

NOM DE LA MATIERE

Rapport de stage

PARASSOURAMIN Alexandre
Master 1 Énergie
35003702

Sommaire

Introduction	1
1	1
2 LES TRAVAUX EFFECTUÉS ET LES APPORTS DU STAGE	1
3 Montage du CM121C	1
3.1 Surface Horizontal	1
3.2 Inclinaison de la barre coulissante	2
3.3 Installation du pyranomètre	3
3.4 Alignement nord-sud	4
3.4.1 Pointage géographique	4
3.4.2 Boussole solaire fixe	6
4 Programmation	9
4.1 Calendrier du Cm121	9
4.2 Analyse statistique	10
4.2.1 Suppression des données non utilisés, non acquis et abérantes	10
4.2.2 Calcul des facteurs de correction	11
4.2.3 Etalonnage	11
4.3 Représentation graphique de l'erreur relative	11
4.3.1 Histogramme	12
4.3.2 Selection des mesures entre deux intervalles	13
4.3.3 exécution de l'analyse statistique	13
4.3.4 Etalonnage du cm121 avec le spn1	13
4.3.5 Impact de la ventilation sur les mesures du cm121	14

Introduction

Dans le cadre de mon master1 j'ai dû réaliser un stage de huit semaines, le stage s'est déroulé au sein du laboratoire LE2P de l'université de la Réunion.

Le stage avait pour objectif le montage d'un pyranomètre à arc d'ombrage cm121, l'élaboration d'un calendrier de maintenance pour le cm121, la mise en place d'un protocole permettant le réglage la position Nord-sud, le développement des programmes sous python permettant l'analyse statistique des mesures de DHI, mais aussi d'effectuer une étude montrant si les mesures du cm121 sont plus proches du spn1 que du tracker et finalement de savoir si l'installation d'une ventilation à un impact sur les mesures du CM121.

1

2 LES TRAVAUX EFFECTUÉS ET LES APPORTS DU STAGE

3 Montage du CM121C

Le CM121 comporte cinq parties, la base, le pilier, la barre transversale, la barre coulissante et le support pour pyranomètre. Le montage consiste juste à assembler chaque partie à l'aide des boulons fournis.



Figure 1: cm121

3.1 Surface Horizontal

La première étape pour le positionnement du cm121 consiste à s'assurer que sa base est plane, pour ce faire la base comporte 3 boulons permettant à l'aide d'un niveau à bulle de mettre la base

à l'horizontale..



Figure 2: Base horizontal

3.2 Inclinaison de la barre coulissante

La barre coulissante doit être parallèle à l'axe polaire, pour se faire l'angle entre l'horizon et la barre doit être égal à la latitude du site, pour l'Université de la Réunion cela implique un angle de -20.9° . L'angle est réglé grâce à une application mobile qui offre une précision acceptable, le réglage pouvant se faire à 1-4 degrés près selon la datasheet.



Figure 3: Axe polaire

3.3 Installation du pyranomètre

Le pyranomètre est installé sur son socle. Une fois effectuer la ventilation est installé est raccordé en 12 volts. La ventilation permet de garder le pyranomètre à température constante, permettant ainsi de faire l'acquisition des mesures dans les mêmes conditions de températures toute l'année.

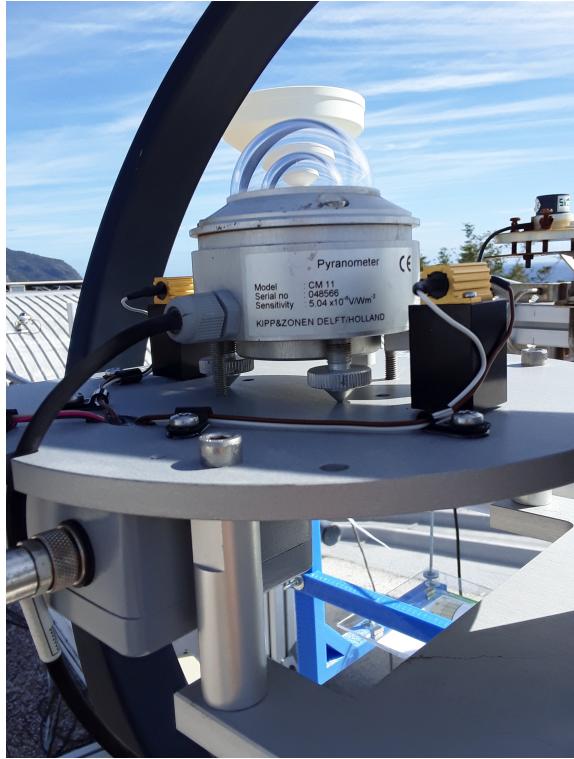


Figure 4: Installation pyranomètre

3.4 Alignement nord-sud

L'étape la plus importante et le réglage de la position nord-sud, un mauvais réglage nord-sud peuvent entraîner des données aberrantes, du fait que le capteur est susceptible de recevoir du rayonnement global à certains moments de la journée. Une première approche pourrait consister à utiliser un compas magnétique mais la présence d'éléments ferreux donne une indication fausse du nord. La méthode retenue est l'utilisation d'une boussole solaire.

Le principe de la boussole solaire est de projeter l'ombre du soleil sur une surface plane, sur cette surface plane se trouve un cadran gradué représentant l'azimut, en connaissant l'azimut du soleil et en reportant l'ombre sur le cadran nous obtenons la position nord-sud.

3.4.1 Pointage géographique

Le premier alignement Nord-sud fut effectué par une boussole solaire totalement indépendante de l'arc d'ombrage, le but consiste à l'aide d'une feuille excel et de l'heure actuelle, de calculer l'azimut, de le reporter sur la boussole solaire en la faisant pivoter et de pointer un point géographique passant dans l'axe nord-sud de la boussole solaire. Une fois ce point géographique trouvé, nous effectuons la même démarche en reportant ce point dans l'axe de la barre coulissante. Cette méthode donne de bons résultats, mais elle nous expose à des erreurs d'angle notamment lors du pointage du point géographique et le vent faisant bouger le fil, elle a aussi pour inconvénient une mise en place assez lourde avec l'obligation d'avoir un ordinateur portable sous la main.

