PROJET RADIOMÈTRE ET SQM PORTABLE (SKY QUALITY MONITORING)

PAR ROGER MORIN

2023

PRÉAMBULE

- En début de 2023 en fouinant sur le forum du GMN (main@globalmeteornetwork.groups.io | Topics), j'ai remarqué un nouveau sujet le forum « radiometer » . Curieux j'ai relu les diverse discussions qui étaient en cours, et un des messages mentionnait une liste de matériel et instruction pour en construire un par soi-même. En vérifiant le matériel requis j'ai constaté que le radiomètre était piloté par un microcontrôleur Raspberry Pi Zero, le genre de microcontrôleur avec lesquels je fais divers projets depuis quelques années.
- Le radiomètre dont il est question est en fait un détecteur de luminosité conçu pour caractériser des enregistrement de flash lumineux surtout lors de phénomèmene de « bolide », ca requiert une très grande sensibilité et un échantillonnage assez rapide . J'ai donc posé des questions et émis quelques commentaires durant ce développement en ligne d'un nouvel appareil. J'ai donc décidé de m'en fabriquer un basé sur el conception présenté par M. Richard Bassom (GitHub - rabssm/Radiometer: Radiometer/ SQM using Adafruit TSL2591 digital light sensor)

PHASE 1- CONCEPTION

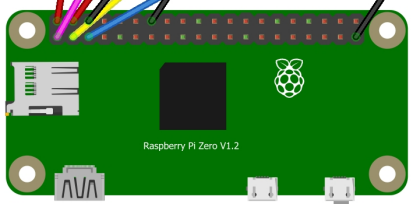
- Néophyte en radiometrie , j'ai tout de même commencé la construction me basant sur la qualité des résultats présentés.
- La première chose consistait à réaliser un schéma électrique du système
- Ensuite vérifier et compléter la liste de matériel requis:













