

**CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES
C. C. T. P.**

MARCHÉ N° 2026-004

Objet : Acquisition d'instrumentation d'imagerie, de tomographie et de culture pour le développement du bioréacteur cornéen comprenant le trabéculum pour l'étude du glaucome, de son traitement et de l'étude de la physiopathologie du segment antérieur de l'œil pour l'Université Jean Monnet

Lot 1 : Acquisition d'un système de caractérisation de topographie de surface

SOMMAIRE

I.	Budget et Besoins	3
II.	Spécificités recherchées pour l'analyse d'échantillons biologiques	3
III.	Spécificités recherchées pour l'analyse d'échantillons inertes	4
IV.	Spécificités globales de l'appareil recherché	4

I. Objet

Le présent cahier des clauses techniques particulières a pour objet de définir les spécifications de la prestation de fourniture, livraison et installation de plusieurs instruments permettant l'imagerie et la caractérisation des différentes structures matricielles, cellulaires et tissulaire de la cornée et des tissus périphériques dont notamment le trabéculum, dans le cadre de l'étude de la physiologie et des pathologies du segment antérieur de l'œil, pour le Laboratoire BiiO (Biologie, Ingénierie et Imagerie pour l'Ophtalmologie) de la Faculté de Médecine de l'Université Jean Monnet de Saint Etienne.

II. Contexte

Le laboratoire BiiO, spécialisé en recherche en ophtalmologie, considère la biologie moléculaire, cellulaire et tissulaire comme des outils indispensables dans ses travaux. Une partie du financement du CPER LUMEX a été attribué au BiiO pour la thématique : « Instrumentation d'imagerie et de tomographie pour le développement du bioréacteur cornéen comprenant le trabéculum ».

III. Spécifications générales du besoin

Dans ce contexte, le laboratoire BiiO souhaite réaliser l'achat d'un système de caractérisation des topographies de surfaces pour deux applications distinctes :

- L'analyse d'échantillons biologiques afin de mieux caractériser leur surface. Les échantillons biologiques étudiés seront les structures de la cornée et de sa proximité tel que le trabéculum, les membranes biologiques saines et pathologiques, dont notamment la membrane de Descemet de patient atteint de la dystrophie endothéliale de FUCHS.
- L'analyse de surface d'échantillon inerte utilisé pour le bioréacteur et la microfluidique, permettant ainsi de nourrir des algorithmes de simulation tribologique et de validation des prototypes/usinage.

IV. Spécificités recherchées pour l'analyse d'échantillons biologiques

Dans le cadre de ses projets de recherche sur la physiologie cornéenne et l'étude du trabéculum, le laboratoire souhaiterait analyser sa topographie précise sur des échantillons humain *ex vivo*. Le trabéculum se situe sur le pourtour de la face endothéliale de la cornée, il constitue la voie de drainage de l'humeur aqueuse, situé dans l'angle irido-cornéen. Il est la zone « cible » des collyres ou des traitements chirurgicaux « invasifs » actuels. Il est composé majoritairement de fibre de collagène, réalise un anneau de 25 mm de long autour de la cornée pour une largeur d'environ 350 μm . Les fibres le composant ont un diamètre de 0.5 à 4 μm et une épaisseur de moins de 1 μm .

Le but de l'appareil serait d'être capable d'imager le trabéculum dans son entièreté pour en comprendre la structure et l'organisation de surface mais également de réaliser des analyses à l'échelle de la fibre seule pour plus de précision. Cet instrument permettra d'évaluer le maillage de la trame tissulaire du trabéculum avant et après traitement, avec pour attente l'augmentation de la maille pour en augmenter sa perméabilité. Le trabéculum est une structure opaque contrairement à la cornée.

Dans le cadre de l'étude de la physiopathologie de la Dystrophie endothéliale cornéenne de Fuchs et de sa modélisation en bioréacteur, des études sont menées sur la surface de membranes de Descemets saines et pathologiques issus de patient malades qui ont été greffé. Cette collection unique permet d'ouvrir la voie à de très nombreuses analyses pour mieux comprendre la pathologie, dont notamment l'analyse de la surface malade permet une étude des caractéristiques des lésions principales causées par la maladie : l'apparition de guttae à la surface de la membrane de Descemet. Les guttae sont des excroissances apparaissant au cours de la maladie et causant la détérioration de la mosaïque endothéliale cornéenne. Ces gouttes ont un diamètre variable de quelques μm jusqu'à plusieurs dizaines de μm , leur épaisseur est

également variable de plusieurs centaines de nm jusqu'à plusieurs μm ($10\mu\text{m}$ au maximum). D'autres structures sont également récemment décrites, des fibres retrouvées sur la membrane de Descemet, qui sont très nombreuses et font un diamètre de quelques μm (1-6) et d'une épaisseur de quelques centaines de μm (200-1000).

