
Bilan des mesures Ballon 2022

1 Pesée - Vitesse de montée - Altitude d'éclatement

Masse de la nacelle : **1455 g**.

Nous sommes en dessous des 1800 g exigé par le cahier des charge. Le gonflage du ballon a été adapté (5,1 m cube) afin d'avoir la portance qui permette une vitesse d'ascension de 5 m/s.

Vitesse de montée décollage = **4,74 m/s**

Vitesse de montée à 4000 m = **5,21 m/s**

Vitesse de montée à 20000 m = **5,41 m/s**

Vitesse de montée à 30000 m = **6,57 m/s**

Altitude à l'éclatement = **34 295 m**

Un ballon contenant moins d'hélium éclate à une altitude plus élevée.

2 Fréquence et Indicatif des émetteurs

La nacelle est équipée de trois émetteurs :

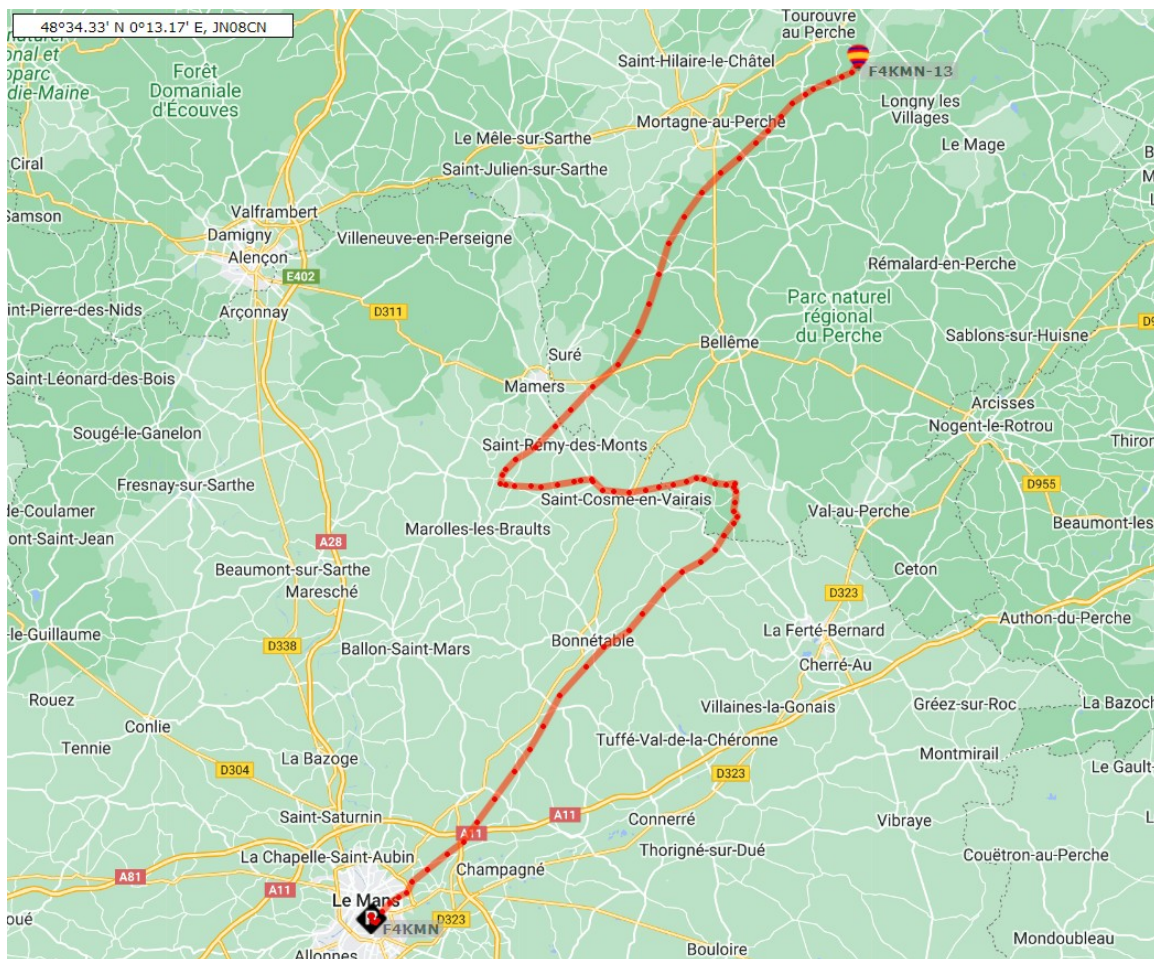
- APRS sur LoRa fréquence **433,775 MHz** indicatif **F4KMN-11**
- APRS sur FX25 fréquence **137,05 MHz** indicatif **F4KMN-13**
- Sigfox fréquence **868 MHz** indicatif **C50EE9**

