



CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES
(CCTP)
(Commun à tous les lots)

Personne publique :

UNIVERSITE DE RENNES
Pôle des Achats
2 rue du Thabor
CS 46510
35065 RENNES CEDEX

Objet de la consultation :

Acquisition d'une machine de dépôt assisté par plasma généré par induction et son installation au réseau de gaz de l'IETR et acquisition d'un spectrophotomètre (CPER CyMoCod Phase 4B)

établi en application du code de la commande publique
(ordonnance 2018-1074 du 26 novembre 2018 et décret 2018-1075 du 3 décembre 2018)

La procédure de consultation utilisée est la suivante :
Appel d'offres ouvert européen en application du code de la commande publique
Articles L. 2124-2, R. 2124-2 1° et R. 2161-2 à R. 2161-5

Référence Consultation : 2025001AOF

Version établie en date du 24/01/2025

1.1 - Contexte de l'opération

Description rapide PF NanoRennes, CF. <https://www.ietr.fr/plateforme-nr-nanorennnes>

1.2 - Contexte et objectif scientifique

Dans le cadre de la phase 4 du projet, NanoRennes compte s'équiper d'un réacteur PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition). Cet équipement permettra de déposer des couches minces de qualité électronique sur des substrats rigides ou souples et notamment sur des nouveaux polymères issus de synthèses biosourcées pouvant à terme remplacer dans certains cas des substrats tel que le kapton, PEN PET... Cet équipement confortera le positionnement à l'avant-garde de l'IETR sur les technologies de fabrication d'électronique flexibles et plus notamment encore sur les circuits électroniques utilisant des substrats et des matériaux biosourcés pour diminuer l'impact environnemental de la fabrication des dispositifs à semi-conducteur.

1.3 - Equipement

Dans le cadre de la consolidation des plateformes, une partie des moyens du CPER CYMOCOD sera attribuée à la plateforme NanoRennes. La première phase de ce projet concerne l'acquisition d'un système de dépôt assisté par plasma, pour fabriquer des dispositifs électroniques, des systèmes rayonnants et des microcapteurs.

Cet équipement est à installer à l'IETR, au sein de la plateforme NanoRennes sur le site de l'université de Rennes1.

Il sera donc dédié à la réalisation de systèmes complexes multicouches en Silicium ou sur d'autres types de substrats dédiés à l'électronique souple basse température.

L'acquisition de cet équipement contribuera nettement à l'amélioration de nos dispositifs de détection (sensibilité, stabilité, seuil de détection, ...) et permettra d'intensifier la diversification des applications vers des domaines porteurs tels que l'environnement, par l'étude de la qualité de l'eau et de l'air, les technologies pour la santé et dispositifs médicaux implantables (orthopédie, rééducation, cardiologie).

Ces applications nécessiteront des collaborations avec de nombreuses unités de l'université de Rennes 1 dans les domaines Math-STIC (FOTON, LTSI), Sciences De La Matière (IPR et ISCR), Vie Agro Santé (IGDR, IRSET), l'université de Nantes (Institut de Matériaux de Nantes) ainsi que des PME.

De part la nature de l'équipement, l'opération comprendra 2 lots (1 et 2). Un premier lot explicitera la machine en elle-même, tandis qu'un deuxième lot sera dédié aux infrastructures de gaz nécessaire au fonctionnement de l'équipement de PECVD (hook-up) et s'adressera plus spécifiquement aux entreprises spécialisées dans les installations de conduite de gaz dangereux.

1.4 - Lot n°1 : réacteur PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)

Rappel des besoins à satisfaire

Dans le cadre de la phase 4B du projet, NanoRennes compte s'équiper d'un réacteur PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition). Cet équipement permettra de déposer des couches minces de qualité électronique sur des substrats rigides ou souples et notamment sur des nouveaux polymères issus de synthèses biosourcées pouvant à terme remplacer dans certains cas des substrats tel que le kapton, PEN PET... Cet équipement confortera le positionnement à l'avant-garde de l'IETR sur les technologies de fabrication d'électronique flexibles et plus notamment encore sur les circuits électroniques utilisant des substrats et des matériaux biosourcés pour diminuer l'impact environnemental de la fabrication des dispositifs à semi-conducteur.

Mode de fonctionnement général

- Substrats : le système devra s'adapter aux différents substrats utilisés au sein de NanoRennes/IETR, substrat Si et verre de 2 à 6 pouces. Le chargement se fera par le biais d'un système de sas.
- Pompage : Le système possèdera deux étages de pompage primaire et secondaire et devra pouvoir générer des plasmas à basse pression (0.5 Torr) et jusqu'à 2 Torr
- Température et chauffage : Les dépôts devront pouvoir être réalisés avec une température de consigne jusqu'à 300°C.
- Plasmas : Les plasmas seront amorcés par RF (Capacitive Coupled Plasma) , à l'aide de deux générateurs de fréquence différentes
- Gaz : le système devra fournir un cabinet de gaz avec 9 entrées minimum de gaz contrôlées par des débitmètres spécifiques.
- Software : le système devra permettre le contrôle de chaque partie (plasma, gaz, pompage chauffage) de manière indépendante mais aussi sous forme de recette partiellement automatisées. La cinétique de dépôt devra être stable dans le temps.
- Nettoyage : L'enceinte de dépôt devra pouvoir se nettoyer facilement, par plasma ; le recours au nettoyage manuel devra être minimiser le plus possible.
- Recettes : le système devra réaliser des dépôts de couches minces, d'oxyde de silicium, de nitrure de Silicium et de silicium mono/poly/amorphe, il devra aussi être capable de moduler le stress mécanique des couches déposées selon les conditions de dépôts.

