

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES POUR L'ACHAT D'UN CIRCULATEUR 1.4 GHZ POUR LE TEST DES EQUIPEMENTS DU SYSTEME HARMONIQUE DE SOLEIL II

Date de diffusion	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Modifications
17/02/2026	Ingénieur RF	Responsable WP 1.1.7 Responsable WP 1.1.4 Responsable WP 1.4.2 Groupe Achats	Coordinateur Programme 1.1	
Destinataires	Soumissionnaires			

PUBLIC

La version électronique fait foi.



TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	3
1.1. PRESENTATION DU SYNCHROTRON SOLEIL	3
1.2. PRESENTATION DE SOLEIL II.....	4
1.3. GROUPE GESTIONNAIRE	4
2. PREAMBULE	4
3. DESCRIPTION DE LA PRESTATION.....	4
3.1. OBJET DU MARCHE	4
3.2. CONSIDERATIONS TECHNIQUES DU CIRCULATEUR.....	5
3.2.1. CARACTERISTIQUES RADIOFREQUENCES (RF).....	5
3.2.2. SYSTEME DE REFROIDISSEMENT.....	5
3.2.3. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES	5
3.2.4. DOCUMENTATION.....	6
3.3. DESCRIPTION DE LA FOURNITURE	6
3.4. RESPONSABILITE DU FABRICANT	6
3.5. DEROULEMENT DE LA PRESTATION	6
3.6. LIVRAISON	7
3.7. DIVERS	7
4. TRANSPORT	7

1. INTRODUCTION

1.1. PRESENTATION DU SYNCHROTRON SOLEIL



Situé au cœur du cluster Paris-Saclay, à une vingtaine de kilomètres de Paris, SOLEIL¹ est la source française de rayonnement synchrotron.

Dans cette Très Grande Infrastructure de Recherche, les expériences reposent sur l'utilisation d'un rayonnement lumineux produit par des paquets d'électrons circulant quasiment à la vitesse de la lumière dans un anneau. Ce rayonnement, exceptionnellement brillant, couvre une gamme de longueurs d'ondes très large : de l'infrarouge jusqu'aux rayons X, en passant par les ultraviolets. Ses caractéristiques (intensité, focalisation, stabilité...) permettent d'observer la matière à toutes les échelles, jusqu'à celle de l'atome, pour des expériences tant en recherche fondamentale qu'en recherche appliquée ou d'intérêt industriel.

Depuis 2008, SOLEIL est au service de nombreux domaines qui mobilisent la science et l'industrie aujourd'hui : la physique, la biologie, la chimie, la science des matériaux, l'environnement, les sciences de la Terre ou le patrimoine culturel, notamment.

SOLEIL est placé sous la double tutelle du CNRS² et du CEA³, et offre à son personnel un environnement de travail pluridisciplinaire et international.

¹ SOLEIL : Source Optimisée de Lumière d'Energie Intermédiaire du LURE* (*Laboratoire d'Utilisation du Rayonnement Électromagnétique)

² CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

³ CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

1.2. PRESENTATION DE SOLEIL II

Le projet SOLEIL II est une modernisation ambitieuse de l'ensemble de l'installation qui permettra des expériences jusqu'à dix mille fois plus rapides, mille fois plus sensibles, avec une résolution à l'échelle du nanomètre, et ainsi de contribuer de manière décisive à de nombreux enjeux sociétaux dans la recherche sur les matériaux avancés, l'énergie et le développement durable, la santé et le bien-être, l'environnement.

Les premiers approvisionnements pour la construction de SOLEIL II ont débuté en 2024. Le fonctionnement de l'installation actuelle se poursuivra en parallèle jusqu'à l'automne 2028. Le démarrage de SOLEIL II est prévu pour 2030, avec une montée en puissance jusqu'en 2035.

Pour plus de détails, on pourra se reporter au site web : <http://www.synchrotron-soleil.fr/>

1.3. GROUPE GESTIONNAIRE

Les équipements mentionnés dans ce CCTP seront utilisés au sein du groupe Radiofréquence et LINAC de la division Accélérateurs et Ingénierie.

Groupe RF & LINAC
Division Accélérateurs & Ingénierie
Synchrotron SOLEIL
L'Orme des Merisiers, Départementale 128,
91190 Saint-Aubin, France.

2. PREAMBULE

Dans le contexte de SOLEIL II, les systèmes RF doivent évoluer avec l'implantation d'un système harmonique comprenant 2 à 3 nouvelles cavités accélératrices (1409 MHz) dans le futur anneau de stockage, afin de préserver les performances du faisceau d'électrons. De plus, afin de faciliter l'installation de ces cavités dans SOLEIL II, une zone de tests sera aménagée dès octobre 2026 pour réaliser le conditionnement RF de 4 fenêtres-céramiques et de 3 cavités harmoniques.

Pour cela, il est nécessaire d'installer un circulateur de puissance de 25 kW CW afin de protéger l'amplificateur RF contre des puissances réfléchies élevées lors du conditionnement RF des cavités.

3. DESCRIPTION DE LA PRESTATION

3.1. OBJET DU MARCHÉ

Le présent document concerne la fourniture d'un circulateur de puissance en guide d'ondes destiné à la protection de la source RF à 1409 MHz contre la puissance réfléchie (Pulsé ou CW).

