

**BANQUE D'ÉPREUVES DUT-BTS
-SESSION 2014-**

**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 peuvent être 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.

Nota :

Certaines questions peuvent porter sur un même thème, elles sont cependant indépendantes. Il est toutefois nécessaire de lire les informations dans l'ordre de la numérotation.

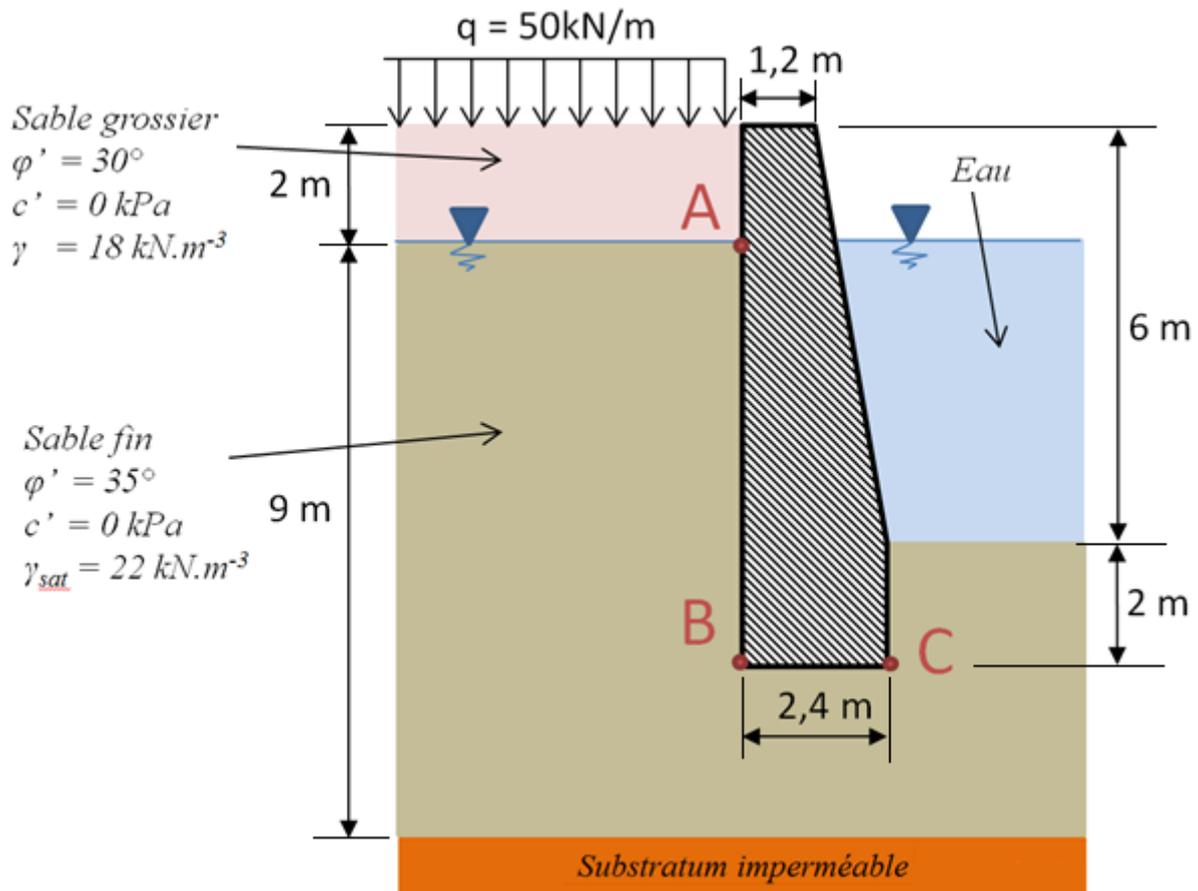
QUESTION 1

Mur de soutènement

Nous considérons un *mur poids* en béton séparant une fouille remplie d'eau d'un ensemble de couches sableuses (figure ci-dessous). Notons la présence d'une surcharge semi-infinie en surface du sable grossier. Les poids volumique de l'eau et du béton sont respectivement de $\gamma_w = 10 \text{ kN.m}^{-3}$ et $\gamma_b = 24 \text{ kN.m}^{-3}$.

