

L'émotion de la découverte à l'atelier des deux infinis.

A la recherche des muons jusqu'au bout du monde



Cette campagne de mesure a duré 6 mois. Pendant ce temps, les élèves de l'atelier sont occupés à d'autres projets : la journée de l'innovation, l'International Cosmix Day, la fabrication d'un cadran solaire et d'un pendule de Foucault, l'embellissement du système planétaire du lycée, un petit groupe s'occupe de déterminer la durée de vie des muons... Les données s'accumulent... Début avril l'Astrolabe est de retour au port.

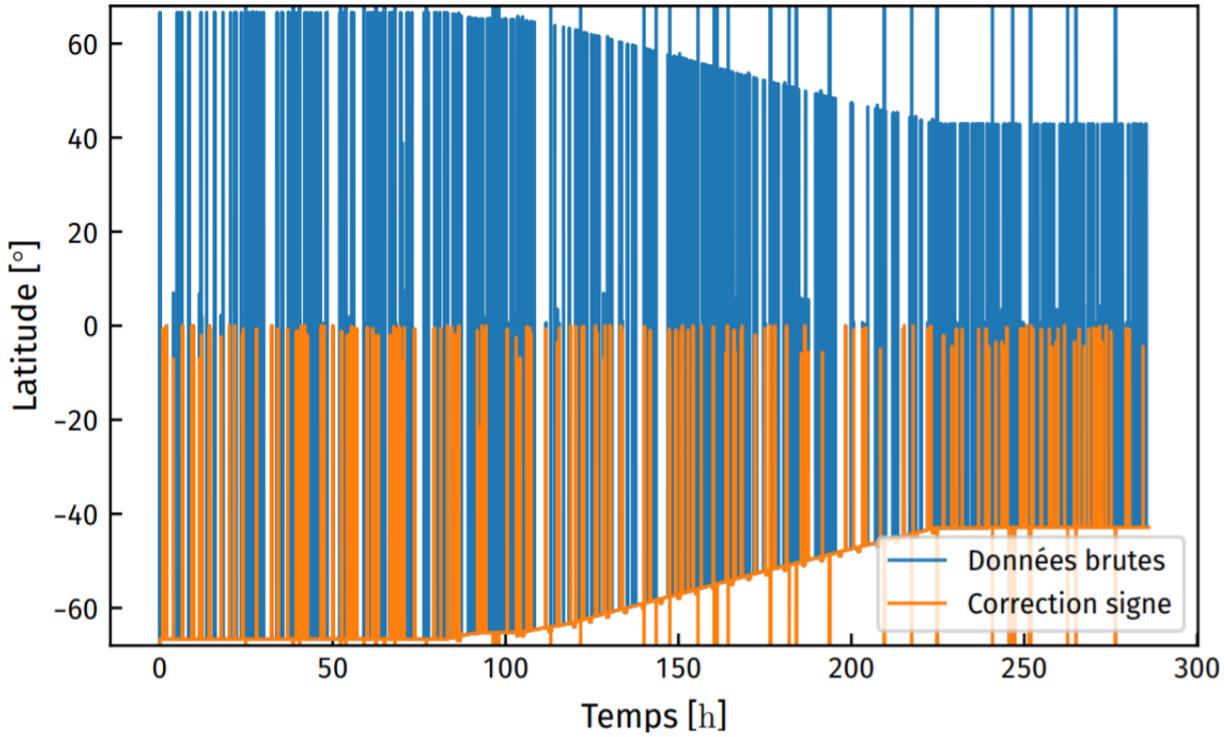
Les élèves se mobilisent alors pour ordonner et dépouiller ces données.

Dans un premier temps, nous décidons de concentrer nos efforts sur l'objectif principal : déterminer les variations de flux en fonction de la position géographique.

Les fichiers montrent beaucoup de perturbations extérieures dues à des événements plus ou moins réguliers sur le bateau, comme par exemple la mise en route d'une antenne ou de faux contacts électriques. Il y a aussi du bruit électronique.

