

# **BTS BATIMENT**

**SESSION 2005**

**Sous-épreuve U 5.2 - LABORATOIRE**

**Thème n° L 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 limoneux ou argileux  $D < 5$  mm,
- 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-masse volumique sèche) du limon (ou argile) du sol A à étudier expérimentalement.
- 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).

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 Quelles différences y a-t-il entre les essais « Proctor Normal » et « Proctor Modifié » ? Que signifie 95 % de l'OPN ou 95 % de l'OPM ? On choisit l'essai Proctor Normal OPN, pourquoi ?

1.4 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.

## 3. CONTROLE DU COMPACTAGE : sols A et B

3.1 Quels sont les essais qui permettent de contrôler sur site le compactage ?

# 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 <sup>3</sup> )	
Masse volumique sèche $\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> )	
Poids volumique sec $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )	
Densité sèche $d_d$	

Détails des calculs de  $M_s$ ,  $V$ ,  $\rho_d$ ,  $\gamma_d$  et  $d_d$  :

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

# 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 <sup>3</sup> )	2297	2297	2297	2297	2297	2297
Masse volumique sèche $\rho_d$ (t/m <sup>3</sup> )						
Poids volumique sec $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> )						
Densité sèche $d_d$						

Détails des calculs de  $M_s$ ,  $\rho_d$ ,  $\gamma_d$  et  $d_d$  (pour l'essai 1 uniquement) :

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

# **BTS BATIMENT**

**Session 2005**

**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 XP 94-049-1 : Sols : Détermination de la teneur en eau des sols par dessiccation au four à micro-ondes
- NF P 94-054 : Sols : Détermination de la masse volumique des particules solides des sols
- NF X 31-502 : Qualité des sols – Méthodes Physiques : Mesure de la masse volumique apparente – Densitomètre à membrane.

##### ✓ Documents:

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

##### ✓ Matériels :

- Densitomètre
- 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 masses volumique apparente du sol en place. En déduire le poids volumique apparent  $\gamma$ .**
- ✓ **A partir du sol humide extrait, déterminer le teneur en eau.**
- ✓ **A l'aide de la méthode de votre choix, et en utilisant le sol précédemment séché, déterminer la masse volumique absolue de ce sol. en déduire le poids volumique absolu du sol,  $\gamma_s$ .**
- ✓ **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 :  | 2 points |