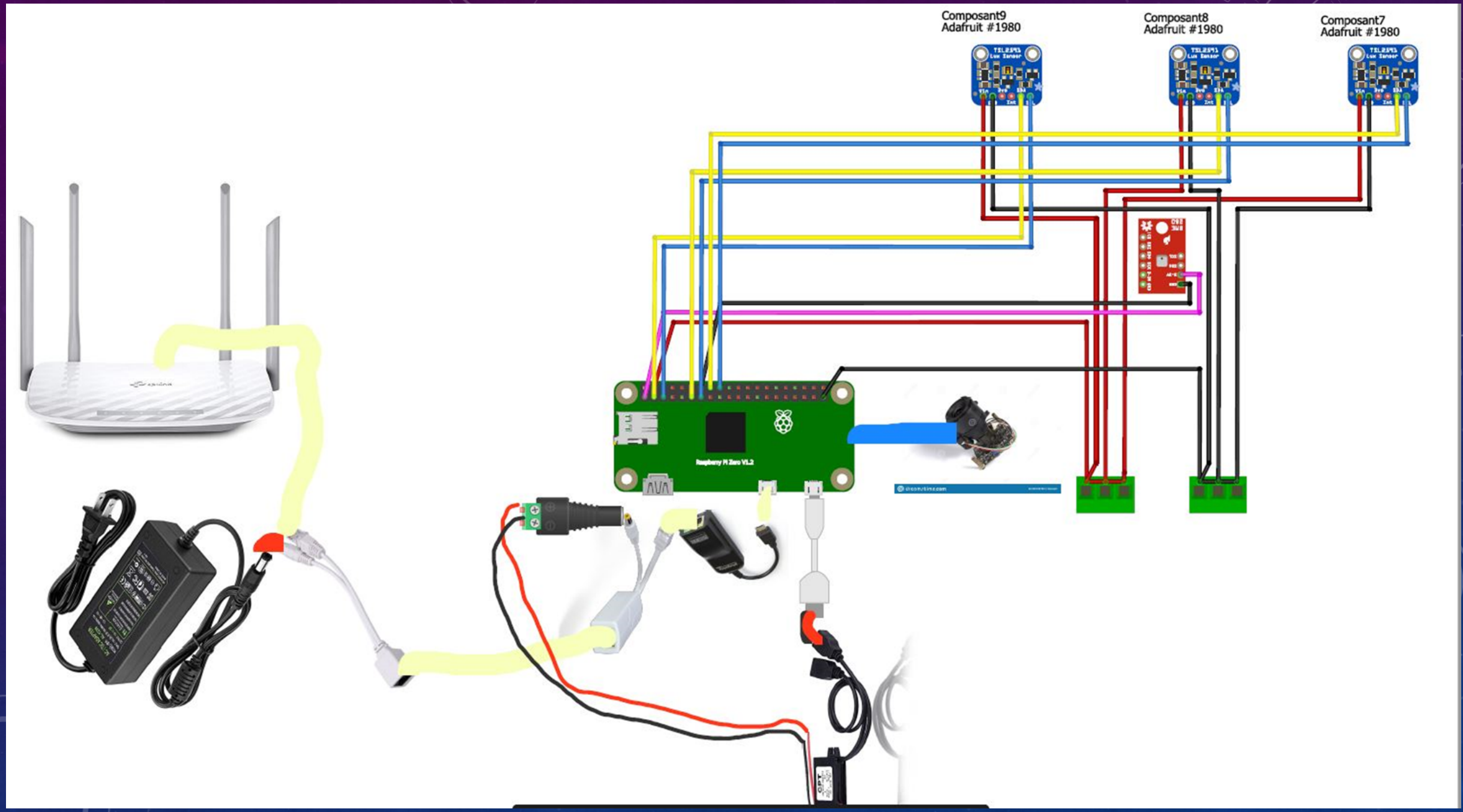


Composant1
Adafruit #1980

Composant2
Adafruit #1980

Composant3
Adafruit #1980

fritzing


Composant9
Adafruit #1980
Composant8
Adafruit #1980
Composant7
Adafruit #1980

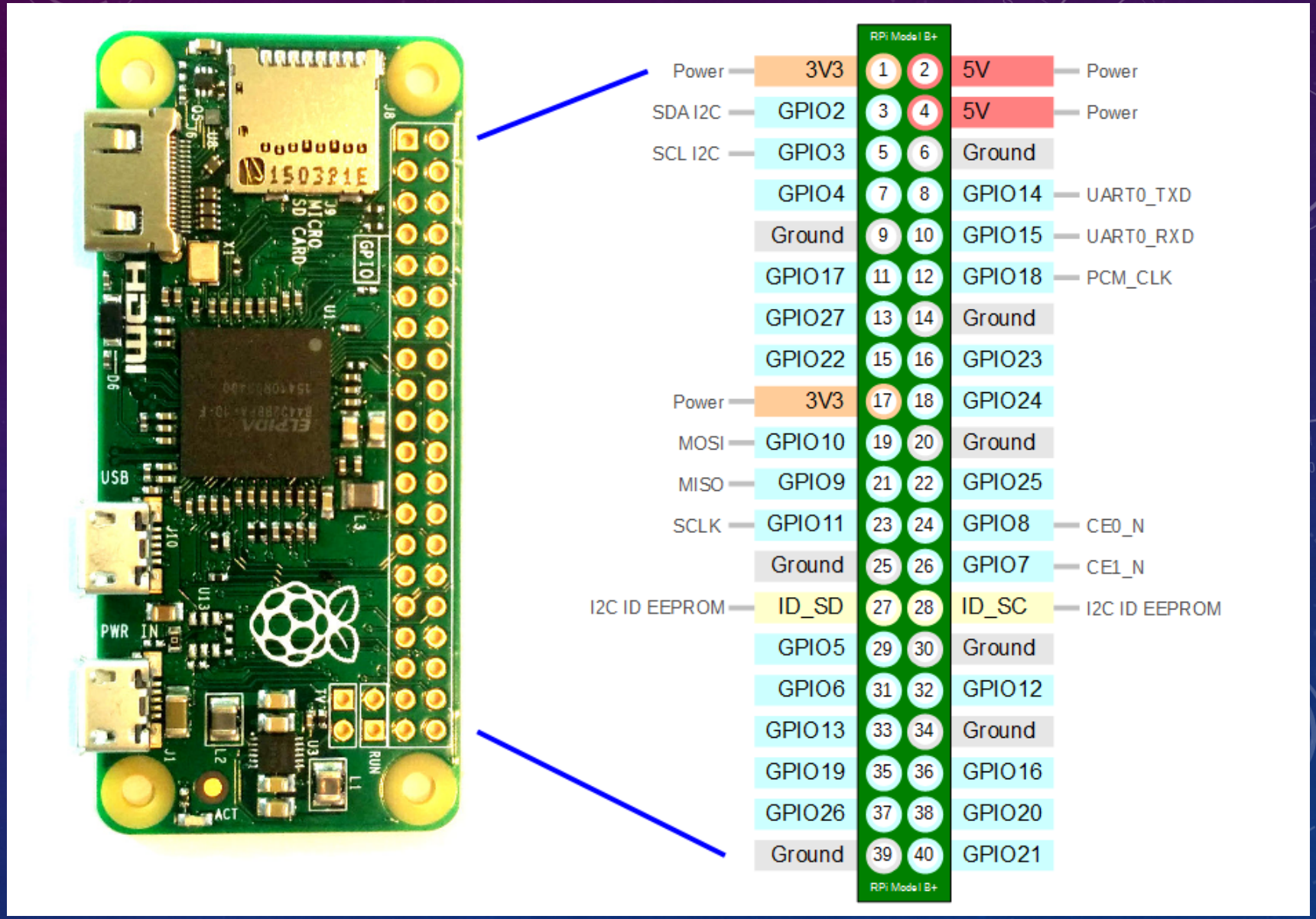
Item	Quantity	Price (£)	Notes	Link
Raspberry Pi				
Raspberry Pi Zero W (with header)	1	16,80		https://thepihut.com/collections/raspberry-pi-boards/products/raspberry-pi-zero-wh-with-pre-soldered-header
MicroSD Card (32GB)	1	6,00		https://www.amazon.co.uk/SanDisk-microSDHC-Adapter-Performance-SDSQUA4-032G-GN6MA/dp/B08GY9NYRM/ref=sr_1_6?crid=3167Q7B4TE2XC&keywords=Micro+sd+card&qid=1671360297&s=computers&sprefix=micro+sd+card%2Ccomputers%2C119&sr=1-6
Light Sensor				
Adafruit TSL2591	1	6,90		https://thepihut.com/products/adafruit-tsl2591-high-dynamic-range-digital-light-sensor
STEMMA QT / Qwiic JST SH 4-pin Cable with Premium Female Sockets - 150mm Long	1	1,00		https://thepihut.com/products/stemma-qt-qwiic-jst-sh-4-pin-cable-with-premium-female-sockets-150mm-long
Power to Pi in Case				
12V Power Supply	1	13,00		https://thepihut.com/products/12v-2a-power-supply-with-2-1mm-barrel-jack
12V to USB Converter	1	8,20		https://thepihut.com/products/5v-3a-dual-usb-step-down-buck-converter-module
USB to Micro USB cable	1	1,50		https://thepihut.com/products/usb-to-micro-usb-cable-0-5m
Ethernet Cable (5m)	1	3,29		https://www.ebay.co.uk/itm/183789126092
POE Power Splitter	1	4,14		https://www.ebay.co.uk/p/1168962785?iid=253237022415
Case				
Weatherproof electronics case	1	9,79		https://www.amazon.co.uk/gp/product/B07QJ4MC3P/ref=ppx_yo_dt_b_search_asin_title?ie=UTF8&psc=1
Glass (watch) window (39mm diameter)	1	1,00		https://www.ebay.co.uk/itm/125553828858?var=426596679120&hash=item1d3b9763fa:g:zJEAAOSwnF1jQppH&amdata=enc%3AAQAHAAAA8GxCcrL7hJvU8Z3%2F6v%2FtWJ8u9WS5b60f4O567cCOqh57zomUGAg8s%2F%2BZqHxDUxqdwIjZimJaFbMcSLGwP4fizW85Xq%2B%2FGOwOE4ULkeW2dRCa%2F92UjOMyINEum6m6rHq12moFabDTrtY5VUMXEPpb2j7s%2FUt66W1Qzerz67hpytPprJ2pfHAyTC%2BotZEjI3tOXcTZNgrvPxdKycmOfxogysrGYWxjHo18OVx3sKq6NEKePKAIXcbbfjStDtp6iMGPv7gfN1tEab9tV64aq%2BJn8L6ZDsQwC3rOAGaOQUvBXjki9DeevNB99fCh%2F6Njs51zsg%3D%3D%7Ctkp%3ABFBMnoPy0KZh

PHASE 1- CONCEPTION

- J’ai donc fait quelques commandes de matériels et comme dans bien des cas les fournisseurs sont soit Ali Express en Chine ou via Amazon.

- Entre temps j’ai débuté l’apprentissage du Raspberry Zero , et fouiller plus avant dans la documentation des divers modules; c’est pourquoi j’ai changé la conception lorsque j’ai découvert une façon d’éviter le recours au module TCA9548A. Les senseurs TSL2591 fonctionnent sur un protocole I2C pour communiquer les signaux reçus, or quand on utilise 3 modules I2C identiques ils auront la même adresse I2C et on ne peut avoir deux adresses identique sur un bus I2C. Donc j’avais trouvé un module qui multiplexe les adresses I2C, le TCA9548A (premier schéma précédent).
- C’est en fouillant la documentation fournis par le concepteur que j’ai trouvé une autre option plus complexe mais qui diminue la filerie et la programmation, soit de créer des bus I2C étendu mais ca requiert d'aller modifier certains fichiers de configuration du Raspi Zero, ce que je n’avais jamais tenté avant….

Raspberry Pi Zero 2 W
SoC Broadcom BCM2710A1, quad-core 64-bit Broadcom 1x ARM1176JZF-S @ 1 GHz
GPU Broadcom VideoCore IV @ 400 MHz (Core)
Carte MicrosSD
Mémoire interne 512MB
USB 1 Micro-USB Data
USB 2 Micro-USB Alim. 5V
1 Mini-HDMI
Réseau Wi-Fi (2.4Ghz) / Bluetooth 4.2
Dimensions 65 mm x 30 mm x 5 mm



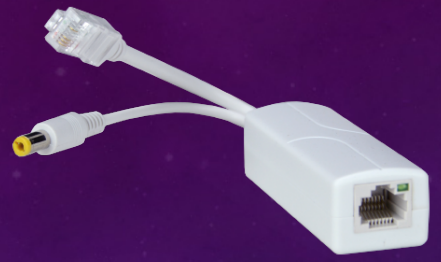
1



2



3



1: router wifi pour raccord au reseau local

2: bloc d'alimentation 12V dc/ 5Vdc double sortie USB

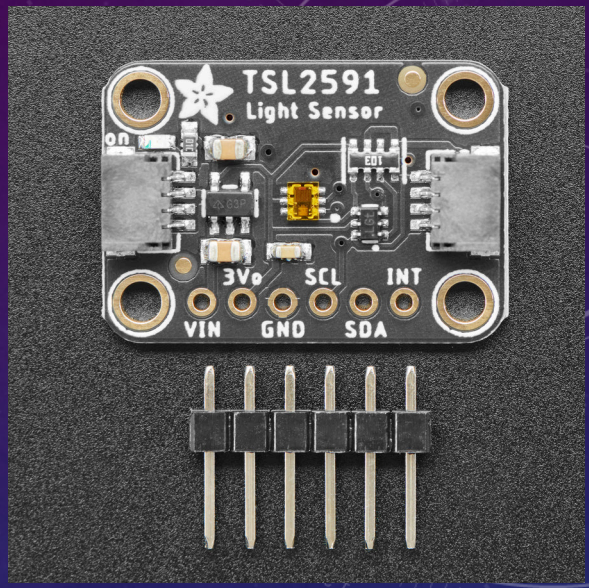
3: injecteur POE/ extracteur POE; on injecte du 12V sur une branche, les signaux sont sur l'autre

4



4: convertisseur RJ45 (Ethernet) à microUSB pour raccorder au raspi USB signaux

5



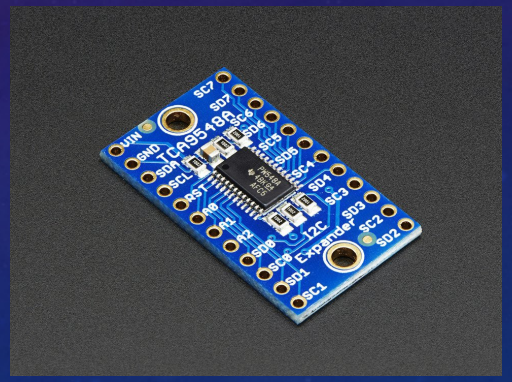
5: senseur de luminosité TSL2591, on en utilise 3 pour le radiomètre

