



**Acquisition d'un système de bras robotisé,  
d'instrumentation électronique,  
radiofréquence et hyperfréquence à haute  
puissance pour la mesure d'antennes pour  
l'Institut d'Electronique et des Technologies  
du numéRique (IETR) de Rennes**

**Cahier des Clauses Techniques Particulières**

VERSION en date du 05/06/2025

-

**Affaire N° 2025032AOF**

# Table des matières

1	Contexte de l'opération	5
1.1	Présentation du projet CPER CyMoCoD (lots n°1 à n°6)	5
1.2	Présentation du projet CPER SpaceTechDroneTech (lot n°8)	6
1.3	Présentation du projet CPER Mat&Trans (lot n°9)	8
1.4	Plates-formes technologiques	9
2	Conditions communes à chacun des lots	9
2.1	Démonstration des équipements	9
2.2	Recette des équipements	9
2.3	Evolutivité de l'équipement objet de l'appel d'offres	9
2.4	Service après-vente, maintenance et calibrage	9
2.5	Livraison et installation du matériel	10
2.6	Synthèse des offres	10
2.7	Contact général	11
3	Lot n°1 : Système de bras robotisé pour la mesure d'antennes	12
3.1	Contexte du projet	12
3.2	Plateforme technologique M <sup>2</sup> ARS	12
3.3	Présentation du projet et objectif scientifique	12
3.4	Equipement	13
3.5	Description et spécifications techniques du matériel	13
3.6	Prestations Supplémentaires Eventuelles	15
3.6.1	Prestations Supplémentaires Eventuelles de l'équipement de base	15
3.6.2	PSE 21 : Fourniture d'un bras robotisé supplémentaire pour la mesure d'une sphère de 500 mm de diamètre, hors chambre anéchoïque	16
3.6.3	Prestations Supplémentaires Eventuelles du bras robotisé supplémentaire	19
3.7	Démonstration, recette, documentation.....	20
3.7.1	- Démonstration des équipements	20
3.7.2	Visite avant réponse à l'appel d'offre	20
3.7.3	Recette des équipements	20
3.7.4	Documentation	21
3.8	Evolutivité de l'équipement objet de l'appel d'offres	21
3.9	Service après-vente, maintenance et calibrage	21
3.10	Livraison et installation du matériel	21
3.11	Synthèse des offres	22
3.12	Jalons de facturation	22
3.13	Contact pour ce lot	22
4	Lot n°2 : Chaîne de mesure RF déportée	23
4.1	Contexte et objectif scientifique	23

- 4.2 Description et spécifications techniques du matériel23
- 4.3 Contacts27
- 5 Lot n°3 : Système RFSoc FPGA28
  - 5.1 Contexte et objectif scientifique28
  - 5.2 Description de l'équipement28
  - 5.3 Normes et Conformité28
  - 5.4 Garantie & Maintenance28
  - 5.5 Exigences Techniques Supplémentaires29
  - 5.6 Livraison et installation du matériel29
  - 5.7 Contact29
- 6 Lot n°4 : Low Noise Amplifier30
  - 6.1 Contexte et objectif scientifique30
  - 6.2 Description de l'équipement30
  - 6.3 Normes et Conformité31
  - 6.4 Garantie & Maintenance31
  - 6.5 Exigences Techniques Supplémentaires31
  - 6.6 Livraison et installation du matériel31
  - 6.7 Contact31
- 7 Lot n°5 : Power Amplifier32
  - 7.1 Contexte et objectif scientifique32
  - 7.2 Description de l'équipement32
  - 7.3 Normes et Conformité33
  - 7.4 Garantie & Maintenance33
  - 7.5 Exigences Techniques Supplémentaires33
  - 7.6 Livraison et installation du matériel33
  - 7.7 Contact33
- 8 Lot n°6 : Oscilloscope numérique34
  - 8.1 Contexte et objectif scientifique34
  - 8.2 Description de l'équipement34
  - 8.3 Normes et Conformité35
  - 8.4 Garantie & Maintenance35
  - 8.5 Exigences Techniques Supplémentaires35
  - 8.6 Livraison et installation du matériel35
  - 8.7 Contact35
- 9 Lot n°7 : Sources hyperfréquences à haute puissance36
  - 9.1 Contexte de l'opération36
  - 9.2 Contexte et objectif scientifique36
  - 9.3 Description et spécifications techniques du matériel36
  - 9.4 Contacts41
- 10 Lot n°8 : Sondes de mesure pour la caractérisation d'antenne42
  - 10.1 Contexte42
  - 10.2 Présentation générale42
  - 10.3 Description et spécifications techniques du matériel42

- 10.4 Extension de garantie, calibrage et maintenance43
- 10.5 Contact pour le lot43
- 11 Lot n°9 – Mini base compacte.44
  - 11.1 Contexte de l’opération44
  - 11.2 Contexte et objectifs scientifique44
  - 11.3 Description et spécifications techniques du matériel44
  - 11.4 Extension de garantie, calibrage et maintenance47
  - 11.5 Contact pour le lot47

## **1 Contexte de l'opération**

### **1.1 Présentation du projet CPER CyMoCoD (lots n°1 à n°6)**

Cette phase d'investissement s'inscrit dans le cadre de la réalisation du projet CPER 2021-2027 CyMoCoD (Cyber-systèmes et Cyber-sécurité, Mobilités, Connectivités, Données) coordonné par l'Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes – IETR, UMR CNRS 6164, et bénéficie d'un cofinancement l'Union Européenne (dispositif FEDER) et de l'Etat.

L'ambition affirmée du métaprojet CyMoCoD est de contribuer à la Recherche – Formation – Innovation (RFI) dans le domaine des sciences et technologies pour le numérique, en adressant les enjeux conceptuels, théoriques, méthodologiques, technologiques et métrologiques (c.à.d. impliquant des travaux de conception, modélisation, démonstrations de preuves de concepts, et caractérisations expérimentales), à la croisée des sciences, technologies, usages et besoins sociétaux pour une société numérique souveraine, sûre, frugale et durable. CYMOCOD repose sur 3 piliers : (1) Transformation numérique de la société, et transitions sociales, (2) Transitions environnementales et énergétiques, (3) Transition en santé.

L'ambition du métaprojet CyMoCoD est de :

- Soutenir l'excellence des activités de recherche sur le périmètre UniR en Sciences et Technologies pour le numérique, pour contribuer à une société numérique souveraine, sûre, durable et frugale, en cohérence (1) avec les stratégies européennes, nationales et régionales, et (2) avec les stratégies de site (2 Labex, 3 EUR).
- Renforcer les infrastructures de recherche et des plateformes scientifiques dans une démarche inclusive Recherche – Formation – Innovation (RFI) inter-unités et en complémentarité avec l'écosystème numérique

CyMoCoD repose sur 3 piliers : (1) Transformation numérique de la société, et transitions sociales, (2) Transitions environnementales et énergétiques, (3) Transition en santé.

Il est organisé en 3 programmes thématiques disciplinaires et interdisciplinaires regroupant 49 sous-projets scientifiques :

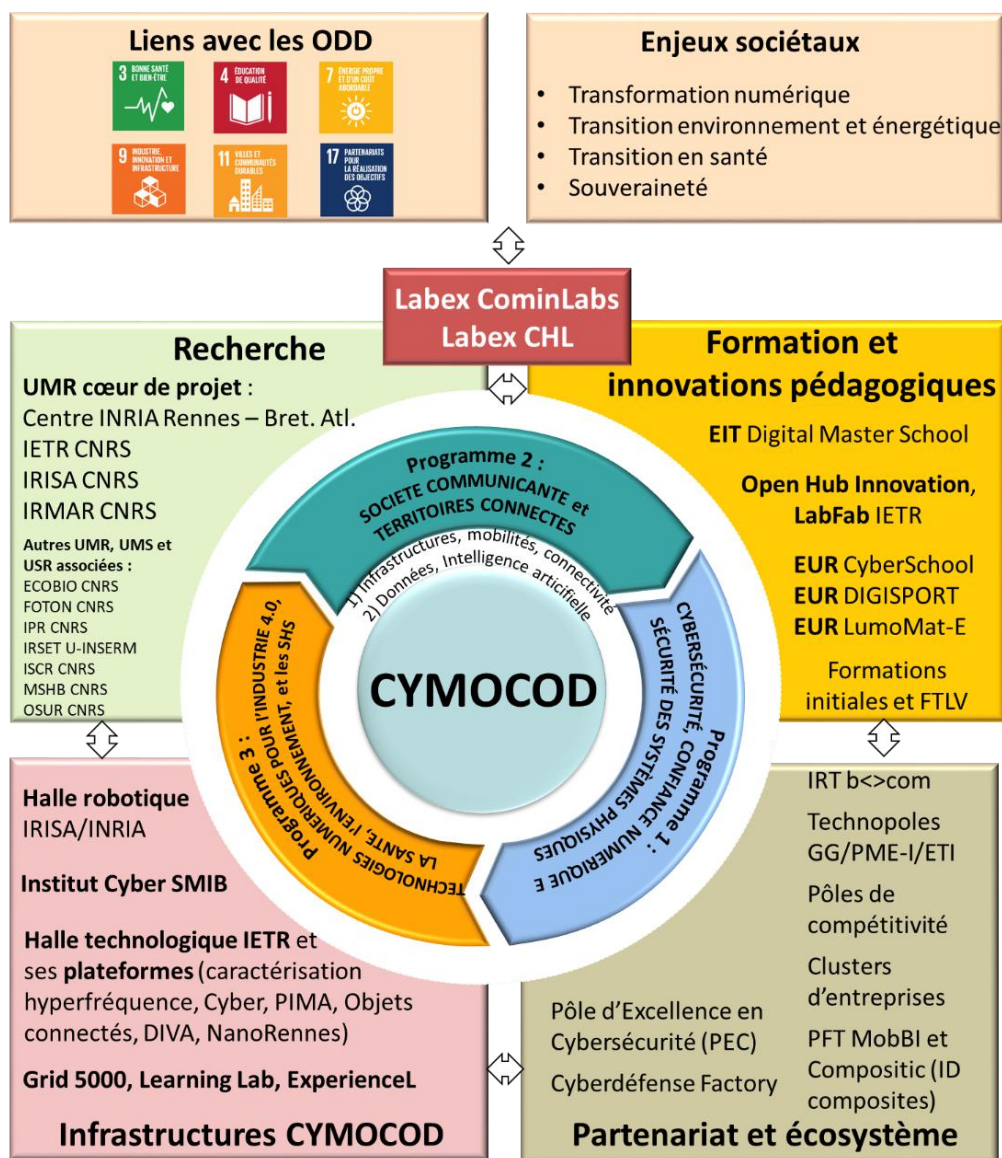
- Programme RFI-1 : Cyber-systèmes, Cyber-sécurité, Confiance numérique, et Sécurité des systèmes physiques. Ce programme inclut le Centre de Cyber-sécurité Rennes-Bretagne SMIB « Sécurité Made In Breizh ».
- Programme RFI-2 : Société communicante et territoires connectés. Il comporte deux axes principaux : Axe 1 - Infrastructures, mobilités, et connectivité ; Axe 2 - Données, Images, et Intelligence Artificielle (IA).
- Programme RFI-3 : Technologies numériques pour l'industrie du futur, la santé, l'environnement, les sciences humaines et sociales, et les pédagogies innovantes.

La réalisation des 3 programmes thématiques de CyMoCoD (donc de ses 49 sous-projets scientifiques) s'appuie sur 3 types d'infrastructures complémentaires et différentiantes, par essence même ouvertes et mutualisées :

- 17 plateformes de recherche et/ou de formation innovante. Cette offre plateformes tient compte (i) des stratégies européennes, nationales et régionales (voir plus loin), (ii) des spécificités territoriales infra- et inter-régionales, (iii) de la cohérence des sites, (iv) des politiques de site et de leur spécialisation, (v) et de la différenciation et complémentarité des investissements, tout en garantissant un impact majeur en termes de création de connaissances, visibilité, attractivité, et innovation, sur les trois piliers RFI. Ainsi, les investissements prévus en support aux 3 programmes RFI reposent sur 3 priorités : (1) Consolidation de 12 plateformes recherche déjà existantes, (2) Mise en place de 3 nouvelles plateformes recherche, (3) Mise en place de 2 nouvelles plateformes pédagogiques ou mixtes.
- Le Centre de Cyber-sécurité Rennes-Bretagne SMIB (Sécurité Made In Breizh). Il ambitionne d'accentuer fortement la fertilisation croisée entre formation, recherche et innovation en regroupant, en un même lieu, un ensemble important d'enseignant-chercheurs et chercheurs, des acteurs du

monde économique (startups ou entreprises bien établies : PME, ETI, grands groupes), ainsi que des étudiants, facilitant ainsi le déploiement de l'EUR CyberSchool.

- Deux halles technologique : 1) Halle IETR phase 2 (halle dédiée aux technologies matérielles pour la société numérique, tel que définie dès 2012). 2) Halle IRISA/INRIA (halle robotique modulaire). Ces deux halles hébergeront la plupart des plateformes précitées.



## 1.2 Présentation du projet CPER SpaceTechDroneTech (lot n°7)

De manière synthétique, SpaceTechDroneTech trouve sa genèse dans le positionnement de la région Bretagne dans les activités relevant du domaine spatial. Ces activités couvrent un spectre complet de compétences, des développements matériels aux outils d'exploitation des données satellitaires. Ce metaprojet a pour ambition d'accompagner la profonde évolution du domaine en consolidant au niveau du territoire la recherche et l'innovation dans le domaine des petits satellites, des drones et des applications qui peuvent en découler, en développant et dynamisant les activités des laboratoires et de l'écosystème régional. Cette ambition concerne notamment le newspace symbolisé par la montée en puissance des cubesat et autres nanosats. Il vise à consolider la recherche et l'innovation dans le domaine des petits satellites, des drones et des applications qui peuvent en découler, au travers du déploiement d'infrastructures dédiées.

