

**BANQUE D'ÉPREUVES DUT-BTS  
-SESSION 2018-**

**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

L'étude porte sur un treillis plan en acier (Module d'Young  $E_a = 210$  GPa). Les barres horizontales et verticales font toutes 2 m de longueur. Les barres sont des tubes à section carrée creuse 45x45x3,2 [mm]. Seul l'effet de l'effort  $F = 20$  kN sera pris en compte ici (poids propre négligé).

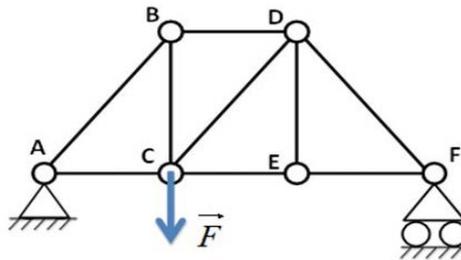


Figure 1 : treillis plan

Table 1 : caractéristiques de profilés

Dimensions	Epaisseur	Masse linéique	Aire de la section	Surface extérieure	Caractéristiques statiques en flexion $xx = yy$				Caractéristiques statiques en torsion		
					Moment d'inertie	Module d'inertie	Rayon de giration	Module plastique	Moment d'inertie	Module d'inertie	
B x B mm	mm	kg/m	A cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m	m <sup>2</sup> /t	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	G cm	Z cm <sup>3</sup>	J cm <sup>4</sup>	B cm <sup>3</sup>
45 x 45	2,00	2,70	3,44	0,177	64,76	10,60	4,70	1,75	3,37	15,97	7,39
45 x 45	2,50	3,17	4,20	0,176	53,37	12,58	5,59	1,73	4,09	19,41	9,02
45 x 45	3,00	3,96	5,04	0,175	43,50	14,90	6,60	1,72	4,75	22,45	10,57
45 x 45	3,20	4,06	5,17	0,172	42,28	15,44	6,86	1,72	5,64	27,41	10,82
45 x 45	4,00	5,07	6,46	0,166	34,45	16,61	7,38	1,64	9,22	28,67	11,25
45 x 45	5,00	5,77	7,36	0,163	28,20	18,69	8,30	1,60	10,67	33,34	12,78
50 x 50	1,50	2,28	2,87	0,196	87,02	11,18	4,47	1,97	5,20	17,00	6,65
50 x 50	2,00	3,02	3,84	0,193	65,83	14,14	5,65	1,94	6,66	22,62	8,51
50 x 50	2,50	3,70	4,64	0,194	53,11	17,27	6,91	1,93	8,21	27,00	10,24
50 x 50	3,00	4,40	5,60	0,189	44,68	19,46	7,78	1,89	9,38	32,13	11,76
50 x 50	3,20	4,60	5,86	0,193	41,96	22,05	8,82	1,94	10,21	35,32	13,08
50 x 50	4,00	5,70	7,26	0,186	34,15	23,73	9,49	1,84	11,72	40,41	14,43
50 x 50	5,00	6,73	8,57	0,182	27,87	27,03	10,81	1,79	13,70	47,45	16,56
50 x 50	6,00	7,56	9,63	0,179	23,72	29,45	11,78	1,70	15,32	53,20	18,20

- (A) Le degré d'hyperstaticité du treillis est égal à 1.
- (B) La réaction d'appui verticale au point A est égal à  $\frac{1}{3}F$
- (C) L'effort de compression dans la barre BD est égal à  $\frac{2}{3}F$
- (D) La barre BC est en traction et la contrainte normale correspondante est supérieure à 25 MPa.
- (E) En passant à des profilés de section 50x50x4,0, l'effort dans la barre BC diminue et la contrainte normale correspondante diminue également.

## QUESTION 2

L'étude porte sur la vérification d'une différence d'altitude entre deux points inaccessibles  $P_1$  et  $P_2$  (cf schéma de principe ci-dessous) à l'aide d'un théodolite. Ces points sont situés sur un tablier de pont. Des mesures sont effectuées dans le cadre de la surveillance de cet ouvrage.

