

## SPECIFICATIONS TECHNIQUES POUR 30 PLATINES MOTORISEES POUR LE NOUVEAU SPECTROMETRE D'EMISSION DE LA LIGNE MARS

Date de diffusion	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Modifications
2025/09/05	Scientifique MARS	Ingénieur ISAC	Directeur scientifique	
Destinataires	Soumissionnaires			

An aerial photograph of the SOLEIL synchrotron facility, showing the large circular storage ring and surrounding buildings and parking areas.

# PUBLIC

*La version électronique fait foi.*

## TABLE DES MATIERES

<b>1. PRESENTATION DE SOLEIL .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PRESENTATION GENERALE DE LA LIGNE DE LUMIERE MARS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. LE SPECTROMETRE D'EMISSION DE LA LIGNE MARS .....</b>	<b>4</b>
<b>4. DEFINITION DU BESOIN.....</b>	<b>6</b>
<b>4.1. SPECIFICATIONS COMMUNES A TOUS LES LOTS .....</b>	<b>7</b>
4.1.1. SPECIFICATIONS RELATIVES AU CONTROLE ET A LA SECURITE DES MOUVEMENTS... 7	
4.1.1. CONTENU DE CHAQUE LOT..... 7	
<b>4.2. DEFINITIONS .....</b>	<b>8</b>
4.2.1. RESOLUTION .....	8
4.2.2. PRECISION .....	8
4.2.3. REPETABILITE .....	8
<b>4.3. LOT 1 : TRANSLATIONS LINÉAIRES HORIZONTALES MOTORISÉES “Tx” .....</b>	<b>9</b>
<b>4.4. LOT 2 : ROTATIONS D’AXE VERTICAL “Rz” .....</b>	<b>9</b>
<b>4.5. LOT 3 : TRANSLATION LINÉAIRE VERTICALE “Tz” .....</b>	<b>10</b>
<b>4.6. LOT 4 : GONIOMETRES 1-CERCLE “BRAGG” .....</b>	<b>11</b>
<b>5. ASSURANCE QUALITÉ.....</b>	<b>11</b>
<b>6. GARANTIE, MAINTENANCE ET REPARATIONS .....</b>	<b>12</b>
<b>7. EMBALLAGE ET TRANSPORT.....</b>	<b>12</b>
7.1. EMBALLAGE .....	12
7.2. TRANSPORT ET LIVRAISON.....	12
<b>8. CONDITIONS DE RECEPTION (SAT).....</b>	<b>13</b>

## 1. PRESENTATION DE SOLEIL



SOLEIL<sup>1</sup> est le centre français de rayonnement synchrotron situé sur le plateau de Saclay près de Paris. Il s'agit d'un instrument pluridisciplinaire et d'un laboratoire de recherche ayant pour mission de conduire des programmes de recherche en utilisant le rayonnement synchrotron, de développer une instrumentation de pointe sur les lignes de lumière et de mettre celles-ci à la disposition de la communauté scientifique. Le Synchrotron SOLEIL, outil unique à la fois en matière de recherche académique et d'applications industrielles, a ouvert en 2008.

SOLEIL accueille plus de 4000 chercheurs par an, appelés Utilisateurs, qui utilisent pour leur recherche le rayonnement synchrotron à travers un large éventail de disciplines telles que la physique, la biologie, la chimie, l'astrophysique, l'environnement, les sciences de la terre, etc. SOLEIL s'appuie sur une source de rayonnement remarquable à la fois en termes de brillance et de stabilité. Les chercheurs sont accueillis à SOLEIL 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24. SOLEIL reçoit environ 17000 visiteurs toutes catégories confondues par an.

Cette Très Grande Infrastructure de Recherche (TGIR), partenaire de l'Université Paris-Saclay, est constituée en société « civile » fondée conjointement par le CNRS<sup>2</sup> et le CEA<sup>3</sup>.

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

---

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

<sup>2</sup> CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

<sup>3</sup> CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

## 2. PRESENTATION GENERALE DE LA LIGNE DE LUMIERE MARS

La ligne de lumière MARS vise à étendre les capacités de recherche sur la matière radioactive (émetteurs  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $n$ ) avec l'utilisation du rayonnement synchrotron dans des domaines pluridisciplinaires (biologie, chimie, physique) dans le respect des lois nationales et européennes en matière de sécurité.

La ligne MARS opère sous autorisation de l'ASNR (Autorité de Sureté Nucléaire et de Radioprotection). En raison de ses caractéristiques particulières, le total des activités équivalentes présentes simultanément, y compris le stockage sur la ligne de lumière, peut atteindre 185 GBq, avec un maximum de 18,5 GBq (0,5 Ci) par échantillon.

