

Mise en contexte de l'achat d'un gravimètre embarqué

Conformément à l'objectif de renforcement de l'autonomie stratégique et de la compétitivité de l'Union Européenne, le projet EQUIP-G (HORIZON-CL4-2024-DIGITAL-EMERGING-02-101215427), proposé par un consortium de 20 partenaires de 11 pays européens, développe et déploie un réseau de gravimètres quantiques robustes et facile à l'emploi en Europe, dans des cas d'usage permettant de démontrer des protocoles innovants.

Il s'agit de la première étape vers l'établissement du segment terrestre de l'infrastructure pan-européenne de gravimétrie quantique, qui s'articulera autour d'un parc instrumental mutualisé. Ces instruments seront testés de manière exhaustive avant d'être déployés sur le terrain. Ils contribueront aux priorités de l'Union Européenne, telles que le Green Deal, la gestion de l'énergie et l'atténuation des risques. La supervision métrologique garantira la traçabilité SI de toutes les données collectées. Les données seront gérées conformément aux principes FAIR et dans une perspective à long terme visant à établir un *Thematic Core Service* (TCS) pour la gravimétrie au sein d'EPOS. EQUIP-G s'engage dans la construction d'une communauté forte, visant à impliquer l'ensemble de la communauté gravimétrique européenne dans le développement de l'initiative de parc instrumental à long terme qui s'étendra au-delà de la fin du projet, démocratisant l'utilisation des dispositifs de gravité quantique produits en Europe.

Comme exprimé dans les « Conditions d'éligibilité » de l'appel HORIZON-CL4-2024-DIGITAL-EMERGING-02-01: Developing and deploying a network of quantum gravimeters in Europe, afin d'obtenir les résultats escomptés et de préserver les atouts stratégiques, les intérêts, l'autonomie et la sécurité de l'Union, il importe d'éviter une situation de dépendance technologique à l'égard d'une source extérieure à l'UE, dans un contexte mondial qui exige de l'UE qu'elle prenne des mesures pour tirer parti de ses atouts et qu'elle évalue et traite avec soin les faiblesses stratégiques, les vulnérabilités et les dépendances à haut risque qui compromettent la réalisation de ses ambitions.

Après des années d'études, de développements et de transferts industriels, la maturation des technologies quantiques permet désormais l'acquisition commerciale de gravimètres quantiques offrant de nombreux avantages par rapport aux gravimètres classiques utilisés pour des applications géophysiques. De tels gravimètres quantiques utilisent comme masse d'épreuve un nuage d'atomes refroidis par laser. L'accélération de ce nuage lâché en chute libre est mesurée par interférométrie atomique. Cette technique exploite la nature ondulatoire de la matière et la possibilité de manipuler ces « ondes atomiques » par laser. D'abord opérationnels au sol, ces capteurs quantiques ont ensuite été testés et validés pour des mesures gravimétriques embarquées [Bidel2018, Bidel2023], démontrant des avantages certains : facteur d'échelle garanti et absence de dérive instrumentale.

Le segment terrestre de la possible future infrastructure pan-européenne de gravimétrie quantique comprends des instruments terrestres et un instrument embarqué pour réaliser des relevés à des altitudes inférieures à cinq kilomètres. Cette note vise à initier l'acquisition d'un gravimètre quantique embarqué. Le futur gravimètre embarqué fera à terme partie du parc d'instruments EQUIP-G.

Le gravimètre quantique embarqué désiré comprend un gravimètre quantique terrestre modifié, une plateforme gyrostabilisée, un système de navigation inertielle (INS) et des récepteurs GNSS afin de prendre en compte l'effet de la trajectoire du porteur et de sa localisation. Une partie importante de l'activité consiste à rendre le nouvel instrument quantique embarqué prêt à l'emploi et facile à utiliser par des non-spécialistes. La livraison d'un tel gravimètre embarqué se résume à l'adaptation d'un gravimètre terrestre existant, à l'intégration de sous-systèmes auxiliaires éprouvés et à l'optimisation du fonctionnement de l'instrument embarqué. Le capteur sera compatible avec diverses plateformes volantes.

Durant la phase finale du projet EQUIP-G, l'instrument sera utilisé sur deux porteurs aériens différents, un dirigeable et un avion.

Premièrement, nous ciblons les sites de l'Etna et des Champs Phlégréens en Italie, dans le but de produire des cartes gravimétriques de Bouguer des deux zones volcaniques. Cela permettra d'obtenir de nouvelles informations sur (a) les structures souterraines potentiellement liées à l'activité volcanique et (b) les zones potentiellement candidates au déploiement d'instruments terrestres supplémentaires.

Deuxièmement, nous ciblons la région du lac de Constance (Allemagne, Suisse, Autriche) où nous réaliserons des campagnes de vols avec l'avion et le dirigeable pour pouvoir comparer les porteurs.

Les compromis entre la stabilité de la mesure et la vitesse du porteur, la résolution des mesures obtenues et l'étendue de la surface couverte seront évalués. Lors des mesures embarquées, le gravimètre quantique fonctionnera en parallèle avec un autre gravimètre basé sur une technologie traditionnelle, permettant une comparaison et l'exploration de stratégies de traitement hybrides. Les mesures aéroportées seront complétées par les mesures au sol issues des campagnes de mesure terrain du projet EQUIP-G.

Bien que les instruments embarqués soient moins sensibles que les capteurs quantiques mesurant au sol, la surface couverte est beaucoup plus importante, ce qui permet d'identifier les zones nécessitant une exploration plus détaillée et locale. De plus, les données gravimétriques embarquées fournissent des informations clés à moyenne longueur d'onde, permettant une analyse conjointe des observations gravimétriques terrestres (courtes longueurs d'onde) et spatiales (longues longueurs d'onde).

Ainsi, les mesures quantiques de gravité conjointes sur le terrain et embarquées démontreront les avantages des gravimètres quantiques.

[Bidel2018] Y. Bidel *et al.* 2018 *Nature Com.* **9**, 627

[Bidel2023] Y. Bidel *et al.* 2023 *J.G.R.: Solid Earth* **128** e2022JB025921

