

Acquisition d'un Système de  
profilométrie 3D et d'un Microscope  
Electronique à balayage pour le  
laboratoire Gabriel LaMé de  
l'Université de Tours :

Lot 1 : Système de profilométrie 3D optique pour l'analyse  
surfactive, de texture et dimensionnelle d'objets poreux et lisses

Lot 2 : Microscope Electronique à balayage avec canon  
conventionnel

**Cahier des clauses techniques particulières (CCTP)**

# SOMMAIRE

1. OBJET DE LA PRESTATION.....	2
2. CONTEXTE DES PRESTATIONS.....	3
3. CONDITIONS DE RÉALISATION DES PRESTATIONS .....	4
4. DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS ATTENDUS .....	4
5. GARANTIE ET SERVICE APRES-VENTE .....	9

*Sélectionner le sommaire, appuyer sur la touche F9 (ou Fn+F9) pour mettre à jour la numérotation des pages.*

## 1. OBJET DE LA PRESTATION

### ■ Objet de la prestation :

Le contrat porte sur les prestations suivantes :

Lot 1 : Achat d'un système de profilométrie 3D optique pour l'analyse surfacique, de texture et dimensionnelle d'objets poreux et lisses

Lot n°2 : Achat d'un microscope électronique à balayage avec canon conventionnel. Ce matériel permettra, à minima, de faire des observations sur différents types et classes de matériaux, sur des échantillons de différentes dimensions, ainsi que des analyses de compositions chimiques. Les spécificités sont données dans les « spécifications techniques ».

Chaque lot du présent marché comporte les prestations suivantes :

- l'acquisition
- la livraison
- l'installation
- la mise en service et les tests associés
- La fourniture et l'installation des logiciels nécessaires, et les tests associés
- la garantie
- la formation (des utilisateurs)

Les entreprises devront réaliser l'ensemble des installations et premiers tests portant sur :

- le bon fonctionnement de l'ensemble fourni
- la mise en route et l'extinction de l'ensemble fourni
- la réalisation d'observations/analyses sur échantillons types
- la calibration sur des échantillons et mire de référence

### ■ Lieu d'exécution :

Le lieu d'exécution des prestations :

Lot n°1 :

Polytech Tours, Laboratoire Gabriel LaMé  
7 avenue Marcel Dassault, 37200, Tours, France

Lot n°2 :

Polytech Tours, Laboratoire Gabriel LaMé  
64 avenue Jean Portalis, 37200, Tours, France

Livraison possible **à partir de septembre 2026** pour le lot 2.

#### ■ Intervenants :

Les prestations sont réalisées pour le compte de l'acheteur **Université de Tours**, Etablissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel, représenté par son Président.

#### Adresse et coordonnées :

Université de Tours  
60 rue du Plat D'Etain - BP 12050  
37020 Tours Cedex 1

Téléphone : 02 47 36 66 58  
Courriel : [commande-publique@univ-tours.fr](mailto:commande-publique@univ-tours.fr)  
Site internet : [www.univ-tours.fr](http://www.univ-tours.fr)

#### ■ Structure et forme du contrat

La forme retenue pour l'exécution du contrat est **ordinaire**.

Les prestations sont décomposées en 2 lots traitées par marché séparé :

Type	Objet
Lot n°1	système de profilométrie 3D optique pour l'analyse surfacique, de texture et dimensionnelle d'objets poreux et lisses
Lot n°2	Microscope électronique à balayage avec canon conventionnel. Ce matériel permettra, à minima, de faire des observations sur différents types et classes de matériaux, sur des échantillons de différentes dimensions, ainsi que des analyses de compositions chimiques.

## 2. CONTEXTE DES PRESTATIONS

#### ■ Contexte :

Le laboratoire Gabriel Lamé de l'Université de Tours développe des activités de recherche en fabrication additive au sens large avec une composante dédiée à la santé. A cet effet, le pôle de recherche Nova Health se construit et sera physiquement basé dans le nouveau bâtiment de Polytech Tours courant 2026.

