

<b>Année / Semestre</b> School year / Semester:	2023 - 2024 / Semestre : 05
<b>Classe / Cours :</b> Class / Speciality:	PGE1
<b>Nom, prénom de l'enseignant /</b> <b>Identifiant :</b> Teacher's name, first name / ID:	Alexandre NEZEYS Mohamed OUZZINE
<b>Matière :</b> Taught subject:	<b>Aménagement et réseaux divers</b>
<b>Durée de l'évaluation :</b> Duration:	2H00
<b>Calculatrice autorisée :</b> Calculator allowed :	Oui (yes) <input checked="" type="checkbox"/> Non (no) <input type="checkbox"/>
<b>Documents autorisés :</b> Authorized documents:	Oui (yes) <input type="checkbox"/> Non (no) <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Nom et prénom de l'apprenant :</b> Learner's name and first name:	

Sujet en 2 parties :

**PARTIE 1 : TERRASSEMENTS** – réponses à indiquer sur le sujet

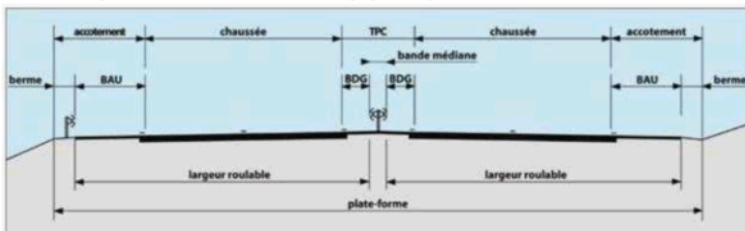
**PARTIE 2 : VOIRIE ET RÉSEAUX DIVERS** – réponses à indiquer sur la **dernière page**

**L'intégralité de ce sujet sera à rendre à la fin de l'évaluation.**

## PARTIE 1 : TERRASSEMENTS

( réponses à indiquer sur le sujet )

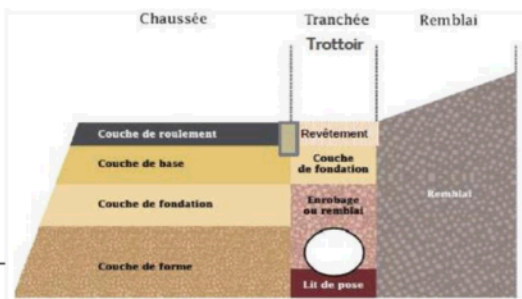
1. Compléter les schémas suivants (3 points) :

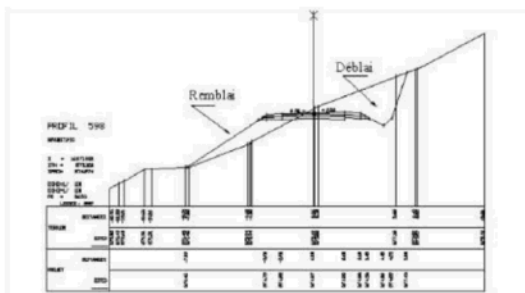


BAU : Bande d'Arrêt d'Urgence

BDG : Bande Dérasée de Gauche

TPC : Terre-Plein Central





## 2. Relier chaque élément à sa définition (2 points) :

Fond de

plan

Devers

Profil en long

Emprise

C'est l'inclinaison transversale de la route en alignement droit.

C'est la partie du terrain affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.

C'est la projection de l'axe de la route projetée sur un plan vertical.

C'est un tracé réalisé à partir des levés sur place représentant tous les éléments nécessaires pour la réalisation d'un projet routier.

## 3. Citer 2 facteurs pouvant endommager une chaussée (2 points) :

- Facteur 1 : **Le trafic intense et les charges lourdes** : Le passage fréquent de véhicules lourds (comme les camions) peut provoquer des fissures, des ornières ou un affaissement de la chaussée.
- Facteur 2 : **Les conditions climatiques extrêmes** : Les variations de température (gel et dégel) et les infiltrations d'eau peuvent affaiblir les couches de la chaussée, entraînant des dégradations telles que des fissures ou des nids-de-poule.