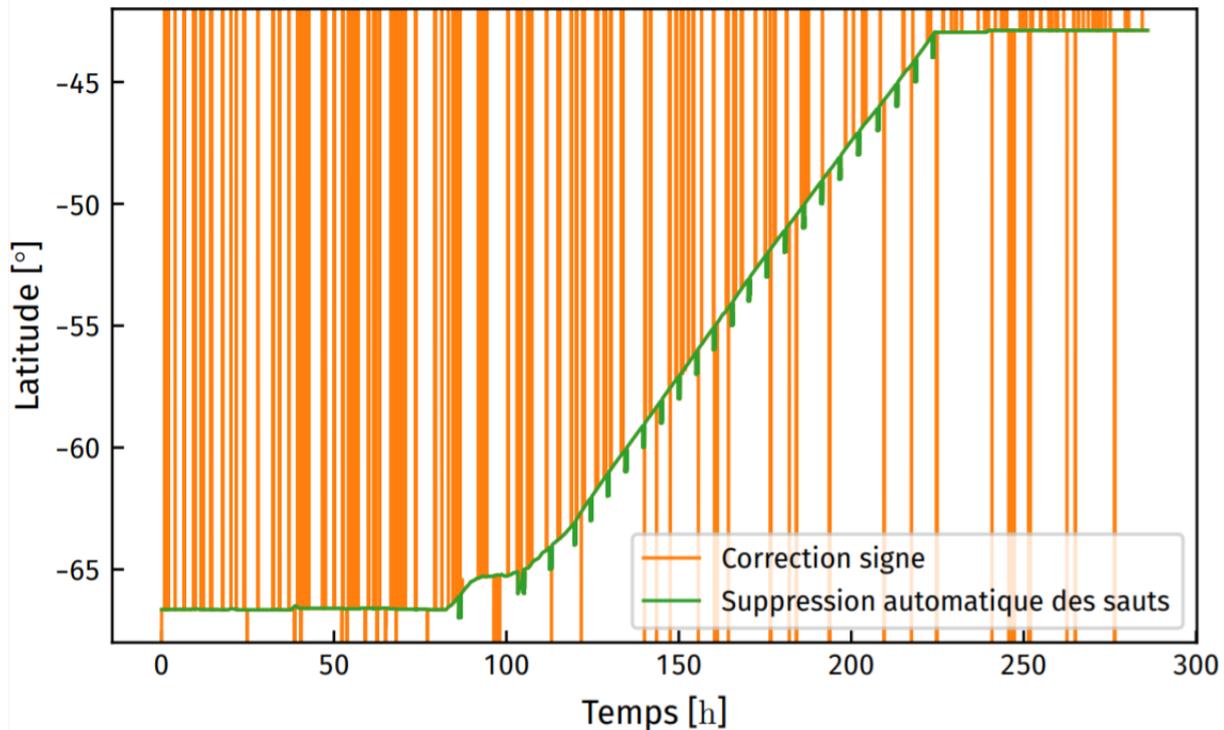
20201115-20201127-DDU-HBT

Latitude en fonction du temps, correction des données (1)



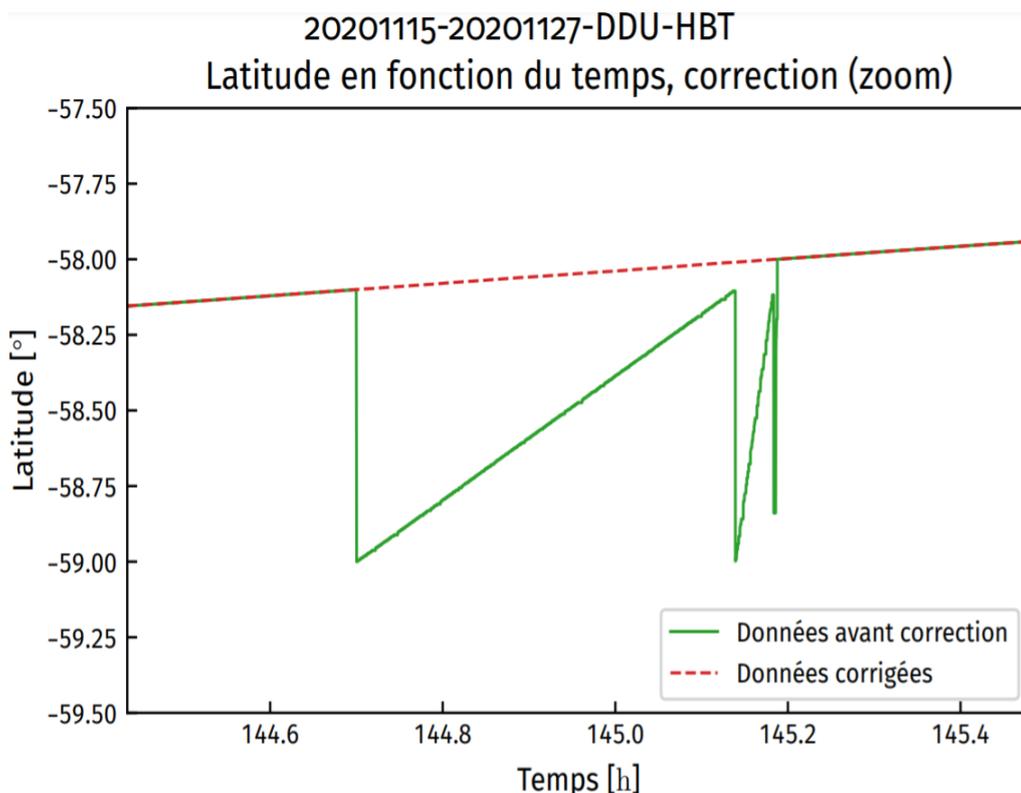
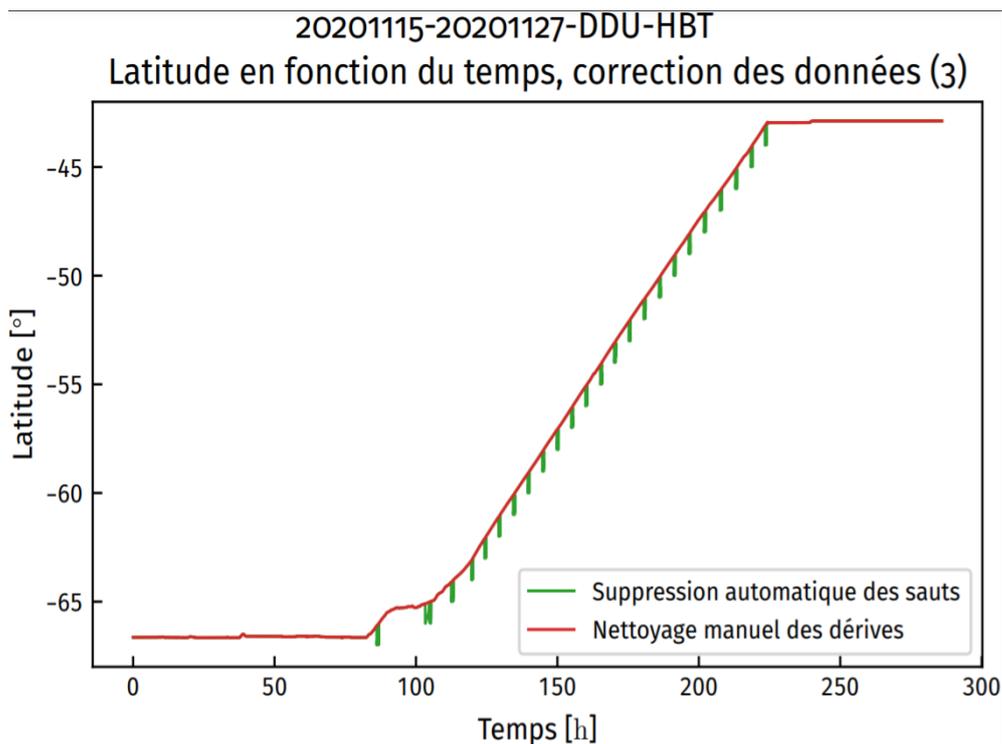
20201115-20201127-DDU-HBT