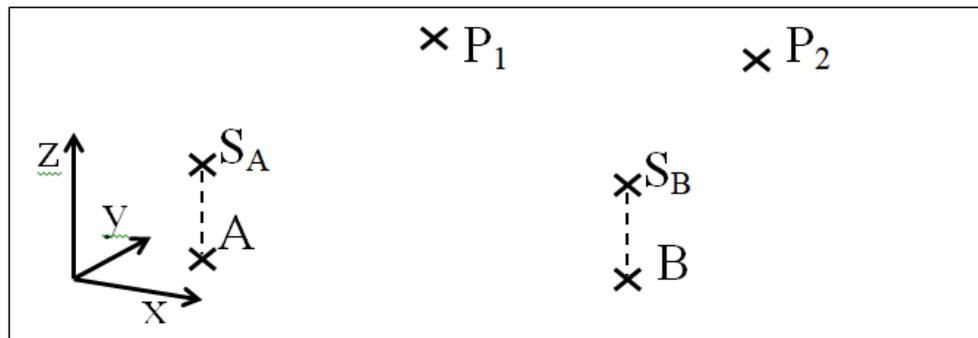


Figure 2 : Schéma de principe du positionnement des points mesurés

A et B sont les points où le théodolite sera mis en station, ils représentent le dessus de deux clous d'arpentage. L'altitude du point B est de 43,23 m NGF.  $S_A$  (resp.  $S_B$ ) représente le point d'intersection entre l'axe des tourillons du théodolite en station et l'axe vertical passant par le point A (resp. B).

La distance inclinée entre les points A et B est de 9,53 m. La hauteur de l'axe des tourillons de la station A vaut  $[A-S_A] = h_{tA} = 1,53$  m ; celle de la station B vaut  $h_{tB} = 1,55$  m.

La distance zénithale du point B (resp  $P_1$ ) mesurée depuis la station  $S_A$  vaut :

$V_{z-S_A-B} = 128,948$  gradians (resp  $V_{z-S_A-P_1} = 52,236$  gradians).

Lorsque le théodolite était en station au-dessus du point A, le géomètre a mesuré les angles horizontaux suivants :  $H_{P_1-A-P_2} = 48,543$  gradians ;  $H_{P_2-A-B} = 39,689$  gradians.

La distance zénithale du point  $P_2$  mesurée depuis la station  $S_B$  vaut :

$V_{z-S_B-P_2} = 43,235$  gradians.

Lorsque le théodolite était en station au-dessus du point B, le géomètre a mesuré les angles horizontaux suivants :  $H_{A-B-P_1} = 48,246$  gradians ;  $H_{P_1-B-P_2} = 43,578$  gradians.

- (A) La distance horizontale entre l'axe vertical passant par le point A et l'axe vertical passant par le point B est inférieure à 9,10 m
- (B) L'altitude du point A est supérieure à 46 m
- (C) L'altitude du point  $P_1$  est comprise entre 53,5 m et 53,6 m
- (D) Les points  $P_1$  et  $P_2$  sont situés sur le tablier d'un pont. La différence d'altitude qui vient d'être mesurée diffère de plus de 5 % par rapport à la différence initiale après la construction qui était de 2,30 m.
- (E) Un tachéomètre est un théodolite muni d'un système de mesure de distance.

## QUESTION 3

L'étude porte sur la comparaison d'isolation par l'intérieur et par l'extérieur.