3.2. CONSIDERATIONS TECHNIQUES DU CIRCULATEUR

3.2.1. CARACTERISTIQUES RADIOFREQUENCES (RF)

Le circulateur doit répondre aux performances minimales suivantes :

- **Plage de fréquence** : 1409 MHz \pm 5 MHz
- **Capacité de puissance** : 25 kW CW en incident, 25 kW en réfléchi toute phase (50 kW pulsé sur 20 μ s)
- **Pertes d'insertion** : Maximum de 0,15 dB (0,1 dB attendu)
- **Variation en phase** : Maximum 25 degrés sur la gamme de puissance en CW
- **Isolation** : Minimum de 20 dB
- **ROS** : Maximum 1,15
- **Interfaces de puissance RF** : Brides WR650 (UDR 14)

3.2.2. SYSTEME DE REFROIDISSEMENT

Le circulateur sera connecté hydrauliquement au réseau 30°C de SOLEIL, puis à un réseau 21°C à SOLEIL II. Voici ses caractéristiques principales :

- **Fluide caloporteur** : Eau déminéralisée
- **Débit nominal** : Maximum 20 l/min
- **Pression Aller maximale** : 12 bars (réducteur de pression si nécessaire)
- **Pression Retour maximale** : 4 bars
- **Chute de pression maximale acceptée** : 5 bars
- **Stabilité de température** : \pm 1 °C
- **Raccordement hydraulique** : Brides ou raccords vissés

À noter que les circuits de refroidissement du circulateur ne devront comporter que des métaux comme l'acier inoxydable ou le cuivre.

3.2.3. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Le circulateur doit pouvoir évoluer dans les conditions suivantes :

- **Température ambiante (opération)** : De +10 °C à +40 °C.
- **Température de stockage** : De +10 °C à +60 °C.

3.2.4. DOCUMENTATION

- Le Titulaire devra fournir une fiche technique détaillée ainsi qu'un plan d'encombrement et des interfaces RF.

3.3. DESCRIPTION DE LA FOURNITURE

Les prestations de réalisation du circulateur intégreront les prestations suivantes :

2. L'approvisionnement de tous les matériaux nécessaires à la fabrication.
3. L'étude et les simulations garantissant les performances du circulateur
4. La réalisation et les tests RF bas niveau
5. L'emballage, le transport et la livraison sur le site de Saint-Aubin. Les colis devront stipuler les éléments suivants :
 - a. Nom du contact à SOLEIL,
 - b. Numéro de commande,
 - c. Nom du Titulaire,
 - d. Référence du matériel contenu.

L'assurance de l'équipement pendant l'expédition sera à la charge du Titulaire. Des capteurs de chocs ou d'impact doivent être fixés sur l'emballage pour l'expédition et tout dommage résultant d'une mauvaise manipulation du matériel pendant le transport sera de la responsabilité du Titulaire. Aucune expédition ne pourra être effectuée sans l'accord écrit préalable de SOLEIL.

3.4. RESPONSABILITE DU FABRICANT

Le Titulaire sera responsable de l'exécution du contrat et notamment de :

- La réalisation de ses propres plans de fabrication
- La fabrication du circulateur et de ses caractéristiques RF, mécaniques et hydrauliques
- La livraison à SOLEIL selon le planning établi.

3.5. DEROULEMENT DE LA PRESTATION

Une fois la commande reçue par le Titulaire, le chargé d'affaires SOLEIL et le Titulaire se réuniront pour l'élaboration du planning définitif.

Dès le début de l'exécution du marché, le Titulaire devra désigner les interlocuteurs à contacter pour le suivi technique et administratif de l'ensemble de la prestation.

Un certain nombre de jalons contractuels sont prévus lors du déroulement de la prestation :

- Réunion de lancement dans la limite d'un mois après la réception de commande,
- Réunions régulières pour la phase d'études jusqu'à la finalisation des simulations et plan de fabrication,
- Réunion de suivi de fabrication (approvisionnement et réalisation),
- Réunion sur les FAT à la suite des tests bas niveau du circulateur. Les mesures de paramètres S seront effectuées par le Titulaire pour vérifier les

caractéristiques RF décrites (cf. article 3.2.1) et soumises à la validation de SOLEIL avant livraison,

- Livraison à SOLEIL selon un planning établi avec le contact technique,
- SAT à SOLEIL avec des tests bas niveau identiques à la FAT dès réception du circulateur. Des tests en puissance seront organisés dans un délai de moins de 6 mois après réception si SOLEIL possède une source RF de puissance et ainsi permettre l'acceptation finale du circulateur.

3.6. LIVRAISON

SOLEIL ayant besoin de réaliser les premiers conditionnements à l'été 2027, le Titulaire devra livrer le circulateur au plus tard le 30 avril 2027.

Toute livraison sur le site de SOLEIL fera l'objet d'un protocole de sécurité SOLEIL (réf DIR-SEC-CR-P-7178) où seront précisées les consignes de sécurité pour les opérations de manutentions.

3.7. DIVERS

Il incombe au Soumissionnaire de demander tous les renseignements ou documents supplémentaires qu'il juge nécessaires pour établir une offre détaillée par le biais de la plateforme de dématérialisation PLACE et ce tout au long de la consultation.

Le choix du Titulaire sera effectué en fonction de la qualité des solutions techniques et de leur prix, selon les critères décrits dans la demande de devis.

Le soumissionnaire pourra faire dans son offre toute proposition technique visant à améliorer les caractéristiques du produit réalisé, en particulier le rapport performances/coût.

4. TRANSPORT

Le circulateur devra être livré dans un emballage propre permettant un stockage sans dégradation.

Tous les emballages devront être étiquetés avec les informations suivantes :

- Référence de contact SOLEIL / Projet SOLEIL II
- Adresse de livraison spécifiée dans la commande
- Nom du fabricant
- Désignation du composant contenu dans l'emballage et son numéro de série
- Étiquettes telles que « fragile », « haut », etc. obligatoires
- Poids total de l'emballage chargé
- Points d'appui pour transport et levage