ENSTA | INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES :

*Marché à lots*

# INSTRUMENTATION VEINE AERODYNAMIQUE

**Marché n° 20260005**

# Sommaire

1 Nature du projet ..... 3
1.1 Objet ..... 3
1.2 Contexte ..... 3
1.2.1 L'ENSTA ..... 3
1.2.2 Le service « prescripteur » ..... 3
2 Description du projet ..... 3
2.1 Objectifs ..... 3
2.2 Description générale de la veine aérodynamique et de ses composants ..... 4
3 Lot 1 : Fourniture d'un système d'acquisition multifonction ..... 5
3.1 Objectifs ..... 5
3.2 Description des caractéristiques minimales ..... 5
3.3 Description de la prestation ..... 5
3.3.1 Caractéristiques générales et techniques ..... 5
3.3.2 Prestations supplémentaires éventuelles facultatives (à chiffrer facultativement) 6
3.3.3 Garantie ..... 6
3.3.4 Livraison, installation et service après-vente ..... 6
3.4 Critères techniques ..... 6
4 Lot 2 : Fourniture d'une motorisation d'entraînement d'hélice ..... 7
4.1 Objectifs ..... 7
4.2 Description des caractéristiques générales ..... 7
4.3 Description des caractéristiques métrologiques ..... 7
4.4 Garantie ..... 7
4.5 Critères techniques ..... 8
5 Lot 3 : Fourniture balance poussée hélice + couple-mètre dynamique ..... 8
5.1 Objectifs ..... 8
5.2 Description des caractéristiques générales ..... 8
5.3 Description des caractéristiques métrologiques ..... 9
5.4 Garantie ..... 9
5.5 Critères techniques ..... 10
6 Lot 4 : Fourniture d'un système hexapode ..... 10
6.1 Objectifs ..... 10
6.2 Description des caractéristiques générales ..... 10
6.3 Garantie ..... 11
6.4 Formation ..... 11
6.5 Critères techniques ..... 11

# 1 Nature du projet

## 1.1 Objet

Ce CCTP, Cahier des Clauses Techniques Particulières, a pour objet l'acquisition par l'ENSTA de l'instrumentation et des équipements associés à une veine aérodynamique, comportant 4 lots :

- Lot 1 : Fourniture d'un système d'acquisition multifonction
- Lot 2 : Fourniture d'une motorisation d'entraînement d'hélice
- Lot 3 : Fourniture balance poussée hélice + couple-mètre dynamique
- Lot 4 : Fourniture d'un système hexapode

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

## 1.2 Contexte

### 1.2.1 L'ENSTA

L'ENSTA (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.

### 1.2.2 Le service « prescripteur »

Le service prescripteur est le Pôle MECA de l'ENSTA, campus de Brest.

# 2 Description du projet

## 2.1 Objectifs

L'ENSTA veut renforcer ses capacités expérimentales dans le domaine de l'aérodynamique appliquée à l'ingénierie navale. A ce titre, elle a fait l'acquisition d'une veine fermée de mesure aérodynamique et souhaite se procurer l'instrumentation nécessaire à son exploitation, ainsi que des équipements spécifiques de mise en mouvement des corps étudiés. Cet équipement permettra à l'ENSTA 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.

