



Institut de Biologie du Développement de Marseille Luminy

UMR 7288, Campus de Luminy, route de Luminy, Case 907, F13288 Marseille cedex 09

Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) n°CNRS/2025/028 du 18/07/2025

« Fourniture et installation d'une tête confocale type spinning disk équipée du banc laser avec détection sur deux sorties caméras avec une seule caméra sur un microscope existant »

SOMMAIRE

ARTICLE 1 : OBJET DU MARCHÉ	3
ARTICLE 2 : PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES EVENTUELLES (PSE)	3
ARTICLE 3 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	3
ARTICLE 4 : LIVRAISON ET MISE EN SERVICE	5
ARTICLE 5 : INSTALLATION ET TESTS SUR SITE	5
ARTICLE 6 : FORMATION ET DOCUMENTATION	7
ARTICLE 8 : GARANTIE ET SAV	7
ARTICLE 9 : CONTRATS D'ENTRETIEN	8
ARTICLE 10 : IMPACT ECOLOGIQUE	8

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

Article 1 : Objet du marché

Le présent marché concerne l'achat, la livraison et la mise en service d'une tête **confocale spinning disk** équipé de son banc laser avec deux sorties caméras et une caméra.

Plus particulièrement, il s'agira d'équiper un microscope déjà présent sur la plateforme de marque Nikon TIE motorisé, PFS, avec platine motorisée XYZ, sur-platine piézoélectrique, avec réhausse, une table optique et une chambre de contrôle environnemental.

Article 2 : Prestations Supplémentaires Eventuelles (PSE)

Le présent marché comporte une prestation supplémentaire éventuelle obligatoire et 3 prestations supplémentaires éventuelles facultatives :

– **PSE 1 obligatoire**

Extension de garantie de tout le système livré (tête confocale, lasers, caméra) pour une période de 3 ans avec une prise d'effet à l'issue de la période de garantie initiale

– **PSE 2 facultative : 2ème caméra**

Concernant la caméra, elle sera identique à celle proposée dans l'offre de base.

– **PSE 3 facultative : 2ème roue de pinhole sur tête spinning disk**

Concernant le spinning disk, il sera demandé de chiffrer l'ajout d'une 2^{ème} roue de pinholes de diamètre de 25 µm : 200 pour les objectifs à faible grossissement.

– **PSE 4 facultative : 3ème roue de pinhole sur tête spinning disk**

Concernant le spinning disk, il sera demandé de chiffrer l'ajout d'une 3^{ème} roue de pinholes en forme de fente dédié à l'imagerie en profondeur ou pinholes de 25 µm : 400.

Article 3 : Caractéristiques techniques

Tête confocale de type spinning disk, son banc laser et sa caméra

Le système optique comprenant :

- I. **Système confocal spinning disk** équipé de 2 sorties caméras avec les spécifications suivantes :
 - A. 1 caméra sCMOS de rendement quantique de 95% au minimum, avec un capteur minimum de 2304 x 2304 pixels, de pixels de 6.5µm de côté et de bruit de lecture de moyenne quadratique de 0.7 électron ou moins. La caméra *ne comportera pas* de module de pré-traitement consistant à diminuer le bruit sur l'image.
 - B. Un large champ de visualisation avec utilisation de deux caméras en simultanée. Le champ de visualisation devra être au minimum de 18 mm et évolutif en 25 mm. Le système spinning disk devra être équipé de pinholes de 50 µm de diamètre, optimisés pour un objectif dont la NA > 1.1.
 - C. Les roues de filtre en émission rapides d'au moins 7 positions devront être positionnées devant les caméras, temps de changement de filtre < 80 ms.
 - D. Les miroirs dichroïques devront être motorisés et adaptés aux longueurs d'onde des filtres

