

Carnet de campagne - Épisode 2 23/01 - 29/01

Jeudi 23 Janvier

Le front "Fish" s'éloigne mais il pleut encore. Cet après-midi, l'ATR-42 effectue son premier vol pour tester ses instruments en conditions réelles, et sauf catastrophe, il décollera demain à 5h du matin pour son premier vol scientifique.



Pour ce jour, le décollage est à 14h43, après un petit tour personnalisé des instruments.

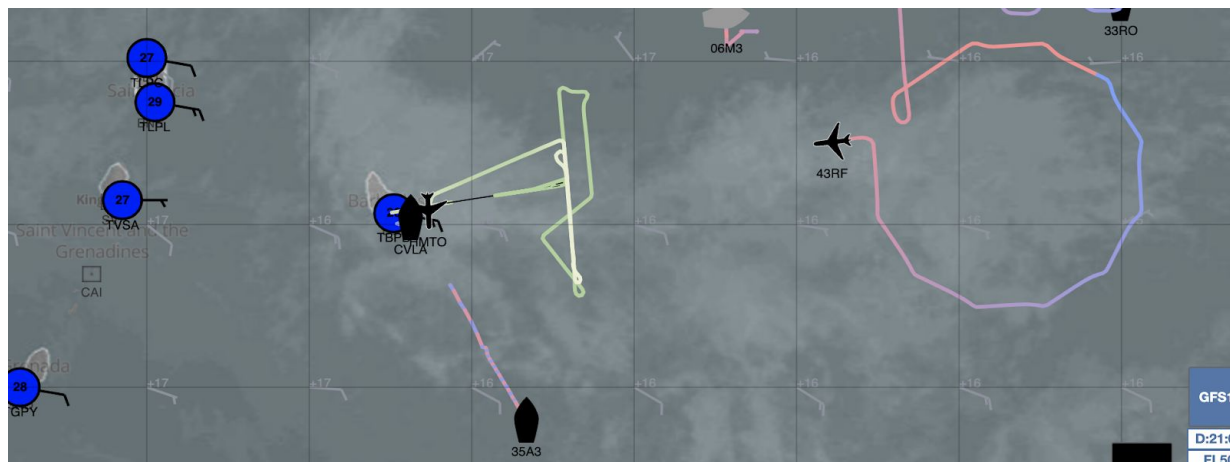


Au cours du vol, on suit la progression de l'ATR en temps réel sur PLANET (<https://planet.atmosphere.aero>) ainsi que les premières impressions des scientifiques à bord. Le radar BASTA semble très bien fonctionner avec une visibilité à 10km, mais 2 antennes sur 4 du radar RASTA ne fonctionnent pas (celles qui pointent en bas), à cause d'un switch à remplacer mais qui n'est aujourd'hui plus fabriqué, ce qui risque d'être dur à corriger pendant la campagne. À tout hasard, j'ai suggéré qu'ils utilisent une imprimante 3D pour la refaire, mais, apparemment la pièce originale coûtait 10000€ donc c'est probablement un peu ambitieux...

Maintenant, pour valider le bon fonctionnement de l'ensemble des instruments, il faut regarder les données.

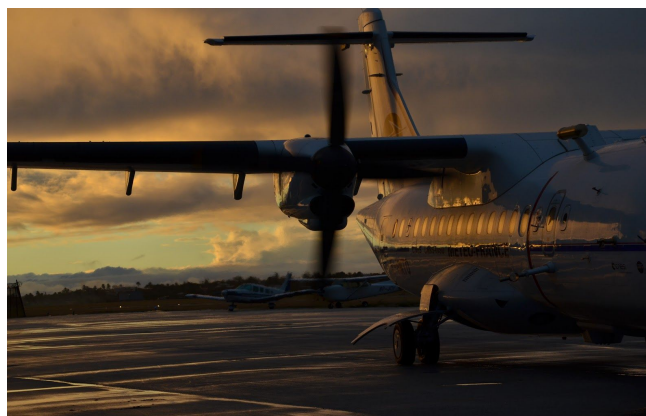
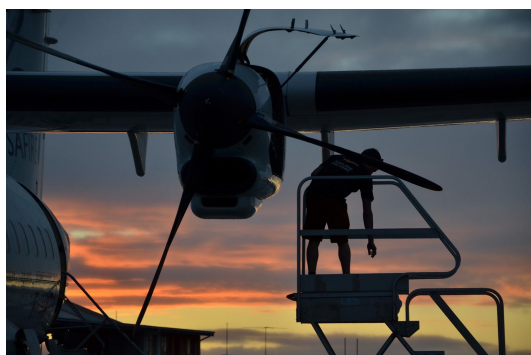