## 2.2 Description générale de la veine aérodynamique et de ses composants

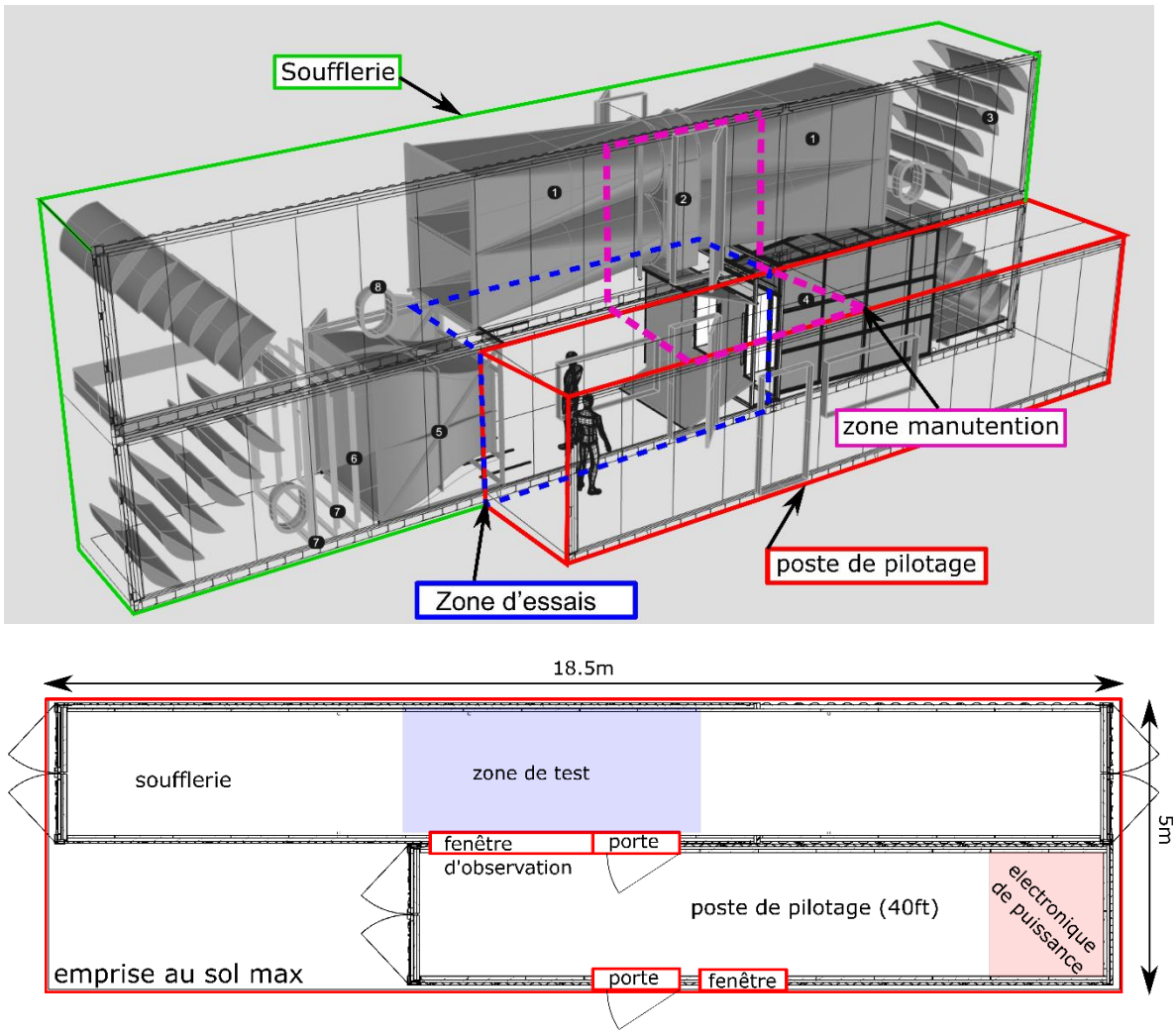



*Figure 1 : Vue 2D et 3D de la soufflerie et du poste de pilotage (configuration envisagée).*

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 est dite conteneurisée, c'est-à-dire qu'elle est 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 accueille l'électronique de puissance pour le contrôle des ventilateurs ainsi que les ordinateurs nécessaires à la réalisation des mesures. Cette zone est également un lieu de travail et de stockage.
- Une zone de manutention sur le toit du poste de pilotage.

# 3 Lot 1 : Fourniture d'un système d'acquisition multifonction

## 3.1 Objectifs

Ce lot porte sur la fourniture d'un système d'acquisition de données multifonction (DAQ).

## 3.2 Description des caractéristiques minimales

Le matériel pourra être fourni neuf ou reconditionné. Dans le cas d'un équipement reconditionné, le candidat devra transmettre obligatoirement lors du dépôt de son offre :
- Une preuve ou une attestation sur l'honneur que le matériel proposé n'a pas fait précédemment l'objet d'un financement public partiel ou total ;
- Traçabilité depuis l'achat originel : factures, fiches d'entretien et de réparation le cas échéant.

