

Brevet de technicien supérieur

Bâtiment

Épreuve U32

Sciences physiques appliquées

Session 2025

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé

L'usage de la calculatrice **avec le mode examen activé** est autorisé.

L'usage de la calculatrice **sans mémoire**, « type collègue », est autorisé.

Important

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 9 pages numérotées de la page 1/9 à la page 9/9.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2025
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 25BTE3SC-S		page 1/9

Cité universitaire la Maison de la Corée

La Maison de la Corée de la cité internationale universitaire a été livrée en juillet 2018. Elle se situe sur une parcelle du 13^{ème} arrondissement de Paris. Une voie du réseau express régional (ligne B) passe en souterrain le long de celle-ci, côté ouest.



Source : photo de l'auteur du sujet

Le problème est composé de trois parties indépendantes :

- Partie 1 : étude de l'isolation acoustique des bruits dus aux passages des trains sur les voies ferroviaires (7,5 points).
- Partie 2 : étude de l'arrosage en eau de pluie des jardins (6,5 points).
- Partie 3 : carbonatation du béton et risque de corrosion des armatures du béton armé (6 points).

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2025
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 25BTE3SC-S		page 2/9

Partie 1 : étude de l'isolation acoustique (7,5 points)

I. Caractéristiques des nuisances sonores

La proximité du bâtiment avec la voie RER a nécessité des études vibratoires spécifiques. En effet, le contact de la roue sur le rail est source de vibrations qui se propagent dans le sol et se transmettent ensuite aux fondations et à la structure du bâtiment. Le bâtiment alors excité, agit comme la membrane d'un haut-parleur en faisant rayonner les parois, ce qui peut avoir pour effet d'induire ce que l'on appelle un bruit solidien, caractérisé par un ronronnement sourd riche en basses fréquences entre 32 Hz et 250 Hz. Selon l'intensité de l'excitation vibratoire et de l'ambiance sonore résiduelle (en dehors des passages de trains), les passages de trains peuvent être un facteur de gêne pour les étudiants.

https://conseils.xpair.com/actualite_experts/traitement-acoustique-residence-montee-sur-ressorts.htm

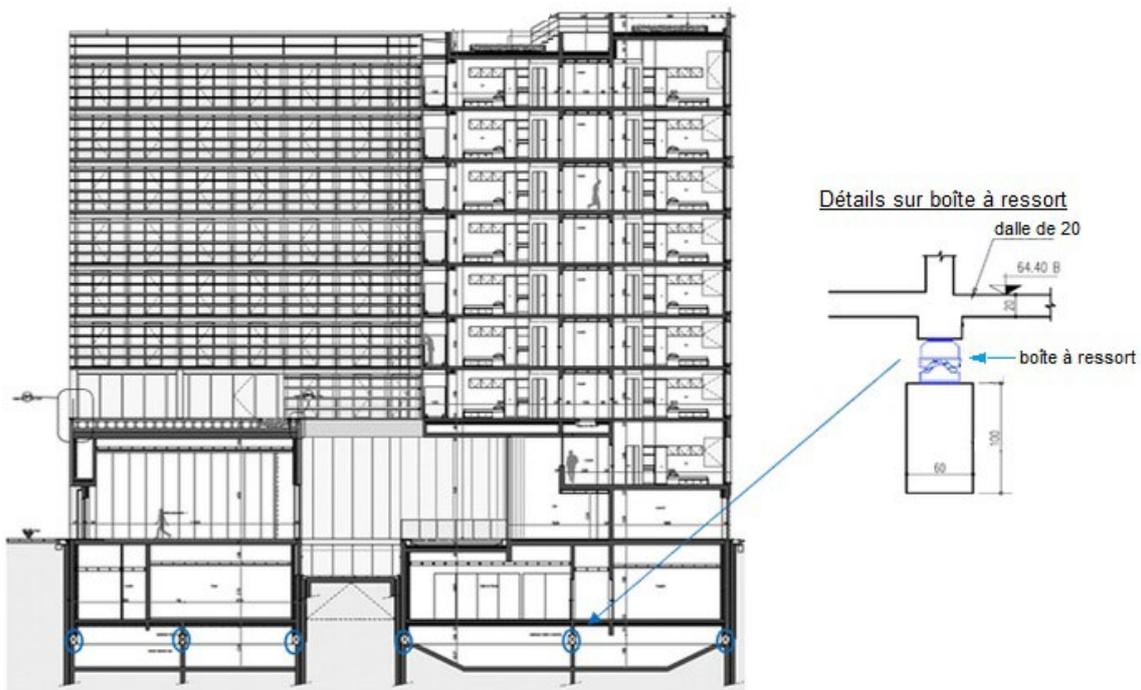
À partir des informations données ci-dessus :

- 1- Déterminer l'origine des nuisances sonores dans la maison de la Corée.
- 2- Donner la valeur de l'intervalle de fréquences des bruits solidiens.

