

BTS BATIMENT

SESSION 2007

Sous-épreuve U 5.2 - LABORATOIRE

Thème n° 10

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.

ESSAI PROCTOR

INTRODUCTION

Dans le cadre de la réalisation d'un ensemble de bâtiments à usage d'habitation, vous êtes chargé d'étudier le comportement du sol support du dallage extérieur en béton. Vous disposez pour cela de l'extrait du rapport de sol résumé ci-dessous.

Vous devez déterminer les caractéristiques Proctor sur un matériau supposé provenir de la construction et d'en exploiter les résultats sur une fiche d'essai.

COUPE GEOLOGIQUE :

Les sondages font apparaître de haut en bas les couches suivantes :

- des limons argileux sur environ 1 m d'épaisseur,
- des graves sur 2 à 3 m d'épaisseur,
- le substratum molassique.

REALISATION DES DALLAGES :

Les dallages pourront être mis en œuvre sur les limons superficiels à condition toutefois de respecter les modalités de réalisation suivantes :

1. Décapage sur 30 cm de la terre végétale et du toit des limons, purge des éventuelles poches médiocres et des sols détériorés par les engins de terrassement ou par les eaux de pluie.
2. Compactage de la plate-forme à 95 % de l'Optimum Proctor Normal (OPN). Cette opération ne sera réalisable que si les limons résiduels présentent une teneur en eau faible.
Dans le cas contraire (par exemple à la suite d'intempéries ou pour des travaux en saison pluvieuse), on devra envisager un décapage supplémentaire de 15 à 20 cm et mise en place d'une couche de fondation de 20 cm d'épaisseur minimale, en matériaux d'apport graveleux propres et compactés à 95 % de l'Optimum Proctor Modifié (OPM).
3. Mise en place d'une forme en grave concassé 0/20 mm, compactée à 95 % de l'Optimum Proctor Modifié (OPM).
4. Contrôle de la plate-forme à l'aide d'essais de plaque type Westergaard. La valeur minimale du coefficient de réaction devra être de 30 MPa/m sur la fondation et il est souhaitable d'obtenir $K \geq 50$ MPa/m sur l'arase de la forme.

MATERIEL ET MATERIAUX UTILISES

- un sol A limoneux ou argileux $D < 5$ mm dont la teneur en eau est comprise entre 6 et 16 %.
- moule Proctor et CBR, dames PN et PM.

DOCUMENTS FOURNIS AU CANDIDAT

- NF P 94-093 : Détermination des caractéristiques de compactage d'un sol,
- Courbe représentative (teneur en eau w - masse volumique sèche ρ_d) du limon (ou argile) du sol A à étudier expérimentalement. Cette courbe du sol A doit être fournie par le centre d'examen.
- Fiche d'essai du sol A limoneux ou argileux à compléter et à exploiter page 3/4.
- Fiche d'essai du sol B grave concassé 0/20 à compléter et à exploiter page 4/4.

BAREME

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

TRAVAIL DEMANDE

1. COMPACTAGE DE LA PLATE - FORME : sol A

1.1 Compacter l'échantillon fourni (sol A) selon le processus Proctor Normal, dans le moule Proctor. Déterminer la masse volumique apparente sèche et la teneur en eau du matériau après compactage en complétant la fiche d'essai du sol A (page 3/4).

Attention : effectuer 1 seul essai à la teneur en eau proposée pour le sol A.

1.2 Exploiter les résultats de la courbe de compactage fournie (teneur en eau - masse volumique sèche). Déterminer graphiquement la plage de teneur en eau correspondant à 95% de l'OPN.

1.3 A la suite d'intempéries ou de travaux en saison pluvieuse, pourquoi une solution avec un matériau différent est proposée. Donner une autre solution en utilisant le matériau en place.

2. COMPACTAGE DE LA COUCHE DE FORME : sol B

2.1 Exploiter les résultats de la fiche d'essai Proctor fournie du sol B (page 4/4).

2.2 Tracer la courbe Proctor (teneur en eau-masse volumique sèche) sur le même graphique fourni pour le sol A. Déterminer graphiquement la plage de teneur en eau correspondant à 95% de l'OPM.

