

# **BTS BATIMENT**

**Session 2006**

**Epreuve U5.2 - Laboratoire**

**Thème 12**

**Sujet**

**Durée : 2h40 + 20 min d'entretien avec le jury**

**Avertissement:**

- Tous les documents (sujets, travaux du candidat y compris les brouillons) seront ramassés par l'examineur.
- Le candidat choisira son matériel parmi celui qui est mis à sa disposition.
- Les documents établis devront être exploitables.

### Introduction :

L'épreuve porte sur :

- 1) La détermination de l'angle de frottement d'un sable par un essai de cisaillement à la boîte de Casagrande.
- 2) L'étude comparative à la rupture de ce sable suivant son état de compacité.
- 3) Détermination de la contrainte ultime  $q_u$  (d'après le DTU 13.12) à partir des résultats expérimentaux.

### Matériels et matériaux :

- Un échantillon de sable sec.
- Machine de cisaillement, boîte de Casagrande.
- Chronomètre
- Des récipients étalonnés
- Balance précision  $\pm 1$  g
- Papier millimétré.

### Documents fournis :

- Notice d'utilisation de la machine.
- Norme NF P 94-071-1 : Essai de cisaillement rectiligne à la boîte.

### Travail demandé :

#### Première partie :

1) Réaliser 2 essais de cisaillement sur l'échantillon sous contrainte normale indiquée dans le tableau, page 4/4 en portant sur un graphique l'évolution de la contrainte de cisaillement  $\tau$  en fonction du déplacement  $\delta l$  :  $\tau = f(\delta l)$ .

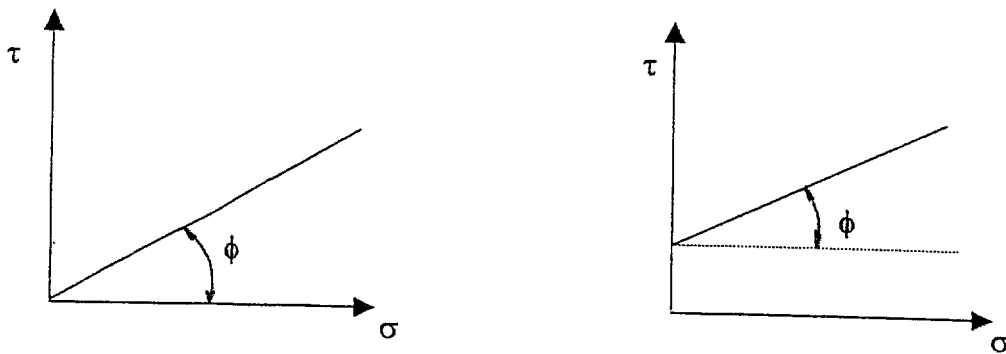
Pour chacun des essais, en déduire la contrainte de cisaillement à la rupture  $\tau_r$ .

2) Tracer la courbe intrinsèque du sol :  $\tau = f(\sigma)$ ,  $\tau$  en fonction de  $\sigma$ , en déduire son angle de frottement  $\phi$  et la cohésion  $C$ .

3) Justifier le fait :

Qu'un seul essai, supposé fiable, aurait suffi à déterminer la courbe intrinsèque du sol ( droite de Coulomb ).

4) A quels types de sol correspondent les 2 courbes suivantes :



## Deuxième partie : CALCUL DES FONDATIONS SUPERFICIELLES

Détermination de la contrainte ultime  $q_u$  (d'après le DTU 13.12)

-Notations utilisées :

\*  $\phi$  = angle de frottement interne

$\phi_{uu}$  = valeur correspondant à l'équilibre à court terme

$\phi'$  = valeur correspondant à l'équilibre à long terme

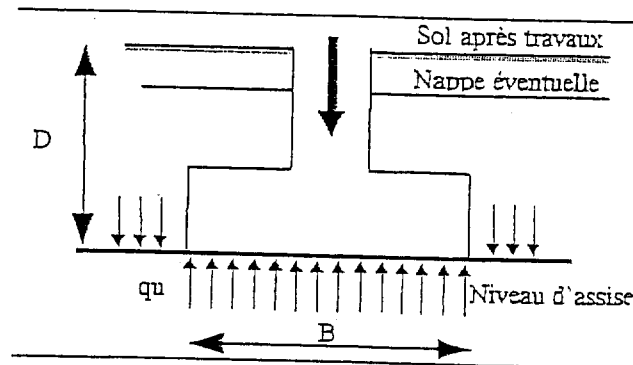
\*  $C$  = cohésion ( $T/m^2$ )