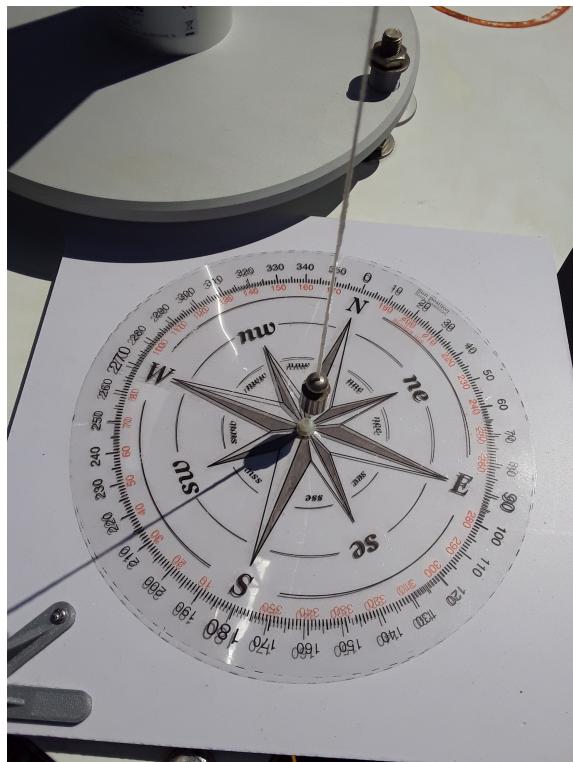


Figure 5: Boussole solaire



Figure 6: Point géographique

3.4.2 Boussole solaire fixe

Pour pallier les problèmes de la boussole solaire traditionnelle, il fit élaborer une boussole solaire fixe. Le but est de faciliter le réglage nord-sud, mais aussi de diminuer les erreurs d'angles de la boussole traditionnelle, pour se faire la boussole devra être fixée à la barre transversale du cm121.

Pour faciliter la maintenance le choix de la conception s'est porté sur l'impression 3D, la modélisation fut effectué sur le logiciel fusion 360 (figure *). La boussole comporte 4 parties imprimer en 3D (deux bases et deux longerons), une plaque de plexiglas permettant de placer notre cadran d'azimut et une tige filetée qui sert de support au fil.

Les quatre parties imprimées en 3D sont assemblées à l'aide de quatre boulons de 3*20mm.

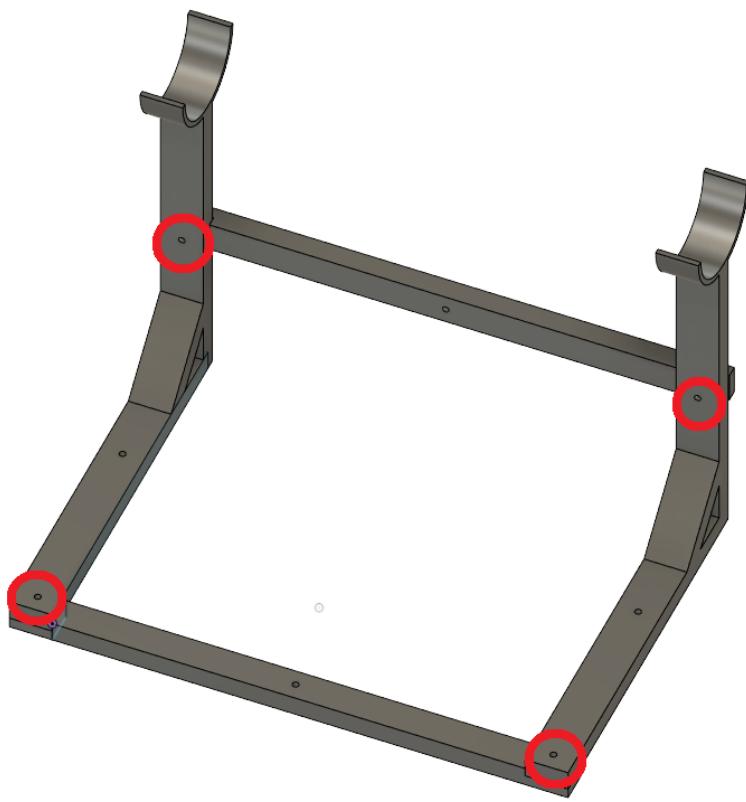


Figure 7: Assemblage bases et longerons

Trois boulons de 3*30mm viennent se placer aux endroits prévus, ces boulons permettent de régler la plaque de plexiglas pour qu'elle soit horizontale. La plaque de plexiglas est coupé dans du plexiglas de 3 mm et les passages de boulon sont percé par une mèche de 3 mm. La plaque repose sur les trois boulons de 3*30mm.

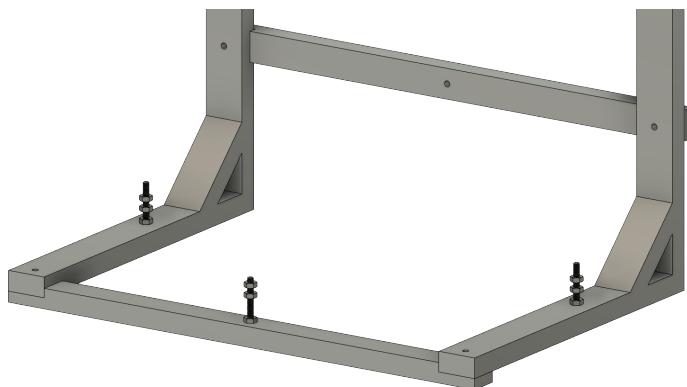


Figure 8: cadran d'azimut

Le cadran d'azimut est imprimé sur du papier ordinaire puis plastifié pour résister aux intempéries, il est fixé sur la plaque de plexiglas grâce à huit aimants qui permettent de faire coïncider les bords pour être parallèle avec la plaque de plexiglas et donc indirectement avec la barre transversale du cm121.

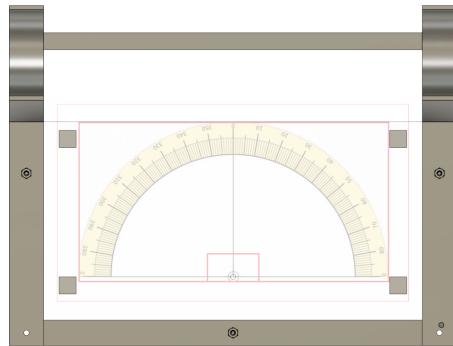


Figure 9: cadran d'azimut

Viens ensuite la mise en place de la tige filetée de 3 mm qui supporte le fil. Le fil passe dans l'intersection du cadran d'azimut et la plaque de plexiglas par un trou de 3 mm, cela permet de réduire les effets du vent sur l'oscillation du fil.

