

Cahier des Clauses Techniques Particulières
(CCTP)

Marché n°2025022SCIREFO

Recyclage de l'Hélium

Pour

Université Paris Cité

Correspondant à

L'acquisition et à l'installation d'un système complet de récupération, de compression et de stockage du gaz hélium provenant de l'évaporation de l'hélium liquide qui s'échappe d'appareils scientifiques (spectromètres RMN, magnétomètres et microscopes à cryostat) appartenant à des laboratoires ou composantes d'Université Paris Cité

Plan du CCTP

Projet recyclage hélium pour l'Université Paris Cité

I.	Objet du besoin.....	6
I.1.	Présentation du besoin.....	6
II.	Allotissement.....	7
II.1.	Recommandations pour les travaux concernant les lots et PSE, lieux d'exécution et vue d'ensemble de chaque installation	8
II.1.1.	Faculté des Sciences	8
II.1.1.1.	UFR Sciences Fondamentales et Biomédicales : laboratoire LCBPT	8
II.1.1.2.	UFR Chimie : laboratoire ITODYS	9
II.1.1.3.	UFR Physique : laboratoire MPQ.....	10
II.1.2.	Faculté de Santé.....	11
II.1.2.1.	UFR Pharmacie : laboratoire CiTCoM.....	11
II.1.3.	Composantes associées à l'Université Paris Cité.....	12
II.1.3.1.	Institut Physique du Globe de Paris (IPGP)	12
II.1.3.2.	Institut de Biologie Physico-Chimique (IBPC).....	13
III.	Détail des prestations attendues pour le lot 1 : LCBPT, ITODYS, MPQ, IPGP	14
III.1.	Contexte :	14
III.2.	Éléments de la prestation	14
III.3.	Caractéristiques techniques et spécifications minimales.....	15
III.3.1.	Laboratoire LCBPT	15
III.3.2.	Laboratoire ITODYS	18
III.3.3.	Laboratoire MPQ.....	18
III.3.4.	IPGP.....	18
III.4.	Caractéristiques du compresseur par site	20
III.4.1.	Laboratoire LCBPT	20
III.4.2.	Laboratoire ITODYS	20
III.4.3.	Laboratoire MPQ.....	20
III.4.4.	IPGP.....	21
III.5.	Caractéristiques de la baudruche par site.....	21
III.5.1.	Laboratoire LCBPT	21
III.5.2.	Laboratoire ITODYS	21
III.5.3.	Laboratoire MPQ.....	21
III.5.4.	IPGP.....	21

III.6. PSE du lot 1 : Acquisition et installation d'un réseau de collecte de l'hélium gaz 22

III.6.1.	Notion de « Prestations Supplémentaires Eventuelles» ou « PSE »	22
III.6.2.	Contexte de la PSE	22
III.6.3.	Description générale des PSE.....	22
III.6.4.	Caractéristiques techniques et spécifications minimales attendues par site pour les PSE	23
III.6.4.1.	Les 2 PSE niveau 1 et 2 facultatives pour le LCBPT	23
III.6.4.2.	Descriptifs des réseaux basse et haute pression au LCBPT	24
III.6.4.2.a.	Le réseau basse pression au LCBPT	24
III.6.4.2.b.	Le réseau haute pression 200 bars au LCBPT	27
III.6.4.2.c.	Le réseau haute pression 300 bars au LCBPT.....	27
III.6.4.3.	La PSE niveau 1 facultative pour l'ITODYS	27
III.6.4.1.	Descriptifs des réseaux basse et haute pression à l'ITODYS.....	28
III.6.4.1.a.	Le réseau basse pression à l'ITODYS	28
III.6.4.1.b.	Le réseau haute pression 200 bars à l'ITODYS	28
III.6.4.2.	Les 2 PSE niveau 1 et 2 facultatives pour le laboratoire MPQ.....	28
III.6.4.3.	Descriptifs des réseaux basse et haute pression au MPQ	29
III.6.4.3.a.	Le réseau basse pression au laboratoire MPQ.....	29
III.6.4.3.b.	Le réseau haute pression 200 bars au MPQ.....	29
III.6.4.3.c.	Le réseau haute pression 300 bars au MPQ	29
III.6.4.4.	La PSE niveau 2 facultative pour l'IPGP	29
III.6.4.1.	Descriptifs des réseaux basse et haute pression à l'IPGP	30
III.6.4.1.a.	Le réseau basse pression à l'IPGP.....	30
III.6.4.1.b.	Le réseau haute pression 300 bars à l'IPGP	30

IV. Détail des prestations attendues pour le lot 2 : CiTCoM, IBPC 31

IV.1. Contexte 31

IV.2. Éléments de la prestation 31

IV.2.1.	Localisation et dimensions des installations par site	32
IV.2.1.1.	Laboratoire CiTCoM.....	32
IV.2.1.1.a.	Situation des salles RMN sur le site de la Faculté de Pharmacie.....	32
IV.2.1.1.b.	Dimensions des salles RMN :	32
IV.2.1.2.	IBPC.....	33

IV.3. Caractéristiques techniques communes pour le compresseur au CiTCoM et à l'IBPC 33

IV.4. Spécifications minimales attendues par site 34

IV.4.1.	Laboratoire CiTCoM	34
IV.4.1.1.	Prestations et caractéristiques demandées pour l'installation et le raccordement du compresseur au réseau haute et basse Pression et de la nourrice de distribution.....	34
IV.4.2.	IBPC.....	37

IV.4.2.1. Prestations et caractéristiques demandées pour la connexion au réseau haute et basse pression (compresseur et nourrice de distribution).....	37
--	----

IV.5. PSE du lot 2 : Acquisition et installation d'un réseau de collecte haute et basse

pression	38
IV.5.1. Notion de « Prestations Supplémentaires Eventuelles » ou « PSE »	38
IV.5.2. Contexte de la PSE	38
IV.5.3. Description générale des PSE.....	39
IV.5.4. Caractéristiques techniques et spécifications minimales attendues par site pour les PSE 40	
IV.5.5. Les 2 PSE niveau 1 et 2 facultatives pour le laboratoire CiTCoM.....	40
IV.5.5.1. Descriptifs des réseaux basse et haute pression au CiTCoM	40
IV.5.5.1.a. Le réseau basse pression au CiTCoM	40
IV.5.5.1.b. Cas des remplissages d'hélium sur les spectromètres RMN	42
IV.5.5.1.c. Raccordement de la tuyauterie BP aux aimants RMN et aux débitmètres	42
IV.5.5.1.d. Le réseau haute pression 200 bars au CiTCoM.....	43
IV.5.5.1.e. Le réseau haute pression 300 bars au CiTCoM.....	44
IV.5.6. Les 2 PSE niveau 1 et 2 facultatives pour le laboratoire IBPC	44
IV.5.6.1. Descriptifs des réseaux basse et haute pression à l'IBPC	44
IV.5.6.1.a. Le réseau basse pression à l'IBPC.....	44
IV.5.6.1.b. Raccordement de la tuyauterie basse pression au surpresseur de l'IBPC.....	45
IV.5.6.1.c. Le réseau haute pression 200 bars à l'IBPC	45
IV.5.6.1.a. Le réseau haute pression 300 bars à l' IBPC.....	46

V. Détail des prestations attendues pour le lot 3 : LCBPT, ITODYS, MPQ, IPGP,

CiTCoM, IBPC	46
V.1. Contexte	46
V.2. Éléments de la prestation.	46
V.3. Localisation et dimensions de l'installation par site.....	47
V.3.1. Laboratoire LCBPT.....	47
V.3.2. Laboratoire ITODYS	47
V.3.3. Laboratoire MPQ.....	47
V.3.4. IPGP.....	47
V.3.5. Laboratoire CiTCoM	48
V.3.6. IBPC.....	48
V.4. Commandes probables des cadres de bouteilles pour le stockage de l'hélium gaz par site	48
V.4.1. Laboratoire LCBPT.....	48
V.4.2. Laboratoire ITODYS	48

V.4.3.	Laboratoire MPQ.....	49
V.4.4.	IPGP.....	49
V.4.5.	Laboratoire CiTCoM	49
V.4.6.	IBPC.....	49
VI.	Modalités d'exécution	49
VI.1.	Sécurité	49
VI.2.	Garantie.....	50
VI.3.	Maintenance	51
VI.4.	Livraison, installation et mise en service	53
VI.5.	Vérification et admission des prestations	55
VI.6.	Formation et support à l'utilisation des appareils.....	55

I. OBJET DU BESOIN

I.1. Présentation du besoin

Notre besoin porte sur l'acquisition et l'installation de systèmes complets de récupération, de collecte et de compression de l'hélium gazeux vaporisés par les instruments de recherche à forte valeur ajoutée utilisant de l'hélium liquide, qui se trouvent sur 6 sites de l'Université Paris Cité ou associées (l'IPGP et IBPC). Ce réseau inter-facultaire regroupe, dans Paris intra-muros, des plateformes et plateaux techniques de la Faculté des Sciences (UFR Chimie, UFR des Sciences Fondamentales et Biomédicales, UFR Sciences de la vie, UFR Physique), de la Faculté de Santé (UFR Pharmacie), de l'Institut de Physique du Globe de Paris. Sa consommation en hélium liquide cumulée pour l'ensemble des sites est de 5270 L/an.

Plusieurs laboratoires à l'Université Paris Cité à l'IPGP et à l'IBPC, utilisent l'hélium liquéfié principalement pour le refroidissement des aimants supraconducteurs des spectromètres de Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) et pour le fonctionnement de magnétomètres, microscopes électroniques (à capteur supraconducteur-SQUID) et cryostats magnéto-optiques, tous ces appareils étant indispensables pour les chercheurs dans de nombreuses disciplines. Cet hélium qui est une matière première rare et chère, est vaporisé par nos appareils. Il peut donc être recueilli, comprimé et liquéfié.

Le présent cahier des charges concerne les prestations suivantes :

- L'acquisition et l'installation sur chaque plateforme d'un système de récupération, de compression et d'acheminement jusqu'à un système de stockage, du gaz hélium provenant d'appareils scientifiques (spectromètres RMN, magnétomètres ou microscopes à cryostat) ou lors de période des remplissages d'hélium liquide.
- L'installation d'un système de stockage de l'hélium gazeux sous pression permettant son transport vers un liquéfacteur.

La récupération et le recyclage de l'hélium doivent permettre de réduire le coût d'approvisionnement et limiter la dépendance aux fluctuations de la disponibilité de cette matière première et de son prix.

II. ALLOTISSEMENT

- **Lot 1** : Acquisition et installation d'un système complet de récupération et de compression de l'hélium gaz (baudruche externe)

Il est demandé aux soumissionnaires de proposer les compresseurs suivants par laboratoire :

- LCBPT : Compresseur à 200 ou 300 bars
Le laboratoire commandera l'un ou l'autre de ces compresseurs.
- ITODYS : Compresseur à 200 bars
- MPQ : Compresseur à 200 ou 300 bars
Le laboratoire commandera l'un ou l'autre de ces compresseurs.
- IPGP : Compresseur à 300 bars
- **6 Prestations Supplémentaires Eventuelles** (PSE) facultatives pour le lot 1 correspondant à l'acquisition et à l'installation d'un réseau de collecte basse pression avec option pour le réseau haute pression en fonction du choix du compresseur.
 - LCBPT - PSE niveau 1 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 200 bars
 - LCBPT - PSE niveau 2 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 300 bars
 - ITODYS - PSE niveau 1 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 200 bars
 - MPQ - PSE niveau 1 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 200 bars
 - MPQ - PSE niveau 2 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 300 bars
 - IPGP - PSE niveau 2 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 300 bars

- **Lot 2** : Acquisition et installation d'un système complet de récupération et de compression de l'hélium gaz (baudruche interne)

Il est demandé aux soumissionnaires de proposer les compresseurs suivants par laboratoire :

- Laboratoire CiTCoM : Compresseur à 200 bars
- Laboratoire IPBC : Compresseur à 200 bars
- **4 Prestations Supplémentaires Eventuelles** (PSE) facultatives pour le lot 2 correspondant à l'acquisition et à l'installation d'un réseau de collecte basse et haute pression avec option pour le réseau haute pression.
 - CITCOM - PSE niveau 1 facultative : Installation d'un réseau basse pression et haute pression à 200 bars
 - CITCOM - PSE niveau 2 facultative : Installation d'un réseau basse pression et haute pression à 300 bars (compatible compresseur 300 bars)
 - IBPC - PSE niveau 1 facultative : Installation d'un réseau basse pression et haute pression à 200 bars
 - IBPC - PSE niveau 2 facultative : Installation d'un réseau basse pression et haute pression à 300 bars (compatible compresseur 300 bars)

- **Lot 3** : Acquisition et installation d'un système de stockage de l'hélium gaz sous pression

II.1. Recommandations pour les travaux concernant les lots et PSE, lieux d'exécution et vue d'ensemble de chaque installation

Les éventuels travaux de perçage, fixation, et rebouchage des cloisons, murs ou autres supports nécessaires à l'installation des équipements des lots 1 et 2 et des réseaux BP et HP d'hélium sont à la charge exclusive de l'entreprise responsable de ces installations. L'entreprise devra également 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.** Sur tous les sites, ces recommandations s'appliqueront à toutes les entreprises qui réaliseront des travaux.

Le titulaire veillera au respect des Consignes Générales d'Hygiène, de Sécurité lors de l'exécution de ses prestations. Tout le personnel du fournisseur et de ses sous-traitants éventuels, ne pourront pénétrer sur les sites qu'après avoir pris connaissance du règlement intérieur des laboratoires concernés.

Les entreprises et ses employés doivent se conformer aux plans de prévention des sites concernés. Elles peuvent être tenues de remplir un plan de prévention spécifique en fonction des risques liés à leur intervention. Les entreprises doivent respecter les consignes générales de sécurité en vigueur sur chaque site.

Le titulaire doit s'assurer d'avoir en sa possession un plan de prévention valable, dans le cas contraire, le titulaire se rapprochera du laboratoire concerné pour élaborer un nouveau plan de prévention de la structure ou la tutelle.

II.1.1. Faculté des Sciences

II.1.1.1. UFR Sciences Fondamentales et Biomédicales : laboratoire LCBPT

Laboratoire de Chimie et Biochimie Pharmacologiques et Toxicologiques, UMR CNRS 8601, 45, Rue des Saints Pères 75006, Paris

Le laboratoire LCBPT – UMR 8601 dispose de 3 spectromètres RMN (500 MHz, 500 MHz avec cryoplateforme refroidie à l'hélium, 600 MHz) et d'un polariseur dynamique nucléaire (DNP, 300 MHz). Ces quatre instruments utilisent des aimants supraconducteurs refroidis à l'hélium liquide. La consommation annuelle totale de la plateforme est comprise entre 560 L et 1000 L.

La Figure 1 reprend de manière synthétique le schéma du système de récupération.

