

ACTRIS Center for Cloud REmote
Sensing (CCRES).

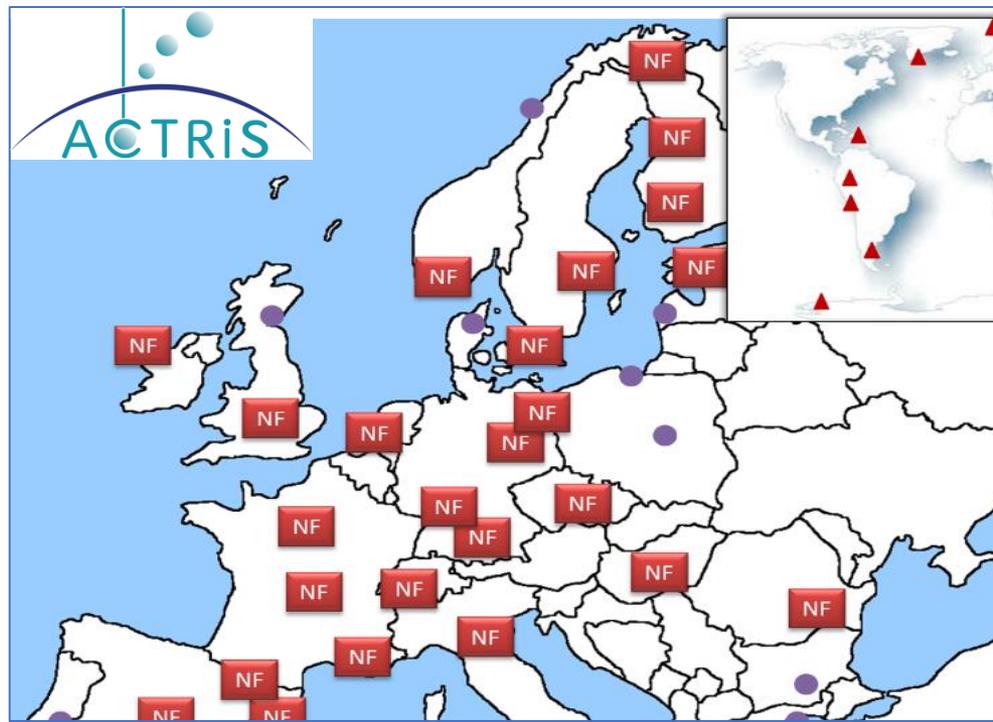
Doppler Cloud Radar Calibration
Experiment (DCR-CE)

CCRES : IPSL, LATMOS, MODEM, TU. Delft

*DCR-CE : IPSL, LATMOS, MODEM, TU. Delft, Météo-
France, U. Granada*

Infrastructure de Recherche ACTRIS

- ACTRIS est l'infrastructure de recherche Européenne pour l'observation des Aérosols, des Nuages et des gaz traces.
- Elle est composée de stations d'observation, de plateformes d'exploration, d'infrastructure pour l'étalonnage des instruments et un centre de données.

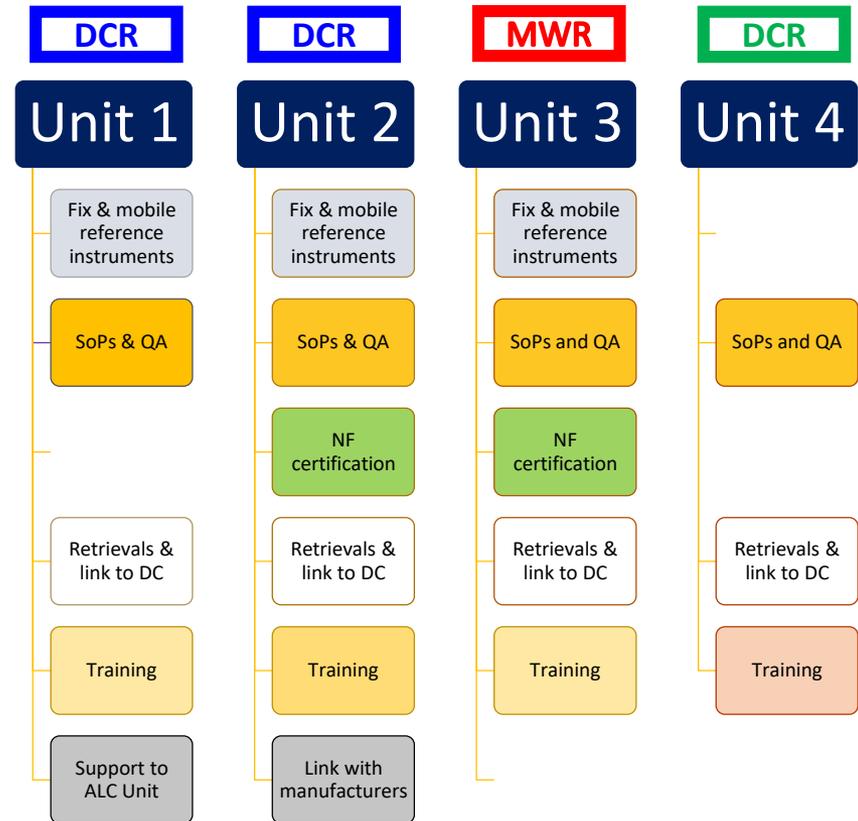


Centre ACTRIS pour la télédétection des Nuages

Les **ACTRIS Topical Centers** ont par mission le soutien de l'opération, la calibration et la supervision de la qualité des données sur tout le réseau.

Le Centre pour la Télédétection des Nuages (CCRES) est responsable du suivi des :

- Doppler Cloud Radars (DCR)
- Microwave Radiometers (MWR)
- Doppler Wind profiling Lidars (DWL)



Le CCRES en France

Le centre d'expertise et de calibration français prend en charge les radars nuage. Les partenaires impliqués sont :

- **IPSL**: Définit et coordonne les services du CCRES. Le SIRTa est le site de référence pour le CCRES.
- **LATMOS**: Possède l'expertise des Radars Nuage (hardware et software).
- **MODEM**: Fabrique les Radars Nuages et fournit les services aux utilisateurs hors du réseau ACTRIS.



CCRES: Calibration des Radars Nuage

- Le CCRES réalise des campagnes de calibration pour:
 - Etudier méthodes existantes et nouvelles pour l'étalonnage des DCRs.
 - Identifier les avantages, limitations et incertitudes de chaque technique de calibration.
 - Dimensionner le support pour assurer la calibration des radars nuages du réseau ACTRIS.

=> Deux campagnes de calibration ont été réalisées au SIRTA :
Novembre 2017 et Mai 2018.

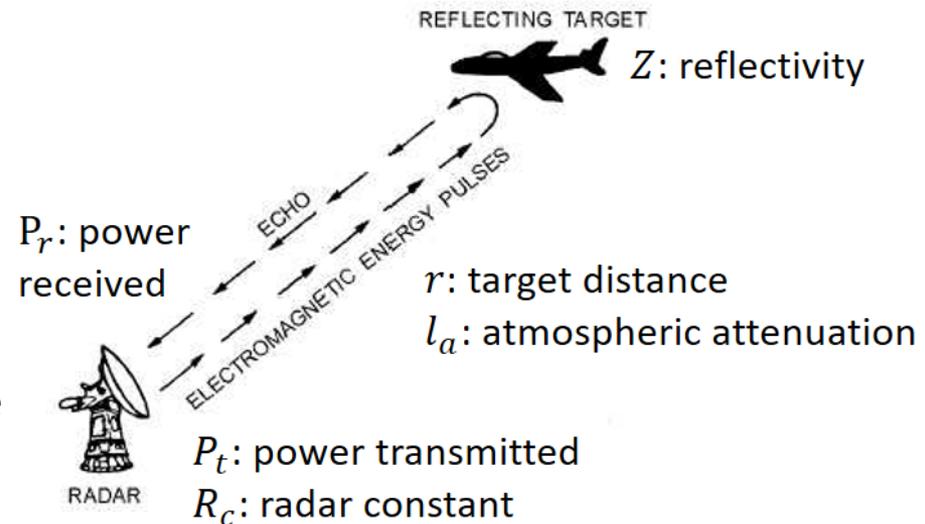


L'étalonnage: Réflectivité Absolue

- La réflectivité Z des nuages est en relation avec ses propriétés microphysiques. Elle peut être estimée depuis un Radar avec l'équation suivante :

$$Z_{dBZ}(r) = A + 10 \log_{10} P_r(r) + 20 \log_{10} r + 2l_a(r, \lambda, ATC) + \text{Corr. Supp.}$$

