

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES

PARTICULIERES (CCTP)

Consultation n°202604

1 Généralités

1.1 Présentation du Projet

1.1.1. Préambule

L'Institut d'Électronique de Micro-électronique et de Nanotechnologie (IEMN) est une unité mixte de recherche (U.M.R. N° 8520) créée en 1992. Le bâtiment du laboratoire central (LCI) regroupe les principales ressources technologiques et les services communs administratifs. Les antennes situées sur la Faculté des Sciences et Technologie de Lille et sur l'Université Polytechnique des Hauts-de-France ainsi que dans le bâtiment JUNIA-ISEN à Lille sont également dédiées aux activités de recherche. Le LCI, conçu pour être la vitrine de l'IEMN, est un bâtiment moderne de 11 000 m² constitué de cinq grands départements de recherche et de deux grandes plateformes techniques, labellisées par l'université de Lille, de nombreux laboratoires spécialisés et de bureaux. Il permet d'accueillir plus de 500 personnes dont la vocation est la recherche dans les différents domaines de l'électronique : études des effets physiques résultant de l'utilisation de matériaux non conventionnels ou de la réduction des dimensions, réalisations et caractérisations de composants, conception et fabrication de micro-nano dispositifs, élaborations de systèmes pour diverses applications dans les domaines des micro-ondes, des télécommunications, des transports et de la santé.

Les équipements de tests et mesures du laboratoire sont regroupés au sein de la Plateforme de Caractérisation Multi-Physique (PCMP). Cette plateforme comprend 4 pôles dédiés à la caractérisation des matériaux, des dispositifs et des systèmes électroniques, de l'échelle nanométrique aux systèmes électroniques dans leur environnement. Le pôle CHOP (Caractérisation Hyperfréquence Optique et Photonique) de la PCMP, certifié ISO8, regroupe sur 900m² les moyens communs de l'IEMN permettant la caractérisation des principaux paramètres électriques de composants et sous-systèmes électroniques dans une large gamme de fréquences.

1.1.2. Contexte général

Ce marché est composé de 4 lots, indépendants, couvrant différents besoins en lien avec les projets listés ci-après :

Lots 1 et 2 : Projet scientifique WAVETECH

Lot 3 : Projet Plate-formes du PEPR Réseaux du Futur

Lot 4 : Demande de soutien FEDER (dépôt Juin 2026) adossée aux projets IMITECH et WAVETECH



Ci-après des détails sont donnés sur le contexte spécifique à chaque projet et les lots associés.

LOTS 1 et 2 : Dans le cadre du contrat de plan État-Région WAVETECH, d'importants moyens de recherche sont mobilisés pour la conduite de recherches sur les sujets de la photonique, des Téra-Hertz (THz) et de la mécanique quantique. Ce projet a pour objectif de développer à terme des matériaux avec de nouvelles propriétés et fonctionnalités indispensables aux transmissions à ultra-haut débit tout en intégrant l'étude du cycle de vie des matériaux utilisés et les solutions innovantes de recyclage et de sécurité. Une partie de ces recherches est menée à l'Institut d'Electronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie (IEMN). Dans ce cadre, l'IEMN souhaite faire l'acquisition :

- D'un analyseur de réseau vectoriel compatible avec des convertisseurs de fréquence (Rohde&Schwarz ZVA-Z110) déjà en sa possession pour une application de mesure de puissance en bande W (**LOT 1**).
- De 2 extendeurs de fréquences pour la gamme 330-500 GHz pour analyseur de réseaux (**LOT 2**).

LOT 3 : Dans le cadre du projet « plate-formes » du PEPR Réseaux du Futur (PEPR de la stratégie d'accélération 5G), l'IEMN souhaite investir dans 2 extendeurs de fréquences pour la gamme 220-330 GHz, ces têtes d'extension étant destinées à être pilotées par un analyseur de réseaux déjà disponible à l'IEMN.

LOT 4 : Ce lot est lié à un besoin d'équipement de mesure ultra-large bande, des basses fréquences jusqu'au domaine millimétrique, en un seul instrument de mesure. Ce type d'équipement est nécessaire pour anticiper les nouvelles filières de composants électroniques et opto-électroniques, dans lesquels l'évaluation des performances sur des gammes de plusieurs décades de mesure est essentielle. Cet équipement viendrait intégrer la plateforme de mesure de l'IEMN, pour des mesures de dispositifs connectés ou bien sur substrat (mesures sous pointes).

