

Acquisition d'un système de récupération et de compression d'hélium gaz et d'un liquéfacteur d'hélium

Consultation n°202529070956

Table des Matières

| | |
|--|----|
| 1. Préambule | 3 |
| 2. Objet du marché | 5 |
| 3. Détail des prestations attendues pour le lot n°1 | 9 |
| 3.1. Spécifications de l'ensemble | 9 |
| 3.2. Le gazomètre | 10 |
| 3.3. Le compresseur | 10 |
| 3.4. Le réseau basse pression (BP) | 10 |
| 3.4.1. Pour l'appareil 1 (JT-SPM) – salle Rdc CHP 01..... | 11 |
| 3.4.2. Pour l'appareil 2 (LT-STM) - salle Rdc CHP 04 | 12 |
| 3.4.3. Pour l'appareil 3 (banc Rf) : salle 2ème étage CAR 1 | 13 |
| 3.4.4. Pour le gazomètre et le compresseur (local technique) | 14 |
| 3.5. Le réseau haute pression (HP) 200 bars..... | 15 |
| 3.6. Cadres de 9 bouteilles de stockage HP à 200 bars..... | 15 |
| 3.7. Détail des prestations supplémentaires éventuelles (PSE) obligatoires ou facultatives..... | 15 |
| 3.7.1. PSE n°1 (facultative) lot n°1 : possibilité d'un monitoring à distance du compresseur pour aider à sa surveillance et sa maintenance | 16 |
| 3.7.2. PSE n°2 (obligatoire) lot n°1 : Extension de garantie de 1 an supplémentaire pour l'ensemble des éléments du lot 1 (gazomètre inclus) | 16 |
| 3.7.3. PSE n°3 (facultative) lot n°1 : Garantie de 10 ans minimum pour le gazomètre | 16 |
| 3.7.4. PSE n° 4 (facultative) lot n°1 : Réseau basse pression sur un 4ème piquage | 16 |
| 3.7.5. PSE n°5 (facultative) lot n°1 : contrat de maintenance..... | 16 |
| 3.8. Documentation..... | 16 |
| 3.9. Garantie, qualité du SAV..... | 17 |
| 3.10. Délai de livraison, installation, mise en service et formation..... | 18 |
| 4. Détail des prestations attendues pour le lot n°2 | 19 |
| 4.1. Description de l'ensemble..... | 19 |
| 4.2. Documentation..... | 19 |

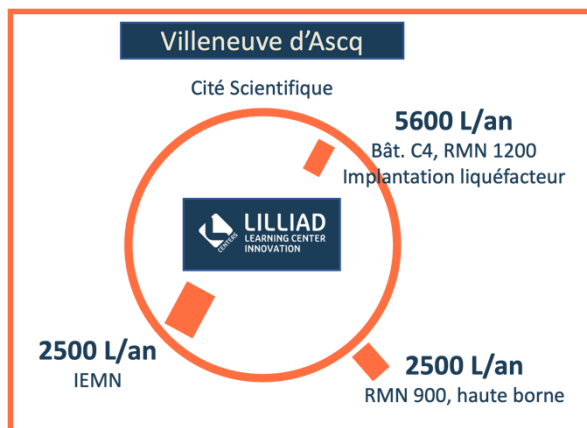
| | | |
|---------|--|----|
| 4.3. | Livraison, installation et mise en service..... | 19 |
| 5. | Détail des prestations attendues pour le lot n°3 | 20 |
| 5.1. | Spécifications de l'ensemble | 22 |
| 5.2. | Le réseau haute pression | 22 |
| 5.3. | Le sécheur d'hélium gaz | 23 |
| 5.4. | Le système de purification de l'hélium | 24 |
| 5.5. | L'ensemble de liquéfaction de l'hélium | 24 |
| 5.6. | Option remplissage automatique..... | 26 |
| 5.7. | Surveillance des équipements | 26 |
| 5.8. | Documentation pour le mémoire technique | 26 |
| 5.9. | Livraison, installation et mise en service..... | 27 |
| 5.10. | Détail des prestations supplémentaires éventuelles (PSE) obligatoires ou facultatives ... | 27 |
| 5.10.1. | PSE n°1 (facultative) lot n°3 : Purificateur additionnel | 27 |
| 5.10.2. | PSE n°2 (facultative) lot n°3 : Système de transfert automatique pour réservoir Cryodiffusion MSB 250..... | 27 |
| 5.10.3. | PSE n°3 (facultative) lot n°3 : Sonde supra pour MSB100 pour transfert automatique 27 | |
| 5.10.4. | PSE n° 4 (facultative) lot n°3 : Extension de garantie de 3 ans (1 an de garantie légale + 3 ans d'extension de garantie) sur l'ensemble des équipements..... | 27 |
| 5.10.5. | PSE n° 5 (facultative) lot n°3 : Contrat de maintenance de 3 ans | 27 |

1. Préambule

D'une part, la Plateforme de Caractérisations Multi-Physiques (PCMP) de l'IEMN (UMR8520) regroupe un ensemble complet d'équipements permettant de caractériser des micro/nanodispositifs, des composants à haute fréquence et des systèmes communicants.

En particulier, la PCMP dispose de cinq instruments pouvant être opérés à température de l'hélium liquide (une station cryogénique hyperfréquence et quatre microscopes en champ proche sous ultra-vide), pour lesquels un système de tuyauterie de récupération de l'hélium gazeux a été prévu dès la construction de l'extension IEMN en 2015. Deux de ces instruments (microscopie à effet tunnel et microscope à force atomique ultra-vide basse température) sont spécifiquement conçus pour opérer à température de l'hélium liquide. L'ensemble des instruments requiert un approvisionnement en hélium liquide de 2000 litres à 2500 litres/an.

D'autre part, le pôle RMN fait partie de la plateforme de caractérisation avancée de l'Institut Michel Eugène Chevreul (IMEC FR 2638) qui est organisée en 9 pôles : RMN, Magnétisme et résonance magnétique électronique (MRME) regroupant RPE et PPMS, Diffraction et diffusion des rayons X (D2RX), Analyse de surfaces, Microscopie électronique (PMEL), Spectroscopie vibrationnelle, Spectrométrie par torche à plasma (ICP), Chromatographie d'exclusion stérique (SEC), Spectroscopie Laser Ultra-rapide. Le pôle RMN gère un parc de 7 spectromètres couvrant une large gamme de fréquences de champ magnétique allant de 300 à 1200 MHz, tous équipés d'aimants supraconducteurs. Ces aimants supraconducteurs requièrent un approvisionnement régulier en hélium liquide, pour un total de plus de 8000 L/an pour la partie RMN et FT-ICR (bât. C4).



L'hélium liquide est une ressource critique et non renouvelable indispensable au fonctionnement des équipements de recherche de pointe tels que les spectromètres RMN 1200, 900 MHz, FT-ICR et les microscopes de l'IEMN. Depuis 2022, nous avons investi dans un système de récupération et de compression de l'hélium gazeux sur l'ensemble des spectromètres RMN (bât. C4, RMN 1200 et RMN 900-Haute Borne), qui permet aujourd'hui de recycler plus de 6000 L/an. Toutefois, l'hélium doit encore être transporté en région parisienne pour être liquéfié, ne

permettant pas un approvisionnement approprié pour les équipements et entraînant un surcoût logistique et environnemental très significatif.

Le contexte international (tensions géopolitiques, concentration de la production) a provoqué une explosion des prix : l'hélium liquide dépasse aujourd'hui les 30 €/L (tarif Messer, 2024) contre 8 €/L, prix moyen entre 2009 et 2018. Le fonctionnement actuel génère un coût annuel de 180 k€, dont 41% sont liés au transport de matière dangereuse (10 A/R par an, 28 tonnes de CO₂e). Ce modèle est instable, coûteux, et limite notre capacité à fonctionner en continu. Il empêche aussi des utilisateurs comme l'IEMN de mener certaines expériences, aujourd'hui suspendues ou dégradées (fonctionnement à l'azote liquide).

Pour garantir un approvisionnement durable, maîtriser les coûts et réduire l'empreinte carbone du CNRS, il est souhaité l'acquisition et l'installation **(1) d'un système de récupération et de compression**

d'hélium pour l'IEMN et (2) d'un système de liquéfaction d'hélium sur le campus, qui viendrait compléter le dispositif de récupération existant, l'ensemble permettant d'atteindre une grande autonomie d'approvisionnement par le recyclage d'au moins 80% de l'hélium liquide consommé localement sur le site de la cité scientifique de l'Université de Lille. Le local technique pour le liquéfacteur est déjà prêt (prévu dès la construction du bâtiment RMN 1200), et aucun aménagement lourd n'est requis.

Description contexte

Depuis la période post-covid, et l'augmentation drastique du prix de l'hélium sur les marchés, l'IEMN n'a plus les capacités financières pour opérer les 5 instruments cryogéniques de la PCMP comme il le devrait, à savoir à la température de l'hélium liquide. Ceci impacte notamment le système JT AFM/STM SPECS (instrument acquis en 2015 dans le cadre de l'Equipex EXCELSIOR).

