

## TRAVAUX D'INSTALLATION D'UN MICROSCOPE ELECTRONIQUE EN TRANSMISSION SUR LE CAMPUS PIERRE ET MARIE CURIE



### MAITRE D'ŒUVRE :



#### BIM INGENIERIE

Siège - 17 rue du Colisée 75008 Paris

Bureaux – 21 avenue Edouard Belin – 92500 Rueil Malmaison

T. 01 47 08 17 65

[contact@bimingenierie.fr](mailto:contact@bimingenierie.fr)

### Dossier de consultation des entreprises

### CCTP - Cahier des clauses techniques particulières

### Lot n°05 - Table antivibratile pour le microscope

ECHELLE :	sans	DATE :	07/02/2025	FORMAT :	A4	\\192.168.10.77\commun1 - AFFAIRES\BIM_23_40_Microscope MET Universite Sorbonne\2-Conception\4-DCE\2- Pièces écrites\2-CCTP
23.40	BIM Ing.	05	DCE	CCTP	sans	0
N° Affaire	Emetteur	Lot	Phase	Nature	Niveau	Indice
						N°Chrono

**SOMMAIRE PAGES**

<b>1.</b>	<b>PRESENTATION DE L'OPERATION .....</b>	<b>1</b>
1.1.	OBJET .....	1
1.2.	PRESENTATION DE L'OPERATION .....	1
1.3.	CLASSEMENT DU BATIMENT .....	2
<b>2.</b>	<b>CONTRAINTES D'EXECUTION .....</b>	<b>2</b>
2.1.	PHASAGE .....	2
2.2.	MILIEU OCCUPE .....	2
2.3.	COORDINATION AVEC LES AUTRES LOTS .....	2
2.4.	COORDINATION AVEC L'AMO BET VIBRATIONS .....	3
2.5.	LIMITES DE PRESTATIONS AVEC LES AUTRES LOTS.....	3
2.5.1.	Avec le Lot n°01 – Macro lot Gros-œuvre étendu .....	3
2.5.2.	Avec le Lot n°02 – Macro lot Chauffage Ventilation Climatisation Plomberie Gaz spéciaux .....	4
2.5.3.	Avec le Lot n°03 – Electricité .....	4
2.5.4.	Avec le Lot n°04 – Blindage passif et boucles actives.....	5
2.5.5.	Avec le fournisseur du microscope NION .....	5
2.6.	CONTRAINTES STRICTES D'EXECUTION .....	5
2.7.	VIGILANCES PARTICULIERES.....	6
<b>3.</b>	<b>NORMES ET REGLEMENTATION.....</b>	<b>6</b>
3.1.	REGLEMENTATION GENERALE .....	6
3.2.	NORMES DE MESURAGE .....	7
3.3.	ECHAFAUDAGES, AGRES ET PROTECTIONS.....	7
3.4.	GESTION DES DECHETS .....	7
<b>4.</b>	<b>PRESTATIONS DE CHANTIER.....</b>	<b>8</b>
4.1.	SECURITE .....	8
4.2.	PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES.....	8
4.3.	REGLES DE L'ART .....	8
4.4.	HYGIENE ET SECURITE DU CHANTIER .....	9
4.5.	PROTECTIONS .....	9
4.6.	COORDINATION .....	10
<b>5.</b>	<b>ETUDES ET CHOIX DES MATERIELS .....</b>	<b>10</b>
5.1.	ETUDES DES MATERIELS .....	10
5.2.	QUALITE DES MATERIAUX .....	10
5.3.	OBLIGATIONS ET PIECES A FOURNIR PAR L'ENTREPRISE TITULAIRE .....	10
5.4.	DOSSIER D'OUVRAGES EXECUTES DE L'INSTALLATION (DOE).....	12
5.5.	SYNTHESE D'EXECUTION.....	12
<b>6.</b>	<b>CONTEXTE : ETAT DES LIEUX.....</b>	<b>12</b>
6.1.	ENVIRONNEMENT DU PROJET .....	12
6.2.	DIAGNOSTIC ET IDENTIFICATION DES SOURCES VIBRATOIRES .....	14

<b>7.</b>	<b>PERFORMANCES VIBRATOIRES A ATTEINDRE ET DONNEES D'ENTREE.....</b>	<b>15</b>
7.1.	PERFORMANCES VIBRATOIRES .....	15
7.1.1.	Niveaux de vitesse vibratoire requis .....	16
7.1.2.	Performance d'atténuation vibratoire de la table antivibratile .....	17
7.2.	DONNEES D'ENTREE – BASES DE CALCULS.....	18
<b>8.</b>	<b>DESCRIPTION DES TRAVAUX D'EXECUTION DE LA TABLE ANTIVIBRATILE .....</b>	<b>19</b>
8.1.	RECEPTION DES SUPPORTS .....	19
8.2.	DONNEES DE CONTEXTE - PRINCIPE .....	19
8.3.	LES ISOLATEURS ANTIVIBRATILES .....	20
8.4.	LA TABLE ANTIVIBRATILE .....	21
8.5.	LES COLONNETTES D'AJUSTEMENT .....	22
8.6.	LES JOINTS ANTIVIBRATILES .....	23
8.7.	PRE-RECEPTION DES OUVRAGES.....	23
8.8.	RECEPTION DES OUVRAGES .....	23

## 1. PRESENTATION DE L'OPERATION

### 1.1. Objet

Le présent cahier des clauses techniques particulières (C.C.T.P.) a pour but de définir les prestations relatives à la réalisation des travaux de :

#### **Table antivibratile pour le microscope**

nécessaires aux travaux :

#### **Travaux d'installation d'un microscope électronique en transmission sur le campus Pierre et Marie Curie**

Pour le compte de :

**Sorbonne Université**

**18, rue de la Sorbonne - 75005 Paris**

Il s'agit d'une opération de réhabilitation et restructuration de locaux existants permettant l'installation d'un microscope électronique en transmission de dernière génération (NION HERMES 200 SX).

### 1.2. Présentation de l'opération

Sorbonne Université, Maître d'Ouvrage, a acquis un microscope électronique en transmission de haute technologie (NION HERMES 200 SX).

Le Bureau d'Études AVLS intervient sur le projet au titre d'Assistant à la Maîtrise d'Ouvrage (AMO) afin de suivre les études et la réalisation des préconisations destinées à assurer un environnement vibratoire et acoustique compatible avec l'instrument scientifique.

Ce microscope sera installé sur le campus Pierre et Marie Curie, dans des locaux situés aux niveaux RDC (niveau Saint-Bernard) et sous-sol de la barre 13-23.

Les conditions d'installation de ce type d'équipement sont indiquées par le constructeur NION dans son document « **Nion UltraSTEM200MC (NION HERMES 200) pre-installation instructions (for 200 kV UltraSTEM equipped with a monochromator and EELS)** » (Cf. Annexe 14). Il précise en particulier les valeurs maximales admissibles pour l'environnement vibratoire du microscope. Ces spécifications sont rappelées dans la Figure 1.

Les exigences sont exprimées sous forme de spectre de vitesse vibratoire par bandes de tiers d'octave. Le critère vibratoire à respecter s'applique à la structure accueillant le microscope donc, dans le cas présent, à l'arase supérieure de la table antivibratile.

On note qu'une notion de marge de sécurité d'un rapport 2 est suggéré par rapport à ce critère.

Le respect de ces instructions est indispensable pour permettre la parfaite installation du microscope.

#### 4) Floor Vibrations

Measuring with a 1/3-octave bandwidth, for each frequency band the rms vibration needs to be less than 1.0  $\mu\text{m/s}$  for frequencies between 0.5 Hz and 2 Hz and less than 0.5  $\mu\text{m/s}$  for frequencies between 2 Hz and 500 Hz. These specifications refer to the floor that the microscope suspension system rests on. If the microscope is positioned on a vibration-isolated platform, the specification refers to this platform.

*If there is a vibration-isolated platform the microscope sits on, such as the TMC Stacis system supporting the microscope's platform (<http://www.techmfg.com/products/stacis/stacisiii>, <http://www.techmfg.com/products/stacis/quiteisland>) the platform should be at least 2.0 x 2.2 m in size, so that there is room on it for a) the microscope, b) the microscope cover and c) cable support frame, which needs to be located on the isolated platform so that cables do not bring vibrations to the column. If a passive isolation is used for the platform, the platform needs to be around 4000 kg or more in weight, otherwise the platform's suspension and the Nion suspension may couple to produce strong resonant frequencies. If the platform uses active suspension, then it can be lighter: 2000 kg or more.*

*Because external vibrations are somewhat unpredictable, it is a good idea to have a safety margin such that **typical** vibrations throughout the day are at least 2x weaker than the levels given above, i.e. <0.5  $\mu\text{m/s}$  for frequencies between 0.5 Hz and 2 Hz and <0.25  $\mu\text{m/s}$  for frequencies between 2 Hz and 500 Hz.*

Figure 1 : Extrait des conditions d'installation du microscope pour l'environnement vibratoire.

### 1.3. Classement du bâtiment

Le Campus Universitaire de Jussieu est un établissement recevant du public de 1<sup>ère</sup> catégorie avec différentes activités dont la plus prépondérante est celle de type R au sens du règlement de sécurité du 25 juin 1980 et de l'arrêté du 4 juin 1982 relatif aux établissements du type R (enseignement et formation).

*Les travaux seront réalisés dans une zone classée Code du travail.*

## 2. CONTRAINTES D'EXECUTION

### 2.1. Phasage

Les travaux se dérouleront en une seule phase et en site occupé.

### 2.2. Milieu occupé

Les travaux se dérouleront au sein d'un établissement restant en activité.