6



6: caméras Raspi pour capture de jour

7

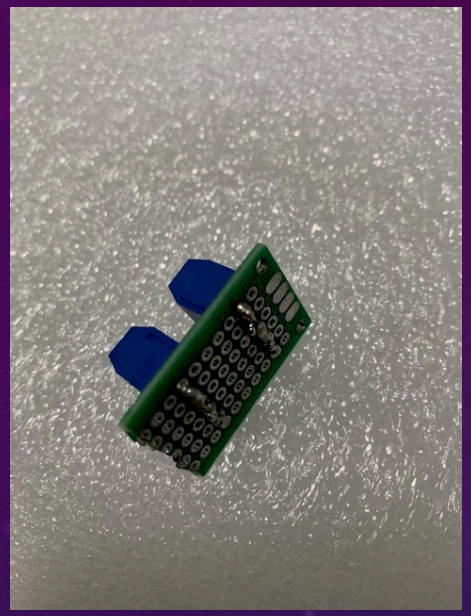


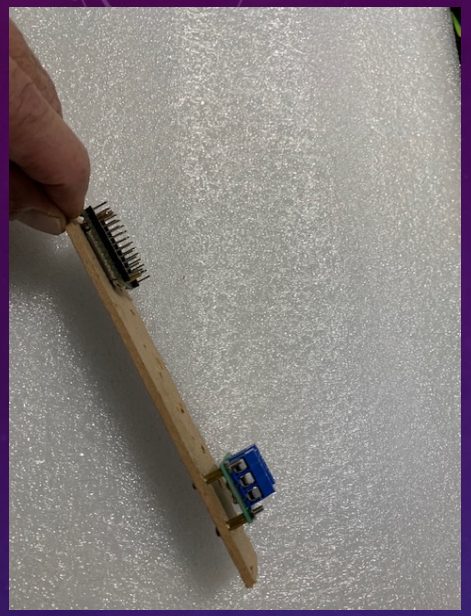
7: multiplexeur I2C TCA9548A, finalement n'a pas servi on a utilisé la technique de bus I2C étendu

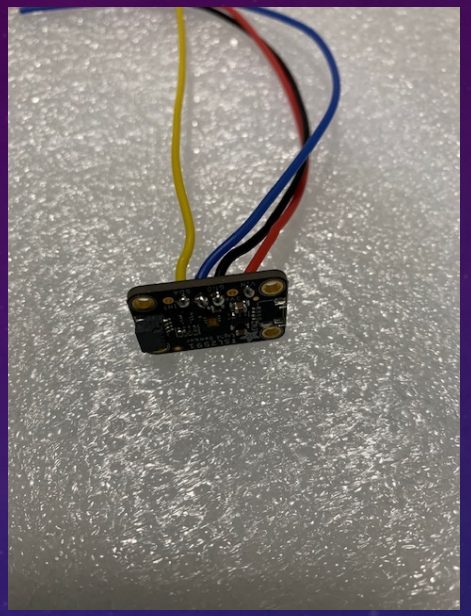
8

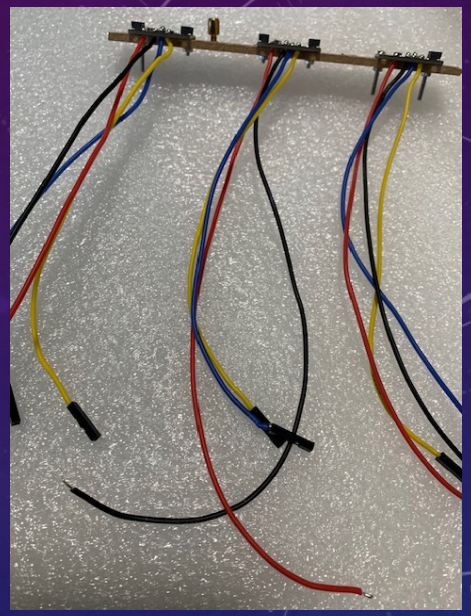
PHASE 2- FABRICATION

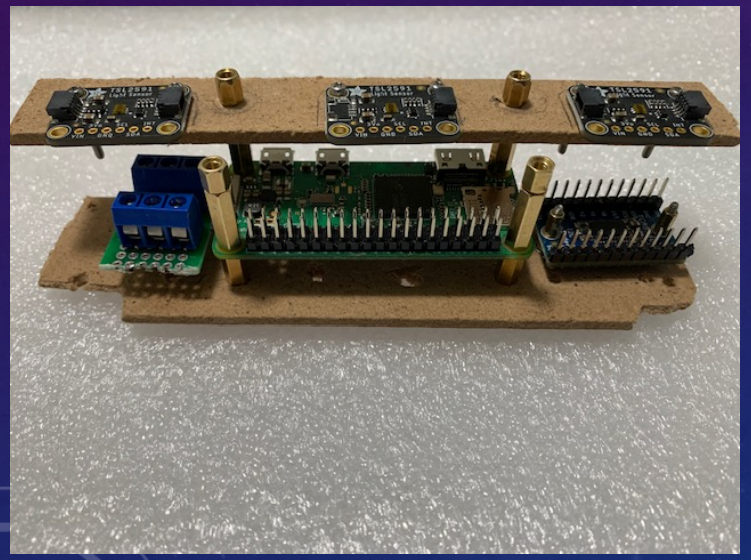
- Je me suis procuré un boitier semblable à celui utilisé mais plus petit…. Mauvaise idée. Dès que j,ai eu percé les trous pours les 3 senseurs j'ai compris que l'espace était insuffisant pour la carte Raspi zero, et les 3 senseurs, ainsi que tout l'attiral de cables pour l'alimentation et les signaux de plus j'ai compris que le montage en façade des senseurs étaient obligatoire pour éviter tout signal lumineux provenant des modules (LED d'indication d'état).
- Pour le montage des senseurs j'ai utilisé une plaque de balsa comme support de montage en reliant le tout avec des supports en laiton. Les support de laiton servant aussi à fixer le tout au couvercle du boitier.