Description et spécifications techniques

1.4.1 - Substrats à processor

- Le système devra pouvoir prendre en charge au minimum des plaquettes de 50 à 150 mm, ces substrats seront en silicium ou en verre voir en polymère (compatible avec la T°C de process), ils seront de forme ronde avec méplats ou carrée pour les substrats de verre (50mm). Les épaisseurs de substrat seront comprises entre 200µm et 1mm.
- Ces substrats seront chargés par le biais d'un sas.
- En option l'offre proposera des navettes dédiées au wafer standard de 75mm

1.4.2 - **Pompage**

Le système de pompage comprendra :

- Une pompe turbo-moléculaire compatible gaz corrosifs, Un système type Adixen 500 ou 1600 ou compatible sera préféré pour la pompe turbo moléculaire
- Une pompe primaire sèche compatible avec les gaz de type SiH₄ un système du type Adixen ADP sera préféré. Dans tous les cas l'offre détaillera le type et la marque de pompes utilisées
- Le sas de chargement fera soit appel à une pompe primaire dédiée ou alors utilisera un système de type « by-pass ». L'offre décrira le système retenu
- Des vannes commandées devront pouvoir isoler les différentes parties du pompage (sas, enceinte, primaire seule, primaire + turbo etc.)

1.4.3 - **Température et Chauffage**

- Le système général de régulation de température du porte échantillon doit permettre de garantir une température de dépôt entre 150°C et 300°C.
- Le refroidissement de la pompe sèche, de la pompe secondaire et éventuellement de l'enceinte, si nécessaire, sera assuré soit directement par de l'eau réfrigérée issue du réseau de l'IETR. Soit par du glycol refroidi par un système d'échangeur à plaque en cuivre (glycol/eau réfrigéré) se branchant sur le système d'eau réfrigérée de l'IETR (14°C) et fourni par l'IETR. Toutes les parties du système de refroidissement devront être en cuivre. L'offre décrira le système choisi et le plus adéquat.

1.4.4 - **Plasmas**

- **Le plasma sera alimenté par un générateur RF principal (13.56MHz - 300W)**
- Un deuxième générateur à basse fréquence (300-500KHz) sera fourni dans l'offre pour des dépôts à double fréquence.
- Le réglage de l'accord du plasma devra être possible de façon manuelle et semi ou automatique, par le biais du système de contrôle.
- Les plasmas devront pouvoir être maintenus à partir d'une pression ≥ 0.5 Torr et jusqu'à 2Torr.

1.4.5 - **Gaz**

- Le réacteur sera muni de différentes entrées de gaz relié à des débitmètres à savoir :
SiH₄ non dilué MFC 20sccm minimum à pleine échelle
N₂ 500sccm minimum à pleine échelle
NH₃ 500sccm minimum à pleine échelle
N₂O 500sccm minimum à pleine échelle
Ar 500sccm minimum à pleine échelle
H₂ 500sccm minimum à pleine échelle
PH₃ 25sccm minimum à pleine échelle
B₂H₆ 25sccm minimum à pleine échelle
et CF₄ pour le nettoyage min 300sccm
- L'offre pourra proposer du SF₆ à la place du CF₄
- en option L'offre proposera des débitmètres en mode pulsés à Fmin>0.1Hz.

1.4.6 - Software et contrôle

- Le système de gestion des procédés et des séquences pourra être automatique et supervisé par un PC industriel, via un automate par chargement de recettes. Toutefois, vu la configuration d'installation de la machine **il est primordial** que chaque partie, pompage, chauffage, débit de gaz, puissance RF, **puissent se contrôler isolement** de façon manuelle.
- Le système d'exploitation pourra être du type windows ou linux.
- La machine pourra autoriser l'accès à l'extérieur (Internet) ou le contrôle externe par un logiciel de type Virtual Network Control (VNC).
- Tous les disques d'installation et les licences du système d'exploitation de l'ordinateur ou des logiciels installés nécessaires à l'exploitation de la machine, devront être fournis.
- L'interface de contrôle donnera tous les éléments permettant de suivre les procédés ceci avec différents mode (recette automatique ou paramètres modifiable en temps réel)
- La mise à jour des logiciels de contrôle et de pilotage se fera à titre gracieux pendant au moins cinq ans
- Un système de sauvegarde sera à fournir.
- **En option Pour le suivi de la cinétique de dépôt un système de spectroscopie type OES sera proposé.** Ceci permettant le contrôle de la fin de nettoyage par spectroscopie mais aussi le contrôle interférométrique de l'épaisseur déposée.