Toutes les contraintes y découlant seront à prendre en compte notamment la gestion des livraisons et des horaires pour les travaux bruyants.

### 2.3. Coordination avec les autres lots

L'Entrepreneur reconnaît, par la signature de son marché, avoir lu les C.C.T.P. des lots, avoir pris connaissance des contraintes éventuelles à prendre en compte dues à ces autres lots et ne pourra se prévaloir de la méconnaissance des ouvrages des autres lots qui sont en liaison directe avec les siens.

L'Entrepreneur du présent lot sera responsable de la coordination de ses études et de ses travaux avec ceux des autres lots.

## 2.4. Coordination avec l'AMO BET Vibrations

AVLS a une mission de suivi d'Exécution pour les sujets vibratoires, auprès de la Maîtrise d'Ouvrage.

À titre indicatif, le rôle de l'Assistant à la Maîtrise d'Ouvrage en phase travaux se décrit comme suit :

- Le BET Vibrations AMO émet un VISA uniquement sur les notes de calculs vibratoires, les PV d'essais vibratoires de laboratoire, les fiches techniques des produits antivibratiles, les protocoles de mesures et les rapports de mesures vibratoires in situ (le cas échéant). Toutefois, pour émettre un VISA, ces notes de calculs, rapports et ces PV devront être accompagnés par tous les éléments annexes nécessaires (plans de repérage, plans de coffrages, plans de cloisonnements, plans CVC, détails, fiches techniques, etc.), rassemblés dans des dossiers Vibrations spécifiques par lots. Les avis éventuels émis par le BET Vibrations sur ces éléments annexes n'ont pas valeur de VISA. A ce titre, ces avis ne seront pas nécessairement reformulés à chaque nouvel indice de documents.

- Le BET Vibrations AMO ne réalise pas de reprise d'étude liée à une nouvelles solutions, proposée par l'Entrepreneur, ou consécutive à une non-conformité de réalisation.

- Le BET Vibrations AMO effectue des visites de chantier lorsque nécessaire et doit pouvoir assister aux éventuels essais vibratoires de l'Entrepreneur (installation de la table antivibratile, etc.).

- Le BET Vibrations AMO réalisera une campagne de mesures vibratoires intermédiaire lors du chantier pour valider la mise en œuvre des structures de support du microscope (par exemple, micropieux, massif béton). Les niveaux vibratoires résiduels seront contrôlés sur ces structures ainsi que certains paramètres dynamiques caractéristiques tels que l'admittance mécanique et la fonction de réponse en fréquence entre une structure sensible et une structure voisine source de vibration.

Une fois que l'ensemble des procédures de pré-réception vibratoire sont réalisées par l'Entrepreneur (autocontrôles), et que les rapports sont émis sans aucune non-conformité, le BET Vibrations AMO pourra procéder à des essais de contrôle complémentaires en vue de la réception des ouvrages.

L'Entrepreneur, adjudicataire du présent lot, devra mettre tout en œuvre pour que le BET Vibrations AMO puisse réaliser ses propres essais (accès aux locaux, mise à disposition de techniciens habilités pour le fonctionnement des équipements techniques, etc.).

## 2.5. Limites de prestations avec les autres lots

**Pour rappel : la liste des limitations de prestations décrites est non exhaustive.**

### 2.5.1. AVEC LE LOT N°01 – MACRO LOT GROS-ŒUVRE ETENDU

**L'entreprise titulaire du Lot n°01 – Macro lot Gros-Œuvre étendu doit :**

- La prise en compte des charges appliquées par la table antivibratile sur les structures.
- La réalisation du massif béton supérieur 2 amagnétique dans le respect de l'objectif d'admittance mécanique en face supérieure indiqué dans la Notice Vibrations (Cf. Annexe 11).
- La conformité du joint antivibratile (vide franc de désolidarisation - JA) de 5 cm autour du massif béton supérieur 2.
- Les réservations / percements dans les voiles en béton, planchers et maçonnerie.

- Le rebouchage des réservations / percements dans les voiles bétons, planchers et maçonnerie après passage des réseaux.
- L'accès au massif béton supérieur 2 amagnétique pour la réalisation des mesures vibratoires.
- Transmettre en temps utile, un plan et des coupes du faux-plancher technique.
- La réalisation du faux-plancher technique respectant le joint antivibratile (JA) de 2 cm autour de la table antivibratile.
- Les réservations nécessaires dans le faux-plancher technique.
- S'assurer de l'arase supérieure du niveau fini du faux-plancher technique identique à la cote de la Microscope Access Room et à celle de la table antivibratile lorsqu'elle est désactivée.

**L'entreprise du Lot n°05 – Table antivibratile doit :**

- Fournir en temps utile les charges appliquées par les différents éléments composant la table antivibratile.
- Fournir en temps utile tous croquis et plans nécessaires, ainsi que toutes les indications pour la réalisation des réservations et percements.
- Fournir en temps utile le descriptif des fixations des colonnettes.
- Tous croquis et plans nécessaires, ainsi que toutes les indications pour la réalisation du faux-plancher technique entourant la table antivibratile ainsi que les réservations et percements nécessaires.
- S'assurer de l'arase supérieure de la table antivibratile identique à celle du niveau fini du faux-plancher technique (= même cote que le niveau de la Microscope Access Room) lorsque la table antivibratile est désactivée.
- Fixer les colonnettes sur le massif béton supérieur 2 amagnétique.

**En cas d'erreurs d'implantation des réservations et percements ou des fixations :**

- Dues au Lot n°01 – Macro lot Gros-Œuvre étendu : les trous ou fixations seront repris par l'entrepreneur titulaire du Lot n°01 – Macro lot Gros-Œuvre étendu et les frais seront à sa charge.
- Dues au titulaire du présent lot : les trous ou fixations seront exécutés par l'entreprise titulaire du Lot n°01 – Macro lot Gros-Œuvre étendu et les frais seront à la charge du présent lot.

**2.5.2. AVEC LE LOT N°02 – MACRO LOT CHAUFFAGE VENTILATION CLIMATISATION  
PLOMBERIE GAZ SPECIAUX**

**L'entreprise titulaire du Lot n°02 – Macro lot Chauffage Ventilation Climatisation  
Plomberie Gaz spéciaux doit :**

- Prévoir les attentes de gaz dans le cas d'isolateurs le nécessitant pour la table antivibratile.

**L'entreprise du Lot n°05 – Table antivibratile doit :**

- Fournir en temps utile des plans et coupes pour positionner les différentes arrivées de gaz nécessaires aux isolateurs de la table antivibratile si besoin.

**2.5.3. AVEC LE LOT N°03 – ELECTRICITE**

**L'entreprise titulaire du Lot n°03 – Electricité doit :**

- Prévoir les attentes électriques de courants forts dans le cas d'isolateurs le nécessitant pour la table antivibratile.

**L'entreprise du Lot n°05 – Table antivibratile doit :**

- Fournir en temps utile des plans et coupes matérialisant la position de chaque attente électrique souhaitée.
- Fournir en temps utile les caractéristiques des attentes électriques souhaitées pour chaque attente demandée.
- Prévoir le raccordement électrique de chaque attente demandée.

## 2.5.4. AVEC LE LOT N°04 – BLINDAGE PASSIF ET BOUCLES ACTIVES

**L'entreprise titulaire du Lot n°04 – Blindage passif et boucles actives doit :**

- Prévoir les réservations des fixations des colonnettes, tout en garantissant les performances exigées pour la protection électromagnétique.
- Prévoir les réservations des attentes électriques et des attentes de gaz pour les isolateurs de la table antivibratile les nécessitant.
- Transmettre en temps utile, un plan et des coupes indiquant l'ensemble des réservations.
- La prise en compte des charges appliquées par la table antivibratile sur le blindage passif du massif béton supérieur 2.

**L'entreprise du Lot n°05 – Table antivibratile doit :**

- Fournir les charges appliquées par les différents éléments composant la table antivibratile.
- Fournir les charges appliquées par les isolateurs/colonnettes de la table anti-vibratile afin de prévoir des fixations adaptées garantissant les performances exigées pour la protection électromagnétique.
- Donner en temps utile les dimensions des colonnettes et leur position exacte sur le massif béton 2 tenant compte des plans de coffrage du Lot n°01 – Macro lot Gros œuvre étendu.
- Respecter les précautions pour la mise en œuvre dans les règles de l'art de la table antivibratile vis-à-vis du blindage passif.

## 2.5.5. AVEC LE FOURNISSEUR DU MICROSCOPE NION

**L'entreprise du Lot n°05 – Table antivibratile doit :**

- Respecter les performances requises par le fournisseur NION en termes de :
  - ✓ Vibrations,définies dans le document « Nion UltraSTEM200MC (NION HERMES 200) pre-installation instructions (for 200 kV UltraSTEM equipped with a monochromator and EELS) » joint au dossier de consultation (Cf. Annexe 14).
- Prendre en compte les descentes de charges des différents éléments du microscope et le COM/COG correspondant afin d'élaborer la table antivibratile pour garantir les performances vibratoires requises par le fournisseur NION.

**2.6. Contraintes strictes d'exécution**

L'emprise des travaux du présent lot devra se conformer strictement aux dimensions du massif béton 2 amagnétique réalisé par le Lot n°01 – Macro lot Gros Œuvre étendu.

L'arase supérieure de la table antivibratile du présent lot ne pourra sous aucun prétexte être différente de plus de 1 mm de celle du niveau fini du faux plancher technique du Lot n°01 – Macro lot Gros Œuvre étendu qui la ceinture (= même cote que le niveau de la Microscope Access Room) lorsque la table antivibratile est **désactivée**.