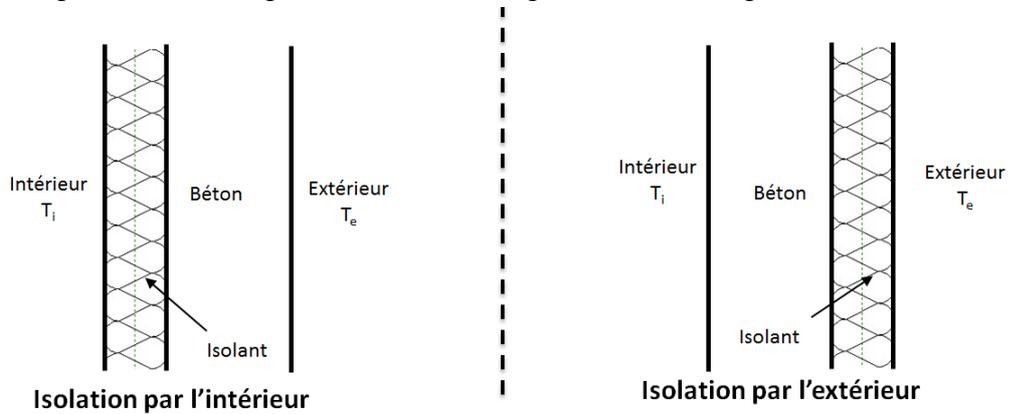


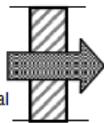
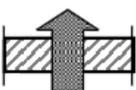
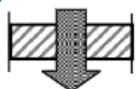
Figure 3 : coupe du mur

Les caractéristiques thermiques des matériaux et les résistances superficielles sont données dans les tableaux suivants :

Table 2 : caractéristiques matériaux

Matériau	Masse volumique	épaisseur	Conductivité thermique	Chaleur massique
	$\rho$	e	$\lambda$	$C_p$
	[kg.m <sup>-3</sup> ]	[cm]	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Isolant	14	10	0,04	1420
Béton	2500	25	1,6	1000

Table 3 : résistances superficielles

Paroi donnant sur : - l'extérieur - un passage ouvert - un local ouvert <sup>(2)</sup>	$R_{si}$ m <sup>2</sup> .K/W	$R_{se}^{(1)}$ m <sup>2</sup> .K/W	$R_{si} + R_{se}$ m <sup>2</sup> .K/W
Paroi verticale inclinaison $\geq 60^\circ$  Flux horizontal	0,13	0,04	0,17
 Flux ascendant	0,10	0,04	0,14
Paroi horizontale inclinaison $< 60^\circ$  Flux descendant	0,17	0,04	0,21

(1) Si la paroi donne sur un autre local non chauffé,  $R_{se}$  s'applique des deux côtés.  
(2) Un local est dit ouvert si le rapport de la surface totale de ses ouvertures permanentes sur l'extérieur, à son volume, est égal ou supérieur à 0,005 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Ce peut être le cas, par exemple, d'une circulation à l'air libre, pour des raisons de sécurité contre l'incendie.

- (A) Le coefficient de transmission surfacique  $U$  est supérieur à  $0,4 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ .
- (B) En considérant l'état initial  $T_i = 10^\circ\text{C}$  et  $T_e = 0^\circ\text{C}$ , le flux thermique surfacique est inférieur à  $4 \text{ W.m}^{-2}$ .
- (C) L'écart de température entre les deux parois externes du mur est inférieur à  $9,2^\circ\text{C}$ .
- (D) Dans le cas de l'isolation par l'extérieur, la température entre le béton et l'isolant est supérieure à  $8,5^\circ\text{C}$ .
- (E) En considérant l'état final  $T_i = 25^\circ\text{C}$  et  $T_e = 0^\circ\text{C}$ , la quantité d'énergie stockée dans la paroi par isolation extérieure est plus grande que celle par isolation intérieure.

## QUESTION 4

Un réseau de distribution d'eau chaude est composé, entre autres, d'une conduite en acier inox de diamètre extérieur 60,3 mm et d'épaisseur 3,2 mm. Le débit volumique est de 15 m<sup>3</sup>/h et la température de l'eau est égale à T = 85°.

