



**Centre National de la Recherche Scientifique
Délégation Alpes**

Cahier des Clauses Techniques Particulières

**CCTP n° AOO.01.2026_CCTP
Réalisation d'un blindage Plomb**

Appel d'offre ouvert

CODES C.P.V : 44430000-3

CODE NACRES : RD.02 – PIECES MECANQUES USINEES A FACON

INCOTERM® : DDP Delivered Duty Paid

Service responsable de la passation du marché
CNRS Délégation Alpes
Pôle Achats Marchés
25, rue des Martyrs – BP 166
38042 GRENOBLE CEDEX 9

SOMMAIRE

1.	Présentation générale	3
1.1.	Présentation du projet TESSERACT	3
1.2.	Objectif de la réalisation du blindage.....	3
1.3.	Principe général du blindage multicouche	4
1.4.	Les différentes phases de la réalisation du blindage	5
2.	Exigences générales et spécifications techniques	5
3.	Mise en œuvre du contrat	7
3.1.	Chaîne d’approvisionnement de la matière première	7
3.2.	Procédure de nettoyage du plomb avant fonte	8
3.3.	Phase de fabrication des pièces de plomb	10
3.4.	Nettoyage et emballage des pièces de plomb	14
3.5.	Modalités de livraison	14
3.6.	Calendrier de livraison.....	15
3.7.	Réception et acceptation au LPSC.....	15
4.	Liste des documents joints	16
5.	Informations à fournir par le candidat	16
6.	Cadrage des variantes techniques admises.....	17
7.	Prestations Supplémentaires Éventuelles (facultatives)	17
7.1.	Récupération du plomb archéologique.....	17
7.2.	Fourniture complémentaire de plomb FA.....	17

1. PRESENTATION GENERALE

Le présent document décrit les exigences techniques relatives au blindage de l'expérience TESSERACT.

1.1. Présentation du projet TESSERACT

Le projet TESSERACT vise à explorer un territoire très peu exploré de la physique fondamentale : la détection de la matière noire légère. Alors que la matière noire constitue environ 85 % de la matière de l'Univers, sa nature reste inconnue. TESSERACT développe une approche innovante fondée sur des détecteurs cryogéniques ultra-sensibles capables de sonder des masses allant de la fraction d'électronvolt jusqu'à la masse du proton, couvrant ainsi un domaine inaccessible aux expériences actuelles.

Au cœur du dispositif expérimental, se trouve un cryostat permettant d'opérer des détecteurs en germanium et en silicium à quelques dizaines de millikelvin. Cette infrastructure est intégrée dans un environnement à très faible bruit de fond, grâce à différents blindages massifs contre la radioactivité ambiante (gammas, neutrons, champ magnétique et vibrations) et à son installation au Laboratoire Souterrain de Modane (LSM), le plus profond d'Europe. L'ensemble du cryostat et des différentes couches de protection constitue un système expérimental de pointe destiné à atteindre des seuils d'énergie inédits.

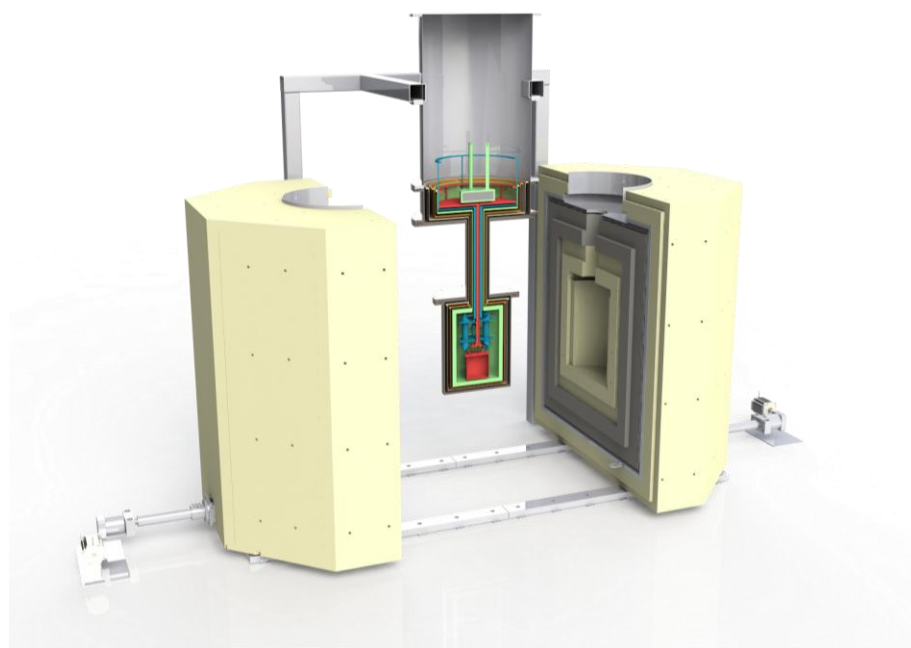


Figure : Vue de l'ensemble cryostat et blindage de l'expérience TESSERACT

1.2. Objectif de la réalisation du blindage

Ce blindage a pour objectif principal de réduire le niveau de bruit de fond radiogénique et environnemental à un niveau compatible avec les performances attendues pour une expérience de recherche d'événements rares telle que la collaboration TESSERACT via le projet TES4DM.

