



**MÉTÉO
FRANCE**



Des stratégies de déploiement automatique de sondes par des ballons stratosphériques

Journée CONCORDIASI, juin 2015

A. Doerenbecher ¹,
A. Bouchard ¹,
P. Brunel ²,
C. Sahin ³

- (1) MÉTÉO-FRANCE
(CNRM-GAME/GMAP, Toulouse)
- (2) MÉTÉO-FRANCE (CMS, Lannion)
- (3) ECMWF (Reading)

08 juin 2015

Colocalisations !

Les 13 MSD (ballons stratosphériques CNES équipés du système *Diftsonde*, NCAR/EOL) devaient déployer des sondes en synchronisation avec le passage du satellite METOP-A (IASI). 640 sondes étaient disponibles au départ.

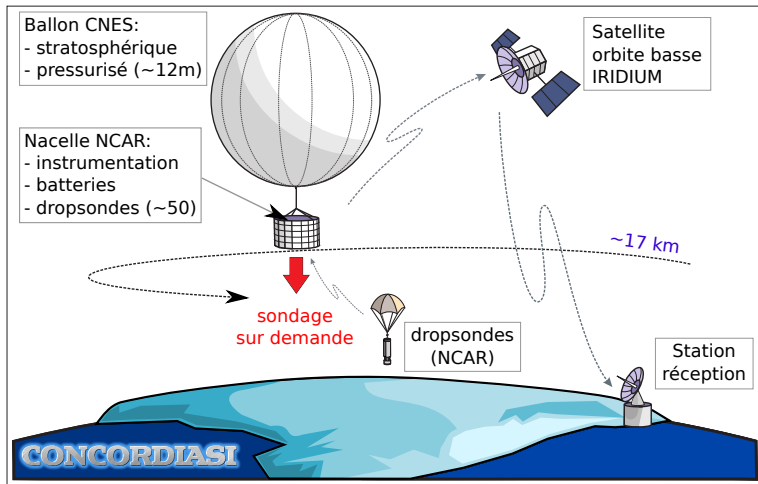
L'objectif de cette présentation est . . .

- ▶ de décrire la stratégie utilisée par le CNRM pour le déploiement *automatique* quotidien de sondes depuis les nacelles contrôlées par l'EOL (*Earth Observing Laboratory*, NCAR, USA);
- ▶ de montrer comment ce sont passées les colocalisations selon les cibles;
- ▶ de faire une critique de la stratégie utilisée.

Plan

1. Stratégies d'échantillonnage;
2. Programmeur de sondages: le (CISOS);
3. Résultats: colocalisations sur cibles fixes ou mouvantes;
4. Aspects de prévisibilité des colocalisations.

Le système "driftsonde" (CNES/NCAR)



Des sondes dédiées

IASI De 21 UTC à 15 UTC, 12 dropsondes (max) étaient dédiées aux colocalisations avec IASI et AIRS (A-TRAIN)

Prévisibilité De 15 UTC à 21 UTC, 4 dropsondes (max) sont dédiées à l'observation de zones sensibles (+30 h ECMWF).

Ondes de gravité À n'importe quel moment de la journée mais une seule par jour et dans un périmètre restreint sous le vent de la péninsule Antarctique.

Station de Concordia Une seule par jour, sur condition de proximité avec la station.

Contraintes

Surface Éviter les régions avec forte variabilité horizontale (i.e. scènes hétérogènes: zones côtières, limites de banquise).

Énergie Éviter la perte de sonde pour défaut de batteries.

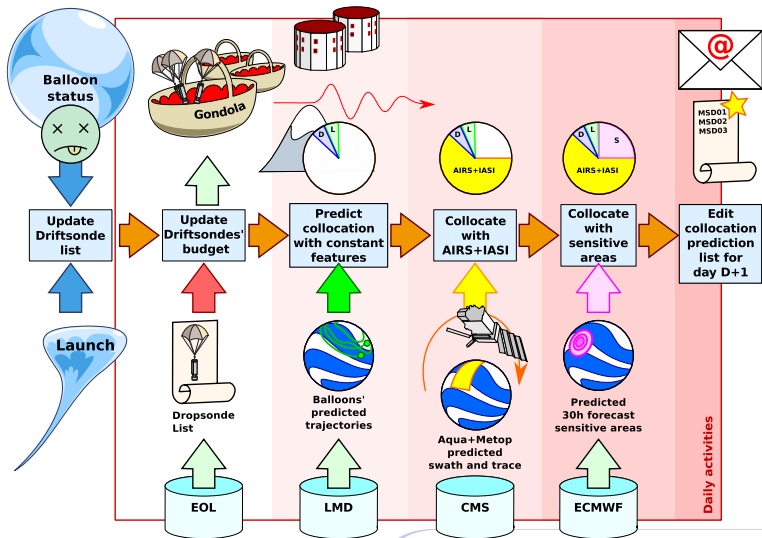
Dispersion Profiter de toute la constellation des ballons.

Ressources humaines 3 personnes (rotation) et charge minimale le week-end.