Au-delà du prix, nous avons dû faire face à une grande difficulté d'approvisionnement en hélium, avec une disponibilité variable, très dépendante des acheminements des containers vers les fournisseurs en France, et ne répondant pas à nos besoins de 100 litres toutes les 2 semaines. L'impossibilité, dans ces conditions, d'opérer ce microscope à 1 Kelvin (1K) conduit aux problématiques suivantes :

- la **limitation de la sensibilité** de détection de ce microscope, qui est corrélée au bruit thermique (i.e. température en degrés Kelvin). Le bruit thermique augmente en fonction de la racine carrée de la température, soit environ un **facteur 8.8** en passant de 1K (température du microscope opéré à l'hélium liquide) à 77K (température du microscope opéré à l'azote liquide).
- l'impossibilité pour des températures >15K d'utiliser le champ magnétique de +/-3T, fourni par une bobine supraconductrice, avec comme conséquence directe l'arrêt de projets de développements scientifiques associés (mesure de moments magnétiques locaux, spintronique moléculaire ...).
- l'impossibilité pour des températures >20K de fonctionnaliser des pointes de microscopie à force atomique par adsorption locale de molécules (standard développé IBM Zürich pour des pointes fonctionnalisées CO, L. Gross et al. Science 2009).

En parallèle, le pôle RMN de l'Institut Chevreul a investi ces dernières années sur des récupérations et compression d'hélium mais sans aller jusqu'à la liquéfaction réalisée localement. Les bouteilles d'hélium gaz sous pression à 200 bars sont régulièrement acheminées à Paris pour la liquéfaction, engendrant un coût supplémentaire conséquent.

Pour toutes ces raisons, l'appel d'offre ci-dessous a pour objet un système complet de compression d'hélium gazeux sur le site IEMN associé à des réservoirs de stockage du gaz à 200 bars (**Lot 1**), qui viendra compléter le système de récupération et de compression de l'hélium déjà présent sur les sites RMN. Cet ensemble sera complété par des réservoirs de transport de l'hélium liquide (**Lot 2**) et associé à un système de liquéfaction (**Lot 3**), installé sur le site de la fédération Chevreul (Bât. RMN 1200). Cela permettra ainsi de sécuriser l'approvisionnement en hélium liquide, et de reprendre à l'IEMN, un fonctionnement de nos instruments cryogéniques avec toutes leurs spécificités et tout leur potentiel. Ce projet est soutenu par la coordination nationale CNRS pour la stratégie «hélium», par le CNRS Ingénierie et l'Université de Lille. La production d'hélium liquide bénéficiera donc à l'ensemble de la communauté scientifique du site Lillois capable de récupérer l'hélium utilisé.

Description du fonctionnement des plateformes

Les différents pôles et plateformes présentent des besoins nets en hélium liquide de 10000 à 11000L par an (C4/RMN1200 : 5500L ; RMN 900 : 2300L ; IEMN : 2500L).

Actuellement, le site RMN900 récupère l'hélium sous forme gazeuse dans des cadres de bouteilles à 200 bars C9V ou C12V déjà en notre possession. Les sites C4 et RMN1200 bénéficient d'un réseau en PVC et inox pour collecter l'hélium gaz vers la boudruche dans le local technique (LT) du bâtiment RMN1200 afin d'être comprimé et stocké à 200 bars dans des cadres C12V déjà en notre possession.

A l'avenir, nous rajouterons la récupération et la compression à l'IEMN pour le stockage sous pression à 200 bars dans des cadres C9V à acquérir (**Lot 1**). Tous les cadres pleins et les réservoirs d'hélium liquide vides seront renvoyés au centre de liquéfaction qui sera installé dans le LT dédié au bâtiment RMN 1200.

L'hélium liquide sera acheminé du site de liquéfaction aux différents instruments grâce à des réservoirs navettes, à savoir :

- 1 réservoir de 250L qui sera utilisé tous les 15 jours pour remplir alternativement les RMN 1200, 900 et 800 MHz.
- 1 réservoir de 100L pour assurer les remplissages des RMN et FT-ICR du bâtiment C4 toutes les 3 ou 4 semaines.
- 2 réservoirs de 100L pour l'IEMN. Les réservoirs de l'IEMN restent utilisés pour les expériences AFM/STM durant environ 15 jours avant d'être remplis. Ces deux réservoirs seront achetés au cours du présent appel d'offre (**Lot 2**).

2. Objet du marché

Le cahier des charges présenté ci-dessous concerne l'acquisition d'un système de compression d'hélium et des équipements annexes nécessaires à la récupération et au stockage de l'hélium gaz pour les microscopes à champ proche et les systèmes de mesure de transport cryogéniques de l'IEMN. L'hélium gaz ainsi récupéré sera envoyé vers le liquéfacteur qui sera installé sur le campus Chevreul (Bât. RMN 1200) pour le réutiliser dans le but de réduire, à court et moyen terme, la facture d'hélium et s'inscrire dans une démarche de développement durable.

Le lieu d'exécution des prestations :

Laboratoire Central de l'Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie
IEMN - UMR8520
Campus de la cité scientifique
Cité Scientifique - Avenue Poincaré, CS 60069
59652 Villeneuve d'Ascq Cedex - FRANCE.

Pôle RMN de l'Institut Michel-Eugène Chevreul (IMEC)

IMEC – FR2638
 Bâtiment C4 et RMN 1200
 Cité Scientifique - Avenue Paul Langevin
 59650 Villeneuve d'Ascq Cedex – France

Intervenants

Les prestations sont réalisées pour le compte de l'acheteur CNRS Délégation Hauts-de-France, représenté par Vanessa TOCUT, Déléguée Régionale.

Adresse et coordonnées :
 CNRS Délégation Régionale
 Hauts-de-France
 43 avenue le Corbusier
 Lille CEDEX
 59001 BP 30123
 Téléphone : 0320125800
 Courriel : dr18.liste.poleachats@cnrs.fr

Structure et forme du contrat

Les prestations sont décomposées comme suit en **3 lots**.

| Type | objet |
|------------|--|
| Lot | Lot n°1 : Acquisition et installation d'un système complet de récupération, de compression et de stockage de l'hélium gaz comprenant : - un gazomètre de 8 à 12m ³ - un compresseur à 200 bars, d'une capacité permettant le vidage du gazomètre entre 30 minutes minimum et 2 heures maximum - un réseau basse pression connectant 3 appareils scientifiques et le gazomètre au réseau de collecte du bâtiment - un réseau haute pression connectant le compresseur aux cadres de stockage de gaz - 3 cadres de 9 bouteilles de stockage haute pression à 200 bars. |
| PSE | PSE n°1 (facultative) lot n°1: Monitoring à distance du compresseur |
| PSE | PSE n°2 (obligatoire) lot n°1 : Extension de garantie d'un an supplémentaire pour l'ensemble des éléments du lot n°1 (gazomètre inclus) |
| PSE | PSE n°3 (facultative) lot n°1 : Garantie de 10 ans minimum pour le gazomètre |
| PSE | PSE n° 4 (facultative) lot n°1 : Réseau basse pression sur un 4 ^{ème} piquage |
| PSE | PSE n°5 (facultative) lot n°1 : Contrat de maintenance de 2 à 5 ans |
| | |
| Lot | Lot n°2 : Deux réservoirs d'hélium liquide de 100 litres |
| | |
| Lot | Lot n°3 : Acquisition et installation d'un ensemble complet de liquéfaction d'hélium gaz comprenant : - un sécheur haute pression - un purificateur d'hélium automatique - deux liquéfacteurs de 20 et 40L/jour de capacité de production |

| | |
|-----|---|
| PSE | PSE 1 (facultative) : Un purificateur d'hélium automatique additionnel |
| PSE | PSE 2 (facultative) : Un système de transfert automatique entre le liquéfacteur de 40L/jour et le réservoir de 250L |
| PSE | PSE 3 (facultative) : Une jauge supra compatible avec le transfert automatique |
| PSE | PSE 4 (facultative) : Extension de garantie de 3 ans |
| PSE | PSE 5 (facultative) : Contrat de maintenance de 3 ans |

Descriptif des lieux d'installation

Le bâtiment appelé « extension » du laboratoire central de l'IEMN (LCI) dispose d'un système de collecte de gaz et d'un local technique spécifique prévus dès sa construction.

Les équipements scientifiques à connecter au système de collecte existant dans l'extension du LCI sont répartis dans 3 pièces, deux situées au rez-de-chaussée et une au 2^{ème} étage, disposant chacune de 2 entrées sur la ligne de collection de gaz basse pression existante. Voir plans ci-dessous (Figures 1 et 2).

Les 2 microscopes à champ proche situés au RdC utilisent des réservoirs d'hélium liquide de 9.5 litres et de 4 litres qui sont remplis à partir de réservoirs d'hélium liquide de 100 litres fournis à la livraison. Le banc de caractérisation Rf fonctionnant à basse température utilise un refroidissement continu à partir des réservoirs d'hélium liquide de 100 litres fournis à la livraison.

Le local technique du bâtiment RMN 1200 fait 4,85m par 8,06m avec une hauteur utile de 3,2m. Les murs sont en béton armé sauf le mur opposé à l'entrée qui est en placoplâtre avec un isolant de 20cm d'épaisseur posé sur le mur porteur. La partie hachurée en noir est un espace dédié à un compresseur de cryoplateforme et à l'échangeur à plaque du réseau secondaire d'eau froide. Les différentes arrivées d'eau froide du circuit secondaire sont précisées sur le schéma ainsi que les arrivées électriques existantes. Le compresseur haute pression et sa cuve d'admission sont positionnés à l'échelle. Deux cadres de bouteilles C12V à l'échelle ont été représentés pour information. Le local technique LT du bâtiment RMN1200 est actuellement utilisé pour collecter l'ensemble du gaz hélium des bâtiments C4 et RMN1200 par un réseau PVC et inox. Il possède aussi un gazomètre de 20 m³ (suspendu) et un compresseur. Ces éléments resteront en place et viendront compléter l'installation future du liquéfacteur. Les dimensions et autres éléments nécessaires à l'installation sont schématisés sur la Figure 3.