Suivi des vols à terre, une sorte de tour de contrôle



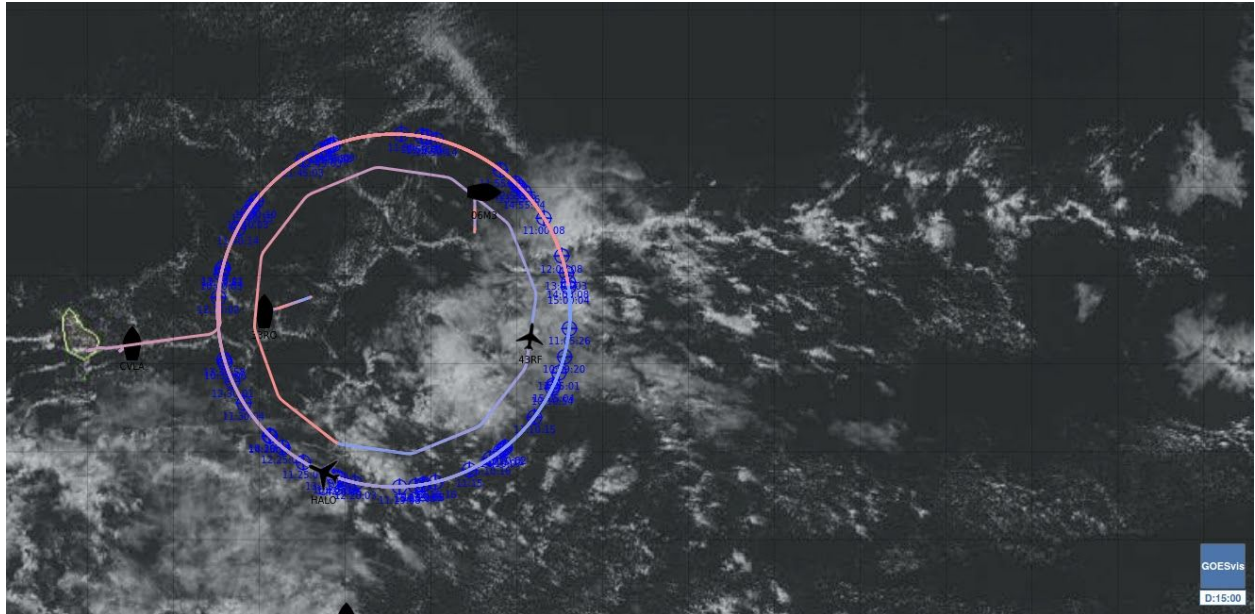
Logiciel en ligne PLANET

Retour avec un coucher de soleil unique.



Vendredi 24 Janvier

Première journée de mesures intensives avec dans la même zone d'étude: 2 avions (HALO et WP-3D) et 2 bateaux (METEOR et Ron Brown) - voir cliché ci-dessous. Il était prévu que l'ATR soit de la partie mais comme l'intégration des instruments n'a pas pu être achevée à temps, il n'a malheureusement pas pu participer.



Suivi des trajectoires des différentes plateformes depuis PLANET: HALO sur le grand cercle avec les dropsondes en bleu; WP-3D, l'avion américain qui effectue le petit cercle; METEOR, un bateau Allemand positionné en haut à droite du cercle, au centre d'une belle poche froide (ou trou de nuages).