Dans le cadre de nos applications, il sera question de mesurer des pièces obtenues par impression 3D, usinage et d'autres procédés d'obtentions. En addition, il sera question de mesurer des surfaces obtenues via divers matériaux comme le métal, les polymères, les élastomères, le béton ou encore les tissus vivants comme le tendon et l'os.

Au regard de nos applications en santé, **l'équipement objet du lot 1** permettra l'acquisition 3D et l'analyse des structures lattices (formes, topographie et textures) qui sont un maillage de surfaces et treillis entrecroisés permettant la génération cellulaire. Aussi, l'équipement permettra la mesure et analyse de surfaces poreuses, lisses et obtenues selon différents procédés.

L'objectif du laboratoire est de pouvoir disposer d'une solution d'analyse 2D et 3D robuste, compacte et fiable avec une maintenance minimale et une configuration conviviale adaptée à de multiples usagers.

De la même façon, **l'équipement objet du lot 2** permettra des analyses de surface et d'ensemble des structures et surfaces précédemment décrites.

De plus, cet équipement permettra de réaliser des analyses fines des microstructures obtenues *via* l'impression 3D métallique de structures lattices. Ces analyses seront réalisées sur des coupes métallographiques et devront permettre d'accéder aux structures de solidification, structures granulaires et phases en présence. Pour cela, des analyses de topographies et de compositions chimiques seront nécessaires.

Enfin, cet équipement permettra la mise en place dans la chambre, sur la platine, de moyens de caractérisations mécaniques destinés à la caractérisation *in-situ* des matériaux et surfaces précédemment mentionnés, notamment via l'utilisation de machines de micro-traction et d'indentation instrumentée.

Une attention particulière portera sur l'ergonomie et la souplesse d'utilisation de l'équipement en toute sécurité, permettant une utilisation dans un cadre de multi-utilisateurs non spécialistes.

■ **Données relatives au lieu de réalisation des prestations :**

L'équipement sera à livrer :

Pour le lot 1 profilométrie 3D : laboratoire Gabriel LaMé 7 avenue Marcel Dassault 37200 Tours

Pour le lot 2 microscope électronique à balayage : laboratoire Gabriel LaMé 64 avenue Jean Portalis 37200 Tours (à partir de septembre 2026).

Date prévisionnelle de signature des marchés : Janvier 2026

### 3. CONDITIONS DE RÉALISATION DES PRESTATIONS

---

■ **Normes et réglementation applicables :**

L'équipement devra permettre l'extraction de paramètres d'états de surface selon les normes ISO 25178 à savoir, entre autres, les paramètres surfaciques, de textures...

### 4. DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS ATTENDUS

---

■ **Spécifications techniques :**

**Lot 1 : système de profilométrie 3D optique pour l'analyse surfacique, de texture et dimensionnelle d'objets poreux et lisses :**

Spécifications techniques à respecter sous peine de non-conformité de l'offre :

Le système de mesure doit permettre des mesures optiques 3D, sans contact, de dimension, de forme et de rugosité avec un seul capteur optique. Il doit permettre la mesure de haute précision de la topographie 3D d'objets transparents ou opaques, plats ou de formes complexes, lisses ou texturés. Il doit également permettre la mesure de rugosité de surfaces et la mesure de géométries de pièces. Au-delà de la mesure, le système doit proposer une chaîne logicielle qui permet d'analyser les données des différentes mesures.

Le système doit être capable de mesurer tous types de matériaux, métalliques, organiques, en résine, élastomériques, ou en verre, opaques, rugueux, lisses et polis. Le système devra être muni d'un système d'éclairage de type coaxial ou autre, notamment pour faciliter l'acquisition sur les surfaces polies et

brillantes. Le système doit être capable d'accueillir des pièces fragiles, très fines comme de taille décimétrique et pouvant peser plusieurs kg.