Le sable fin est entièrement saturé. La nappe et le niveau d'eau dans la fouille sont à la même hauteur piézométrique. On supposera que les couches de sol à gauche du mur sont en état limite de poussée et que la couche à droite est en état limite de butée.

Les valeurs des actions seront données pour un mètre de mur (*tranche* verticale).



Représentation schématique du *mur poids*

(A) Le poids de la *tranche* de mur considérée est supérieur à 400 kN.

Les relations entre les contraintes effectives horizontales et verticales dans un sol en états limites de poussée et de butée sont respectivement :

$$\sigma'_H = Ka \cdot \sigma'_V \quad \text{et} \quad \sigma'_H = Kp \cdot \sigma'_V$$

avec :

$$Ka = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi'}{2} \right) \quad Kp = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

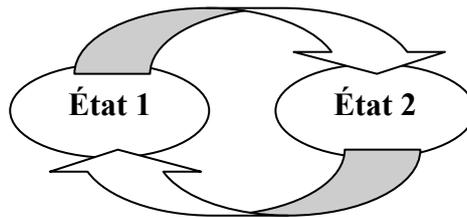
- (B) La surcharge de 50 kN/m en surface engendre, à elle seule, une contrainte horizontale effective en A inférieure à 18 kPa.
- (C) Par la théorie, la contrainte effective horizontale en A varie si l'on se situe dans le sable fin ou dans le sable grossier. Ceci est dû à la présence de la nappe au niveau de l'interface.
- (D) La contrainte effective verticale en B est inférieure à 165 kPa.
- (E) La contrainte effective verticale en C augmente de 10 kPa si les niveaux de la nappe et celui de l'eau dans la fouille augmentent d'un mètre de hauteur.

QUESTION 2

Échanges d'énergie

Un système thermodynamique fermé (qui ne peut échanger de matière avec le milieu extérieur) échange avec son environnement de l'énergie sous forme de travail et de l'énergie sous forme de chaleur.

Le système étudié passe d'un état 1 à un état 2. Il reçoit ensuite de la chaleur, qu'il transfère sous forme de travail, et se retrouve à l'état initial 1.



- (A) Un système dont l'enveloppe (les parois) comporte des parties métalliques peut être considéré comme étant *isolé* au sens thermodynamique.
- (B) Le système étudié a une frontière *diatherme*.
- (C) Une transformation s'effectuant à volume constant est qualifiée *d'isochore*.
- (D) Les transformations évoquées (1→2 et 2→1) sont *adiabatiques*.

Données d'étude :

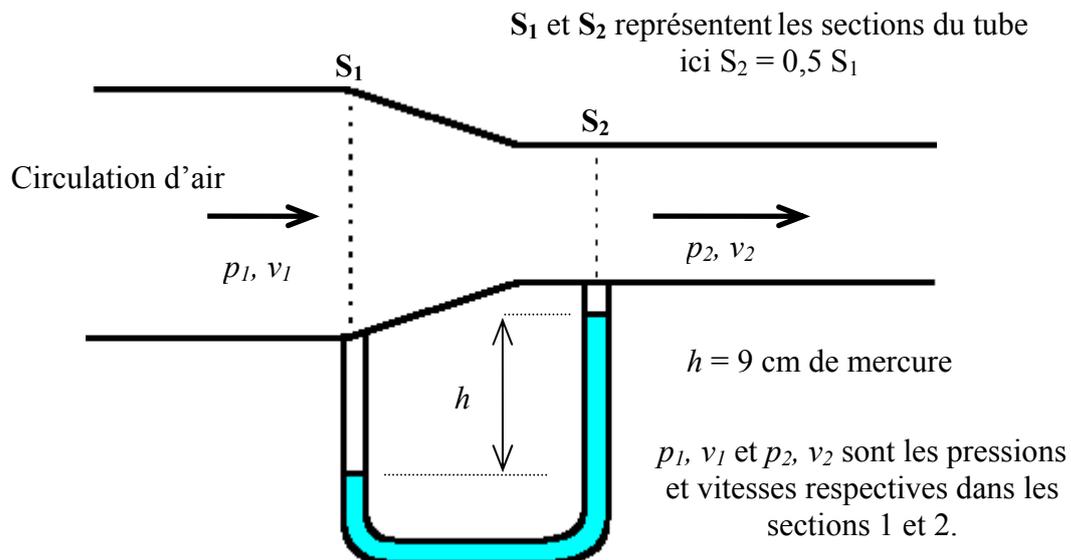
- chaleur fournie par le système $Q_{1-2} = -9 \text{ kJ}$
- travail fourni par le système $W_{1-2} = -27 \text{ kJ}$
- chaleur reçue par le système $Q_{2-1} = 6 \text{ kJ}$