Réveil douloureux pour Jessica (à 2h45), qui fait parti de l'équipage scientifique à bord du HALO. Décollage à 5h du matin. La vue est époustouflante. Et le lever de soleil au-dessus des nuages fabuleux. Ça valait le coup de se lever finalement !



Au petit matin, on peut également contempler de vastes zones circulaires sans nuages, ou “Cloud Holes” (“Trous de nuages”, en Français). Ces formes particulières, également visibles sur les images satellites, s’observent très nettement depuis le HALO (voir cliché ci-dessous).



Leur géométrie parfaitement circulaire laisse penser à des écoulements de type “courant de densité”, habituellement rencontrés en-dessous des systèmes orageux. L’évaporation partielle des précipitations sous ces systèmes induit un fort refroidissement de l’air sous le nuage, qui en devenant plus dense que l’air environnant, plonge jusqu’à la surface - ces fameux “trous d’air” tant redoutés des pilotes de ligne - et s’étale ensuite dans toutes les directions pour former un “courant de densité” de forme quasi-circulaire et qui, à la manière d’un chalut, soulève l’air qu’il remplace proche de la surface au fur et à mesure de son étalement. Cet air froid atténue pour un temps la turbulence de surface dont sont issus les petits cumulus. Ainsi, l’absence de cumulus au centre de cette masse d’air froid matérialise la présence de tels écoulements. A l’inverse, le soulèvement de l’air environnant induit par l’étalement du courant de densité favorise la formation de cumulus à son bord, formant ainsi des arcs nuageux caractéristiques qui entourent les zones de ciel clair décrites avant.

L’une des premières questions que l’on se pose en voyant ces “trous nuageux” est donc de savoir s’il s’agit bien de courants de densité. Et si c’est le cas, comment de si vastes structures se développent dans une région où la convection nuageuse est si peu développée verticalement (on parle de “convection peu profonde” où les cumulus n’atteignent que 4 km au

maximum). Car si la présence de courants de densité de grandes dimensions est attestée depuis longtemps sous les nuages d'orage, les processus permettant d'expliquer ce phénomène en présence de petits cumulus restent plus énigmatiques. L'un des points d'intérêt de cette campagne est donc de percer ce mystère, à savoir de comprendre à quel point ces courants de densité façonnent les champs de cumulus peu profonds.



En plus de photographier le ciel sous tous ses angles, j'ai pu expérimenter le lâcher de dropsondes - une toutes les 5 minutes sur un cercle complet. Pas facile au début, il y a beaucoup de petites choses auxquelles il faut penser, comme connecter la sonde au réseau GPS, libérer le parachute (ou on pourrait blesser un pêcheur), etc...

Pendant que certains sillonnent les airs d'autres tissent des liens avec la population locale. En effet, en marge de la campagne nous nous efforçons d'organiser des rencontres chaque semaine - sous forme de séminaires courts et informels suivis d'un moment/apéro convivial - avec les scientifiques et étudiants du CIMH et de l'université de West Indies, afin de promouvoir les collaborations avec les instituts Caribéens. La première rencontre a lieu ce vendredi avec 4 intervenants au programme, la salle est pleine à craquer, c'est un succès!

Enfin, le soir nous accueillons Nicolas, fatigués de cette journée longue et bien remplie. On lui a proposé des aubergines, il n'en a pas voulu.

Samedi 25 Janvier

Nous avons procédé au montage du radar "PoldiRad" conçu pour mesurer le cycle de vie des cellules précipitantes et la microphysique des nuages pendant EUREC4A. Pour la petite histoire, et pour ceux qui ne sont pas familiers avec la technologie radar, radar signifie RAdio Detection And Ranging (détection et télémétrie radio). Le radar désigne l'utilisation des ondes radio pour détecter des objets et calculer leur distance et d'autres propriétés. La technologie radar a été développée à l'origine pendant la Seconde Guerre mondiale pour détecter les avions ennemis, bien que le "bruit" des précipitations puisse masquer le signal d'intérêt. Pourtant, ce qui était du bruit pour les militaires est devenu le signal pour les météorologues. Les radars météorologiques sont utilisés à des fréquences beaucoup plus élevées pour

localiser les précipitations, calculer leur mouvement, leur type et leur intensité. PoldiRad est un radar météorologique à double polarisation en bande C (4 à 8 GHz) qui a été développé par le Centre aérospatial allemand (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR) pour la recherche sur les nuages et les précipitations. Il fonctionnera à la Barbade jusqu'en juillet 2020.