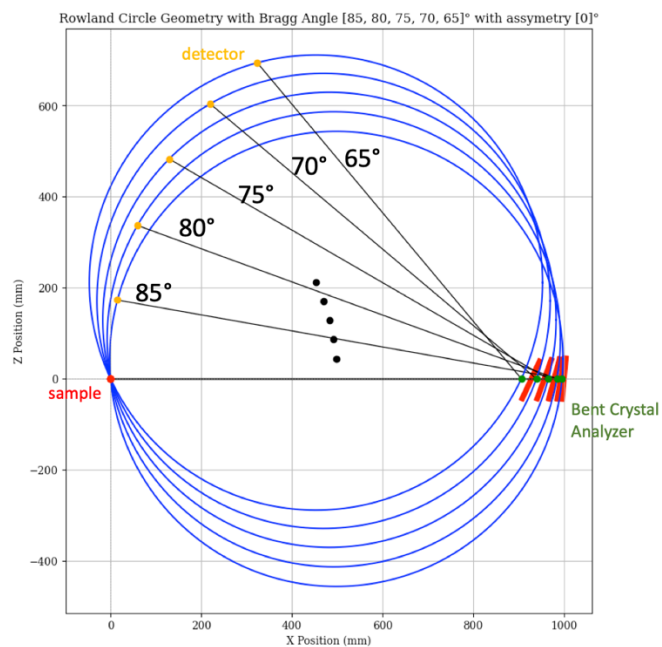
La conception de la ligne MARS (infrastructure et optique) est également optimisée pour faire fonctionner alternativement deux stations expérimentales afin d'effectuer des mesures de diffraction des rayons X sur poudre (XRD), de diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS), spectroscopie d'absorption des rayons X standard (XAS), spectroscopie d'émission (XES) et techniques de microfaisceaux ( $\mu$ XRF, XAS, XRD).

## 3. LE SPECTROMETRE D'EMISSION DE LA LIGNE MARS

Parmi les techniques expérimentales disponibles sur la ligne de lumière MARS, la spectroscopie d'émission de rayons X est utilisée pour plusieurs applications, en particulier pour la détermination de la spéciation des actinides ou d'autres éléments dans des échantillons radioactifs. La ligne de lumière MARS souhaite d'équiper d'un nouveau spectromètre d'émission de rayons X.

Le nouvel instrument est un spectromètre d'émission de rayons X de géométrie Johan basé sur 6 cristaux analyseurs à courbure sphérique et un détecteur, montés sur une géométrie en cercle de Rowland comme illustré dans la figure 1, fonctionnant dans le plan de diffusion horizontal par rapport au faisceau de rayons X incident et à la position de l'échantillon.

Chaque cristal analyseur est monté sur un ensemble de quatre moteurs qui lui permettent d'être orienté sur un cercle de Rowland pour un angle de Bragg donné  $\theta$  entre  $87^\circ$  et  $55^\circ$ . Ces quatre moteurs sont de bas en haut : une translation linéaire horizontale « Tx », une rotation avec axe vertical « Rz », une translation linéaire verticale « Tz », deux goniomètres à 1 cercle « Bragg ».



*Figure 1 : Géométrie du cercle de Rowland et positions du cristal analyseur et du détecteur pour différentes valeurs d'angle de Bragg.*