- (E) Le travail fourni au système lors de la deuxième transformation est égal à 30 kJ.

QUESTION 3

Tube de Venturi

Nous nous intéressons à un flux d'air dans une portion de tube représentée schématiquement ci-dessous. L'écoulement considéré est en régime établi.



On néglige les pertes de charge le long du tube dans la zone étudiée.

L'accélération de la pesanteur sera prise égale à $9,81 \text{ m/s}^2$.

La masse volumique de l'air est $\rho_a = 1,2 \text{ kg/m}^3$; celle du mercure $\rho_m = 13600 \text{ kg/m}^3$.

- (A) La vitesse de l'air dans la section **S2** est égale à 2 fois la vitesse de l'air dans la section **S1**.
- (B) D'après le théorème de Bernoulli, la variation de pression entre les sections **S1** et **S2** peut s'exprimer par la relation :

$$p_1 - p_2 = 0,5 \rho_a v_1^2 \left[\left(\frac{S_1}{S_2} \right) - 1 \right]$$

- (C) La pression dans la section **S2** est supérieure à celle qui règne en amont du Venturi (p_1).
- (D) La variation de pression entre les sections **S1** et **S2** peut aussi s'exprimer par la relation :

$$p_2 - p_1 = \rho_m g h$$

- (E) La vitesse de l'air dans la section **S1** est comprise entre 290 km/h et 300 km/h.

QUESTION 4

Nuisances sonores

Un compresseur de chantier doit être conforme aux directives sur les gaz d'échappement et le niveau sonore.

Un appareil de ce type peut être considéré comme une source sonore ponctuelle émettant des ondes sphériques.

Dans notre cas, en fonctionnement à l'air libre le niveau sonore mesuré à 3 m de l'appareil est de 90 dB(A).



- (A) L'indication "dB(A)" fait référence à une courbe de *pondération fréquentielle* qui donne plus d'importance aux sons graves.
- (B) Le niveau de pression acoustique de notre appareil est de 90 dB(A).
- (C) Le niveau d'intensité acoustique décroît de 6 dB quand la distance à la source ponctuelle double.
- (D) Le niveau d'intensité acoustique perçu à 6 m de l'appareil utilisé est de 87 dB(A).
- (E) Placé dans un local dont les parois possèdent un indice d'absorption acoustique non négligeable, à 3 m du compresseur, le niveau sonore perçu sera inférieur à 90 dB(A).

QUESTION 5

Manutention d'un élément préfabriqué

L'objet de l'étude est le transport et la mise en place d'un élément de toiture préfabriqué en béton armé (voir Figure 1). Une première modélisation de l'élément de toiture sans tirant est représentée sur la Figure 2.