2 LOT 1. Description de l'analyseur de réseau vectoriel.

2.1 Performances hyperfréquences requises.

L'équipement devra comporter les spécificités techniques décrites ci-dessous *a minima*. L'ensemble de ces caractéristiques fera l'objet d'une analyse complète selon les critères d'attribution définis dans le Règlement de la Consultation. Le candidat présentera dans son offre un mémoire technique détaillé.

- Gamme de fréquences : 10 MHz à 26.5GHz au minimum ;
- Impédance caractéristique : 50 ohms ;
- Connectique adaptée à la gamme de fréquences : 3.5mm ;
- Stabilité de la trace : meilleure que 0.1 dB/°C pour le module et 2 degrés/°C pour la phase dans cette gamme de fréquence ;
- Directivité résiduelle : supérieure à 40 dB dans cette gamme de fréquence ;
- Adaptation de source résiduelle : supérieure à 30 dB dans cette gamme de fréquence ;
- Adaptation de charge résiduelle : supérieure à 40 dB dans cette gamme de fréquence ;
- Dynamique de mesure : supérieure à 110dB dans la gamme 1GHz-20GHz ;
- Puissance maximale disponible en sortie de port : +7dBm minimum dans la gamme 1GHz-20GHz ;
- Bruit de phase : inférieur à -50dBc/Hz pour 100Hz d'offset dans la bande 1GHz-20GHz ;
- Compatibilité avec convertisseurs de fréquence : l'analyseur de réseau devra être compatible avec les convertisseurs de fréquence Rohde&Schwarz ZVA-Z110 pour une utilisation en bande W (75-110GHz) ;
- Mesures en mode impulsionnel : L'appareil doit permettre la réalisation des mesures en mode impulsionnel dans une fenêtre temporelle de largeur 1µs avec un rapport cycle de 1%. Pour cela, l'appareil devra intégrer des modulateurs de signal pour les sources ainsi que des générateurs d'impulsion pour le contrôle des modulateurs. La solution technique, son fonctionnement et son utilisation devront être détaillés par le candidat ;
- Calibrage en puissance : Le calibrage en puissance doit pouvoir être réalisé en sortie de convertisseur dans la bande 75-110GHz à l'aide d'un mesureur de puissance HP E4418A et une sonde Agilent W8486A, ce matériel étant déjà existant au laboratoire. Le contrôle du mesureur de puissance par l'analyseur de réseau sera assuré par un adaptateur USB/GPIB fourni par l'IEMN. Dans le

cas où l'instrument proposé ne serait pas compatible avec ce mesureur de puissance, le fournisseur devra inclure dans son offre une solution de remplacement. La procédure devra être détaillée et expliquée de manière claire dans la réponse technique.

2.2 Architecture de l'instrument et possibilité de mesures

L'appareil doit disposer d'un accès direct, en face avant, aux sources et récepteurs de chaque port.

2.3 Plate-forme Interfaces

- Système d'exploitation propriétaire ou Windows10 embarqué ou ultérieur ;
- Le système doit être pilotable par Wincal (FormFactor) afin de pouvoir utiliser les fonctions de calibrage de ce logiciel ;
- Le système doit être compatible avec le logiciel de mesure Keysight IC-CAP ;
- Connecteur(s) GPIB autorisant le pilotage par un ordinateur externe ;
- Prise LAN 10/100 base T Ethernet ;
- Ports USB au nombre de deux minimums ;
- Mémoire vive (RAM) : 16Go minimum ;
- Disque Dur type SSD, 256Go minimum ;
- Sortie vidéo pour moniteurs externes. Un moniteur externe (27 pouces au minimum), une souris et un clavier (AZERTY) sans fil devront être fournis.

2.4 Garantie du matériel

Pour l'ensemble de l'équipement, le matériel sera garanti pour une durée minimale d'un an, à compter de la date de réception définitive de l'équipement. Cette garantie couvrira l'ensemble des défauts de fabrication et de fonctionnement, à l'exception des consommables et des dommages liés à une mauvaise utilisation.

Durant cette période, le fournisseur s'engage à assurer gratuitement les réparations ou les remplacements nécessaires, y compris les frais de main-d'œuvre, de pièces détachées et de déplacement.

2.5 Formation

Une formation de 2 jours pour un groupe de 3 personnes devra être prévue.

2.6 Livraison et installation

L'équipement sera livré et installé dans le pôle de caractérisation hyperfréquence optique et photonique de l'IEMN situé Avenue Poincaré à Villeneuve d'Ascq. Il sera alors procédé à un premier contrôle de la présence de la totalité des éléments commandés.