Les émissions sont décalées

- trame APR FX25 à la seconde **57**
- trame APRS Lora à la seconde **10**
- trame Sigfox à la seconde **40**

3 Le suivi de la trajectoire

Le taux de mise à jour pour le suivi est d'une fois par minute sur la fréquence **433 MHz** (Lora) et d'une fois toutes les deux minutes pour les fréquences **137,05 MHz** (APRS FX25) et **868 MHz** (Sigfox).



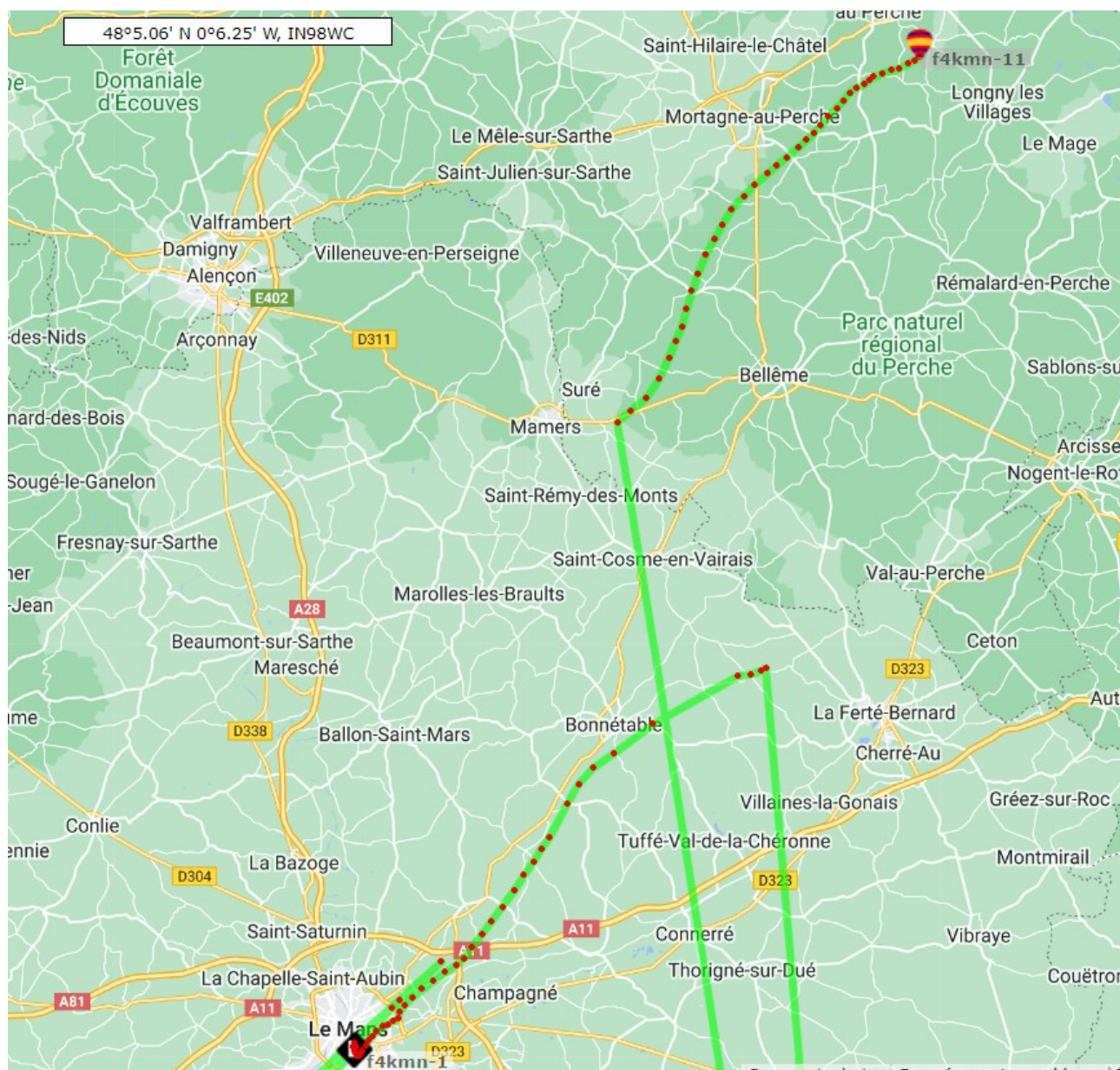
Temps de vol

Départ **13h 44' 15"**

Arrivée **16h 29' 55"**

durée **2h 45' 40"**

Sur la carte TTGO « LoRa », la puce GNSS a cessé de fonctionner à une altitude d'environ 12 000 m. Les positions de la charge utile au-dessus de 12 000 m étaient donc totalement fausses. Cependant le fonctionnement est revenu à la normale à la descente. On remarque que les points sont plus serrés que sur la trajectoire précédente car le taux de mise à jour est de une fois toutes les minutes.



Après quelques recherches sur le WEB, nous découvrons que la puce GNSS (NEO-6M) est configurée par défaut sur le modèle de plate-forme dynamique **Portable** (altitude max 12000m). Toutefois elle peut enregistrer les rapports d'altitude et de positionnement jusqu'à 160 000 FT (48 768 m), nous devons nous assurer d'activer le modèle de