

ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE NOVEMBRE 2022

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l'examen : 3 heures

14-GE-B1 INVESTIGATION GÉOTECHNIQUE DE SITES

1. **Méthodes d'investigation de sites** (15 pts) - À une profondeur de 9,0 m, la réalisation d'un essai de pénétration standard (SPT) a permis d'obtenir les résultats suivants : 8/11/9. Le dépôt de sol consiste en une épaisse couche relativement uniforme de sable fin à moyen avec une masse volumique totale (humide et saturée) de 2039 kg/m³. La nappe phréatique se trouve à une profondeur de 1,0 m sous la surface. Le diamètre du trou de forage est de 100 mm, un marteau de sécurité est utilisé. On vous demande :
 - a. de calculer la valeur de l'indice N et d'expliquer comment il est obtenu (5 pts)
 - b. d'évaluer la compacité relative du sable à cette profondeur (5 pts)
 - c. de donner trois utilisations pratiques de l'indice de pénétration standard dans la conception géotechnique (5 pts)

2. **Conception de projets d'investigation** (20 pts) - On prévoit construire un lourd bâtiment industriel de 4 étages (dimensions: 30 m par 40 m) sur des alluvions récentes consistant en une couche de sable lâche reposant sur un dépôt d'argile silteuse sensible). On sait que le bâtiment sera situé au pied d'un talus de 10 m de hauteur et incliné à 33° par rapport à l'horizontale.
 - a) On vous demande d'identifier les objectifs de la campagne de reconnaissance géotechnique pour ce projet (10 pts), et
 - b) de proposer les grandes lignes d'un programme de travaux d'investigations géotechniques adapté à ce projet (10 pts).

3. **Méthodes géophysiques d'investigation de sites** (10 pts) - Qu'est-ce qu'une diagraphie géophysique (ou « *Geophysical borehole logging* »)? Discutez les utilisations potentielles de ces méthodes pour les travaux d'investigation géotechnique.

4. **Essais en laboratoire et sur le terrain** (15 pts) - Le Tableau 1 (ci-dessous) résume les principales propriétés géotechniques obtenues à partir des travaux d'investigation géotechnique (essais in-situ et de laboratoire) effectués sur deux sites différents.

Tableau 1 : Paramètres géotechniques des sites nos 1 et 2

<u>PROPRIÉTÉS</u>	<u>SITE 1</u>	<u>SITE 2</u>
Description	Argile silteuse grise	Sable moyen
Stratigraphie	uniforme	uniforme
Profondeur de la nappe phréatique	2,0	0,0
Épaisseur du dépôt, H (m)	10,0	10,0
Indice des vides (e_v)	1,62	Non déterminé
Teneur en eau naturelle (w_n) (%)	60	20
G_s	2,70	2,70
S_r (%)	100	100
w_L (%)	45	--
Indice de plasticité I_p (%)	10	--
Poids volumique total (saturé & humide) (kN/m^3)	17,0	20,0
Pression de préconsolidation (kPa)	* $\sigma'_{vo} + 50\ kPa$	--
Cohésion effective c' (kPa)	10	0
Angle de frottement interne ϕ' (degrés)	30	--
c_u (kPa)-scissomètre (« <i>shear vane test</i> »)	30	-
$c_{u-remanié}$ (kPa)-scissomètre (« <i>shear vane test</i> »)	5	
G_s	2,7	2,7
V_s moyen (m/s) (<i>vitesses des ondes de cisaillement</i>)	180	200
Indice N (à une profondeur de 1 m et à 10 m)	-	9

* σ'_{vo} = contrainte verticale effective à une profondeur donnée dans le sol

Utilisez les données contenues dans le Tableau 1 pour répondre aux questions suivantes :

- Indiquer la consistance moyenne de l'argile au site no.1 (1 pt)
- Pour le site no. 2, indiquez l'état de compacité relative à la base du dépôt (2 pt)
- Quelle est la proportion approximative de silt dans le sol du site no. 1? (1 pt)
- Quelle est la sensibilité du dépôt argileux du site no. 1? (1 pt)
- Dans l'argile du site no. 1, l'essai de pénétration standard (SPT) aurait pu être utilisé pour récupérer un échantillon non remanié (Vrai ou Faux) (1 pt)
- Pour le site no. 1, la valeur rapportée de l'indice des vides de l'argile est correcte (Vrai ou Faux et expliquer) (2 pts)
- Le scissomètre de chantier (« *Shear Vane Test* ») est un outil de sondage approprié pour le sol du site no. 1 (vrai ou faux et expliquer) (2 pts)
- Le diamètre externe du carottier fendu du site no. 2 est de 100 mm (Vrai ou Faux) (1 pt)
- Le cône suédois aurait pu être utilisé pour mesurer en laboratoire les résistances remaniées et non remaniées du sol argileux du site no. 1 (Vrai ou Faux) (2 pts)
- Calculer l'indice de liquidité de l'argile du site no. 1 (2 pts)