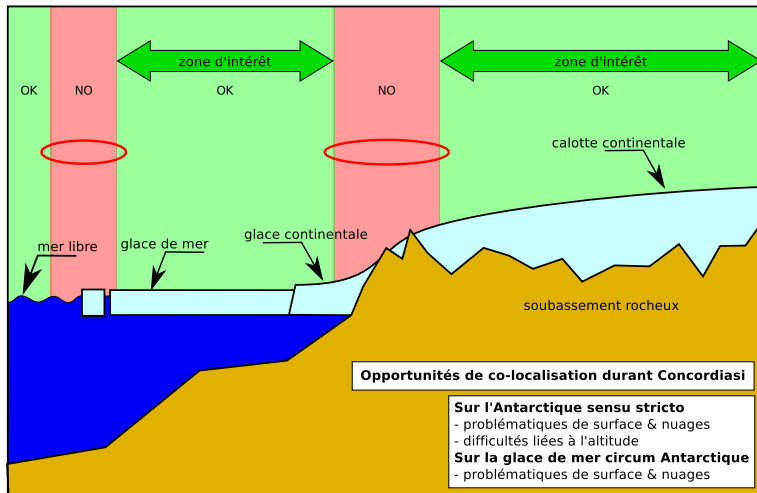
Un outil pour tenter d'optimiser ce jeu de contraintes

L'outil CISOS (**C**oncordiasi **D**rop-**S**ounding **S**cheduler) prévoyait les sondages/lâchers pour le lendemain

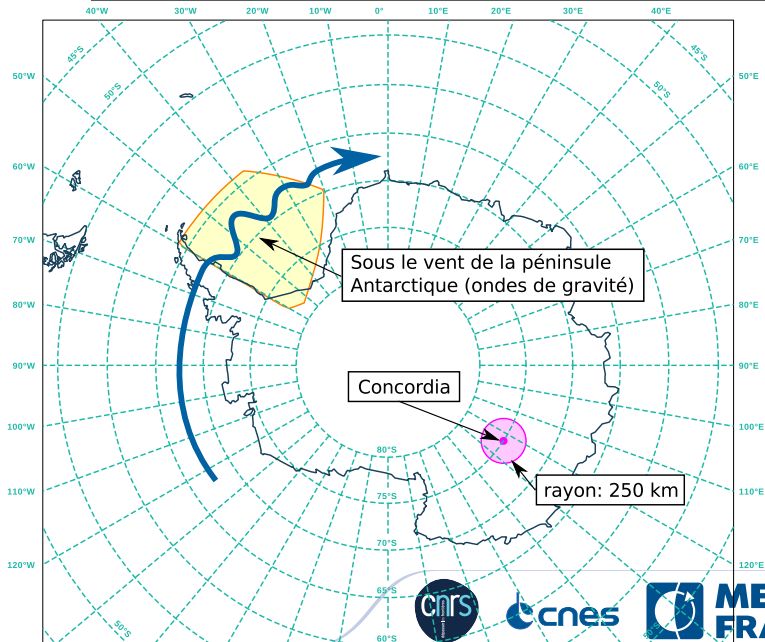
Concordiasi Drop-Sounding Scheduler



... Contraintes géographiques considérées dans CISOS...



Les cibles fixes considérées dans CISOS...



Mise en œuvre

- ▶ CISOS a été conçu par A. Bouchard et A. Doerenbecher avec l'aide de D. Puech, P. Brunel et S. Cahin (ECMWF).
- ▶ CISOS a fonctionné du 20 sep. 2010 aux premiers jours de décembre 2010.
- ▶ 3 personnes (F. Rabier, V. Guidard et A. Doerenbecher) se sont relayées pour vérifier le bon déroulement des sondages et soumettre la liste des sondages pour le lendemain, liste qui était proposée par le programmeur.

Difficultés rencontrées (reconfiguration de l'outil)

- ▶ Estimation précise des sondes disponibles: le programmeur n'étant pas directement couplé avec le système EOL. Le décompte exact des sondes n'était pas accessible automatiquement et les sondages manqués devaient être comptabilisés à la main.
- ▶ Contraintes inattendues sur le rythme de sondage (e.g. pas plus d'une sonde/jour), surgissant en effet de bord de problèmes survenant soit sur le ballon, soit sur la charge utile.
- ▶ La programmation sur zone sensibles a cessé fin novembre (la plupart des driftsondes étaient vides et les cibles difficiles à atteindre)
- ▶ Interruption courte (~1j) du flux de données IASI début octobre (arrêt des colocalisations).

Problèmes rencontrés (liés au caractère non-opérationnel des systèmes).

- ▶ Interruption du flux de prévision de trajectoires (serveur FTP côté LMD).
- ▶ Interruption des prévisions des traces et fauchées des satellites suite problème informatique au CMS.

Positions prévues

- ▶ Trajectoires prévues (LMD),
- ▶ Colocalisations prévues (CNRM, CISOS).