1.4.7 - Nettoyage

- Le système devra pouvoir être nettoyée par gravure plasma (RIE-CCP), les plasmas seront à base de N_2O et CF_4 . Le SF_6 pourra éventuellement remplacer le CF_4 pour le nettoyage
- L'enceinte de dépôt devra aussi pouvoir être ouverte facilement pour vérifier son état d'encrassement et auquel cas la nettoyer manuellement
- L'offre devra donner la fréquence de nettoyage nécessaire (en fonction des épaisseur déposées) pour ce qui est des plasmas de nettoyage mais aussi des interventions manuelles dans la chambre de dépôt.
- Les principaux organes susceptibles de s'encrasser devront être démontables et nettoyables ou remplaçables facilement (vanne by pass, vanne de laminage, jauge, hublot, porte et joint de load lock...). L'offre fournira une estimation des calendriers d'intervention de nettoyage ainsi que la nature du nettoyage, en fonction du temps process écoulé (ou épaisseur de dépôt) pour les principales parties susceptibles de s'encrasser.

1.4.8 - Recette de dépôts

Le système devra comporter quelques recettes pré-définies pour la réalisation de dépôts standards. La proposition fournira pour chaque recette les valeurs de cinétique, de stress mécanique et d'uniformité sur 6 pouces. La validité des recettes sera vérifiée lors de la phase de pré-réception en usine. Ces dépôts seront les suivants :

dépôts SiO₂ haute densité, haute tension

- cinétique de dépôt > 20nm/min, uniformité 5% sur 6 pouces
- Tension de claquage sur film d'épaisseur de 100nm BV > 6MV/cm
- indice de réfraction n=1.47 +/- 0.05
- cinétique de gravure dans le BOE 7 :1 @ 20°C <300nm/min

dépôts Si₃N₄ haute densité, haute tension

- cinétique de dépôt > 20nm/min, uniformité 5% sur 6 pouces
- Tension de claquage sur film épaisseur de 100nm BV > 6MV/cm
- indice de réfraction n=1.9 +/- 0.1
- cinétique de gravure dans le BOE 7 :1 @ 20°C <100nm/min

dépôts Si₃N₄ low stress

- cinétique de dépôt > 10nm/min, uniformité 5% sur 6 pouces
- stress mécanique entre -80 et +80 MPa
- indice de réfraction n=1.9 +/- 0.1

procédé de nettoyage de l'enceinte

- Un programme devra plus spécifiquement nettoyer l'enceinte de dépôt avec un mix CF₄/N₂O de préférence. Le SF₆ sera aussi accepté.

Recette de test/purges

- Des recettes de test de maintenances permettront de tester l'étanchéité des lignes de gaz. D'autres recettes effectueront des purges.

Plans d'expériences

- L'offre fournira des données relatives à l'équipement permettant de faire varier le stress mécanique des couches de nitrure selon trois paramètres aux choix du fournisseur parmi (Pression, ratio NH₃/SiH₄, Température, Puissance RF etc...).
- En option l'offre pourra proposer les mêmes données pour les dépôts d'oxyde

Conformalité des dépôts / step coverage

- L'offre fournira des exemples de mesures/observations de conformité pour des dépôts d'oxyde aux conditions choisis (BV >6MV/cm). Les observations se faisant sur une structure type marche, choisie par le fournisseur.

1.4.9 - Réception de l'équipement

Sur site de fabrication : La PRE-RECEPTION sur le site de fabrication vérifiera la fonctionnalité de l'équipement, elle comportera une démonstration et validation des procédés décrits ici et une première formation à la maintenance et à la conduite de la machine ainsi qu'une inspection des organes de pompage et de l'enceinte.

A Nanorennés-IETR : La RECEPTION DEFINITIVE sur le site du NanoRennes-IETR comportera la validation des performances de l'équipement et la fin de la formation à la maintenance et à la conduite de la machine.

1.4.10 - Garantie & Maintenance

Le fabricant fournira une garantie gracieuse pièce et main d'œuvre d'une année.

Un kit contenant des petites pièces de maintenance courantes sera fourni.

Les updates software visant la correction des bugs identifiés seront gratuites pendant au moins 5 ans

Le fabricant proposera un outil de diagnostic gratuit à distance (contrôle par internet)

Le fabricant fournira une documentation en français ou en anglais et assurera une formation incluse dans l'offre de base proposée au titre du présent marché.

Cette formation sera dispensée pour 3 personnes au moins et intégrera les modules suivants :

- la formation au logiciel de programmation des procédés et de planification des tests,
- conduite et maintenance de 1^{er} niveau
 - La pré-réception en usine permettra une première formation à la maintenance et à la conduite de la machine
 - La formation sera complétée lors de la phase de réception définitive au sein de la plateforme NanoRennes-IETR.
- la formation à la gestion des pannes.

Prestations Supplémentaires Événuelles

En option, l'offre pourra proposer des extensions de garanties à +1, 2 ou 3ans et en précisant l'éligibilité de ces garanties.

1.4.11 - Adresse de livraison

IETR Nano rennes Bat 11B campus de Beaulieu 35042 Rennes cedex

La livraison devra avoir lieu au maximum 12 mois après la date de la commande.

1.4.12 - PSE/ Option

PSE 1 : Extensions de garanties +1 année (2 ans au total)

PSE 2 : Extensions de garanties +2 années (3 ans au total)

PSE 3 : Extensions de garanties +3 années (4 ans au total)

PSE 4 : l'offre proposera des navettes dédiées au wafer standard de 75mm

PSE 5 : L'offre proposera des débitmètres en mode pulsés à $F_{min} > 0.1\text{Hz}$.