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.

## 3.3 Description de la prestation

### 3.3.1 Caractéristiques générales et techniques

Le matériel fourni devra posséder les caractéristiques suivantes :

1. Le système d'acquisition devra pouvoir être modulaire et permettre l'ajout de nouveaux modules de mesure en fonction des besoins futures d'évolution. L'ajout de nouveau module ne doit pas être restreint en nombre.
2. Le protocole de communication entre le DAQ et l'ordinateur de contrôle doit être de type Ethernet.
3. La synchronisation entre les modules sera idéalement de l'ordre de la micro seconde.
4. Le DAQ doit pouvoir être installé dans un tableau électrique à l'aide d'un rail DIN TS35 (norme EN 60715).
5. La solution proposée devra posséder les caractéristiques minimales en nombre de voix de mesures, de type de voix et de fréquence d'échantillonnage, tels que décrits dans le Tableau 1.
6. La connectique des différents modules devra se faire à l'aide de borniers dit « à ressorts ».
7. La connectique des différents modules devra pouvoir être protégée et sécurisée à l'aide de capots en matière isolante qui seront fournis avec le DAQ.
8. L'alimentation nécessaire au fonctionnement du DAQ et l'ensemble de ses modules devra être fournie. Cette alimentation doit pouvoir fonctionner avec une tension de 220V à 50Hz.
9. Afin de capitaliser sur les développements déjà réalisés au sein du laboratoire, le DAQ devra pouvoir être piloté à l'aide du package python nidaqmx.
10. Dans le cadre d'une approche éco-responsable et dans un souci de réutilisation de matériel déjà à disposition au sein du laboratoire, le DAQ devra idéalement être compatible avec les modules suivants : NI9401 (module entrées / sorties numériques), NI9209 (module d'entrée analogiques).

*Tableau 1*

| Caractéristiques minimales attendues | | |
|---|---|---|
| Type d'entrée / sortes | Nombre de voies | Fréquence échantillonnage minimum |
| Entrées analogiques - mesure de tension différentielle | 32 | 1kHz |
| Sorties analogiques | 8 | 1kHz |

#### 3.3.2 Prestations supplémentaires éventuelles facultatives (à chiffrer facultativement)

Extension du système permettant de disposer au total de 80 entrées analogiques à une fréquence minimale d'échantillonnage de 1 kHz par voie.

#### 3.3.3 Garantie

Une garantie minimale d'un an à compter de la réception sans réserve (pièces, main d'œuvre et transport. Les défauts de conformité et vices cachés sont couverts. Le titulaire assure la maintenance corrective pendant la période de garantie.

#### 3.3.4 Livraison, installation et service après-vente

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

### 3.4 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.

| **Exigences minimales à remplir (sans notation)** | |
|---|---|
| Le DAQ possède 32 voies analogiques de mesure de tension différentielle | Oui Non |
| Le DAQ possède 8 sorties analogiques | Oui Non |
| Le protocole de communication entre le DAQ est de type Ethernet | Oui Non |
| La connectique des différentes voies d'entrée/sortie se fait par bornier à ressorts | Oui Non |
| Le DAQ peut être piloté à l'aide du package python nidaqmx | Oui Non |
| Le matériel peut fonctionner avec une tension de 220V à 50Hz | 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.

# 4 Lot 2 : Fourniture d'une motorisation d'entraînement d'hélice

## 4.1 Objectifs

Ce lot concerne la fourniture d'un système de motorisation électrique, afin d'entraîner une hélice à différents régimes (vitesse de rotation).

## 4.2 Description des caractéristiques générales

Le matériel pourra être fourni neuf ou reconditionné. Dans le cas d'un équipement reconditionné, le candidat devra transmettre obligatoirement lors du dépôt de son offre :
- Une preuve ou une attestation sur l'honneur que le matériel proposé n'a pas fait précédemment l'objet d'un financement public partiel ou total ;
- Traçabilité depuis l'achat originel : factures, fiches d'entretien et de réparation le cas échéant.