La table antivibratile sera désolidarisée des éléments environnants par un vide franc de désolidarisation (joint antivibratile) égal ou supérieur à **20 mm**, mais strictement inférieur à 50 mm.

## 2.7. Vigilances particulières

\* Dans le local Microscope Room, tous les éléments seront obligatoirement **de type amagnétique**.

\* Il est rappelé à l'Entrepreneur adjudicataire de ce lot la **fragilité des plaques en mu-métal** qui seront mises en œuvre pour réaliser de façon précise et rigoureuse le blindage passif par l'Entrepreneur adjudicataire du Lot n°04 – Blindage passif et boucles actives. Aucun choc mécanique, aucun poinçonnement, aucun percement ne sont autorisés pour ne dégrader sous aucun prétexte les caractéristiques et les performances de ce blindage.

Le présent lot devra la protection mécanique de ces ouvrages jusqu'à la réception des travaux.

## 3. NORMES ET REGLEMENTATION

### 3.1. Réglementation générale

Le présent descriptif est établi en accord avec les normes et la réglementation en vigueur, et plus particulièrement, en conformité avec les spécifications des normes et documents ci-après :

- Lois, décrets, arrêtés, et circulaires ministérielles.
- Normes françaises, documents techniques unifiés, notices du C.S.T.B.

Ces textes seront appliqués à la fourniture des matériels et à leur mise en œuvre, en tenant compte des répercussions au niveau de l'exploitation.

Il sera apporté un soin particulier aux domaines suivants :

- Nuisance (bruits, pollutions...),
- Règlement sanitaire départemental,
- Respect des exigences des concessionnaires,
- Sécurité des équipements, des occupants, du bâtiment et du personnel de maintenance,

Si en cours des travaux, de nouveaux règlements entraînent en vigueur, l'entrepreneur devra en référer au Maître d'Œuvre et au Maître d'Ouvrage, et proposer les dispositions issues de ces documents normatifs.

En cas de doute avec l'interprétation d'un règlement ou sur un détail de l'exécution, l'entrepreneur est tenu d'en référer au Maître d'Œuvre avant tout début d'exécution.

L'entrepreneur adjudicataire est donc tenu de respecter toutes les prescriptions de ces documents et ne pourra prétendre à aucune indemnité ou plus-value pour les travaux de réfection, montage et démontage, résultant de la mise en conformité de ses ouvrages avec les textes de normes et règlements en vigueur.

Les travaux à réaliser devront respecter les normes et les réglementations françaises et européennes en vigueur, les dispositions du Code du travail, et en particulier, l'ensemble des

installations devra répondre aux prescriptions et spécifications des documents suivants (sans que cette liste soit exhaustive).

- Code du travail,
- Règlement sanitaire départemental,
- Arrêtés municipaux et ministériel,
- DTU,
- Agrément ou avis techniques favorables délivrés par le C.S.T.B,
- Le code de la Construction et de l'Habitation :
  - \* Livre 1 : Dispositions générales
  - \* Livre 2 : Sécurité et protection contre l'incendie

À ce jour, il n'existe pas d'exigences réglementaires spécifiques aux niveaux de vibrations dans les bâtiments scientifiques ou vis-à-vis du confort perçu par les usagers de bureaux.

### 3.2. Normes de mesurage

La norme suivante s'applique pour le mesurage de vibrations impactant un équipement sensible aux vibrations :

- **NF E 90-020-2** (septembre 2015) : « Vibrations induites dans les équipements sensibles qui se trouvent sur ou à l'intérieur des structures ».

### 3.3. Echafaudages, agrès et protections

L'entreprise titulaire du présent lot devra se conformer aux prescriptions du plan général de coordination qui sera établi par le Coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé.

Chaque entreprise est responsable de la mise en place d'un balisage des zones de sécurité à l'aplomb de ses postes de travail ou autour de ses engins de levage.

L'utilisation des échelles ou escabeaux comme poste de travail est strictement interdite.

L'utilisation des escabeaux sécurisés type « gazelle » ou échafaudages roulants sera obligatoire pour les travaux en hauteur.

### 3.4. Gestion des déchets

La gestion des déchets est traitée dans le Cahier des Clauses Techniques Communes (= C.C.T.C.) joint au dossier. L'ensemble des prescriptions y figurant devra être respecté.

## **4. PRESTATIONS DE CHANTIER**

### **4.1. Sécurité**

L'entreprise devra implanter son chantier de façon à permettre en permanence l'intervention des sapeurs-pompiers.

Les différents combustibles nécessaires au bon fonctionnement du chantier devront être stockés dans des lieux palliant tous les risques de propagation du feu ou d'explosion. (Prévoir des extincteurs à proximité).

Toutes règles de sécurité et de protection des ouvriers devront être scrupuleusement respectées.

L'entreprise titulaire du présent lot devra se conformer aux prescriptions du plan général de coordination qui sera établi par le Coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé.

### **4.2. Prescriptions réglementaires**

L'entrepreneur adjudicataire doit se référer pour tous les ouvrages cités au C.C.T.P, aux règlements de la construction et aux normes françaises en vigueur à la date du C.C.A.P.

D'une façon générale, il est indiqué que tous les matériaux concernés par les présentes prescriptions devront être présentés par l'entrepreneur adjudicataire avec tous les échantillons, procès-verbaux, documentations et justifications nécessaires. En cas d'insuffisance de renseignements, le Maître d'Œuvre pourra demander, à l'entrepreneur défaillant et à la charge de celui-ci, tous les essais ou calculs par un laboratoire ou spécialiste agréé.

Toutes les réceptions du présent lot comprendront des essais de contrôle et de qualifications destinés à vérifier la qualité des matériaux/matériels utilisés, de leur mise en œuvre et de leurs performances.

Outre, les contrôles exercés par le Maître d'Œuvre et l'organisme agréé auquel le Maître d'Ouvrage fait appel, il est rappelé à l'entreprise adjudicataire qu'il lui appartient d'exercer un contrôle interne de ses ouvrages (fourniture, stockage, interface avec les autres lots, fabrication, mise en œuvre, etc.).

### **4.3. Règles de l'art**

Documents généraux :

Sont considérés comme règles de l'art et, de ce fait, applicables contractuellement, les documents techniques unifiés, cahiers des charges et règles de calcul D.T.U., les exemples de solutions pour satisfaire au règlement de construction, figurant dans le REEF, et les prescriptions techniques générales, publiées par le C.S.T.B., ainsi que les règles professionnelles éditées par la fédération nationale du bâtiment, parues à la date du C.C.A.P.

Marques et cahiers des charges des fabricants :

Les marques indiquées dans le C.C.T.P. sont imposées à l'entrepreneur adjudicataire qui doit en tenir compte dans ses prix. Cependant, d'autres modèles pourront être proposés à l'acceptation du Maître d'Ouvrage, de l'AMO et du Maître d'Œuvre.

Chaque fois que le fabricant d'un produit ou équipement a publié un cahier des charges, des recommandations ou des prescriptions d'emploi, l'entrepreneur adjudicataire devra suivre ces documents pour la mise en œuvre du produit ou du matériel.

#### Documents écrits et graphiques :

Les plans et les C.C.T.P. se complètent réciproquement sans que l'entrepreneur adjudicataire puisse faire état après remise et réception de l'offre d'une discordance éventuelle qu'il n'aurait pas signalée en temps utile, il devra prévoir, dans le prix, le montant des travaux indispensables à la terminaison des bâtiments dans l'ordre général et par analogie avec ce qui est décrit, en accord avec le Maître d'Œuvre.

L'entrepreneur adjudicataire est tenu de vérifier, avant toute exécution, les côtes figurant aux dessins et de signaler au Maître d'Œuvre les erreurs qui pourraient être constatées. Il est tenu de signaler, par écrit au Maître d'Œuvre, les discordances qui pourraient éventuellement exister entre le C.C.T.P. et les ouvrages à exécuter et qui seraient de nature à nuire à la parfaite réalisation des ouvrages.

Seront exécutés conformément aux avenants techniques de référence et aux décisions du Maître d'Œuvre sans entraîner, pour autant, des modifications au prix global forfaitaire du Marché toutes les divergences d'interprétation entre certaines dispositions des plans et du C.C.T.P. Il est précisé que la clause de préséance des pièces prévues au C.C.A.P. entre les plans et le C.C.T.P., n'a pas pour but d'annuler la réalisation d'un ouvrage quelconque figurant sur l'une des pièces et non sur l'autre.

Cette priorité ne joue qu'en cas de contradiction. En conséquence, tout ouvrage figurant aux plans et non décrit au C.C.T.P. est formellement dû et vice versa.

La description des ouvrages s'appuie enfin sur une solution technique répondant au programme et coordonnée entre les divers lots. Il appartient, en conséquence, à l'entrepreneur adjudicataire qui modifierait certains points d'un lot particulier, de prendre à sa charge, les incidences éventuelles sur les autres lots.

## 4.4. Hygiène et sécurité du chantier

L'Entrepreneur devra se conformer à l'ensemble des dispositions du Code du Travail et des règlements en vigueur à la date d'exécution, l'application de ces dispositions relevant de sa totale responsabilité.

De plus, il devra se conformer à toute disposition particulière locale qui sera jugée indispensable par le Maître d'Œuvre et le Maître d'Ouvrage, en raison d'impératifs locaux.

Une attention particulière devra être apportée par le présent lot sur la propreté des locaux. A cet effet il procédera au nettoyage des locaux où il est intervenu à l'issue de chaque intervention et de façon quotidienne. Le Maître d'Œuvre en cas de non-respect de cette clause, pourra faire mandater une entreprise aux frais du présent lot pour satisfaire aux demandes de nettoyage quotidien.

