

ACES: Premiers résultats en vol

Wolf P², Abgrall M², Allart E³, Bauch A⁴, Bize S², Cacciapuoti L¹, Clairon A², Crescence P³, Delva P², Diener WA⁵, Eckl J⁶, Enzer DG⁵, Esnault FX⁷, Fuijeda M⁸, Gibble K⁹, Goujon D¹⁰, Guerlin C¹¹, Heimbach F⁴, Helm A³, Ichikawa R.⁸, Kannanthara J¹³, Kehrer J³, Kodet J¹⁴, Lachaud R³, Laurent P², Léger B⁷, Le Poncin-Lafitte C², Lilley M², Liu S¹⁵, Lorini L², Mamoru S⁸, Marz S¹⁴, Massonnet D⁷, McKelvy J⁵, Montenbruck O¹⁶, Niedermaier T³, Pataria S¹, Patla B¹⁷, Peignier T¹, Peik E⁴, Perri A¹⁰, Piester D⁴, Pittet J¹⁰, Plumaris M¹, Prochazka I¹⁸, Rahm J⁴, Roze J², Salomon C¹¹, Savalle E²⁰, Schaefer W¹⁵, Schlicht A¹⁴, Schreiber U¹⁴, Schwall T¹⁵, Schwatke C¹⁴, Shemar S¹³, Thulliez E⁷, Tjoelker R⁵, Tunesi J¹³, Vollmair P¹⁴, Wang Q¹⁰, Weinberg S¹, Wermuth M¹⁶, Weyers S⁴, Yu N⁵

¹European Space Agency, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands

²LTE, Observatoire de Paris-PSL, CNRS, LNE, Sorbonne Université, Université de Lille, Paris, France

³Airbus Defence and Space, Friedrichshafen, Germany

⁴Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Germany

⁵Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, USA

⁶Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Geodetic Observatory Wettzell, Bad Kötzing, Germany

⁷Centre National d'Etudes Spatiales, Toulouse, France

⁸National Institute of Information and Communications Technology, Koganei, Tokyo, Japan

⁹The Pennsylvania State University, University Park, USA

¹⁰Safran Timing Technologies SA, Neuchâtel, Switzerland

¹¹Laboratoire Kastler Brossel, ENS-PSL, Paris, France

¹³National Physical Laboratory, Teddington, United Kingdom

¹⁴Technical University of Munich, Munich, Germany

¹⁵Timetech, Stuttgart, Germany

¹⁶German Space Operations Center, DLR, Weßling, Germany

¹⁷National Institute of Standards and Technology, Boulder, USA

¹⁸Czech Technical University in Prague, Prague, Czech Republic

²⁰IRFU, CEA, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France

Email: peter.wolf@obspm.fr

Le 21 avril 2025, ACES (Atomic Clock Ensemble in Space) a été lancée vers la Station spatiale internationale (ISS) et installée sur le support de charge utile externe du module Columbus (Fig. 1).

Depuis, l'horloge PHARAO, qui utilise des atomes de césium refroidis par laser pour générer un signal dont la stabilité de fréquence relative prévue est de l'ordre de 1 à 2×10^{-16} , est comparée à des horloges atomiques terrestres grâce à deux systèmes de transfert de temps/fréquence : un lien micro-ondes (MWL) et un lien optique pulsée (ELT). Le lien micro-ondes ACES devrait permettre des comparaisons d'horloges à quelques 10^{-17} en fréquence relative, offrant ainsi des opportunités uniques pour tester la relativité générale, ainsi que des applications en géodésie relativiste, en métrologie temps/fréquence et en distribution des échelles de temps.

Pendant la phase de recette en vol (6 mois minimum) l'horloge PHARAO est optimisée en termes de stabilité de fréquence, les liens embarqués sont caractérisés et l'évaluation de l'exactitude de PHARAO est lancée par comparaison avec des horloges atomiques terrestres. Connectées aux terminaux sol du MWL, les horloges atomiques du LTE en France, PTB et Wettzell en Allemagne, NPL au Royaume-Uni, JPL et NIST aux États-Unis, et NICT au Japon contribuent au réseau d'horloges d'ACES. Les activités de recette en vol devraient s'achever fin 2025, permettant ainsi à ACES d'entamer sa phase scientifique.

Je vais présenter les premiers résultats en vol de la mission ACES, en particulier la caractérisation de PHARAO, des liens MWL et ELT, ainsi que les premières comparaisons de PHARAO aux horloges sol.



Fig. 1: ACES installé sur la palette externe de Columbus (Credits: ESA-NASA).