

بسم الله الرحمن الرحيم

« اللهم بك أصبحنا، وبك أمسينا، وبك فبا، وبك نموت  
واليك النشور »

- إذا أصبحت -

« اللهم إني أصبحت أشهدك وأشهد حملة عرشك ،  
وملائكتك وجميع خلقك أنك أنت الله لا إله إلا أنت  
وحدك لا شريك لك ، وأن محمداً عبدك ورسولك »  
- 4 مرات -

« سبي الله لا إله إلا هو عليه توكلت وهو رب العرش  
العظيم »

- 7 مرات -

« رضيت بالله رباً، وبالإسلام ديناً، وبمحمد صلى الله عليه  
وسلم نبياً »

- 3 مرات -

« سبحان الله وحمده : عدد خلقه ، ورضا نفسه ، وزنة  
عرشه و مبادئ كلماته »

- 3 مرات -

« أستغفر الله وأتوب إليه »

- 100 مرة -

TEST D'OUVRAGES D'ART  
DUREE : 2H30 ( documents autorisés)

SUJET 01: 10 points

Soit un pont à poutres sous chaussée isostatique, constitué d'un tablier comportant 03 poutres sur lesquelles repose une dalle de 20 cm d'épaisseur.

données :

longueur de la poutre entre appuis : 13.00 m

\* - largeur de chaussée : 3.50 m

largeur des trottoirs : 1.25 m x 2, revêtement 8 cm.

tr = 8 cm

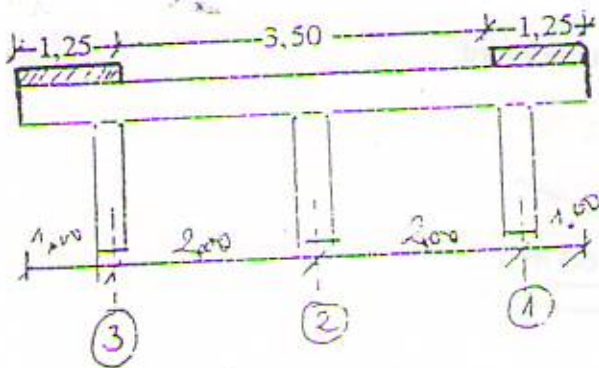
Poutre rectangulaire :  $h = 1.00\text{m}$  ; largeur = 0.40 m

SURCHARGES : A(l), Bc, surcharge de trottoirs 150 kg/m<sup>2</sup>

QUESTIONS :

En utilisant la méthode de Courbon,

- 1 - Calculez la Réaction maximum Pour la poutre 01
- 2 - Calculez le moment fléchissant maximum pour la poutre 01
- 3 - Tracer la ligne d'influence des réactions pour la poutre -1-

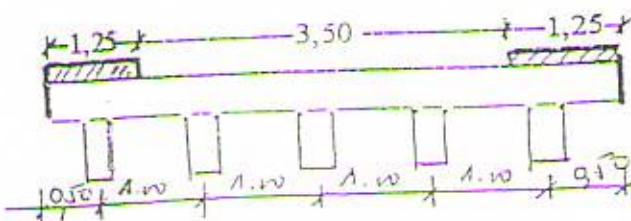


SUJET 02 : 10 points

Soit un pont à poutres rectangulaires 70x 40 cm :

- Portée :  $L = 13.00\text{ m}$ .
  - Chaussée de 3,5m et deux trottoirs de 1.25 m chacun.
  - Nombre de poutres 05, espacées de 1.00m
  - Dalle de 20 cm
  - Revêtement 8 cm
  - Surcharges : A(l), BC, surcharge de Trottoirs 150 kg/m<sup>2</sup>
- EN UTILISANT LA METHODE DE GUYON MASSONNET

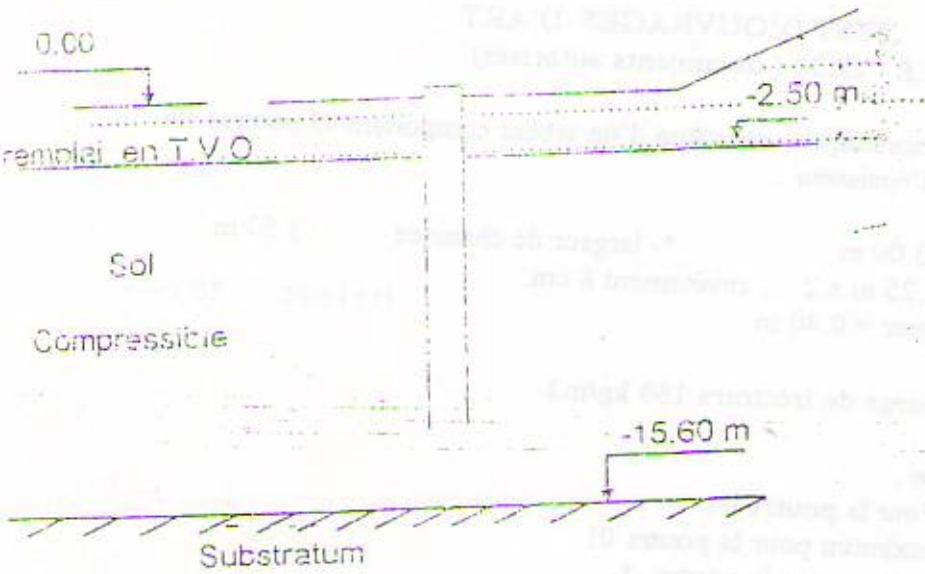
- Calculez les moments fléchissant pour la poutre de rive sous les différents cas de charges.
- Tracer la ligne d'influence de la poutre de rive



Poutre 0,70 x 0,40 m

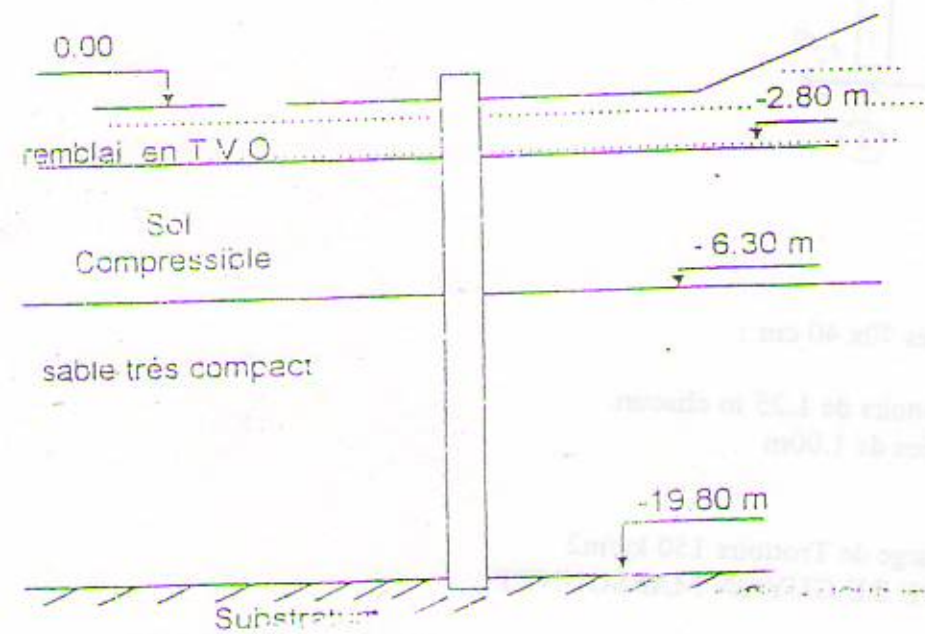


14/ Comment vont ils se comporter les pieux dans le cas suivant:



Nota: Comportement du sol et des pieux

\* 15/ Comment vont ils se comporter les pieux dans le cas suivant:



Nota: Comportement du sol et des pieux

Gruethof

ÉNTP, le 14/03/2007

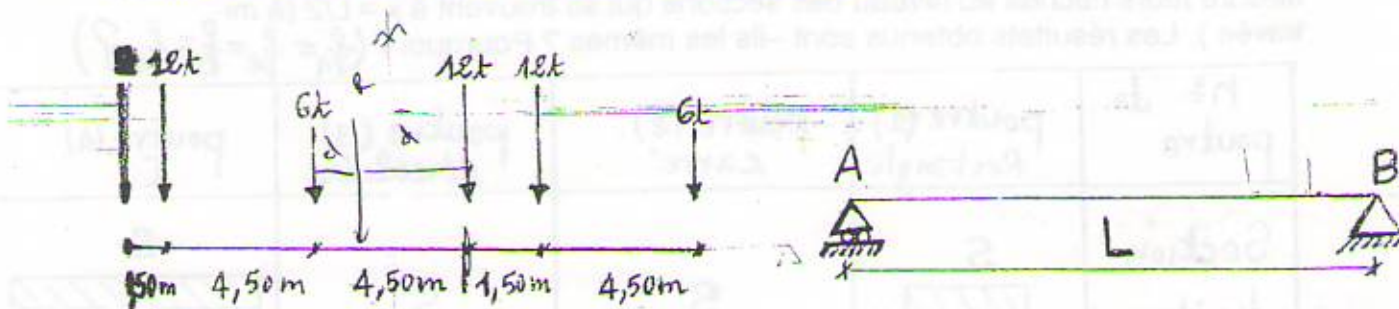
Durée : 1h 30 min  
4<sup>ème</sup> année : 2006/2007

OUVRAGES D'ART  
EMDS2

Système : (documents non autorisés)

Maté I :

Une poutre de pont en béton armé de portée  $L = 20$  m, de section droite triangulaire, appuyée simplement et soumise à l'action d'un convoi imposé de 06 essieux répartis selon le schéma suivant :



Questions :

1. Dans quel cas on applique le *théorème de Barré* ? (donner ses hypothèses)

2. Déterminer le moment maximal  $M_{max}$  par application du *théorème de Barré* en distinguant les deux cas possibles.