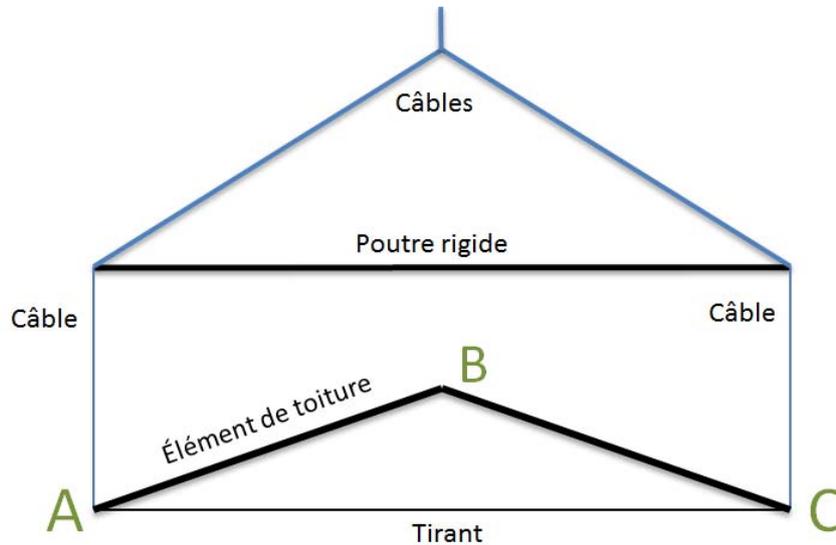


Figure 1 : Système de transport de l'élément de toiture

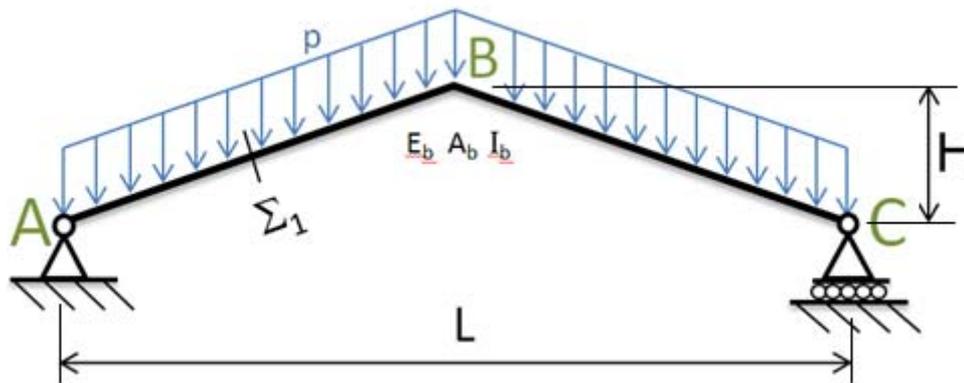


Figure 2 : Modélisation de la toiture seule

Données d'étude :

- Module d'Young du béton : $E_b = 40000 \text{ MPa}$
- Masse volumique du béton : $\rho_b = 2500 \text{ kg/m}^3$
- Section pleine de béton : largeur $l = 1 \text{ m}$; épaisseur $e = 0,5 \text{ m}$
- Longueur de travée $L = 10 \text{ m}$
- Hauteur du la toiture $H = 2 \text{ m}$

(A) La charge linéique p représentée sur la Figure 2, correspondant au poids propre de la toiture, est supérieure à 11 kN/m .

(B) Le moment fléchissant au milieu de l'élément de toiture (au point B), dû à son propre poids, est supérieur à 170 kN.m.

(C) En supposant que les efforts internes en section Σ_1 repérée sur la Figure 2 sont :

$$\{N = - 5,43 \text{ kN} ; V_y = 62,53 \text{ kN} ; M_{fz} = 234,5 \text{ kN.m}\}$$

La contrainte normale en fibre supérieure de l'élément est inférieure 12 MPa.

NB : l'axe z du repère local considéré est orthogonal au plan d'étude représenté par la Figure 2.

On modélise ensuite l'élément de toiture avec un tirant (câble),
selon la représentation ci-dessous.