Ensuite, un deuxième contrôle qualitatif des performances annoncées par le constructeur dans sa proposition commerciale sera effectué. Le matériel sera installé par le fournisseur et testé avec le personnel en charge du banc de mesure.

Un procès-verbal, signé par chacune des deux parties, sera alors dressé et sa date de signature constituera le point de départ des garanties.

2.7 Informations complémentaires

Le matériel doit être compatible avec l'installation électrique existante : 220V /50Hz

Les documentations techniques complètes devront être fournies en un exemplaire. Une version numérique de l'ensemble de la documentation est demandée *a minima*. Cette documentation doit au moins comprendre la description complète du matériel et un mode d'emploi détaillé. Elle doit être rédigée de préférence en français mais l'anglais sera accepté.

2.8 Prestations Supplémentaires Eventuelles (PSE) :

PSE 1 (obligatoire) : Extension de garantie

Une extension de garantie de 2 ans supplémentaires pourra être proposée par le candidat. Cette garantie couvrira l'ensemble des défauts de fabrication et de fonctionnement, à l'exception des consommables et des dommages liés à une mauvaise utilisation.

Durant cette période, le fournisseur s'engage à assurer gratuitement les réparations ou les remplacements nécessaires, y compris les frais de main-d'œuvre, de pièces détachées et de déplacement.

PSE 2 (facultative) : Mesure de linéarité

L'appareil devra intégrer les fonctionnalités nécessaires à la génération de signaux modulés de type 2-tons pour la mesure de linéarité en vue de l'extraction de figure de mérite comme l'IP3 d'amplificateurs. Il devra également intégrer une solution de pré-distorsion du signal pour la correction des signaux d'intermodulation d'ordre 3 (IM3) parasites. De plus, ces mesures devront être réalisées en mode « load-pull », ainsi l'appareil devra fournir une excitation 2-tons simultanément aux deux convertisseurs de fréquence. Pour ce faire, un contrôle précis des amplitudes et phases des tons du signal émis par le port 2 est requis et ce de façon indépendante. La solution technique, son fonctionnement et son utilisation devront être détaillés par le candidat.

3 LOT 2. Description des têtes d'extension 330-500 GHz

3.1 Performances hyperfréquences requises.

Ce lot concerne la fourniture de têtes d'extension 330-500 GHz, compatibles avec des mesures en guide ou sous pointes hyperfréquences, en configuration deux ports. Les têtes d'extension devront pouvoir fonctionner avec un analyseur de réseaux ZNA 26 Rodhe & Schwarz, disposant des options ZNA-K8, ZNA-B4, ZNA-B26, ZNA26-B3, ZNA26-B5, ZNA26-B16, ZNA-K2, ZNA-B8.

Si une mise à jour de la configuration du ZNA 26 est nécessaire, celle-ci devra être incluse dans l'offre.

Les deux têtes d'extension auront pour fonction :

- ✓ De générer par multiplications de fréquences les signaux hyperfréquences nécessaires à l'émission et à la réception.
 - ✓ De séparer les différents signaux incidents, réfléchis et transmis.
 - ✓ D'effectuer les changements de fréquences, afin de restituer à l'analyseur de réseaux ZNA 24 (équipement qui pilotera les têtes d'extension) des signaux dans la gamme de fréquences, que ce dernier sera capable de traiter.
-
- Les têtes d'extension doivent être totalement contrôlables par un ZNA 26 (4 ports) de la marque Rohde & Schwarz, ce qui inclut une **compatibilité des accès LO/RF et IF sur le VNA**, notamment des fréquences RF et OL d'utilisation < 26 GHz.
 - **Fréquence** : Les ports de test fonctionneront dans la gamme de fréquence 330-500 GHz.
 - **PORTS de test** : Les ports de test devront être au format de guide d'onde WR2.2/WM-570, avec des brides de connexion de guide de précision.
 - **Puissance** : La puissance de sortie des têtes doit être au minimum de -12 dBm avec -11 dBm en valeur « typique » dans la bande d'opération (330-500 GHz). Toute amélioration de cette puissance sera appréciée. Un atténuateur variable en sortie doit permettre de régler la puissance de sortie des têtes d'extension.
 - **Il est demandé de détailler la configuration de mesure de la puissance de sortie.**
 - **Dynamique de mesure** : La dynamique de mesure en S21 doit être en valeur typique de 110 dB au minimum (dans une bande passante IF de 10 Hz). Il est demandé la

quantification précise de cette valeur en fonction de la fréquence, entre 330-500 GHz. Toute amélioration de ce paramètre sera appréciée.