plate-forme dynamique (voir tableau ci-dessous) pour ajuster le moteur de navigation à l'environnement d'application attendu. Le modèle **Airborne1g** est prévu pour fonctionner jusqu'à 50 km d'altitude.

Dynamic Platform Model Details

Platform	Max Altitude [m]	MAX Horizontal Velocity [m/s]	MAX Vertical Velocity [m/s]	Sanity check type	Max Position Deviation
Portable	12000	310	50	Altitude and Velocity	Medium
Stationary	9000	10	6	Altitude and Velocity	Small
Pedestrian	9000	30	20	Altitude and Velocity	Small
Automotive	6000	100	15	Altitude and Velocity	Medium
At sea	500	25	5	Altitude and Velocity	Medium
Airborne <1g	50000	100	100	Altitude	Large
Airborne <2g	50000	250	100	Altitude	Large
Airborne <4g	50000	500	100	Altitude	Large
Wrist	9000	30	20	Altitude and Velocity	Medium
Bike	6000	100	15	Altitude and Velocity	Medium

Vitesse mesurée de descente après éclatement

13941 pieds = 4249 m $4249 / 120 = 35,40 \text{ m/s}$ 127 km/h

Le modèle **Airborne <1g** est prévu pour fonctionner jusqu'à une vitesse verticale de 100m/s.

Conclusion

Le modèle Airborne <1g est le mieux adapté.

Par contre quand le ballon est retombé au sol, il serait bien de revenir au modèle **Stationary** qui donne la meilleur précision de position possible.