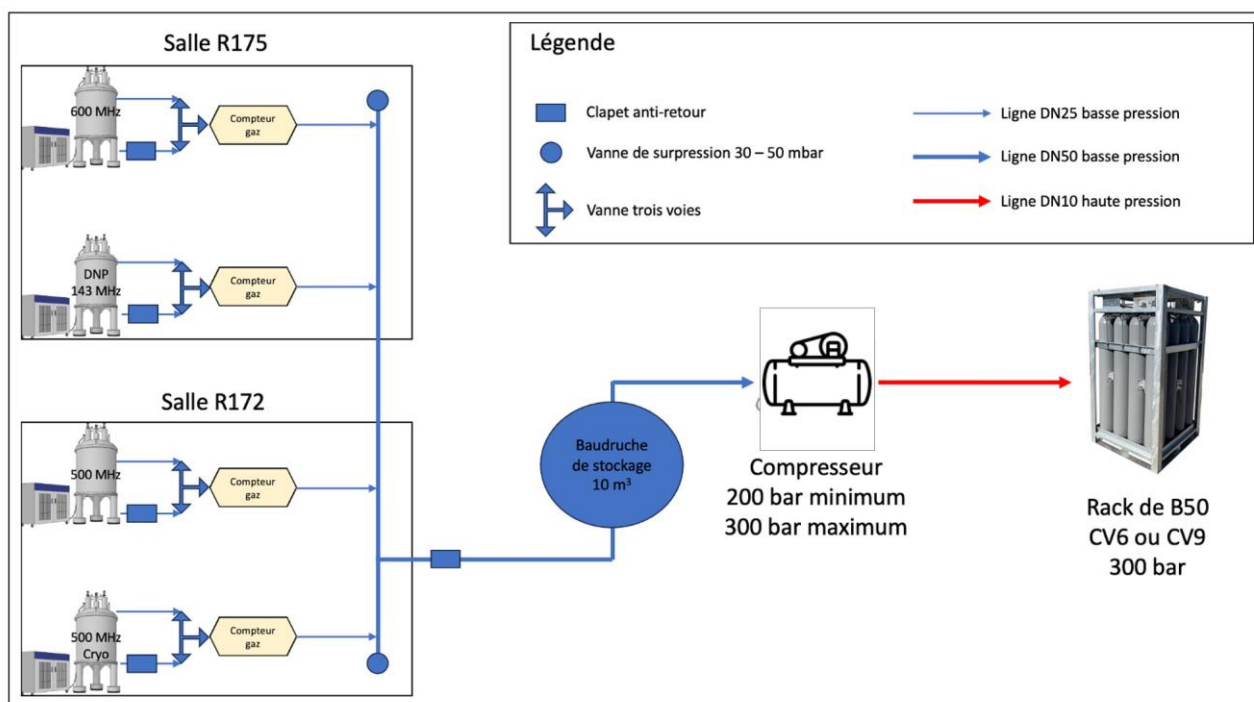


Figure 1. Schéma général du système de récupération d'hélium du LCBPT

II.1.1.2. UFR Chimie : laboratoire ITODYS

Bâtiment Lavoisier : 15, rue Jean-Antoine de Baïf - 75013 PARIS

Le laboratoire de l'ITODYS-UMR7086 (Figure 2) dispose d'une plateforme dotée d'un spectromètre RMN Bruker opérant à une fréquence de 400MHz pour les protons. Le service RMN réalise des analyses 1D ou 2D à température variable ainsi que des analyses DOSY qui permettent d'identifier les composants d'un mélange. Un autre équipement consommateur d'hélium dans ce laboratoire est un magnétomètre à échantillon vibrant (VSM : Vibrating Sample Magnetometer) qui permet de déterminer en fonction du champ appliqué les propriétés magnétiques de poudres, liquides, couches minces. La consommation en hélium liquide par an pour ce laboratoire est de 550 L.

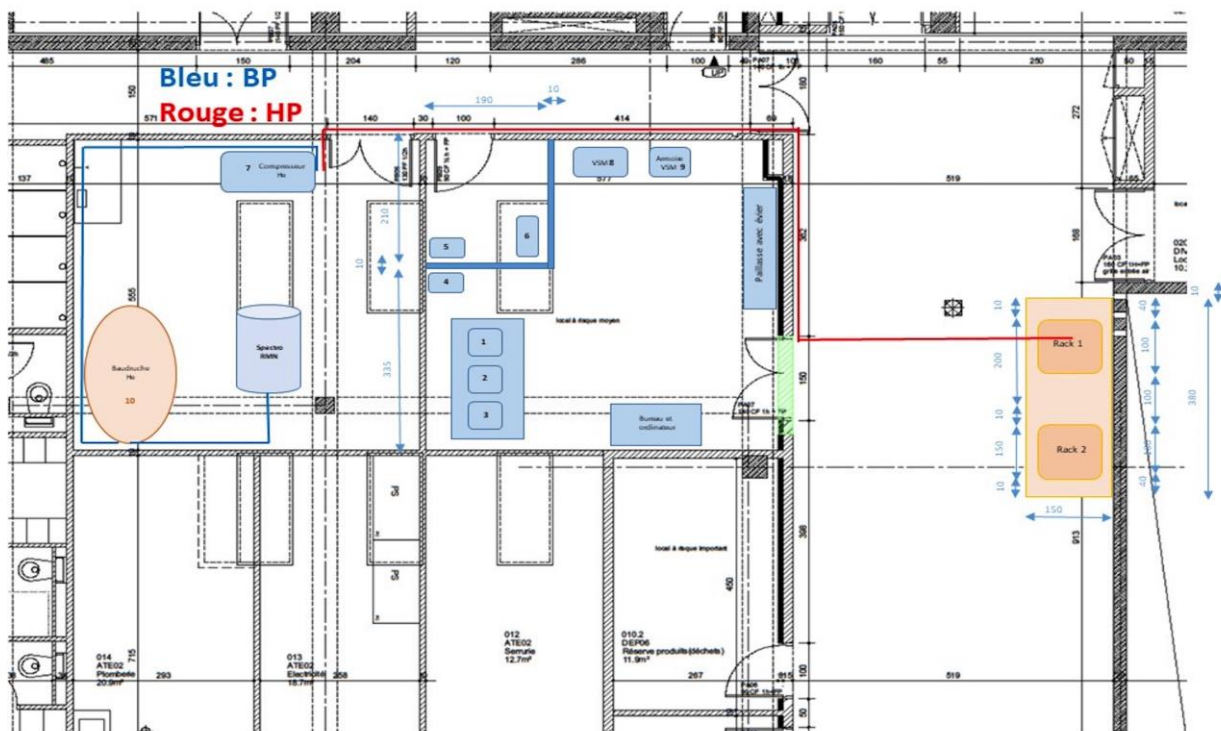


Figure 2. Plan général de l'installation dans le laboratoire ITODYS.

II.1.1.3. UFR Physique : laboratoire MPQ

10 Rue Alice Domon et Léonie Duquet 75013 Paris

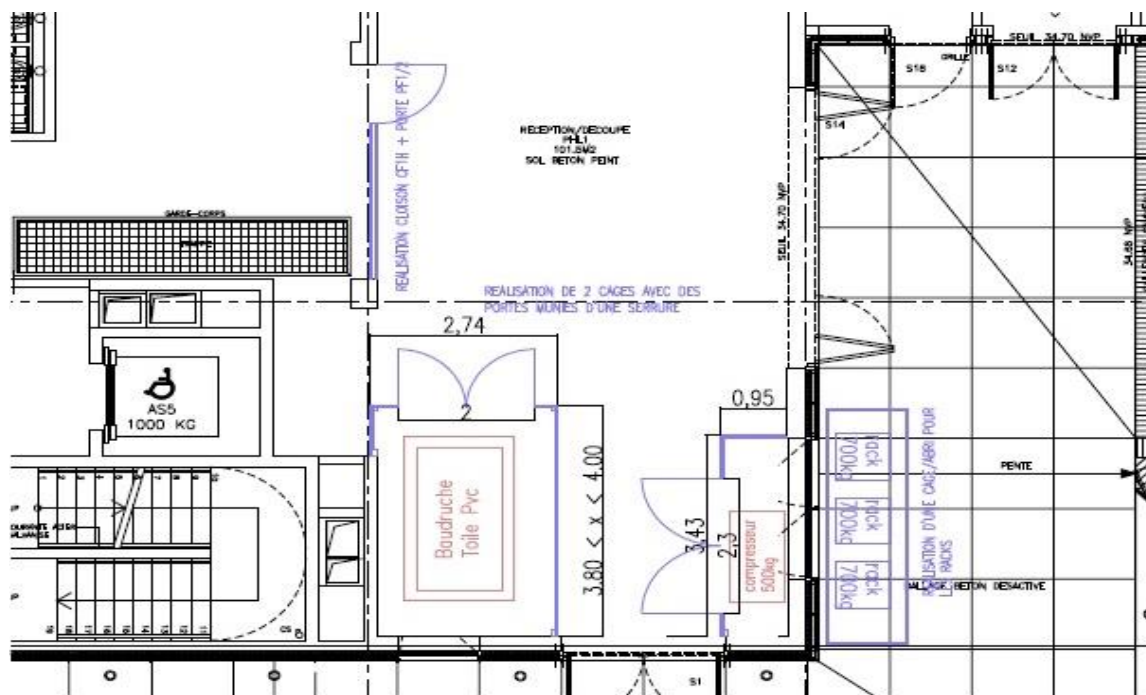


Figure 3. Plan général de l'installation dans le laboratoire MPQ

Le laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques (MPQ) – UMR 7162 dispose d'un microscope à effet tunnel (STM) fonctionnant sous ultra-vide à basse température et d'un cryostat magnéto-optique muni d'un aimant supraconducteur de 10T à bobines séparées. Le STM utilise un cryostat à bain d'hélium et est maintenu en permanence à 4K. La bobine supraconductrice et l'insert basse température (1.5K) du cryostat magnéto-optique ont également besoin d'hélium pour fonctionner.

La consommation annuelle totale du laboratoire est de 3000L.

II.1.2. Faculté de Santé

II.1.2.1. UFR Pharmacie : laboratoire CiTCoM

Faculté de Pharmacie, 4 avenue de l'observatoire 75270 PARIS CEDEX 06

Le laboratoire CiTCoM UMR 8038 (UFR de Pharmacie) possède 2 plateaux techniques RMN (Figure 4). La consommation en hélium liquide par an pour ce laboratoire est de 660L.

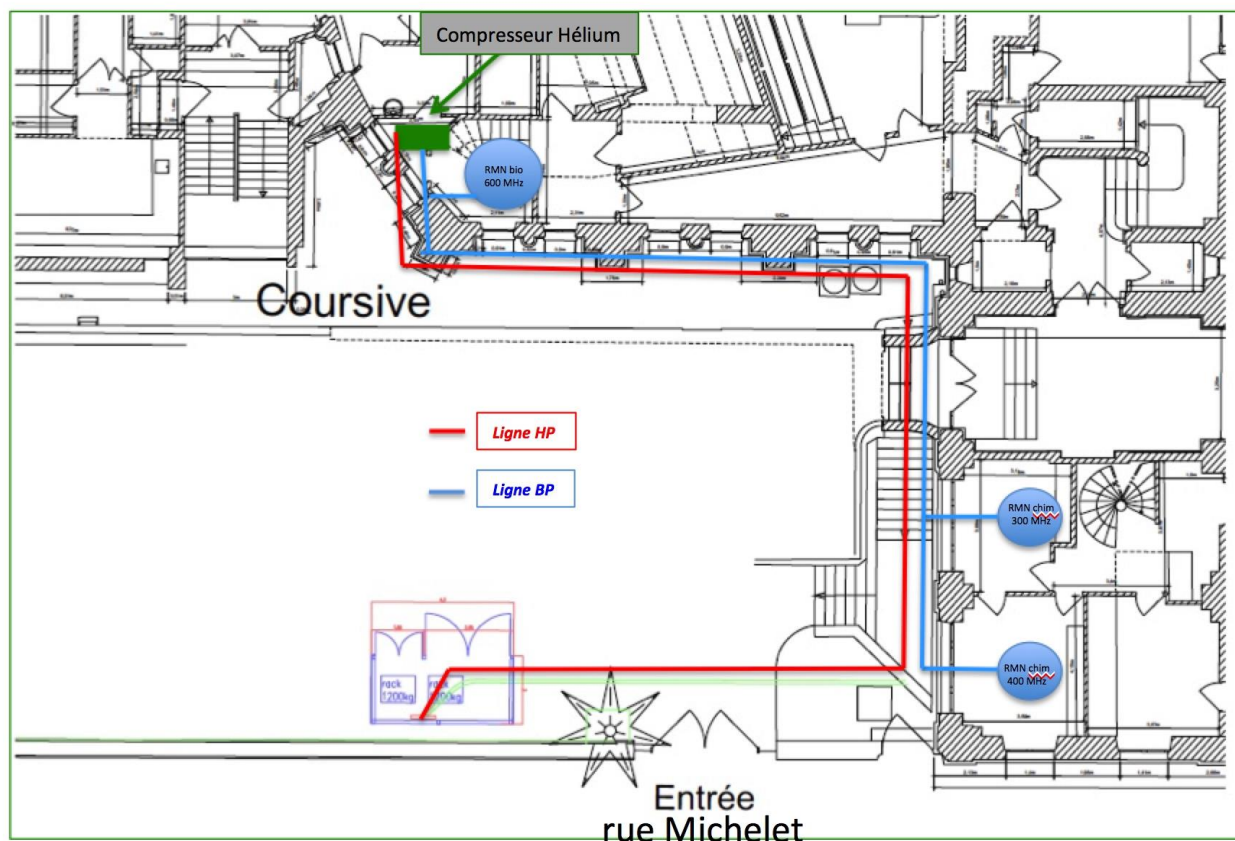


Figure 4. Schéma général du système de récupération d'hélium au laboratoire CiTCoM

- Le plateau technique RMN de biologie structurale composé d'un spectromètre RMN 600 MHz équipé d'une sonde cryogénique hélium, est utilisé pour l'étude structurale des macromolécules (protéines, acides nucléiques) et pour la recherche d'interactions avec des petites molécules ou entre macromolécules.
- Le plateau technique RMN Chimie, composé de 2 spectromètres RMN (400 et 300 MHz), est utilisé par les chimistes de l'unité pour suivre leurs produits de synthèse et la pureté des produits finaux.

II.1.3. Composantes associées à l'Université Paris Cité

II.1.3.1. Institut Physique du Globe de Paris (IPGP)

Institut de physique du globe de Paris : 1 rue Jussieu 75238 Paris Cedex 05



Figure 5. Plan du laboratoire à l'IPGP et schéma général du système de récupération d'hélium. En traits pleins sont indiqués les cheminements des réseaux d'hélium basse pression (BP - bleu) et haute pression (HP - rouge). En pointillé rouge est indiqué le parcours pour l'acheminement et l'installation du compresseur.

La plateforme d'analyses de mesures magnétiques (PAMM) est adaptée aux spécificités expérimentales du paléomagnétisme, de l'archéomagnétisme et du magnétisme minéral et environnemental. Les instruments de la plateforme, dont quatre sont des magnétomètres à capteur cryogénique de type SQUID, permettent la mesure d'une aimantation (vectorielle ou unidirectionnelle) acquise de manière naturelle ou en laboratoire par des roches, des sédiments, des objets archéologiques ou biologiques. La consommation en hélium liquide par an pour ce laboratoire est de 400L/an.

II.1.3.2. Institut de Biologie Physico-Chimique (IBPC)

Institut de Biologie Physico-Chimique, 13 rue Pierre et Marie Curie 75005 Paris

Le laboratoire IBPC dispose d'un spectromètre 700 MHz Avance III-HD équipé d'une crysonde hélium liquide et de sondes solides. Le dispositif scientifique est situé en sous -sol.



Figure 6. Plan général de l'installation dans le bâtiment de l'IBPC (2 niveaux).

La plateforme permet l'étude de macromolécules biologiques et de leurs complexes. La consommation en hélium liquide de cette plateforme est de 300L par an.

III.DETAIL DES PRESTATIONS ATTENDUES POUR LE LOT 1 : LCBPT, ITODYS, MPQ, IPGP

III.1. Contexte :

Il s'agit de l'acquisition et de l'installation d'un système de récupération et de compression de l'hélium gaz provenant de l'évaporation de l'hélium liquide d'appareils scientifiques. Ce système permettra la récupération de cet hélium évaporé tout au long de l'année et lors des remplissages d'hélium liquide. Pour ce lot, l'hélium gaz sera recueilli dans une boudruche externe avant d'être compressé pour être *in fine* stocké dans les dispositifs décrits dans le lot 3.

III.2. Éléments de la prestation

L'opération comportera la fourniture et l'installation d'un système de compression d'hélium à haute pression dans des bâtiments classés ERP de première catégorie, de type R, comprenant un compresseur, d'une boudruche externe dont la capacité de stockage dépendra de chaque site, Les boudruches doivent être équipées d'éléments de sécurité de type soupape et d'éléments de mesure (jauges) du niveau de remplissage pour leur bon fonctionnement et pour leur protection. La boudruche doit être correctement maintenue quel que soit sa position (au sol, en hauteur, verticale ou horizontale). Un système de distribution (nourrice) devra être fourni par le prestataire du lot 1 afin d'alimenter des racks de bouteilles de stockage du gaz hélium sous haute pression.

Une unité de filtration d'huile doit assurer un haut niveau de pureté de l'hélium en sortie de compresseur (quantité \square d'huile inférieure à 0,1 mg/Nm³).

Le niveau de bruit maximal admissible du compresseur est de 80 dB à 1 mètre et la purge des condensats doit être automatique dans un réservoir prévu à cet effet.