- E. Les miroirs dichroïques d'excitation comporteront les combinaisons suivantes à adapter en fonction des configurations lasers proposées en G :
- Excitation à 405, 488, 561, 749 nm (quadruple band)
 - Excitation à 488 nm et 561 nm (dual band)
 - Excitation 488 nm, 561 nm, 642 nm, 749 nm (quadruple band)
 - Ou toutes autres combinaisons en accord avec l'architecture du système permettant une utilisation de toutes les raies lasers proposées en G.
- F. Les miroirs dichroïques d'émission permettront l'observation simultanée des molécules suivantes en configuration 2 caméras (caméra 1 trajet direct, caméra 2 trajet réfléchi par dichroïque d'émission) : notamment pour les couples de fluorophores GFP/ mCherry
- G. Les raies d'excitation laser doivent comprendre à minima les lasers suivants :
- 405 (+/- 5) nm, d'une puissance minimale de 100 mW
 - 488 (+/- 11) nm, d'une puissance minimale de 100 mW
 - 561 (+/- 15) nm, d'une puissance minimale de 100 mW
 - 642 (+/- 5) nm, d'une puissance minimale de 100 mW
 - 749 (+/- 10) nm d'une puissance minimale de 30 mW
- H. Ces raies lasers sont combinables entre elles avec un délai de commutation inférieur à 1 ms. Le système pourra être équipé d'un AOTF à l'excitation ou d'un pilotage direct des lasers.
- I. Les faisceaux lasers seront raccordés fibrés, du banc aux différentes entrées des modules du microscope, devant assurer les fonctions de spinning disk, Les fibres seront adaptées à la puissance des lasers.
- J. Les parcours optiques doivent être optimisés pour avoir la même focalisation spatiale quel que soit la longueur d'onde du faisceau incident.
- K. Les filtres d'émission devront avoir les caractéristiques suivantes :
- un filtre d'émission passe-bande centré sur 460 nm avec une bande passante de 50 nm (caméra 1),
 - un filtre d'émission passe-bande centré sur 525 nm avec une bande passante de 50 nm (caméra 1),
 - un filtre d'émission passe-bande centré sur 535 nm avec une bande passante de 30 nm (caméra 1),
 - un filtre d'émission passe-bande centré sur 630 nm avec une bande passante de 75 nm (caméra 1),
 - un filtre d'émission passe-bande centré sur 700 nm avec une bande passante de 75 nm (caméra 1),
 - un filtre d'émission passe-bande centré sur 632 nm avec une bande passante de 60 nm (caméra 1),
 - un filtre d'émission passe-bande centré sur 632 nm avec une bande passante de 60 nm (caméra 1),
 - un filtre d'émission passe-bande centré sur 630 nm avec une bande passante de 75 nm (sortie caméra 2),
 - un filtre d'émission passe-bande centré sur 535 nm avec une bande passante de 30 nm (sortie caméra 2).

Le pilotage d'un piezo-électrique ou d'une surplatine et des lasers devront également être effectifs et synchrones (trigger) de la vitesse maximale d'acquisition de la caméra pour permettre l'acquisition d'images à différents plans focaux de façon optimisée.

II. Ordinateur et logiciel de pilotage de l'instrument

- ◆ Le logiciel et l'électronique de commande et de synchronisation permettront le pilotage de l'ensemble des éléments du microscope déjà présents et ceux fournis (motorisation des objectifs, déplacement XYZ de l'échantillon, PFS, roue de filtre, camera, lasers). L'application de vision 3D devra permettre la fusion des différentes prises de vue en mosaïque pour reconstruire un objet tridimensionnel complet.
- ◆ Identification de champs d'observation d'intérêts en champ plein et de suivi en mode confocal sur tous types de support (plaques, boîtes, lames) sur l'ensemble de la surface du support.
- ◆ Acquisition multidimensionnelles xyzzt multicanaux de fluorescence et transmission.
- ◆ Stabilisation du focus en cours de l'acquisition par prise en charge logiciel intégré du PFS Nikon du statif.
- ◆ L'acquisition multipoints devra permettre de faire des acquisitions avec des paramètres indépendants des positions XYZ et évolutifs au cours du temps avec une ou plusieurs boucles de rétro-contrôle basées sur des analyses de la séquence d'images en cours d'acquisition.
- ◆ Le système doit pouvoir fonctionner sur un ordinateur branché en réseau, en session multiutilisateurs.
- ◆ La visualisation des données peut être faite avec le logiciel d'acquisition.
- ◆ L'ordinateur devra pouvoir gérer des volumes de données inhabituels > 1 Tb et le logiciel permettant la fusion des différentes prises de vue pour reconstruire un objet tridimensionnel devra le réaliser sur des volumes de données cumulés > 1 Tb. Le système devra pouvoir gérer et maintenir en fonctionnement l'acquisition de données sur plusieurs jours à ce titre un stockage de minimum 10 Tb sera nécessaire.
- ◆ Le logiciel sera équipé d'un module de pilotage intelligent permettant de générer des acquisitions conditionnelles en lien avec l'évolution de mesures faites en temps réel sur l'échantillon quel que soit le support et les conditions environnementales. Un interfaçage avec des outils de segmentation de deeplearning comme Cellpose, devra être possible ainsi que l'appel de fonctions via des bibliothèques sous python.

