




**ENSTA
BRETAGNE**



Cahier des clauses techniques particulières :

Marché à lots

**VEINE AERODYNAMIQUE
Marché 2024-0021**

	CCTP 2024-0021	
	VEINE AERODYNAMIQUE	PAGE 2/17

I. Nature du projet

A. Objet :

Ce CCTP, Cahier des Charges Techniques Particulières, a pour objet l'acquisition par l'ENSTA Bretagne d'une veine aérodynamique conteneurisée et de l'instrumentation associée comportant 2 lots :

- Lot 1 : Conception et fabrication d'une veine aérodynamique conteneurisée
- Lot 2 : Fourniture d'une balance de mesure 6 composantes

N.B : Les candidats peuvent soumissionner pour un ou plusieurs lots.

B. Contexte

1. L'ENSTA Bretagne

L'ENSTA Bretagne (École Nationale Supérieure de Techniques Avancées) est une école pluridisciplinaire, ayant pour mission de former des ingénieurs civils et militaires, dans les domaines de :

- l'architecture des véhicules et la modélisation,
- les sciences et techniques de l'information et de la communication,
- l'architecture navale et offshore,
- l'ingénierie des matériaux énergétiques,
- l'hydrographie-cartographie,
- l'ingénierie et gestion des organisations.

2. Le service « prescripteur »

Le service prescripteur est le Pôle MECA de l'ENSTA Bretagne.

II. Description du projet

A. Objectifs

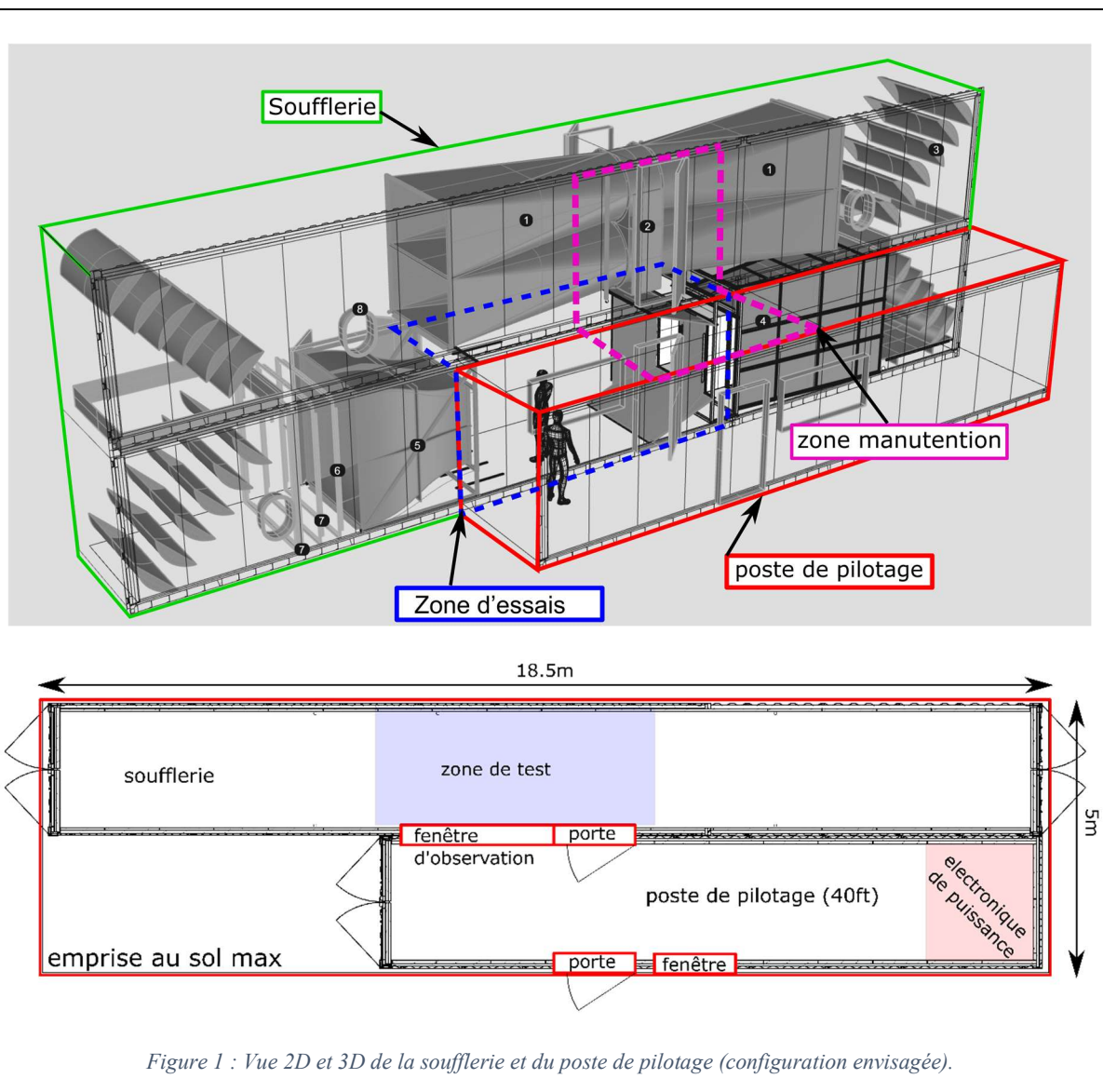
L'ENSTA Bretagne veut renforcer ses capacités expérimentales dans le domaine de l'aérodynamique appliquée à l'ingénierie navale. A ce titre, elle souhaite se doter d'une veine fermée de mesure aérodynamique et de l'instrumentation qui lui est associée. Cet équipement permettra à l'ENSTA Bretagne de participer activement au développement de nouvelles technologies de pointe pour des applications navales. Ce moyen d'essais permettra notamment de renforcer les compétences scientifiques de l'école sur la problématique de la décarbonation des navires à l'aide de systèmes véliques. Cette action s'inscrit dans le cadre du contrat plan état région (CPER) IF-SysMer (Ingénierie du futur des grands systèmes en milieu marin) porté par la région Bretagne.

