

UNIVERSITE D'ALGER

ECOLE NATIONALE  
POLYTECHNIQUE

2/66

جامعة الجزائر

المدرسة الوطنية للفنون

1 ex

# PROJET DE FIN D'ETUDES

Juin 1966

## CALCUL D'UN PONT

## A POUTRES CONTINUES

Himeur

ALGER

1966



## 347: Calcul d'un pont à poutres continues.

### Description de l'ouvrage

Il s'agit d'un pont passant par une rivière et où il y a un champ d'inondation. On doit prévoir pour ce pont 3 travées symétriques:

15 m - 22,5 m - 15 m  
 la largeur de la chaussée étant de 7,5 m  
 la largeur des trottoirs étant de 1,5 m  
 le nombre de poutres principales étant de 4  
 le nombre d'entretoises étant de 8  
 la distance entre axes des poutres principales étant de 2,32 m  
 la distance entre axes des entretoises étant de 7,15 m  
 largeur de la dalle 18 cm

### Normes et règlements appliqués

Les règlements appliqués sont ceux qui sont en vigueur et on a en plus considéré le passage d'un convoi militaire (Chars 100 T)

### Qualité des matériaux utilisés.

- Béton. Dosage: 350 kg de ciment Portland 250/315

$\bar{\sigma}_b = 150 \text{ kgf/cm}^2$  (éléments bétonnés en place avec essais de contrôle)

- Acier: Tor  $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kgf/cm}^2$

- Association acier-béton  $m = 15$  (BA 60).

### OBJET du PROJET

On s'occupe simplement de la construction du Pont sans calculer les appuis. On utilise la méthode des moments flechissants des poutres principales et cette méthode néglige les effets de la torsion des poutres principales. Les entretoises se trouvant dans la partie centrale ont été calculées comme une entretoises idéales.

Les simplifications ne sont pas tellement graves et qu'on peut les admettre. Le calcul des entretoises ne faisait pas objet de mon sujet et leurs armatures sont déterminées par un simple pourcentage par rapport à celles des poutres principales.

### Calcul du Tablier.

- Calcul de la console.
- Calcul de la dalle.



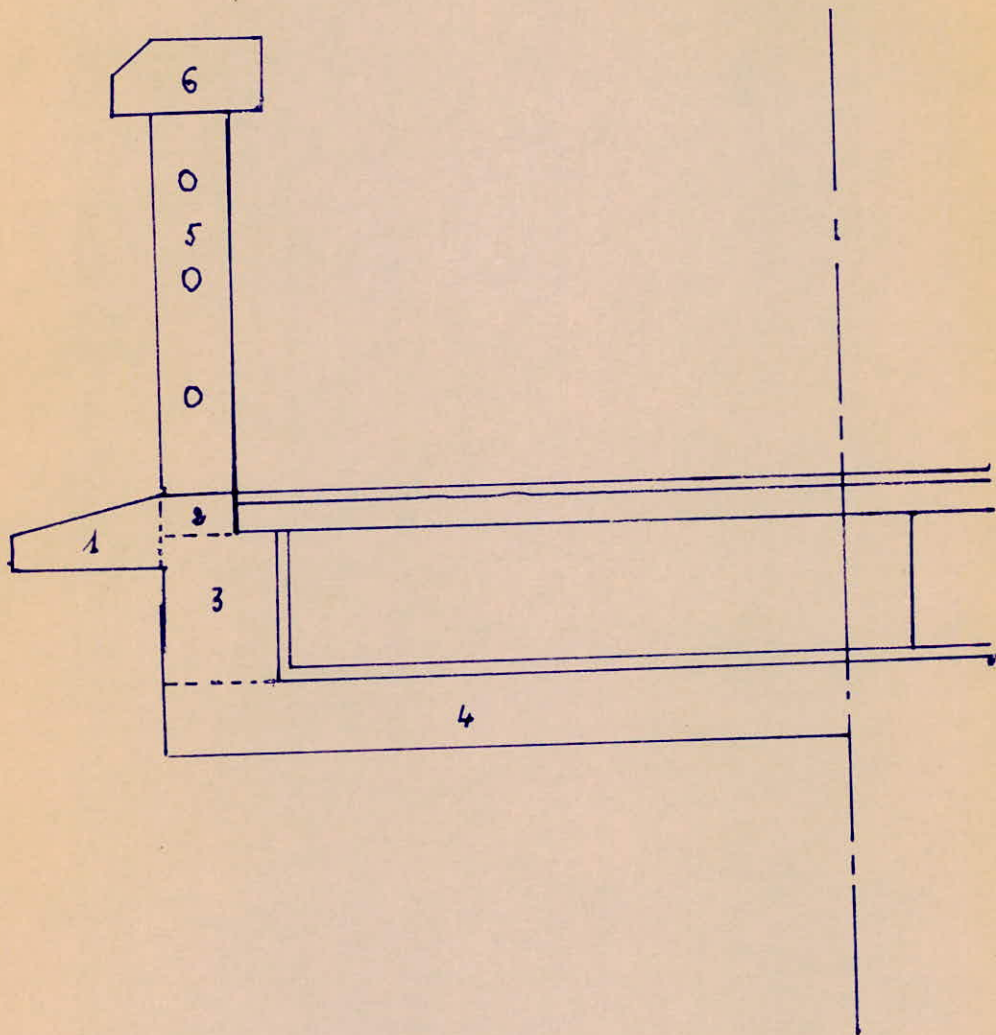
## Calcul des poutres principales

- Répartition des charges entre les poutres principales
- Calcul des lignes d'influence (Tableau se trouvant dans le Forestier)
- Calcul des moments extrêmes et des efforts tranchants
- Évaluation des entretoises

## Calcul des Armatures.

Cubation de la Construction du Pont et la Quantité d'Acier approximative

## CALCUL de la Console





DETERMINATION de T<sub>G</sub>

- |  |   |                          |
|--|---|--------------------------|
| ① $(\frac{15+12}{2} \times 25) = 350$                              | $\frac{S}{m^2}$<br>$0,0350 \times 2500 =$ | $\frac{P}{kg}$<br>$87,5$ |
| ② $(10 \times 15) = 150$   | $0,015 \times 2500 =$                     | $37,5$                   |
| ③ $(23 \times 13) = 300$   | $0,03 \times \text{''} =$                 | $75$                     |
| ④ $(18 \times 122,5) = 2200$                                       | $0,22 \times \text{''} =$                 | $550$                    |
| ⑤ $(15 \times 112,5) - (\frac{3,14 \times 64 \times 3}{4}) = 1530$ | $0,153 \times \text{''} =$                | $383$                    |
| ⑥ $(17 \times 15) + (\frac{15+10}{2}) \times 8 = 355$              | $0,0355 \times \text{''} =$               | $89$                     |
| Isolation :  |   | $18$                     |
| Dalle de protection :<br>garde feu (METAL) :                       | $0,0275 \times 2500 =$                    | $68,5$<br>$30$           |

1338,5 kg

$T_G = 1,340 T$

DETERMINATION de M<sub>G</sub>

Elements	G <sub>i</sub>	g <sub>G i</sub>	M <sub>G i</sub>
①	0,0875	1,33	0,116
②	0,0375	1,15	0,0431
③	0,075	1,11	0,0834
④	0,550	0,61	0,305
⑤	0,383	1,15	0,440
⑥	0,089	1,15	0,102
Isolation	0,018	0,48	0,0865
Dalle de Protection	0,0685	0,53	0,0363
Garde feu (metal)	0,030	1,15	0,0345

$M_G = 1,247 T_{fm}$

$M_G = 1,25 T_{fm}$

EFFET des Surcharges

- Horizontale  $Q_h = 50 (1+b) = 50 (1+1,5) = 0,125 T$
- Verticale  $Q_v = 100 kgf/m^2$

EFFORT TRANCHANT

$T_{1P} = 0,1 + 0,45 = 0,550 T$   
 $N = 0,125 T$

MOMENTS  $M_p = -(Q_v \cdot r_v + Q_h \cdot r_h + R_r \cdot r)$

$$M_p = -(0,1 \times 1,12 + 0,125 \times 1,44 + 0,45 \times 0,52) = \underline{-0,526 \text{ Tfm}}$$

Système  $S_1$   $T_{\max I} = -(1,340 + 0,550 \times 1,2) = \underline{-2 \text{ T}}$

$$T_{\max I} = -(1,25 + 0,526 \times 1,2) = \underline{-1,88 \text{ Tfm}}$$

Système  $S_2$   $T_{\max II} = -(1,340 + 0,550 \times 1,5) = \underline{-2,16 \text{ T}}$

$$T_{\max II} = -(1,25 + 0,526 \times 1,5) = \underline{-2,04 \text{ Tfm}}$$

## CALCUL de la DALLE

4 cm d'ospholte	$0,04 \times 2 =$	0,08	Tf/m <sup>2</sup>
2 cm de mortier	$0,02 \times 2,3 =$	0,046	Tf/m <sup>2</sup>
1 cm d'isolation	$0,01 \times 1,8 =$	0,018	"
beton maigre	$0,12 \times 2,3 =$	0,276	"
Epaisseur de la dalle	$0,18 \times 2,5 =$	0,45	"

$$\boxed{0,870 \text{ Tf/m}^2}$$

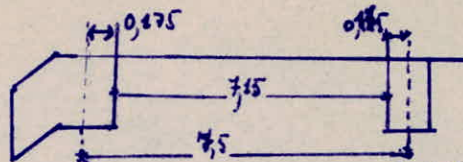
## Calcul de $L_x$

largeur Totale du Pont sans le nez  $750 + (150 + 15) \times 2 = 750 + 330 = 1080 \text{ cm}$

Distance entre axes des poutres  $\frac{1080 - (2 \times 1,40)}{3} = \frac{800}{3} = 266,6 \text{ cm} \approx \underline{2,67 \text{ m}}$

Distance entre nus des poutres  $L_x = 266,6 - b_0 = 266,6 - 35 \approx \underline{232 \text{ cm}}$

## Calcul de $L_y$



$$L_y = \underline{7,15 \text{ m}}$$

$$\left(\frac{L_x}{L_y}\right) = \frac{2,32}{7,15} = 0,325 < 0,4$$

$$\begin{aligned} \mu_{xc} &= 0,125 \\ \gamma_y &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} M_x = 0,125 \times 0,87 \times (2,32)^2 = \underline{0,59 \text{ Tf/m}} \\ M_y = 0 \end{cases}$$

$$M > 0 \quad \begin{cases} M_{x \max} = 0,8 \times 0,59 = \underline{0,47 \text{ Tf/m}} \\ M_{y \max} = 0 \end{cases}$$

$$\left(\frac{L_y}{L_x}\right) = \frac{7,15}{2,32} = 3,08 > 2 \quad \begin{aligned} \gamma_x^* &= -0,0839 \\ \gamma_y^* &= -0,0571 \end{aligned}$$



$$M < 0 \quad \begin{cases} M_{x \min} = -0,0839 \times 0,97 \times (2,32)^2 = -0,394 \text{ T/m} & \text{dans le sens de } x \\ M_{y \min} = -0,0571 \times 0,97 \times (2,32)^2 = -0,268 \text{ T/m} & \text{dans le sens de } y. \end{cases}$$

### Surcharge de Type A

$$p_A = 350 + \frac{320.000.000}{l^3 + 60l^2 + 225.000} = \frac{350 + 32 \cdot 10^7}{144250 + 165000 + 225000} = 950 \text{ kg/m}^2$$