3. Tracer le diagramme du moment fléchissant pour le cas déterminant.

4. Comparer les distances  $d$  et  $d'$  ( $d / d' = ?$ ) qui séparent la résultante  $R$  du convoi aux deux essieux qui se trouvent à droite et à gauche de  $R$ .

5. Donner l'expression de la section d'acier à considérer pour reprendre ce  $\propto$  moment fléchissant maximal  $M_{max}$ .

6. Donner l'expression de la contrainte normale  $\sigma$  correspondante.

7. Pour maximiser l'effort tranchant quelles sont les positions du convoi à considérer sur la poutre à étudier ?

8. Pour un effort tranchant max.  $T_{max}$  connu, donner la contrainte de cisaillement  $\tau$  correspondante.

9. Pour une poutre de même portée  $L = 20$  m soumise au même convoi mais elle est en charpente métallique et de section droite en  $I$  :

- déterminer le moment maximal par application du *théorème de Barré*.
- déterminer la contrainte normale  $\sigma$  correspondante.

10. Comparer :

- le moment maximal obtenu dans la poutre métallique au moment obtenu dans la poutre en béton armé.
- la contrainte normale obtenue dans la poutre métallique à la contrainte normale obtenue dans la poutre en béton armé.

- > noter les avantages des poutres isostatiques &
- > noter les inconvénients des poutres isostatiques.

Les inconvénients  $\rightarrow$  hyperstatique



## Partie II :

Soit une poutre isostatique de portée  $L$  et soumise à une force concentrée  $P$  appliquée à mi-travée.



### Questions :

- 1-donner la démarche à suivre pour obtenir la flèche  $f(x)$  de cette poutre.
- 2-donner l'expression de la flèche  $f(x = L/2)$  (à mi-travée) en fonction de  $M$ .
- 3-on dispose d'une série de poutres isostatiques de même matériau de même portée, ayant des sections droites de même surface  $S$ . Ces poutres sont sollicitées dans les mêmes conditions et avec la même charge  $P$ . On mesure leurs flèches au niveau des sections qui se trouvent à  $x = L/2$  (à mi-travée). Les résultats obtenus sont-ils les mêmes ? Pourquoi ? ( $f_1 = f_2 = f_3 = f_4$  ?)

n° de poutre	poutre (1) Rectangle	poutre (2) carre	poutre (3) circulaire	poutre (4) I
Section droite de Surface $S$				
Flèche mesurée	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$

- 4- parmi les sections droites suivantes quelles sont celles qui conviennent mieux aux modes suivants de sollicitations ? (Cocher les réponses choisies)

Section droite						
Mode						
Flexion						
Torsion						

- 5- quelles sont les critères de choix des sections droites des poutres ?



**VIEUX KOUBA**

Alger, le 23/03/2006

Année

05/2006

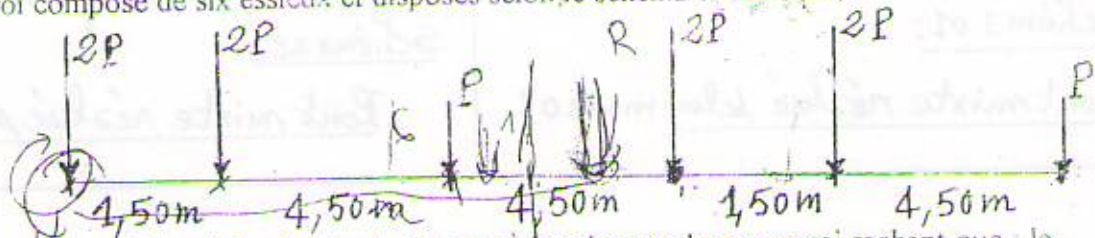
1H30min

**OUVRAGES D'ART**  
EMD N° 02

*Guellet*

**EXERCICE 01 : 10pts**

Une poutre de pont de portée  $L \geq 20$  m appuyée simplement. Elle est soumise à l'action d'un convoi composé de six essieux et disposés selon le schéma ci-dessous :



Déterminer la position de la résultante de toutes les charges de ce convoi sachant que : le moment par rapport à un point de la résultante d'un système de forces est égal à la somme des moments par rapport au même point des diverses forces composantes.

Donner le théorème de BARRE.

Déterminer la plus grande valeur du moment fléchissant développé lors du passage de ce convoi par application du théorème de BARRE et on envisage les différents cas possibles.

Donner le plus grand moment fléchissant sur la poutre à retenir pour le reste du calcul

Données :  $L = 20$  m ,  $P = 6$  t

Faire l'application numérique pour les questions précédentes (c ; d)

**EXERCICE 02 : 05pts**

On a deux ponts mixtes réalisés selon deux modes de construction différents :

**Mode 01 (voir schéma 01) :** Phasage des travaux de réalisation selon le mode 01 :  
On lance les poutres métalliques sur ses appuis définitifs (il s'agit de deux culées)  
On vient ensuite couler le béton de la dalle après la mise en place du ferrailage  
On réalise les superstructures  
On ouvre le pont à la circulation

**Mode 02 (voir schéma 02) :** Phasage des travaux de réalisation selon le mode 02 :  
Après avoir monter les échafaudages on lance les poutres métalliques sur ses appuis provisoires  
On vient ensuite couler le béton de la dalle après la mise en place du ferrailage  
Après le durcissement du béton de la dalle on enlève les échafaudages  
On réalise les superstructures  
On ouvre le pont à la circulation

Questions :

Pour chaque mode de construction, donner les sections droites de résistance et les contraintes correspondantes pour les trois phases suivantes :

- i- à la construction
- ii- en service à vide
- iii- en service en charge

Qu'est-ce que le mode de construction des ponts peut influencer la manière de mener les travaux ?





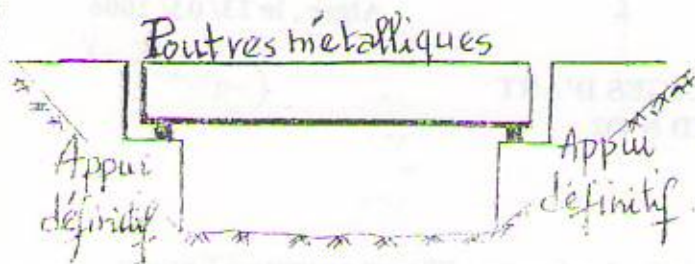


Schéma 01:

Pont mixte réalisé selon mode 01

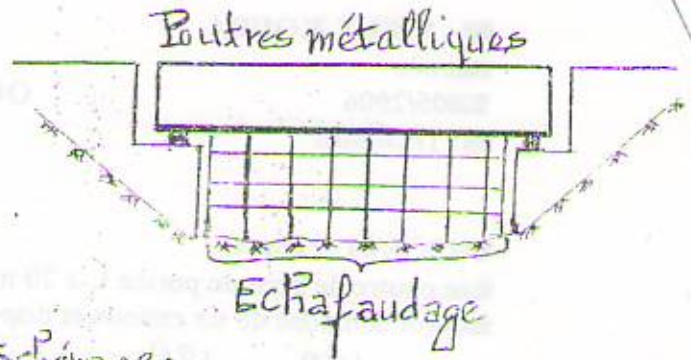


Schéma 02:

Pont mixte réalisé selon mode 02

### EXERCICE 03 : 05pts

Soit un tablier de pont qui repose sur deux appuis et composé d'une travée unique de portée  $l_0$  et soit  $h_0$  la hauteur de référence à vide qui correspond à la portée  $l_0$ .

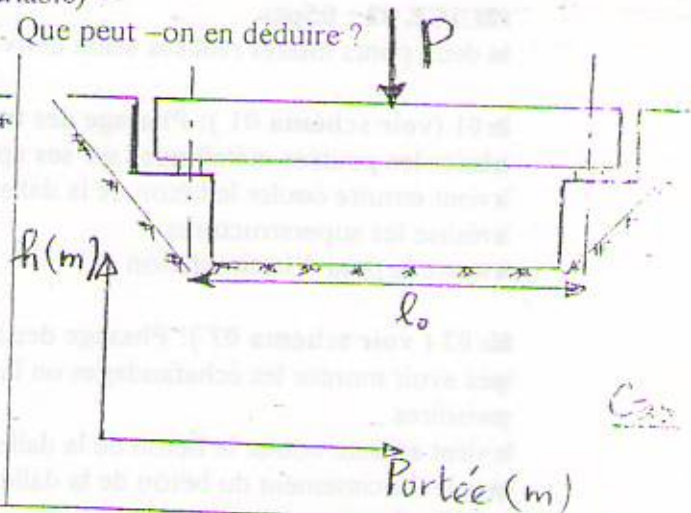
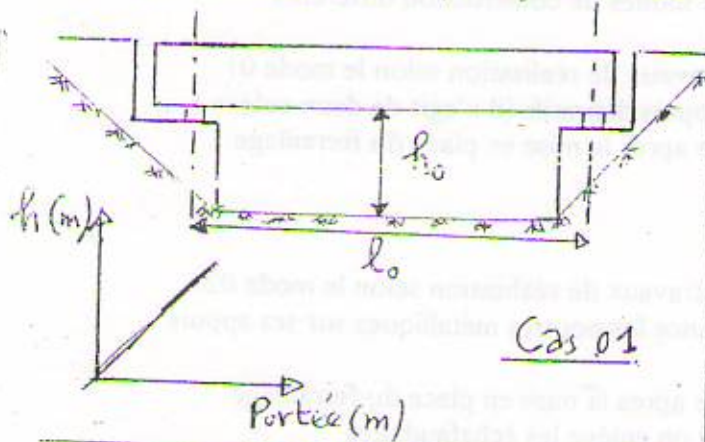
Cas n° 01 : On augmente la portée  $l_0$  progressivement :  $l_i = l_{(i-1)} + 5m$

