

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

**2026 015
RHEOMETRES (2 LOTS)**

Université du Mans
Avenue Olivier Messiaen
72085 Le Mans CEDEX 9

SOMMAIRE

Table des matières

1.	Contexte	3
2.	Contenu minimum des réponses.....	3
3.	Descriptif technique des besoins : préambule.....	4
4.	Lot 1 : Rhéomètre rotatif couplé DMA + option tribologie	5
5.	Lot 2 : Rhéomètre rotatif avec module d'étude sous rayonnement optique...	7
6.	Garantie	9
7.	Délais de livraison et de mise en service.....	9
8.	Service après-vente	10

1. Contexte

Dans le cadre du CPER ALMAT 2, le laboratoire IMMM a concentré ses demandes d'instrumentation dans le domaine des « polymères et de l'environnement ». Ces matériaux, par nature très fragiles, sont au cœur de plusieurs actions de recherche reconnues dans notre laboratoire. Bien que nous disposions déjà d'un parc instrumental conséquent pour les caractériser, le développement de certaines de nos thématiques de recherche, telles que celle du « devenir des plastiques dans l'environnement » ou celle des « films minces et revêtements », nécessite des appareils capables d'étudier les propriétés de ces matériaux lorsqu'ils sont en très faible quantité. On peut citer en exemple l'analyse des micro- voir des nanoparticules de polymère issues de la dégradation environnementale d'objets plastiques.

Les deux lots de rhéomètre rotatif permettront d'étendre la gamme d'étude physico-chimie des matériaux avec l'ajout de tribologie ou l'étude sous irradiation lumineuse de formulation, par exemple. Ces appareils compléteront l'offre actuellement disponible sur la plate-forme de l'IMMM et seront accessibles à tout utilisateur à la suite d'une formation initiale menée par le personnel technique dédié sur la plate-forme.

Cette procédure d'achat est séparée en deux lots.

2. Contenu minimum des réponses

Les candidats participant à la présente consultation doivent fournir un dossier complet comprenant au minimum :

Une offre technique précise et exhaustive décrivant les prestations sur lequel il s'engage, notamment :

- ➔ Les performances de l'instrument (ou des instruments) proposé(s) ;
- ➔ La date connue ou probable d'arrêt de fabrication du modèle d'instrument proposé ;
- ➔ Les modalités et délais de livraison ;
- ➔ La qualité de service proposée en garantie et/ ou en maintenance (délai d'intervention maximum, expertise du personnel, support technique, ...) ;
- ➔ Systèmes informatiques (condition d'utilisation des licences, conditions de mise à jour des logiciels, ...) ;
- ➔ Les consommables et pièces détachées (conditions de stockage, provenance, délai de disponibilité) ; NB : la durée de disponibilité des pièces détachées (ne peut être inférieure au minimum exigé de 8 années) ;

- ➔ Les formations à l'utilisation et à la maintenance (instrument et/ ou logiciel, modalités et programmes) ;
- ➔ La liste des composants répondant à la définition de consommables ;
- ➔ Les vérifications réglementaires et de compatibilité avec l'environnement à effectuer ;
- ➔ Le délai maximum de mise au point ou de réparation en cas de panne sur lequel le candidat s'engage pour l'ensemble des prestations ;
- ➔ Le délai maximum de réalisation des prestations sur lequel le candidat s'engage pour l'ensemble des prestations ;
- ➔ Le coût des pièces détachées et des interventions en cas de panne hors période de garantie ou hors maintenance.

3/ **Une offre économique** précisant :

- ➔ La référence produit de chaque élément composant l'instrument proposé ;
- ➔ Le prix public de chaque élément composant l'offre (fournitures et services) ;
- ➔ Le prix hors taxe pour chaque élément composant l'offre (fournitures et services) ;
- ➔ Le prix hors taxe pour chacune des prestations supplémentaires.

Le candidat dans sa réponse économique aux consultations a une obligation de transparence sur la structuration de son offre et **doit mentionner et décomposer le prix global et forfaitaire sur lequel il s'engage pour la réalisation de l'ensemble des prestations faisant l'objet du marché.**

3. Descriptif technique des besoins : préambule

Les équipements (rhéomètres rotatifs) doivent satisfaire les exigences suivantes :

- être capable de réaliser des mesures de haute précision du comportement rhéologique des matériaux (notamment les suspensions, des gels, des solutions, des émulsions, ...), incluant un contrôle précis de la température.
- pouvoir être asservi en contrainte et en vitesse de déformation.
- être capable de réaliser des mesures en écoulement, on oscillation et en transitoire avec les procédures suivantes :
 - ✓ Rhéologie oscillatoire : balayage en temps, en fréquence, en amplitude (déformation et contrainte), et rampe de température.
 - ✓ Rhéologie en écoulement : balayage en contrainte et vitesse de cisaillement, rampe de vitesse ou contrainte imposée, rampe de température, vitesse ou contrainte imposée constante.