Malgré l'implantation de l'expérience dans le Laboratoire Souterrain de Modane, réduisant fortement le flux de rayons cosmiques, des contributions résiduelles subsistent, notamment :

- le rayonnement gamma d'origine environnementale,
- les neutrons rapides et thermiques,
- les champs magnétiques parasites,
- la radioactivité intrinsèque des composants de l'infrastructure.

Le blindage constitue donc un élément critique de l'infrastructure expérimentale et doit garantir, sur toute la durée de vie de l'installation, une atténuation efficace de ces contributions, tout en restant compatible avec les contraintes d'intégration, de maintenance et d'exploitation du cryostat.

1.3. Principe général du blindage multicouche

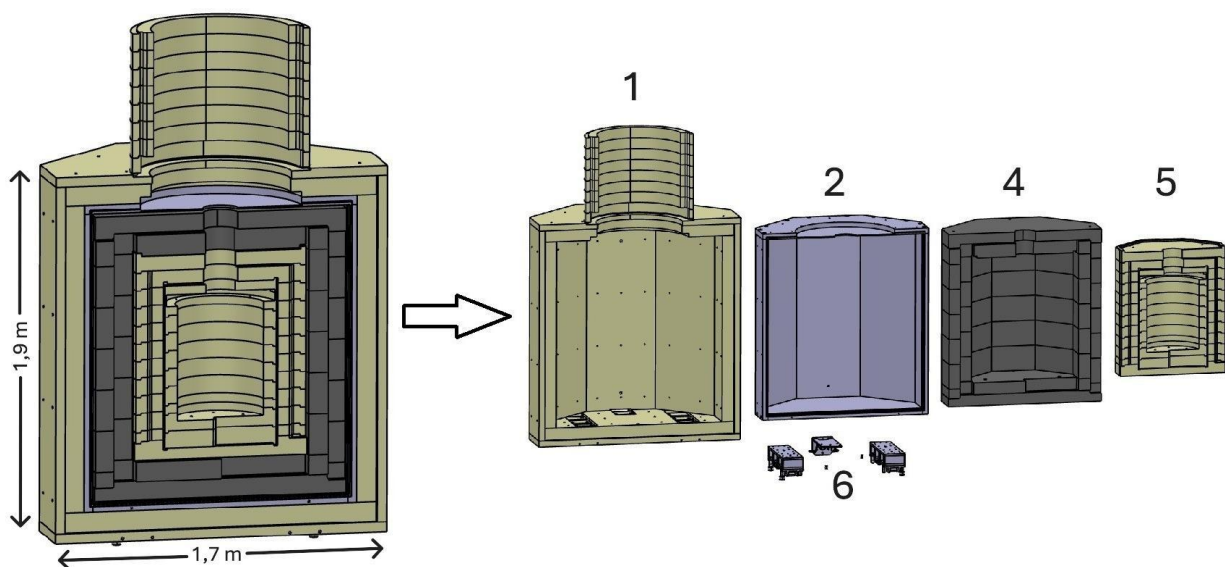


Figure : Détail des couches du blindage de l'expérience TESSERACT.

Le blindage final sera conçu comme un système multicouche entourant le réfrigérateur à dilution et s'ouvrant en deux demi-coquilles, grâce à un système de déplacement linéaire. Chaque couche remplit une fonction spécifique et complémentaire. Le système complet devra permettre d'atteindre un niveau de bruit de fond compatible avec l'objectif expérimental, de l'ordre de 1 événement/kg/keV/jour, en fonctionnement nominal.

La configuration de référence comprend :

1. une couche de polyéthylène externe destinée à la modération des neutrons rapides (15cm),
2. une structure en acier inoxydable jouant un rôle mécanique et d'étanchéité pour une purge et participant à l'atténuation radiologique,

3. une couche de mu-métal pour la réduction des champs magnétiques parasites (non représentée ci-dessus).
4. une couche de plomb assurant l'atténuation principale du rayonnement gamma (20cm),
5. une couche de polyéthylène interne destinée à la capture des neutrons thermalisés (20 cm),

Ce marché concerne uniquement la fabrication des pièces de plomb pour la couche N°4 du blindage.

Le modèle CAO est fourni en Annexe B, et les plans de définition avec tolérances des différentes pièces de la couche N°4 sont fournis en Annexe D.

1.4. Les différentes phases de la réalisation du blindage

L'acheteur fournit la matière première nécessaire à l'exécution de ce marché, il s'agit de pièces de plomb du blindage de l'expérience EDELWEISS stockées au LSM.

Le titulaire du marché sera chargé de récupérer ces pièces au LSM et de les acheminer vers son site de production. Il refondra ces pièces afin de fabriquer les nouvelles pièces constituant le blindage de TESSERACT, conformément aux spécifications du présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP). Après fabrication et montage à blanc, les pièces seront livrées au Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie (LPSC). Le blindage complet, avec ses 5 couches, sera assemblé par les équipes du LPSC sur le site de Grenoble et fera l'objet d'une phase de mise en service et de vérifications. A l'issue de cette phase, les équipes du LPSC assureront le démontage du blindage, son transfert vers le site de Modane puis son remontage au LSM afin d'exploiter l'expérience TESSERACT.