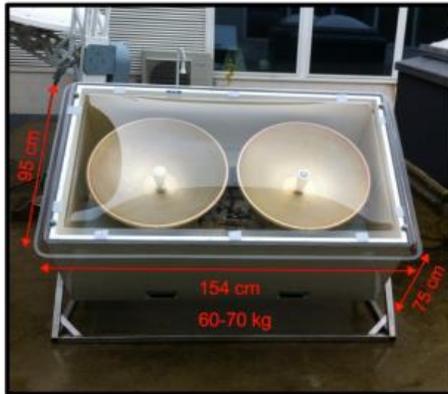
- A : Constante d'étalonnage du Radar [dBZ].
- r : Distance à la cible en [km].
- $Z(r)$: Réflectivité mesurée d'une cible à une distance r en [dBZ].
- $P_r(r)$: Puissance reçue à une distance r en [mW].
- $l_a(r, \lambda, ATC)$: Atténuation de l'atmosphère entre la cible et le radar
- **Corr. Supp**: Termes de correction supplémentaires.



Campagne de Calibration Nov. 2017

Deux BASTA Radars à 95 GHz étudiés:

BASTA



Mobile (70 kg, 154 cm x 94 cm x 62 cm)

BASTA mini



Sur positionneur

Mini (35 kg, 82 cm x 46 cm x 45cm)

Fréquence 95 GHz
 Antenne 60 cm / 30 cm
 Puissance ~ 0.5 W - 1 W
 Intégration 0.25-10 s
 Beam width 0.4° / 0.8°
 Range ~40m – 24 km
 non polarisé, T° & P réglées

Modes	Portée	Vitesse ambigüe	Z _{min} -Z _{max} GM/mini @1 km et @4 km (3s)	Cible
12.5 m	12 km	±10 m/s	-39.5/-33.5 – 20 dBZ -25.5/-19.5 – 20 dBZ	Brouillard/Pluie
25 m	18 km	±5 m/s	-44/-38 – 20 dBZ -30/-24 – 20 dBZ	Tout
100 m	18 km	±5 m/s	-50/-44 – 20 dBZ -36/30 – 20 dBZ	Nuages fins / cirrus
100 m	24 km	±2.5 m/s	-51.5/-45.5 – 20 dBZ -37.5/31.5 – 20 dBZ	Nuages très fins/ cirrus

Campagne de Calibration Nov. 2017

Dates :

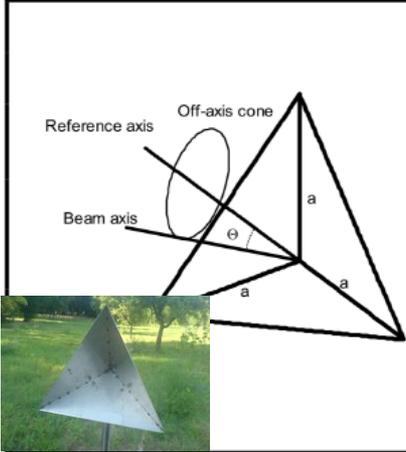
- 21 à 29 de Novembre 2017.

Expériences réalisées :

- Pointage sur le mât avec une cible connue en utilisant un Radar avec balayage.
- Drone avec sphère métallique.
- Mesure simultanée des Nuages pour inter-comparaison entre deux radars.

Calibration avec une cible de référence

En utilisant des cibles avec une géométrie simple, il est possible de calculer la *Radar Cross Section (RCS)* de l'objet et l'utiliser comme référence.



Peak RCS	$\sigma_0 = 4\pi A^2 / \lambda^2$
Effective area	$A = a^2 / \sqrt{3}$
half-power response width	40 degrees about axis of symmetry.
Reference axis	54.7 degrees from each seam. 35.26 degrees from each plate. (Axis of symmetry)
Aspect factor	$f = \left[2 \cos(\theta) \frac{J_1(x)}{x} \right]^2$ $x = 1.617 \frac{\sin(\theta)}{\sin(20^\circ)}$

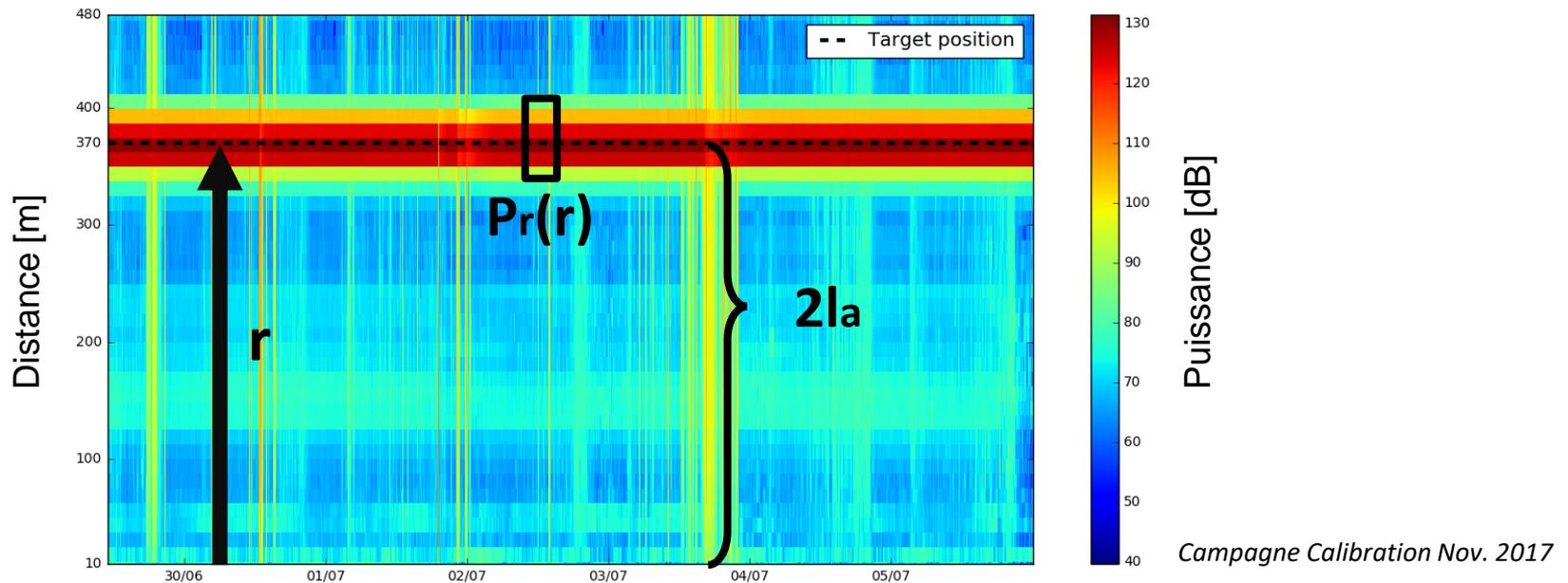


Cible connue sur le mat, pour faire une calibration avec une référence externe

Calibration avec une cible de référence

$$\rightarrow Z_{cible}(r) = 10 * \log_{10} \left(\frac{RCS}{r^4} \right) [dBZ] \quad \text{Réflectivité Connu !}$$

Puissance non-calibrée reçue depuis la Cible



Depuis l'équation Radar:

$$C.C. = Z_{cible}(r) - 10 \log_{10} P_r(r) - 20 \log_{10} r - 2l_a(r, \lambda, ATM) - \text{Corr. Supp.}$$