Le but de l'appareil dans cette étude sera de réaliser la carte topographique de la membrane de Descemet entière (jusqu'à 12 mm de diamètre) mettant en évidence les différentes lésions dû à la maladie et avec une résolution suffisante pour les discriminer mais également de réaliser des analyses sur des images à très fort grossissement, permettant l'analyse très précises des différentes lésions dû à la maladie. La membrane de Descemet est un échantillon très translucide.

V. Spécificités recherchées pour l'analyse d'échantillons inertes

Dans le cadre du développement du bioréacteur cornéen et de la création de systèmes de microfluidique pour la création de bioréacteurs cellulaires, des besoins de caractérisation métrologique des surfaces sont nécessaires notamment pour préparer l'analyse des déplacements de fluides dans ces systèmes mais également pour caractériser et analyser les défauts de surfaces dans les systèmes prototypés et usinés. Ceci nécessite la capacité de scanner l'entièreté des canaux de microfluidique sur une puce (de plusieurs centimètres de large) mais également d'analyser plus précisément différentes zones de la puce. Les défauts de surface peuvent être de plusieurs tailles allant du nanomètre à plusieurs centaines de μm .

Dans le cadre de la culture cellulaire réalisée au laboratoire, des coatings moléculaires sont réalisés sur les fonds de plaque de culture, des analyses de l'homogénéité de ces coatings serait un plus pour le laboratoire si réalisable également à l'aide de cet appareil. Un coating est une couche transparente de molécule sur une surface d'une épaisseur très fine de 10nm à $2\mu\text{m}$.

VI. Spécificités globales de l'appareil recherché

Exigences impératives :

Le soumissionnaire devra proposer un système répondant a minima aux exigences suivantes :

- être utilisable sans contact avec les différents échantillons ;
- être capable d'analyser la surface de grands échantillons (plusieurs centimètres de large) avec une résolution en Z inférieure à 50 nm et une résolution en XY inférieure à $2\mu\text{m}$;
- permettre la reconstitution de grands champs de plusieurs centimètres, notamment par une solution de stitching d'images ;
- être capable d'évaluer des topographies sur des échantillons épais, de l'ordre de plusieurs centaines de micromètres ;
- permettre la réalisation d'images à très fort grossissement, avec des champs de quelques dizaines de μm en XY, sur des zones très localisées de l'échantillon, afin d'analyser des structures de l'ordre de la dizaine à la centaine de μm en XY et de quelques dizaines de nm en Z ;
- intégrer un contrôle à distance des déplacements de la platine, afin d'éviter toute manipulation manuelle des échantillons, notamment lors des acquisitions nécessitant du stitching ;
- être fourni avec une suite logicielle d'acquisition permettant une vision globale de l'échantillon et des déplacements simplifiés sur celui-ci ;
- être accompagné d'un logiciel de traitement et d'analyse des images permettant la correction des pentes, la génération et la visualisation de cartes topographiques ainsi

que l'analyse de paramètres de surface sur des lignes tracées ou des surfaces sélectionnées ;

- permettre l'utilisation du logiciel sur les ordinateurs du laboratoire, y compris pour l'analyse d'images de très grande taille, ou, le cas échéant, inclure un système informatique dédié dans l'offre ;
- privilégier, en cas d'utilisation d'un laser ou d'une source lumineuse, des longueurs d'onde dans le proche infrarouge ou l'infrarouge, afin d'éviter les phénomènes de polymérisation UV et de s'éloigner des longueurs d'onde d'absorption naturelle des échantillons biologiques.

Critères techniques valorisés :

Seront considérés comme des éléments de valorisation technique de l'offre, au titre du MJO :

- la présence de plusieurs objectifs dans la solution proposée, permettant de simplifier et d'accélérer les prises d'images sur des échantillons de nature différente, une bonification étant accordée selon l'ensemble d'objectifs proposés ;
- la capacité du système à analyser des angles élevés ($>70^\circ$) sans perte de précision lors de l'analyse topographique ;
- la rapidité d'acquisition, sans concession significative sur la résolution, un système permettant de reconstituer une mosaïque de plusieurs champs à forte résolution dans un temps comparable à celui nécessaire pour un champ unique à plus faible résolution étant privilégié ;
- le niveau d'automatisation de la suite logicielle d'acquisition, notamment la possibilité d'automatiser le plus grand nombre d'images possible et de bénéficier de paramétrages automatisés tels que l'autofocus ;
- la simplicité, l'ergonomie et l'efficacité de l'interface logicielle, ainsi que son potentiel d'utilisation, donnant lieu à l'attribution de points bonus ;
- la possibilité de fournir un dispositif hardware et/ou software de mise à plat de l'échantillon ;
- la possibilité d'extraire les données brutes issues de l'analyse topographique afin de permettre des traitements et analyses via des logiciels tiers.