$C_{uu}$  = valeur correspondant à l'équilibre à court terme

$C'$  = valeur correspondant à l'équilibre à long terme

\*  $\gamma$  = masse volumique du terrain ( $T/m^3$ )

- Coefficients de forme :



Semelle de largeur  $B$ , de longueur  $L$ , encastrée sur profondeur  $D$ .

$$S_c = 1 + 0,2 B/L$$

$$S_\gamma = 1 - 0,2 B/L$$

$$S_q = 1$$

Expression générale de  $q_u$  :

$$q_u = S_c C N_c + \frac{1}{2} S_\gamma \gamma B N_\gamma + S_q \gamma D N_q$$

Valeurs de  $N_c$ ,  $N_\gamma$ ,  $N_q = f(\phi)$  (Cf.tableau)

$\phi$ en degrés	$N_c$	$N_\gamma$	$N_q$
0	5.14	0	1.00
5	6.50	0.10	1.60
10	8.40	0.50	2.50
15	11.00	1.40	4.00
20	14.80	3.50	6.40
21	15.80	4.10	7.10
22	16.90	4.90	7.80
23	18.10	5.80	8.70
24	19.30	6.90	9.60
25	20.70	8.10	10.70
26	22.20	9.50	11.80
27	24.00	11.40	13.20
28	25.80	13.20	14.70
29	27.90	15.50	16.40
30	30.00	18.10	18.40
31	32.70	21.30	20.60
32	35.50	25.10	23.20
33	38.70	29.50	26.10
34	42.20	34.80	29.40
35	46.00	41.10	33.30
36	50.60	49	37.80
37	55.70	58.50	42.90
38	61.40	70.00	48.90
39	67.90	84.00	56.00
40	75.30	100.00	64.20
45	134.00	254.00	135.00

**Remarques :**

Pour une semelle filante pour laquelle le rapport B/L est très faible, prendre :

$$S_c = S_\gamma = S_q = 1$$

Les valeurs de C et de  $q_u$  doivent être prises « couplées », c'est à dire pour obtenir :

- $q_u$  en équilibre à court terme, prendre  $C_{uu}$  et  $\phi_{uu}$ .
- $q_u$  en équilibre à long terme, prendre C' et  $\phi'$  (valeurs consolidées).

Unités  $q_u$  en  $T/m^2$  si  $\gamma$  est en  $T/m^3$  et C en  $T/m^2$  et B, D en mètres

Les valeurs C,  $\phi$ ,  $C_{uu}$ ,  $\phi_{uu}$ ,  $\gamma$  sont déterminées par des essais en laboratoire.

**Question :**

Calculer la valeur de la contrainte ultime sous la semelle avec : D = 1,20 m ; B = 1,50 m L = 1,50 m

On admettra que le remblai et le sol support sont secs et que la valeur de leur poids volumique est  $18 \text{ kN/m}^3$ . En déduire la charge maximale que peut supporter la semelle.

**TABLEAU DE RELEVÉ DES DÉFORMATIONS**

Nota : La norme NF P 94-071-1 (Essai de cisaillement rectiligne à la boîte) préconise ( § 6.4 : Mesurage) une lecture du déplacement horizontal  $\delta L$  tous les 0.2 mm jusqu'à 2 mm puis tous les 0.5 mm au-delà.

