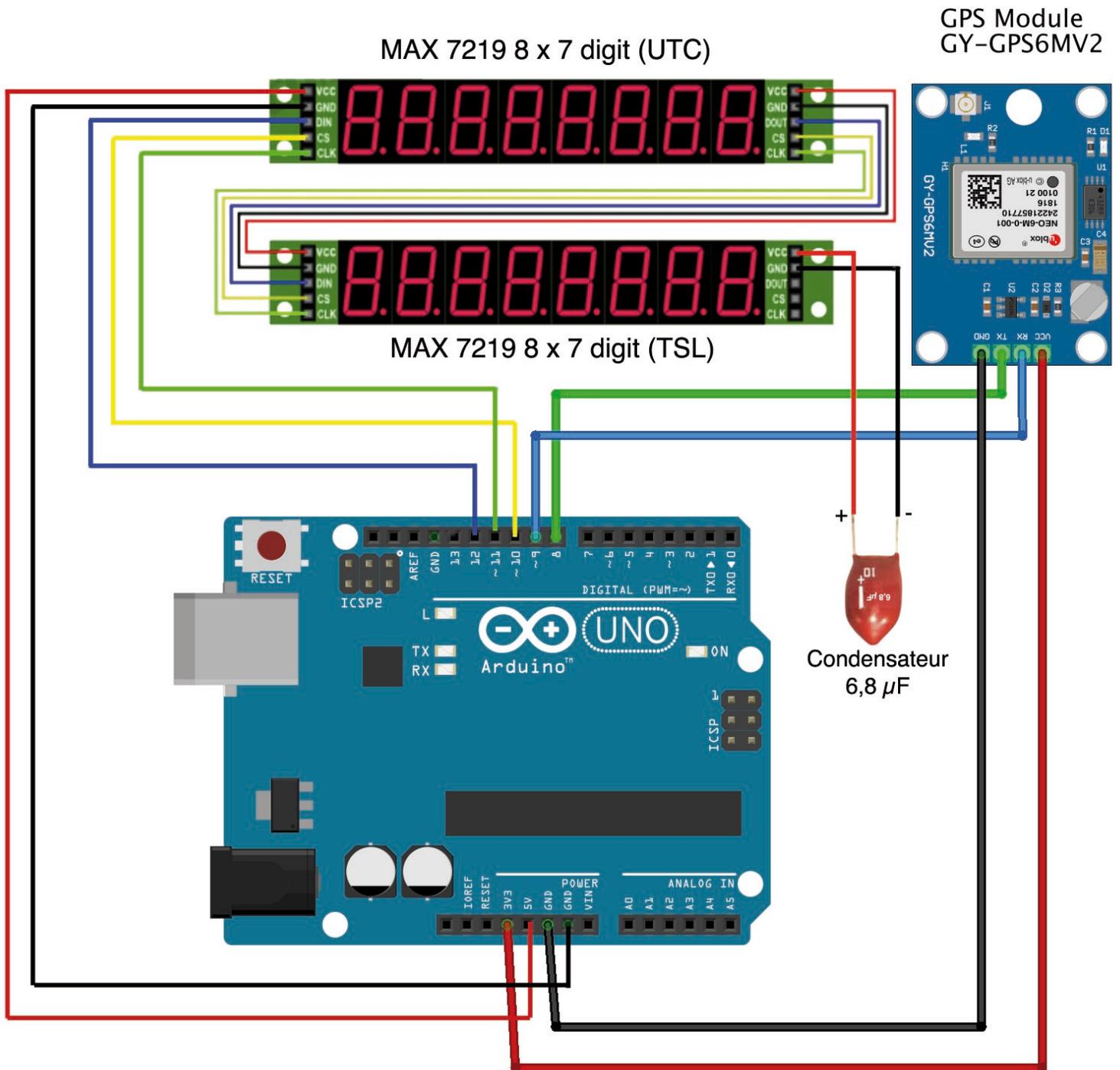
Bien repérer les 2 afficheurs :

- le premier est celui qui va afficher le temps UTC et est connecté directement sur la carte Arduino.

- le Deuxième est celui qui va afficher le temps sidéral local (TSL) et il est connecté à la suite du premier afficheur et non pas directement sur la carte Arduino.

