



CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

MARCHÉ DE FOURNITURES COURANTES ET DE SERVICES

**Acquisition d'une plateforme de nanoindentation
rapide pour cartographies de propriétés mécaniques
locales**

Institut polytechnique de Grenoble

DAFA / Service Achats

46 avenue Félix Viallet

38031 GRENOBLE Cedex 1

Pour le laboratoire SIMaP-GPM2

SOMMAIRE

1. OBJET DE LA CONSULTATION	3
2. CONTEXTE	3
3. SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES ATTENDUES	3
3.1 OFFRE DE BASE : ACQUISITION D'UNE PLATEFORME DE NANOINDENTATION RAPIDE POUR CARTOGRAPHIES DE PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES LOCALES.....	4
3.1.1 Caractéristiques matérielles	4
3.1.2 Caractéristiques techniques hardware et logicielles.....	4
3.1.3 Modes de Pilotage	5
3.1.4 Extraction des données	5
3.2 PSE OBLIGATOIRE N°1 : ACQUISITION D'UN MODULE EN TEMPÉRATURE	5
3.3 PSE OBLIGATOIRE N°2 : ACQUISITION D'UN INDENTEUR SPHÉROCONIQUE.....	6
3.4 PSE OBLIGATOIRE N°3 : EXTENSION DE GARANTIE DE 12 MOIS	6
3.5 PSE OBLIGATOIRE N°4 : EXTENSION DE GARANTIE DE 24 MOIS	6
4. LIVRAISON	6
4.1 LIEU DE LIVRAISON	6
4.2 JOURS ET HORAIRES DE LIVRAISON	6
5. INSTALLATION ET MISE EN SERVICE	7
6. DOCUMENTATION	7
7. FORMATION.....	7
8. GARANTIE	7
8.1 OFFRE DE BASE	7
8.2 PSE OBLIGATOIRES	8
9. SUPPORT TECHNIQUE	8
9.1 DISPOSITIONS GÉNÉRALES	8
9.2 TÉLÉASSISTANCE	8
10. SPÉCIFICATIONS ENVIRONNEMENTALES	8
10.1 INDICE DE RÉPARABILITÉ	9
10.2 TRANSPORT	9
10.3 GESTION DES EMBALLAGES.....	9
10.4 GESTION DES DÉCHETS	10

1. Objet de la consultation

L'objet de la présente consultation concerne l'acquisition d'une plateforme de caractérisation mécanique par nanoindentation permettant de réaliser des cartographies rapides des propriétés mécaniques locales telles que la dureté ou le module d'Young.

Le périmètre est le suivant :

Offre globale	Offre de base	Acquisition d'une plateforme de nanoindentation rapide pour cartographies de propriétés mécaniques locales
	PSE obligatoire n°1	Acquisition d'un module en température
	PSE obligatoire n°2	Acquisition d'un Indenteur sphéroconique
	PSE obligatoire n°3	Extension de garantie de 12 mois
	PSE obligatoire n°4	Extension de garantie de 24 mois

PSE pour Prestation supplémentaire éventuelle

2. Contexte

La présente consultation a pour objet l'acquisition d'une plateforme de nanoindentation rapide pour cartographier les propriétés mécaniques locales de matériaux.

La plateforme est installée au laboratoire SIMaP dans la salle PF05 du bâtiment ECOMARCH. Elle complète la plateforme existante et acquise en 2007 qui permet de réaliser des essais d'indentation conventionnels ainsi que des essais de rayures, mais qui ne permet pas de réaliser des cartographies de propriétés.

Des cartographies de nanoindentations associées à des imageries par microscopie électronique à balayage (MEB), des mesures d'orientation par électrons rétro-diffusés (EBSD) et des mesures chimiques par spectroscopie aux rayons X à dispersion d'énergie (EDS) déjà disponibles au sein du CMTC forment un ensemble cohérent d'outils de caractérisations locales qui ouvre la voix vers des analyses corrélatives avancées.

3. Spécifications techniques attendues

Toutes les spécifications techniques du présent article sont impérativement requises et vérifiées lors de la phase « vérifications approfondies » avant l'admission (cf. article 13.2 du CCAP).