PSE 6 : Pour le suivi de la cinétique de dépôt un système de spectroscopie type OES sera proposé.

PSE 7 : L'offre proposera les mêmes données pour les dépôts d'oxyde

1.5 - Lot n°2 : Raccord de l'équipement au réseau de gaz de Nanoreennes-IETR

1.5.1 - Réalisation de lignes de gaz

l'offre proposera la réalisation de 10 ligne de gaz d'une longueur comprise entre 7 et 10 m
3 lignes seront dédiées aux gaz dopants type PH_3 , AsH_3 et B_2H_6

1 ligne sera dédiée au SiH_4

1 ligne pour H_2

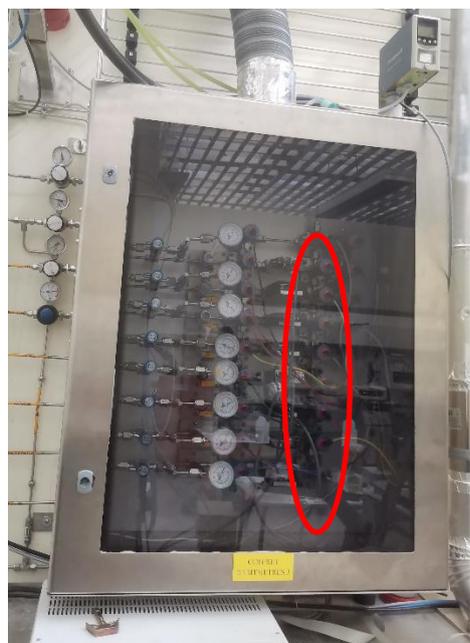
1 ligne pour CF_4

2 lignes pour l'Ar et N_2

2 lignes pour NH_3 et N_2O

La ligne de PH_3 et AsH_3 sera mise en commun juste en amont de l'équipement par le biais d'un raccord en T pour partager la même entrée de débitmètre. L'équipement ne possédant que deux débitmètres dédiés aux gaz dopants.

La plupart de ces lignes partiront d'une armoire ventilée A1 (fig 1) et arriveront sur le cabinet de gaz du réacteur PECVD (fig 2) dont les caractéristiques seront fournies ultérieurement. Un cabinet de gaz intermédiaires C1 possédera des détendeurs pour gaz dangereux. Tandis que en C2 seront positionné les autres détendeurs pour gaz neutres. Les gaz N_2O et NH_3 eux partiront de l'armoire de gaz ventilé A2 aussi déjà présente sur site (fig 1).



A1



A2

Figure 1 armoire ventilée de départ des lignes de gaz (A1), les débitmètres entourés en rouge seront démontés pour laisser des raccords VCR à joint argent. Armoire A2 qui verra partir les lignes de N_2O et NH_3

1.5.2 - Raccord

Les lignes se raccorderont par le biais de raccord VCR à joint argent. L'offre proposera deux version de raccordement à l'armoire A1.

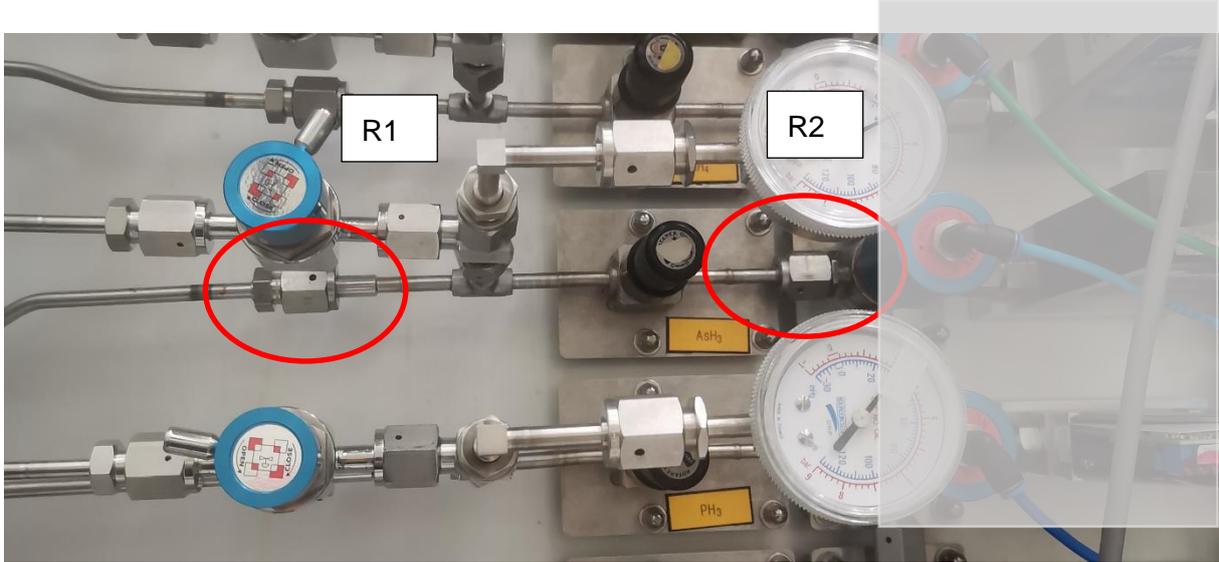


Fig 2 zone de raccord dans l'armoire A1 en gris la partie qui sera démontée et les deux zones de Raccordement R1 et R2.