B. Description générale de la veine aérodynamique et de ses composants

Pour ce projet, le design retenu pour la veine aérodynamique est de type « boucle fermée ». Cette configuration permet de réduire fortement les coûts d'exploitation du moyen d'essais. Pour garantir une modularité et une facilité d'installation, la veine aérodynamique sera dite conteneurisée, c'est-à-dire qu'elle sera contenue dans un ensemble de conteneurs de différentes tailles. Le moyen d'essais est constitué de plusieurs sous-éléments représentés dans la Figure 1:

- Une partie soufflerie, qui contient l'ensemble des éléments géométriques et structuraux ainsi que les ventilateurs, nécessaires à la création de l'écoulement et à sa canalisation au sein de la veine.

- Une partie « zone d'essais » qui est une sous-partie de la soufflerie et qui sera le lieu de l'expérimentation (mesures des efforts sur modèles réduits, mesures de vitesse d'écoulement...)
- Une partie « poste de pilotage » qui accueillera l'électronique de puissance pour le contrôle des ventilateurs ainsi que les ordinateurs nécessaires à la réalisation des mesures. Cette zone sera également un lieu de travail et de stockage.
- Une zone de manutention sur le toit du poste de pilotage.



III. Lot 1 : Conception et fabrication d'une veine aérodynamique conteneurisée

A. Objectifs

Ce lot porte sur la conception et la fabrication d'une veine aérodynamique installée dans un ensemble de conteneurs maritimes spécialement assemblés.

B. Description de la prestation

1. Caractéristiques générales

Les caractéristiques techniques générales de la soufflerie doivent respecter les spécifications et besoins suivants :

1. Le design final de la soufflerie devra pouvoir être installé dans un assemblage de conteneurs maritimes « high cube » de 10, 20 ou 40 pieds, superposés sur deux rangées. Une solution possible d'assemblage est représentée sur le schéma de la Figure 2. Le poste de pilotage sera installé dans un conteneur de 40 pieds accolé à la veine aérodynamique, tel qu'illustré dans la Figure 1. Ce conteneur pourra être de section standard ou « high cube ». L'emprise au sol de la soufflerie et du poste de commande associé ne devra pas dépasser 18.5m de long et 5m de large.

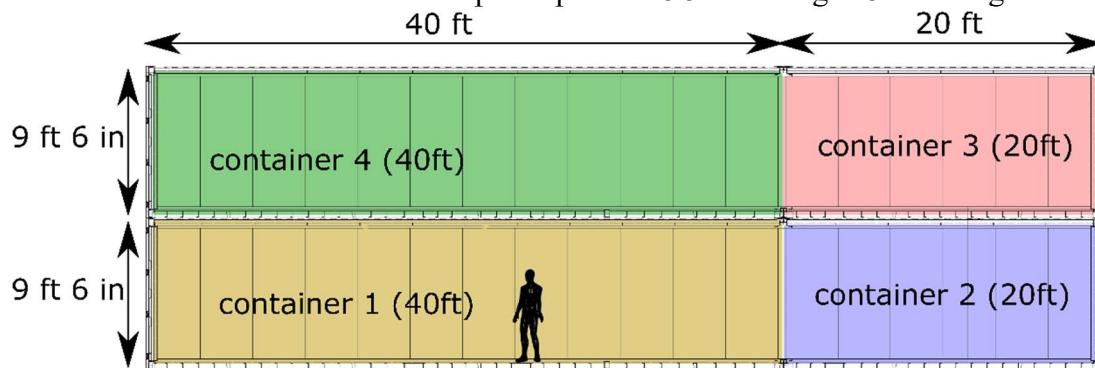



Figure 2 vue schématique d'une solution possible d'assemblage des 4 conteneurs.