Pour le calcul du coefficient de pertes de charge  $\lambda$ , on utilise la formule de Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{\varepsilon}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right)$$

où  $Re$  est le nombre de Reynolds,  $\varepsilon$  la rugosité absolue de la conduite et  $D$  le diamètre intérieur de la conduite.

**Table 4 : caractéristiques de l'eau en fonction de la température**

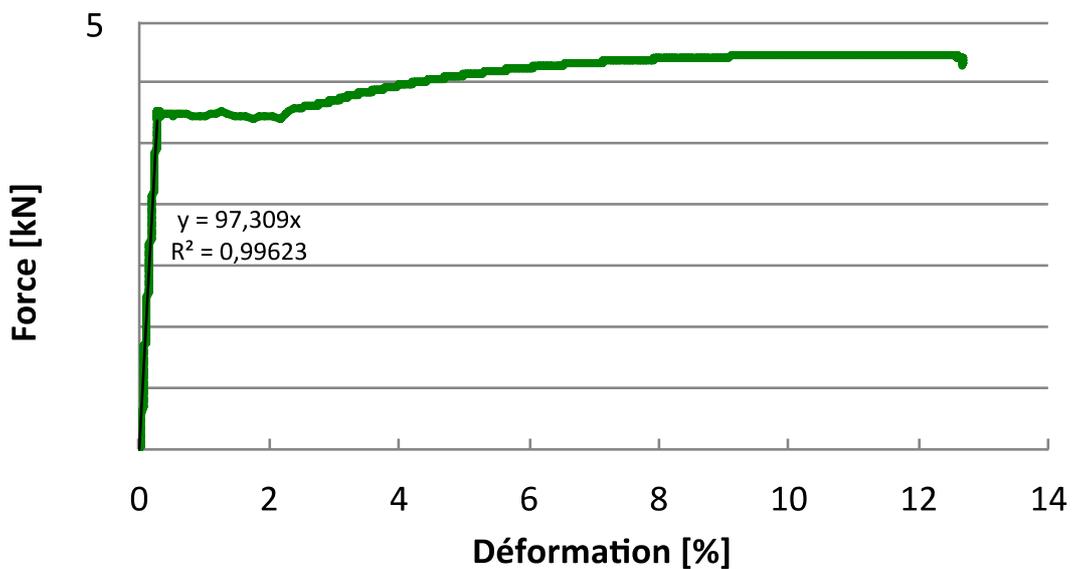
	Température	Masse volumique	Viscosité dynamique	Viscosité cinématique	Chaleur massique
Symbole	T	$\rho$	$\mu$	$\nu$	c
	-	$\rho\hat{o}$	$mu$	$nu$	-
Unité	°C	kg/m <sup>3</sup>	kg/(m.s)	m <sup>2</sup> /s	J/(kg.K)
Valeurs	0	999,9	1,80.10 <sup>-3</sup>	1,80.10 <sup>-6</sup>	4217
	10	999,7	1,32.10 <sup>-3</sup>	1,32.10 <sup>-6</sup>	4191
	20	998,3	1,01.10 <sup>-3</sup>	1,01.10 <sup>-6</sup>	4181
	30	995,7	8,02.10 <sup>-4</sup>	8,05.10 <sup>-7</sup>	4178
	40	992,2	6,60.10 <sup>-4</sup>	6,65.10 <sup>-7</sup>	4178
	50	987,9	5,55.10 <sup>-4</sup>	5,62.10 <sup>-7</sup>	4180
	60	982,9	4,72.10 <sup>-4</sup>	4,80.10 <sup>-7</sup>	4183
	70	977,5	4,05.10 <sup>-4</sup>	4,14.10 <sup>-7</sup>	4189
	80	971,6	3,52.10 <sup>-4</sup>	3,62.10 <sup>-7</sup>	4196
	90	965,2	3,11.10 <sup>-4</sup>	3,22.10 <sup>-7</sup>	4204
	100	958,4	2,80.10 <sup>-4</sup>	2,92.10 <sup>-7</sup>	4215