Les moments sont proportionnels aux charges puisqu'elles sont réparties.

$$M_{x \max} = 0,47 \times \frac{950}{870} = \boxed{0,52 \text{ t/m}}$$

$$M_{y \max} = \boxed{0}$$

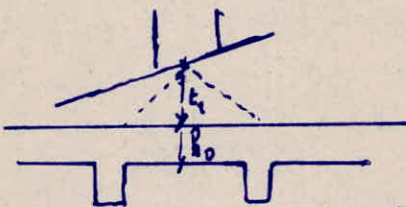
$$M_{x \min} = -0,394 \times \frac{950}{870} = \boxed{-0,43 \text{ t/m}}$$

$$M_{y \min} = -0,268 \times \frac{950}{870} = \boxed{-0,293 \text{ t/m}}$$

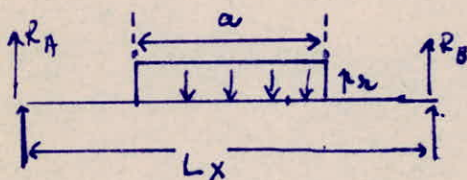
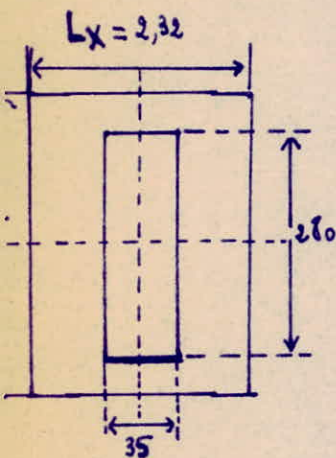
### Surcharge de Type B<sub>2</sub>

$$b = 250 + 1,5t_1 + h_0$$

$$a = 5 + 1,5t_1 + h_0$$



$$\left. \begin{array}{l} t_1 = 8 \\ h_0 = 18 \end{array} \right\} \begin{array}{l} a = 35 \text{ cm.} \\ b = 280 \text{ cm.} \end{array}$$



$$p_x = \frac{20}{0,35 \times 2,8} = 20,4 \text{ t/m}^2$$

$$M_{x \max} = 0,8 p_x a \times \frac{1}{4} (L_x - a) = 0,8 \times 20,4 \times 0,35 \times \frac{1}{4} (2,32 - 0,175) = 3,07 \text{ t/m}$$

$$M_{x \max} = \boxed{3,07 \text{ t/m}}$$

$$M_{y \max} = 3,07 \times 0 = \boxed{0}$$

Pour calculer  $M_{x \min}$  on trace la ligne d'influence et on a A (aire) d'où on tire  $\eta$  médiant

$$\eta = 0,34$$

$$M_{x \min} = 20,4 \times 0,35 \times 0,34 = \boxed{2,42 \text{ t/m}}$$

$$M_{y \min} = 2,42 \times 0 = \boxed{0}$$



urcharge du Type Be.

$t_1 = 8$   
 $h_0 = 18$

$p = \frac{10}{0,3 + 0,12 + 0,19} = \frac{10}{0,6} = 16,6 \text{ tf/m}^2$

$10 \text{ tf} \quad 30 + 1,5 t_1 + h_0.$

$M_{x \max} = \frac{0,8 \times 16,6 \times 0,6 \times \frac{1}{4} (2,32 - 0,3)}{0,6} = 6,74 \text{ tfm}$

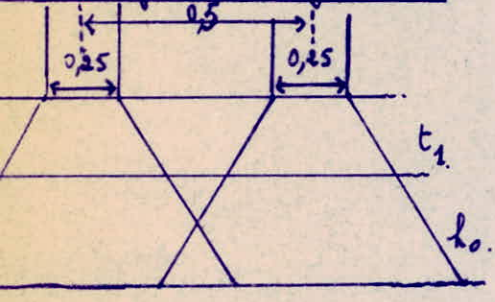
$M_{y \max} = \frac{6,74 \times 0}{0,6} = 0$

$\eta = 0,34.$

$M_{x \min} = - \frac{16,6 \times 0,6 \times 0,34}{0,6} = -5,67 \text{ tfm}$

$M_{y \min} = \frac{-0,8 \times 3,4}{0,6} = -4,5 \text{ tfm}$

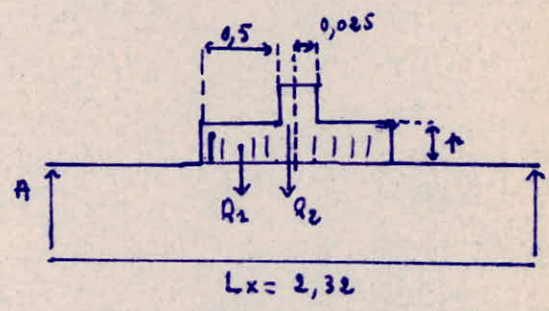
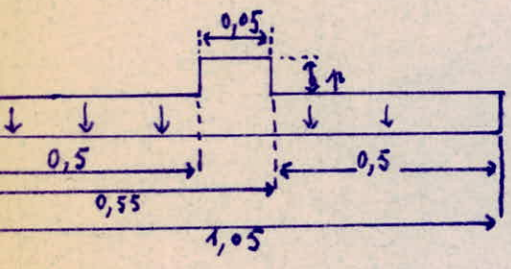
urcharge du Type Bc.



$a = 0,25 + 1,5 t_1 + h_0.$

$= 0,25 + 1,5 \times 0,9 + 0,18 = 0,55$

$p = \frac{6}{0,55} = 10,9 \text{ tf/m}$



$M_{x \max} = \frac{A L_x}{2} - Q_1 (0,25 + 0,025) - Q_2 (0,025)$

$A = 6 \text{ tf} \quad L_x = 2,32$

$Q_1 = 10,9 \times 0,5 = 5,45 \text{ tf}$

$Q_2 = 2 \times 10,9 \times 0,025 = 0,272 \text{ tf}$

$M_{x \max} = \frac{(6 \times 1,16) - (5,45 \times 0,275) - (0,272 \times 0,025)}{0,55} =$

$M_{x \max} = 9,95 \text{ Tf/m}$

$M_{y \max} = \frac{9,95 \times 0}{0,55} = 0$



ur  $M_{x \min}$  on utilise le  $\eta$  median (moyenne 0,31.)  
0,34)

$$M_{x \min} = - \frac{(1,05 \times 0,31 \times 10,9 + 0,05 \times 0,34 \times 10,9)}{0,55} = \frac{-3,54 - 0,18}{0,55} = \frac{-3,72}{0,55} \text{ t/m.}$$

$$M_{y \min} = - \frac{0,8 \times 3,72}{0,55} = \frac{-2,98}{0,55} \text{ t/m.}$$

$$M_{x \min} = \boxed{-6,76 \text{ T/m.}}$$

$$M_{y \min} = \boxed{-5,43 \text{ T/m.}}$$

calcul des coefficients dynamiques.

$$P = 7,15 \times 8,70 \times 0,18 \times 2,5 = 28 \text{ T/m}$$

$$S_{B_1} = \boxed{1,362}$$

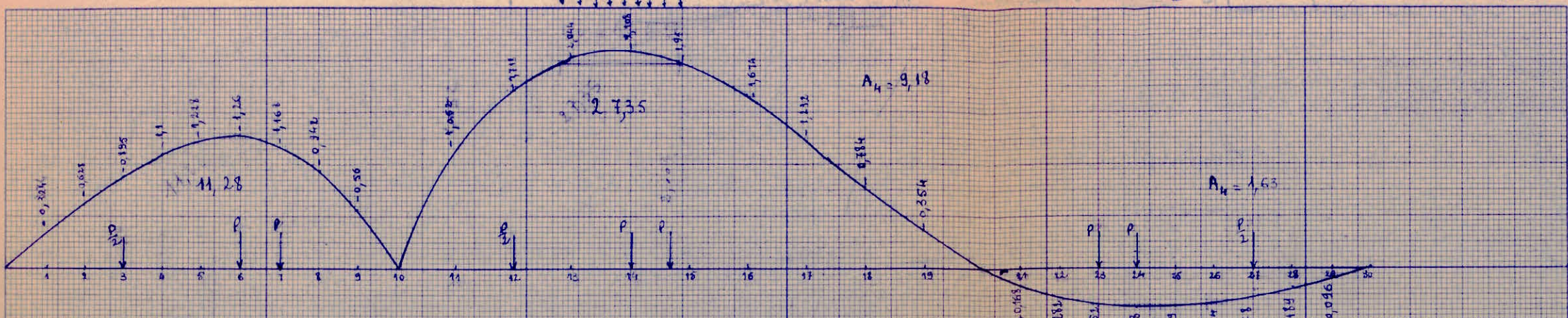
$$S_{B_e} = \boxed{1,274}$$

$$S_{B_c} = \boxed{1,362}$$

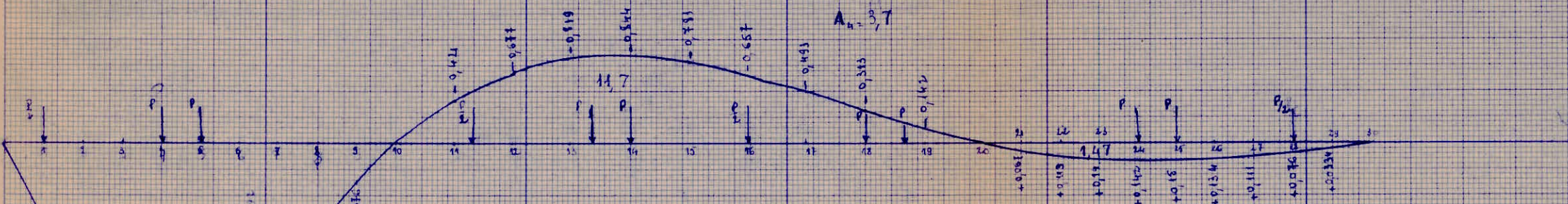
	pois de la construction	A	B <sub>r</sub>	B <sub>e</sub>	B <sub>c</sub>	Total.
M <sub>x max</sub>	0,47	0,52	4,18	9,65	13,5	14
M <sub>x min</sub>	-0,394	-0,43	-3,20	-7,28	-9,20	-9,6
M <sub>y max</sub>	0	0	0	0	0	0
M <sub>y min</sub>	-0,268	-0,293	0	-5,78	-7,4	-7,7

	Systeme S <sub>1</sub>	Systeme S <sub>2</sub>
M <sub>x max</sub>	16,8	21.
M <sub>x min</sub>	-11,5	-14,4
M <sub>y max</sub>	0	0
M <sub>y min</sub>	-9,25	-11,55