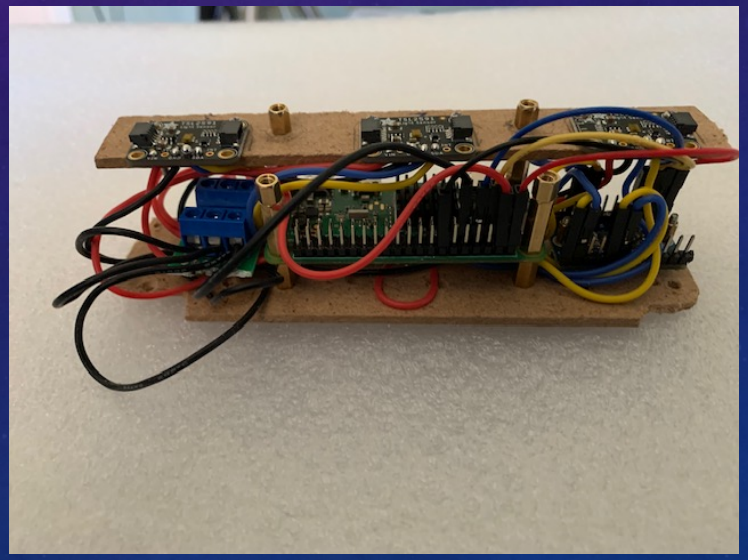


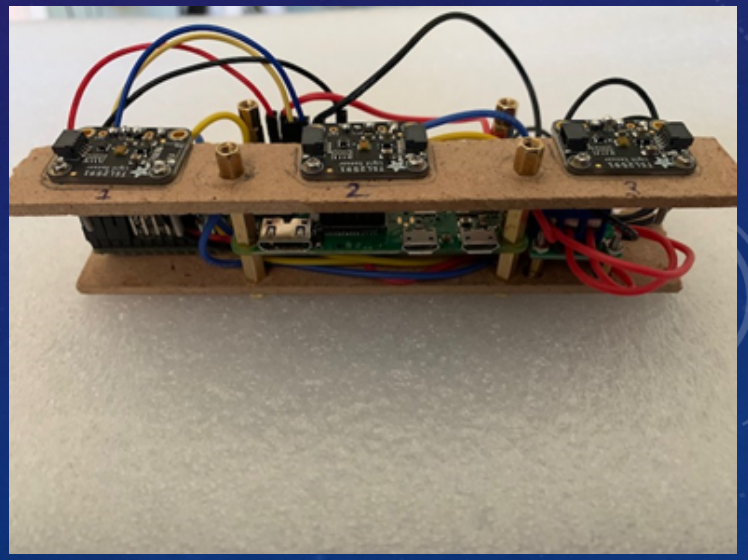


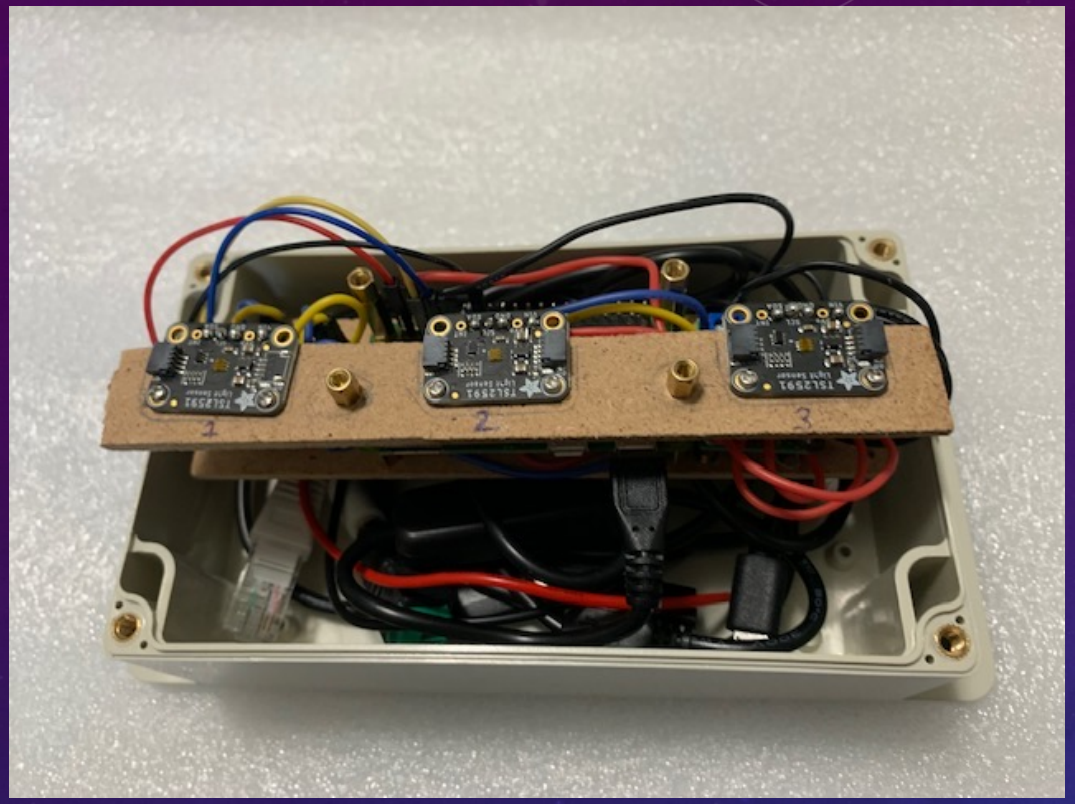








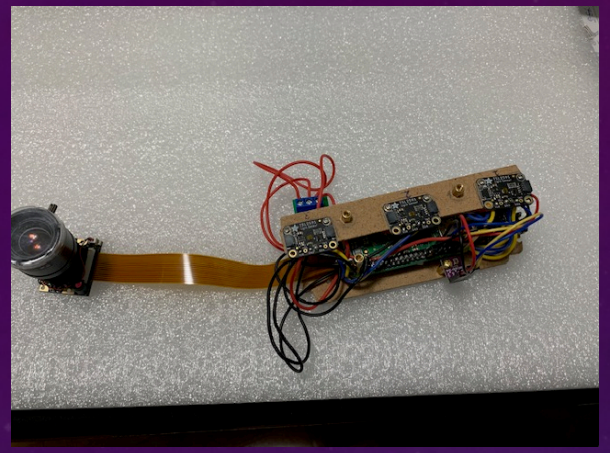


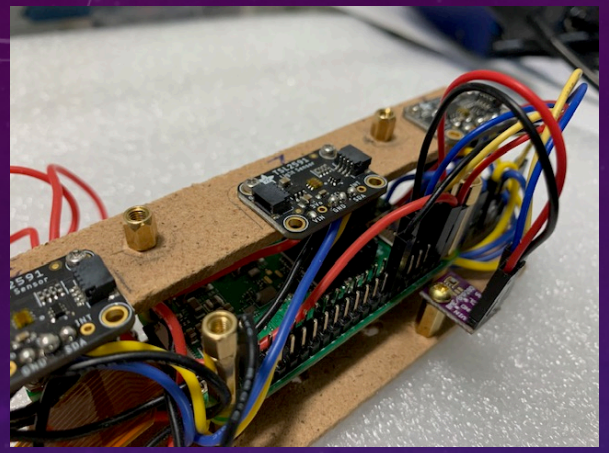

1
2
3

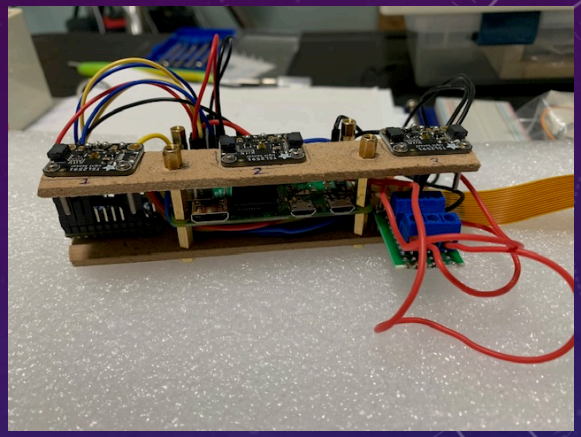


PHASE 2- FABRICATION

- J’ai donc repris le tout avec un boitier plus grand , percé les 3 trous des senseurs sur un rang et percé le trou pour la caméra en dessous que j’ai décidé d’ajouter.
- Puis j’ai installé les vitres au dessus de 4 trous
- Mais comme tout est simple , j’ai mal coordonné le support de montage avec la grandeur des vitres et lorsque j’ai percé mon dernier perçage est passé trop près de la vitre qui a craqué…..n’ayant plus de vitre supplémentaires de disponible, J’ai décider de tenter de sceller avec un peu de silicone transparent…. Mauvaise idée…













PHASE 3- CONFIGFURATION ET PROGRAMMATION,

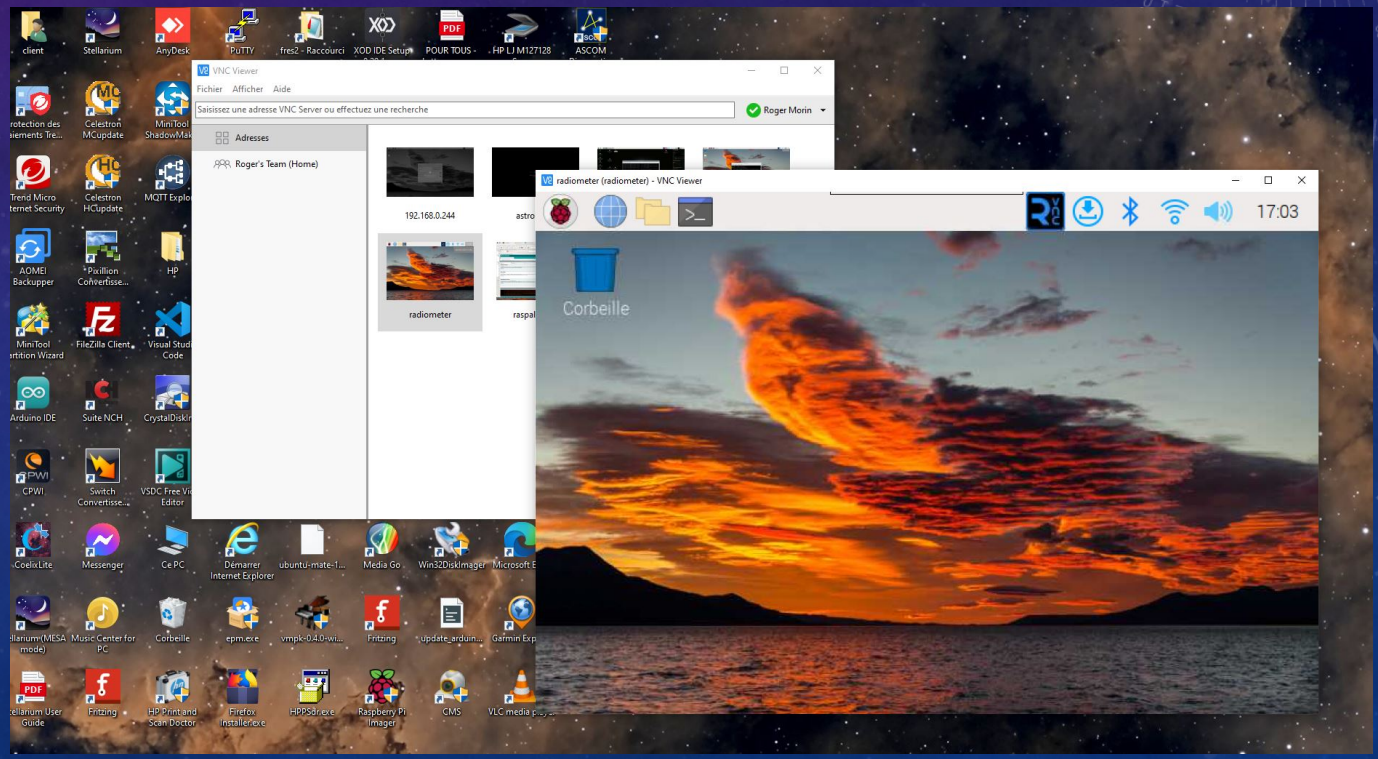
- Comme base de conception j'ai eu accès aux instructions du concepteur (README) aussi en ce qui concerne les programmes de lecture et d'analyse (script python)
- Mais avant de pouvoir utiliser les script il faut configurer le Raspi Zero;