Ce présent CCTP décrit, dans les sections suivantes, les exigences relatives à la fabrication et à la livraison des pièces en plomb pour la couche N°4 du blindage, objet du présent marché.

2. EXIGENCES GENERALES ET SPECIFICATIONS TECHNIQUES

Les exigences décrites dans cette section constituent la base minimale pour la réponse au marché relatif au blindage en plomb.

2.1. Rôle fonctionnel

Le blindage en plomb constitue la couche principale d'atténuation du rayonnement gamma ambiant. Il est conçu afin de garantir une réduction du flux gamma compatible avec les objectifs globaux de bruit de fond de l'expérience décrits en section 1.3. Le design fourni intègre notamment des solutions visant à limiter les contributions en ligne de visée.

2.2. Qualité et radiopureté des matériaux

La totalité de la matière première nécessaire à la construction du blindage en plomb est fournie au titulaire par l'acheteur. Ce plomb, qui vient du blindage de l'expérience EDELWEISS, a une haute radiopureté : il est de qualité équivalente aux standards FA (Faible Activité), avec de faibles concentrations

en radio-isotopes naturels, en particulier l'isotope Plomb 210 (Pb-210). Les résultats de mesures de radioactivité via HPGe de la matière première seront fournis par l'acheteur au moment de la récupération de la matière par le titulaire. **Le descriptif détaillé, ainsi que la qualité du plomb fourni, sont donnés en section 3.1.**

Les tolérances sur la dégradation de la radiopureté de ce plomb, potentiellement induite par la production du blindage de TESSERACT, sont décrites en section 3.3.7.

2.3. Contexte de conception et de fabrication

- Conception modulaire en éléments manipulables selon les plans fournis, compatibles avec les moyens de manutention des sites,
- tolérances mécaniques définies afin d'assurer un montage précis et reproductible,
- interfaces clairement définies avec les autres couches du blindage (acier, polyéthylène, mu-métal),
- absence d'espaces directs en ligne de visée vers le volume expérimental.

2.4. Intégration et exploitation

- Hauteur maximale des pièces : 1,6 mètres.
- Dimensions de la trappe d'insertion au plafond de la salle blanche : 2 mètres par 2 mètres.
- Capacité du pont de déchargement dans le SAS du LSM : 3,2 tonnes maximum.
- **Capacité de levage en zone expérimentale au LSM (chariot ou potence) : 1 tonne maximum.**

2.5. Dimensions du “cou” du blindage

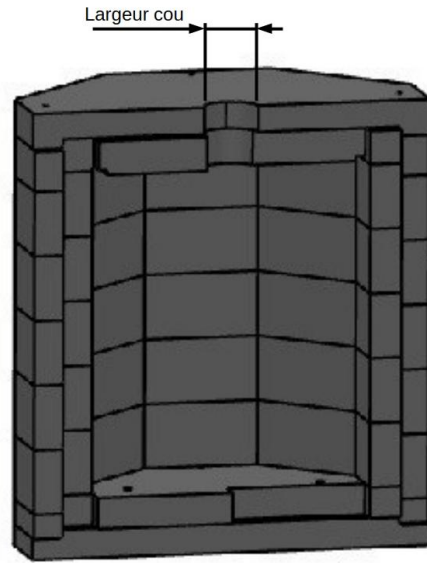


Figure : Cou du blindage plomb.

Le blindage plomb de TESSERACT étant conçu entre autres pour maximiser la protection contre les rayonnements gammas extérieurs au blindage, le design présente une géométrie en forme de cou, comme représenté sur la figure ci-dessus.

La dimension exacte de cette ouverture sera fournie par l'acheteur au moment de l'attribution du marché. Cette ouverture fera 162 mm au minimum, et 222 mm au maximum.

3. MISE EN ŒUVRE DU CONTRAT

3.1. Chaîne d'approvisionnement de la matière première

L'acheteur mettra à disposition la totalité de la quantité de plomb nécessaire pour la réalisation du blindage. Le descriptif du plomb fourni ainsi que les outils pour la manipulation sont donnés en Annexe A. En résumé :

- L'acheteur fournit le plomb nécessaire de qualité FA en Pb-210 à refondre à la fonderie. La masse effective requise pour le blindage final est d'environ 14,5 tonnes. Afin de tenir compte des pertes liées aux opérations de fonte et d'usinage (estimées, après consultations, à plus de 10 %), une quantité totale d'environ 18 tonnes sera mise à disposition du titulaire.
- La totalité du plomb est fournie sur vingt palettes. Les pièces ont différentes géométries et leur masse varie de 500 kg à 1 tonne. Les outils de levage, fabriqués sur mesure pour leur manipulation, sont également stockés au LSM. Le titulaire devra prendre en charge l'enlèvement et le transport des pièces de plomb au départ du LSM, ainsi que des outils de levage sur mesure. Ces outils seront fournis au titulaire lors de la récupération de la matière première au LSM par celui-ci. Le titulaire pourra les conserver tout au long de la phase de production du blindage. Une

liste et un reportage photographique de l'ensemble de ces pièces de plomb et des outils de levage sont fournis en Annexe A. Ces outils seront à retourner par le titulaire à l'acheteur, au moment de la livraison du blindage final au LPSC.

