

Référence : TDR-SP1\_2-CCTP-P-01251

**P**

# SPECIFICATIONS TECHNIQUES POUR LE QUADRUPOLE NORMAL CORRECTEUR DE VALIDATION

Date de diffusion	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Modifications
03/04/2025	Groupe Magnétisme et Insertion	Responsable du groupe Magnétisme et Insertion  Ingénierie mécanique  Responsable du groupe Physique des accélérateurs  Responsable du groupe Alimentations et aimants pulsés  Groupe Achats	Directeur de la division Accélérateurs et Ingénierie	14/04/2025
<b>Destinataires</b>	Soumissionnaires			

**PUBLIC***La version électronique fait foi.*

# TABLE DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJET : QUADRUPOLE NORMAL CORRECTEUR DE VALIDATION .....</b>	<b>5</b>
<b>3. SPECIFICATIONS TECHNIQUES DU QUADRUPOLE .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. DESCRIPTION DU QUADRUPOLE .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE L'AIMANT.....</b>	<b>6</b>
<b>3.3. DOCUMENTS ASSOCIES.....</b>	<b>7</b>
<b>3.4. USINAGE ET ASSEMBLAGE .....</b>	<b>7</b>
<b>3.5. BOBINES.....</b>	<b>7</b>
3.5.1. GENERALITES .....	7
3.5.2. ENROULEMENT DE BOBINE.....	7
3.5.3. ISOLATION ET IMPREGNATION DES BOBINES .....	8
3.5.4. CIRCUIT ELECTRIQUE .....	8
3.5.5. CIRCUIT HYDRAULIQUE .....	8
3.5.6. REPARATIONS.....	8
<b>3.6. ÉLEMENTS DE SECURITE .....</b>	<b>8</b>
<b>3.7. PROTECTION ET PEINTURE .....</b>	<b>9</b>
<b>4. RESPONSABILITES ET OBLIGATIONS DU TITULAIRE.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1. RESPONSABILITES DU TITULAIRE .....</b>	<b>9</b>
4.1.1. PERFORMANCE TECHNIQUE .....	9
4.1.2. TOLERANCE .....	9
4.1.3. OUTILLAGE/MONTAGE/TESTS .....	9
<b>4.2. OBLIGATIONS DE LA CONCEPTION ET DE LA FABRICATION.....</b>	<b>9</b>
4.2.1. RAPPORT DE CONCEPTION MECANIQUE .....	9
4.2.2. VARIANTE .....	10
4.2.3. ACCORD POUR EXECUTION .....	10
4.2.4. FABRICATION DETAILLEE ET TESTS .....	10
<b>5. EXECUTION DU CONTRAT, CALENDRIER ET RAPPORT D'ETAPES.....</b>	<b>12</b>
<b>5.1. PLANNING .....</b>	<b>12</b>
<b>5.2. DEMANDE D'ECARTS PAR RAPPORT AU CAHIER DES CHARGES .....</b>	<b>12</b>
<b>5.3. APPROBATION DES DESSINS .....</b>	<b>12</b>
<b>5.4. RAPPORT D'ETAPES .....</b>	<b>12</b>
<b>5.5. ACCES A L'USINE.....</b>	<b>12</b>
<b>6. ASSURANCE QUALITE .....</b>	<b>13</b>
<b>6.1. ASSURANCE QUALITE .....</b>	<b>13</b>

---

6.2.	NUMEROTATION .....	13
7.	DOCUMENTATION DU PRODUIT FINAL.....	13
7.1.	ÉLÉMENTS DE LA DOCUMENTATION DU PRODUIT FINAL .....	13
7.2.	DESSINS.....	13
7.3.	RAPPORT DE MESURE .....	14
8.	LIVRABLES.....	14
9.	EMBALLAGE ET TRANSPORT .....	14
9.1.	EMBALLAGE.....	14
9.2.	TRANSPORT ET LIVRAISON .....	14

## 1. INTRODUCTION



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/>

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

---

<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



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 débutent 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.