Le cadran est par la suite fixé à la barre transversale à l'aide de Colliers rilsan, la plaque de plexiglas doit ensuite être réglée à l'horizontale, pour se faire un niveau de surface est utilisé et les ajustements se font par les trois boulons de 3*30mm.

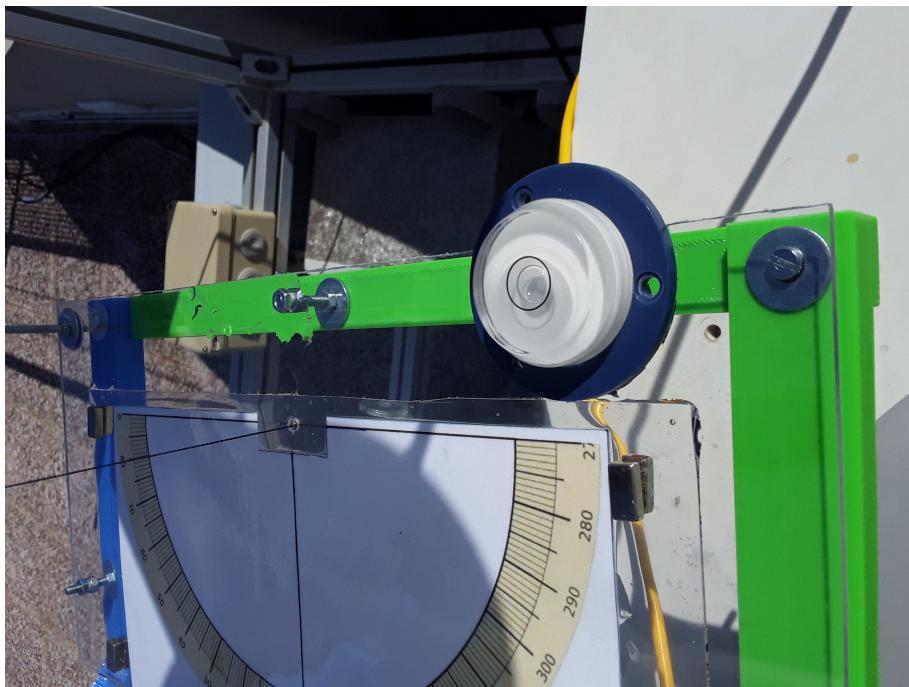


Figure 10: cadran d'azimut

Nous devons maintenant connaitre l'azimut du soleil, la solution la plus simple est d'utiliser un site internet comme par exemple suncalc.org. L'azimut obtenu doit ensuite être reporté sur le cadran, pour se faire il suffit de faire pivoter la base du cm121 sur son axe vertical. Le positionnement Nord-sud est effectué.

Cette méthode comporte quand même des limites, elle ne marche que pour les jours ensoleillés et la présence de masques cache à certains moments de la journée le soleil ce qui empêche le positionnement nord-sud.

4 Programmation

4.1 Calendrier du Cm121

Le calendrier de maintenance du CM121 comporte deux informations, l'heure du midi solaire et la position de la barre coulissante.

La position de la barre coulissante est calculée en fonction de la déclinaison du soleil, par l'expression :

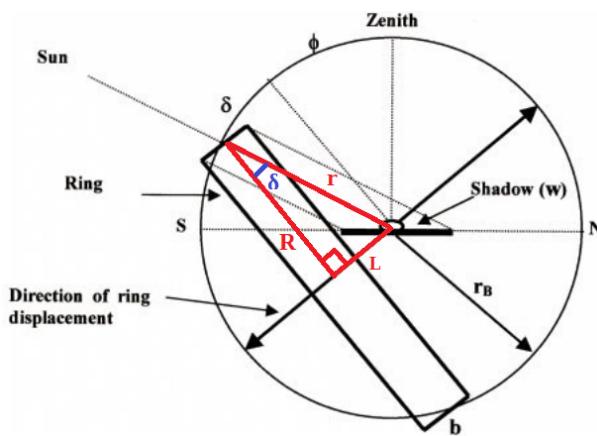
$$L = 297 \tan(\delta)$$

Avec :

L : la position de la barre coulissante

δ : la déclinaison du soleil

Nous pouvons retrouver cette équation en calculant le côté opposé à l'angle aigu d'un triangle rectangle, comme sur la figure suivante:



$$R = 297 \text{ mm}$$

$$\tan(\delta) = \frac{L}{R}$$

$$L = R \tan(\delta)$$

$$L = 297 \tan(\delta)$$

Les calendriers sont calculés par la fonction principale `calendrier.py` (voir annexe), pour faciliter l'exécution du programme, celui-ci s'exécute via un terminal par la ligne de commande :

```
$python calendrier.py anne
```

Le programme retourne alors trois calendriers, un calendrier au format csv, un calendrier au format xlsx et un calendrier ics. Le calendrier csv est obtenu par du texte brut ce qui signifie qu'il fonctionne avec tous les logiciels de traitement de texte, mais ce format ne permet pas la mise en forme. Le calendrier xlsx permet d'intégrer la mise en forme au calendrier, nous obtenons ainsi des codes couleurs, en vert les jours fériés, en bleu les weekends et en rouge les maintenances

minimums à effectuer sur le cm121. Le calendrier ics permet d'avoir les positions du cm121 au format iCalendar ce qui permet entre autres d'avoir le midi-solaire et la position de la barre coulissante via son smartphone.