Latitude en fonction du temps, correction des données (2)

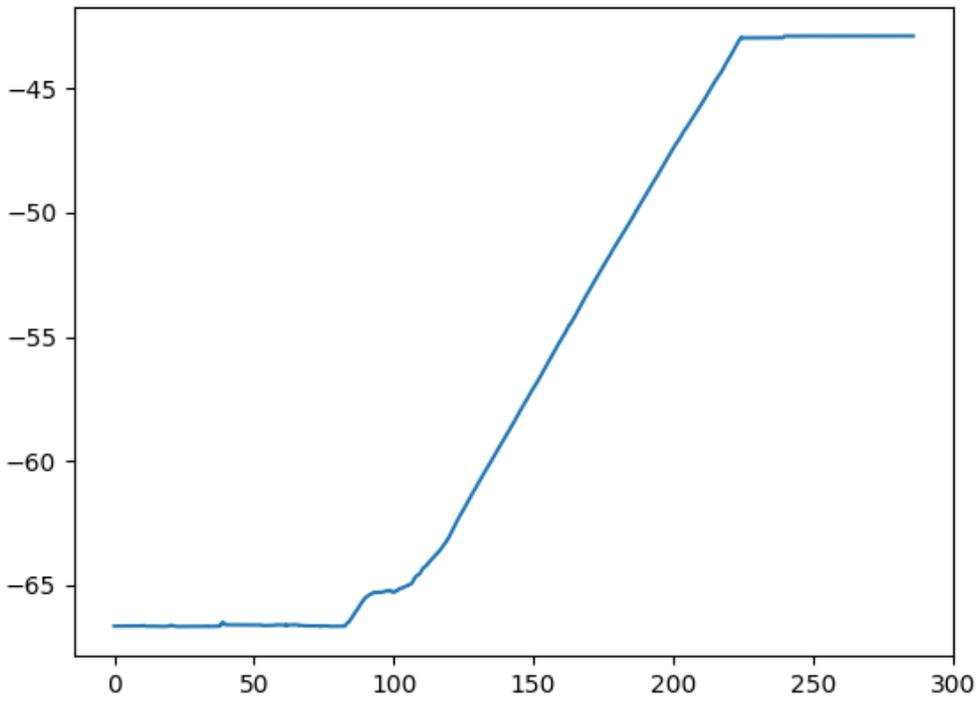


Après les corrections automatiques des bugs du GPS (signe et saut), la courbe verte qui représente la latitude en fonction de l'heure apparaît de plus en plus claire.

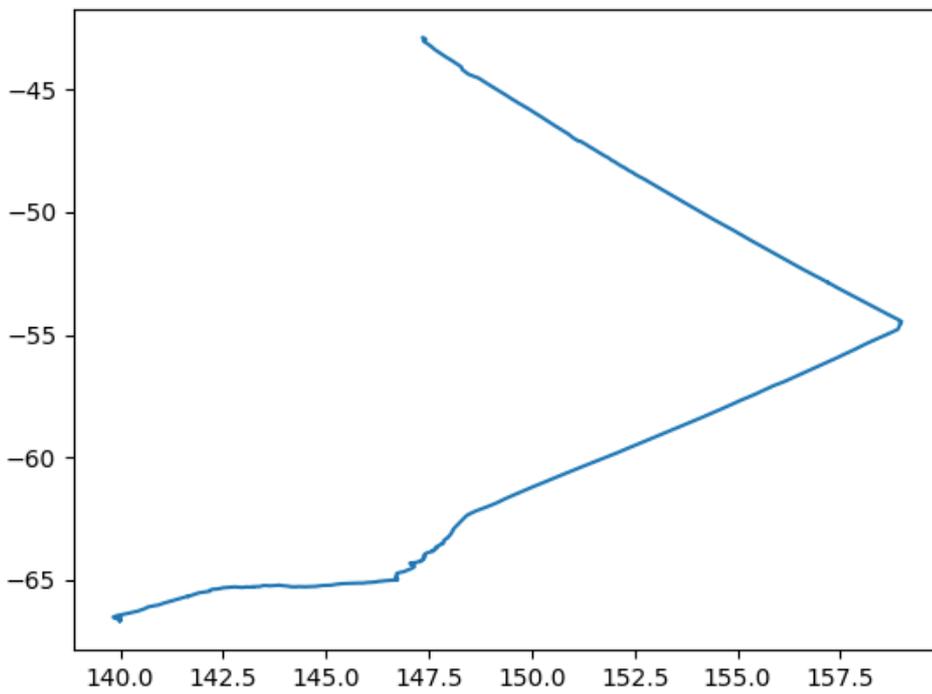
Mais il reste des sauts, certainement dus aux antennes sur le bateau !