- Des mesures du blindage plomb de EDELWEISS, réalisées en 2011 par ICP-MS, ont mis en évidence une activité en Pb-210 de 24 ± 1 Bq/kg. Compte tenu de la période radioactive du Pb-210, l'activité résiduelle estimée à ce jour est de l'ordre de 15 Bq/kg. De nouvelles mesures seront réalisées au LSM et la teneur en Pb-210 sera fournie au moment du départ de la matière première du LSM.
- Le plomb nécessite un nettoyage avant la fonte, dont la procédure est décrite dans le présent document.
- Gestion des pertes à l'usinage : si l'usinage est nécessaire, la perte de plomb lors de l'usinage devra être récupérée et refondue, par exemple sous forme de briques standard. **Ce plomb ne devra pas être réutilisé pour la fonte principale des pièces du blindage.**
- **Exclusivité du plomb fourni : il est impératif que le plomb fourni par l'acheteur ne soit pas mélangé avec un autre plomb.**

3.2. Procédure de nettoyage du plomb avant fonte

Le titulaire assure le nettoyage de la matière première fournie par l'acheteur. L'ensemble des étapes de la procédure de nettoyage devra être réalisé dans des conditions permettant de minimiser, autant que possible, toute contamination de la surface du plomb, en particulier par le 210-Pb présent dans les poussières ambiantes.

Les pièces lourdes devront être manipulées avec les outils de levage sur mesure fournis avec la matière première.

Le titulaire décrit dans son mémoire technique la procédure de nettoyage qui sera mise en œuvre afin de respecter les exigences de propreté décrites dans le présent CCTP. Cette procédure devra respecter les exigences minimales décrites dans la présente section.

3.3. Équipements nécessaires

Les équipements listés ici sont les équipements minimaux nécessaires à la procédure de nettoyage des pièces de plomb fournies par l'acheteur.

- Une salle équipée d'un palan permettant le levage et la suspension des pièces, et disposant d'un système permettant l'écoulement de l'eau au sol,
- une grande quantité d'eau distillée (de l'ordre de 1 m^3),
- un nettoyeur haute pression (type Karcher) destiné à la pulvérisation d'eau distillée.
- les outils de levage sur mesure fournis par l'acheteur.

3.3.1. Équipements de protection et conditions de manipulation

L'équipement porté par le personnel pendant les phases de nettoyage, ainsi que lors des manipulations ultérieures du plomb après nettoyage, devra être décrit dans le mémoire technique au titre de l'offre. Cet

équipement devra limiter, dans la mesure du possible, toute contamination de la surface du plomb pendant et après nettoyage.

Les exigences minimales sont les suivantes :

- des gants en latex (ou équivalent) **non poudrés**,
- un vêtement de protection **ne constituant pas une source de contamination particulière**.

Ces exigences minimales peuvent être complétées par tout équipement qui permet de limiter la contamination de la surface du plomb.

À titre indicatif, il est également recommandé d'utiliser :

- des lunettes de protection,
- un casque de protection.

3.3.2. La procédure de nettoyage

Après préparation de la salle, la procédure de nettoyage proposée est décrite ci-dessous. Le titulaire devra formuler une proposition détaillée respectant les critères de propreté exigés.

Les étapes minimales à respecter sont les suivantes :

- Suspendre la pièce à hauteur de personne à l'aide du palan.
- Procéder au nettoyage au nettoyeur haute pression (type Karcher) à l'eau distillée exclusivement.
De plus :
 - aucun détergent ne devra être utilisé,
 - le jet devra être orienté de manière à éviter l'incrustation de poussières dans la surface du plomb.
- À l'issue du nettoyage haute pression, mettre en œuvre une solution permettant d'éviter toute stagnation d'eau sur la pièce en plomb (par exemple : inclinaison contrôlée de la pièce). Aucune étape de séchage mécanique ne sera autorisée (soufflage d'air, essuyage, chauffage, etc.) ; le séchage devra être réalisé exclusivement à l'air libre.
- La pièce fraîchement nettoyée ne devra pas être entreposée dans la salle de nettoyage. À défaut, les pièces en cours de nettoyage devront être physiquement isolées de manière à empêcher tout dépôt de vapeur d'eau générée lors des opérations de nettoyage sur les pièces propres, sèches ou en cours de séchage.
- S'assurer qu'après nettoyage et jusqu'à l'introduction dans les fours de fonte, aucune poussière ne se dépose à la surface des pièces.