- a- Pour chaque variation de la portée que remarquez-vous ?
- b- Tracer le graphe à vide :  $h = f(\text{portée variable})$

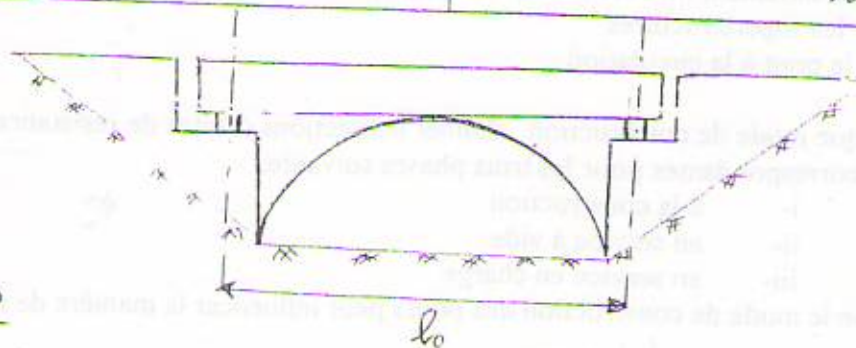
Cas n° 02 : On applique une charge  $P$  au milieu de la travée de portée  $l_0$  et on augmente la portée  $l_0$  progressivement :  $l_i = l_{(i-1)} + 5m$

- c- Pour chaque variation de la portée que remarquez-vous ?
- d- Tracer le graphe à charge :  $h = g(\text{portée variable})$

Cas n° 03 : Soutenir le tablier par l'ajout d'un arc. Que peut-on en déduire ?



Cas 03





ENTP – Kouba (Alger)

Alger, 13/03/2008

4<sup>ème</sup> année : 2007/2008

Ouvrages d'Art

EMD2

Durée : 01h20min

Portables et documents interdits

### Exercice 01 :

On considère un pont à sept (07) travées dont quatre (04) travées sont isostatiques (04 travées indépendantes) et trois (03) travées solidaires (hyperstatiques). L'ensemble repose sur des appuis en béton armé équipés par des appareils en élastomère fretté (appareils d'appuis). Les fondations sont profondes, il s'agit des pieux. Les sept travées ont la même portée.

On se propose de :

- 01- faire un schéma.
- 02- donner les rigidités des appuis (élastomère + corps d'appui).
- 03- déterminer les efforts en tête d'appui dus au freinage  $H_f = 30 \text{ t}$  d'un camion  $B_c$ .
- 04- comparer la force sismique  $F_s$  à l'effort de freinage  $H_f$ .
- 05- donner les avantages des structures isostatiques.
- 06- donner les inconvénients des structures hyperstatiques.
- 07- classer ce pont (ce pont est isostatique ou hyperstatique ?) à justifier
- 08- identifier la nature du tablier de ce pont (pont dalle ou pont à poutres ?) à justifier
- 09- donner le mode de réalisation de ce pont (coulé sur place ou préfabriqué ?)
- 10- donner les inconvénients des poutres et les avantages des dalles.

### Exercice 02:

On considère une entretoise  $G_0G_1$  indéformable de portée  $L$  reposant sur deux appuis (deux poutres) dont l'élasticité est caractérisée par  $K_0$  et  $K_1$ . L'entretoise  $G_0G_1$  est soumise à une charge verticale  $P$  excentrée de  $e$  par rapport à  $O$  barycentre de  $G_0$  et  $G_1$  affectés des coefficients  $K_0$  et  $K_1$ .

On se propose de :

- 01- faire un schéma.
- 02- la répartition transversale des charges dans les tabliers de ponts est assurée par quel élément ?
- 03- donner un exemple et faire un schéma.
- 04- quelles sont les charges à répartir sur les tabliers de ponts ?
- 05- comment déterminer les sollicitations induites par ces charges ?
- 06- donner les hypothèses fondamentales de la méthode de J. Courbon.
- 07- dans quel cas on n'applique pas la méthode de J. Courbon ?
- 08- dans quel cas on applique le théorème de Barré ?
- 09- déterminer les réactions d'appuis pour :
  - a-  $K_0 \neq K_1$ .
  - b-  $K_0 = K_1$ .
- 10- le coefficient de répartition transversale de J. Courbon dépend de quels paramètres ?

Rappel :

$$\begin{cases} R_i = P \frac{I_i}{\sum I_i} \Delta_i \\ \Delta_i = 1 + \frac{\sum I_i}{\sum I_i f_i^2} \cdot f_i \cdot e \end{cases}$$



ENTP - Kouba (Alger)

Alger, 13/03/2008

4<sup>ème</sup> année : 2007/2008

Ouvrages d'Art  
EMD2

Durée : 01h20min

Portables et documents interdits

### Exercice 01 :

On considère un pont à sept (07) travées dont quatre (04) travées sont isostatiques (04 travées indépendantes) et trois (03) travées solidaires (hyperstatiques). L'ensemble repose sur des appuis en béton armé équipés par des appareils en élastomère fretté (appareils d'appuis). Les fondations sont profondes, il s'agit des pieux. Les sept travées ont la même portée.

On se propose de :

- 01- faire un schéma.
- 02- donner les rigidités des appuis (élastomère + corps d'appui).
- 03- déterminer les efforts en tête d'appui dus au freinage  $H_f = 30 \text{ t}$  d'un camion  $B_c$ .
- 04- comparer la force sismique  $F_s$  à l'effort de freinage  $H_f$ .
- 05- donner les avantages des structures isostatiques.
- 06- donner les inconvénients des structures hyperstatiques.
- 07- classer ce pont (ce pont est isostatique ou hyperstatique ?) à justifier
- 08- identifier la nature du tablier de ce pont (pont dalle ou pont à poutres ?) à justifier
- 09- donner le mode de réalisation de ce pont (coulé sur place ou préfabriqué ?)
- 10- donner les inconvénients des poutres et les avantages des dalles.

### Exercice 02:

On considère une entretoise  $G_0G_1$  indéformable de portée  $L$  reposant sur deux appuis (deux poutres) dont l'élasticité est caractérisée par  $K_0$  et  $K_1$ . L'entretoise  $G_0G_1$  est soumise à une charge verticale  $P$  excentrée de  $e$  par rapport à  $O$  barycentre de  $G_0$  et  $G_1$  affectés des coefficients  $K_0$  et  $K_1$ .

On se propose de :

- 01- faire un schéma.
- 02- la répartition transversale des charges dans les tabliers de ponts est assurée par quel élément ?
- 03- donner un exemple et faire un schéma.
- 04- quelles sont les charges à répartir sur les tabliers de ponts ?
- 05- comment déterminer les sollicitations induites par ces charges ?
- 06- donner les hypothèses fondamentales de la méthode de J. Courbon,
- 07- dans quel cas on n'applique pas la méthode de J. Courbon ?
- 08- dans quel cas on applique le théorème de Barré ?
- 09- déterminer les réactions d'appuis pour :

a-  $K_0 \neq K_1$ .

b-  $K_0 = K_1$ .

- 10- le coefficient de répartition transversale de J. Courbon dépend de quels paramètres ?

Rappel :

$$\begin{cases} R_i = P \frac{I_i \Delta_i}{\sum I_i} \\ \Delta_i = 1 + \frac{\sum I_i}{\sum I_i f_i} \cdot f_i \cdot e \end{cases}$$

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale des Travaux Publics  
Cours de Routes 4<sup>ème</sup> Année

Examen N° 1 du 07/01/2001

Durée : 2h 00mn

( documents strictement personnels autorisés )

Soit un contournement reliant d'importantes zones industrielles dans une topographie variable. La vitesse des véhicules fluctue entre 75 Km/h et 110 Km/h. On s'intéresse à un tronçon représentatif de 9 Km, composé en plan d'une succession de rayons :

$R_1$  (110 grades) = 300m,  $R_2$  (200 grades) = 195m,  $R_3$  (220 grades) = 200m et  $R_4$  (95 grades) = 185m ; les valeurs entre parenthèses étant les angles au centre.

La dénivelée moyenne est de 2,5% et la largeur totale de chaussée étant de 7m avec des accotements de 1,20m chacun.

Le trafic à la mise en service (année 2000) est estimé à 4500 véhicules/jour dont 20% de poids lourds avec une évolution annuelle de 3%.

Il y a lieu de préciser que ce contournement apporte une amélioration de 11% sur les coûts de transport par rapport à l'ancien itinéraire.

Questions

On demande de :

A- 1/ Définir la vitesse de base sur tout l'itinéraire sachant que les conditions d'investissement sont très limitées.

A- 2/ Donner la catégorie et l'environnement de cette route.

A- 3/ Sur une section du tracé de 800 m ( $i = + 2\%$ ), donner la vitesse atteinte par les poids lourds.

A- 4/ Calculer la distance de visibilité.

A- 5/ Déterminer la largeur de chaussée le long de ce tronçon (9 Km).



- B- 1/ Calculer le débit effectif à l'an 2000
- B- 2/ Comparer le débit effectif à celui admissible , que conclure ?
- B- 3/ Calculer l'année de saturation de ce contournement .
- B- 4/ Rappeler les mesures à prendre pour revenir à une situation normale 10 ans après l'année de saturation en supposant que le trafic continue d'évoluer avec un taux annuel de 3,5% ?
- B- 5/ D'affecter les trafics sur les deux itinéraires en tenant compte de l'amélioration des coûts (les poids lourds emprunteront obligatoirement le contournement).