LIGNE D'INFLUENCE DES MOMENTS FLECHISSANTS SUR LES APPUIS INTERMEDIAIRES



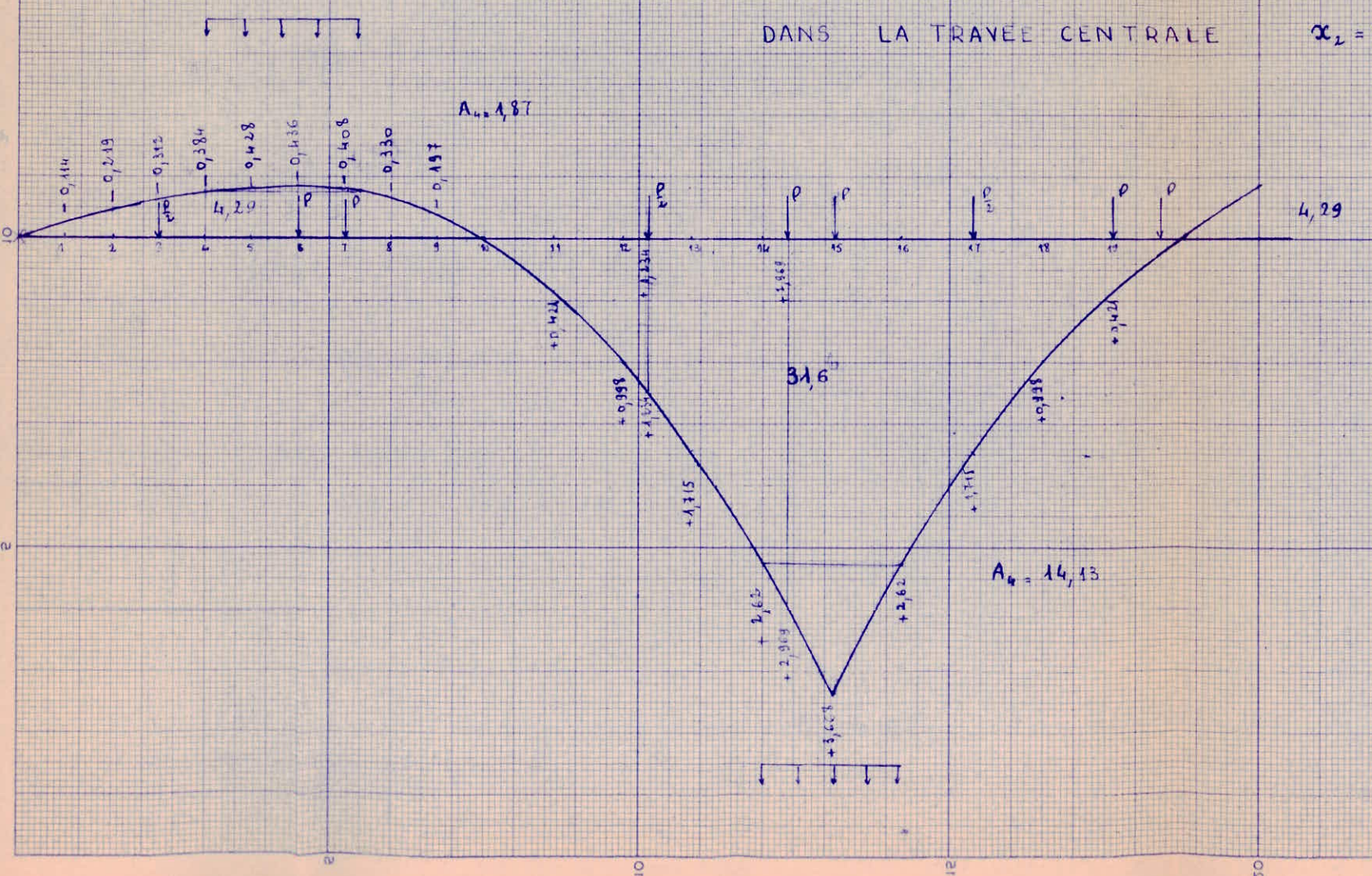
MOMENTS FLECHISSANTS DANS LES TRAVEES EXTREMES

$x_1 = 0,4 l_1$        $x_2 = 0,6 l_2$



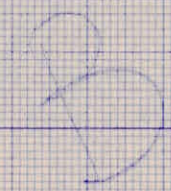


LIGNE D'INFLUENCE DES MOMENTS FLECHISSANTS  
 DANS LA TRAVÉE CENTRALE  $\alpha_2 = 0,5 l_2$

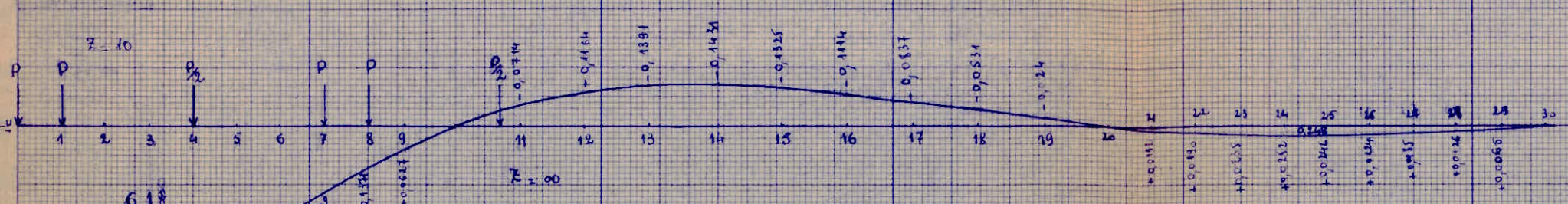
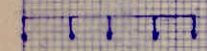


$A_2 = 4,87$

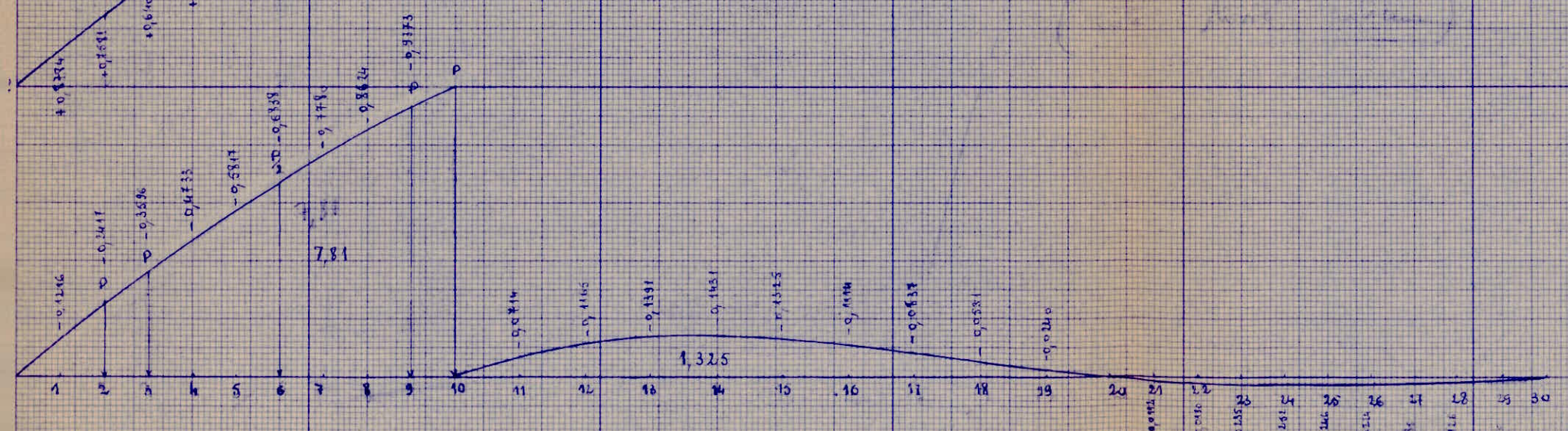
$A_4 = 14,13$







LIGNE D'INFLUENCE DES EFFORTS TRANCHANTS SUR LES APPUIS EXTREMES

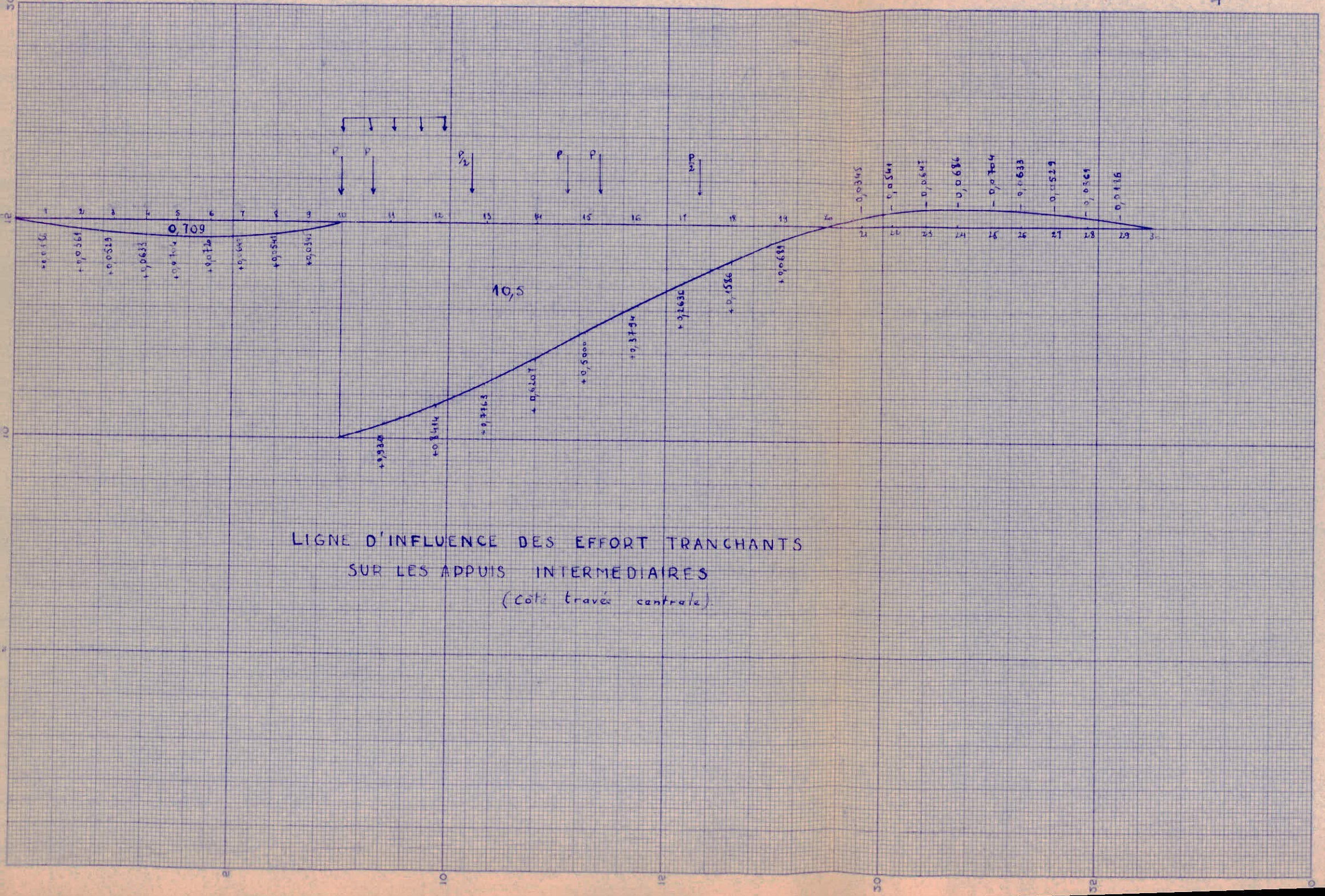


LIGNE D'INFLUENCE DES EFFORTS TRANCHANTS SUR LES APPUIS INTERMEDIAIRES (côté travée extrême)

Figs

Figs





LIGNE D'INFLUENCE DES EFFORT TRANCHANTS  
 SUR LES APPUIS INTERMEDIAIRES  
 (côté travée centrale).

