

Direction Générale des Services
UFR SMBH
Direction des Affaires Juridiques

Pouvoir Adjudicateur :
Université Sorbonne Paris Nord
99, Avenue Jean Baptiste Clément
93430 VILLETANEUSE

**Le projet PRISMEVAL : une initiative de recherche en
biomécanique portée par l'Université Sorbonne Paris Nord**

Cahier des clauses techniques particulières (C.C.T.P)

CCTP n° 2026.AOOF000010

Etendue de la consultation :

Le présent marché est passé sous la forme d'une procédure d'appel d'offres ouvert passé en application des articles R2124-1, R2131-16, R2131-17, R2151-1 à R2151-5, R2161-1 à R2161-5, R2162-1 à 6, R2162-13 et R2162-14 du Code de la commande publique.

SOMMAIRE

I.	Origine du besoin (descriptif/présentation du projet).....	3
II.	Justification technique.....	3
III.	Caractéristiques de l'équipement souhaité.....	4
IV.	Lieu de livraison souhaité.....	5
V.	Validation de la prestation	9

I. Origine du besoin (descriptif/présentation du projet)

Le projet PRISMEVAL est financé par le programme « Equipements et plateformes scientifiques et technologiques - Sésame 2025 » porté par la région Ile-de-France. PRISMEVAL est porté par Delphine Chadeaux, maître de conférences en biomécanique à l'Université Sorbonne Paris Nord. Ses activités de recherche se déroulent à l'Institut de Biomécanique Humaine Georges Charpak (Arts et Métiers ParisTech). Delphine Chadeaux est également directrice de l'Institut Fédératif de Recherche et de Formation PROSPECTIVE, en charge de développer des activités autour de l'inclusion, du sport et du handicap en relation avec le Pôle de Référence Inclusif Sportif Métropolitain (PRISME).

Le PRISME est une structure sportive innovante pensée pour pouvoir accueillir la totalité des publics dans une logique inclusive (handicaps moteurs, sensoriels, psychiques, déficiences intellectuelles, perte d'autonomie, accidentés, seniors, etc.). Sur 12 500 m², le PRISME offre ainsi un centre sportif et de loisirs, un pôle ressources et formation et un pôle de recherche visant à renforcer l'accès au sport des personnes qui en sont les plus éloignées, en développant des méthodes d'évaluation et d'entraînement personnalisées et en optimisant le matériel et les appareillages.

Des activités de recherche pluridisciplinaires seront conduites au sein du PRISME, en particulier au pôle Recherche et Développement (R&D). Ce pôle R&D, d'environ 600 m² sera équipé de matériels expérimentaux permettant de développer des analyses poussées de la pratique sportive et parasportive.

II. Justification technique

Afin de répondre aux objectifs scientifiques précédents, le pôle R&D dédié à l'évaluation de la condition physique, de l'appareil locomoteur, et plus généralement à la rééducation, la réathlétisation et la prévention doivent être équipés en conséquence de matériel innovant. Ce document présente le besoin en matériels de mesure destinés à l'évaluation biomécanique et fonctionnelle. D'autres équipements complémentaires à visée physiologique (par exemple, pour l'évaluation du coût métabolique ou des fonctions cardio-respiratoires) sont acquis par ailleurs.

L'évaluation biomécanique requiert la mesure simultanée des efforts que le pratiquant applique sur le sol et de ses mouvements. Des plateformes de force sont généralement intégrées dans le sol afin de mesurer localement les efforts appliqués sur le sol lors d'une performance motrice. La mesure tridimensionnelle du mouvement est quant à elle réalisée à l'aide de systèmes opto-électroniques permettant la capture du mouvement à partir de caméras infra-rouge. Si ces systèmes se retrouvent communément dans les laboratoires de biomécanique, l'originalité de notre pôle R&D réside dans la dimension du système envisagé. En effet, alors que rares sont les plateformes technologiques permettant l'évaluation de la motricité sur plus de 15 mètres de long, celle-ci exploitera toute la longueur du plateau sur près de 50 mètres. Ce plateau offre un espace pérenne, suffisamment grand pour accueillir tous types de pratiques, impliquant une prise d'élan (e.g. course appareillée), l'envoi de projectiles (e.g. service au tennis), voire plusieurs participants (e.g. escrime, rugby fauteuil, cécifoot).

Dans un premier temps, des plateformes de force aux positions ajustables par un système de glissières seront installées. Ce nombre augmentera au fil des développements ultérieurs du pôle R&D. Ces plateformes devront être à la fois suffisamment grandes pour qu'un participant en pleine course puisse facilement poser chaque pied sur une plateforme distincte, et suffisamment petites pour éviter deux appuis simultanés sur une même plateforme lors de la marche. L'intérêt d'un positionnement ajustable des

plateformes réside notamment dans l'adaptation aux spécificités des pratiquants et des pratiques. En effet la longueur d'une foulée étant grandement impactée par l'utilisation de lames de course ou le niveau de performance, il sera fondamental d'ajuster l'écart entre les plateformes à chaque pratiquant. Il en va de même concernant les distances réglementaires entre deux participants, par exemple, en escrime fauteuil.