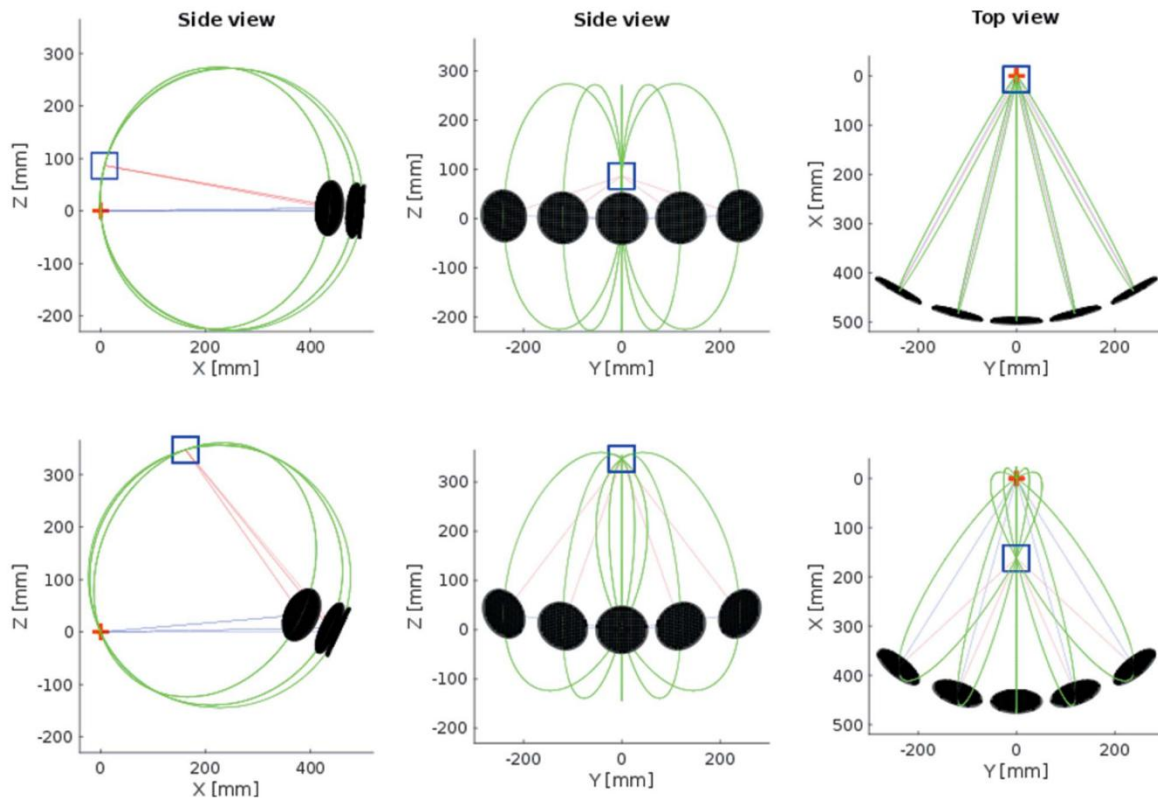


Figure 2: Cercle de Rowland et positions des cristaux analyseurs et du détecteur pour différentes valeurs d'angle de Bragg (haut: 85°, bas: 65°) pour 5 cristaux analyseurs. ATTENTION : la présente consultation concerne 6 cristaux analyseurs.

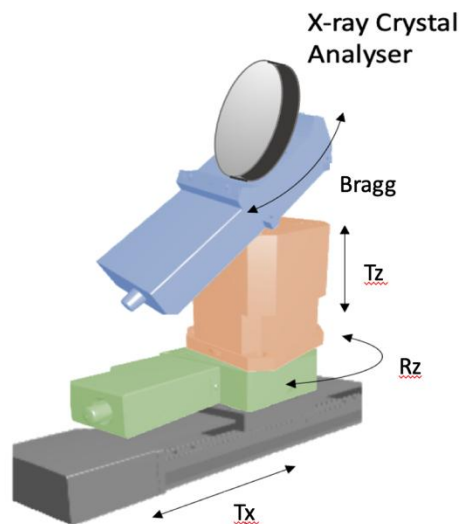


Figure 3: Schéma d'assemblage des 4 moteurs formant un ensemble motorisé pour un cristal.

#### 4. DEFINITION DU BESOIN

Le présent document concerne la fourniture de 30 platines motorisées réparties en 4 lots.

- Lot 1: translations linéaires horizontales “Tx”, (quantité 6)
- Lot 2: rotations d’axe vertical “Rz”, (quantité 6)
- Lot 3: translations linéaires verticales “Tz”, (quantité 6)
- Lot 4: goniomètres 1 cercle “Bragg”, (quantité 12)

Les spécifications techniques détaillées pour chaque lot sont données ci-après à partir du paragraphe 4.3.

#### 4.1. SPECIFICATIONS COMMUNES A TOUS LES LOTS

##### 4.1.1. SPECIFICATIONS RELATIVES AU CONTROLE ET A LA SECURITE DES MOUVEMENTS

Tous les moteurs, codeurs et fin de course doivent répondre aux spécifications du document *INF1246-ind2-Specifs-equipement-motorisation-v4* en annexe. A noter cependant que les connecteurs type TRIM-TRIO ne sont pas exigés, et les connecteurs SUB-D sont à privilégier.

Notamment, les performances des platines motorisées seront vérifiées à réception. Les contrôleurs que nous sommes susceptibles d'utiliser sont les suivants :

- GALIL DMC 4183
- POWERPmac POWERBRICK LV

Avec les spécifications de *motion control* suivantes :

	GALIL DMC 4183 + driver <b>MIP505 S1</b>	POWERPmac POWERBRICK LV
Courant maximum de sortie (A)	5	5 (15 peak)
Micropas maximum	250	512
Nombre maximal de bits série du codeur	38	31
Tension des signaux d'entrée (capteur fin de course ...) (V)	5 (TTL)	5-24

Sauf mention explicite, il sera préférable dans la mesure du possible d'éviter l'emploi de réducteurs.