- **Il est demandé de détailler la configuration et le type de mesure menant à la valeur spécifiée pour ce critère de performance.** *A minima*, la dynamique de mesure spécifiée devra être donnée dans le cas de l'utilisation d'un VNA de type ZNA 26, 4 ports, avec les options décrites plus haut.
- Des câbles d'interfaces nécessaires adaptés (LO/RF/IF) au pilotage des têtes d'extension sont déjà disponibles à l'IEMN (longueur typique, 1,2 m), ceux-ci étant déjà utilisés pour le pilotage de têtes d'extension de fréquence en gamme millimétrique (ZC110, ZC330 de Rohde & Schwarz ou VDI VNA VNAX 500-750 GHz). Plus particulièrement, les câbles reliant l'analyseur de réseau ZNA 26 aux têtes d'extension seront fournis par l'IEMN.
- **Stabilité d'amplitude** : la stabilité de mesure sur les voies (S11, S21, S12, S22) devra être spécifiée en dB, une valeur < 0.5 dB est souhaitée.
- **La stabilité de phase** des têtes d'extension devra être spécifiée (en degrés (°), ou en radians (rad)).
- **Directivité** : La directivité typique **après correction** devra être spécifiée, en valeur mesurée.
- La puissance consommée par l'équipement devra être spécifiée en Watts, et être la plus faible possible.
- Les dimensions de l'équipement devront être spécifiées sous forme d'un plan mécanique en unités métriques.
- Les puissances maximales des récepteurs (**limite de linéarité de mesure et niveau maximal admissible**) en entrée des convertisseurs devront être spécifiées et être compatibles avec l'analyseur de réseau ZNA 26.
- Les puissances maximales admissibles par les entrées RF et LO devront être spécifiées et être compatibles avec l'analyseur de réseau ZNA 26.
- Le fournisseur devra garantir l'intégration logicielle (avec le VNA ZNA 26 utilisé pour le pilotage) des mesures en gamme 330-500 GHz.
- Un **kit de calibration complet** devra être proposé avec les têtes d'extension de fréquence. Ce kit sera un kit de calibration en guide d'ondes WR2.2 et devra contenir au moins :
 - 1 étalon de charge adaptée « match » ;

- 1 étalon de court-circuit, ou court-circuit décalé ou autre combinaison équivalente ;
- 1 ligne de longueur 1 pouce ou 25 mm de référence pour la calibration.

Réduction de l'empreinte carbone / alimentations

Afin de limiter l'impact carbone, l'IEMN souhaite si possible ré-utiliser des alimentations d'étendre de fréquence qui sont déjà disponibles au laboratoire :

- Deux alimentations « VDI 175 », pour des extenders VDI.
- Deux alimentations ZC-PS, pour des extendeurs de série ZC Rohde & Schwarz (Item 1325.6101.02).

Si le système proposé nécessite des alimentations spécifiques au-delà de celles listées, celles-ci devront être fournies avec le matériel proposé.

3.2 Documentation

Les documentations techniques complètes des différents éléments de la solution devront être fournies, sous format informatique, en langue française ou anglaise.

Un certificat de conformité/étalonnage avec l'équipement devra être proposé.

3.3 Garantie du matériel

Pour l'ensemble de l'équipement, le matériel sera garanti pour une durée minimale d'un an, à compter de la date de réception définitive de l'équipement. Cette garantie couvrira l'ensemble des défauts de fabrication et de fonctionnement, à l'exception des consommables et des dommages liés à une mauvaise utilisation.

Durant cette période, le fournisseur s'engage à assurer gratuitement les réparations ou les remplacements nécessaires, y compris les frais de main-d'œuvre, de pièces détachées et de déplacement.

Il est demandé en Prestation Supplémentaire Eventuelle (PSE) une extension de garantie de 2 ans.

3.4 Formation

Une formation de 1 jour pour un groupe de 2 personnes devra être prévue pour la mise en route des têtes d'extension de fréquence avec le ZNA 26.

3.5 Livraison - Vérification

L'instrument sera livré et installé séparément dans la centrale de caractérisation de l'IEMN située Avenue Poincaré à Villeneuve d'Ascq.

Il sera alors procédé à un premier contrôle de la présence de la totalité des éléments commandés et du bon fonctionnement qualitatif de l'ensemble. Celui-ci sera laissé en fonctionnement au minimum 24 heures. Il sera ensuite procédé aux contrôles quantitatifs des performances annoncées par le constructeur dans sa proposition de prix.

Les têtes d'extension seront connectées à un analyseur de réseau ZNA 26 Rohde & Schwarz disponible à l'IEMN.