L'installation d'une boudruche externe et d'un compresseur ne devra pas entraîner de surpression sur le réseau basse pression au niveau des appareils scientifiques (Spectromètres RMN, magnétomètre ou microscopes électroniques...).

La nourrice de distribution devra être compatible avec des pressions de 200 et 300 bars et devra avoir au minimum 4 sorties.

Le prestataire du lot 1 pourra fournir une unité de filtration HP supplémentaire en sortie de compresseur permettant d'atteindre une pureté de l'hélium avec des résiduels d'huile inférieurs à 0,005 mg/Nm³ (ligne facultative du BPU)

Ce compresseur pourra contenir un tableau de contrôle ainsi qu'une connexion Ethernet pour un contrôle à distance ou pour le paramétrage du compresseur.

Le prestataire du lot 1 devra fournir et installer les raccordements qui permettront de connecter les appareils (compresseur, boudruche et nourrice de distribution) aux différents réseaux BP et HP. Ces raccordements (flexibles ou raccords) devront être installés et testés sans fuite.

Il sera demandé au prestataire du lot 1 de fournir les raccordements de la nourrice de distribution aux racks de bouteilles sous pression. Le nombre et type des raccordements sera fonction du choix des sites. Si ces recommandations ne sont pas mentionnées au niveau du site alors le prestataire du lot1 devra fournir a minima 2 flexibles de raccordement compatibles avec la puissance du compresseur installé et de la pression de la ligne HP.

III.3. Caractéristiques techniques et spécifications minimales

III.3.1. Laboratoire LCBPT

Le compresseur et la boudruche devront être installés au rez-de-chaussée dans le **Box C** (Figure 7 – Zone rouge), à proximité du quai de livraison.

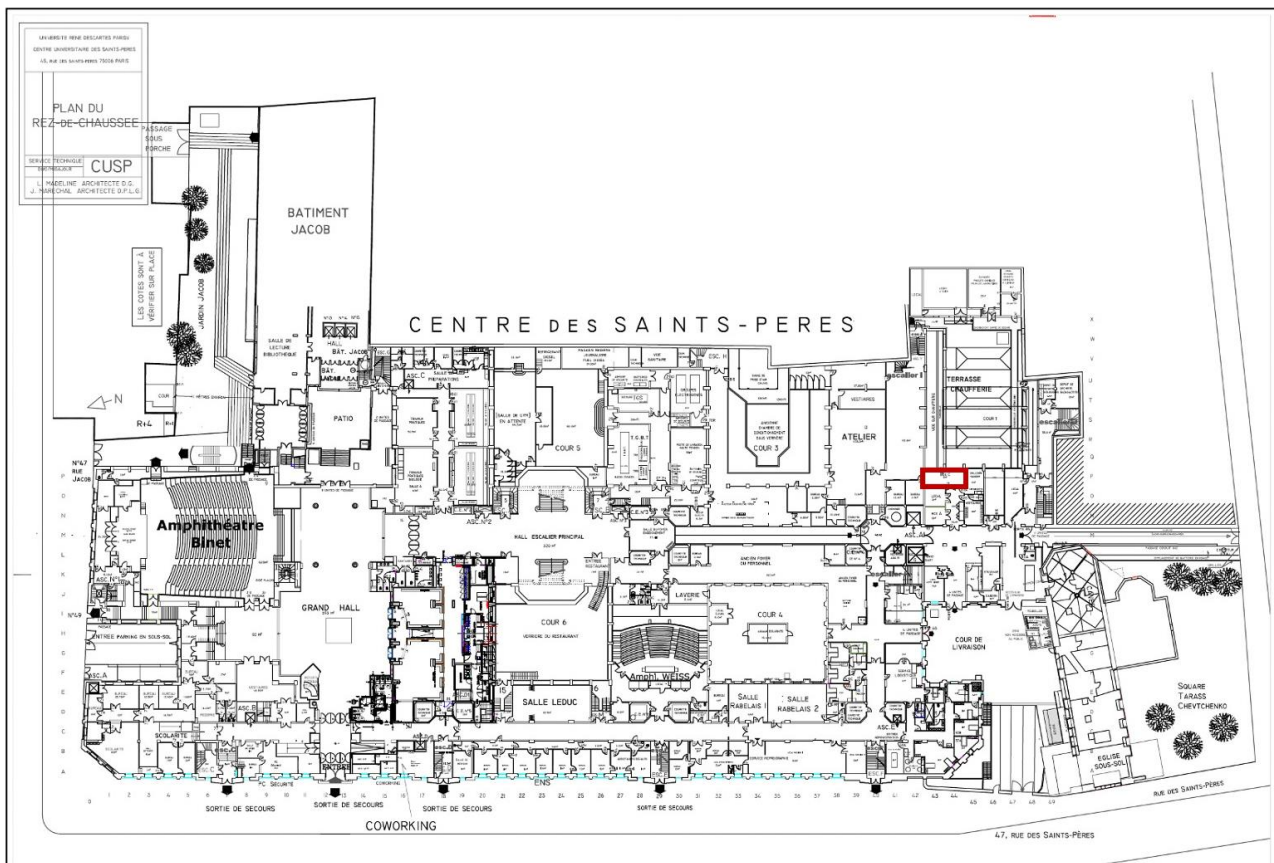


Figure 7. Plan du Rez-de-Chaussée du Centre des Saints Pères

Le Box C devra accueillir en plus un rack de bouteilles de gaz destinées à stocker l'hélium récupéré par le système de récupération (Figure 8).

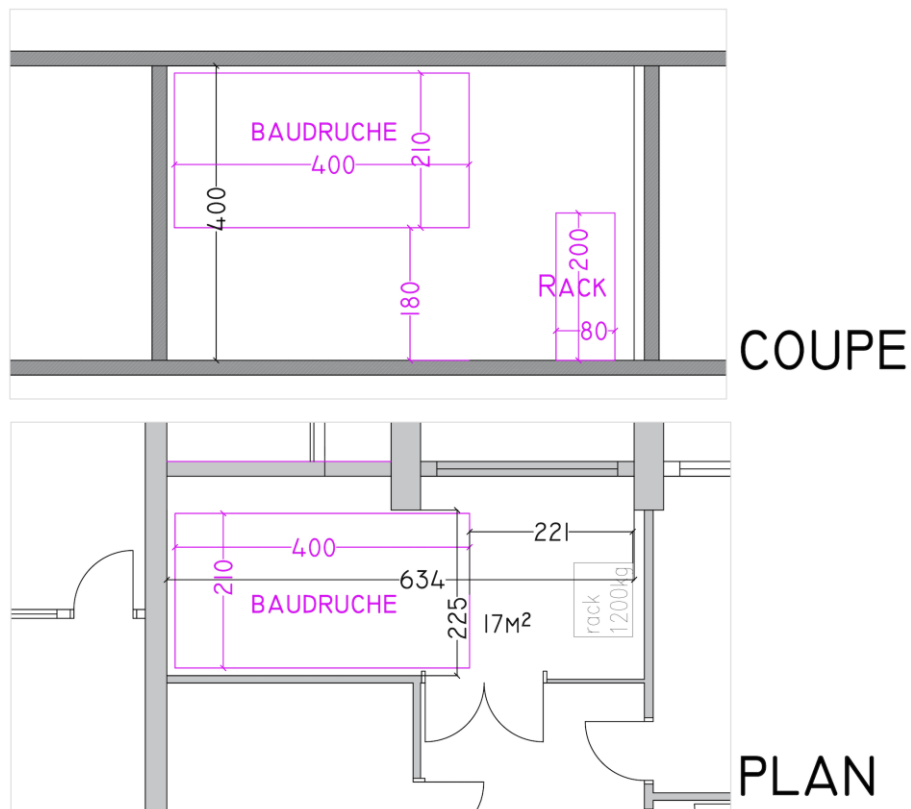


Figure 8. Plan du Box C accueillant le système de récupération d'hélium au Centre des Saints Pères

Le système demandé doit être en mesure de récupérer quatre types de flux :

- *Flux (1)* : L'évaporation régulière, constante et dite « minimale » provenant du Dewar d'hélium de chaque aimant RMN ;
- *Flux (2)* : L'évaporation ponctuelle dite « maximale » lors du remplissage de ces aimants à partir d'un Dewar externe pendant 1 heure ;
- *Flux (3)* : L'hélium gaz provenant de B50 en usage ponctuel lors des opérations de remplissage ;
- *Flux (4)* : L'évaporation durant 4 jours provenant d'expériences scientifiques en sortie de pompe.

Les caractéristiques en termes de volume à récupérer et de durée sont précisées ci-dessous :

- *Flux (1)* : Les caractéristiques techniques du flux « minimal » d'évaporation sont :

a. Salle R172 :

Aimant N°1 : 16 mL/h (He liquide), soit environ 0,012 m³/h (Gaz)

Aimant N°2 : 16,7 mL/h (He liquide), soit environ 0,0125 m³/h (Gaz)

b. Salle R175 :

Aimant N°3 : 12 mL/h (He liquide), soit environ 0,009 m³/h (Gaz)

Aimant N°4 : 16 mL/h (He liquide), soit environ 0,012 m³/h (Gaz)

La sortie d'hélium gaz est localisée au niveau des cheminées des aimants.

- *Flux (2)* : La perte « maximale » par évaporation lors du remplissage des 4 aimants à partir de Dewar externe est estimée à 40 L (He liquide) sur une durée de 1 à 2h. La fréquence de cette opération est d'environ 10 semaines, soit 5 à 6 fois par an.

La sortie d'hélium gaz/liquide est localisée au niveau des cheminées des aimants.

- *Flux (3)* : Un flux d'hélium gaz additionnel est produit pour la poussée de remplissage des aimants en hélium liquide provenant de 2 bouteilles B50. Cette consommation annuelle est d'environ 6 bouteilles B50 /an. La sortie se fait par la cheminée hélium de chaque aimant lors du remplissage.
- *Flux (4)* : Lors d'expérience dites de « DNP », un Dewar externe de 100L (He liquide) est généralement consommé sur une durée de 4 jours. L'hélium gaz est évacué à la sortie d'une pompe localisée près de l'aimant N°4.

Flux minimal et flux maximal :

- Le *Flux (1)* **minimal** d'hélium gaz est estimé à environ **0,054 m³/h**.

Le pic **maximal** de *Flux (4)* d'hélium gaz est estimé à **environ 30 m³/h**. **Alternativement**, il sera possible d'étaler ce flux **sur 3 à 4 heures** pour le réduire à **environ 8 m³/h**.

III.3.2. Laboratoire ITODYS

L'emplacement de la boudruche sera en suspension dans la pièce RMN (voir Figure 2. Plan général de l'installation dans le laboratoire ITODYS.).

III.3.3. Laboratoire MPQ

Le compresseur et la boudruche seront proches d'une dizaine de mètres et installés au rez-de-chaussée dans le Hall 016B du Bâtiment Condorcet (Figure 3).

III.3.4. IPGP

Le compresseur et une boudruche externe seront installés au 1^{er} étage du bâtiment pièce 123 (Figure 5). Les dimensions de cette pièce sont 5,4m (longueur) x 3m (profondeur) x 3,1m (hauteur). Le chemin à parcourir pour installer le compresseur dans la pièce dédiée est constitué des couloirs de 1,4 m de large, l'accès à la pièce a une largeur de 0,9 m et est perpendiculaire au couloir. La boudruche devra pouvoir être assemblée à l'intérieur de la pièce 123 (Figure 9).

Actuellement la charge supportée par le sol de la pièce 123 est de 250 kg/m². Des modifications prises en charge par l'IPGP seront réalisées pour permettre une charge au sol maximale de 400 kg/m².

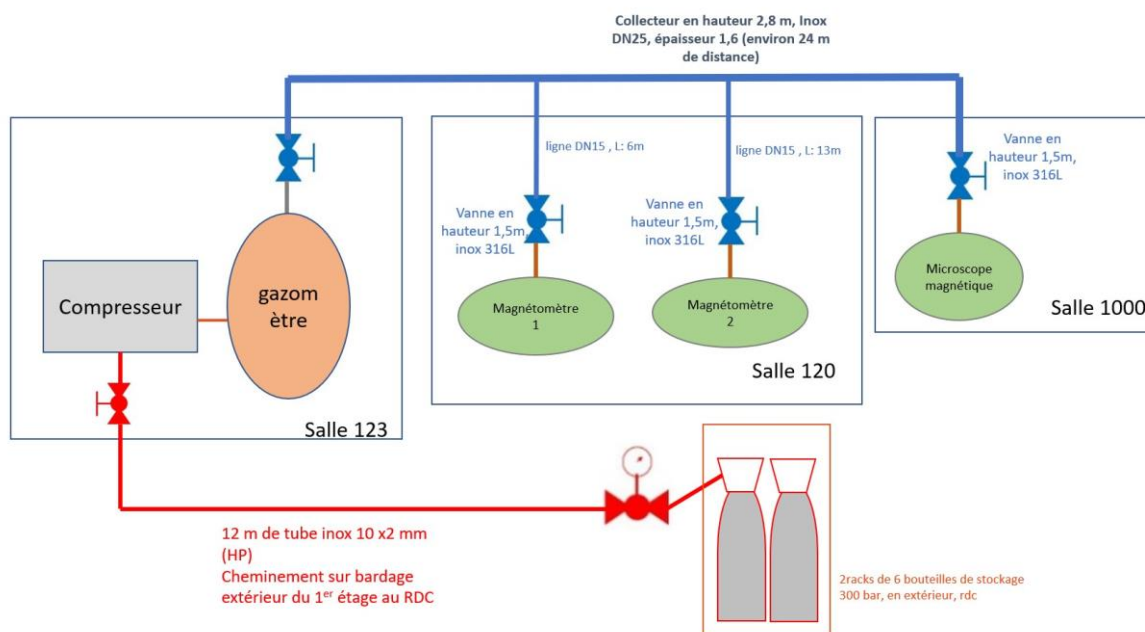


Figure 9. Schéma synoptique du système de récupération d'Hélium à l'IPGP

Les capacités du système de récupération et de compression doivent permettre de récupérer les flux de 3 instruments installés dans deux pièces, salle 120 et salle 1000 (plan de la figure 7) dont leur flux, débit et volume diffèrent en fonction de leur utilisation. Le tableau ci-dessous détaille les flux et débits par instrument.

Concernant la temporalité des flux :

- Les flux minimal 1 et 3 se produisent en même temps et en continu.
- Les flux 5 et 6 se produiront de 5 à 6 fois par an et en même temps que les flux 1 et 3.
- Les flux maximales 2, 4 ne se produiront jamais au même moment entre eux ni de façon simultanée avec les flux 5 et 6.

Instrument		Flux	Débit liquide (L/h)	Débit gaz (m ³ /h)	Type de flux	Fréquence de la génération des flux
Salle 120	Magnétomètre à SQUID 2GV	Flux 1	-	0,0024	Evaporation constante et minimale	toute l'année
	Magnétomètre à SQUID 2GV	Flux 2	-	23	Evaporation ponctuelle et maximale	1 fois par an

	<i>Magnétomètre à SQUID 2GH</i>	Flux 3	-	0,0024	Evaporation constante et minimale	toute l'année	
	<i>Magnétomètre à SQUID 2GH</i>	Flux 4	-	23	Evaporation ponctuelle et maximale	1 fois par an	
Salle 1000	<i>Microscope à SQUID</i>	Flux 5	0,07	0,053	Evaporation minimale	5 jours/semaine	Périodicité : De 5 à 6 semaines par an
	<i>Microscope à SQUID</i>	Flux 6	15	0,011	Evaporation ponctuelle	2 à 3 fois par semaine	

III.4. Caractéristiques du compresseur par site

III.4.1. Laboratoire LCBPT

Il est demandé aux soumissionnaires de proposer 2 types de compresseurs :

- Un compresseur avec pression de sortie à 200 bars
- Un compresseur avec pression de sortie à 300 bars

Le laboratoire commandera l'un ou l'autre de ces compresseurs.

L'installation du compresseur devra laisser l'espace suffisant pour disposer 2 racks de 6 bouteilles B50 supportant une pression de service de 300 bars auxquelles il sera raccordé, et qui seront localisés également dans le Box C. Un passage suffisant devra également être conservé pour permettre les opérations de manutention simples, c'est-à-dire l'enlèvement d'un rack plein ou l'arrivée d'un rack vide alors qu'un rack est déjà connecté au compresseur.

