

# Mesures d'humidité et de température de la sonde M10

## corrections GRUAN

, G. Clain<sup>(1)</sup>, C. Raux<sup>(1)</sup>, P. Charpentier<sup>(1)</sup>, B. Charpentier<sup>(1)</sup>,  
J.-C. Dupont<sup>(2)</sup>, M. Haeffelin<sup>(2)</sup>, M.-C. Gonthier<sup>(2)</sup>, J. Badosa<sup>(3)</sup>  
(<sup>1</sup>) MODEM ; (<sup>2</sup>) IPSL; (<sup>3</sup>) LMD/IPSL;

Upper air system



### Le contexte GRUAN

Le réseau GRUAN [1] référence des observations de qualité de paramètres atmosphériques essentiels pour le climat: température et humidité troposphériques et stratosphériques, rayonnement solaire et infrarouge en surface, ozone, aérosols, et propriétés des nuages.

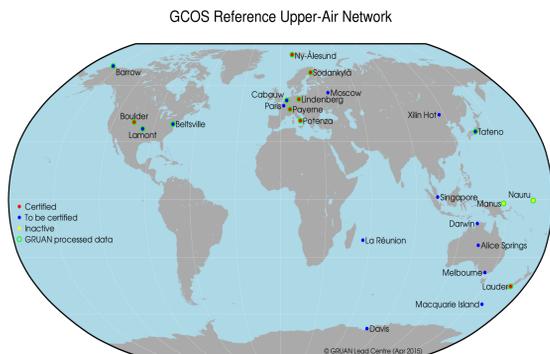


Figure 1: GCOS Reference Upper-Air Network (GRUAN)  
Source: DWD

#### Collaboration avec le SIRTA dans le cadre de GRUAN:

Dans le cadre de la candidature de deux stations françaises (Trappes, La Réunion) à la labellisation GRUAN, des efforts sont menés par le SIRTA et MODEM pour définir et améliorer précision et qualité des mesures par radiosondes M10 afin que ces observations soient intégrées dans les archives climatiques du réseau GRUAN.

### Les corrections pour la sonde M10

#### Température:

La comparaison des différentes corrections [2] issues de tests réalisés à Lindenberg en 2013 montre des différences moyennes:  
- inférieures à 1K (altitude > 10km)  
- inférieures à 0.1K (altitude < 10km)

#### Humidité:

Les corrections apportées aux mesures d'humidité (Figure 2) concernent:

- Le rayonnement solaire pour les mesures de jour
- L'échauffement des capteurs
- Le temps de réponse (time lag) qui est important aux températures < -40°C

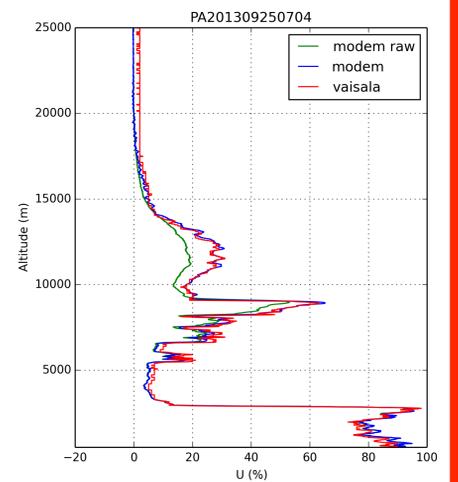


Figure 2 : Exemple de correction de la mesure d'humidité de la sonde M10. Mesure brute en vert, mesure corrigée en bleu, mesure de référence en rouge.

### Évolution des corrections et Tests réalisés

#### Le second temps de réponse

La réponse du capteur capacitif polymérique d'humidité à un échelon en milieu non ventilé est une combinaison d'un régime rapide (95% d'un échelon en quelques secondes) et d'un régime lent (5% d'un échelon en quelques minutes)

Wildmann et al. [3] propose un modèle numérique de diffusion entre N couches du capteur (Figure 3). La réponse du capteur dépend du coefficient d'échange entre les couches et de leur nombre.

La correction consiste à modéliser la réponse lente (courbe verte figure 4) et reconstruire sa contribution à la réponse totale du capteur.

