

## **BUREAU D'ENQUETES ET D'ANALYSES POUR LA SECURITE DE L'AVIATION CIVILE (BEA)**

---

Avis de marché publié :

- au BOAMP sous la référence 24-39743
- au JOUE sous la référence 206094-2024

### **Consultation n° TECH02/24**

Marché passé en vertu du code de la commande publique du 01 avril 2019

### **Programme fonctionnel (V1)**

#### Procédure de consultation

Dialogue compétitif : articles L 2124-4 et R 2124-5 du code de la commande publique du 01 avril 2019.

#### Forme du marché

Marché unique.

**Objet du marché : Fourniture d'un microscope électronique à balayage à effet de champ à pression variable avec un système d'analyse EDX pour le Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA).**

## Sommaire

<b>1</b>	<b>PRÉSENTATION DU BEA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CONTEXTE .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DÉFINITION DU BESOIN .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>LOT 1 : FOURNITURE D'UN MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE À EFFET DE CHAMP .....</b>	<b>4</b>
4.1	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE.....	4
4.2	LIVRAISON ET INSTALLATION ET MISE EN SERVICE .....	5
4.3	PRÉREQUIS D'INSTALLATION .....	6
4.4	FORMATION DES UTILISATEURS .....	6
<b>5</b>	<b>GARANTIE.....</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>MAINTENANCE .....</b>	<b>7</b>
6.1	MAINTENANCE CURATIVE : .....	7
6.2	MAINTENANCE PRÉVENTIVE.....	7
<b>7</b>	<b>LOT 2 : FOURNITURE D'UN SYSTÈME POUR LA SPECTROSCOPIE DE RAYONS X À DISPERSION D'ÉNERGIE (EDS: ENERGY DISPERSIVE X-RAY SPECTROSCOPY).....</b>	<b>7</b>
7.1	LIVRAISON ET INSTALLATION ET MISE EN SERVICE .....	8
7.2	PRÉREQUIS D'INSTALLATION .....	8
7.3	FORMATION DES UTILISATEURS .....	8
<b>8</b>	<b>GARANTIE.....</b>	<b>9</b>
<b>9</b>	<b>MAINTENANCE .....</b>	<b>9</b>
9.1	MAINTENANCE CURATIVE.....	9
9.2	MAINTENANCE PRÉVENTIVE.....	9

## **1 Présentation du BEA**

Le Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA) est l'autorité française chargée des enquêtes de sécurité relatives aux accidents ou aux incidents graves en aviation civile. La mission principale du BEA est de contribuer à l'amélioration de la sécurité aérienne au moyen de la publication de rapports et de recommandations de sécurité établis à la suite d'enquêtes et d'études sur les accidents et incidents aériens.

Chaque année, le BEA ouvre environ 150 enquêtes à la suite d'accidents ou d'incidents, en transport public et en aviation générale, survenus sur l'ensemble des départements et territoires français. Chaque année également, le BEA représente l'État français dans environ 250 nouvelles enquêtes dirigées par un État étranger. Il participe activement à ces enquêtes au titre de représentant de l'État de conception, de construction, d'immatriculation, ou d'exploitation des aéronefs. Il est observateur dans ces enquêtes lorsque l'accident a fait des victimes françaises.

L'ensemble des enquêteurs du BEA sont répartis au sein de deux départements : le département Investigations, en charge des enquêtes et de la rédaction des rapports, et le département Technique, en charge des examens techniques.

Au sein du département Technique, le pôle Structure-Équipements-Moteurs (PSEM) est en charge des examens sur site, des examens de systèmes et d'ensembles mécaniques et des examens de pièces endommagées. Ces examens ont pour objectif de déterminer les causes de leur défaillance et leur éventuelle implication dans l'accident : origine ou conséquence. Ils peuvent également permettre de recouvrir certaines informations sur la configuration de l'appareil au moment de l'accident.

Toujours au sein de ce département, le pôle Enregistreurs et systèmes avioniques (PESA) analyse les enregistreurs de paramètres, les enregistreurs vocaux, les données radar, les communications du contrôle aérien, les vidéos, les calculateurs GPS ou embarqués et les téléphones. Après un accident, les données contenues dans ces systèmes –lorsqu'elles sont récupérables- peuvent constituer une source précieuse de compréhension des causes de l'évènement.

## **2 Contexte**

Les éléments d'épave prélevés sur site sont acheminés dans les hangar, atelier et laboratoire du BEA afin d'y être observés et analysés. Ils peuvent être de nature et de taille très diverses : pièces ou ensembles mécaniques, équipements, instruments de bord, ampoules, fluides, débris, dépôts, mais aussi enregistreurs de vols, calculateurs, smartphones, tablettes, caméras, etc.