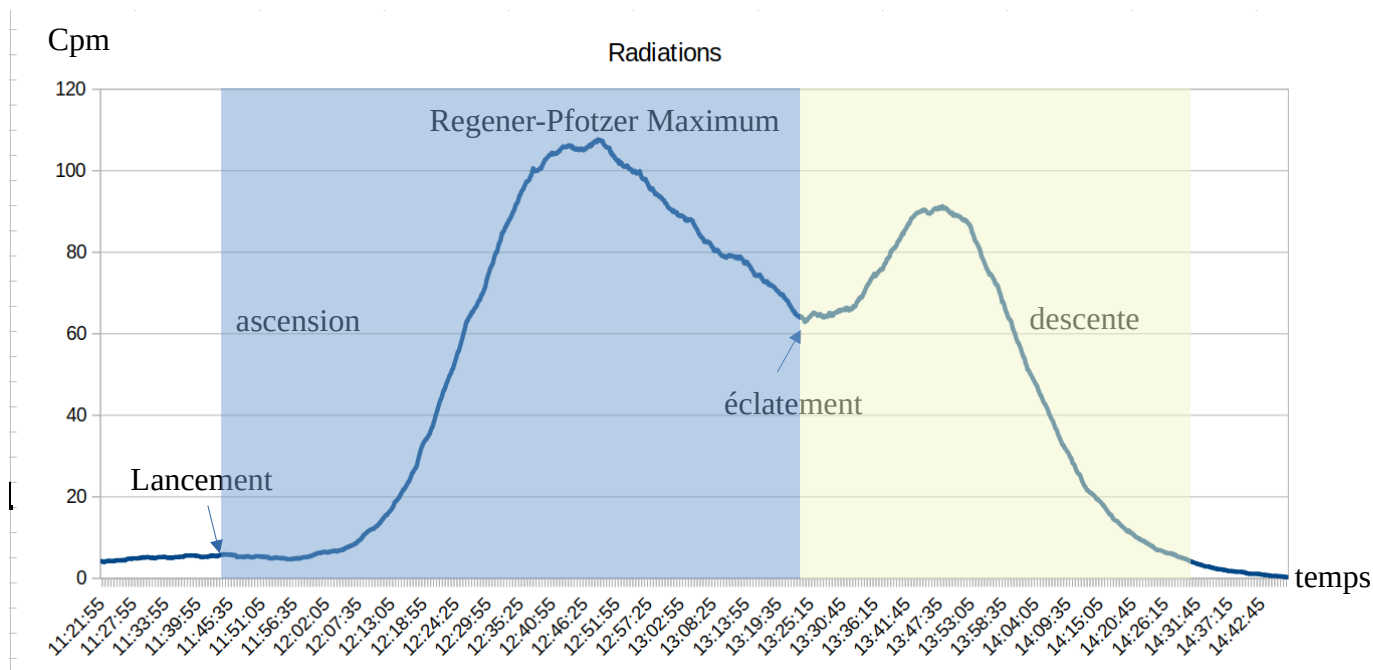
Extrait de programme pour adapter le modèle

```
myGPS.setDynamicModel(DYN_MODEL_AIRBORNE1g);
// Verification de la prise en compte
uint8_t newDynamicModel = myGPS.getDynamicModel();
if (newDynamicModel == 255)
{
    Serial.println(F("***!!! Warning: getDynamicModel failed !!!***"));
}
else
{
    Serial.print(F("The new dynamic model is: "));
    Serial.println(newDynamicModel);
}
```