Recommandations pour les travaux d'installation

Site IEMN : Les travaux de perçage, fixation et rebouchage des cloisons, murs ou autres supports nécessaires à l'installation des équipements du lot n°1 et des réseaux basse pression (BP) et haute pression (HP) d'hélium sont à la charge exclusive du titulaire. Le titulaire devra assurer la remise en état des cloisons, murs ou supports concernés, de manière à restituer leur aspect et leur fonctionnalité tels qu'ils étaient avant l'intervention.

Le titulaire veillera au respect des Consignes Générales d'Hygiène, de Sécurité lors de l'exécution de ses prestations. Les entreprises et ses employés doivent se conformer aux plans de prévention de l'IEMN. Elles peuvent être tenues de remplir un plan de prévention spécifique en fonction des risques liés à leur intervention.

Schéma général du système de récupération à l'IEMN

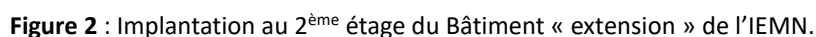
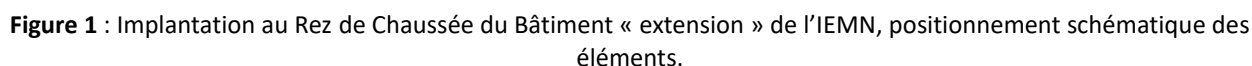


Schéma du local technique (bât. RMN 1200)

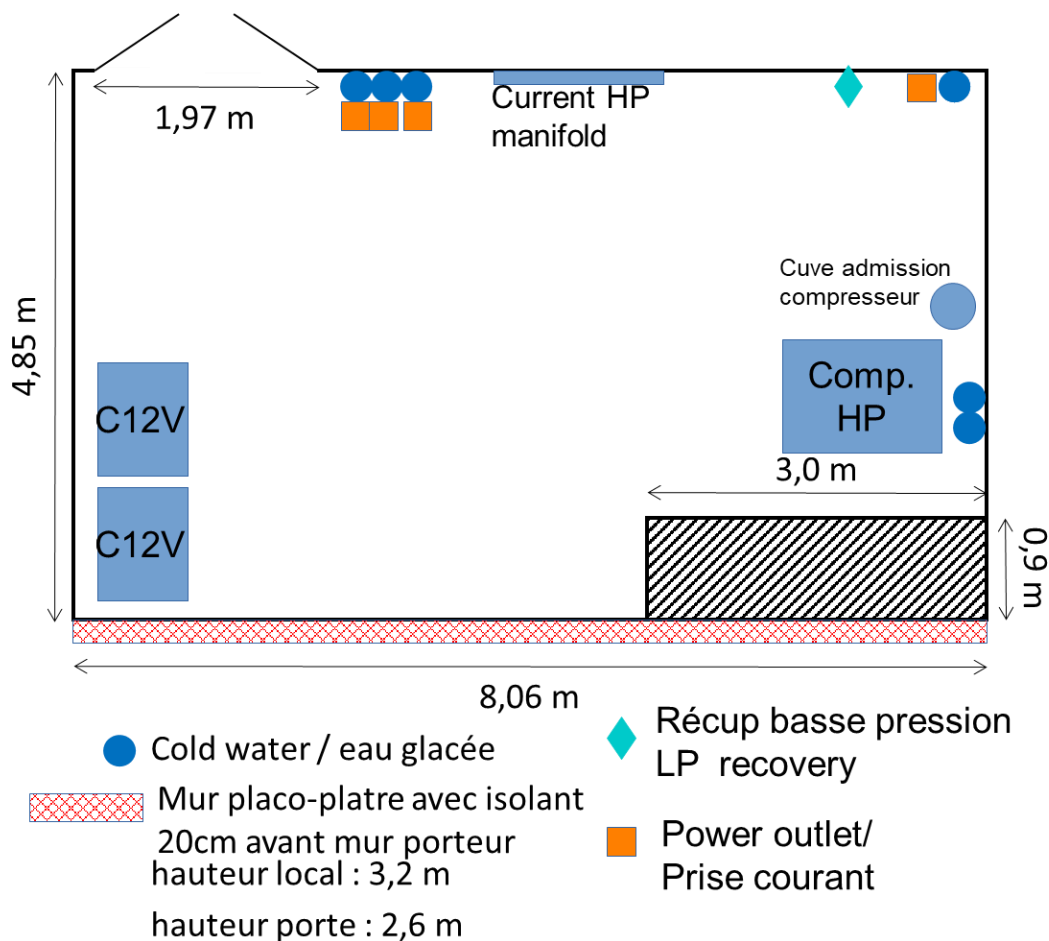


Figure 3 : Situation actuelle dans le local technique du bâtiment RMN 1200.

3. Détail des prestations attendues pour le lot n°1

3.1. Spécifications de l'ensemble

L'opération concerne la fourniture et l'installation d'un système complet de récupération, de compression et de stockage de l'hélium gaz comprenant :

- un gazomètre de 8 m³ à 12m³ ;
- un compresseur à 200 bars d'une capacité permettant le vidage du gazomètre en 30 minutes minimum et 2 heures maximum ;
- un réseau basse pression (BP) connectant 3 appareils scientifiques et le gazomètre au réseau de collecte du bâtiment ;
- un réseau haute pression (HP) connectant le compresseur aux cadres de stockage de gaz
- 3 cadres de 9 bouteilles de stockage haute pression à 200 bars.

L'installation du gazomètre et du compresseur ne devra pas entraîner de surpression sur le réseau basse pression au niveau des appareils scientifiques.

Le prestataire du lot n°1 devra fournir et installer les raccordements qui permettront de connecter l'ensemble des appareils (les 3 appareils scientifiques, le compresseur, le gazomètre et les nourrices de distribution) aux différents réseaux BP et HP.

Ces raccordements (flexibles ou raccords) **devront être installés et testés afin de garantir l'absence de fuites.**

Une visite obligatoire sur site est demandée à l'attributaire du lot n°1.

3.2. Le gazomètre

Le gazomètre sera installé dans le local technique du RdC (voir Figure 1) de l'extension de l'IEMN.

Le gazomètre aura un volume de 8 m³ à 12m³.

Il **sera suspendu au plafond (hauteur du local = 3.5m)**, dans un espace disponible de 4.4m (L) x 3.7m (l), permettant le positionnement du compresseur en dessous.

Le gazomètre doit être équipé d'éléments de sécurité de type soupape et d'éléments de mesure (jauges) du niveau de remplissage pour son bon fonctionnement et pour sa protection.

Le gazomètre doit être correctement maintenu et facilement accessible pour d'éventuelles actions de contrôle ou de maintenance.

3.3. Le compresseur

Le compresseur sera installé dans le local technique du RdC (voir Figure 1) de l'extension de l'IEMN.

Le compresseur à 200 bars sera dimensionné pour permettre de vider le gazomètre dans un temps compris entre 30 minutes et deux heures.

Le niveau de bruit maximal admissible du compresseur est de 80 dB à 1 mètre.

Le refroidissement du compresseur doit se faire par air et ne doit pas nécessiter de refroidissement par un circuit d'eau froide.

La purge des condensats doit être automatique dans un réservoir prévu à cet effet.

La proposition détaillera l'encombrement nécessaire pour l'installation du compresseur et ses équipements.

Le déclenchement du compresseur doit être automatique selon le niveau de remplissage du gazomètre.

La proposition détaillera aussi les possibilités de déclencher le compresseur manuellement ou de façon programmée à une heure souhaitée.

3.4. Le réseau basse pression (BP)

La prestation comprend la fourniture et l'installation d'un réseau basse pression (BP) pour connecter 3 appareils scientifiques et le gazomètre au réseau de collecte du bâtiment. Les raccordements au réseau existant se font via des piquages DN50.

Les lignes basses pressions seront en inox et devront permettre le réchauffement de l'hélium gaz pour qu'il soit à température ambiante au niveau du circuit de collecte existant.

L'ensemble du réseau BP doit être non poreux et résistant à la basse température du gaz hélium en évaporation.

La proposition doit comprendre l'ensemble des éléments de sécurité permettant d'éviter une contre-pression au niveau des appareils et une surpression de 50mbar sur la ligne.

Pour tous les éléments (compteurs, vannes, soupapes de sécurité...) connectés et devant rester sur la ligne basse pression, il est demandé au prestataire du lot n°1 d'installer ces appareils en fonction des recommandations décrites dans les paragraphes suivants.

Tous les raccords et éléments des 3 ensembles situés entre les appareils scientifiques et le réseau de collecte existant, doivent être certifiés sans fuite après sertissage, emboîtement ou vissage.

Un test de fuite après installation doit être fourni par l'entreprise prestataire du lot n°1.

3.4.1. Pour l'appareil 1 (JT-SPM) – salle Rdc CHP 01

La proposition doit comprendre l'ensemble des éléments de sécurité y compris les lignes et les vannes, tels que présentés sur la **Figure 3** :

- un flexible d'environ 2,5 mètres adaptable sur un raccord KF25 et un serpentin pour réchauffer un flux maximal de 20 m³/h l'hélium à proximité de l'appareil, dans un encombrement maximal de 22cm x 30cm sur une hauteur de 70 cm, et permettre la récupération de la condensation générée ;
- un flexible d'environ 1 mètre de long pour relier le serpentin à la ligne passant sous le faux plancher ;
- une ligne d'une longueur totale d'environ 15 mètres fixée au mur et passant sous le faux plancher pour relier le flexible décrit précédemment au piquage du réseau de collecte existant (DN50) ;
- une nourrice 3 voies munie de vannes permettant le raccordement de l'appareil scientifique, un réservoir d'hélium liquide (hors période de transfert) et une sortie supplémentaire. Les vannes 1/4 de tour équipant la nourrice doivent pouvoir être cadenassées ;
- une vanne anti-retour et un clapet de surpression taré à 50 mbar ;
- un tube flexible de 3 mètres installé sur la nourrice et fourni avec un système de supportage au mur pour le rangement du flexible. Le flexible doit comporter à une de ses extrémités un raccord rapide auto-obturant complet (parties mâle et femelle) compatible avec le modèle Staübli **RBE11.1808/JS3**, adapté à une connexion KF25. Une des extrémités doit s'adapter sur un réservoir d'hélium liquide via un port KF25 ;
- Un compteur compatible avec un débit maximum de 20m³/h, ainsi qu'une vanne de bypass.