- (A) Dans le cas où la conduite est lisse, le terme  $\frac{\varepsilon}{3,71D}$  est négligeable devant le terme  $\frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}}$ .
- (B) La viscosité dynamique de l'eau à 85° est supérieure à 334,5 kg/m<sup>3</sup>.
- (C) La pression dynamique de l'eau est supérieure à 1,7 kPa.
- (D) Le nombre de Reynolds est supérieur à 2.10<sup>5</sup>. L'écoulement est turbulent.
- (E) En partant d'une valeur initiale de coefficient de pertes de charge  $\lambda_0 = 0,01$ , le coefficient de perte de charge  $\lambda$  converge vers une valeur inférieure à 0,0148.

## QUESTION 5

L'étude porte sur la caractérisation d'une barre HA testée en traction directe. La courbe représentant la variation de l'effort dans la barre en fonction de la déformation imposée est donnée sur la figure ci-dessous.

L'équation de la régression linéaire effectuée sur les points de cette courbe ayant des efforts inférieurs à 27 kN est  $F=97,309\varepsilon$  avec un coefficient de corrélation de 0,99623.



- (A) Étant donné le coefficient directeur obtenu grâce à la régression linéaire sur la phase élastique, la barre testée est une barre HA8.
- (B) L'acier composant cette barre est de nuance B500, signifiant que la limite élastique est garantie comme étant supérieure à 500 MPa.
- (C) Le comportement de cette barre pour des déformations supérieures à 4% est parfaitement modélisable par un modèle plastique parfait.
- (D) En plus d'améliorer la liaison acier/béton, les nervures sur une barre HA permettent d'identifier la nuance de l'acier ainsi que sa provenance.
- (E) Si la machine d'essai avait été réglée pour faire un essai de compression sur cette barre laissant une longueur libre de 50 cm entre les mors, et si l'effort de compression ainsi que la déformation avaient été enregistrés positivement, le comportement global visible sur la figure ci-dessus aurait été le même.

## QUESTION 6

L'étude porte sur le comportement acoustique d'une petite salle de spectacle d'environ 3420 m<sup>3</sup> dont l'objectif de durée de réverbération sont données dans le tableau 1.

**Table 5 : Objectifs de durée de réverbération pour la salle étudiée**

	Fréquence [Hz]						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Durée de réverbération (s)	1,3	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Les surfaces et caractéristiques des matériaux allant être utilisés pour les différentes parois de cette salle sont données dans le tableau 2.

**Table 6 : Coefficients d'absorption acoustique des matériaux prévus pour cette salle ainsi que les surfaces associées**

Matériaux composant les parois	Surface [m <sup>2</sup> ]	Fréquence [Hz]						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
Complexe plafond basses fréquences (plafond)	291	0,8	0,6	0,25	0,2	0,4	0,25	0,2
Laine minérale (mur)	412	0,3	0,6	0,85	0,9	0,55	0,25	0,15
tissu sans laine (mur)	387	0,05	0,05	0,1	0,15	0,3	0,35	0,45
Gradins (fauteuils)	83	0,1	0,25	0,35	0,4	0,4	0,45	0,4
STR_BA_170_mm (sol)	222	0,04	0,04	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07

- (A) La formule de Sabine  $T_r = 0,16V/A$  où V est le volume de la salle et A la somme des surfaces de chaque paroi, permet d'estimer le temps de réverbération d'une salle.
- (B) Après calcul à partir des données des valeurs de coefficients d'absorption, le temps de réverbération pour une fréquence de 63 Hz devrait être supérieur au temps de réverbération souhaité mais cette différence est inférieure à 10 %.
- (C) Les résonateurs d'Helmoltz ont des dimensions caractéristiques plus grandes que les matériaux fibreux de type laine de verre. En conséquence, les premiers absorbent des fréquences plus basses (sons plus graves) que les seconds (qui absorbent des sons aigus).