Concernant l'évaluation cinématique, c'est-à-dire la mesure de l'organisation segmentaire du corps humain au fil du mouvement, un système optoélectronique d'une vingtaine de caméras sera installé afin de couvrir la majeure partie du volume de recherche. Les systèmes récents permettent de surcroît de sortir ce système du laboratoire et d'aller au plus proche de la pratique sportive ou parasportive réaliste en s'installant en extérieur ou en milieu aquatique. Cette approche permettra de réaliser, si nécessaire, des expérimentations directement dans les espaces de pratique sportive du PRISME.

Le plateau d'évaluation biomécanique jouxte l'espace d'évaluation fonctionnelle. Cet espace permettra de compléter l'évaluation biomécanique réalisée lors de la réalisation d'une tâche motrice précise par l'évaluation fonctionnelle de l'appareil locomoteur. Pour cela, l'espace sera doté d'un dispositif isocinétique afin de mesurer la force musculaire générée lors d'un mouvement articulaire ciblé, à une vitesse et une amplitude angulaire prédéfinies. Au-delà de l'évaluation, un tel appareil voit des applications en rééducation, réathlétisation et prévention des blessures en accord avec les besoins des usagers du PRISME.

En synthèse, le pôle R&D sera équipé de matériel de pointe faisant référence aujourd'hui en analyse biomécanique et fonctionnelle de l'appareil locomoteur. L'association synchronisée de ces matériels est cruciale pour alimenter des modèles qui donneront accès aux efforts et contraintes mécaniques appliqués aux articulations. Enfin, outre les aspects technologiques, PRISMEVAL aura un caractère unique par sa proximité entre les usagers du PRISME, présentant tous types de spécificités (e.g sportif de haut-niveau, handicap locomoteur, handicap mental, handicap sensoriel), le pôle médical, et les lieux de pratique sportive et parasportive.

III. Caractéristiques de l'équipement souhaité

L'ensemble de l'équipement pourra être utilisé dans un contexte de recherches cliniques, nécessitant l'usage de systèmes approuvés comme dispositif médical. Pour des raisons de communication et de synchronisation entre les équipements, utilisés généralement simultanément, nous souhaitons qu'un seul fournisseur propose l'ensemble des équipements formant ce lot. La liste de ces équipements est présentée ci-dessous.

1) **Six plateformes de force aux positions ajustables par un système de glissières/rails afin de couvrir un maximum de pratiques sportives et parasportives.** Ces plateformes devront être intégrées à une fosse dédiée à cet effet au centre de la pièce (voir description et photos dans la section suivante). Les dimensions attendues des plateformes sont de 600 par 900 mm, mais pourront être ajustées si besoin. Les systèmes de conditionnement des signaux et les câbles (env. 20 m de long) nécessaires pour relier l'ensemble des plateformes à la station d'acquisition des données sont également requis.

2) **Un système de capture du mouvement de vingt caméras optoélectroniques permettant de couvrir la majeure partie du volume de pratique, englobant notamment les six plateformes de force précédemment mentionnées.** Compte tenu des dimensions de l'espace expérimental, il sera important que les caméras (équipées a minima d'un capteur 8 MP / 500 Hz) possèdent une focale réglable, permettant d'ajuster leur champ de vision en fonction du volume de capture souhaité. De même, du fait de la situation dans un complexe sportif, potentiellement bruyant, sujet à des vibrations (la salle est à proximité de la salle de musculation) ainsi qu'à des modifications fréquentes de températures pouvant affecter la qualité des données enregistrées, il est attendu que les caméras garantissant une qualité de données optimale en permanence. Les caméras devront ainsi être capables de détecter des micro-

variations susceptibles d'invalider leur calibrage préalable, et de suivre la température en temps réel. Des indicateurs visuels et/ou sonores associés dans le logiciel sont souhaités. Il convient de préciser que chaque caméra doit être alimentée et connectée individuellement depuis un switch et non en série, afin qu'une éventuelle panne d'une seule caméra n'affecte pas l'ensemble du système. Les caméras seront installées sur un système de fixation de type portique afin d'en faciliter le positionnement à l'aide de pinces et de têtes rotative. Le portique permettra également de découpler les caméras des murs pour éviter les parasites de type vibrations qui risqueraient de compromettre le calibrage des caméras. Le système pouvant être amené à être déplacé au sein du bâtiment PRISME, le portique doit pouvoir se démonter/remonter et se déplacer facilement. Les systèmes de conditionnement des signaux et les câbles (env. 20 m de long) nécessaires pour relier l'ensemble des plateformes à la station d'acquisition des données sont également requis.