SpaceTechDroneTech se décline selon 4 axes qui sont décomposés en différents sous projets :

- L'axe Charge Utile est dédiés aux aspects matériel et logiciel des drones et des satellites.
- L'axe Bus est constitué d'un seul projet. Il est dédié aux aspects matériels de la plateforme (de la servitude) d'un satellite et plus particulièrement à la propulsion.
- L'axe Communication, Sécurité, data, regroupe 2 volets concernant la modulation, la sécurisation et la cryptographie, d'une part et l'analyse de données, d'autre part.
- L'axe Plateforme/Infrastructures.

SpaceTechDroneTech repose sur 117 personnels permanents de l'Alliance Universitaire de Bretagne (AUB) travaillant au sein du Lab-STICC ou de l'IRENAV, et 35 personnels permanents de l'Université de Rennes (UniR), travaillant au sein de l'IETR ou de l'IPR.

La phase d'investissement Space Tech Drone Tech Phase 3 (soit pour l'IETR SpaceTechDroneTech – IETR phase 2) concerne l'axe 'Charge Utile' et plus spécifiquement les activités de 'Fabrication et test d'éléments rayonnants' supportées par la plateforme M2ARS.

Fiche 'Fabrication et test d'éléments rayonnants' :

Cette fiche sous-projet concerne deux aspects fondamentaux, à savoir la fabrication et le test des éléments rayonnants, en lien avec les besoins des activités relatives aux drones et nanosats. De manière générale, 5 enjeux majeurs concernent ces éléments rayonnants :

- La miniaturisation sur les aspects surface et épaisseur,
- Atteindre de fort rendement de surface,
- Atteindre de fort rendement en rayonnement,
- Proposer une flexibilité du rayonnement,
- Proposer des capacités de conformabilité (pour drone) géométrique.

Les activités relevant de la fiche 'Fabrication et test d'éléments rayonnants' sont supportées par la plateforme M2ARS de l'IETR, tant sur le plan matériel qu'humain.

La plateforme M<sup>2</sup>ARS constitue la formalisation de objectifs de développement et de mise à disposition de la communauté des moyens de caractérisation et de prototypage de l'IETR sur le domaine des systèmes rayonnants, que ce soit pour des applications de communication, d'identification, de surveillance, d'observation, ou pour le développement de systèmes de mesures innovants.

Outil scientifique permettant les caractérisations et prototypages indispensables aux activités de recherche de développement ou d'utilisation de systèmes rayonnants de l'IETR, M2ARS se positionne comme plateforme d'envergure internationale, mettant à disposition de ses partenaires institutionnels ou privés un ensemble unique de plateaux techniques et compétences permettant :

- La caractérisation en environnement contrôlé du rayonnement systèmes antennaires de quelques 100 MHz à 500 GHz.
- L'imagerie en environnement contrôlé ou réel de cibles et milieux naturels, pour des buts de quantification ou de qualification.
- Le développement de systèmes de mesures pour l'étude du rayonnement électromagnétique ou de ses effets en environnement contrôlé ou réaliste ou naturel.
- La réalisation de systèmes antennaires et systèmes de mesures.

M2ARS se veut être un objet évolutif par et pour la recherche. Outre l'ambition d'affirmer son positionnement international, les capacités offertes par la plateforme se doivent de répondre à deux injonctions : proposer des outils dont la maturité et la qualité sont à la hauteur des exigences induites par les activités de ses utilisateurs ; anticiper les besoins en poursuivant sa politique de développement technologique par des actions combinées d'investissements et de développements de compétences.

### 1.3 Présentation du projet CPER Mat&Trans (lot n°8)

Les matériaux et leurs propriétés sont concrètement au cœur de l'innovation, ils façonnent les nouveaux objets qui se doivent de relever les défis sociétaux actuels. En ce domaine, les travaux réalisés en Bretagne bénéficient d'une forte reconnaissance, adossée à un solide continuum Recherche-Formation-Innovation. Ce projet vise à renforcer et développer les recherches pluridisciplinaires autour des matériaux (chimie, physique, mécanique, génie civil, électronique et systèmes hyperfréquences), sans lesquelles les nécessaires transitions environnementale, énergétique et numérique ne pourront se faire. Avec le projet Matériaux pour Transitions et Développement Durable (Mat&Trans), les acteurs majeurs de la recherche sur les matériaux en Bretagne conjuguent leurs efforts pour porter cette ambition commune en mettant en synergie leurs ressources humaines (plus de 600 chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs et techniciens permanents), leurs expertises scientifiques et techniques et leurs moyens d'ores et déjà uniques dans le paysage national et international en recherche et innovation.

Mat&Trans s'appuie sur la convergence d'orientations de nos thématiques scientifiques d'excellence et discriminantes, soutenues par les grands organismes de recherche (CNRS) et les priorités régionales dans les domaines d'innovations stratégiques de la S3 : Economie de l'industrie pour une production intelligente (leviers thématiques Matériaux ; Technologies liées à la production industrielle et technologies de production ; Energie) et Axe Transversal Transitions écologique et environnementale. Mat&Trans va permettre d'accroître encore plus l'attractivité, le rayonnement et l'impact de la Bretagne autour de ce domaine phare que ce soit en recherche, en innovation et valorisation, ou en formation, complètement en phase avec les objectifs de la Breizh Cop . Mat&Trans s'inscrit pleinement dans les démarches stratégiques autour des infrastructures de recherche au niveau national (TGIR) et européen (ESFRI), et les équipements demandés, nécessaires aux développements des projets scientifiques au meilleur niveau international, sont parfaitement complémentaires avec ceux déployés, via des partenariats forts, sur ces infrastructures aux performances ultimes.

Ce projet pluridisciplinaire est structuré autour de deux grands axes, où enjeux sociétaux et activités de recherche discriminantes sont intimement liés : I- Eco-matériaux et éco-procédés ;II-Matériaux et conversion de l'énergie.

L'axe Eco-matériaux et éco-procédés vise à limiter notre empreinte écologique et énergétique. Il promeut la valorisation de matières premières naturelles, biosourcées, ou géosourcées, et des processus de transformation et de production sobres et sûrs, dans différents domaines : la chimie verte qui développe des méthodologies et des procédés éco-compatibles ; la purification de l'eau ; la physico-chimie des tensioactifs et polymères biosourcés pour applications agroalimentaires ; les matériaux et procédés du génie civil, du génie mécanique et du génie thermique, pour une durabilité et une efficacité énergétique accrues ; une électronique écoresponsable privilégiant des dispositifs (ultra-) basse consommation et/ou autonomes, répondant au défi sociétal de la transformation numérique. Les objectifs scientifiques s'appuient sur les compétences reconnues des partenaires, telles que catalyse et chimie verte, valorisation de la biomasse, procédés, membranes, physique de la matière molle, co-conception matériaux/dispositifs, systèmes électroniques et hyperfréquences, auto-assemblage et confinement, procédés de construction et de production associés, cloud manufacturing, et évaluation des performances des bâtiments et des ouvrages.

L'axe Matériaux et conversion de l'énergie vise à améliorer efficacité et efficacité des matériaux. Il se focalise sur le transport, le stockage et la conversion d'une forme d'énergie en une autre (thermique, mécanique, électrique, magnétique, lumineuse, chimique ou combustion), le rendement énergétique et l'absorption d'énergie, et aussi sur le lien énergie-propriété. Les matériaux moléculaires, les verres et les matériaux artificiels constituent trois spécificités très fortes du site. Du point de vue des fonctionnalités et des applications, les matériaux luminescents (LED, OLED, terres-rares, clusters, chiroptique), absorbants (thermiques, optiques, mécaniques, électromagnétiques), thermo- ou piézo-électriques, les dispositifs photovoltaïques (organiques, hybrides, vitrocéramiques), la photo-catalyse, les matériaux photo-actifs (visible, infrarouge, Terahertz) ou photoniques sont des spécificités reconnues des partenaires. Les problématiques scientifiques, des plus fondamentales aux plus appliquées (batteries, automobile, aéronautique ou spatial, électronique et communications), impliquent de multiples échelles spatiales et temporelles, et s'appuient sur des outils numériques pour la conception, la modélisation ou le contrôle-commande des systèmes et des matériaux.

## 1.4 Présentation du projet Plates-formes technologiques (lot n°9)

Les équipements objets de cet appel d'offres seront intégrés au sein du plateau technique IDEM de la plates-forme M<sup>2</sup>ARS (Manufacturing Measurement Analysis of Radiating Systems).

M<sup>2</sup>ARS est un Outil scientifique permettant les caractérisations et prototypages indispensables aux activités de recherche de développement ou d'utilisation de systèmes rayonnants de l'IETR, M<sup>2</sup>ARS se positionne comme plateforme d'envergure internationale, mettant à disposition de ses partenaires institutionnels ou privés un ensemble unique de plateaux techniques et compétences permettant : la caractérisation en environnement contrôlé du rayonnement systèmes antennaires de quelques 100 MHz à 500 GHz ; L'imagerie en environnement contrôlé ou réel de cibles et milieux naturels, pour des buts de quantification ou de qualification; Le développement de systèmes de mesures pour l'étude du rayonnement électromagnétique ou de ses effets en environnement contrôlé ou réaliste ou naturel ; La réalisation de systèmes antennaires et systèmes de mesures.

## 2 Conditions communes à chacun des lots

### 2.1 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 : 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.

### 2.2 Recette des équipements

La recette des équipements sera effectuée sur site par le candidat, et se fera soit sur la base des éléments spécifiques définis dans le CCTP, soit sur la base de tests d'utilisations standards des équipements.

Dans le cas d'une phase de recette détaillée dans le CCTP, un PV de recette / réception sera établi à l'issue de la phase installation-vérification, et sera adressé au titulaire du marché par le laboratoire.

### 2.3 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.

### 2.4 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.

## 2.5 Livraison et installation du matériel

Lot	Délai de livraison maximal souhaité
Lot n°1 : Système de bras robotisé pour la mesure d'antennes	8 mois
Lot n°2 : Chaîne de mesure RF déportée	16 semaines
Lot n°3 : Système RFSoc FPGA	24 semaines
Lot n°4 : Low Noise Amplifier	24 semaines
Lot n°5 : Power Amplifier	24 semaines
Lot n°6 : Oscilloscope numérique	24 semaines
Lot n°7: Sources hyperfréquences à haute puissance	24 semaines
Lot n°8 : Sondes de mesure pour la caractérisation d'antenne	24 semaines
Lot n°9 : Mini base compacte	30 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.

Sauf mention explicite, l'adresse de livraison des équipements est la suivante :

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

## 2.6 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 :

- 55% pour les caractéristiques techniques des équipements objets de cet appel d'offres,
- 40% pour la partie financière (base et Prestations Supplémentaires Eventuelles étudiées à périmètre

égal),

- 5% pour le SAV (inclus les aspects maintenance et calibrage).

## 2.7 **Contact général**

Pour des compléments d'informations contacter :

Laurent Le Coq

IETR,

Université de Rennes, Campus Beaulieu, bât. 11D

35042 Rennes cedex

tél. : +33 2 23 23 65 26

Email : [laurent.le-coq@univ-rennes.fr](mailto:laurent.le-coq@univ-rennes.fr)

### 3 Lot n°1 : Système de bras robotisé pour la mesure d'antennes

#### 3.1 Contexte du projet

Les systèmes de mesures objets de cet appel d'offres doivent permettre un positionnement de sondes de mesure ou d'illumination à proximité des objets à tester. L'objectif est de pouvoir caractériser des systèmes ne pouvant être manipulés aisément de par leur poids ou leur environnement (cas des antennes sur porteurs). L'utilisation de bras robotisés dotés de sondes de mesures et/ou illumination permet ainsi d'adapter le système de mesure à l'objet à tester, en termes de grille d'échantillonnage, mais également en terme logistique en pouvant développer la procédure de mesure autour de l'objet et non en amenant l'objet dans le système de mesure.

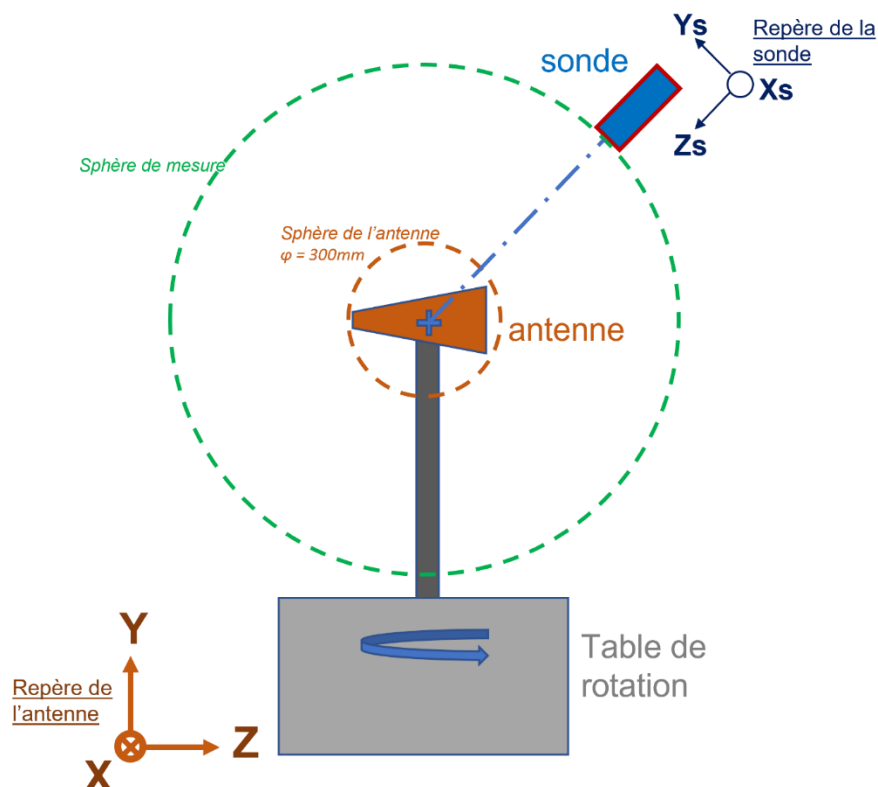
#### 3.2 Plateforme technologique M<sup>2</sup>ARS

Les équipements objets de cet appel d'offres seront intégrés à la plateforme technologique M<sup>2</sup>ARS.