Le laboratoire du PSEM conduit des examens fractographiques, métallurgiques et réalise des contrôles matières (analyses chimiques et mesures de dureté) et dimensionnels. Il est actuellement équipé des moyens d'observation usuels : banc de prise de vues macroscopiques, loupe binoculaire, microscope optique inversé, microscope numérique à grande profondeur de champ et microscope électronique à balayage conventionnel à pression variable.

### 3 Définition du besoin

Le bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile travaille sur des pièces de nature diverses (métalliques, composites, conductrices, non conductrices) et de taille variable (du filament d'ampoule à la pièce moteur telle qu'un vilebrequin). Ces pièces ne sont parfois pas nettoyées avant introduction dans la chambre car les pollutions de surface sont souvent source d'indice (identification des produits de corrosion entre autres). Une utilisation future de l'appareil sera l'analyse de défaillance sur carte électronique.

Le BEA possède actuellement un microscope électronique à balayage conventionnel (filament de tungstène) à pression variable Zeiss MA025 couplé d'un EDS Oxford x-act SSD (10 mm<sup>2</sup>). Le BEA souhaite acquérir un microscope électronique à balayage à effet de champ en remplacement de son microscope actuel dans le but :

- D'améliorer la résolution des images (sources fines), en particulier pour l'observation de stries proche de la zone d'initiation (pour la mesure d'interstices) ;
- D'observer à très basse tension sans métallisation de surface,
- D'améliorer de la résolution analytique pour EDS

### 4 Lot 1 : Fourniture d'un microscope électronique à balayage à effet de champ

#### 4.1 Caractéristiques principales du microscope électronique à balayage

Lors du dialogue compétitif, le BEA présentera à chaque candidat quelques échantillons tests représentatifs de ses applications.

Le microscope électronique à balayage (MEB) devra être équipé d'un canon à électron avec une source dites à « émission de champ » (Field Émission Gun ou FEG). Il devra permettre de monter facilement à des grands grossissements de travail de l'ordre de x50 000, x100 000 (en vide poussé), tout en garantissant une bonne résolution de l'image.

Le MEB FEG devra également conserver des grossissements acceptables dans des conditions analytiques non optimales (grande distance de travail en particulier).

Le candidat devra préciser la résolution de son système à différentes valeurs de tension d'accélération et différentes valeurs de vide ainsi qu'un bref résumé de sa méthode de calcul de la résolution.

Le MEB FEG devra être fourni avec un certain nombre de détecteurs, a minima : un détecteur d'électrons secondaires et un détecteur d'électrons rétrodiffusés.

Le MEB FEG devra proposer un mode pression variable (ou pression contrôlée). Le passage entre le mode « pression variable » et le mode « vide poussé » devra se faire uniquement par réglage logiciel.

La chambre du MEB devra être de taille conséquente afin de pouvoir accueillir une grande variété d'échantillons possibles inhérentes au travail du BEA. Les dimensions

maximales ainsi que le poids maximum des échantillons admis par son système devront être précisés par le candidat.

Le MEB devra proposer une platine motorisée.

Le MEB devra proposer une ou plusieurs caméras qui permettent de visualiser l'échantillon dans la chambre et lors de son introduction dans la chambre.

Le candidat devra indiquer si la chambre doit ou peut être ventilée avec un gaz, en précisant quel(s) gaz(s).

Le candidat devra démontrer la possibilité d'acquérir des images de grandes tailles à haute résolution de manière automatique (panorama).

Le candidat devra proposer une solution de nettoyage de la chambre du MEB (plasma cleaner). Le candidat pourra aussi proposer en option une solution ex-situ pour un nettoyage direct de l'échantillon.

## **4.2 Livraison et installation et mise en service**

Le titulaire devra assurer le transport du moyen jusqu'au BEA, Aéroport du Bourget, 10 rue de Paris, Zone Sud, 93352 Le Bourget Cedex. Le titulaire devra assurer le déchargement, l'installation, la mise en service du moyen, ainsi que la formation des utilisateurs à son utilisation et à son entretien. L'assurance sera à la charge du titulaire pour le transport, le déchargement et l'installation du moyen. Le titulaire restera responsable du moyen jusqu'à la signature du PV de réception.

Le titulaire devra fournir toute la documentation en français (ou à défaut en anglais) et au format PDF.

La documentation devra comporter au minimum :

- Une notice d'installation,
- Une notice d'utilisation,
- Une notice de maintenance avec une nomenclature des pièces détachées,
- Une notice d'utilisation du ou des logiciels.