2. La veine aérodynamique sera de type « closed loop » (boucle fermée)
3. La section de test de la soufflerie aura pour dimensions 1.5m par 1.5m de côté, pour une longueur de 3m.
4. La section de test dans la zone d'essais sera **préférentiellement de type ouverte**
5. **Dans le cas où une solution « section de test ouverte » est proposée :** Une fenêtre permettant une bonne visualisation de l'ensemble de la section de test à partir du poste de pilotage sera prévue. **Dans le cas où une solution « section de test fermée » est proposée :** la zone de teste canalisée sera constituée de parois transparentes permettant la réalisation de mesures optiques. Trois parois au minimum seront en partie transparentes.
6. Une porte permettra d'accéder à la zone d'essais à partir du poste de pilotage.
7. Dans la partie « zone d'essais », **dans le cas où une solution « section de test ouverte » est proposée :** un système de fixation basé sur un assemblage de rails aluminium de 40*80 mm et fentes de 10 mm, sera installé sur le plancher et sur la paroi opposée à la vitre d'observation. Cet assemblage pourra présenter différentes formes mais devra permettre une fixation modulaire sur l'ensemble de la zone d'essais. L'installation de ces rails ne devra pas perturber l'écoulement. **Dans le cas où une solution « section de test fermée » est proposée :** un système de fixation dans la zone d'écoulement canalisé sera proposé.

	CCTP 2024-0021	
	VEINE AERODYNAMIQUE	PAGE 5/17

8. La zone d'essais sera équipée d'un dispositif d'éclairage.
9. L'ensemble de la zone d'essais sera peint en noir mat.
10. Une ouverture ainsi qu'une zone de manutention seront prévues au niveau des ventilateurs de la veine, afin de faciliter les opérations de maintenance et de réparation des ventilateurs.
11. Les dispositifs d'homogénéisation de l'écoulement (nid d'abeille et grilles) seront facilement démontables et nettoyables en moins de deux heures.
12. Une sonde de mesure de vitesse escamotable sera installée dans la zone de test et permettra la mesure instantanée de la vitesse U au centre de la section de test.
13. Un pupitre de commande permettant le contrôle de l'écoulement dans la veine sera installé dans le poste de pilotage. Il sera installé à proximité immédiate de la fenêtre donnant sur la zone de test.
14. Les conteneurs seront pourvus d'une isolation thermique. Cette dernière sera installée à l'intérieur des conteneurs.
15. Le conteneur « poste de pilotage » sera équipé d'une fenêtre occultable donnant sur l'extérieur, d'une dimension minimale de 0.8m de haut pour 0.6m de large. La fenêtre possèdera un dispositif occultant.
16. Le conteneur « poste de pilotage » sera équipé d'une porte d'entrée verrouillable.
17. Le conteneur « poste de pilotage » sera aménagé pour une utilisation type « petit atelier », avec des revêtements de sol, mur et plafond adaptés, ainsi qu'un éclairage suffisant. Il sera équipé de prises d'alimentation 220v et de prises réseau rj45.
18. L'électronique de puissance pour les ventilateurs sera installée dans une armoire ou un compartiment dédié dans le conteneur « poste de pilotage ».
19. Un système de passe-câble sera installé entre le poste de pilotage et la zone de test. Ce passe-câble permettra la connexion de capteurs installés dans la zone de test, au système d'acquisition installé dans le poste de contrôle.
20. Une interface de raccordement aux différents réseaux (électricité et télécommunication) sera installée sur le conteneur « poste de pilotage » en vue du raccordement du système lors de l'installation sur site.
21. Les accouplements des conteneurs assureront une étanchéité à l'air et aux intempéries.
22. Des trous d'hommes seront disposés aux endroits adéquats pour effectuer la maintenance et le nettoyage de l'intérieur de la veine.
23. Les conteneurs utilisés devront être de qualité suivante : catégorie « premier voyage ».
24. L'extérieur des conteneurs (veine aérodynamique et poste de pilotage) sera peint en blanc.

2. Prestations supplémentaires éventuelles (à chiffrer facultativement)

- Possibilité d'utiliser la zone de test pour des essais dits « de pleine section », permettant d'exploiter la totalité de la section du conteneur.
- Fosse refermable, permettant l'installation d'un hexapode (voir annexe 1), dans la zone de test.

3. Caractéristiques techniques

Définitions préliminaires :

La description de l'écoulement dans la zone de test peut se faire à l'aide de deux composantes : une vitesse **axiale** U , orthogonale à la section de sortie du convergent, et une vitesse

tangentielle v , tangente au plan défini par la section. Ces deux composantes sont représentées dans la figure 3.