Information de l'atmosphère dès le SIRTA ✓

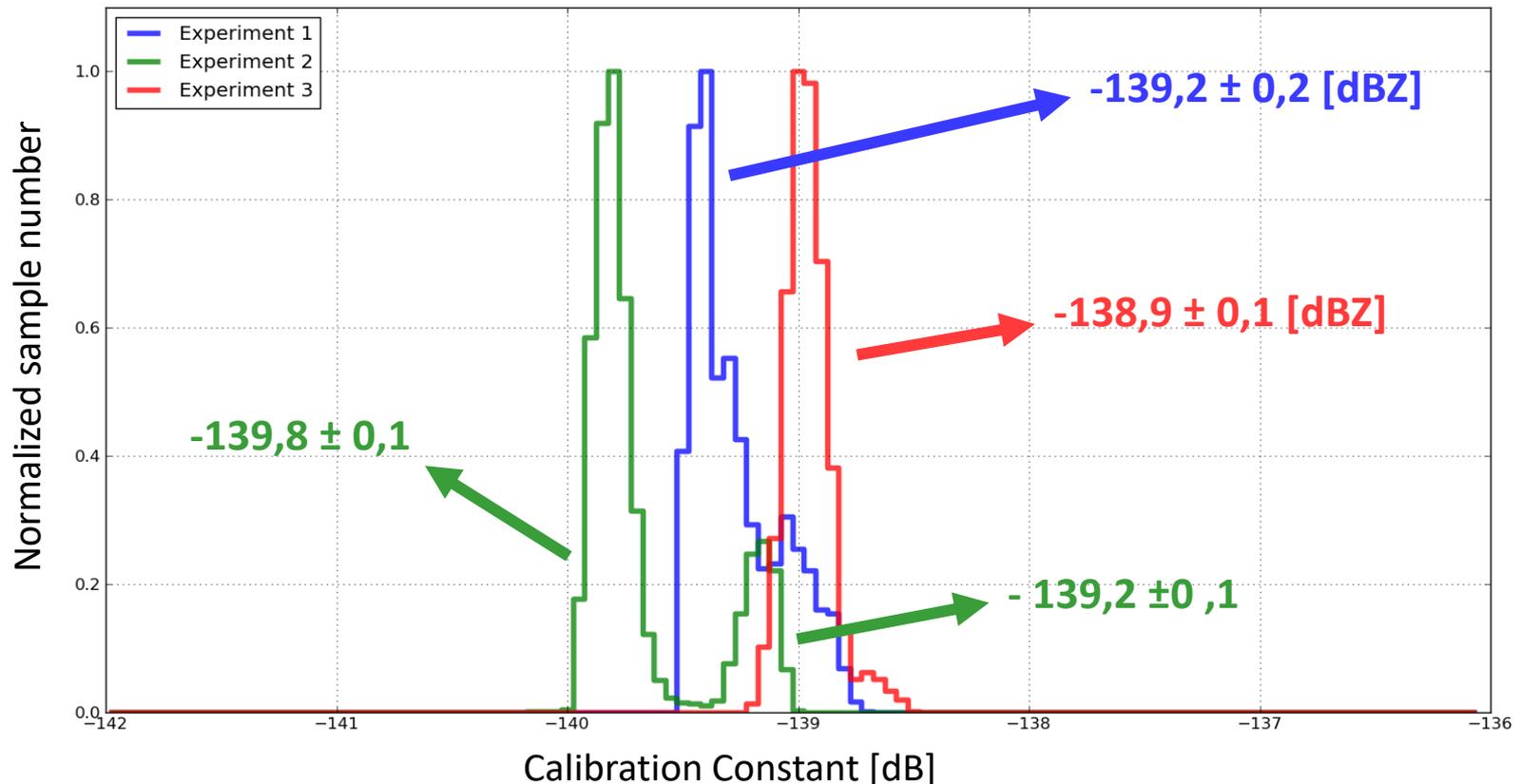
P. ex. angle d'ouverture des antennes ✓

Campagne de Calibration Nov. 2017

Résultats :

- Etalonnage avec cible triédrique sur un mât

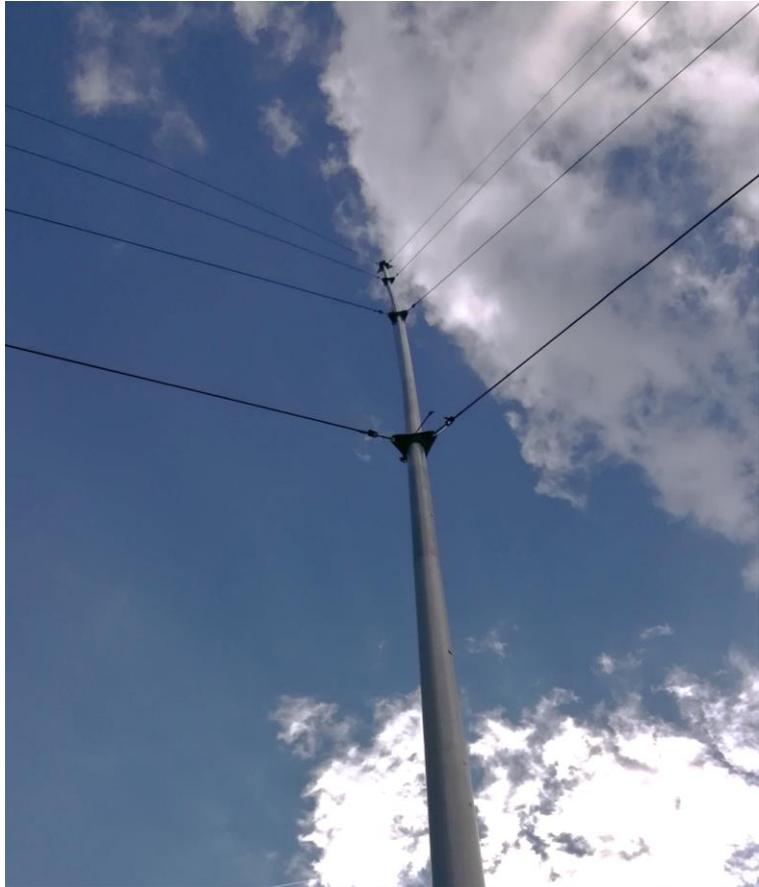
Calibration Constant retrieved from the mast experiment
IF = 90 Mhz, Integration time = 3 secs.