PoldiRad se trouve sur une colline à environ 8 km au nord-ouest de l'Observatoire des nuages de la Barbade (BCO), surplombant l'océan et exposé aux alizés. C'est l'un des rares endroits surélevés de l'île (le point le plus élevé de la Barbade se situe à environ 300 mètres). Sa position permet d'échantillonner avec une grande précision une bande de 150 km de rayon à l'est de la Barbade, et une bande de 250 km de rayon avec une moindre précision. La visibilité de surface diminue non pas en raison des limitations de l'instrument lui-même, mais plutôt à cause de la courbure de la Terre. À 250 km, le faisceau radar a déjà une hauteur d'environ 3,5 km. La position du radar permet une coordination avec les autres plateformes instrumentées (avions, bateaux, drones,...).

Lorsque nous sommes arrivés samedi, les équipes allemandes et barbadiennes avaient déjà bien avancé sur les préparatifs. Le radar a quitté l'Allemagne il y a environ un an. À la Barbade, un endroit approprié a été repéré longtemps à l'avance, une route a été construite pour y accéder et une plate-forme en béton a été coulée; le site sera alimenté en électricité dans les prochains jours. Le principal travail que nous avons fourni a été de soulever de lourdes charges: nous avons retourné la tour radar et assemblé l'antenne de cinq mètres de diamètre.



Nous étions 25 personnes de plusieurs pays à travailler ensemble pour mener à bien l'assemblage du radar. Ce fut un moment impressionnant lorsque l'antenne elle-même a été assemblée (voir clichés ci-dessous).





Dimanche 26 Janvier

Un grand jour pour l'ATR, puisqu'il effectue son premier vol scientifique coordonné avec HALO, Twin-Otter et Boreal (le drone de météo-france): décollage à 08:00 sous un ciel fort peu nuageux. Difficile pour les instrumentateurs de l'ATR donc de vérifier le bon fonctionnement de leurs instruments.

Comme expliqué dans l'épisode précédent du carnet, une des missions principale de l'ATR est de fournir des mesures de nuages proche de leur base. À ce titre, l'équipe scientifique à terre - Raphaëla et son bras droit Jessica - joue un rôle important dans le guidage de l'avion pour qu'il vole à la bonne altitude: elles dépouillent les données qu'elles peuvent avoir en temps (quasi) réel à partir de ceptomètres, radars, radiosondages (données fournies par BCO, METEOR et HALO) et scrutent les images satellites, afin de fournir des estimations de la base des nuages au fur et à mesure du vol.