calendrier_cm121_2021											
January 2021	February 2021	March 2021	April 2021	May 2021	June 2021	July 2021	August 2021	September 2021	October 2021	November 2021	December 2021
Fri 1 Cm121: -126 midi solaire : 12:21:40	Sun 1 Cm121: -92 midi solaire : 12:31:39	Mon 1 Cm121: -41 midi solaire : 12:30:23	Thu 1 Cm121: 22 midi solaire : 12:21:55	Sat 1 Cm121: 78 midi solaire : 12:21:55	Tue 1 Cm121: 119 midi solaire : 12:15:56	Wed 1 Cm121: 127 midi solaire : 12:15:56	Thu 1 Cm121: 127 midi solaire : 12:15:56	Fri 1 Cm121: 127 midi solaire : 12:15:56	Sun 1 Cm121: 97 midi solaire : 12:24:25	Mon 1 Cm121: 97 midi solaire : 12:13:39	Wed 1 Cm121: 77 Position : -118
Sat 2 Midi solaire : 12:22: 6 Position = -125	Sun 2 Midi solaire : 12:31:46 Position = -91	Mon 2 Midi solaire : 12:30:11 Position = -39	Tue 2 Midi solaire : 12:21:37 Position = -24	Wed 2 Midi solaire : 12:15:53 Position = 80	Thu 2 Midi solaire : 12:16:55 Position = 120	Fri 2 Midi solaire : 12:22:10 Position = 96	Sat 2 Midi solaire : 12:17:44 Position = 42	Sun 2 Midi solaire : 12:17:23 Position = -16	Mon 2 Midi solaire : 12:13:38 Position = -76	Tue 2 Midi solaire : 12:13:38 Position = -76	Wed 2 Midi solaire : 12:13:38 Position = -76
Sun 3 Midi solaire : 12:22:36 Position = -125	Mon 3 Midi solaire : 12:31:53 Position = -29	Tue 3 Midi solaire : 12:29:58 Position = -37	Wed 3 Midi solaire : 12:21:20 Position = 26	Thu 3 Midi solaire : 12:14:57 Position = 81	Fri 3 Midi solaire : 12:16:15 Position = 121	Sat 3 Midi solaire : 12:22:21 Position = 105	Tue 3 Midi solaire : 12:24:16 Position = 94	Sun 3 Midi solaire : 12:27:25 Position = 40	Mon 3 Midi solaire : 12:13:38 Position = -119	Wed 3 Midi solaire : 12:13:38 Position = -119	Thur 3 Midi solaire : 12:13:38 Position = -119
Mon 4 Midi solaire : 12:23: 3 Position = -124	Tue 4 Midi solaire : 12:31:58 Position = -87	Wed 4 Midi solaire : 12:29:45 Position = -35	Thu 4 Midi solaire : 12:21:2	Fri 4 Midi solaire : 12:14:51 Position = 20	Sat 4 Midi solaire : 12:16:26 Position = 122	Mon 4 Midi solaire : 12:22:32 Position = 125	Tue 4 Midi solaire : 12:24:11 Position = 93	Wed 4 Midi solaire : 12:13:5 Position = 30	Thu 4 Midi solaire : 12:13:3 Position = -20	Fri 4 Midi solaire : 12:13:3 Position = -20	Sat 4 Midi solaire : 12:13:3 Position = -20
Tue 5 Midi solaire : 12:23:30 Position = -124	Wed 5 Midi solaire : 12:32: 3 Position = -86	Thu 5 Midi solaire : 12:29:32 Position = -33	Fri 5 Midi solaire : 12:20:45 Position = 30	Sat 5 Midi solaire : 12:14:46 Position = 85	Sun 5 Midi solaire : 12:18:36 Position = 122	Mon 5 Midi solaire : 12:22:42 Position = 125	Tue 5 Midi solaire : 12:24:5 Position = 91	Wed 5 Midi solaire : 12:16:43 Position = 37	Thu 5 Midi solaire : 12:16:28 Position = -22	Fri 5 Midi solaire : 12:14:40 Position = -82	Sat 5 Midi solaire : 12:14:40 Position = -82
Wed 6 Midi solaire : 12:23:57 Position = -123	Thu 6 Midi solaire : 12:32: 8 Position = -84	Fri 6 Midi solaire : 12:29:18 Position = -31	Sat 6 Midi solaire : 12:20:28 Position = 86	Sun 6 Midi solaire : 12:14:42 Position = 123	Mon 6 Midi solaire : 12:16:47 Position = 124	Tue 6 Midi solaire : 12:22:52 Position = 94	Wed 6 Midi solaire : 12:18:25 Position = 35	Thu 6 Midi solaire : 12:16:10 Position = -24	Fri 6 Midi solaire : 12:14:42 Position = -83	Sat 6 Midi solaire : 12:14:42 Position = -83	Mon 6 Midi solaire : 12:14:42 Position = -83
Thu 7 Midi solaire : 12:24:23 Position = -122	Fri 7 Midi solaire : 12:32:11 Position = -28	Sat 7 Midi solaire : 12:29:4 Position = 34	Sun 7 Midi solaire : 12:20:11 Position = -28	Mon 7 Midi solaire : 12:14:38 Position = 88	Tue 7 Midi solaire : 12:23:2 Position = 124	Wed 7 Midi solaire : 12:23:51 Position = 124	Thu 7 Midi solaire : 12:16:4 Position = 33	Fri 7 Midi solaire : 12:14:53 Position = 88	Sat 7 Midi solaire : 12:14:53 Position = 88	Mon 7 Midi solaire : 12:14:53 Position = 88	Tue 7 Midi solaire : 12:14:53 Position = -123