**4. Que veut dire GTR et citer ses 4 chapitres constitutifs (2 points) ?**

GTR : Guide des Terrassements Routiers

Chapitre N°1 : CLASSIFICATION DES MATERIAUX UTILISES POUR LA CONSTRUCTION DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME

Chapitre N°2 : CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI

Chapitre N°3 : CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN COUCHE DE FORME

Chapitre N°4 : COMPACTAGE DES REMBLAIS ET DES COUCHES DE FORME

**5. Citer un paramètre de nature et un paramètre d'état pour un matériau donné au sens du GTR (1 point) :**

- Paramètre de nature : Granularité / Argilosité
- Paramètre d'état : Teneur en eau / Indice Portant Immédiat (IPI) / Indice de Consistance (IC) / Indice Après Immersion (IAI)

6. Dans le cadre d'un projet de terrassement, les sondages et essais suivants ont été réalisés sur le sol en place :

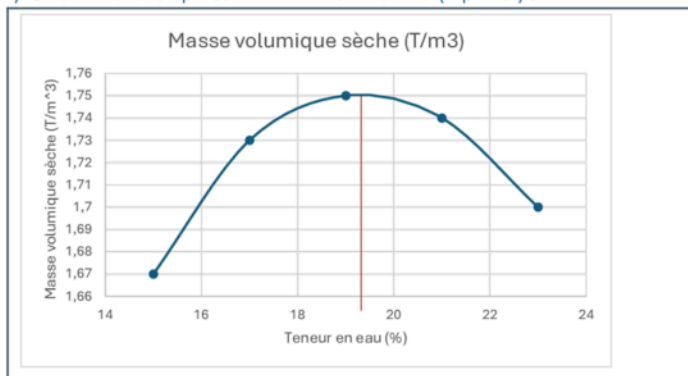
N° sondage	Niveau de la couche / TN (m)		Epaisseurs
	mini	maxi	
PM 4080	0.30	1.00	0.70 m
PM 4080	2.00	3.50	1.50 m
PM 4120	0.30	1.00	0.70 m
PM 4120	2.00	3.00	1.00 m
PM 4140	1.00	4.00	3.00 m
PM 4200	0.30	1.00	0.70 m
PM 4200	2.00	4.30	2.30 m
PM 4260	0.30	1.00	0.70 m
PM 4260	2.00	3.60	1.60 m
PM 4320	0.30	1.00	0.70 m
PM 4320	2.00	2.70	0.70 m
PM 4380	0.30	1.00	0.70 m

	Nombre	Moyenne	Minimum	Maximum
V <sub>bs</sub> (0/50)	18	3.60	2.60	4.8
< 80 $\mu$ (%)	10	90.2	62.9	98.49
> 50 mm (%)	-	-	-	-
D max (mm)	-	-	-	-
W% naturelle (0/20)	18	20.9	16.2	29.2

**Essai OPN**

Teneur en eau (%)	15	17	19	21	23
Masse volumique sèche (T/m <sup>3</sup> )	1,67	1,73	1,75	1,74	1,70

a) Tracer la courbe proctor normal du matériau (2 points) :



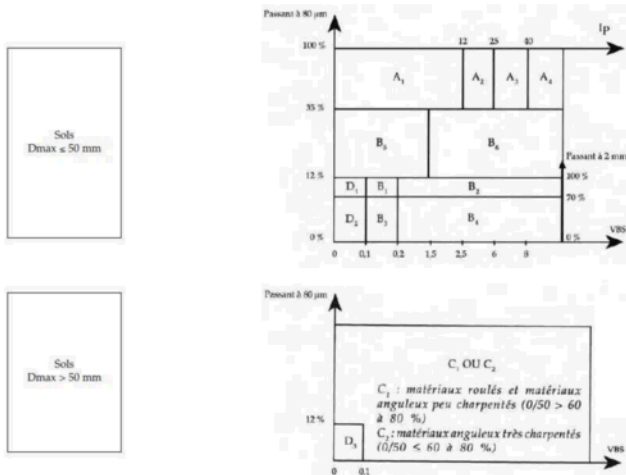
b) Quelle est la signification et la valeur de  $W_{OPN}$  du matériau (1 point) :