## Corrigé du Devoir N° 01 du 07/01/2001

A-1 VB = 75KM/h à 110km/h → VB = 75km/h pour

Topographie variable

satisfaire à la fois la sécurité et économie

Coûts limites

A-2 Liaison entre industrie de grande importance → catégorie I

$h/L = 2,5\%$  → terrain vallonné

$$\delta = \frac{L_s}{L} = \frac{R_i}{L} \alpha_i = \frac{(195,200 + 200,220 + 185,95) \pi / 200}{9000}$$

$\delta = 0,176 \rightarrow$  sinuosité moyenne → E<sub>2</sub>

A-3 Rampe de 800m avec  $i = 2\%$  → V<sub>lim</sub> (d'équilibre) = 56km/h (Tableau cours)

A-4 Largeur totale chaussée 7m → bidirectionnelle

On doit assurer en tout point une visibilité égale au moins à dmd (75km/h) =  $\frac{dmd(70) + dmd(80)}{2}$

$$dmd(70) = \frac{120 + 200}{2} = 160m$$

$$dmd(75) = \frac{160 + 200}{2} = 180m$$

A-5 Une surcharge de 2,50m est prévue sur les sections de R<sub>2</sub> 200m.

$$R_2 : l_{total} = 7m + \frac{2,50}{195} = 7,51m$$

$$R_4 : l_{total} = 7m + \frac{2,50}{185} = 7,54m$$

Sur le reste du tracé (dans les alignements et visages)

La largeur totale de chaussée : 7m



B-1  $T_{eff} = [(1 - 0,20) + 6 \times 0,20] \times 4500 \text{ UVP/h}$

$TJNA = 980,0$

$= 980,0$

avec  $z = 20\% \text{ PL}$  et  $P = 3$  Routes à 3 voies et 1-2

$Q_{eff} = 0,12 \times 9000 = 1080 \text{ UVP/h}$

B-2  $Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th} = 0,85 \times 0,99 \times 1900 = 1599 \text{ UVP/h} \approx 1600 \text{ UVP/h}$

avec  $K_1(E_2) = 0,85$  et  $K_2(C_1, E_2) = 0,99$

et  $C_{th} = 1900 \text{ UVP/h}$  (Accotement 1,20 et 7m de large)

**Conclusion :** La demande de capacité en 2000 est de 1080 UVP/h

et l'offre étant de 1600 UVP/h  $Q_{adm} > Q$  prévisible

→ le trafic est donc fluide (chaussée de 7m suffisante)

3 La route sera saturée lorsque la demande de capacité atteindra la capacité limite (capacité admissible on aura donc)  $Q_{adm} = (1 + \tau)^n Q_{prévisible} \rightarrow n = \frac{\log 1599/1080}{\log (1 + 0,03)}$

$\log (1 + 0,03)$

L'année de saturation sera 2013

B-4  $Q_{2013} = (1 + 0,030)^{10} \times 1080 = 1587 \text{ UVP/h}$

$Q_{2013+10} = Q_{2023} = (1 + 0,035)^{10} \times 1587 = 2239 \text{ UVP/h}$

$C_{th} 2023 = \frac{2239}{0,85 \times 0,99} = 2661 \text{ UVP/h}$  ( $C_{th}$  : Capacité théorique)

Ce contournement devra présenter à l'an 2023 un profil en travers des 3 voies de 3,5m de large soit une largeur de chaussée de 10,50m avec des accotements de 0,60m chacun (tableau 1)

$C_{th} = 2700 \text{ UVP/h}$

L'affectation du trafic se fera selon la relation du cours suivante :

5  $T_1/T_2 = (C_2/C_1)^{10}$   $T_1$  : Trafic sur l'ancienne route →  $C_1$  : Coût de transport sur itinéraire (1)

$C_2/C_1 = 1,11$   $T_2$  : Trafic sur le contournement →  $C_2$  : Coût de transport sur itinéraire (2)

L'affectation des usagers sera donc  $(1,11)^{10}$  soit 2,84 fois plus de véhicules sur le contournement à l'an 2000.

20% de 4500 = 900 PL emprunteront le contournement soit (4500 - 900) véhicules légers repartis entre les itinéraires

comme suit :  $(x + 2,84 x) = 3600 \text{ VL}$   $x = 937 \text{ VL}$

Sur l'ancienne route et 2661 VL sur

$$6\% - dmd(100) = 300 \text{ m}$$

$$8 \text{ km/h} \Rightarrow 125 \text{ m}$$

$$d^{hd}(115) = 393,75 \text{ m}$$

$$dmd(120) = 425 \text{ m}$$

$$8 \text{ km/h} \Rightarrow x = 93,75 \text{ m}$$

$$393,75 - 425 = -31,25 \text{ m} \Rightarrow E = 30,13 \text{ m}$$

Le profil de la chaussée serait de  $30,13 - 1,50 = 28,63 \text{ m} \Rightarrow$  Largeur trop excessive; le déblai rocheux serait trop onéreux. Il y aurait lieu d'interdire le doublement (dépassement) par une signalisation horizontale et verticale adéquate.

$$7\% - \text{mvt unif, accéléré} \Rightarrow V^2 = 2 \gamma x = 2 \cdot 0,2 g \cdot x$$

$$\Rightarrow V = (2 \cdot 0,2 \cdot 10 \cdot 278)^{1/2} = 33,64 \text{ m/s} \Rightarrow V \approx 120 \text{ km/h}$$

$$8\% - C. \text{ Stabilité } R \geq V^2 / (3,6)^2 g (h + d) = 120^2 / 3,6^2 \cdot 10 \cdot (0,10 + 0) = 1111 \text{ m}$$

$$\text{or, } R = 625 \text{ m} \Rightarrow \text{dérapage}$$

$$9\% - y \text{ a-t-il stabilité à } V = V_r = 115 \text{ km/h dans la zone affaissée?}$$

$$R = 115^2 / 3,6^2 \cdot 10 \cdot f_1$$

$$f_1(100) = 0,11$$

$$20 \text{ km/h} \Rightarrow 0,01$$

$$f_1(115) = 0,1025$$

$$f_1(120) = 0,10$$

$$15 \text{ km/h} \Rightarrow x = 0,0075$$

$$R = 115^2 / 3,6^2 \cdot 10 \cdot 0,1025 = 996 \text{ m} > 625 \text{ m} \Rightarrow \text{Instabilité}$$

$$\text{D'où } V < V_r = 115 \text{ km/h}$$

$$\text{Pour } V = 100 \text{ km/h}$$

$$R = 100^2 / 3,6^2 \cdot 10 \cdot 0,11 > 625 \text{ m} \Rightarrow \text{Instabilité}$$

$$\text{Pour } V = 80 \text{ km/h}$$

$$R = 80^2 / 3,6^2 \cdot 10 \cdot 0,13 < 625 \text{ m} \Rightarrow \text{Stabilité}$$

$$\text{Soit } 80 \text{ km/h} < 100 \text{ km/h}$$

## Exercice 2

### 1. Situation du trafic en 1995

Il s'agit de calculer le débit effectif (demande de capacité) en 1995 et de le comparer au débit admissible (offre de capacité)

#### 1.1. Débit effectif en 1995, soit $Q_{95}$

$$Q_{95} = 0,12 T_{ar}$$

$$= 0,12 [(1 - z) + pz] TJMA_{95}$$

On a:

$$z = 15 \%$$

$$p = 6 \text{ (environiment } E_2, \text{ route à 2 voies)}$$

D'où:

$$Q_{95} = 0,12 [(1 - 0,15) + 6 \times 0,15] \times 5500$$

$$= 1155 \text{ vpp/h}$$



Exercice 2 - (4 Points)

On considère une section de route avec deux voies de circulation de 3,50 m de largeur chacune et des accotements de 1,00 m de chaque côté. Le site traversé est du type vallonné. Une campagne de comptage de trafic effectuée en 1995 a relevé un TJMA de 5.500 véh/j dont 15 % de poids lourds.

1) Donner la situation du trafic en 1995.

2) Déterminer la situation du trafic sur cette route en 1996.

3) Comment va évoluer cette situation si l'on considère un taux d'accroissement du trafic de 5 % ?

3) - Une fois la route saturée, quelle solution proposez vous pour revenir à un écoulement normal du trafic pendant 10 autres années. On supposera que le taux d'accroissement du trafic restera égal à 5 %. Justifiez votre réponse.

Exercice 3 - (6 Points)

La reconnaissance préliminaire de la zone traversée par une section de route a permis d'établir la coupe ci-dessous pour les terrains traversés.



- la zone AB constitue un déblai
- la zone BC sera en remblais.
- la zone CD sera en déblai.

1/ - Proposez un programme de reconnaissance pour la phase APS (avant projet sommaire) en le justifiant.

2/ - Quels types d'essais de laboratoire devrez vous effectuer sur chacun des sols rencontrés pour les trois zones AB, BC et CD. Pour chaque type d'essai prévu, expliquer brièvement les objectifs attendus.

3/ - Les matériaux extraits de la zone AB seront mis en œuvre en remblais pour la zone BC - Quelles précautions faut-il prendre lors de la conception de la structure de chaussée pour chacune des zones.

4/ - Que feriez vous des matériaux rocheux extraits en CD ?

5/ - Le remblai en BC étant de grande hauteur (> 12m), Quelles (s) vérification (s) sont-elles nécessaires dans ce cas ?

Il est demandé d'apporter une attention particulière à :

- la présentation (1 Point)
- la clarté des explications. (1 Point)



Il a toujours :  $k_1 = 0,85$  et  $k_2 = 0,99$  et  $Q_{lim} = 2606$  vvp/h.

$= 2606 / 0,99 \times 0,85$  soit : 3097 vvp/h.

Dans le tableau des capacités théoriques, on devra avoir des routes à 3 voies (10,50m de largeur) et des dégagements latéraux pour une capacité de 1200 vvp/h. Dans ce cas, la solution consisterait en la construction d'une voie de circulation supplémentaire tout en assurant des dégagements latéraux de 1,80 m de largeur de chaque côté.