- A) obtenir une image du OS Bullseyes ;
- Ci-contre la fenêtre qui ouvre quand j'accède
- au radiomètre via VNC Viewer (accès par Wifi)

- B) Graver le fichier image sur carte micro SD de
- 68 GB en utilisant l'application raspberry Pie Imager
- (6 ème icone du bas)

- C) Configurer le Raspi Zero, pour avoir accès
- VNC Viewer, wifi, mots de passe

- D) faire la mise à jour des programmes et appli du Raspi zero



PHASE 3- CONFIGFURATION ET PROGRAMMATION,

- Quand l'accès Wifi est établie alors on peut raccorder les divers modules au raspi et commencer la programmation, ou plutôt on devrais parler de procédure d'utilisation.
- En fait les scripts en python sont déjà fournis, il s'agît de les faire fonctionner soit manuellement ou en ajoutant des scripts python ou en bash
- Les scripts déjà conçus par Richard Bassom sont (ci-contre):
- A) radiometer_tsl2591.py
- B) graph_radiometer_data.py
- C) lightcurve.py
- D) sqm_tsl2591.py
- Mais pour faire fonctionner ces scripts on doit ajouter un certains nombres de modules dont on doit faire l'installation sur le raspi zero.
- Parfois ca ne fonctionne pas comme désiré… ainsi pour différentes raisons j'ai décidé de mettre en fonctions certains scripts sur un autre raspberry pi plus puissant que j'avais .
- De cette façon quand je désire obtenir les graphiques à partir des fichiers de données enregistrés sur ma carte micro SD , je n'ai qu'à faire des transfert de fichier du Raspi zero vers mon autre Raspi, car le traitement requis est plus exigeant .

PHASE 3- CONFIGURATION ET PROGRAMMATION

Puis commence le développement avec Richard Bassom à qui j'envoyais mes questions au fur et à mesure que je progressais à mettre en fonction le radiomètre.

Comme je ne suis pas très avancé en programmation sur base Linux comme le OS Bullseyes, M.Bassom me proposait des scripts afin d'automatiser certaines actions à priori en mode manuel dans sa conception de départ.

Un script pour l'enregistrement des vidéos produit par la caméra. De plus un script à été ajouté pour la gestion de la mémoire qui consiste à vérifier la mémoire disponible sur la carte micro SD, et d'effacer les anciens enregistrement quand il ne reste uniquement que 1 Gigat byte de disponible (ci-contre picamera_video_sequence.py)

Pour garantir une certaine fiabilité du système , un autre script à été fait pour activer automatiquement tous les scripts à chaque redémarrage du raspi zéro. (ci contre start_lux_meters.bash)

En plus une commande à été ajouté au fonctionnalités du boot via la fonction Crontab pour refaire un redémarrage à chaque jour à midi.

PHASE 4- L'OPÉRATION

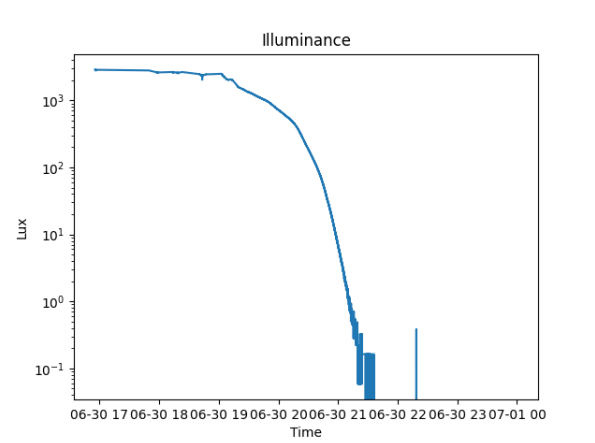
Finalement j'ai mis en opération le radiomètre et obtenue mes premiers résultats le 02 Juillet 2023 (ci-contre les résultats d'analyse graphique obtenue des données du 02 Juillet

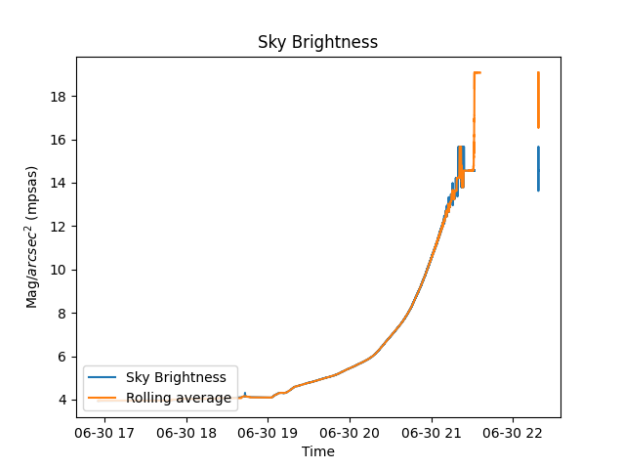
De : Richard Bassom <rbringwood@yahoo.co.uk>
Envoyé : 2 juillet 2023 04:25
À : rogmorin@videotron.ca
Objet : Re: TR: Eastern of Quebec detection

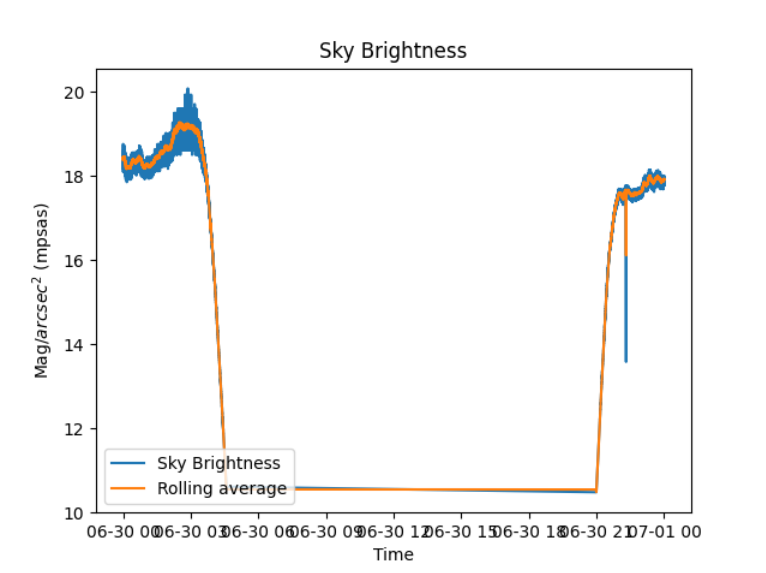
Hi Roger,

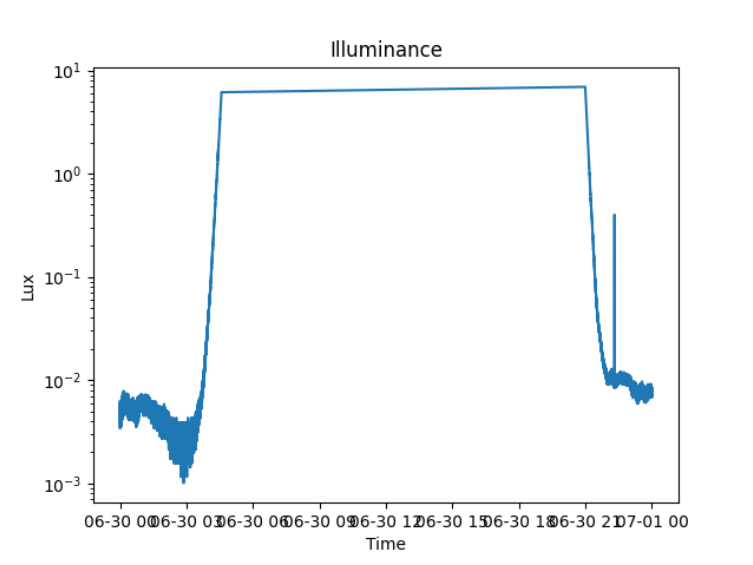
That looks like a very strong light signal of about 0.4 lux above a background of about 0.1 lux. If you know the approximate distance from the detector to the fireball and the approximate incident angle of the lux detector to the fireball, we can get a rough estimate of the mass of the meteoroid.

Cheers,
Richard.