Article 4 : Livraison et mise en service

La livraison du matériel par le titulaire, s'effectue dans un délai optimal de 12 semaines à compter de la notification du marché.

En présence du laboratoire, le titulaire installe et met en service le matériel sur le site de :

Institut de Biologie du Développement de Marseille UMR7288, Case 907, Campus de Luminy, route de Luminy
13288 Marseille cedex 09

▪ Jours et horaires de livraison : du lundi au vendredi de 8h30 à 12h00 et de 14h00 à 18h00

Article 5 : Installation et Tests sur site

A l'installation du matériel, et après la mise en service, le Laboratoire procèdera en présence du Titulaire aux tests de vérification qui s'effectueront en 2 étapes.

5.1 Vérification d'aptitude :

Pour procéder à la vérification d'aptitude et notifier sa décision au titulaire, le laboratoire dispose d'un délai de 30 jours maximum à compter de la mise en service du matériel :

- Test sur la résolution pour chaque objectif équipant le microscope en utilisant les différents disques de pinholes fournis.
- Test de pilotage logiciel de la stabilité du Z par le système de stabilisation de focus.
- Test homogénéité de champ sur le champ sur billes fluorescentes stabilisées.
- Test de la linéarité de puissance de l'excitation.
- Test de la linéarité des caméras ainsi que de leurs paramètres de bruit de lecture.
- Mesure de puissance laser en sortie d'objectif de référence.
- Test de co-alignement des 3 images acquises sur les capteurs en mode d'acquisition séquentielle notamment sur les émissions générées par les longueurs d'ondes d'excitation 405nm, 561 nm, 749 nm.
- Test sur le pilotage automatique intégrant une boucle de rétrocontrôle avec mesure sur image et adaptation des paramètres de pilotage sur la séquence en cours.

Tête confocale type spinning disk équipée du banc laser avec détection sur deux sorties caméras avec une seule caméra - IBDM

Ces tests constituent les tests de vérification d'aptitude et seront réalisés et validés par le laboratoire en présence du titulaire.

Les valeurs mesurées durant la vérification d'aptitude serviront de référence pour suivre l'évolution de l'appareil et déclencher l'intervention du SAV.

En référence à ces valeurs, le titulaire s'engage à maintenir le niveau de performance de l'ensemble du système livré durant la période de garantie et de l'éventuelle extension de garantie.

Ces tests doivent répondre aux exigences suivantes :