III.4.2. Laboratoire ITODYS

Le compresseur d'hélium doit avoir une pression de sortie de 200 bars. Pour le compresseur, l'espace disponible est de 1m x 2m avec une hauteur 2m50.

III.4.3. Laboratoire MPQ

Il est demandé aux soumissionnaires de proposer 2 types de compresseurs :

- Un compresseur avec pression de sortie à 200 bars
- Un compresseur avec pression de sortie à 300 bars

Le laboratoire commandera l'un ou l'autre de ces compresseurs.

La mention relative au niveau de pureté de l'hélium n'apparaît plus.

Pour le compresseur, l'espace disponible (Figure 3) est de 0,95m x 3,43m.

III.4.4. IGP

Le compresseur d'hélium doit avoir une pression de sortie de 300 bars. La compression devra se faire automatiquement à un certain niveau de remplissage de la baudruche. En raison d'une faible évaporation d'hélium, une unité de programmation ou la possibilité de déclencher la compression en démarrant le compresseur à une heure souhaitée, pourra être proposée.

III.5. Caractéristiques de la baudruche par site

III.5.1. Laboratoire LCBPT

La dimension de la baudruche ne doit pas excéder 2,20 m (largeur) x 10 m (longueur). Celle-ci devra être placée horizontalement. Le volume de la baudruche doit être dimensionné en prenant en compte le flux maximal mentionné selon le paragraphe II.3.1. Le volume minimum exigé est de 10 m³.

III.5.2. Laboratoire ITODYS

Une baudruche dont le volume minimum exigé est de 4 m³ devra être installée à l'ITODYS dans la salle de RMN. L'espace disponible pour la baudruche est de 2m x 2m50 avec une hauteur de 2m50.

III.5.3. Laboratoire MPQ

La baudruche aura un volume minimum exigé de 5 m³ au MPQ. L'espace disponible (Figure3) pour la baudruche est de 3,8m x 2m70.

III.5.4. IGP

Dans la pièce 123, l'espace physique disponible pour l'installation de la baudruche et son système de maintien est : 2,1 m (largeur) x 2,5 m (longueur) x 2,8 m (hauteur). Son système de maintien devrait pouvoir être posé au sol.

La capacité volumique estimée de la baudruche, en tenant compte du flux maximal (tableau de la section III.3.4) est de 23 m³ en 1 heure, néanmoins Il serait techniquement possible d'étaler le temps de ce flux sur 3 ou 4 heures soit un volume minimum exigé de 5,75 m³ pour la baudruche.

III.6. PSE du lot 1 : Acquisition et installation d'un réseau de collecte de l'hélium gaz

III.6.1. Notion de « Prestations Supplémentaires Eventuelles» ou « PSE »

Le code de la commande publique regroupe sous le terme « Prestations supplémentaires éventuelles » 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. Ces prestations doivent être en rapport direct avec l'objet du marché et le cahier des charges doit définir leurs spécifications techniques avec précision.

III.6.2. Contexte de la PSE

Les PSE du lot 1 concernent l'acquisition et l'installation d'un système qui permettra la récupération de l'hélium évaporé tout au long de l'année à pression atmosphérique (BP) ou lors de phase de remplissage d'aimants RMN, de magnétomètres ou autres appareils scientifiques. L'hélium en évaporation suivra une ligne basse pression (pression atmosphérique) dont les distances dépendront des configurations des sites. Cette ligne BP commencera à la sortie des appareils scientifiques, passera par une boudinette externe, puis ira jusqu'au compresseur. Les lignes HP permettront le cheminement du gaz hélium comprimé entre les compresseurs utilisés sur les sites concernés et une nourrice de distribution proche du système de stockage (racks de bouteilles sous pression).

III.6.3. Description générale des PSE

Ces PSE concernent l'acquisition et l'installation sur les sites d'un système de tuyauteries de récupération de l'hélium gaz en basse pression (BP) ainsi qu'un système de tuyauterie haute pression (HP) à 200 ou 300 bars. La ligne BP devra permettre la récupération de l'hélium pour les différents appareils scientifiques des laboratoires concernés. Une ligne HP devra être installée sur chaque site entre le compresseur et la nourrice de distribution installée par le prestataire du lot 1. Une option pour le réseau haute pression (HP) devra être proposé par la soumissionnaire pour certain site, cette option portera un système de tuyauterie à 200 bars déclinée en PSE de niveau 1 ou à 300 bars déclinée en PSE de niveau 2.

- **La PSE niveau 1 correspondra à l'installation du réseau basse pression et du réseau haute pression à 200 bars pour un site.**
- **La PSE niveau 2 correspondra à l'installation au réseau basse pression et du réseau haute pression à 300 bars pour un site.**

L'ensemble de la tuyauterie haute pression devra être installée en Inox 316 ou 316L pour une utilisation avec du gaz hélium et l'installation devra pouvoir résister aux pressions que délivrent des compresseurs de 200 ou 300 bars. Les lignes basses pressions pourront être en Inox ou en tuyaux souples en fonction des recommandations des sites. Les vannes d'arrêt ou vannes en T de dérivation (2, 3 ou 4 voies), les clapets anti-retour ou tout autre système de dérivation devront être en inox pour une utilisation avec du gaz hélium donc utilisable pour du gaz hautement volatile et pour de la basse température. Dans le cas de débitmètres, surpresseurs ou tous autres appareils connectés et devant rester sur la ligne basse pression, il sera demandé au prestataire en charge de la PSE d'installer ces appareils en fonction des recommandations des PSE par sites. En fonction de l'appareil et de la configuration du site, cette connexion pourra être en inox souple ou en tuyaux souples mais elle devra être non cassable, non poreux et résistant à la basse température du gaz hélium en évaporation. Les raccords des tuyaux en inox souple, ou tuyaux plastiques pour l'installation de ces appareils situés avant le compresseur (débitmètre, surpresseur ou autres) sur la ligne basse pression devront être certifiés sans fuite après sertissage, emboîtement ou vissage.

Les longueurs de ces lignes HP et BP ainsi que les diamètres des tubes et le nombre de vannes d'arrêt, vannes en T et clapets anti-retour seront décrits par site. Lignes HP (Haute pression) des sites devront résister à la pression du compresseur retenu (200 bars ou 300 bars). Les soudures des lignes Inox devront être réalisées en orbitale. Un test de fuite après installation devra être fourni par l'entreprise prestataire du lot 1 en charge de la PSE pour les lignes HP et BP.

III.6.4. Caractéristiques techniques et spécifications minimales attendues par site pour les PSE

III.6.4.1. Les 2 PSE niveau 1 et 2 facultatives pour le LCBPT

Les soumissionnaires évalueront les moyens à mettre en œuvre pour satisfaire le besoin, de façon indépendante, les caractéristiques techniques du réseau de récupération depuis le laboratoire R175-R172, le cheminement de la ligne principale DN50 jusqu'à la boudruche, l'emplacement de la boudruche, des compresseurs et des racks.

Les 2 PSE pour le LCBPT

- **LCBPT - PSE niveau 1 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 200 bars**
- **LCBPT - PSE niveau 2 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 300 bars**

III.6.4.2. Descriptifs des réseaux basse et haute pression au LCBPT

III.6.4.2.a. Le réseau basse pression au LCBPT

Le laboratoire LCBPT est situé au 1^{er} étage du Centre Universitaire des Saints-Pères (Figure 10). La collecte de l'hélium gaz devra démarrer dans les salles de la plateforme RMN biomédicale (R175 et R172 près de la cour 4 : Figure 10 - Zone rouge) implantée dans les locaux du laboratoire LCBPT.

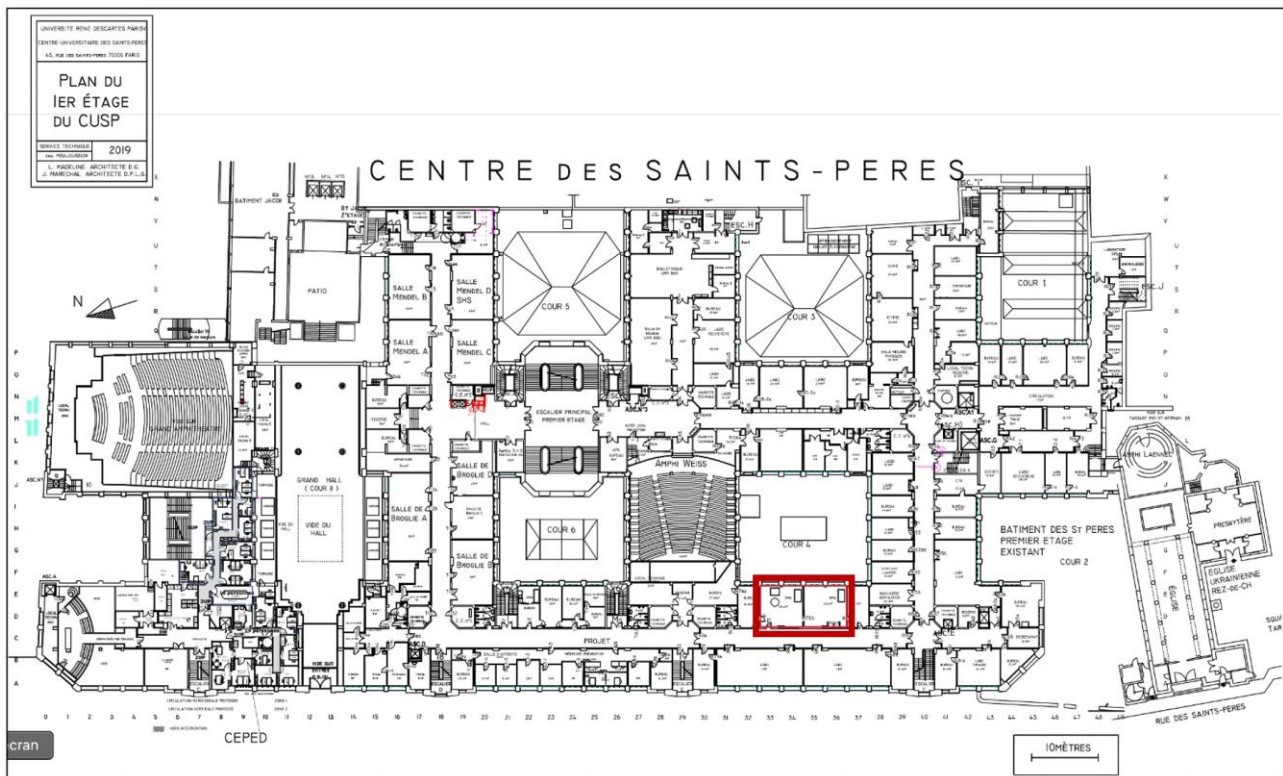


Figure 10. Plan du 1^{er} Étage du Centre des Saints Pères

La Figure 11 montre les 4 points de collecte pour la récupération d'hélium gaz du laboratoire qui doit se faire au plus près des 4 aimants RMN supraconducteurs (N°1 à N°4) situés au 1^{er} étage.

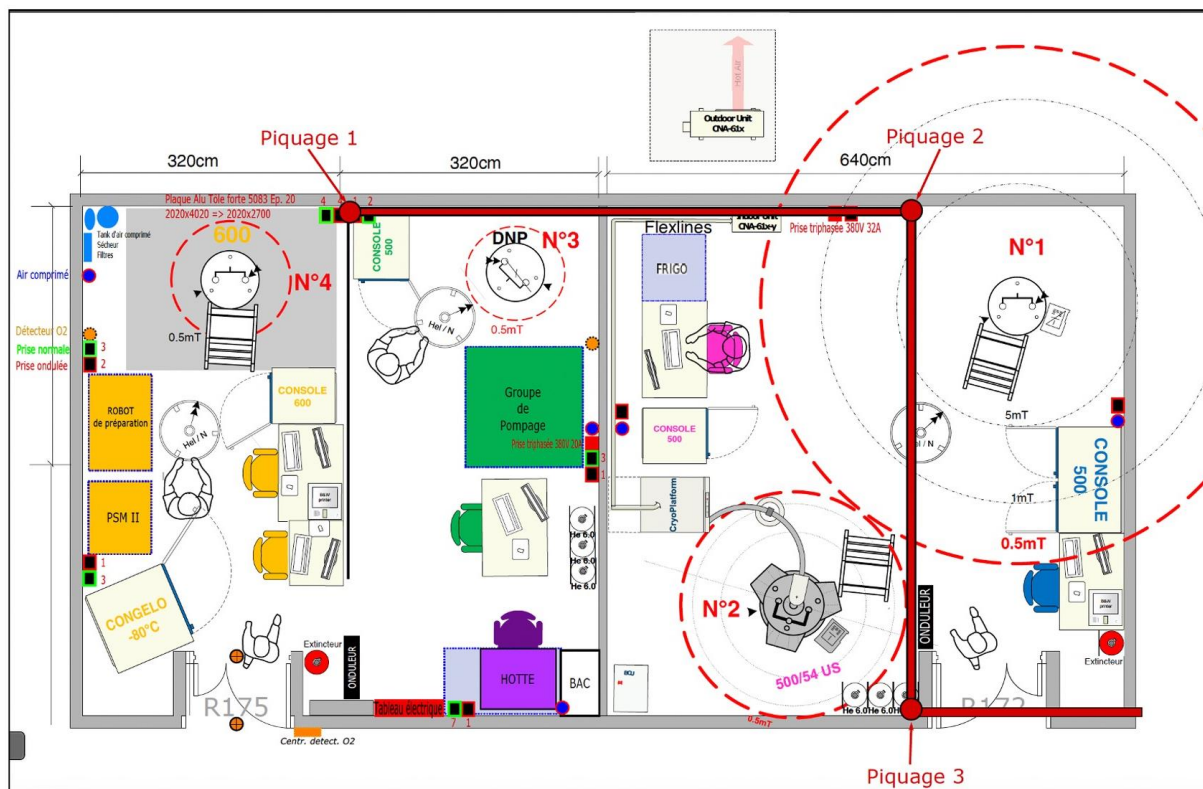


Figure 11. Plan d'implantation des aimants et des points de piquages du laboratoire LCBPT

Chaque point de piquage nécessitera le matériel spécifique listé ci-dessous :

Les aimants sont centrés au niveau des cercles rouges du Plan d'implantation des aimants, ci-dessous. Ces aimants sont répartis sur 2 salles voisines (R175 à gauche, R172 à droite) séparées par un mur. Les trois points de piquage indiqués sur le plan d'implantation du laboratoire correspondent à des piquages verticaux de 3 m environ, en DN50, permettant d'accéder manuellement à hauteur humaine aux différentes connectiques nécessaires pour raccorder les aimants, un Dewar d'hélium pour l'expérience, le système de pompage de la DNP lorsqu'il est en fonction, ainsi que le matériel utilisé pour les remplissages en hélium des aimants (Dewar externe, B50).

Piquage 1 :

- piquages DN25 ;
- vannes $\frac{1}{4}$ de tour pour contrôler chacun des piquages DN25 ;
- terminaisons KF25 pour connecter à ces vannes l'aimant N°4 (600 MHz), l'aimant N°3 (DNP), les deux pompes de la DNP, le Dewar de la DNP, et pour effectuer les remplissages des aimants ;
- 1 clapet de surpression taré à 50 mbar pour fermer la ligne.

Piquage 2 :

- 2 piquages DN25 ;
- 2 vannes $\frac{1}{4}$ de tour pour contrôler chacun de ces piquages DN25 ;

- 2 terminaisons KF25 pour connecter sur ces vannes l'aimant N°1 (500 MHz) de service ainsi que pour les remplissages d'hélium de cette pièce ;
- 1 clapet de surpression taré à 50 mbar pour fermer la ligne.

Piquage 3 :

- 1 piquage DN25 ;
- 1 vanne ¼ de tour pour contrôler ce piquage DN25 ;
- 1 terminaison KF25 pour connecter cette vanne à l'aimant N°2 (500 MHz Cryo) ;
- 1 clapet de surpression 50 mbar pour fermer la ligne.

4 lignes, DN 25 basse pression, équipées de vannes trois voies et de clapets anti-retour permettront la récupération du gaz. Le gaz hélium récupéré sera ensuite collecté sur une ligne basse pression DN 50, possédant 2 vannes de surpression (30-50mbar) et un clapet anti-retour. Le trajet principal du 1^{er} étage sera effectué en tuyau inox DN50, et **sera placé en hauteur dans la pièce, sous le plafond**. Le trajet cherchera à éviter au maximum les zones d'attraction des aimants, notamment pour les travaux de perçage. Cette ligne DN50 alimentera une boudruche de stockage, elle-même connectée par une ligne DN 50 au compresseur.