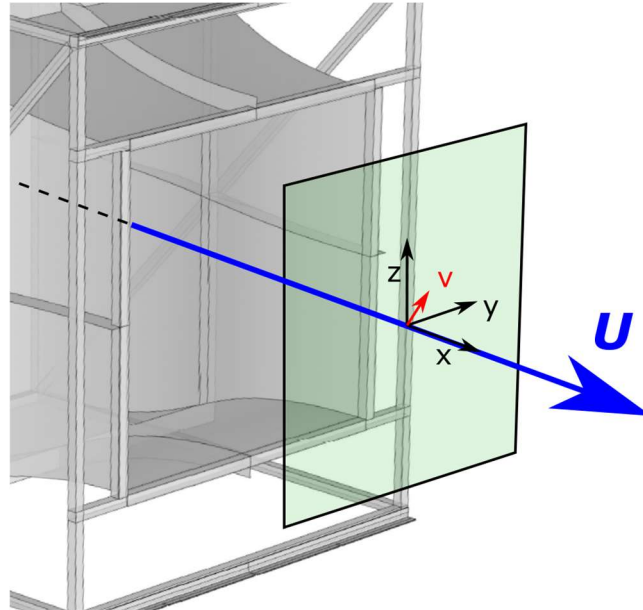



Figure 3 Représentation schématique des composantes des vitesses en sortie du divergent, à l'entrée de la section de test.
La vitesse axiale U est orthogonale au plan y, z . La vitesse tangentielle est tangente au plan y, z

- **Vitesse de travail :** la vitesse de travail U_t est la vitesse axiale moyenne usuelle à laquelle la soufflerie sera utilisée pour 80% des essais envisagés. Cette vitesse de travail U_t doit être inférieure à la vitesse axiale maximale moyenne U_{max} atteignable par la soufflerie.
- **Vitesse maximale :** la vitesse axiale maximale moyenne U_{max} est la vitesse maximale atteignable par la soufflerie.

1. Les caractéristiques souhaitées de l'écoulement dans la zone de test sont les suivantes :

- Vitesse de travail moyenne U_t dans la section de test : 35 m/s
- Plage de réglage de vitesse moyenne dans la section de test $[U_{min}, U_{max}]$: de 1m/s à U_{max}
- Vitesse maximale U_{max} supérieure à la vitesse de travail U_t .
- Taux de turbulence à la vitesse de travail U_t : valeur souhaitée inférieure ou égale à 2%, et ne pourra en aucun cas être supérieure à 3%. Le taux de turbulence sera déterminé en suivant le protocole de Nader et al.¹, au centre de la veine d'essais.
- Uniformité de l'écoulement moyen à la vitesse de travail U_t : valeur souhaitée inférieure ou égale à 2%, et ne pourra en aucun cas être supérieure à 3%. L'uniformité de l'écoulement sera déterminée sur une matrice 7x7 dans la partie milieu de la veine d'essais en suivant le protocole présenté par Nader et al.¹, en trois sections de la veine (zone centrale 1mx1m ; sections en entrée, milieu, sortie).
- Les composantes de vitesse orthogonales à la vitesse axiale devront être inférieures à 1% de la vitesse axiale moyenne U d'essai.

¹ <https://www.imeko.info/publications/wc-2006/PWC-2006-TC9-002u.pdf>

	CCTP 2024-0021	
	VEINE AERODYNAMIQUE	PAGE 7/17

2. Le contrôle de la vitesse axiale moyenne U devra pouvoir se faire par pas de 0.1m/s.
3. L'incertitude sur la mesure de vitesse par la sonde devra être de ± 0.01 m/s au plus.
4. Le pupitre de commande de la veine devra posséder les organes de contrôle suivants :
 - Affichage de la vitesse mesurée par la sonde de vitesse.
 - Affichage de la vitesse de rotation en tours par minute du/des ventilateurs, avec une précision de ± 1 rpm au minimum.
 - Un actionneur **unique** permettant le réglage de la vitesse de rotation du/des ventilateurs.
 - Un bouton d'arrêt d'urgence du système de ventilateur de type coup de poing sécurisable par clé.
5. L'intensité lumineuse de l'éclairage dans la zone de test sera supérieure ou égale à 500 lux.
6. Dans la veine aérodynamique, l'épaisseur minimale d'isolant sera de 10cm. Celle-ci sera de 5cm dans la partie poste de pilotage.
7. La veine devra pouvoir être utilisée en continu dans des conditions contrôlées de température sur une durée minimale de 3 heures. Les variations de température devront restées inférieures à 5°C. Si nécessaire, un dispositif de climatisation actif ou passif sera installé dans la veine afin de compenser l'apport de chaleur induit par la veine en fonctionnement.
8. Un total de 10 prises de courant de 220v seront installées dans le conteneur « poste de contrôle »
9. Un total de 2 prises rj45 seront installées dans le conteneur « poste de contrôle »
10. Les portes permettant l'accès au poste de pilotage et à la zone de test auront une hauteur de 2.15m et une largeur de 1m au minimum.
11. La fenêtre d'observation donnant sur la zone de test aura une hauteur de 2.15m et une largeur de 2m au minimum.
12. La fenêtre d'observation et la porte d'accès à la zone de test seront adaptées pour résister aux vents et pressions générés dans la zone de test.
13. L'électronique de puissance des ventilateurs devra fonctionner pour une tension d'alimentation de 400V-50Hz disponible sur le site d'installation.

