

DELEGATION REGIONALE ILE-DE-FRANCE MEUDON

UNITE : *LTE*



MARCHES PUBLICS DE FOURNITURES ET DE SERVICES

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

**Objet :** *Acquisition d'un double gravimètre absolu quantique*

CCTP N° 2025-04

Ce document comporte **8 pages**, y compris la page de garde.

## SOMMAIRE

<b>1 PRÉAMBULE .....</b>	<b>3</b>
<b>2 PRÉSENTATION DE LA PRESTATION .....</b>	<b>3</b>
2.1 CONTEXTE GÉNÉRAL DE L'ACHAT .....	3
2.2 OBJET DU MARCHÉ.....	4
<b>3 DESCRIPTION DES SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES ET TECHNIQUES.....</b>	<b>4</b>
3.1 PERFORMANCES DE MESURE .....	4
3.2 MISE EN ŒUVRE ET EXPLOITATION DES MESURES .....	4
3.3 CONTROLE, SIGNAUX ET DONNÉES DE DIAGNOSTIC .....	4
3.4 PERFORMANCE EN PUISSANCE ÉLECTRIQUE .....	5
3.5 PERFORMANCES THERMIQUES.....	5
3.6 DIMENSIONS / POIDS .....	5
3.7 FORMATION DES OPÉRATEURS ET MAINTENANCE ORDINAIRE .....	5
<b>4 DÉLAI / MODALITÉS D'EXÉCUTION DES PRESTATIONS .....</b>	<b>6</b>
4.1 DÉLAI MAXIMUM DE LIVRAISON DE L'ENSEMBLE DES PRODUITS.....	6
4.2 PHASES DE RÉALISATION DES PRESTATIONS / CALENDRIER .....	6
4.3 CORRESPONDANCES – RÉUNIONS .....	6
4.4 CORRESPONDANTS TECHNIQUES DU CNRS .....	6
4.5 LIEUX DE LIVRAISON OU D'EXÉCUTION / ACCÈS .....	6
4.6 SURVEILLANCE EN USINE.....	6
<b>5 DOCUMENTATION À PRODUIRE PAR LE TITULAIRE .....</b>	<b>7</b>
<b>6 GARANTIE/SERVICE APRÈS-VENTE .....</b>	<b>7</b>
<b>7 DÉVELOPPEMENT DURABLE .....</b>	<b>8</b>

## 1 Préambule

Le Titulaire prend l'engagement qu'il est en mesure d'exécuter ce marché dans le strict respect des obligations visées dans les documents contractuels du marché et ce, notamment, en matière de clauses de confidentialité, de qualification et d'assurances.

Le Titulaire est réputé, sous sa responsabilité et indépendamment de toutes justifications fournies, avoir reçu les autorisations légales d'exercer et posséder la qualification professionnelle correspondant à la nature et à l'importance de la prestation objet du présent marché. Il sera seul à supporter les conséquences qui pourraient résulter du fait que cette qualification ne serait pas conforme à la réglementation ou erronée et, en particulier, les conséquences de la résiliation que pourrait prononcer de ce fait, à bon droit, le CNRS.

## 2 Présentation de la prestation

### 2.1 Contexte général de l'achat

Conformément à l'objectif de renforcement de l'autonomie stratégique et de la compétitivité de l'UE, 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'usages 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 commun. Ces instruments seront testés de manière exhaustive avant d'être déployés sur le terrain. Ils contribueront aux priorités de l'UE, 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 sur la gravité quantique. Les données seront gérées conformément aux principes FAIR et dans une perspective à long terme visant à établir un TCS pour la gravimétrie au sein d'EPOS. EQUIP-G s'engagera 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.

## 2.2 Objet du marché

Ce marché a pour objet l'achat d'un des instruments du projet EQUIP-G : une double gravimètre quantique absolu (DGQA) commercial, robuste. Le principe de mesure du DGQA reposera sur des mesures par interférométrie atomique, réalisée sur deux sources d'atomes froids, interrogées par un seul et même faisceau laser.

## 3 Description des Spécifications générales et techniques

Le DQGA mesurera en même temps, à partir de deux sources atomiques,  $g$  et la composante verticale de son gradient ( $dg/dz$ ). Durant la mesure, l'alignement de l'instrument sur la verticale se fera automatiquement.

L'instrument permettra également mesurer  $g$  sur la longueur de la chambre de chute, en augmentant la durée des interféromètres, pour des mesures plus sensibles.

$g$  est exprimé en  $\text{nm s}^{-2}$  et  $dg/dz$  en eotvos ( $E$ ).  $1 E = 10^{-9} \text{ m s}^{-2} \text{ m}^{-1} = 10^{-9} \text{ s}^{-2}$ .