Il n'est pas nécessaire d'avoir de grande longueur de câble entre les 2 afficheurs qui seront juste coté à cote dans le boîtier. Il existe des nappes de câble en connecteur Dupont de 10 cm de long qui feront très bien l'affaire. Une autre solution est de souder directement les câbles sur les 2 cartes des afficheurs.

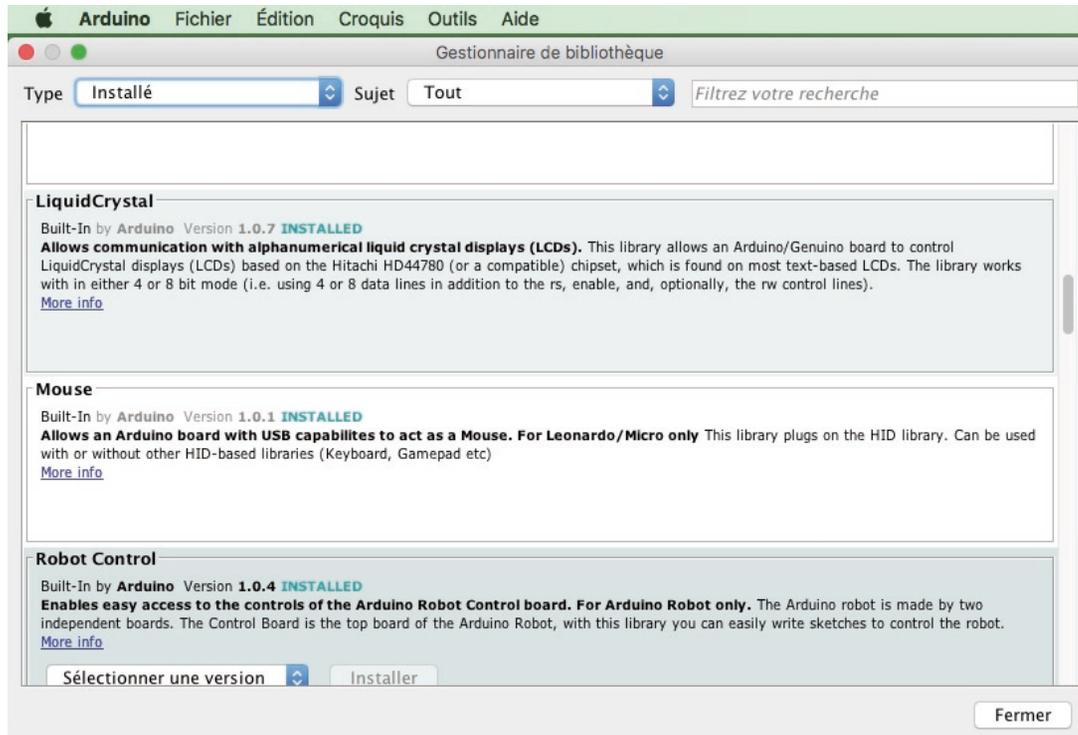
Le condensateur de $6,8\mu\text{F}$ est soudé directement sur la carte du 2ème afficheur (TSL) sur les bornes VCC et GND. Attention à bien respecter la polarité du condensateur (+ sur VCC, - sur GND).



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 :

- LedControl
- Tiny GPS ++

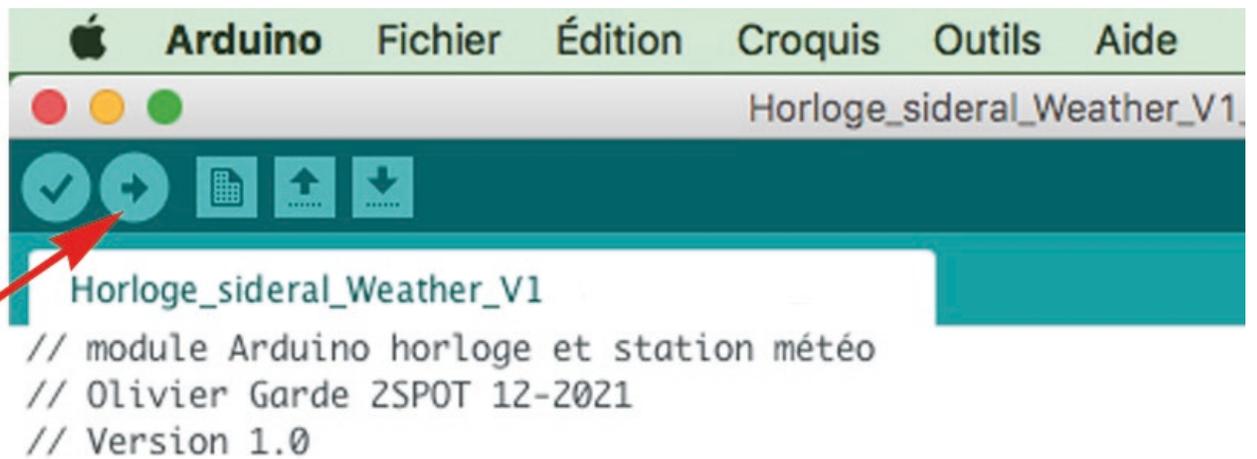
Si vous avez oublié une bibliothèque, le logiciel vous avertira qu'il manque quelque chose ou que la fonction n'existe pas lorsque vous compilerez le programme pour le télécharger dans la carte Arduino..