M<sup>2</sup>ARS (Manufacturing Measurement Analysis of Radiating Systems) est un outil scientifique permettant les caractérisations et prototypages indispensables aux activités de recherche de développement ou d'utilisation de systèmes rayonnants de l'IETR. Elle se positionne comme plateforme d'envergure internationale, mettant à disposition de ses partenaires institutionnels ou privés un ensemble unique de plateaux techniques et compétences permettant : la caractérisation en environnement contrôlé du rayonnement systèmes antennaires de quelques 100 MHz à 500 GHz, l'imagerie en environnement contrôlé ou réel de cibles et milieux naturels, pour des buts de quantification ou de qualification, le développement de systèmes de mesures pour l'étude du rayonnement électromagnétique ou de ses effets en environnement contrôlé ou réaliste ou naturel, la réalisation de systèmes antennaires et systèmes de mesures.

#### 3.3 Présentation du projet et objectif scientifique

Les systèmes de mesures visés sont basés sur l'utilisation de bras robotisés pour localiser une sonde de mesure électro-magnétique à proximité des objets à tester. Le bras robotisé doit permettre le positionnement d'une sonde cylindrique autour d'une antenne.



Durant une mesure, la sonde se déplace à des positions linéaires et angulaires définies à l'avance dans un fichier .txt ou .csv. L'ensemble de ces positions constitue une grille de mesure définie sur une surface appelée surface de mesure, qui englobe le volume de test. Les distances entre les points de la grille de mesure peuvent être constantes (grille régulière) ou non (grille irrégulière). Aucun objet (sonde, bras robotisé) ne doit *jamais* pénétrer dans le volume de test. La section de la sonde de mesure est tangente à la surface de mesure en tout point de la grille de mesure.

La sonde de mesure est connectée à un analyseur qui enregistre les valeurs de champs électromagnétiques pour chaque position.

Enfin, un tracker laser suit le déplacement de la sonde et enregistre les positions de la sonde lors de ses mesures.

La surface de mesure peut prendre des formes complexes ou canoniques (plan, cylindre, sphère, etc). Dans le présent document, afin de dimensionner au mieux le système et permettre une première utilisation rapide, la forme de la surface de mesure retenue est la sphère. Par la suite, les utilisateurs implémenteront d'autres formes géométriques.

### 3.4 Equipement

Pour ce lot, le bras robotisé est positionné sur les rails d'une chambre anéchoïque. Il doit permettre le positionnement d'une sonde cylindrique autour d'une antenne fixée sur une table de rotation.

Ce lot comprend le bras robotisé et son système de contrôle, la table de rotation de l'antenne et la table de support du robot, les systèmes de sécurité, le transport et l'installation du matériel, le logiciel de simulation, le système de synchronisation avec les instruments de la chambre anéchoïque (analyseur, tracker laser, positionneur), la formation du personnel.

**Durant l'installation du bras robotisé dans la chambre anéchoïque, seule une partie des absorbants sera retirée. Par conséquent, aucune source de chaleur ou d'étincelle ne devra être émise pour éviter les risques d'incendies : les opérations de meulage et de soudure seront interdites et devront être réalisées dans une salle annexe.**

### 3.5 Description et spécifications techniques du matériel

Les attentes techniques sont explicitées ci-dessous. Pour chacune de ces attentes le candidat fournira les capacités correspondant de l'équipement proposé au sein d'une matrice de compliance.

Le tableau ci-dessous définit l'ensemble des caractéristiques souhaitées. *Le non-respect de ces caractéristiques n'est pas éliminatoire, mais il en sera tenu compte lors de l'analyse technique des propositions.*

Fonctionnalités	Spécificités
<u>Sphère de mesure :</u>	
Diamètre de la sphère de mesure	$\geq 1000$ mm
Diamètre de la sphère d'antenne	$\leq 300$ mm
Position du centre des sphères	* Hauteur : 2 m (par rapport au sol de la chambre) Selon un axe perpendiculaire au plan des rails de translation de la chambre anéchoïque, à l'aplomb de l'axe de symétrie longitudinal des rails de translation de la chambre anéchoïque
Positions des mesures	* Différentes pour chaque antenne * Définies dans un fichier .csv ou .txt * Pas des mesures irréguliers

Résolution spatiale (Distance entre chaque position)	$\leq 1 \text{ mm}$
Précision	$\leq 0,2 \text{ mm}$ (la meilleure possible)
Précision angulaire du poignet	$\leq 0,1^\circ$
Répétabilité	$\leq \pm 0,05 \text{ mm}$
Table de rotation de l'antenne	(à fournir avec le robot) Répétabilité angulaire $< 0.01^\circ$ (bidirectionnelle ?) Précision angulaire : $\leq 0.01^\circ$ Excentricité : $< 50 \mu\text{m}$ Voile : $\pm 40 \mu\text{rad}$ Charge normale maximale : 200kg * joint tournant hyperfréquence dans la table de rotation pour des rotations infinies
<u>Sonde de mesure :</u>	
Le bras robotisé devra être capable de supporter une sonde telle que décrite ci-dessous	
Sonde à fixer au bout du bras	Cylindrique
Longueur de la sonde	350 mm
Section de la sonde	100 mm * 100 mm
Masse maximale de la sonde	4 kg
Position de la sonde par rapport aux sphères	Section tangentielle aux sphères
Déplacement de la sonde	Rotation à $360^\circ$ autour de l'axe Zs
<u>Positionnement du bras robotisé :</u>	
Dimensions de la chambre anéchoïque où sera placé le robot (en tenant compte des absorbants)	3,4 m (largeur) * 3,7m (hauteur) * 14 m (longueur)
Placement du robot	A l'horizontale (« floor ») Sur une table en mouvement sur les rails de la chambre anéchoïque ( $P \approx 1000 \text{ kg / m}^2$ ) La référence des patins à utiliser est : ARC35-MN-SZ-V0-N
Déplacement longitudinal du robot	Oui Déplacement manuel
Table de fixation du robot	À fournir avec le robot
Encombrement maximal du système pour une sphère de mesure de 1000mm	Dimensions maximales : 0,85 m (L) * 0,80 m (l) * 3.7m (h) – <b>Rails non inclus</b> Hauteur des rails : 20cm

<u>Autres fonctionnalités :</u>	
Transport, livraison, installation du matériel	à la charge de l'intégrateur
Communication Ethernet IP pour Synchronisation avec les différents instruments de la chambre : analyseur de réseaux vectoriel, positionneurs	Le bras robotisé devra être capable d'échanger des trames Ethernet IP avec d'autres instruments de mesure. Ex : Envoi d'une trame IP à l'arrivée sur un point, pour déclencher la mesure de ce point via un autre instrument.
Enregistrement d'un fichier de positions de la sonde	L'enregistrement aura lieu en fin de mesure. Elle comprendra les coordonnées $[X_s, Y_s, Z_s, R_{xs}, R_{ys}, R_{zs}]$ de la sonde durant la mesure et l'angle de rotation de l'antenne.
Lecture des positions avec un tracker laser (LEICA AT960)	Pour chaque position du robot, le tracker devra recevoir une trame Ethernet IP pour réaliser la mesure de la position réelle du robot.
Fourniture d'une simulation numérique du projet	Le bon fonctionnement du système sera validé par une simulation logicielle
Logiciel de simulation + licence	Une première mise à jour sera incluse
Formation de base en langue française	Cette formation sera proposée avant la livraison du robot. Elle doit comprendre au minimum : une présentation des bras robotisés, la présentation du fonctionnement du bras robotisé de ce lot, une formation « opérateur » et une formation « maintenance » pour le bras robotisé de ce lot, la présentation du logiciel de simulation. Nombre de participants à la formation : 4
Formation avancée en langue française	Cette formation sera proposée après la livraison du robot. Elle doit comprendre au minimum : la structuration des données et des programmes, la configuration, la programmation et la simulation des trajectoires avancées, la communication entre les organes du système installé. Nombre de participants à la formation : 4

### 3.6 Prestations Supplémentaires Eventuelles

Les Prestations Supplémentaires Eventuelles vont concerner l'équipement décrit ci-dessus, ainsi que la fourniture d'un équipement supplémentaire aux caractéristiques géométriques réduites.

#### 3.6.1 Prestations Supplémentaires Eventuelles de l'équipement de base

N° PSE	
PSE1	Passage des câbles du bras robotisé et de la sonde à l'intérieur du bras robotisé
PSE2	Deux tables différentes : une pour le bras robotisé et une pour la table de rotation
PSE3	Déplacement automatisé des tables
PSE4	Boucle de rétroaction entre le bras robotisé et le tracker laser

PSE5	Envoi de signaux TTL par le bras robotisé
<b>Outils de simulation</b>	
PSE6	Logiciel de simulation + licence pour un deuxième poste informatique + formation lors de la formation avancée
PSE7	Simulation de la trajectoire du bras robotisé et de la sonde grâce un fichier de positions dans le logiciel de simulation
<b>Interface Homme Machine</b>	
PSE8	modification de la taille de la sonde
PSE9	modification de la dimension de la sphère
PSE10	visualisation de la position du bras robotisé en temps réel
PSE11	visualisation des données de position du fichier de trajectoire
PSE12	visualisation de l'estimation du temps de parcours de la trajectoire
PSE13	transfert du fichier de positions dans l'Interface Homme Machine
PSE14	écriture et définition d'un fichier de positions dans l'Interface Homme Machine
PSE15	Enregistrement d'un fichier de comprenant les coordonnées [XS, YS, ZS, RxS, RyS, RzS] de la sonde lues par le tracker laser durant la mesure et l'angle de rotation de l'antenne.
PSE16	déplacement de la sonde avec l'Interface Homme Machine en entrant ses coordonnées linéaires et angulaires
<b>Formation</b>	
PSE17	Formation de base en langue française pour 2 personnes supplémentaires
PSE18	Formation avancée en langue française pour 2 personnes supplémentaires
<b>Extension de garantie</b>	
PSE19	Garantie pièce et main d'œuvres 3 ans
PSE20	Garantie pièce et main d'œuvres 5 ans

### 3.6.2 PSE 21 : Fourniture d'un bras robotisé supplémentaire pour la mesure d'une sphère de 500 mm de diamètre, hors chambre anéchoïque

#### Equipement

Pour cette Prestation Supplémentaire Eventuelle, le bras robotisé est positionné dans la salle de contrôle de la chambre anéchoïque mentionnée précédemment. Il doit permettre le positionnement d'une sonde cylindrique autour d'une antenne fixée sur une table de rotation.

Ce lot comprend le bras robotisé et son système de contrôle, la table de rotation de l'antenne et la table de support du robot, les systèmes de sécurité, l'aménagement de salle, le transport du matériel, le logiciel de simulation, le système de synchronisation avec les instruments de la chambre anéchoïque (analyseur, tracker laser, positionneur), la formation du personnel.

#### Description et spécifications techniques du matériel

Les attentes techniques sont explicitées ci-dessous. Pour chacune de ces attentes le candidat fournira les

capacités correspondant de l'équipement proposé au sein d'une matrice de compliance.

Le tableau ci-dessous définit l'ensemble des caractéristiques indispensables à la bonne conformité de l'équipement. ***Le non-respect de ces caractéristiques n'est pas éliminatoire, mais il en sera tenu compte lors de l'analyse technique des propositions.***

Afin de faciliter les développements futurs et optimiser les développements de programmation réalisés pour l'équipement de base, ce second bras devra être de la même marque que celle de l'équipement de base.