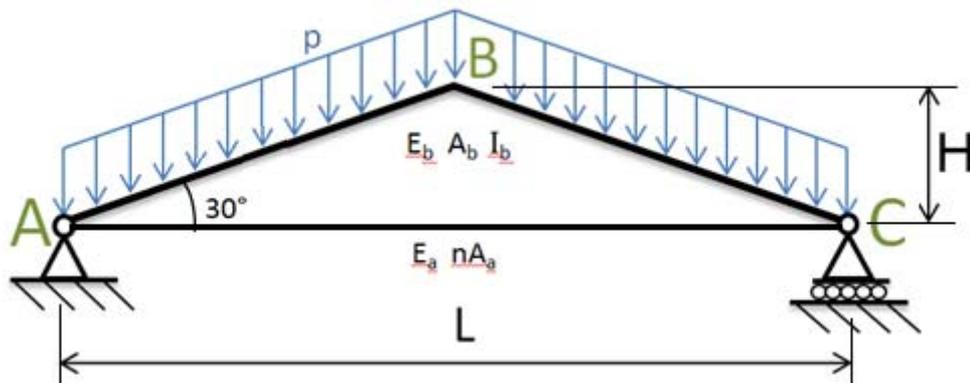


Figure 3 : Modélisation de la toiture avec tirant

(D) Le degré d'hyperstaticité de ce système est égal à 2.

(E) La tension imposée dans le tirant permet toujours de diminuer la valeur absolue du moment en B dû à la charge p.

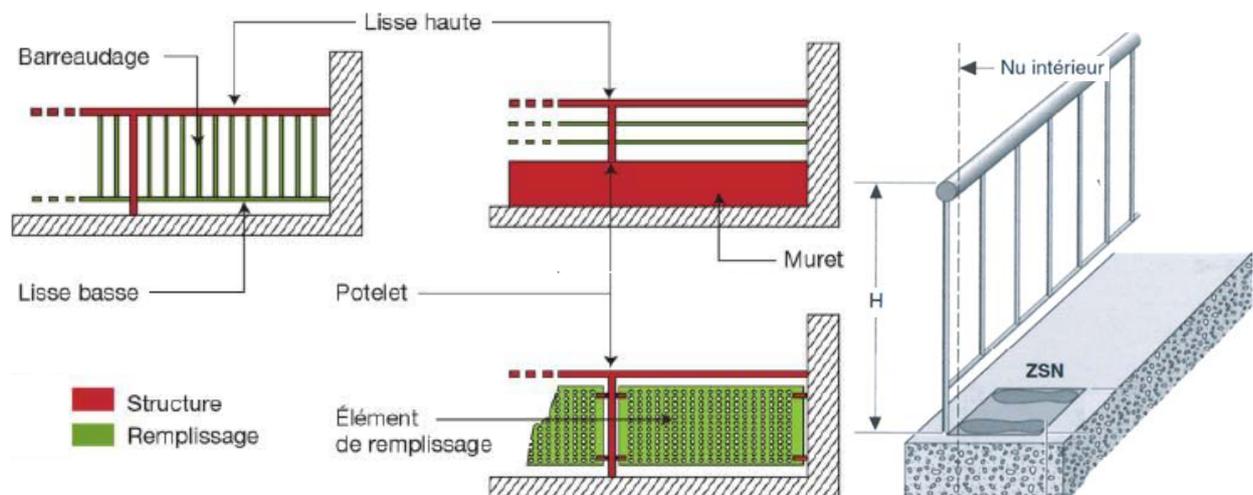
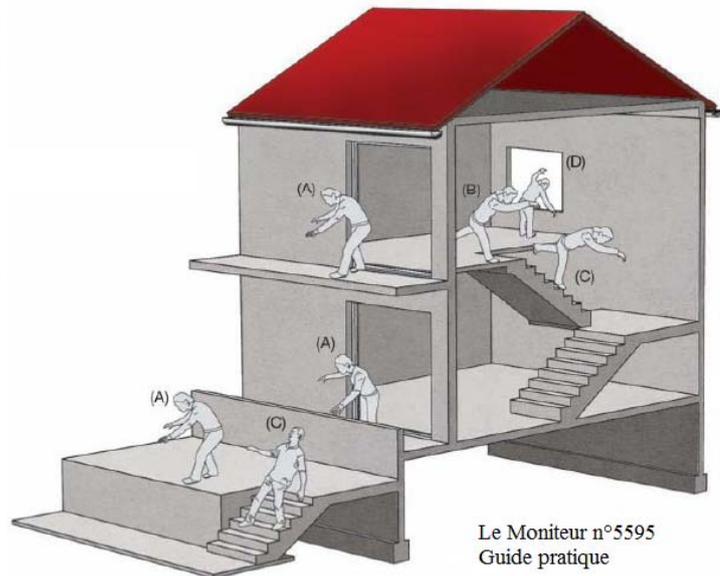
QUESTION 6