Dans un premier temps, nous vérifierons la compatibilité mécanique (câbles, connecteurs, etc) et électrique entre l'analyseur de réseau ZNA 26 et le matériel fourni.

À l'issue de la mise en route, seront vérifiées :

- La gamme de fréquence de fonctionnement ;
- La puissance de sortie des têtes d'extension ;
- La stabilité d'amplitude et de phase ;
- La dynamique du système ;
- Une calibration sur substrat ISS en gamme 330-500 GHz.

3.6 Service après-vente

Le service après-vente proposé, notamment la durée minimale d'intervention devra être précisée dans le CRT et le mémoire technique, ainsi que le type de support (mail, hotline, etc).

3.7 Prestations Supplémentaires Eventuelles (PSE) :

PSE 1 (obligatoire) : Extension de garantie

Une extension de garantie de 2 ans supplémentaires pourra être proposée par le candidat. Cette garantie couvrira l'ensemble des défauts de fabrication et de fonctionnement des têtes d'extension, à l'exception des dommages liés à une mauvaise utilisation.

4 LOT 3. Description des têtes d'extension pour mesures 220-330 GHz

4.1 Performances hyperfréquences requises.

Ce lot concerne la fourniture de têtes d'extension 220-330 GHz, compatibles avec des mesures en guide ou sous pointes hyperfréquences, en configuration deux ports. Les têtes d'extension devront pouvoir fonctionner avec un analyseur de réseaux ZVA 24 Rodhe & Schwarz, référence 1145.1110K26, numéro de série 100284.

Les deux têtes d'extension auront pour fonction :

- ✓ De générer par multiplications de fréquences les signaux hyperfréquences nécessaires à l'émission et à la réception.
 - ✓ De séparer les différents signaux incidents, réfléchis et transmis.
 - ✓ D'effectuer les changements de fréquences afin de restituer à l'analyseur de réseaux ZVA 24 (équipement qui pilotera les têtes d'extension) des signaux dans la gamme de fréquences que ce dernier sera capable de traiter.
-
- Les têtes d'extension doivent être totalement contrôlables par un ZVA 24 (4 ports) de la marque Rohde & Schwarz, ce qui inclut une compatibilité des accès LO/RF et IF sur le VNA, notamment des fréquences RF et OL d'utilisation < 24 GHz.
 - **Fréquence** : Les ports de test fonctionneront dans la gamme de fréquence 220-330 GHz.
 - **Ports de test** : Les ports de test devront être au format de guide d'onde WR3.4/WM-864, avec des brides de connexion de guide de précision.
 - **Puissance** : La puissance de sortie des têtes doit être au minimum de -10 dBm, avec -7 dBm de valeur « typique » dans la totalité de la bande d'opération (220-330 GHz). Toute amélioration de cette puissance sera appréciée. Un atténuateur variable en sortie doit permettre de régler la puissance de sortie des têtes d'extension.
 - **Il est demandé de détailler la configuration de mesure de la puissance de sortie.**
 - **Dynamique de mesure** : La dynamique de mesure en S21 doit être égale au minimum à 110 dB en valeur typique (dans une bande passante IF de 10 Hz). Il est demandé la quantification précise de cette valeur en fonction de la fréquence, entre 220-330 GHz. Toute amélioration de ce paramètre sera appréciée.
 - **Il est demandé de détailler la configuration et le type de mesure menant à la valeur spécifiée pour ce critère de performance. A minima, la dynamique de mesure**

spécifiée devra être donnée dans le cas de l'utilisation d'un VNA de type ZVA 24, 4 ports, avec les options décrites plus haut.

- Des câbles d'interfaces nécessaires adaptés (LO/RF/IF) au pilotage des têtes d'extension sont déjà disponibles à l'IEMN (longueur typique, 1,2 m), ceux-ci étant déjà utilisés pour le pilotage de têtes d'extension de fréquence en gamme millimétrique (ZC220 de Rohde & Schwarz ou VDI VNA VDI). Plus particulièrement, les câbles reliant l'analyseur de réseau ZVA 24 aux têtes d'extension seront fournis par l'IEMN, à l'exception des diviseurs de puissance (power-splitters) le cas échéant si la solution le nécessite.
- **Stabilité d'amplitude** : la stabilité de mesure sur les voies (S11, S21, S12, S22) devra être spécifiée en dB, une valeur < 0.5 dB est souhaitée.
- **La stabilité de phase** des têtes d'extension devra être spécifiée (en degrés (°), ou en radians (rad)).
- **Directivité** : La directivité typique **après correction** devra être spécifiée, en valeur mesurée.
- La puissance consommée par l'équipement devra être spécifiée en Watts, et être la plus faible possible.
- Les dimensions de l'équipement devront être spécifiées sous forme d'un plan mécanique en unités métriques.
- Les puissances maximales des récepteurs (**limite de linéarité de mesure et niveau maximal admissible**) en entrée des convertisseurs devront être spécifiées et être compatibles avec l'analyseur de réseau ZVA 24.
- Les puissances maximales admissibles par les entrées RF et LO devront être spécifiées et être compatibles avec l'analyseur de réseau ZVA 24.
- Le fournisseur devra garantir l'intégration logicielle (avec le VNA ZVA 24 utilisé pour le pilotage) et les mesures en gamme 220-330 GHz.

