

**BANQUE D'ÉPREUVES DUT-BTS
-SESSION 2017-**

**ÉPREUVE DE GÉNIE - CIVIL
ET
PHYSIQUE DU BÂTIMENT**

CODE ÉPREUVE : 971

*L'usage de calculatrices électroniques de poche à alimentation autonome, non imprimantes et sans document d'accompagnement, **est autorisé**, une seule étant admise sur la table ou le poste de travail.*

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2H30

Rappel préliminaire :

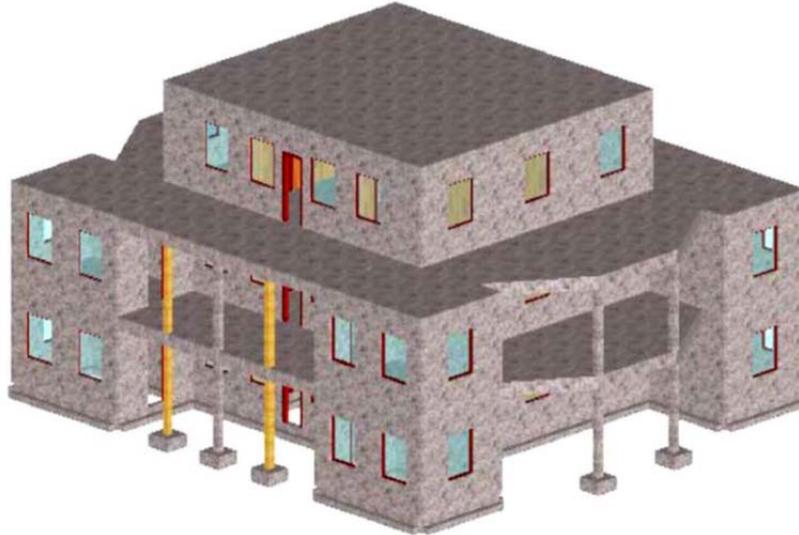
Vous ne devez pas répondre au hasard. Pour chaque item les points obtenus sont toujours négatifs quand la réponse est mauvaise. En cas d'abstention le nombre de points est nul. Un ensemble de bonnes réponses à une question permet d'obtenir des points supplémentaires sous forme de « bonus ».

Attention : certains items peuvent comporter des affirmations multiples, la réponse ne doit être jugée vraie (V) que si toutes les affirmations vous paraissent correctes.

QUESTION 1

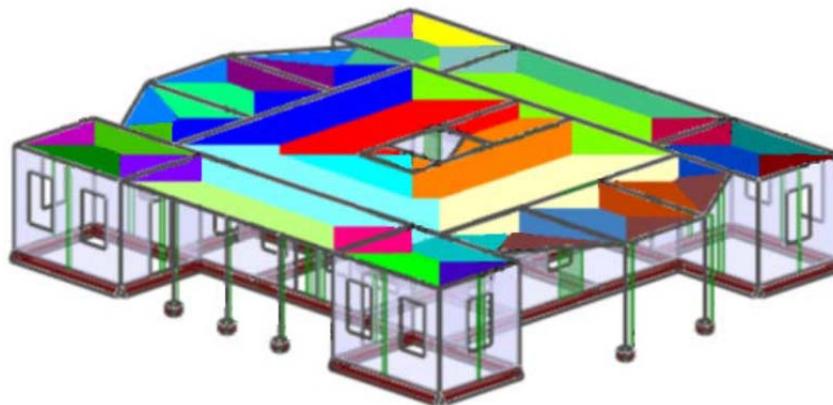
Analyse du comportement en flexion d'une dalle pleine en béton armé, supportant une charge surfacique q uniformément répartie.

La zone de plancher en référence est extraite du bâtiment représenté ci-dessous comme exemple.