## 4.5. Protections

L'Entrepreneur prendra toutes dispositions nécessaires pour l'approvisionnement, la manutention et le stockage de ses matériaux pour assurer leur parfaite qualité, ceci entre les lieux d'arrivée et les lieux de mise en œuvre.

Ainsi que la protection de ses ouvrages, en parfaite coordination avec les autres lots qui devront intervenir après les prestations requises par ce présent lot, jusqu'à la réception finale des travaux.

## 4.6. Coordination

L'Entrepreneur du présent lot sera responsable de la coordination de ses études et de ses travaux avec ceux des autres lots.

Il devra en conséquence :

- Recueillir tous les plans/coupes des autres lots et les données techniques du microscope NION HERMES 200 SX auprès du fournisseur,
- Fournir toutes les données et tous les plans nécessaires aux autres lots,
- Adapter ses propres plans d'exécution suivant les demandes des autres lots,
- Faire la synthèse en fonction des mesures de vibrations réalisées par l'AMO à l'arase supérieure du massif béton amagnétique 2 (Lot n°01 – Macro lot Gros Œuvre étendu) pour atteindre les performances requises,
- Être présent à toutes les réunions nécessaires avec l'AMO, le Maître d'Œuvre et les représentants des entreprises concernées.

Quelles que soient les incidences qui pourraient en résulter, aucune modification du prix global et forfaitaire ne sera admise.

## 5. ETUDES ET CHOIX DES MATERIELS

### 5.1. Etudes des matériels

L'Entrepreneur devra fournir un dossier Vibrations complet et unique regroupant l'ensemble des éléments (plans, fiches techniques, notes de calculs, etc.) permettant de justifier des performances antivibratiles des éléments mis en œuvre et du respect des objectifs du projet pour les ouvrages la concernant, pour acceptation par la Maîtrise d'ouvrage, l'AMO et le Maître d'Œuvre.

Le dossier de l'entreprise devra comprendre, a minima, les éléments listés au § 5.3. Il est, néanmoins, de la responsabilité de l'Entreprise d'apporter toutes les justifications vibratoires complémentaires qu'elle jugerait nécessaires.

### 5.2. Qualité des matériaux

L'ensemble des matériaux employés doit être certifié NF.

Les matériaux retenus présents à l'intérieur de la salle du microscope (Microscope Room) doivent être amagnétiques.

### 5.3. Obligations et pièces à fournir par l'entreprise titulaire

**A la signature du marché :**

(1) Suivant règlement de la consultation

#### **Etude d'exécution**

L'Entreprise devra fournir à la Maîtrise d'Œuvre et à l'AMO BET Vibrations pour approbation un dossier Vibrations complet et unique contenant les éléments suivants :

- (1) Plans des éléments et leur implantation : isolateurs, colonnettes de réglage, méthodes de scellement, plateforme, blindage électromagnétique, ...
- (2) Spécifications techniques des éléments,
- (3) Note méthodologique de mise en œuvre de la table antivibratile étape par étape.

Les éléments contenus dans ce dossier devront concerner exclusivement les vibrations. Tout dossier incomplet ou contenant des justifications qui ne concerneraient pas les vibrations doit être considéré automatiquement refusé (typiquement PV d'essais feu, résistance mécanique, thermique, etc.).

La diffusion du dossier Vibrations complet sera réalisée par e-mail, indépendamment du dépôt sur une GED des différents documents constituant le dossier.

L'étude d'exécution comprendra également :

- (4) Les dessins et plans d'exécution, soumis à l'agrément du Maître d'œuvre ;
- (5) Les plans pour la synthèse et coupes dûment approuvés par le Maître d'œuvre d'exécution et de conception et le bureau de contrôle ;
- (6) Les plans de réservation et percements comprenant les dimensions des trous à réaliser et leur altimétrie ;
- (7) Les notices techniques descriptives de tous les équipements proposés à installer ;
- (8) Tous les éléments nécessaires aux autres lots pour parfaire leurs études d'exécution,
- (9) Notes de calcul justifiant de la tenue mécanique de la table antivibratile à la surcharge apportée par le microscope.

#### **En cours d'exécution :**

- (1) Autocontrôles : l'Entreprise fournira un autocontrôle de la mise en place des isolateurs, des colonnettes et de la table.

#### **Après exécution des travaux et avant réception :**

L'Entrepreneur devra fournir :

- (1) Tous les plans d'exécution, synoptiques, et notes de calcul mis à jour en fonction de la réalisation.
- (2) La liste des matériels mis en place avec les coordonnées précises des fabricants et des revendeurs.
- (3) Toutes les documentations des équipements installés ;
- (4) Les notices d'entretien et de maintenance conseillée.
- (5) Les coordonnées des services après-vente de chaque fournisseur / constructeur.
- (6) Pour chaque matériel, les notices détaillées de mise en service et de maintenance de constructeurs, avec copie de certificats de garantie et le cas échéant, d'épreuve ou essais réglementaires.
- (7) Des instructions de marches simples, mais précises et détaillées sur la conduite et l'entretien des installations.

- (8) Les plans de recollement des installations constituant les dossiers des ouvrages exécutés,
- (9) Le dossier d'essais et mise en service indiquant les matériels utilisés pour les essais, les méthodologies et les résultats avec un comparatif avec les valeurs théoriques des performances attendues.
- (10) Une mesure vibratoire de pré-réception devra être réalisée par le fournisseur d'isolateurs antivibratiles ou un bureau d'étude spécialisé dans les mesures vibratoires agréé par la Maîtrise d'Ouvrage, l'AMO et la Maîtrise d'Œuvre. Elle aura pour but de vérifier le bon fonctionnement du système antivibratile. Cette mesure sera à la charge de l'Entreprise titulaire du lot et sera réalisée en présence d'un représentant de la Maîtrise d'Œuvre et/ou de la Maîtrise d'Ouvrage et/ou l'AMO.

### **Réglages et mise au point finale de la table antivibratile**

L'Entreprise titulaire du présent lot devra finaliser les réglages de la table antivibratile une fois le microscope installé et fonctionnel.

## **5.4. Dossier d'ouvrages exécutés de l'installation (DOE)**

À la fin des travaux, l'Entreprise devra fournir au Maître d'Œuvre et à l'AMO pour contrôle et avis : un dossier de récolement comprenant toutes les informations nécessaires au bon fonctionnement de son installation, à savoir :

Pour le dossier d'ouvrages exécutés (DOE), les notices et nomenclatures de tout le matériel utilisé et le dossier de maintenance, les plans, les schémas et les synoptiques de récolement seront fournis en tirage papier et également sur support informatique, DWG sur CD ROM.

Ces documents seront fournis en un exemplaire papier au Maître d'Œuvre et à l'AMO pour avis et contrôle au moins quinze jours avant la réception des ouvrages.

## **5.5. Synthèse d'exécution**

La direction de la cellule de synthèse et son animation seront assurées par le Maître d'Œuvre.

La cellule de synthèse aura pour but de réaliser la coordination spatiale des équipements, fixations, réseaux et installations prévus dans les études d'exécution produites par les entreprises titulaires des différents lots, en répartissant rationnellement et hiérarchiquement les espaces disponibles.

La coordination spatiale de tous les réseaux et terminaux devra respecter dans tous les cas les contraintes structurelles du bâtiment, les enveloppes définies dans le dossier et les besoins exprimés par la Maîtrise d'Ouvrage et la Maîtrise d'Œuvre afin de permettre l'utilisation des installations.

**Le titulaire devra prévoir dans son offre la participation à la synthèse tous lots.**

## **6. CONTEXTE : ETAT DES LIEUX**

### **6.1. Environnement du projet**

Le plan de la Figure 2 permet de visualiser l'environnement du projet :



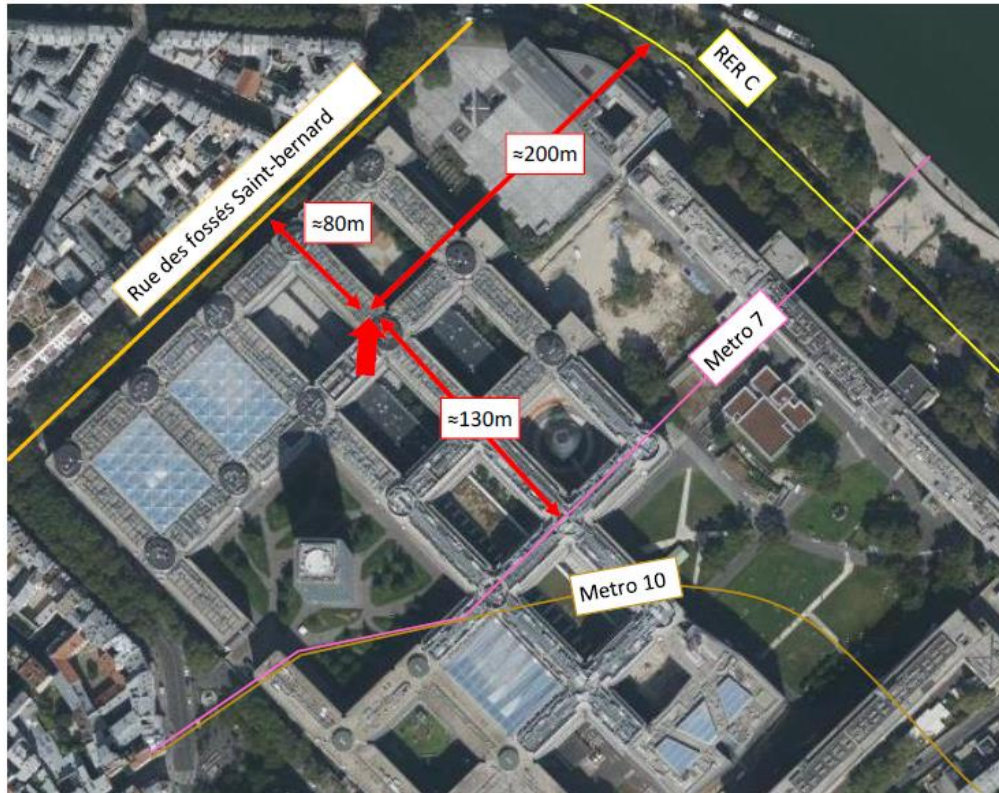


Figure 2 : Localisation du local du microscope sur le site Campus Pierre et Marie Curie.