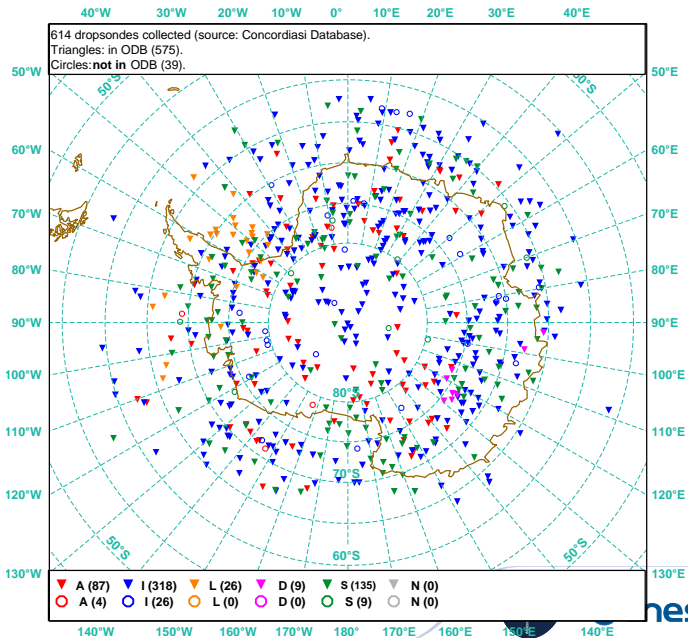
Position des données collectée par le sondes

- ▶ page web EOL,
- ▶ base de données CNRM,
- ▶ base opérationnelle de MÉTÉO-FRANCE (BDM): données TEMPDROP,
- ▶ système d'assimilation ARPÈGE (ODB).

Positions des données collectées par les ballons

- ▶ LMD (données TSEN),
- ▶ page web EOL (engineer ING data),
- ▶ page web CNRM,
- ▶ base opérationnelle à MÉTÉO-FRANCE (BDM): données AMDAR.

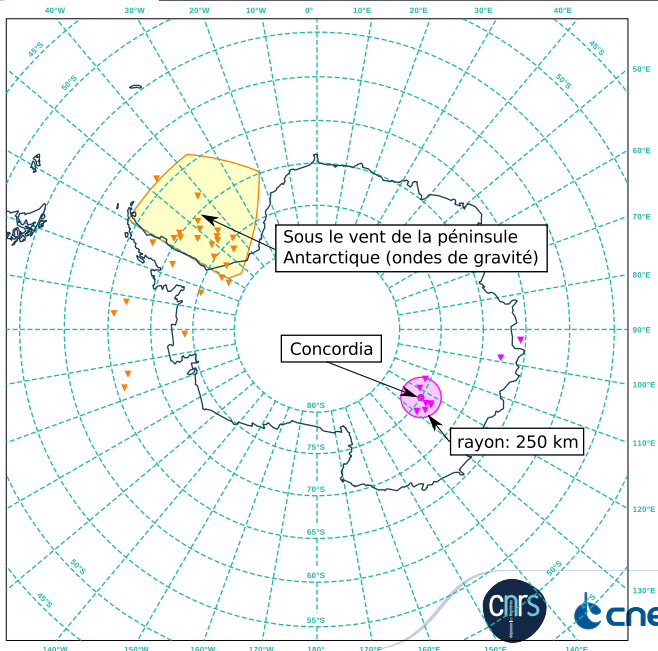
Une mission est ré-assignée à chaque sonde réelle



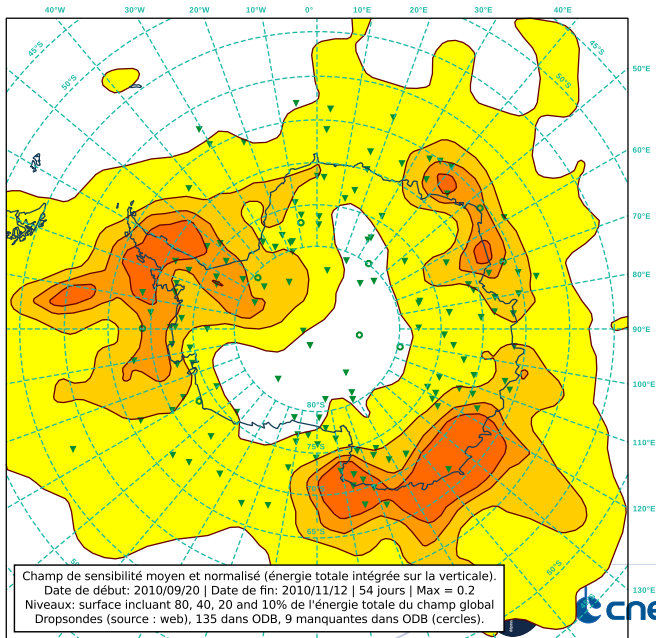
Rôle du sondage:

- ▶ AIRS+IASI
- ▶ IASI
- ▶ Péninsule Antarctique
- ▶ Dome C (Concordia)
- ▶ Sensibilité
- ▶ Pas d'attribution

Colocalisations avec cibles fixes



Colocalisations avec cibles changeantes: zones sensibles



Pour chaque dropsonde, on recherche. . .