##### 4.1.1. CONTENU DE CHAQUE LOT

Par ailleurs, pour chaque lot la fourniture doit inclure :

1. Les platines motorisées, avec moteur et codeur ; celles-ci doivent être livrées montées.

2. Les interrupteurs de fin de course ; Les interrupteurs de fin de course doivent être des contacts secs normalement fermés et livrés montés.
3. Les câbles ; ceux-ci doivent être de 3m minimum.
4. Connecteurs SUB-D.
5. Les dessins 3D des ensembles au format STEP (\*.stp).

**Les platines motorisées et tous les accessoires doivent être conformes aux législations européennes et doivent porter la marque de conformité CE.**

## 4.2. DEFINITIONS

Les spécificités techniques utilisent les définitions suivantes.

### 4.2.1. RESOLUTION

La résolution est la plus petite différence de position que peut réaliser la platine motorisée. Elle est généralement donnée par le système de codeur pour la taille du pas moteur et est donnée par :

$R_{\text{res}}$  = Incrément de position minimum pouvant être mesuré ou commandé.

### 4.2.2. PRECISION

La précision (A) est la différence entre la position de consigne ( $P_{\text{cmd}}$ ) et la position réelle ( $P_{\text{act}}$ ) atteinte par la platine motorisée. Elle peut être décrite par la valeur absolue :

$$A = |P_{\text{cmd}} - P_{\text{act}}|$$

où :

- $P_{\text{cmd}}$  est la position de consigne
- $P_{\text{act}}$  est la position réellement atteinte par le système.

La précision peut également être donnée en pourcentage.

### 4.2.3. REPETABILITE

La répétabilité R est l'écart-type des mesures répétées de la même position dans des conditions identiques. Il quantifie la variabilité de la position lorsque la platine motorisée est déplacée plusieurs fois vers la même position cible.

$$R = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

où :

- $x_i$  est la position mesurée à l'essai  $i$



- $\bar{x}$  est la moyenne de tous les essais
- $N$  est le nombre d'essais.

#### 4.3. LOT 1 : TRANSLATIONS LINÉAIRES HORIZONTALES MOTORISÉES "Tx"

Le lot 1 concerne la fourniture de 6 translations linéaires horizontales "Tx".

Les performances requises sont données dans le tableau suivant:

*Tableau 1: Liste des performances requises pour chaque translation linéaire horizontale "Tx"*

Performance	Exigences
<b>Course moteur</b>	Minimum 150 mm
<b>Résolution</b>	1µm
<b>Précision</b>	±3.5µm
<b>Répétabilité</b>	±1µm
<b>Poids</b>	Maximum 6kg
<b>Largeur</b>	100mm ±5mm
<b>Charge acceptable</b>	Minimum 200N

Chaque translation doit inclure :

- Codeurs absolus ;
- Les interrupteurs de fin de course doivent être des contacts secs normalement fermés et livrés montés.

#### 4.4. LOT 2 : ROTATIONS D'AXE VERTICAL "Rz"

Le lot 2 concerne la fourniture de 6 rotations d'axe verticale "Rz".

Les performances requises sont données dans le tableau suivant:

*Tableau 2 : Liste des performances requises pour chaque rotation "Rz"*

Performance	Exigences
<b>Course moteur</b>	360°
<b>Résolution</b>	2.0 mdeg
<b>Précision</b>	±11.5mdeg
<b>Répétabilité</b>	±3.0mdeg

<b>Poids</b>	Maximum 6kg
<b>Charge acceptable</b>	Minimum 200N à 20cm de l'axe
<b>Largeur</b>	Entre 100mm et 120mm

Chaque rotation doit inclure :

- Codeurs absolus ;
- Les interrupteurs de fin de course doivent être des contacts secs normalement fermés et livrés montés.

#### 4.5. LOT 3 : TRANSLATION LINÉAIRE VERTICALE "Tz"

Le lot 3 concerne la fourniture de 6 translations linéaires verticale "Tz" non-réversible.