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_sideral_7Digit_V1.ino**

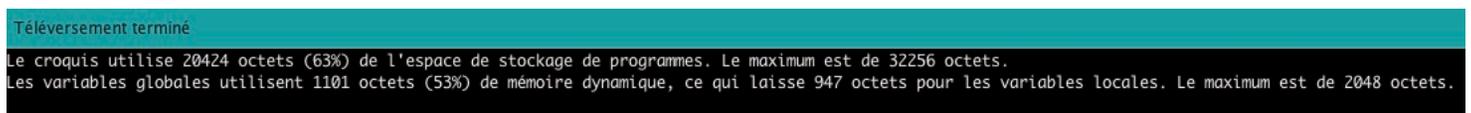
via le programme arduino par le menu «**fichier**» puis «**Ouvrir**».

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 où 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 les deux afficheurs «0 SAT» qui clignotent tant que le module GPS n'a pas pu trouver de satellites.



Lorsque le nombre de satellites est suffisant pour afficher l'heure UTC, l'afficheur bascule ensuite automatiquement sur cet affichage. Cela peut prendre plusieurs minutes voir pas du tout si le module n'arrive pas à capter des satellites. Dans ce cas il est préférable d'utiliser une antenne extérieur tel que décrit au début de cette documentation.

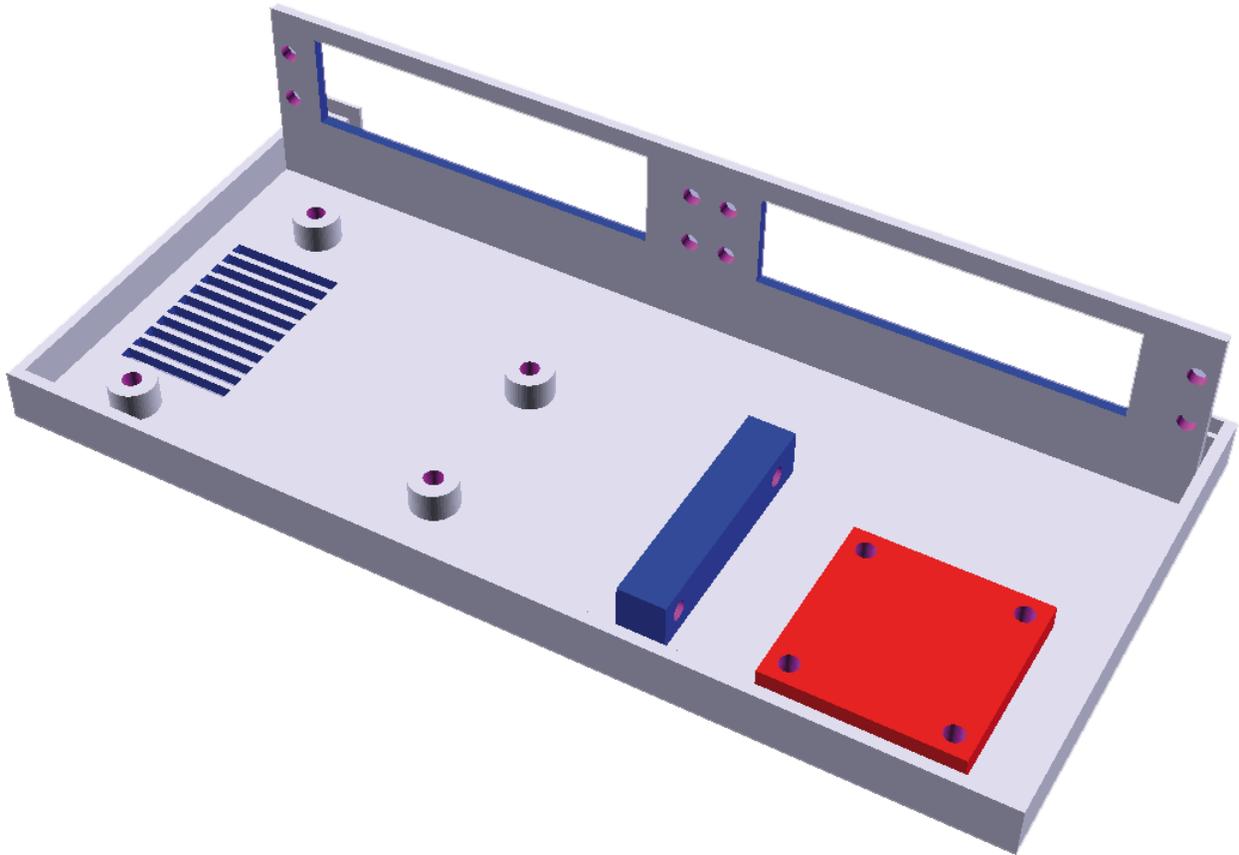


Pour avoir la bonne valeur du temps sidérale locale, il faut à minima que le GPS capte 3 satellites de façon à avoir les coordonnées en longitude et latitude précises.

7- La partie mécanique

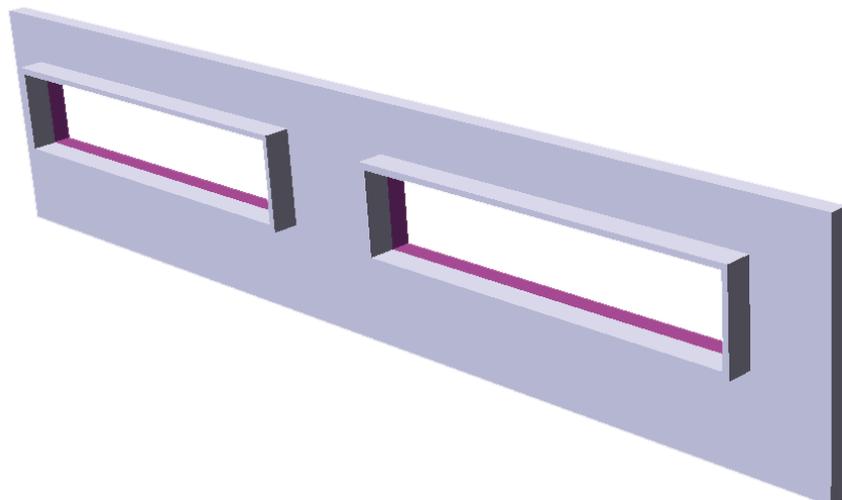
La partie mécanique est constituée d'un boîtier en impression 3D en 3 parties. Les impressions se feront avec du PLA ou PETG et une qualité d'impression de 0,1mm afin que les divers éléments s'emboîtent parfaitement. Il conviendra avec le logiciel de l'imprimante 3D (Slicer) de générer des supports sur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