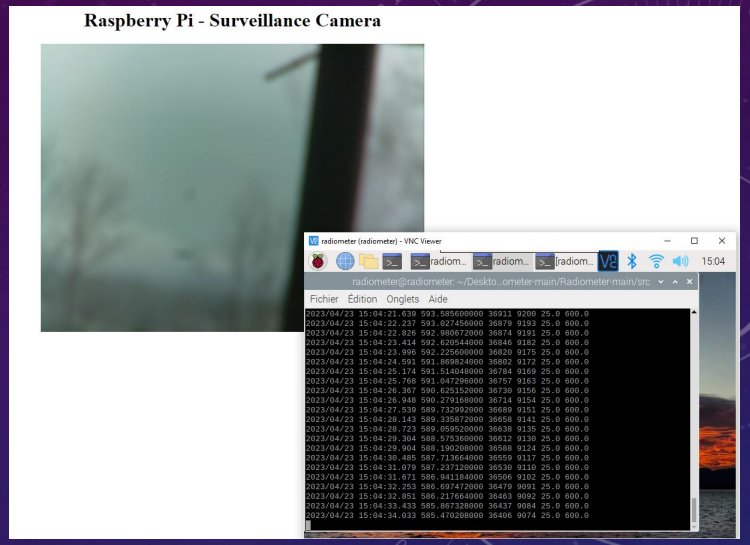




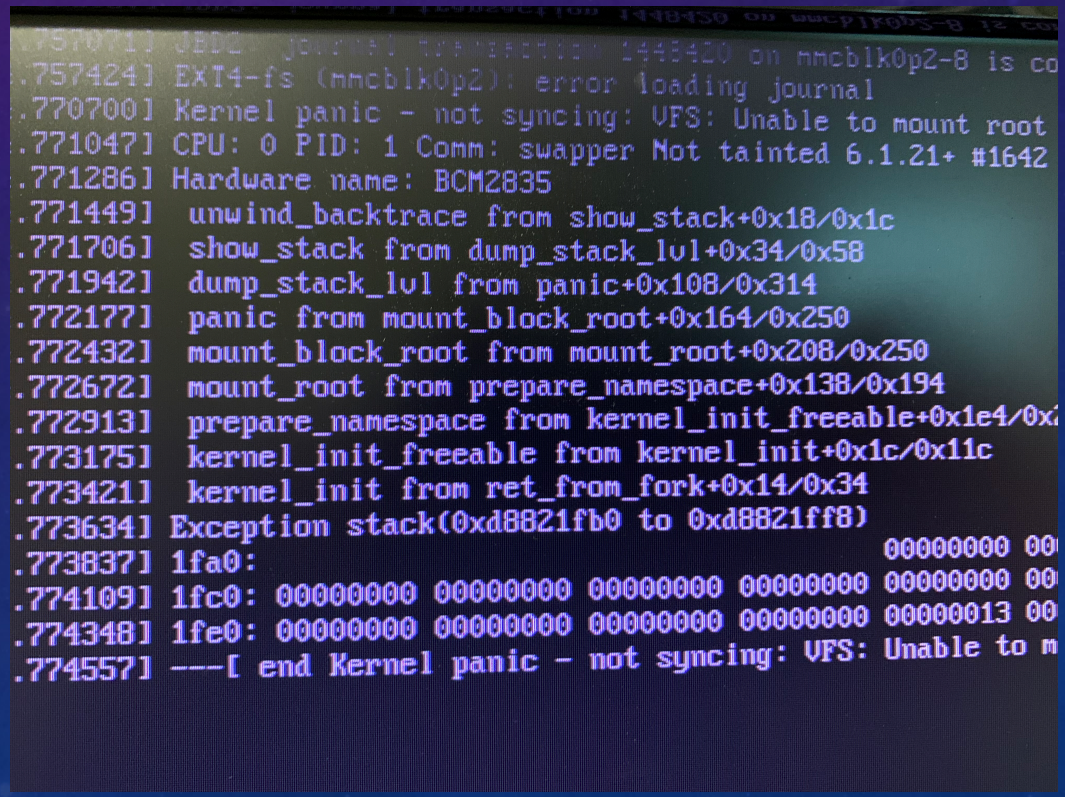


PHASE 4- L'OPÉRATION

Mais comme tout ne vas pas sans heurt… le 23 Octobre, après quelques jours sans réussir à me connecter au radiomètre je décide de le rentrer à l'intérieur pour inspection . !!!!!!!!! Quand j'avais écris précédemment « mauvais idée !! »







PHASE 4- L'OPÉRATION

Le fond du boitier étais couvert de près de 1 cm d'eau , le connecteur POE fonctionnait encore , le bloc d,alimentation 12V/ 5V aussi … bref quelques cables survivants…. Amis le raspi ne répondait plus…. Probablement la carte micro SD était corrompue…..

Infiltration probablement due au la fissure dans la vitre ou via le connecteur étanche, peut être aussi par condensation cet été….

Bref un bon travail à remettre le tout en état , puis remonter un nouveau OS Bullseye et toutes les ajouts de scripts. J'en ai profité pour corriger le montage et éviter de perdre des pièces si une infiltration survient .

Donc après plusieurs heures de travail et multiple courriels à l'aide à Richard Bassom (merci Richard!!) , j'ai remis en fonction le 03 Novembre 2023, avec une nouvelle idée de projet

PHASE 4- L'OPÉRATION

Eh non ce n'est pas fini, en Décembre 2023, j'ai encore perdu la communication et subit encore une corruption de la carte microsSD.

Le problème quand on perds le contacts c'est que l'on ne peut s'assurer que le OS puisse fermer ses fichiers correctement avant de désalimenter.

J'ai donc démonté et rentré à l'intérieur pour inspection et me rendre compte que ce n'était qu'une mauvaise connexion du connecteur micro USB-B.

J'en ai donc profité pour ajouter un module BME280 pour obtenir des lecture de température /humidité/pression de l'intérieur du boitier au besoin.

Le 12 Janvier , j'ai finalement remis le tout en fonction

Et j'ai fait ce qui aurait du être fait au départ….. Des clones de la carte microSd de tous mes Raspberry Pi en fonction….

Pour me concentrer sur une modification à mon autre projet ; le moniteur SQM portable

PHASE 5- SQM PORTABLE

J’avais déjà fait des démarches pour obtenir gracieuseté du Dark Sky organisation des détecteurs SQM (Sky Quality Monitor) pour le club. Malheureusement l’organisation avait écoulé tout le stock de la promotion annoncée.

J’ai donc décidé d'en fabriquer un basé sur la technologie du radiomètre.

Mais comme cet outil sert essentiellement à obtenir des valeurs de brillance de surface du ciel exprimé en magnitude/arc seconde ^{2}. Il convient que ce soit portable donc conçu pour fonctionner avec batterie, et posséder un affichage pour la valeur lue sur place.

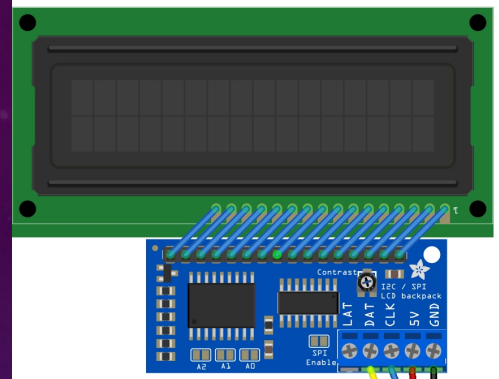
Première étape de la conception , établir un schéma électrique. D’ailleurs en le réalisant , parfois certain réalité pas toujours évidentes nous apparaissent….comme le besoin d’éteindre le bidule !! Simple on ajoute un interrupteur…. Pas si simple , un raspberry Pi c’est comme un ordinateur , ca ne raffole pas des coupures intempestive de courant.

Votre interrupteur d’ordi comprend un programme d'arrêt des systèmes avant de couper l’alimentation.

Donc le schéma , à évolué pour inclure un bouton d’appel à l’arrêt (shutdown) , puis un interrupteur pour couper l’alimentation venant de la batterie.

En branchant sur une alimentation secteur , un chargeur à batterie vas entrer en action sans avoir à activer l’interrupteur. Au retour d’alimentation les fonctions de redémarrage, vont être activé et le moniteur vas prendre des mesures après 90 secondes.