Les performances requises sont données dans le tableau suivant:

*Tableau 3 : Liste des performances requises pour chaque translation "Rz"*

Performance	Exigences
<b>Course moteur</b>	Minimum 35mm
<b>Résolution</b>	0.1µm
<b>Précision</b>	±0.75µm
<b>Répétabilité</b>	±0.1µm
<b>Poids</b>	Maximum 6kg
<b>Charge acceptable</b>	Minium 200N
<b>Largeur</b>	Entre 80mm et 120mm

Chaque translation doit inclure :

- Codeurs absolus ;
- Les interrupteurs de fin de course doivent être des contacts secs normalement fermés et livrés montés ;
- Un réducteur pour maintien en position physique même en cas de coupure de courant (non-réversibilité).

#### 4.6. LOT 4 : GONIOMETRES 1-CERCLE "BRAGG"

Le lot 4 concerne la fourniture de 12 goniomètres 1-cercle "Bragg".

Les performances requises sont données dans le table suivant:

*Tableau 4 : Liste des performances requises pour chaque goniomètre "Bragg"*

Performance	Exigences
<b>Course moteur</b>	$\pm 30^\circ$
<b>Résolution</b>	0.5mdeg
<b>Précision</b>	$\pm 2.5\text{mdeg}$
<b>Répétabilité</b>	$\pm 1.5\text{mdeg}$
<b>Poids</b>	<5kg
<b>Charge acceptable</b>	Minimum 20N
<b>Distance entre le berceau et l'axe de rotation</b>	50-100mm

Chaque goniomètre doit inclure :

- Codeurs absolus ;
- Les interrupteurs de fin de course doivent être des contacts secs normalement fermés et livrés montés.

## 5. ASSURANCE QUALITÉ

Pour chaque lot, le Titulaire doit être capable de démontrer qu'il possède la certification ISO 9001 ou une certification équivalente, qui soit appropriée pour le sujet de cette spécification. Lors de la signature du contrat, le Titulaire fournira à SOLEIL pour validation un organigramme de sa procédure

de contrôle qualité, qui doit être en accord avec l'ISO 9001. SOLEIL donnera par écrit son accord ou son refus de la procédure dans les 10 jours suivant réception.

## **6. GARANTIE, MAINTENANCE ET REPARATIONS**

Toutes les spécifications garanties ci-dessus doivent faire l'objet **d'une période de garantie minimale d'un an à compter de la fin des tests d'acceptation sur site (SAT) de SOLEIL.**

Le Titulaire doit fournir un manuel de maintenance pour chaque lot. Le manuel inclut les diagnostics, le type des tâches de maintenance à effectuer sur site par le personnel de SOLEIL, et le type de réparations devant être effectuées par le fournisseur lui-même.

Toute réparation effectuée en dehors de la période de garantie doit être assortie d'une garantie supplémentaire d'un an. Au retour de la réparation, la platine motorisée doit être conforme aux spécifications garanties à l'origine.

Le Titulaire doit garantir les prix de réparation, qui sont valables pour une période de 5 ans à compter de la date de livraison des platines motorisées à SOLEIL, et ne peuvent être augmentés qu'en fonction de paramètres économiques normaux.

Le Titulaire doit pouvoir démontrer leur capacité à réagir rapidement aux demandes d'assistance et de pièces détachées (y compris les références) et à garantir dans tous les cas une réponse aux demandes en moins de 24 heures.

## **7. EMBALLAGE ET TRANSPORT**

### **7.1. EMBALLAGE**

Le Titulaire soumettra à SOLEIL une solution pour l'emballage qui devra utiliser des matériaux recyclables ou bas carbone. Les équipements emballés doivent être protégés de l'environnement extérieur et des chocs ainsi que d'une casse pendant le transport et le stockage.

L'emballage doit être étanche à la poussière, à l'eau et doit protéger les composants électroniques sensibles d'accumulation de charges électriques. De plus, les unités doivent être protégées contre les contraintes, les chocs et les frottements qu'elles pourraient rencontrer pendant le transport.

### **7.2. TRANSPORT ET LIVRAISON**

Le Titulaire inclura dans son offre le transport de l'usine vers le site Synchrotron SOLEIL où SOLEIL procédera aux tests d'acceptation sur site (SAT).

Le Titulaire conserve la responsabilité des marchandises jusqu'à la réception sans réserve sur le site de SOLEIL. SOLEIL fournira les outils de manutention locaux (il est à noter que SOLEIL ne possède pas de quai de déchargement).

Le transfert des risques a lieu lorsque la charge est posée au sol.

## **8. CONDITIONS DE RECEPTION (SAT)**

A réception sur site, des tests d'acceptation (SAT) seront réalisés. Chacune des platines motorisées sera testée avec l'électronique de contrôle disponible à SOLEIL (voir paragraphe 4.1.1) et devra répondre aux performances requises et aux performances indiquées par le Titulaire.