Réduction de l'empreinte carbone / alimentations

Afin de limiter l'impact carbone, l'IEMN souhaite si possible ré-utiliser des alimentations d' « extendeurs de fréquence » qui sont déjà disponibles au laboratoire :

- Deux alimentations « VDI 175 », pour des extendeurs VDI ;
- Deux alimentations ZC-PS, pour des extendeurs de série ZC Rohde & Schwarz (Item 1325.6101.02).

Si le système proposé nécessite des alimentations spécifiques au-delà de celles listées, celle-ci devront être fournies avec le matériel proposé.

4.2 Documentation

Les documentations techniques complètes des différents éléments de la solution devront être fournies, sous format informatique, en langue française ou anglaise.

Un certificat de conformité/étalonnage avec l'équipement devra être proposé.

4.3 Garantie du matériel

Pour l'ensemble de l'équipement, le matériel sera garanti pour une durée minimale d'un an, à compter de la date de réception définitive de l'équipement. Cette garantie couvrira l'ensemble des défauts de fabrication et de fonctionnement, à l'exception des consommables et des dommages liés à une mauvaise utilisation.

Durant cette période, le fournisseur s'engage à assurer gratuitement les réparations ou les remplacements nécessaires, y compris les frais de main-d'œuvre, de pièces détachées et de déplacement.

4.4 Formation

Une formation de 1 jour pour un groupe de 2 personnes devra être prévue pour la mise en route des têtes d'extension de fréquence avec le ZVA-24.

4.5 Livraison - Vérification

L'instrument sera livré et installé séparément dans la centrale de caractérisation de l'IEMN située Avenue Poincaré à Villeneuve d'Ascq.

Il sera alors procédé à un premier contrôle de la présence de la totalité des éléments commandés et du bon fonctionnement qualitatif de l'ensemble. Celui-ci sera laissé en fonctionnement au minimum 24 heures. Il sera ensuite procédé aux contrôles quantitatifs des performances annoncées par le constructeur dans sa proposition de prix.

Les têtes d'extension seront connectées à un analyseur de réseau ZVA 24 Rohde & Schwarz disponible à l'IEMN.

Dans un premier temps, nous vérifierons la compatibilité mécanique (câbles, connecteurs, etc) et électrique entre l'analyseur de réseau ZVA 24 et le matériel fourni.

À l'issue de la mise en route, seront vérifiées :

- La gamme de fréquence de fonctionnement ;
- La puissance de sortie des têtes d'extension ;
- La stabilité d'amplitude et de phase ;
- La dynamique du système ;

- Une calibration sur substrat ISS en gamme 220-330 GHz.

4.6 Service après-vente

Le service après-vente proposé, notamment la durée minimale d'intervention, devront être précisés dans le CRT et le mémoire technique, ainsi que le type de support (mail, hotline, etc).

4.7 Prestations Supplémentaires Eventuelles (PSE) :

PSE 1 (obligatoire): Extension de garantie

Une extension de garantie de 2 ans supplémentaires pourra être proposée par le candidat. Cette garantie couvrira l'ensemble des défauts de fabrication et de fonctionnement des têtes d'extension, à l'exception des dommages liés à une mauvaise utilisation.

5 LOT 4. Description du système de mesure large bande.

Ce lot concerne le besoin d'un système de mesure jusqu'à 250 GHz de type VNA, en mode coaxial ou sous pointes hyperfréquences. Pour cela, il est demandé la fourniture :

- Du système de mesure jusqu'à 250 GHz (2 ports pour la mesure VNA) ;
- Des sondes de mesure en mode Masse/Signal/Masse (GSG).