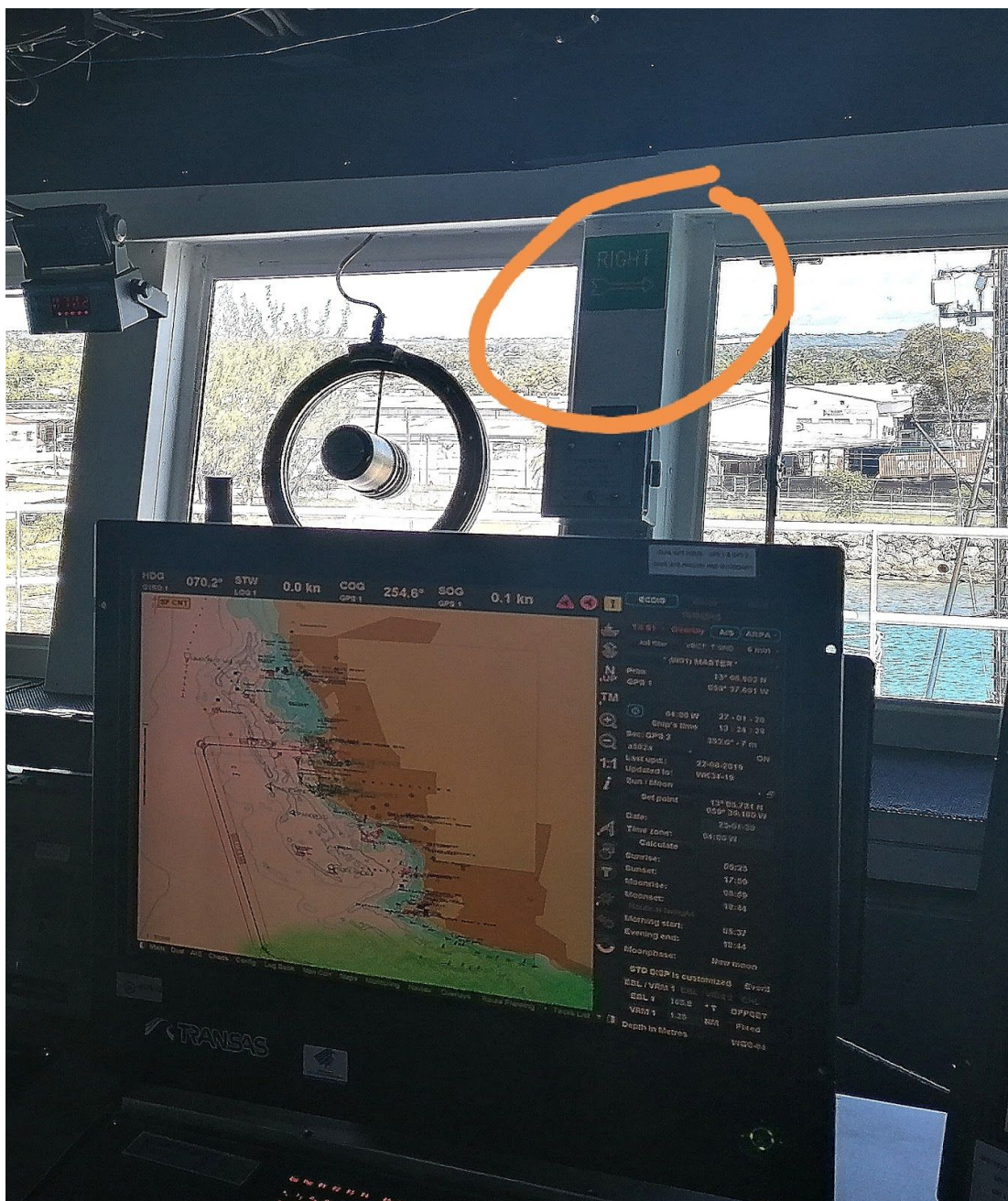


08:00: décollage des 3 avions (HALO, ATR, Twin-Otter). Les équipes à terre suivent leur progression durant toute la durée des vols afin d'assurer une bonne coordination, et pour l'ATR, indiquer l'altitude à laquelle il doit voler (juste au-dessus de la base des nuages).

Lundi 27 Janvier

Journée de repos pour les avions. Nous (Ben, Caroline, Anna Lea, Ludovic, Vincent) en profitons pour participer à une visite organisée par la NOAA du Ron Brown, leur plus gros bateau de recherche scientifique. Le Ron Brown participe à la composante américaine d'EUREC4A, ATOMIC (Atlantic Tradewind Ocean–Atmosphere Mesoscale Interaction Campaign). Les objectifs d'ATOMIC sont sensiblement les mêmes qu'EUREC4A : étudier les nuages et les interactions atmosphère-océan dans la région des alizés autour de la Barbade.

Pour cela, le Ron Brown dispose d'instruments variés que nous découvrons au fur et à mesure de notre visite du bateau : bouées, capteurs pour mesurer les aérosols, les précipitations, drifteurs... Nous découvrons aussi certaines bizarreries des habitudes de bord, comme les panneaux "left" and "right" dans le cockpit du Ron Brown, apparemment une obligation dans les bateaux américains (voir image ci-dessous) !