Le moyen sera installé dans une zone publique du BEA. Le titulaire devra s'engager, avant installation de l'équipement, à fournir l'ensemble des documents nécessaires à la demande d'autorisation ou à la déclaration auprès de l'ASN.

L'équipement devra donc être conforme à la réglementation en vigueur. À sa livraison, un rapport de conformité devra être transmis au BEA.

Le fournisseur devra fournir dans son appel d'offre la preuve écrite qu'il a pris en compte tous les éléments permettant l'installation du système dans nos locaux. Il ne pourra prétendre à aucun supplément pour l'installation et la mise en service du matériel. Le fournisseur ne pourra pas exiger de prise en charge financière supplémentaire non prévue nécessaire pour la bonne réalisation de sa prestation. Le matériel sera conforme aux normes en vigueur. Tous les contrôles réglementaires sont à la charge du candidat retenu.

#### **4.3 Prérequis d'installation**

L'offre décrira les prérequis pour l'installation (électricité, air comprimé, système de refroidissement, gaz pour ventilation de la chambre ...) De l'appareil. Le candidat devra intégrer dans son devis une mesure de l'environnement électromagnétique et vibratoire et être en mesure de proposer des solutions si nécessaire (compensateur de champ magnétique, isolation antivibratoire etc.)

#### **4.4 Formation des utilisateurs**

L'offre intégrera une formation sur le site du BEA au Bourget pour un maximum de (5) utilisateurs.

Le candidat devra présenter dans son offre son programme de formation, son contenu et sa méthodologie.

Cette formation se déroulera de préférence en deux temps :

- Le jour de l'installation du matériel ou les jours qui suivent l'installation ;
- Après un délai de prise en main du matériel d'au moins quatre (4) semaines par les utilisateurs.

### **5 Garantie**

Les conditions de garantie sont indiquées dans le CCAP n°02/24.

Une assistance téléphonique devra être assurée 5 jours sur 7 de 9h à 17h. Elle comprendra la réalisation d'un diagnostic, le dépannage à distance si possible sinon sur site, et un nombre illimité d'appels.

Le titulaire devra s'engager sur le temps d'intervention et de rétablissement de la fonctionnalité du matériel selon la gravité de l'événement :

- En cas d'indisponibilité totale du matériel, réponse et proposition d'un plan de remise en service sous 48h (5 jours sur 7 de 9h à 18h) pour une remise en service du matériel sous 5 jours,
- en cas de problème n'empêchant pas l'utilisation du matériel, remise en service sous 15 jours ouvrés.

Les délais courent à compter de la demande par courriel ou par téléphone du BEA.

## **6 Maintenance**

Le candidat devra brièvement détailler comment est constitué son équipe de maintenance (nombre de personnes, localisation).

### **6.1 Maintenance curative :**

Le candidat devra également fournir les éléments suivants relatifs aux opérations de maintenance curative :

- Les modalités d'assistance téléphonique : horaires, coût,
- Les délais de réponse et d'intervention,
- Les pièces détachées incluses dans la maintenance,
- Le coût horaire de la main d'œuvre,
- Le coût du déplacement.

En particulier, le candidat devra détailler le délai de réponse et d'intervention pour le changement d'une pointe et si celle-ci la fourniture de celle-ci est comprise dans le contrat de maintenance.

### **6.2 Maintenance préventive**

Le candidat devra indiquer dans son offre le coût de la maintenance préventive annuelle en détaillant :

- Le nombre de visites nécessaires et la fréquence des visites,
- Le détail des opérations réalisées lors de cette(ces) visite(s),
- Le coût annuel,
- La liste des consommables et/ou pièces détachées pris en charge,
- La liste des pièces détachées non prises en charge et leur coût,
- Les mises à jour et montées en version incluses relatives à la partie logicielle

## **7 Lot 2 : Fourniture d'un système pour la spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie (EDS: Energy dispersive X-ray spectroscopy)**

Le BEA possède actuellement un système d'analyse EDS Oxford Instruments (référence X-act, modèle ADD0020, fenêtre 10 mm<sup>2</sup>). Le candidat devra proposer une solution de remplacement du système de micro-analyse actuel qui diminuera de manière significative le temps d'acquisition des données tout en gardant une bonne résolution. Le système EDS proposé devra en particulier être adapté à être monté sur un microscope électronique à effet de champ. Si une incompatibilité existe entre le système EDS proposé et des modèles de microscope électronique à effet de champ des principaux fournisseurs de MEB FEG, le candidat devra le préciser en la détaillant, avec les noms des modèles (ou des marques) de microscope a minima.