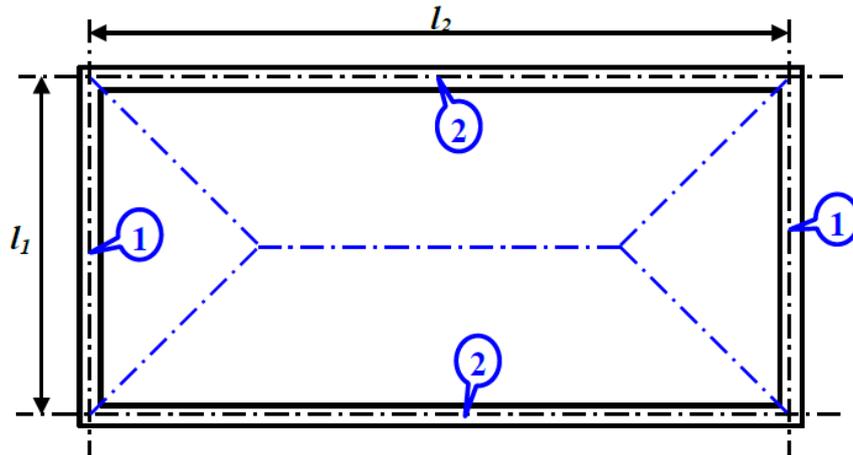


Exemple / Autodesk Concrete Building Structures®

Le report des charges sur appuis est réalisé selon la méthode des « lignes de rupture », qui consiste à affecter à chaque support linéaire (poutre, voile) les surfaces découpées suivant les bissectrices (modélisation ci-dessous).



La dalle considérée est appuyée en périphérie sur un réseau de poutres orthogonales repérées ① et ②, nous la supposons « isolée » et libre en rotation sur son pourtour (panneau isostatique).



On suppose que les poutres supportant la dalle sont sur appuis ponctuels fixes (non représentés). Les distances entre appuis (portées) dans les deux directions sont notées l_1 et l_2 ($l_1 \leq l_2$) ; nous utiliserons le paramètre $\alpha = \frac{l_1}{l_2}$ (avec $\alpha \leq 1$).

- (A) La poutre ①, comme la poutre ②, reçoit un taux de charge linéique dont l'intensité varie de 0 à $ql_1/2$.
- (B) La poutre ① subit un moment fléchissant maximum égal à $ql_1^3/24$.
- (C) La poutre ② subit un moment fléchissant maximum égal à $ql_1 l_2^2/48 (3 - \alpha)$.

Comparaison avec les sollicitations subies par ces mêmes poutres si l'on considère un **chargement linéique uniforme**. Nous noterons alors p ce taux de charge qui produirait le même moment fléchissant à mi-travée que le chargement défini précédemment.

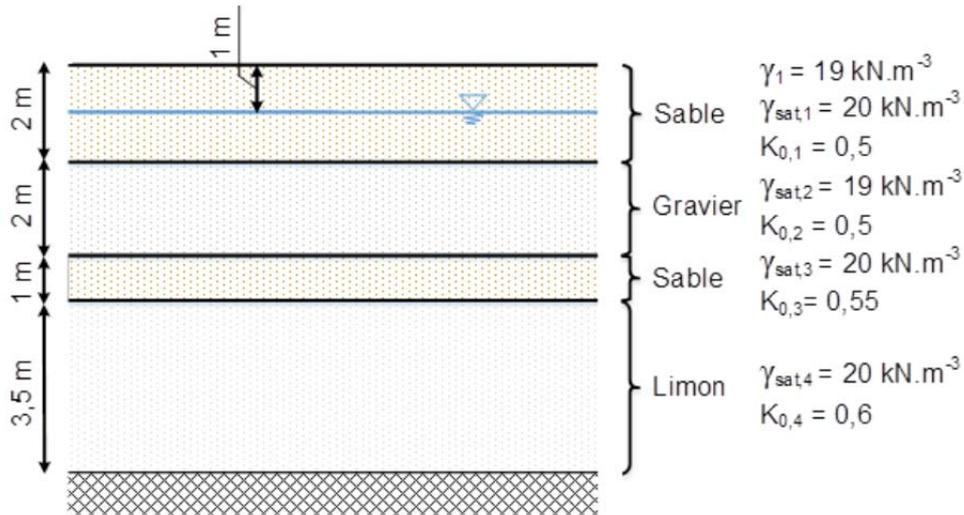
- (D) Pour la poutre ① on obtiendra $p = ql_1/3$.
- (E) Pour la poutre ② on obtiendra $p = ql_1/2 (1 - \alpha/3)$.