### Exercice 3

#### 1) Programme de reconnaissance géotechnique pour la phase APS

Il s'agit de proposer un programme de reconnaissance géotechnique complémentaire visant à préciser les informations recueillies lors des études préliminaires, notamment, pour le cas qui nous concerne ici :

- épaisseurs des couches rencontrées,
- caractéristiques géotechniques et mécaniques des sols.

Pour cela, le programme comprendra essentiellement :

- la réalisation de sondages carottés avec prélèvement d'échantillons pour les essais de laboratoire. Ces sondages concerneront essentiellement les zones AB et BC. Pour AB, il est nécessaire de préciser les conditions de réemploi des matériaux argileux en remblais. Pour la partie BC, il est nécessaire de déterminer les caractéristiques mécaniques des sols afin de pouvoir vérifier la stabilité du futur remblai.
- la réalisation d'essais in-situ, essentiellement au pénétromètre statique, en zone BC pour les mêmes objectifs que ci-dessus,
- la réalisation de quelques essais sismiques afin de préciser les modalités d'extraction des données sismiques de la zone CD (mesure des vitesses sismiques afin de déterminer les limites de « plasticité » des matériaux en place).
- d'autre part, la présence d'alluvions sablo-graveleuses en profondeur peut supposer la présence d'une nappe captive, auquel cas, la pose de tubes piézométriques serait nécessaire.

2) Essais de laboratoire à prévoir: Le programme des essais peut être résumé par le tableau ci-dessous :

Type d'essais	Objectifs attendus	AB	BC	CD
Granulométrie, limites d'Atterberg, $w_p$ , $w_L$	Identification et classification des sols	X	X	
Essais mécaniques : cisaillement et/ou triaxial, œdomètre	Calcul de la stabilité des pentes de déblais et de remblais, stabilisé d'ensemble du remblai	X	X	
Essais Proctor, CBR	Portance du sol-support, modalités de réutilisation des sols en remblais	X		
Los-Angeles, Micro-Deval Eau	Modalités d'utilisation en couche de forme et/ou en corps de chaussée des matériaux concassés			X

3) Précautions à prendre en AB et BC pour la conception de la chaussée : La chaussée en AB et BC aura pour support un sol argileux. Pour cela, il est nécessaire d'assurer une portance à court - terme de la plate-forme support de chaussée afin que les engins de chantier puissent circuler sans problèmes et faciliter ainsi la mise en oeuvre du corps de chaussée.

Cela est particulièrement vrai si les terrassements sont réalisés en période pluvieuse. Pour cela, il sera nécessaire de prévoir une couche de forme en matériaux insensibles à l'eau et disponibles localement.



## Exercice 1

1°/ - La dénivelée moyenne est la dénivelée (différence d'altitude entre deux points successifs) cumulée mesurée sur le profil en long terrain naturel divisée par la longueur totale du tronçon.

- La sinuosité moyenne est la longueur totale des développées des arcs de cercle de rayon inférieur ou égal à 200 m rapportée à la longueur totale du tronçon.

2°/ -  $T = 0 \rightarrow$  sinuosité faible

$\Rightarrow E_1$

$h/L = 1 \rightarrow$  terrain plat

3°/ - Si  $A \rightarrow B$  : pente :  $d_{\text{vau}} = d_2 = d_1$   $R = 625 > 5.V$

$$d_2 = V \cdot \tan 3,6 + V^2 / 260 (f_L - i)$$

$$f_L(100) = 0,36 \quad 20 \text{ Km/h} \rightarrow 0,03$$

$$f_L(120) = 0,33 \quad 15 \text{ Km/h} \rightarrow x = 0,0225 \Rightarrow f_L(115) = 0,3375$$

$$d_2 = 115,1,8 / 3,6 + 115 / 260 (0,3375 - 0,03) = 234,42 \text{ m}$$

$$- B \rightarrow A : \text{rampe} : d_2 = 115,1,8 / 3,6 + 115 / 0,05 / 260 (0,3375 + 0,03) = 188,77 \text{ m}$$

4°/ -  $R_{hm}(115) = ?$

$$R_{hm}(100) = 450 \text{ m} \quad 20 \text{ Km/h} \rightarrow 200 \text{ m}$$

$$R_{hm}(115) = 600 \text{ m}$$

$$R_{hm}(120) = 650 \text{ m} \quad 15 \text{ Km/h} \rightarrow x = 150 \text{ m}$$

$$R_{HN}(100) = 650 \text{ m} \quad 20 \text{ Km/h} \rightarrow 450 \text{ m}$$

$$R_{HN}(115) = 912,5$$

$$R_{HN}(120) = 1000 \text{ m} \quad 15 \text{ Km/h} \rightarrow x = 462,5$$

$$R_{HM} = 600 \text{ m} < R = 625 \text{ m} \rightarrow R_{HN} = 912,5 \text{ m}$$

$$\downarrow$$

$$7 \%$$

$$\downarrow$$

$$d = 7$$

$$(0,07 - 0,05) / (1/600 - 1/912,5) = (d - 0,05) / (1/625 - 1/912,5)$$

$$\Rightarrow 0,02 \cdot 0,00050 = (d - 0,05) \cdot 0,00057$$

$$d = 0,0675 \text{ soit } d \approx 6,8 \%$$

$$5°/ - E_1 = d^2 / 8 R_1 \text{ vec } R_1 = R - 2,50 \text{ m} = 625 - 2,5 = 622,5 \text{ m}$$

$$E_1 = 234,42^2 / 8 \cdot 622,5 = 11,03 \text{ m}$$

$$E = E_1 - 1,00 \text{ m} = 10,03 \text{ m}$$

$$\text{Largeur de la bande à tailler se réduit à : } 10,03 - 1,50 = 8,53 \text{ m}$$



DUREE : 3 heures ( SANS DOCUMENTS )

SUJET :

I - CALCULEZ LES SOLlicitATIONS VERTICALES ET HORIZONTALES SOUS L'EFFET DES CHARGES PERMANENTES ET SURCHARGES A(1), Bc, ( DEUX VOIES CHARGEES ) et TROTTOIRS ( 02 TROTTOIRS CHARGES ).

II - ETUDIEZ LA STABILITE DE LA PILE ( GLISSEMENT , CONTRAINTES )

III - CALCULEZ LES SOLlicitATIONS SUR CHACUN DES ELEMENTS :  
CHEVETRE - FUTS - SEMELLE .

DONNEES :

la pile supporte deux tabliers isostatiques de portée 30,05 m chacun , supportant une chaussée de 7 m et 02 trottoirs de 1,75 m chacun

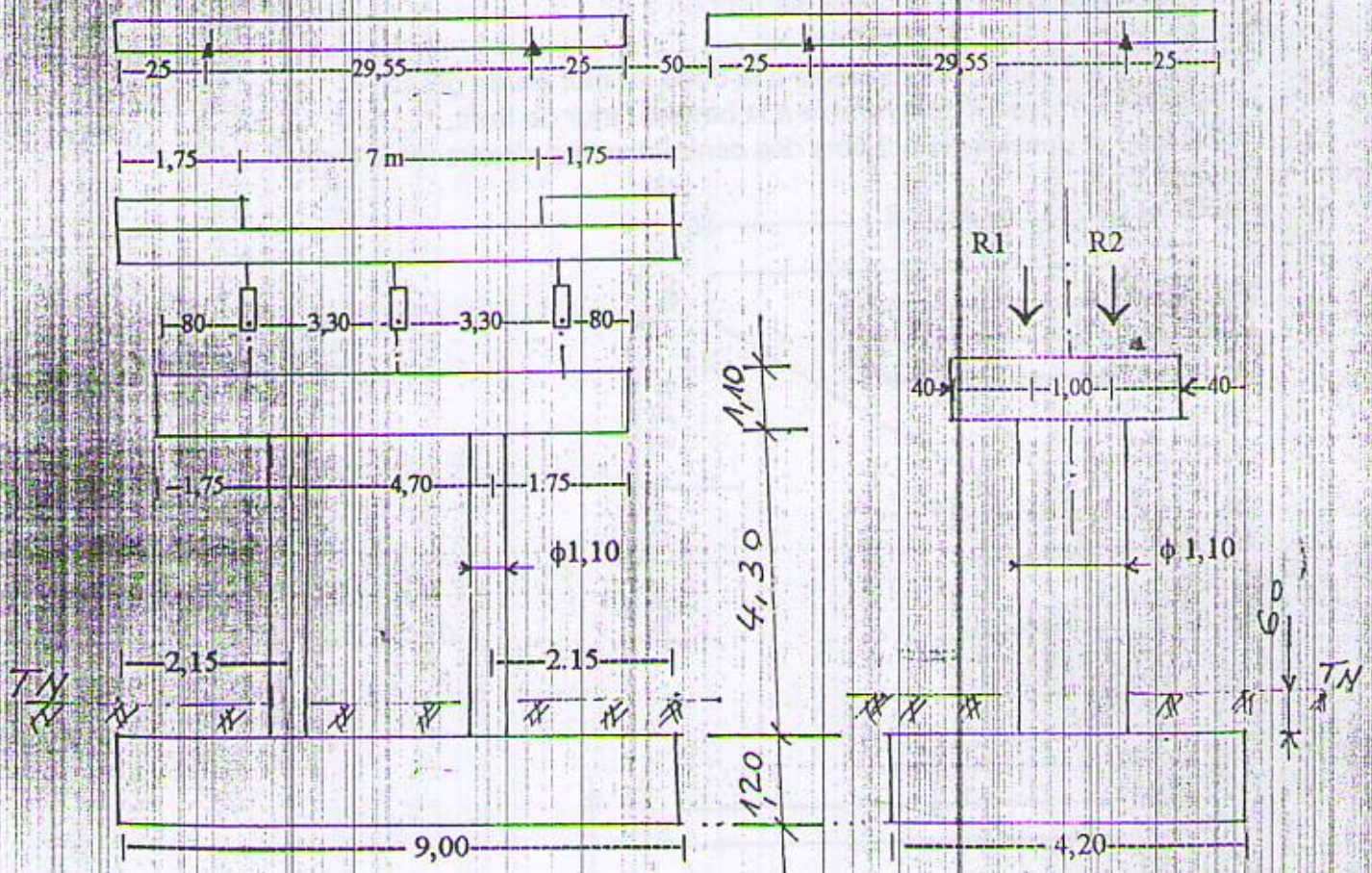
La charge permanente: Réaction sur 01 travée  $R_1 = 209,50 \text{ T}$ ; Réaction totale sur pile = 419 T

La contrainte admissible du sol est de :  $\sigma_s = 3 \text{ bars}$

La densité du remblais sur la semelle est de :  $\gamma = 2 \text{ T/m}^3$

Surcharges : A(1) 02 voies chargées, Bc 02 voies chargées , trottoirs  $150 \text{ k/m}^2$  ( 02 T chargés ).