3.1 Offre de base : Acquisition d'une plateforme de nanoindentation rapide pour cartographies de propriétés mécaniques locales

3.1.1 Caractéristiques matérielles

La plateforme est entièrement fonctionnelle sans besoin d'accessoires supplémentaires (dispositif « *stand alone* »). Une table anti-vibration est comprise dans l'offre de base.

La configuration comporte au minimum un indenteur Berkovich en diamant calibré.

Plusieurs objectifs sont fournis dans l'offre incluant nécessairement les trois grossissements suivants : x5 x50 et x100.

La puissance électrique nécessaire ainsi que la tension d'alimentation sont spécifiées dans le cadre de réponse technique.

3.1.2 Caractéristiques techniques hardware et logicielles

- a) La plateforme est capable de réaliser des matrices d'indentations instrumentées d'au moins 100x100 indentations en une seule acquisition.
- b) L'appareil réalise des cartographies hautes résolution couvrant des zones de taille 300µmx300µm.
- c) En mode cartographie rapide, le dispositif peut réaliser une carte de 50x50 indentations en moins de 3h.
- d) Pour un essai en mode quasi-statique de 2 minutes, la machine assure une correction de la dérive thermique conduisant à moins de 0,01nm/s.
- e) En haute résolution, la précision spatiale en positionnement XY est suffisante pour assurer la réalisation de grilles régulières avec un pas de 500 nm ± 10 nanomètres.
- f) L'appareil peut accueillir des échantillons cylindriques de tailles pouvant aller jusqu'à des diamètres de 25mm et des épaisseurs de 3mm.
- g) La plateforme dispose d'un système de mise au point optique pour viser la zone à cartographier avec une précision de positionnement de ±5µm.
- h) La force maximale est au minimum de 100mN avec un bruit de fond inférieur à 0,1µN mesuré par l'écart type du bruit échantillonné à 10Hz pendant 60s.
- i) La pénétration maximale est au minimum de 20µm avec un bruit de fond inférieur à 0,1nm mesuré sur l'écart type du bruit échantillonné à 10Hz pendant 60s.
- j) Le dispositif propose un mode dynamique de mesures continues des grandeurs au cours de la pénétration de l'indenteur Berkovich (mode CSM).

k) La fréquence exploitable du mode CSM est supérieure à 50Hz.

l) La fréquence d'acquisition des données enregistrées est supérieure à 50kHz.

3.1.3 Modes de Pilotage

La machine est capable de réaliser des essais d'indentation Berkovich à vitesse de déformation imposée pour des gammes allant de 10^{-3} s^{-1} à 100 s^{-1} .

Les modes de chargement disponibles incluent un mode en force imposée, un mode en déplacement imposé et un mode utilisateur combinant des séquences des deux modes précédents.

Le contrôle de fin d'essai peut être choisi en force ou en déplacement maximum.

La raideur machine est une valeur importante que le soumissionnaire renseigne dans son cadre de réponse technique en précisant la raideur liée à la tête de mesure et celle liée à la plateforme.

3.1.4 Extraction des données

Pour chaque essai, on accède aux signaux bruts de Force et de Déplacement et ces données sont exportées dans un format CSV exploitable par un tableur.

Le logiciel de traitement des fichiers bruts de la machine peut être installé sur le poste de tout utilisateur avec un nombre illimité de licences.

Les mises à jour du logiciel sont assurées pendant la durée de garantie de la machine, voire de l'éventuelle extension de garantie (PSE obligatoire n°3 ou PSE obligatoire n°4).

3.2 PSE obligatoire n°1 : Acquisition d'un module en température

Le soumissionnaire doit proposer dans le cadre de réponse technique une prestation supplémentaire éventuelle (PSE) consistant en une solution technique pour ouvrir les capacités de la machine à des essais en température jusqu'à 400°C.

Le candidat détaille le système de chauffage mis en place pour l'échantillon, ainsi que pour la pièce.

Il précise s'il propose une solution pour limiter l'oxydation (ex. gaz neutre).

Le candidat présente la PSE n°1 dans le cadre de réponse technique pour la réponse à l'offre de base et la chiffre dans le cadre de réponse financier.

L'acheteur indique au titulaire au moment de la notification du marché s'il entend retenir la PSE qu'il propose pour l'acquisition du module en température.