Ces corrections demandent des interventions « manuelles », les élèves y participent. Et enfin les courbes apparaissent « propres », « lavées de leurs défauts » !



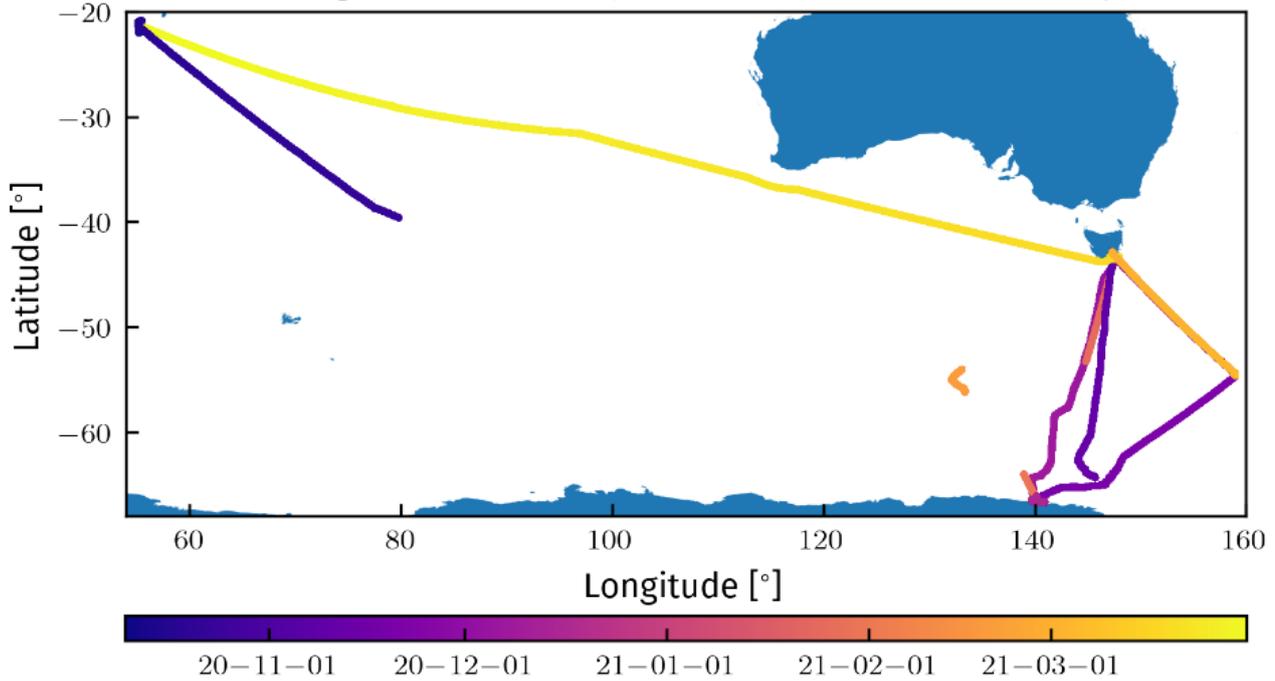
La latitude en fonction du temps : sur le trajet Dumont D'Urville (Terre Adélie) Hobart (Tasmanie)