Le projet est situé dans l'enceinte du campus de Jussieu (flèche rouge).

On note que la chaussée de la rue des fossés Saint-Bernard à environ 80 mètres est en mauvais état et est fréquemment circulée par des bus, ce qui en fait la source de vibrations extérieure au site la plus proche et pénalisante.

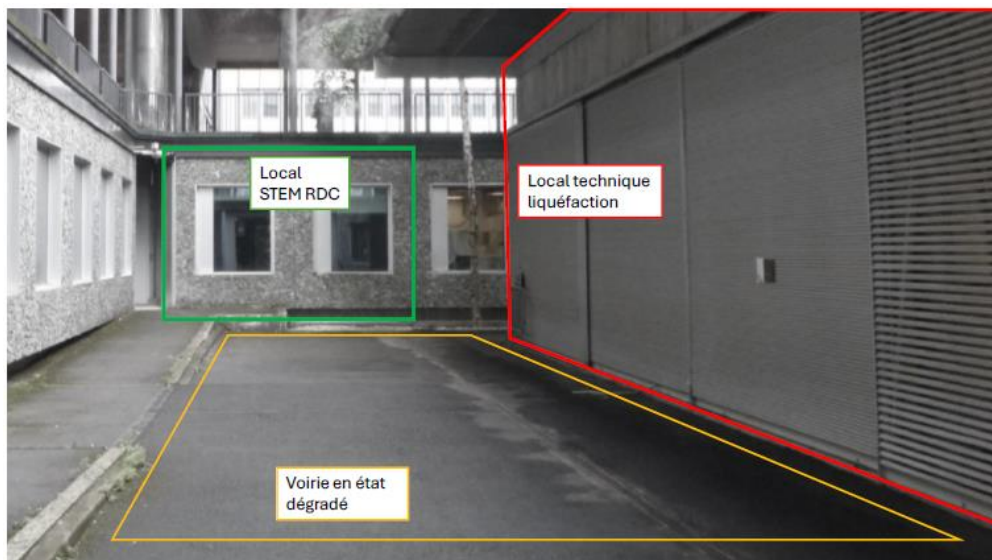


Figure 3 : Vue du futur local du microscope (STEM) et local technique de liquéfaction.

Le local qui accueillera le microscope électronique se situe entre le rez-de-chaussée et le R-1. Le microscope sera posé sur un ensemble {massif fondé sur pieux + système d'isolation vibratoire} désolidarisé de la structure courante du bâtiment. Cet ensemble permet de positionner l'équipement au niveau RDC en traversant le niveau du sous-sol.



La vue de la Figure 3 présente l'environnement direct du futur local. Il se trouve notamment à proximité d'un local technique abritant des compresseurs de liquéfaction générateurs de vibrations. Les compresseurs à pistons les plus nuisibles seront vraisemblablement changés dans un futur proche pour des compresseurs à vis moins problématiques.

On note de plus que la voirie proche du local est en mauvais état, ce qui provoque des vibrations importantes lorsqu'un véhicule de type chariot élévateur circule dans cette zone.

## 6.2. Diagnostic et identification des sources vibratoires

Un ensemble de mesures vibratoires pour le diagnostic a été réalisé par AVLS. Les résultats sont décrits dans le rapport AVLS n° 32603, joint au dossier de consultation en Annexe 13.

Plusieurs sources vibratoires internes au site de Jussieu, aux alentours du futur local du microscope, ont été identifiées et listées ci-dessous :

- les locaux techniques destinés à accueillir les équipements techniques nécessaires au microscope (local CVC, local électrique) comprenant notamment les CTA, extracteurs, pompes, groupe frigorifique, etc.
- le local CTA existant (local R23-SS-04-LT),
- le local technique de liquéfaction comprenant des compresseurs de fortes puissances,
- les équipements dédiés au microscope dans le local « Electronics Room »,
- la circulation de véhicules sur la voirie RDC face au local STEM et sur la voie de desserte interne,
- les activités humaines à proximité du local STEM (marche des utilisateurs, claquements de portes, etc.),
- la manutention de matériel lourd, livraisons, etc. dans le bâtiment et sur la placette extérieure au RDC.

Lot	Equipement
<b>Process spécifique microscope</b>	Pompe scroll
	Alimentation haute-tension
	Unité de refroidissement d'eau
	Pompe turbo
<b>CVC/Plomberie/Gaz spéciaux (Lot n°02)</b>	2 CTA
	1 Groupe froid
	Distribution frigorifique (pompes)
	5 Ventilo-convecteurs suspendus 2 Ventilo-convecteurs en allège
	3 extracteurs
	1 Cassette de ventilation
<b>Electricité (Lot n°03)</b>	1 transformateur ondulé

Tableau 1 : Liste des équipements générateurs de vibrations.

La liste du Tableau 1, non-exhaustive, répertorie les équipements potentiellement vibrants à proximité des équipements sensibles.

Ces équipements générateurs de vibrations sont repérés sur le plan du niveau sous-sol dans la Figure 4.

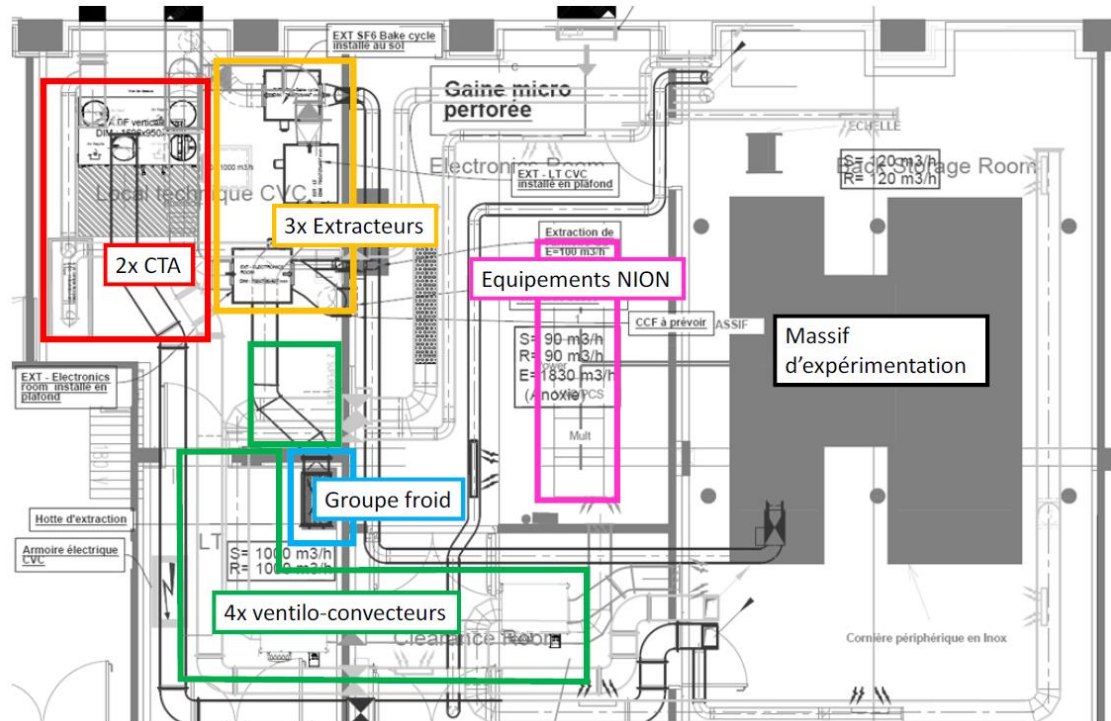


Figure 4 : Repérage des équipements techniques générateurs de vibrations au niveau sous-sol.

La principale source de nuisances vibratoires externe au bâtiment, comme indiqué précédemment, est la circulation de véhicules sur la rue des fossés Saint-Bernard située à environ 80 m du futur local du microscope. La chaussée de cette rue est en mauvais état et des véhicules lourds y circulent (bus et poids lourds notamment, cf. Figure 2).

L'impact vibratoire des trois voies ferrées circulant à proximité (métro 7, métro 10 et RER C) est faible relativement à la circulation routière et aux sources internes.

## 7. PERFORMANCES VIBRATOIRES A ATTEINDRE ET DONNEES D'ENTREE

### 7.1. Performances vibratoires

L'obligation de l'Entrepreneur, titulaire du lot, s'exprime en termes d'**obligation de résultats** (cf. § 7) mais aussi en termes d'**obligation de moyens** (cf. § 8). L'Entreprise pourra cependant proposer des solutions à justifier impérativement sur le plan vibratoire. Dans tous les cas, la Maîtrise d'Œuvre, la Maîtrise d'Ouvrage et l'AMO restent seules juges pour l'acceptation de ces éventuelles solutions.

### 7.1.1. NIVEAUX DE VITESSE VIBRATOIRE REQUIS

L'objectif vibratoire visé au pied du microscope est défini sur la base du seuil requis par NION, le fournisseur du NION HERMES 200 SX (STEM), donné en § 1.2.

La Figure 5 représente ce critère en  $\text{dB}_V$  comparativement aux gabarits vibratoires « VC » de l'ASHRAE couramment utilisés dans le contexte de laboratoires.