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



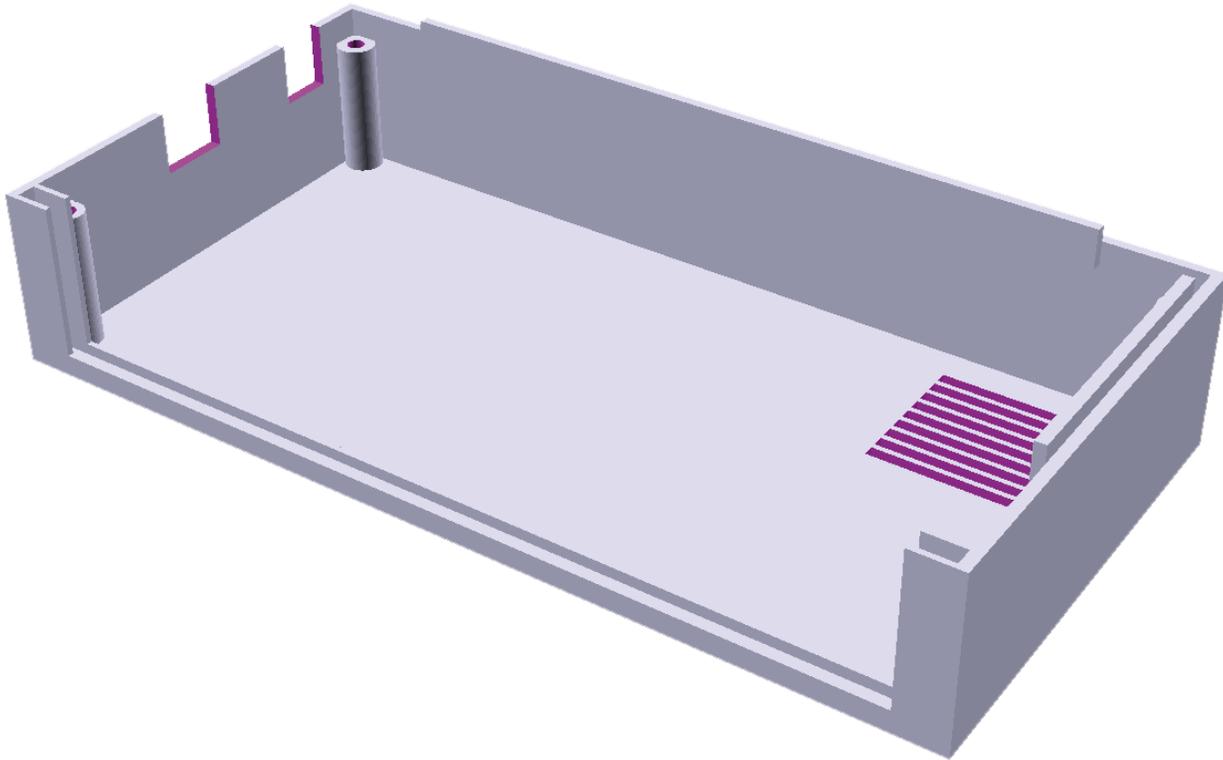
Sur ce châssis sera fixé la carte Arduino, le module GPS (partie en bleu), l'antenne GPS (partie en rouge), l'afficheur LCD et la carte de prototypage avec le bouton poussoir et les 3 LEDs.

- La partie frontale : **#2Face_Avant_Obs.stl**



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

- Le capot supérieur : **#3CapotSupObs.stl**



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

- 4 entretoises femelles/femelles M2 de 10mm de long pour fixer l'antenne GPS interne
- 8 entretoises femelles/femelles M3 de 5mm de long (en principe livrées avec les 2 afficheurs)
- 22 vis M2 de 4mm de long (dont 8 en principe livrées avec les afficheurs)
- 4 vis M2 de 6mm de long (pour fixer l'antenne GPS sur son support)
- 4 vis M2 de 16mm de long

- 10 rondelles M2

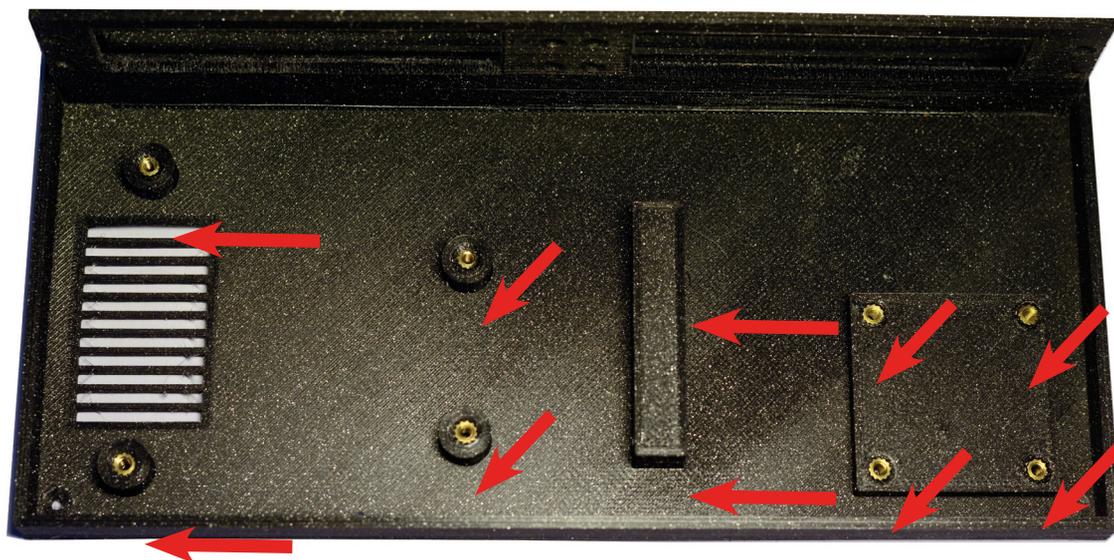
- 12 inserts en laiton M2, 4mm de long



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.