Une salle de réunion est prévue contre cette salle de spectacle.

La figure 1 de cette étude présente les indices d'affaiblissement acoustique pour différentes parois doubles sans laines de verre :

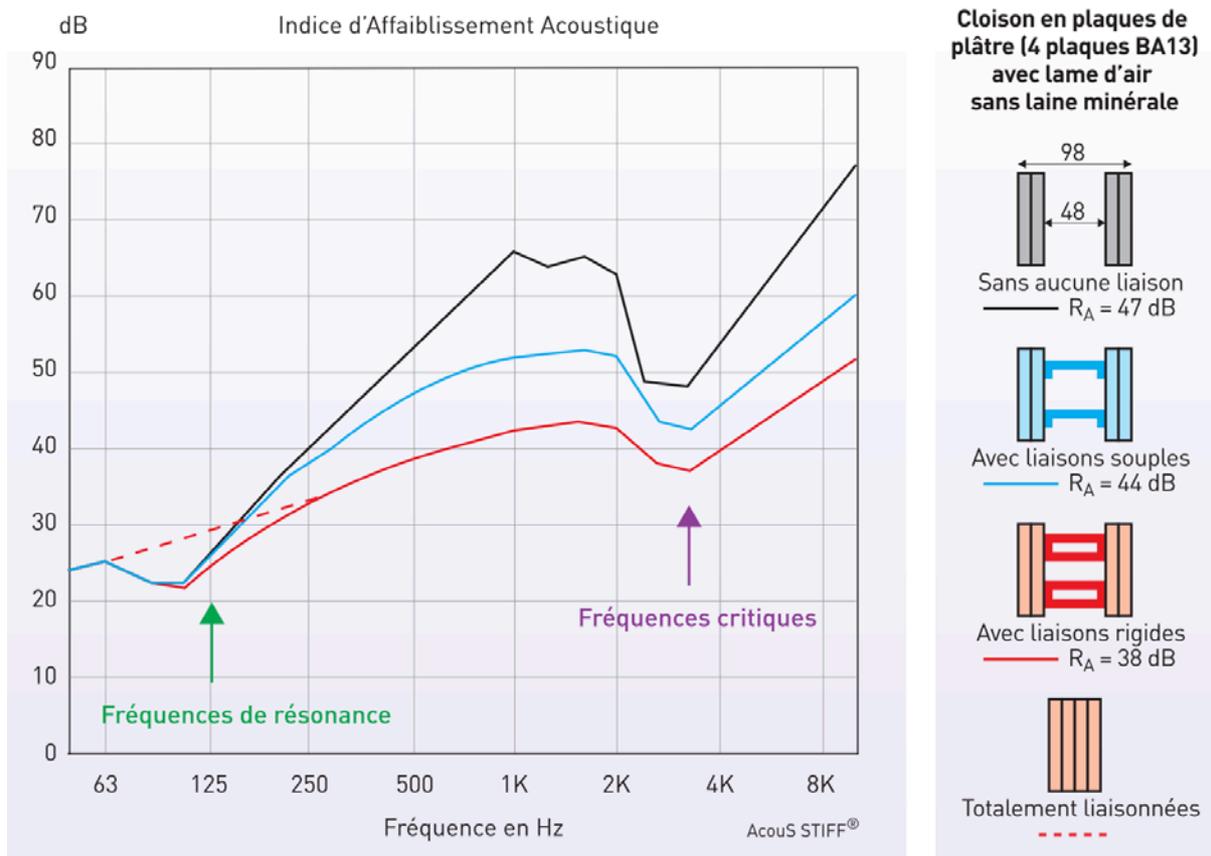


Figure 4 : Principe de la paroi double sans laine de verre (schéma extrait du document « Béton & confort acoustique » édité par Cimbéton)

- (D) Positionner des liaisons rigides entre deux plaques de plâtre constituant une paroi permet d'améliorer l'isolation acoustique entre les deux pièces.
- (E) Les schémas sur la Figure 4 étant à l'échelle et les plaques représentées étant des plaques de BA13, les dimensions 48 et 98 indiquées sur la figure sont exprimées en centimètres.