3.4. Phase de fabrication des pièces de plomb

3.4.1. Exigences sur le nombre de bains par pièce

Les pièces de plomb du blindage TESSERACT sont fabriquées à partir des éléments du blindage de l'expérience EDELWEISS fournis par l'acheteur. Afin de limiter la propagation éventuelle d'une contamination introduite lors des opérations de refonte, il est demandé au titulaire de privilégier une organisation de la production permettant de maintenir une correspondance aussi directe que possible entre les pièces de plomb issues d'EDELWEISS (matière première) et les pièces finales du blindage TESSERACT. L'objectif est, dans la mesure du possible, de réaliser chaque pièce TESSERACT à partir d'un bain issu majoritairement d'une seule pièce EDELWEISS. Cette organisation permet de préserver la traçabilité du matériau et de circonscrire l'impact potentiel d'une contamination à un nombre limité de pièces du blindage. Compte tenu des différences de géométrie et de masse entre les pièces EDELWEISS et les pièces TESSERACT, ainsi que des pertes associées aux opérations de fusion et d'usinage (estimées à plus de 10 %), une correspondance stricte, pièce-à-pièce, n'est pas exigée. Lorsque la masse de plomb disponible dans un bain de fusion est insuffisante pour produire une pièce TESSERACT complète, le reliquat de métal pourra être conservé et utilisé pour compléter la charge d'un bain ultérieur. Dans ce cas, le titulaire devra assurer une traçabilité précise de ces reliquats, en documentant l'origine des pièces EDELWEISS ayant contribué au bain initial et leur réutilisation, afin de maintenir la capacité d'identification de l'origine des matériaux utilisés dans chaque pièce finale.

De plus, le titulaire est invité à privilégier une organisation de la production dans laquelle les trois pièces décrites en Annexe C, constituées de plomb TFA recouvert de plomb archéologique surmoulé, sont utilisées en dernier. Cette disposition vise à maximiser les possibilités de préservation de ces pièces en cas de surplus de matière. Toute pièce non utilisée devra être restituée à l'acheteur lors de la livraison des éléments du blindage TESSERACT.

Au titre de l'offre, le titulaire devra décrire l'organisation proposée pour la refonte du plomb et la correspondance envisagée entre les pièces EDELWEISS utilisées comme matière première et les pièces finales du blindage TESSERACT. Ce document devra permettre d'assurer la traçabilité des bains de fusion et de démontrer que la stratégie retenue limite autant que possible le mélange de matériaux issus de pièces différentes.

Le titulaire devra mettre en œuvre un procédé de fabrication visant à minimiser les pertes de matière tout au long des phases de fusion, de moulage, et, si cette dernière opération est nécessaire, d'usinage. Toute matière non utilisée devra être identifiée et restituée : en cas de matière en surplus (reliquats de fonte) résultant de la fabrication du blindage en plomb, la production de briques standards est demandée. Ces briques seront livrées par le titulaire, au LPSC, avec les pièces finales du blindage TESSERACT.

Le titulaire devra préciser au titre de son offre, la gestion de la matière non-utilisée pour la fabrication des pièces du blindage de TESSERACT :

- la quantité estimée de matière non utilisée,

- **la quantité estimée de pertes de matière première, due aux opérations de fonte et d'usinage,**
- les mesures mises en place pour limiter les pertes de matière,
- les modalités de gestion du reliquat,
- les conditions de restitution ou de transformation éventuelle.

3.4.2. Contrôle de contamination du plomb

3.4.2.1. Principe général

La qualité radiologique du plomb tout au long de la production des pièces fait l'objet de contrôles par des mesures par spectrométrie gamma à l'aide de détecteurs HPGe, effectuées sur des échantillons prélevés à différentes phases du processus. Le prélèvement de ces échantillons est effectué par le titulaire. Les mesures de radiopureté de ces échantillons sont conduites par l'équipe de l'acheteur, sur le site du LSM.

L'acheteur demande deux échantillons de contrôle pour chaque bain : un premier échantillon au début du bain de fonte, et un second échantillon à la fin du bain de fonte. Cette procédure permet un diagnostic efficace des contaminations éventuellement introduites.

3.4.2.2. Description et préparation des échantillons

Les échantillons devront se présenter sous forme de galettes d'un diamètre maximal de 78 mm et d'une épaisseur minimale de 5 mm. Afin d'être représentatif du traitement du plomb, les échantillons prélevés devront subir les mêmes traitements et les mêmes processus de fabrication que les pièces finales du blindage. Ces traitements incluent notamment le nettoyage et le séchage.

Chaque échantillon sera identifié (*numéro-de-fonte_debut* ou *numéro-de-fonte_fin*) et devra ensuite être placé dans une boîte de Pétri propre. Il est expressément interdit d'écrire directement sur l'échantillon. Les boîtes de Pétri seront placées dans un sachet sous vide ; l'étiquetage pourra alors être réalisé uniquement sur le sachet. L'acheteur fournira un lot de boîtes de Pétri.

Les échantillons seront envoyés par le titulaire au LSM¹ pour mesure par spectrométrie gamma à l'aide de détecteurs HPGe. Le transport sera organisé et pris en charge par le titulaire.

L'acheteur s'engage à fournir le résultat de la mesure de chaque échantillon dans un délai de 5 jours ouvrés à compter de la réception dudit échantillon au LSM. A titre indicatif, en prenant en compte le transport, la livraison, la préparation de l'échantillon et la durée de la mesure, un délai total maximal de 15 jours devrait être envisagé entre le prélèvement d'un échantillon par le titulaire et la notification du résultat de la mesure.