FICHE D'ESSAI DU SOL A

ESSAI PROCTOR NORMAL PN SUR SOL A

Tableau des mesures effectuées :

Détails des calculs de la teneur en eau w en % :

Sol A	Essai
Masse du moule vide (g)	
Masse du moule + matériau (g)	
Masse du sol humide M_h (g)	
Teneur en eau w (%)	
Masse du sol sec M_s (g)	
Volume du moule V (cm ³)	
Masse volumique sèche ρ_d (t/m ³)	
Poids volumique sec γ_d (kN/m ³)	
Densité sèche d_d	

Détails des calculs de M_s , V , ρ_d , γ_d et d_d :

- Exploitation de la courbe Proctor du sol A fournie : w_{OPN} , ρ_{dOPN} , w_1 et w_2 correspondant à 95 % de ρ_{dOPN}

FICHE D'ESSAI DU SOL B

ESSAI PROCTOR MODIFIE PM SUR SOL B

Tableau des mesures effectuées :

Sol B	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6
Masse du sol humide M_h (g)	4001	4298	4799	4977	4871	4404
Teneur en eau w (%)	3,68	4,52	6,38	8,83	10,05	11,66
Masse du sol sec M_s (g)						
Volume du moule V (cm ³)	2297	2297	2297	2297	2297	2297
Masse volumique sèche ρ_d (t/m ³)						
Poids volumique sec γ_d (kN/m ³)						
Densité sèche d_d						

Détails des calculs de M_s , ρ_d , γ_d et d_d (pour l'essai 1 uniquement) :

- Exploitation de la courbe Proctor du sol B : w_{OPM} , ρ_{dOPM} , w_1 et w_2 correspondant à 95 % de ρ_{dOPM}

BTS BATIMENT

Session 2007

Epreuve U 5.2 – Laboratoire

Thème n°11

Sujet

Durée : 2 h 40 mn + 20 mn 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.**

Thème n°11 – Sols 3 ETUDE D'UN SOL

MISE EN SITUATION:

Vous travaillez dans un bureau d'études de sol. Vous devez étudier un sol destiné à recevoir un dallage.

Extrait du CCTP :

" Le sol devra être compacté à 95 % de l'OPN. Dans le cas contraire (par exemple à la suite d'intempéries ou pour des travaux en saison pluvieuse), on devra envisager un décapage de 15 à 20 cm et mise en place d'une couche de fondation de 20 cm d'épaisseur minimale, en matériaux graveleux propres et compactés à 95% de l'OPM. "

Une première étude de ce sol a permis de déterminer la nature de ce sol. Il s'agit de limons peu plastiques (classement A1 selon la NF P 11-300).

Vous devez maintenant déterminer les paramètres d'état de ce sol le jour du compactage.

MATERIELS, MATERIAUX ET DOCUMENTS FOURNIS:

✓ Normes:

- NF P 94-054 :Sols : Détermination de la masse volumique des particules solides des sols
- NF P 94-061-2 : Sols : Reconnaissance et essais - Détermination de la masse volumique d'un matériau en place – **Partie 2 : Méthode au densitomètre à membrane**
- NF P 94-061-3 : Sols : Reconnaissance et essais - Détermination de la masse volumique d'un matériau en place – **Partie 3 : Méthode au sable**

✓ Documents:

- Mode opératoire du densitomètre (fourni par le centre d'examen)

✓ Matériels :

- Densitomètre
- Pycnomètre
- Bêche
- Marteau et burin
- Récipients
- Four micro-onde
- Balance.

✓ Matériaux:

- Site en place nettoyé
- Sable

TRAVAIL DEMANDE:

- ✓ A l'aide du densitomètre à membrane ou à partir de la méthode du sable, déterminer la masse volumique apparente du sol en place, ρ .
- ✓ A partir du sol humide extrait, déterminer le teneur en eau.
- ✓ En utilisant le sol précédemment séché, déterminer la masse volumique absolue de ce sol, ρ_s .
- ✓ A partir de ces résultats, en déduire les autres paramètres d'état. Compléter le tableau donné en annexe.
- ✓ Des essais de Proctor Normal ont été effectués au préalable sur un échantillon de votre sol. Les résultats de ces essais sont donnés sur la courbe en annexe du sujet. Peut-on réaliser le compactage conformément aux prescriptions du CCTP ?
- ✓ A l'aide de la norme NF P 11-300, et des paramètres d'état de votre sol, classer votre sol en fonction de son état hydrique.