(Une description de ces gabarits est fournie en Annexe 1 de la Notice Vibrations DCE).

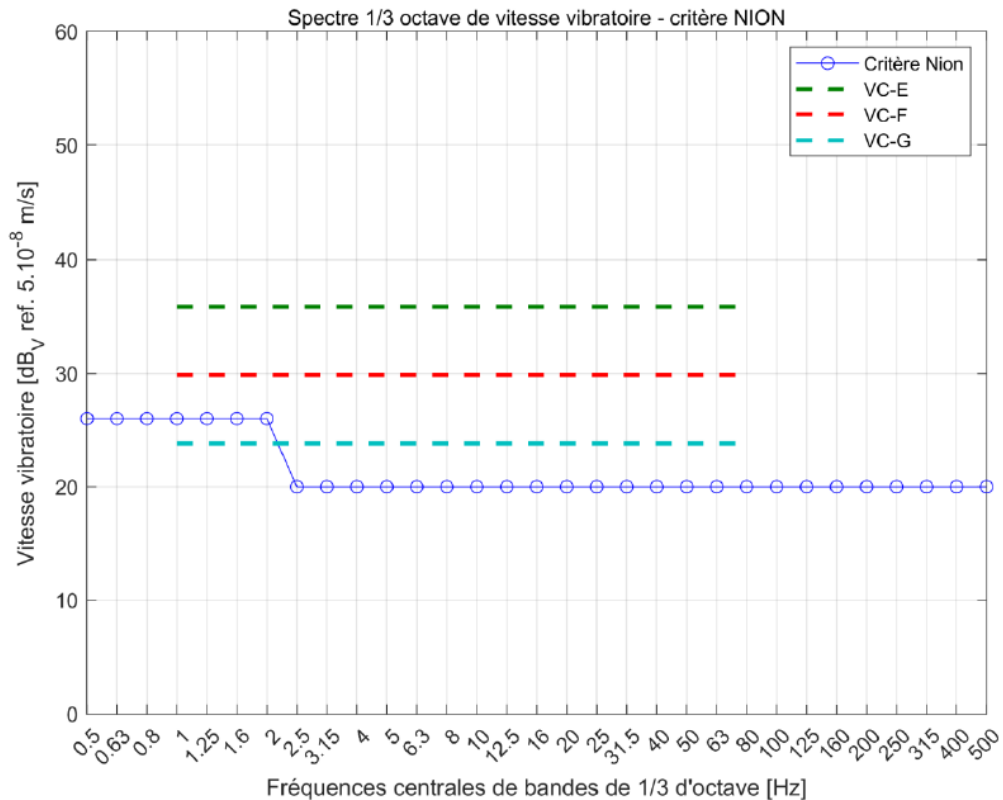


Figure 5 : Seuil vibratoire du NION HERMES 200 SX comparé aux gabarits ASHRAE.

Le critère du microscope représente des niveaux vibratoires extrêmement faibles, de l'ordre du **gabarit VC-G**.

Ce seuil vibratoire n'étant pas totalement encadré par NION, l'objectif visé sur ce projet est complété et s'exprime de la manière suivante :

*Le niveau L0.1 de vitesse vibratoire en surface de la table antivibratile, au pied du microscope, devra respecter par bandes de tiers d'octave les valeurs de :*

**26  $\text{dB}_V$  sur la plage de fréquence [0.5 – 2 Hz] et 20  $\text{dB}_V$  sur [2.5 – 500 Hz].**

*Ce critère s'entend sous la forme d'indice fractile L0.1 basé sur une période de mesurage d'une journée ouvrée (9h – 18h) avec un intervalle d'évaluation des niveaux vibratoires de 1s (Leq, 1s).*

### 7.1.2. PERFORMANCE D'ATTENUATION VIBRATOIRE DE LA TABLE ANTIVIBRATILE

L'atténuation vibratoire attendue de la part de la table antivibratile supportant le microscope, a été évaluée par l'AMO lors de l'étude numérique préliminaire pour la conception des solutions antivibratiles (cf § 6.2 – Annexe 13). Sur cette base, l'**objectif visé** en termes de perte par insertion apportée par la table antivibratile est exprimé dans la Figure 6 et le Tableau 2 suivants.

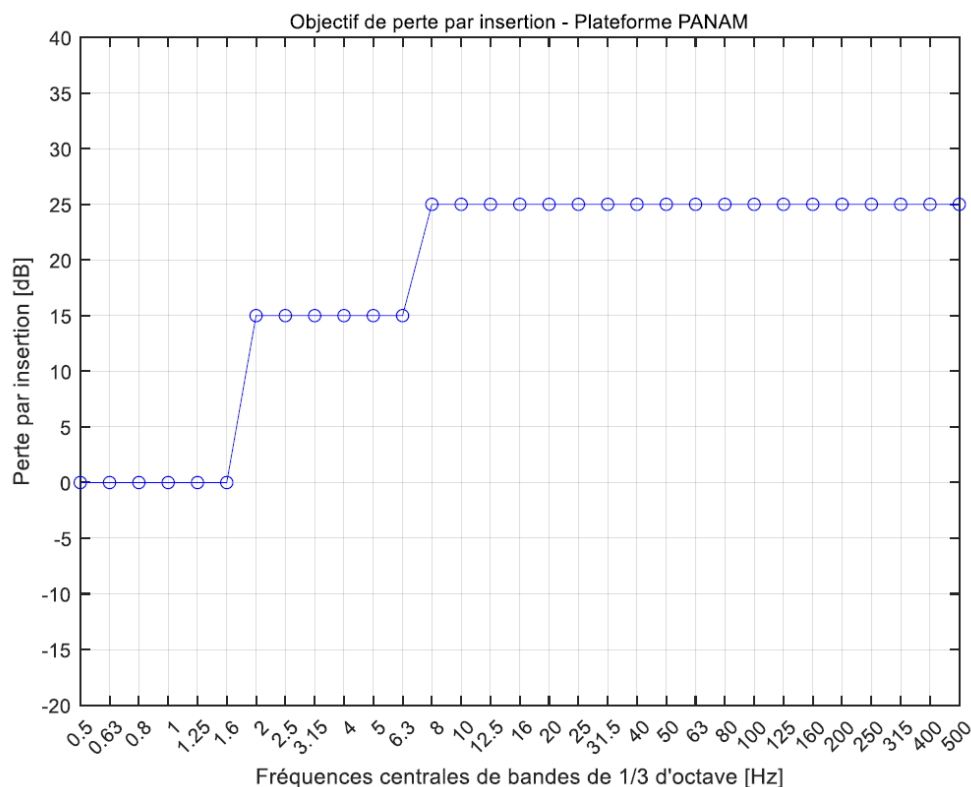


Figure 6 : Gabarit objectif de perte par insertion apportée par la table antivibratile.

Direction	Fréquence	Perte par insertion
Directions verticale et horizontales	0,5 – 1,6 Hz	≥ 0 dB
	2 – 6,3 Hz	≥ 15 dB
	8 – 500 Hz	≥ 25 dB

Tableau 2 : Objectif de perte par insertion pour la table antivibratile.

En cas de non-respect de l'objectif d'atténuation vibratoire, tous les surcoûts nécessaires à la mise en conformité seront à la charge de l'Entrepreneur du présent lot. Les campagnes de mesures complémentaires seront également à la charge de l'Entrepreneur du présent lot.

## 7.2. Données d'entrée – bases de calculs

- Les masses des différents éléments qui seront supportés par la table antivibratile :

L'ensemble {microscope + enceinte} a une masse totale de 3225 kg, sachant que l'enceinte de 1680 kg se subdivise avec un capot amovible de 1000 kg. Pour l'étude de la table antivibratile, il est impératif de ne pas dissocier cet ensemble donc la masse à considérer est de **3225 kg**.

Il existe deux types de porte-objets pour introduire l'échantillon dans le microscope dont la différence de masse est d'environ 200 g.

- Les descentes de charges à considérer pour le microscope :

Le microscope en lui-même (soit  $3225 - 1680 = 1545$  kg) comprend un système pneumatique passif sur 4 pieds donc la descente de charges sur ces 4 pieds est parfaitement identique.

En revanche, l'enceinte est constituée d'une partie arrière fixe ( $\sim 1/3$ ) qui repose sur son pourtour et d'une partie avant (dit capot) ( $\sim 2/3$ ) sur 4 roues pour permettre son roulement.

- La position des centres de gravité des éléments :

Le COM/COG de l'ensemble {microscope + enceinte} se situe aux coordonnées :

$x = 25$  mm,  $y = 91$  mm,  $z = 1,13$  m par rapport au centre géométrique du système de suspension interne (pneumatique passif sur les 4 pieds), sachant que la cote  $z$  est définie par rapport au sol et que  $x$  et  $y$  sont représentés comme suit dans la Figure 7.