		Contrainte : $\sigma_1 = 100$ kPa			Contrainte : $\sigma_2 = 200$ kPa		
Temps (Seconde)	Déplacement $\delta L$ (mm)	Déformations ( $10^{-2}$ mm)	Efforts (N)	Contraintes Tangentielles $\tau$	Déformations ( $10^{-2}$ mm)	Efforts (N)	Contraintes Tangentielles $\tau$
	0.20						
	0.40						
	0.60						
	0.80						
	1.00						
	1.20						
	1.40						
	1.60						
	1.80						
	2.00						
	2.50						
	3.00						
	3.50						
	4.00						
	4.50						
	5.00						

# **BTS BATIMENT**

## **SESSION 2006**

### **Sous-épreuve U 5.2 - LABORATOIRE**

#### **Thème n° 13**

#### **SUJET**

**durée : 2 h 40 mn + 20 mn de dialogue avec le jury**

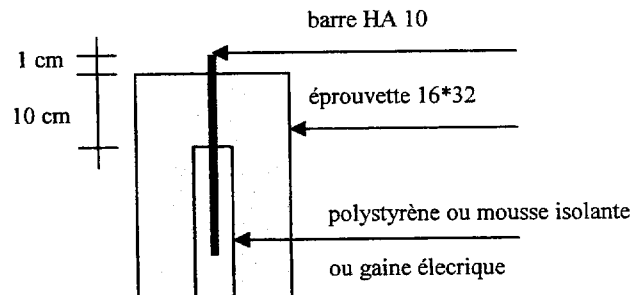
**Avertissement :**

- Tous les documents (sujets, travaux du candidat y compris les brouillons) seront ramassés par l'examineur.
- Le candidat choisira son matériel parmi celui qui est mis à sa disposition.
- Les documents établis devront être exploitables.

# ADHERENCE ACIER-BETON

## INTRODUCTION

On cherche à vérifier l'effort de traction dans l'armature à haute adhérence et la transmission des efforts à l'interface acier-béton définie par le phénomène d'adhérence.



## MATERIEL

- Machine de traction sur Acier HA 10
- Presse hydraulique pour essai de fendage sur éprouvettes 16\*32

## MATERIAUX UTILISES

- Armatures haute adhérence HA 10 de type feE500 pour essai de traction
- 1 éprouvette 16\*32 de type B25 pour essai de fendage

## DOCUMENTS FOURNIS AU CANDIDAT

- Norme NF EN 10002-1 : Essai de traction
- Norme NF A 35-016 : Barres à haute adhérence
- Norme NF P 18-408 ou EN 12 390-6 : Essai de fendage
- Mode opératoire de la machine de traction
- Mode opératoire de la presse hydraulique

## BAREME

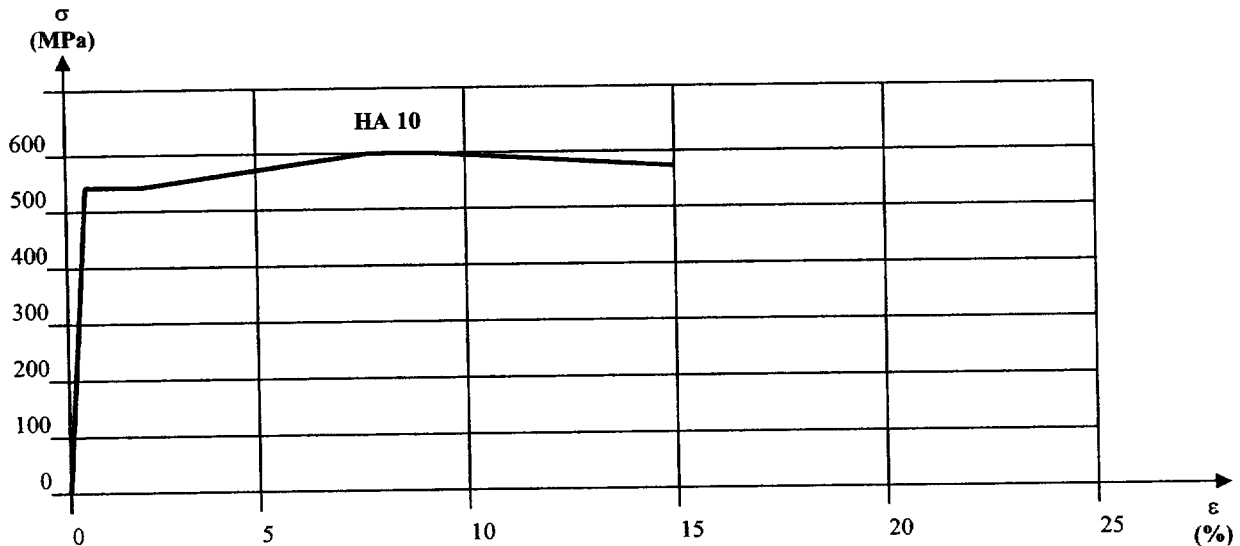
- Manipulation : 6 pts
- Exploitation : 8 pts
- Entretien : 6 pts