La prestation, objet du présent Cahier des Charges, consiste en la fourniture et l'installation d'un dispositif complet intégrant les caractéristiques et éléments suivants :

**Mesure de haute précision de la topographie 3D d'objets, de rugosité de surfaces et la mesure de géométrie de pièces.**

- Les attentes de précision sont celles d'une résolution verticale et latérale inférieure au micromètre.
- L'appareil proposé doit pouvoir mesurer des pentes jusqu'à la verticale soit 90°.
- Afin de s'adapter à tous les types de matériaux, rugueux, lisses et polis, le système devra être muni d'un système d'éclairage modulaire performant combinant éclairage coaxial, annulaire avec sélection des zones d'éclairage, ainsi que d'une option de polarisation.
- L'amplitude du volume de mesure possible attendu est d'au moins 100 x 100 x 100 mm.
- Les tables de déplacement XY devront être capables d'accueillir des pièces pouvant peser plusieurs kg.
- Une gamme d'objectifs devra être fournie avec le système afin de couvrir l'ensemble des mesures à réaliser. Les objectifs devront être montés sur une tourelle motorisée et devront couvrir les gammes suivantes :
  - o Champ de mesure unique minimum : 3,8mm x 3,8 mm
  - o Résolution verticale minimum : 20nm
  - o Rugosité minimale mesurable (Ra) : 50nm
  - o Rayon d'arête minimum mesurable : 2µm
  - o Distances de travail de 4.5mm pour le plus fort grossissement à 30mm pour le plus faible

**Chaine logicielle d'analyse de données des mesures**

Le système informatique et électronique doit permettre le pilotage du système de mesure et l'analyse des résultats selon les paramètres suivants :

- Acquisition des données 3D : mesures en champs uniques, et en assemblage de champs uniques en XY, mesures dimensionnelles de flancs verticaux ou en légère contre dépouille (max. -5°), possibilité de génération d'un fichier de mesure combinant les différentes acquisitions dans un même système de coordonnées,
- Interface graphique et gestion de bases de données de mesures,
- Mesure d'états de surface 2D et 3D, possibilité d'exportation de fichiers des jeux de données 3D au format numérique (STL...),
- Mesure et affichage en pseudo-couleurs de différences entre deux fichiers 3D mesurés ou un fichier 3D mesuré et un fichier CAO,
- Mesure de forme sur des profils extraits des jeux de données de mesure 3D,
- Possibilité d'utiliser un jumeau numérique pour la création d'un processus de mesure sur la base d'un fichier CAO de la pièce, afin de simplifier la mise en place des différentes mesures sur une pièce et de pouvoir réaliser une simulation de la mesure afin de détecter d'éventuelles collisions.
- Le candidat précisera les outils et logiciels associés, composant le dispositif proposé, et qui permettent une analyse des données, mesurées avec une grande précision sur :
  - o Les mesures volumétriques ;
  - o Les mesures dimensionnelles ;
  - o La mesure des profils (forme, rugosité du profil, distances) ;
  - o La mesure de la texture superficielle (rugosité) de différentes surfaces (taille de surface, Sa, Sq, Sz, Sal, Str, etc...) ;
  - o L'évaluation des arêtes (angle, rayon, forme, contour, etc,...) ;

- La déviation de forme par comparaison des données de mesure et d'un modèle CAO (formats d'importation classiques: STL, IGES, STP)
  - L'analyse d'évolution ou de déformation d'objets par comparaison de 2 ensembles de données.
- Le PC complet devra être inclus dans l'offre.
  - Le système doit être ouvert pour l'import et l'export de données
  - Au-delà des possibilités de numérisation haute résolution à plat, l'équipement de mesure devra permettre la numérisation de flancs verticaux afin de reconstruire des images sur différents plans après fusion des données. Le candidat précisera la chaîne logicielle permettant la fusion automatique des données, pour acquérir automatiquement les données d'objet 3D de forme complexe. Le résultat doit être un jeu de données complet de toute la surface des objets 3D complexes.
  - La chaîne logicielle devra aussi permettre des acquisitions automatiques avec temporisation sur une durée donnée et stockage des résultats sur fichiers séparés

Installations, fonctionnements, services, maintenances :

- L'ordinateur doit être fourni avec clavier, souris et moniteurs associés.
- Le candidat intégrera dans son offre l'ensemble de son système avec la suite logicielle associée
- Le candidat devra fournir un guide d'utilisation au format papier et au format informatique / numérique.
- Une formation à l'utilisation, aux moyens de contrôle et à la maintenance de premier niveau sera assurée en présentiel par le candidat auprès de 4 membres du personnel du laboratoire.
- Une garantie d'au moins un an (12 mois) sur l'ensemble de l'équipement, à partir de l'admission de l'équipement, devra être incluse dans le prix global
- Les licences logicielles installées sur le dispositif devront avoir une validité permanente, en incluant les mises à jour sur une durée d'au moins 1 an.