3.3 PSE obligatoire n°2 : Acquisition d'un indenteur sphéroconique

Le soumissionnaire doit proposer dans le cadre de réponse technique une prestation supplémentaire éventuelle (PSE) correspondant à un indenteur sphéroconique de rayon 2µm et d'angle 90°.

3.4 PSE obligatoire n°3 : Extension de garantie de 12 mois

Le soumissionnaire doit proposer dans le cadre de réponse financier une prestation supplémentaire éventuelle (PSE) ayant pour objet une extension de garantie d'une durée ferme de 12 mois qui est identique à la garantie de l'offre de base et qui démarre à l'issue de la période de garantie initiale de 24 mois.

3.5 PSE obligatoire n°4 : Extension de garantie de 24 mois

Le soumissionnaire doit proposer dans le cadre de réponse financier une prestation supplémentaire éventuelle (PSE) ayant pour objet une extension de garantie d'une durée ferme de 24 mois qui est identique à la garantie de l'offre de base et qui démarre à l'issue de la période de garantie initiale de 24 mois.

4. Livraison

À compter de la notification du marché, le délai de livraison maximal est de 6 **mois**.

Les livraisons partielles sont possibles ; la dernière livraison partielle déclenche le paiement du 1^{er} acompte (cf. art. 10.1 du CCAP).

4.1 Lieu de livraison

Batiment ECOMARCH
1130 Rue de la Piscine
38402 St Martin d'Hères

Le local est situé au rez-de-chaussée, accessible aux poids-lourds.

4.2 Jours et horaires de livraison

Avant toute livraison, le titulaire contacte obligatoirement le responsable technique au moins une semaine à l'avance par courriel.

La livraison se fait les jours ouvrés, de 9h à 12h et de 13h30 à 17h, en-dehors des périodes de fermeture du site.

Le nom et les coordonnées du responsable technique sont communiqués au titulaire lors de la notification du marché.

Le transport des fournitures, leur déchargement et leur manutention jusqu'au local de destination sont à la charge du titulaire. Ainsi, la livraison ne s'arrête pas à l'entrée du site et

le titulaire doit également s'assurer des conditions de livraison et de déplacement du matériel depuis l'entrée du site jusque dans le local de destination.

Toute livraison donne lieu à l'établissement d'un bon de livraison daté et signé.

5. Installation et mise en service

L'installation et la mise en service sont assurées par le titulaire dans **un délai maximum de 15 jours ouvrés** à compter de la date de la livraison.

Lors de la mise en service, des tests simples sont réalisés :

- Essais sur un matériau de référence (silice fondue ou Cuivre) fourni par le titulaire pour tester la reproductibilité des résultats (100 essais).
- Cartographie de 50x50 essais avec un pas de 500nm sur un matériau fourni par SIMaP (Alliage d'aluminium ou acier inoxydable).

6. Documentation

Une documentation de l'équipement proposé pour l'offre de base « XX » et une documentation de la PSE n°1 « module de température ») sont fournies (format numérique ou papier) en langue **française** ou **anglaise**, au moment de la livraison.

7. Formation

La formation des utilisateurs, incluse dans l'offre globale se fait sur site, impérativement en présentiel et sur la machine installée.

Le candidat précise les modalités de l'organisation de la formation dans le cadre de réponse technique.

La formation est effectuée dans **un délai maximum de 7 jours ouvrés** à compter de la mise en service.

8. Garantie

8.1 Offre de base

Une **garantie de 24 mois minimum** à compter de l'admission est incluse.

Au titre de la garantie, le titulaire assure la disponibilité d'un interlocuteur pour répondre aux éventuelles difficultés et problèmes rencontrés lors de l'utilisation du matériel.

Les modalités de garanties sont celles visées à l'article 33 du CCAG-FCS. Cependant, le candidat précise ce qui est inclus et exclu dans le cadre de réponse technique. Il indique également la durée de vie moyenne du matériel.

La garantie de base peut être proposée avec une durée supérieure à 24 mois par le soumissionnaire s'il le souhaite.

8.2 PSE obligatoires

Les modalités de garanties sont celles visées à l'article 33 du CCAG-FCS

Le module de température et l'indenteur sphéroconique ont chacun une garantie d'une durée minimale de 12 mois. Le candidat peut proposer une garantie d'une durée supérieure s'il le souhaite.