- ▶ Le plus proche pixel IASI assimilé (ODB);
- ▶ La plus proche trace (prévue) de AIRS (trace prévue plus commode que les données assimilées, cf. thinning dans le 4D).

La colocalisation entre dropsonde & le pixel satellite est décrétée bonne si. . .

Distance géographique $\Delta x \leq a_1$, où $a_1 = 250\text{km}$;

Distance temporelle $\Delta t \leq t_1$, où $t_1 = 1800\text{s}$.

Pour chaque dropsonde, on sélectionne. . .

- ▶ les données brutes des satellites au sud de 50°S (Σ);
- ▶ les pixels IASI de ODB dans une boîte lat-lon cernant le cercle de rayon a_1 ;
- ▶ les traces prévues de AIRS sur le même domaine.

Pour chaque dropsonde on détermine. . .

- ▶ le Δx minimal entre sonde et pixel IASI (et possiblement la trace AIRS);
- ▶ le Δt entre le pixel IASI (et le possible pixel AIRS) et la dropsonde (lorsqu'elle est à la moitié de sa chute: lâcher + 10 minutes).

Pour chaque (groupe de) motif de sondage, on considère . . .

- ▶ le poids relatif de la distance et du décalage temporel (1.0 pour chaque);
- ▶ la qualité effective de la surface (évitement des scènes hétérogènes);
- ▶ la forte variabilité solaire (aube et crépuscule).

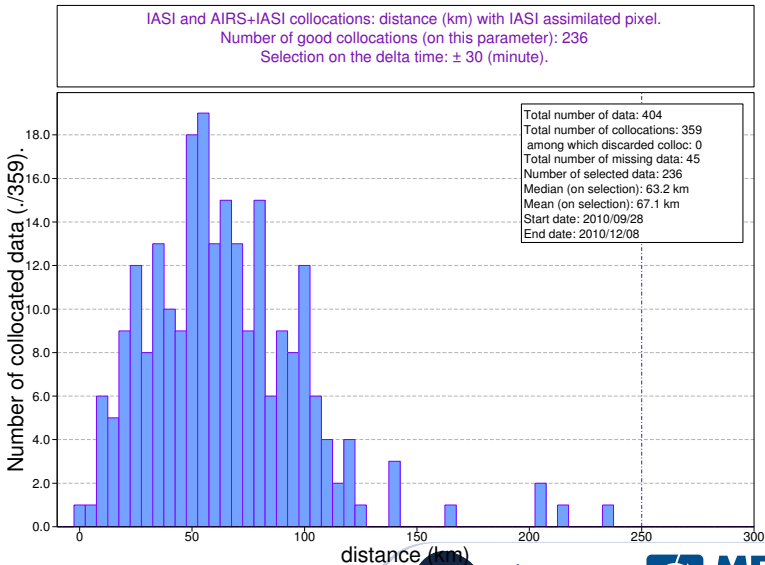
On catégorise les colocalisations (*bins*)

Distance géographique 0, 25, 50, 100, 250 et 500 km

Décalage temporel 0, 10, 20, 30, 60 et 180 minutes

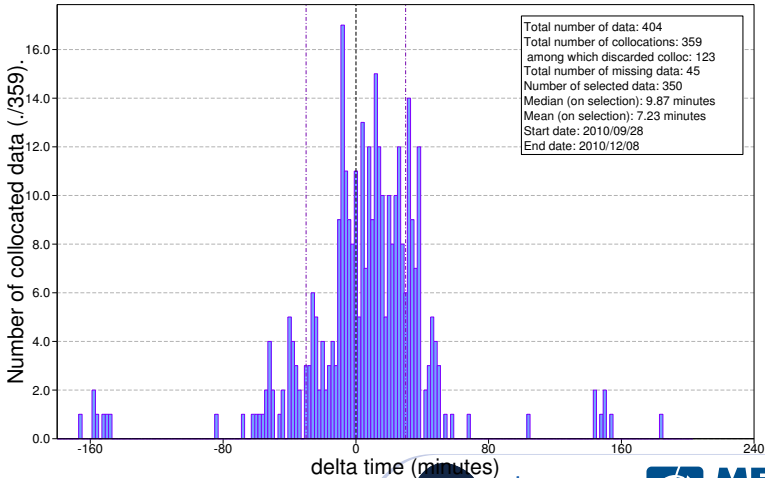
<i>Total number of data</i>	nombre de dropsondes dans un groupe donné et pour une source donnée.
<i>Total number of collocations among which discarded colloc</i>	nombre de colocalisations colocalisations les plus pauvres (a_1, t_1)
<i>Total number of missing data</i>	nombre de colocalisation manquées selon les critères a_1, t_1 et Σ .
<i>Number of selected data</i>	nombre de colocalisations vérifiant déjà un critère additionnel critère de sélection (i.e. temps ou distance).