Fig 6



## CALCUL des POUTRES PRINCIPALES

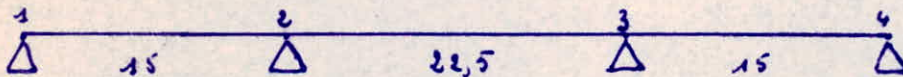
Charges permanentes par mètre linéaire.

Saillie de Trottoirs	$(0,25 \times \frac{0,16 + 0,12}{2}) \times 2.500 =$	87,5
Garde corps	$=$	30
P.P de la poutre principale	$0,35 \times 0,57 \times 2500 \times 4 =$	2000
Bordure du Trottoir.	$0,25 \times 0,23 \times 2400 \times 2 =$	276
Chaussée	$7,5 \times 0,11 \times 1800 =$	1495
Châfle	$0,18 \times 2500 \times 8,36 =$	3760
Pièces du Pont	$\frac{0,30 \times 0,57 \times 2500}{7,5} =$	57
		Total : 7696 Kg/m du Pont

Pour une poutre on a  $\frac{7696}{4} = 1924 \text{ kg/m}$  de poutre

MOMENTS Flechissants.

a)  $M^t$  sur les appuis 2 et 3.



$$\alpha = \frac{15}{22,5} = \frac{2}{3} = 0,66 \quad \gamma = \frac{2(\alpha^3 + 1)}{2\alpha + 3} = 0,6 \quad \delta_1 = \frac{4\alpha^4 + 4\alpha^3}{4\alpha^2 + 8\alpha + 3} = 0,195$$

$$M_2 = M_3 = -0,125 \times 9 l^2 \quad \begin{cases} \gamma = 0,6 \\ \rho = 1924 \\ l = 22,5 \end{cases} \quad \delta_2 = \frac{4\alpha + 2}{4\alpha^2 + 8\alpha + 3} = 0,46$$

$$M_2 = M_3 = -0,125 \times 0,6 \times 1924 \times (22,5)^2 = -73400 \text{ kg} \quad \delta_3 = \frac{2\alpha^3}{4\alpha^2 + 2\alpha + 3} = 0,06$$

b)  $M^t$  dans les travées extrêmes  $x_1 = \kappa l_1$

$$\kappa = 0,4 \quad x_1 = 0,4 l_1 \quad x_3 = 0,6 l_3$$

$$M_{x_1} = M_{x_3} = \frac{1924 \times (15)^2}{2} \times 0,4 \times 0,6 - 0,4 \times 73400 = +22700 \text{ Kg/m.}$$

c)  $M^t$  dans la travée centrale :  $\kappa = 0,5; x_2 = 0,5 l_2$

$$M_{x_2} = \frac{1924 \times (22,5)^2}{2} \times 0,5 \times 0,5 - 73400 = +48600 \text{ Kg/m.}$$



FORTS TRANCHANTSEffort tranchant sur l'appui 1.

$$T_1 = \frac{q l_1}{2} + \frac{M_1}{l_1} = \frac{1924 \times 15}{2} - \frac{73400}{15} = +9500 \text{ kgf}$$

Par symétrie  $T_4 = -T_1 = -9500 \text{ kgf}$ .Effort tranchant sur l'appui 2

$$T'_{2g} = -\frac{q l_2}{2} + \frac{M_2}{l_1} = -19300 \text{ kgf}$$

$$T'_{2d} = 1924 \times 22,5 = +21600 \text{ kgf}$$

(Nous calculerons les T à 3,40 m des appuis de pont et d'entrée, les pontées, et aux chargées)

B Surcharge A uniformément répartie

(Surcharge pour une Pontée =  $\frac{p_A \times 7,5 + p_B \times 2}{4} \times b$  trottoirs).

Poids du trottoir par m linéaire : 400 on a  $400 \times 2 \times 1,5 = 1200 \text{ kg/m}$

Pour la longueur surchargée

37,5 m	→	P = 1236 kgf/m <sup>2</sup>
30 m	→	P = 1396 kgf/m <sup>2</sup>
15 m	→	P = 1675 kgf/m <sup>2</sup>
22,5 m	→	P = 1550 kgf/m <sup>2</sup>

a) Moments sur les appuis intermédiaires.

Le M < 0 Maxim est trouvé si on charge la 1<sup>re</sup> et 2<sup>me</sup> travée

$$P = \frac{1236 \times 7,5 + 1200}{4} = 2618 \text{ kg/m}$$

$$M_2 = M_3 = -2618 \times \frac{4}{4} (11,28 + 27,35) = \boxed{-100080 \text{ Kg m}}$$

Le M > 0 Maximum est trouvé si on charge la 3<sup>me</sup> travée

$$P = \frac{1675 \times 7,5 + 1200}{4} = 3445 \text{ kg/m}$$

$$M_2 = M_3 = 3445 \times \frac{4}{4} \times 3,71 = \boxed{+12780 \text{ Kg m}}$$

b) Moments dans les travées extrêmes

les M > 0 → (1<sup>re</sup> et 3<sup>me</sup> travées chargées)

$$x_2 = 0,4 \quad x_1 = 0,4 l_1 \quad x_3 = 0,6 l_3$$

~~$$P = \frac{1236 \times 7,5 + 1200}{4}$$~~



$$P = \frac{1396 \times 7,5 + 1200}{4} = 2915 \text{ Kg/m}$$

$$M_{x_2} = M_{x_3} = \frac{2915}{4} \times (21,96 + 1,47) = \boxed{+ 68500 \text{ Kg m.}}$$

Les  $M_{x_2}^b < 0$  (2<sup>ème</sup> travée chargée).

$$k_3 = 0,4 \quad x_3 = 0,8 l_3 \quad x_1 = 0,4 l_1. \quad P = \frac{1550 \times 7,5 + 1200}{4} = 3200 \text{ Kg/m}$$

$$M_{x_2} = M_{x_3} = -3200 \times 11,7 = \boxed{-37400 \text{ Kg m.}}$$

c) Moment dans la travée centrale

Les  $M_{x_2}^b > 0$  (2<sup>ème</sup> travée chargée)  $k_1 = 0,5 \quad x_2 = 0,5 l_2$

$$M_{x_2} = 3200 \times 31,6 = \boxed{+ 100100 \text{ Kg m.}}$$

Les  $M_{x_2}^b < 0$  (1 et 3 travées chargées)

$$M_{x_2} = -2915 \times 8,58 = \boxed{-25000 \text{ Kg m.}}$$

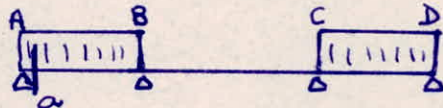
### EFFORTS TRANCHANTS.

Moments sur l'appui 3 (1<sup>ère</sup> et 3<sup>ème</sup> travée chargées)

$$-2915 (11,28 - 3,71) = -22100 \text{ Kg m.}$$

a) Sur les appuis extrêmes.

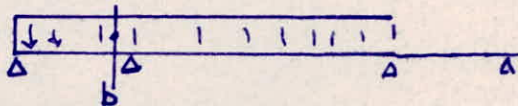
$T_{max}$  sur l'appui extrême



$$T_A = \frac{1}{2} \cdot 2915 \times 15 - \frac{22100}{15} = + 19325 \text{ Kg f.}$$

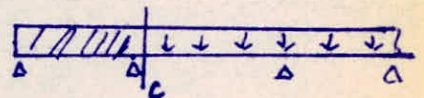
b) Sur les appuis intermédiaires.

- Côté travée extrême



$$T'_{B_1} = -\frac{1}{2} \cdot 2915 \cdot 15 - \frac{100080}{15} = \boxed{-28480 \text{ Kg f.}}$$

- Côté travée centrale.



$$M_C = \mu (27,35 - 3,71) = -2618 \times 23,65 = -62000 \text{ Kg m.}$$

$$M'_{D_1} = \frac{1}{2} \cdot 2618 \cdot 22,50 + \frac{1}{22,50} \cdot (100080 - 62000) = + 31090 \text{ Kg f.}$$

~~Efforts tranchants~~



## C CONVOI ROUTIER

Coefficient de Majoration Dynamique

Charges permanentes.

- Travées extrêmes 165 500 Kg.
- Travée Centrale 248 000 Kg.

Surcharges

- Travées extrêmes | Chaussée = 108 000
- Trottoirs  $2 \times 1,5 \times 15 \times 400 =$  18 000

- Travée Centrale  
Chaussée = 120 000
- Trottoirs  $2 \times 1,5 \times 22,5 \times 400 =$  27 000

Total 126 000 Kg.  
120 000  
27 000  
147 000 Kg.

Total

Coefficient de Majoration dynamique.

- Travées extrêmes
- Travée Centrale

1,19
1,17

Calcul des  $M^e$ s Flechissants.

$$J_p = 0,0271 \quad z = \frac{L^3 J_c}{8^3 J_p}$$

$$J_c = 0,0120$$

$$z = \begin{matrix} 1^{ere} \text{ Travée} & : & 9,9 & \approx & \boxed{10} \\ 2^{eme} & & 33,4 & \approx & \boxed{33} \end{matrix}$$

Calcul des Differents P

Poutre n°1 (voir Dessin ci-joint)

$$P_z = 10 \quad \begin{matrix} a = 0,718 \\ b = 0,375 \\ c = 0,308 \\ d = 0,1 \end{matrix}$$

$$P = 6000 (a+b+c+d) = 9000$$

$$P_{z=10} = 9000 \times 1,19 = \boxed{10700 \text{ Kg}}$$

$$P_z = 33 \quad \begin{matrix} a = 0,66 \\ b = 0,40 \\ c = 0,34 \\ d = 0,12 \end{matrix}$$

$$P = 6000 (a+b+c+d) = 9100$$

$$P_{z=33} = 9100 \times 1,17 = \boxed{10650 \text{ Kg}}$$

$$P_z = \infty \quad \begin{matrix} a = 0,644 \\ b = 0,42 \\ c = 0,353 \\ d = 0,138 \end{matrix}$$

$$P = 6000 (a+b+c+d) = 9440 \text{ Kg.}$$

$$P_{z=\infty} \quad 1^{ere} \text{ Travée et } 3^{eme} \quad \boxed{11220 \text{ Kg}}$$

$$P_{z=\infty} \quad 2^{eme} \text{ Travée} \quad \boxed{12040 \text{ Kg}}$$



Poutre n° 2.

$$P_{z=10} \quad \begin{aligned} a &= 0,35 \\ b &= 0,339 \\ c &= 0,245 \\ d &= 0,3631. \end{aligned}$$

$$P = 6000 (a+b+c+d) \approx 7800 \text{ kg.}$$

$$P_{z=10} = 7800 \times 1,19 = \boxed{9350 \text{ kg}}$$

$$P_{z=33} \quad \begin{aligned} a &= 0,364 \\ b &= 0,32 \\ c &= 0,224 \\ d &= 0,324 \end{aligned}$$

$$P = 6000 (a+b+c+d) = 7360 \text{ kg.}$$

$$P_{z=33} = 7360 \times 1,17 = \boxed{8640 \text{ kg.}}$$

$$P_{z=\infty} \quad \begin{aligned} a &= 0,375 \\ b &= 0,282 \\ c &= 0,206 \\ d &= 0,3 \end{aligned}$$

$$P = 600 (a+b+c+d) = 6940 \text{ kg.}$$

$$P_{z=\infty} \text{ 1}^{\text{re}} \text{ et } 3^{\text{me}} \text{ Travées} = \boxed{8300 \text{ kg.}}$$

$$P_{z=\infty} \text{ 2}^{\text{me}} \text{ Travée} = \boxed{8150 \text{ kg.}}$$

Moment. Flechissant sur les appuis intermédiaires.