#### Les campagnes de tests

Caractérisation du second temps de réponse et l'influence de:

- L'état initial
- La température
- La mémoire du capteur

Tests réalisés en 2014-2015 à Ury (siège de Modem) en cuve SPRH 100 stabilisée à 100% d'humidité (Figure 5).

Campagne de tests en laboratoire au GRUAN Lead Center (Lindenberg) en décembre 2014 (Figure 6).

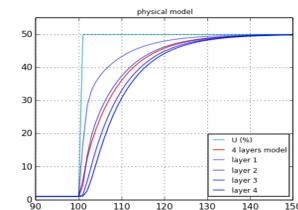


Figure 3 : réponse à un échelon du modèle numérique à 4 couches du capteur d'humidité

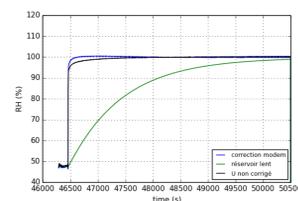


Figure 4 : application de la méthode de correction à un échelon d'humidité réel

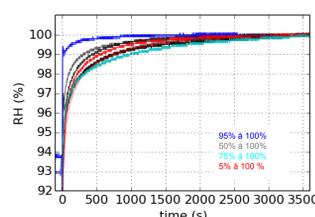


Figure 5 : tests en cuve SPRH 100 réalisés en été 2014 à Modem. Humidité (haut) Température (bas).

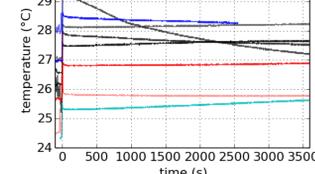


Figure 6 : Test Lindenberg 2014, mesure d'humidité en cuves à humidité stabilisée (tirets rouges) et à températures ambiantes. Mémoire observable au niveau 75% d'humidité relative

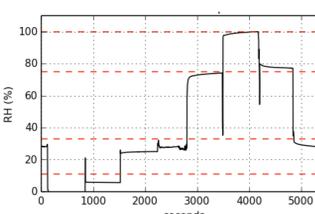


Figure 7 : Modèle d'échauffement du capteur d'humidité pour le jour

#### Echauffement du capteur d'humidité

Le bilan thermique du capteur d'humidité pendant un radiosondage est piloté par des échanges de chaleur par conduction, convection (ventilation) et rayonnement (solaire, IR).

La correction de l'échauffement du capteur d'humidité repose sur un modèle d'évaluation de l'échauffement réel.

La sonde M10 permet de mesurer la différence ( $\Delta T$ ) entre la température au plus près du capteur et celle de l'air.

La figure 7 montre en noir  $\Delta T$  moyen et l'écart type calculé sur un jeu de 84 radiosondages européens, en rouge l'échauffement GRUAN actuel et en bleu et vert les nouveaux échauffements plus proches des statistiques réelles.

Les statistiques d'échauffement seront affinées avec de nouveaux jeux de données aux moyennes latitudes et aux latitudes tropicales, en provenance de stations météo-France et de l'Université de la Réunion.

### Conclusions et perspectives

- Le phénomène de second temps de réponse est un phénomène physique affectant environ 5% (valeur relative) d'une mesure et qui concerne tous les capteurs capacitifs polymériques.
- Le constructeur du capteur d'humidité étudie des mesures techniques (réduction de l'épaisseur du capteur) afin d'atténuer le second temps de réponse.
- La mise en œuvre de la correction du second temps de réponse parmi les corrections des mesures de la M10 ira de pair avec l'application d'un échauffement plus réaliste.
- Le modèle statistique d'échauffement sera affiné par l'apport de nouvelles données (variations saisonnières, tropicales vs latitudes moyennes..)

#### Remerciements

Nous remercions le GRUAN lead Center, en particulier Ruud Dirksen pour les tests réalisés fin 2014. Nos remerciements vont au laboratoire de météorologie de Lindenberg ainsi qu'à MefeoSwiss pour leur soutien dans cette démarche d'amélioration de la qualité des mesures M10.

#### Références

- [1] <http://www.dwd.de/gruan>
- [2] Dirksen et al., doi:10.519/amtd-7-3727-2014, 2014.
- [3] Wildmann et al. 2014, doi:10.5194/amt-7-3059-2014