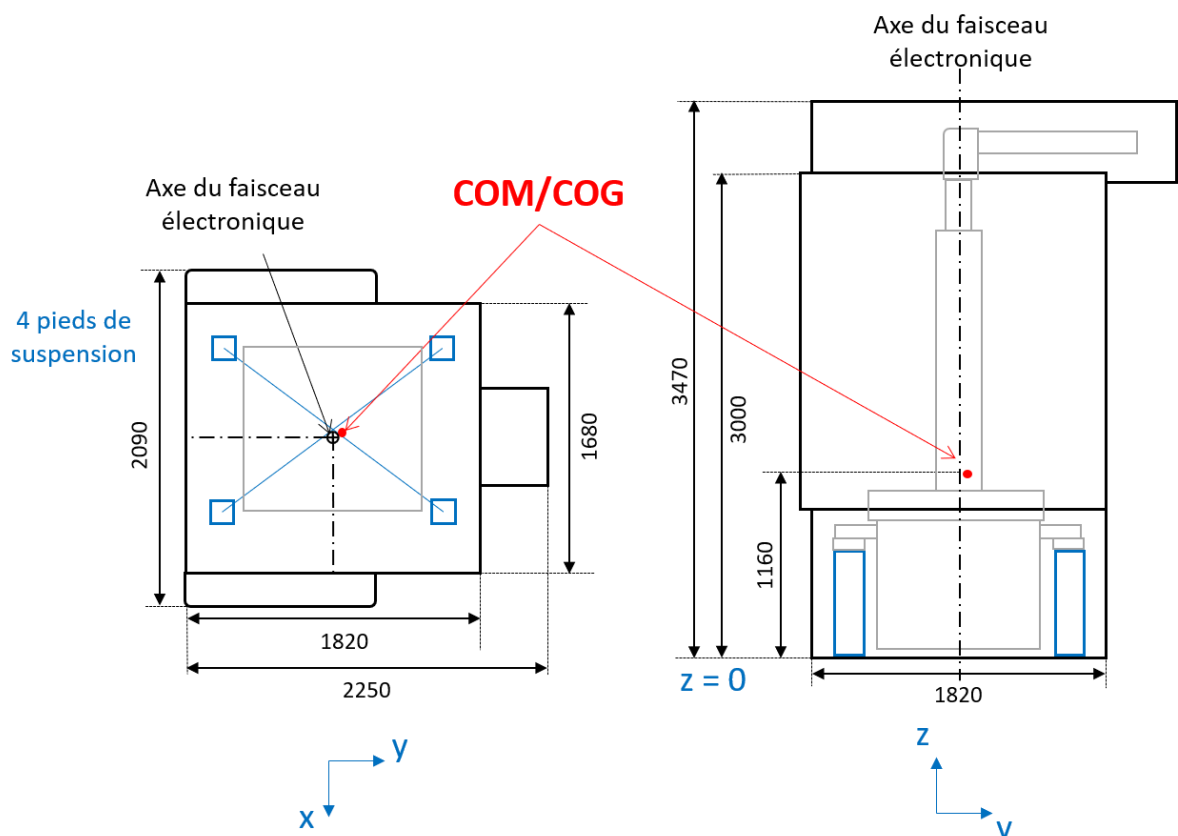


Figure 7 : COM/COG de l'ensemble {microscope + enceinte} par rapport au système de coordonnées définies par rapport au centre géométrique du système de suspension et le sol. Toutes les dimensions sont indiquées en mm.

Les valeurs du COM/COG sont données avec 2% d'erreur.

Par ailleurs, le centre de masse est très légèrement déplacé lorsque le détecteur du système EDS est soit rétracté soit introduit dans la colonne mais cela reste peu significatif d'après le fournisseur du microscope NION.

## 8. DESCRIPTION DES TRAVAUX D'EXECUTION DE LA TABLE ANTIVIBRATILE

### 8.1. Réception des supports

Avant tout début d'exécution, l'Entrepreneur procédera, dans des conditions définies en synthèse avec les lots concernés, à la réception des supports (massif béton 2, blindage passif, plancher en PEHD de protection du blindage) sur lesquels il doit exécuter ses travaux.

Il contrôlera, en particulier, leur planimétrie, leur état de surface, ainsi que leur bonne tenue. L'Entrepreneur vérifiera que la surface supérieure du massif aura été polie pour assurer une horizontalité et un état de surface compatibles avec les isolateurs de la table antivibratile et leurs colonnettes de réglage.

Tout début d'exécution vaut réception des supports correspondants et aucune réclamation ultérieure ne sera admise par le Maître d'Œuvre.

### 8.2. Données de contexte - Principe

Bien que la raideur et la masse du massif béton support soient significatives, cela ne suffirait pas, à lui seul, pour respecter l'objectif vibratoire du microscope selon l'étude préliminaire (Cf. Annexe 13). La mise en œuvre d'une table antivibratile complémentaire est donc nécessaire.

La colonne du microscope est elle-même désolidarisée sur des appuis pneumatiques (cf. § 7.3) donc une attention particulière doit être portée à la conception de la table antivibratile pour limiter les effets de couplages entre oscillateurs.

Les dispositifs antivibratiles peuvent être passifs (pneumatiques, ressorts, élastomères...) ou actifs. Les systèmes actifs se distinguent par l'ajout d'actuateurs sur un système passif.

Un **système actif** est privilégié sur ce projet car cela permet d'éviter le couplage vibratoire avec le système interne du microscope. De plus, un tel système est moins sensible aux événements vibratoires qui surviendraient directement sur la table (personne sur la table, mouvement d'air sur le microscope...) sans nécessité d'un massif d'inertie de plusieurs dizaines de tonnes.

La masse du microscope et de son enceinte reposant sur la table est de 3 225 kg (cf. § 7.3).

On note que le fournisseur NION stipule dans ses exigences environnementales (cf. Figure 1) que la table positionnée entre les isolateurs antivibratiles et le microscope devrait être dimensionnée de façon à obtenir une surface minimale disponible de 2 x 2.2 m<sup>2</sup>.

Le Lot n°01 – Macro lot Gros Œuvre étendu a à sa charge la création d'un massif béton 2 aimanté dont la surface supérieure devra avoir les dimensions 2.2 x 2.2 m<sup>2</sup>.

Le schéma de principe est rappelé en Figure 8.

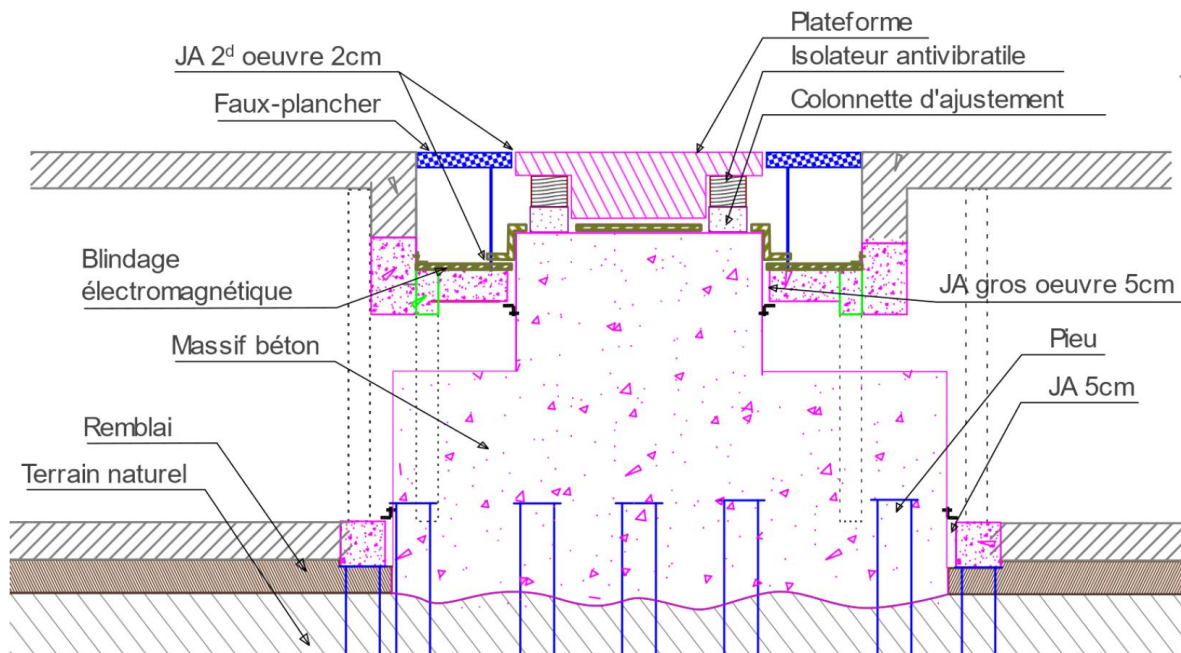


Figure 8 : Schéma de principe - Table antivibratile sur le massif béton.

### 8.3. Les isolateurs antivibratiles

Les isolateurs antivibratiles mis en place devront permettre d'atteindre l'objectif de perte par insertion stipulé au § 7.1.2.

Ils devront satisfaire l'exigence de **matériaux amagnétiques** dans la Microscope Room.

À titre d'exemples de système d'isolation : TMC Stacis 3 et TMC Stacis 4.

Les systèmes Stacis de TMC sont des isolateurs actifs piézoélectriques.

Il existe actuellement plusieurs versions de la solution Stacis listée ci-après par ordre de performance croissante :

- Stacis 3,
- Stacis 4,
- Stacis 4 avec « FloorSense ».

Les isolateurs peuvent supporter jusqu'à 2 045 kg chacun.

Les trois solutions permettraient théoriquement d'atteindre l'atténuation basse fréquence escomptée, donc même la version Stacis 3 serait en principe suffisante mais cela devra être confirmé par TMC au cours du projet.

Autre exemple de système d'isolation : HWL/TS AVI-600 avec option LFS.

Le système AVI-600 est également composé d'éléments actifs piézoélectriques. Il permet théoriquement d'atteindre l'objectif d'atténuation vibratoire du projet.

Les isolateurs peuvent supporter environ 600 kg par unité, ce qui implique plus de 4 unités et donc plus d'emprise occupée sur le massif béton 2 et à interfacer avec la protection électromagnétique du Lot n° 04 – Blindage passif et boucles actives.



## 8.4. La table antivibratile

Le dimensionnement de la table entre les isolateurs antivibratiles et le microscope doit être menée avec précautions afin de pouvoir bénéficier de la performance maximale des isolateurs.