M < 0 (1<sup>re</sup> et 2<sup>me</sup> Travées chargées)

$$\begin{aligned} \text{Poutre n° 1.} \quad & \left\{ \begin{array}{l} \text{Charge sur la 1}^{\text{re}} \text{ Travée.} \\ M'_2 = - \left[ (1,26 + 1,168) P_1 + 0,833 \frac{P_1}{2} \right] = -2,876 \times 10700 = -30800 \\ \text{Charge sur la 2}^{\text{me}} \text{ Travée.} \\ M''_2 = - \left[ (2,108 + 2,003) P_2 + 1,718 \frac{P_2}{2} \right] = -4,87 \times 10650 = -51800 \\ M_2 = - (30800 + 51800) = \boxed{-82600 \text{ Kgm.}} \end{array} \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Poutre n° 2} \quad & \left\{ \begin{array}{l} M'_2 = -2,876 \times 9350 = -26820 \\ M''_2 = -4,87 \times 8640 = -42000 \\ M_2 = - (42000 + 26820) = \boxed{-68820 \text{ Kgm.}} \end{array} \right. \end{aligned}$$

M > 0 (3<sup>ème</sup> Travée chargée)

$$\text{Poutre n° 1} \quad \left\{ \begin{array}{l} M'''_2 = + \left[ (0,378 + 0,352) P_3 + 0,278 \frac{P_3}{2} \right] = 0,869 \times 11200 = \boxed{+9750 \text{ Kgm.}} \end{array} \right.$$

$$\text{Poutre n° 2} \quad \left\{ \begin{array}{l} M'''_2 = 0,869 \times 8300 = \boxed{+7240 \text{ Kgm.}} \end{array} \right.$$



2) Moment flechissant dans la Section  $0,4l_1$  et  $0,6l_3$ .

$M > 0$  (1<sup>ère</sup> et 3<sup>ème</sup> Travées chargées)

$$\text{Poutre n°1: } M_{x_1} = \left[ (3,16 + 2,448) \cdot 10700 + \frac{0,77}{2} \times 10700 \right] + \left[ (0,142 + 0,15) \cdot 11220 + \frac{0,76}{2} \cdot 11220 \right]$$

$$M_{x_1} = \boxed{+ 67700 \text{ kgm}}$$

$$\text{Poutre n°2: } M_{x_1} = (5,983 \times 9350) + (0,330 + 8300) = \boxed{+ 58640 \text{ kgm}}$$

$M < 0$  (2<sup>ème</sup> travée chargée).

$$\text{Poutre n°1: } M'_{x_1} = -(0,844 + 0,827 + 0,313 + 0,199) \cdot 11040 - \frac{11040}{2} (0,5 + 0,657) =$$

$$M'_{x_1} = -2,462 \times 11040 = \boxed{- 27200 \text{ kgm}}$$

$$\text{Poutre n°2: } M'_{x_1} = -2,462 \times 8150 = \boxed{- 21000 \text{ kgm}}$$

Moment dans la Section  $x_2 = 0,5l_2$

$M > 0$  (2<sup>ème</sup> travée chargée).

$$\text{Poutre n°1: } M_{x_2} = (3,668 + 2,969 + 0,421 + 0,140) \cdot 10650 + (1,715 + 1,334) \cdot 10650$$

$$M_{x_2} = 8,613 \times 10650 = \boxed{+ 90180 \text{ kgm}}$$

$$\text{Poutre n°2: } M_{x_2} = 8,613 \times 8640 = \boxed{+ 74400 \text{ kgm}}$$

$M < 0$  (1<sup>ère</sup> et 3<sup>ème</sup> Travées chargées).

$$\text{Poutre n°1: } M'_{x_2} = -2 \left[ (0,436 + 0,4) \cdot 11220 + \frac{0,312}{2} \cdot 11220 \right]$$

$$M'_{x_2} = -1,984 \times 11220 = \boxed{- 22240 \text{ kgm}}$$

$$\text{Poutre n°2: } M'_{x_2} = -1,984 \times 8300 = \boxed{- 16480 \text{ kgm}}$$

FORTS TRANCHANTS.

a) Effort tranchant sur les appuis extrêmes.

$$\text{Poutre n°1: } T_a = + (1 + 0,8784 + 0,2220 + 0,1371) \cdot 10700 + \frac{0,5226}{2} \cdot 10700 - \frac{0,0436}{2} \cdot 11040$$

$$= (2,4988 \times 10700) - (0,0218 \times 11040) = \boxed{+ 26506 \text{ kgf}}$$

$$\text{Poutre n°2: } T_a = (2,4988 \times 9350) - (0,0218 \times 8150) = \boxed{+ 23212 \text{ kgf}}$$



b) Effort tranchant sur les appuis intermédiaires.

Poutre n°1.  $T_{bg} = - \left[ (1 + 0,9373 + 0,3596 + 0,2417) + \frac{0,6838}{2} \right] 10700$

$$T_{bg} = - 2,8805 \times 10700 = \boxed{-30800 \text{ kgf}}$$

Poutre n°2

$$T_{bg} = (-2,8805 \times 9350) = \boxed{-26950 \text{ kgf}}$$

Poutre n°1

$$T_{bd} = \left[ (1 + 0,95 + 0,54 + 0,46) + \frac{0,78 + 0,23}{2} \right] 3,45 \times 10650 = \boxed{+36800 \text{ kgf}}$$

Poutre n°2

$$T_{bd} = 0,3450 \times 86400 =$$

$$\boxed{+29800 \text{ kgf}}$$

### D: CONVOI MILITAIRE.

Coefficient de Majoration dynamique

Le Principe de calcul est celui des axes limités par les chenilles des Chars.

Charges Permanentes.

- Travées extrêmes 165 500 Kg.

- Travée centrale 248 000 kg.

Surcharges

- Travées extrêmes.

Surcharge uniforme:  $+175 \times 15 \times 2,5 =$

Trottoir

100 000  
6600  
18 000

124 400 Kg.

- Travée Centrale

Surcharge Uniforme  $+175 \times 2,5 \times 26,5$

Trottoirs

100 000  
9 500  
27 000

136900 kg.

Coefficient dynamique.

- Travées extrêmes

$\boxed{1,17}$

- Travée centrale

$\boxed{1,14}$



$$p_1 = \frac{1}{4} \times 400 \cdot 2 \times 1,5 + A_3 \times 1,75$$

$$p = (A_1 + A_2) \cdot 11,1$$

$$p_{\text{chaussée}} = \frac{100}{2 \times 1,5} = 11,1 \text{ t/m}^2$$

2) outre n° 1.

(voir dessin ci-joint).

$P_{z=10}$

$$p = \boxed{7800 \text{ kg}} \quad p_1 = \frac{1}{4} \times 400 \times 2 \times 1,5 = \boxed{350 \text{ kg}}$$

$P_{z=33}$

$$p = \boxed{8160 \text{ kg}} \quad p_1 = \boxed{342 \text{ kg}}$$

outre n° 2.

$$P_{z=10} : p = \boxed{8130 \text{ kg}} \quad p_1 = \boxed{420 \text{ kg}}$$

$$P_{z=33} : p = \boxed{7370 \text{ kg}} \quad p_1 = \boxed{414 \text{ kg}}$$

moments flechissants.

a) Moment sur les appuis intermediaires.

$$\underline{M < 0} \text{ (} p_1 \text{)} M = - \left[ (8160 \times 9,18) + (350 \times 11,28) + (342 \times 27,35) \right] = \boxed{-73500 \text{ kgm}}$$

$$\text{(poutre 2)} M = - \left[ (7370 \times 9,18) + (420 \times 11,28) + (414 \times 27,35) \right] = \boxed{-70000 \text{ kgm}}$$

$\underline{M > 0}$

$$\text{(Poutre 1)} M = + \left[ (350 \times 3,71) + (8700 \times 1,63) \right] / 1,2 = \boxed{+12900 \text{ kgm}}$$

$$\text{(Poutre 2)} M = + \left[ (424 \times 3,71) + (7230 \times 1,63) \right] / 1,2 = \boxed{+11100 \text{ kgm}}$$

b)  $M^{\text{ts}}$  dans la section  $0,4 l_1$  et  $0,6 l_2$ .

$$\underline{M > 0} \text{ (} p_1 \text{)} M = + \left[ (7800 \times 11,7) + 350(21,96 + 1,47) \right] / 1,2 = +83000 \text{ kgm}$$

$$\text{(} p_2 \text{)} M = + \left[ (8130 \times 11,7) + (420 \times 21,96) + 424(1,47) \right] / 1,2 = +87500 \text{ kgm}$$

$$\underline{M < 0} \text{ (} p_1 \text{)} M = - \left[ (8700 \times 3,7) + (342 \times 11,7) \right] / 1,2 = -29500 \text{ kgm}$$

$$\text{(} p_2 \text{)} M = - \left[ (7050 \times 3,7) + (413 \times 11,7) \right] / 1,2 = -25030 \text{ kgm}$$

c) Moments dans la section  $x_2 = 0,5 l_2$ .

$$\underline{M > 0} \text{ (Poutre 1): } M = + \left[ (8160 \times 14,13) + (342 \times 31,6) \right] / 1,2 = +105000 \text{ kgm}$$

$$\text{(Poutre 2)} M = + \left[ (7370 \times 14,13) + (414 \times 31,6) \right] / 1,2 = +97800 \text{ kgm}$$

$$\underline{M < 0} \text{ (poutre 1)} M = - \left[ (8700 \times 1,87) + (350 \times 2 \times 4,29) \right] / 1,2 = -16000 \text{ kgm}$$

$$\text{(poutre 2)} M = - \left[ (7230 \times 1,87) + (424 \times 2 \times 4,29) \right] / 1,2 = -14200 \text{ kgm}$$

resultats obtenus sont déjà divisés par 1,2 à cause des contraintes admissibles élevées de 20%



EFFORTS TRANCHANTS.a) Sur les appuis extremes

$$P_1: [(7800 \times 3,51) + 350(6,19 + 0,248)] / 1,2 = \boxed{+24600 \text{ kgf.}}$$

$$P_2: [(8130 \times 3,51) + (420 \times 6,19) + (424 \times 0,248)] / 1,2 = \boxed{+26000 \text{ kgf.}}$$

b) Sur les appuis intermediaires.

$$\text{Poutre 1: } T_{bg} = -[(7800 \times 3,551) + (350 \times 7,81) + (342 \times 1,325)] / 1,2 = \boxed{-25800 \text{ kgf.}}$$

$$\text{Poutre 2: } T_{bg} = -[(8130 \times 3,551) - (420 \times 7,91) + (414 \times 1,325)] / 1,2 = \boxed{-27200 \text{ kgf.}}$$

$$P_1: T_{bd} = +[(8160 \times 4,17) + (0,709 \times 350) + (342 \times 10,5)] / 1,2 = \boxed{+31600 \text{ kgf.}}$$

$$P_2: T_{bd} = +[(7130 \times 4,17) + (0,709 \times 424) + (414 \times 10,5)] / 1,2 = \boxed{+28600 \text{ kgf.}}$$

Remarque importante:

Après avoir calculé les moments flechissants on a remarqué que la hauteur des poutres était insuffisante pour supporter de tels moments d'où on a suggéré de mettre des tables de compression aux appuis intermediaires. Pour cela on doit calculer les nouveaux moments dus aux charges permanentes. On a  $P_{di} = 0,18 (3 \times 2,67 - 3 \times 0,35) \times 2,5 \times 1/4 = 787 \text{ kgf/m}$

$$M_{di} = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) \times 787$$

$A_1, A_2, A_3, A_4$  representent les aires limitées par les lignes d'influences aux appuis intermediaires et les verticales abaissées des extremités de la Table de Compression.

