

Sujet: Etude des effets d'échantillonnages angulaires, de bruit et d'hétérogénéité spatiale dans l'inversion de l'humidité de surface (SM) et de l'épaisseur optique (VOD) du modèle de transfert radiatif utilisé par les algorithmes de traitement de données de la mission spatiale SMOS.

Stage : master 2, fin de cycle école d'ingénieur.

Compétences/profil : mathématiques appliquées, informatique scientifique sous Matlab, capacité d'analyse et de synthèse, autonomie, qualité rédactionnelle, des connaissances en télédétection spatiale serait un plus.

Durée : 6 mois

Lieu : laboratoire CESBIO, Université Paul Sabatier, Toulouse <https://www.cesbio.cnrs.fr>

Rémunération : ~585euros/mois

Date de démarrage: idéalement fin 2022, possible jusque premier trimestre 2023.

Mot clés : modèle non-linéaire, modélisation directe, modélisation inverse, SMOS

SMOS, pour Soil Moisture and Ocean Salinity, est une mission spatiale conçue spécifiquement pour l'observation de l'humidité superficielle des sols et de la salinité des océans. A cette fin, SMOS mesure l'émission micro-onde naturelle de la surface terrestre grâce à un radiomètre interférométrique fournissant des mesures de températures de brillance (TB) en bande L (1.4 GHz), multi-angulaires et polarisées (Fig. 1) totalement inédites dans le domaine spatial pour l'observation de la Terre.

Chaque observation du satellite (TB) représente une surface d'environ 43km en moyenne pouvant couvrir des conditions de surface très variables d'humidité du sol, de végétation, de texture (argile, sable) ... induisant une forte hétérogénéité spatiale de températures de brillance locale (tb). Une TB observée par SMOS peut être considérée comme une mesure intégrale pondérée ; l'intégrale de la distribution spatiale des émissions locale (dtb) pondérée par les gains directionnels normalisés (G) des d'antennes de l'instrument :  $TB = \langle dtb \rangle_G$

Les algorithmes des chaînes opérationnelles de traitement des mesures SMOS ont été développés au CESBIO. Ces algorithmes permettent, par inversion de modèle non-linéaire de transfert radiatif, de déterminer l'humidité superficielle du sol (SM) ainsi que l'épaisseur optique de la végétation (VOD) à partir des profils de températures de brillance mesurées (Fig. 1).

L'objectif du stage est de préciser les trois effets suivants et de caractériser leurs impacts sur la qualité des inversions (SM et VOD) ainsi que leurs validations par simulation de type modélisation directe – modélisation inverse (Fig. 2):

échantillonnage angulaire (Fig. 1) et non unicité de solution inversée : distribution angulaire d'angle d'incidence des TB, nombre de TB, bruit radiométrique, géométrie d'observation spécifique à SMOS et leurs impacts dans le bilan d'erreur (par approche type Monte-Carlo) hétérogénéité spatiale et effets de non linéarité sur l'inversion:  $F(\langle dp \rangle_G)$  vs.  $\langle F(dp) \rangle_G$ . Quels sont les impacts si l'on modélise la TB en tant que : i)  $F(\langle dp \rangle_G)$  TB modèle des moyennes des conditions de surface (choix algo) versus ii)  $\langle F(dp) \rangle_G$  moyenne des TB modèles obtenues à partir de chaque condition de surface (plus réaliste) hétérogénéité spatiale et effet de résolution : grandeur locale (par exemple une mesure de terrain) vs. grandeur intégrée (surface observée de SMOS de ~43 km de diamètre) .

Comment : en collaboration avec les membres de l'équipe SMOS du CESBIO, le stagiaire devra définir les scénarios de simulation adéquats de type modélisation directe ~~↔~~ inverse. Il devra : mettre en œuvre ces scénarios sous Matlab en se familiarisant avec les codes de modélisation directe et inverse existants, les adapter aux besoins de l'étude, organiser ses résultats et les analyser afin de présenter ses conclusions dans un rapport à l'issue du stage.