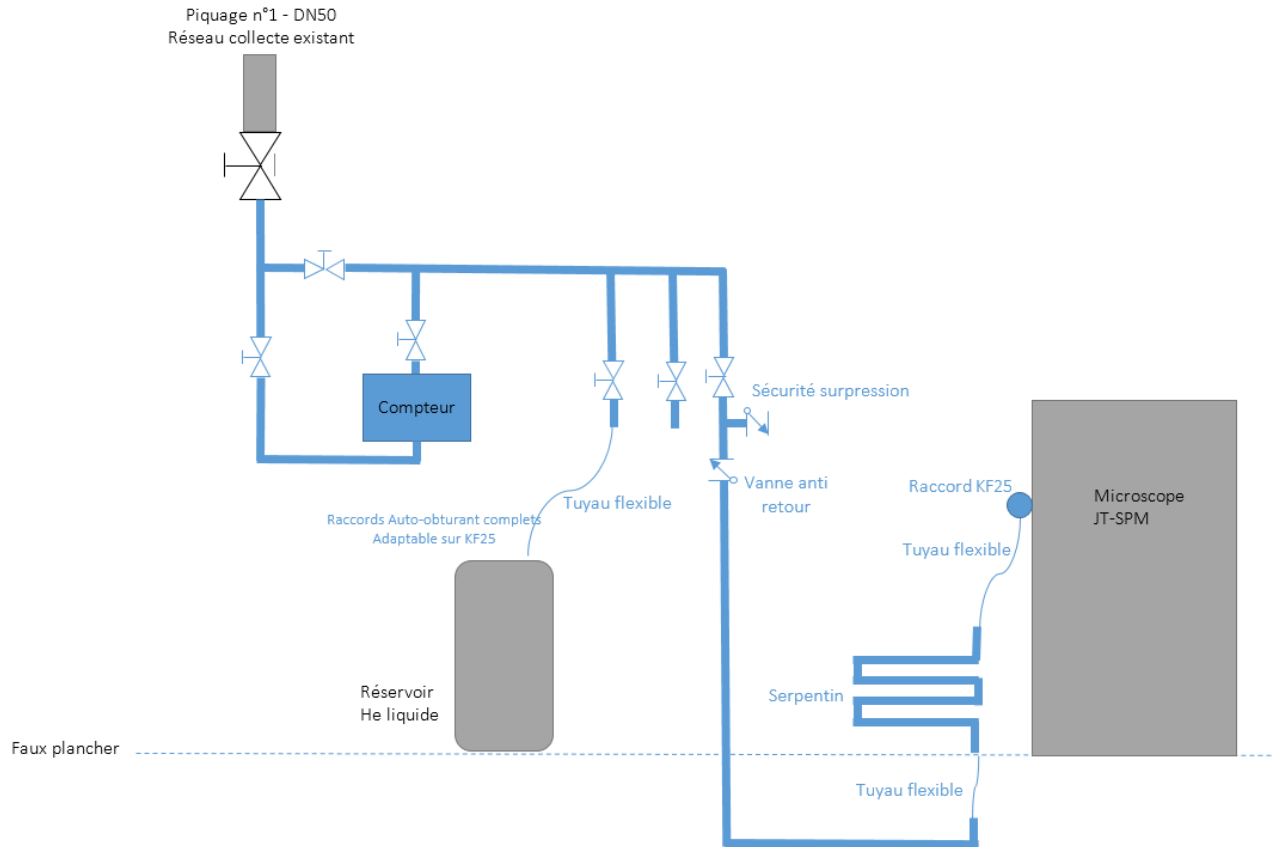


Figure 3 : Schéma de principe de l'installation Basse Pression BP requise pour raccorder le microscope JT-SPM au réseau de collecte existant via le piquage n°1 (en bleu : la ligne et les éléments à fournir et à installer dans le cadre du lot n°1).

3.4.2. Pour l'appareil 2 (LT-STM) - salle Rdc CHP 04

La proposition doit comprendre l'ensemble des éléments de sécurité y compris les lignes et les vannes, tels que présentés sur la **Figure 4** :

- un flexible de 3 mètres maximum adaptable sur un raccord KF-16 et un serpentin pour réchauffer un flux maximal de 20 m³/h l'hélium à proximité de l'appareil, dans un encombrement maximal de 22cm x 30cm sur une hauteur de 70 cm, et permettre la récupération de la condensation générée ;
- un flexible d'environ 1 mètre de long pour relier le serpentin à la ligne passant sous le faux plancher ;
- une ligne d'une longueur totale d'environ 17 mètres fixée au mur et passant sous le faux plancher pour relier le flexible décrit précédemment au piquage du réseau de collecte existant (DN50) ;
- une nourrice 3 voies munies de vannes permettant le raccordement de l'appareil scientifique, un réservoir d'hélium liquide (hors période de transfert) et une sortie supplémentaire. Les vannes 1/4 de tour équipant la nourrice doivent pouvoir être cadenassées ;
- une vanne anti-retour et un clapet de surpression taré à 50 mbar ;
- un tube flexible de 3 mètres installé sur la nourrice et fourni avec un système de supportage au mur pour le rangement du flexible. Le flexible doit comporter à une de ses extrémités un raccord rapide auto-obturant complet (parties mâle et femelle) compatible avec le modèle Staübli **RBE11.1808/JS3**, adapté à une connexion KF25. Une des extrémités doit s'adapter sur un réservoir d'hélium liquide via un port KF25 ;

- Un compteur compatible avec un débit maximum de 20m³/h, ainsi qu'une vanne de bypass.

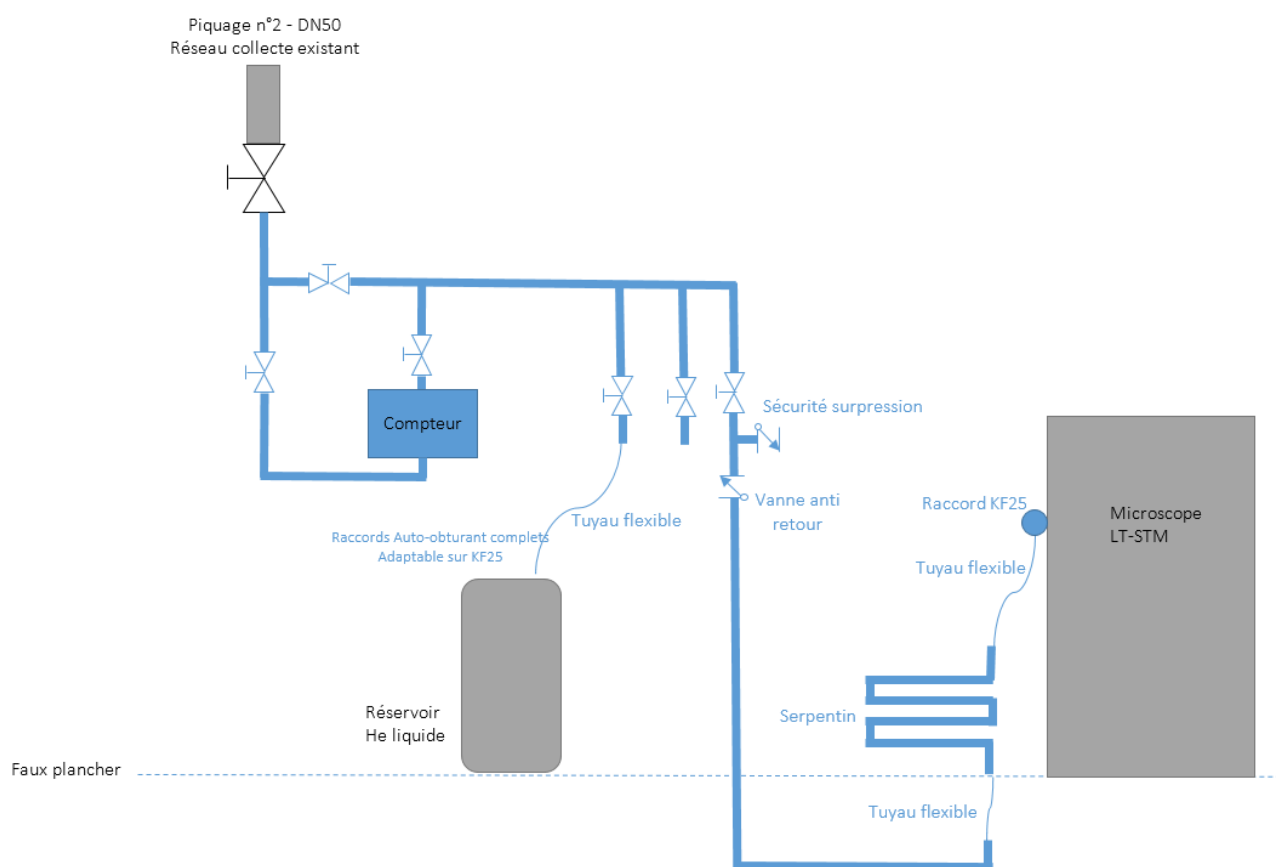


Figure 4 : Schéma de principe de l'installation Basse Pression BP requise pour raccorder le microscope LT-STM au réseau de collecte existant via le piquage n°2 (en bleu : la ligne et les éléments à fournir et à installer dans le cadre du lot n°1).