Coefficient de majoration dynamique de Bc,  $\delta = 1,10$  ( $b_c = 1,1 \text{ s}$ ),  $b_s =$





EXAMEN D'OUVRAGES D'ART

LE 06-09 -2000 Durée : 2 heures 30'

documents non autorisés , sauf le fascicule 61 T II .

CALCUL D'UNE CULEE DE PONT

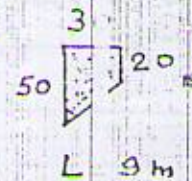
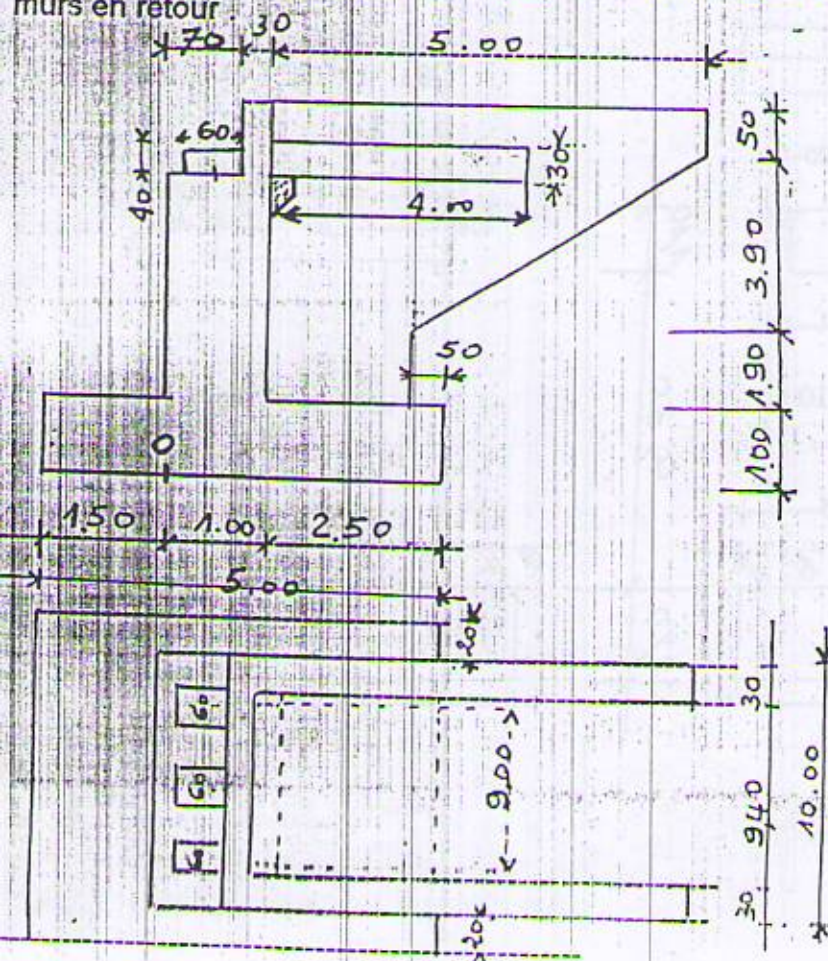
**DONNEES :**

- Portée du pont : 25 m
- Chaussée : 7.00m
- Trottoirs : 2x1.50 m , épaisseur 30 cm
- Contrainte admissible du sol = 3 bars
- Poids propre du tablier = 118,93 Tonnes
- Réaction due à la Surcharge  $B_c = 129,02$  Tonnes

$\gamma = 2 \text{ t/m}^3$  (densité du remblais)  
 $k_a = 0.33$  (k, de poussée)

**QUESTIONS :**

- I - 10pts - Calculer la stabilité de la culée par rapport à o :  
 (Renversément , Glissement , Contraintes )
- II - 4pts - Calculer le moment défavorable à la base du mur garde grève .
- III - 4pts - calculer le moment défavorable à la base du mur de front .
- IV - 2pts - Calculer et dessiner le schéma des contraintes qui s'exercent le long de :  
 murs en retour



$$\Delta T = 3 \times 4 \times 0.30 \text{ m}$$

$$0.3 \dots \Delta E_s = 0.60 \times 0.60 \times 0.40$$



ورقة الإمتحان

اللقب و الاسم : ART ARAR  
 تاريخ و مكان الإزدياد :  
 Date et lieu de naissance :

1ere codification :

2eme codification :

إمتحان :

Epreuve de :

Partie	Poids	Longueur	M/S
$W_1$	74,75	2,3	171,925
$W_2$	27,19	1,4	46,223
$W_3$	63,44	1,975	125,294
$W_4$	18,375	3,375	62,018
$P$	11	1,975	21,725
$W_{B2}$	142,1	3,375	479,875
$W_{B3}$	134,45	3,375	453,789
$P_{v1}$	2,92	4,60	13,432
$P_{v2}$	3,63	4,60	16,698
$\Sigma P_v$	447,855		$M_s = 1390,971$



$$C.S.R. = \frac{M_1}{M_2}$$

$$M_R = M_{K1} + M_{R2} \quad \text{car}$$

$$M_{R1} = P_{H1} \cdot \bar{X}_1 = 33,40 \cdot 5,55 = 185,48 \text{ kN.m}$$

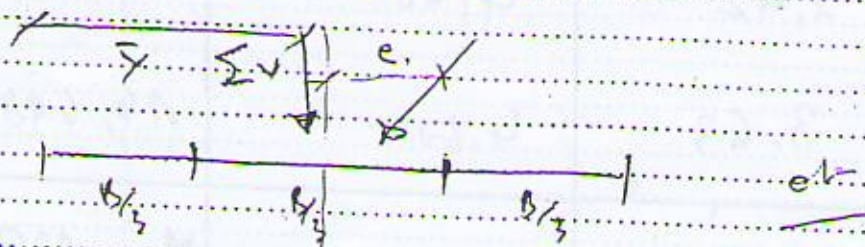
$$M_{R2} = P_{H2} \cdot \bar{X}_2 = 41,50 \cdot 1,425 = 59,14 \text{ kN.m}$$

$$M_K = 244,62 \text{ kN.m}$$

$$C.S.R. = \frac{1390,971}{244,62} = 5,68 > 1,5 \quad \checkmark$$

Le mur est stable au renversement.

Vérification du tir central

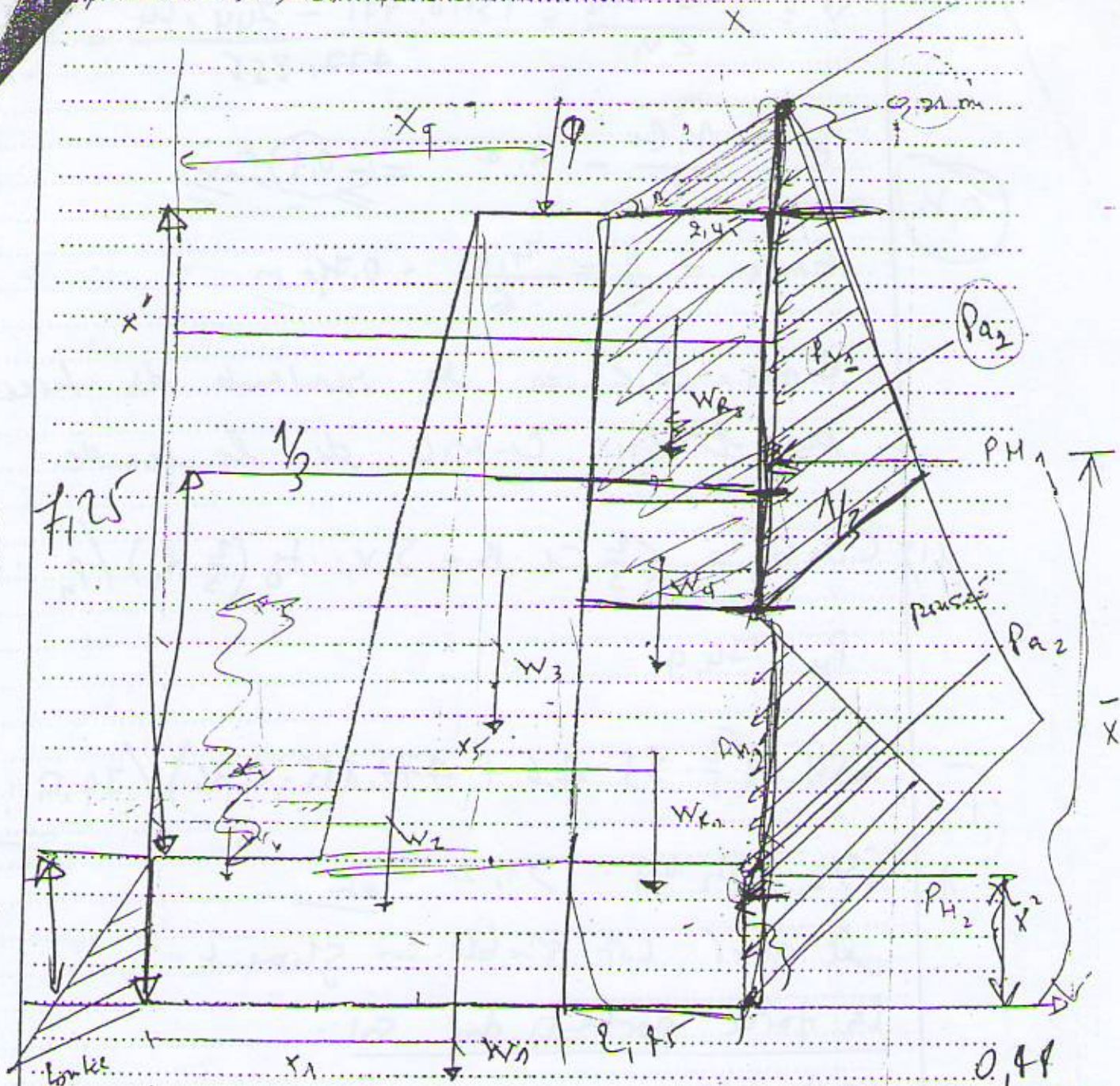




# Schéma des forces

(1)