Le système de mesure large bande sera piloté par un instrument de type VNA. Deux types d'instruments sont mis à disposition par l'IEMN :

- VNA de type PNAX 67 GHz 4 ports, du type N5247B, options 007, 010, 020, 021, 022, 028, 029, 072, 083, 089, 094, 601, 701, UNY, XSB, S93086B, S93087B, S93088B.
- VNA de type ZNA 26 4 ports, disposant des options ZNA-K8, ZNA-B4, ZNA-B26, ZNA26-B3, ZNA26-B5, ZNA26-B16, ZNA-K2, ZNA-B8.

Une fois couplé au VNA de l'IEMN, le système aura pour fonction :

- ✓ De générer par les signaux hyperfréquences nécessaires à l'émission et à la réception, d'une fréquence typiquement 10 MHz jusqu'à 250 GHz.
 - ✓ De séparer les différents signaux incidents, réfléchis et transmis.
 - ✓ De restituer les résultats de mesure sur le VNA de pilotage.
 - ✓ D'être intégré de façon pleine et entière sur l'environnement du VNA de pilotage (PNAX N5247B ou ZNA26, incluant les options disponibles sur ces instruments).
-
- **Fréquence** : Les ports de test fonctionneront dans la gamme de fréquence 10 MHz-250 GHz au minimum.
 - **PORTS de test** : Les ports de test devront être au format coaxial compatible avec la bande de fréquence visée (250 GHz).
 - **Bias de polarisation** : Il est souhaité d'avoir la possibilité d'appliquer des tensions continues sur les ports de test. Pour cela, la solution devra proposer des tés de polarisation ou solution équivalente, dont les spécifications seront données (tension et courant applicables).
 - **Puissance** : La puissance de sortie des têtes doit être contrôlable et la plus élevée possible. Celle-ci sera spécifiée dans toute la gamme de mesure, ainsi que la gamme sur laquelle la

puissance peut être contrôlée. La plus petite puissance d'injection sera également précisée dans la proposition technique.

▪ **L'ITEMN** dispose des power-meters suivants dans différentes bandes de fréquence :

- Power meter 1.85 mm KEYSIGHT U8488A-CFG001 ;
- Power meter NRP Rohde & Schwarz en coaxial 1,00 mm, de type NRP110T, référence 1424.6215K02, numéro de série 101177-qd ;
- Power-meter KEYSIGHT N8486DD, numéro de série MY65200006, option 200, connecteur WR6.5;
- Power-meter PM5B VDI, numéro de série 691V, connecteur WR10 ou WR5.1 (transition disponible à l'ITEMN).

▪ **Il est demandé de détailler la configuration de mesure de la puissance de sortie recommandée dans chaque bande de fréquence, à l'aide des interconnexions appropriées.**

▪ **Dynamique de mesure** : La dynamique de mesure en S21 doit être en valeur typique de 105 dB au minimum (dans une bande passante IF de 10 Hz) jusqu'à 220 GHz, et 75 dB minimum au-delà (220-250 GHz). Il est demandé la quantification précise de cette valeur en fonction de la fréquence, et ce jusqu'à 250 GHz.

▪ **Il est demandé de détailler la configuration et le type de mesure menant à la valeur spécifiée pour ce critère de performance.**

▪ Les câbles d'interfaces nécessaires adaptés au pilotage du système sont souhaités avec une longueur typique de 1,2 m afin de permettre des mesures à côté du VNA de pilotage, au départ en mode coaxial, à plus long terme sous pointes.

▪ **Stabilité d'amplitude** : la stabilité de mesure sur les voies (S11, S21, S12, S22) devra être spécifiée en dB.

▪ **La stabilité de phase** des têtes d'extension devra être spécifiée (en degrés (°), ou en radians (rad)).

▪ **Compression** : La compression des récepteurs de la solution proposée devra être spécifiée, sur la gamme de fréquence de fonctionnement (**limite de linéarité**). Les

puissances maximales des récepteurs (**niveau maximal admissible**) en entrée du système de mesure.

