

## Cahier des charges pour un contrat de support technique au développement et à la validation d'un algorithme d'inversion pour un système d'observation de la Terre du CNES

### 1. Contexte

Le projet C2OMODO du CNES est un concept d'observation de l'atmosphère avec un tandem de satellites rapprochés dans le temps afin d'accéder aux mouvements verticaux associés au développement des orages tropicaux.

C2OMODO est une contribution à l'observatoire AOS de la NASA prévu pour l'horizon 2028-2030, avec plusieurs satellites déployés sur deux orbites.

Les deux instruments du tandem C2OMODO bénéficient de l'héritage de l'instrument SAPHIR de la mission franco-indienne Megha-Tropiques, et des avancées technologiques sur la mesure micro-ondes, notamment à 183 GHz et 325 GHz.

Le LSCE travaille sur la définition de différentes chaînes de traitement de niveau 2 (variables géophysiques) à partir des mesures acquises par le tandem.

### 2. Mission

Développer / améliorer / tester des méthodes d'inversion de paramètres dynamiques nuageux à partir de simulations de la convection atmosphérique pour un système d'observation satellite à l'étude.

### 3. Activités

#### a- Tâche 1 : Développement et tests préliminaires [Tranche ferme (TF)]

Objectif : L'objectif de cette tâche est de contribuer au développement d'un logiciel permettant à l'équipe du projet C2OMODO de mener des tests de sensibilité sur la classification des scènes nuageuses

- Développer l'algorithme de détection de la convection sur la base des études préliminaires réalisées par l'équipe scientifique coordonnée par le LSCE et des articles scientifiques existants, en incluant une métrique probabiliste des classes.
- Implémenter différentes approches de classification supervisées ou non supervisées reconnues par la communauté scientifique (comme les arbres de décisions, le gradient boosting ou les réseaux de neurones) et qualifier leurs performances pour sélectionner la meilleure approche. Une sélection de 3 à 4 méthodes de classification sera réalisée au début en se basant sur l'existant réalisé au LSCE et sur de la bibliographie.
- Tester la/les méthodes sur plusieurs situations simulées avec le modèle méso-échelle Meso-NH et l'interface RadioSPy développée par le CNES pour le projet (simulateur du tandem C2OMODO et couplé avec le code de transfert radiatif RTTOV.v13)

Échéance de fin T1 : à T0 + 6 mois (=TF1)

#### b- Tâche 2 : Validation [Tranche ferme (TF)]

Objectif : L'objectif de cette tâche est de contribuer à la validation des simulations de transfert radiatif associées au développement du projet C2OMODO.

- Comparer les simulations (RTTOV.v13) pour les scènes Meso-NH simulées et les observations de capteurs identiques en opération disponibles (par ex MetOp/MHS, NOAA/ATMS). Une comparaison statistique sans colocalisation sera suffisante pour évaluer les écarts entre les simulations et les observations. Aucun instrument ne proposant des observations à 325 GHz n'ayant opéré jusqu'à présent, seules les mesures à 183 GHz seront concernées.
- Réaliser des comparaisons avec les scènes convectives simulées par les groupes de travail AOS (notamment le groupe « CCP-hydrometeors », qui s'intéresse à l'impact des hypothèses de diffusions sur les simulations des radiomètres MO passifs et actifs)
- Qualifier les algorithmes d'inversion en termes d'erreurs et d'incertitudes, notamment l'incertitude associée au choix de l'option de diffusion par les hydrométéores dans le modèle RTTOV.v13 (incertitude liée au calcul de transfert radiatif).