Mardi 28 Janvier

Déception pour l'équipe française: problème sur l'ATR - sur la centrale qui sert à positionner les instruments dans le temps et l'espace - il ne fait pas son vol du matin. Vol normalement prévu à 11h avec HALO, Twin-Otter, Boreal. ATR reste à terre. Safire réussi à bricoler une réparation qui sauve la participation de l'ATR au reste de la campagne.

1ere journée entièrement dédiée au dépouillement des données dropsondes du vol HALO du 24 Janvier, dans lequel Jessica a pris les photos illustrées plus haut. Grâce aux script fournis par Geet Georges (MPI), Caroline, Ludovic, Anna-Léa et Benjamin tracent les premiers profils thermodynamiques observés à l'intérieur et à l'extérieur des trous nuageux. Le lendemain, une réunion de travail spécialement dédiée aux Poches froides étant prévue, ces derniers travaillent toute la journée au dépouillement des données.

Pendant ce temps-là, Nicolas part visiter le site des drones, situé au Nord de l'île. Sans smartphone et avec un GPS défectueux (loué le matin même à l'aéroport), après 2h30 de route et plusieurs zig-zags, il rejoint finalement l'équipe française en charge du drone Boreal et des drones SkyWalker (au nombre de 4), juste à temps pour le lancement de Boreal à 13 h précises. Sur place, les conditions sont nettement plus rudimentaires que pour le reste de l'équipe, stationnée au Coverley Village à proximité de l'aéroport. L'essentiel du camp de base se compose d'un container contenant les outils nécessaires aux techniciens en charge de l'entretien des drones et d'un autre container aménagé en salle de contrôle, d'où le suivi des drones est effectué en temps réel. Entre ces deux containers, une bâche a été tendue de manière à protéger du soleil les personnels de l'équipe Boreal.



En haut : Vue générale du camp de base de l'équipe Boreal. En bas : Console d'où la trajectoire du drone Boreal est suivie en temps réel. On aperçoit sur la droite du moniteur l'image prise par la caméra embarquée du Boréal.

Le drone Boreal mesure environ 4 m d'envergure et a un plan de vol entièrement programmé. Son lancement se fait sur une rampe depuis laquelle ce dernier est catapulté. Sa vitesse de croisière se situe autour de 95 km/h et il possède une autonomie maximale de 10h, ses vols sont synchronisés avec ceux des avions (Twin Otter, Halo et ATR) mais sa zone d'étude se situe plus proche de l'île et son temps de vol est d'environ 4h30 à 5h. Il décrit des cercles (comme le Halo) d'environ 20 km de diamètre à 10 km de la côte et peut voler à seulement 10 m de la surface (idéal pour la mesure des flux turbulents radiatif et turbulents de surface). Au-delà de la turbulence, celui-ci mesure également la SST, les vitesses horizontales et verticales ainsi que la concentration en eau liquide. Les drones ont pour instruction formelle de ne pas dépasser l'altitude plafond de 1000 m, de manière à ne pas interférer avec le plan de vol des avions.



Le drone BOREAL en phase d'envol.

Les drones SkyWalker font environ 70 cm d'envergure et ont une charge utile de seulement 50 g. Ils sont lancés de la même façon que le drone Boréal mais sur une rampe plus petite. En revanche, contrairement au Boréal, leur plan de vol peut-être modifié en cours de route. Les phases de décollage et d'atterrissage sont assurées "manuellement" avec une télécommande, mais les vols de croisière sont contrôlés depuis la salle de contrôle. Ces drones mesurent essentiellement les vitesses horizontales, la pression, la température et la concentration en eau liquide, laquelle s'active lorsqu'un capteur dédié leur indique qu'ils traversent un nuage. Le matin même, l'un de ses drones s'est crashé en phase d'atterrissage à cause d'un thermique qui a provoqué un décrochage. Fort heureusement, le drone a été récupéré sans dommages. En effet, sa structure entièrement en polystyrène le rend très résistant aux chocs et en limite fortement l'impact. Cet incident n'aura donc valu que quelques égratignures aux deux courageux techniciens ayant dû le récupérer dans le maquis environnant.