## 2. OBJET : QUADRUPOLE NORMAL CORRECTEUR DE VALIDATION

Ce document sert de base pour l'approvisionnement par SOLEIL du Quadrupôle Normal Correcteur de validation. Il contient les spécifications techniques du Quadrupôle Normal Correcteur de Validation et décrit les responsabilités et obligations du Titulaire nécessaires pour satisfaire aux exigences énoncées dans le présent document.

## 3. SPECIFICATIONS TECHNIQUES DU QUADRUPOLE

### 3.1. DESCRIPTION DU QUADRUPOLE

Le quadrupôle correcteur normal est un quadrupôle en « 8 », comme représenté en Figure 1.

Le circuit magnétique est constitué d'un assemblage de deux demi-culasses, chacune étant constituée d'un assemblage de deux sous-parties élémentaires. Une fine couche de ruban Kapton est collée entre ces sous-parties. Chaque sous-partie est constituée d'un assemblage de bloc de tôles minces d'acier doux laminées et collées et d'une bobine.

Les entretoises démontables permettent l'accès à la chambre à vide. La culasse supérieure, inférieure et les entretoises sont alignées les unes par rapport aux autres avec des goupilles. Pour minimiser le risque de déformation, les deux pôles de chaque moitié seront fixés ensemble au moyen d'un collier en acier inoxydable.

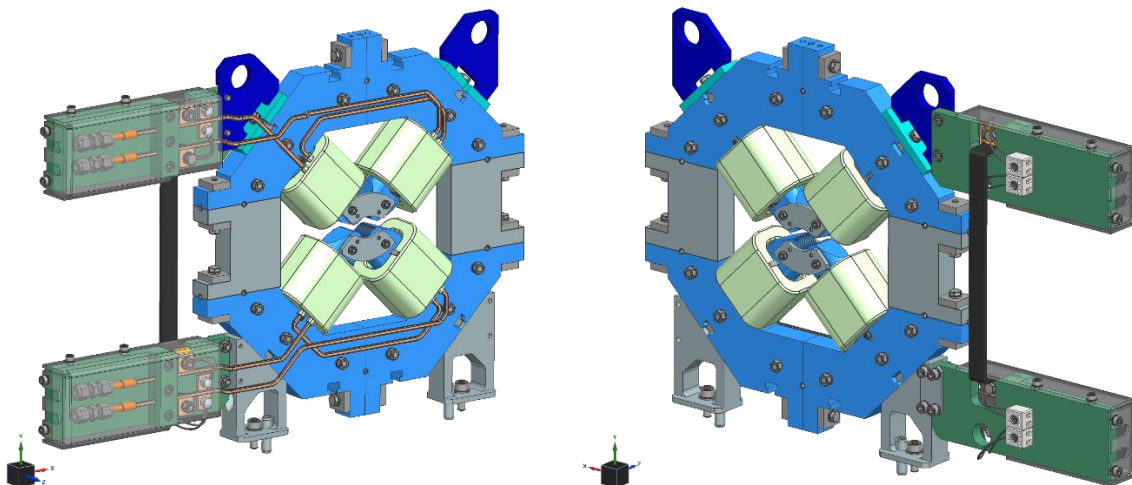


Figure 1 Vue 3D du quadrupôle correcteur de validation

### 3.2. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE L'AIMANT

Les principales caractéristiques de l'aimant sont listées dans le Tableau 1 :