65



$$t_{g,0} = \frac{X}{2.05} \Rightarrow X = 2.05 \cdot t_{g,0} = 0.21 \text{ m}$$

0.44

1.70

0.16

pour des raisons de sécurité on néglige l'effet de la batis et du poids propre etc.



$$\bar{y} = \frac{M_s - M_k}{\sum V_i} = \frac{1390,971 - 214,64}{477,855} = 2,4 \text{ m}$$

$$e_2 = \frac{4,6}{2} - 2,4 = -0,1 \text{ m} \quad \underline{\underline{\text{oui}}}$$

$$e_{\max} = \frac{b}{6} = \frac{4,6}{6} = 0,76 \text{ m}$$

$e_{\max} > e \Rightarrow$  le résultat des forces pour le bti centrée de la dalle.

$$1.1) C.S.G. = \left( \frac{2}{3} C_d \cdot B + \sum V_i \cdot t_g \left( \frac{2}{3} 4_s \right) \right) / P_H$$

$$P_H = 74,9$$

$$CSG = \left( \frac{2}{3} \cdot 53 \cdot 4,6 + 477,855 \cdot 0,36 \right) / 74,9$$

$$CSG = 4,49 > 1,2 \quad \underline{\underline{\text{ok}}}$$

le mur est stable au glissement.

la force portante du sol :

coût terme :

$$\begin{cases} C_u = 87 \\ C_g = 0 \end{cases}$$

$$N_8 = 0$$

$$N_9 = 1$$

$$N_c = 5,14$$

$$b_{\max} = 5,14 \cdot C_u + 16 \cdot 1,5$$

$$= 5,14 \cdot 87 + 16 \cdot 1,5 = 471,18$$

$$b_{\max} = 471,18 \text{ kN/m}^2 \quad \checkmark$$



ENTP - KOUBA  
4eme année  
2005/2006

ALGER, le 02/02/06

## LES AFFOUILLEMENTS DES APPUIS DE PONTS

### DONNEES :

Présentation du pont :

Construit en 1959, cet ouvrage « dit pont BOUGIE » se trouve sur la RN72 au PK 34+200 franchissant oued SEBAOU. Le tablier mixte est composé de 05 travées solidaires comportant chacune 04 poutres métalliques reliées par des entretoises et un hourdis en béton armé. Les éléments d'assemblage sont des rivets. Chaque travée supporte une chaussée à deux (02) voies de circulation ; bordée de deux trottoirs de largeur 1,25m chacun. Les dispositifs de retenue sont deux garde-corps métalliques.

Les appuis sont constitués de deux culées en maçonnerie reposant sur une fondation superficielle et de quatre piles palées (chevêtre + 04 fûts). Chaque pile est fondée sur neuf (09) pieux en béton armé protégés par un batardeau vis-à-vis des affouillements.

En 1974, une pile a été endommagée suite à un affouillement excessif (forte crue).

En période hivernale de 1996, la même pile a connu à nouveau le même problème suite à une crue importante de l'oued SEBAOU qui traverse la région de Tizi-ouzou.

Caractéristiques principales de l'ouvrage :

Longueur :	114,74 m
Largeur :	08,50 m
Largeur de la chaussée :	06 m
Entraxe des poutres :	1,92 m
Portées des travées de rive :	22,72 m
Portée des travées intermédiaires :	22,60 m

### QUESTION :

Estimer la hauteur d'affouillement de cet ouvrage sachant que :

$$\begin{aligned} b &= 8,42\text{m} \\ l &= 15,42\text{m} \\ d_b &= 5\text{m} \rightarrow \text{hauteur d'eau} \\ U_e &= \frac{V_m}{D} = 1\text{m/s} \\ D &= 0,0015\text{m} \end{aligned}$$



On a :

le coefficient  $C = \frac{H}{24} = 0,33 \text{ m}$

épaisseur de la semelle  $E = \frac{H}{12} = 0,658 \text{ m}$

largeur de la semelle  $3,95 \leq B \leq 5,26$

$$B = \frac{3,95 + 5,26}{2} = 4,61 \text{ m}$$

largeur du talon  $P = B - (A + S)$

section du voile existant dans la semelle

$$S = \frac{H}{12} = 0,658 \text{ m}$$

largeur du petit  $A = \frac{B}{3} = \frac{4,61}{3} = 1,53 \text{ m}$

largeur du talon  $P = 4,61 - (1,53 + 0,658)$

$$P = 2,42 \text{ m}$$

$B = 4,61 \text{ m} \rightarrow B = 4,60 \text{ m}$

$E = 0,658 \text{ m} \rightarrow E = 0,65 \text{ m}$

$P = 2,42 \text{ m} \rightarrow P = 2,45 \text{ m}$

$S = 0,658 \text{ m} \rightarrow S = 0,65 \text{ m}$

$A = 1,53 \rightarrow A = 1,50 \text{ m}$

$C = 0,33 \rightarrow C = 0,35 \text{ m}$

$D = 1,5 \text{ m} \rightarrow H > 4 \text{ m}$



5/11/2015

- lythracaeae

drain

Tiger

Судебный  
интервью

a/ le pré-marchement, le ms

C..

2

$$H = 7,90 \text{ m}$$

1. E

...

**Figure 1**



p

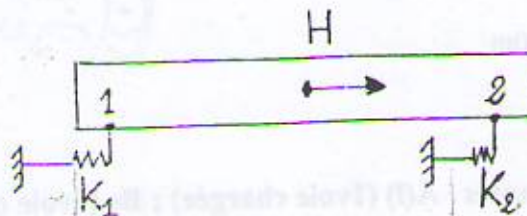


REPARTITION DES EFFORTS HORIZONTAUX ENTRE LES APPUIS DE PO NT

DONNEES :

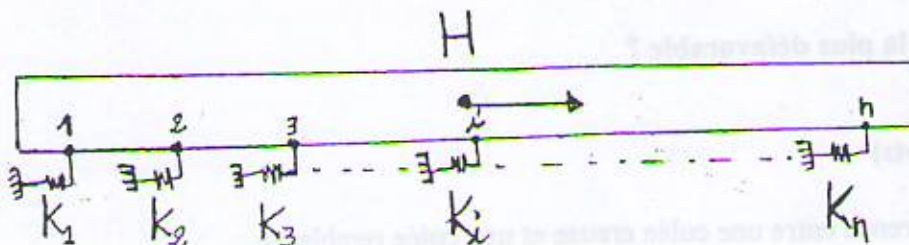
Soit un tablier de pont supposé indéformable, reposant sur deux appuis et soumis à un effort horizontal  $H$  dû au freinage d'un camion  $B_c$ . Les déplacements des têtes d'appuis  $u_i$  sont égaux ( $u_i = u, \forall i$ ).

$K_1, K_2$  sont les rigidités respectivement des appuis 1 et 2.



QUESTIONS :

- calculer les efforts  $H_1$  et  $H_2$  en têtes des deux appuis en fonction de  $K_1, K_2$  et  $H$ .
- déterminer  $H_1$  et  $H_2$  pour :
  - $K_1 = K_2$
  - $K_1 = 0$
- lequel des deux appuis est le plus rigide 1 ou 2 ?
- on suppose :  $H = 30 \text{ t}$ ,  $K_1 = 2000 \text{ t/m}$  et  $K_2 = 3000 \text{ t/m}$ 
  - calculer  $H_1$  et  $H_2$ .
  - calculer le déplacement  $u$ .
  - calculer les rapports  $H_1/H$  et  $H_2/H$  et commenter les résultats obtenus
- généraliser les expressions obtenues de  $H_i$  pour  $n$  appuis.



$$F = \frac{\Delta x}{k}$$



## TEST D'OUVRAGES D'ART

Durée : 2 h 30'

## EXERCISE - I - ( 18 pts)

Soit un pont à poutres sous chaussée isostatique, en béton armé aux caractéristiques suivantes :

- Portée : 20 m  
 Chaussée : 7,00m  
 Trottoirs : 2 x 1.50 m  
 Poutres : 03  
 Dalle : la dalle sert d'entretoise  
 Paramètres :  
 Entretoisement :  $\theta = 0,5679$   
 Torsion :  $\alpha = 0,16$   
 Largeur équivalente :  $2b = 9,00m$   
 poutre centrale :  $y = 0,00m$   
 Poutre de rive :  $y = 0,66 b$



Surcharges à prendre en comptes : A(l) (1voie chargée) ; Bc (1voie chargée) ; Mc120 ; Trottoir (1 T chargé)

## A-REPARTITION TRANSVERSALE : en utilisant le tableau I

- I - Calculer les valeurs de  $K\alpha$  pour la poutre de rive ( $y=0.66b$ ) et la poutre centrale ( $y=0.00$ ).
- II - Tracer la ligne d'influence de  $K\alpha$  pour la poutre de rive et la poutre centrale.
- III- Calculer le  $K\alpha$  moyen pour la poutre de rive ( $y=0.66b$ ) et la poutre centrale ( $y=0.00$ )

## B - Efforts :

- I- Calculer les moments fléchissants moyens pour : A(l) , Bc ( $\delta=1,2$ ), Mc120 ( $\delta=1,1$ ), surcharge sur 01 Trottoir ( $150kg/m^2$ ).