-**La première version** se raccordera en R1 (fig. 2) et proposera pour les 8 lignes de gaz de l'armoire et raccord en T se branchant en R1 suivi d'une vanne manuelle d'isolement remplaçant celle existantes déjà. Les lignes de gaz se branchent ensuite en R2 pour celle qui partiront de l'armoire A1.

-**la deuxième version** proposera de se raccorder directement en R2 sans démonter les vannes et raccord en T déjà présents.

Le CF4 lui se branchera directement sur une ligne présente à proximité par un raccord en T se greffant sur celle-ci.

1.5.3 - Cabinet de gaz intermédiaire

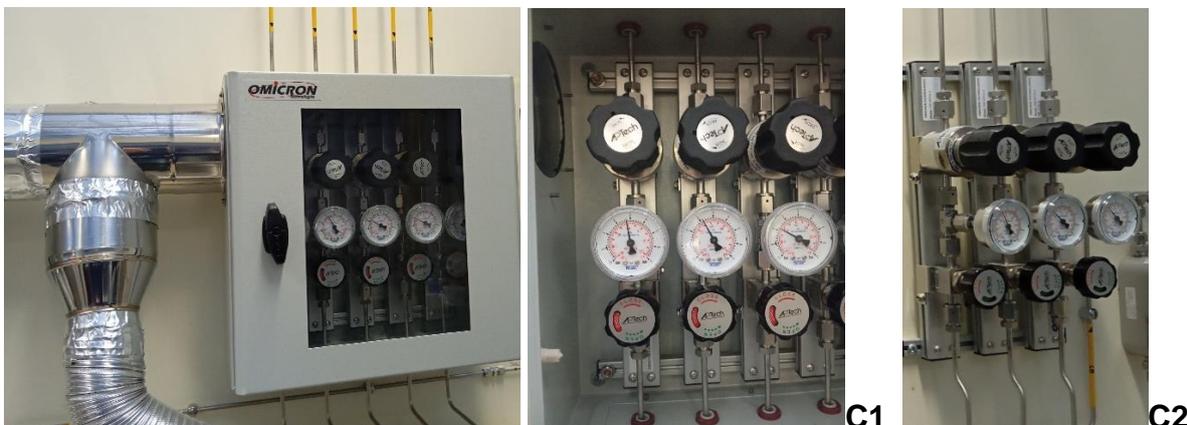


Figure 3 type de coffret C1 ventilé (sous dépression) avec vanne d'arrêt manomètre et détendeur, zone C2 sans coffret.

L'offre fournira deux zones de détente disposant pour chaque gaz

Une première zone C1 sera un cabinet de gaz ventilé (sous dépression) dédié aux gaz dangereux a savoir:

SiH₄-PH₃-AsH₃-B₂H₆-H₂

Ce coffret C1 possédera une vanne d'arrêt, un manomètre ainsi qu'un détendeur, comme décrit en fig 3. La réalisation du circuit d'exhaust se fera à la charge de Nanorenes-IETR

Une zone C2 possédera elle aussi vanne d'arrêt manomètre et détendeur mais sera dédié au N₂ et l'Ar cf Fig3.

La figure 4 permet de visualiser l'emplacement prévu pour les installations de gaz et le raccordement théorique au cabinet de gaz du futur réacteur PECVD.