QUESTION 2

Contraintes dans un sol au repos

On considère un massif composé de quatre couches de natures différentes. Le massif est entièrement saturé excepté sur un mètre en surface.

La figure ci-dessous résume les valeurs de hauteurs, de poids volumiques, et de coefficients des terres au repos.

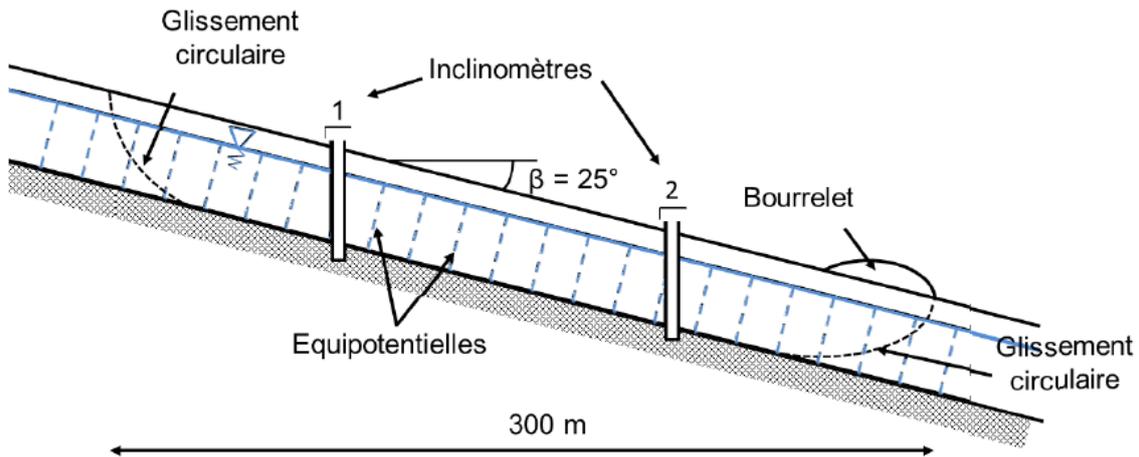


- (A) La contrainte verticale totale à 4 m de profondeur est supérieure à 80 kPa.
- (B) La contrainte verticale effective à 5 m de profondeur est inférieure à 60 kPa.
- (C) Les contraintes horizontales effectives s'estiment par la relation : $\sigma'_h = K_0 \sigma'_v$.
- (D) La contrainte horizontale effective à 7 m de profondeur est supérieure à 50 kPa.
- (E) Pour les sables, le coefficient des terres au repos peut s'estimer par la formule approchée : $K_{0,i} = \sin \varphi'_i - 1$ avec φ'_i angle de frottement du sol de la couche i.

QUESTION 3

Glissement de terrain

Des désordres ont été observés sur un chemin départemental au bas d'une colline, laissant supposer la présence d'un glissement de terrain.



La surface de glissement a été estimée sur la base des résultats inclinométriques, en tenant compte des fissures d'arrachement observées au sommet du glissement et du bourrelet de pied visible en contrebas.

Cette surface coïncide avec le contact d'une couche superficielle de matériaux d'éboulis et d'un substratum plus résistant. Le poids volumique des éboulis est égal à $\gamma_e = 18 \text{ kN/m}^3$ au-dessus de la nappe et $\gamma_s = 21 \text{ kN/m}^3$ dans la nappe.

Des essais à la boîte de cisaillement ont montré que le critère de plasticité de Coulomb est adapté aux éboulis, avec une cohésion $c' = 0 \text{ kPa}$ et un angle de frottement $\varphi' = 30^\circ$.