EVALUATION :

- | | |
|--------------------------------|----------|
| ✓ Manipulation : | 6 points |
| ✓ Exploitation des résultats : | 8 points |
| ✓ Dialogue avec l'examineur : | 6 points |

TOTAL 20 points

**DOCUMENT REPONSE
PARAMETRES D'ETAT D'UN SOL**

NOM :

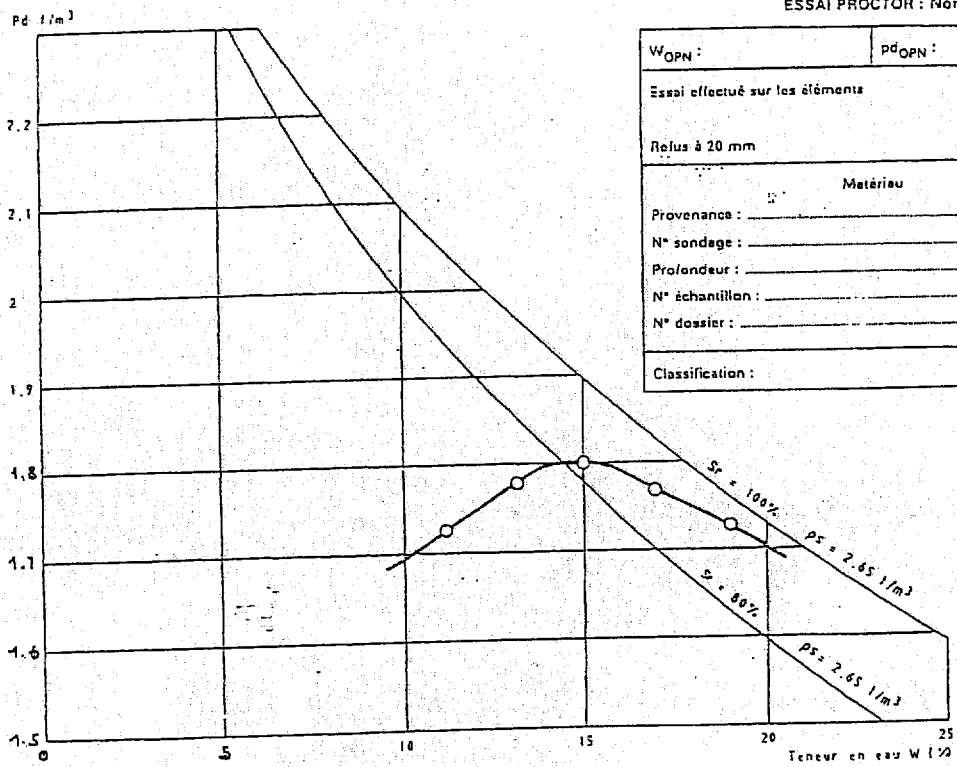
Prénom :

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Masse volumique apparente	ρ		
Teneur en eau	ω		
Masse volumique absolue	ρ_s		
Masse volumique sèche	ρ_d		
Indice des vides	$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d$		
Porosité	$n = e / (1 + e)$		
Degré de saturation	$S_r = \rho_s \cdot w / (e \cdot \rho_w)$		

$W_{opn} =$

Classement selon l'état hydrique :

ANNEXE ESSAI PROCTOR NORMAL



ESSAI PROCTOR : Normal

W _{OPN} :	p _d _{OPN} :
Essai effectué sur les éléments	
	5 mm
	20 mm
Refus à 20 mm	
Matériau	
Provenance : _____	
N° sondage : _____	
Profondeur : _____	
N° échantillon : _____	
N° dossier : _____	
Classification : _____	

BTS BATIMENT

Session 2007

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.

Cisaillement d'un sable

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 ± 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 τ en fonction du déplacement δl : $\tau = f(\delta l)$.