Le système ne devra pas nécessiter l'utilisation d'azote pour son refroidissement

### **7.1 Livraison et installation et mise en service**

Le titulaire devra assurer le transport du moyen jusqu'au BEA, Aéroport du Bourget, 10 rue de Paris, Zone Sud, 93352 Le Bourget Cedex. Le titulaire devra assurer le déchargement, l'installation, la mise en service du moyen, ainsi que la formation des utilisateurs à son utilisation et à son entretien. L'assurance sera à la charge du titulaire pour le transport, le déchargement et l'installation du moyen. Le titulaire restera responsable du moyen jusqu'à la signature du PV de réception.

Le titulaire devra fournir toute la documentation en français (ou à défaut en anglais) et au format PDF.

La documentation devra comporter au minimum :

- Une notice d'installation ;
- Une notice d'utilisation ;
- Une notice de maintenance avec une nomenclature des pièces détachées ;
- Une notice d'utilisation du ou des logiciels.

L'équipement devra être conforme à la réglementation en vigueur. À sa livraison, un rapport de conformité devra être transmis au BEA.

Le fournisseur devra fournir dans son appel d'offre la preuve écrite qu'il a pris en compte tous les éléments permettant l'installation du système dans nos locaux. Il ne pourra prétendre à aucun supplément pour l'installation et la mise en service du matériel. Le fournisseur ne pourra pas exiger de prise en charge financière supplémentaire non prévue nécessaire pour la bonne réalisation de sa prestation. Le matériel sera conforme aux normes en vigueur. Tous les contrôles réglementaires sont à la charge du candidat retenu.

### **7.2 Prérequis d'installation**

L'offre décrira les prérequis pour l'installation de l'appareil : électricité, air comprimé, système de refroidissement, gaz pour ventilation de la chambre, etc. Le candidat devra intégrer dans son devis une mesure de l'environnement électromagnétique et vibratoire et être en mesure de proposer des solutions palliatives si nécessaire : compensateur de champ magnétique, isolation antivibratoire etc.

### **7.3 Formation des utilisateurs**

L'offre intégrera une formation sur le site du BEA au Bourget pour un maximum de 5 utilisateurs.

Le candidat devra présenter dans son offre son programme de formation, son contenu et sa méthodologie.

Cette formation se déroulera de préférence en deux temps :

- Le jour de l'installation du matériel ou les jours qui suivent l'installation ;
- Après un délai de prise en main du matériel d'au moins 4 semaines par les utilisateurs.



## **8 Garantie**

Les conditions de garantie sont indiquées dans le CCAP n°02-24.

Une assistance téléphonique devra être assurée 5 jours sur 7 de 9h à 17h. Elle comprendra la réalisation d'un diagnostic, le dépannage à distance si possible sinon sur site, et un nombre illimité d'appels.

Le titulaire devra s'engager sur le temps d'intervention et de rétablissement de la fonctionnalité du matériel selon la gravité de l'événement :

En cas d'indisponibilité totale du matériel, réponse et proposition d'un plan de remise en service sous 48h (5 jours sur 7 de 9h à 17h) pour une remise en service du matériel sous 5 jours ;

En cas de problème n'empêchant pas l'utilisation du matériel, remise en service sous 15 jours ouvrés.

Les délais courent à compter de la demande par courriel ou par téléphone du BEA.

## **9 Maintenance**

Le candidat devra brièvement détailler comment est constituée son équipe de maintenance (nombre de personnes, localisation).

### **9.1 Maintenance curative**

Le candidat devra également fournir les éléments suivants relatifs aux opérations de maintenance curative :

- Les modalités d'assistance téléphonique : horaires, coût ;
- Les délais de réponse et d'intervention ;
- Les pièces détachées incluses dans la maintenance ;
- Le coût horaire de la main d'œuvre ;
- Le coût du déplacement.

En particulier, le candidat devra détailler le délai de réponse et d'intervention pour le changement d'une pointe et si celle-ci la fourniture de celle-ci est comprise dans le contrat de maintenance.

### **9.2 Maintenance préventive**

Le candidat devra indiquer dans son offre le coût de la maintenance préventive annuelle en détaillant :

- Le nombre de visites nécessaires et la fréquence des visites ;
- Le détail des opérations réalisées lors de cette(ces) visite(s) ;
- Le coût annuel ;
- La liste des consommables et/ou pièces détachées pris en charge ;
- La liste des pièces détachées non prises en charge et leur coût ;
- Les mises à jour et montées en version incluses relatives à la partie logicielle.