Les valeurs des Moments moyens des charges permanentes sont données dans le tableau II.

- II - Calculer le moment le plus défavorable ( maximum ) tableau II pour la poutre centrale et la poutre de rive.

Quelle est la poutre la plus défavorable ?

## EXERCICE II ( 02pts)

- A - Quelle est la différence entre une culée creuse et une culée remblayée.
- B - Dessiner le digramme des contraintes qui s'exerce sur le mur frontal d'une culée remblayée

.....1



SYNTHÈSE D'OUVRAGE D'ART

DURÉE : 3 H

SUJET N°2

- I- Calculer les sollicitations verticales ( $C_p$ , surcharges, poids propre) et les sollicitations horizontales (freinage du à Bc)
- II- Calculer la stabilité à sec de la pile. Vérification du glissement et des contraintes

DONNÉES :

Pont à 02 travées isostatiques de 18,60m de portée avec un joint de 2 cm.

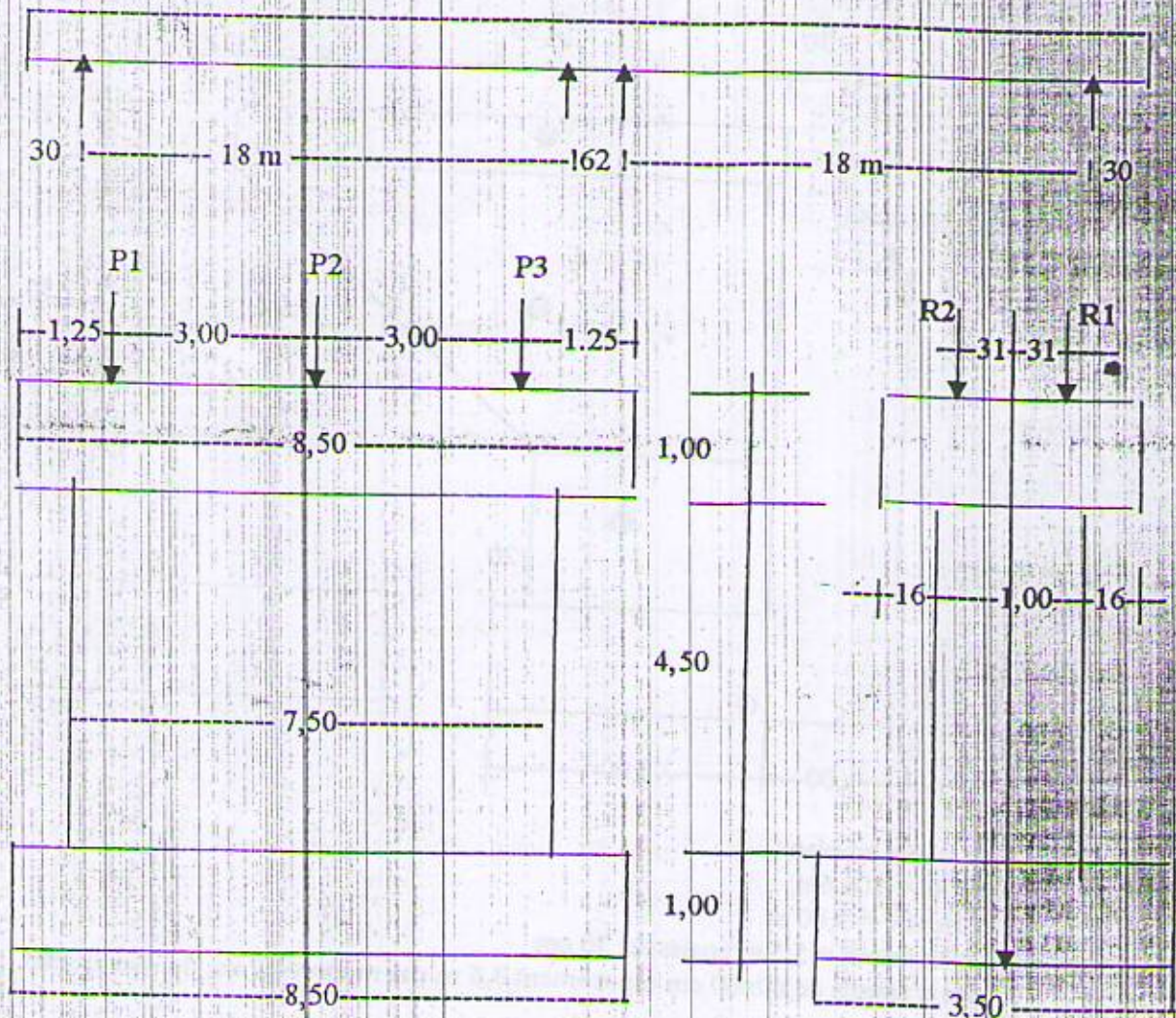
Longueur de la poutre entre appuis 18 m, nombre de poutres 03

Chaussée 7m, avec des trottoirs : 2x1,23m

Charge permanente  $G = 10,42$  T/ml

Surcharges à prendre en compte Bc, A(I), Trottoirs

Nota : On prendra le cas de deux voies chargées.  $\delta = 1,18$  pour Bc





SYNTHESE D'OUVRAGE D'ART

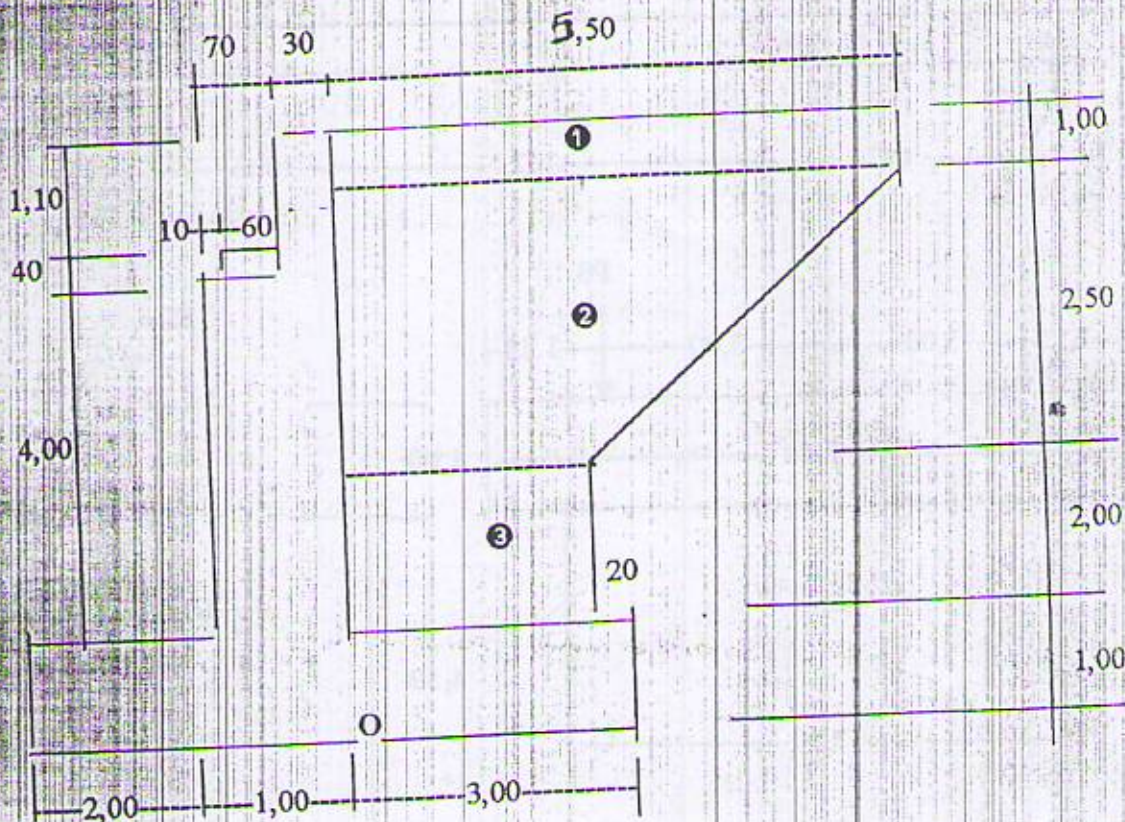
DUREE : 3 H

Sujet N° 1

- I- Calculer la stabilité d'ensemble de la culée par rapport à O milieu de la semelle.
- II- Vérifier le renversement, le glissement, les contraintes.
- III- Calculer le ferrailage de la semelle

DONNEES :

Portée = 35m ; Chaussée = 7m ; Trottoirs = 2x1,20m avec une épaisseur de 0,30 m  
 Terres :  $K_a = 0,27$  (coefficient de poussée) ;  $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$  (densité du remblais),  $\gamma = 2,5 \text{ t/m}^3$  pour le (béton) ; Contrainte admissible du sol  $\sigma = 3 \text{ bars}$   
 Réaction due au poids propre du tablier = 155 T  
 Réaction due à la surcharge  $B_c = 146 \text{ T}$



Dessiner la vue en plan :

- Semelle = 10x 6m
- Mur frontal = 9,00 m
- Murs en retour = 5,5 m épaisseur 30 cm
- 03 dés d'appuis de 60x60 cm espacement 3,6 m par rapport à l'axe du mur frontal