II. Filtration des bruits solidiens

Pour éviter ces nuisances sonores, des études conjointes entre les bureaux d'études acoustique et vibratoire ont été menées pour trouver la solution la plus adaptée. Le choix s'est porté sur un système de boîtes à ressort.

Coupe de principe du bâtiment désolidarisé : la résidence étudiante est construite sur 8 étages pour une masse totale de 15 000 tonnes.



https://conseils.xpair.com/actualite_experts/traitement-acoustique-residence-montee-sur-ressorts.htm

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2025
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 25BTE3SC-S		page 3/9

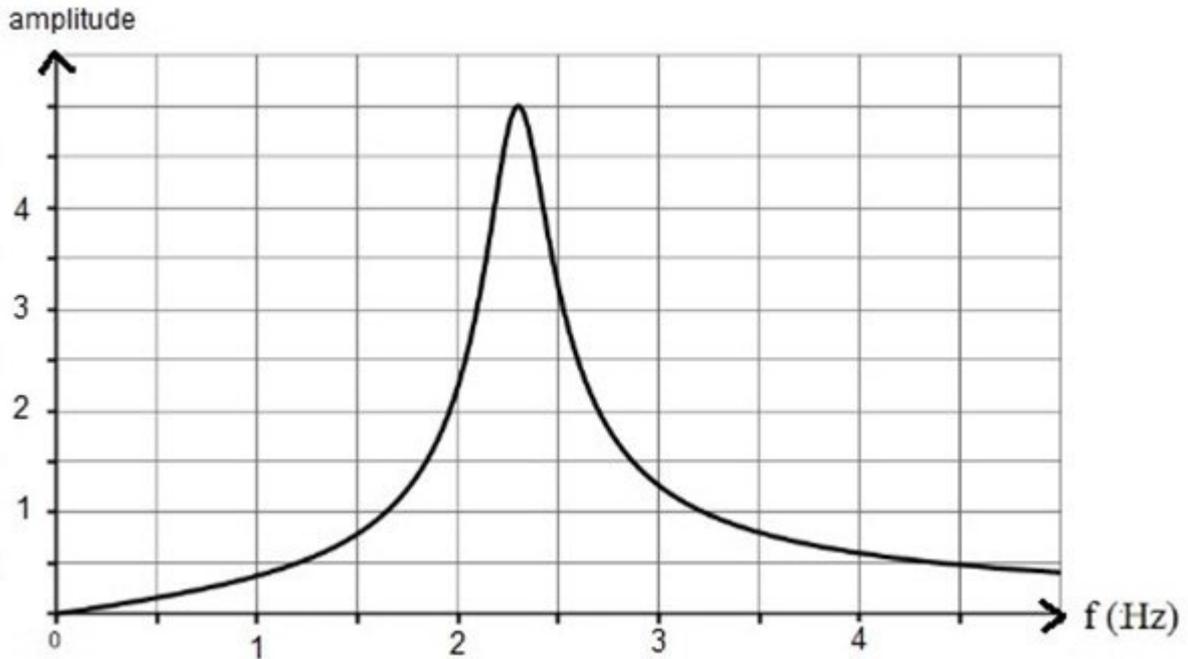
3- Expliquer en quoi le bâtiment étudié est dit « désolidarisé ».

La boîte à ressort peut supporter une masse nominale de 60 tonnes.

4- Estimer le nombre minimal de boîtes à ressort à utiliser pour « porter » le bâtiment, en expliquant votre démarche.

Un test en laboratoire a permis de mesurer l'amplitude des oscillations de l'ensemble boîte à ressort-masse ($m = 60 \text{ t}$) soumis à une excitation de fréquence variable.

La réponse à l'excitation est représentée graphiquement par la courbe ci-dessous.



5- Déterminer la valeur de la fréquence de résonance notée f_R de la boîte à ressort, en expliquant votre démarche.

On considère que les bruits solidiens sont filtrés ou atténués à 90 % par les boîtes à ressort lorsque leurs fréquences sont au moins 6 fois supérieures à la fréquence propre de l'ensemble boîte à ressort-masse.