La mesure des échantillons par les équipes de l'acheteur se fera en deux phases distinctes, décrites dans les sections suivantes.

¹ Adresse : Guillaume Warrot cc : TESS/HPGe, 1125 route de Bardonnèche, 73500 Modane France. Tél. : +33 (0)4 79 05 22 57

3.4.2.3. Première phase : validation initiale

Cette première phase concerne le contrôle des deux premiers bains de fonte de la production. Elle vise à s'assurer que le processus de production des pièces de plomb ne contamine pas la matière première fournie par l'acheteur, dans la limite définie dans cette sous-section.

Pour ces quatre premiers échantillons de contrôle (soit deux échantillons par bain de fonte pour les deux premiers bains), l'envoi au LSM par le titulaire devra être effectué au fur et à mesure de leur production. Toutefois, lorsque plusieurs échantillons sont produits le même jour, ceux-ci pourront être regroupés et envoyés en une seule fois. Le transport sera organisé et pris en charge par le titulaire. Ces mesures "au fil de l'eau" permettent de contrôler la radiopureté du plomb dès le début du processus, et de valider la procédure de fabrication. L'acheteur s'engage à communiquer le résultat de mesure pour chaque échantillon au plus tard dans un délai de 5 jours ouvrés suivant sa réception au LSM.

L'acheteur se réserve le droit de demander la suspension immédiate de la production, dans le cas où l'un des quatre premiers échantillons mesurés met en évidence une dégradation de la radiopureté du plomb, avec une mesure d'activité supérieure à 20 ± 3 Bq/kg en 210-Pb. Dans ce cas, la production sera donc suspendue afin de procéder à une révision du protocole de fabrication. Le titulaire est responsable de mettre en œuvre les corrections demandées par l'acheteur, à sa charge et dans un délai défini entre les deux parties.

3.4.2.4. Deuxième phase : contrôle en production

Après validation de la procédure sur la base des quatre premiers échantillons, le prélèvement de deux pastilles par bain de fonte sera maintenu pour le reste de la production.

De la même manière que pour la première phase de contrôle, les échantillons seront prélevés et préparés, conformément à la procédure de fabrication et aux exigences de conditionnement.

Les échantillons prélevés seront envoyés au LSM dès que disponibles et tout au long de la production (lorsque plusieurs échantillons sont produits le même jour, ceux-ci pourront être regroupés et envoyés en une seule fois). Le transport sera organisé et pris en charge par le titulaire.

3.4.3. Description des inserts

Au titre de l'offre, le titulaire devra proposer un matériau pour la fabrication des inserts de levage, en précisant, dans la mesure du possible, les informations disponibles concernant la radiopureté de ce matériau. Une préférence est donnée à l'utilisation d'inserts en laiton. Après notification du marché, et avant le lancement de la production des pièces de plomb, le titulaire devra envoyer au LSM un ou plusieurs échantillons représentatifs du matériau retenu pour ces inserts afin de permettre à l'acheteur de réaliser des mesures de radiopureté par spectrométrie gamma HPGe. Cette étape interviendra dès le début du marché. Le matériau et le produit final ne pourront être utilisés pour la production qu'après validation par l'acheteur sur la base de ces mesures. L'acheteur s'engage à communiquer le résultat de mesure pour chaque échantillon au plus tard dans un délai de 15 jours suivant sa réception au LSM.

Comme décrit dans le présent CCTP, les inserts doivent permettre plusieurs opérations de montage et de démontage du blindage.

3.4.4. Peinture des pièces de plomb

Aucune peinture, ni revêtement de surface (vernis, primaire, traitement anticorrosion ou autre application équivalente), susceptible d'accroître la rugosité ou la contamination, ne devra être appliquée sur les pièces de plomb. Les pièces devront donc être livrées brutes.

3.4.5. Propreté

Les surfaces devront rester conformes aux exigences de propreté définies dans le présent document.

3.4.6. Ré-usinage des pièces

Dans la mesure du possible, il est souhaité que les pièces de plomb soient réalisées de manière à respecter les tolérances dimensionnelles spécifiées dans le présent CCTP sans nécessiter d'opérations de ré-usinage après leur production afin de limiter toute altération de la radiopureté de la surface du matériau. Si le respect des tolérances dimensionnelles ne peut être garanti sans recours à des opérations de ré-usinage, le titulaire devra le préciser explicitement dans son offre. Dans ce cas, **il devra également décrire les procédures de ré-usinage envisagées**, ainsi que les raisons techniques justifiant leur nécessité.

Aucune opération de microbillage ou de sablage ne devra être réalisée sur les pièces en plomb. Ces opérations sont expressément prosrites dans la mesure où elles rendent les surfaces trop rugueuses, augmentant ainsi le risque de contamination particulière.

Au titre de son offre le titulaire écrira de manière détaillée le protocole de fonte et d'usinage qu'il compte de mettre en œuvre pour respecter les exigences minimales exprimées dans le présent cahier des charges.

3.4.7. Critères d'acceptation du blindage

3.4.7.1. Radiopureté

Toute pièce pour laquelle l'activité mesurée en 210-Pb des échantillons correspondant dépasse 20 ± 3 Bq/kg n'est pas acceptée par l'acheteur.