Fonctionnalités	Spécificités
<u>Sphère de mesure :</u>	
Diamètre de la sphère de mesure	500 mm
Diamètre de la sphère d'antenne	300 mm
Hauteur du centre des sphères	De 0,9 m à 1,5 m
Positions des mesures	* Différentes pour chaque antenne * Définies dans un fichier .csv ou .txt * Pas des mesures irréguliers
Résolution spatiale (Distance entre chaque position)	$\leq 1$ mm
Précision	$\leq 0,2$ mm (la meilleure possible)
Précision angulaire du poignet	$\leq 0,1^\circ$
Répétabilité linéaire	$\leq \pm 0,05$ mm
Table de rotation de l'antenne	* à fournir avec le robot * répétabilité angulaire $< 0.01^\circ$ (bidirectionnelle ?) * Précision angulaire : $\leq 0.01^\circ$ * Excentricité : $< 50\mu\text{m}$ * Voile : $\pm 40 \mu\text{rad}$ * Charge normale maximale : 50kg * emplacement pour joint tournant hyperfréquence dans la table de rotation pour des rotations infinies
<u>Sonde de mesure :</u>	
Le bras robotisé devra être capable de supporter une sonde telle que décrite ci-dessous	
Sonde à fixer au bout du bras	Cylindrique
Longueur de la sonde	350 mm
Section de la sonde	100 mm * 100 mm
Masse de la sonde	2 kg à 4 kg
Position de la sonde par rapport aux sphères	Section tangentielle aux sphères
Déplacement de la sonde	Rotation à $360^\circ$ autour de l'axe Zs
<u>Positionnement du bras robotisé :</u>	

Dimensions de la salle (l * L * H) hors absorbants	3 m * 3 m * 3,1 m
Dimensions de la zone de mesure (l * L * H)	2,4 m * 2,4 m * 3,1 m
Placement du robot	A l'horizontale (« floor ») Dalle béton (P = 800 kg / m <sup>2</sup> )
Table de fixation du robot	À fournir avec le robot
<u>Autres fonctionnalités :</u>	
Installation et cartérisation d'une salle	Dimensions de la salle : 3 m (L) * 3 m (l) Cartérisation avec des grilles ou des plaques polycarbonate d'une hauteur maximale de 2,30m. Les absorbants et leur pose seront à la charge du laboratoire. Il n'y aura pas d'absorbants au sol, ni au plafond.
Armoire électrique	Profondeur < 70 cm Possibilité de la déporter dans la salle de contrôle (prévoir les systèmes de sécurité liés au passage des câbles)
Transport, livraison, installation du matériel	A la charge de l'intégrateur
Communication Ethernet IP pour Synchronisation avec les différents instruments de la chambre : analyseur de réseaux vectoriel, positionneurs	Le bras robotisé devra être capable d'échanger des trames Ethernet IP avec d'autres instruments de mesure. Ex : Envoi d'une trame IP à l'arrivée sur un point, pour déclencher la mesure de ce point via un autre instrument.
Enregistrement d'un fichier de positions de la sonde	L'enregistrement aura lieu en fin de mesure. Elle comprendra les coordonnées [X <sub>s</sub> , Y <sub>s</sub> , Z <sub>s</sub> , R <sub>x</sub> <sub>s</sub> , R <sub>y</sub> <sub>s</sub> , R <sub>z</sub> <sub>s</sub> ] de la sonde durant la mesure et l'angle de rotation de l'antenne.
Lecture des positions avec un tracker laser (LEICA AT960)	Pour chaque position du robot, le tracker devra recevoir une commande IP pour réaliser la mesure de la position réelle du robot.
Fourniture d'une simulation numérique du projet	Le bon fonctionnement du système sera validé par une simulation logicielle
Logiciel de simulation + licence	Une première mise à jour sera incluse
Formation de base en langue française	Cette formation sera proposée avant la livraison du robot. Elle doit comprendre au minimum : une présentation des bras robotisés, la présentation du fonctionnement du bras robotisé de ce lot, une formation « opérateur » et une formation « maintenance » pour le bras robotisé de ce lot, la présentation du logiciel de simulation. Nombre de participants à la formation : 4
Formation avancée en langue française	Cette formation sera proposée après la livraison du robot

	Elle doit comprendre au minimum : la structuration des données et des programmes, la configuration, la programmation et la simulation des trajectoires avancées, la communication entre les organes du système installé. Nombre de participants à la formation : 4
--	---

### 3.6.3 Prestations Supplémentaires Eventuelles du bras robotisé supplémentaire

N° Prestation Supplémentaire Eventuelle	
PSE 21.1	Passage des câbles du bras robotisé et de la sonde à l'intérieur du bras robotisé
PSE 21.2	Deux tables différentes : une pour le bras robotisé et une pour la table de rotation
PSE 21.3	Déplacement automatisé des tables
PSE 21.4	Intégration de l'armoire électrique au sein de celle de l'équipement de base
PSE 21.5	Boucle de rétroaction entre le bras robotisé et le tracker laser
PSE 21.6	Envoi de signaux TTL par le bras robotisé
<b>Outils de simulation</b>	
PSE 21.7	Logiciel de simulation + licence pour un deuxième poste informatique + formation lors de la formation avancée
PSE 21.8	Simulation de la trajectoire du bras robotisé et de la sonde grâce un fichier de positions dans le logiciel de simulation
<b>Interface Homme Machine</b>	
PSE 21.9	Modification de la taille de la sonde
PSE 21.10	Modification de la dimension de la sphère
PSE 21.11	Visualisation de la position du bras robotisé en temps réel
PSE 21.12	Visualisation des données de position du fichier de trajectoire
PSE 21.13	Visualisation de l'estimation du temps de parcours de la trajectoire
PSE 21.14	Transfert du fichier de positions dans l'Interface Homme Machine
PSE 21.15	Écriture et définition d'un fichier de positions dans l'Interface Homme Machine
PSE 21.16	Enregistrement d'un fichier de comprenant les coordonnées [XS, YS, ZS, RxS, RyS, RzS] de la sonde lue par le tracker laser durant la mesure et l'angle de rotation de l'antenne.
PSE 21.17	Déplacement de la sonde avec l'Interface Homme Machine en entrant ses coordonnées linéaires et angulaires
<b>Formation</b>	
PSE 21.18	Formation de base en langue française pour 2 personnes supplémentaires
PSE 21.19	Formation avancée en langue française pour 2 personnes supplémentaires

Extension de garantie	
PSE 21.20	Garantie pièce et main d'œuvres 3 ans
PSE 21.21	Garantie pièce et main d'œuvres 5 ans

### 3.7 Démonstration, recette, documentation

#### 3.7.1 - 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 matériaux 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 : 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.

#### 3.7.2 Visite avant réponse à l'appel d'offre

Les candidats souhaitant répondre au lot 1 de cet appel d'offre devront au préalable se rendre sur le site de l'IETR, pour visualiser les installations déjà présentes et identifier les contraintes techniques et logistiques liées à ces installations. **Cette visite est obligatoire. Une réponse au présent lot sans visite préalable sera rejetée.**

#### 3.7.3 Recette des équipements

La recette des équipements se fera en trois phases :

- une validation des plans finaux des assemblages mécaniques et des installations,
- une recette à l'issue de la fabrication,
- une recette à l'issue de l'installation.

**Recette pré-étude :** L'établissement des plans des assemblages mécaniques et des installations se fera suite à une visite sur site. Cette visite à l'IETR devra permettre aux prestataires de finaliser les dimensionnements mécaniques et affiner les aspects logistiques qui devront être explicités avec les plans d'installations. La validation de ces plans servira de t0 à la phase de réalisation des assemblages mécaniques.

**Sur site de fabrication :** La PRE-RECEPTION sur le site de fabrication vérifiera la fonctionnalité de l'équipement, elle comportera une démonstration et la validation des procédés selon le plan de recette usine. Le plan de recette usine est défini par lot. Cette recette sera basée sur les capacités du bras robotisé à suivre les positions définies dans un fichier type fourni par la Plateforme M<sup>2</sup>ARS. Cette recette se fera tout ou partie en présence de personnels de la plateforme M<sup>2</sup>ARS. Un rapport de recette sera produit par le fournisseur et transmis au responsable scientifique du présent projet pour validation.

**A l'université de Rennes – Plateforme M<sup>2</sup>ARS :** La RECEPTION DEFINITIVE sur le site de la plateforme M<sup>2</sup>ARS de l'université de Rennes-IETR comportera une démonstration et la validation des performances de l'équipement selon un plan de recette (plan de recette site) définie par lot. Cette recette sera basée sur les capacités du bras robotisé à suivre les positions définies dans un fichier type fourni par la Plateforme M<sup>2</sup>ARS. Cette recette sera transmise à la plateforme M<sup>2</sup>ARS. Cette recette se fera tout ou partie en présence de personnels de la plateforme M<sup>2</sup>ARS. Un rapport de recette sera produit par le fournisseur et

transmis au responsable scientifique du présent projet pour validation.

#### 3.7.4 Documentation

Les documents suivants pourront être fournis sur demandes des candidats :

- Fichier step de la chambre anéchoïque
- La datasheet du tracker laser qui pourra être mis à disposition lors de l'installation.

### 3.8 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 mesure 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.

Une attention particulière sera portée sur l'évolutivité des systèmes présentés (évolutivité technique et logicielle).

### 3.9 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.

### 3.10 Livraison et installation du matériel

Sauf exception le délai maximal pour la livraison du matériel est de 8 mois.

Le transport, la livraison, l'installation du matériel et les frais de douane seront à la charge des candidats et seront de leur responsabilité.

Au sein de la halle technologique de la plateforme M<sup>2</sup>ARS, un ascenseur pouvant supporter un poids

maximal de 630 kg et un volume de 1,1 m (largeur) \* 2,15 m (hauteur) \* 1,4 m (profondeur) (la porte coulissante mesurant 0,9 m \* 2 m) sera mis à disposition. Selon le chemin de circulation pris pour utiliser l'ascenseur, les dalles bétons peuvent supporter des charges maximales allant de 250 kg/m<sup>2</sup> à 600 kg/m<sup>2</sup>. Les locaux d'installation des équipements supportent une charge au sol de 600kg/m<sup>2</sup>.

Au sein du bâtiment 11C, un monte-charge pouvant supporter 1000 kg sera également mis à disposition ; la limitation en taille sera alors de 1,4 m (l) \* 2 m (h). Les dalles béton des circulations allant au monte-charge peuvent supporter une charge maximale de 250 kg/m<sup>2</sup>.

Un tracker laser pourra être mis à disposition au moment de l'installation du matériel. Les plans des salles d'installation et de leurs éléments seront fournis sur demande des candidats. Le matériel sera installé dans une zone à régime restrictif (ZRR) dans le cadre de la protection du potentiel scientifique et technique de l'IETR. L'installation devra inclure à minima une demi-journée d'explications détaillées sur le fonctionnement du système installé.

Des réunions de suivi de projet seront organisées durant la période comprise entre le choix du candidat et la validation de la recette finale dans la plateforme M<sup>2</sup>ARS.

Toute intervention, par le titulaire ou par un de ses prestataires, devra respecter les règles d'accès à la ZRR, et être précédée par l'établissement d'un plan d'intervention.

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

Sauf mention explicite, l'adresse de livraison des équipements est la suivante :

**IETR,**

**Université de Rennes, Campus Beaulieu, bât. 11C**

**35042 RENNES cedex – France**

### 3.11 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 spécifique à chaque lot, la règle de notation sera basée sur les ratios :

- 55% pour les caractéristiques techniques des équipements objets de cet appel d'offres,
- 40% pour la partie financière (base et Prestations Supplémentaires Eventuelles étudiées à périmètre égal),
- 5% pour le SAV (inclus les aspects maintenance et calibrage).

### 3.12 Jalons de facturation

La facturation des candidats sélectionnés est basée sur les jalons suivants :

1. pré-étude des solutions : 10%
2. démonstration et validation de la recette sur site de fabrication : 20%
3. installation dans la plateforme M<sup>2</sup>ARS : 20%
4. démonstration et validation de la recette : solde

### 3.13 Contact pour ce lot

Pour des compléments d'informations contacter :

Cécile Leconte

IETR,

Université de Rennes, Campus Beaulieu, bât. 11D

35042 Rennes cedex

## **4 Lot n°2 : Chaîne de mesure RF déportée**

### **4.1 Contexte et objectif scientifique**

L'investissement concerne l'acquisition d'une chaîne hyperfréquence pour test d'antennes en intégrant les éléments actifs de la chaîne au plus près des parties émission et réception. Si cette problématique est classiquement rencontrée dans les bases de mesures d'antennes, elle devient centrale dans le cas d'un système basé sur l'utilisation de bras robotisés.

En effet, dans ce cas, la liberté de mouvement du bras de mesure, et donc de positionnement de la sonde de mesure, s'exprime aussi par une problématique d'effets induits par les mouvements de cordons hyperfréquences reliant la sonde à la chaîne RF. Ces effets vont être des atténuations de signal de par les longueurs de cordons, mais aussi des modifications du signal lui-même de par les mouvements des cordons. Dans les cas simple, l'intégration d'amplificateurs permet de résoudre la problématique d'atténuation du signal. La chaîne de mesure RF demeure basée sur un analyseur de réseaux classique.

Cette solution est mise en défaut lorsque la fréquence devient importante, les pertes des cordons devenant rédhibitoires, ou les cordons n'existent pas (fréquences supérieures à 110GHz). Pour ces cas plus contraignants, l'utilisation d'extendeurs de fréquences et de transposition de fréquence devient nécessaire. Les signaux transitant dans les cordons étant alors limités à des fréquences acceptables : typiquement inférieures à 26.5GHz pour les signaux RF (signal source multiplié pour atteindre la fréquence de travail), LO (signal de l'oscillateur local utilisé pour la transposition de fréquence), le signal IF (signal transposé en fréquence et fourni à l'analyseur pour procéder à mesure) étant en général inférieur à 1 GHz. La chaîne de mesure RF est alors basée sur un analyseur de réseaux auquel on adjoint des extendeurs de fréquences et un générateur de signal.

Une autre solution, plus élégante, consiste à déporter l'analyseur au plus près parties émetteur et récepteur de la chaîne de mesure d'antenne. Cette opération induit une séparation des voies de mesures de l'analyseur et leurs localisations à plusieurs mètres l'une de l'autre : en terme plus simple, cela revient à diviser l'analyseur de réseaux vectoriel en plusieurs parties. Cette solution est développée depuis quelques années par les constructeurs d'analyseur de réseaux, et propose désormais des caractéristiques intéressantes tant d'un point de vue métrologique que d'évolutivité avec la possibilité de les connecter à des extendeurs de fréquence.