4. Suivi de la conception et de la fabrication

Lors de la phase de conception, un minimum de **3 réunions** entre le candidat retenu et le service prescripteur seront organisées :

- Une première réunion au lancement de la phase de conception sur site à l'ENSTA Bretagne.
- Une seconde au cours de la conception.
- Une dernière pour validation du concept final.


Les réunions pourront se faire par visio-conférence ou en présentiel chez le titulaire.

A l'issue de la dernière réunion, le titulaire transmettra un rapport décrivant la répartition des masses et la descente de charge associée. Ces éléments permettront à l'ENSTA Bretagne de lancer en parallèle le permis de construire pour les fondations.

N. B. : Les prestations relatives aux fondations et les travaux de fondations ne sont pas à la charge du titulaire.

Lors de la phase de construction, un minimum de **2 visites d'atelier** seront organisées pour inspections visuelles et dimensionnelles :

- Une première au cours de l'assemblage des différents éléments de la soufflerie.

	CCTP 2024-0021	
	VEINE AERODYNAMIQUE	PAGE 8/17

- Une seconde en amont de la livraison.

Les frais de déplacement du personnel de l'ENSTA Bretagne pour les visites d'atelier ne sont pas à la charge du titulaire.

Ordre de Service : Un Ordre de Service sera transmis au titulaire du Lot 01 lorsque les travaux de fondations seront terminés afin d'indiquer au titulaire que la livraison et l'installation de la veine aérodynamique peut intervenir.

Compte-rendu : Chaque réunion et visite d'atelier fera l'objet d'un compte-rendu établi par le titulaire et envoyé à l'ENSTA Bretagne pour acceptation dans un délai de 10 jours suivant la date de réunion/visite.

5. Garantie

Une garantie d'au moins 5 ans, pièces, main d'œuvre et transport, est attendue.

6. Livraison, installation et service après-vente

La livraison sur le site de l'ENSTA Bretagne est à la charge du candidat retenu.

Le cas échéant, la mise à jour des logiciels nécessaires au pilotage de la soufflerie sera assurée sur une durée minimale de 5 ans.

Le candidat retenu fournira l'ensemble des informations nécessaires (spécifications techniques, descentes de charge pour les fondations, notice d'installation...) en vue de la préparation du site d'accueil de la soufflerie.


7. Essais de recette

A réception et installation de l'équipement, des essais seront réalisés par le titulaire afin de qualifier la section de test de la veine :

- Tests de performance sur la vitesse moyenne d'écoulement : la vitesse maximale atteignable au centre de la zone de test sera mesurée.
- Tests de validation de la qualité de l'écoulement incident à la vitesse de travail de 35 m/s :
 - Le taux de turbulence sera déterminé en suivant le protocole de Nader et al.², au centre de la veine d'essais.
 - L'uniformité de l'écoulement sera déterminée sur une matrice 7x7 dans la partie milieu de la veine d'essais en suivant le protocole présenté par Nader et al.², en trois sections de la veine (zone centrale 1mx1m ; sections en entrée, milieu, sortie).
- Tests en fonctionnement continu à la vitesse de travail de 35 m/s : la veine aérodynamique sera maintenue en fonctionnement pendant une durée de 3h, et la température sera mesurée au centre de la veine, sur la durée du test.

Il est à la charge du titulaire du lot d'apporter et mettre en œuvre son matériel de mesure.

² <https://www.imeko.info/publications/wc-2006/PWC-2006-TC9-002u.pdf>

	CCTP 2024-0021	
	VEINE AERODYNAMIQUE	PAGE 9/17

L'attendu dans le cadre de ces essais de recette consiste en un rapport contenant l'ensemble des résultats de recette, la description exhaustive du matériel de mesure utilisé, et la description précise des éventuelles procédures appliquées (moyennage en temps, autre). La langue utilisée pourra être le français ou l'anglais.

Dans le cas où l'équipement ne serait pas conforme aux exigences minimales du tableau D1, l'ENSTA Bretagne se laisse la possibilité d'opérer une réfaction du prix du marché, en accord avec le titulaire.

