

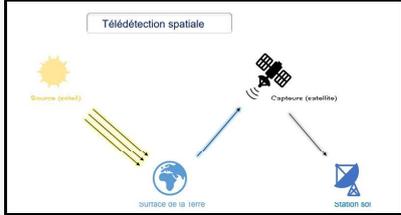
Jihanne El Haouari^{1,2}, Jean-Yves Turneret^{1,2}, Herwig Wendt², Christelle Pittet³, Jean-Michel Gaucel⁴

- ¹ Laboratoire TESA, Toulouse France
- ² IRIT-ENSEEIH, CNRS, Univ. Toulouse, France
- ³ Centre National d'Etudes Spatiales, Centre spatial de Toulouse, France
- ⁴ Thales Alenia Spaces Cannes, France



Introduction

Contexte



- Détermination de la concentration de différents gaz dans l'atmosphère
- Utilisation de spectromètres à haute résolution
- Besoin d'estimer le plus précisément possible les fonctions de réponses spectrales (ISRFs) du spectromètre et de corriger les mesures spectrales

3. Résultats obtenus

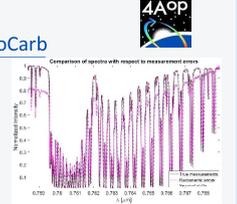
Données utilisées et protocole expérimental

Données simulées par le CNES pour la mission MicroCarb

- Spectres théoriques obtenus en utilisant le logiciel de transfert radiatif 4A/OP
- Spectres mesurés générés par convolution
- Modèle polynomial de degré P=3 pour les erreurs

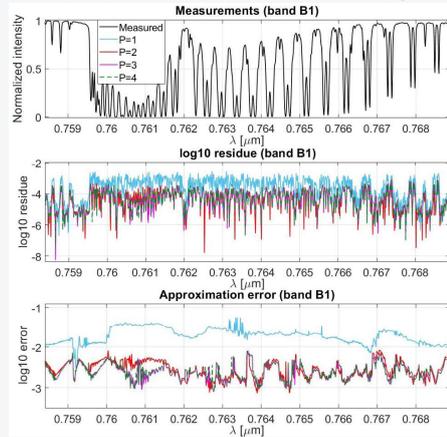
Critère de performance

- Erreur de reconstruction du spectre mesuré
- Erreur absolue normalisée pour l'approximation des ISRFs $E_l = \frac{\sum_{n=1}^{N+1} |I_l[n] - \hat{I}_l[n]|}{\sum_{n=1}^{N+1} I_l[n]}$

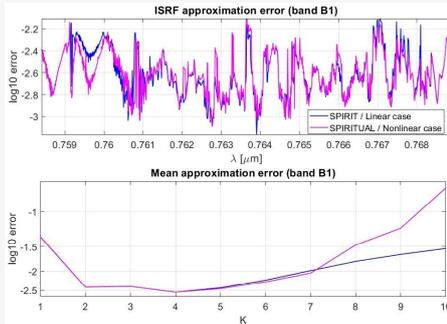


Résultats en présence d'erreurs radiométriques

Reconstruction du spectre mesuré pour différents degrés polynomiaux (haut), résidus associés (milieu) et erreurs d'approximation des ISRFs ($N_D=25$, $K=4$ atomes)

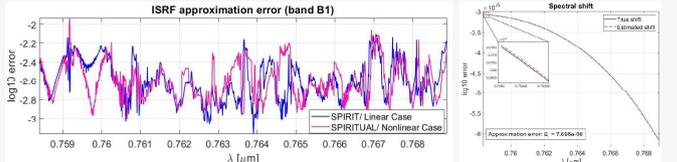


Erreurs d'approximation des ISRFs avec un degré fixé à P=3 ($N_D=25$)

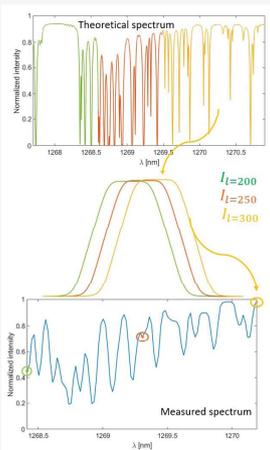


Résultats en présence de décalages spectraux

Erreurs d'approximation des ISRFs avec un degré fixé à P=3 et estimation du décalage spectral



1. Estimation des ISRFs en présence d'erreurs



Modèle d'observation

Pour chaque longueur d'onde λ_l , $l=1, \dots, N_\lambda$

- 1 observation $x_{l,q} \in \mathbb{R}^+$, $q=1, \dots, Q$
- 1 ISRF $I_l \in \mathbb{R}^{N+1}$
- 1 fonction non-linéaire décrivant les défauts radiométriques f_l (1)
- 1 fonction non-linéaire décrivant les décalages spectraux g_l (2)
- Modèle d'observation

$$(1) x_{l,q} = f_l(s_{l,q}) = \sum_{p=0}^P d_p \cdot l^p \cdot [s_{th,l}^{(q)} I_l]^p, \quad \forall q=1, \dots, Q$$

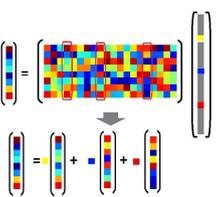
$$(2) x_l = g_l(s_{th,l}^{(q)}) I_l = \text{interp}(s_{th,l}, \lambda_l + \sum_{p=0}^P d_p (l/l_{max})^p) I_l$$

Hypothèses

- Les ISRFs varient peu sur une fenêtre W_l
- Nombre Q suffisamment élevé

2. Méthode d'estimation des ISRFs et des erreurs de mesure

Représentation parcimonieuse des ISRFs

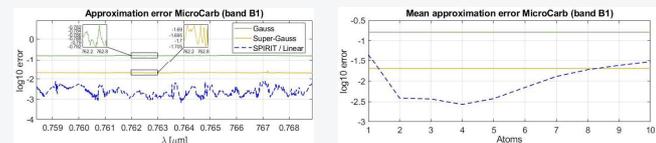


Représentation parcimonieuse des ISRFs

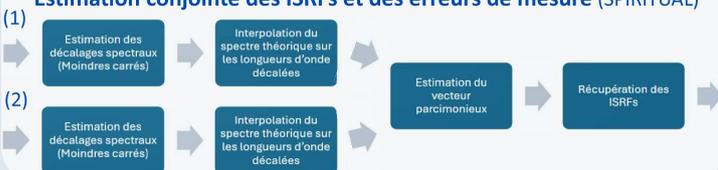
- Dictionnaire $\Phi \in \mathbb{R}^{(N+1) \times N_s}$ (SVD)
- ISRF $I_i \approx I_i^K = \Phi \alpha_i$, avec K coefficients non nuls
- $s_l^{(q)} \approx s_{th,l}^{(q)} I_l = \Psi_l^{(q)} \alpha_i$

Résolution du problème inverse linéaire (SPIRIT)

$$\arg \min L(\alpha_i, \mu) = \arg \min \|s_l - \Psi_l \alpha_i\|_2^2 + \mu \|\alpha_i\|_0$$



Estimation conjointe des ISRFs et des erreurs de mesure (SPIRITUAL)



Conclusion & Perspectives

Conclusion

- Représentation parcimonieuse des ISRFs dans un dictionnaire
- Estimation conjointe des ISRFs et des erreurs de mesure (radiométriques ou de décalages spectraux)
- Bonne performance des méthodes proposées

Perspectives

- Estimation des ISRFs en présence d'erreurs radiométriques et spectrales
- Utilisation du machine learning pour estimer les ISRFs