Dans la mesure du possible, un compteur gaz sera installé avant la sortie du laboratoire pour mesurer le volume total quittant le laboratoire.

La boudruche et le compresseur seront installés au rez-de-chaussée du bâtiment. Une longueur de **100 mètres de ligne basse pression** a été estimée entre les salles RMN (1^{er} étage) et la boudruche située au rez-de-chaussée du bâtiment et entre la boudruche et le compresseur.

Lors de l'opération de remplissage en hélium liquide des 4 aimants, l'hélium évacué des cheminées des aimants est extrêmement froid. Il est demandé de prévoir une première partie de la tuyauterie en cuivre en DN15 d'une longueur minimale d'environ 5 m (Figure 12 – Photo non-contractuelle) au niveau de chaque aimant pour permettre le réchauffement de l'hélium gaz par échange thermique.

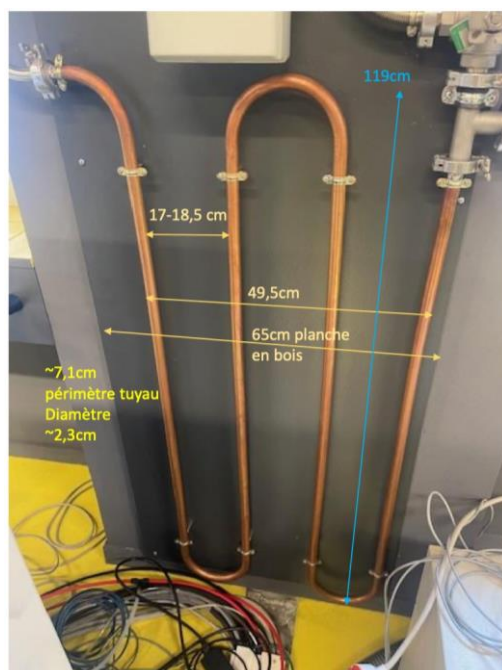


Figure 12. Exemple de dispositif d'échange thermique permettant de réchauffer l'hélium évaporé en sortie d'un spectromètre RMN lors d'une opération de remplissage.

III.6.4.2.b. Le réseau haute pression 200 bars au LCBPT

La ligne DN 10 à haute pression sera de courte longueur entre le compresseur et la nourrice de distribution. Ce réseau haute pression devra être compatible avec le choix d'un compresseur à 200 bars. Cette ligne devra être installée par le prestataire retenu pour la PSE du lot 1.

III.6.4.2.c. Le réseau haute pression 300 bars au LCBPT

La ligne DN 10 à haute pression sera de courte longueur entre le compresseur et la nourrice de distribution. Ce réseau haute pression devra être compatible avec le choix d'un compresseur à 300 bars. Une ligne à 300 bars devra donc être proposée.

III.6.4.3. La PSE niveau 1 facultative pour l'ITODYS

Le prestataire du lot 1 devra réaliser la connexion au réseau haute pression entre le compresseur et la nourrice mais aussi en basse pression entre la boudruche et le compresseur.

La PSE niveau 1 pour L'ITODYS

- ITODYS - PSE niveau 1 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 200 bars

III.6.4.1. Descriptifs des réseaux basse et haute pression à l'ITODYS

III.6.4.1.a. Le réseau basse pression à l'ITODYS

Le réseau basse pression ira du spectromètre à la boudruche puis au compresseur. La longueur entre les pièces est faible car les 2 pièces sont adjacentes. **La longueur est estimée à 15 m environ.**

III.6.4.1.b. Le réseau haute pression 200 bars à l'ITODYS

Le réseau HP partira du compresseur à 200 bars pour aller dans une pièce attenante contenant les racks de bouteilles. L'entreprise devra prévoir de traverser une cloison pour passer la tuyauterie afin d'alimenter les racks situés dans une autre pièce. **La longueur est estimée à 22 m environ** (Figure 2).

III.6.4.2. Les 2 PSE niveau 1 et 2 facultatives pour le laboratoire MPQ

Le prestataire du lot 1 proposera la connexion au réseau haute pression entre le compresseur et la nourrice mais aussi en basse pression entre la boudruche et le compresseur.

La Figure 13 montre les 3 points de collecte pour la récupération du gaz hélium gaz ainsi que les lignes basse pression en rouge à installer au laboratoire MPQ.

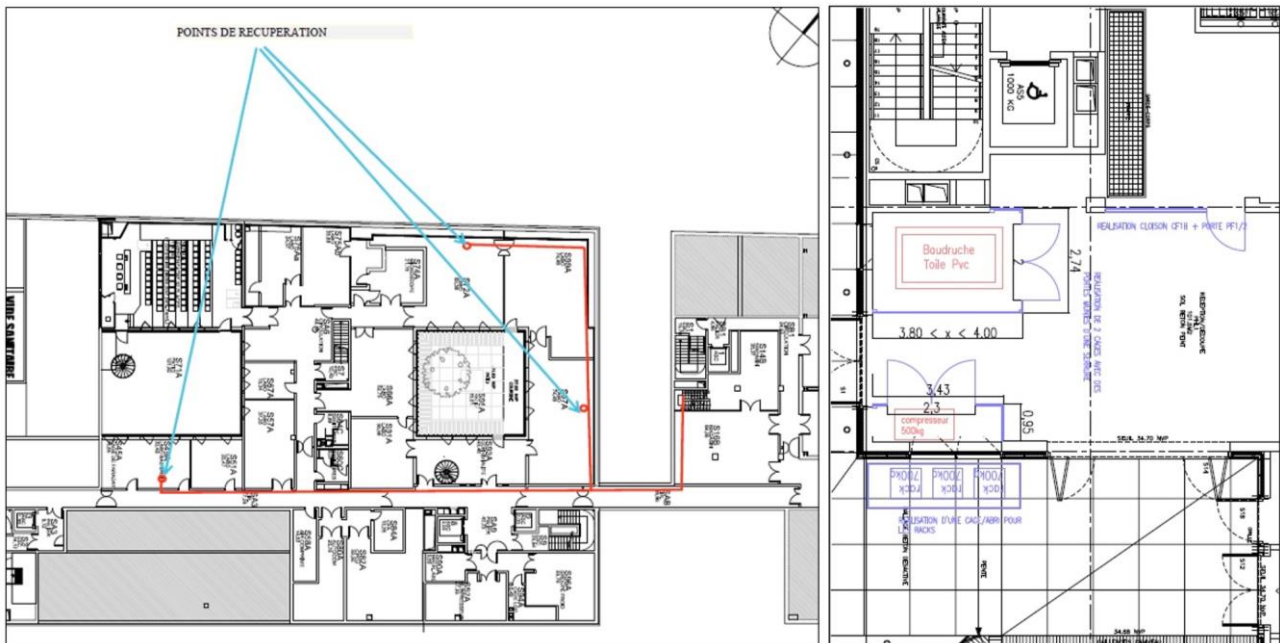


Figure 13. Plan du laboratoire MPQ et points de collecte de l'hélium gaz.

Les 2 PSE facultatives pour le MPQ

- **MPQ - PSE niveau 1 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 200 bars**
- **MPQ - PSE niveau 2 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 300 bars**

III.6.4.3. Descriptifs des réseaux basse et haute pression au MPQ

III.6.4.3.a. Le réseau basse pression au laboratoire MPQ

La longueur du réseau basse pression est estimée à 120 mètres et sera installée au premier étage pour descendre au rez-de-chaussée où se trouveront une boudruche de récupération et un compresseur.

III.6.4.3.b. Le réseau haute pression 200 bars au MPQ

La longueur du réseau haute pression au rez-de-chaussée est de quelques mètres entre le compresseur et les racks de bouteilles. Ce réseau haute pression devra être compatible avec le choix d'un compresseur à 200 bars.

III.6.4.3.c. Le réseau haute pression 300 bars au MPQ

La longueur du réseau haute pression au rez-de-chaussée est de quelques mètres entre le compresseur et les racks de bouteilles. Ce réseau haute pression devra être compatible avec le choix d'un compresseur à 300 bars.

III.6.4.4. La PSE niveau 2 facultative pour l'IPGP

Le prestataire du lot 1 devra réaliser la connexion entre le compresseur et la boudruche (faible distance avec une estimation de 1 ou 2 mètres entre les deux appareils). Deux vannes devront être installées par le prestataire. La vanne haute pression permettra le raccordement du compresseur au réseau HP alors que la vanne basse pression permettra de connecter la boudruche au réseau BP de collecte d'hélium gaz.

La Figure 5 montre l'emplacement des lignes basse pression (BP en bleu) et les lignes haute pression (HP en rouge). Les lignes BP seront installées à l'intérieur du bâtiment alors que les lignes haute pression (HP en rouge) seront installées à l'extérieur du bâtiment et acheminées sur bardage. Pour ces lignes HP et BP, les raccordements devront être réalisés sous soudure orbitale et un contrôle d'étanchéité sera demandé au prestataire. Les tuyauteries des lignes de transfert devront être de type inox 316L pour une utilisation avec du gaz hélium.

Tuyauterie HP (300 bars)	Tuyauterie BP
Tube inox DN10 à 12 m Cheminement sur bardage extérieur	1 collecteur DN25 à 24 m 1 ligne DN15 à 13m 1 ligne DN15 à 6m Cheminement intérieur aérien à hauteur de 2.8 m

La PSE niveau 2 pour l'IPGP:

- **IPGP - PSE niveau 2 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 300 bars**

III.6.4.1. Descriptifs des réseaux basse et haute pression à l'IPGP

III.6.4.1.a. Le réseau basse pression à l'IPGP

Basse pression (intérieur) : le réseau principal ou collecteur devra être en inox DN25 posé en hauteur de 2,8 m. **La longueur de cette ligne est estimée à 24 m** avec des coudes pour amorcer les virages. Ce collecteur acheminera l'hélium de la salle 1000 où 1 vanne inox 316L devra être installée pour collecter l'hélium du microscope magnétique. Ce collecteur rejoindra les 2 lignes de la salle 120.

Deux lignes DN15 placées dans la salle 120 rejoindront ce collecteur. Les longueurs de ces 2 lignes sont estimées à 13 m et 6 m, avec des coudes pour amorcer les virages. Les lignes piqueront l'hélium à une hauteur d'environ 1 m puis seront acheminées au niveau du sol vers le collecteur. Chaque ligne sera reliée au collecteur par le biais des 2 vannes DN15 inox 316L.

III.6.4.1.b. Le réseau haute pression 300 bars à l'IPGP

Haute pression (extérieur) : Le cheminement se fera sur bardage. Les tubes devront être en inox DN10, avec un raccordement entre le compresseur placé dans la pièce 123 au premier étage, et le rez-de-chaussée où sera installée une nourrice de distribution pour l'alimentation des racks de bouteilles. **La Longueur de cette ligne est estimée à 12 m.** La pression du gaz hélium à la sortie du compresseur sera au minimum de 300 bars. La tuyauterie de la ligne de transfert haute pression devra être de type DN 10 inox 316L pour une utilisation avec du gaz hélium pouvant résister à la pression d'un compresseur à 300 bars. L'arrivée de la ligne haute pression devra être équipé d'un bloc vanne-purge avec manomètre.

IV.DETAIL DES PRESTATIONS ATTENDUES POUR LE LOT 2 : CiTCoM, IBPC

Acquisition et installation d'un système complet de récupération comprenant un compresseur à boudruche ou gazomètre interne et l'installation d'un réseau de collecte basse et haute pression (PSE).

IV.1. Contexte

Il s'agit de l'acquisition et de l'installation d'un système de recueil et de compression de l'hélium gaz. Il sera constitué d'un compresseur à boudruche interne et d'un système de distribution pour alimenter des bouteilles de stockage du gaz Hélium sous pression (lot3). Ce système permettra la récupération de cet hélium évaporé tout au long de l'année. 4 Prestations Supplémentaires Eventuelles (PSE) facultatives sont associées à ce lot 2.

IV.2. Éléments de la prestation

L'opération comportera la fourniture et l'installation d'un système de compression d'hélium à haute pression dans des bâtiments classés ERP de première catégorie, de type R.

Pour ce lot, l'hélium gaz sera recueilli dans une boudruche interne à un compresseur 200 bars puis ce gaz sera compresseur à 200 bars et stocké dans les dispositifs décrits dans le lot 3.

La nourrice de distribution devra être compatible avec des pressions de 200 et 300 bars et devra avoir de 4 sorties à minima.

L'installation du compresseur ne devra pas entrainer de surpression sur le réseau basse pression au niveau des appareils scientifiques (Spectromètres RMN et débitmètres).

L'opération comportera les fournitures et l'installation de :

- Un système de compression d'hélium à haute pression comprenant un compresseur 200 bars avec une boudruche interne et les raccords pour le connecter l'ensemble aux lignes (basse et haute pression).
- Une nourrice de distribution sous haute pression avec les raccordements permettant de connecter les sorties de la nourrice aux racks de bouteilles sous pression.

Le prestataire du lot 2 devra fournir et installer les raccordements qui permettront de connecter un compresseur et une nourrice de distribution aux réseaux basse et haute pression. Ces raccordements ou raccords devront être installés et testés sans fuite.

Il sera demandé au prestataire du lot 2 de fournir les raccordements de la nourrice aux racks de bouteilles sous pression. Le nombre et type de raccordements sera fonction du choix des sites. Si ces recommandations ne sont pas mentionnées au niveau d'un site alors la nourrice

devra alimenter à minima 2 racks de bouteilles dont la pression sera imposée par la puissance du compresseur.

IV.2.1. Localisation et dimensions des installations par site

IV.2.1.1. Laboratoire CiTCoM

Les installations auront lieu au laboratoire CiTCoM, dans la salle RMN biologique (Aile 500 au sous-sol – Niveau 2) et dans la salle RMN chimie (Aile 200 au rez-de-chaussée – Niveau 3). Ces deux pièces sont proches de la sortie Michelet. Les deux salles RMN se trouvent sur deux niveaux (2 et 3) de la Faculté de Pharmacie de Paris située au 4 avenue de l'Observatoire 75270 Paris cedex 06.

IV.2.1.1.a. Situation des salles RMN sur le site de la Faculté de Pharmacie

Le système de compression sera installé dans l'aile 500 de la Faculté de Pharmacie dans la pièce du plateau technique de RMN biologique (Figure 14).

Le bâtiment de la Faculté de Pharmacie de Paris accueille d'ores et déjà, 1 spectromètre de RMN à haut champ (600 MHz) situé au niveau 2 de l'aile 500 (Salle du plateau technique de RMN biologique) et deux spectromètres à bas champ (300 et 400 MHz) installés au niveau 3 dans l'aile 200 du bâtiment (salle plateau technique de RMN Chimie). Le bâtiment composé de laboratoires et de bureaux possède aussi plusieurs niveaux extérieurs (patios, terrasses) permettant le positionnement d'installations techniques ou l'entreposage de matériels.

Plusieurs accès au niveau 2 du bâtiment existent. Un accès par grue, par couloir à l'intérieur de la Faculté et par escalier peut être utilisé pour la livraison de matériels.