- La **puissance consommée** par l'équipement devra être spécifiée en Watts. La stabilité thermique de l'instrument devra être également documentée (pour quantifier la stabilité de température requise dans l'environnement de mesure, c'est-à-dire dans la pièce où l'équipement sera installé).
- Les dimensions de l'équipement devront être spécifiées sous la forme d'un plan mécanique en unités métriques.
- **Un kit de calibration complet** devra être proposé avec les têtes d'extension de fréquence. Ce kit sera un kit de calibration de précision en coaxial 0.5 mm, dont l'ensemble des étalons nécessaires, mâle et femelle, seront fournis pour calibrer l'instrument de mesure.
 - Une documentation sur ce kit de calibration sera fournie
 - A minima, seront fournis **en plus du kit** :
 - un adaptateur 0.5 mm mâle-mâle ;
 - un adaptateur 0.5 mm mâle-femelle ;
 - deux adaptateurs 0.5 mm vers 0.8 mm mâle-mâle ;
 - deux adaptateurs 0.5 mm vers 1.0mm mâle-mâle ;
 - deux adaptateurs 0.5 mm vers 1.85mm mâle-mâle ;
 - deux adaptateurs 0.5 mm vers Guide d'onde WR5.1 (140-220 GHz) ;
 - deux adaptateurs 0.5 mm vers Guide d'onde WR6.5 (110-170 GHz) ;
 - deux câbles 0.5 mm de longueur typique 6 pouces, au format mâle/femelle.
- **Des sondes de mesure** devront également être proposées. Ces sondes devront être compatibles aux connecteurs des têtes de mesure 250 GHz, compatibles avec une utilisation avec le logiciel WinCal, version 5 ou ultérieure, dont les résistances de contact, tension, courant et puissance admissibles seront précisés.

Ces sondes seront au nombre de six :

 - 3 sondes de type GSG (Ground Signal Ground), de pitch (séparation entre les contacts) 50 µm ;
 - 3 sondes de type GSG (Ground Signal Ground), de pitch (séparation entre les contacts) 100 µm.

5.2 Documentation

Les documentations techniques complètes des différents éléments de la solution devront être fournies, sous format informatique, en langue française ou anglaise.

Un certificat de conformité/étalonnage avec l'équipement devra être proposé.

5.3 Garantie du matériel.

Pour l'ensemble de l'équipement, le matériel sera garanti pour une durée minimale d'un an, à compter de la date de réception définitive de l'équipement. Cette garantie couvrira l'ensemble des défauts de fabrication et de fonctionnement, à l'exception des consommables et des dommages liés à une mauvaise utilisation.

Durant cette période, le fournisseur s'engage à assurer gratuitement les réparations ou les remplacements nécessaires, y compris les frais de main-d'œuvre, de pièces détachées et de déplacement.

Il est demandé en Prestation Supplémentaire Eventuelle (PSE) une extension de garantie de 2 ans.

5.4 Formation

Une formation de 2 jours pour un groupe de 2 personnes devra être prévue pour la mise en route des têtes d'extension et des calibrages en mode coaxial 0.5 mm.

5.5 Livraison - Vérification

L'instrument sera livré et installé séparément dans la centrale de caractérisation de l'IEMN située Avenue Poincaré à Villeneuve d'Ascq.

Il sera alors procédé à un premier contrôle de la présence de la totalité des éléments commandés et du bon fonctionnement qualitatif de l'ensemble. Celui-ci sera laissé en fonctionnement au minimum 24 heures. Il sera ensuite procédé aux contrôles quantitatifs des performances annoncées par le constructeur dans sa proposition de prix.

Les têtes d'extension seront connectées à un analyseur de réseau de pilotage, puis dans un premier temps, nous vérifierons la compatibilité mécanique (câbles, connecteurs, etc.) et électrique du matériel fourni.

À l'issue de la mise en route, seront vérifiées :

- La gamme de fréquence de fonctionnement ;
- La puissance de sortie des têtes d'extension ;
- La stabilité d'amplitude et de phase ;
- La dynamique du système.

Ensuite seront mesurés :

- Un dispositif passif (filtre) 140-160 GHz en WR6.5 ;
- Un dispositif actif (LNA 170-250 GHz), utilisant des interfaces guide d'onde WR5.1 (le dispositif inclue des transitions WR5/WR4 dédiées et fournies par l'IEMN). Au-delà des paramètres S, le point de compression en fonction de la fréquence, selon la puissance de sortie disponible sur le système de mesure, sera mesuré avec le système proposé ;
- Un amplificateur 110 GHz en coaxial 1.00 mm.

5.6. Service après-vente

Le service après-vente proposé, notamment la durée minimale d'intervention devront être précisés dans le CRT et le mémoire technique, ainsi que le type de support (mail, hotline, etc.).

5.7 Prestations Supplémentaires Eventuelles (PSE) obligatoires :**PSE 1 (obligatoire) : Extension de garantie**

Une extension de garantie de 2 ans supplémentaires pourra être proposée par le candidat. Cette garantie couvrira l'ensemble des défauts de fabrication et de fonctionnement de l'instrument, à l'exception des dommages liés à une mauvaise utilisation.