Colocalisations avec IASI: critère de distance sur les sondes dédiées à AIRS et IASI

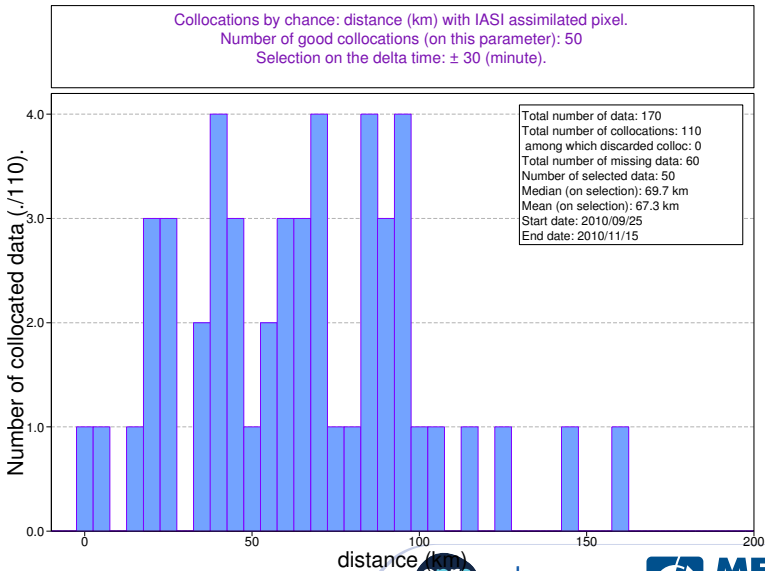


Colocalisations avec IASI: critère de temps sur les sondes dédiées à AIRS et IASI

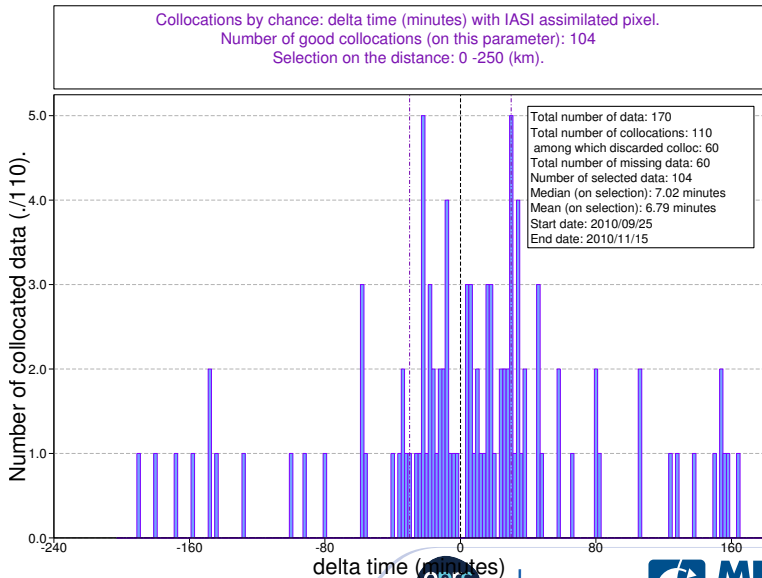
IASI and AIRS+IASI collocations: delta time (minutes) with IASI assimilated pixel.
Number of good collocations (on this parameter): 350
Selection on the distance: 0 -250 (km).



Colocalisations avec IASI: critère de distance sur les sondes dédiées ni à AIRS ni à IASI



Colocalisations avec IASI: critère de délai sur les sondes dédiées ni à AIRS ni à IASI



Exemples de “bonnes” colocalisations

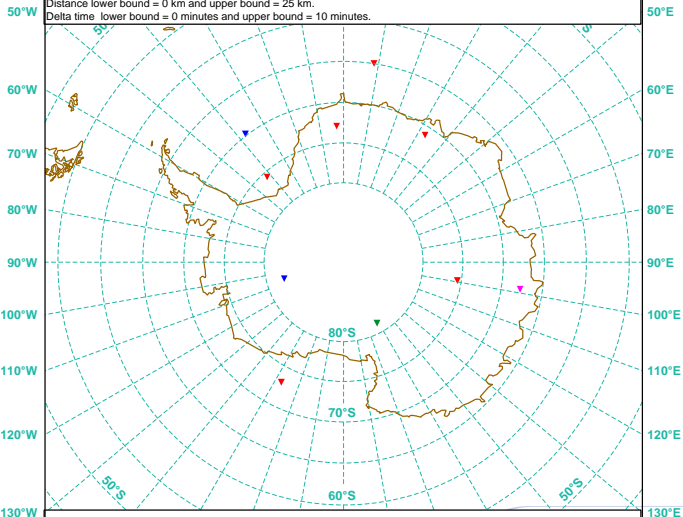
40°W 30°W 20°W 10°W 0° 10°E 20°E 30°E 40°E

All possible collocations, with IASI assimilated pixel.

10 collocation(s) with IASI with quality mark 1 (no selection on sun exposition tendency) (no selection on the surface type).

Distance lower bound = 0 km and upper bound = 25 km.

Delta time lower bound = 0 minutes and upper bound = 10 minutes.



Dropsonde predicted purpose.