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 système d'entraînement devra posséder les caractéristiques suivantes pour s'adapter aux utilisations envisagées par l'ENSTA :

1. Moteur électrique de type brushless, pour l'entraînement pour des hélices d'un diamètre de 35cm, vitesse de rotation jusqu'à 6000 tours/minute, couple nominal de l'ordre de 13.5 Nm, puissance de 2.9 kW environ ;
2. Variateur de vitesse à accoupler au moteur d'entraînement, afin de faire varier la puissance délivrée au propulseur.
3. L'alimentation du variateur peut être en tri ou monophasé.

## 4.3 Description des caractéristiques métrologiques

Le système devra posséder les caractéristiques techniques suivantes :

1. Le moteur électrique devra pouvoir fonctionner en continu, à une vitesse de rotation maximale de 6000 tours/minute.
2. Le moteur électrique devra pouvoir développer un couple nominal constant admissible de 13.5 Nm.
3. La puissance nominale du moteur électrique doit être au minimum de 2.9 kW.
4. Le variateur de vitesse doit permettre une utilisation en boucle ouverte ou boucle fermée du moteur.
5. Le variateur de puissance disposera des entrée nécessaires (analogique ou numérique) pour piloter la vitesse de rotation.
6. Le câblage d'alimentation du moteur, d'une longueur supérieure ou égale à 3 mètres, sera fourni.

## 4.4 Garantie

Une garantie minimale d'un an à compter de la réception sans réserve (pièces, main d'œuvre et transport. Les défauts de conformité et vices cachés sont couverts. Le titulaire assure la maintenance corrective pendant la période de garantie.

### 4.5 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.

| **Exigences minimales à remplir (sans notation)** | |
|---|---|
| Le moteur électrique peut fonctionner en continu à une vitesse de rotation de 6000 tours/minute au max. | Oui Non |
| Le moteur électrique est de type brushless. | Oui Non |
| A minima, le moteur électrique peut développer un couple constant admissible de 13.5 Nm. | Oui Non |
| Le variateur de puissance dispose des entrées nécessaires (analogique ou numérique) pour piloter la vitesse de rotation. | Oui Non |
| La puissance du moteur est de 2.9 kW au minimum. | Oui Non |

## 5 Lot 3 : Fourniture balance poussée hélice + couple-mètre dynamique

### 5.1 Objectifs

Ce lot concerne la fourniture de l'instrumentation de mesure des efforts sur un propulseur : une balance de mesure 6 composantes et un couple-mètre dynamique, avec chaînes complètes de mesure allant des capteurs, jusqu'au branchement à un ordinateur, en passant par l'amplification éventuelle.

### 5.2 Description des caractéristiques générales

Le matériel pourra être fourni neuf ou reconditionné. Dans le cas d'un équipement reconditionné, le candidat devra transmettre obligatoirement lors du dépôt de son offre :
- Une preuve ou une attestation sur l'honneur que le matériel proposé n'a pas fait précédemment l'objet d'un financement public partiel ou total ;
- Traçabilité depuis l'achat originel : factures, fiches d'entretien et de réparation le cas échéant.

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.

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

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.

Le couple-mètre dynamique devra posséder les caractéristiques suivantes :

1. Le couple-mètre permettra la mesure du couple sur un arbre en rotation ;
2. Le couple-mètre permettra la mesure de la vitesse de rotation.

### 5.3 Description des caractéristiques métrologiques

Le système de balance devra posséder les caractéristiques techniques suivantes :

1. Le système devra permettre la mesure des 6 composantes de l'effort : 3 forces Fx, Fy, Fz, et 3 moments Mx, My, Mz, en simultané.
2. L'étendue de mesure sera de 100 N pour les forces et 10 N.m pour les moments.
3. Le système est prévu pour des mesures en absolu, avec une précision de mesure inférieure ou égale à 0.2% 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, 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.
8. La communication entre le module de conditionnement et l'ordinateur utilisé pour l'acquisition se fera à l'aide d'un câble Ethernet.
9. Le câblage d'alimentation, d'une longueur supérieure ou égale à 3 mètres, sera fourni.
10. Le câblage des différents éléments devra présenter une longueur suffisante, supérieure ou égale à 3 mètres, jusqu'au branchement à l'ordinateur d'acquisition.