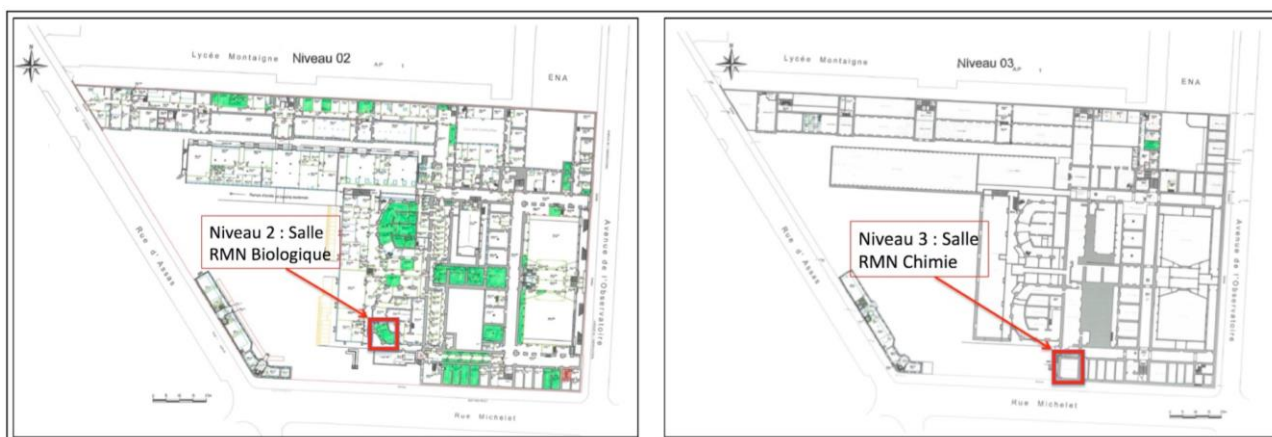


Figure 14. Gauche : salle RMN Biologique (Niveau 2 – Aile 500). Droite : salle RMN Chimie (Niveau 3 – Aile 200)

IV.2.1.1.b. Dimensions des salles RMN :

- Surface de la salle de RMN Biologique a été estimée à : **34 m² (4,7m / 7,3m)**

- La hauteur de la salle du plateau technique de RMN Biologique est d'environ 4 m.
- Surface de la salle de RMN Chimie a été estimée à : **42 m²** **(6,8m / 6,2m)**
- La hauteur de la salle du plateau technique de RMN Chimie est d'environ de 3,5 m.

IV.2.1.2. IBPC

Le compresseur avec sa boudruche interne sera installé dans la salle des compresseurs au sous-sol de l'institut (Figure 6 - accès par salle S23). Cette salle contient deux compresseurs à air à destination du réseau d'air comprimé de l'institut, ainsi que du spectromètre RMN situé en salle S40. Elle a une surface de 12 m² (7,0m / 1,70m), et possède un système de ventilation mécanique dont le déclenchement répond à une consigne de température ajustable.

IV.3. Caractéristiques techniques communes pour le compresseur au CitCoM et à l'IBPC

Le compresseur d'hélium doit avoir une pression de sortie de 200 bars minimum et un débit de compression entre 40 et 60L/min, une alimentation électrique monophasée (230V et 50Hz) et une puissance maximale de 2.3kW. Le gazomètre interne doit avoir une capacité minimum de 0,4 m³

Une unité de filtration d'huile des résidus à 0,1mg/Nm³ doit assurer un haut niveau de pureté de l'hélium en sortie de compresseur.

Le déclenchement du compresseur doit se faire automatiquement en fonction du niveau d'hélium dans le gazomètre. Le niveau de bruit maximal admissible est de 70 dB à 1 mètre et la purge des condensats doit être automatique.

Le prestataire du lot 2 pourra fournir une unité de filtration HP supplémentaire en sortie de compresseur permettant d'atteindre une pureté de l'hélium avec des résiduels d'huile inférieurs à 0,005 mg/Nm³ (ligne facultative du BPU).

Ce compresseur pourra contenir un tableau de contrôle ainsi qu'une connexion Ethernet pour un contrôle à distance ou pour le paramétrage du compresseur.

IV.4. Spécifications minimales attendues par site

IV.4.1. Laboratoire CiTCoM

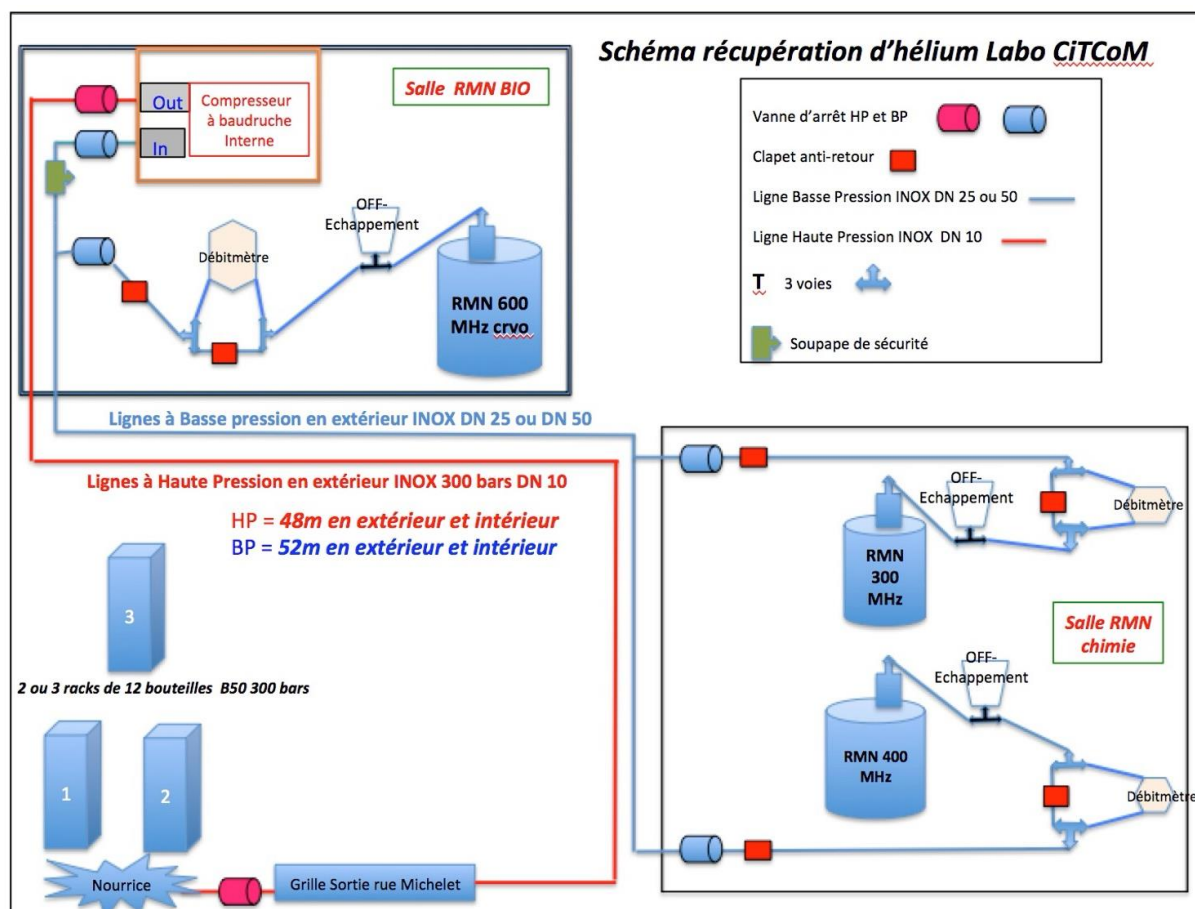


Figure 15. Schéma général de l'installation au laboratoire CiTCoM

IV.4.1.1. Prestations et caractéristiques demandées pour l'installation et le raccordement du compresseur au réseau haute et basse Pression et de la nourrice de distribution

Le compresseur sera installé en salle RMN Biologique à proximité de l'aimant du spectromètre RMN 600 MHz mais à distance suffisante pour être en dehors de la ligne des 5 Gauss. L'accès à cette salle RMN peut s'effectuer par 3 portes. Une porte vitrée permet d'accéder à la pièce RMN par l'intérieur du laboratoire et deux autres portes dont une double-porte en bois permettent d'y accéder de l'extérieur.



Figure 16. Gauche : Salle RMN Biologique et son spectromètre RMN 600 MHz. Droite : emplacement pour l'installation du compresseur (Hauteur = 2,5m ; Profondeur = 2m ; Largeur = 1m à 1,3m)

Ce compresseur sera installé à l'entrée contre le mur et proche d'une baie vitrée (cf photo ci-dessus). Le compresseur ne devra pas perturber le fonctionnement du spectromètre RMN 600 MHz équipé d'une cryosonde. Ce compresseur installé en dehors de la ligne des 5 gauss ne devra perturber ni le champ magnétique ni les expériences RMN qui se feront dans la même pièce. Le prestataire du lot 2 devra s'assurer que le raccordement du compresseur à la ligne basse pression connectée aux spectromètres RMN, ne perturbe pas le fonctionnement des aimants, et ne présente pas de risque de surpression dans les enceintes contenant l'hélium au niveau des 3 aimants RMN. Le prestataire du lot 2 devra s'assurer que le compresseur ne provoque pas de vibrations (pas dommageable pour les expériences RMN) lorsque le compresseur sera en place et en fonctionnement. La possibilité de circuler entre les différentes entrées de la pièce devra être préservée.

Le prestataire du lot 2 devra prévoir le raccordement du compresseur au réseau basse pression (DN25 ou DN50 INOX 316 L) sur le mur de la pièce du plateau technique RMN biologique ainsi que le raccordement entre la sortie du compresseur haute pression et le réseau haute pression DN 10 INOX 316L sur le mur de cette même pièce. Le prestataire du lot 2 devra s'assurer que le compresseur ne provoque pas de surpression sur ligne Haute Pression (HP) lorsqu'il sera en fonctionnement. Une nourrice de distribution, qui alimentera les racks de bouteilles sous pression, devra être installée par le prestataire du lot 2 sur le mur intérieur de la rue Michelet (Figure 17) ou dans un abri spécialement fabriqué (par une entreprise en charge des travaux à l'Université Paris Cité) pour entreposer les racks de bouteilles. Cette nourrice devra être connectée par le prestataire du lot 2 au réseau haute pression qui sera en attente sur le mur de la sortie Michelet ou dans l'abri.



Figure 17. Emplacement prévu pour l'abri qui contiendra les racks de bouteilles au CiTCoM (emplacement de la nourrice encadré en rouge).

Cette nourrice de distribution devra permettre le raccordement jusqu'à 4 cadres. Le changement d'un cadre doit pouvoir être réalisé sans mettre à l'arrêt le compresseur. Ce système doit permettre de passer d'un cadre plein à un cadre vide avec le compresseur en fonctionnement.

Le prestataire du lot 2 devra fournir, une nourrice de distribution avec 4 sorties. Des raccordements (raccords flexibles) permettront de connecter la nourrice aux racks de bouteilles. Il est demandé au prestataire du lot 2 de fournir 3 raccords flexibles qui permettront de connecter la nourrice à 3 racks de bouteilles ayant une pression de service de 300 bars et un raccord flexible qui permettra de connecter la nourrice à un rack de bouteilles ayant une pression de service de 200 bars. Au total, le prestataire du lot 2 devra fournir 4 raccordements (raccords flexibles) pour la connexion entre la nourrice et les racks de bouteilles sous pression.

IV.4.2. IBPC

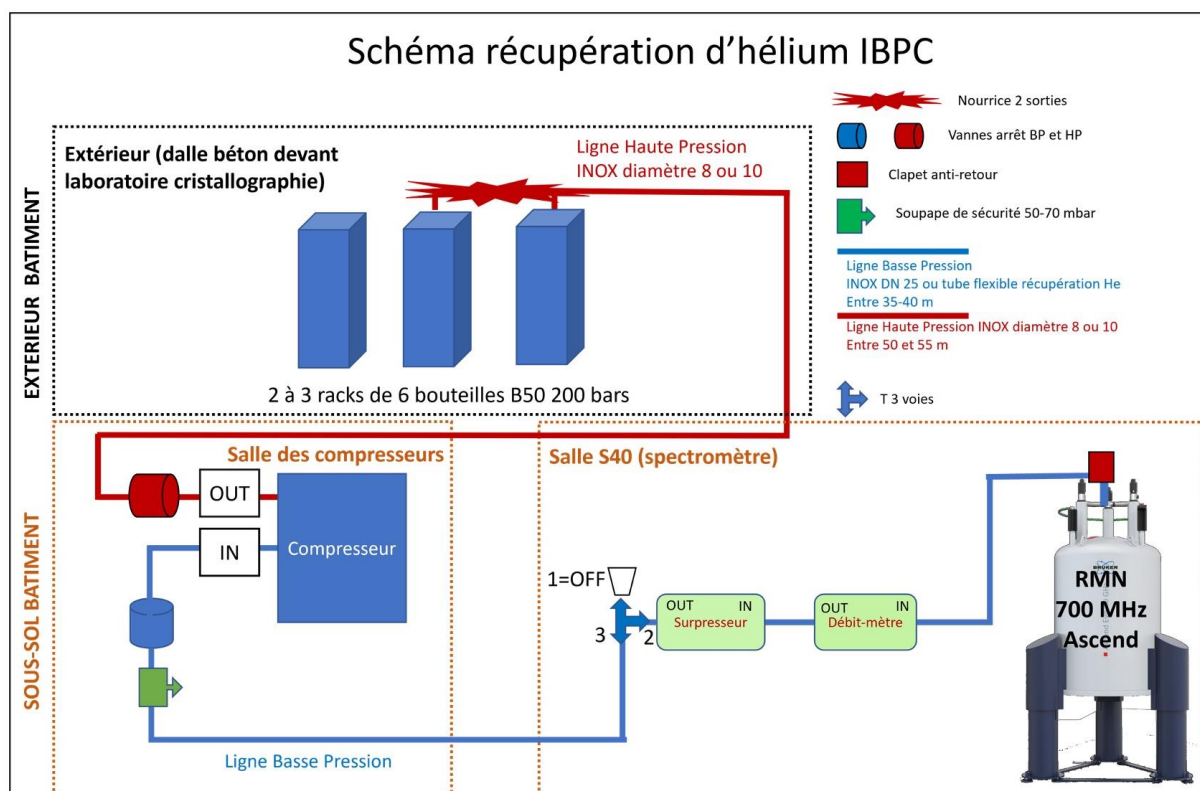


Figure 18. Schéma général de l'installation dans le bâtiment de l'IBPC

IV.4.2.1. Prestations et caractéristiques demandées pour la connexion au réseau haute et basse pression (compresseur et nourrice de distribution)

Le prestataire du lot 2 devra installer les raccords de la ligne basse pression DN 25 Inox 316L en qualité gaz pur au compresseur, ainsi qu'à la ligne haute pression.

Le prestataire du lot 2 devra s'assurer que le raccordement du compresseur à la ligne basse pression connectée au spectromètre RMN, ne perturbe pas le fonctionnement de l'aimant, et ne présente pas de risque de surpression dans l'enceinte contenant l'hélium au niveau de l'aimant.

Pour des besoins de maintenance et d'accès liés aux autres compresseurs de la pièce, le compresseur devra être installé avec des raccords qui permettront de le déplacer autour de sa position d'installation. Le prestataire du lot 2 devra aussi installer une nourrice de distribution à haute pression (200 bars) qui permettra le raccordement à minima de 2 cadres de bouteilles. Celle-ci sera installée sur le mur du bâtiment cristallographie, à proximité des racks de bouteilles (Figure 19). Cette nourrice devra être connectée au réseau haute pression en attente sur le mur par le prestataire du lot 2.



Figure 19. Emplacement prévu pour la nourrice à l'IBPC (en rouge).

Le changement d'un cadre doit pouvoir être réalisé sans mettre à l'arrêt le compresseur. Ce système doit permettre de passer d'un cadre plein à un cadre vide avec le compresseur en fonctionnement. Le prestataire du lot 2 devra fournir, 2 raccords 200 bars (type AFNOR C M38) afin de connecter la nourrice aux racks de bouteilles.

IV.5. PSE du lot 2 : Acquisition et installation d'un réseau de collecte haute et basse pression

IV.5.1. Notion de « Prestations Supplémentaires Eventuelles » ou « PSE »

Le code de la commande publique regroupe sous le terme « Prestations supplémentaires éventuelles » 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. Ces prestations doivent être en rapport direct avec l'objet du marché et le cahier des charges doit définir leurs spécifications techniques avec précision.

IV.5.2. Contexte de la PSE

Cette PSE concerne l'acquisition et l'installation d'un réseau de tuyauteries plus ou moins longues en haute et basse pression. Ce système permettra la récupération de l'hélium évaporé tout au long de l'année à pression atmosphérique (basse pression). L'hélium en évaporation suivra une ligne basse pression (pression atmosphérique) dont les distances dépendront des

configurations des sites. Cette ligne BP commencera à la sortie des appareils scientifiques pour finir à l'entrée du compresseur. Les lignes haute pression permettront le cheminement du gaz hélium comprimé à haute pression. Le cheminement du gaz sous pression, plus ou moins long suivant le site, ira du compresseur jusqu'à une nourrice de distribution proche du système de stockages (racks de bouteilles sous pression).