▼ N (0) ▼ I (6) ▼ A (2) ▼ L (0) ▼ D (1) ▼ S (1)

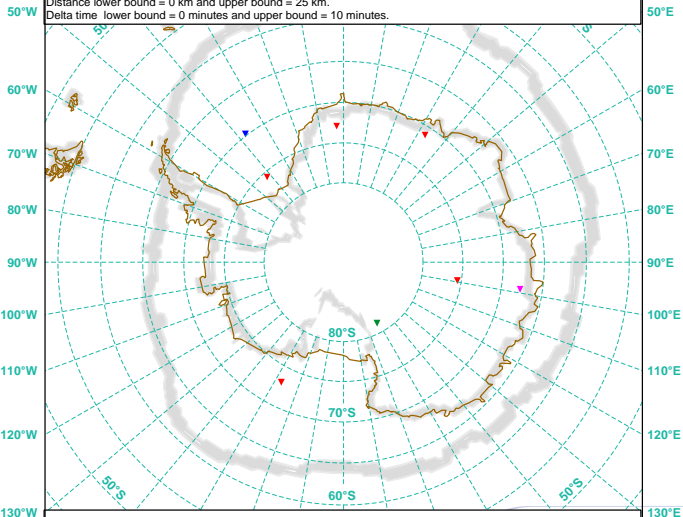
140°W 150°W 160°W 170°W 180° 170°E 160°E 150°E 140°E

nes

Exemples de “bonnes” colocalisations

40°W 30°W 20°W 10°W 0° 10°E 20°E 30°E 40°E

All possible collocations, with IASI assimilated pixel.
8 collocation(s) with IASI with quality mark 1 (full day-time or night-time) (“flat” surface).
Distance lower bound = 0 km and upper bound = 25 km.
Delta time lower bound = 0 minutes and upper bound = 10 minutes.



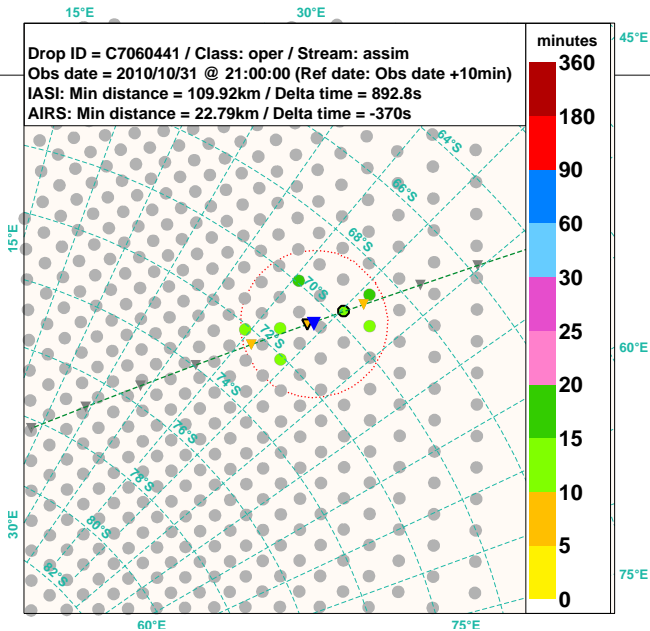
Dropsonde predicted purpose.

▼ N (0) ▼ I (5) ▼ A (1) ▼ L (0) ▼ D (1) ▼ S (1)

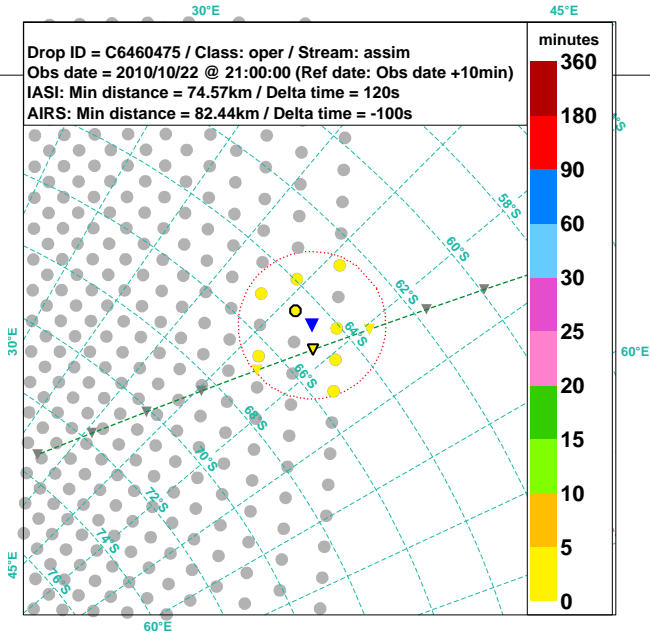
140°W 150°W 160°W 170°W 180° 170°E 160°E 150°E 140°E