### 3.1 Performances de mesure

Le dispositif aura les performances de mesure suivantes (en environnement contrôlé de type laboratoire climatisé) :

- une exactitude de mesure sur  $g$  meilleure que  $150 \text{ nm s}^{-2}$ ,
- une sensibilité de mesure de  $g$  exprimée en terme d'écart type d'Allan meilleure que  $1\,000 \text{ nm s}^{-2} \tau^{1/2}$  allant jusque  $10 \text{ nm s}^{-2}$  en moins de  $10^5 \text{ s}$ ,
- une exactitude de mesure sur  $dg/dz$  de  $20 E$ ,
- une sensibilité de mesure sur  $dg/dz$  exprimée en terme d'écart type d'Allan meilleure que  $100 E \tau^{1/2}$  allant jusque  $2 E$  en moins de  $10^5 \text{ s}$ ,
- un cycle de mesure inférieur à  $1 \text{ s}$ ,

Le dispositif permettra de réaliser des mesures de  $g$  avec des durées entre les impulsions interférométriques, supérieures à  $100 \text{ ms}$ .

Le dispositif permettra des acquisitions longues ( $> 1 \text{ an}$ ).

### 3.2 Mise en œuvre et exploitation des mesures

L'installation et la mise en route du dispositif doit pouvoir être rapide ( $30 \text{ min}$ ) et facile même pour des utilisateurs n'ayant pas de formation spécifique aux technologies quantiques.

### 3.3 Contrôle, signaux et données de diagnostic

Le système d'acquisition et de mise à disposition des mesures sera facile à utiliser pour un personnel de niveau technicien.

L'interface de contrôle sera pilotée par un ordinateur portable fourni et accessible à distance par internet.

Les données disponibles seront synchronisées sur l'échelle de temps UTC (si accessible) et comprendront, à la fréquence de mesure de l'instrument, les mesures brutes de gravité et de la composante verticale de son gradient. Les données permettant de corriger ces mesures brutes comprendront des corrections instrumentales (par ex : la verticalité, effets systématiques) et des corrections géophysiques (pression, des effets de marées terrestres, océaniques, de l'effet de la pression atmosphérique et de l'effet de l'irrégularité de la rotation de la Terre).

Le dispositif permettra afin de support :

- L'enregistrement de données de diagnostic,
- L'exploitation à distance de ces données de diagnostic par le Titulaire.

### 3.4 Performance en puissance électrique

Alimentation du système : 50 V DC.

Le dispositif disposera d'un convertisseur pour pouvoir être branché sur le secteur 230 VAC, 50 Hz monophasé.

La consommation en régime établi (= en mesure) devra être inférieure à 600W.

### 3.5 Performances thermiques

Le dispositif pourra fonctionner sur une plage de température allant de 0°C à 40°C. Pour cela un système de régulation de la température du dispositif est souhaité et les dispositifs lasers doivent être fibrés.

### 3.6 Dimensions / poids

Le dispositif sera déplaçable par deux personnes. Pour des raisons de mobilité rapide, la partie « tête de capteur » dans laquelle la mesure de gravité est réalisée, pourra être éloignée des éléments de contrôle, sans mise hors tension. Cette composante ne doit pas excéder une surface au sol de 0.7 m<sup>2</sup>. La partie la plus lourde de la « tête de capteur », déplaçable, doit avoir un poids inférieur à 80 kg. Cette partie pourra être stockée sans alimentation pendant plusieurs mois.

### 3.7 Formation des opérateurs et maintenance ordinaire

En plus d'une documentation du dispositif, la réponse proposera une formation permettant la mise en œuvre de l'instrument à la livraison.

## 4 Délai / Modalités d'exécution des prestations

### 4.1 Délai maximum de livraison de l'ensemble des produits

Le matériel doit être livré sur le site de l'acheteur au plus tard en octobre 2026.

### 4.2 Phases de réalisation des prestations / Calendrier

Phases / Evénements	Délai maximum de réalisation
Réalisation de l'enceinte à vide	T0 + 4 mois
Première mesure de gravité	T0 + 7 mois
Livraison de l'instrument	T0+ 12 mois =T1
Tests sur site et formation	T1+ 1 mois maximum

### 4.3 Correspondances – Réunions

Des réunions d'étapes (voir 4.2) sont à prévoir pour informer le CNRS des grandes étapes de l'exécution des prestations. Une réunion de démarrage sera organisée dans les 15 jours suivant la notification du marché.

Ces réunions se dérouleront soit en distanciel ou en présentiel dans les locaux du LTE.

### 4.4 Correspondants Techniques du CNRS

Dans le cadre de l'exécution des prestations objet du marché, le CNRS a désigné un correspondant technique chargé du suivi de l'exécution du marché. Le nom et les coordonnées de ce correspondant seront transmises au Titulaire du marché dès la notification du marché.