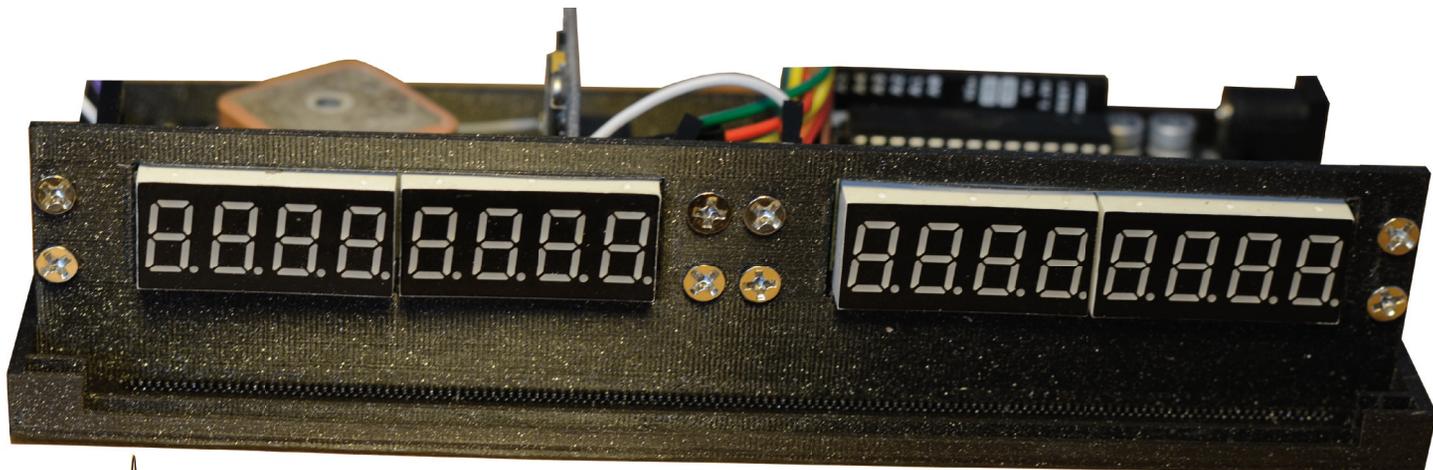
- 4 inserts pour la fixation de la carte Arduino
- 4 inserts pour la fixation de l'antenne GPS
- 2 inserts pour la fixation de la carte GPS verticalement sur le support prévu à cet effet au milieu du châssis..



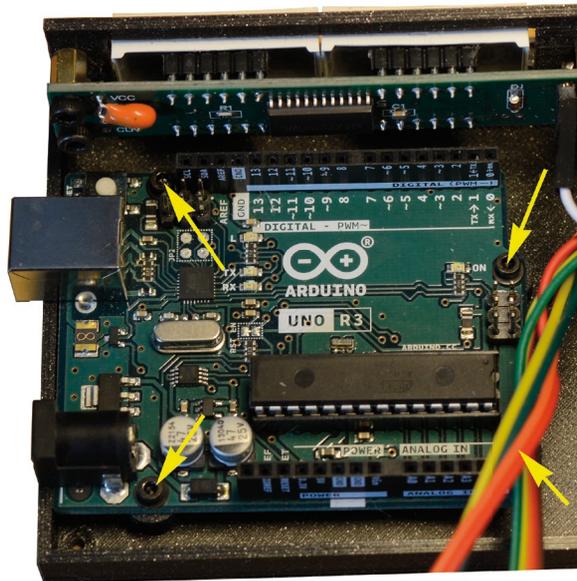
On peut fixer les 4 entretoises sur chacun des 2 modules afficheur tel que le montre la photo ci dessous