5. **Mesures piézométriques et pressions interstitielles** (15 pts) - Trois piézomètres ouverts (de type Casagrande) ont été installés dans un même forage à des profondeurs de 2 m (piézo #1), 5 m (#2) et 10 m (#3) lors de travaux d'investigation réalisés dans le cadre d'une étude géotechnique requise pour le site d'un futur centre hospitalier. Les forages ont permis de déterminer que le socle rocheux au site est recouvert par un dépôt d'argile sensible (d'une épaisseur de 10 m) et que la nappe phréatique se trouve pratiquement à la surface du terrain (qui se trouve à l'élévation 100,0 m). Des relevés piézométriques, réalisés après stabilisation des piézomètres, ont donné les valeurs suivantes :

Piézo	Profondeur de l'eau dans le piézomètre (m)
#1	0,49
#2	0,70
#3	1,10

On vous demande d'évaluer les pressions interstitielles pour les piézomètres #1, #2 et #3 (10 pts) et d'indiquer s'il y a un écoulement de la nappe phréatique à ce site. (5 pts)

6. **Investigation pour un massif rocheux** (25 pts) - On prévoit réaliser une excavation à ciel ouvert d'environ 30 m de hauteur dans un roc sédimentaire légèrement métamorphisé au site d'une future centrale hydroélectrique. Le roc est sain et dur mais il est plus fragmenté près de la surface. On vous demande :
- (a) de proposer une approche pour obtenir les paramètres mécaniques de résistance et de déformabilité qui seront utilisés pour la conception géotechnique de l'excavation (15 pts) et
- b) de calculer l'indice RQD (*Rock Quality Designation*) (7 pts) et de classifier ce roc (3 pts) en utilisant les données provenant d'une carotte de roche d'une longueur de 200 cm récupérée lors d'un forage au diamant exécuté dans ce roc. Les longueurs des morceaux récupérés de carottes de roche sont montrées dans la figure 1 ci-dessous.

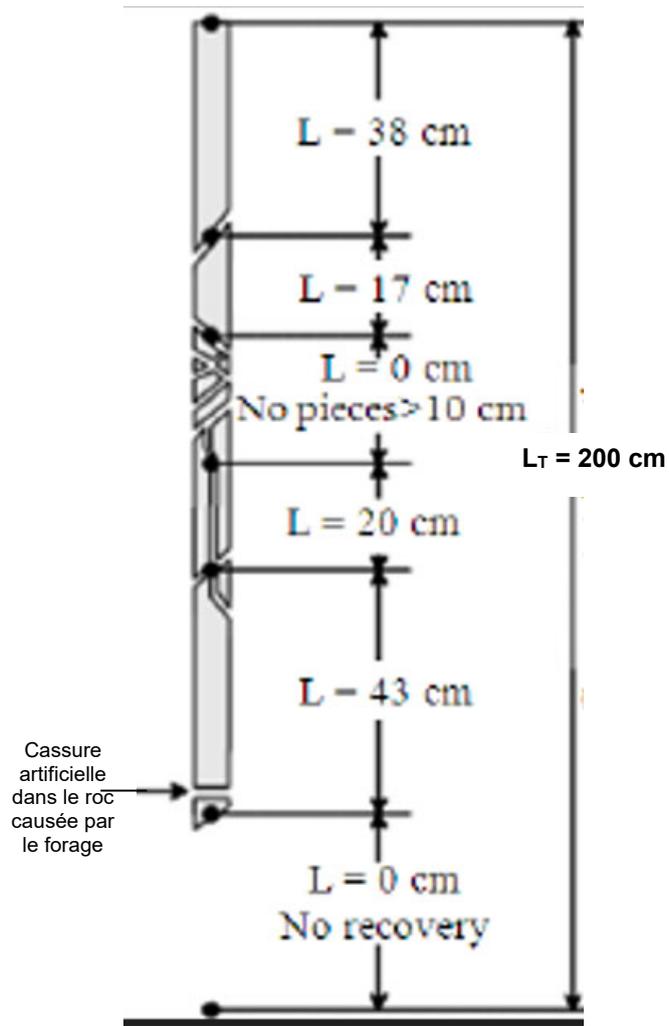


Figure 1