## QUESTION 7

L'essai à la boîte de cisaillement permet de caractériser la résistance au cisaillement d'un sol (cf Figure 5). Celui est placé dans deux demi-boîtes cylindriques de section  $S$  (Rayon  $R = 5 \text{ cm}$ ). On applique tout d'abord un effort normal  $N$  constant pendant l'essai. Puis la demi-boîte supérieure se déplace à vitesse constante jusqu'à la rupture de l'échantillon. On relève donc l'évolution de l'effort de cisaillement  $T$  durant l'essai.

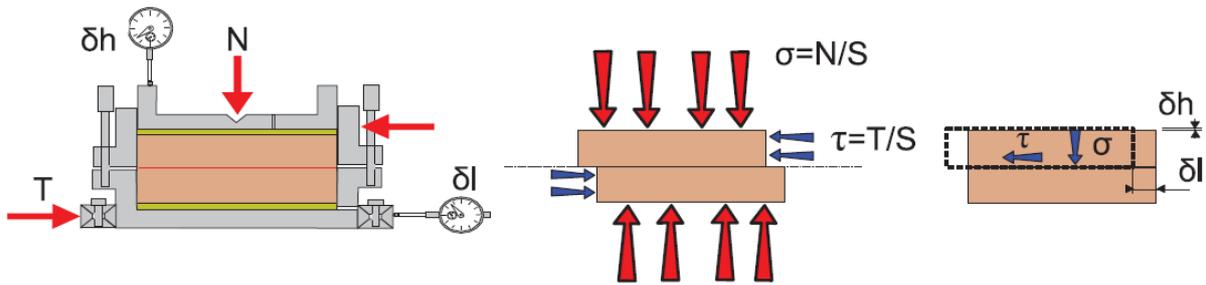


Figure 5 : Essai à la boîte de cisaillement

Trois essais ont été réalisés sur un sable dense, les résultats sont présentés en Figure 6.

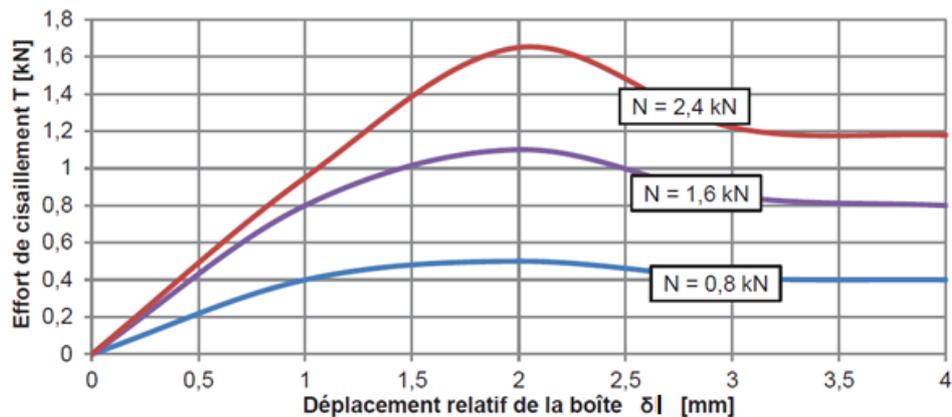


Figure 6 : résultats de l'essai de cisaillement

Afin de reconstruire la droite de Mohr-Coulomb (régression linéaire à partir des valeurs maximales de la contrainte de cisaillement en fonction de la contrainte normale), on pourra s'aider du graphique en Figure 7.

Pour rappel, le critère de Mohr-Coulomb s'exprime par la relation :  $\tau = c + \sigma \cdot \tan \varphi$ , avec  $c$  cohésion [kPa] et  $\varphi$  angle de frottement [°].