$W_{OPN}$  désigne la **teneur en eau optimale normalisée**, ici  $W_{OPN} : 19,3 \%$

c) En vous basant sur l'extrait ci-après du GTR, donner la classification GTR du matériau (1 point) :

A2

Tableau synoptique de la classification des matériaux selon leur nature



d) Pour la réalisation d'un remblai courant à partir de ce matériau, une partie nécessite un traitement pour abaisser sa teneur en eau. Quel produit de traitement peut être utilisé et quels sont ses avantages (1 point) :

Pour abaisser la teneur en eau d'un matériau lors de la réalisation d'un remblai courant, un produit de traitement fréquemment utilisé est **la chaux vive**.

**Produit de traitement : Chaux vive (oxyde de calcium, CaO)**

**Avantages :**

1. **Réduction rapide de la teneur en eau** : La chaux vive réagit chimiquement avec l'eau (réaction exothermique), ce qui entraîne une diminution de l'humidité du matériau.
2. **Amélioration des propriétés mécaniques** : Elle augmente la portance et la stabilité des sols en réduisant leur plasticité. (*Elévation importante de la limite de plasticité / Augmentation de la résistance au cisaillement du sol*)
3. **Facilité d'application** : Elle est simple à épandre et à mélanger avec le matériau à traiter.
4. **Adaptabilité** : Convient à divers types de sols argileux ou limoneux.

e) Le remblai à réaliser fait 2,5m de haut avec des talus de pente 2/1 sur un terrain naturel globalement plat. Quelle est l'emprise au sol du remblai (1 point) :

Pour calculer l'emprise au sol d'un remblai, il faut considérer la largeur de la base qui dépend de la hauteur du remblai, de la pente des talus, et de la largeur du sommet.

Chaque talus a une largeur horizontale égale à  $2 \times 2.5 = 5\text{m}$  de chaque côté.

Soit une emprise de 10 mètres.

f) Donner un exemple d'une opération préalable à réaliser avant la réalisation du remblai (1 point) :

Les fouilles

g) Le mouvement des terres du projet prévoit de réaliser la couche de forme du projet avec ce même matériau avec un traitement mixte. Que veut dire traitement mixte et quels sont les produits pouvant être utilisés pour le traitement (1 point) :

**Traitement mixte :**

Le traitement mixte consiste à utiliser deux types de liants combinés pour améliorer les propriétés mécaniques et la durabilité d'un matériau de sol. Il s'agit généralement d'un mélange de **chaux vive** et de **liant hydraulique** (comme le ciment ou les liants hydrauliques routiers).

**Produits pouvant être utilisés pour le traitement mixte :**

**1. Chaux vive (CaO) :**

- Permet de sécher les sols humides en réduisant leur teneur en eau.
- Diminue la plasticité des sols argileux et améliore leur maniabilité.

**2. Ciment ou liants spéciaux hydraulique (LHR) :**

- Apporte une résistance mécanique supplémentaire à long terme.
- Assure une meilleure cohésion du matériau traité et améliore sa portance.

---

**Avantages du traitement mixte :**

- Combine les effets rapides de la chaux (assèchement et plasticité) avec les effets durables du ciment (résistance mécanique).
- Convient particulièrement aux sols argileux ou limoneux.
- Garantit une meilleure stabilité et une durabilité accrue pour les couches de forme dans les projets routiers.

**h) Quel essai doit être réalisé pour confirmer la possibilité du traitement de la couche de forme et quels sont les paramètres à vérifier (1 point) :**

**Essai à réaliser :**

L'essai à réaliser pour confirmer la possibilité du traitement de la couche de forme est **l'essai Proctor modifié** ou **l'essai de portance immédiate (IPI)**.

**Paramètres à vérifier :**

**1. Teneur en eau optimale (Wop) :**

- Déterminer la teneur en eau optimale pour le compactage afin d'obtenir la densité sèche maximale.