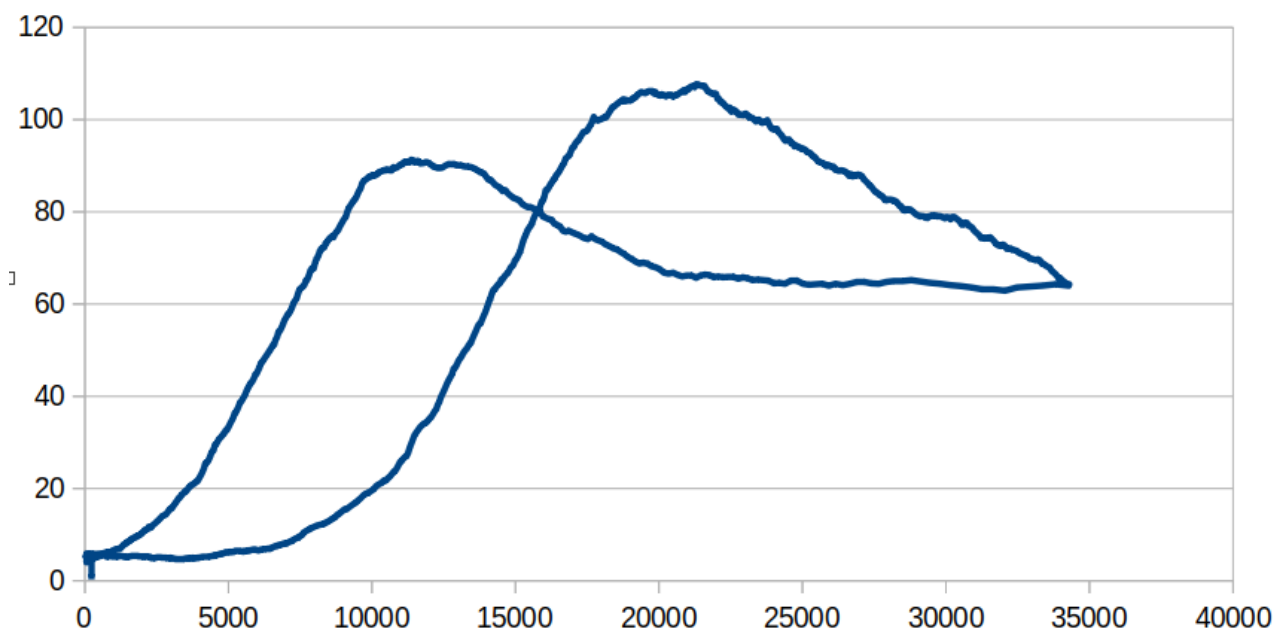
4 Radiation

Tout d'abord, nous visons à confirmer les données concernant le maximum Regener-Pfotzer. Nous n'avons trouvé aucune étude européenne sur le maximum de Regener-Pfotzer lors de nos recherches.

Lors de nos mesures nous avons constaté un maximum à 69369 pieds = **21 143 m** → **107 cpm**
La dose de rayonnement diminue comme prévu lorsque le capteur atteint des altitudes plus élevées que le Maximum de Regener-Pfotzer .