- A. Test sur la résolution sur l'objectif 100X 1.4 équipant le microscope avec le disque de pinhole livré avec l'offre de base. Une tolérance de 5 % est exigée par rapport aux valeurs théoriques en mesurant le FWHM.
- B. Test homogénéité de champ sur le champ le plus grand en fluorescence avec lame chroma et en test sur billes fluorescentes stabilisées : sur un champ d'illumination centré, une variation maximale de 10 % de l'intensité d'excitation du centre de l'image vers les bords sera exigée.
- C. Linéarité de la puissance d'excitation quel que soit la source d'excitation et son mode d'application :
 - a. Les courbes de contrôles doivent parcourir l'ensemble des plages de régulation de 0 à 100 %, une relation linéaire est exigée entre le % affiché sur le logiciel et la puissance de sortie mesurée en sortie d'objectif de contrôle (20 X). Les valeurs nominales de puissance des lasers devront être mesurées et devront correspondre aux exigences décrites plus haut.
 - b. La stabilité à long terme des lasers sera testée en sortie d'objectif et devra être conforme aux données des constructeurs des lasers fournies en réponse à l'appel d'offre.
- D. Test de la linéarité des caméras ainsi que de leurs paramètres de bruit de lecture :
 - a. La linéarité des caméras sera testée en excitant la fluorescence par un laser sur une lame fluorescente de type Chroma et en faisant varier cette puissance, au préalable calibrée, puis en détectant la réponse de la caméra. La linéarité sera également testée en faisant varier le temps d'exposition de la caméra.
La linéarité devra suivre les données du constructeur.
 - b. Le bruit de lecture sera mesuré en absence d'excitation sur la caméra. La moyenne quadratique de ce bruit devra suivre les données du constructeur et devra dans tous les cas la caméra permettra un mode où cette moyenne sera égale ou plus faible que 0.7 électrons.

E. Si la PSE 2 facultative est retenue

Test de co-alignement des 3 images acquises sur les 2 capteurs en mode d'acquisition simultanée notamment sur les émissions générées par les longueurs d'ondes d'excitation 405nm, 561 nm, 749 nm.

- a. Contrôle de co-alignement en XY et Z la différence de position en Z entre les deux champs ne sera pas supérieure à 50nm (mesuré par des billes fluorescentes).
- b. Une fois les images recombinaées, les valeurs de décalage mesurées entre le centre de gravité des billes quelques soient les longueurs d'onde ne doivent pas dépasser 50% de la résolution théorique en XY. Ces valeurs devront être stables durant la phase de test de service régulier.

F. Si les PSE 3 et 4 facultative sont retenues

- a. PSE 3 : Test sur la résolution (mesure sur billes fluorescente sur l'objectif 40X NA 0.7 équipant le microscope avec le disque de pinhole. Une tolérance de 5 % est exigée par rapport aux valeurs théoriques en mesurant le FWHM
- b. PSE 4 : Test de pénétration dans échantillons de type organoïdes montrant une amélioration du S/B en comparaison du disque de l'offre de base.

Un rapport de tests sur site est établi et validé conjointement par le Laboratoire et le titulaire à l'issue de l'ensemble des tests.

5.2 Vérification de Service Régulier :

Pour procéder aux tests de vérification de service régulier et notifier sa décision au titulaire, le laboratoire dispose d'un délai de 30 jours maximum à compter de la vérification d'aptitude prononcée positive.

La date du transfert de propriété de l'équipement est la date de la décision d'admission définitive de celui-ci.

Article 6 : Formation et documentation

En vue d'acquérir une bonne connaissance du matériel et de son fonctionnement, les agents du laboratoire sont formés par groupe de 4 personnes maximum par le titulaire, après la vérification de service régulier.

Le titulaire devra réaliser aussi une formation sur l'architecture technique de son système et sur la programmation de séquence de pilotages.

La formation initiale sera d'une durée de 1 jour (7 heures par jour), elle aura lieu au laboratoire.

Une formation complémentaire d'une durée de 1 jour (7 heures par jour) aura pour but de former le personnel à l'usage des fonctions de pilotage automatique.

Le titulaire s'engage à former le personnel du laboratoire pour toutes nouvelles fonctionnalités ajoutées dans le logiciel pendant la durée d'exécution du marché.

Les notices techniques (plan/schéma des différents organes des appareils) et les manuels d'utilisation seront fournis lors de la livraison des équipements correspondants, sous forme papier ou électronique et seront en tout état de cause toujours consultables par accès privilégié sur le site du constructeur. La langue utilisée sera l'anglais.

Les documentations complètes concernant le système d'exploitation (station de travail) et les logiciels dédiés feront partie de la fourniture, ainsi que les licences et les supports informatiques associés (suivant les cas : CD-ROM, DVD, clef USB...).