Ce lot concerne l'acquisition d'une chaîne RF de type analyseur de réseaux vectoriel permettant de déportés les voies de mesures à plusieurs mètres l'une de l'autre. L'objectif est de limiter l'utilisation de cordons hyperfréquences pour des fréquences très basses, ou de les éliminer, entre les parties émission et réception. Cet chaîne RF sera intégré au sein du système de mesure basé sur l'utilisation d'un bras robotisé, pour une bande de fréquence allant de quelques GHz, aux bandes millimétriques voire submillimétriques.

### **4.2 Description et spécifications techniques du matériel**

Les équipements objets de ce lot constituent le cœur de la chaîne de mesure RF que nous souhaitons mettre en place pour la caractérisation des systèmes rayonnants en utilisant un bras robotisé.

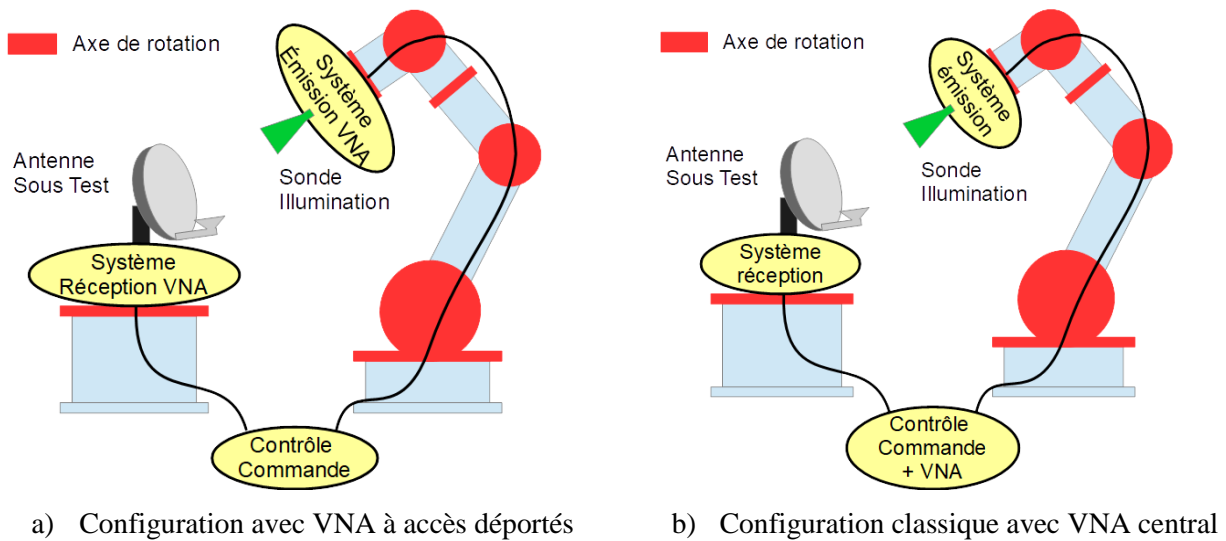


Fig. 4.1 - Vue schématique d'un système de mesure par bras robotisé

Cette chaîne, de type analyseur de réseaux vectoriel (VNA), se compose d'une partie émission située au plus près de la sonde d'illumination, d'une partie réception située au plus près de l'antenne sous test, la partie contrôle/commande du système de mesure RF et du système de positionnement étant déportée potentiellement à plusieurs mètres.

Pour la montée en fréquence au-delà des capacités de l'équipement proposé, la plateforme M<sup>2</sup>ARS dispose d'un ensemble d'extendeurs de fréquences de la marque VDI : ces équipements pourront être soit connectés à la chaîne de mesure déportées, soit utilisés en configuration classique (ie en utilisant un analyseur de réseaux non déporté). Ces modules sont de type TxRx ou TxRef pour la partie émission, et Rx pour la partie réception.

Cette dernière solution pour la montée en fréquence, bien que techniquement plus contraignante, sera prise en compte lors de l'analyse afin de réaliser l'investissement économiquement le plus avantageux pour l'IETR.

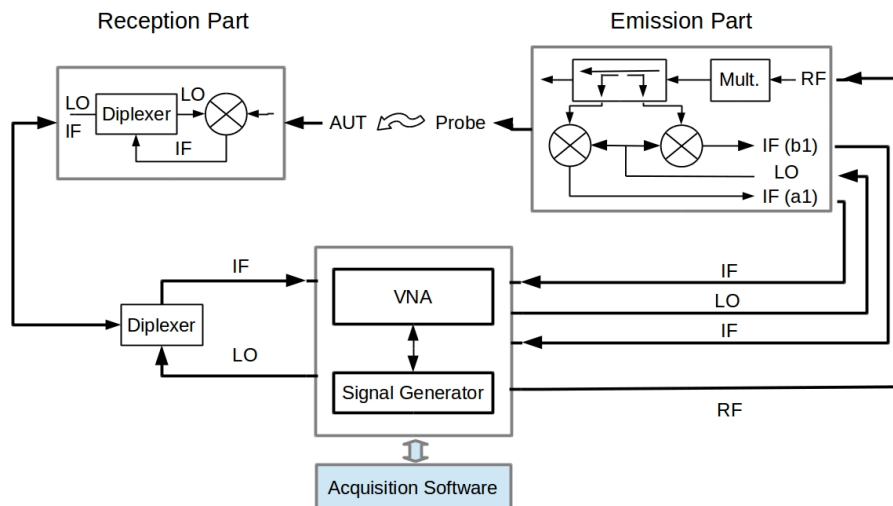


Fig. 4.2 - Configuration existante utilisée pour la montée en fréquence.

Les caractéristiques souhaitées sont reportées ci-dessous :

Base/PSE	Type	Characteristics
Base	Analyseur de réseaux vectoriel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bande de fréquence : [0.01-26] GHz.</li> <li>- paramètres mesurés : coefficients de transmission et de réflexion.</li> <li>- nombre de ports actifs min : 2.</li> <li>- distance entre les modules d'émission et- de réception en configuration mesure de transmission : 0m min, 30m max.</li> <li>- puissance d'émission (valeur typique) : &gt; 0dBm sur toute la bande de fréquence</li> <li>- dynamique de mesure typique (filtre IF à 10Hz) : &gt; 120 dB sur toute la bande de fréquence</li> <li>- plancher de bruit typique (filtre IF = 10Hz) : &lt;-120dBm sur toute la bande de fréquence.</li> <li>- filtre IF : de 1 Hz à 1MHz</li> <li>- stabilité (valeur typique) : &lt; 0.01 dB/deg.C ; &lt; 0.2 °/deg.C</li> <li>- incertitude en transmission : &lt; 0.2 dB pour un coefficient de transmission &gt; -50dB ; &lt; 0.5dB pour un coefficient de transmission &gt;-80dB</li> <li>-Caractéristiques des accès (systèmes non calibrés) : load match &gt; 10dB ; source match &gt; 25dB ; directivity &gt; 25dB ; crosstalk &lt; -130dB</li> <li>- précision du niveau de puissance à la puissance nominale : &lt; ±0.2dB</li> <li>- linéarité du niveau de puissance sur une excursion de 60dBm : &lt; ±1.5dB</li> <li>- pureté spectrale de la source interne (typ): 2e et 3e harmoniques &lt; -20dBc ; non harmonic spurs : &lt; -30dBc</li> <li>- Temps de balayage sans calibrage (2 ports ; 201 points de fréquence ; IF @ 1MHz) : &lt; 10ms</li> </ul>
PSE 1	Option logicielle d'analyse temporelle	Fonctionnalité d'analyse dans le domaine temps
PSE 2	Option logicielle de mesures rapide	Fonctionnalité permettant une acquisition plus rapide
PSE 3	Option logicielle d'analyse spectrale	Fonctionnalité d'analyse spectrale

Base/PSE	Type	Characteristics
PSE 4	Option logicielle et/ou matérielle de contrôle d'extendeur de fréquence	Fonctionnalité permettant l'utilisation d'extendeurs de fréquence : inclure l'ensemble des équipements permettant ce mode d'utilisation en précisant leurs coûts unitaires respectifs.
PSE 5	Augmentation de la bande de fréquence	Surcoût pour passer à une fréquence maximale de 40GHz.
PSE 6	Passage d'un VNA 2 ports à un VNA 4 ports	Surcoût pour le passage d'un VNA 2 ports à un VNA 4 ports respectant les spécifications de la base.
PSE 7	Option logicielle et/ou matérielle d'association d'instruments	Fonctionnalité d'association et de définition des ports de mesures disponibles pour obtenir un instrument multi-ports.
PSE 8	Option de mesure vectorielle de mélangeur ou convertisseur	Fonctionnalité de mesure vectorielle de mélangeur ou convertisseur
PSE 9	Générateur de signal RF externe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bande de fréquence : [0.001 – 40] GHz.</li> <li>- puissance de sortie : &gt;10 dBm sur toute la bande.</li> <li>- pureté spectrale : &lt; -50dBc.</li> <li>- pilotage par le VNA.</li> <li>- option de type Fast Sweep</li> </ul>
PSE 10	Amplificateur externe LNA 20dB	Type : LNA Bande de fréquence d'utilisation : [5-40]GHz Puissance maximale (P1dB) : > 20dBm Gain : > 20 Stabilité en gain : $\pm 1.5$ dB SWR en entrée : < 2 SWR en sortie : < 2 Noise Figure : < 6 connectique coaxiale modèle en boîtier
PSE 11	Extension de garantie 3 ans du VNA	
PSE 12	Extension de garantie 5 ans du VNA	
PSE 13	Extension de garantie 3 ans du générateur de signal	
PSE 14	Extension de garantie 5 ans du générateur de signal	

Le candidat fournira également :

- des références clients concernant l'utilisation de cet équipement pour des mesures sur table, et pour des mesures de type antenne telles que reportées sur le schéma ci-dessus.
- la date de mise sur le marché des modèles proposés et le cas échéant l'échéance prévu pour le remplacement de leur série ou version.
- des références sur le Service Après-Vente : mode de communication, localisation des équipes de maintenance, ...
- le niveau d'accréditation possible des équipements dans le cadre de projet relevant du secteur de la défense nationale.

### 4.3 **Contacts**

Pour des compléments d'informations contacter :

Laurent Le Coq

IETR,

Université de Rennes, Campus Beaulieu, bât. 11D

35042 Rennes cedex

Email : [laurent.le-coq@univ-rennes.fr](mailto:laurent.le-coq@univ-rennes.fr)

## 5 Lot n°3 : Système RFSoc FPGA

### 5.1 Contexte et objectif scientifique

Le projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation du CPER 2021-2027 «CyMoCoD » coordonné par l'Institut d'Électronique et des Technologies du numéRique – IETR, UMR CNRS 6164.

Dans le cadre de notre engagement dans le domaine de la bioélectronique, nous cherchons à concevoir, adapter et optimiser des systèmes complets couvrant les aspects cruciaux de l'exposition, de la dosimétrie, de la caractérisation et des micro-systèmes bioélectroniques. L'objectif principal de ce projet est de répondre aux exigences complexes des applications bioélectroniques, où la communication et l'interaction avec les tissus biologiques nécessitent des solutions technologiques avancées.

L'élément central est le système SDR RFSoc FPGA associé à une carte d'extension afin de router les sorties SDR aux 8 ports ADC (Analog-Digital Converters) et 8 ports DAC (Digital-Analog Converters), synchronisés et équipés de connecteurs SMA. Cette configuration permettra la génération et l'acquisition de signaux complexes nécessaires à la bioélectronique. Avec ses DACs à 14 bits de résolution et à 10 GSPS (Giga Samples Per Second) de la fréquence d'échantillonnage et ses ADCs min. 14 bits à 5 GSPS, le système doit permettre une résolution et une vitesse d'échantillonnage suffisantes pour manipuler des signaux biomédicaux variés. La capacité de fonctionner dans une plage de fréquences de min. entre 300 MHz à 2.5 GHz doit garantir une flexibilité de génération et acquisition des signaux et programmable pour s'adapter aux besoins spécifiques des applications bioélectroniques.

### 5.2 Description de l'équipement

#### Système RFSoc FPGA + Carte d'Extension

Le présent lot a pour objet la fourniture d'un système SDR réalisé en format RFSoc FPGA accompagné d'une carte d'extension (« carte fille ») permettant de relier les sorties ADC et DAC du FPGA à des connecteurs SMA. Le système doit être équipé d'au moins 8 entrées et 8 sorties, avec des DACs d'une résolution minimale de 14 bits et d'une fréquence d'échantillonnage d'au moins 10 GSPS pour la génération de signaux, ainsi que des ADCs d'au moins 14 bits et d'une fréquence d'échantillonnage d'au moins 5 GSPS pour l'acquisition de signaux. La fréquence de fonctionnement pour chaque sortie doit couvrir la plage de 300 MHz à 2.5 GHz. La puissance maximale de sortie souhaitée est de 6dBm.

Base/PSE	Type	Characteristics
Base	Processeur	Zynq UltraScale+ RFSoc Gen 3
	ADCs	8 ADCS avec 14-bit resolution et échantillonnant à 5GSPs
	DACs	8 DACs avec 14-bit resolution et échantillonnant à 10GSPS
	Carte fille	Carte d'adaptation pour sortie DACs et entrée ADCs sur connecteur SMA

### 5.3 Normes et Conformité

Tout le matériel fourni devra être conforme aux normes industrielles en vigueur, garantissant la qualité, la sécurité et la fiabilité.

### 5.4 Garantie & Maintenance

Une garantie de 2 ans doit être incluse dans l'offre de base. Les coûts des extensions de garanties seront fournis sous forme de variantes spécifiques.

### 5.5 Exigences Techniques Supplémentaires

Les soumissionnaires sont tenus de fournir des informations détaillées sur la configuration logicielle et matérielle, la consommation électrique, les interfaces de communication, ainsi que sur toute exigence particulière pour l'intégration du matériel dans le système existant.