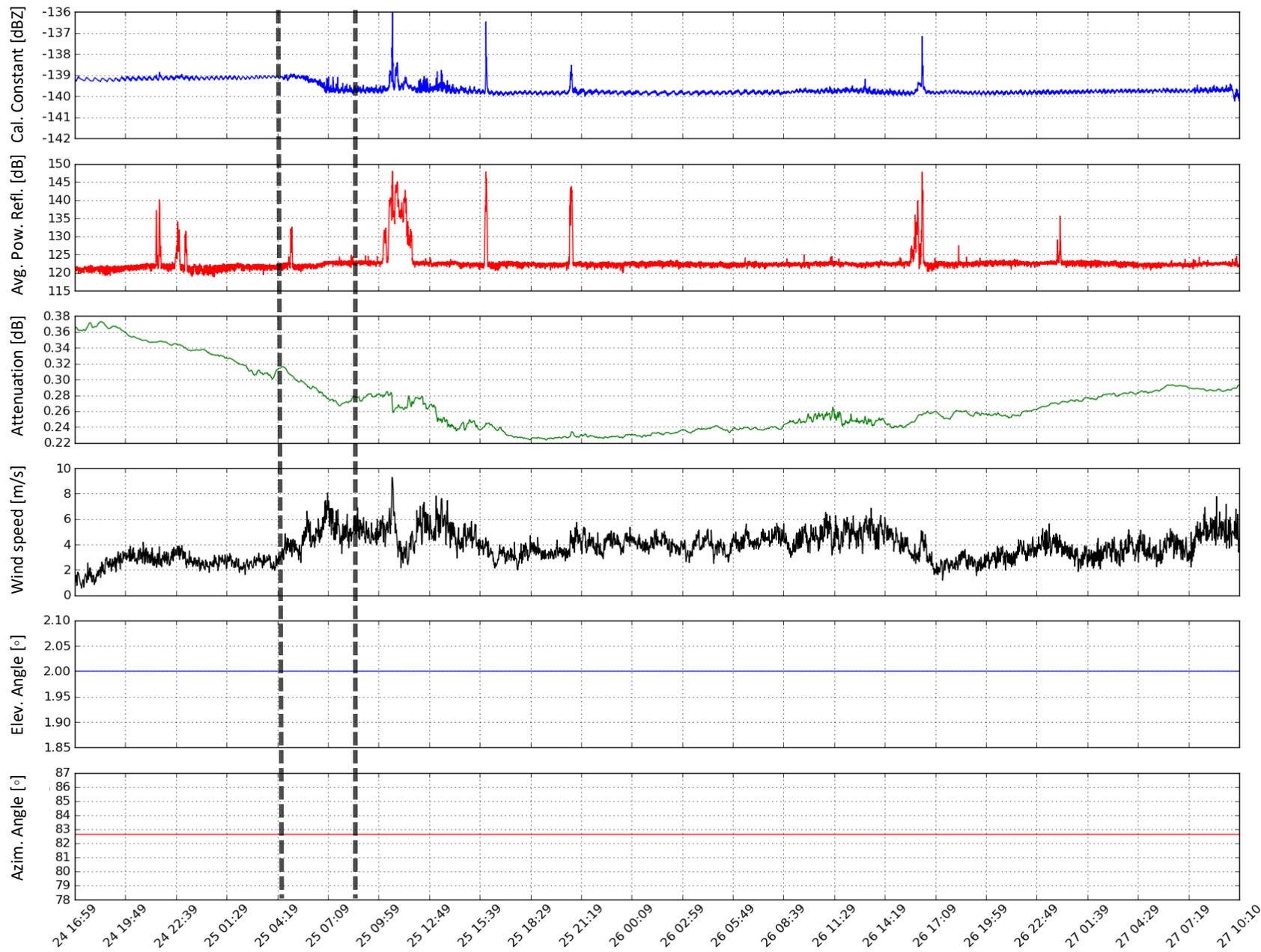
Campagne de Calibration Nov. 2017

Résultats :

- Variabilité à cause de l'installation et l'alignement.

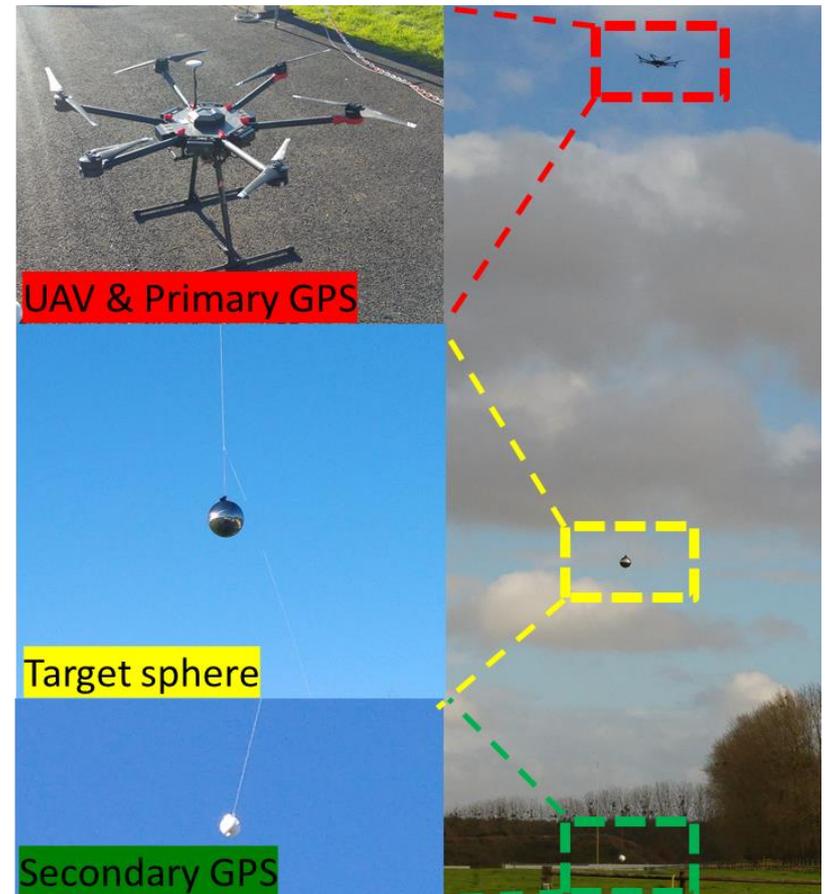


Série temporelle de l'expérience avec mât



Calibration avec une cible de référence: Autres approches

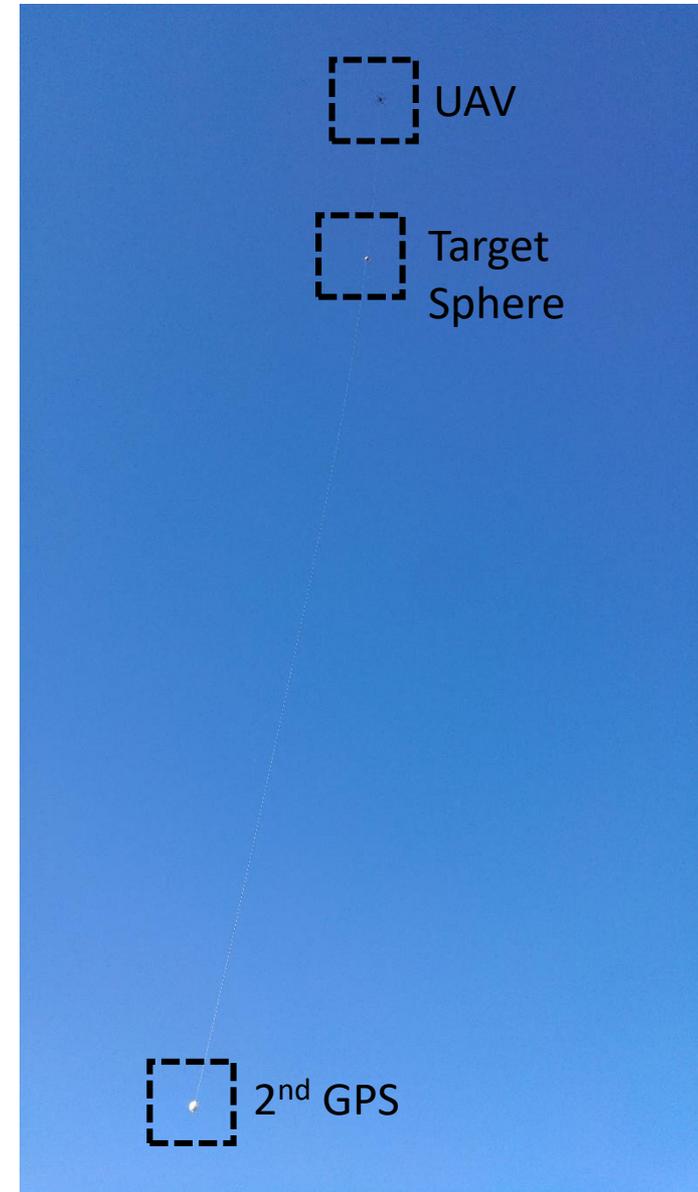
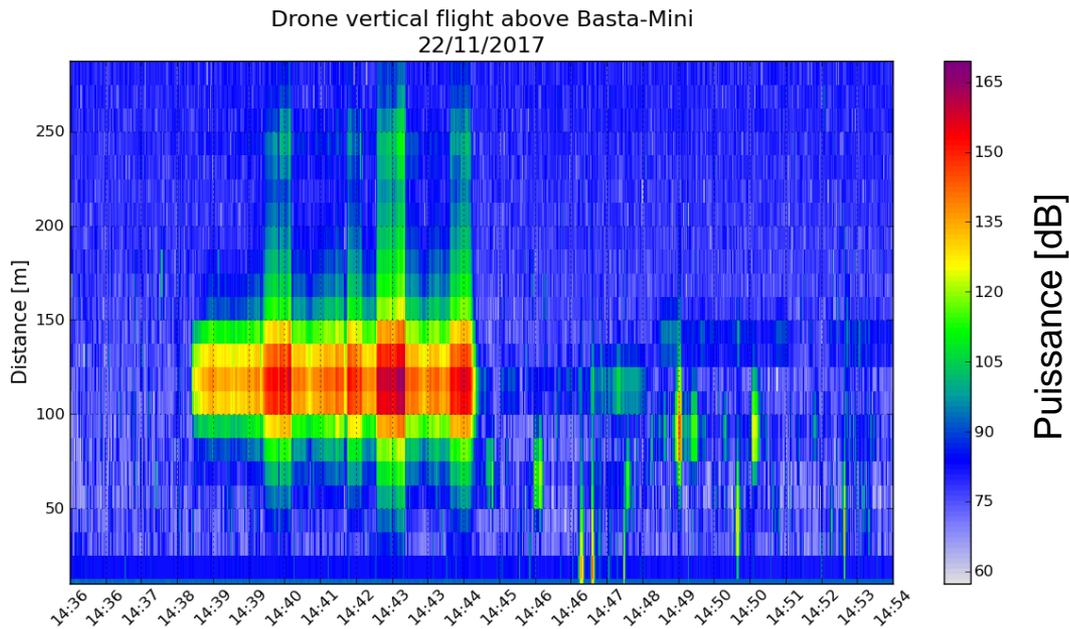
Obtention de la C.C. à partir des cibles suspendues en l'air des Drones, pour les radars verticaux sans balayage.