Prévention des chutes de personnes – garde-corps¹

Placé en bordure d'une zone présentant un risque de chute de personnes, le garde-corps est conçu pour empêcher le basculement ainsi que le passage au travers, ou au-dessous de l'obstacle qu'il constitue.

Les questions qui suivent portent sur les règles d'usages relatives aux garde-corps des balcons d'habitation :

- définition de la géométrie,
- détermination des charges de calcul,
- dimensionnement des composants.

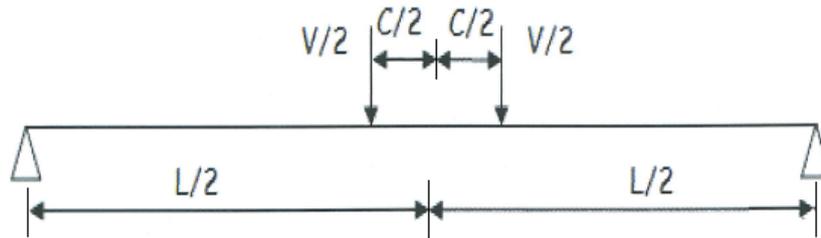


ZSN : zone de stationnement normal (où l'on peut se tenir debout sans appui), représente une surface de zone à protéger (minimum 0,30 m x 0,30 m).

- (A) Dans le cas d'un balcon, la lisse haute ou « barre d'appui » doit être positionnée à une hauteur $H \geq 1$ m, quand l'épaisseur du garde-corps est supérieure à 50 cm.
- (B) Dans le cas d'un *barreaudage*, un espacement de 20 cm entre barreaux est conforme aux règles de sécurité.
- (C) La distance maximale entre la *lisse basse* et la zone de stationnement est de 15 cm.

¹ Le garde-corps de bâtiment fait l'objet d'un « Guide pratique » édité par le CSTB, ainsi que de la norme française NF P 01-012.

Le schéma ci-dessous définit l'essai statique vertical d'un tronçon de lisse haute de garde-corps maintenue par deux montants (travée isostatique, cas d'une discontinuité d'élément au droit des potelets d'appuis) distants de L , en référence à la norme NF P 01-013. Le barreaudage n'est pas représenté, sa rigidité en compression est négligée.



Cet élément est constitué d'un matériau ayant un comportement élastique, de rigidité en flexion EI (module d'Young E , inertie de la section I). Son poids est négligeable.

- (D) Dans le cas où $L = 1,20$ m, $C = 0,30$ m et $V = 1$ kN, le moment maximal de flexion est égal à 225 kN.m.
 - (E) Dans la configuration représentée ci-dessus, la flèche calculée par la théorie des poutres sera supérieure à $VL^3 / 48EI$.
-