✓ Rhéologie en régime transitoire : fluage, relaxation des contraintes, cycles de fluage, accroissement de contrainte

- être capable de fournir des données rhéologiques exactes et précises avec une sensibilité des mesures (couple et déplacement) satisfaisante, notamment à faibles couples ou déplacements.

Les rhéomètres rotatifs doivent offrir une grande souplesse et une réelle polyvalence dans la conception des protocoles de mesure.

4. Lot 1 : Rhéomètre rotatif couplé DMA + option tribologie

Le rhéomètre rotatif permettra de mesurer les caractéristiques de différentes classes de matériaux, tels que les solutions de polymères, les polymères fondus, les émulsions et les suspensions. Il offrira également la possibilité de réaliser des caractérisations en mode DMA (Dynamic Mechanical Analysis).

Enfin, un système adéquat de contrôle de température est nécessaire.

A) Caractéristiques techniques de l'appareil :

Les valeurs suivantes indiquent les spécifications minimales attendues.

Caractéristique techniques	Valeurs attendues
Couple de cisaillement (mode écoulement)	1 à 250 nN.m $\pm$ 0.05 nN.m
Couple de cisaillement (mode oscillation)	0.5 à 250 nN.m $\pm$ 0.05 nN.m
Fréquence	1.0E-3 à 200 Hz
Vitesse angulaire	0 à 300 rad/s
Resolution en déplacement	2 nrad
Pas de temps (déformation)	15 ms
Pas de temps (Vitesse)	5 ms
Force normale	0 à 50 $\pm$ 0.5 N
Sensibilité force normale	0.01 mN

B) Equipements :

Plan peltier :

Un plan peltier adapté pour des géométrie plan/plan ou cône/plan jusqu'à 60 mm de diamètre.

Equipement environnement :

L'offre doit contenir un écran et PC adaptés avec tous les ports de connectiques nécessaires incluses, installation et raccordement air comprimé, ...

Logiciel :

Un logiciel de pilotage est également demandé dans le cadre de cet appel à projet, ce logiciel aura également pour but de permettre l'acquisition et la représentation des données sous forme graphique, il permettra également l'exportation des données sous un format exploitable par un logiciel de traitement de données.

Si logiciel licencié (3 licences doivent être incluses)

Garantie :

2 ans minimum

C) Module intégré :

DMA intégré au sein du rhéomètre sur des mesures d'écoulement.

Les valeurs suivantes indiquent les spécifications minimales attendues.

Caractéristique techniques	Valeurs attendues
Force minimum	5 mN
Force maximale	50 mN
Déplacement minimum	0.01 μ m
Déplacement maximum	100 μ m
Gamme de fréquence	10 ⁻³ Hz to 10Hz

Kit géométries compression et traction

D) Options obligatoires :

- 1) Option tribologie : nous avons besoin de la version la plus complète d'offres de tribologie, dans les conditions les plus diverses au moins : 1 bille sur 3 plans, 3 billes sur 1 plan, 1 bille sur 3 billes.
- 2) Une géométrie standard plan/plan et une géométrie cône/plan pour chaque dimension suivante :
 - a. Petite : comprise entre 10 et 20 mm de diamètre
 - b. Moyenne : comprise entre 21 et 40 mm de diamètre

E) Options facultatives :

- 3) Extension de garantie 1 an

- 4) Extension de garantie 2 ans
- 5) Extension de garantie 3 ans
- 6) Extension de garantie 4 ans
- 7) Extension de garantie 5 ans
- 8) Cellule humidité.
- 9) Système de mesure couette standard.
- 10) Système de mesure couette petit volume.
- 11) Une géométrie standard plan/plan : dimension « Petite »
- 12) Une géométrie standard plan/plan : dimension « Moyenne »
- 13) Une géométrie standard plan/plan : dimension « Grande » diamètre compris entre 41 et 60 mm
- 14) Une géométrie standard cône/plan : dimension « Petite »
- 15) Une géométrie standard cône /plan : dimension « Moyenne »
- 16) Une géométrie standard cône /plan : dimension « Grande » diamètre compris entre 41 et 60 mm
- 17) Système de refroidissement type Chiller
- 18) Kit géométrie : mode flexion 3 points
- 19) Kit géométrie : mode flexion encastrée
- 20) Kit géométrie : mode tension film souhaitée.

5. Lot 2 : Rhéomètre rotatif avec module d'étude sous rayonnement optique

Le rhéomètre rotatif permettra de mesurer les caractéristiques de différentes classes de matériaux, tels que les solutions de polymères, les polymères fondus, les émulsions et les suspensions. Ces études devront pouvoir être réalisées sous rayonnement optique de l'UV à l'infrarouge.

Enfin, un système adéquat de contrôle de température est nécessaire.

A) Caractéristiques techniques de l'appareil :

Les valeurs suivantes indiquent les spécifications minimales attendues.