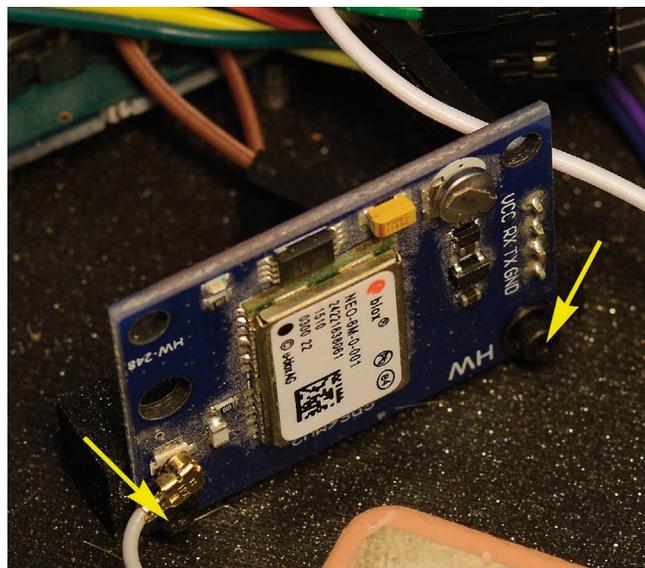
Puis monter les 2 afficheurs sur le châssis. Bien repérer le montage de l'afficheur comportant le condensateur qui doit être positionné à droite du boîtier lorsque que l'on regarde de face (affichage du temps sidéral local).



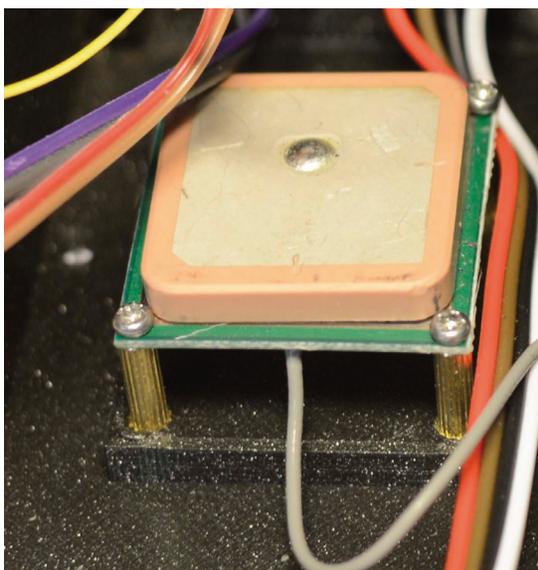
La carte Arduino est montée avec 4 vis M2 et 4 rondelles tel que le montre la photo ci dessous.



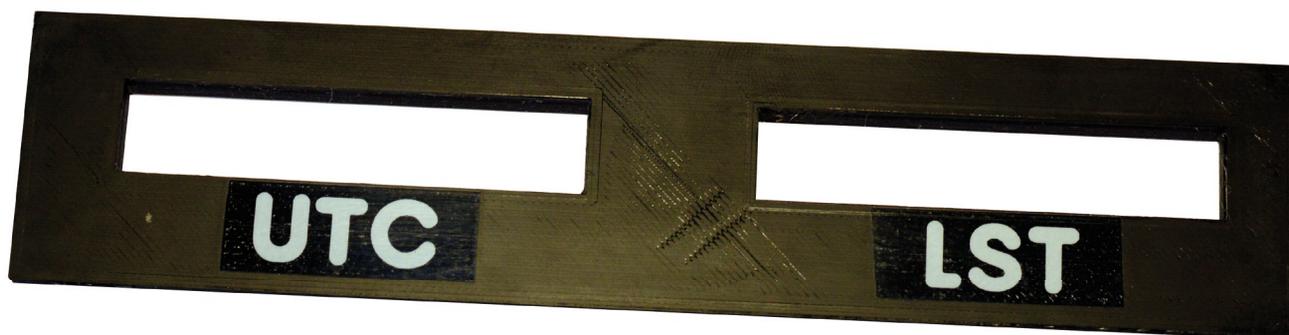
On fixe ensuite la carte GPS verticalement comme sur la photo ci dessous



Puis on fixe l'antenne GPS sur le support carré du châssis avec 4 entretoises de 10mm et 4 vis M2



Sur la face avant, on peut imprimer avec une étiqueteuse de style «Brother» ou «Dymo» et un ruban de 12mm de haut, les indications «UTC» et «LST». J'ai ici utilisé un ruban blanc sur fond transparent.



La face avant se glisse sur l'avant du châssis dans la rainure prévue à cet effet.