IV.5.3. Description générale des PSE

Cette partie concerne l'installation d'un réseau de collecte de l'hélium gaz en basse pression raccordant les appareils scientifiques au compresseur et raccordant en haute pression, le compresseur à une nourrice de distribution. Le choix d'un réseau HP à 200 bars (PSE niveau 1) et d'un réseau HP à 300 bars devra être proposé (PSE niveau 2).

- La PSE niveau 1 correspondra à l'installation du réseau basse pression et du réseau haute pression à 200 bars pour un site.
- La PSE niveau 2 correspondra à l'installation au réseau basse pression et du réseau haute pression à 300 bars pour un site.

La ligne basse pression devra permettre la récupération de l'hélium pour les différents appareils scientifiques des laboratoires concernés. L'ensemble de la tuyauterie devra être installée en Inox 316L pour une utilisation avec du gaz hélium et la partie haute pression devra pouvoir résister à 200 ou 300 bars de pression (PSE niveau 1 ou PSE niveau 2). Les vannes d'arrêt ou vannes en T de dérivation (2, 3 ou 4 voies), les clapets anti-retour ou tout autre système de dérivation devront être certifiés pour une utilisation avec du gaz hélium donc hautement volatile et pour de la basse température. Les tuyauteries et connectiques citées précédemment devront être en inox 316L pour une utilisation avec du gaz hélium. Dans le cas de débitmètres, surpresseurs ou tous autres appareils connectés et devant restés sur la ligne basse pression, il sera demandé au prestataire du lot 2 de prendre en charge l'installation de ces appareils en fonction des recommandations des sites. En fonction de l'appareil et de la configuration du site, cette connexion pourra être en inox souple ou en tuyaux souples mais avec l'assurance d'être non cassable, non poreux et résistant à la basse température pour du gaz hélium en évaporation. Les raccords des tuyaux d'inox souple ou tuyaux souples pour l'installation de ces appareils (débitmètres, surpresseurs ou autres) sur la ligne basse pression hélium devront être certifié sans fuite après sertissage, emboîtement ou vissage.

Les longueurs de ces lignes haute et basse pression ainsi que les diamètres des tubes et le nombre de vannes d'arrêt, vannes en T et clapets anti-retour seront décrits par site. Les soudures devront être réalisées en orbitale et un test de fuite devra être fourni par l'entreprise prestataire du lot 2 pour ces lignes en haute et basse pression après installation.

IV.5.4. Caractéristiques techniques et spécifications minimales attendues par site pour les PSE

IV.5.5. Les 2 PSE niveau 1 et 2 facultatives pour le laboratoire CiTCoM

Ce réseau de tuyauterie haute et basse pression devra être installé en façade, en rez-de-chaussée et dans les 2 salles RMN (Figure 20). Les nouvelles installations devront suivre les tuyaux déjà existants sur les façades extérieures.



Figure 20. Façades de l'aile 500 des bâtiments de la Faculté de Pharmacie

La collecte, à pression atmosphérique, de l'hélium gazeux se fera à la sortie des cheminées des 3 aimants dans les pièces RMN. La récupération du gaz comprimé, dans un premier temps, à une pression de 200 bars se fera dans des racks de bouteilles à pression de service 300 bars. Le cheminement du gaz à basse pression (bleu) et à haute pression (rouge) est expliqué dans le schéma général et pour les 2 salles RMN (Figure 15).

Les 2 PSE pour le CiTCoM

- **CiTCoM - PSE niveau 1 facultative : Installation d'un réseau basse pression et haute pression à 200 bars**
- **CiTCoM - PSE niveau 2 facultative : Installation d'un réseau basse pression et haute pression à 300 bars**

IV.5.5.1. Descriptifs des réseaux basse et haute pression au CiTCoM

IV.5.5.1.a. Le réseau basse pression au CiTCoM

Au niveau de chaque spectromètre RMN, une vanne d'arrêt par spectromètre devra être installée afin d'isoler les 3 spectromètres en cas de défaillance du réseau de collecte du gaz hélium

basse pression (quench, surpression). Une autre vanne d'arrêt sera installée pour isoler le compresseur en cas de maintenance. A minima, 4 vannes d'arrêt sur le réseau basse pression doivent être installées par le prestataire du lot 2. Des clapets anti-retour devront être installés afin de sécuriser l'ensemble de l'installation en cas de surpression au niveau des aimants. Un minimum de 2 clapets anti-retour par aimant devra être installé (voir schéma par salle RMN) ainsi qu'une soupape de sécurité de surpression sur la ligne BP inox DN 25 ou DN 50 proche du compresseur qui permettra un échappement du gaz dans la pièce RMN en cas de surpression. Un système de 2 vannes à 3 voies de diamètre (DN 25 ou 50) devra permettre de passer par 2 chemins différents comme le montre les schémas pour la pièce du plateau technique de RMN biologique et du plateau technique de RMN chimie (Figure 21).

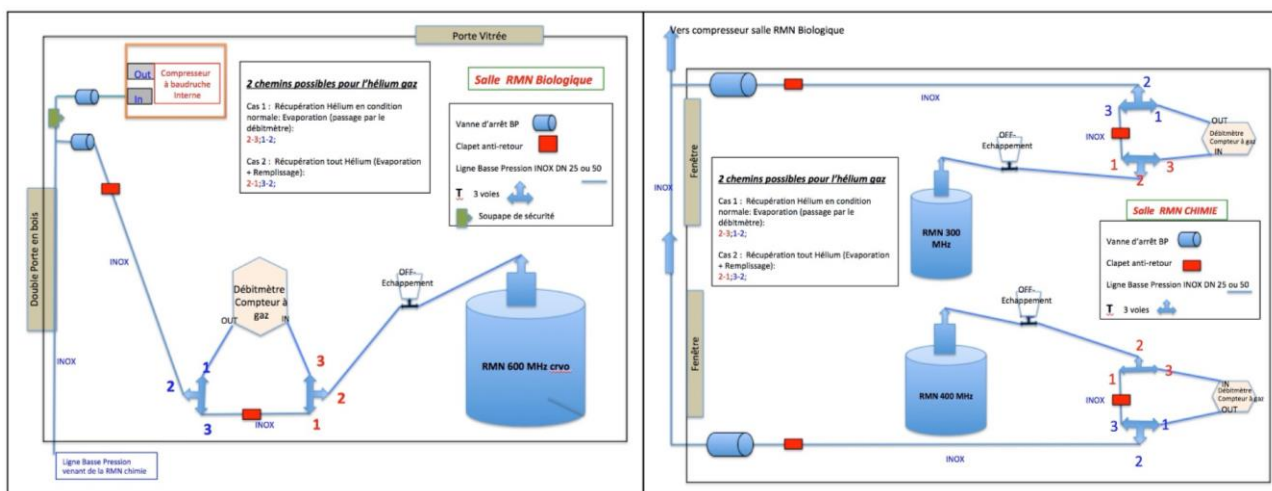


Figure 21. Gauche : schéma du réseau basse pression en salle RMN Biologique. Droite : schéma du réseau basse pression en salle RMN Chimie.

Ce système de vannes devra permettre de passer par 2 voies possibles pour chaque spectromètre.

- La première voie consistera à récupérer l'hélium gaz de l'évaporation de l'hélium liquide en condition normale. Ce chemin devra passer par un débitmètre (Cas 1).
- La seconde voie concerne la possibilité de ne pas passer par le débitmètre par exemple lors des futurs remplissages d'hélium liquide (Cas 2).

Ce deuxième chemin (Cas 2) ne sera pas utilisé pour l'instant, car la forte pression et la basse température du gaz risqueraient d'endommager la boudruche interne du compresseur. Cette dernière voie doit, néanmoins, être installée par le prestataire du lot 2. Ce système à plusieurs voies, permettra une modification du système de compression/récupération dans le futur (Achat d'un compresseur plus puissant à 300 bars avec une boudruche externe). Un débitmètre

général avec by-pass pourra être installé sur la ligne BP avant le compresseur afin vérifier et connaître les débits d'évaporation en hélium gaz pour les 3 aimants du CiTCoM.

Les tuyaux de la basse pression devront être de type DN 25 ou DN 50 inox 316L ainsi que les vannes devront être en inox pour une utilisation avec du gaz hélium pouvant résister à des basses températures. Les soudures devront être réalisées en orbitale et un test de fuite devra être fourni par l'entreprise. Une longueur d'environ **52 mètres de ligne basse pression** a été estimée pour les 2 salles RMN.

IV.5.5.1.b. Cas des remplissages d'hélium sur les spectromètres RMN

Lors des remplissages d'hélium qui seront réalisés environ tous les 3 mois, un système d'échappement du gaz hélium sous pression sera être mis en place pour les 3 aimants RMN par le prestataire du lot2 en charge de la PSE. Ce dispositif de sécurité devra posséder un système mécanique (de type vanne à tourner) afin que ce gaz froid et ayant une forte pression ne vienne endommager, via la ligne basse pression, les débitmètres aux alentours, ainsi que le compresseur et sa boudruche interne. Durant les remplissages, ce mécanisme d'échappement empêchera le gaz hélium de s'introduire sur la ligne basse pression. L'hélium gaz sous pression et froid s'échappera alors dans la pièce RMN. Ce mécanisme d'échappement ne devra pas perturber la pression à l'intérieur de l'aimant.

IV.5.5.1.c. Raccordement de la tuyauterie BP aux aimants RMN et aux débitmètres

Le prestataire du lot 2 devra installer les raccords entre les vannes (3 voies) et les sorties des 3 aimants RMN (schéma ci-dessus). Il devra aussi installer les entrées/sorties des 3 compteurs-gaz RMN (images ci-dessous des débitmètres à bille et les sorties des 3 aimants) et le réseau de tuyauterie basse pression installé sur le mur. Pour chaque spectromètre, les deux vannes 3 voies, le débitmètre et la tuyauterie basse pression inox devront être installées sur le mur des pièces RMN afin de laisser un chemin d'accès pour les autres instruments. Les tuyaux à la sortie de l'aimant RMN et aux entrées/sorties des débitmètres à bille pourront être de type tuyaux souples mais ils devront être non poreux au gaz hélium, non cassant et résistant à la basse température du gaz hélium en évaporation. Ces tuyaux et raccords devront être installés pour une utilisation avec du gaz hélium et certifiés sans fuite après sertissage, emboîtement ou vissage.



1 sortie aimant RMN 600 MHz raccordée au débitmètre ci-dessous



1 sortie aimant RMN 300 MHz raccordée au débitmètre ci-dessous



2 sorties aimant RMN 400 MHz raccordées en T au débitmètre ci-dessous.



Débitmètre du 600 MHz



Débitmètre du 300 MHz



Débitmètre du 400 MHz

Figure 22. Sorties et débitmètres équipant les différents spectromètres RMN du laboratoire CiTCoM.

IV.5.5.1.d. Le réseau haute pression 200 bars au CiTCoM

La tuyauterie de la ligne de transfert haute pression devra être de type DN 10 inox 316L pour une utilisation avec du gaz hélium pouvant résister à 200 bars de pression. Les vannes d'arrêt devront être en inox pour une utilisation avec du gaz hélium. 2 vannes d'arrêt seront installées (vanne rouge sur le schéma principal) pour la ligne haute pression. La première sera proche du compresseur et la seconde sera installée juste avant la nourrice de distribution de gaz située proche de la sortie rue Michelet. Les soudures devront aussi être réalisées en orbitale et un test de fuite devra être fourni par l'entreprise. Une longueur d'environ **48 mètres de ligne haute pression** a été estimée du compresseur (salle RMN Biologique) à la nourrice de distribution (rue Michelet). Cette ligne haute pression passera par une tranchée de 5 m préalablement construite par une entreprise de maçonnerie afin de la protéger de l'écrasement au niveau de la sortie rue Michelet.

IV.5.5.1.e. Le réseau haute pression 300 bars au CiTCoM

Une option pour une ligne haute pression à 300 bars devra être proposée. Cette ligne HP devra pouvoir résister à la pression d'un compresseur plus puissant (300 bars) qui pourrait être installé plus tard.

IV.5.6. Les 2 PSE niveau 1 et 2 facultatives pour le laboratoire IBPC

La collecte, à pression atmosphérique, de l'hélium gazeux se fera à la sortie de la cheminée de l'aimant du spectromètre 700 MHz dans la pièce RMN située en sous-sol (Pièce S40). Le compresseur sera également situé en sous-sol (cheminement en bleu sur le plan). La récupération du gaz comprimé à haute pression (200 bars) se fera dans des bouteilles sous pression situées en extérieur sur une dalle béton au niveau du bâtiment cristallographie (côté jardin) (cheminement rouge). Le dispositif général de cheminement du gaz à basse pression (bleu) et à haute pression (rouge) est expliqué dans la Figure 18.

Les 2 PSE pour l'IBPC

- **IBPC - PSE niveau 1 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 200 bars**
- **IBPC - PSE niveau 2 facultative : Installation d'un réseau basse et haute pression à 300 bars**

IV.5.6.1. Descriptifs des réseaux basse et haute pression à l'IBPC

IV.5.6.1.a. Le réseau basse pression à l'IBPC

Une vanne d'arrêt en inox de type KF devra être installée pour isoler le compresseur en cas de maintenance. Une soupape de sécurité (surpression) de 50-70 mbar sur la ligne BP proche du compresseur devra être installée afin de sécuriser l'ensemble de l'installation en cas de surpression. Un système avec T 3 voies devra permettre de passer par deux chemins différents comme le montre le schéma.

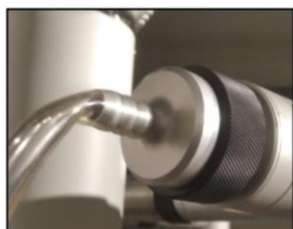
Le premier chemin consistera à récupérer l'hélium gaz de l'évaporation de l'hélium liquide en condition normale. Ce chemin devra passer par un débitmètre et surpresseur (Cas 1). Le deuxième chemin permettra un échappement naturel de l'hélium gaz après passage via le débitmètre et le surpresseur en cas de défaillance ou de maintenance du compresseur (Cas 2).

Les tuyaux de la basse pression, à partir de la sortie du surpresseur, devront être de type DN 25 inox 316L en qualité gaz pur. Les soudures devront être réalisées en orbitale et un test de fuite devra être fourni par l'entreprise. Le raccordement à la sortie du surpresseur pourra être réalisée en tuyau plastique flexible qualité gaz pur certifié sans fuite après assemblage ou emboitage.

Les vannes devront être en inox qualité gaz pur. Une longueur de **35-40 mètres de ligne basse pression** a été estimée entre les 2 salles (S40 et celle du compresseur).

IV.5.6.1.b. Raccordement de la tuyauterie basse pression au surpresseur de l'IBPC.

Le prestataire du lot 2 devra installer le raccordement entre la vanne T-3 voies (avec la sortie Off) et la sortie du surpresseur. Il pourra également adapter et/ou remplacer la ligne BP en plastique flexible connectant le surpresseur et le débitmètre à la sortie de l'aimant RMN (Tableau ci-dessous). La vanne (3 voies avec la sortie Off) située après la sortie du surpresseur devra être installée sur le mur de la pièce RMN.



Sortie aimant RMN 700
MHz



surpresseur



débitmètre

Figure 23. Équipements de la sortie d'évaporation d'hélium du spectromètre RMN 700 MHz de l'IBPC. Gauche : Sortie aimant RMN 700 MHz raccordée au débitmètre rouge (photo à droite). Milieu : vue de dos du surpresseur.

IV.5.6.1.c. Le réseau haute pression 200 bars à l'IBPC

La tuyauterie de la ligne de transfert haute pression devra être soit en Inox 316L diamètre 8 ou 10, soit en tuyau flexible de raccordement haute pression diamètre 8 ou 10 (DIN 477 avec raccords *swagelock*), en qualité gaz pur pouvant résister à 220 bars de pression. Une vanne d'arrêt (vanne rouge sur le schéma principal) être en inox de type KF sera installée pour la ligne haute pression à proximité du compresseur. La ligne haute-pression alimentera une nourrice de distribution de gaz à deux sorties équipées de flexibles de connexion aux racks de bouteilles. Celles-ci seront situées à l'extérieur du bâtiment. Les soudures devront être réalisées en orbitale et un test de fuite devra être fourni par l'entreprise. Une longueur de **50-55 mètres de ligne haute pression** a été estimée entre la salle du compresseur (en sous-sol), via la salle

S40 du spectromètre RMN, jusqu'au niveau de la dalle béton au niveau du bâtiment cristallographie (rez-de-chaussée côté jardin - Figure 24).