En effet, l'atténuation vibratoire annoncée par un fournisseur est parfois considérée dans une configuration avantageuse proche d'un oscillateur simple à un degré de liberté.

Cependant, le comportement dynamique réel est plus complexe et fait intervenir des modes de corps rigides (basculements, rotations) susceptibles de dégrader cette atténuation théorique.

Enfin, les modes propres élastiques de la table elle-même sont également à considérer dans le dimensionnement de manière à éviter la dégradation de l'atténuation sur la plage de fréquence d'intérêt (cas d'une table trop souple par exemple).

La table elle-même doit satisfaire l'exigence de **matériaux amagnétiques** dans la Microscope Room.

### • Critères de dimensionnement

Un calcul de prédimensionnement de la table a été mené dans l'étude préliminaire (Cf. Annexe 13) en considérant les hypothèses suivantes :

- Microscope de masse 3 225 kg avec un centre de gravité situé à 1.13 m de hauteur (cf. § 7.3),
- Massif en forme de « T » de 4 tonnes offrant une emprise en surface supérieure de 2.2 x 2 m<sup>2</sup>. On considère que le massif est en granit (propriétés : E=95 GPa et  $\rho=2\,500\text{ kg/m}^3$ ).

Les dimensions ont été sélectionnées pour abaisser le centre de gravité de l'ensemble, obtenir un premier mode propre élastique suffisamment haut en fréquence et conserver des proportions plausibles structurellement bien que cela doive être vérifié par un spécialiste.

Sur la base de ce prédimensionnement, la table devra assurer les paramètres suivants :

- Première fréquence propre de comportement élastique (conditions libre-libre) :  
105 Hz a minima,
- Différence d'altitude entre plan des appuis et plan du centre de gravité {massif + microscope} :  
35 cm au maximum,
- Masse estimée de la table seule :  
4000 kg (le total des masses doit être compatible avec les isolateurs).

À titre d'exemple de fournisseur de marbres techniques : MICROPLAN ([microplan-group.com](http://microplan-group.com))

Le prédimensionnement de la table est schématisé en Figure 9 avec deux coupes perpendiculaires et en 3D.



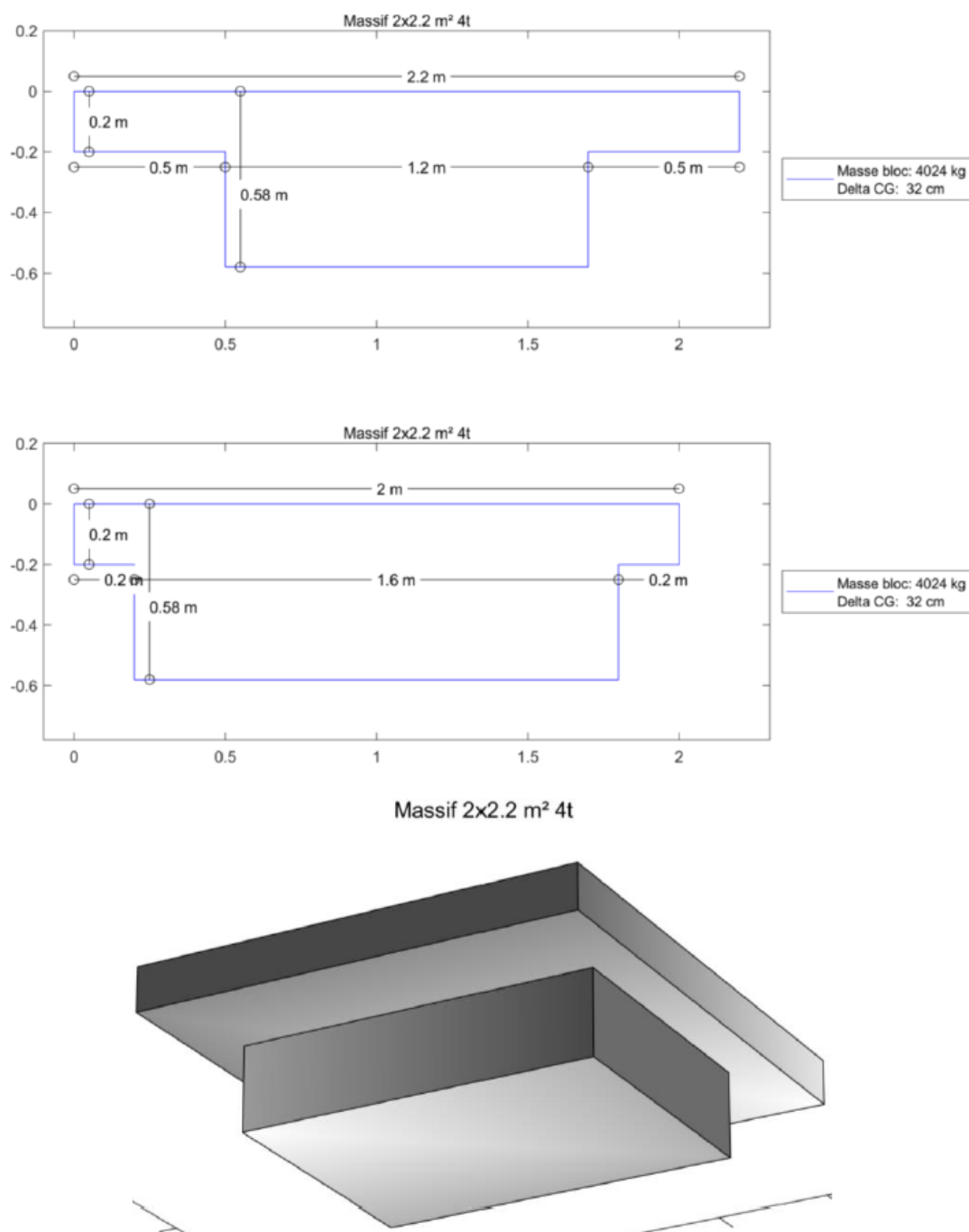


Figure 9 : Exemple de massif (table) de 4 tonnes.

## 8.5. Les colonnettes d'ajustement

Des colonnettes sont nécessaires pour ajuster le positionnement en altitude de la table du fait de la différence de hauteur entre les isolateurs et la partie basse de la table et pour s'assurer de la contrainte stricte d'arase identique entre le faux plancher technique et la surface supérieure de la table (cf. § 2.6).

Les colonnettes doivent satisfaire l'exigence de **matériaux amagnétiques** dans la Microscope Room.

Les colonnettes ne devront pas reposer sur le blindage électromagnétique.

Sur deux colonnettes, la surface supérieure sera dimensionnée de manière à laisser libre une bande de 5 cm de largeur afin de pouvoir positionner un capteur vibratoire pour les essais de pré-réception et de réception.

L'état de surface des faces supérieures, en contact avec les isolateurs, sera poli pour permettre un contact surfacique maximal et précis. En face inférieure, les colonnettes seront fixées au massif béton par collage ou assemblage mécanique, en optimisant le contact surfacique. Le détail devra cependant être établi en concertation avec l'Entrepreneur titulaire du Lot n°04 – Blindage passif et boucles actives pour anticiper l'interface avec le blindage électromagnétique.

Le fournisseur d'isolateurs spécifiera les éventuelles contraintes additionnelles liées à son système.

## 8.6. Les joints antivibratiles

La table sera désolidarisée des éléments environnants par un vide franc de désolidarisation (joint antivibratile) égal ou supérieur à **20 mm**, mais strictement inférieur à 50 mm (cf. § 2.6).

Cela s'applique notamment aux éléments suivants :

- Au faux plancher technique en périphérie de la table antivibratile,
- Au revêtement du blindage passif électromagnétique au-dessus du massif béton 2 amagnétique.

## 8.7. Pré-réception des ouvrages

Avant installation du microscope, l'Entreprise fournira un **rapport de mise en fonctionnement de la table sur isolateurs** justifiant du bon fonctionnement du système antivibratile par une mesure vibratoire simultanée entre la surface supérieure de la table et la surface supérieure du massif béton 2 (ou d'une colonnette).

L'enregistrement comportera une période de calme de 10 minutes a minima et les résultats seront présentés sous la forme de spectres moyens par bandes de tiers d'octave calculés sur cette durée.

Additionnellement, l'Entreprise présentera les niveaux vibratoires par rapport à l'objectif projet présenté au § 7.1.1 et alertera sur d'éventuelles sources de vibrations ayant un impact notable sur cet indicateur.

Les mesures seront effectuées dans les trois directions de l'espace.

Le matériel d'acquisition sera adapté à des mesures de faibles niveaux vibratoires (< 20 dB<sub>v</sub>) sur la bande de fréquence [0.5 Hz – 500 Hz].

Les atténuations vibratoires, soit la différence des spectres « dessus/dessous » pour chaque direction, seront comparées à l'objectif décrit au § 7.1.2.

## 8.8. Réception des ouvrages

Après installation du microscope, l'Entreprise assistera aux opérations de réception pour procéder aux éventuels derniers ajustements du système antivibratile.

Noter que des essais vibratoires de réception sont réalisés par l'AMO BET Vibrations après installation des différents éléments du microscope sur la table antivibratile.

Le respect de l'objectif vibratoire décrit au § 7.1.1 sera contrôlé pendant une journée représentative de l'activité du bâtiment et de l'environnement. Des événements vibratoires contrôlés seront réalisés pour évaluer leurs impacts (passage de véhicule à proximité, claquements de portes, mise en fonctionnement des équipements techniques et équipements annexes...).

De plus, la transmissibilité vibratoire de part et d'autre de la plateforme antivibratile sera mesurée et comparée à l'objectif de perte par insertion décrit au § 7.1.2.