3.4.3. Pour l'appareil 3 (banc Rf) : salle 2ème étage CAR 1

Le 3^{ème} piquage se trouve au 2^{ème} étage de l'extension de l'IEMN dans une salle sans faux plancher (cf **Figure 2**).

La proposition doit comprendre l'ensemble des éléments de sécurité y compris les lignes et les vannes suivantes (**Figure 5**) :

- un flexible et un serpentin adaptable sur des raccords KF25 pour réchauffer un flux maximal de 5m³/h l'hélium à proximité de l'appareil. L'ensemble doit occuper un encombrement maximal de 20cm x 20cm sur une hauteur de 50cm pour permettre la récupération de la condensation générée ;
- un tube flexible de 8 mètres maximum adaptable à des raccords KF25, installé sur la nourrice et fourni avec un système de supportage au mur pour son rangement. Le flexible doit comporter à une de ses extrémités un raccord rapide auto-obturant complet (parties mâle et femelle) compatible avec le modèle Staübli **RBE11.1808/JS3**, adapté à une connexion KF25. Une des extrémités doit s'adapter à un serpentin via un port KF25 ;
- une nourrice 3 voies, munie de vannes permettant le raccordement de l'appareil scientifique, un réservoir d'hélium liquide (hors période de transfert) et une sortie supplémentaire. Les vannes 1/4 de tour équipant la nourrice doivent pouvoir être cadenassées ;
- une ligne d'une longueur totale de 10 mètres maximum fixée au mur pour relier la nourrice au piquage du réseau de collecte existant (DN50) ;

- une vanne anti-retour et un clapet de surpression taré à 50 mbar ;
- un compteur compatible avec un débit maximum de 20m³/h, ainsi qu'une vanne de bypass.

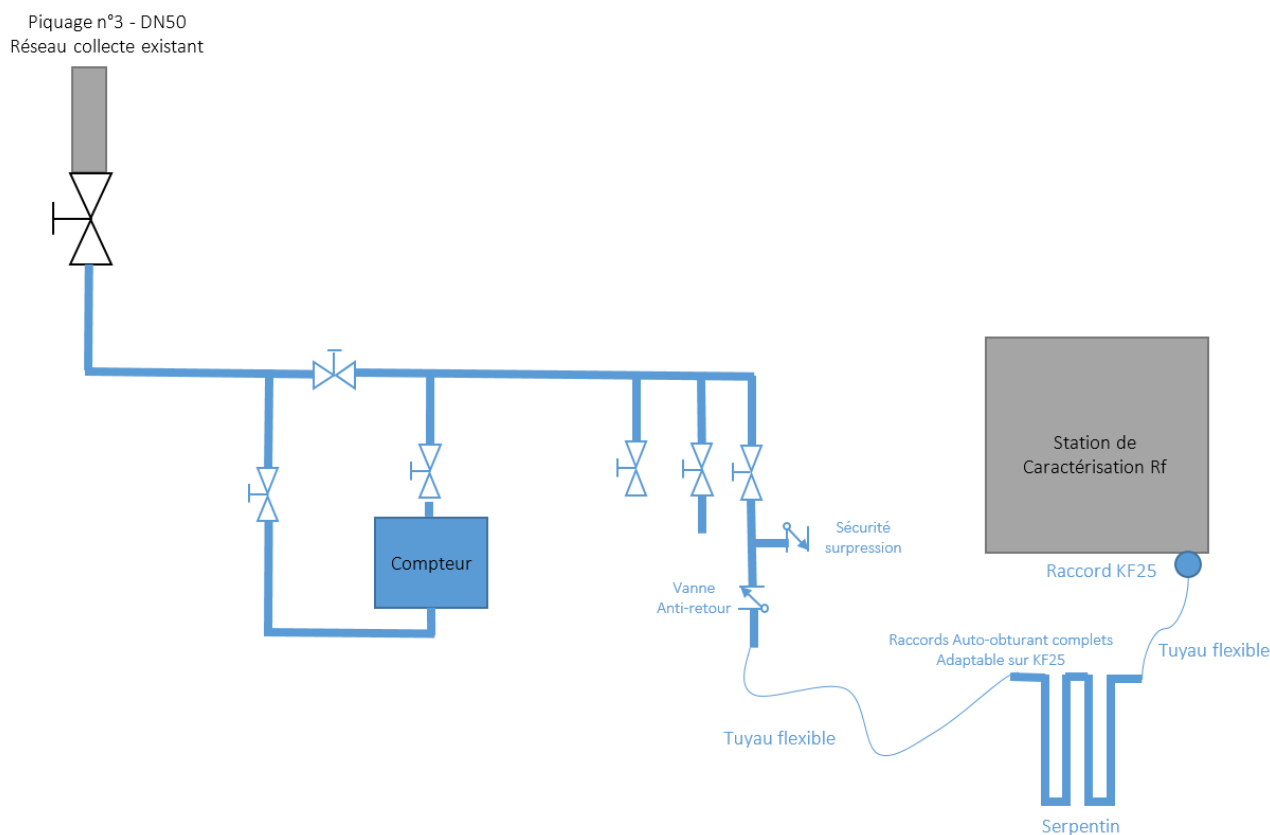


Figure 5 : Schéma de principe de l'installation Basse Pression BP requise pour raccorder la station de caractérisation Rf au réseau de collecte existant via le piquage n°3 (en bleu : la ligne et les éléments à fournir et à installer dans le cadre du lot n°1)

3.4.4. Pour le gazomètre et le compresseur (local technique)

Le réseau basse pression comprend la fourniture et l'installation d'une ligne d'environ 15 mètres destinée à connecter le gazomètre au réseau de collecte du bâtiment au niveau d'un piquage DN50 présent dans le local technique où seront installés le gazomètre et le compresseur (Figure 1).

Le réseau basse pression comprend la fourniture et l'installation en amont du gazomètre :

- un compteur de gaz compatible avec un débit volumique de 25Nm³/h
- une nourrice permettant la récupération de l'hélium évaporé par 2 réservoirs d'hélium liquide
- un tube flexible de 3 mètres installé sur la nourrice et fourni avec un système de supportage au mur pour le rangement du flexible. Le flexible doit comporter à une de ses extrémités un raccord rapide auto-obturant complet (parties mâle et femelle) compatible avec le modèle Staübli **RBE11.1808/JS3**, adapté à une connexion KF25. Une des extrémités doit s'adapter sur un réservoir d'hélium liquide via un port KF25.

3.5. Le réseau haute pression (HP) 200 bars

Le réseau haute pression connecte le compresseur à 200 bars situé dans le local technique de l'extension de l'IEMN aux cadres de stockage de gaz situés à l'extérieur du bâtiment (**Figure 1**) via une nourrice de distribution permettant de connecter jusqu'à 3 racks HP. La longueur du réseau entre le compresseur et la nourrice est estimée entre 25 et 30 mètres de long.

L'ensemble de la tuyauterie haute pression doit être installée en Inox 316 ou 316L pour une utilisation avec du gaz hélium et l'installation doit pouvoir être utilisée à une pression de 200 bars.

Nous demandons la fourniture et l'installation d'un filtre haute pression en sortie du compresseur permettant d'atteindre une pureté de l'hélium avec des résiduels d'huile inférieurs à 0,005 mg/Nm³.

La nourrice sera fournie équipée de flexibles de 3 mètres minimum pour sa connexion aux cadres de gaz (§3.6). Il sera demandé au prestataire du lot n°1 de fournir les raccordements de la nourrice de distribution *a minima* à 3 racks de bouteilles sous pression. Les flexibles fournis par le prestataire du lot n°1 devront être compatibles avec la puissance du compresseur installé et la pression de la ligne HP.

Les vannes d'arrêt ou vannes en T de dérivation (2, 3 ou 4 voies), les clapets anti-retours ou tout autre système de dérivation doivent être en inox pour une utilisation avec du gaz hélium donc utilisables pour du gaz hautement volatil.

Les soudures des lignes inox doivent être réalisées par soudage orbital.

Un test de fuite après installation doit être fourni par l'entreprise titulaire du lot n°1. La procédure de test doit être détaillée dans l'offre.

3.6. Cadres de 9 bouteilles de stockage HP à 200 bars.

La prestation comprend 3 cadres de 9 bouteilles verticales de 50 litres chacune pour le stockage de l'hélium gaz sous une pression de service de 200 bars minimum.

Les cadres doivent être équipés de 2 raccords adaptés aux flexibles haute pression sortant de la nourrice de distribution **selon la norme NF-29-650 type S**, de 2 manomètres et être conformes à la directive sur les équipements sous pression transportables (TPED).

Ils doivent être transportables par transpalette et grutables.

3.7. Détail des prestations supplémentaires éventuelles (PSE) obligatoires ou facultatives

Le code de la commande publique regroupe sous le terme « Prestations Supplémentaires Eventuelles » ou PSE, la notion plus ancienne d'« options ».

L'acheteur peut demander aux soumissionnaires de proposer, dans leur offre, des prestations supplémentaires qu'il se réserve le droit de commander ou non lors de la signature du contrat.