Campagne de Calibration Nov. 2017

Résultats :

- La cible suspendue au-dessus d'un radar en visée verticale était difficile à contrôler à cause du vent (oscillations) → Eléments difficiles à identifier



Campagne de Calibration Nov. 2017

Conclusions:

- Si on fait l'hypothèse d'une distribution gaussienne de la constante d'étalonnage, en faisant la moyenne des différentes expérimentations on obtient:
 - **Cte. Calibration = $-139,3 \pm 0,4$**
- Or, d'après les différentes expérimentations, cette distribution ne paraît pas gaussienne donc plusieurs expériences d'étalonnage avec mât sont requis pour faire une bonne caractérisation de la distribution de probabilité de la constante à cause de l'alignement du système.

Campagne de Calibration Mai 2018

Quatre radars nuage étudiés :

- Trois radars BASTA 95 GHz.
- Un radar RPG 95 GHz.



**Center for Cloud REMote Sensing (CCRES)
Radar Calibration Experiment II
May 2018, at SIRTA, Palaiseau**

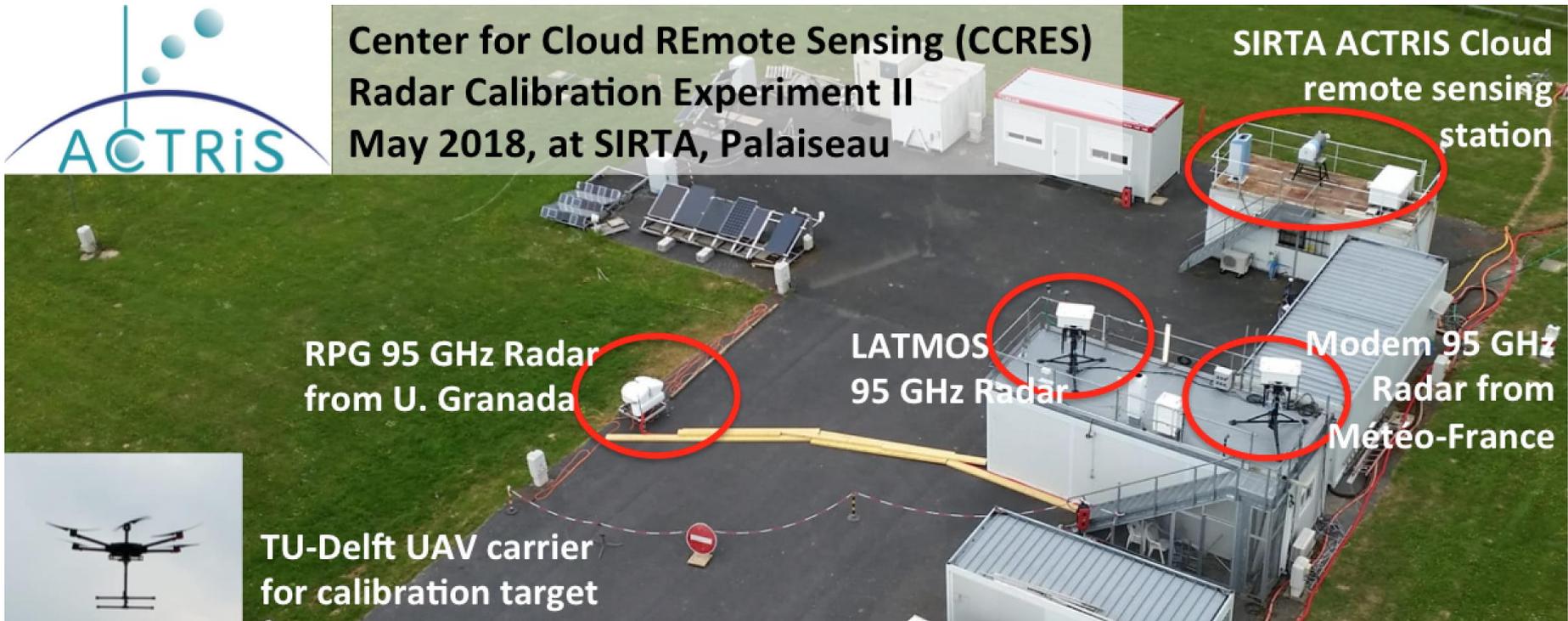
**SIRTA ACTRIS Cloud
remote sensing
station**

**RPG 95 GHz Radar
from U. Granada**

**LATMOS
95 GHz Radâr**

**Modem 95 GHz
Radar from
Météo-France**

**TU-Delft UAV carrier
for calibration target**



Campagne de Calibration Mai 2018

Dates :

- Du 7 Mai au 7 Juin 2018

Expériences réalisées :

- Pointage vers une cible sur mât avec deux radars à balayage.
- Drone avec cible triédrique à base carrée et sphère métallique.
- Mesure simultanée de réflectivité des nuages en utilisant quatre radars.

Campagne de Calibration Mai 2018

Améliorations :