**Tableau 1 : Les principales caractéristiques de l'aimant**

Paramètres magnétiques			
Force quadrupolaire intégrée maximale		1 T	
Rayon de cercle définissant la zone de bon champ		5 mm	
Paramètres mécaniques			
Diamètre de l'ouverture		19 mm	
Longueur hors-tout maximale		54,8 mm	
Largeur de l'aimant		378 mm	
Hauteur de l'aimant		365 mm	
Longueur mécanique de culasse		24 mm	
Poids de l'acier		12 kg	
Bobine quadrupolaire			
Nombre de bobines		4	
Nombre de circuits électriques		1	
Courant maximal		40 A	
Dimension conducteur creux		3 mm (Hor.) x 4 mm (Ver.)	
Dénomination du cuivre		Cuivre sans oxygène Cu-OF (désignation ISO) recuit après travail à froid (trempe entièrement recuite).	
Composition chimique		>99,99 % Cu (+Ag)	
Teneur en oxygène		<10ppm	
Enroulement du conducteur		30 tours (2 Hor. x 15 Ver.)	
Résistivité maximale à 23°C		17,4x10 <sup>-9</sup> □□m	
Diamètre du trou de refroidissement		2 mm	
Rayon d'arrondi d'angle		0,8 mm	
Longueur moyenne des spires		0,139 m	
Poids du cuivre par bobine		0,3 kg	
Circuit hydraulique			
Nombre de circuits		2 connectés en parallèle	
Longueur approximative		7,6 m	
Température entrée eau		23°C	
Échauffement de l'eau @ 40A		1,5°C	
Culasse			
Type d'acier		Laminé à froid entièrement recuit et non orienté	
Coercivité* maximale autorisée		25 A/m	
Épaisseur maximale des laminations		1 mm	
Valeur minimale du facteur d'empilement		0,97	
Variation maximale de la coercivité sur l'ensemble des laminations		±15%	
Valeurs minimales requises d'induction aux valeurs définies du champ H	Champ H (A/m)	Induction minimale (T)	Perméabilité relative minimale
	100	0,65	5172
	300	1,20	3183
	500	1,35	2149
	1000	1,50	1193
	2000	1,60	637
	5000	1,72	274
	8000	1.80	179

\* La coercivité est définie comme le champ requis pour produire une induction nulle dans un échantillon d'acier après des excursions répétées à haute induction avec un champ supérieur à 10 000 A/m. SOLEIL.

### 3.3. DOCUMENTS ASSOCIES

Les dessins du design de référence du Quadrupôle Normal de correction sont listés dans la nomenclature jointe en annexe. Ces dessins ainsi que tous les fichiers de données CAO font partie de la spécification. Ces dessins et ces données de CAO sont des données de définition donnant toutes les interfaces et tolérances sur tous les aspects du besoin fonctionnel général.

### 3.4. USINAGE ET ASSEMBLAGE

Un soin particulier doit être apporté à la fabrication afin de garantir les tolérances mécaniques demandées. Il sera recommandé de choisir la méthode traditionnelle pour construire l'aimant, à savoir :

- Découpe laser extrêmement précise de la partie polaire,
- Empilement précis des laminations découpées,
- Assemblage avec collage.

Malgré les tolérances obtenues avec ce procédé, les tolérances mécaniques demandées peuvent nécessiter un usinage. Dans l'affirmative, le fabricant doit indiquer les dimensions de la tôle élémentaire utilisée pour obtenir les dimensions finales telles que spécifiées.

### 3.5. BOBINES

#### 3.5.1. GENERALITES

Le cuivre utilisé pour les bobines doit être exempt de fissures, de porosités. Il ne doit pas avoir de tendance à la fragilisation par l'hydrogène. De très bonnes caractéristiques pour le brasage sont requises ainsi qu'une ductibilité qui permet l'enroulement du conducteur en bobines magnétiques avec des courbures serrées. Aucun joint à l'intérieur de la bobine ne sera autorisé.

#### 3.5.2. ENROULEMENT DE BOBINE

Avant l'enroulement de la bobine, le conducteur doit être nettoyé et sablé.

L'isolation électrique entre les tours doit être assurée en enveloppant le conducteur en cuivre d'un ruban de fibre de verre standard, à moitié superposé pour produire une épaisseur d'isolation minimale de 0.4 mm à chaque tour. Une fois l'enroulement terminé, une isolation extérieure du sol doit être assurée par le même isolant d'une épaisseur de 0.4 mm.