Figure 11: calendrier au format csv

January 2021	February 2021	March 2021	April 2021	May 2021	June 2021	July 2021	August 2021	September 2021	October 2021	November 2021	December 2021
Fri 1 Cm121: -126 midi solaire : 12:21:40	Sun 1 Cm121: -92 midi solaire : 12:31:39	Mon 1 Cm121: -41 midi solaire : 12:30:23	Thu 1 Cm121: 22 midi solaire : 12:21:55	Sat 1 Cm121: 78 midi solaire : 12:21:55	Tue 1 Cm121: 119 midi solaire : 12:15:56	Wed 1 Cm121: 127 midi solaire : 12:15:56	Thu 1 Cm121: 127 midi solaire : 12:15:56	Fri 1 Cm121: 127 midi solaire : 12:15:56	Sun 1 Cm121: 97 midi solaire : 12:24:25	Mon 1 Cm121: 97 midi solaire : 12:13:39	Wed 1 Cm121: 77 Position = -118
Sat 2 Midi solaire : 12:22: 6 Position = -125	Sun 2 Midi solaire : 12:31:46 Position = -91	Mon 2 Midi solaire : 12:30:11 Position = -39	Tue 2 Midi solaire : 12:21:37 Position = -24	Wed 2 Midi solaire : 12:15:53 Position = 80	Thu 2 Midi solaire : 12:16:55 Position = 120	Fri 2 Midi solaire : 12:22:10 Position = 96	Sat 2 Midi solaire : 12:17:44 Position = 42	Sun 2 Midi solaire : 12:17:23 Position = -16	Mon 2 Midi solaire : 12:13:38 Position = -76	Tue 2 Midi solaire : 12:13:38 Position = -76	Wed 2 Midi solaire : 12:13:38 Position = -76
Sun 3 Midi solaire : 12:22:36 Position = -125	Mon 3 Midi solaire : 12:31:53 Position = -29	Tue 3 Midi solaire : 12:29:58 Position = -37	Wed 3 Midi solaire : 12:21:20 Position = 26	Thu 3 Midi solaire : 12:14:57 Position = 81	Fri 3 Midi solaire : 12:16:15 Position = 121	Sat 3 Midi solaire : 12:22:21 Position = 105	Tue 3 Midi solaire : 12:24:16 Position = 94	Sun 3 Midi solaire : 12:27:25 Position = 40	Mon 3 Midi solaire : 12:13:38 Position = -119	Wed 3 Midi solaire : 12:13:38 Position = -119	Thur 3 Midi solaire : 12:13:38 Position = -119
Mon 4 Midi solaire : 12:23: 3 Position = -124	Tue 4 Midi solaire : 12:31:58 Position = -87	Wed 4 Midi solaire : 12:29:45 Position = -35	Thu 4 Midi solaire : 12:21:2	Fri 4 Midi solaire : 12:14:51 Position = 20	Sat 4 Midi solaire : 12:16:26 Position = 122	Mon 4 Midi solaire : 12:22:32 Position = 125	Tue 4 Midi solaire : 12:24:11 Position = 93	Wed 4 Midi solaire : 12:13:5 Position = 30	Thu 4 Midi solaire : 12:13:3 Position = -20	Fri 4 Midi solaire : 12:13:3 Position = -20	Sat 4 Midi solaire : 12:13:3 Position = -20
Tue 5 Midi solaire : 12:23:30 Position = -124	Wed 5 Midi solaire : 12:32: 3 Position = -86	Thu 5 Midi solaire : 12:29:32 Position = -33	Fri 5 Midi solaire : 12:20:45 Position = 30	Sat 5 Midi solaire : 12:14:46 Position = 85	Sun 5 Midi solaire : 12:18:36 Position = 122	Mon 5 Midi solaire : 12:22:42 Position = 125	Tue 5 Midi solaire : 12:24:5 Position = 91	Wed 5 Midi solaire : 12:16:43 Position = 37	Thu 5 Midi solaire : 12:16:28 Position = -22	Fri 5 Midi solaire : 12:14:40 Position = -82	Sat 5 Midi solaire : 12:14:40 Position = -82
Wed 6 Midi solaire : 12:23:57 Position = -123	Thu 6 Midi solaire : 12:32: 8 Position = -84	Fri 6 Midi solaire : 12:29:18 Position = -31	Sat 6 Midi solaire : 12:20:28 Position = 86	Sun 6 Midi solaire : 12:14:42 Position = 123	Mon 6 Midi solaire : 12:16:47 Position = 124	Tue 6 Midi solaire : 12:22:52 Position = 94	Wed 6 Midi solaire : 12:18:25 Position = 35	Thu 6 Midi solaire : 12:16:10 Position = -24	Fri 6 Midi solaire : 12:14:42 Position = -83	Sat 6 Midi solaire : 12:14:42 Position = -83	Mon 6 Midi solaire : 12:14:42 Position = -83
Thu 7 Midi solaire : 12:24:23 Position = -122	Fri 7 Midi solaire : 12:32:11 Position = -28	Sat 7 Midi solaire : 12:29:4 Position = 34	Sun 7 Midi solaire : 12:20:11 Position = -28	Mon 7 Midi solaire : 12:14:38 Position = 88	Tue 7 Midi solaire : 12:23:2 Position = 124	Wed 7 Midi solaire : 12:23:51 Position = 124	Thu 7 Midi solaire : 12:16:4 Position = 33	Fri 7 Midi solaire : 12:14:53 Position = 88	Sat 7 Midi solaire : 12:14:53 Position = 88	Mon 7 Midi solaire : 12:14:53 Position = 88	Tue 7 Midi solaire : 12:14:53 Position = -123

Figure 12: calendrier au format xlsx

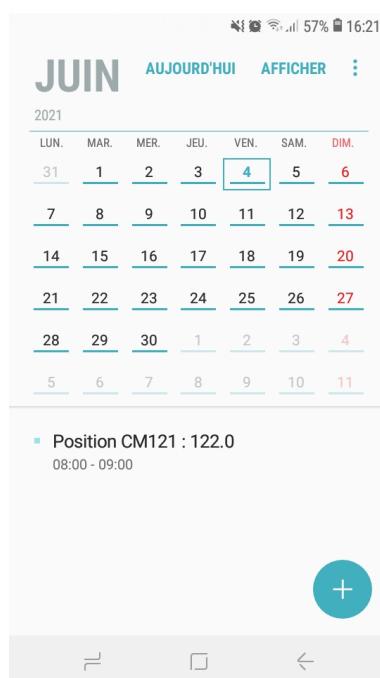


Figure 13: calendrier au format ics

4.2 Analyse statistique

J'ai dû développer lors du stage des programmes en python permettant d'effectuer l'analyse statistique d'un jeu de données. Pour ce faire mes programmes fonctionnent avec des dataframes, j'ai porté mon choix vers les dataframes car elles sont faciles à manipuler.

4.2.1 Suppression des données non utilisés, non acquis et abérantes

Le fichier de mesure comporte généralement des données non acquises pouvant bloquer l'exécution de certains programmes, mais aussi les données pour la nuit qui sont intéressantes dans le cas du DHI ou du GHI. La fonction nettoyage.py (voire annexe) permet d'enlever ces valeurs.

4.2.2 Calcul des facteurs de correction

Les données du cm121 doivent être corrigées car l'arc d'ombrage masque une partie du diffus. L'expression permettant de calculer le facteur de correction donné dans la datasheet se base sur les travaux de Drummond, cette correction fait l'hypothèse que le ciel est isotropique ce qui donne une correction des mesures purement géométrique (voir annexe).

Les mesures du CM121 sont corrigées par la fonction `correction_kippzonen.py` (voir annexe), cette fonction calcule le facteur de correction en se basant sur l'heure ou la mesure a été prise et l'applique aux mesures du cm121.