3) Deux caméras vidéo synchronisées avec le système de capture du mouvement.

4) La suite logicielle et les licences requises pour une collecte synchronisée des données issues des plateformes de force et du système de capture du mouvement (incluant les caméras vidéo). A noter qu'une compatibilité (ou a minima une synchronisation possible un déclenchement simultanée des systèmes) avec des capteurs d'ores-et-déjà acquis est attendue : centrales inertielles Blue Trident, centrales inertielles Xsens et système électromyographique Noraxon. La possibilité d'intégrer également des capteurs de type microphones ou accéléromètres piezoélectriques est envisagée. La proposition de cette option n'est néanmoins pas obligatoire.

5) Un dispositif d'évaluation et de rééducation fonctionnelle isocinétique homologué CE Medical intégrant un module dédié à l'analyse du rachis en position debout. A nouveau, il est attendu un dispositif approuvé pour des utilisations en contextes cliniques et de recherche, avec une capacité de force atteignant les 720 N.m en mode concentrique et excentrique, ainsi qu'une capacité de vitesse de 500°/sec. Une correction active de gravité est souhaitée sur toute l'amplitude du mouvement, permettant de compenser le poids du segment corporel travaillé (bras, jambe...) afin que la charge appliquée corresponde exactement à la résistance musculaire et non à la gravité. La machine devra aussi permettre des mouvements rapides et explosifs, suivant la vitesse maximale volontaire du patient. Ce mode sera utilisé pour les tests de puissance musculaire et d'évaluation de la réactivité neuromusculaire.

La machine devra enfin pouvoir être programmée pour exécuter des mouvements à vitesses variables sur l'ensemble de l'amplitude (constante, croissante ou décroissante), afin de reproduire des conditions fonctionnelles ou sportives spécifiques.

6) Pour tous ces équipements : l'installation, la mise en fonctionnement, la formation (notamment concernant la bonne utilisation du dispositif isocinétique) et un forfait de maintenance.

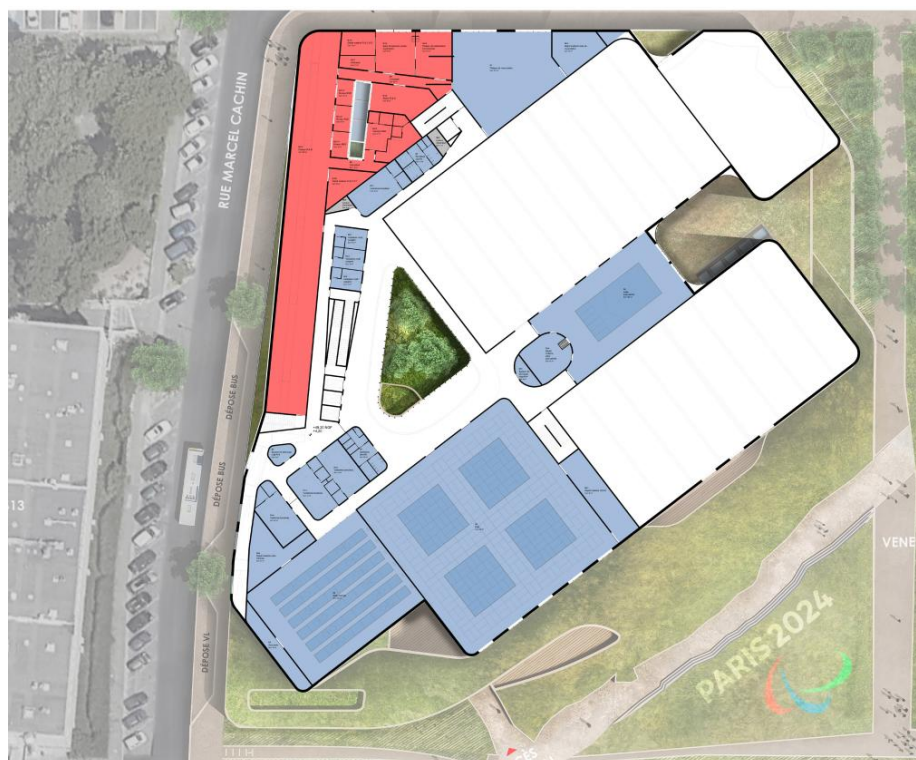
IV. Lieu de livraison souhaité

Le plateau R&D se situe au premier étage du PRISME, à Bobigny. Un monte-charge se situe à proximité, et l'accès aux salles se fait par des portes à double battant.