Un soin scrupuleux doit être exercé à toutes les étapes de la construction de la bobine dans la manipulation de tous les composants qui doit être effectuée dans un environnement propre. Toutes les surfaces de travail doivent être nettoyées immédiatement avant d'être utilisées et des gants de protection doivent être portés par tout le personnel concerné. Le contrôle qualité de cette conception devra garantir l'absence de toute occlusion conductrice entre les fils (coupe, poussière ...). En outre, un martelage excessif (durcissement) du conducteur qui pourrait détruire le ruban de fibre de verre doit être évité.

### 3.5.3. ISOLATION ET IMPREGNATION DES BOBINES

Chaque bobine quadrupolaire sera enveloppée et imprégnée pour former une bobine de bloc. L'isolant utilisé doit être conçu pour tolérer une température de 70°C sans défaillance mécanique ou électrique.

Chaque bobine de bloc doit être imprégnée sous vide de résine époxy résistante aux radiations ( $10^7$  Gray) qui sera polymérisée sous pression. Le dégazage de la résine époxy doit être contrôlé avec soin. L'utilisation d'un moule est essentielle pour obtenir les tailles de bobine, c'est pourquoi le fabricant doit le concevoir. Toutes les parties creusées doivent être remplies de fibre de verre avant imprégnation afin d'éviter les blocs de résine pure.

Une fois terminée, la résine sur la bobine doit être entièrement transparente, sans colorant ni additif qui limiteraient l'observation des tours de cuivre utilisés. Aucune peinture ou autre revêtement extérieur ne sera autorisé.

### 3.5.4. CIRCUIT ELECTRIQUE

Des terminaisons électriques doivent être installées sur les conducteurs creux pour la mise en série électrique des quatre bobines.

Le circuit électrique formé par les quatre bobines en série doit inclure deux trous lisses débouchant de 6 mm de diamètre pour permettre la fixation de deux câbles d'alimentation, non inclus dans la fourniture.

Le circuit électrique doit être isolé du sol avec une résistance supérieure à 10 M $\Omega$  en présence d'une tension directe supérieure à 5 kV.

### 3.5.5. CIRCUIT HYDRAULIQUE

Le circuit hydraulique de l'aimant doit être protégé en amont par un filtre avec grille. Des terminaisons hydrauliques doivent être installées sur les conducteurs creux pour :

- La mise en série hydraulique des bobines de la culasse supérieure (respectivement inférieure),
- La connexion hydraulique en parallèle des bobines de culasse inférieure avec celles de la culasse supérieure au moyen de collecteur.

Hormis le conducteur creux en cuivre, tout composant du circuit hydraulique en contact avec de l'eau désionisée (tel que collecteurs, raccord, connecteur,...) doit être en acier inoxydable. Une connexion flexible en polyamide PA11 spécial pour eau désionisée et avec une résistance de plus de 30M $\Omega$  sous 3000V pour une longueur nominale de 500 mm est autorisée entre les bobines et les collecteurs. Si nécessaire, une transition intermédiaire cuivre-acier inoxydable brasée à l'argent est également autorisée.

### 3.5.6. REPARATIONS

Aucune bobine ne doit être réparée après son imprégnation initiale sans l'autorisation écrite de SOLEIL.

## 3.6. ÉLEMENTS DE SECURITE

Les terminaisons électriques et d'eau doivent être confinées dans un grillage de protection amovible en matériau isolant à concevoir selon les normes électriques. Cette protection doit cependant permettre la connexion du quadrupôle au réseau d'électricité et d'eau de SOLEIL.

Chacun des deux circuits hydrauliques sera équipé de deux vigithermes (type Elmwood ou Heito) à la sortie. Ces vigithermes seront connectés en série dans le circuit de sécurité du quadrupôle correcteur normal. Le seuil thermique sera de 65°C  $\pm$  3°C.



