

Marché public de fournitures

Objet du marché

Fourniture, installation et mise en service d'un hexapode pour les bassins d'essais de l'Ecole Centrale de Nantes

Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP)

Marché soumis

aux dispositions du Code de la commande publique (l'ordonnance n° 2018-1074 du 26 novembre 2018 portant partie législative du code de la commande publique et le décret n° 2018-1075 du 3 décembre 2018 portant partie réglementaire du code de la commande publique)

et du Cahier des Clauses Administratives Générales applicables aux Marchés Publics de Fournitures Courantes et de Services (C.C.A.G.-F.C.S.)

arrêté du 30/03/2021

Marché passé en appel d'offre ouvert selon les articles L.2124-2, R.2124-2.1°, R.2161-2 à R.2161-5 du code de la commande publique.

Référence de la consultation

AO-2025-12

TABLE DES MATIERES

1	OBJET DU MARCHÉ	3
2	CONFORMITÉ	3
3	EQUIPEMENT	3
3.1	ENVIRONNEMENT	3
3.2	EXEMPLES D'UTILISATION	5
3.3	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES REQUISES	7
3.4	PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES	9
4	PRESTATIONS REQUISES.....	9
4.1	DELAI ET PLANNING	9
4.2	DOCUMENTATION TECHNIQUE.....	9
4.3	VERIFICATIONS	10
4.4	FORMATION	10
4.5	GARANTIE	10
4.6	CONTENU DE L'OFFRE TECHNIQUE	11

1 OBJET DU MARCHÉ

Le marché a pour objet la fourniture, l'installation et la mise en service à l'Ecole Centrale de Nantes d'un hexapode pour les bassins d'essais.

2 CONFORMITE

L'ensemble du matériel devra satisfaire aux exigences européennes et françaises en matière de sécurité et de réglementation du travail en vigueur au moment de la livraison.

3 EQUIPEMENT

L'équipement sera utilisé à des fins de recherche en hydrodynamique au LHEEA (Laboratoire de recherche en Hydrodynamique, Energétique et Environnement Atmosphérique, UMR 6598) de l'Ecole Centrale de Nantes.

3.1 Environnement

L'équipement sera installé sur le campus de Centrale Nantes, dans le bâtiment G. Ce bâtiment abrite la plateforme d'essais hydrodynamiques du laboratoire LHEEA.



Figure 1 : Bâtiment de la halle d'essais des bassins de centrale Nantes

Les alimentations électriques (340V, 220V) et en air comprimé sont en place. L'accès routier est possible par le côté du bâtiment. Une porte sectionnelle permet l'entrée et le déchargement d'une semi-remorque dans la zone de stockage à proximité du générateur de houle. Des ponts roulants 4 tonnes et 2,5 tonnes sont disponibles dans la halle pour déplacer et mettre en place l'hexapode.

La plateforme comporte 4 bassins d'essais :

- Le bassin d'hydrodynamique et de génie océanique (BHGO - Figure 2) :
 - Longueur : 50 m ;
 - Largeur : 30 m ;
 - Profondeur : 5 m ;
 - Génération de houle jusqu'à 1 m crête à creux.
- Bassin de traction (BDT - Figure 3) :
 - Longueur : 140 m ;
 - Largeur : 5 m ;
 - Profondeur : 3 m ;
 - Vitesse maximale du chariot : 8,0 m/s ;
 - Génération de houle jusqu'à 0,5 m crête à creux.

- Canal de circulation (CC - Figure 4) :
 - Longueur utile : 10 m ;
 - Largeur : 2 m ;
 - Profondeur : 0 à 1,1 m ;
 - Vitesse maximale du courant : 2,0 m/s.
- Bassin de faible profondeur (BFP - Figure 5) :
 - Longueur : 20 m ;
 - Largeur : 10 m ;
 - Profondeur : 1 m ;
 - Génération de houle jusqu'à 0,5 m crête à creux.