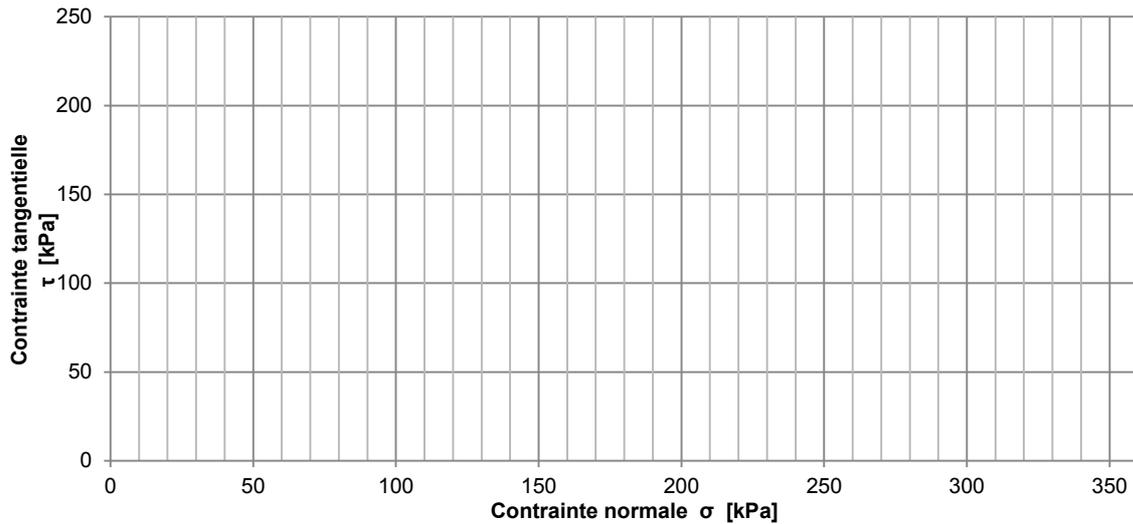


Figure 7 : plan de Mohr - graphique vierge

- (A) L'angle de frottement du sable est compris entre 40 et 45°.
- (B) La cohésion est supérieure à 30 kPa.

Au cours de l'essai, la surface de sol  $S$  en contact entre les deux demi-boîtes diminue en fonction de l'avancement  $\delta l$ . On cherche donc la surface corrigée  $S_c$ , repérée par la zone hachurée de la Figure 8.

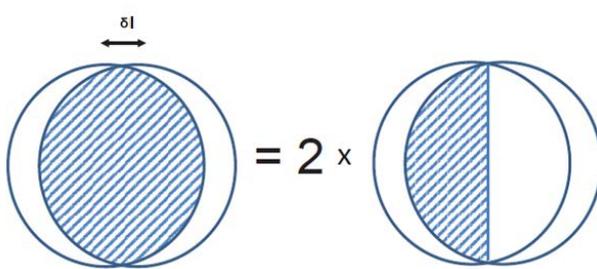


Figure 8 : Surface corrigée

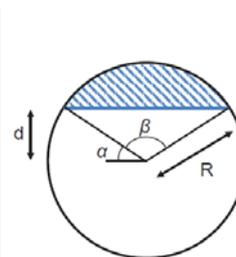


Figure 9 : aire d'un segment circulaire

$$S = \frac{R^2}{2}(\beta - \sin \beta)$$

$$\beta = 2 \cdot \arccos \frac{d}{R}$$

- (C) Pour un déplacement  $\delta l = 2$  mm, la surface corrigée est supérieure à 76 cm .
- (D) L'angle de frottement recalculé en prenant en compte la surface corrigée est inférieur de 5% par rapport à celle calculée avec la surface totale.
- (E) L'essai de cisaillement à la boîte n'est pas préconisé pour des essais en condition non drainée.