Les prestations supplémentaires suivantes pourront être intégrées à la proposition en options :

PSE (Facultative) : Le candidat pourra proposer un chiffrage d'extension de garantie en option.

## **Lot n°2 : Microscope électronique à balayage :**

Spécifications techniques **minimales** à respecter sous peine de non-conformité de l'offre :

### **1. Chambre, platine, portes-échantillons :**

#### **a. Dimensions de la chambre**

La chambre devra permettre des observations sur échantillons de diamètre 150 mm et de hauteur 60 mm. La chambre devra également permettre l'installation de systèmes de micro-traction et d'indentation instrumentée in-situ (min 140 x 70 mm x 50 mm (L,l,h), 1 kg).

#### **b. Passages / Ouvertures**

Plusieurs passages sont nécessaires, permettant simultanément :

- L'installation d'un système EDS-X
- L'installation d'une caméra infrarouge
- L'installation d'un système EBSD

- L'installation d'une machine de micro-traction in-situ ou d'une machine d'indentation instrumentée (le passage électrique devra permettre tout branchement de montage in-situ).

#### c. Vide

Le système de pompage des différentes parties du MEB devra être entièrement commandé par des procédures automatisées et inclure la lecture de la mesure du vide.

Le système devra **obligatoirement** permettre des observations en mode « vide poussé ».

*Nota bene* : des modes de fonctionnement **supplémentaires** « vide partiel » et/ou « environnemental » sont recevables en plus du mode « vide poussé ». Si les deux options sont possibles, le candidat pourra proposer une offre de base et une offre variante.

#### d. Platine et porte-échantillons

La platine doit permettre des déplacements suivant 5 axes : translations latérales X et Y, translation verticale Z, inclinaison « tilt » T, rotation R. Les capacités minimales de déplacement devront être :

- X et Y : 75 mm
- Z : 40 mm
- R : 360 °
- T : 0 à 80 °

Un caractère d'eucentricité de la platine serait apprécié. La qualité de la conception et de la construction de la platine sera appréciée, incluant la précision et la robustesse du montage mécanique en présence d'échantillons lourds. La platine devra supporter à minima 1kg à plat. Une platine pouvant supporter une machine de micro-traction en position tiltée à 70° serait un plus.

Le pilotage de la platine intégré aux fonctions de base devra également pouvoir se faire via des systèmes d'analyses additionnels (EDS-X, EBSD) par interfaçage informatique.

La mémorisation des positions et l'automatisation des séquences d'acquisitions d'images seraient des atouts.

La variété de forme, de taille, et de matériaux observés étant très grande, il conviendrait que la platine accepte et rende aisée le développement et l'intégration de porte-objets sur mesures développés par le laboratoire.

Le candidat spécifiera les caractéristiques techniques de la platine (amplitude des déplacements, charge maximale acceptable à plat, charge maximale acceptable tiltée à 70°), ainsi que le nombre, les spécificités, les dimensions et le mode d'utilisation des porte-échantillons contenus dans l'offre.

## 2. Performances générales

Les performances attendues en termes de résolution spatiale relèvent des standards actuels pour un MEB conventionnel à filament Tungstène :

Tension d'accélération : comprise entre 0.5 et 30kV  
 Courant de sonde : compris entre quelques pA et 20nA  
 Résolution : 3 nm à 30kV en électrons secondaires  
 8 nm à 3kV en électrons secondaires  
 Grandissement : plage de x10 à x300 000.

## 3. Optique électronique et fonction de balayage

#### a. Canon à électrons

De type conventionnel à filament tungstène (W) ou à pointe d'hexaborure de Lanthane (LaB<sub>6</sub>).

#### b. Mise au point

Mise au point continue (mode rapide et fin), possibilité de réglage du plan de focalisation dans le cas d'échantillons fortement inclinés. Un système d'autofocus serait un atout.