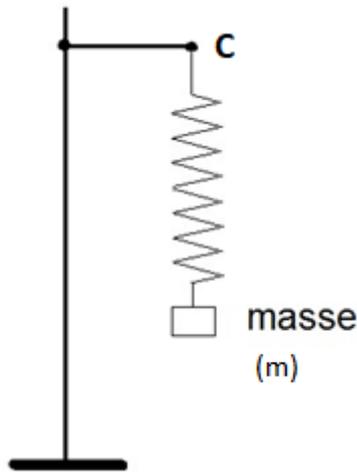
6- Montrer par un calcul que les bruits solidiens sont correctement atténués.

III. Étude expérimentale en laboratoire de sciences

Chaque boîte à ressort ne supporte qu'une partie de la masse totale du bâtiment. On modélise l'ensemble « boîte à ressort-masse partielle du bâtiment » par le pendule élastique représenté ci-après constitué d'un ressort et d'une masse notée m .

Cette modélisation est dite « à l'envers ». Le point de contact C entre le ressort et la potence correspond en réel au contact entre la boîte à ressort et le sol.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2025
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 25BTE3SC-S		page 4/9

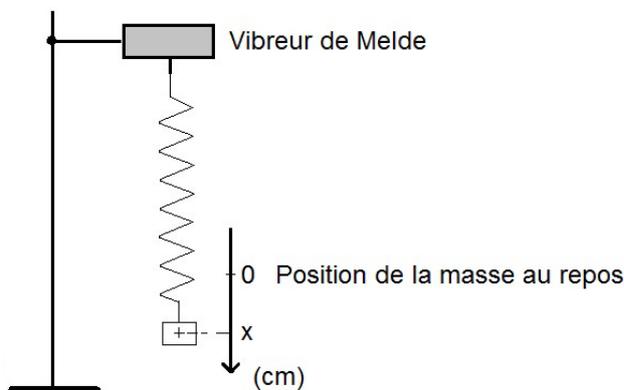


On souhaite déterminer la valeur de la fréquence propre f_P de ce système. Pour cela, on écarte la masse de sa position d'équilibre vers le bas, on lâche celle-ci, et on mesure la durée correspondant à 10 allers-retours : $\Delta t = 4,89$ s.

7- Déterminer la valeur de la période propre des oscillations notée T_P .

8- Déterminer la valeur de la fréquence propre f_P .

Le pendule élastique est maintenant suspendu au vibreur de Melde, comme le montre le schéma ci-dessous. Le vibreur de Melde, alimenté par un générateur de fréquence réglable (non représenté sur le schéma ci-dessous), permet de faire vibrer verticalement l'ensemble « ressort + masse ». La fréquence du vibreur f_E est égale à celle du générateur.



9- Associer les différentes parties du montage aux éléments de la situation réelle : « Maison de la Corée », « RER + rails ».

Pour différentes valeurs de la fréquence f_E , on mesure le déplacement vertical maximal noté x_M de la masse. Les mesures sont répertoriées dans le tableau ci-dessous.

f_E (Hz)	1,0	1,4	1,7	2,0	2,3	2,8	4,0	8,0	12,0
x_M (cm)	0,1	0,5	0,9	1,5	0,8	0,3	0,1	0,1	0,1

10- Montrer que les mesures expérimentales ci-dessus sont compatibles en fréquence et en atténuation avec la situation réelle.

On s'aidera des informations proposées en amont de la question 6.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2025
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 25BTE3SC-S		page 5/9

Partie 2 : étude de l'arrosage en eau de pluie des jardins (6,5 points)

Autour de la Maison de la Corée, les jardins sont arrosés en cas de besoin par une pompe à eau (ou surpresseur) se trouvant dans un local technique du bâtiment. La pompe puise l'eau de pluie dans une cuve enterrée dans les jardins.