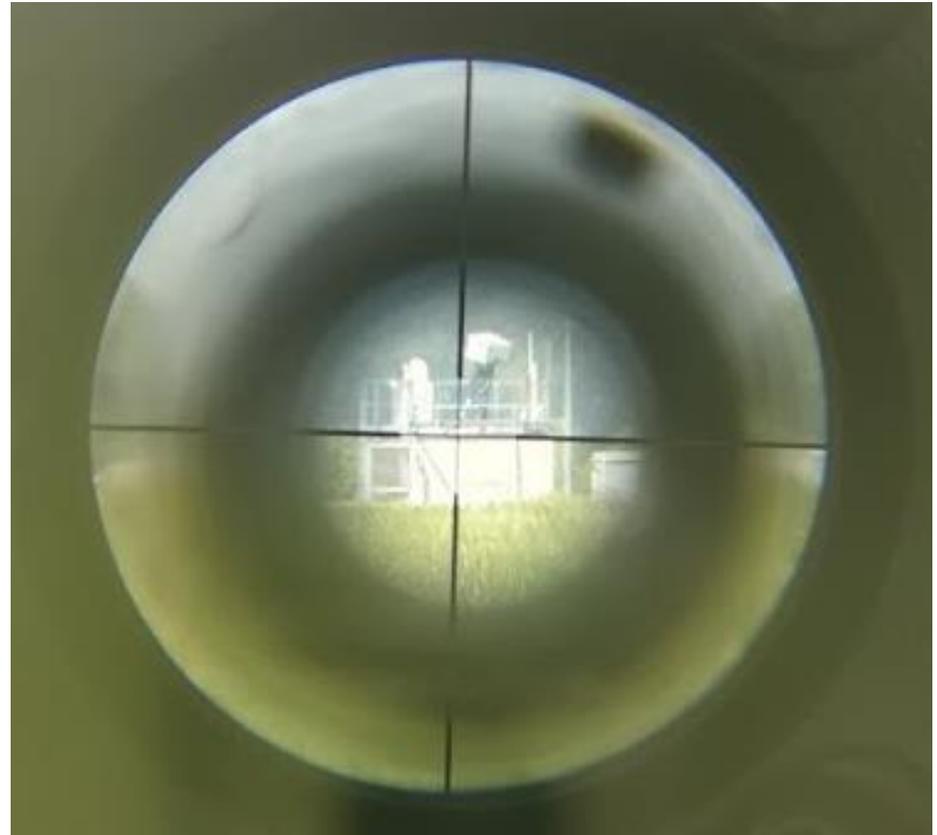
- La position de chaque élément est marquée pour améliorer l'alignement et la répétabilité.



Campagne de Calibration Mai 2018

Améliorations :

- Installation d'une lunette alignée avec la cible pour le pointage.
- Réglage fin de la cible en utilisant le radar en temps réel.



Campagne de Calibration Mai 2018

Améliorations :

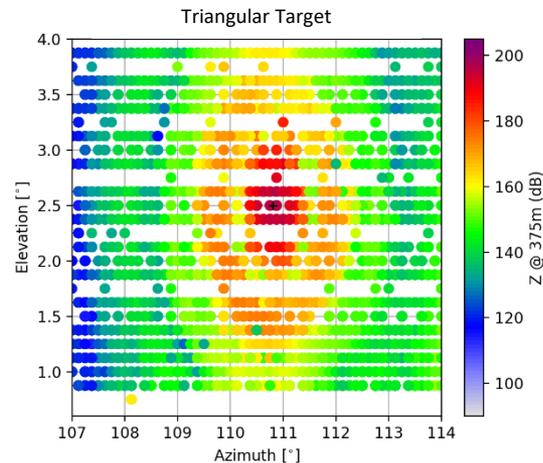
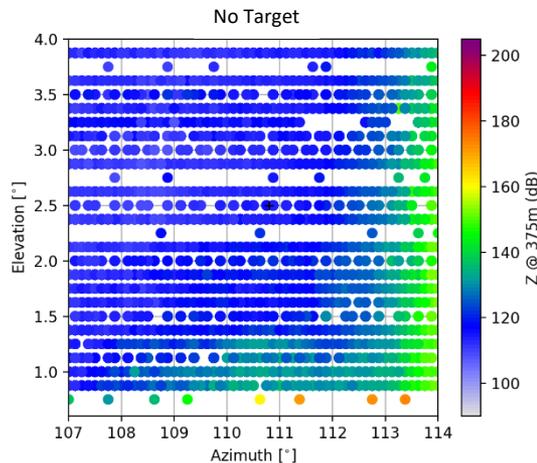
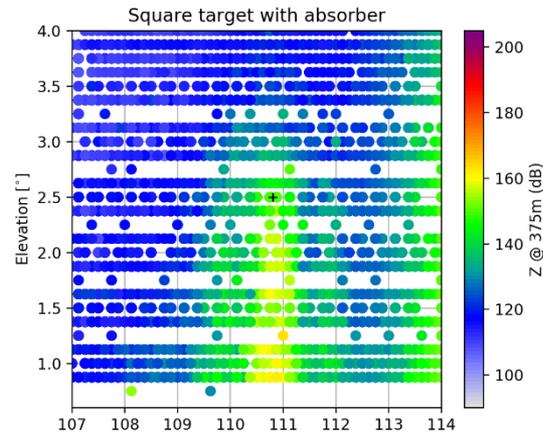
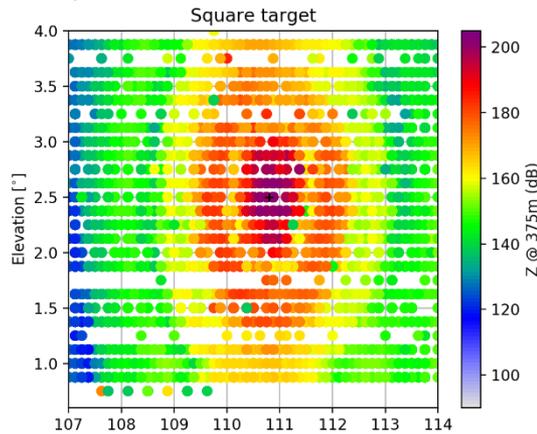
- **Cible de référence attachée au drone** pour s'affranchir des problèmes de balancement lorsque la cible était installée plusieurs dizaines de mètres plus bas.



Campagne de Calibration Mai 2018

Résultats :

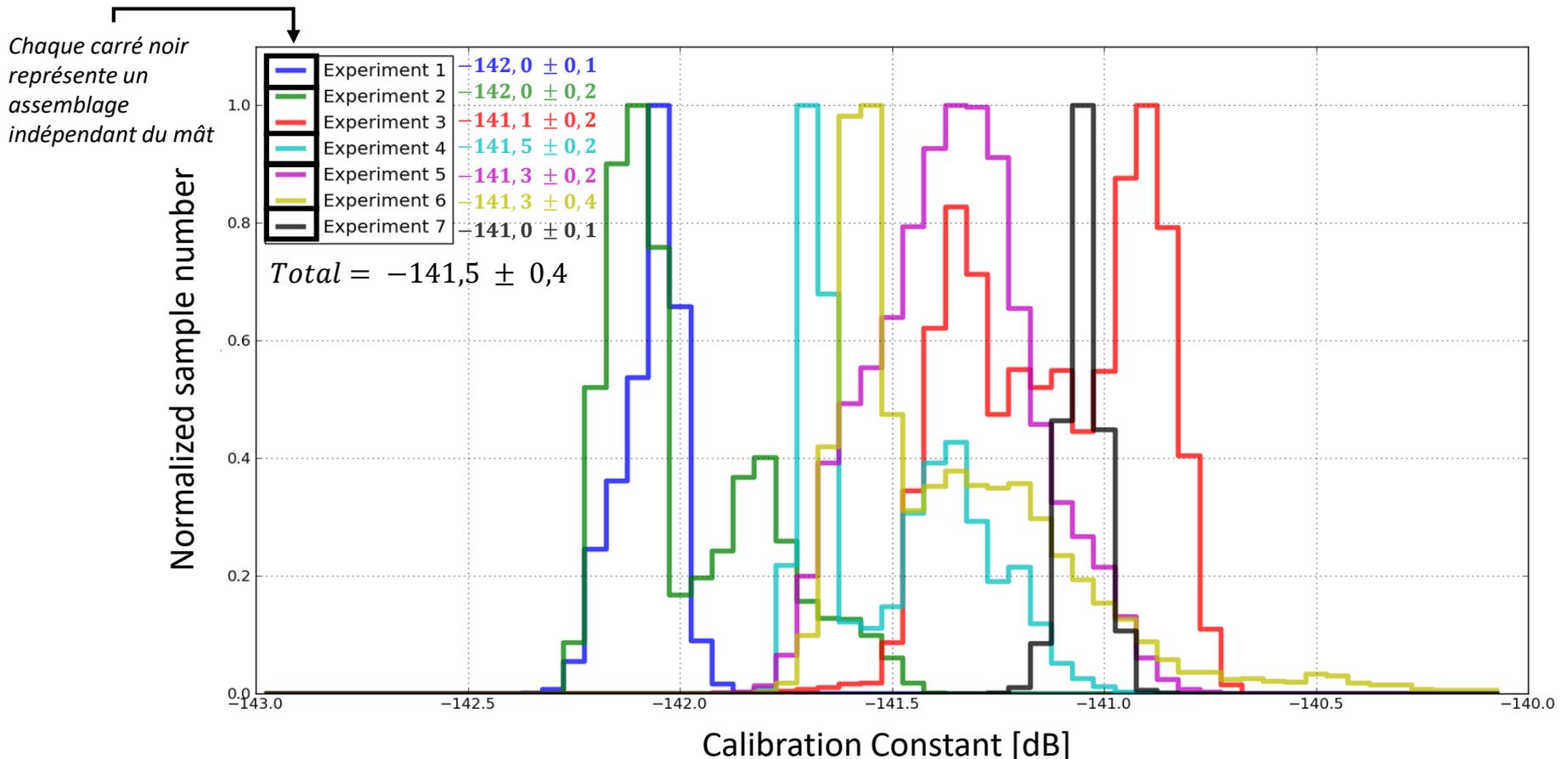
- Calibration avec mât: Mesures de l'effet du mat, différence entre cible, champ d'antenne...