# TRAVAIL DEMANDE

## 1. ESSAI DE TRACTION SUR ARMATURE A HAUTE ADHERENCE :

### 1.1 Essai de traction sur HA 10 de type feE500 :

Faire un essai de rupture par traction d'une barre à haute adhérence HA 10 selon la norme NF EN 10002-1. Faire une sortie graphique de la courbe contrainte - déformation. Dans le cas où une sortie graphique n'est pas possible, prendre la courbe donnée ci-dessous :



### 1.2 Exploitation de la courbe contrainte - déformation :

Donner un schéma simplifié de la courbe contrainte - déformations définie par la norme NF EN 10002-1 (paragraphes 5 pour les symboles et 15 pour la courbe). Déterminer les caractéristiques mécaniques d'une barre à haute adhérence HA 10 de type feE500 définies par la norme NF A 35-016 ( paragraphe 6.3 ). Comparer ces valeurs réglementaires à celles de l'essai réalisé.

### 1.3 Détermination de l'effort de traction $F_{te}$ correspondant à la limite élastique $f_e$ ( $R_e$ ) :

A partir de la limite élastique  $f_e$  ( $R_e$ ) donnée par l'essai et de la section de la barre à haute adhérence HA 10, déterminer l'effort de traction  $F_{te}$  en kN.

## 2. ETUDE EXPERIMENTALE DE L'ADHERENCE ACIER-BETON :

### 2.1 Essai de fendage sur éprouvette 16\*32 :

Réaliser un essai de fendage à la rupture sur une éprouvette de béton 16\*32 selon la norme NF P 18-408. Relever l'effort de rupture  $F$  en kN et la contrainte de traction du béton  $f_{tj}$  ( $j=28$ ) en MPa. Vérifier la relation de la norme NF P 18-408 reliant l'effort de rupture  $F$  et la contrainte de traction  $f_{tj}$ .

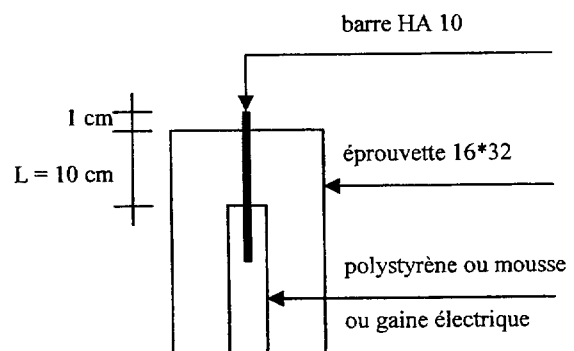
Calculer la résistance caractéristique à la traction  $f_{tj}$  ( $j=28$ ) en fonction de la résistance caractéristique à la compression  $f_{cj}$  ( $j=28$ ) à partir de la formule donnée ci-dessous. Le béton est de type B25. Comparer cette valeur de  $f_{tj}$  avec celle obtenue par fendage.

$$\text{BAEL A.2 : } f_{tj} = 0,6 + 0,06 * f_{cj}$$

### 2.2 Exploitation des résultats d'un essai d'adhérence sur une barre HA 10 et une éprouvette de béton 16\*32 :

L'essai consiste à mesurer l'effort maximal de glissement nécessaire pour enfoncer la tige d'acier HA dans l'éprouvette de béton 16\*32. Cette tige est ancrée sur une longueur  $L = 10$  cm, le reste de la tige étant noyé dans un bloc de mousse, de polystyrène ou une gaine électrique.