nes

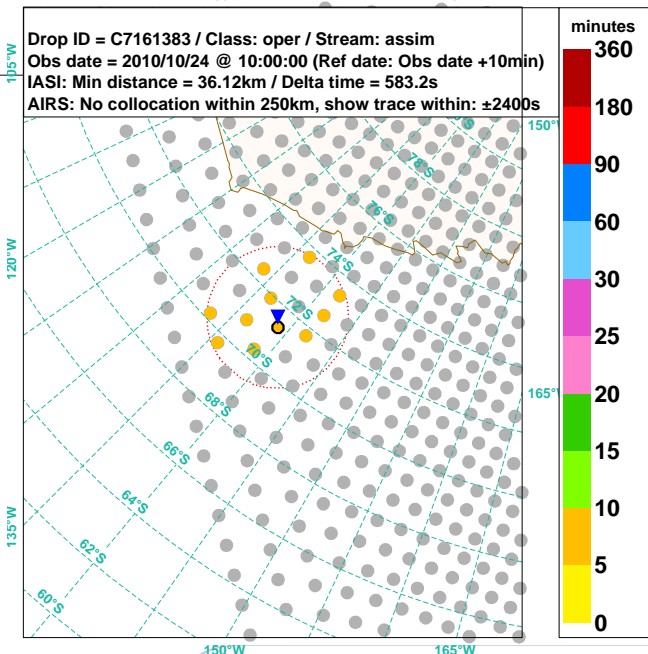
Un exemple de
"bonne" colocalisation
avec AIRS et IASI (1/2)



Un exemple de
"bonnes"
colocalisation avec
AIRS et IASI (2/2)



Un exemple de bonne
colocalisation avec
IASI



Détection des colocalisations

- ▶ Ce travail s'est fait dans un contexte d'assimilation de données (4D-Var ARPÈGE).
- ▶ Les données AIRS assimilée ne sont pas utilisables pour évaluer les colocalisations: le thinning étant très important. On doit utiliser la trace prévue en première approximation.
- ▶ Les dropsondes et les pixels colocalisés peuvent se retrouver dans des segments d'assimilation différents (time-slots ou même fenêtre) (la notion de colocalisation est-elle utile dans ces contextes ?)

Colocalisations (in)volontaires...

- ▶ Les colocalisations **volontaires** sont celles dédiées à AIRS et IASI.
- ▶ Les colocalisations **involontaires** sont celles obtenues sur les autres sondes (LAP, Dome C, Sens.).
- ▶ Distance: qualité très similaire !
- ▶ Décalage: qualité similaire, même légèrement meilleure quand la colocalisation est involontaire !
- ▶ À partir de ces quelques (rares) statistiques, on peut en déduire qu'un algorithme d'échantillonnage aléatoire aurait pu donner une qualité de colocalisation équivalente à celle de CISOS+EOL...

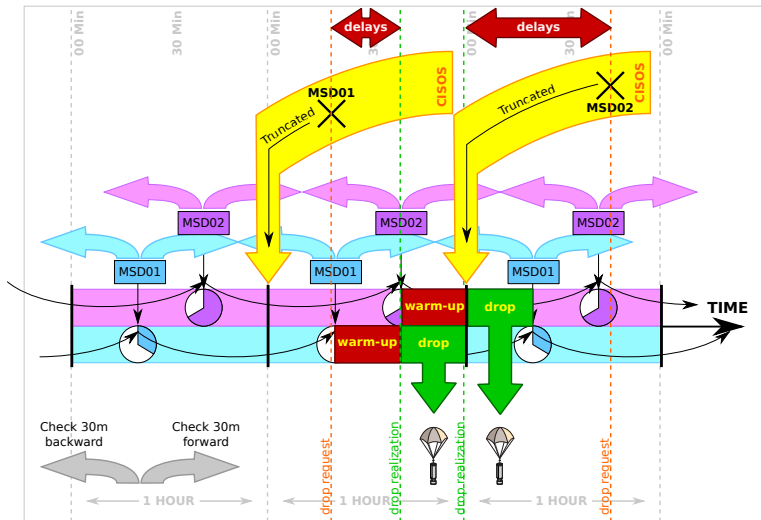
Quelle en est la raison ?

Faiblesse L'interface entre CISOs et EoL était sous-optimal: le CISOs tronquait les minutes des horaires de lâchers sans tenir compte des horloges individuelles des sondes.

Une horloge ?



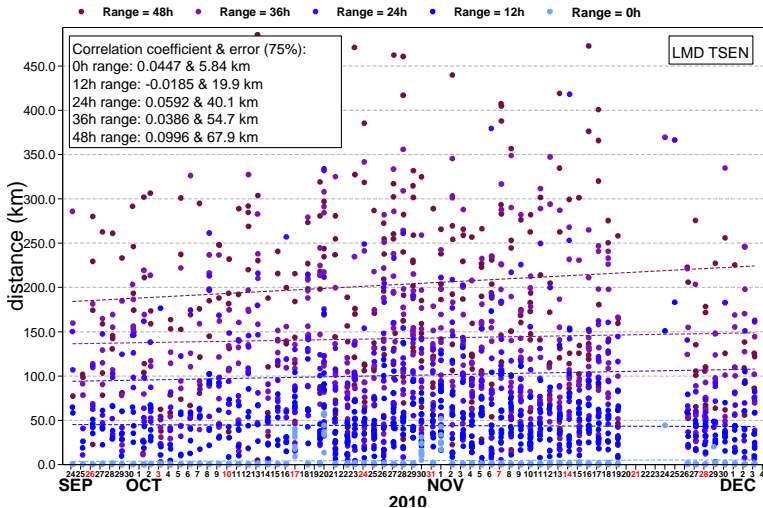
Décalage d'horloge et oubli des minutes...



