Le tour d'Europe de l'horloge cryogénique

Après avoir fait les preuves de sa fiabilité et établi un record du monde de stabilité, l'horloge cryogénique mise au point à l'Institut FEMTO-ST au terme de quinze ans de recherches s'apprête à effectuer un tour d'Europe pour une étude de marché grandeur nature. Le projet, baptisé « ULISS® », donnera l'occasion à des acquéreurs potentiels de juger sur place et sur pièces les qualités d'un instrument de mesure exceptionnel, symbole d'un savoir-faire régional hautement technologique dans le domaine du temps-fréquence.

ULISS®, pour *Ultra-Low Instability Signal Source*, est bien plus qu'une allusion au périple du héros le plus célèbre de la mythologie grecque. C'est une marque déposée, qui d'emblée veut donner une identité à une machine à l'avenir prometteur, conditionné par un voyage à travers toute l'Europe portant valeur d'étude de marché.

L'horloge cryogénique est née d'une collaboration entre le département Temps-fréquence de FEMTO-ST et l'Agence spatiale européenne (ESA). D'une très haute stabilité de fréquence, elle ne dérive que de 0,5 ns par jour, soit un demi-milliardième de seconde. À cette précision extraordinaire s'ajoute la garantie d'une autonomie énergétique de deux ans (cf. encart). Des arguments dont on espère à FEMTO-ST qu'ils emporteront l'adhésion des instituts ou industries concernés par une extrême précision de la mesure du temps, permettant d'évaluer tout aussi finement une distance.

Marché de niche high-tech

L'horloge cryogénique devrait intéresser les acteurs du domaine spatial et de la radioastronomie. Ses performances répondent aux besoins de localisation et de navigation des sondes spatiales, comme aux exigences de l'interférométrie à très longue base (VLBI), utilisée à la fois pour l'observation astronomique et la surveillance du globe terrestre.

Les instituts de métrologie, les observatoires de géodésie, les laboratoires de physique et les accélérateurs de particules font également partie du marché de niche que les chercheurs de FEMTO-ST espèrent atteindre. Grégory Haye, ingénieur chargé du développement commercial du projet ULISS®, se réjouit de l'implication des partenaires financiers dans le projet. « Le budget global représente plus de 700 000 €, dont près de 70 % sont financés par le FEDER, OSÉO et la Région Franche-Comté. »

- 269°C pour une stabilité extrême

Dans toute horloge, on trouve une référence de fréquence qui rythme son fonctionnement. Dans l'horloge comtoise, cette référence est le pendule qui oscille au rythme de 1 cycle par seconde (1 Hz). La stabilité de l'horloge est conditionnée par la qualité de son « pendule » que l'on caractérise par le nombre de cycles qu'il peut effectuer sans intervention extérieure. Si ce nombre est grand, ceci signifie que le résonateur dissipe très peu l'énergie qu'on lui a communiquée. Le « pendule » de l'horloge cryogénique est un cylindre de saphir [1], dans lequel une onde électromagnétique peut effectuer 1 milliard de cycles avant de s'éteindre. Cela sous condition d'une température à 4 K (- 269°C), maintenue constante grâce au cryogénérateur dans lequel circule de l'hélium en cycle fermé, assurant une autonomie de deux ans au système d'horlogerie. Maîtriser la température est un paramètre capital, puisque sa bonne régulation permet de limiter les phénomènes de pertes d'énergie, et c'est cette propriété qui donne à l'oscillateur une stabilité incomparable, à la fois à court et à long terme. « La seconde qu'il délivre d'un coup sur l'autre ne varie pas plus de 3×10^{-15} en valeur relative, explique Vincent Giordano, chercheur au département Temps-fréquence de FEMTO-ST. En termes de longueur, ceci équivaut à une variation de 10 µm sur une distance de 3 000 milliards de km, soit la distance entre la Terre et Uranus ! »

[1] ou plus exactement de corindon, un monocristal d'alumine de très grande pureté.

➡ Contact : Vincent Giordano - Grégory Haye - Département Temps-fréquence - Institut FEMTO-ST - UFC / ENSMM / UTBM / CNRS
Tél. (0033/0) 3 81 40 28 02 / 3 81 85 39 24 - vgiordano@femto-st.fr / gregory.haye@femto-st.fr