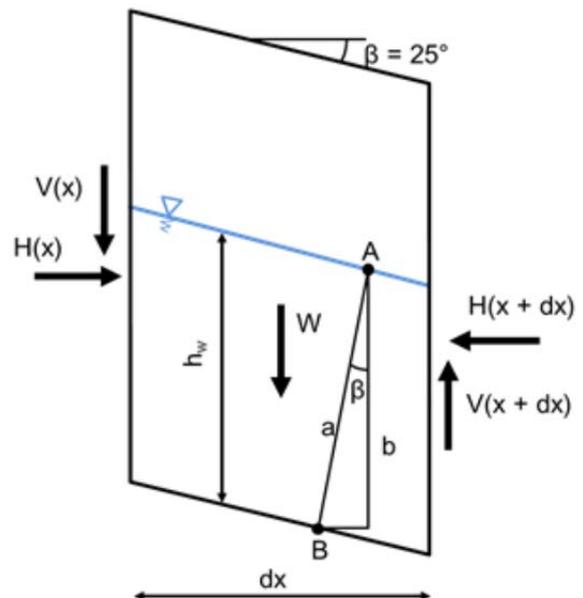
En supposant que la longueur de la pente est infinie (cf. figure ci-contre), on peut se restreindre à l'étude d'un tronçon de pente de largeur dx . La hauteur verticale du tronçon est de 5,5 m.

La nappe est de hauteur $h_w = 3 \text{ m}$ (verticalement) par rapport au substratum. On considère que l'écoulement de la nappe est parallèle à la pente.

On considère que les efforts horizontaux et verticaux sur les faces latérales du tronçon se compensent :

$$H(x) = H(x+dx) \text{ et } V(x) = V(x+dx).$$

Le segment AB correspond à une équipotentielle.



- (A) Le poids W du tronçon est supérieur à $100 \cdot dx$ (pour une tranche d'un mètre de massif)
- (B) En considérant que la charge hydraulique en A est identique à la charge hydraulique en B, la pression interstitielle sur la surface de glissement (en B) est inférieure à 25 kPa.

On considère que la force W se décompose en un effort normal N et un effort normal T sur la surface de glissement.

- (C) Les expressions des contraintes totales normale et tangentielle sur la surface de glissement sont :

$$\sigma = \frac{W \cos^2 \beta}{dx} \quad \text{et} \quad \tau = \frac{W \cos \beta \sin \beta}{dx}$$

- (D) La contrainte normale effective sur la surface de glissement est supérieure à 70 kPa.
- (E) Le coefficient de sécurité vis-à-vis du glissement, défini comme le rapport entre la contrainte tangentielle maximale et la contrainte tangentielle appliquée, est inférieur à 1.

Rappel : critère de *Mohr Coulomb* $\tau'_{max} = c' + \sigma' \tan \varphi'$.

QUESTION 4

Afin de récupérer un maximum d'énergie thermique, la plupart des capteurs solaires à eau utilisent le principe de l'effet de serre.

À partir du schéma de la figure 1 décrivant les propriétés du vitrage vis à vis des CLO (courtes longueurs d'onde, visible) et des GLO (grandes longueurs d'onde, infrarouges), il est possible d'expliquer le principe de l'effet de serre.

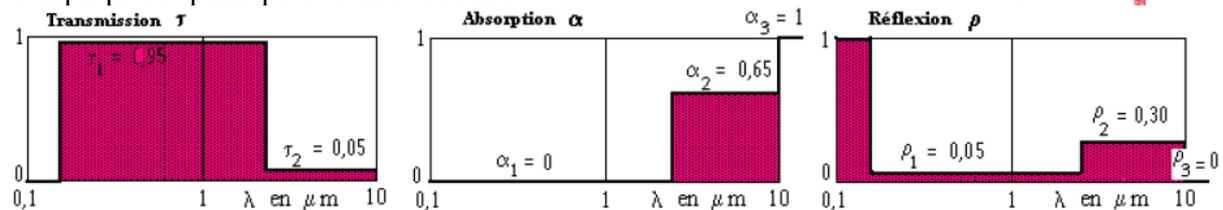
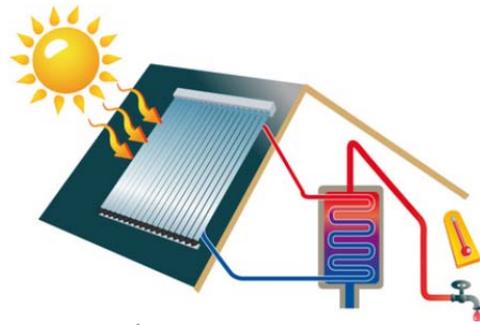