Le système de couple-mètre devra posséder les caractéristiques techniques suivantes :

11. Le couple-mètre permettra la mesure du couple dans la gamme 0-5 Nm
12. Le couple-mètre devra accepter une vitesse de rotation maximale de 19000 tours/minute.
13. Le système est prévu pour des mesures en absolu, avec une précision de mesure inférieure ou égale à 0.1% de la pleine échelle recommandée.
14. Le système doit être calibré, avec fourniture du certificat de calibration.
15. Un module de conditionnement du signal sera prévu.
16. Le module de conditionnement disposera d'une sortie analogie et / ou numérique permettant la lecture du couple mesuré.
17. Le câblage d'alimentation, d'une longueur supérieure ou égale à 3 mètres, sera fourni, ainsi que l'éventuel système d'alimentation.
18. L'arbre de transmission sera lisse et d'un diamètre permettant un accouplement à l'aide de pièces métriques standards.
19. Idéalement, la solution proposée permet également de mesurer la vitesse de rotation de l'arbre.

### 5.4 Garantie

Une garantie minimale d'un an à compter de la réception sans réserve (pièces, main d'œuvre et transport. Les défauts de conformité et vices cachés sont couverts. Le titulaire assure la maintenance corrective pendant la période de garantie.

### 5.5 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.

| **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 |
| La balance permet une mesure pleine échelle de 100 N pour les efforts et 10 Nm pour les moments | Oui Non |
| La balance est prévue pour des mesures en absolu, avec une précision inférieure ou égale à 0.2% de la pleine échelle recommandée. | Oui Non |
| Le couple-mètre permet la mesure du couple dans la gamme +/- 5 Nm. | Oui Non |
| Le couple-mètre accepte une vitesse de rotation maximale de 19000 tours/minute. | Oui Non |
| Le couple mètre est prévu pour des mesures en absolu, avec une précision inférieure ou égale à 0.1% de la pleine échelle recommandée. | Oui Non |
| Les équipements sont certifiés CE. | Oui Non |

## 6 Lot 4 : Fourniture d'un système hexapode

### 6.1 Objectifs

Ce lot concerne la fourniture d'un système complet de type hexapode, avec baie électrique, ordinateur de contrôle équipé d'un logiciel de gestion des mouvements.

### 6.2 Description des caractéristiques générales

Le matériel pourra être fourni neuf ou reconditionné. Dans le cas d'un équipement reconditionné, le candidat devra transmettre obligatoirement lors du dépôt de son offre :
- Une preuve ou une attestation sur l'honneur que le matériel proposé n'a pas fait précédemment l'objet d'un financement public partiel ou total ;
- Traçabilité depuis l'achat originel : factures, fiches d'entretien et de réparation le cas échéant.

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.

L'hexapode devra présenter les caractéristiques suivantes pour s'adapter aux utilisations envisagées par l'ENSTA campus de Brest, et en particulier s'intégrer dans une fosse d'accueil :

3. La masse embarquée minimale est 100 kg ;
4. L'encombrement maximal au sol doit s'inscrire dans un cercle de diamètre 1200 mm ;
5. La hauteur en position centrée doit être de 1100 mm ±20 mm ;
6. Les translations dans le plan horizontal (Tx et Ty) devront présenter une course supérieure ou égale à ±250 mm, avec des vitesses jusqu'à ±1200mm/s et une accélération jusqu'à ±10m/s$^2$.
7. La translation dans le plan vertical (Tz) devra présenter une course supérieure ou égale à ±200 mm par rapport à la position centrée, avec une vitesse et une accélération respectivement égale au plus à ±640mm/s et ±10m/s$^2$.