**2. Densité sèche maximale ( $\rho_d$ ) :**

- Évaluer la capacité du matériau à être compacté après traitement.

**3. Indice Portant Immédiat (IPI) :**

- Vérifier la portance et la résistance mécanique du matériau immédiatement après traitement.
- Cet indice doit répondre aux exigences minimales définies pour la couche de forme.



**4. Réactivité au liant :**

- Confirmer la compatibilité du matériau avec les liants (chaux et/ou ciment) pour obtenir les performances souhaitées.

- i) Pour le compactage de la couche de forme avec ce matériau, quelle est la qualité de compactage recherchée et la densité sèche moyenne minimale à atteindre (1 point) :

XXX

## **PARTIE 2 : VOIRIE ET RÉSEAUX DIVERS**

*Toutes vos réponses sont à indiquer sur la dernière page (**Pensez à bien indiquer votre NOM**)*

### **1 - QCM de cours (3 points)**

**1.1. On dimensionne les réseaux unitaires d'assainissement...**

- A. ... par la méthode de Hardy-Cross
- B. ... sur les débits estimés d'eau usée
- C. ... sur les débits estimés d'eau de pluie.

**1.2. Quel réseau humide a le plus d'intérêt à être maillé ?**

- A. Le réseau d'adduction d'eau potable,
- B. Le réseau d'assainissement (collecte des eaux usées),
- C. Le réseau de collecte des eaux pluviales.

**1.3. Les eaux usées industrielles...**

- A. ... sont collectées dans le réseau telles quelles
- B. ... doivent être infiltrées
- C. ... doivent être traitées pour que leur qualité soit équivalente à des eaux usées domestiques.

**1.4. Dans un système de gestion des eaux pluviales, l'évapotranspiration doit être...**

- A. ...défavorisée
- B. ...évitée
- C. ...favorisée.

**1.5. L'urbanisme "par casiers" consiste à construire des quartiers...**

- A – ... sur des casiers de stockage des eaux pluviales enterrés
- B – ... en forme de casiers à poule
- C – ... par remblaiement de l'intérieur d'un périmètre endigué

**1.6. Aujourd'hui l'ordre de grandeur des besoins en adduction d'eau potable en France est d'environ...**

- A – ... 20 000 litres par jour et par habitant
- B – ... 200 litres par jour et par habitant
- C – ... 2 litres par jour et par habitant

**2 – Dimensionnement d'une canalisation de transport d'eau pluviale (4 points)**

Un parking d'une surface  $A$  de 3,2 hectares nécessite la construction d'une canalisation pour une branchement au réseau situé à 320 mètres, et sur un trajet présentant une pente moyenne  $I$  de 3%. On utilisera la méthode rationnelle pour calculer le débit de pointe. Le temps de concentration du bassin versant du parking est estimé à 9 minutes.

**2.1. Calculer l'intensité moyenne maximale de la pluie décennale à prendre en considération étant donné le temps de concentration.**

La formule de Montana est donnée par :

$$i=a \cdot t-b$$

Où :

- $a=12,6$   $a = 12,6$
- $b=0,75$   $b = 0,75$
- $t=9$   $t = 9$  minutes (temps de concentration).

En remplaçant dans la formule :

$$i=12,6 \cdot 9 - 0,75 = 113,4 - 0,75 = 112,65 \text{ mm/min}$$

## 2.2. Calculer le débit de pointe à l'aide de la méthode rationnelle.

La formule de la méthode rationnelle est :

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Où :

- $C = 0,95$  (coefficient de ruissellement),
- $i = 112,65$  mm/min
- $A = 3,2$  hectares = 32000 m<sup>2</sup>.

En remplaçant :

$$Q = 0,95 \cdot 112,65 \cdot 32000 = 3422016 \text{ mm}^3/\text{min} = 3422,016 \text{ m}^3/\text{min}$$

Convertissons-en m<sup>3</sup>/s :

$$Q = 3422,01660 = 57,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 2.3. Estimer un diamètre optimal pour la canalisation, et en déduire un diamètre du commerce acceptable.