Figure 1 : coefficients τ , α , ρ pour un vitrage de capteur solaire à eau
(source : cours de thermique, P. Cormault)

Rappels, données d'étude :

Température de surface du soleil : 5700 K. La lumière *visible* (0,4 à 0,8 μm) est encadrée par le rayonnement *ultraviolet* (0,1 à 0,4 μm) et le rayonnement *infrarouge* (0,8 μm à 100 μm).

La loi donnant la relation entre λ_{max} (la longueur d'onde autour de laquelle l'essentiel de l'énergie est émise par un corps noir) et sa température de surface est la loi de Wien :

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = \text{constante} = 2885 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$

L'émittance énergétique totale (puissance rayonnée par unité de surface) est proportionnelle à la puissance quatrième de la température absolue de la surface du corps :

$M^0 = \sigma \cdot T^4$ (loi de Stefan-Boltzmann) ; σ étant la constante de Stefan-Boltzmann

- (A) Le phénomène physique du rayonnement thermique est basé sur un transfert de chaleur à distance entre deux corps de températures différentes.
- (B) La constante de Stefan-Boltzmann figurant dans la loi rappelée précédemment, donnant l'émittance totale du rayonnement du corps noir dans le vide, s'exprime en $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K}^4)$.
- (C) En se basant sur la loi de Wien, on peut en déduire que le soleil émet essentiellement dans le visible et que les matériaux dont la température est proche de 300 K émettent dans l'infrarouge.
- (D) Le vitrage du capteur solaire laisse passer une grande partie du rayonnement issu du soleil, mais empêche une grande partie de celui issu de l'absorbeur du capteur de le retraverser.
- (E) Pour le vitrage on remarque que $\alpha + \rho + \tau = 1$, quelle que soit la longueur d'onde.

QUESTION 5

On mélange deux masses d'air de 1 kg :

- air A : température -5°C ; humidité relative 90%,
- air B : température 14°C ; humidité relative 90%.

Rappels, données d'étude :

L'humidité absolue x d'un volume d'air à une température donnée désigne le rapport de la masse de vapeur d'eau qu'il contient sur la masse d'air sec :

$$x = \frac{m_{\text{eau}}}{m_{\text{air sec}}}$$

L'humidité absolue peut être définie par la relation : $x = 0,622 P_v / (P_{\text{atm}} - P_v)$

P_v = pression de vapeur ; P_{atm} = pression atmosphérique = 101 300 Pa

Dans notre cas, à $4,5^{\circ}\text{C}$: $x_{\text{saturation}} = 5,4 \cdot 10^{-3}$ Unité S.I.

L'humidité relative est défini par la relation $\varphi = P_v/P_{\text{sat}}$ avec P_{sat} pression de vapeur saturante.