3.7.1. PSE n°1 (facultative) lot n°1 : possibilité d'un monitoring à distance du compresseur pour aider à sa surveillance et sa maintenance

3.7.2. PSE n°2 (obligatoire) lot n°1 : Extension de garantie de 1 an supplémentaire pour l'ensemble des éléments du lot 1 (gazomètre inclus)

3.7.3. PSE n°3 (facultative) lot n°1 : Garantie de 10 ans minimum pour le gazomètre

3.7.4. PSE n° 4 (facultative) lot n°1 : Réseau basse pression sur un 4^{ème} piquage

Fourniture et installation d'un réseau basse pression pour un 4^{ème} piquage localisé au RdC de l'extension de l'IEMN (voir Figure 1) dans la salle CHP02, selon le principe du schéma présenté à la **Figure 3** avec les éléments suivants :

- une ligne d'une longueur totale d'environ 3 mètres fixée au mur et passant sous le faux plancher se terminant par un raccord KF 25 pour relier un appareil scientifique au piquage du réseau de collecte existant (DN50) ;
- une nourrice à 3 voies permettant le raccordement de l'appareil scientifique, un réservoir d'hélium liquide (hors période de transfert) et une sortie supplémentaire. Les vannes 1/4 de tour équipant la nourrice doivent pouvoir être cadenassées ;
- une vanne anti-retour et un clapet de surpression taré à 50 mbar pour protéger l'appareil scientifique ;
- un compteur compatible avec un débit maximum de 20m³/h et étanche à l'hélium, ainsi qu'une vanne de bypass.

3.7.5. PSE n°5 (facultative) lot n°1 : contrat de maintenance

Contrat de maintenance préventive et curative de 2 à 5 ans pour l'ensemble des éléments du lot n°1. Dans le chiffrage de la maintenance, devront être précisés :

- Le nombre, la périodicité et la teneur des visites d'entretien ;
- Le délai d'intervention en cas de panne ;
- Les pièces dont le renouvellement et/ou le remplacement seront pris en charge par le contrat ;
- La prise en charge par le contrat de la main d'œuvre et des déplacements.

3.8. Documentation

Le soumissionnaire devra fournir une documentation descriptive complète qui comportera tous les éléments nécessaires pour installer, comprendre les principes de fonctionnement, opérer, et assurer les opérations de maintenance de premier niveau des éléments du lot n°1 :

- Description générale de chaque équipement (fiche technique et tests) ;
- Schéma de principe ;
- Notice d'installation ;
- Rapports de montage et d'essais avec tests de fuite ;
- Rapport de mise en service ;
- Instructions d'utilisation et de fonctionnement ;

- Instructions de maintenance détaillant les vérifications périodiques et les opérations recommandées selon le nombre d'heures d'utilisation pour assurer le bon fonctionnement des divers éléments fournis ;
- Catalogue des pièces détachées.

Le titulaire du lot n°1 devra procéder à une mise en service complète des appareils avec la réalisation de tests de fonctionnement de chaque élément (y compris si nécessaire, l'informatique).

À l'issue de la mise en service, le titulaire du lot n°1 remettra à l'IEMN un document indiquant la date de mise en ordre de marche effective.

Ce document, valant PV de mise en service, devra être signé par un représentant du titulaire, ainsi que par la personne responsable sur le site. Une copie du document signé devra être remise au pôle achat et au responsable administratif de l'IEMN.

3.9. Garantie, qualité du SAV

La durée minimale de garantie des équipements du lot n°1 est de 1 an.

Le soumissionnaire doit proposer une extension de garantie d'un an pour l'ensemble des éléments du lot n°1 (PSE obligatoire n°2 du lot n°1).

Il pourra également proposer une extension de garantie d'un minimum de 10 ans pour le gazomètre (PSE facultative n°3 du lot n°1).

La garantie comprendra le travail et les pièces détachées ainsi que les frais de transport, de déplacement et de séjour. Elle débutera à compter de la date d'admission définitive. La fin de garantie sera prononcée à l'issue de la période de garantie dans les conditions suivantes :

- Levée totale des réserves éventuellement émises à la réception ;
- Pas d'anomalie détectée ;
- Conformité aux spécifications sur cette période.

En cas d'anomalie, le titulaire devra prendre en charge la mise en conformité des équipements. Pour un fonctionnement non satisfaisant, c'est-à-dire avec l'arrêt de la récupération et de la compression de l'hélium, la période de garantie sera automatiquement prolongée d'une durée équivalente aux dysfonctionnements constatés.

Support technique et modalités d'intervention :

La garantie inclut un support technique gratuit et illimité pendant les jours ouvrés durant toute la période de garantie des équipements, y compris pendant les périodes de vacances scolaires.

Le support technique est accessible par téléphone (appel non surtaxé) et par courriel.

Le candidat devra indiquer dans son offre :

- Le temps de réponse durant la garantie après réception d'un e-mail ;
- Le nombre d'ingénieurs disponibles en France, capables d'intervenir sur la récupération et la compression d'hélium ;

- Le nombre d'ingénieurs disponibles à l'étranger, capables d'intervenir sur la récupération et la compression d'hélium ;
- Le délai d'intervention à distance après notification ;
- Le délai d'intervention sur site après notification.

La provenance, les délais d'approvisionnement pour fournir les pièces de rechange à compter de la détection d'un problème seront indiqués dans l'offre du soumissionnaire. La période en années sur laquelle la livraison de pièces détachées est garantie doit aussi être indiquée.

Si des prestations de maintenance par pilotage à distance sont possibles, celles-ci seront décrites dans l'offre.

Les autres engagements du soumissionnaire concernant le support technique figurent dans son offre.

3.10. Délai de livraison, installation, mise en service et formation

La livraison des équipements du lot n°1 ne pourra en aucun cas dépasser 9 mois à compter de la notification du bon de commande.

L'attributaire du marché doit s'assurer que le système à acquérir puisse être acheminé dans le local désigné à l'occasion de la visite obligatoire. Le coût de l'installation (le transport/la réception des matériels, de la main d'œuvre et du temps d'installation, les déplacements) devra être inclus dans le prix des équipements.

Tous les matériels nécessaires à l'installation devront être fournis et installés par l'attributaire du marché.

Le titulaire indique dans son offre les délais d'exécution de l'ensemble des prestations (PSE incluses en cas de réponse à celles-ci).

Le planning de réalisation sera établi conjointement avec le titulaire du lot n°1 en fonction de ses délais et de l'état **d'avancement des travaux préliminaires à l'installation des cadres de stockage réalisés par l'IEMN en dehors du présent marché.**

L'installation des éléments du lot n°1 (lignes basse pression, compresseur, baudruche et manipulation de la nourrice haute pression) par l'entreprise s'accompagnera d'une formation pour au moins trois personnes. Elle portera sur l'utilisation des équipements et la maintenance de 1^{er} niveau.

Le coût et les modalités de la formation seront détaillés et compris dans l'offre.

4. Détail des prestations attendues pour le lot n°2

4.1. Description de l'ensemble

Le lot n°2 comprend la fourniture et la garantie (minimum 1 an) de deux réservoirs transportables d'hélium liquide de 100 litres $\pm 10\%$.

Le « Dewar » doit :

- Présenter une perte inférieure à $<1\%$ /jour ;
- Être transportable sur roulettes ;
- Être conforme aux réglementations de transports ADR ;
- Être composé de matériaux amagnétiques.

Le Dewar sera fourni avec une tête complète comprenant :

- Un manomètre ;
- Une soupape de sécurité (max. 0,7 bar) ;
- Une entrée avec vanne de mise en pression ;
- Une vanne avec bride KF25 de dégazage ;
- Une sortie de soutirage KF25 avec un col permettant l'introduction d'une canne de transfert de 12,7 mm ;
- Une sortie pour installer une jauge de niveau utilisant une tige supraconductrice.

Le soumissionnaire indiquera dans son offre le taux d'évaporation journalier et la façon dont il est déterminé.

4.2. Documentation

Le soumissionnaire devra fournir une documentation descriptive complète qui comportera tous les éléments nécessaires pour installer, comprendre les principes de fonctionnement, opérer, assurer les opérations de maintenance de premier niveau et les suivis réglementaires de l'équipement.

Le soumissionnaire devra fournir tous les documents concernant les équipements fournis justifiant le respect de la législation et de la réglementation française (marque CE) ainsi que le respect de la réglementation de transport ADR.

4.3. Livraison, installation et mise en service

Le soumissionnaire précisera les délais de livraison des équipements.

La livraison des équipements du lot n°2 ne pourra en aucun cas dépasser 9 mois à compter de la notification du bon de commande.

5. Détail des prestations attendues pour le lot n°3

Dans le cadre de l'amélioration du dispositif de récupération et de valorisation de l'hélium, il est prévu l'acquisition et l'installation d'un système de liquéfaction. Celui-ci sera implanté dans le local technique du bâtiment RMN1200, qui constitue le point central du système actuel de collecte et de compression de l'hélium. À ce jour, l'hélium issu des bâtiments C4 et RMN1200 est déjà acheminé vers ce local technique grâce à un réseau basse pression existant. Une fois collecté, le gaz est stocké dans une baudruche d'un volume total de 20 m³, dont 12 à 13 m³ sont effectivement utilisables comme volume actif. Ce stockage temporaire permet de lisser les débits avant la compression. L'hélium est ensuite comprimé à une pression de 200 bars à l'aide d'un compresseur Bauer Mini-Verticus, d'une capacité de 25 m³/h. Le gaz comprimé est stocké dans des cadres de bouteilles haute pression. Trois cadres sont déjà installés sur site et seront conservés pour assurer le rôle de stockage tampon dans la future configuration incluant le liquéfacteur.