8. Formation et documentation

Le titulaire aura à sa charge la formation d'utilisateurs (4 personnes) à l'issue de la réception sur le site. Elle devra être réalisée par un expert et elle devra permettre aux utilisateurs d'être autonomes sur l'équipement. Cette formation pourra se faire en plusieurs étapes, dont une première étape, à l'installation, pour la prise en main de l'équipement. Elle devra notamment aborder :


- la sécurité de l'installation et de son utilisation ;
- un rappel des principes de base de contrôle de la qualité de l'écoulement ;
- le montage/démontage des éléments de la chambre de tranquillisation ;
- l'accès au(x) ventilateur(s) ;
- le réglage de la vitesse de travail dans la zone de test ;
- l'entretien et la maintenance utilisateur ;
- l'utilisation des éventuels logiciels de contrôle

Le titulaire fournira l'ensemble des documents nécessaires à l'installation, à l'exploitation et à la maintenance de l'équipement et des logiciels objets du présent document, en français (si disponible) et en anglais, sur papier et en version numérique.

9. Considérations environnementales

Le candidat devra détailler son engagement pour l'environnement selon au minimum les critères sous-cités. Tout autre élément jugé pertinent par le fournisseur pourra être détaillé dans l'offre.

- Durée de vie des matériels :
 - Durée de vie estimée de l'équipement ;
 - Durée de disponibilité des pièces détachées ;
 - Durée de vie des principaux composants ;
 - Durée d'indisponibilité de l'équipement en cas de panne ;
 - Evolutivité de la solution proposée ;
- Eco-responsabilité :
 - Gestion des déchets lors de l'installation :
 - Limitation des déchets à la livraison ;
 - Tri et évacuation des déchets à l'installation ;
- Réduction de l'impact carbone :
 - Localisation du SAV ;
 - Impact du transport à la livraison :
 - Type de transport ;

	CCTP 2024-0021	
	VEINE AERODYNAMIQUE	PAGE 10/17

- Provenance de l'équipement ;
- Masse de l'équipement ;

– Labels environnementaux.

C. Evaluation des offres

Pour permettre l'évaluation de la crédibilité de l'offre, il est demandé aux candidats de fournir un dossier détaillé comprenant **a minima** les documents suivants :

- Mémoire technique décrivant la solution proposée
- Planning prévisionnel
- Offre financière détaillée
- Les documents permettant de répondre aux considérations environnementales

Tout autres documents permettant l'évaluation de la pertinence de l'offre seront également étudiés.

Afin de choisir le fournisseur, une note globale est calculée d'après une répartition sur trois volets, à savoir :

- Un volet technique, comptant pour 60% de la note globale, apprécié sur la base de critères pondérés tels que décrits au paragraphe D. Les tableaux à compléter par le candidat sont sur l'annexe au CCTP du Lot 1 en version Word.
- Un volet relatif à la proposition financière, comptant pour 30% de la note totale. La note de la proposition financière sera calculée de la sorte : $note = \frac{\text{offre moins disante}}{\text{offre étudiée}} * 30$
- Un volet relatif aux considérations environnementales, comptant pour 10% de la note globale, apprécié sur la base de critères pondérés tels que décrits au paragraphe D3.

La note finale sera la somme des notes techniques, financières et environnementales.

L'offre du fournisseur qui aura la meilleure note sur 100 sera proposée à la décision du Pouvoir Adjudicateur.

D. Critères techniques

Le tableau ci-dessous liste l'ensemble des exigences minimales. Toute réponse « **Non** » rend la proposition **non conforme**, l'offre ne sera pas notée et sera rejetée.

Tableau D1 : Exigences minimales à remplir (sans notation)		
La soufflerie est de type « closed loop »	Oui	Non
La soufflerie est installée dans des conteneurs	Oui	Non
La solution proposée ne dépasse pas de l'emprise au sol spécifiée	Oui	Non
Les conteneurs sont isolés	Oui	Non
La vitesse de travail moyenne U_t proposée est égale ou supérieure à 35m/s	Oui	Non
Le taux de turbulence est inférieur ou égal à 3% dans la veine de test pour $U = U_t$	Oui	Non
Le taux de non-uniformité Nu de l'écoulement dans la zone centrale (1mx1m) de la veine de test est inférieur ou égal à 3% pour $U = U_t$	Oui	Non
Les composantes de la vitesse orthogonales à la vitesse axiale sont inférieures ou égales à 1% de la vitesse axiale moyenne U d'essai	Oui	Non
La section de test a une hauteur et une largeur minimale de 1.5m, pour une longueur minimale de 3m	Oui	Non
La soufflerie est utilisable en continu sur une durée de 3h, avec une variation de la température ambiante limitée à $\pm 5^\circ\text{C}$	Oui	Non
Accès à toutes les zones de la veine, afin d'effectuer la maintenance et le nettoyage	Oui	Non
Démontage possible des éléments d'homogénéisation de l'écoulement (grilles et nids d'abeille) pour nettoyage	Oui	Non

Les réponses aux exigences ci-dessous, en fonction des caractéristiques des produits proposés, de l'expertise du candidat et du niveau de détail de l'offre, feront l'objet d'une notation dont la pondération est indiquée dans le tableau ci-après.