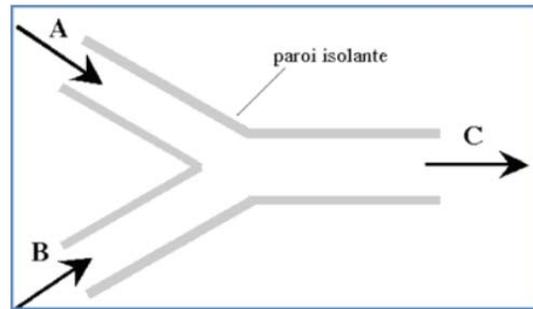
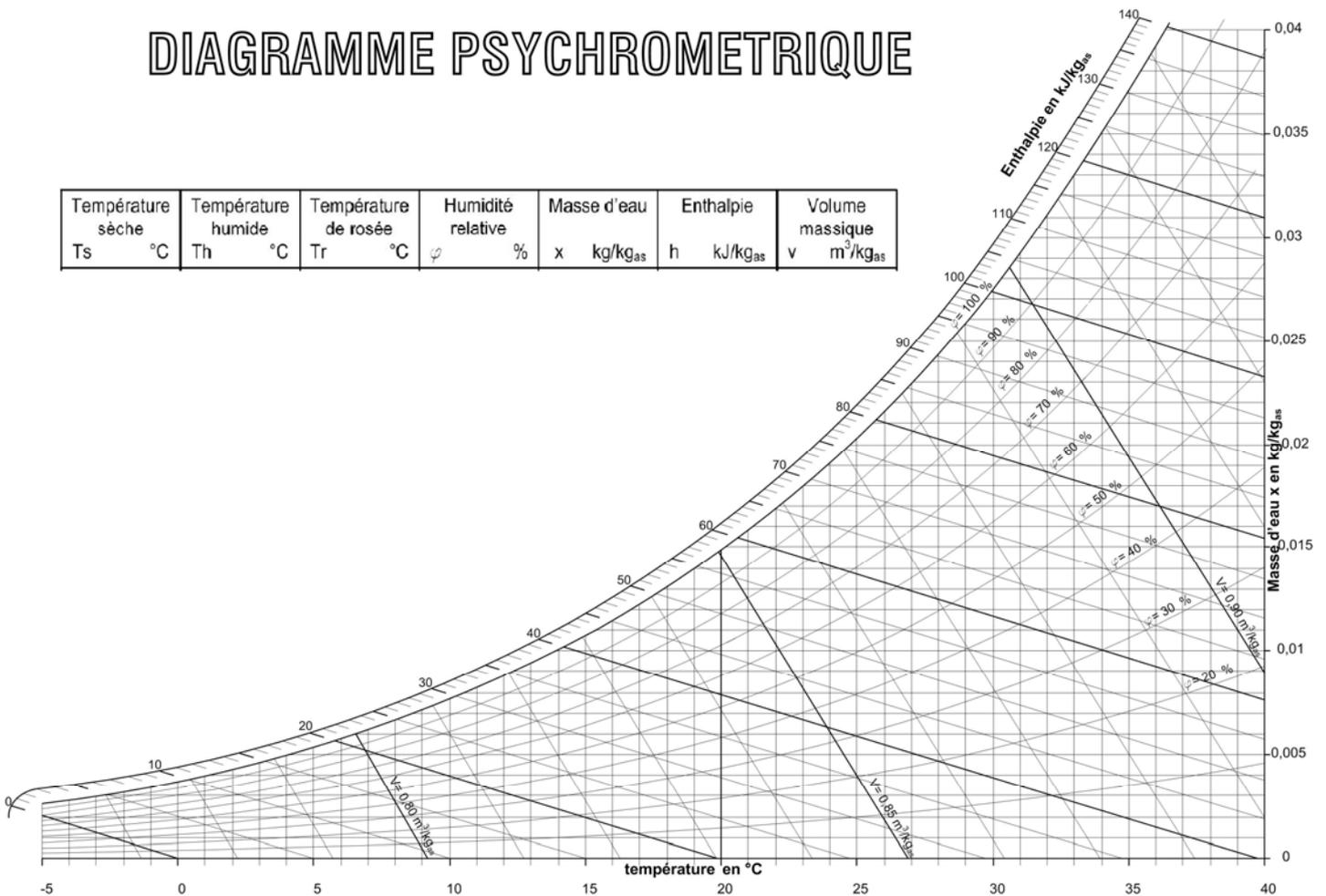


DIAGRAMME PSYCHROMETRIQUE

Température sèche	Température humide	Température de rosée	Humidité relative	Masse d'eau	Enthalpie	Volume massique
T_s	T_h	T_r	φ	x	h	v
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	%	kg/kg _{as}	kJ/kg _{as}	m ³ /kg _{as}



- (A) En considérant la conservation de la masse totale (somme des masses d'eau et d'air sec de chaque air), le mélange aura pour caractéristiques $\{4,5^{\circ}\text{C} ; 90\% \text{ d'humidité relative}\}$.
- (B) Ce mélange est *sursaturé*.
- (C) La pression de vapeur saturante de l'air A est supérieure à pression de vapeur saturante de l'air B.
- (D) L'humidité absolue de l'air A est supérieure à l'humidité absolue de l'air B.
- (E) L'enthalpie massique (par kg d'air sec) de l'air A est supérieure à celle de l'air B.