La salle où le matériel d'analyse du mouvement sera installé fait environ 10 m de large pour 40 m de long. Une fosse de 1135 mm de large a été creusée sur la longueur du plateau en prévision de

l'installation des plateformes de force. La largeur de la fosse correspond à deux fois la largeur d'une plateforme de force de 600 mm, plus 15 mm de marge. La profondeur de la fosse est de 130 mm. Trois tranchées de section carrée de 120 mm de côté sont également creusées perpendiculairement à la fosse, en trois endroits du plateau, afin de faire passer les câbles. Le dispositif d'évaluation et rééducation fonctionnelle isocinétique sera installé sur le plateau de réadaptation fonctionnelle, à proximité (voir les plans ci-après).

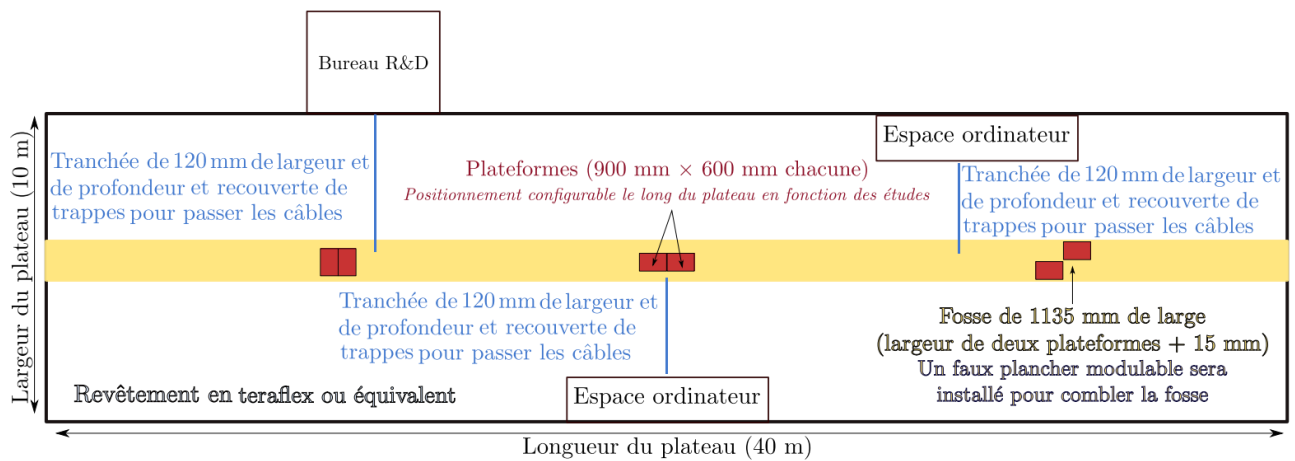
Les figures et photos suivantes illustrent le plan général de l'espace R&D, ainsi qu'un zoom sur l'espace R&D en rouge, une photo de la salle, ainsi qu'un schéma de la fosse réalisé lors de la construction du bâtiment.



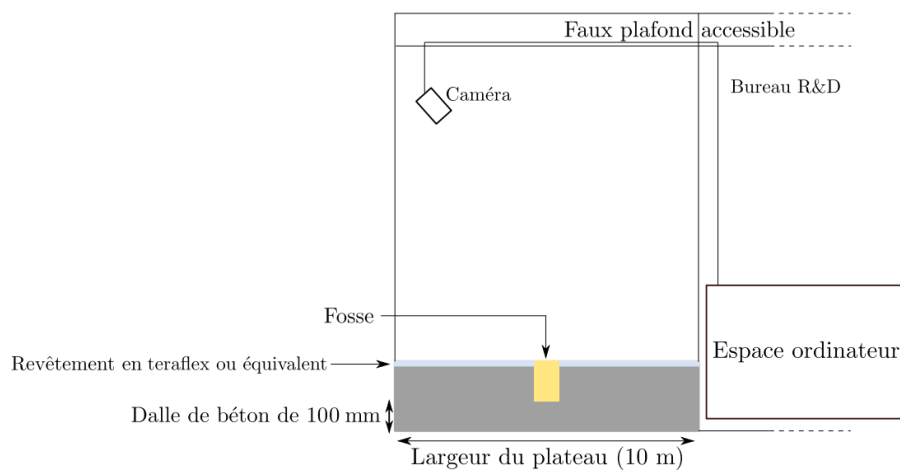




Vue du plateau R&D du dessus



Vue du plateau R&D du côté (largeur)



V. Validation de la prestation

Des tests seront effectués sur les équipements, une fois livrés et installés, préalablement à la validation de la prestation.

Les tests réalisés sur les équipements prendront principalement la forme d'analyse du mouvement usuelle, dans une configuration de locomotion, et d'évaluation isocinétique, sur sujet sain.