Dans ce cas, le titulaire s'engage à fournir la matière première et à produire à nouveau l'intégralité des pièces dont les échantillons correspondants ont une activité mesurée supérieure à 20 ± 3 Bq/kg en 210-Pb. De la même manière que la procédure de prélèvement des échantillons décrite dans le présent CCTP, deux échantillons par bain de fonte devront être prélevés, pour chaque pièce à refaire. L'activité en 210-Pb après fabrication de ces nouvelles pièces ne dépasse pas 20 ± 3 Bq/kg.

3.4.7.2. Montage a blanc

Avant expédition, un montage à blanc complet du blindage devra être réalisé dans les locaux du titulaire. Le titulaire doit intégrer ce montage à blanc dans le planning global de la fabrication du blindage.

Ce montage à blanc donnera lieu à :

- une visite de l'acheteur sur le site de la fonderie, permettant de constater la conformité de l'ensemble par un contrôle visuel.
- Un reportage photographique détaillé, qui aura été produit en amont de la visite de l'acheteur, de toutes les étapes du montage du blindage. Ce document sera fourni à l'acheteur le jour de la présentation du blindage.
- Un document présentant une analyse dimensionnelle complète des pièces et de l'ensemble monté, qui sera fourni à l'acheteur le jour de la présentation du blindage.
- La vérification de l'alignement, de la stabilité, et de la géométrie du blindage final, sous la responsabilité du titulaire.

Le titulaire devra démontrer la conformité de l'ensemble aux plans contractuels et aux tolérances spécifiées.

3.5. Nettoyage et emballage des pièces de plomb

Au titre de son offre, le titulaire devra décrire la procédure envisagée pour le nettoyage, et le conditionnement pour le transport. Ces étapes doivent respecter les exigences minimales suivantes.

- Chaque pièce de plomb produite ayant subi un traitement d'usinage après production devra être nettoyée à l'eau distillée et emballée individuellement dans un film d'emballage transparent de qualité alimentaire, d'une couche de 2MIL (~50 micromètres). Ce film devra être thermosoudé dans la mesure du possible ou, à défaut, soigneusement fermé, de manière à limiter toute contamination par des poussières durant le transport et les manipulations associées. Le film devra aussi être protégé des éléments de cerclage afin de préserver l'intégrité de son étanchéité tout au long du transport.
- Le titulaire devra impérativement utiliser des palettes neuves, distinctes de celles ayant servi au transport de la matière première entre le LSM et la fonderie.
- Pendant les phases de stockage et de transport, les palettes devront être protégées par un film plastique transparent afin de prévenir toute contamination du plomb.

3.6. Modalités de livraison

L'enlèvement et le transport de l'ensemble des pièces réalisées, des briques de récupération des copeaux et de surplus de la matière première, et des outils de levage fournis avec la matière première, sont à la charge exclusive du titulaire. Le titulaire sera responsable de l'emballage, de l'enlèvement et de l'expédition de l'ensemble de ces marchandises vers le LPSC. À ce titre, il devra se conformer à la réglementation professionnelle en vigueur en matière d'emballage, de manutention et de transport. Il devra également s'assurer que les pièces du blindage soient livrées sans dommage et sans altération des performances susceptibles de résulter des conditions de manipulation, d'emballage et de transport.

La livraison du blindage au LPSC sera effectuée selon l'incoterm DDP (Delivery Duty Paid)². L'ensemble des pièces devra être livré en une seule fois à l'adresse suivante :

LPSC
53 Avenue des Martyrs
38000 Grenoble

Heure d'ouverture du site
du lundi au vendredi de 7h30 à 14h30.

Le titulaire devra fournir un plan d'assemblage et des instructions détaillées d'assemblage du blindage, ainsi que la liste complète du matériel nécessaire à la manipulation des pièces (élingues, crochets, dispositifs de levage, etc.).

3.7. Calendrier de livraison

Les quatre premiers échantillons (issus des deux premières coulées) devront être livrés au plus tard deux mois après la notification du marché.

La livraison au LPSC du blindage complet, du reliquat de matière et des outillages est souhaitée six mois après la notification. Toute proposition supérieure à 9 mois sera refusée.

Le titulaire joindra à son offre son planning d'exécution :

- délai de livraison des quatre premiers échantillons
- délai de livraison du blindage plomb complet, avec les éventuelles briques de récupération de matière, et les outils de levage.

3.8. Réception et acceptation au LPSC

Par réception est entendu le moment de la livraison des pièces ainsi que des outillages sur le site du LPSC. Un contrôle visuel de la conformité des palettes et de l'emballage réalisé et donnera lieu si tout est confirmé à la signature du bon de livraison.

Ce n'est que suite au montage définitif du blindage au LPSC que sera effectuée l'acceptation des prestations. Cette acceptation (également appelée admission définitive) sera prononcée via un PV d'admission définitive des prestations, par l'acheteur dans un délai de deux mois suivant la livraison.

Au moment de la livraison au LPSC, un contrôle visuel de la conformité des palettes et de l'emballage sera fait pour l'acceptation de la marchandise.