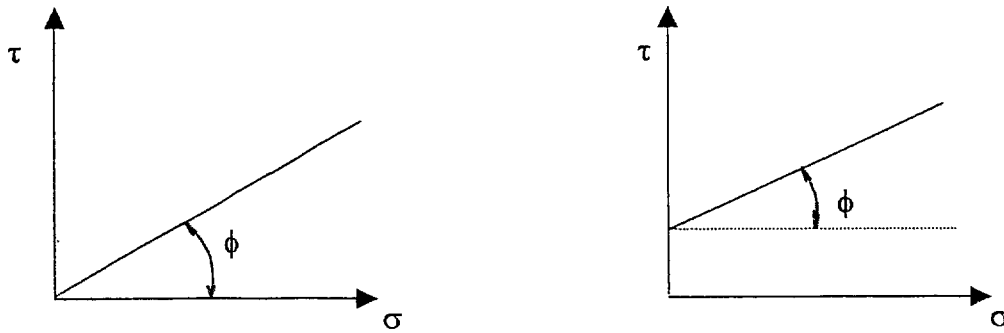
Pour chacun des essais, en déduire la contrainte de cisaillement à la rupture τ_r .

2) Tracer la courbe intrinsèque du sol : $\tau = f(\sigma)$, τ en fonction de σ , en déduire son angle de frottement ϕ 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 :

* ϕ = angle de frottement interne

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

ϕ' = valeur correspondant à l'équilibre à long terme

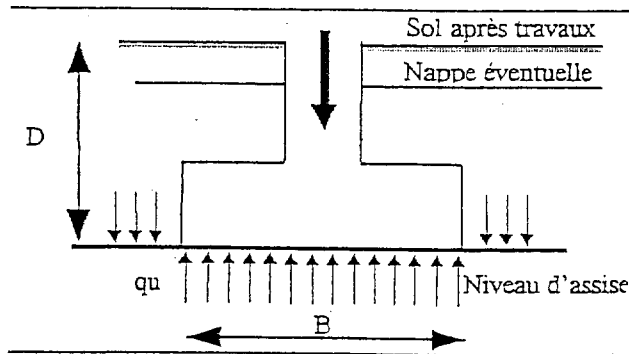
* C = cohésion (kPa)

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

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

* γ = poids volumique du terrain (kN / 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_γ , $N_q = f(\phi)$ (Cf.tableau)

ϕ en degrés	N_c	N_γ	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 ϕ_{uu} .
- q_u en équilibre à long terme, prendre C' et ϕ' (valeurs consolidées).

Unités q_u en kPa si γ est en kN / m^3 et C en kPa et B, D en mètres

Les valeurs C, ϕ , C_{uu} , ϕ_{uu} , γ 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 et L = 1,50 m

On admettra que le remblai et le sol support sont secs et que la valeur de leur poids volumique est $18 \text{ kN} / \text{m}^3$. 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 δL 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 $s \delta L$ (mm)	Déformations (10^{-2} mm)	Efforts (N)	Contraintes Tangentielles τ	Déformations (10^{-2} mm)	Efforts (N)	Contraintes Tangentielles τ
	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 2007

Sous-épreuve U 5.2 - LABORATOIRE

Thème n° 13

SUJET

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

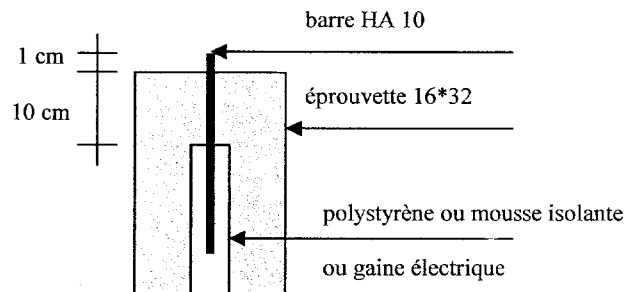
Avertissement :

- 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 éprouvette 16*32

MATERIAUX UTILISES

- Armatures haute adhérence HA 10 de type feE500 (S500) pour essai de traction
- 1 éprouvette 16*32 de type C25/30 ($f_{c28} = 25$ MPa) 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 EN 12 390-6** : Essai de fendage
- Mode opératoire de la machine de traction
- Mode opératoire de la presse hydraulique pour essai de fendage