Article 8 : Garantie et SAV

GARANTIE :

Le titulaire devra exécuter la garantie de la sorte :

Le matériel, objet du marché, est garanti, pendant une durée minimum de **2** ans.

Le titulaire s'oblige à remettre en état ou à remplacer à ses frais la partie de la prestation qui serait reconnue défectueuse.

La garantie couvre le coût des pièces défectueuses sans limite de montant, la main d'œuvre et les frais de déplacement sur site.

Elle s'applique contre tout vice de construction, fabrication, fonctionnement ou défaut de matières premières.

La garantie commence à compter de la notification de l'admission définitive du matériel.

SAV :

Les prestations de service après-vente s'exécutent durant toute la période de garantie et de l'extension de garantie éventuelle.

Le titulaire dans son offre technique démontre que sa structure SAV est en capacité de répondre aux exigences de fonctionnement de notre service conformément aux dispositions notamment sur les points cités ci-dessous :

- **Le délai d'intervention :**

1. En cas d'échec de diagnostic ou de réparation par téléphone ou par web-diagnostic (télé-diagnostic), une visite sera effectuée dans un délai maximal de 72 heures (3 jours) hors week-end et jours fériés, après confirmation de nos services par courriel.
2. Suite au diagnostic, un délai de 24h maximum sera donné au fournisseur pour connaître le délai de livraison des pièces détachées ainsi que la planification de l'intervention sur site.

- Un numéro de suivi d'intervention sera fourni pour chaque intervention, qui permettra le référencement par le service SAV et par nos services. Chaque intervention sera suivie dès son apparition et sa clôture sera validée par les deux parties sur la base d'un rapport technique produit par le SAV
- Compte tenu de l'exploitation prévue pour cet équipement, **la garantie devra prévoir de ne pas laisser ce système hors de service plus de 10 jours calendaires** à compter de la date de première intervention sur site du Titulaire ou en cas d'absence d'intervention du Titulaire, à la date de la demande d'intervention du Bénéficiaire.

Au-delà de cette durée, le titulaire du marché s'engage, à ses frais, à prêter un matériel fonctionnel de qualité au moins équivalente.

- Le délai d'intervention global sur site, la disponibilité des pièces comprises ne devra pas excéder les conditions évoquées ci-dessus.

Mode de diagnostic : Le titulaire s'engage à fournir à nos services l'ensemble des valeurs nominales et les tolérances des points de contrôle faisant parti de la liste de contrôle, ordonnée par la maison mère, garantissant que le système est dans un état de fonctionnement normal en rapport avec les données d'évaluations produites lors du test de vérification d'aptitude. Les valeurs mesurées durant la vérification d'aptitude serviront de référence pour suivre l'évolution de l'appareil et déclencher l'intervention du SAV si celles-ci varient de plus de 5 %. En référence à ces valeurs, le titulaire s'engage à maintenir le niveau de performance de l'ensemble du système livré durant la période de garantie et de l'extension de garantie.

Par ailleurs, il s'engage à communiquer les méthodes correctives à notre service, qui en retour communiquera les tests de validation ainsi que les résultats de test de validation qui clôtureront ou non la demande d'intervention.

- Si une partie physique du système (caméras ou autres parties) est soumise à une clause particulière d'exploitation et de garantie, la garantie ne pourra pas être inférieure à deux ans.

L'extension de garantie éventuelle demandée en prestation supplémentaire devra assurer les mêmes garanties et services que la garantie initiale

Article 9 : Contrats d'entretien

A titre d'information et n'ayant aucune valeur contractuelle et n'ayant aucune incidence sur le choix de l'attributaire, les candidats indiqueront les différents types de contrat de maintenance incluant pièces, main d'œuvre, déplacement, visites préventives et les mises à jour logicielles qu'ils sont capable de proposer à l'issue de la période de garantie.

Article 10 : Impact Ecologique

Les fournisseurs devront expliciter les détails techniques concernant l'impact écologique de l'appareil. Le candidat devra proposer des solutions de collecte et traitement de l'appareil en fin de vie. La proposition devra mentionner clairement les modalités de reprise des équipements.