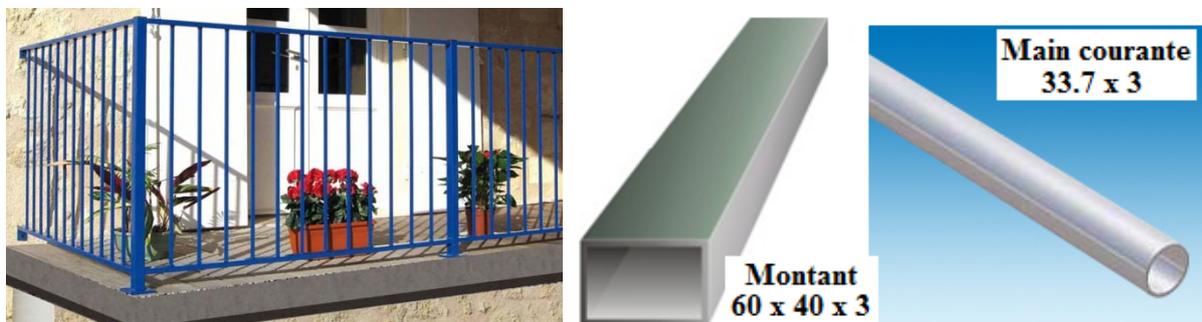
QUESTION 7

Garde-corps de balcon – 2^{ème} partie

Les éléments structuraux sont constitués de tubes en acier **S235** dont le module de déformation longitudinale est égal à 210 GPa. Caractéristiques géométriques de ces éléments :

- Montants d'entraxe 1200 mm, hauteur 1000 mm, section rectangulaire de dimensions extérieures 60 mm x 40 mm, d'épaisseur 3 mm ; inertie de flexion selon *l'axe fort* $I = 25,3 \text{ cm}^4$, module plastique de flexion $W_{pl} = 10,5 \text{ cm}^3$.
- Lisse haute (main courante) de section circulaire, diamètre extérieur 33,7 mm, épaisseur 3 mm ; inertie de flexion $I = 3,4 \text{ cm}^4$, module plastique de flexion $W_{pl} = 2,8 \text{ cm}^3$.

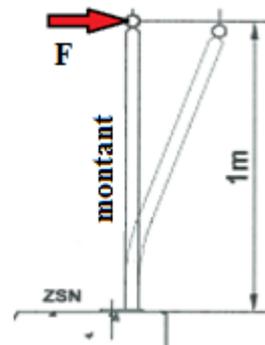
Ces sections tubulaires sont de *classe I* en flexion et compression, au sens de l'Eurocode 3, leur plastification sera donc admise en état limite ultime de résistance.



Les montants sont fixés sur la dalle du balcon (liaison de type encastrement parfait). La continuité de la main courante au droit des montants ne sera pas prise en compte (travées *isostatiques*).

Pour les bâtiments résidentiels la charge horizontale vers l'extérieur (représentation ci-contre), à prendre en compte dans les calculs de dimensionnement est égale à :

$$q = 0,60 \text{ kN/m le long de la main courante}$$



- (A) Sous la charge horizontale spécifiée, la flèche de la main courante est inférieure à 2 mm.
- (B) Toujours sous cette charge horizontale, l'effort F transmis en tête de montant sera égal à 720 N.
- (C) La flèche en tête du montant, due à l'effort horizontal, ne dépasse pas 5 mm.
- (D) A l'état limite ultime, le moment maximum de flexion dans le montant étant égal à 1,08 kN.m, on constate que cette valeur est inférieure à la moitié du moment résistant plastique de la section du tube utilisé en acier **S235**.
- (E) La stabilité du montant devra être vérifiée sous l'effet de charges verticales, à cet effet l'effort normal critique de compression sera calculé en prenant une longueur de flambement hors plan du garde-corps égale à 0,7 fois la hauteur du montant.

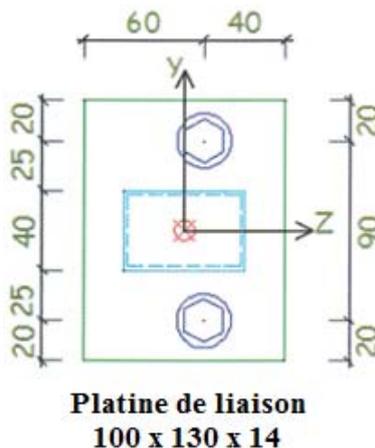
QUESTION 8

Garde-corps de balcon – 3^{ème} partie

Étude de la liaison avec la dalle support : platine en acier **S235** (module de déformation longitudinale est égal à 210 GPa), soudée en pied de montant et fixée par deux chevilles à la dalle en béton.