Plus d'information sur la mission SMOS: <https://labo.obs-mip.fr/smos-blog>

## Responsables de stage

Philippe Richaume

Tel : 0561557487

email : philippe.richaume@cesbio.cnes.fr

Arnaud Mialon

Tel : 0561558524

email : arnaud.mialon@univ-tlse3.fr

Centre d'Etudes Spatiales de la BIOSphère (CESBIO)

8 avenue. Edouard Belin,

bpi 2801,

31401 Toulouse cedex 9

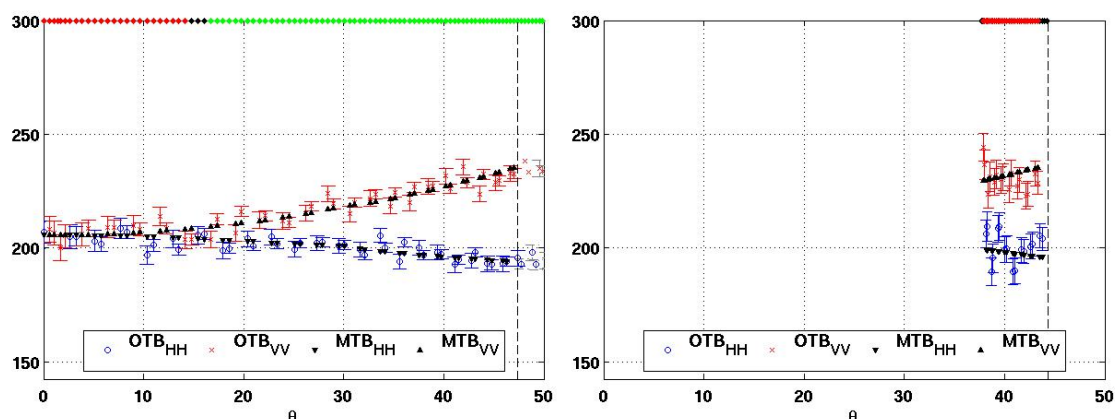


Figure 1 : profil de températures de brillance [K] (couleur) observées par SMOS, modélisation inverse (noir) en fonction de la géométrie (angle d'incidence  $\theta$ ) et variabilité d'échantillonnage angulaire et magnitude du bruit (barre d'erreur) pour le même point observé mais sous différente géométrie, sous-trace du satellite (gauche), bord de champ de vue (droite)

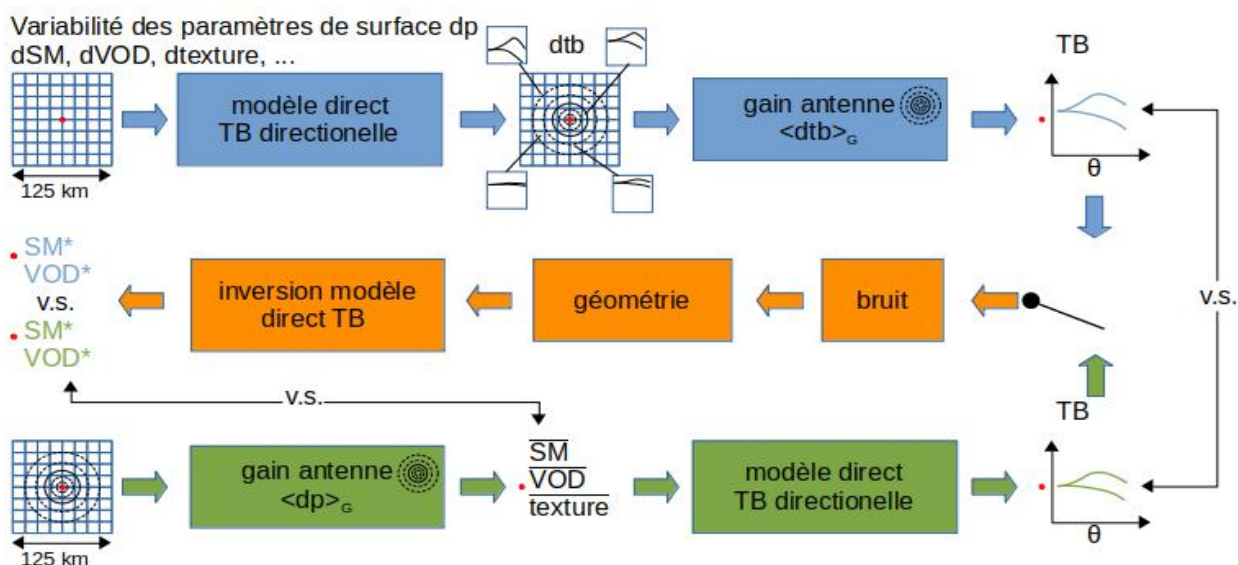


Figure 2 : aperçu conceptuel de l'exercice de modélisation : schémas directs (ici deux types bleu, vert) : paramètres géophysiques ( $dSM$ ,  $dVOD$ ,  $dtexture$ ) vers températures de brillance  $TB$  injectées dans un schéma inverse : températures de brillances, perturbées (bruit ajouté, signature angulaire, ...) vers paramètres géophysiques ( $SM^*$ ,  $VOD^*$ ).