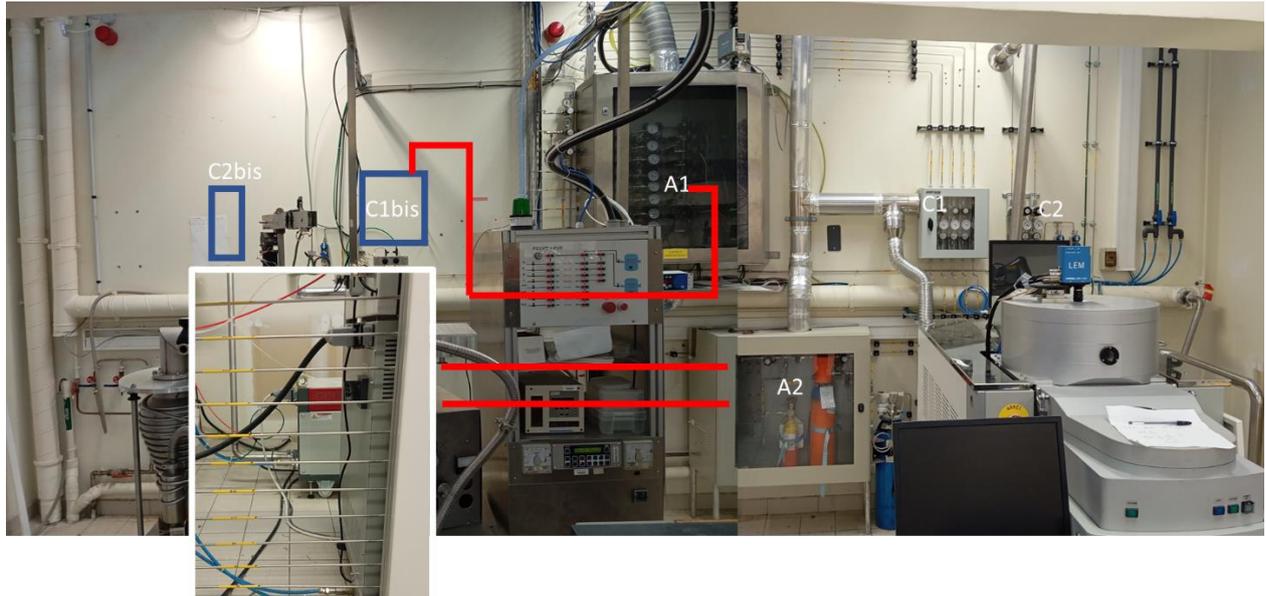


Figure 4. Vu de l'installation existante ICP-CVD à droite et emplacement prévu de l'installation PECVD à gauche du cabinet de gaz ventilé A1.

1.6 - Contacts

Olivier de Sagazan

Christophe Le breton

1.7 - Adresse de livraison

IETR Nano rennes Bat 11B campus de Beaulieu 35042 Rennes cedex

L'installation devra avoir lieu au maximum 12 mois après la date de la commande.

1 - Lot n°3 : Spectrophotomètre double faisceau en mode réflexion puis transmission/absorption en UV-Visible et proche IR pour analyse ciblée de matériaux et biomatériaux

1.1 - Contexte de l'opération

Le projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation du CPER 2021-2026 «CyMoCoD » coordonné par l'Institut d'Électronique et des Technologies du numéRique – IETR, UMR CNRS 6164. Il s'agit plus particulièrement du sous-projet portée par la **plate-forme [NANORENNES](#)** (sous **plateforme [METRO](#)**), Il porte sur l'acquisition d'un **appareil spectrophotomètre double faisceau en mode réflexion (diffuse) puis transmission/absorption en UV-Visible et proche IR pour analyses spectrales et photométriques ciblées de solutions, de films puis de poudres, avec son système de commande et son logiciel associé**. Une telle opération d'acquisition porte sur une durée de recherches et développements sur dix années en termes de projets scientifiques au sein du groupe.

1.2 - Contexte et objectif scientifique

La demande du système **appareil spectrophotomètre de recherche au complet avec son accastillage et son système de commande et logiciel d'analyse** s'inscrit dans le cadre de travaux de recherche et d'innovation couvrant les **dispositifs en optoélectronique et optique résonante** et leurs applications en capteurs et métrologie fine pour le suivi dynamique de substances issues des industries de transformations, puis sur la **mise en forme de nouveaux matériaux/substances (poudres, films solides, liquides)** à étudier et à caractériser sur les aspects spectraux et photométriques, pour des applications en optique non-linéaire et autres.

1.3 - Equipement

Le logiciel d'analyses spectrales et photométries doit pouvoir être installé sur ordinateur portable (que nous possédons). **Une connexion USB est nécessaire. Ce spectrophotomètre de recherche doit permettre les analyses par réflexions diffuses pour poudres, absorption/transmission substances liquides et films/couches fines (solides) sur une gamme de longueurs d'ondes UV/Vis puis NIR. De plus, une possibilité d'analyser d'autres sources externes par fibre optique seraient nécessaires avec utilisation de lampe spécifique calibrée. Enfin une installation/formation doit être prévue.**

Les attendus en termes de spécificités plus précises sont déclinés plus précisément en **bleues** dans le paragraphe suivant **1.4**.

Un tel équipement qui **ne dépasserait pas 65 cm maximum** dans une de ses 3 directions (les autres étant inférieures) doit évidemment pouvoir être transporté puis passé au travers de portes 'classiques'. **Son poids ne dépassera pas typiquement 30 kg**. Le fournisseur précisera le nombre de prises électriques pour l'alimentation en électricité et autres éléments et arrivées nécessaires au fonctionnement de l'appareil spectrophotomètre au complet.

1.4 - Description et spécifications techniques du matériel

L'appareil concerné est un **spectrophotomètre de recherche pour les mesures spectrales et photométriques 'tout en un'**. Il est constitué par définition d'accessoires motorisés, d'optique, sources de calibrage, fibres, sphère intégrante, de détecteurs adéquats,

et de tous les accessoires pour l'analyse en réflexion diffuse, absorption/transmission des échantillons de types poudres, films, liquides ; **son logiciel d'analyses, ses drivers, doit pouvoir être installé sur notre ordinateur portable HP**. Les **spécificités techniques** du spectrophotomètre en termes de détections/analyses/résolutions sont :