4.2.3 Etalonnage

Lors de l'étalonnage les mesures subissent une régression linéaire par rapport à des mesures de références, nous obtenons alors une droite d'équation $y = ax + b$ que nous voulons ramener pour obtenir une droite d'équation $y = x$.

La fonction `regression_lineaire.py` permet d'effectuer l'étalonnage (voir annexe). Outre l'étalonnage la fonction `regression_lineaire.py` effectue aussi l'analyse statistique. L'analyse statistique permet d'obtenir sur le graphique le coefficient de détermination R^2 , la variance, l'erreur quadratique moyenne et l'erreur absolue moyenne.

Le coefficient de détermination R^2 est un indicateur qui permet de juger la qualité d'une régression linéaire. Si le R^2 vaut 1, cela signifie que l'équation de la droite de régression est capable de déterminer 100 % de la distribution des points. Cela signifie alors que le modèle mathématique utilisé, ainsi que les paramètres a et b calculés sont ceux qui déterminent la distribution des points.

La variance est une mesure de la dispersion des valeurs d'un échantillon.

L'erreur quadratique moyenne (RMSE) fournit une indication par rapport à la dispersion ou la variabilité de la qualité de la prédiction, il est souvent relié à la variance car les valeurs de RMSE sont difficiles à interpréter parce que l'on n'est pas en mesure de dire si on a une variance faible ou forte, l'erreur quadratique moyenne donne plus de poids aux erreurs élevées.

L'erreur absolue moyenne (MAE) représente l'erreur systématique, toutes les différences individuelles ont le même poids.

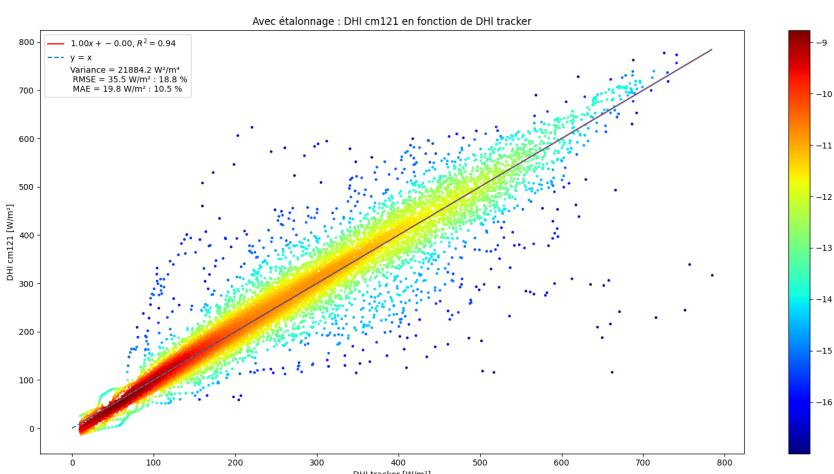


Figure 14: régression linéaire

4.3 Représentation graphique de l'erreur relative

La fonction `erreur_relative.py` donne la représentation de l'erreur relative en fonction de l'azimut et de l'élévation du soleil permet de mettre en lumière des journées particulières comme par exemple le dysfonctionnement de l'acquisition des mesures, mais aussi la présence de masques ou de reflet impactant le pyranomètre. Les erreurs aberrantes qui sont identifiées grâce à cette méthode peuvent donc être supprimées.

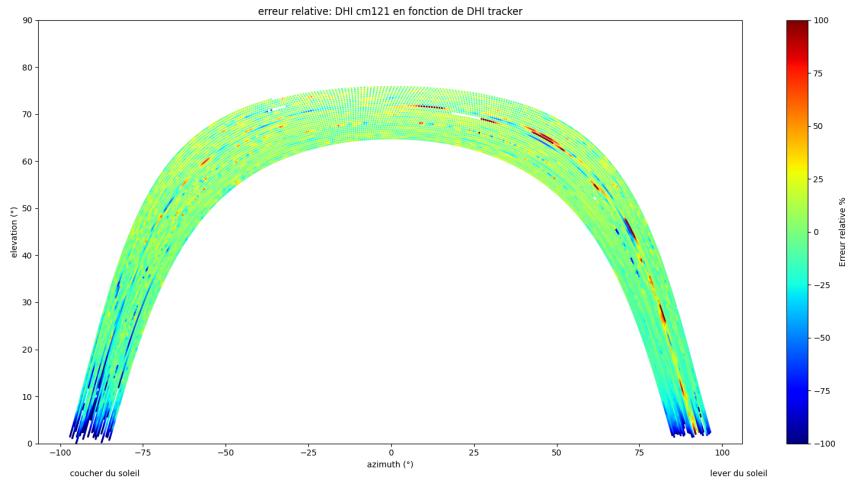


Figure 15: régression linéaire

4.3.1 Histogramme

La fonction `histogramme.py` donne la représentation graphique de la répartition d'une variable, dans notre cas la fonction donne la répartition du rayonnement diffus et de l'erreur relative.