Figure 24. Emplacement prévu pour l'installation de la nourrice et des racks (proche bâtiment cristallographie en rez-de-chaussée)

IV.5.6.1.a. Le réseau haute pression 300 bars à l'IBPC

Une option pour une ligne haute pression à 300 bars devra être proposée. Cette ligne HP devra pouvoir résister à la pression d'un compresseur plus puissant (300 bars) qui pourrait être installé plus tard.

V. DETAIL DES PRESTATIONS ATTENDUES POUR LE LOT 3 : LCBPT, ITODYS, MPQ, IPGP, CITCoM, IBPC

Acquisition et installation d'un système de stockage de l'hélium gaz sous pression

V.1. Contexte

Ce lot 3 concerne l'acquisition et l'installation de cadres ou racks de bouteilles sous pression.

V.2. Éléments de la prestation.

L'hélium gaz à la sortie du compresseur sera comprimé en continu à une pression de 200 ou de 300 bars suivant les compresseurs utilisés sur les sites. Ce gaz comprimé tout au long de l'année devra être stocké dans des bouteilles de gaz B50 conçues pour résister à une pression de 200 bars ou de 300bars (fonction de la demande de chaque site). Ces bouteilles devront être associées verticalement en rack de 12, 9 ou 6 bouteilles cylindriques de type B50. Le châssis acier doit être résistant à la corrosion pour une utilisation extérieure comprise entre -

20°C et +65°C. Ces cadres et bouteilles doivent être conformes à la directive sur les équipements sous pression transportables (TPED ou DESPT). Les cadres doivent être déplaçables de leur point de stockage au camion de transport par chariot élévateur et par grue.

Les racks de 12, 9 ou 6 bouteilles à 200 bars ou 300 bars devront être équipés de 1 ou 2 entrées / sorties sans système anti-retour et d'un manomètre fixe afin de connaître la réelle pression du rack. Le but est de pouvoir vérifier le niveau de remplissage des racks plein/vidé grâce à un système de contrôle manométrique sur chaque rack.

Il sera demandé au prestataire du lot 3 de fournir le poids et les dimensions des différents racks de 6, 9, ou 12 bouteilles, de 200 ou 300 bars.

Sur chaque rack, étiquettes et signalisations (normes) devront être présents pour ce type de matériels sous pression et lourds. Le nom des laboratoires (LCBPT, ITODYS, MPQ, IPGP, CITCOM ou IBPC) ainsi que celui de l'Université Paris Cité devront être écrit (peinture indélébile) sur chaque rack afin que le transporteur puisse facilement repérer les racks des sites en cas de mutualisation du transport.

V.3. Localisation et dimensions de l'installation par site

V.3.1. Laboratoire LCBPT

Les racks de bouteilles seront installés près du quai de livraison au 47 rue des Saints-Pères 75006 Paris, dont l'un des 2 racks dans le local accueillant la baudruche et le compresseur pour être accouplé à la nourrice (Figure 7).

V.3.2. Laboratoire ITODYS

Les 2 racks de bouteilles seront entreposés dans un espace prévu à cet effet (Emplacement Rack 1 et Rack 2 sur la Figure 2).

V.3.3. Laboratoire MPQ

Les racks de bouteilles seront installés au rez-de-chaussée dans le hall 016B (Figure 3 et Figure 13).

V.3.4. IPGP

Les racks de bouteilles seront installés en extérieur au rez-de-chaussée proche de la salle 124 (Figure 5). L'IPGP prendra en charge l'aménagement de l'espace (en bleu) où des dalles supporteront le poids des racks de stockage.



Figure 25: En bleu, l'emplacement destiné aux racks de bouteilles de stockage à l'IPGP

V.3.5. Laboratoire CiTCoM

Les racks de bouteilles seront installés en extérieur au rez-de-chaussée, dans un abri se trouvant le long du mur de la rue Michelet et à l'intérieur de la Faculté de Pharmacie (Figure 17).

V.3.6. IBPC

Les racks de bouteilles seront installés en extérieur sur une dalle béton au niveau du bâtiment de cristallographie (rez-de-chaussée côté jardin - Figure 24).

V.4. Commandes probables des cadres de bouteilles pour le stockage de l'hélium gaz par site

Les quantités indiquées ci-après sont données à titre indicatif et ne constituent pas des engagements contractuels du pouvoir adjudicateur.

V.4.1. Laboratoire LCBPT

2 racks de 12 bouteilles cylindriques de type B50 à 300 bars (Pression de service 300 bars)

V.4.2. Laboratoire ITODYS

2 racks de 12 bouteilles cylindriques de type B50 à 300 bars (Pression de service 300 bars)

V.4.3. Laboratoire MPQ

3 racks de 9 bouteilles cylindriques de type B50 à 200 bars ou 300 bars (Pression de service 200 bars ou 300 bars)

V.4.4. IPGP

2 racks de 6 bouteilles cylindriques de type B50 à 300 bars (Pression de service 300 bars)

V.4.5. Laboratoire CiTCoM

2 racks de 12 bouteilles cylindriques de type B50 à 300 bars (Pression de service 300 bars)

V.4.6. IBPC

2 ou 3 racks de 6 bouteilles cylindriques de type B50 à 200 bars ou 300 bars (Pression de service 200 bars ou 300 bars)

VI. MODALITES D'EXECUTION

VI.1. Sécurité

Le prestataire s'assurera d'une mise en sécurité du chantier, en tenant compte notamment des risques liés à la présence d'aimants ou bobine supraconducteurs.

Conditions de travail particulières dans les salles RMN

En raison de la présence de forts champs magnétiques engendrés par les aimants RMN dans les salles, les interventions de personnes dans ces locaux ne sont pas dangereuses mais nécessitent des précautions particulières.

Les personnels qui pénétreront dans ces locaux, ne doivent pas posséder d'objets métalliques sur eux (outils, téléphone) ou en eux (broches métalliques, stimulateur cardiaque).

En effet, tous les matériels métalliques (marteaux, clés, visse, clous) mais aussi objets personnels (montres, cartes bleues, clés USB) peuvent être attirés ou démagnétisés par les aimants RMN. Il est donc demandé aux entreprises et prestataires des différents lots, de travailler dans ces endroits avec la plus grande prudence en respectant la ligne des 5 Gauss (Ligne jaune autour de l'aimant). En dehors de cette ligne, le champ magnétique est bien moins intense. Les personnels peuvent travailler normalement **tout en faisant attention aux objets métalliques qui pourraient, à tout moment, être attirés par les aimants et endommager**

très fortement ceux-ci (pouvant aller jusqu'à un quench de l'aimant, qui est une vaporisation brutale de deux réservoirs d'azote et d'hélium).

Les prestataires des lots 1, 2 et 3 doivent prendre en compte ces recommandations dans la mise en sécurité de leur chantier pour les futurs travaux qu'ils comptent réaliser dans ces salles RMN (Figure 26).



Figure 26. Exemple de pictogrammes de sécurité sur la porte entrée de la salle RMN biologique du CiTCo

VI.2. Garantie

Lot 1 : Durée minimale de garantie des équipements de 1 an. Le soumissionnaire pourra proposer une durée plus longue incluse dans l'offre de base.

Il pourra proposer une extension de garantie annuelle pour le compresseur (BPU -ligne facultative).

Il pourra également proposer une extension de garantie de 10 ans pour les baudruches externes (BPU -ligne facultative).

Lot 2 : Durée minimale de garantie des équipements de 1 an. Le soumissionnaire pourra proposer une durée plus longue incluse dans l'offre de base.

Il pourra également proposer une extension de garantie annuelle (BPU -ligne facultative).

Lot 3 : Durée minimale de garantie de 1 an pour l'ensemble de l'équipement (racks et bouteilles). Le soumissionnaire pourra proposer une durée plus longue incluse dans l'offre de base.

Il pourra également proposer une extension de garantie annuelle (BPU –ligne facultative).

Le point de départ du délai de garantie est la date de notification de la décision d'admission.

Au titre de cette garantie, le titulaire s'oblige à remettre en état ou à remplacer à ses frais la partie de la prestation qui serait reconnue défectueuse.

Cette garantie couvre également les frais de déplacement de personnel, de conditionnement, d'emballage et de transport de matériel nécessités par la remise en état ou le remplacement, qu'il soit procédé à ces opérations au lieu d'utilisation de la prestation ou que le titulaire ait obtenu que la fourniture soit renvoyée à cette fin dans ses locaux.

Lorsque, pendant la remise en état, la privation de jouissance entraîne pour l'acheteur un préjudice, celui-ci peut exiger un matériel de remplacement équivalent.

Pendant le délai de garantie, le titulaire doit exécuter les réparations qui lui sont prescrites par l'acheteur.

Si, à l'expiration du délai de garantie, le titulaire n'a pas procédé aux remises en état prescrites, ce délai est prolongé jusqu'à l'exécution complète des remises en état.

Les modalités et le contenu de la garantie (pièces, main d'œuvre, frais de déplacement, frais de transport, prestations non couvertes, liste des composants répondant à la définition de consommables ...) sont à détailler dans le CRT.

Il précise également la durée de disponibilité des pièces détachées.

VI.3. Maintenance

Les soumissionnaires proposent pour les lots 1 et 2, un contrat de maintenance préventive et curative le plus détaillé possible.

Il propose au minimum une formule de maintenance de base incluant une visite de maintenance préventive annuelle dont les exigences minimales sont décrites ci-après, ainsi qu'une maintenance curative dont les modalités sont décrites dans son offre.

Il pourra également proposer une formule tout inclus (visites, pièces, main d'œuvre, déplacements, transport). Le soumissionnaire crée autant de lignes dans le BPU que de niveaux de couverture supplémentaires proposés.

Maintenance préventive :

L'offre de maintenance préventive inclut une visite annuelle minimum au cours de laquelle seront effectuées les opérations de nettoyage, de réglages, de contrôles et d'essais destinées à réduire les risques de panne de l'instrument et à prolonger sa durée de vie.

La maintenance proposée doit permettre de réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement de l'un des éléments faisant l'objet du marché selon les modalités fixées dans l'offre du titulaire. Elle comprendra tous les frais nécessaires, y compris les consommables, la main d'œuvre, l'hébergement et le transport.

Elle comprend également les éventuelles mises à jour logiciels nécessaires.

Un rapport d'intervention est transmis à l'issue de celle-ci. Les éléments contenus dans ce rapport seront décrits dans l'offre du titulaire.

Il fera le bilan de l'évolution de l'installation et attirera l'attention du pouvoir adjudicateur sur la nécessité des modifications éventuelles ou des changements importants à prévoir pour l'année à venir.

Support technique et modalités d'intervention :

La garantie et/ ou la maintenance inclu(en)t un support technique gratuit et illimité pendant les jours ouvrés durant toute la période de garantie et/ ou de maintenance des équipements.

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

L'offre détaillera le service après-vente proposé par le titulaire pour l'ensemble des équipements livrés (coordonnées, organigramme, horaires, etc). Elle précisera les types d'interventions possibles : de réparation, d'échange standard, de service à distance etc. Elle détaillera le nombre et la qualification du personnel dédié aux interventions.

Les soumissionnaires détaillent dans leur offre les modalités d'accès au support technique en dehors des périodes de garantie et maintenance.

Délais de réponse :

Le Titulaire s'engage, à partir du premier signalement par le Bénéficiaire (appel et/ou courriel), sur un délai de réponse inférieur à :

- 24H ouvrées en cas de panne
- 72H ouvrées hors cas de panne

Délais d'intervention et de réparation en cas de panne :

- maximum 2 jours ouvrés pour une intervention à distance
- 2 semaines pour une intervention sur site

Les délais pour fournir les pièces de rechange à compter de la détection d'un problème seront indiqués dans l'offre du soumissionnaire.

Conformément à l'article R 2161-13 du Code de la commande publique, les délais indiqués constituent une exigence minimale. Des délais plus courts pourront être proposés dans l'offre du soumissionnaire.

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

Lorsque les interventions sont effectuées dans les locaux d'un laboratoire, celles-ci s'effectuent à l'intérieur d'une plage horaire appelée période d'intervention qui s'étend de neuf heures à dix-sept heures, du lundi au vendredi, jours fériés exclus. Pendant leur séjour dans les locaux du laboratoire, les préposés du titulaire sont assujettis aux règles d'accès et de sécurité, établies et communiquées par le pouvoir adjudicateur.

Ils décrivent les modalités de déclenchement de la demande, les délais d'intervention et de réparation, l'expertise du personnel, les tarifs, ainsi que les jours et heures d'intervention.

La provenance et le délai d'approvisionnement des pièces détachées sont également à détailler.

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

VI.4. Livraison, installation et mise en service

Le soumissionnaire précisera les délais de livraison, d'installation et de mise en service de ces équipements.

La livraison des équipements des lots 1 et 2 ne pourra en aucun cas dépasser 9 mois à compter de la notification du bon de commande.

Le fournisseur de l'équipement doit s'assurer que le système à acquérir puisse être acheminé dans le local désigné à l'occasion de la visite organisée dans le cadre de la publication du marché dans les conditions précisées au règlement de la consultation.

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

Le raccordement final de l'appareil au réseau d'hélium et aux bouteilles sera effectué par les titulaires des lots 1 et 2. Cette mise en service déclenchera les opérations de vérification préalables à l'admission des prestations. Dès lors, la mise en service et donc la livraison des matériels des lots 1 et 2 ne pourra être effectuée qu'après réalisation des travaux de pose des réseaux de tuyauterie et des travaux d'aménagement, ainsi que la livraison des racks du lot 3.

Le titulaire indique dans son offre les délais d'exécution de l'ensemble des prestations (PSE incluses en cas de réponse à celles-ci) pour chacun des sites concernés. Le planning de réalisation sera établi conjointement avec le titulaire en fonction de ces délais et de l'état d'avancement des éventuels travaux préliminaires à l'installation des équipements réalisés par UPC en dehors du présent marché.

Le titulaire installera le matériel sur site avec les consommables éventuellement nécessaires à la mise en ordre de marche et accompagné des notices et mode d'emploi en français, en version papier et électronique et des documents suivants :

- Description générale de chaque équipement (fiche technique et tests)
- Schéma de principe
- Notice d'installation
- Rapports de montage et d'essais
- Rapport de mise en service
- Instructions d'utilisation et de fonctionnement
- Instructions de maintenance détaillant les vérifications périodiques
- Catalogue des pièces détachées.

Les titulaires du lot 1 et du lot 2 devront procéder à une mise en service complète de l'appareil avec la réalisation de tests de fonctionnement de chaque élément (y compris si nécessaire informatique).

À l'issue de la mise en service, le titulaire remettra à l'UPC 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 la personne responsable sur le site. Une copie du document signé devra être remise au pôle achat de l'UPC.

VI.5. Vérification et admission des prestations

Les opérations de vérification définies, ci-après, démarreront à la notification du PV de mise en ordre de marche effective.

Les opérations de vérification seront effectuées en **une seule étape**, et ont pour objet de permettre à l'acheteur de contrôler notamment que le titulaire :

- a mis en œuvre les moyens définis dans le marché, conformément aux prescriptions qui y sont fixées ;
- a réalisé les prestations définies dans le marché comme étant à sa charge, conformément aux dispositions contractuelles.

L'acheteur vérifie que les prestations sont conformes aux stipulations du marché tant quantitativement que qualitativement.

En dérogation à l'article 28 du CCAG. FCS, le délai dont dispose l'établissement pour notifier sa décision est de 60 jours calendaires maximum à compter de la mise en service de l'équipement par le titulaire.

VI.6. Formation et support à l'utilisation des appareils

L'installation du système de compression par l'entreprise du lot 1 ou du lot 2 s'accompagnera d'une formation aux utilisateurs (1 à 3 personnes par site) à ces appareils (compresseur, baudruche et manipulation de la nourrice) et le coût sera compris dans l'offre.

Le support technique doit proposer un service d'assistance téléphonique (« hotline »).

Le titulaire s'engage à maintenir une continuité de service en intervenant tout au long de l'année, y compris pendant les périodes de vacances scolaires.