### 3.7. PROTECTION ET PEINTURE

Après assemblage et contrôle, toute pièce sensible à la corrosion devra être protégée contre la rouille par une peinture époxy à deux composants. La peinture doit être dure et résistante mécaniquement. Les faces d'accouplement et les rainures d'alignement ne seront pas peintes et doivent être protégées par phosphatation ou traitement de surface similaire. Le fabricant doit également veiller à ce que toutes surfaces sur les faces des pôles ou d'autres faces de l'aimant qui seront nécessaires pour les mesures mécaniques sur les aimants assemblés restent non peintes. Ces zones non peintes doivent être protégées par une huile légère ou d'autres techniques préventives contre la rouille. La peinture doit être de couleur bleue.

## 4. RESPONSABILITES ET OBLIGATIONS DU TITULAIRE

### 4.1. RESPONSABILITES DU TITULAIRE

#### 4.1.1. PERFORMANCE TECHNIQUE

Conformément aux spécifications techniques de ce document et à tous les documents référencés, le Titulaire est responsable de la conception mécanique, de la fabrication et de l'assemblage du quadrupôle normal correcteur. Le Titulaire testera l'équipement dans son entreprise, puis livrera l'aimant à SOLEIL. Le Titulaire n'est pas responsable de la conception magnétique de l'électroaimant. Il est de la responsabilité du Titulaire de s'assurer que l'équipement est conforme à toutes les exigences de spécification.

#### 4.1.2. TOLERANCE

Il est de la responsabilité du Titulaire de s'assurer de la conformité des tolérances générales spécifiées sur les dessins d'assemblage du quadrupôle correcteur normal de validation. À cet effet, une cotation et un tolérancement appropriés seront effectués par le Titulaire sur chaque dessin des éléments constituant le quadrupôle correcteur normal de validation.

#### 4.1.3. OUTILLAGE/MONTAGE/TESTS

Le Titulaire est responsable de la fourniture de tous les matériaux, y compris (mais sans s'y limiter) la construction de tous les outils, gabarits, montages et équipements d'essai nécessaires à la fabrication et à l'installation de l'aimant. L'outillage spécifique peut être :

- Un four pour cuisson des tôles laminées,
- Des mandrins de bobinage,
- Des moules d'imprégnation.

### 4.2. OBLIGATIONS DE LA CONCEPTION ET DE LA FABRICATION

#### 4.2.1. RAPPORT DE CONCEPTION MECANIQUE

Le Titulaire devra fournir un rapport détaillant la conception mécanique de l'électroaimant. Ce rapport sera présenté à une réunion de validation. Ce rapport doit inclure à minima :

- Le nom du Titulaire et le nom commercial de l'acier et du conducteur pour la bobine,
- La conception technique finale et les dessins de fabrication,
- Le détail de la méthode d'empilement et de fixation des laminations en sous-ensembles de culasses individuelles afin d'obtenir les tolérances mécaniques requises pour les blocs individuels,
- Les usinages critiques et les calculs d'empilement de tolérance d'usinage et d'assemblage,

- Le planning de conception,
- Le rapport d'étapes tous les mois avec mises à jour du planning,
- Tous les autres dessins pertinents sur papier et support électronique.

#### 4.2.2. *VARIANTE*

À la fin de la conception mécanique, le Titulaire peut proposer un scénario alternatif pour fabriquer l'aimant. Dans ce cas, il devra prouver qu'il est conforme à toutes les exigences.

#### 4.2.3. *ACCORD POUR EXECUTION*

SOLEIL doit approuver par écrit le rapport de conception mécanique, incluant toute modification introduite durant la réunion de validation, avant que le Titulaire ne procède à la commande de matériaux, de composants et à l'usinage.

#### 4.2.4. *FABRICATION DETAILLEE ET TESTS*

##### 4.2.4.1. *CULASSE*

##### 4.2.4.1.1. *MESURE MAGNETIQUE DE L'ACIER LAMINE*

Les échantillons d'acier doivent faire l'objet de mesures à l'aide d'une technique d'échantillonnage « en anneau » ou « mixte » pour déterminer :

- La perméabilité à toutes les valeurs d'induction spécifiées dans le tableau 1,
- La coercivité telle que définie dans le tableau 1.