QUESTION 6

Isolement aux bruits aériens

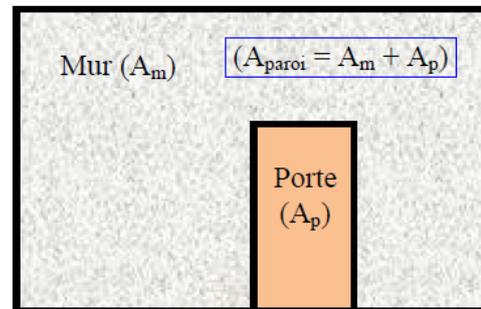
On considère un local dont les parois sont peu réverbérantes.

Ce local comporte une paroi de façade de 12 m² en maçonnerie, dont l'indice d'isolement acoustique noté **R** est de 45 dB(A).

Dans cette paroi, on perce une baie de 3 m².

Rappel :

Indice d'isolement acoustique d'une paroi : R [dB(A)]



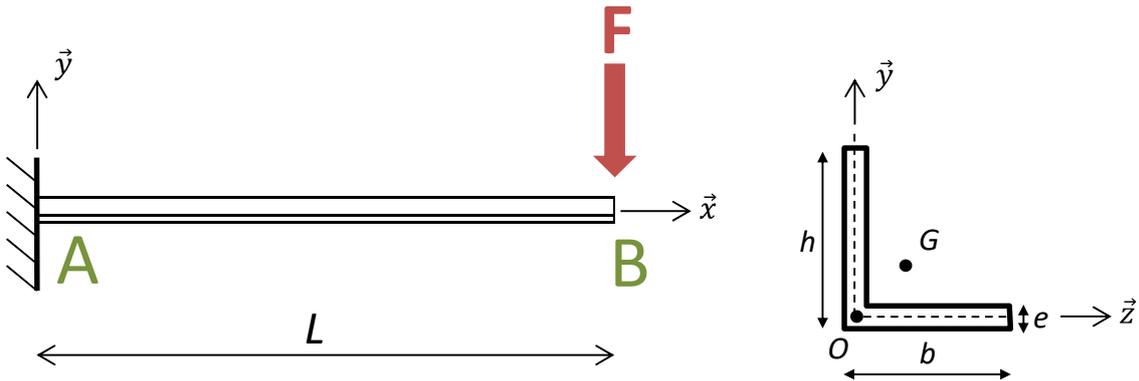
$$R_{paroi} = 10 \log \left[\frac{A_{paroi}}{\sum A_{composant} \cdot 10^{-R_{composant}/10}} \right]$$

- (A) Dans le cas général, pour un bruit en provenance de l'extérieur, la différence de niveau d'intensité acoustique de part et d'autre d'une paroi de façade ne dépend que de son indice d'isolement.
- (B) L'ouverture pratiquée entraîne une réduction inférieure à 75% de l'indice d'isolement acoustique de cette paroi.
- (C) À l'emplacement de l'ouverture on fixe une porte comportant un joint périphérique étanche à l'air. L'indice d'isolement acoustique de cette porte étant de 15 dB(A), on obtient, pour la paroi ainsi équipée, un indice d'isolement global de 21 dB(A).
- (D) L'ajout d'une grille de ventilation de 10 cm x 20 cm, au-dessus de la porte, permet d'augmenter l'indice d'isolement global *de cette paroi*.
- (E) Le temps de réverbération dans la pièce ne change pas en fonction du matériau utilisé pour la porte.