Après 3 h de visite, Nicolas rentre à la base avec un GPS cette fois opérationnel mais qui le fera passer par les grands axes encombrés des faubourgs de Bridgetown. Le retour, presque aussi pénible que l'aller, durera plus d'une heure et demi (au lieu des 50 minutes théoriques).

Mercredi 29 Janvier

Grâce au travail réalisé par Geet Georges (MPI) de traitement des données du vol HALO réalisé le Vendredi 24 Janvier, Ludovic, Anna-Léa, Caroline, Benjamin et Geet parviennent, au terme d'une journée de travail collectif très intense (le 28 Janvier), à faire parler les données dropsondes. Et ce qu'elles ont à dire a de quoi nourrir encore davantage l'intérêt grandissant de la communauté à l'égard des courants de densité !

Lâchées depuis une altitude proche de 9 km, les dropsondes mettent environ 12 minutes à atteindre la surface de la mer. Par une prise de mesure environ tous les 10 m, elles permettent un échantillonnage très précis du profil vertical de l'atmosphère, en particulier dans la couche limite ou la turbulence freine sensiblement leur chute, en raffinant du même coup leur résolution spatiale.

Il apparaît :

1/ Que les "Cloud Holes" sont effectivement plus froids que leur environnement d'environ 1-2 K. Ce qui est déjà un résultat en soi. Pour l'anecdote, au vu de la faible anomalie (négative) de température mesurée à l'intérieur, Kerry Emanuel a proposé le vocable de "Soft pools" en lieu et place de "Cold Pools", dont la signature sur le champ de température est beaucoup plus marquée.

2/ Que le vent de basses couches y est sensiblement plus fort (8-10 m/s) que dans l'environnement (5-6 m/s). Ce qui laisse présager de la présence d'un écoulement de type "Courant de densité". Ce résultat va également dans le sens de la présence d'un front de rafale - ou "gust" - mais dont la présence reste encore à démontrer.

3/ Que la structure horizontale des courants de densité est relativement cohérente avec ce que les simulations ICON (modèle développé conjointement avec le Max Planck et le centre opérationnel météorologique allemand, DWD) nous ont montré, à savoir :

3.1/ au centre du "cloud hole", on observe une forte stratification (i.e. un profil de température stable à la convection) tout le long de la couche-limite et jusqu'à la surface.

3.2/ en s'éloignant du centre de celle-ci, on observe 2 couches superposées dans la couche limite: une couche mélangée (i.e. neutre à la convection), épaisse d'environ 200 m et une couche fortement stratifiée la surplombant, elle-aussi épaisse d'environ 200 m pour ce cas-là

3.3/ Hors du "cloud hole", la couche mélangée est significativement plus épaisse qu'à l'intérieur de celui-ci, ce qui indique une couche limite plus active (i.e., avec un mélange turbulent plus important).

En résumé, à la vue des profils verticaux extraits des dropsondes il semble que les "Cloud Holes" soient effectivement associées à des courants de densité - en l'occurrence une anomalie négative en température associée à une anomalie positive en vent - et que ces supposés courants de densité présentent une structure horizontale similaire à celle envisagée suite à l'analyse détaillée des simulations ICON.

Des mesures de flux radiatifs, de flux turbulents et de vitesses verticales, dans ces structures, hors de ces structures et à leur bordure, seraient d'une aide précieuse pour décrire plus en détails ces motifs nuageux (en arcs) très caractéristiques de la région. À ce titre, nous fondons beaucoup d'espoirs dans les prochains vols de l'ATR, du Twin Otter et des drones, dont l'apport aurait pu nous informer davantage mais qui, hélas, n'étaient pas encore opérationnels le Vendredi 24. Fort heureusement la situation s'est depuis largement améliorée et l'ATR a réalisé 2 vols scientifiques dans l'intervalle.

Affaire à suivre dans les prochains jours.



Pour les jeunes scientifiques, EUREC4A est littéralement un plongeon dans le monde des nuages!