Données : Pour une pluie décennale, les coefficients de Montana locaux sont  $a = 12,6$  et  $b = 0,75$   
Le coefficient de ruissellement du parking à considérer sera  $C = 0,95$

Rappels : L'intensité maximale moyenne  $i$  en mm/min d'une pluie de durée  $t$  en minutes, est donné par la formule de Montana :  $i = a \cdot t^{-b}$

La méthode rationnelle est une méthode de transformation pluie-débit matérialisé par la formule homogène :

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Pour calculer le diamètre optimal de la canalisation, on utilisera la formule de Bazin qui donne le débit  $Q$  en fonction de la pente  $I$ , de la surface mouillée  $S_m$  et du rayon hydraulique  $R$  dont on rappellera la définition :

$$Q = 60 \cdot S_m \cdot R^{3/4} \cdot I^{1/2}$$

Les diamètres disponibles du commerce pour la canalisation sont : 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500 et 2000.

La formule de Bazin pour calculer le débit Q est :

$$Q=60 \cdot S_m \cdot R^{3/4} \cdot I^{1/2}$$

Où :

- $S_m$  est la surface mouillée (pour une canalisation circulaire,  $S_m=\pi D L$ ),
- $R$  est le rayon hydraulique,  $R=D/4$ ,
- $I=3\%=0,03$  (pente),
- $D$  est le diamètre de la canalisation.

Calculons avec un diamètre  $D=600 \text{ mm}=0,6 \text{ m}$

Calcul du rayon hydraulique  $R$  :

$$R=0,6/4=0,15 \text{ m}$$

Surface mouillée  $S_m$  :

$$S_m=\pi \cdot 0,6 \cdot 320=603,19 \text{ m}^2$$

Calcul du débit :

$$Q=60 \cdot 603,19 \cdot 0,15^{3/4} \cdot 0,03^{1/2} \approx 57,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le diamètre optimal serait donc de **600 mm**, ce qui est aussi un diamètre standard disponible.

### **3 – Alternative à la pose d'une canalisation (3 points)**

Le Maire a émis un avis réservé sur le projet de pose d'une canalisation de 320 mètres pour envoyer les eaux pluviales du parking au réseau d'assainissement. Il demande dans la mesure du possible une déconnexion du parking. Vous proposerez le principe de cette déconnexion en l'argumentant au mieux (140 mots maximum). La pluie décennale à considérer pour la déconnexion est une pluie de lame d'eau 40mm de durée 4 heures.

Pour déconnecter le parking du réseau d'assainissement, on peut envisager une **solution de gestion des eaux pluviales sur site**, comme la création de **bassins de rétention** ou **l'infiltration sur place**. Ces dispositifs permettent de stocker et d'infiltrer les eaux pluviales dans le sol, réduisant ainsi le débit d'eau rejeté dans le réseau d'assainissement. Un bassin de rétention pourrait être dimensionné pour stocker les eaux d'une pluie décennale de 40 mm sur 4 heures, avec une capacité d'environ **12 800 m³**. Ce système de déconnexion permettrait de préserver la qualité du réseau et de gérer localement l'eau de pluie, tout en respectant les principes de gestion durable.

<b>Nom et prénom de l'apprenant :</b> Learner's name and first name:	
---	--

## Feuille des réponses – PARTIE 2

### 1 - QCM de cours (3 points)

	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
A.						
B.						
C.						

## 2 - Dimensionnement d'une canalisation de transport d'eau pluviale (4 points)

### 2.1. Calcul de l'intensité moyenne maximum

$i =$  \_\_\_\_\_ mm/min = \_\_\_\_\_ m/s

### 2.2. Calcul du débit maximum pour la pluie décennale

$Q =$  \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/s

### 2.3. Estimation des diamètres Définition du rayon hydraulique :

Diamètre optimal :  $\varnothing =$  \_\_\_\_\_ mm

Diamètre acceptable :  $\varnothing =$  \_\_\_\_\_ mm

### 3 - Alternative à la pose d'une canalisation (3 points, 140 mots maximum)