Tableau D2 : Critères techniques pondéré	Notation	coefficient
1^{ère} partie : sera notée selon les documents transmis avec l'offre		
<ul style="list-style-type: none"> Présentation du Bureau d'Etudes et des outils de calcul pour le dimensionnement de la veine aérodynamique 		5
<ul style="list-style-type: none"> Références, préciser les projets similaires menés ayant pour contraintes : <ul style="list-style-type: none"> Encombrement réduit Cibles de qualité de l'écoulement incident à atteindre 		12
Evaluation de la crédibilité de l'offre : analyse des documents transmis <ul style="list-style-type: none"> mémoire technique décrivant la solution proposée planning prévisionnel Note de calcul justifiant les méthodes et les performances aérauliques de la solution 		24

2 ^{ème} partie : le tableau sera à compléter sur l'annexe au CCTP du Lot 01 en version Word		
Taux de turbulence Ti inférieur à 3% à la vitesse de travail moyenne U_t : justification par note de calcul et/ou retour d'expérience	Notation relative au taux max 3% : $note = \frac{3-Ti}{3}$ pt Valeur $Ti=$	6
Le taux de non-uniformité Nu inférieur à 3% à la vitesse de travail moyenne U_t : justification par note de calcul et/ou retour d'expérience	Notation relative au taux max de 3% : $note = \frac{3-Nu}{3}$ pt Valeur $Nu=$	5
Vitesse de travail moyenne $U_{t\text{ proposée}}$ atteignable dans la veine	Notation relative à la vitesse cible de 35m/s : $note = \frac{U_t-3}{10}$ pt Valeur $U_{t\text{ proposée}} =$	8
	Total :	/60


Considérations environnementales

Tableau D3 : Considérations environnementales *	Pondération
Durée de vie des matériels	4 points
Eco-responsabilité	3 points
Réduction de l'impact carbone	2 points
Labels environnementaux	1 point
Total :	/10

* La notation tiendra compte de tout écart significatif à la meilleure offre selon les documents transmis pour répondre au point B.9 du présent lot.

Les tableaux D1 et D2 (2^{ème} partie) doivent être complétés obligatoirement sur le cadre de réponses du Lot 1 joint au DCE en version Word.

Les tableaux D2 (1^{ère} partie) et D3 seront évalués selon les documents transmis avec l'offre.


	CCTP 2024-0021		
	VEINE AERODYNAMIQUE		PAGE 13/17

E. Prestations supplémentaires éventuelles (facultatives)

Utilisation de la veine de test en pleine section	<input type="checkbox"/>		-
Coût (HT)			

Fosse refermable, permettant l'installation d'un hexapode	<input type="checkbox"/>		-
Coût (HT)			

Ces tableaux sont à compléter facultativement par le candidat sur l'annexe au CCTP du lot 1, en version Word, joint au DCE.

	CCTP 2024-0021	
	VEINE AERODYNAMIQUE	PAGE 14/17

IV. Lot 2 : Fourniture d'une balance de mesure 6 composantes

A. Objectifs

Ce lot concerne la fourniture d'une balance de mesure 6 composantes d'effort, avec chaîne complète de mesure allant de la balance de mesure, jusqu'au branchement à un ordinateur, en passant par l'amplification.

B. Description des caractéristiques générales

Le système pourra être fourni neuf ou reconditionné. Dans le cas où un équipement reconditionné serait proposé dans l'offre du fournisseur, ce dernier devra fournir toutes preuves du bon fonctionnement, de la remise aux normes en vigueur, de la correspondance aux spécifications neuves de l'appareil ainsi qu'un certificat d'étalonnage. Le matériel reconditionné ne devra pas avoir été précédemment financé par un fond public européen.

La balance d'efforts devra posséder les caractéristiques suivantes pour s'adapter aux utilisations envisagées par l'ENSTA Bretagne :

1. La balance disposera d'un système de fixation des modèles à tester dans la veine aérodynamique ;
2. La balance disposera d'un système de fixation à la paroi ou au sol de la zone de test.