- Spectrophotomètre à double faisceau (100% sur échantillon et 100% sur la référence).
- Gamme de détection spectrale en longueurs d'onde UV/Vis/NIR de 190 nm à 3200 nm.
- Détecteur PMT (photomultiplicateur) pour UV/Vis + Détecteur PbS pour NIR.
- Possibilité de travail en réflexion diffuse sur poudre et solides (sphère NIR d'intégration de diamètre 60 mm, volume minimum d'accueil des poudres de 100 mm³) ainsi qu'en transmission diffuse pour film ou solutions turbides :
 - Deux cuves quartz soudées avec bouchons téflon
 - Différents portes-échantillons pour réflexion et transmission diffuse
 - Deux fenêtres quartz *supplémentaires* pour accessoire poudre seraient appréciées.
 - Un bloc de référence Spectralon supplémentaire comme référence serait apprécié
- Lampe visible halogène + lampe UV Deutérium.
- Large gamme spectrale d'étude (190 à 3200 nm).
- Bande passante ; 0.1 nm (min) à 10 nm (max).
- Bonne précision de longueur d'onde et répétabilité.
- Gamme photométrique dynamique -4 à 4 (UV/Vis) -3 à 3 (NIR), gamme de linéarité.
- Demande des précisions photométriques puis sensibilité à donner.
- Par montage adapté et associé à un fibrage optique, avoir la possibilité d'analyser des sources lumineuses externes qualitativement. L'utilisation de sources lumineuses visibles calibrées pour des analyses quantitatives serait appréciée. Nous souhaitons un programme dédié à l'étude des luminances (ou 'luminous colors') qui permet d'automatiser le transfert des mesures photométriques en standard ou normes de couleurs.
- Existence connexion USB et reconnaissance automatique des accessoires.
- Logiciel d'acquisition de données (drivers et software) pour ordinateur portable (ordinateur que nous possédons déjà). Ce logiciel permettra la validation spectro/calibrage automatique. (ce logiciel fourni avec possibilité multiposte sans nécessité d'une seconde licence serait appréciée).
- Possibilité d'exporter en .txt, .csv.
- Demande des coûts des lampes Deutérium et halogène en terme de consommable à donner.

1.5 - Recette des équipements

La recette s'effectuera sur site IETR CNRS à l'issue de la livraison.

1.6 - Installation et formation

Tout d'abord une livraison en sécurisant **l'appareil spectrophotomètre de recherche** et ses optiques/détecteurs avec ensuite **une installation/formation prévue, puis un lien par mail avec le fournisseur retenu pour l'aide si besoin à l'utilisation** assurée sur site par le chercheur Bruno Bêche de l'IETR CNRS.

L'équipement devra être livré dans un délai de 6 mois maximum après émission de la commande.

Le lieu de livraison est :

**Université de Rennes 1, Campus Beaulieu, bât. 11B
35042 RENNES cedex - FRANCE**

1.7 - Evolutivité

Pas d'évolutivité nécessaire à la vue des utilisations visées dans le cadre des projets scientifiques.

1.8 - Garantie & Maintenance

Garantie de un (1) an sur ce type d'appareil

1.9 - Contacts

[Bruno BÊCHE](#), [IETR](#) CNRS 6164, bruno.beche@univ-rennes.fr

1.10 - PSE/ Option

PSE 1 : Extensions de garanties +1 année (2 ans au total)

PSE 2 : Extensions de garanties +2 années (3 ans au total)

2 - Lot n°4 : Chaine de métasurfaces intelligentes reconfigurables avec logiciel de pilotage

2.1 - Contexte de l'opération

Le projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation du CPER 2021-2026 «CyMoCoD » coordonné par l'Institut d'Électronique et des Technologies du numéRique – IETR, UMR CNRS 6164. Il s'agit plus particulièrement du sous-projet portée par la plate-forme Objets Connectés.

2.2 - Contexte et objectif scientifique

L'objectif est de développer une plateforme de mesure permettant de caractériser les objets connectés en termes de consommation énergétique et de sécurité, notamment sur le plan électromagnétique. La plateforme repose sur le pilotage de modules radio-logicielle type USRP permettant l'acquisition et la génération de signaux ultra large bande en multivoies, ainsi que tout le matériel nécessaire au positionnement automatisé de l'objet sous test, les équipements RF en termes de sondes et de câbles de mesure, la station de pilotage à très haut débit (100 Gbit/s) et les métasurfaces reconfigurables permettant la focalisation des ondes sur l'objet connecté sous test.

2.3 - Equipement

Cet appel porte sur l'achat de surfaces intelligentes reconfigurables permettant de focaliser les signaux générés en multivoie sur l'objet connecté sous test. Cet équipement permettra à la fois d'améliorer le rapport signal à bruit des attaques par écoute électromagnétique mais également d'étendre la portée des attaques par déni de service ou d'injection de fautes sur les objets connectés.

2.4 - Description et spécifications techniques du matériel

Élément de base

- **4x surfaces intelligentes reconfigurables (RIS) fonctionnant autour de 3.6 GHz**
 - Fréquence de fonctionnement autour de 3.6 GHz
 - Environ 60 pixels par RIS
 - Double polarisation H et V par pixel
 - Interface USB
 - Logiciel de contrôle en Python

Prestations supplémentaires éventuelles (PSE)

- **PSE 1 : 2x surfaces intelligentes reconfigurables (RIS) fonctionnant autour de 3.6 GHz**
 - Fréquence de fonctionnement autour de 3.6 GHz
 - Environ 100 pixels par RIS
 - Double polarisation H et V par pixel
 - Interface USB
 - Logiciel de contrôle en Python

- **PSE 2 : 2x surfaces intelligentes reconfigurables (RIS) fonctionnant autour de 5 GHz**
 - Fréquence de fonctionnement autour de **5 GHz**
 - Environ 100 pixels par RIS
 - Double polarisation H et V par pixel
 - Interface USB
 - Logiciel de contrôle en Python
- **PSE 3 : Extension de garantie d'une année supplémentaire (soit 2 années au total).**

2.5 - Livraison et Installation

L'appareil devra être livré dans un délai de 12 semaines après réception de la commande.
Le lieu de livraison est :

**IETR,
Université de Rennes 1, Campus Beaulieu, bât. 11D
35042 RENNES cedex – France**

2.6 - Garantie & Maintenance

L'appareil sera garanti pour une durée minimale d'une année.