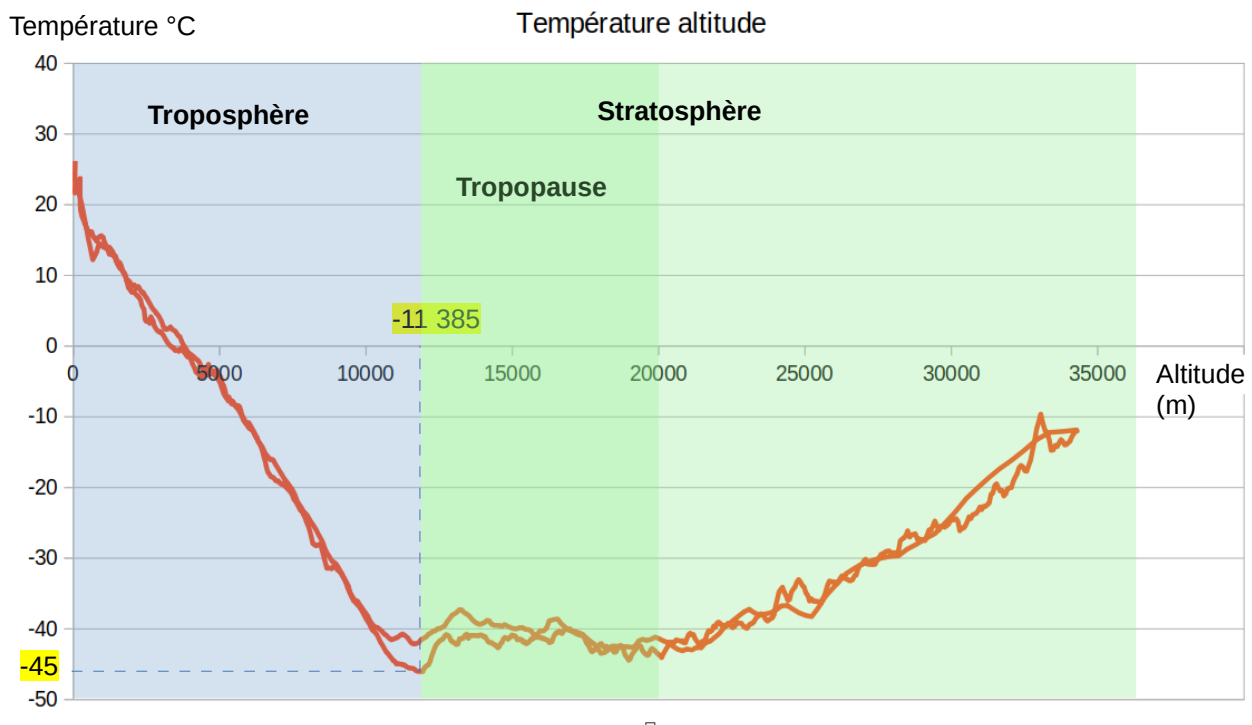


radiation en fonction de l'altitude



5 Evolution de la température avec l'altitude

La température minimale a été atteinte à 37355 pieds = **11 385 m** → **-45 °C**



Le gradient thermique dans la troposphère est : **-5,9 °C/Km**

Le gradient thermique dans la tropopause est : **+0 °C/km**

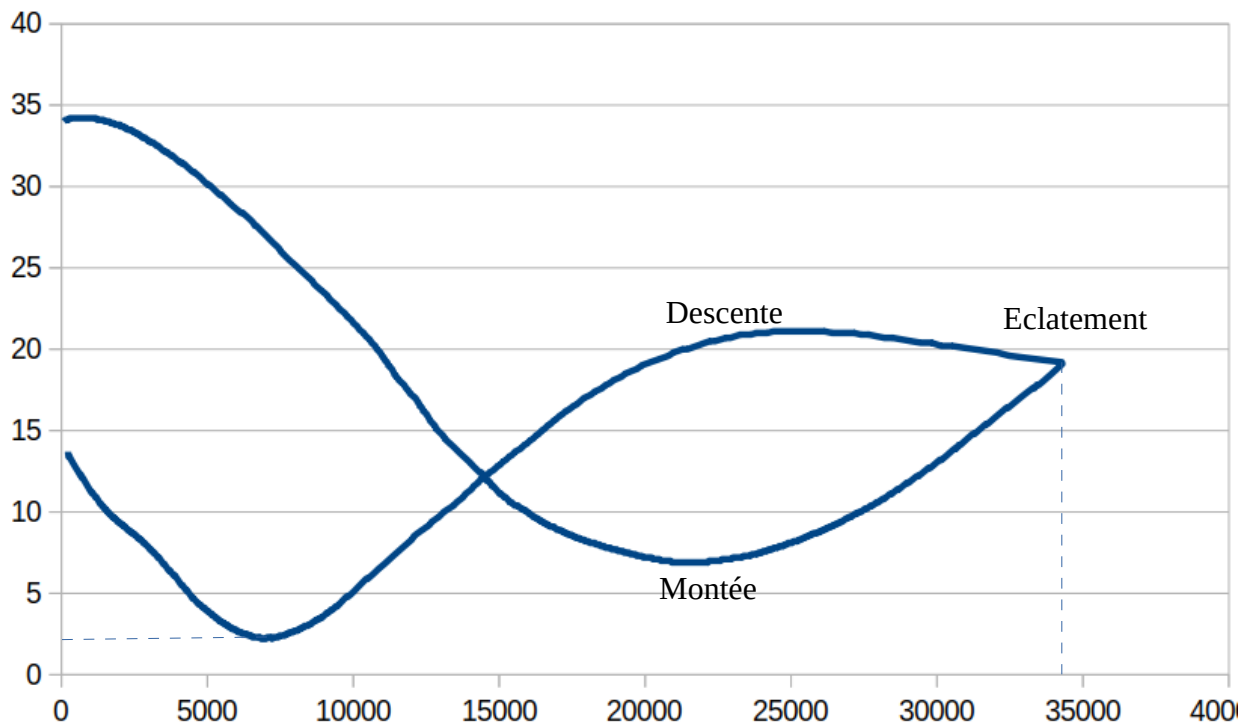
Le gradient thermique dans la stratosphère est : **+2,22 °C/km**