#### **c. Diaphragmes**

La possibilité de sélection de différents diaphragmes objectifs sera considérée.

#### **d. Contrôle du balayage du faisceau**

Les modes de balayages : très lent, rapide, spot, ligne devront être précisés. Des possibilités de moyennage et/ou intégration numérique du signal seront appréciées. L'interface informatique devra permettre l'utilisation d'un système EDS-X et l'installation ultérieure d'un système EBSD.

### **4. Détecteurs**

A minima, un détecteur d'électrons secondaires (Everhart-Thornley ou équivalent), un détecteur d'électrons rétrodiffusés, et un détecteur EDS-X seront installés. Le détecteur d'électrons rétrodiffusés pourra être fixe, clipsé sous la lentille, ou rétractable. Un détecteur EDS-X rétractable afin de limiter l'encombrement de la chambre serait un plus.

### **5. Analyses de compositions chimiques**

L'équipement proposé devra être équipé d'un système d'analyse EDS-X et de la suite logiciel associée permettant de réaliser les analyses de compositions chimiques suivantes : cartographie élémentaire, analyse de composition ponctuelle, profil de composition chimique. Les spectres associés devront pouvoir être post-traités avec la suite logiciel fournie, et les données brutes et post-traitées exportées dans des formats « standards ». Les méthodes de quantification disponibles dans la suite logiciel fournie devront être renseignées (ZAF,  $\phi(\rho z)$  ...).

### **6. Affichage et images**

La résolution numérique devra pouvoir atteindre à minima 4000 x 3000 pixels. Le matériel devra permettre les fonctions classiques d'affichage et de numérisation d'images (bandeau personnalisable avec affichage ou non des grossissements, distances de travail, noms de fichier, modes d'imagerie, tension d'accélération ...). Le système devra permettre le stockage des images sous des formats compatibles avec les logiciels de traitement et d'affichage d'images classiques.

### **7. Formation**

L'entreprise fournira, une fois la livraison et la mise en service effectuées, une formation sur l'utilisation des équipements, des logiciels associés et à la maintenance de premier niveau pour au moins 4 membres du personnel du laboratoire.

### **8. Installations, fonctionnements, services, maintenance**

- L'ordinateur doit être fourni avec clavier, souris et moniteurs associés.
- Le candidat intégrera dans son offre l'ensemble de son système avec la suite logicielle associée
- Le candidat devra fournir un guide d'utilisation au format papier et au format informatique / numérique.
- Une garantie d'au moins un an (12 mois) sur l'ensemble de l'équipement, à partir de la validation de service régulier, devra être incluse dans le prix global



- Les licences logicielles installés sur le dispositif devront avoir une validité permanente, en incluant les mises à jour sur une durée d'au moins 1 an.

#### **9. Prestations supplémentaires éventuelles en option**

Les prestations supplémentaires suivantes pourront être intégrées à la proposition en options :

- Fourniture d'un métalliseur permettant la métallisation et l'observation d'échantillons non-conducteurs.
- Système EBSD et installation et formation associée
- Extension de garantie (1 an)
- Contrat de maintenance à l'issue de la garantie (1 an renouvelable une fois avec possibilité de non-reconduction à la fin de la première année) incluant maintenance préventive (opérations de nettoyage, de réglages, de contrôles et d'essais destinées à réduire les risques de panne de l'instrument) avec un nombre d'intervention annuel défini et maintenance corrective (intervention sur site, pièces, main d'œuvre et déplacement).

#### **10. Cadre de réponse technique du candidat pour le lot 2 (Annexe)**

## **5. GARANTIE ET SERVICE APRES-VENTE**

---

#### **Garantie / SAV :**

- Le titulaire s'engage dans sa proposition technique sur un délai d'intervention, faute de quoi il sera fait application des pénalités définies au Cahier des clauses administratives particulières (CCAP).
- La garantie de l'équipement devra avoir une durée de 12 mois minimum après la date d'admission. Le candidat pourra proposer un chiffrage d'extension de garantie en option.
- Le délai de livraison devra être de 6 à 8 semaines maximum à partir de la signature et notification du marché pour le lot 1.