\_\_\_\_\_

TOTAL 20 points



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

**NOM :**

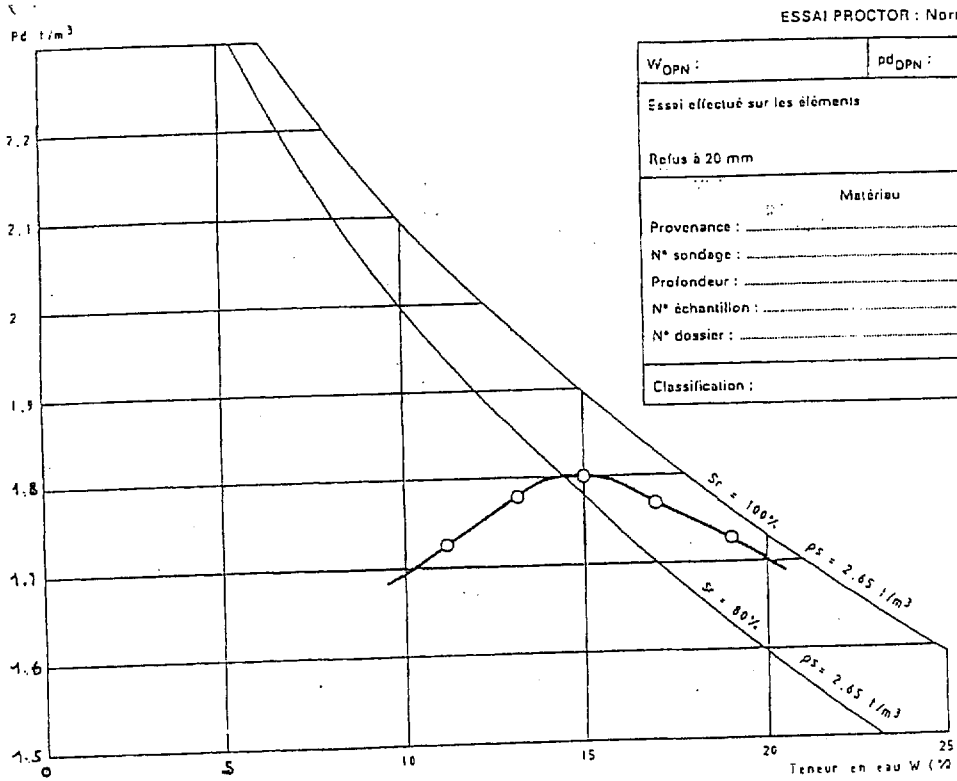
**Prénom :**

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Poids volumique apparent	$\gamma$		
Teneur en eau	$\omega$		
Poids volumique absolu	$\gamma_s$		
Poids volumique sec	$\gamma_d$		
Indice des vides	$e = (\gamma_s - \gamma_d) / \gamma_d$		
Porosité	$n = e / (1 + e)$		
Degré de saturation	$S_r = \gamma_s \cdot w / (e \cdot \gamma_w)$		

**$W_{opn} =$**

**Classement selon l'état hydrique :**

# ANNEXE ESSAI PROCTOR NORMAL



ESSAI PROCTOR : Normal

W <sub>OPN</sub> :	p <sub>d</sub> OPN :
Essai effectué sur les éléments <span style="float: right;">5 mm - 20 mm</span>	
Refus à 20 mm	
Matériau	
Provenance : _____	
N° sondage : _____	
Profondeur : _____	
N° échantillon : _____	
N° dossier : _____	
Classification :	

# **BTS BATIMENT**

**Session 2005**

**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  $\delta l$ .

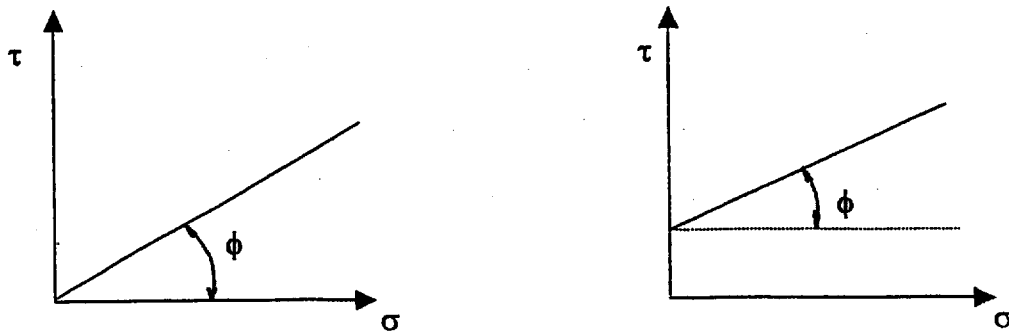
Pour chacun des essais, en déduire la contrainte de cisaillement à la rupture  $\tau_r$ .

2) Tracer la courbe intrinsèque du sol, 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

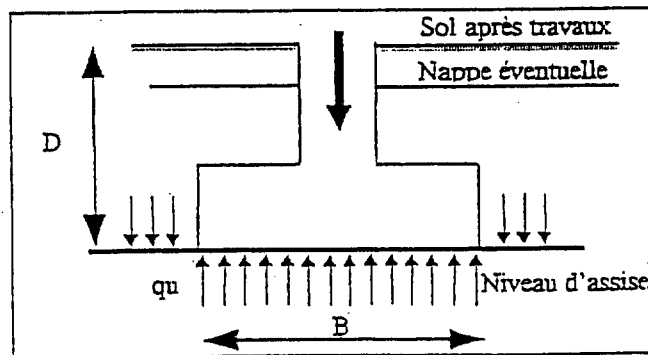
\*  $C$  = cohésion ( $T/m^2$ )

$C_{uu}$  = 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 :

$$D = 1.20 \text{ m} ; B = 1.50 \text{ m} ; L = 1.50 \text{ m} \text{ et } \phi = 33^\circ$$

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.

Temps (Seconde)	Déplacements $\delta L$ (mm)	Contrainte : $\sigma_1 = 100$ kPa			Contrainte : $\sigma_2 = 200$ kPa		
		Déformations ( $10^{-2}$ mm)	Efforts (daN)	Contraintes Tangentielles $\tau$	Déformations ( $10^{-2}$ mm)	Efforts (da 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						