L'acier étant « non orienté », son induction mesurée perpendiculairement au sens de laminage ne devra pas être inférieure à 80% des valeurs indiquées dans le tableau 1. Cette mesure peut être effectuée par le fabricant lui-même ou recueillie auprès du fournisseur d'acier.

##### 4.2.4.1.2. *CONTROLE DE L'ISOLATION*

L'isolation de surface doit être vérifiée sur trois échantillons initiaux en utilisant la technique de mesure d'isolation standard du fabricant d'acier conforme à la norme nationale ou européenne appropriée.

##### 4.2.4.1.3. *ESSAIS DE DECOUPE PAR LAMINAGE*

Avant le début de la production, un certain nombre de laminations seront découpées et trois d'entre elles seront mesurées. Dans le même temps, trois tôles doivent être mises à la disposition de SOLEIL pour une vérification indépendante des tolérances dimensionnelles. Le Titulaire préviendra SOLEIL au moins 2 semaines avant les mesures. SOLEIL se réserve le droit d'être présent lors de ces mesures. Les tôles d'essai, dûment marquées d'une étiquette d'identification, doivent ensuite être conservées pour référence ultérieure éventuelle.

##### 4.2.4.1.4. *ASSEMBLAGE*

Lors de l'empilage et la compression des tôles, le fabricant devra prendre toutes les précautions nécessaires pour obtenir une lamination uniformément répartie sur toute la longueur de la pile.

Après l'empilage, la pile doit être inspectée pour s'assurer que toutes les laminations sont en contact avec la surface de référence de l'outillage de pressage.

Lors de l'assemblage initial de l'aimant, le Titulaire est tenu de noter le poids des laminations utilisées pour l'assemblage de chaque sous-ensemble quadrant. Le facteur d'empilement de 0,97 doit être assuré comme valeur minimale

#### 4.2.4.1.5. CONTROLES DIMENSIONNELS

Après assemblage et usinage des laminations, les principales dimensions géométriques seront soigneusement vérifiées en fonction des tolérances des dessins concernés.

Après l'assemblage des deux demi-culasses, les tolérances fonctionnelles seront finalement vérifiées, y compris les interfaces avec les supports et le système de référence d'enquête. Dans le plan médian longitudinal, le profil de chaque pôle sera contrôlé en dix points répartis uniformément le long du profil du pôle. Les intercornes sont également contrôlés.

#### 4.2.4.2. BOBINES

##### 4.2.4.2.1. AVANT ENROULEMENT DES CONDUCTEURS

Le conducteur creux doit permettre le libre passage d'une bille de 1,0 mm de diamètre. Le conducteur doit être soumis à un essai hydraulique à une pression statique de 100 bars pendant 10 minutes. Les conducteurs révélant toute preuve de fuite doivent être rejetés.

##### 4.2.4.2.2. APRES ENROULEMENT

Avant la brasure des terminaisons, le passage d'une bille de diamètre 1 mm doit être effectué. La terminaison brasée doit être testée à une pression de 60 bars pendant 10 minutes et testée en tirant avec une tension de 4 daN/mm<sup>2</sup>.

##### 4.2.4.2.3. ISOLATION MASSE

Pour tester l'isolation de masse, chaque bobine doit être immergée dans l'eau. Avant les essais électriques, plusieurs cycles thermiques doivent être appliqués par refroidissement/réchauffement par eau (10 cycles augmentant la température de la bobine de 20 °C à 45 °C). L'essai d'isolation de masse doit être effectué en utilisant une tension de 5 kV pendant 1 minute. La résistance d'isolation doit être supérieure à 50 M $\Omega$ .

##### 4.2.4.2.4. MESURE DES FUITES

Après séchage, le courant de fuite doit être mesuré en utilisant une tension jusqu'à 5 kV. La masse doit être créée par des feuilles d'aluminium enveloppées ou par un autre procédé.