Conclusion les valeurs de température mesurée avec le thermocouple de type K sont proches des valeurs de l'atmosphère standard dite «ISA» (*International Standard Atmosphere*)

6 Température minimale à l'intérieur de la nacelle

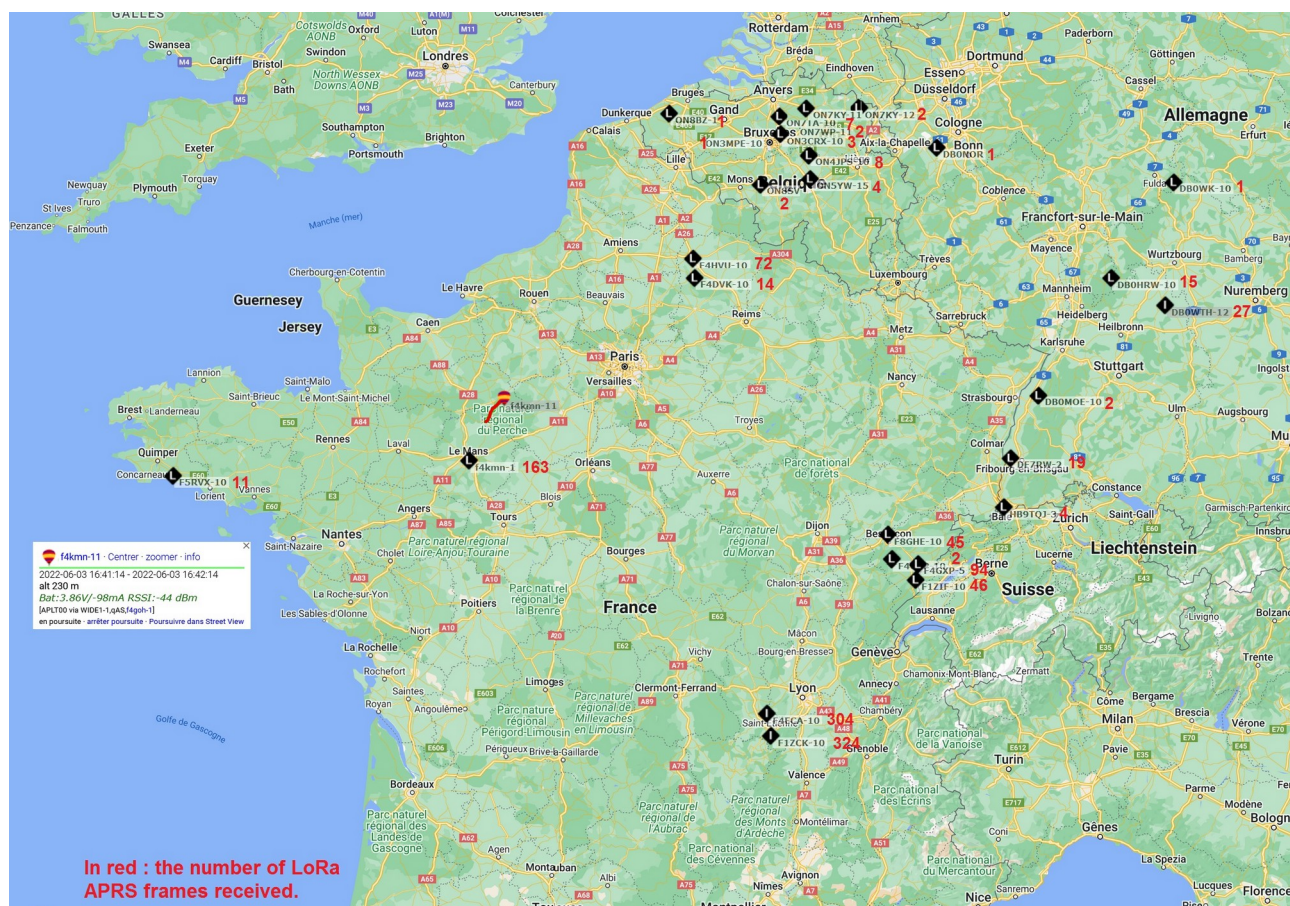
Un capteur mesure la température à l'intérieur de la nacelle

La température minimale est de **+2,2 °C** obtenue pendant la descente à 7000m d'altitude



7 Trames APRS via LoRA

Pendant le vol, une trame par minute est émise, soit au total 177 trames transmises.
Les trames ont été entendues et relayées par les relais suivants.