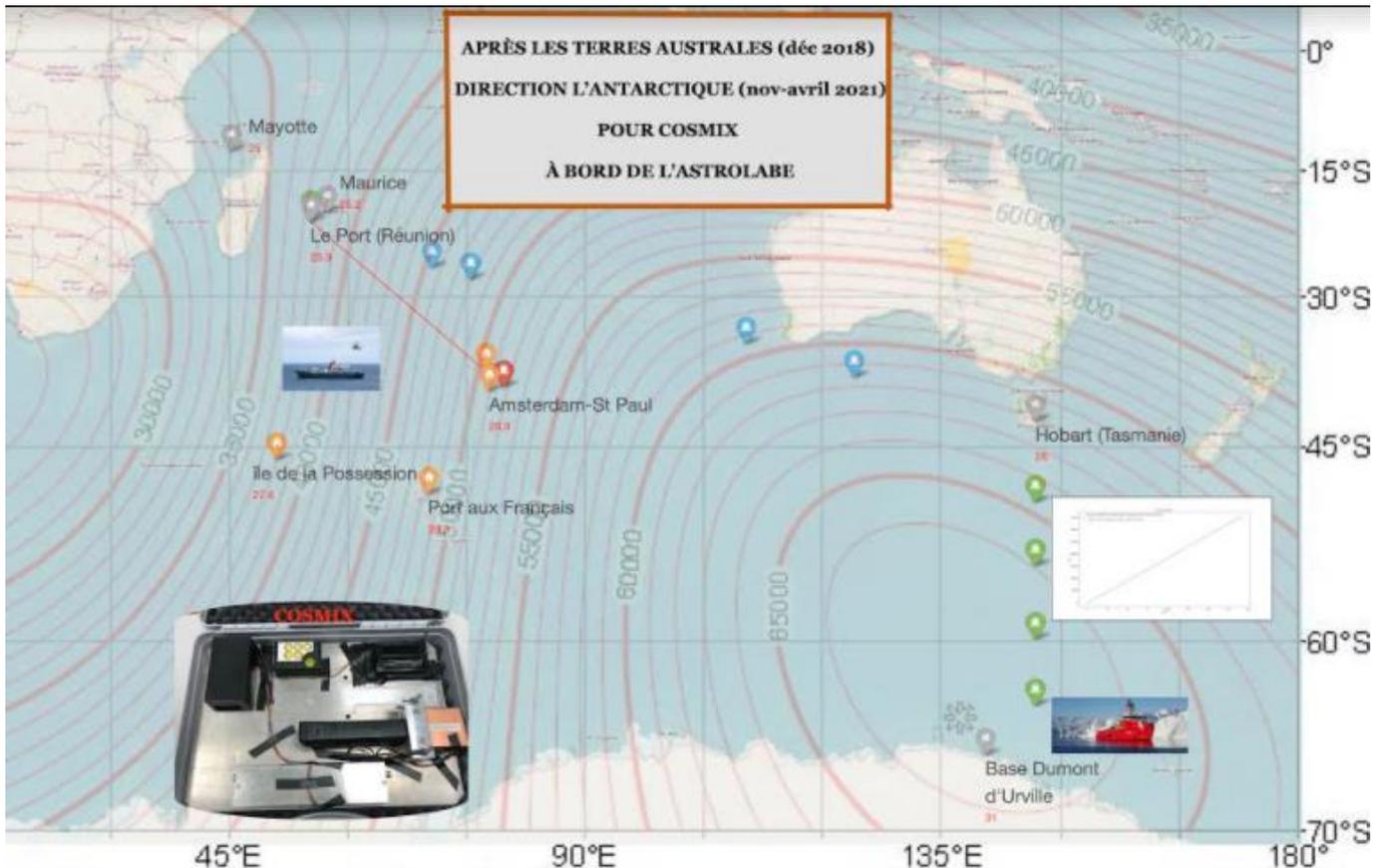
Puis le trajet du bateau, latitude en fonction de la longitude, le navire est passé par l'île Macquarie !

Campagne *Astrolabe* été austral 2020–2021

Carte globale des trajets ordonnés dans le temps



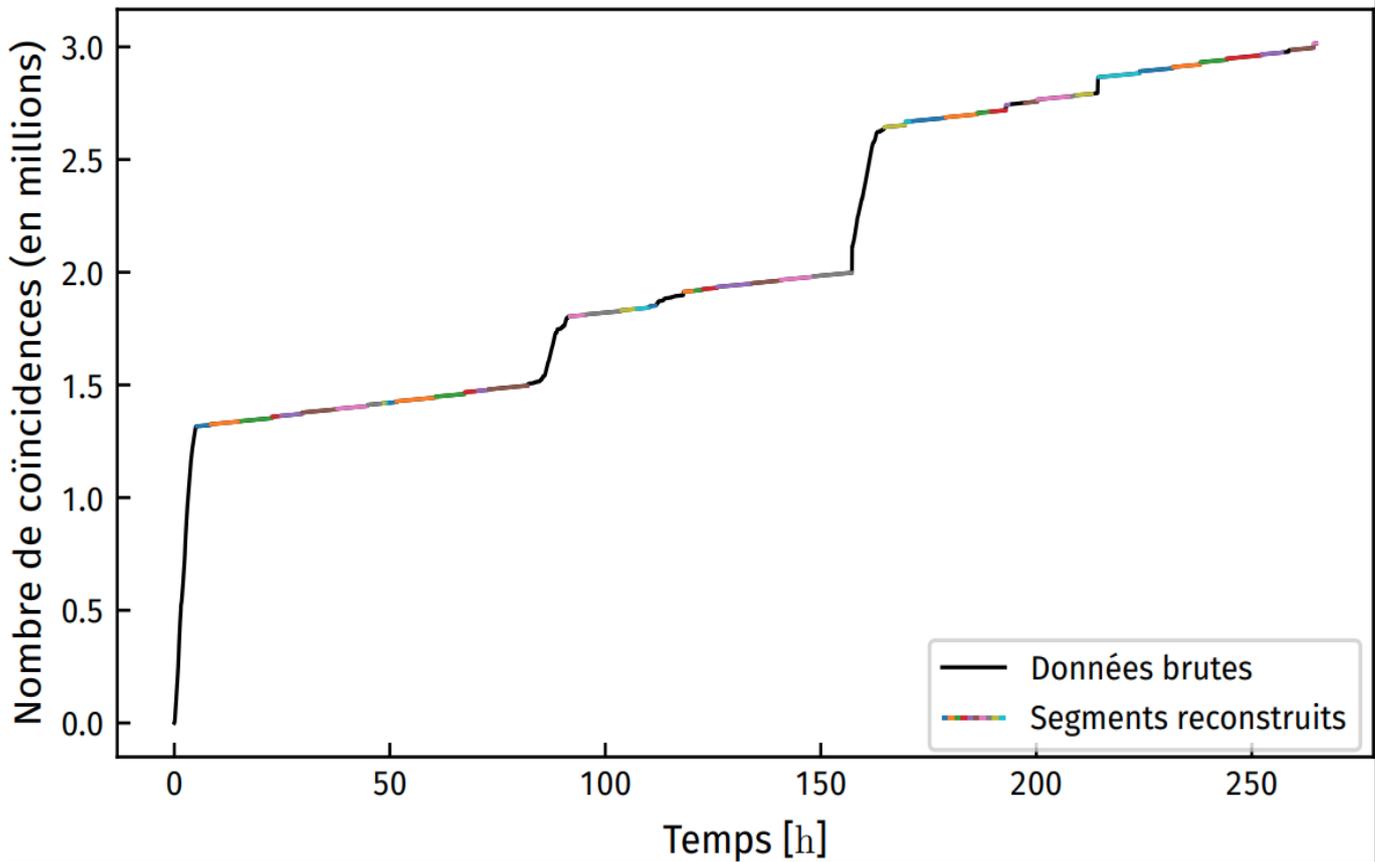
Et sur l'ensemble des fichiers que nous avons pu analyser, voici les trajets du navire.