### 5.6 Livraison et installation du matériel

**Le délai de livraison souhaité ne devra pas excéder 6 mois.**

L'équipement sera livré à l'adresse suivante :

IETR – UMR CNRS 6164

Université de Rennes – Campus Beaulieu

263 avenue du Général Leclerc – bât. 11D

C.S. 74205 - 35042 Rennes Cedex.

### 5.7 Contact

Pour des compléments d'informations contacter :

Denys Nikolayev, resp. équipe eWAVES

IETR UMR CNRS, Campus Beaulieu, bât. 11D

35042 Rennes cedex

Email : [denys.nikolayev@cnrs.fr](mailto:denys.nikolayev@cnrs.fr)

## 6 Lot n°4 : Low Noise Amplifier

### 6.1 Contexte et objectif scientifique

Le projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation du CPER 2021-2027 «CyMoCoD » coordonné par l'Institut d'Électronique et des Technologies du numéRique – IETR, UMR CNRS 6164.

Dans le cadre de notre engagement dans le domaine de la bioélectronique, nous cherchons à concevoir, adapter et optimiser des systèmes complets couvrant les aspects cruciaux de l'exposition, de la dosimétrie, de la caractérisation et des micro-systèmes bioélectroniques. L'objectif principal de ce projet est de répondre aux exigences complexes des applications bioélectroniques, où la communication et l'interaction avec les tissus biologiques nécessitent des solutions technologiques avancées.

L'élément central est le système RFSoc FPGA associé à une carte d'extension. Cette configuration permettra la génération et l'acquisition de signaux complexes nécessaires à la bioélectronique. Avec ses DACs 14 bits à 10 GSPS et ses ADCs 14 bits à 5 GSPS, le système offre une résolution et une vitesse d'échantillonnage suffisantes pour manipuler des signaux biomédicaux variés. La capacité de fonctionner dans une plage de fréquences de 300 MHz à 2.5 GHz garantit une flexibilité maximale pour s'adapter aux besoins spécifiques des applications bioélectroniques.

### 6.2 Description de l'équipement

Ce lot inclut au 9 amplificateurs RF (type LNA) répondant aux spécifications suivantes :

Base/PSE	Type	Characteristics
Base	<b>Gain</b>	Min : 16dB ; max : 25dB ; typ : 20dB
	<b>Fréquences</b>	Min : 100MHz ; max : 7 GHz
	<b>Point de compression à 1 dB (P1dB) en sortie</b>	≥ 10 dBm
	<b>Figure de bruit</b>	< 2dB
	<b>Impédance</b>	Entrée/Sortie en 50 Ω, connecteurs SMA.
	<b>Refroidissement</b>	Dissipateurs thermiques inclus si nécessaires pour assurer un fonctionnement continu stable d'au moins 2 heures.
PSE 1	<b>Amplificateurs supplémentaires</b> (même caractéristiques que la base)	2 amplificateurs supplémentaires
PSE 2		4 amplificateurs supplémentaires
PSE 3		6 amplificateurs supplémentaires
PSE 4		8 amplificateurs supplémentaires
PSE 5		10 amplificateurs supplémentaires
PSE 6		12 amplificateurs supplémentaires
PSE 7		14 amplificateurs supplémentaires
PSE 8		16 amplificateurs supplémentaires
PSE 9		18 amplificateurs supplémentaires
PSE 10	<b>Point de compression à 1 dB (P1dB) en sortie</b>	≥ 20 dBm
PSE 10.1	<b>Amplificateurs</b>	2 amplificateurs supplémentaires

PSE 10.2	<b>supplémentaires</b> (même caractéristiques que la base + PSE2)	4 amplificateurs supplémentaires
PSE 10.3		6 amplificateurs supplémentaires
PSE 10.4		8 amplificateurs supplémentaires
PSE 10.5		10 amplificateurs supplémentaires
PSE 10.6		12 amplificateurs supplémentaires
PSE 10.7		14 amplificateurs supplémentaires
PSE 10.8		16 amplificateurs supplémentaires
PSE 10.9		18 amplificateurs supplémentaires

**Note** : Nous pouvons utiliser des 9 LNAs en sortie aussi (lot 4b ; ce qui fera un total de 18 LNA dans la commande) comme la puissance maximale requise reste modérée ( $\leq 20$  dBm), mais si leur linéarité est suffisante pour une application de beamforming. Sinon, nous privilégierons des amplificateurs de puissance linéaires en sortie.

Le candidat fournira les éléments techniques permettant d'estimer la linéarité du gain en fonction de la puissance d'entrée, et en fonction de la fréquence.

### 6.3 Normes et Conformité

Tout le matériel fourni devra être conforme aux normes industrielles en vigueur, garantissant la qualité, la sécurité et la fiabilité.

### 6.4 Garantie & Maintenance

Une garantie de 2 ans doit être incluse dans l'offre de base. Les coûts des extensions de garanties seront fournis sous forme de variantes spécifiques.

### 6.5 Exigences Techniques Supplémentaires

Les soumissionnaires sont tenus de fournir des informations détaillées sur la configuration logicielle et matérielle, la consommation électrique, les interfaces de communication, ainsi que sur toute exigence particulière pour l'intégration du matériel dans le système existant.

### 6.6 Livraison et installation du matériel

**Le délai de livraison souhaité ne devra pas excéder 6 mois.**

L'équipement sera livré à l'adresse suivante :

IETR – UMR CNRS 6164

Université de Rennes – Campus Beaulieu

263 avenue du Général Leclerc – bât. 11D

C.S. 74205 - 35042 Rennes Cedex.

### 6.7 Contact

Pour des compléments d'informations contacter :

Denys Nikolayev, resp. équipe eWAVES

IETR UMR CNRS, Campus Beaulieu, bât. 11D

35042 Rennes cedex

Email : [denys.nikolayev@cnrs.fr](mailto:denys.nikolayev@cnrs.fr)

## 7 Lot n°5 : Power Amplifier

### 7.1 Contexte et objectif scientifique

Le projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation du CPER 2021-2027 «CyMoCoD » coordonné par l'Institut d'Électronique et des Technologies du numéRique – IETR, UMR CNRS 6164.

Dans le cadre de notre engagement dans le domaine de la bioélectronique, nous cherchons à concevoir, adapter et optimiser des systèmes complets couvrant les aspects cruciaux de l'exposition, de la dosimétrie, de la caractérisation et des micro-systèmes bioélectroniques. L'objectif principal de ce projet est de répondre aux exigences complexes des applications bioélectroniques, où la communication et l'interaction avec les tissus biologiques nécessitent des solutions technologiques avancées.

L'élément central est le système RFSoc FPGA associé à une carte d'extension. Cette configuration permettra la génération et l'acquisition de signaux complexes nécessaires à la bioélectronique. Avec ses DACs 14 bits à 10 GSPS et ses ADCs 14 bits à 5 GSPS, le système offre une résolution et une vitesse d'échantillonnage suffisantes pour manipuler des signaux biomédicaux variés. La capacité de fonctionner dans une plage de fréquences de 300 MHz à 2.5 GHz garantit une flexibilité maximale pour s'adapter aux besoins spécifiques des applications bioélectroniques.

### 7.2 Description de l'équipement

Ce lot inclut 9 amplificateurs RF (amplificateur de puissance linéaire) répondant aux spécifications suivantes :

Base/PSE	Type	Characteristics
Base	<b>Gain</b>	Min : 16dB ; max : 25dB ; typ : 20dB
	<b>Fréquences</b>	Min : 100MHz ; max : 7 GHz
	<b>Point de compression à 1 dB (P1dB) en sortie</b>	$\geq 20$ dBm
	<b>Figure de bruit</b>	$\leq 5$ dB
	<b>Impédance</b>	Entrée/Sortie en 50 $\Omega$ , connecteurs SMA.
	<b>Refroidissement</b>	Dissipateurs thermiques inclus si nécessaires pour assurer un fonctionnement continu stable d'au moins 2 heures.
PSE 1	<b>Amplificateurs supplémentaires</b> (mêmes caractéristiques que la base)	2 amplificateurs supplémentaires
PSE 2		4 amplificateurs supplémentaires
PSE 3		6 amplificateurs supplémentaires
PSE 4		8 amplificateurs supplémentaires
PSE 5		10 amplificateurs supplémentaires
PSE 6		12 amplificateurs supplémentaires
PSE 7		14 amplificateurs supplémentaires
PSE 8		16 amplificateurs supplémentaires
PSE 9		18 amplificateurs supplémentaires

**Note** : Nous pouvons utiliser des 9 LNAs en sortie aussi (lot 4b ; ce qui fera un total de 18 LNA dans la commande) comme la puissance maximale requise reste modérée ( $\leq 20$  dBm), mais si leur linéarité est suffisante pour une application de beamforming. Sinon, nous privilégierons des amplificateurs de puissance linéaires en sortie.

Le candidat fournira les éléments techniques permettant d'estimer la linéarité du gain en fonction de la puissance d'entrée, et en fonction de la fréquence.

### 7.3 Normes et Conformité

Tout le matériel fourni devra être conforme aux normes industrielles en vigueur, garantissant la qualité, la sécurité et la fiabilité.

### 7.4 Garantie & Maintenance

Une garantie de 2 ans doit être incluse dans l'offre de base. Les coûts des extensions de garanties seront fournis sous forme de variantes spécifiques.

### 7.5 Exigences Techniques Supplémentaires

Les soumissionnaires sont tenus de fournir des informations détaillées sur la configuration logicielle et matérielle, la consommation électrique, les interfaces de communication, ainsi que sur toute exigence particulière pour l'intégration du matériel dans le système existant.

### 7.6 Livraison et installation du matériel

**Le délai de livraison souhaité ne devra pas excéder 6 mois.**

L'équipement sera livré à l'adresse suivante :

IETR – UMR CNRS 6164

Université de Rennes – Campus Beaulieu

263 avenue du Général Leclerc – bât. 11D

C.S. 74205 - 35042 Rennes Cedex.

### 7.7 Contact

Pour des compléments d'informations contacter :

Denys Nikolayev, resp. équipe eWAVES

IETR UMR CNRS, Campus Beaulieu, bât. 11D

35042 Rennes cedex

Email : [denys.nikolayev@cnrs.fr](mailto:denys.nikolayev@cnrs.fr)

## 8 Lot n°6 : Oscilloscope numérique

### 8.1 Contexte et objectif scientifique

Le projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation du CPER 2021-2027 «CyMoCoD » coordonné par l'Institut d'Électronique et des Technologies du numéRique – IETR, UMR CNRS 6164.

Dans le cadre de notre engagement dans le domaine de la bioélectronique, nous cherchons à concevoir, adapter et optimiser des systèmes complets couvrant les aspects cruciaux de l'exposition, de la dosimétrie, de la caractérisation et des micro-systèmes bioélectroniques. L'objectif principal de ce projet est de répondre aux exigences complexes des applications bioélectroniques, où la communication et l'interaction avec les tissus biologiques nécessitent des solutions technologiques avancées.

L'élément central est le système RFSoc FPGA associé à une carte d'extension. Cette configuration permettra la génération et l'acquisition de signaux complexes nécessaires à la bioélectronique. Avec ses DACs 14 bits à 10 GSPS et ses ADCs 14 bits à 5 GSPS, le système offre une résolution et une vitesse d'échantillonnage suffisantes pour manipuler des signaux biomédicaux variés. La capacité de fonctionner dans une plage de fréquences de 300 MHz à 2.5 GHz garantit une flexibilité maximale pour s'adapter aux besoins spécifiques des applications bioélectroniques.

### 8.2 Description de l'équipement

Le lot comprend un oscilloscope RF 8 canaux avec les caractéristiques suivantes :

Base/PSE	Type	Characteristics
Base	<b>Nombre de canaux</b>	8 canaux minimum, synchronisés simultanément
	<b>Bande passante</b>	$\geq 3$ GHz par canal.
	<b>Fréquence d'échantillonnage</b>	Adaptée pour signaux RF $\geq 10$ Géc/s.
	<b>Profondeurs mémoire</b>	Suffisante pour stocker et analyser des signaux RF longs ( $\geq$ dizaines de millions de points par canal). E.g, 10ms à 10 Géc/s.
	<b>Synchronisation</b>	Synchronisation temporelle et en phase précise entre tous les canaux.
	<b>Analyse avancée</b>	Capacité intégrée ou via logiciel externe (ordinateur) pour stockage, corrélation croisée, analyse en amplitude et en phase des signaux.
	<b>Connectivité</b>	Interface PC rapide (USB 3.x, Ethernet rapide ou Thunderbolt) permettant le transfert rapide des données acquises vers un ordinateur pour analyse approfondie.
PSE 1	<b>Profondeurs mémoire</b>	Suffisante pour stocker 50ms à 10 Géc/s.
PSE 2	<b>Fréquence d'échantillonnage</b>	$\geq 20$ Géc/s

### 8.3 Normes et Conformité

Tout le matériel fourni devra être conforme aux normes industrielles en vigueur, garantissant la qualité, la sécurité et la fiabilité.

### 8.4 Garantie & Maintenance

Une garantie de 2 ans doit être incluse dans l'offre de base. Les coûts des extensions de garanties seront fournis sous forme de variantes spécifiques.

### 8.5 Exigences Techniques Supplémentaires

Les soumissionnaires sont tenus de fournir des informations détaillées sur la configuration logicielle et matérielle, la consommation électrique, les interfaces de communication, ainsi que sur toute exigence particulière pour l'intégration du matériel dans le système existant.