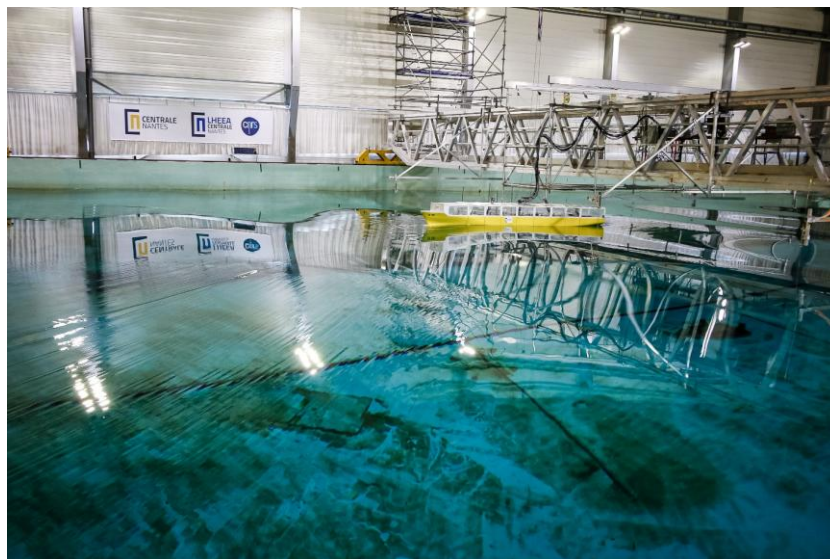


Figure 2 : Vue du BHGO

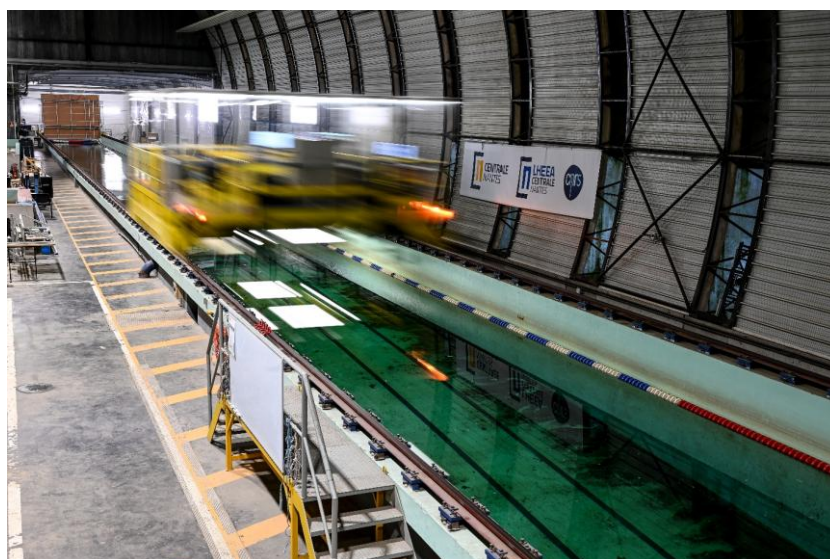


Figure 3 : Vue du BDT

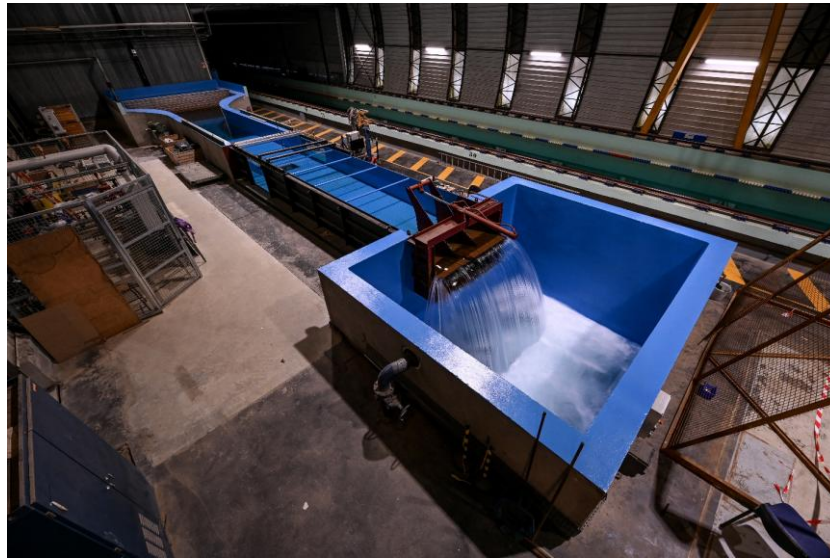


Figure 4 : Vue du CC

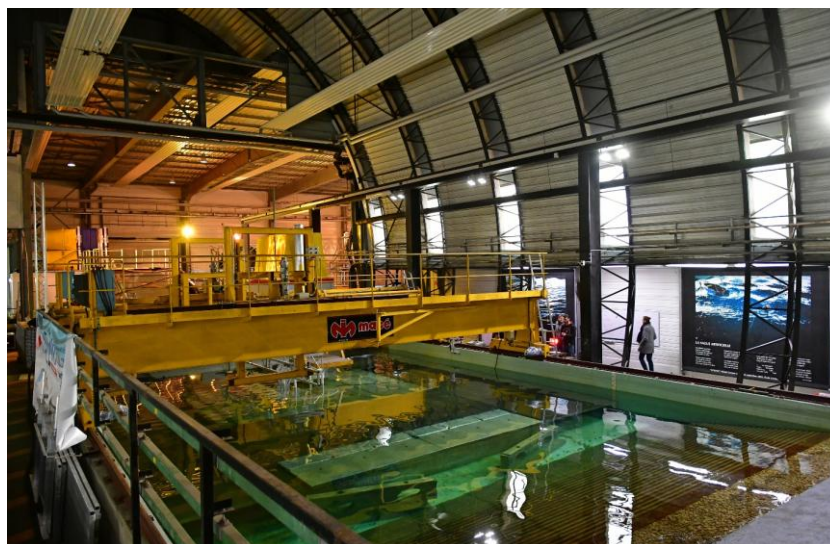


Figure 5 : Vue du BFP

3.2 Exemples d'utilisation

L'hexapode sera utilisé dans plusieurs configurations :

- Au-dessus des bassins :
 - Orienteur ou positionneur « statique » pour maquette (Figure 6) ;
 - Application de mouvements forcés et connus¹ à des objets flottants ou sous-marins (Figure 7) ;
 - Essais d'impacts hydrodynamiques.
- Hors des bassins :
 - Mesure des propriétés mécaniques des dispositifs d'essais (Figure 8) ;
 - Application de mouvements forcés et connus à des objets².