Nouveaux moments flechissants dus aux charges permanentes.appuis intermediaires

$$A_1 = -6,10.$$

$$A_2 = -11,60$$

$$A_3 = -6,10$$

$$A_4 = +2,10$$

Section 0,42<sub>1</sub> et 0,62<sub>3</sub>.

$$M_{di} = 787 \times (-21,7) = -17000 \text{ Kgm.}$$

$$M = \boxed{-90400 \text{ Kgm.}}$$

$$A_1 = +8,3$$

$$A_2 = -3,70$$

$$A_3 = -1,8$$

$$A_4 = +0,75$$

$$M_{di} = 787 \times (+3,55) = +2800 \text{ Kgm.}$$

$$M = \boxed{+25500 \text{ Kgm.}}$$



section  $0,5 l_2$ .

$$A_1 = -2,3$$

$$A_2 = +5,8$$

$$A_3 = +5,9$$

$$A_4 = -2,3$$

$$M_{di} = 787 \times (+7) = +5500 \text{ Kgm.}$$

$$M = \boxed{+54100 \text{ Kgm.}}$$

### FORTS TRANCHANTS.

Pour les efforts tranchants on operera de la même maniere que pour les moments flechissants.

L'effort tranchant dû aux charges permanentes sera.

- Appuis ~~extremes~~  $T_A = \boxed{+8400 \text{ Kgf.}}$

- Appuis 2.  $T_{2g} = \boxed{-20450 \text{ Kgf.}}$

$$T_{2d} = \boxed{+21600 \text{ Kgf.}}$$



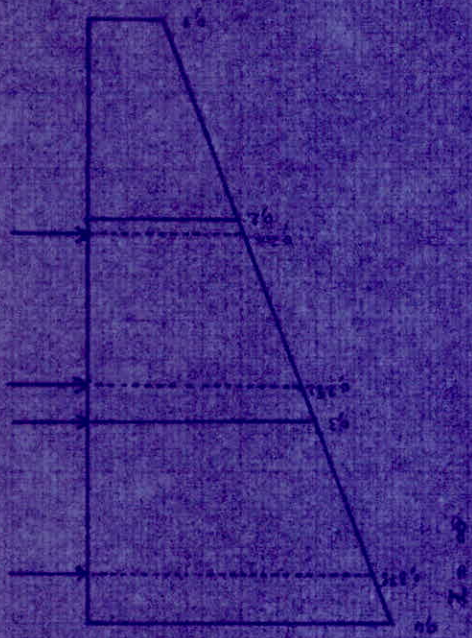
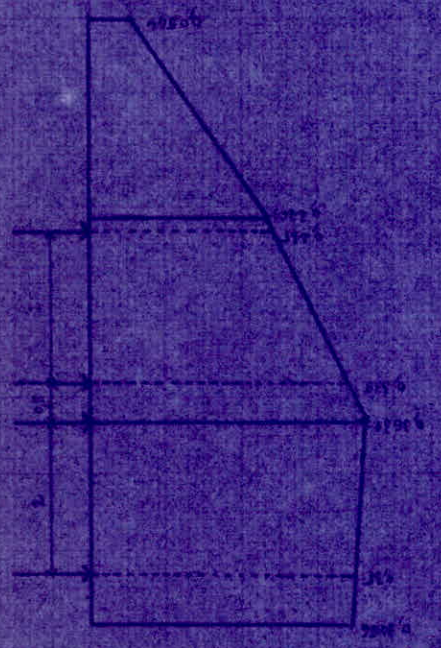




CONVOI ROUTIER

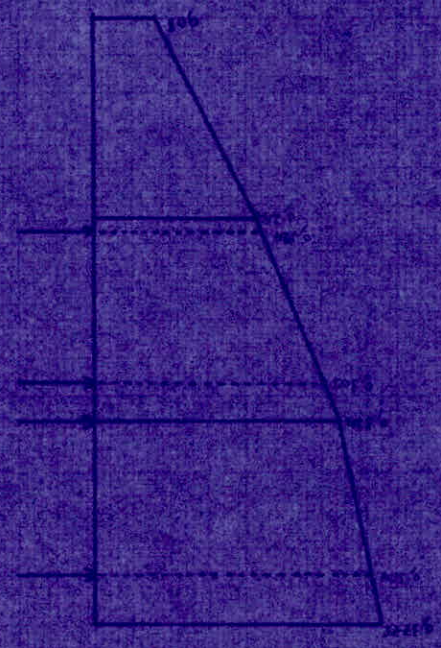
$X=10$

1<sup>ère</sup> Tranche

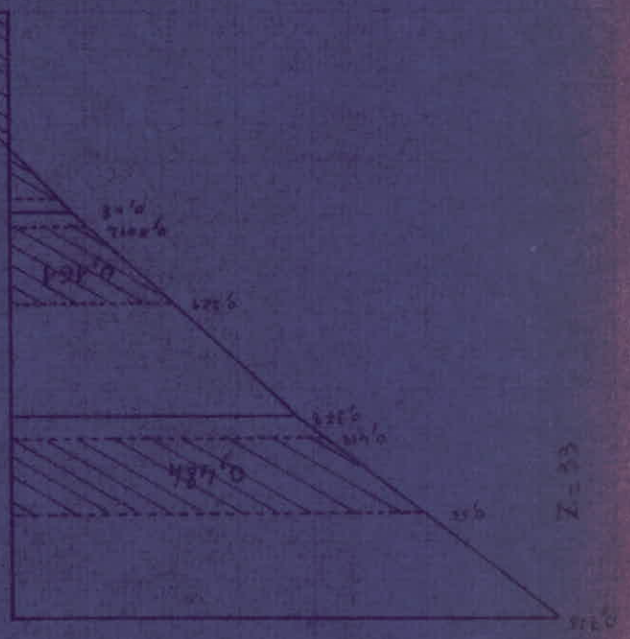
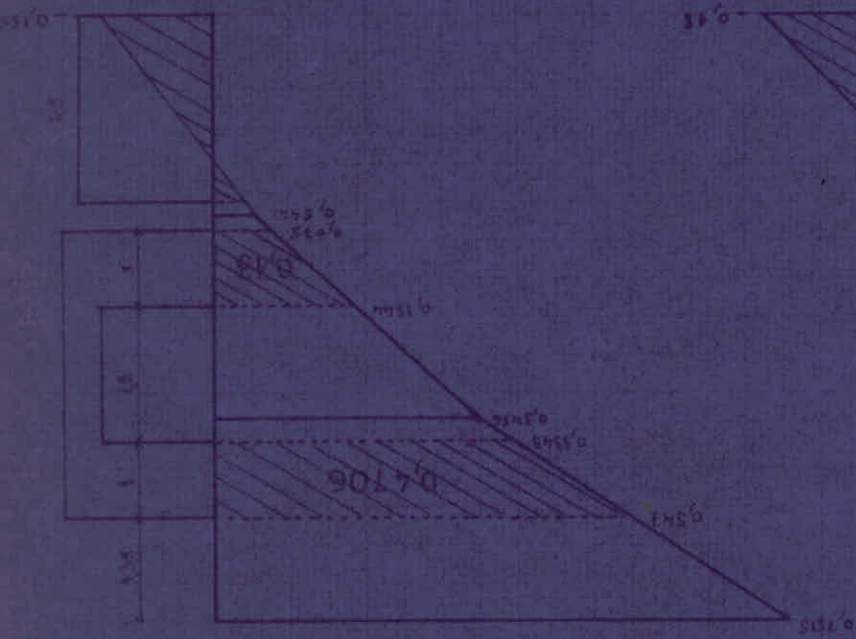
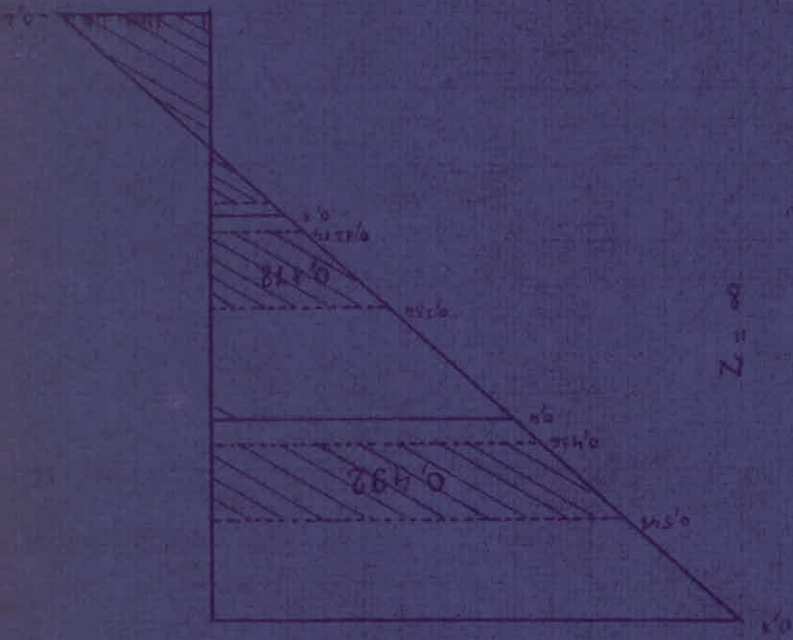


$X=33$

2<sup>ème</sup> Tranche







Z = 10

Z = 33



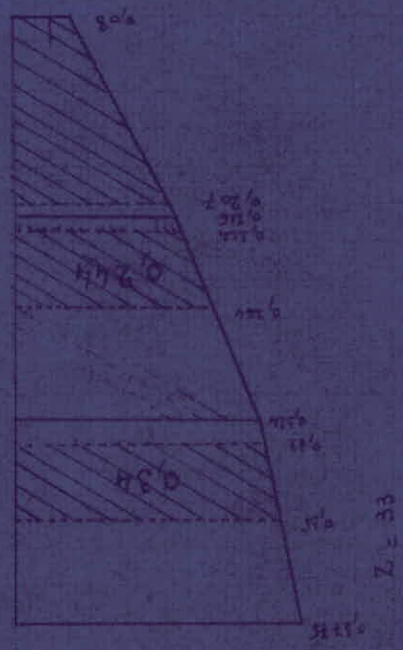
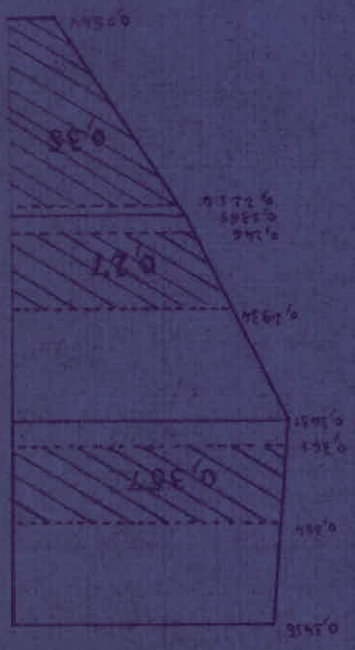
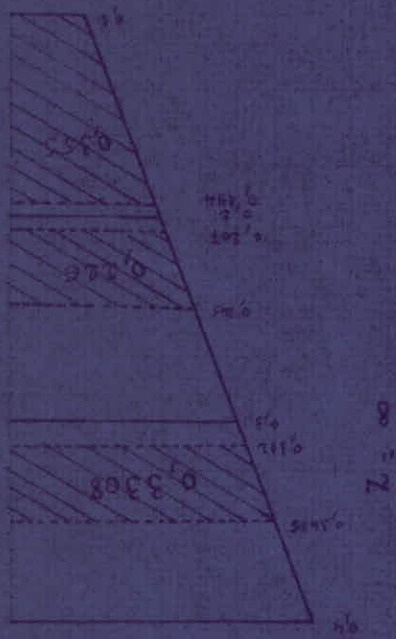




TABLEAU FINAL des M<sup>ts</sup> FLECHISSANTS.