Nombre de trames relayées par station (grep F1ZCK-10 Trame_F4KMN-11.txt | wc)

F1ZCK-10	324	F4GXP-10	5
F4ECA-10	304	ON5YW-15	4
F4KMN-1	163	HB9TQJ-3	4
F4GOH-1	122	ON3CRX-10	3
F4GXP-5	93	ON7WP-11	2
F4HVV-10	72	F4EWJ-10	2
F1ZIF-10	46	DB0MOE-10	2
F8GHE-10	45	ON7KY-12	2
DB0WTH-12	27	ON8SV-15	2
DF7RW-2	19	ON8BZ-13	1
DB0HRW-10	15	ON7KY-11	1
F4DVK-10	14	DB0NOR	1
F5RVX-10	11	DB0WK-10	1
ON4JPS-10	8	ON3MPE-10	1
ON7TA-10	7	F4GXP-3	1

Remarque : Les Relais F1ZCK-10 et F4ECA-10 ont bouclé sur eux-mêmes, ce qui explique qu'ils ont entendu plus de messages que le ballon en a envoyés.

8 Atterrissage

La charge utile avec le réflecteur et le parachute se sont posés sur une petite route de campagne.

route de l'épine Jousset

commune de **Tourouvre au Perche** dans l'**Orne**

Latitude : **48,562312°**

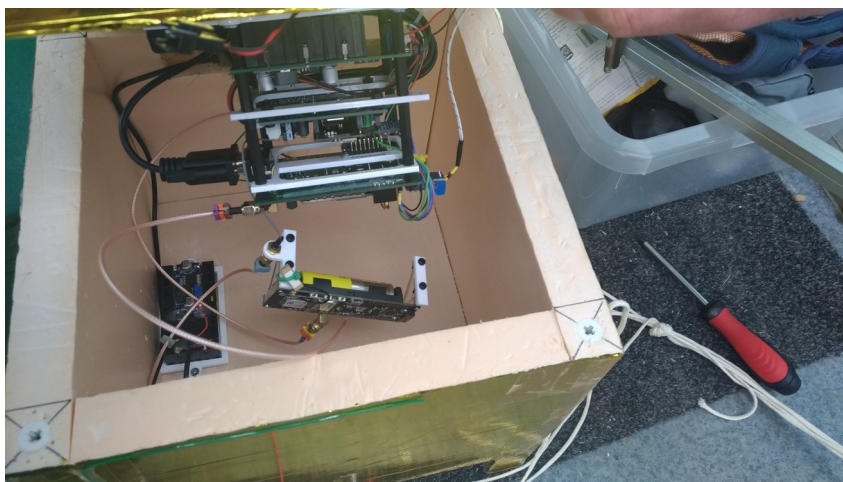
Longitude: **0,684471°**

heure **16h 29' 55"**

Le véhicule suiveur est arrivé sur zone à 16h32 deux minutes après l'atterrissage (16h30).



Après ouverture de la nacelle, nous pouvons constater que la plaque de fixation du TTGO a cédé.



Il faudrait modifier la fixation de cette carte afin d'avoir 4 points d'accrochage !

Il faudrait aussi renforcer les pieds de la nacelle.

9 Conclusions

Pour conclure, nous pouvons maintenant répondre aux questions que nous nous sommes posées au début de notre projet. Le flux de rayonnement augmente-t-il réellement en altitude et, si tel est le cas, la différence de niveaux de rayonnement est-elle suffisamment importante pour constituer une menace pour les humains ?

Nous avons pu constater qu'il y a une augmentation constante du rayonnement à mesure que l'altitude augmente en raison de l'effet de protection de l'atmosphère, jusqu'à une hauteur d'environ 20 km où le rayonnement cosmique secondaire est le plus intense en raison de la formation des cascades de particules.