Affichage SQM
LCD 1602 I2C

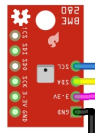


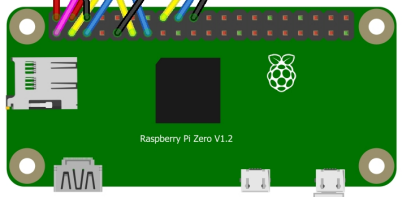
Senseur SQM
TSL2591



Adresses I2c
Expanded bus
TSL2591 port 1 : 29
LCD1602 port 3: 27
BME280 port 4: 76

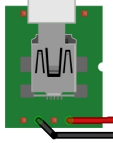
Senseur temp/humid/pression
BME280



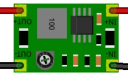


Rasp Zero W

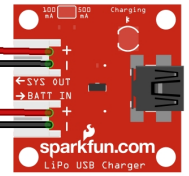
Adapteur USB-microUSB



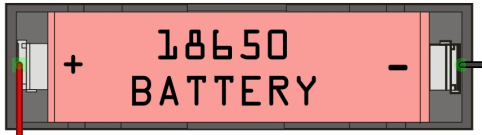
Buck booster 3.8V -5V USB



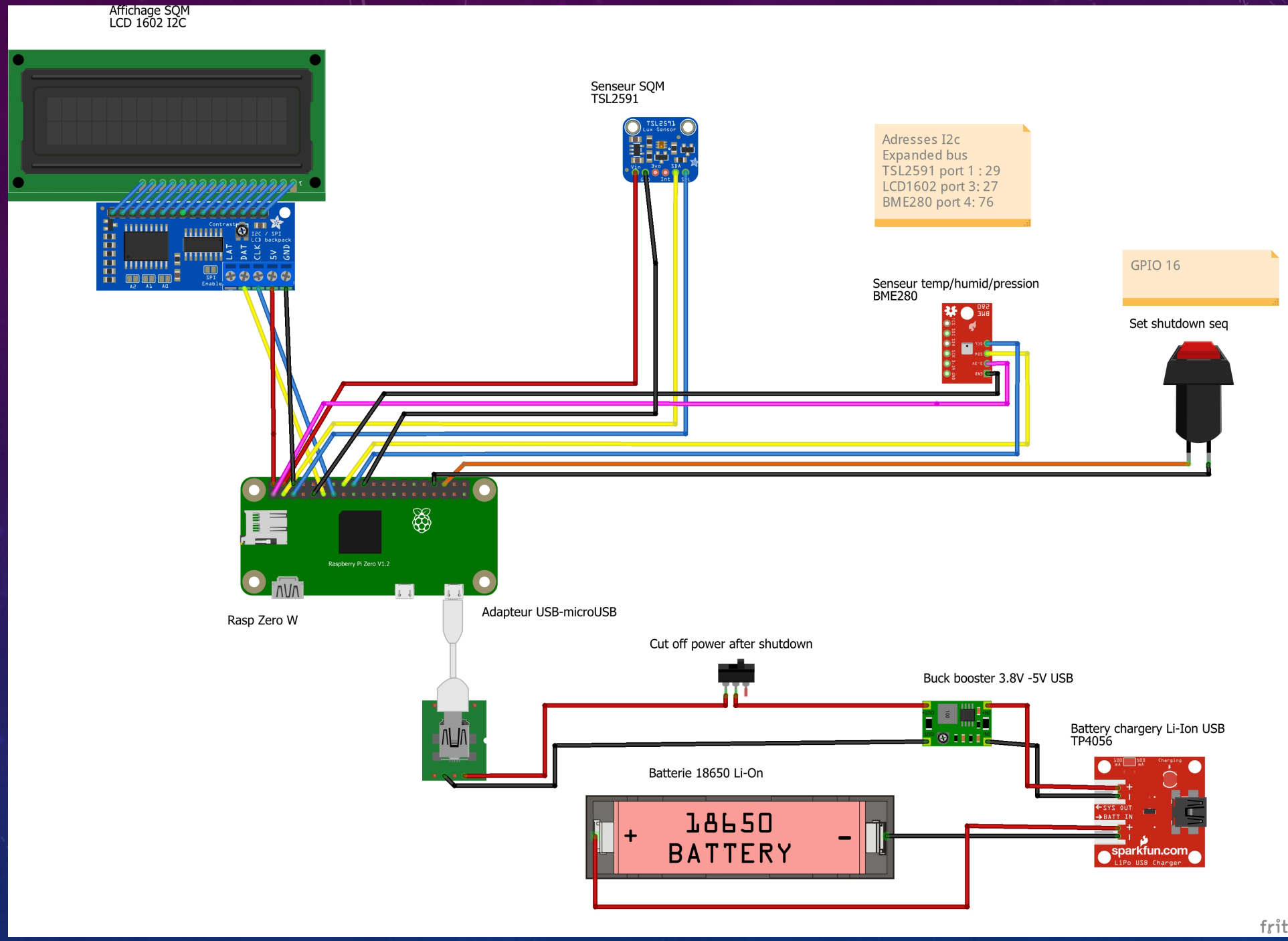
Battery chargery Li-Ion USB
TP4056



Batterie 18650 Li-On



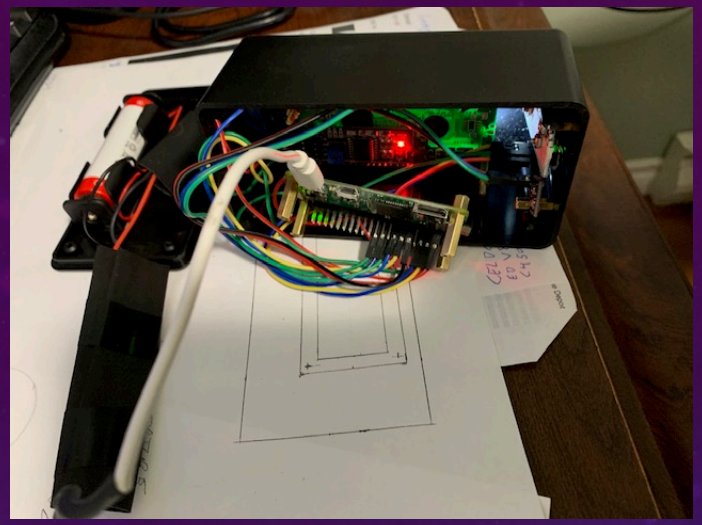
fritzing

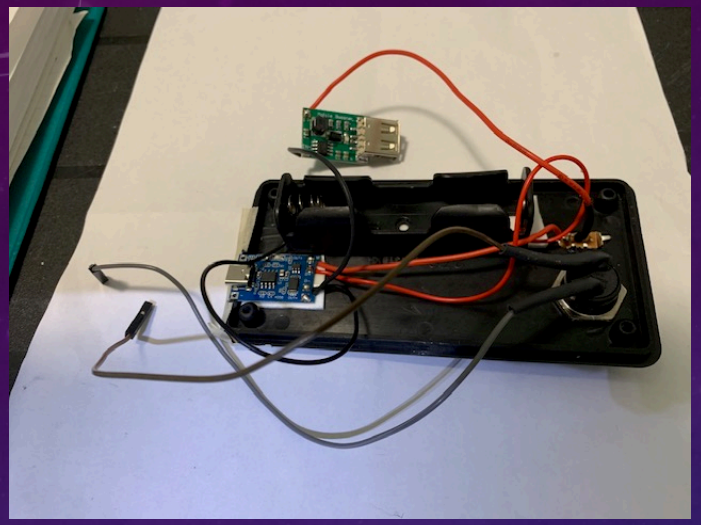

Affichage SQM
LCD 1602 I2C
Senseur SQM
TSL2591
Adresses I2c
Expanded bus
TSL2591 port 1 : 29
LCD1602 port 3: 27
BME280 port 4: 76
GPIO 16
Senseur temp/humid/pression
BME280
Set shutdown seq
Rasp Zero W
Adapteur USB-microUSB
Cut off power after shutdown
Buck booster 3.8V -5V USB
Battery chargery Li-Ion USB
TP4056
Batterie 18650 Li-On
18650
BATTERY
fritzing

PHASE 6- SQM PORTABLE, FABRICATION

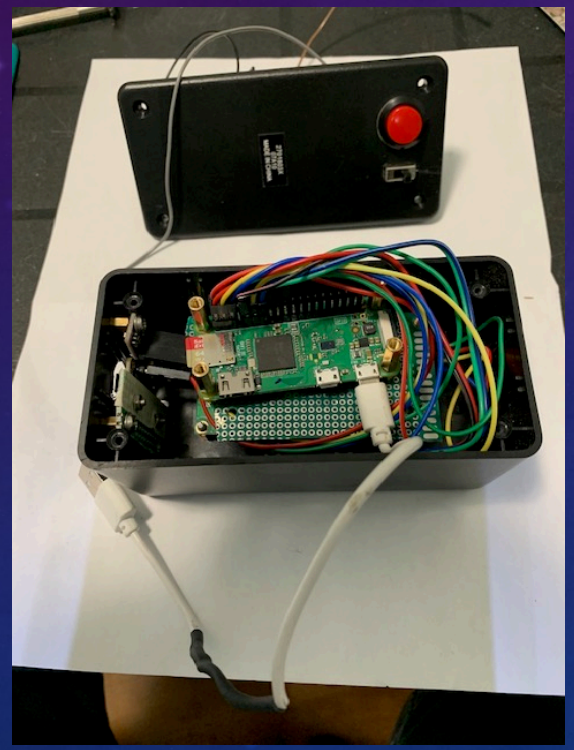
- Après avoir fixé la conception une liste de matériel a été préparé pour passer aux achats, malheureusement encore via les même fournisseurs; Alix Express et Amazon. La matériel acheté sous d'autres fournisseurs est habituellement plus cher, et souvent plus long de livraison…