BAREME

Manipulation : 6 pts

Exploitation : 8 pts

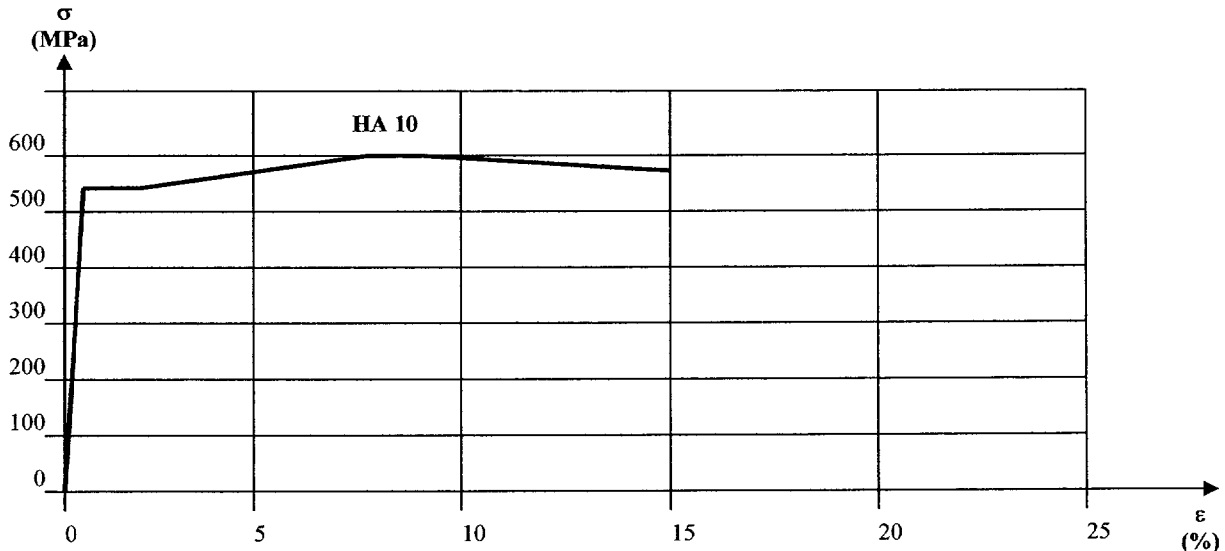
Entretien : 6 pts

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 - déformation définie par la norme NF EN 10002-1 (paragraphe 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 EN 12 390-6. 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 EN 12 390-6 reliant l'effort de rupture F et la contrainte de traction f_{tj} .

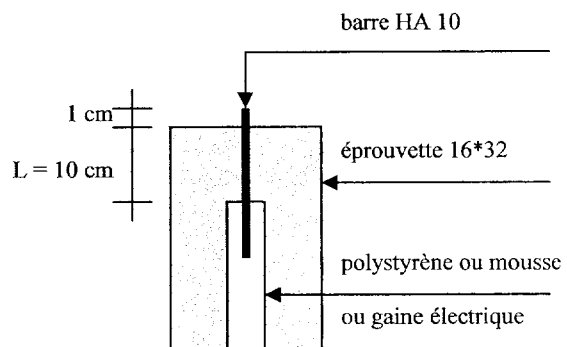
Calculer la résistance caractéristique à la traction f_{tj} ($j = 28$) en fonction de la résistance caractéristique à la compression f_{cj} ($j = 28$) à partir de la formule donnée ci-dessous. Le béton est de type C25/30. Comparer cette valeur de f_{tj} avec celle obtenue par fendage.

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

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 τ_{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 τ_{ad} avec la valeur τ_{su} donnée ci-dessous pour une armature à haute adhérence et un béton de type C25/30. Conclure.

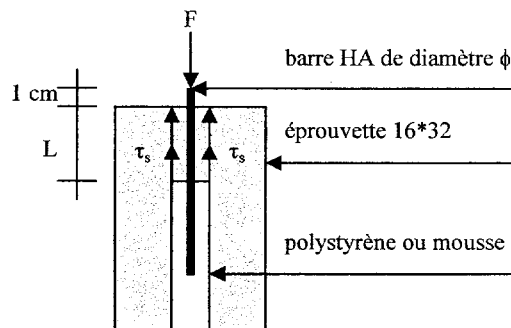
$$\text{BAEL A.6 : } \tau_{su} = 0,6 * (\Psi_s)^2 * f_{tj} \text{ (avec } \Psi_s = 1,5 \text{ pour des armatures à haute adhérence)}$$

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 ϕ ancrée sur une longueur L dans un bloc de béton.

La contrainte d'adhérence τ_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 τ_s , L et ϕ .



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 τ_{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 ψ_s , f_{t28} , L et ϕ .

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

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 ϕ .

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.