Il est clair que cette barre d'acier n'est pas sollicitée en vue d'un arrachement. Néanmoins elle va glisser par rapport au béton dans lequel elle est scellée. On supposera donc que le glissement d'une barre dans du béton est indépendant du fait qu'elle soit en compression ou en traction.





Les résultats de l'essai de rupture par adhérence d'un HA 10 ancré sur 10 cm de longueur dans une éprouvette de béton 16\*32 donne la valeur suivante de l'effort maximal de glissement  $F_g$  en kN :

$$F_g = 25 \text{ kN}$$

Comparer cette valeur à  $F_{te}$ . Conclure.

Calculer la contrainte expérimentale de rupture par adhérence  $\tau_{ad}$  en MPa en la supposant constante le long de la barre.

$$\text{On donne : } F_g = L * \pi * \phi * \tau_{ad}$$

Comparer cette valeur expérimentale  $\tau_{ad}$  avec la valeur  $\tau_{su}$  donnée ci-dessous pour une armature à haute adhérence et un béton de type B25. Conclure.

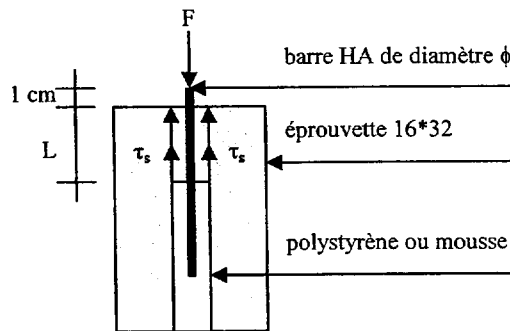
$$\text{BAEL A.6 : } \tau_{su} = 0,6 * (\Psi_s)^2 * f_{tj} \text{ (avec } \Psi_s = 1,5 \text{ pour des armatures à haute adhérence)}$$

### 3. COMPARAISON ENTRE RESULTATS EXPERIMENTAUX ET THEORIQUES :

#### 3.1 Equilibre statique le long de la barre :

On vous donne le schéma ci-dessous d'une barre d'acier de diamètre  $\phi$  ancrée sur une longueur  $L$  dans un bloc de béton.

La contrainte d'adhérence  $\tau_s$  est supposée constante le long de la barre. A partir de l'équilibre statique entre la force appliquée sur la barre  $F$  et la force d'adhérence mobilisée le long de la barre, exprimer la force  $F$  en fonction de  $\tau_s$ ,  $L$  et  $\phi$ .



#### 3.2 Effort maximal de glissement $F = F_g$ :

A partir de la valeur de la contrainte maximale de glissement entre l'acier et le béton  $\tau_{su}$  donnée ci-dessous, déterminer l'effort maximal  $F_g$  exercé sur la barre au moment du glissement.  $F_g$  sera exprimé en fonction de  $\psi_s$ ,  $f_{t28}$ ,  $L$  et  $\phi$ .

$$\text{BAEL A.6 : } \tau_{su} = 0,6 * (\Psi_s)^2 * f_{tj} \text{ (avec } \Psi_s = 1,5 \text{ pour une armature à haute adhérence)}$$

#### 3.3 Effort maximal de traction $F_{te}$ :

Pour cette même barre, exprimer l'effort maximal de traction  $F_{te}$  que l'on peut exercer avant la limite élastique de cette barre. On rappelle qu'en Béton Armé la contrainte dans l'acier est limitée à  $f_e$ .  $F_{te}$  sera exprimé en fonction de  $f_e$  et  $\phi$ .

#### 3.4 Application numérique :

Pour les valeurs particulières suivantes :

$$\psi_s = 1,5 \text{ pour des armatures à haute adhérence}$$

$$f_{t28} = 2 \text{ MPa qui est une valeur plausible pour un béton courant}$$

$$f_e = 500 \text{ MPa pour du HA classique}$$

$$L = 10 \text{ cm pour la longueur d'ancrage}$$

$$\phi = 10 \text{ mm pour un HA 10}$$

Calculer  $F_g$  et  $F_{te}$  en kN dans les relations précédentes.

Comparer ces 2 valeurs théoriques aux 2 valeurs expérimentales. Conclure.