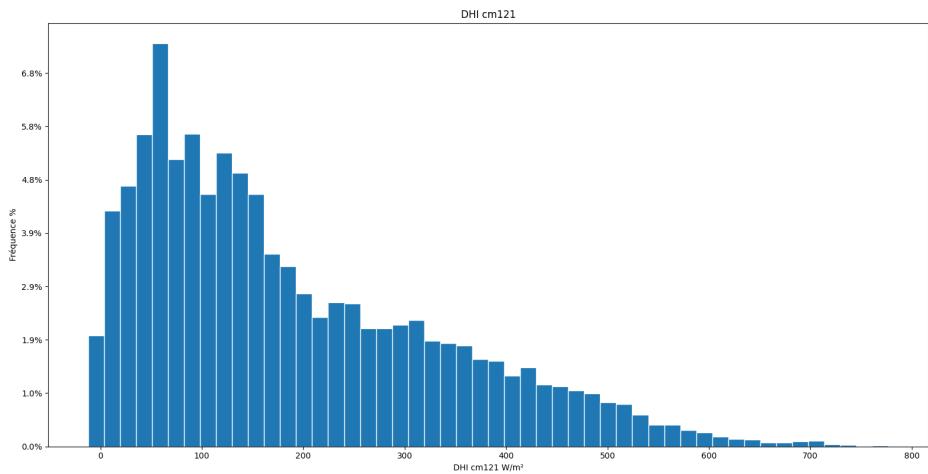


Figure 16: régression linéaire

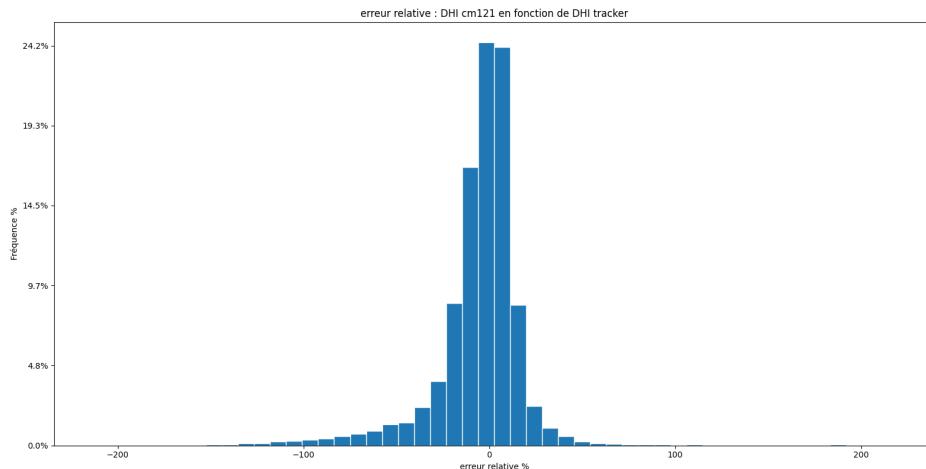


Figure 17: régression linéaire

4.3.2 Selection des mesures entre deux intervalles

Deux fonctions ont été créer pour sélectionner les mesures entre une période donnée, la première permet d'avoir les mesures entre deux dates et la dernière permet d'avoir les mesures pour une tranche horaire spécifiée.

4.3.3 exécution de l'analyse statistique

Pour faciliter l'utilisation du programme celui-ci s'exécute via un terminal, pour ce faire l'utilisateur doit juste renseigner le nom de son fichier de mesure, choisir les valeurs teste et les valeurs pour la référence. Si l'utilisateur le souhaite il est aussi en mesure de renseigner la période sur laquelle il souhaite l'analyse statistique.

4.3.4 Etallonage du cm121 avec le spn1

Pour effectuer l'étalonnage du cm121, les mesures de référence sont celles du tracker. Nous cherchons à savoir si les mesures du CM121 sont plus proches du spn1 ou du tracker, si les mesures sont plus proche de celle du spn1 alors il semble préférable d'effectuer l'étalonnage avec les mesures du spn1. Le CM121 et le spn1 utilise tous deux un arc pour masquer le rayonnement direct du soleil, cet arc donne un angle de vue de 10.8° pour le cm121 et le spn1 comparer à un angle de vue de 5° pour le masque du tracker.

L'analyse statistique est effectuée entre le 01 janvier 2021 jusqu'au 01 avril 2021.

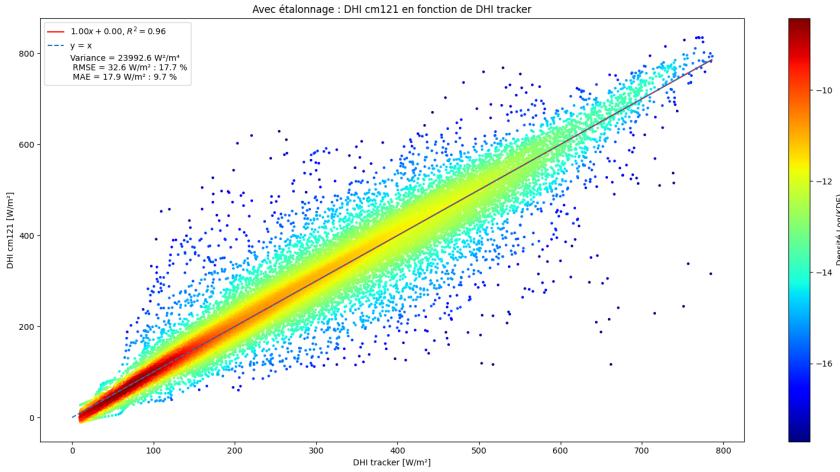


Figure 18: cm121 en fonction du tracker

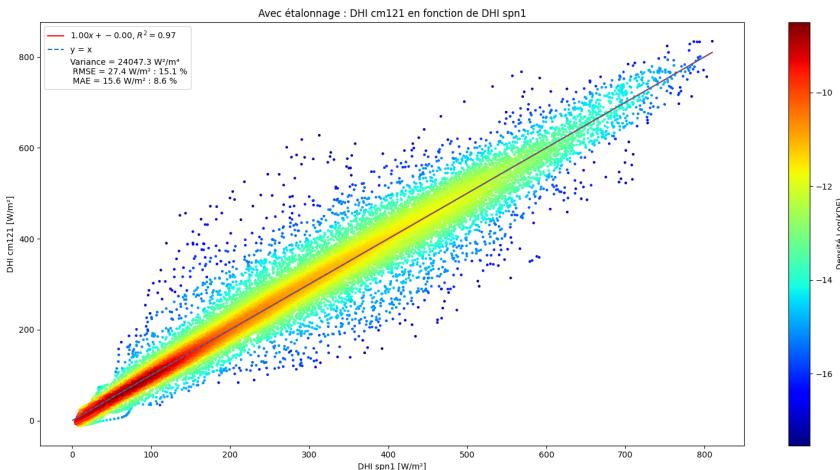


Figure 19: cm121 en fonction du spn1

On constate que les variances sont approximativement les mêmes, qui plus est en étalonnant le cm121 avec le spn1 l'erreur quadratique moyenne et l'erreur absolue moyenne sont plus faibles et le coefficient de détermination est plus élevé. Les mesures du cm121 sont donc plus proches des mesures du spn1 que celles du tracker, il est donc possible d'étailler le cm121 avec le spn1.

4.3.5 Impact de la ventilation sur les mesures du cm121

Les mesures avec la ventilation opérationnelle ont été acquise entre le 21 avril 2021 et le 31 mai 2021, nous devons donc comparer les mesures avec ventilation et sans ventilation sur une même période de 41 jours, les mesures entre le 21 avril 2021 et le 31 mai 2021 (avec ventilation) sont comparer aux mesures entre le 11 mars et le 20 avril (sans ventilation).