QUESTION 7

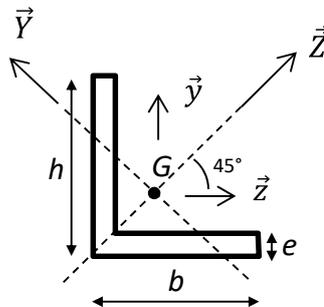
Flexion déviée

On considère une poutre métallique en console de longueur $L = 3$ m, sa section est une cornière à ailes égales de hauteur $h = b = 180$ mm et d'épaisseur $e = 20$ mm. Une force $F = 5$ kN est appliquée en bout de console.



- (A) La flexion déviée s'appelle plus couramment flexion composée.
- (B) La position du centre de gravité est $y_G = z_G = 4$ cm

On se place à présent sur des repères centrés sur G.



Les moments quadratiques principaux, dans le repère (G, \vec{Y}, \vec{Z}) , sont égaux à :

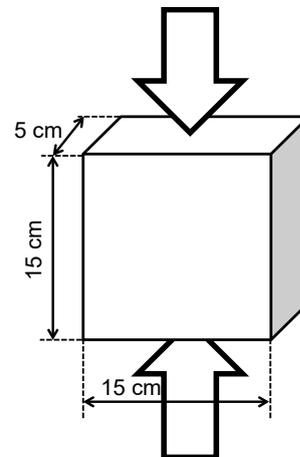
- $I_{GY} = 841 \text{ cm}^4$
- $I_{GZ} = 3244 \text{ cm}^4$

- (C) Par définition : $I_{Gy} = I_{Gz}$ et $I_{GY} < I_{Gy} < I_{GZ}$
- (D) En $x = 0$, les moments fléchissant M_{f_z} et M_{f_y} , dans le repère (G, \vec{Y}, \vec{Z}) , sont inférieurs (en valeur absolue) à 14 kN.m
- (E) La contrainte au point M, en valeur absolue, est supérieure à 80 MPa.

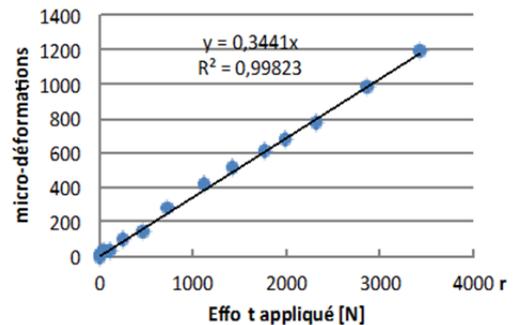
QUESTION 8

Comportement d'une éprouvette en bois testée en compression

Cette question porte sur un essai de compression effectuée sur éprouvette en bois de section [5 cm x 15 cm] et de 15 cm de hauteur comme décrit sur le schéma ci-contre. L'humidité relative du matériau et de la pièce où a lieu l'essai est de 65% et la température est de 20°C.



Le graphique ci-contre représente l'évolution de la micro-déformation [Unité : 10^{-6}] mesurée à l'aide d'une jauge de déformation collée selon l'axe de chargement en fonction de l'effort appliqué [Unité : N]. Comme indiqué sur le graphique, l'équation de la régression linéaire appliquée aux points expérimentaux est $y=0,3441x$ avec un coefficient de corrélation de 0,99823.



- (A) D'après le graphique présenté et la régression linéaire associée, le module d'élasticité dans l'axe de chargement pour cet échantillon en bois parallélépipédique est inférieur à 0,4 GPa.
- (B) Ce module correspond au module moyen d'élasticité axiale $E_{0,mean}$ pour un feuillus de classe D40.
- (C) Si l'essai présenté avait été réalisé avec une humidité de 20% (matériau et pièce), le module moyen d'élasticité obtenue serait plus faible.
- (D) Le bois étant hétérogène à l'échelle mésoscopique (~centimétrique) comme le béton, le modèle de comportement mécanique élastique macroscopique pour ces deux matériaux est dit anisotrope, c'est à dire que pour un calcul de structure avec un de ces deux matériaux, des modules d'élasticité différents seront choisis selon l'axe d'étude.
- (E) Les contraintes admissibles en traction, en compression et en flexion sont différentes pour une classe de bois donnée (que le bois provienne d'un feuillus ou d'un résineux).