Dans le même temps, M. Ariel Freckhaus, traite les données de manière indépendante pour établir des comparaisons. Ici l'un des trajets de l'Astrolabe dans le champ magnétique terrestre.

20201221-20210101-HBT-Escale

Coïncidences en fonction du temps : données + modélisation



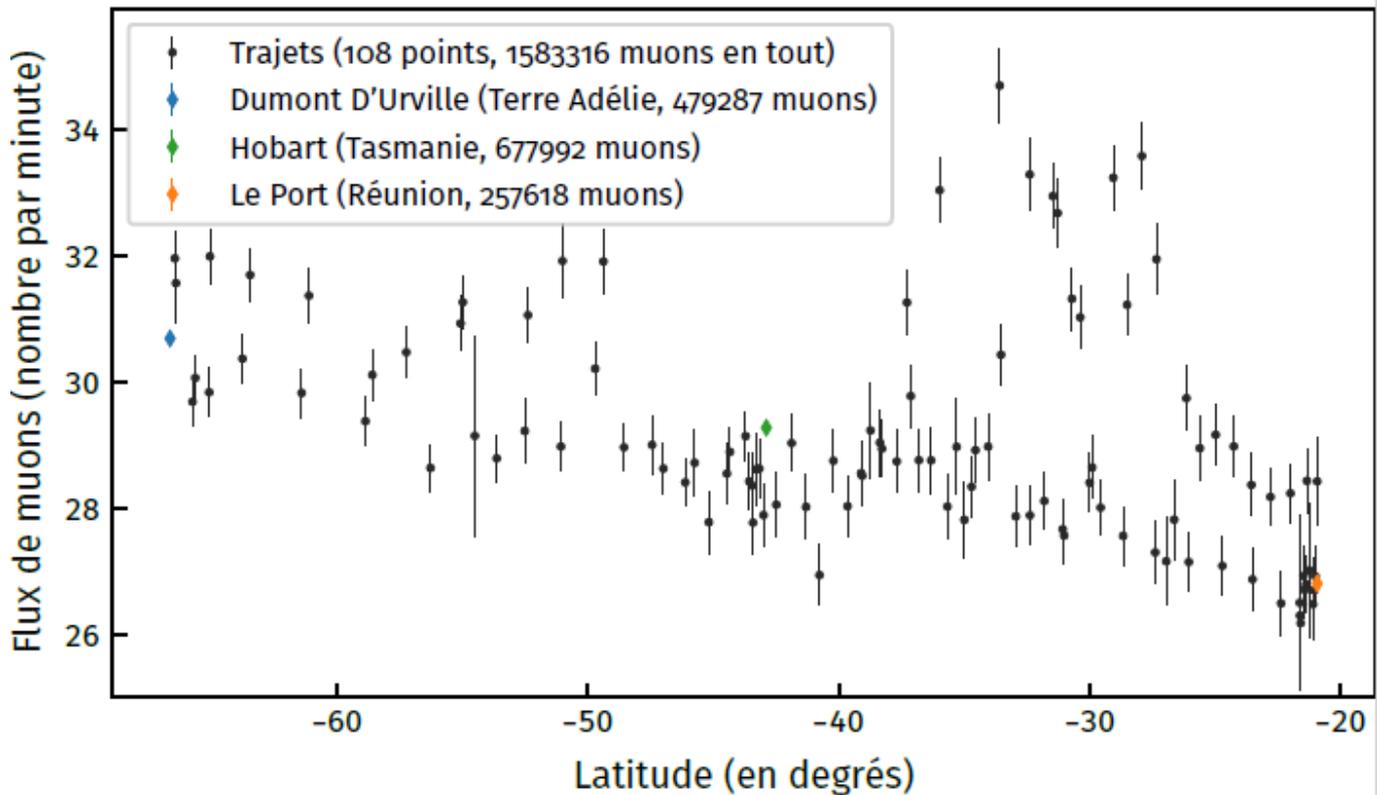
Le flux de muons est déterminé par le calcul des pentes du nombre du muons en fonction du temps. Là aussi il faut filtrer la courbe et ne pas tenir compte des dérives du détecteur.

Cette mission confirme les résultats de la précédente : le flux de muons ne varie pas en fonction de la longitude. Nous nous sommes donc consacrés sur sa variation en fonction de la latitude.