### 8.6 Livraison et installation du matériel

**Le délai de livraison souhaité ne devra pas excéder 6 mois.**

L'équipement sera livré à l'adresse suivante :

IETR – UMR CNRS 6164

Université de Rennes – Campus Beaulieu

263 avenue du Général Leclerc – bât. 11D

C.S. 74205 - 35042 Rennes Cedex.

### 8.7 Contact

Pour des compléments d'informations contacter :

Denys Nikolayev, resp. axe « Bioélectronique sans fil »

IETR UMR CNRS, Campus Beaulieu, bât. 11D

35042 Rennes cedex

Email : [denys.nikolayev@cnrs.fr](mailto:denys.nikolayev@cnrs.fr)

## 9 Lot n°7 : Sources hyperfréquences à haute puissance

### 9.1 Contexte de l'opération

Le projet s'inscrit dans le cadre de la réalisation du CPER 2021-2027 «CyMoCoD» coordonné par l'Institut d'Électronique et des Technologies du numéRique – IETR, UMR CNRS 6164. Il s'agit plus particulièrement du sous-projet « Environnement Électromagnétique du Futur et Vivant : de la Modélisation des Interactions Bioélectromagnétiques à l'Évaluation des Effets Sanitaires » portée par la plate-forme M<sup>2</sup>ARS.

### 9.2 Contexte et objectif scientifique

Les travaux de recherche sur cette opération sont destinés à relier d'une part les dernières avancées en méthodes numériques et en instrumentation RF / micro-onde / millimétrique et d'autre part en biologie pour étudier en profondeur les interactions entre les rayonnements électromagnétiques et le vivant. L'objectif est d'analyser en amont et maîtriser la biocompatibilité des technologies sans fil émergentes. Il s'agit des travaux de recherche pluridisciplinaires et innovants qui font appel à des outils et des techniques numériques et expérimentales avancées et à des méthodologies de pointe pour faire progresser le front de la connaissance en bioélectromagnétisme. Les travaux portent notamment sur les points suivants : (i) modélisation bioélectromagnétique numérique et expérimentale (de l'analyse à l'optimisation), (ii) développement de nouveaux systèmes d'exposition et de nouvelles techniques dosimétriques, (iii) étude de la biocompatibilité des rayonnements électromagnétiques (études *in vitro* et *in vivo*). Ce projet contribuera ainsi à une meilleure connaissance de ces problématiques pour lesquelles de nombreuses inquiétudes émanent du grand public.

### 9.3 Description et spécifications techniques du matériel

Ces équipements sont destinés à créer des nouveaux systèmes de mesures et d'exposition afin de renforcer la base technologique / métrologique du plateau BioEM de la plateforme M<sup>2</sup>ARS et ont donc la même finalité. Il est donc justifié de les regrouper dans un même lot. Il s'agit notamment des systèmes d'exposition au-dessus de 6 GHz basés sur les sources haute puissance.

Les équipements objet de ce lot sont des sources mobiles compactes dont les caractéristiques souhaitées sont reportées ci-dessous :

#### Equipment 1. Voltage Control Oscillator (VCO) source

Base/PSE	Type	Characteristics
Base	Frequency-tunable compact source based on Voltage Control Oscillator (VCO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Central frequency: 10 GHz</li> <li>- Bandwidth: 9-11 GHz</li> <li>- Min output power: 18 dBm</li> <li>- Typical output power 20 dBm</li> <li>- Harmonics &lt; -15 dBc</li> <li>- Power stability: ≤ 0.04 dBm/°C</li> <li>- Frequency stability: ≤ 1.5 MHz /°C</li> <li>- Overheating protection</li> <li>- Frequency tuning: micrometer (preferred option) or voltage-driven</li> <li>- Manual &amp; Datasheet</li> <li>- Warranty 1 year</li> </ul>

Base/PSE	Type	Characteristics
PSE 1	- Min output power 9-11 GHz: 21 dBm - Typical output power 9-11 GHz: 23 dBm	
PSE 2	- Min output power 9-11 GHz: 24 dBm - Typical output power 9-11 GHz: 26 dBm	
PSE 3	- Min output power 9-11 GHz: 27 dBm - Typical output power 9-11 GHz: 30 dBm	
PSE 4	- Isolator 9-11 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 5	- Voltage-driven attenuator at 9-11 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 6	- Voltage-driven switch at 9-11 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 7	- Heat sink and fan for additional cooling 9-11 GHz	
PSE 8	- Heat sink with integrated voltage-driven Peltier cooling element 9-11 GHz	
PSE 9	- VCO (central frequency: 6.5 GHz; bandwidth: 5.9-7.1 GHz, min output power: 18 dBm; typical output power 20 dBm; harmonics < -15 dBc; target power stability: $\leq 0.04$ dBm/°C; target frequency stability: $\leq 1.5$ MHz /°C; overheating protection; frequency tuning: micrometer (preferred option) or voltage-driven)	
PSE 10	- Min output power 5.9-7.1 GHz: 21 dBm - Typical output power 5.9-7.1 GHz: 23 dBm	
PSE 11	- Min output power 5.9-7.1 GHz: 24 dBm - Typical output power 5.9-7.1 GHz: 26 dBm	
PSE 12	- Min output power 5.9-7.1 GHz: 27 dBm - Typical output power 5.9-7.1 GHz: 30 dBm	
PSE 13	- Isolator 5.9-7.1 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 14	- Voltage-driven attenuator at 5.9-7.1 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 15	- Voltage-driven switch at 5.9-7.1 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 16	- Heat sink and fan for additional cooling 5.9-7.1 GHz	
PSE 17	- Heat sink with integrated voltage-driven Peltier cooling element 5.9-7.1 GHz	
PSE 18	- Voltage / current supply (220 V Ac EU) [3 or 4 channels]	
PSE 19	- Compact voltage/current supply (power transformer 220 V AC EU to the DC voltage/current of VCO)	
PSE 20	- Compact voltage/current supply with a rechargeable battery	
PSE 21	Connectors: - SMA female-to-female transition - SMA male-to-male transition - SMA-to-WR90 transition	

Base/PSE	Type	Characteristics
PSE 22	- Compact pyramidal horn antenna at 10 GHz	
PSE 23	- Compact pyramidal horn antenna at 6.5 GHz	
PSE 24	- Warranty 3 years	
PSE 25	- Warranty 5 years	

### Equipment 2. Microwave Gunn oscillator source

Base/PSE	Type	Characteristics
Base	Microwave frequency-tunable compact source based on Gunn oscillator	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Central frequency: 26 GHz</li> <li>- Bandwidth: 24.5-27.5 GHz</li> <li>- Min output power: 16 dBm</li> <li>- Typical output power: 17.8 dBm</li> <li>- Harmonics &lt; -15 dBc</li> <li>- Power stability: <math>\leq 0.04</math> dBm/°C</li> <li>- Frequency stability: <math>\leq 0.5</math> MHz /°C</li> <li>- Overheating protection</li> <li>- Over voltage protection</li> <li>- Frequency tuning: micrometer (preferred option) or voltage-driven</li> <li>- Manual &amp; Datasheet</li> <li>- Warranty 1 year</li> </ul>
PSE 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Min output power 24.5-27.5 GHz: 18 dBm</li> <li>- Typical output power 24.5-27.5 GHz: 20 dBm</li> </ul>	
PSE 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Min output power 24.5-27.5 GHz: 20 dBm</li> <li>- Typical output power 24.5-27.5 GHz: 22 dBm</li> </ul>	
PSE 3	- Isolator at 24.5-27.5 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 4	- Voltage-driven attenuator at 24.5-27.5 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 5	- Voltage-driven switch at 24.5-27.5 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 6	- Heat sink and fan for additional cooling at 24.5-27.5 GHz	
PSE 7	- Heat sink with integrated voltage-driven Peltier cooling element 24.5-27.5 GHz	
PSE 8	- Gunn oscillator (central frequency: 30 GHz; bandwidth: 29.5-30.5 GHz; min output power: 18 dBm; typical output power 20 dBm; harmonics < -15 dBc; power stability: $\leq 0.04$ dBm/°C; frequency stability: $\leq 0.5$ MHz /°C; overheating protection; over voltage protection; frequency tuning: micrometer (preferred option) or voltage-driven).	
PSE 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Min output power 29.5-30.5 GHz: 20 dBm</li> <li>- Typical output power 29.5-30.5 GHz: 22 dBm</li> </ul>	

Base/PSE	Type	Characteristics
PSE 10	- Isolator at 29.5-30.5 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 11	- Voltage-driven attenuator at 29.5-30.5 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 12	- Voltage-driven switch at 29.5-30.5 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 13	- Heat sink and fan for additional cooling at 29.5-30.5 GHz	
PSE 14	- Heat sink with integrated voltage-driven Peltier cooling element 29-31 GHz	
PSE 15	- Gunn oscillator (central frequency: 39 GHz; target bandwidth: 37-40 GHz; min output power: 15 dBm; typical output power 17 dBm; harmonics < -15 dBc; power stability: $\leq 0.04$ dBm/°C; frequency stability: $\leq 0.5$ MHz /°C; overheating protection; over voltage protection; frequency tuning: micrometer (preferred option) or voltage-driven).	
PSE 16	- Min output power at 37-40 GHz: 17 dBm - Typical output power 37-40 GHz: 20 dBm	
PSE 17	- Min output power at 37-40 GHz: 20 dBm - Typical output power at 37-40 GHz: 23 dBm	
PSE 18	- Isolator at 37-40 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 19	- Voltage-driven attenuator at 37-40 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 20	- Voltage-driven switch at 37-40 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 21	- Heat sink and fan for additional cooling at 37-40 GHz	
PSE 22	- Heat sink with integrated voltage-driven Peltier cooling element 37-40 GHz	
PSE 23	- Voltage / current supply (220 V Ac EU) [3 or 4 channels] - Compact voltage/current supply (power transformer 220 V AC EU to the DC voltage/current of Gunn oscillator) - Compact voltage/current supply with a rechargeable battery	
PSE 24	- Connectors: - WR28-to-Coax 2.92 mm transition - Coax 2.92mm female-to-female transition - Coax 2.92mm male-to-male transition	
PSE 25	Low loss RF 2.92 mm coaxial cable - < 3 dB loss for 100 cm length - < 2 dB loss for 70 cm length - < 1.5 dB loss for 50 cm length	
PSE 26	- Compact pyramidal horn antenna at 26-30 GHz	
PSE 27	- Compact pyramidal horn antenna at 39 GHz	
PSE 28	- Warranty 3 years	
PSE 29	- Warranty 5 years	

**Equipment 3. Millimeter-wave Gunn oscillator source**

Base/PSE	Type	Characteristics
Base	Millimeter-wave frequency-tunable compact source based on Gunn oscillator	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Frequency: 60 GHz</li> <li>- Bandwidth: 59.85-60.15 GHz</li> <li>- Min output power: 10 dBm</li> <li>- Harmonics &lt; -15 dBc</li> <li>- Power stability: <math>\leq 0.04</math> dBm/°C</li> <li>- Frequency stability: <math>\leq 5</math> MHz /°C</li> <li>- Overheating protection</li> <li>- Over voltage protection</li> <li>- Frequency tuning: micrometer (preferred option) or voltage-driven</li> <li>- Manual &amp; Datasheet</li> <li>- Warranty 1 year</li> </ul>
PSE 1	- Min output power: 13 dBm	
PSE 2	- Min output power: 16 dBm	
PSE 3	- Isolator at 59.85-60.15 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 4	- Voltage-driven attenuator at 59.85-60.15 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 5	- Voltage-driven switch at 59.85-60.15 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 6	- Heat sink and fan for additional cooling at 59.85-60.15 GHz	
PSE 7	- Heat sink with integrated voltage-driven Peltier cooling element 59.85-60.15 GHz	
PSE 8	- Gunn oscillator (frequency: 90 GHz; bandwidth: 89.85-90.15 GHz, min output power: 10 dBm; harmonics < -15 dBc; power stability: $\leq 0.04$ dBm/°C; frequency stability: $\leq 6$ MHz /°C; overheating protection; over voltage protection; frequency tuning: micrometer (preferred option) or voltage-driven)	
PSE 9	- Min output power at 89.85-90.15 GHz: 13 dBm	
PSE 10	- Min output power at 89.85-90.15 GHz: 16 dBm	
PSE 11	- Isolator at 89.85-90.15 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 12	- Voltage-driven attenuator at 89.85-90.15 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 13	- Voltage-driven switch at 89.85-90.15 GHz (preferably with low insertion and return loss)	
PSE 14	- Heat sink and fan for additional cooling at 89.85-90.15 GHz	
PSE 15	- Heat sink with integrated voltage-driven Peltier cooling element at 89.85-90.15 GHz	

Base/PSE	Type	Characteristics
PSE 16	- Voltage / current supply (220 V Ac EU) [3 or 4 channels] - Compact voltage/current supply (power transformer 220 V AC EU to the DC voltage/current of Gunn oscillator) - Compact voltage/current supply with a rechargeable battery	
PSE 17	- Power meter at 89.85-90.15 GHz (WR10)	
PSE 18	- Waveguides (WR10 straight section 2.5 cm, 5 cm, WR10 90° bend)	
PSE 19	- Directional coupler -20 dB (WR10, 3 ports)	
PSE 20	- Harmonic Mixer WR10 (compatible with Anritsu MS1720A spectrum analyzer)	
PSE 21	- Standard pyramidal horn antenna WR15 (preferred gain > 20 dB) - Standard pyramidal horn antenna WR10 (preferred gain > 20 dB) - Connectors: <ul style="list-style-type: none"> <li>- WR15-to-Coax 1.85 mm transition (straight angle)</li> <li>- WR15-to-Coax 1.85 mm transition (right angle).</li> <li>- Coax 1.85mm female-to-female transition (Qt. 2)</li> <li>- Coax 1.85mm male-to-male transition (Qt. 2)</li> </ul> Low loss RF 1.85 mm cable <ul style="list-style-type: none"> <li>- &lt; 3 dB for ~60 cm cable length</li> <li>- &lt; 4.2 dB for ~60 cm cable length</li> </ul>	
PSE 22	- Warranty 3 years	
PSE 23	- Warranty 5 years	

#### 9.4 Contacts

Maxim Zhadobov

IETR – Université de Rennes, Campus de Beaulieu, 35042 – RENNES Cedex

Email : [maxim.zhadobov@univ-rennes.fr](mailto:maxim.zhadobov@univ-rennes.fr)

## 10 Lot n°8 : Sondes de mesure pour la caractérisation d'antennes

### 10.1 Contexte

Cet investissement se place dans la réalisation de la seconde étape de la mise en place de la chaîne hyperfréquence pour test d'antennes actives inscrite dans le projet Space Tech Drone Tech. Elle concerne des éléments spécifiques à l'acquisition du champ rayonné soit sur le versant capteur à savoir des sondes de mesure et des antennes références.