Ce contexte et ces équipements existants devront être pris en compte dans la conception, l'installation et l'intégration du futur système de liquéfaction.

Le système de liquéfaction devra permettre de fournir annuellement un volume net d'environ 11 000 litres d'hélium liquide, correspondant aux besoins opérationnels. Cette quantité sera transférée à l'aide de trois à quatre navettes cryogéniques, composées de modèles de 250 litres et 100 litres.

Il convient de noter que ce besoin net ne prend pas en compte les pertes associées à l'utilisation des navettes sur le site du liquéfacteur. En effet, la production du système devra intégrer les pertes inhérentes au fonctionnement, notamment :

- l'évaporation de l'hélium dans les navettes lors de leur stockage au niveau du liquéfacteur,
- les pertes survenant lors des opérations de remplissage des navettes.

En tenant compte de ces pertes, la production brute minimale annuelle du liquéfacteur devra être égale à 16 000 litres d'hélium liquide. Cette production sera assurée par deux unités de liquéfaction, ayant respectivement des capacités minimales de 20 litres/jour et 40 litres/jour.

Une visite obligatoire préalable sur site est demandée à l'attributaire du lot n°3.

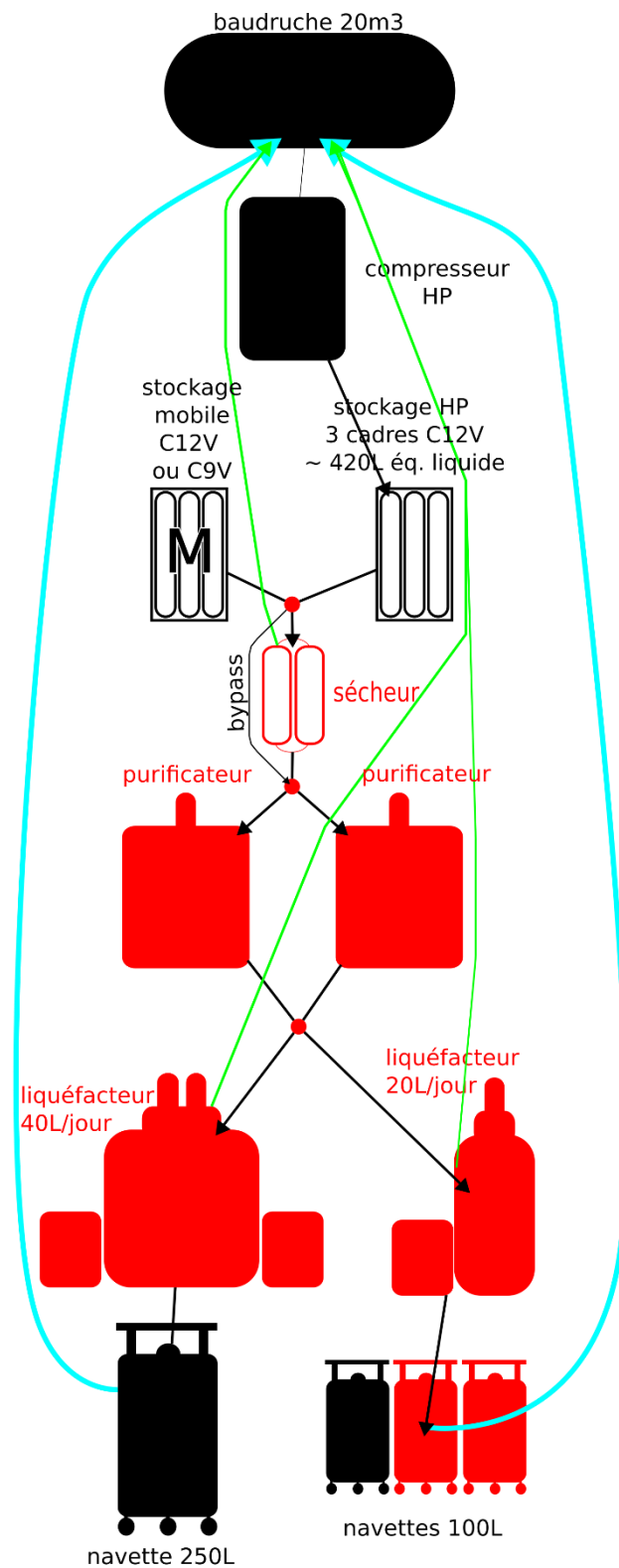


Figure 6 : Schéma de principe du système de liquéfaction. Les éléments déjà présents et à intégrer dans le système sont en noir, les éléments à fournir sont en rouge.

5.1. Spécifications de l'ensemble

L'opération associée au lot n°3 concerne la fourniture et l'installation d'un système complet de liquéfaction d'hélium gaz et de stockage d'hélium liquide comprenant :

- Une refonte du réseau de stockage haute pression pour optimiser l'espace des différents éléments et permettre la connexion de cadres supplémentaires dits « mobiles » en provenance des sites distants (RMN900, IEMN) ;
- Un système de séchage de l'hélium gaz provenant du compresseur et des bouteilles sous pression à 200 bars ;
- Un système de purification de l'hélium ;
- Deux unités de liquéfaction d'hélium permettant de produire un minimum de 60 L/jour selon un ratio 2/3, 1/3, à savoir environ 40L/jour et 20L/jour.

Un synoptique rigide grand format (A3 minimum) devra être fourni pour être installé définitivement dans le local du liquéfacteur.

5.2. Le réseau haute pression

Le réseau actuel est composé d'une ligne haute pression, d'un filtre à huile pour éliminer les vapeurs résiduelles, d'une nourrice permettant de connecter 3 cadres de bouteilles. Elle inclut 3 flexibles de 3m, et pour chacun une vanne d'arrêt et une vanne de purge du flexible. Le positionnement actuel de la nourrice est précisé sur la figure 8. Cependant, le positionnement actuel proche des arrivées d'eau froide destinées aux compresseurs des liquéfacteurs n'est probablement pas optimal. Cette nourrice pourra être réutilisée et déplacée. Par ailleurs, en plus de trois cadres de 12 bouteilles destinés au stockage du gaz récupéré localement, il conviendra de prévoir une nourrice supplémentaire permettant de connecter trois cadres de 12 bouteilles en provenance des sites distants. La nourrice supplémentaire sera équipée d'un manomètre digital et d'un détendeur basse pression (pression d'utilisation ~ 10 bars) pour permettre, pour chaque cadre indépendamment, de contrôler la pression et de brancher un appareil (déjà existant) de mesure de la pureté du gaz dans les cadres « mobiles ». Les flexibles devront comporter un raccord coudé côté cadres, respectant la norme NF29-650 de 2020 (raccord de sortie type S avec joint torique ; M38x2 SI à droite). Les deux nourrices seront connectées selon le diagramme de la figure 8 afin de permettre d'isoler le circuit de mesure des cadres mobiles et des cadres fixes, le stockage principal, le réseau de liquéfaction et permettre un transfert passif de gaz entre les cadres mobiles et les cadres du stockage fixe. Le diagramme de la figure 8 permet aussi de réaliser une mesure de pureté et de pression dans le stockage fixe. La photo 1 montre la nourrice actuellement installée. Elle est équipée de 2 vannes anti retour à démonter.

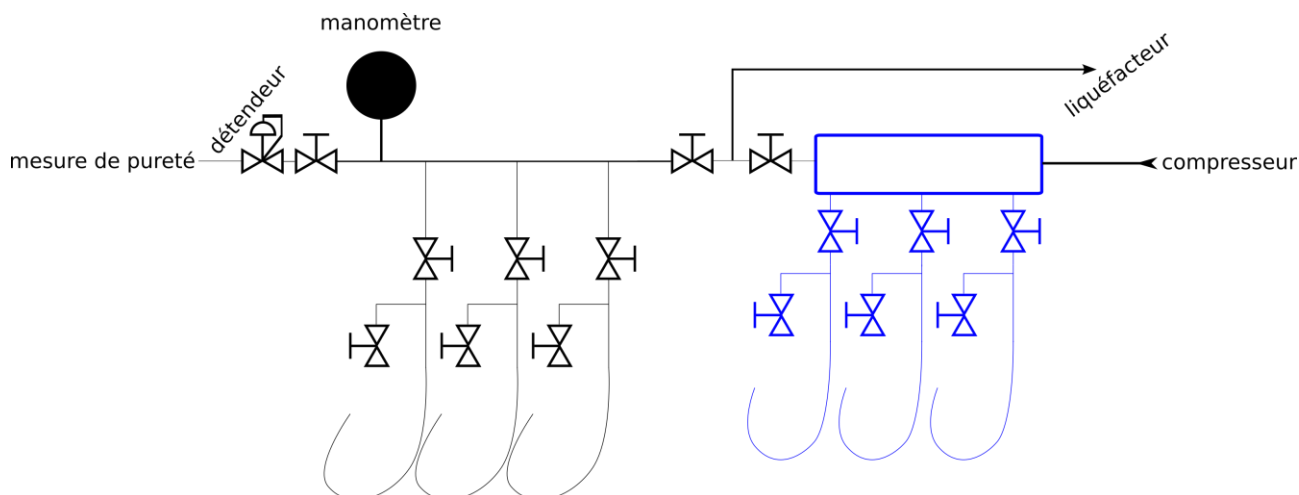


Figure 7: Schéma fonctionnel des platines de connexion des cadres de bouteilles. En bleu, la platine actuelle destinée aux réservoirs "fixes", et en noir le réseau à installer.



Photo 1 : Nourrice actuellement installée.