8. Les rotations Rx, Ry et Rz, devront permettre une course de ±30° pour chacun des trois axes. Pour chacune des rotations, une vitesse angulaire maximale de ±135°/s est attendue, ainsi qu'une accélération angulaire maximale de ±2000°/s$^2$.
9. La baie électrique, d'une puissance maximale correspondant à une installation triphasée (400 V AC) d'intensité maximale 16A pour s'intégrer dans le circuit existant, sera fournie.
10. L'ensemble des équipements nécessaires à la mise en mouvement de l'hexapode sera fourni : moteurs électriques et variateurs de puissance, contrôleur d'axes.
11. Le câblage électrique et de communication entre les organes sera fourni, et permettra une installation distante de 7m au max.
12. Un ordinateur sera fourni, équipé d'un logiciel de contrôle de l'hexapode. Ce logiciel doit permettre a minima de gérer le positionnement du plateau de façon manuelle, de gérer des trajectoires préprogrammées ou fournies via un fichier texte. Les trajectoires préprogrammées attendues sont des mouvements simples sinusoïdaux suivant chaque degré de liberté, et des mouvements harmoniques.
13. Le logiciel doit permettre de valider une trajectoire, en assurant qu'elle est physiquement réalisable.
14. Le logiciel doit pouvoir indiquer l'état courant du matériel, avec les potentielles mises en défaut : état des actionneurs, variateurs, moteurs, contrôleurs d'axes, état de la communication et de la configuration de l'hexapode.
15. Différentes notices devront être fournies, avec en particulier le manuel d'installation et d'utilisation du système, les recommandations de maintenance, le schéma électrique et un plan d'ensemble.
16. Le manuel d'utilisation du logiciel devra être fourni.
17. Le système devra comporter un certificat de conformité de type CE.

### 6.3 Garantie

Une garantie minimale d'un an à compter de la réception sans réserve (pièces, main d'œuvre et transport. Les défauts de conformité et vices cachés sont couverts. Le titulaire assure la maintenance corrective pendant la période de garantie.

### 6.4 Formation

Formation d'utilisateurs sur le site (sécurité, fonctionnement, entretien et maintenance, utilisation du/des logiciel(s)), potentiellement 3 personnes.

### 6.5 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.

| **Exigences minimales à remplir (sans notation)** | |
|---|---|
| La masse embarquée minimale est 100 kg | Oui Non |
| L'encombrement maximal au sol doit s'inscrire dans un cercle de diamètre 1200 mm | Oui Non |
| La hauteur en position centrée doit être de 1100 mm ± 20 mm | Oui Non |
| Les translations dans le plan horizontal (Tx et Ty) devront présenter une course supérieure ou égale à ±250 mm | Oui Non |
| Les translations dans le plan horizontal (Tx et Ty) devront présenter une vitesse jusqu'à ±1200mm/s | Oui Non |

| | |
|---|---|
| Les translations dans le plan horizontal (Tx et Ty) devront présenter une accélération jusqu'à ±10m/s2. | Oui Non |
| Les rotations Rx, Ry et Rz devront permettre une course de ±30° pour chacun des trois axes. | Oui Non |
| Les rotations Rx, Ry et Rz devront permettre une vitesse angulaire maximale de ±135°/s. | Oui Non |
| Les rotations Rx, Ry et Rz devront permettre une accélération angulaire maximale de ±2000°/s2 | Oui Non |
| La puissance maximale est inférieure ou égale à celle correspondant à une installation triphasée (400 V AC) d'intensité maximale 16A. | Oui Non |
| Le logiciel de pilotage permet de jouer des trajectoires simples préenregistrées du type sinus et harmonique | Oui Non |
| Le logiciel de pilotage permet de jouer une trajectoire fournie par un fichier extérieur. | Oui Non |
| Le logiciel de pilotage permet de vérifier la faisabilité d'une trajectoire. | Oui Non |
| Le logiciel de pilotage fournit un retour sur l'état du système, et en particulier les défauts possibles. | Oui Non |
| Le câblage fourni permet une installation de l'hexapode à 7m maximum du poste de contrôle. | Oui Non |
| Le système est certifié CE | Oui Non |
| Pouvoir justifier au moins une référence sur l'utilisation d'un hexapode dans une soufflerie avec l'équivalent de 100kg de cas de charge | 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.