9. Support technique

9.1 Dispositions générales

Le candidat développe, dans le cadre de réponse technique, l'ensemble des modalités de son offre en matière de support technique. Le support technique est assuré pendant et après la période de garantie.

Le soumissionnaire précise dans son cadre de réponse technique les modalités d'organisation du support technique, notamment les différents délais d'intervention, le niveau d'expertise du personnel, les conditions de mise à jour des logiciels.

9.2 Téléassistance

Le service de support technique proposé par le titulaire comprenant *a minima* la mise à disposition d'une téléassistance accessible avec un numéro de téléphone non-surtaxé.

Les attendus pour la téléassistance sont les suivants :

- estimer à distance (mail, visio ou téléphone) si le déplacement d'un technicien est nécessaire (garantie et support technique post-garantie) ;
- si le déplacement d'un technicien n'est pas retenu, alors le support propose une procédure de remise en état ; cette dernière est assurée par l'acheteur ; sous la supervision du support technique des consignes de remise en état jusqu'à la validation de la remise en état (garantie et support technique post-garantie) ;
- si un déplacement est retenu, le titulaire établit un devis qu'il soumet à l'acheteur (support technique post-garantie).

Le candidat propose dans le cadre de mémoire technique des scénarios de prise en charge pour la téléassistance à partir de deux cas pratiques : panne logicielle et panne hardware. Le nombre de scénarios n'est pas limité.

10. Spécifications environnementales

Afin de répondre aux préoccupations environnementales de Grenoble INP-UGA, certaines spécifications en lien direct avec l'objet du marché doivent être respectées. Ces spécifications sont relatives à la réparabilité de l'équipement, au transport des fournitures et à la gestion des déchets.

10.1 Indice de réparabilité

Le titulaire développe dans le cadre de réponse technique le ou les indice(s) de réparabilité des fournitures objet du marché (offre de base, PSE 1, PSE 2) quand ils existent.

À défaut d'indices de réparabilité existants, le titulaire développe dans le cadre de réponse technique, l'équivalent d'un indice de réparabilité pour les fournitures objet du marché (offre de base, PSE 1, PSE 2), à savoir la présentation d'éléments démontrant la réparabilité du produit tenant par exemple compte des éléments suivants :

- un coût de réparation raisonnable et proportionné : cela comprend le coût du service de réparation mais également le prix des pièces détachées, le prix des outils et le prix d'accès à la documentation technique ;
- la démontabilité des pièces détachées nécessaires au bon fonctionnement du produit : les pièces sont démontables et remontables en un nombre d'étapes raisonnable et proportionné. Les fixations concernées sont amovibles et réutilisables ou, lorsqu'elles ne sont pas réutilisables, a minima accessibles à l'achat ;
- durée pour remplacer les pièces détachées usagées, pour assurer la maintenance du système, pour fournir les consommables correspondants (conformément au cadre européen).

10.2 Transport

Le titulaire décrit les moyens de transport utilisés pour livrer les fournitures ou assurer les prestations liées à la garantie ou au support technique, en précisant notamment ce qui permet d'en réduire l'impact carbone.

Il indique ce sur quoi il s'engage dans le cadre de ce marché pour réduire le bilan carbone du transport pour livrer les fournitures ou assurer les prestations liées à la garantie ou au support technique.

10.3 Gestion des emballages

Le candidat limite le nombre d'emballages, dans la limite de ce qui est possible pour assurer un transport sécurisé des fournitures.

Il privilégie les emballages en matériaux recyclés.

Il précise, dans la mesure du possible, dans le cadre de réponse technique, la proportion d'emballages recyclables ayant servi pour la plateforme de nanoindentation, objet de ce marché.

À la suite de la livraison et de l'installation de l'équipement, le candidat reprend l'ensemble des emballages.

10.4 Gestion des déchets

Le titulaire décrit le traitement des déchets liés à la fabrication et au transport des matériels objet de ce marché, notamment la gestion et le recyclage des déchets des équipements électriques et électroniques (DEEE) conformément au cadre européen.

Il indique ce sur quoi il s'engage dans le cadre de ce marché pour réduire les impacts écologiques négatifs en matière de gestion des déchets.