Poutre n°1	Charges permanentes	max	min	Solicitation n°1		Solicitation n°2	
				S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
				max	min	max	min.
Appui int	-90400	+12900	-100080	-74900	-211400	-71050	-241500
1 <sup>re</sup> Travée	+25500	+93000	-37400	+125100 ±	-19400	+149900	-30600
2 <sup>de</sup> Travée	+54100	+105000	-25000	+180100	+24100	+211600	+16600
<hr/>							
Poutre n°2							
Appui int	-90400	+12780	-100080	-75100	-211400	-71200	-241500
1 <sup>re</sup> Travée	+25500	+97500	-37400	+130700	-19400	+156900	-30600
2 <sup>de</sup> Travée	+54100	+100100	-25000	+17200	+24100	+204300	+16500.



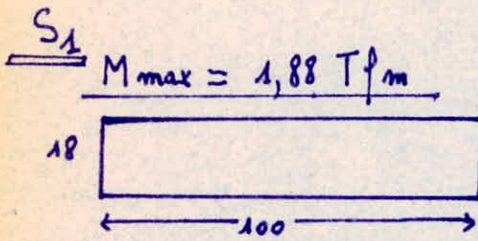
• TABLEAU FINAL des EFFORTS • TRANCHANTS

Poutre n°1	Charges permanentes	Max	min	Sollicitation $S_1$		Sollicitation $S_2$	
				max	min	max	min.
Appuis extrême	+8400	+26506	0	+40200	+7400	48150	+8400
Appuis inter à gauche	-20450	0	-30800	-20450	-57450	-20450	-66650
à droite	+21600	+36800	0	+65800	+21600	+76700	+21600
Poutre 2							
Appuis extrême	+8400	+26000	0	+39600	+8400	+47400	+8400
Appuis inter à gauche	-20450	0	-28480	-20450	-54650	-20450	-63200
à droite	+21600	+31090	0	+57750	+21600	+68200	+21600



## CALCUL des ARMATURES

### Console



$$\sigma'_a = 2800 \text{ kgf/cm}^2 \quad \sigma_{28} = 300 \quad h = 15,9 \text{ cm}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{5}{6} \times 1 \times 1 \times 0,6 \times 1 \times \sigma_{28} = 150 \text{ kgf/cm}^2$$

$$q = \frac{15,9}{\sqrt{1,88 \cdot 10^5 / 100}} = 0,358 \Rightarrow \sigma_b = 66 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow \gamma = 0,913$$

$$z = 0,913 \times 15,9 = 14,5 \text{ cm} \quad A' = 4,64 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$\boxed{5 \Phi 12 = 5,65 \text{ cm}^2 / \text{ml}}$$

S<sub>2</sub>

$M_{max} = 2,04 \text{ Tfm}$

$$\sigma'_a = 4200 \quad \sigma_{28} = 300$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{5}{6} \cdot 1 \times 1 \times 0,9 \times 1 \times \sigma_{28} = 225 \text{ kg/cm}^2$$

$$q = \frac{15,9}{\sqrt{2,04 \cdot 10^3}} = 0,352 \Rightarrow \sigma_b = 79 \text{ kg/cm}^2 \quad \gamma = 0,927$$

$$z = 0,927 \times 15,9 = 14,7 \text{ cm}$$

$$\boxed{A' = 3,32 \text{ cm}^2}$$

$$\boxed{3 \Phi 12 = 3,39 \text{ cm}^2 / \text{ml}}$$

## DALLE

S<sub>1</sub>

$M_{x,max} = 16,8 \text{ Tfm}$

$$\sigma'_a = 2800 \text{ kgf/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_b = 150 \text{ kgf/cm}^2 \quad h = 15,7 \text{ cm}$$

$$q = 0,121 \Rightarrow \sigma_b = 300 \text{ kgf/cm}^2$$

On fait travailler le béton à son maximum

$$\begin{cases} \alpha = 0,445 \\ \gamma = 0,851 \\ \rho = 0,197 \end{cases}$$

$$x = 0,445 \times 15,7 = 7 \text{ cm} \quad z = 0,85 \times 15,7 = 13,4 \text{ cm}$$

$$\text{Soit } M_2 = 7 \text{ Tfm}$$

$$\Delta M = 16,8 - 7 = 9,8 \text{ Tfm}$$

$$A'_1 = 18,7 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_a = 150 \times 15 \times \frac{4,7}{7} = 1510 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A'_2 = 26,2 \text{ cm}^2$$

$$A = 48,5 \text{ cm}^2$$

$$\boxed{A' = 44,9 \text{ cm}^2 \text{ soit } 23 \Phi 16 / \text{ml}}$$

$$\boxed{A = 48,5 \text{ cm}^2 \text{ soit } 25 \Phi 16 / \text{ml}}$$

Verification des contraintes

$$\begin{cases} \sigma_b = 132 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma'_a = 2450 \text{ kgf/cm}^2 \end{cases}$$



$$\underline{S_2} \quad M_{x \max} = 21 \text{ Tfm.}$$

$$\sigma'_a = 4200 \text{ kgf/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_b = 225 \text{ kg/cm}^2$$

$$q = 0,108$$

On fait travailler le béton à son maximum.

$$\alpha = 0,4508$$

$$x = 0,4508 \times 15,7 = 7,2 \text{ cm}$$

$$z = 0,85 \times 15,7 = 13,3 \text{ cm}$$

$$\gamma = 0,950$$

$$q = 0,153$$

$$\text{Soit } M_1 = 10,5 \text{ Tfm.}$$

$$\Delta M = 10,5 \text{ Tfm.}$$

$$A'_1 = 18,8 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_a = 225 \times 15 \times 4,9 = 2300 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A'_2 = 18,8 \text{ cm}^2$$

$$A = 34,7 \text{ cm}^2$$

$$A' = 37,6 \text{ cm}^2 \text{ soit } 19 \Phi 16/\text{ml}$$

$$A = 34,7 \text{ cm}^2 \text{ soit } 18 \Phi 16/\text{ml}$$

$$\underline{S_1} \quad M_{x \min} = 11,5 \text{ Tfm.}$$

$$\sigma'_a = 2800 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b = 150 \text{ kgf/cm}^2$$

$$q = 0,146 \Rightarrow$$

$$\sigma_b = 215 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Soit } \sigma_b = 150 \text{ kgf/cm}^2$$

$$x = 7 \text{ cm}$$

$$z = 13,4 \text{ cm.}$$

$$M_1 = 7 \text{ Tfm.}$$

$$\Delta M = 4,5 \text{ Tfm.}$$

$$A'_1 = 18,7 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_a = 1510 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A'_2 = 12 \text{ cm}^2$$

$$A = 22,3 \text{ cm}^2.$$

$$A' = 30,7 \text{ cm}^2 \text{ soit } 16 \Phi 16/\text{ml}$$

$$A = 22,3 \text{ cm}^2 \text{ soit } 12 \Phi 16/\text{ml}$$

Verification des contraintes :  $\sigma_b = 110 \text{ kgf/cm}^2$ ;  $\sigma'_a = 2000 \text{ kgf/cm}^2$

$$\underline{S_2} \quad M_{x \min} = 14,4 \text{ Tfm.}$$

$$\sigma'_a = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b = 225 \text{ kgf/cm}^2$$

On fait travailler le béton à son maximum.

$$x = 7,2 \text{ cm}$$

$$z = 13,3 \text{ cm.}$$

$$M_1 = 10,5 \text{ Tfm}$$

$$\Delta M = 3,9 \text{ Tfm.}$$

$$A'_1 = 18,8 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_a = 2300 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A'_2 = 7 \text{ cm}^2$$

$$A = 12,5 \text{ cm}^2$$

$$A' = 25,8 \text{ cm}^2 \text{ soit } 13 \Phi 16/\text{ml}$$

$$A = 12,7 \text{ cm}^2 \text{ soit } 7 \Phi 16/\text{ml}$$



S<sub>1</sub>

$$M_{y \text{ min}} = 9,25 \text{ Tfm}$$

$$\sigma'_a = 2800 \quad \bar{\sigma}_b = 150 \quad h = 15,7 \text{ cm}$$

On fait travailler le béton à son maximum.  
 $q = 0,163 \Rightarrow \sigma_b = 182 \text{ kgf/cm}^2$   
 $x = 7 \text{ cm} \quad z = 13,4 \text{ cm}$

$$M_1 = 7 \text{ Tfm} \quad \Delta M = 2,25 \text{ Tfm}$$

$$A'_1 = 18,7 \text{ cm}^2 \quad \sigma_a = 1510 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A'_2 = 6 \text{ cm}^2 \quad A = 11,15 \text{ cm}^2$$

$$A' = 24,7 \text{ cm}^2 \text{ soit } 13 \Phi 16 / \text{ml}$$

$$A = 11,15 \text{ cm}^2 \text{ soit } 6 \Phi 16 / \text{ml}$$

Verification des Contraintes:  $\sigma_b = 146 \text{ kgf/cm}^2 \quad \sigma'_a = 2860 \text{ kgf/cm}^2$

S<sub>2</sub>

$$M_{y \text{ min}} = 11,55 \text{ Tfm}$$

$$\sigma'_a = 4200 \text{ kgf/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_b = 225 \text{ kgf/cm}^2$$

On fait travailler le béton à son maximum.  
 $q = 0,145 \Rightarrow \sigma_b = 240 \text{ kgf/cm}^2$   
 $x = 7,2 \text{ cm} \quad z = 13,3 \text{ cm}$

$$M_1 = 10,5 \text{ Tfm} \quad \Delta M = 1,05 \text{ Tfm}$$

$$A'_1 = 19,8 \text{ cm}^2 \quad \sigma_a = 2300 \text{ kgf/cm}^2$$

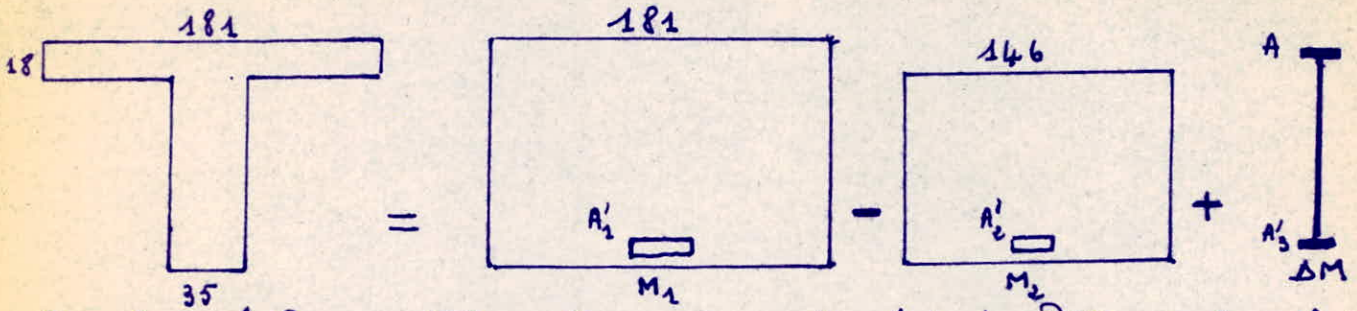
$$A'_2 = 1,88 \text{ cm}^2 \quad A = 3,47 \text{ cm}^2$$

$$A' = 20,68 \text{ cm}^2 \text{ soit } 11 \Phi 16 / \text{ml}$$

$$A = 3,47 \text{ cm}^2 \text{ soit } 2 \Phi 16 / \text{ml}$$



## POUTRES



On calcule la Poutre en T en la ramenant à celui des Poutres rectangulaires dont le calcul est plus simple.