##### 4.2.4.2.5. ISOLATION INTERTOURS

Immédiatement après les mesures de fuite décrites au 4.3.4.2.4, une tension alternative de 20 V/tour doit être appliquée pendant 1 minute. La bobine doit être utilisée comme l'enroulement secondaire d'un transformateur. Une tension minimale de 20 V/tour doit être induite à travers les extrémités de la bobine à une fréquence de 500 Hz.

Le courant primaire doit être enregistré et devra rester constant pendant l'essai (une autre méthode peut être proposée).

##### 4.2.4.2.6. RESISTANCE DES BOBINES

La résistance électrique de toutes les bobines doit être mesurée à l'aide d'un pont CC. La valeur doit être corrigée à 23 °C et doit se situer à  $\pm 1$  % de la valeur moyenne pour toutes les bobines.

##### 4.2.4.2.7. MESURE DU DEBIT

Après imprégnation et terminaisons de brasage, le débit d'eau doit être mesuré pour chaque bobine, pour une différence de pression de 2 bars.

##### 4.2.4.2.8. TEST STATIQUE

Afin de détecter les microfissures, un test de pression d'eau avec 50 bars sera nécessaire pour chaque bobine.

#### 4.2.4.3. TESTS DE L'AIMANT ASSEMBLE

Après complétion de l'assemblage, le quadrupôle normal correcteur sera contrôlé pour s'assurer qu'il est conforme aux dimensions spécifiées dans les dessins d'assemblage appropriés.

Seront vérifiés :

- La position de la bobine par rapport à la culasse,
- Les dimensions selon les dessins d'assemblage d'aimants appropriés,
- Le débit total sous pression différentielle de 6 bar,
- Les vigithermes,
- L'isolation à la terre sous 3 kV pendant 1 minute.

## 5. EXECUTION DU CONTRAT, CALENDRIER ET RAPPORT D'ETAPES

### 5.1. PLANNING

Le planning suivant n'est fourni qu'à des fins informatives. Le planning renseigné dans le contrat prévaudra.

*Tableau 2 :Planning en semaines après notification de la commande*

Revue de conception	T0+4
Livraison de l'électroaimant à SOLEIL	T0+20

Le Titulaire doit fournir dans un délai de 5 jours à compter de la notification de la commande un programme de GANTT détaillant les calendriers de fabrication et d'essais. Le programme comprendra des dates prévues pour l'inspection et les essais. Il sera mis à jour mensuellement en rapportant l'avancement effectué.

### 5.2. DEMANDE D'ECARTS PAR RAPPORT AU CAHIER DES CHARGES

Lors de l'exécution du contrat, tout écart par rapport à cette spécification demandée par le Titulaire sera soumis à SOLEIL par écrit pour approbation.

### 5.3. APPROBATION DES DESSINS

Les dessins établis par le Titulaire seront soumis à SOLEIL pour approbation fonctionnelle.

### 5.4. RAPPORT D'ETAPES

Un rapport d'avancement écrit est envoyé à SOLEIL le 5<sup>e</sup> jour de chaque mois jusqu'à la livraison finale. Tout retard au planning doit explicitement être inclus dans ce rapport. Une visioconférence sera tenue mensuellement dans les 5 jours suivant la réception du rapport.

### 5.5. ACCES A L'USINE

SOLEIL et ses représentants ont libre accès pendant les heures normales de travail aux sites de fabrication ou d'assemblage du quadrupôle correcteur normal, y compris les locaux de tout sous-traitant pendant la durée du contrat. Le Titulaire donnera un préavis de quinze jours pour l'inspection et les tests, SOLEIL donnera un préavis de huit jours avant toute visite.

## 6. ASSURANCE QUALITE

### 6.1. ASSURANCE QUALITE

Le Titulaire doit être en mesure de démontrer qu'il possède une certification de la série ISO 9000 ou une certification équivalente de contrôle de la qualité appropriée à l'objet de la spécification.

Le Titulaire fournira à SOLEIL, pour approbation, ses procédures de contrôle de la qualité qui seront alignées sur la norme ISO 9000. SOLEIL donnera son acceptation ou son refus de la procédure par écrit dans les dix jours suivant la réception.