Campagne de Calibration Mai 2018

Résultats :

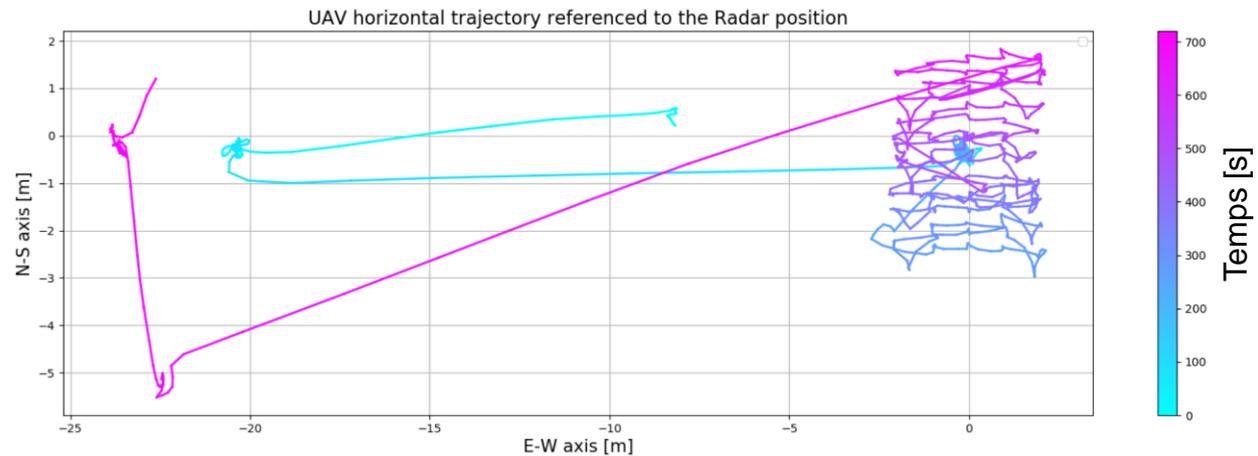
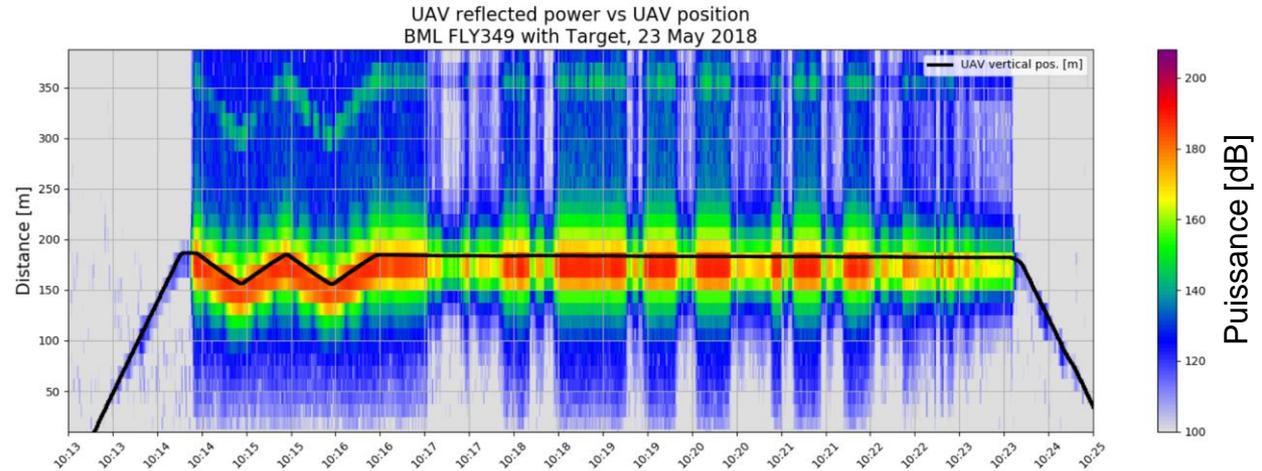
- Calibration avec mât: Distribution de la Constante de Calibration par période d'échantillonnage. Radar LATMOS avec cible triangulaire.



Campagne de Calibration Mai 2018

Résultats :

- Calibration avec drone.
- Drone vole à 200 m au-dessus le Radar.
- Chemin de vol carré.
- L'objectif est d'obtenir la Constante de Calibration et l'information sur le pointage de l'antenne.



Résultats:

- Calibration avec drone

Pas de cible:

Max. Rec. Power = 194 dB



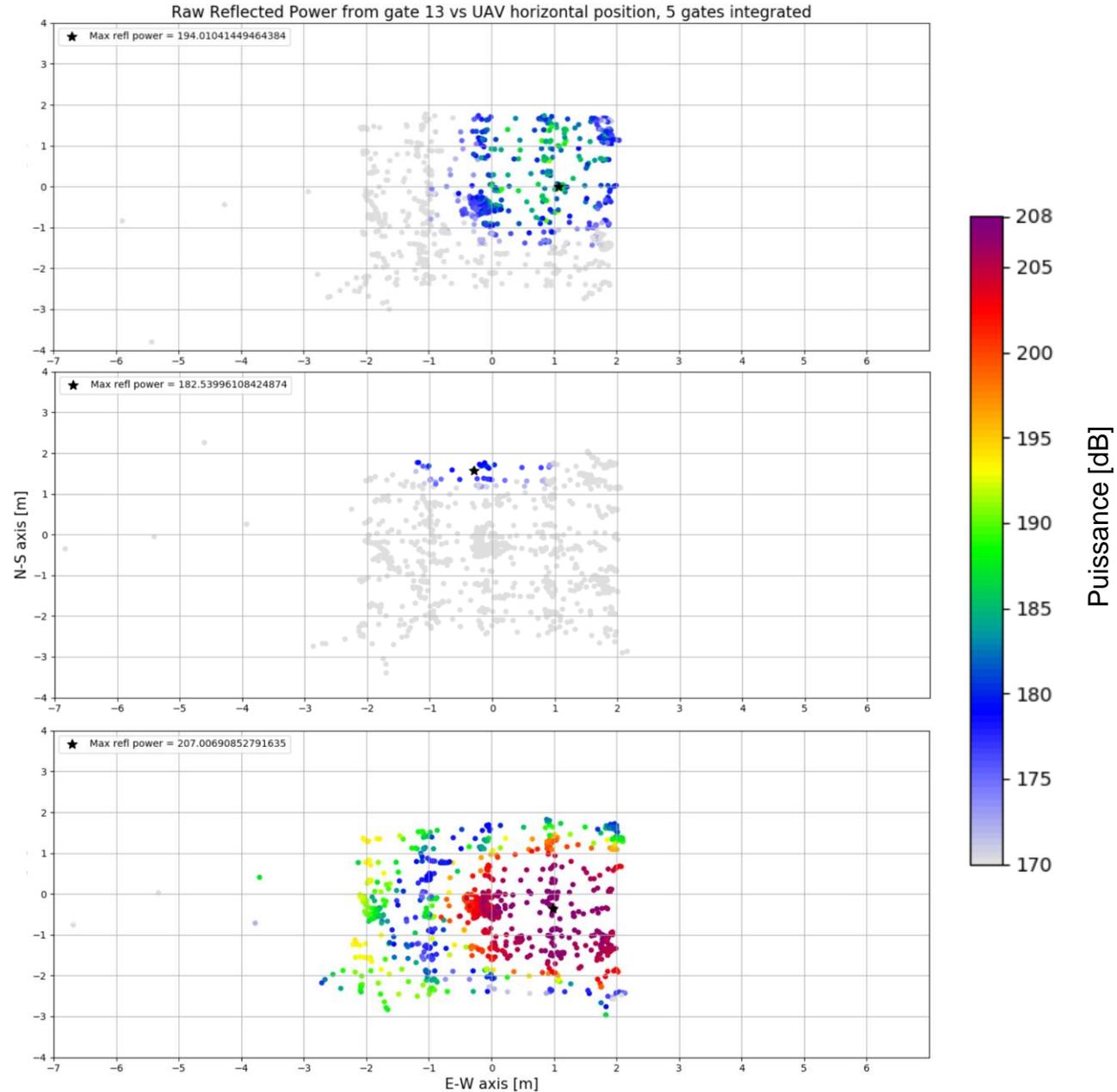
Cible avec Absorbant:

Max. Rec. Power = 183 dB



Cible seule:

Max. Rec. Power = 207 dB
(Saturation)



Campagne de Calibration Mai 2018

Conclusions préliminaires :

- Le mât n'a pas une influence significative sur la calibration.
- La méthode avec mât présente la technique avec la plus faible incertitude de calibration ($\sim 0.4\text{dBZ}$). Plusieurs corrections et améliorations sur le traitement des données sont en cours.
- L'étalonnage avec Drone semble faisable et prometteur, mais des vols plus haut ou des changements du système drone+cible sont nécessaires pour éviter la saturation.
- Aussi, des améliorations sur le système de positionnement du Drone sont nécessaires pour réduire l'incertitude sur *l'antenna pattern*.

Merci de votre attention

Questions ?

ACTRIS Center for Cloud REmote
Sensing (CCRES).

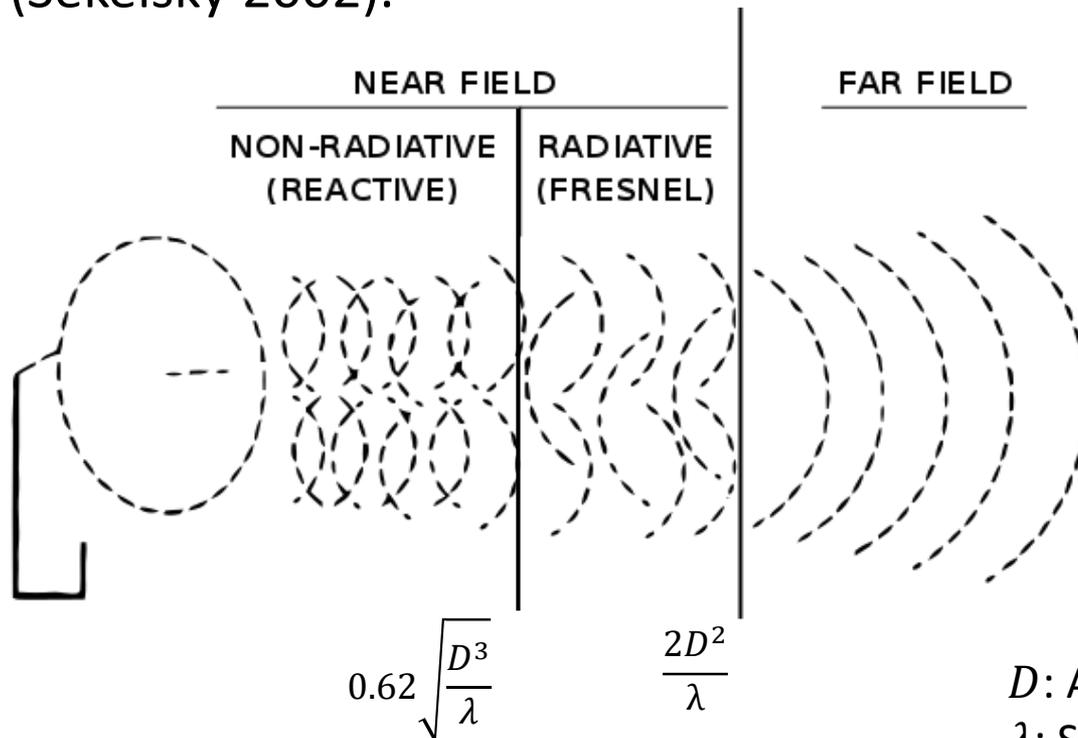
Doppler Cloud Radar Calibration
Experiment (DCR-CE)

CCRES : IPSL, LATMOS, MODEM, TU. Delft

*DCR-CE : IPSL, LATMOS, MODEM, TU. Delft, Météo-
France, U. Granada*

Important Considerations

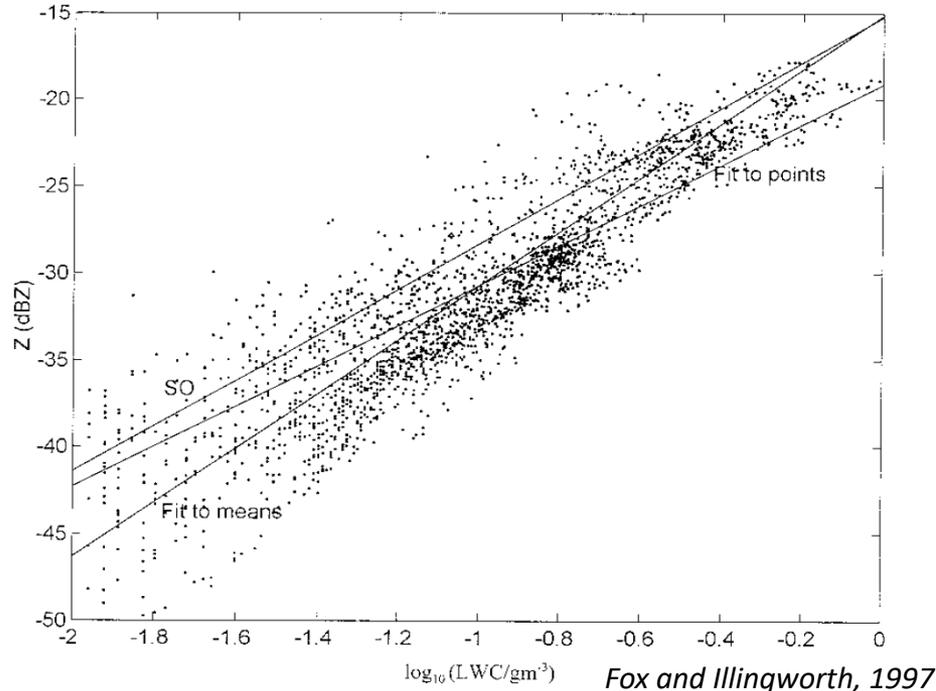
- The equation presented above only holds for targets located in the far field.
- It is possible to calibrate and measure reflectivity in the Fresnel zone, but further corrections considering the **antenna pattern** are required (Sekelsky 2002).



D : Antenna dimension
 λ : Signal Wavelength

Important considerations

- The reflectivity Z of a cloud is related with its microphysical properties
- A characterization of the uncertainty is crucial. For example, from the relationship derived by Fox and Illingworth, we obtain that an uncertainty of ± 1 dBZ in Z introduces an error of about 15% in LWC retrieval.



Calibration avec une cible de référence: Autres approches

Échantillonnage simultané des nuages en utilisant des radars différents pour faire inter-comparaison et rechercher l'incertitude des étalonnages.