### 10.2 Présentation générale

Les équipements objets de ce lot sont des sondes de mesures bipolarisation qui seront utilisées au sein du plateau technique CACENDRA pour des mesures sphériques en champ proche ou champ lointain. Les caractéristiques de rayonnement devront permettre des corrections de sonde de premier ordre en champ proche sphérique.

### 10.3 Description et spécifications techniques du matériel

Pour chacune des sondes, les caractéristiques spécifiques sont reportées dans le tableau ci-après, les caractéristiques générales étant :

- Port adaptation :  $< -10\text{dB}$
- Port to Port isolation :  $> 40\text{dB}$
- Cross polar discrimination :  $> 40\text{dB}$
- Channel imbalance :  $< 0.5\text{ dB}$
- Impedance :  $50\ \Omega$  ;
- Mechanical interface with guiding cylinder for precision centering and guiding pin for precised polarization alignment.
- Removable absorber plate for backscattering effects minimization.

Base/PSE	Caractéristiques spécifiques souhaitées
Base	Sonde ou ensemble de sondes permettant de couvrir la bande de fréquence $[2 - 6]\text{GHz}$ ; Connectique : SMA (F) ou 3.5mm (F).
PSE 1	Sonde ou ensemble de sondes permettant de couvrir la bande de fréquence $[18 - 26.5]\text{GHz}$ ; Connectique : 3.5mm (F).
PSE 2	Sonde ou ensemble de sondes permettant de couvrir la bande de fréquence $[26 - 40]\text{GHz}$ ; Connectique : 2.92mm (F).
PSE 3	Standard Gain Horn $[15-22]\text{GHz}$ : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bride WR51</li> <li>- Connectique SMA femelle</li> <li>- Gain à la fréquence centrale : <math>&gt; 20\text{ dBi}</math></li> <li>- Cross polarisation discrimination : <math>&gt; 40\text{dB}</math></li> <li>- Polarization : linéaire simple</li> <li>- Return loss : <math>&lt; -15\text{dB}</math></li> </ul>

**Pour chaque sonde (base ou PSE), le candidat indiquera la pureté modale (spectre des coefficients modaux sphériques en n et en m) et l'interfaçage mécanique disponible.**

NB : L'objectif étant de doter CACENDRA d'un ensemble de sondes permettant de couvrir la bande  $[2-$

6]GHz et [18-40]GHz, le candidat pourra proposer des sondes larges ou plusieurs sondes permettant de couvrir les bandes de fréquence requises.

#### 10.4 **Extension de garantie, calibrage et maintenance**

**Les propositions devront également intégrer des lignes optionnelles concernant les contrats d’extensions (à 3 et 5 ans) de garantie, de calibrage et de maintenance pour chacun des équipements.**

En sus de ces propositions différenciées, le prestataire pourra également formuler pour ces extensions une proposition globale sur l'ensemble des équipements considérés.

#### 10.5 **Contact pour le lot**

Laurent LE COQ

IETR (Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes) - UMR CNRS 6164

Université de Rennes

Campus de Beaulieu. Bât. 11C

Avenue du Général Leclerc

35042 RENNES Cedex - FRANCE

Email : [laurent.le-coq@univ-rennes.fr](mailto:laurent.le-coq@univ-rennes.fr)

## **11 Lot n°9 – Mini base compacte.**

### **11.1 Contexte de l'opération**

La caractérisation des matériaux utilisés pour les applications en hyperfréquences adresse deux besoins spécifiques : (1) la production de données spécifiant les caractéristiques des matériaux (permittivité complexe, perméabilité complexe) en amont de leur utilisation lors des phases de conception ; (2) la validation des caractéristiques des matériaux en aval des phases de prototypage.

Pour répondre à ces deux problématiques, le matériau sous test est illuminé par un système d'émission. Le signal réfléchi ou transmis par le matériau est mesuré par un système de réception. Les données d'intérêt sont ensuite obtenues par traitement du signal mesuré. Les techniques classiques se limitent à une seule direction de propagation, co-localisant ou alignant l'émission et la réception. Dans ce cas, les positions des parties émission et réception sont fixes l'une par rapport à l'autre, ce qui impose l'angle d'interaction du matériau sous test, et en conséquence limite drastiquement la connaissance exacte des caractéristiques du matériau et leurs dépendances angulaires, cela constitue une limite extrêmement forte lorsqu'un matériau aux propriétés anisotropes est caractérisé.

### **11.2 Contexte et objectifs scientifique**

L'objectif de la présente phase d'acquisition d'équipements est de répondre aux besoins de produire de l'information multistatique, c'est-à-dire de fournir des données de propagation pour différentes positions entre l'ensemble émission/matériau sous test (le matériau pouvant alors être illuminé suivant un angle quelconque) et la partie réception, assurant une extraction et une caractérisation optimale des propriétés du matériau.

Cette nouvelle phase du projet Mat&Trans va permettre à l'IETR de faire évoluer des moyens métrologiques existants pour répondre à l'objectif scientifique précités. Les équipements à acquérir permettront de développer trois stratégies : (i) disposer des systèmes émission et réception assurant les conditions d'ondes planes au niveau du matériau sous test ; (ii) disposer des systèmes d'émission et de réception permettant de synthétiser par traitement les conditions d'ondes planes ; (iii) disposer d'un système hybride comprenant une partie émission assurant les conditions d'ondes planes et une partie réception permettant de synthétiser les informations d'intérêt dans les directions de l'espace voulues.

La présente opération d'acquisition concerne un système de génération d'ondes planes de type base compacte.

### **11.3 Description et spécifications techniques du matériel**

L'équipement visé est une base compacte de taille réduite comprenant un ensemble réflecteur/système d'illumination ainsi qu'un système de positionnement de l'objet à tester.

Les caractérisations réalisées seront de deux types :

- test rapide de caractérisation d'antenne avant de procéder à des mesures plus approfondies et précises au sein des plateaux techniques CAMILL ou IDEM.
- mesure de diffraction en intégrant le système sur le positionneur de IDEM pour réaliser des mesures multistatiques : l'idée est d'illuminer un objet en utilisant la CATR de IDEM (produisant une zone tranquille de 60cm de diamètre), et d'utiliser le système réflecteur/sonde de la mini CATR, pour récupérer le signal réfléchi selon différents angles d'incidence. Le positionneur sur lequel le module mini-CATR sera monté, est un axe gisement pouvant supporter plusieurs centaines de kg.

Les vérifications géométriques nécessaire pour assurer l'installation de la mini-CATR sur cet axe seront effectuées à l'aide du tracker laser dont dispose la plateforme M<sup>2</sup>ARS. Ce tracker pourra également être utilisé pour procéder à la vérification des éléments géométriques propres à la mini-CATR (alignement réflecteur/sonde d'illumination ; alignement réflecteur/zone tranquille ; localisation de la zone tranquille sur le bâti ; etc).

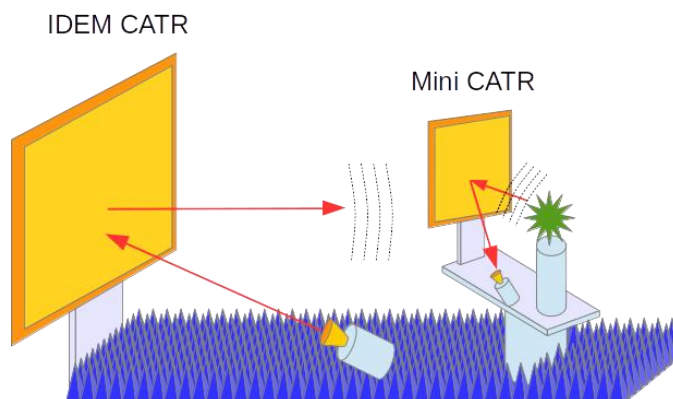


Fig. 11.1 - Configuration de mesure multi-statique

**Description de la mini-CATR**

	Caractéristiques souhaitées
Zone tranquille	Type : cylindrique Diamètre minimal : 20 cm Profondeur minimale : 20cm
Bande de fréquence certifiée constructeur	Fréquence minimale : 18GHz Fréquence maximale : 65GHz
Bande de fréquence d'utilisation visée	[18-110]GHz
Niveau maximal de cross polarisation dans la zone tranquille	-30dB
Taper en amplitude dans la zone tranquille	<1 dB
Ondulation en amplitude dans la zone tranquille	<0.4dB
Variation totale de la phase dans la zone tranquille	<15° @ 60GHz
Eléments mécanique	<p>Le système sera monté sur un bâti transportable et/ou permettant le démontage et le remontage des éléments de la mini-CATR.</p> <p>Le bâti sera doté d'alésages et de trous de centrages, permettant son positionnement précis sur l'axe gisement disponible dans IDEM, soit directement, soit indirectement en laissant la possibilité de lui adjoindre un bâti secondaire spécifique à ce montage sur un axe gisement.</p> <p>Des éléments géométriques de vérification d'alignement du réflecteur par rapport à la sonde d'illumination, du réflecteur par rapport au centre de la zone tranquille seront fournis.</p> <p>Des éléments géométriques de définition du repère géométrique du système seront fournis.</p>
Encombrement maximal	Les dimensions maximales de la mini-CATR sont

	estimées à : – Largeur : 1 m. – Hauteur : 1 m. – Longueur : 1,5 m
Poids maximal	Si la mini-CATR est non démontable : < 50 kg Si la CATR est démontable : < 150kg
Température de la chambre de mesure.	24°C ± 1°C

***Prestations Supplémentaires Eventuelles :***

PSE	Type	Caractéristiques souhaitées
PSE1	Positionneur AUT (Antenna Under Test)	Axe de rotation : – Précision angulaire : <0.1°. – Poids maximal de la sonde : < 1kg – Joint tournant RF : fmax = 65GHz
PSE2	Positionneur AUT (Antenna Under Test)	Positionneur de l'antenne sous-test : – Système à deux axes de type roulis/gisement ou élévation/azimuth ou trois axes de type roulis/offset/gisement. – Précision angulaire : <0.1°. – Joints tournants RF : fmax = 65GHz Poids maximal de l'AUT : 2 kg
PSE3	Sonde d'illumination	Bande de fréquence : [18-40]GHz Réjection de polarisation : > 30dB Polarisation : linéaire simple
PSE4	Sonde d'illumination	Bande de fréquence : [18-40]GHz Réjection de polarisation : > 30dB Polarisation : linéaire double
PSE5	Sonde d'illumination	Bande de fréquence : [40-65]GHz Réjection de polarisation : > 30dB Polarisation : linéaire simple
PSE6	Sonde d'illumination	Bande de fréquence : [40-65]GHz Réjection de polarisation : > 30dB Polarisation : linéaire double
PSE7	Sonde d'illumination	Bande de fréquence : [50-75]GHz Réjection de polarisation : > 30dB Polarisation : linéaire simple
PSE8	Sonde d'illumination	Bande de fréquence : [50-75]GHz Réjection de polarisation : > 30dB Polarisation : linéaire double

PSE	Type	Caractéristiques souhaitées
PSE9	Câbles hyperfréquences	Câbles hyperfréquences : <ul style="list-style-type: none"><li>– Longueur : 2m</li><li>– Connectique : 1.85mm mâle/femelle</li><li>– Fmax = 67GHz</li><li>– Protection pour limiter le rayon de courbure</li></ul>
PSE10	Câbles hyperfréquences	Câbles hyperfréquences : <ul style="list-style-type: none"><li>– Longueur : 2m</li><li>– Connectique : 2.92mm mâle/femelle</li><li>– Fmax = 40GHz</li><li>– Protection pour limiter le rayon de courbure</li></ul>
PSE11	Câbles hyperfréquences	Câbles hyperfréquences : <ul style="list-style-type: none"><li>– Longueur : 2m</li><li>– Connectique : 3,5mm mâle/femelle</li><li>– Fmax = 26.5GHz</li></ul> Protection pour limiter le rayon de courbure

#### 11.4 Extension de garantie, calibrage et maintenance

**Les propositions devront également intégrer des lignes optionnelles concernant les contrats d’extensions (à 3 et 5 ans) de garantie, de calibrage et de maintenance pour chacun des équipements.**

En sus de ces propositions différenciées, le prestataire pourra également formuler pour ces extensions une proposition globale sur l'ensemble des équipements considérés.

#### 11.5 Contact pour le lot

Laurent LE COQ

IETR (Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes) - UMR CNRS 6164

Université de Rennes

Campus de Beaulieu. Bât. 11C

Avenue du Général Leclerc

35042 RENNES Cedex - FRANCE

Email : [laurent.le-coq@univ-rennes.fr](mailto:laurent.le-coq@univ-rennes.fr)