Échéance de fin T2 : à TF1 + 6 mois (=TF2)

### **c- Tâche 3 : Études de sensibilité [Tranche optionnelle (TO), selon la réalisation des tâches 1 et 2]**

Mener des tests de sensibilité liés à la configuration du système d'observation :

- nombre de canaux d'observations et poids des canaux dans la détection
- impact des bruits radiométriques sur les performances de détection
- impact du décalage temporel sur les performances de détection

Moment où la tâche est affermie : à TF1 + 3 mois soit 9 mois à compter de la notification du marché (T0)

Échéance de fin T3 : 6 mois à compter de la notification de la décision d'affermissement

## **4. Déroulement de l'étude**

### **a- Prestation à réaliser**

Les compétences préalables à la réalisation de la prestation sont :

- Physique de la mesure dans le domaine de la radiométrie passive en conditions de ciel nuageux afin de pouvoir prendre en charge les activités relatives au transfert radiatif
- Développement de méthodes inverses pour l'observation de la Terre
- Gestion de gros volumes de données

Ces compétences doivent apparaître clairement à travers les diplômes obtenus (au moins niveau Master 2 en Météorologie/Observation de la Terre/Méthodes en Télédétection pour l'observation de la Terre/ Physique de l'atmosphère ou Master 2 équivalent, si possible un diplôme de doctorat sur ces disciplines), des publications scientifiques ou des projets mettant en avant ces compétences.

La réalisation des activités décrites dans l'ensemble de ce cahier des charges nécessite au moins un interlocuteur dédié sur la durée du marché, tranches fermes et optionnelle incluses. Dans le cas où le titulaire propose une équipe, un(e) chef(fe) de projet qui sera le contact principal avec le LSCE doit être clairement identifié.

Découpage des acomptes : trimestriel, indépendamment des livrables.

Délais maximums des livrables : à échéance de chaque tâche (voir article 4c)

### **b- Livrables du LSCE vers le titulaire**

Différents outils de travail seront fournis



- Logiciel RTTOV v13 et sa documentation. Un compte utilisateur du service support à RTTOV (NWP-SAF) sera créé.
- Accès au serveur de calcul et de données de l'IPSL (ESPRI) pour avoir à disposition les scènes Meso-NH simulées ainsi que les différentes observations satellites nécessaires à la tâche 2.
- Accès à l'interface RadioSPy du CNES et à sa documentation

#### c- Livrables du titulaire vers le LSCE

- Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD), rédigé en anglais, à l'issue de la tâche 1 (à TF tâche 1).
- Les codes commentés (python) développés au cours de l'étude, à l'issue de la fin de la tranche ferme (à TF tâche 2).
- Les différents jeux de données mis en forme pour la réalisation des tâches, à l'issue de la fin de la tranche ferme (à TF tâche 2).
- Un rapport d'étude, en français, à l'issue de chaque tâche (à TF tâche1 et à TF Tâche 2), dont la rédaction est à la charge du titulaire.
- Les présentations effectuées aux différentes réunions d'avancement (LSCE, CNES), après chaque réunion.
- Une contribution à la rédaction des articles scientifiques du projet sera également attendue si ces articles incluent les résultats des travaux menés par le titulaire.

#### d- Gestion du projet

Le titulaire travaillera en étroite collaboration avec l'équipe du LSCE

Les différentes tâches pourront être réalisées au LSCE (CEA Paris Saclay, Orme des Merisiers, Bat 714, 91190 Gif-sur-Yvette) ou à distance, si la logistique associée est plus simple, avec un suivi régulier programmé en concertation avec le LSCE.

De plus, le titulaire sera sollicité aux réunions de travail programmées par le CNES selon les ordres du jour ainsi qu'aux réunions de l'équipe scientifique du projet (en moyenne 1 / trimestre).

Néanmoins certaines revues formelles seront demandées

- La réunion de démarrage, à T0 + 2 semaines (délai maximum), se fera au LSCE
- Une réunion de revue à la fin de la tâche 1 se fera au LSCE
- La réunion de clôture, à TF2 (ou TF3 si la tâche optionnelle est affermie), se déroulera à Toulouse avec le LSCE, l'équipe du titulaire et le CNES

## 5. Abréviations

AOS	Atmosphere Observing System
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
C2OMODO	Convective Core Observations through MicrOwave derivatives in the trOpics
ESPRI	Ensemble de Service Pour la Recherche à l'IPSL
IPSL	Institut Pierre Simon Laplace
LSCE	Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NWP-SAF	Numerical Weather Prediction – Satellite Application Facilities
RTTOV	Radiative Transfer for the TOVS