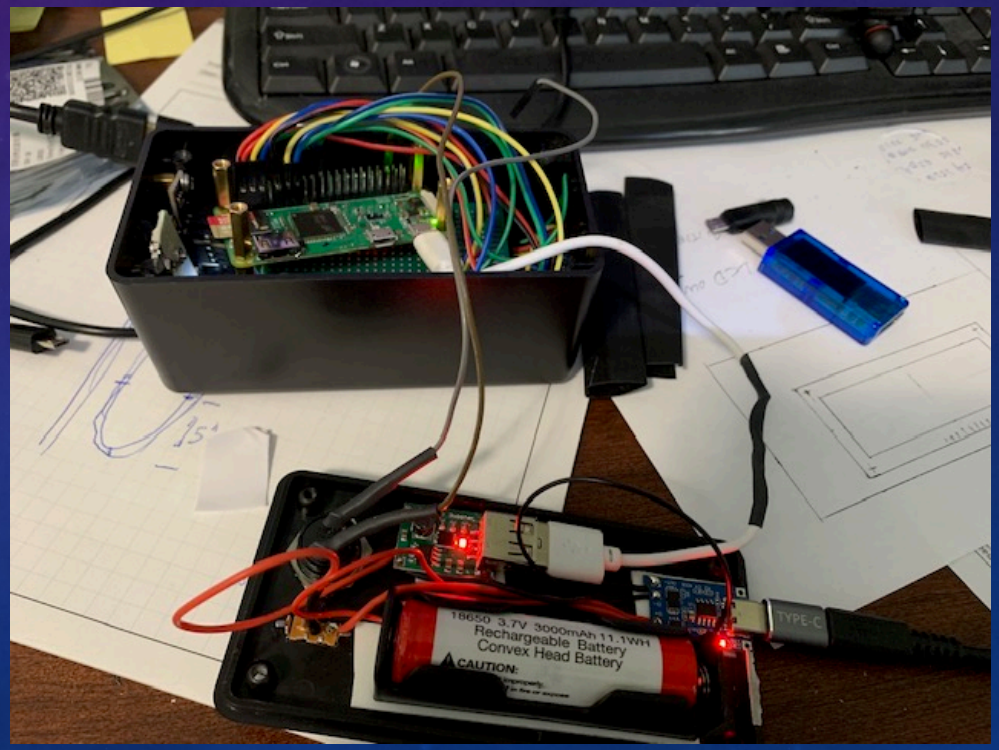
- J’ai chois un boitier de dimension réduite pour être facile à porter avec un affichage a 16 caractères sur 2 lignes.
- Un senseur TSL2591 comme pour le radiometre,
- Un raspi zéro w
- Un senseur BME280 ; température, humidité, pression
- Un chargeur à batterie Li_Ion 3.8V avec sortie double protégée
- Un survolteur (BuckBooster) de 3.8V à 5V
- Un bouton-poussoir et un interrupteur
- Un adapteur USB à microUSB
- Pour le montage on utilise encore des supports en laiton avec plaque de fibre de verre






27018031X
DTA19
MADE IN CHINA




18650 3.7V 3000mAh 11.1WH
Rechargeable Battery
Convex Head Battery
CAUTION:
TYPE-C

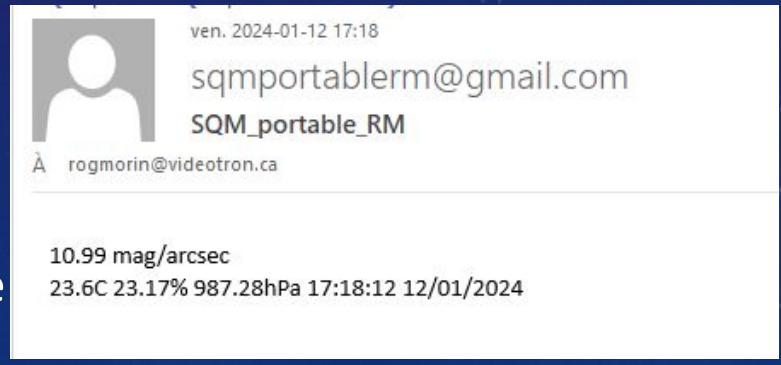
PHASE 7- SQM PORTABLE CONFIGURATION ET PROGRAMMATION

- Comme dans le cas du radiometre j'ai eu l'aide de Richard Bassom , très intéressé par ce projet. Et l'étape de configuration a été écourté utilisant une copie gravé du Os pour le radiometre
- Pour rendre l'utilisation du SQM efficace on a ajouté un senseur de température avec enregistrement des données grâce à un script bme280_data_logger.py (fichier txt ci-contre)

- Pour l'affichage on a eu a modifier un script existant pour l'adapter à notre usage soit de lire les valeurs inscrite par le senseur de luminosité TSL2591, puis de lire les valeurs inscrites par le senseur BME280, et afficher le tout en séquence i2c_lcd_sqm.py (fichier txt ci-contre)
- Pour la lecture du TSL et l'écriture dans un fichier csv des valeurs on utilise le script sqm_tsl2591.py (fichier txt ci-contre)
- Puis le script d'arrêt programmé shtudown_button.py (fichier txt ci-contre)
- Et finalement pour faire le redémarrage avec tous les scripts, le script start_lux_sqm.bash (ci-contre)

PHASE 7- SQM PORTABLE CONFIGURATION ET PROGRAMMATION (SUITE)

- Lors des travaux de remise en fonction du radiometre en Décembre 2023 , j'ai pensé à faire quelques améliorations.
- Comme vous avez peut-être remarqué le fil de branchement d'alimentation a été modifié. C'était une mauvaise idée… les fils sont trop fin , j'ai eu quelques épisode ou l'alimentation vacillait… très mauvais pour une carte microSD. J'ai donc remplacé par un cable court du fabricant.
- Lors de mes premier essais j'ai aussi remarqué que certains led sur les carte pouvais influencer la qualité de lecture du senseur TSL2591, j'ai donc relocalisé dans le boitier et masqué certains led
- Comme on avait toutes les données affiché sur l'écran j'ai aussi pensé à rendre ces informations disponibles directement en ajoutant un script afin d'envoyer un courriel lorsqu'on termine une session.



- J'ai donc modifié script d'arrêt programmé shtudown_button.py et modifié le script de redémarrage avec tous les scripts, le script start_lux_sqm_email.bash

Phase 8- SQM portable – essais et opération

- Maintenant qu'on possède un SQM fonctionnel ,il reste à faire quelques essais comparatif avec un équipement d'usage commercial fiable. La compagnie Unihedron fournis ce genre d'appareil le modèle SQM-L, mais étonnament les modèles proposés ne sont pas doté d'enregistrement de données ,ni de possibilité d'analyse et d'implémentation des programmes via le wi-fi, alors que notre SQM en est doté.
- Donc la première étape consistera à établir des comparatif de valeurs obtenues sur un plusieurs sites avec les deux appareils en même temps.
- Si des améliorations sont requises pour améliorer les scripts , le responsable du GMN Richard Bassom vas nous les modifier
- Lorsque la fiabilité des résultats sera établi nous utiliserons le SQM à chaque observation en colligeant les données, en ayant accès aux fichiers stocké dans la carte microSD via wifi avec VNC Viewer.
- Ces données devraient alors être fournis à un organisme comme « lightpolutionmap » en faisant la demande à : If you have a permanent SQM reader installed you can add it to the map by contacting me (starej@t-2.net) .
- Les premières lectures obtenues par nuits nuageuses nous ont donné la Valeur de 17,46 mag/arc sec² ce qui nous a semblé trop bas pour ma localization , mais je n'avais pas de SQM_L a ma disponibilité pour faire des comparaisons.



Couleur de Magnitude	Échelle de Bortle	Magn./sec d'arc^2
7.6 - 8.0	1	>21.90
7.1 - 7.5	2	21.90 - 21.50
6.6 - 7.0	3	21.50 - 21.30
6.3 - 6.5	4	21.30 - 20.80
6.1 - 6.3	4.5	20.80 - 20.10
5.6 - 6.0	5	21.1 - 19.10
5.0 - 5.5	6-7	19.1 - 18.00
<4.5	8-9	<18.00

Couleur	Description
	Brillance naturelle du ciel
	La Voie lactée est visible
	Faibles lueurs à l'horizon au-dessus des villes éloignées
	Impact sur l'observation du ciel
	Impact important sur l'observation du ciel et le travail des astronomes
	La Voie lactée n'est plus visible
	Moins de 100 étoiles visibles à l'œil nu, dôme lumineux beaucoup plus important au-dessus des villes
	Moins de 20 étoiles visibles à l'œil nu, le ciel est coloré jaune ou vert