L'erreur de prévision sur les trajectoires de ballons sont-elles une autre explication pour le faible taux de bonnes colocalisations ?

Erreurs de trajectoires On compare la trajectoire prévue à J+1 avec les données LMD TSEN ou avec le suivi des nacelles par l'EOL engineering ING data (page web)...

Évolution temporelle des erreurs de prévision des trajectoires

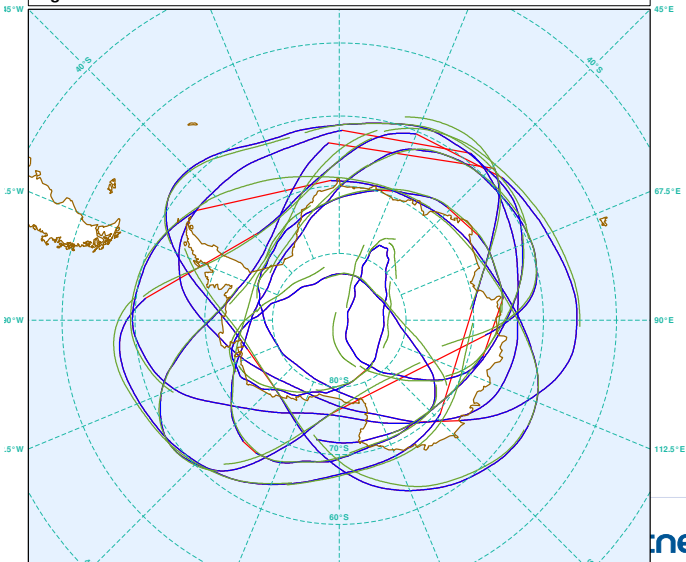


Erreurs de prévision de trajectoires (J+1): ballon MSD11

Observed (TSEN/LMD) and predicted driftsonde trajectories in the past days.

Base: 2010-12-03 at 00 UT | Range selection: Day D+1

Flight: MSD11 launched on 2010-10-19 at 00 UT

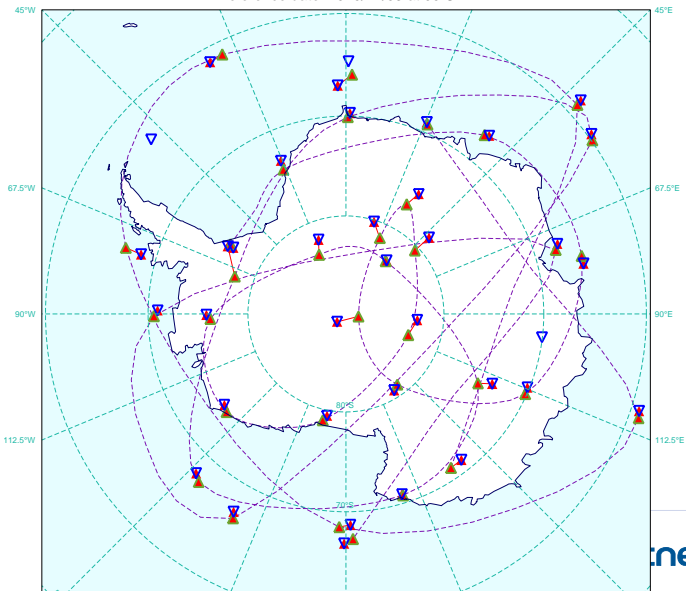


Erreurs de prévision de trajectoires à 36 h: MSD11

Pairs of observed and predicted positions at range: 36h.

Flight: MSD11 | Number of orphan positions: 3.

Reference date: 2010/12/03 at 00 UT.



A quoi cela aura-t-il servi ?

1. La colocalisation volontaire parfaite est-elle possible ? Le contexte polaire + satellite LEO est particulier.
2. Les colocalisations ont été exploitées au CNRM (A. Bouchard et A. Vincensini) et au NCAR (J. Wang)
3. Les dropsondes (TEMPDROP) et les données TSEN (type AMDAR) ont été assimilées en temps réel (V. Guidard).

Et après ?

1. Les driftsondes n'étaient pas à leur coup d'essai (AMMA, 2006, T-PARC, 2008), on peut espérer les retrouver en 2018 dans Stratéole 2... Besoin de colocalisation ?

C'est le moment de faire une pause. . .

Merci pour votre attention.
Vos questions sont les bienvenues.

Remerciements

Outre les co-auteurs de ce support de présentation, les éléments présentés ici n'auraient pas été possibles sans la forte collaboration avec les équipes du NCAR/EOL, et aussi avec D. Puech (MÉTÉO-FRANCE) et A. Hertzog (LMD).