² <https://www.douane.gouv.fr/les-nouvelles-regles-incotermsr-2020-et-la-valeur-en-douane>

Le montage définitif du blindage au LPSC sera effectué par les équipes locales au plus tard dans les deux mois qui suivent la livraison.

4. LISTE DES DOCUMENTS JOINTS

- Annexe A : Détail de la matière première fournie par l'acheteur pour la construction du blindage de TESSERACT, et pièces de levage associées
- Annexe B : Modèle CAO du blindage total
- Annexe C : Récupération plomb archéologique surmoulé sur plomb FA de l'expérience EDELWEISS (option PSE facultative)
- Annexe D : Plans avec tolérances du blindage plomb

5. INFORMATIONS A FOURNIR PAR LE CANDIDAT

Au titre de l'offre, le mémoire technique devra permettre d'apprécier la qualité de la réponse du candidat au regard des éléments suivants :

- Le protocole de fonte et d'usinage pour garantir le maintien de la radiopureté,
- Le protocole de nettoyage,
- L'organisation choisie pour la refonte du plomb et la correspondance entre les pièces de matière première et les pièces finies,
- La gestion de la matière non utilisée pour la fabrication des pièces du blindage de TESSERACT,
- Une proposition de matériau pour les inserts de levage, précisant si possible les informations de radiopureté associées,
- Les modalités de respect des tolérances dimensionnelles, et le cas échéant la description des opérations de réusinage,
- La procédure de transport envisagée pour la matière première (du LSM vers la fonderie) ainsi que pour les pièces finies (de la fonderie vers le LPSC),
- Le calendrier prévisionnel d'exécution.

Lors de l'exécution du marché, le titulaire devra fournir :

- Une documentation assurant la traçabilité complète de la matière première, précisant pour chaque pièce du blindage TESSERACT l'origine des pièces EDELWEISS utilisées, les bains de fusion associés, ainsi que la destination des éventuels reliquats de matière (réutilisation dans d'autres bains ou fabrication de briques standards), le montage du blindage,
- Un plan d'assemblage et des instructions détaillées d'assemblage du blindage,
- Un reportage photographique détaillé de toutes les étapes du montage du blindage fourni à l'acheteur le jour de la présentation du blindage (montage à blanc),
- Un document présentant une analyse dimensionnelle complète des pièces et de l'ensemble monté.

6. CADRAGE DES VARIANTES TECHNIQUES ADMISES

Le titulaire peut faire des propositions de variantes techniques par rapport au design des pièces fourni sur le type de chevron tout en maintenant les caractéristiques d'atténuation du blindage et les exigences minimales décrites dans le présent CCTP.

7. PRESTATIONS SUPPLEMENTAIRES ÉVENTUELLES (FACULTATIVES)

7.1. Récupération du plomb archéologique

L'acheteur souhaite, dans la mesure du possible, préserver et récupérer le plomb archéologique présent sur certaines pièces fournies, en raison de ses propriétés de radiopureté particulièrement intéressantes pour des usages scientifiques futurs. Toutefois, compte tenu des contraintes industrielles et économiques associées à cette opération, ainsi que des incertitudes sur sa faisabilité, cette prestation est facultative.

L'Annexe C décrit trois des pièces fournies par l'acheteur (PbCN-04-P02, PbCN-05-P03 et PbCN-06-P03(2)), constituées de plomb TFA recouvert d'une couche de plomb archéologique surmoulé.

Le titulaire propose, au titre de la présente PSE, une méthode permettant la séparation de la couche de plomb archéologique du plomb TFA, ainsi que le chiffage associé.

Les exigences suivantes devront être respectées :

- Cette opération de séparation devra être réalisée en début d'exécution du marché.
- La méthode proposée devra viser à préserver au mieux la qualité et la radiopureté du plomb archéologique.
- Les surfaces du plomb archéologique récupéré devront être nettoyées dans un environnement propre.
- Le plomb archéologique récupéré devra être conditionné de manière à limiter toute contamination (emballage sous film plastique ou équivalent), puis placé dans une caisse adaptée pour sa livraison au LPSC, conjointe à celle des pièces du blindage final.
- Le plomb TFA issu de cette opération pourra être utilisé pour la fabrication du blindage TESSERACT uniquement si nécessaire. Dans la mesure du possible, ces pièces devront être utilisées en dernier, afin de privilégier l'utilisation des autres sources de plomb.
- Si tout ou partie de ce plomb TFA n'est pas utilisé, il devra être restitué à l'acheteur lors de la livraison finale.

7.2. Fourniture complémentaire de plomb FA

Le titulaire propose, au titre de cette PSE, un chiffage pour la fourniture de plomb de qualité FA permettant de compléter la matière première fournie par l'acheteur, dans le cas où les trois pièces décrites en Annexe C ne seraient pas utilisées pour la fabrication du blindage TESSERACT.

Dans le cas où cette option est retenue par l'acheteur :

- les trois pièces contenant du plomb archéologique ne seront pas fournies au titulaire ;
- le titulaire devra intégrer dans son offre la fourniture du complément de plomb nécessaire à la réalisation complète du blindage.