2.7 - Contacts

François Sarrazin

3 - Conditions communes à chacun des lots

3.1 - Démonstration des équipements

Dans le cadre de l'analyse des offres et suivant la possibilité de formuler des demandes de précisions techniques, selon la complexité des matériels concernés, l'Université se réserve la possibilité de demander des démonstrations de tout ou partie des équipements figurant dans la proposition des candidats les mieux-disants.

Cette démonstration pourra se faire soit au sein des laboratoires de l'IETR ou dans des locaux extérieurs à l'Université de Rennes 1 : locaux du candidat ou sur tout autre site désigné par le candidat, par exemple un site d'exploitation d'un client où sont installés ces mêmes matériels. L'ensemble des frais induits par cette opération et pour la mise œuvre de cette démonstration, frais de déplacements des agents de l'Université compris, seront intégralement à la charge du candidat. Le matériel en démonstration sera par ailleurs strictement identique au modèle proposé dans l'offre soumise par le candidat.

3.2 - Recette des équipements

La recette des équipements sera effectuée sur site par le candidat, et se fera sur la base d'un étalonnage en réflexion et transmission en configuration 2 ports actifs, de la vérification du bilan de liaison après étalonnage, et de la mesure de circuits.

Les antennes et/ou circuits utilisés, ainsi que le recours à tout équipement additionnel, seront avertisés d'un commun accord.

A l'issue de la phase installation-vérification un PV de recette / réception établi par le laboratoire sera adressé au titulaire du marché.

3.3 - Evolutivité de l'équipement objet de l'appel d'offres

A titre d'informations et sans valeur contractuelle, les prix unitaires et remise potentielle pourront être explicités pour chaque équipement nécessaire à l'évolution des systèmes et chaînes de mesures objets du présent appel d'offres. De même, les possibilités d'extensions de garanties et de maintenance pourront être exposées et budgétisées pour cette évolution. Enfin les documentations techniques relatives à ces extensions seront fournies.

3.4 - Service après-vente, maintenance et calibrage

Les candidats donneront des informations concernant les services en charge des opérations de maintenance et calibrage :

- localisation(s) du/des service(s) de maintenance pour les dysfonctionnements mineurs et majeurs.
- contacts pour les questions techniques software et hardware.

La garantie de base du matériel sera au minimum d'un an pièce et main d'œuvre (sauf mention spécifique propre à chacun des lots et à l'exception des extensions supplémentaires optionnelles décrites pour chacun des lots).

Les délais de dépannage ne pourront dépasser 4 semaines, temps de transport inclus.

Les candidats préciseront à titre d'information l'organisation de leur SAV :

- Le personnel (nombre, localisation)
- Le taux horaire d'intervention hors contrat
- Les frais fixes divers d'intervention
- Les délais contractuels d'intervention
- Les horaires d'intervention
- Les horaires de disponibilité de la hotline

Les candidats devront également chiffrer et détailler la maintenance courante en précisant les fréquences d'intervention, le temps d'immobilisation de l'appareil et autres informations relatives à la maintenance.

Les candidats préciseront leurs engagements concernant la disponibilité des pièces détachées du système concerné (durée, délais de livraisons ...).

Il est attendu du pouvoir adjudicateur un support technique de qualité et des réponses en hotline rapides et précises (délai de réponse : quelques heures), dépannage sous 48h sauf cas de grosses pièces nécessitant un délai d'approvisionnement.

3.5 - Livraison et installation du matériel

Le délai de livraison du matériel n'excédera pas X semaines.

A réception du matériel sur site, une période d'essais de 4 semaines sera mise à profit pour effectuer la recette de l'équipement et la validation de la livraison.

Adresse de livraison des équipements :

**IETR,
Université de Rennes 1, Campus Beaulieu, bât. 11D
35042 RENNES cedex - FRANCE**

4 - Synthèse des offres

Une synthèse des offres sera rédigée prenant en compte les caractéristiques techniques de l'équipement, son évolutivité, le SAV, ainsi que la proposition financière.

Sauf mention explicite spécifiques à chaque lot, la règle de notation sera basée sur les ratios :

- 60% pour les caractéristiques techniques des équipements objets de cet appel d'offres, et services associés (SAV, formation, délais etc.)
- 40% pour la partie financière (base et variantes supplémentaires étudiées à périmètre égal)

5 - Contact

Pour des compléments d'informations contacter :

Laurent Le Coq

IETR,

Université de Rennes 1, Campus Beaulieu, bât. 11D

35042 Rennes cedex

tél. : +33 2 23 23 65 26

Email : francois.sarrazin@univ-rennes.fr ; laurent.le-coq@univ-rennes1.fr