Caractéristique techniques	Valeur attendues
Couple de cisaillement (mode écoulement)	1 à 200 nN.m $\pm$ 0.1 nN.m

Couple de cisaillement (mode oscillation)	1 à 200 nN.m $\pm$ 0.1 nN.m
Fréquence	1.0E-3 à 200 Hz
Vitesse angulaire	0 à 300 rad/s
Force normale	0.1 à 50 $\pm$ 0.5 N

B) Equipements :

Plan Peltier :

Un plan Peltier adapté pour des géométrie plan/plan ou cône/plan jusqu'à 60 mm de diamètre.

Equipement environnement :

L'offre doit contenir un écran et PC adaptés avec tous les ports de connectiques nécessaires incluses, installation et raccordement air comprimé, ...

Logiciel :

Un logiciel de pilotage est également demandé dans le cadre de cet appel à projet, ce logiciel aura également pour but de permettre l'acquisition et la représentation des données sous forme graphique, il permet également l'exportation des données sous un format exploitable par un logiciel de traitement de données.

Si logiciel licencié (3 licences doivent être incluses)

Garantie :

2 ans minimum

C) Options obligatoires :

1) Une géométrie standard plan/plan et une géométrie cône/plan pour chaque dimension suivante :

- Moyennes : comprise entre 20 et 40 mm de diamètre
- Grandes : comprise entre 41 et 60 mm de diamètre

2) Cellule UV adaptée pour au moins à des géométries de 40 mm de diamètre, minimum. La cellule pourra posséder une source interne mais doit pouvoir accueillir une source externe par fibre optique. Control de température intégré.

D) Options facultatives :

- 3) Extension de garantie 1 an
- 4) Extension de garantie 2 ans
- 5) Extension de garantie 3 ans
- 6) Extension de garantie 4 ans
- 7) Extension de garantie 5 ans
- 8) Cellule humidité.
- 9) Système de mesure couette standard.
- 10) Système de mesure couette petit volume.
- 11) Une géométrie standard plan/plan : dimension « Petite » diamètre compris entre 10 et 20 mm
- 12) Une géométrie standard plan/plan : dimension « Moyenne »
- 13) Une géométrie standard plan/plan : dimension « Grande »
- 14) Une géométrie standard cône/plan : dimension « Petite » » diamètre compris entre 10 et 20 mm
- 15) Une géométrie standard cône /plan : dimension « Moyenne »
- 16) Une géométrie standard cône /plan : dimension « Grande »
- 17) Système de refroidissement type Chiller

6. Garantie

Chaque lot devra présenter une garantie minimale de 2 ans qui inclura une garantie totale comprenant les déplacements, les pièces, la main d'œuvre et la maintenances préventive (une visite annuelle) et corrective (visites illimitées, pièces et main d'œuvre).

7. Délais de livraison et de mise en service

Chaque système devra être fourni avec un ensemble informatique de commande et le logiciel d'exploitation inhérent. Une fois l'instrument livré et installé, une formation à son utilisation devra être faite sur place.

Toutes les fonctionnalités de l'équipement précédemment décrites devront être en place dès la réception. Le titulaire de chaque lot assurera l'installation et la mise en route du matériel. Le titulaire s'assurera, avant l'installation, que toutes les conditions requises pour le bon fonctionnement du système sont en place dans le local d'installation. L'équipement fera l'objet d'une vérification d'aptitude lors de son installation.

Le titulaire de chaque lot fournira une documentation donnant la composition et les caractéristiques du matériel ainsi que ses procédures courantes d'utilisation et d'entretien. Ces manuels expliqueront clairement toutes les manœuvres de mise en route, d'utilisation, d'arrêt, ainsi que les interdictions (ou manœuvres à ne pas effectuer), les opérations de contrôle de bon fonctionnement et la maintenance primaire (nettoyage, entretien et dépannage). La documentation prévue doit être fournie au plus tard au moment de la mise en service et doit comporter au moins une version complète imprimée sur papier et reliée. Une formation technique (détaillée en temps et en nombre de personnes dans l'offre) à l'utilisation des équipements devra être réalisée auprès du référent technique de la plate-forme lors de l'installation. Elle devra entre autres permettre au personnel d'assurer la conduite et l'entretien du matériel de manière autonome.

Délai de livraison, d'installation et test de conformité aux spécifications techniques : 8 semaines après la notification de choix du fournisseur pour chaque lot.

Pour chaque lot, une première formation, sur site, sera effectuée suite à l'installation de l'appareil. Elle sera suivie d'une seconde formation d'approfondissement un mois après environ. Ces formations devront accueillir un groupe d'utilisateur de 4 personnes.

8. Service après-vente

Il devra être fourni les informations suivantes :

- Contact service après-vente (références) [interlocuteur-mail-téléphone]
- mode d'intervention [procédure nette]
- délai maximal de réponse aux mails / téléphone
- délai maximal d'intervention pannes
- Coût contrat maintenance
- Coût pièce et intervention dans le cadre de l'extension de garantie ou contrat de maintenance

Signature de l'entreprise