Voici les points que nous obtenons :

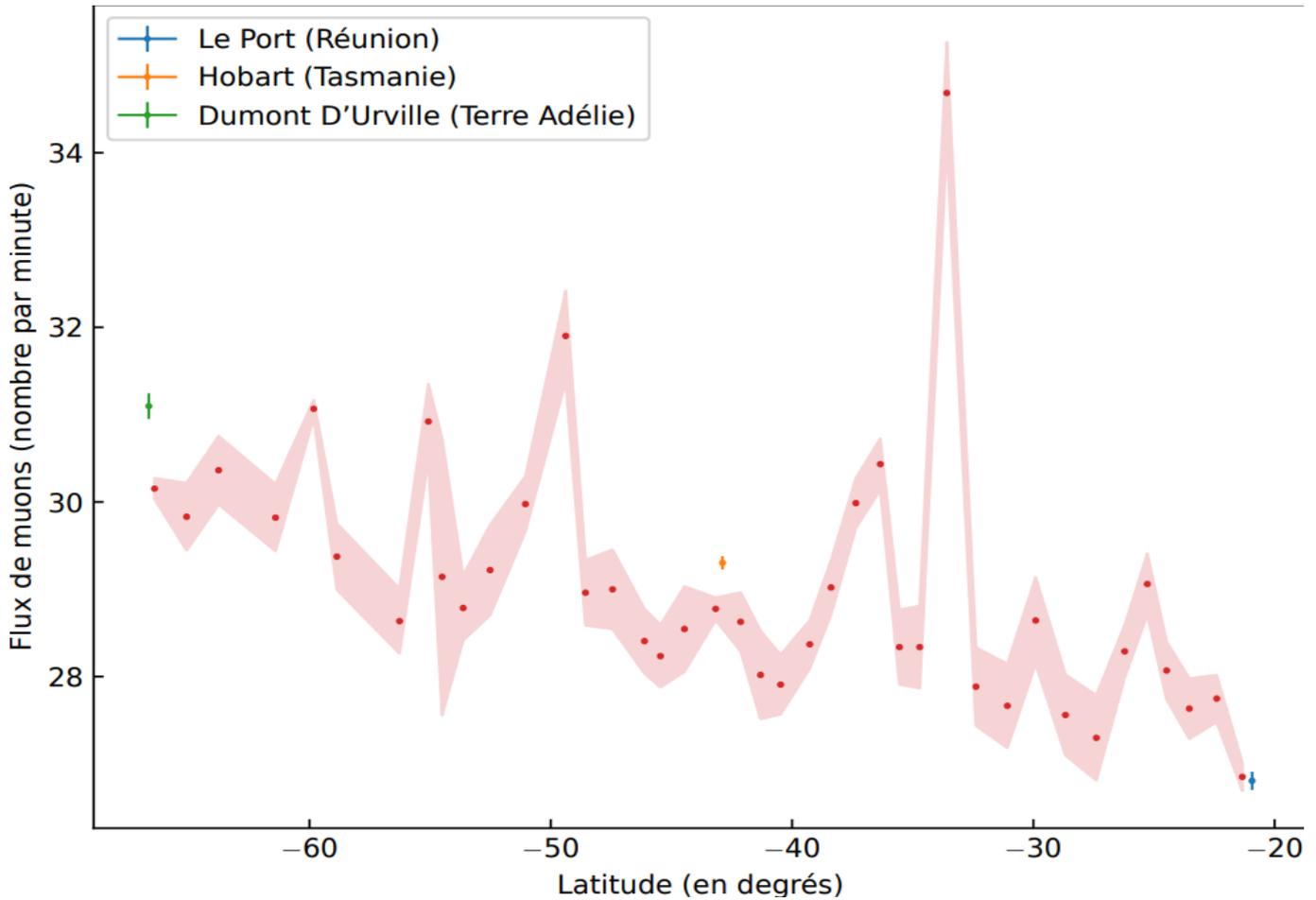
Campagne Astrolabe été austral 2020–2021

Flux de muons en fonction de la latitude (trajets + escales)



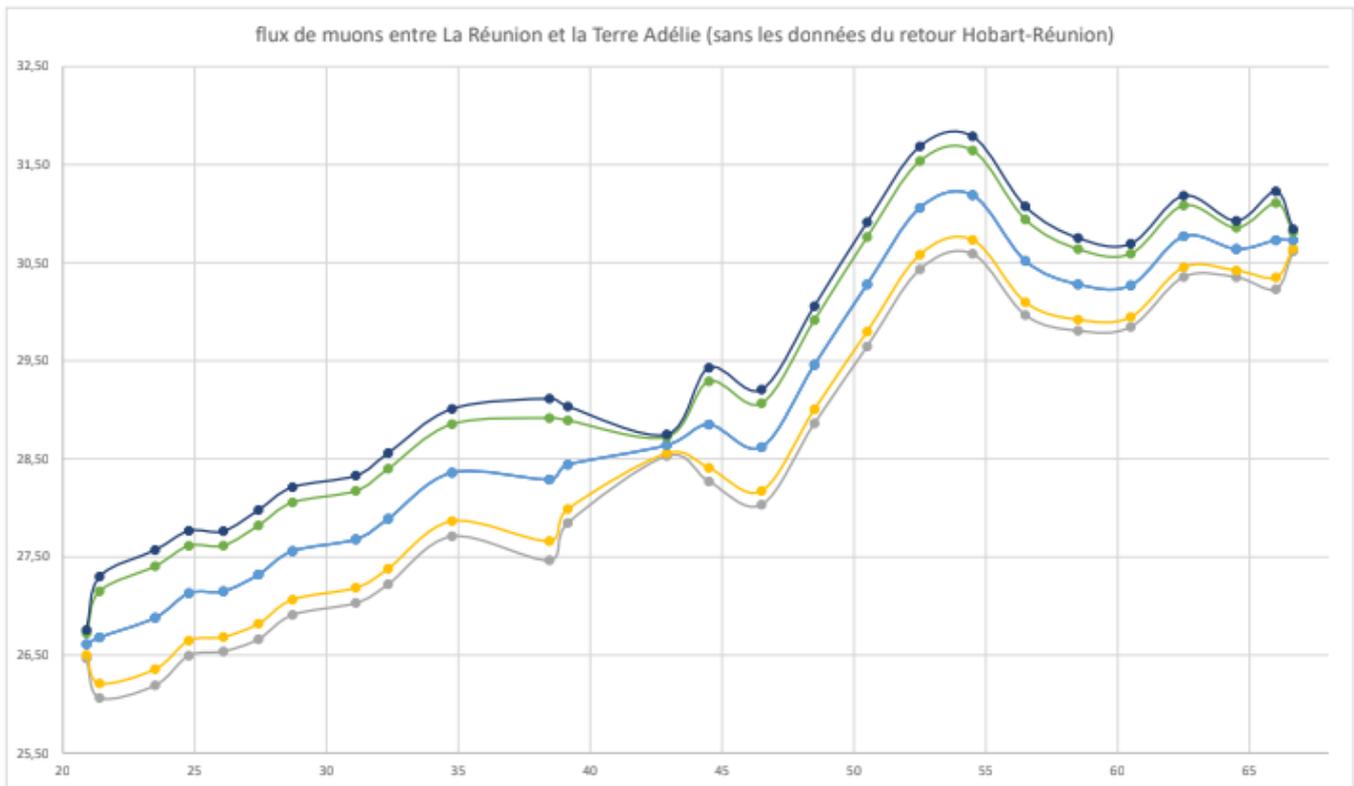
Interprétations :

