

---

# Test du décalage vers le rouge gravitationnel de la mission ACES-PHARAO: évaluation de l'incertitude attendu

Etienne Savalle<sup>\*1</sup>, Christine Guerlin<sup>2</sup>, Frédéric Meynadier<sup>3</sup>, Pacôme Delva<sup>4</sup>, Christophe Le Poncin-Lafitte<sup>5</sup>, Philippe Laurent<sup>6</sup>, and Peter Wolf<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Systèmes de Référence Temps Espace – Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, Institut national des sciences de l'Université, Observatoire de Paris, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8630, Institut national des sciences de l'Université, Institut national des sciences de l'Université – France

<sup>2</sup> Permanent member, Laboratoire Kastler Brossel / Systèmes de Référence Temps-Espace / UPMC – Laboratoire Kastler Brossel, Systèmes de Référence Temps Espace, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – France

<sup>3</sup> Systèmes de Référence Temps Espace (SYRTE) – CNRS : UMR8630 – 61 Av de l'Observatoire 75014 PARIS, France

<sup>4</sup> Systèmes de Référence Temps Espace (SYRTE) – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8630 – 61 Av de l'Observatoire 75014 PARIS, France

<sup>5</sup> Systèmes de Référence Temps-Espace (SYRTE) – CNRS : UMR8630 – France

<sup>6</sup> Systèmes de Référence Temps Espace (LNE-SYRTE) – CNRS : UMR8630, INSU, Observatoire de Paris, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, LNE – 61 Av de l'Observatoire 75014 PARIS, France

## Résumé

La mission ACES-PHARAO a pour objectif de placer la première horloge à atomes froids à bord de la Station Spatiale Internationale (ISS). Cette mission permettra de réaliser des tests de physique fondamentale, de comparer des horloges à l'échelle internationale ou d'étudier l'ionosphère.

Le SYRTE a été choisi comme centre d'analyse des données et a déjà développé de nombreux logiciels de modélisation, de simulation et d'analyse. Ceux-ci prennent en compte tous les effets relativistes prévus (tels que le délai atmosphérique, l'effet Doppler, les bruits de mesure...) et sont en accord [1] avec les contraintes imposées à la mission.

Ici, nous nous intéressons au test du décalage vers le rouge gravitationnel. Les possibles écarts à la Relativité Générale sont traités dans un cadre théorique faisant intervenir un paramètre de violation dont l'incertitude est évaluée dans des conditions réalistes. La simulation se base sur le fichier d'orbitographie de l'ISS d'une douzaine de jours. Nous avons également intégré un réseau de laboratoires de métrologie impliqués dans la mission et qui

---

\*Intervenant

permettront de comparer l'horloge PHARAO aux horloges au sol. Toutes ces données prennent en compte l'ensemble des bruits attendus durant la mission. A l'aide de différentes méthodes d'analyse statistique, nous obtenons l'incertitude dans différentes configurations. Finalement, la dégradation de la détermination de l'orbite de l'ISS a permis d'évaluer l'impact d'une erreur de positionnement de l'horloge PHARAO sur les résultats du test du décalage vers le rouge gravitationnel. Les contraintes obtenues par Duchayne et al. [2] s'avèrent surestimées puisqu'une dégradation sensible de l'orbitographie ne modifie pas la valeur de l'incertitude du paramètre  $\alpha$ , ce que nous expliquons essentiellement par l'intégration à long terme des 20 jours de données.