I- Étude de la hauteur et de la longueur d'aspiration

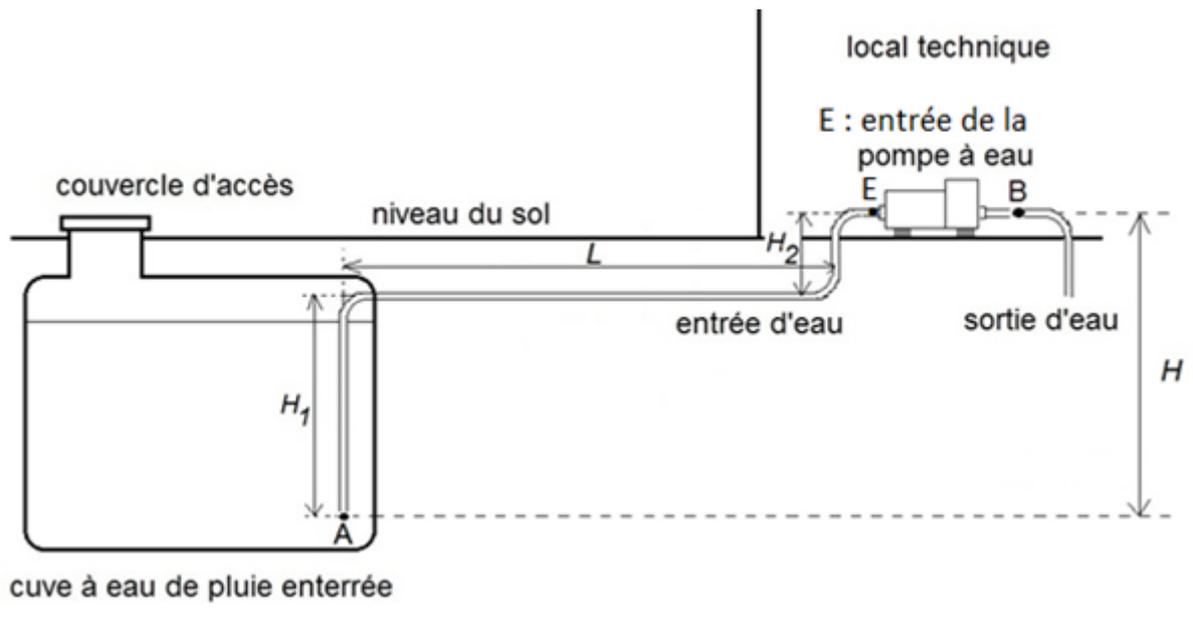
Le constructeur indique les valeurs maximales suivantes de longueur et de hauteur d'aspiration pour un tuyau de diamètre intérieur 28 mm :

H_{\max} (m)	0	3,0	6,0	7,0	8,0
L_{\max} (m)	68,0	43,0	17,0	9,0	0

<http://net.grundfos.com/qr/i/98880508>

11- Donner la hauteur maximale, en fonctionnement nominal, à partir de laquelle la pompe ne peut plus aspirer d'eau.

On donne ci-dessous le schéma simplifié de la cuve à eau de pluie enterrée avec la pompe.



Données :

- L : longueur d'aspiration du point A au point E ($L = 22,0$ m) ;
- $H = H_1 + H_2$: hauteur d'aspiration ($H_1 = 1,5$ m ; $H_2 = 0,80$ m) ;
- diamètre intérieur des tuyaux : $d_A = d_B = 28$ mm.

12- Montrer que l'installation de la cuve respecte bien les caractéristiques liées au bon fonctionnement de la pompe.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2025
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 25BTE3SC-S		page 6/9

II. Étude de l'écoulement et de la pompe

On considère l'eau comme un fluide parfait c'est-à-dire sans viscosité, en écoulement stationnaire et laminaire dans les tuyaux.

13- Expliquer les termes « stationnaire » et « laminaire ».

Le débit volumique pour l'arrosage des jardins est imposé à la valeur de $1,0 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$.

14- Convertir cette valeur en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Dans le cas d'un fluide parfait, incompressible, en écoulement permanent et laminaire, la conservation de l'énergie dans l'écoulement se traduit par la relation de Bernoulli :

$$\frac{1}{2} \times \rho \times (v_B^2 - v_A^2) + \rho \times g \times (z_B - z_A) + p_B - p_A = \frac{P_U}{D_V}$$

ρ : masse volumique du fluide ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

g : accélération de la pesanteur, $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

v_A, v_B : vitesse du fluide au point A et au point B ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

z_A, z_B : altitude du point A et du point B (m)

p_A, p_B : pression du fluide au point A et au point B (Pa)

P_U : puissance utile fournie par la pompe (W)

D_V : débit volumique du fluide ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

15- Établir la relation de Bernoulli sous la forme ci-dessous, entre les points A et B de l'installation telle qu'elle est décrite par le schéma de la partie 2. I-.

$$P_U = D_V \times [\rho \times g \times (z_B - z_A) + p_B - p_A]$$

16- Déterminer par un calcul la valeur de la puissance utile P_U de la pompe. Celle-ci est environ égale à 60 W.

Données : $p_A = 1,1 \text{ bar}$; $p_B = 3,0 \text{ bar}$; $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$; $\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Quelques caractéristiques supplémentaires concernant la pompe :

- rendement de la pompe : 50 % ;
- puissance électrique nominale : 550 W.

17- Discuter de l'affirmation suivante : « Cette pompe peut arroser les jardins sans difficulté ».