- Sur un trajet, le flux de muons a été calculé par degré de latitude parcouru par le bateau. En moyenne, le flux de chaque point est calculé sur 15 000 muons.
- Les barres représentent l'incertitude statistique à 98%.
- Les points correspondant aux escales ont des incertitudes statistiques et expérimentales très faibles puisqu'il n'y a pas de variation de position et un nombre de muons capté très important (les temps d'enregistrement étant longs). Les points au niveau du port (La Réunion), de Hobart (Tasmanie) et Dumont D'Urville sont très fiables et ont une incertitude plus petite que les points qui les représentent.
- La tendance générale est visible, il y a bien une influence de la latitude sur le flux de muons. On observe une augmentation du flux de La Réunion (-21°) à Dumont D'Urville (-66°). Le taux de variation est d'environ 13%.
- Les points haut correspondent au retour du navire vers La Réunion. Ils méritent une étude plus approfondie, car un des deux détecteurs s'est mis à diverger.



En regroupant les points nous obtenons cette courbe plus lisible, mais son étude doit être aussi réexaminée :

- Pourquoi le flux moyen en navigation est inférieur au flux aux escales ?
- Pourquoi observe-t-on une alternance aussi marquée ?
- Le calcul des incertitudes n'est pas satisfaisant, nous n'avons pris en compte que l'incertitude statistique.



M. Cavalli a de son côté exploité les données. Il a utilisé Excel et Regressi.

- La courbe centrale bleue est le flux moyen en fonction de la latitude.
- Les courbes jaune et verte représentent l'incertitude à 95%.
- Les courbes extérieures représentent l'incertitude à 98%.

Les interprétations :

- Les incertitudes sont faibles au niveau des escales.
- Le taux de variation du flux est de +13% de La Réunion à Dumont D'Urville.
- Une zone remarquable se trouve entre 52° et 54° de latitude sud, le flux est maximal. Cette zone doit être étudiée plus précisément car l'étude précédente ne montre pas clairement ce maximum.
- Cette étude confirme que sur le trajet du retour, l'un ou l'autre des deux détecteurs a divergé. M. Cavalli le confirme car il a pris la précaution de mettre des tests de contrôles sur les données des détecteurs pris séparément.

Les trois études aboutissent aux mêmes conclusions :

- Il y a un effet de latitude sur le flux moyen de muons. On observe un taux d'augmentation d'environ 13% entre La Réunion et Dumont D'Urville, cette augmentation est régulière jusqu'à 55° de latitude sud environ, mais un plateau semble se dessiner au-delà.
- Par rapport à la mission précédente avec la Marion Dufresne, nous avons une meilleure statistique car la mission a duré 6 mois contre 45 jours. Nous avons trois escales très significatives à La Réunion (21° sud), Hobart (43° sud) et Dumont D'Urville (66° sud). Nous avons des données en latitude beaucoup plus basses, jusqu'au pôle sud magnétique.
- Cette étude confirme que la longitude n'a pas d'influence sur le flux de muons.
- Nous devons affiner nos études sur la détermination des incertitudes, en particulier lorsqu'on regroupe les moyennes des flux sur 1° de latitude.
- Etudier plus précisément la zone (50° - 60° sud).

- Etudier l'influence éventuelle de la pression, de la température, même si les capteurs n'étaient pas configurés suffisamment bien pour avoir des données fiables.
- Faire des hypothèses sur les variations observées et éventuellement les vérifier.

Les perspectives :

Pour compléter cette étude, il serait judicieux de faire voyager le détecteur Cosmix jusqu'à Concordia, à environ 75° de latitude sud. Cela nous permettrait d'étudier :

- la zone (50°- 60° sud) qui présente à priori un flux maximum.
- la symétrie ou non autour du pôle sud magnétique (vers le pôle sud géographique) qui se trouve très proche de Dumont D'Urville.
- L'influence des paramètres météorologiques en concevant différemment la position des capteurs de température et de pression.

Cette étude serait une nouvelle occasion unique d'un projet pédagogique hors norme pour les nouveaux élèves de l'atelier de deux infinis.