On va préparer le capot supérieur avec la mise en place de 4 inserts laitons M2 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 et vérifier qu'ils soit bien perpendiculaire.

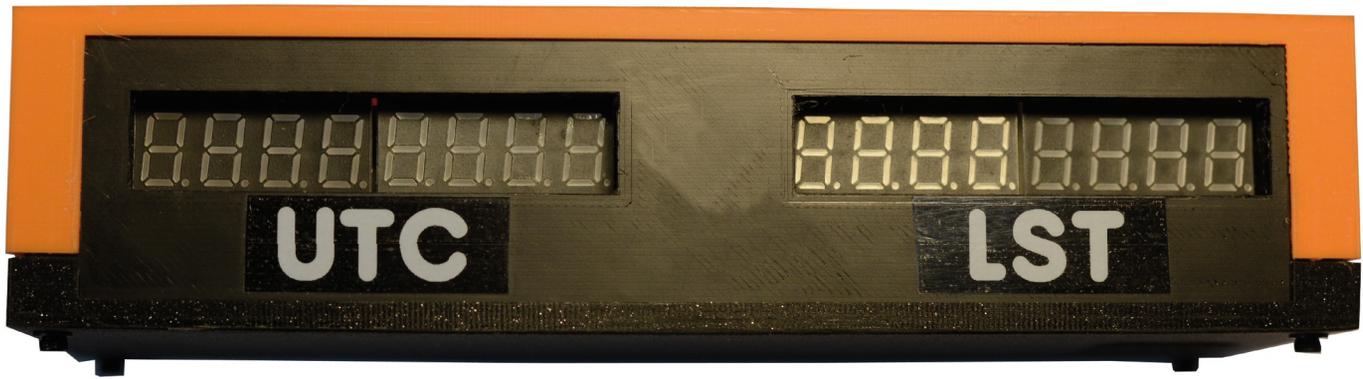


On pose alors la partie supérieur du boîtier sur le châssis en veillant à bien positionner les divers parties du boîtier.



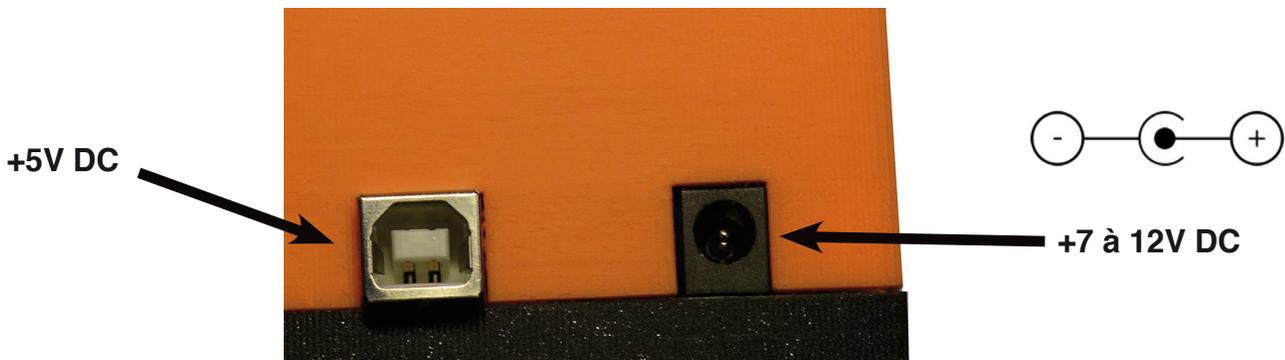
On termine l'assemblage en fixant 4 vis M2 de 16mm de long avec 4 rondelles tel que le montre la photo ci dessus sans trop forcer sur le serrage des vis.

L'ensemble une fois terminé, doit ressembler à la photo page suivante.



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, «0 SAte» est affiché sur chaque afficheur en clignotant.



Lorsque le nombre de satellites est suffisant pour afficher l'heure UTC, l'afficheur bascule ensuite automatiquement sur cet affichage. Cela peut prendre plusieurs minutes voir pas du tout si le module n'arrive pas à capter des satellites. Dans ce cas il est préférable d'utiliser une antenne extérieure tel que décrit au début de cette documentation.



Pour avoir la bonne valeur du temps sidérale locale, il faut à minima que le GPS capte 3 satellites de façon à avoir les coordonnées en longitude et latitude précises.



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