### 6.2. NUMEROTATION

Chaque bloc de bobine individuel et chaque bloc de culasse seront identifiés et numérotés. Le numéro d'identification est apposé au pochoir sur le composant à une position convenue, comme indiqué sur les dessins du Titulaire approuvés par SOLEIL. Une plaque signalétique sera fixée sur l'aimant.

## 7. DOCUMENTATION DU PRODUIT FINAL

Tous les documents livrés par le Titulaire doivent être rédigés en français.

### 7.1. ÉLÉMENTS DE LA DOCUMENTATION DU PRODUIT FINAL

Le Titulaire doit fournir en papier et une copie PDF du dossier de documentation du produit fini conformément au calendrier établi dans le contrat. Fourni à la livraison de l'aimant, ce dossier doit comprendre la documentation suivante :

- Rapport de conception,
- Dessins de construction de l'aimant,
- Certificat de matériau pour la lamination et le conducteur,
- Les mesures magnétiques des échantillons de lamination,
- Un tableau des contrôles exécutés à chaque étape de la fabrication,
- Documents d'inspection à la source (les inspections à la source seraient celles effectuées chez un sous-traitant de l'entrepreneur),
- Un livret de fabrication composé :
  - a. Des essais mécaniques, hydrauliques et électriques des bobines,
  - b. Des essais mécaniques, hydrauliques et électriques de l'assemblage de la culasse,
  - c. Des essais mécaniques, hydrauliques et électriques de l'aimant assemblé,
  - d. Des résultats de la réception finale,
  - e. De la liste des non-conformités traitées

Le Titulaire devra assurer l'archivage des documents qui ne seront pas envoyés à SOLEIL pendant la période de garantie. Après ce délai, ces documents seront livrés à SOLEIL ou détruits avec son accord.

### 7.2. DESSINS

Tous les dessins et toutes les données issues de la CAO doivent être fournis au format numérique. Les dessins 2D devront être fournis dans un format natif de logiciel de CAO tels



que \*.slddrw, \*.CATDrawing, \*.prt or \*.dwg. Les fichiers PDF de plans 2D seront acceptés mais pas suffisants.

### 7.3. RAPPORT DE MESURE

Les rapports de mesures effectuées lors de l'exécution du contrat doivent être fournis en format papier et électronique (fichier PDF). Une copie des mesures sera envoyée en format texte (fichiers .txt).

## 8. LIVRABLES

Le Titulaire doit fournir les éléments suivants :

**Tableau 3 : Liste des livrables**

Item	Délivrable	Échéance	Approbation requise
1	Le planning de GANTT	5 jours après notification de la commande	Oui
2	Rapport d'avancement	5 <sup>e</sup> jour de chaque mois	Non
3	Rapport de conception	5 jours avant la revue de conception	Oui
4	Réception de l'aimant à SOLEIL	Comme défini dans le contrat	Oui
5	Documentation finale	Avec la livraison de l'aimant	Oui

## 9. EMBALLAGE ET TRANSPORT

### 9.1. EMBALLAGE

Le Titulaire soumettra à SOLEIL une solution pour l'emballage. Cet emballage devra impliquer l'utilisation des outils de manutention classiques. Les dispositifs emballés doivent être protégés contre les éléments, les projections et les ruptures pour le transport et le stockage. L'emballage de l'aimant doit être étanche à la poussière, à l'eau et devra protéger les pièces en acier contre l'oxydation. En outre, les pièces doivent être protégées contre la déformation, les chocs et les frottements qui peuvent endommager leurs surfaces.

Une protection particulière doit être exigée pour les pièces fragiles (surfaces de référence, connexions électriques et bobines).

Les bobines doivent être rincées, séchées et scellées avant l'expédition afin d'éviter le gel.

### 9.2. TRANSPORT ET LIVRAISON

Le Titulaire inclura dans son offre le transport de l'usine au site où SOLEIL contrôlera et mesurera l'aimant.

Le Titulaire conserve la responsabilité des marchandises jusqu'à la livraison dans 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.