¹ <https://youtu.be/CGRjuX9Nd4M?si=yrAWJ2X14SoBtLx3>

² https://youtu.be/IH0kvelV_3w?si=WfCwZJ3xfu0dkM4V

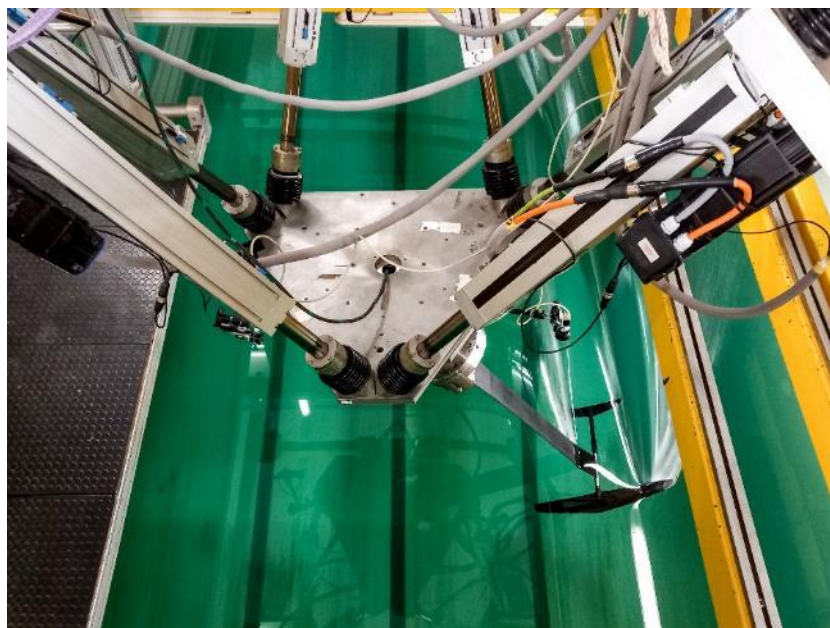


Figure 6 : Essais de foils en bassin de traction

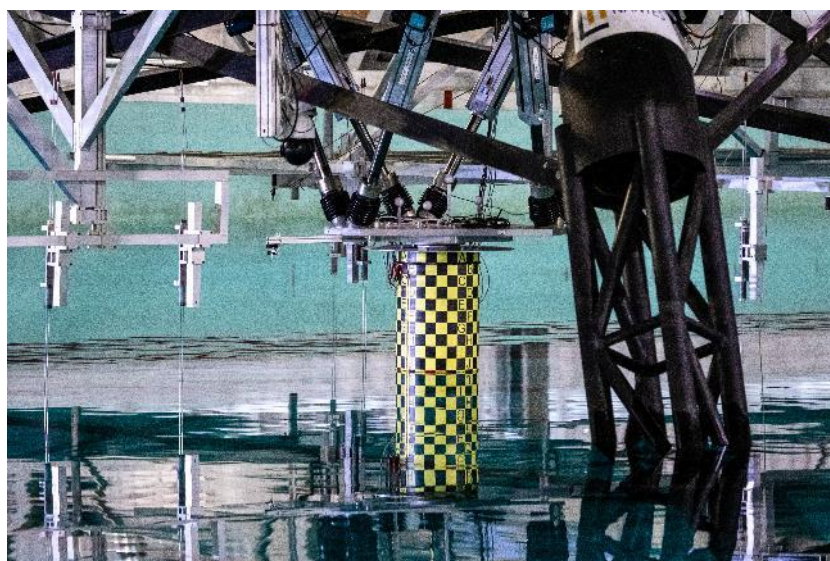


Figure 7 : Essais de mouvements forcés dans le bassin de génie océanique



Figure 8 : Mesure des propriétés mécaniques des dispositifs d'essais : position du centre de gravité et moments d'inertie

3.3 Caractéristiques techniques requises

3.3.1 Caractéristiques générales

- Capacité d'emport de masse : 1 000 kg à 10 m/s² ;
- Précision du suivi de trajectoire : 1 mm / 0.1° ;
- Emprise du plateau fixe : Ø 3 000 mm max. ;
- Emprise du plateau mobile : Ø 1 600 mm max. ;
- Hauteur en position basse : 1 400 mm ;
- Hauteur en position moyenne : 2 000 mm ;
- Hauteur en position haute : 2 600 mm ;
- Poids : 800 kg max ;
- Température de fonctionnement : 10 à 40°C.

L'hexapode sera mis en œuvre dans un environnement humide, l'armoire devra présenter un système de ventilation adéquat pour éviter la formation de condensation sur les composants électroniques. Les éléments électromécaniques, vérins, moteurs, cardans devront être en capacité de supporter un fort taux d'humidité (tropicalisation).

3.3.2 Capacités de mouvements

Axes	Course	Vitesse	Accélération
T _x (cavalement)	± 700 mm	± 1 m/s	± 5 m/s ²
T _y (dérive)	± 700 mm	± 1 m/s	± 5 m/s ²
T _z (pilonnement)	± 600 mm	± 1 m/s	± 6 m/s ²
R _x (roulis)	± 30°	± 50°/s	± 500°/s ²
R _y (tangage)	± 30°	± 50°/s	± 500°/s ²
R _z (lacet)	± 40°	± 50°/s	± 500°/s ²

Tableau 1 : Capacités de mouvements requises

3.3.3 Plateau supérieur

Le plateau mobile sera plein avec taraudages et goupilles custom, dont la disposition sera à confirmer entre l'acheteur et le fournisseur.

Il sera proposé en option la motorisation du plateau en R_z, avec étanchéité IP67 (voir 3.4).

3.3.4 Mesure des mouvements