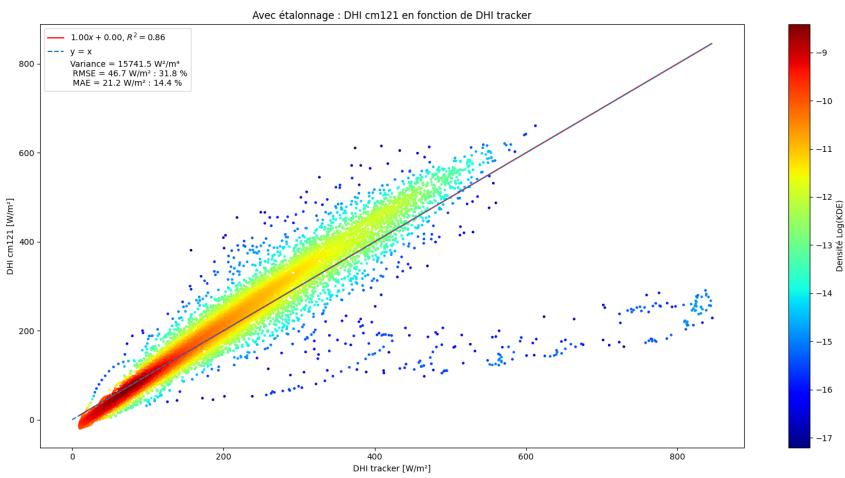


Figure 20: régression linéaire période avec ventilation

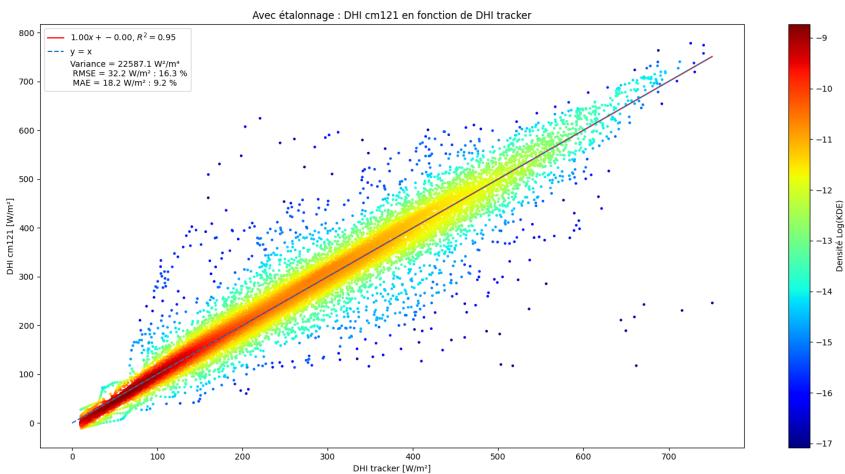


Figure 21: régression linéaire période sans ventilation

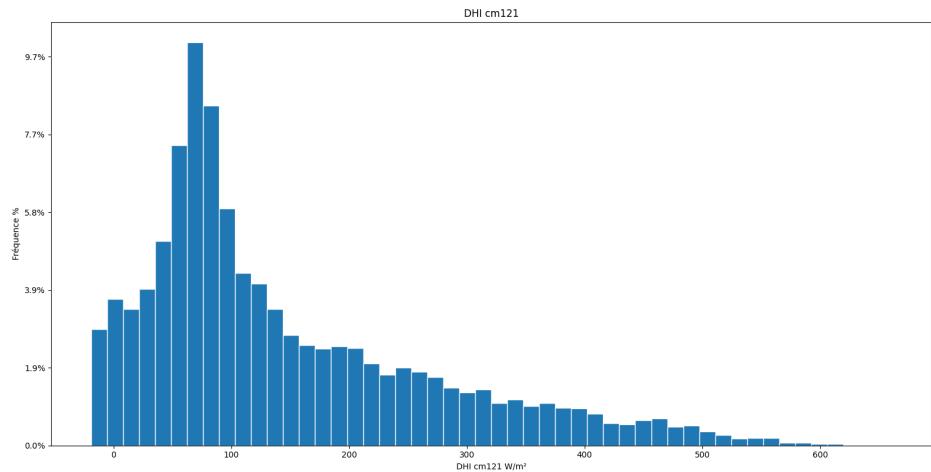


Figure 22: répartition du DHI avec ventilation

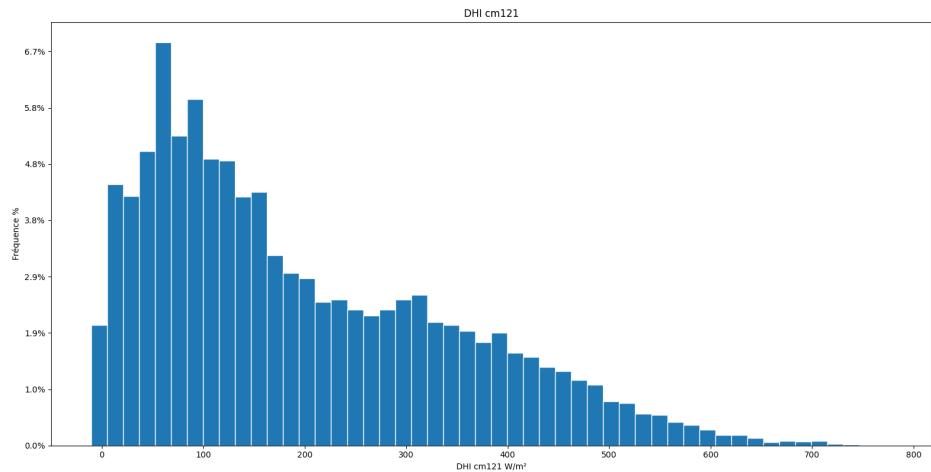


Figure 23: répartition du DHI sans ventilation

Les histogrammes nous montrent que pour les deux périodes la répartition du DHI est similaire. Nous obtenons avec la mise en place de la ventilation un RMSE et un MAE plus élevé, en revanche la variance est plus faible, les mesures ont donc moins de dispersion avec la ventilation. Pour obtenir des résultats plus concrets il faudrait réaliser la même étude sur une période plus longue.