5.3. Le sécheur d'hélium gaz

Le sécheur à adsorption doit permettre d'enlever l'essentiel de l'humidité résiduelle présente dans le stockage d'hélium gaz à haute pression avant détente dans le circuit de liquéfaction afin de garantir un fonctionnement optimal du purificateur. En effet, le liquéfacteur est susceptible de recevoir de l'hélium gaz de sources non contrôlées et potentiellement polluées avec une humidité excessive. Un point de rosée de -40°C pour un débit minimal de $3 \text{ Nm}^3/\text{h}$ doit être atteint. Le point de rosée requis pour le fonctionnement normal du purificateur et la pression minimale permettant d'atteindre ce point de rosée cible seront précisés dans l'offre. Un tampon mort maximal de 10 bars est visé pour

la pression minimale de fonctionnement du sécheur. Le gaz issu de la régénération du sécheur sera récupéré dans le réseau basse pression (cf figure 3 pour sa situation).
Un by-pass du sécheur est à prévoir afin de ne pas utiliser le sécheur.

5.4. Le système de purification de l'hélium

Le purificateur doit permettre d'éliminer les impuretés d'air dans l'hélium à un niveau optimal pour sa liquéfaction. Il doit fonctionner de manière automatique, c'est-à-dire pouvoir basculer en mode régénération sans intervention de l'utilisateur. Le purificateur doit pouvoir alimenter en hélium gaz les deux unités de liquéfaction avec une pureté d'au moins **99.99 %**.

En prestation supplémentaire facultative, un second purificateur sera chiffré par les candidats. Ce purificateur aura les mêmes caractéristiques que le premier. Il aura pour rôle d'assurer un secours ou un relais lors des cycles de régénération du premier purificateur. La bascule d'un purificateur à l'autre pourra intervenir de manière pilotée automatique ou manuelle préventive en anticipation d'une régénération afin d'assurer une alimentation continue des liquéfacteurs.

5.5. L'ensemble de liquéfaction de l'hélium

Les unités de liquéfaction doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- liquéfacteur principal : production de 40L/jour environ et réservoir de 250L minimum.
- liquéfacteur d'appoint : production de 20L/jour environ et réservoir de 150L minimum.
- jauge de mesure de niveau supraconductrice pour les réservoirs des deux liquéfacteurs.
- la capacité cumulée de liquéfaction **doit atteindre 60L/jour**.

Le liquéfacteur d'appoint pourra servir à gérer les pointes de consommation ou servir de secours en cas de maintenance ou panne du liquéfacteur principal.

Les liquéfacteurs permettront de remplir les navettes 250L et 100L déjà présentes.

Les navettes Cryodiffusion MSB 100 et MSB 250 ont des ports de remplissage/soutirage presse étoupe adaptés à des cannes de transfert avec des diamètres de 9.6mm (3/8") et 12.7mm (1/2").

La navette MSB 100 est équipée d'une tête Cryodiffusion de type A, avec en particulier un port de soutirage/remplissage liquide avec vanne verticale 1/2" 1/4 de tour (12.7mm), un tube 6x0.5mm fermé par un presse-étoupe diamètre 2.5mm et permettant l'installation d'une sonde supraconductrice, et une sortie gaz avec vanne 1/2" et raccord KF-40 pour évacuation des gaz froids.

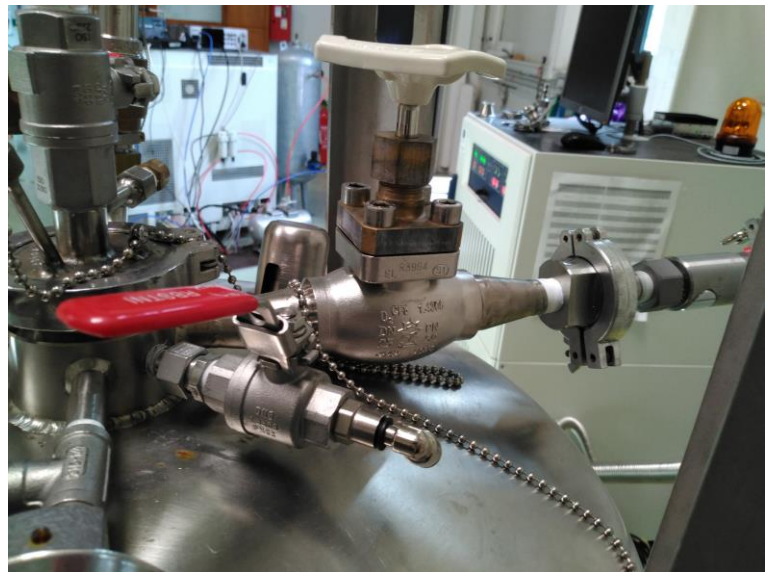


Photo 2 : Tête de la navette MSB 100.

La navette MSB 250 est équipée d'une tête Cryodiffusion, avec en particulier un port presse-étoupe de soutirage/remplissage liquide KF-25 avec vanne verticale 1/2" 1/4 de tour (12.7mm), un tube 6x0.5mm fermé par un presse-étoupe diamètre 2.5mm et permettant l'installation d'une sonde supraconductrice, et une sortie gaz avec vanne 1/2" et raccord KF-25 pour évacuation des gaz froids.



Photo 3 : Tête de la navette MSB 250.

La navette de 250L sera utilisée pour remplir les spectromètres RMN 1200, 900 et 800, environ toutes les 2 semaines. Elle sera donc principalement connectée au liquéfacteur principal de 40L/jour. Cependant toutes les navettes doivent pouvoir être remplies à partir de n'importe quel liquéfacteur.

L'évaporation statique des liquéfacteurs ainsi que le dégazage de 5 navettes pendant le remplissage (gaz froid) et en statique (gaz réchauffé) devra être renvoyés vers le gazomètre (clarinette 5 ports).

5.6. Option remplissage automatique

Nous demandons en PSE facultative, pour la navette 250L et le liquéfacteur de 40L/jour un système de remplissage automatique qui gère les transferts en fonction des niveaux de liquide dans le liquéfacteur et dans la navette. La PSE fournira tous les équipements accessoires nécessaires à l'automatisation :

- sonde supra du réservoir 250L ;
- canne de transfert automatique ;
- automate de contrôle.

5.7. Surveillance des équipements

Les paramètres de fonctionnement de l'ensemble des équipements (purificateurs et liquéfacteurs) doivent pouvoir être consultés sur une console (sur l'équipement en lui-même ou déporté) dans le local technique.

Les paramètres doivent également pouvoir être supervisés à distance. La capacité à contrôler à distance les équipements (déclenchement d'une régénération, arrêt/démarrage/pause d'un liquéfacteur) entrera dans l'évaluation.

5.8. Documentation pour le mémoire technique

Le mémoire technique précisera :

- la capacité espérée et minimale garantie de liquéfaction en L/jour ;
- la puissance électrique nécessaire à cette liquéfaction ;
- il décrira les opérations/manutentions nécessaires au fonctionnement régulier (journalier à mensuel) de l'appareil : (contrôle, opérations de remplissage, de régénération) et leur fréquence approximative, permettant d'évaluer le temps humain mobilisé pour le fonctionnement et leur difficulté ;
- il précisera un plan de maintenance avec les opérations (annuelles à semi-annuelles) recommandées pour assurer le bon fonctionnement des divers éléments fournis. La technicité des opérations sera précisée et permettra de déterminer celles réalisables par l'utilisateur et celles requérant l'intervention d'un technicien spécialisé ;
- l'ensemble des coûts afférent à la maintenance telle que décrite ci-dessus sera détaillé sur une période de 4 ans ;
- un plan d'implantation ;
- des exemples de réalisations ;
- les conditions, délais et coûts d'assistance et d'intervention ;
- le délai d'installation et de mise en service.

5.9. Livraison, installation et mise en service

La livraison des équipements du lot n°3 ne pourra en aucun cas dépasser 9 mois à compter de la notification du bon de commande.

L'attributaire du marché doit s'assurer que le système à acquérir puisse être acheminé dans le local désigné à l'occasion de la visite obligatoire. Le coût de l'installation (le transport/réception des matériels, de la main-d'œuvre et du temps d'installation, déplacements) devra être inclus dans le prix des équipements.

Tous les matériels nécessaires à l'installation devront être fournis et installés.

Le titulaire indique dans son offre les délais d'exécution de l'ensemble des prestations (PSE incluses en cas de réponse à celles-ci).

Le planning de réalisation sera établi conjointement avec le titulaire du lot n°3 en fonction de ces délais.

Un synoptique de l'installation sera affichée dans le local recevant les appareils.

L'installation des éléments du lot n°3 par l'entreprise s'accompagnera d'une formation pour au moins trois personnes. Elle portera sur l'utilisation des équipements et la maintenance de 1^{er} niveau.

Le coût et les modalités de la formation seront détaillés et compris dans l'offre.

5.10. Détail des prestations supplémentaires éventuelles (PSE) obligatoires ou facultatives

L'acheteur peut demander aux soumissionnaires de proposer, dans leur offre, des prestations supplémentaires qu'il se réserve le droit de commander ou non lors de la signature du contrat.

5.10.1. PSE n°1 (facultative) lot n°3 : Purificateur additionnel

5.10.2. PSE n°2 (facultative) lot n°3 : Système de transfert automatique pour réservoir Cryodiffusion MSB 250.

5.10.3. PSE n°3 (facultative) lot n°3 : Sonde supra pour MSB100 pour transfert automatique

5.10.4. PSE n° 4 (facultative) lot n°3 : Extension de garantie de 3 ans (1 an de garantie légale + 3 ans d'extension de garantie) sur l'ensemble des équipements

5.10.5. PSE n° 5 (facultative) lot n°3 : Contrat de maintenance de 3 ans