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2025
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 25BTE3SC-S		page 7/9

Partie 3 : carbonatation du béton et risque de corrosion des armatures du béton armé (6 points)

Pour réaliser la cité universitaire, l'ensemble des structures en béton a été coulé en place. Plusieurs types de béton ont été utilisés selon les besoins : béton armé, béton isolant structurel, béton fibré ultraperformant.

Quel que soit le type de béton obtenu, il est réalisé à partir de ciment dit « Portland ».

I. La carbonatation du béton : un phénomène naturel

Tous les bétons subissent le phénomène naturel de carbonatation tout au long de leur vie. La réaction du dioxyde de carbone CO_2 issu de l'air avec les substances alcalines (hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$) du béton s'appelle la carbonatation. Elle génère du carbonate de calcium CaCO_3 .

La carbonatation concerne surtout les couches superficielles du béton.

18- Citer le produit issu de la carbonatation du béton.

I- Le risque de corrosion des armatures du béton armé

Dans le béton non armé, la carbonatation n'a pas d'influence négative sur la durabilité.

Pour le béton armé, la carbonatation peut être néfaste par l'abaissement du pH, provoquant alors la corrosion de l'armature.

Corrosion des armatures du béton armé initiée par la carbonatation :

- lorsqu'une armature est placée dans le béton frais, on obtient une combinaison de matériaux favorable à la durabilité. En fait, le béton, grâce à son pH élevé (pH environ égal à 12), protège l'acier de sa tendance naturelle à la dégradation en présence d'humidité. [...] Il s'y produit une transformation chimique que l'on peut modéliser par deux demi-équations chimiques :
$$\text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \quad (1)$$
$$\text{O}_2 + \dots \text{H}_2\text{O} + \dots \text{e}^- = \dots \text{HO}^- \quad (2)$$
- si les produits formés étaient progressivement éliminés, le processus conduirait à la destruction complète de l'acier. Heureusement, dans le cas de l'armature entourée par du béton, il y a passivation de l'acier : il s'agit de la création d'une couche protectrice par le dépôt d'oxydes stables. En effet, les réactions principales d'oxydoréduction sont suivies de réactions secondaires de formation des produits de corrosion à la surface du métal : les oxydes Fe_3O_4 et Fe_2O_3 jouant le rôle « d'écran ». Ils sont d'autant plus stables qu'ils sont entourés d'hydroxydes, en l'occurrence l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ du béton. Nous nous trouvons, ici, avec un béton dont le pH est nettement supérieur à 9.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2025
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 25BTE3SC-S		page 8/9

- la corrosion des armatures survient lorsque la protection assurée par le béton n'est plus efficace. Ceci se produit lorsque le béton recouvrant l'armature a été carbonaté provoquant la baisse du pH à une valeur inférieure à 9. La stabilité de l'écran n'est plus assurée et l'oxydation du fer peut se produire.
- cela conduit à la formation de produits de corrosion (rouille) beaucoup plus volumineux que le volume initial de fer. Il en résulte une expansion et un éclatement du béton comme le montre la photo ci-contre :



Différents alliages de fer et de carbone avec d'autres métaux		
Acier inox	Acier	Fonte
Teneur en C < 1,2 % Teneur Chrome > 10 %	Teneur en Carbone < 5 %	2 % < Teneur en carbone < 6 %

- 19- Donner le nom du métal majoritaire présent dans l'acier.
- 20- Citer le nom de la réaction chimique modélisée par la demi-équation n°1.
- 21- Nommer le couple « oxydant / réducteur » intervenant dans cette demi-équation.
- 22- Recopier et ajuster la demi-équation chimique n°2.
- 23- Citer les formules chimiques des oxydes permettant de protéger les armatures.
- 24- Expliquer l'effet de la corrosion sur les armatures.

II- Facteurs limitant la corrosion des armatures du béton armé

La probabilité d'une dégradation due à une corrosion initiée par la carbonatation diminue pour :

- une faible porosité du béton ; ainsi le rapport « masse d'eau / masse de ciment » du béton recouvrant les armatures doit être faible (inférieur à 0,55 voire 0,50), et la teneur en ciment suffisante (supérieure ou égale à 340 kg par mètre cube de béton) ;
 - une mise en œuvre optimale (diamètre maximal des grains en rapport avec l'enrobage des armatures, vibration, etc.) ;
 - une épaisseur d'enrobage suffisante.
- 25- Citer deux paramètres à respecter dans la préparation du ciment pour obtenir un béton armé de bonne qualité, permettant ainsi de protéger efficacement ses armatures de la corrosion.

BTS Bâtiment	Sujet	Session 2025
Épreuve U32 – Sciences Physiques Appliquées	durée : 2 heures	Coefficient : 2
Code : 25BTE3SC-S		page 9/9