Cheville de fixation

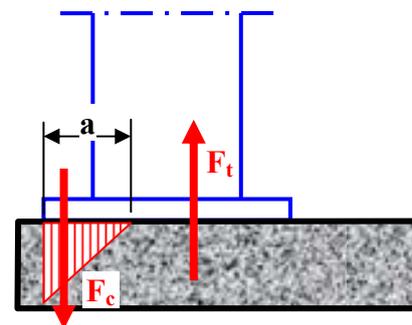


Sous l'effet de la charge horizontale appliquée à la lisse haute (cf. question précédente), on considère le modèle ci-contre de transmission des efforts à la dalle support (composante horizontale non représentée), par l'intermédiaire de la liaison représentée ci-dessus.

Couple d'efforts induits ($F_c = F_t$) :

F_t = résultante de traction dans les chevilles de fixation (positionnée sur leur axe)

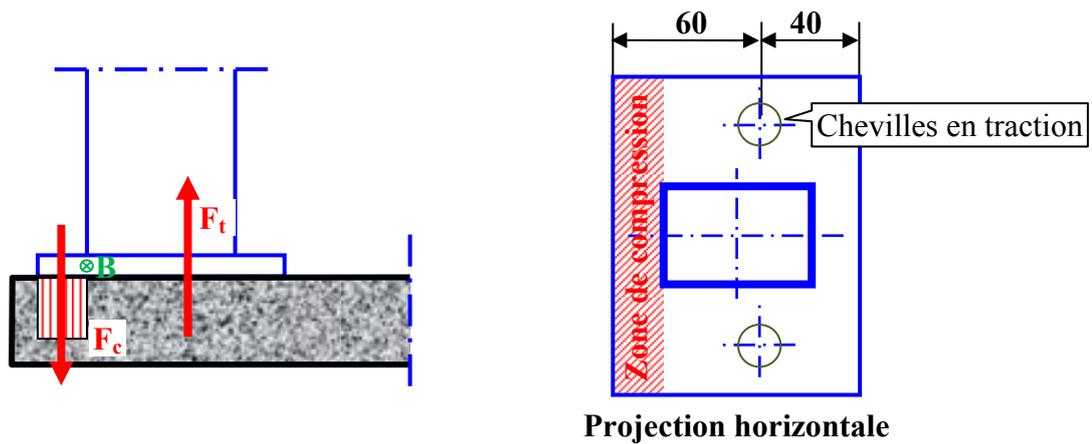
F_c = résultante de compression à l'interface platine/béton, dont la position sera définie en considérant une répartition triangulaire de la pression sur la surface cotée a sur le schéma.



- (A) En considérant $q = 0,60$ kN/m le long de la main courante (lisse haute), le moment du couple à l'assise est égal à 600 N.m.
- (B) Avec une contrainte de compression de 7 MPa en bord de platine, l'équilibre de l'attache est réalisé pour une valeur de a inférieure à 30 mm.
- (C) Dans cette situation, l'effort de traction sollicitant chaque cheville de fixation est égal à 7,3 kN.

En état limite de résistance, sous l'effet du moment transmis en pied de montant, nous allons considérer un nouveau modèle de transmission des efforts à la dalle support. Le modèle est représenté page suivante.

La contrainte de compression au contact de la platine est ici limitée à 10 MPa.



Le *mode de ruine* analysé ensuite correspond à la formation d'une « charnière plastique » dans la section de la platine de liaison, à l'avant du montant (représentée par le point **B** sur le schéma).

-
- (D) Selon ce modèle, l'état de compression limite du béton correspond à une résultante de traction dans les chevilles de fixation égale à 26 kN et à un moment de flexion en **B** de 0,26 kN.m
 - (E) Étant donné l'épaisseur de la platine, son moment résistant plastique de flexion autour du point **B** (d'axe parallèle à la rive de dalle) est égal à 1,5 kN.m.
- _____

- FIN -