### 4.5 Lieux de livraison ou d'exécution / Accès

**LNE**  
**Bâtiment Maxwell**  
**ZA de Trappes Elancourt**  
**27 avenue Roger Hennequin**  
**78 197 Trappes Cedex**

### 4.6 Surveillance en usine

Le cas échéant, le CNRS se réserve le droit d'effectuer de la surveillance en usine pendant la durée d'exécution du marché. La surveillance en usine sera réalisée par le correspondant technique désigné

ou tout autre agent mandaté par le CNRS et qui des compétences techniques requises.

La surveillance en usine vise à s'assurer que le Titulaire respecte :

- Les clauses techniques du marché
- Les engagements en faveur du développement durable pris dans le cadre de l'exécution du marché (procédé de fabrication, etc...).

Les modalités de déroulement de la surveillance en usine (fréquence, lieu ; etc..) seront déterminées par les parties (CNRS/Titulaire) à la notification du marché. Le Titulaire s'engage à garantir le bon déroulement de la surveillance en usine.

Les frais de déplacement et leur rémunération, exposés dans le cadre la surveillance en usine, sont en totalité à la charge du CNRS.

La surveillance en usine ne constitue pas une opération de vérification et d'admission des prestations. Le Titulaire ne peut s'en prévaloir pour opposer au CNRS une admission des prestations et demander le règlement des prestations.

Tout agent du CNRS amené à effectuer cette surveillance en usine s'engage au respect des règles de confidentialité vis-à-vis des procédés et des technologies qui lui seront présentés.

## 5 Documentation à produire par le Titulaire

Le matériel sera livré avec un manuel d'utilisation et le rapport de test de sortie d'usine comprenant notamment le bilan d'exactitude.

## 6 Garantie/Service après-vente

Les prestations sont intégralement couvertes par une garantie d'une durée minimum de 36 mois. Si le Titulaire a proposé dans son offre une garantie plus longue que la garantie minimale de 36 mois et/ou une couverture plus étendue (remplacement des consommables par exemple), les éléments de son offre qui sont plus favorables au CNRS que celles qui sont stipulées dans le présent CCTP engagent le Titulaire dans le cadre du Marché. Les conditions de garantie sont précisées dans l'offre technique.

La garantie couvre le coût des pièces défectueuses sans limite de montant, la main d'œuvre, les frais de déplacement sur site, et les frais d'expertise supportés, le cas échéant, par le CNRS afin d'identifier la défectuosité et son origine.

En concertation avec le CNRS, le titulaire pourra proposer l'envoi des pièces détachées nécessaires. Le CNRS effectuera le remplacement avec l'assistance du Titulaire.

L'équipement remplacé devra être échangé par des pièces de marque et/ou modèle et/ou version logicielle identique. L'échange par un équipement de marque et/ou modèle et/ou version logicielle différent peut exceptionnellement être réalisé avec l'accord préalable du CNRS.

Le Titulaire doit assurer un service d'assistance, de remise en état et de service du matériel et garantir une facilité d'accès (24h/24h et 7j/7j) à un technicien ou ingénieur du service après-vente.

Pendant la durée de garantie, le titulaire assure les mises à jour du logiciel, assure les maintenances préventive et corrective de l'équipement une fois par an.

En cas de retour à l'usine pour réparation, les frais d'expédition aller-et-retour sont à la charge du titulaire pendant la durée de la garantie.

Si, à l'expiration du délai de garantie, le Titulaire n'a pas procédé aux réparations prescrites, le délai de garantie est prolongé jusqu'à l'exécution complète des réparations.

Après admission des prestations remises en état, le délai de garantie est prolongé d'une durée égale à la durée de l'indisponibilité de la prestation concernée.

Ce délai court de la date de la notification du constat d'indisponibilité au Titulaire jusqu'à la date de notification de la décision prise à l'issue des opérations de vérifications après remise en état.

Les prestations bénéficient également de la garantie prévue à l'article 1641 du code civil et de la garantie des produits défectueux prévue aux articles 1386-1 et suivants du code civil

## 7 Développement durable

Le Titulaire veille à ce que les prestations qu'il effectue respectent les prescriptions législatives et réglementaires en vigueur en matière d'environnement, de sécurité et de santé des personnes, et de préservation du voisinage.

Conformément à l'article L.2112-2 du Code de la commande publique, le Titulaire s'engage à respecter les conditions d'exécution en vue de la protection de l'environnement.

Le Titulaire fait ses meilleurs efforts pour réduire l'impact écologique des prestations fournies au titre du marché, notamment :

- En traitant les déchets liés à la fabrication, au conditionnement et au transport des matériels pour en réduire les impacts écologiques négatifs ;
- En proposant des matériels économes en énergie et / ou en fluides ;
- En proposant des matériels constitués de matériaux recyclables ;
- En proposant des moyens de transport respectueux de l'environnement.

***FIN DU DOCUMENT***

\*\*\*