C. Description des caractéristiques métrologiques


Le système devra posséder les caractéristiques techniques suivantes :

1. Le système devra permettre la mesure des 6 composantes de l'effort : 3 forces F_x , F_y , F_z , et 3 moments M_x , M_y , M_z , en simultané.
2. L'étendue de mesure sera de 1 kN pour les forces et 200 N.m pour les moments.
3. Le système est prévu pour des mesures en absolu, avec une précision de mesure inférieure ou égale à 1% de la pleine échelle recommandée.
4. Le système doit être calibré, avec fourniture du certificat de calibration. L'étalonnage sera réalisé sur 10 points.
5. La matrice de découplage intervoies sera fournie.
6. La fourniture, pour les efforts/moments, de la gamme maximale recommandée en utilisation, sera fournie. De même, la marge supplémentaire de mesure, et la marge supplémentaire jusqu'à la casse du matériel, seront fournies.
7. Un module de conditionnement pour pont de jauges, avec le nombre de voies requis pour une mesure en simultané des 6 composantes sera prévu. Une transmission Ethernet ou WiFi sera également présente.
8. Le câblage d'alimentation, d'une longueur supérieure ou égale à 3 mètres, sera fourni.
9. Le câblage des différents éléments devra présenter une longueur suffisante, supérieure ou égale à 3 mètres, jusqu'au branchement à l'ordinateur d'acquisition.

D. Considérations environnementales

Le candidat devra détailler son engagement pour l'environnement selon au minimum les critères sous-cités. Tout autre élément jugé pertinent par le fournisseur pourra être détaillé dans l'offre.

- Durée de vie des matériels :
 - Durée de vie estimée de l'équipement ;
 - Durée de disponibilité des pièces détachées ;

	CCTP 2024-0021	
	VEINE AERODYNAMIQUE	PAGE 15/17

- Durée de vie des principaux composants ;
- Durée d'indisponibilité de l'équipement en cas de panne ;
- Evolutivité de la solution proposée ;
- Eco-responsabilité :
 - Gestion des déchets lors de l'installation :
 - Limitation des déchets à la livraison ;
 - Tri et évacuation des déchets à l'installation ;
- Réduction de l'impact carbone :
 - Localisation du SAV ;
 - Impact du transport à la livraison :
 - Type de transport ;
 - Provenance de l'équipement ;
 - Masse de l'équipement ;
- Labels environnementaux.

E. Garantie

Une garantie d'au moins 2 ans, pièces, main d'œuvre et transport, est attendue.

F. Documentation

Le titulaire fournira une documentation complète de l'équipement, en français et/ou en anglais, sur support papier et numérique.

G. Evaluation des offres

Afin de choisir le fournisseur, une note globale est calculée d'après une répartition sur quatre volets, à savoir :

- Un volet technique, comptant pour 60% de la note globale, apprécié sur la base de critères pondérés tels que décrits au paragraphe H. Les tableaux F1 et F2 sont à remplir par le candidat sur l'annexe au CCTP du Lot 02 en version Word.
- Un volet relatif à la proposition financière, comptant pour 30% de la note totale. La note de la proposition financière sera calculée de la sorte : $note = \frac{\text{offre moins disante}}{\text{offre étudiée}} * 30$
- Un volet relatif aux considérations environnementales, comptant pour 10% de la note globale, apprécié sur la base de critères pondérés tels que décrits en annexe 2.

La note finale sera la somme des notes techniques, financières et environnementales.

L'offre du fournisseur qui aura la meilleure note sur 100 sera proposée à la décision du Pouvoir Adjudicateur.

H. Critères techniques

Le tableau ci-dessous liste l'ensemble des exigences minimales. Toute réponse « Non » rend la proposition **non conforme**, l'offre ne sera pas notée et sera rejetée.

Tableau F1 : Exigences minimales à remplir (sans notation)		
La balance permet la mesure des 6 composantes d'effort Fx, Fy, Fz et de moment Mx, My, Mz	Oui	Non
Etendue pleine échelle 1 kN pour les efforts et 200 Nm pour les moments	Oui	Non

Les réponses aux exigences ci-dessous, en fonction des caractéristiques des produits proposés feront l'objet d'une notation dont la pondération est indiquée dans le tableau ci-après.

Tableau F2 : Critères techniques pondéré	Notation	coefficient
La précision en pleine échelle est inférieure ou égale à 1 %	Notation relative à la précision cible de 1% : $note = \frac{1\%}{précision} \text{ pt}$	30
Points de fixation des modèles à la balance	Nombre de points de fixation des modèles à la balance : – pas de point : 0. pt – Un ou plusieurs : 1 pt	20
Point(s) de fixation de la balance au bâti	Nombre de points de fixation de la balance au bâti : - pas de point : 0 pt - Un ou plusieurs : 1 pt	10
	Total :	/60

Considérations environnementales

Tableau F3 : Considérations environnementales *	Pondération
Durée de vie des matériels	4 points
Eco-responsabilité	3 points
Réduction de l'impact carbone	2 points
Labels environnementaux	1 point
Total :	/10

* La notation tiendra compte de tout écart significatif à la meilleure offre.

Les tableaux F1 et F2 doivent être complétés obligatoirement sur le cadre de réponses du Lot 2 joint au DCE en version Word.

Le tableau F3 sera évalué selon les documents transmis avec l'offre conformément au point D du présent lot.

V. Annexe 1 : Schéma descriptif de l'hexapode :