L'hexapode sera équipé d'un système de mesure de mouvements. Les mesures seront enregistrées dans un fichier au format standard ou seront envoyées en temps réel sur un port réseau. Les mesures doivent être échantillonnées à 100 Hz minimum et présenter une précision inférieure à 1 mm pour les translations et 0.1° pour les rotations.

3.3.5 Synchronisation

L'hexapode pourra émettre ou recevoir des signaux de synchronisation pour les mouvements et les mesures, séparément.

3.3.6 Pilotage de l'hexapode

L'hexapode devra être piloté à partir d'un logiciel fourni par le fournisseur, installé sur un PC Windows fourni par Centrale Nantes.

L'hexapode devra présenter les modes de pilotage suivants :

- Réalisation de trajectoires périodiques simple. Configuration des amplitudes, fréquence et phase pour chaque degré de liberté sur l'interface utilisateur ;
- Exécution d'un fichier de trajectoire généré par un programme externe ;
- Pilotage dynamique de l'hexapode en fonction d'un signal externe rafraîchi en temps réel (force, couple, position, vitesse, etc).

3.3.7 Interface logicielle

L'interface logicielle devra permettre de réaliser les fonctions suivantes :

- Afficher la position courante ;
- Déplacer le plateau supérieur de l'hexapode vers une position cible ;
- Effectuer des changements de repères ;
- Vérifier la faisabilité des trajectoires en fonction des caractéristiques mécaniques de la charge embarquée (masse, position du centre de gravité, inerties) ;

- Configurer les mouvements de l'hexapode pour chaque mode de pilotage envisagé ;
- Charger et vérifier des trajectoires générées par des programmes externes.

L'interface utilisateur devra être écrite en français.

3.3.8 Armoire et câbles électriques

L'armoire électrique associée à l'hexapode sera équipée d'un anneau de manutention pour être montée sur les passerelles des différents bassins d'essais.

Les câbles qui relient l'hexapode et l'armoire feront 10 m de long.

Le système de connecteurs permettra des opérations de montage et démontage fréquents et rapides.

3.3.9 Maintenance

La fiabilité et la longévité de l'équipement sont primordiales pour le laboratoire. L'équipement sera livré avec un plan de maintenance préventive détaillant les opérations à réaliser et leur fréquence, et en distinguant celles réalisables par l'équipe technique des bassins et celles nécessitant une intervention extérieure.

Un devis pour un contrat de maintenance, incluant un calendrier des interventions recommandées, en extension de la garantie contractuelle initiale de 12 mois de l'article 4.6 ci-dessous, sera fourni en option avec la proposition technique et financière, ainsi que la fourniture d'un jeu de pièces de rechange stratégique, jugé nécessaire par le fournisseur (voir 3.4).

L'obsolescence de chaque composant sera planifiée pour permettre la mise à jour du matériel et assurer sa longévité.

3.4 Prestations supplémentaires éventuelles

3.4.1 Les options suivantes devront être chiffrées :

1. Plateau supérieur tournant motorisé (voir 3.3.3) ;
2. Fourniture d'un jeu de pièces de rechange (voir 3.3.9) ;
3. Contrat de maintenance, incluant un calendrier des interventions recommandées ;
4. Extension de la période de garantie pour une période de 12 mois supplémentaires.

3.4.2 Les candidats ont la possibilité d'ajouter de nouvelles lignes dans le bordereau de prix pour chiffrer toute option libre jugée pertinente au regard de l'utilisation envisagée par l'acheteur.

4 PRESTATIONS REQUISES

4.1 Délai et planning

Le délai de livraison de l'équipement sera indiqué à l'acte d'engagement.

4.2 Documentation technique

4.2.1 D'une façon générale, le candidat s'engage à fournir toute la documentation nécessaire à une utilisation et un fonctionnement correct du matériel livré et son entretien courant et éventuellement ses rectificatifs sans supplément de prix.

4.2.2 Tous les manuels et fascicules d'utilisation doivent être mis à disposition au plus tard lors de la livraison du matériel.

4.2.3 La documentation technique comprendra :

- Les logiciels nécessaires dans leur dernière version ;
- Le procès-verbal de qualification de l'équipement ;
- Les certificats d'étalonnage ;
- Le document justifiant la certification CE daté et signé ;
- Un manuel d'utilisation et de maintenance.

4.2.4 Tous les documents techniques devront obligatoirement être fournis en français. Un exemplaire en version papier et une version électronique seront fournis.

4.3 Livraison

L'équipement sera livré à la plateforme d'essais hydrodynamiques du LHEEA, au bâtiment G du campus de Centrale Nantes, à l'adresse suivante :

Ecole Centrale de Nantes
Bâtiment G
1, rue de la Noë
BP 92101
44321 Nantes

4.4 Vérification

Une vérification du bon fonctionnement de l'équipement sera réalisée par l'Ecole Centrale de Nantes après la livraison de l'appareil. Cette vérification sera formalisée par des procès-verbaux de mise en ordre de marche et d'admission définitive. Les tests d'admission de l'équipement consisteront notamment à générer des trajectoires avec l'hexapode et à mesurer les mouvements avec un système de trajectométrie vidéo pour vérifier si les consignes en position, vitesse et accélération sont respectées.

4.5 Formation

La fourniture comprend une formation à l'utilisation du matériel et des logiciels fournis. Cette formation aura lieu avant l'admission définitive de l'ensemble du dispositif. La totalité de la formation se fera obligatoirement sur le site de la plateforme d'essais. Cette formation devra donner à ECN les connaissances pour utiliser toutes les fonctions des équipements en toute autonomie.

4.6 Garantie

4.6.1 La garantie sera de 1 an minimum sur site, pièces, main d'œuvre et déplacements compris.

4.6.2 La période de garantie démarrera à compter de l'admission définitive des équipements.

4.7 Contenu de l'offre technique

- 4.7.1 Le document fourni devra être suffisamment détaillé d'un point de vue technique pour que l'Ecole Centrale de Nantes puisse évaluer la qualité du matériel choisi ainsi que la qualité de la prestation proposée.
- 4.7.2 En complément du chiffrage obligatoire à l'Acte d'engagement et son bordereau de prix, le candidat pourra réaliser un chiffrage détaillé dans un devis reprenant la trame du présent cahier des charges en s'aidant de la numérotation des points techniques