Poutre 1.

$S_1$   $M_{x \min} = -211,4 \text{ Tfm.}$   
Appuis intermédiaires.

$$\sigma'_a = 2800 \text{ kgf/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_b = 150 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{soit} \quad \sigma_b = 115 \text{ kgf/cm}^2 \quad \begin{cases} \alpha = 0,381 \\ \beta = 0,873 \\ \gamma = 0,229 \end{cases}$$

Soit  $h_1 = 66 \text{ cm.}$

$$\left. \begin{array}{l} M_1 = 151 \text{ Tfm.} \\ z = 57,5 \text{ cm.} \\ x = 25,2 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 94 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{115}{25,2} \times 7,2 \approx 33 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow \begin{cases} \eta = 0,66 \\ \delta = 0,950 \end{cases}$$

$h_2 = 48 \text{ cm.}$

$$\left. \begin{array}{l} M_2 = 7,6 \text{ Tfm.} \\ z = 45,6 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_2 = 6 \text{ cm}^2$$

$$\Delta M = M - (M_1 - M_2) = 68 \text{ Tfm.}$$

$$h - d = 66 - 9 = 57 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = 1110 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A = 108 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{9 \Phi 40 = 113,4 \text{ cm}^2}$$

$$A'_3 = 42,5 \text{ cm}^2$$

$$A' = 94 - 6 + 42,5 = 130,5 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{11 \Phi 40 = 138,5 \text{ cm}^2}$$

Verification des contraintes

$$\begin{cases} \sigma_b = 116 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma'_a = 2650 \text{ kgf/cm}^2 \end{cases}$$



1<sup>ère</sup> Travée  $M_{max} = 125,1 \text{ Tfm.}$  ici la largeur de la Table est de 267 cm

$$\underline{h_1 = 67 \text{ cm}} \quad \left. \begin{array}{l} M_1 = 228 \text{ Tfm.} \\ z = 58,5 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 139 \text{ cm}^2$$

$$x = 25,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = 34 \text{ kgf/cm}^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \rho = 0,65 \\ \gamma = 0,949 \end{array} \right.$$

$$\underline{h_2 = 49 \text{ cm}} \quad \left. \begin{array}{l} M_2 = 12,2 \text{ Tfm.} \\ z = 46,6 \text{ cm} \end{array} \right\} \Rightarrow A'_2 = 10,1 \text{ cm}^2$$

$$M_0 = 214,8 \text{ Tfm}$$

$$A'_0 = 128,9 \text{ cm}^2$$

$$A' = 128,9 \times \frac{125,1}{214,8} = 75,5 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{6 \Phi 40 = 75,5 \text{ cm}^2}$$

$$\boxed{M_{x \text{ min}} = -19,4 \text{ Tfm.}}$$

$$\underline{h_1 = 70 \text{ cm}} \quad \left. \begin{array}{l} M_1 = 250 \text{ Tfm.} \\ z = 61,2 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 146 \text{ cm}^2$$

$$x = 26,7 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = \frac{115}{26,7} \times 8,7 = 37,5 \text{ kgf/cm}^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \rho = 0,59 \\ \gamma = 0,944 \end{array} \right.$$

$$\underline{h_2 = 52 \text{ cm.}}$$

$$\left. \begin{array}{l} M_2 = 18 \\ z = 49 \end{array} \right\} A'_2 = 13,1 \text{ cm}^2$$

$$M_0 = 232 \text{ Tfm.}$$

$$A'_0 = 132,9 \text{ cm}^2$$

$$A' = 132,9 \times \frac{19,4}{232} = 11,1 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{1 \Phi 40 = 12,6 \text{ cm}^2}$$

Verification de Contraintes :  $\sigma_b = 72,5 \text{ kgf/cm}^2$

$$\sigma_a = 2730 \text{ kgf/cm}^2$$

2<sup>ème</sup> Travée :  $M_{x \text{ max}} = 180,1 \text{ Tfm.}$

$$\underline{h_1 = 66 \text{ cm.}} \quad \left. \begin{array}{l} M_1 = 222 \text{ Tfm.} \\ z = 57,5 \text{ cm} \\ x = 25,2 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 138 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{115}{25,2} \times 7,2 = 32,8 \approx 33 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \rho = 0,66 \\ \gamma = 0,950 \end{array} \right.$$

$$\underline{h_2 = 48 \text{ cm}} \quad \left. \begin{array}{l} M_2 = 12,3 \text{ Tfm.} \\ z = 45,6 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_2 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$M_0 = 209,7 \text{ Tfm.}$$

$$A'_0 = 128,4 \text{ cm}^2$$

$$A' = 128,4 \times \frac{180,1}{209,7} = 110 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{9 \Phi 40 = 113,5 \text{ cm}^2}$$



Verification des Contraintes

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_b = 103 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma'_a = 2680 \text{ kgf/cm}^2 \end{array} \right.$$

OUTRE N°2

Appuis intermediaires.

S<sub>1</sub>  $M_{\min} = -211,4 \text{ Tfm.}$

$$\sigma'_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_b = 150 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{soit } \sigma_b = 115 \text{ kgf/cm}^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0,381 \\ \gamma = 0,873 \\ \eta = 0,229 \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \underline{h_1 = 66 \text{ cm}} \\ M_1 = 222,3 \text{ Tfm.} \\ z = 57,5 \text{ cm} \\ x = 25,2 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 138 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{115}{25,2} \times 7,2 \approx 33 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \eta = 0,66 \\ \gamma = 0,950 \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} \underline{h_2 = 48 \text{ cm}} \\ M_2 = 12,3 \text{ Tfm.} \\ z = 45,6 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_2 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$M_0 = 210 \text{ Tfm.}$$

$$A'_0 = 128,4 \text{ cm}^2$$

$$A' = 128,4 \times \frac{211,4}{210} = 129 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{11 \Phi 40 = 138,5 \text{ cm}^2}$$

Verification des Contraintes:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_b = 108 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma'_a = 2730 \text{ kgf/cm}^2 \end{array} \right.$$

1<sup>ere</sup> Travée

$M = +130,7 \text{ Tfm.}$

$$\left. \begin{array}{l} \underline{h_1 = 67 \text{ cm}} \\ M_1 = 228 \text{ Tfm.} \\ z = 58,5 \text{ cm} \\ x = 25,2 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 139 \text{ cm}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \underline{h_2 = 49 \text{ cm}} \\ M_2 = 11,8 \text{ Tfm.} \\ z = 46,6 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_2 = 9,1 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = 34 \text{ kgf/cm}^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \eta = 0,65 \\ \gamma = 0,949 \end{array} \right.$$

$$M_0 = 216,2 \text{ Tfm.}$$

$$A'_0 = 129,9 \text{ cm}^2$$

$$A' = 129,9 \times \frac{130,7}{216,2} = 78,5 \rightarrow \boxed{7 \Phi 40 = 88 \text{ cm}^2}$$

$M = 19,4 \text{ Tfm.}$  Le calcul est fait Precedement

Verification des Contraintes

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_b = 77,5 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma'_a = 2520 \text{ kgf/cm}^2 \end{array} \right.$$



2<sup>ème</sup> Travée

$$M_{\text{max}} = 174,2 \text{ Tfm.}$$

$$\left. \begin{array}{l} h_1 = 66 \text{ cm} \\ M_1 = 222 \text{ Tfm.} \\ z = 57,5 \text{ cm.} \end{array} \right\} A'_1 = 138 \text{ cm}^2$$

$$x = 25,2 \text{ cm} \quad \sigma_c = 33 \rightarrow \begin{cases} \eta = 0,66 \\ \gamma = 0,950 \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} h_2 = 48 \text{ cm} \\ M_2 = 12,3 \text{ Tfm.} \\ z = 45,6 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_2 = 9,6 \text{ cm}^2$$

$$M_0 = 209,7 \text{ Tfm.}$$

$$A'_0 = 128,4 \text{ cm}^2 \quad A' = 128,4 \times \frac{174,2}{209,7} = 107 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{9 \Phi 40 = 113,5 \text{ cm}^2}$$

Verification des Contraintes:

$$\sigma_b = 103 \text{ kgf/cm}^2 ; \quad \sigma'_a = 2680 \text{ kgf/cm}^2$$

S<sub>2</sub>

Poutre n° 1.

Appuis intermédiaires

$$M_{\text{max}} = 241,5 \text{ Tfm}$$

$$\text{soit } \sigma'_a = 4200 \text{ kgf/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_b = 225 \text{ kgf/cm}^2 \quad \sigma_b = 200 \text{ kgf/cm}^2 \quad \begin{cases} \alpha = 0,4284 \\ \beta = 0,757 \\ \eta = 0,165 \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} h_1 = 66 \text{ cm} \\ M_1 = 242 \text{ Tfm.} \\ z = 56,5 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 102 \text{ cm}^2$$

$$x = 28,2 \text{ cm}$$

$$\sigma_c = 200 \cdot \frac{10,2}{28,2} = 72,5 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \eta = 0,381 \\ \gamma = 0,931 \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} h_2 = 48 \text{ cm} \\ M_2 = 18,4 \text{ Tfm.} \\ z = 44,7 \text{ cm.} \end{array} \right\} A'_2 = 9,8 \text{ cm}^2$$

$$A'_0 = 92,2 \text{ cm.}$$

$$M_0 = 223,6 \text{ Tfm.}$$

$$A' = 92,2 \times \frac{241,5}{223,6} \approx 100 \text{ cm}^2$$

$$\boxed{8 \Phi 40 = 101 \text{ cm}^2}$$

Verification des Contraintes:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_b = 212 \text{ kgf/cm}^2 \\ \sigma'_a = 4050 \text{ kgf/cm}^2 \end{array} \right\}$$



1<sup>re</sup> Travée

$$M_{max} = 149,9 \text{ Tfm.}$$

$$\text{Soit } \underline{h_1 = 67 \text{ cm.}} \quad \left. \begin{array}{l} M_1 = 440 \text{ Tfm.} \\ z = 57,4 \text{ cm} \\ x = 28,6 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 182,5 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = 74,3 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \gamma = 0,930 \\ \rho = 0,374. \end{cases}$$

$$\underline{h_2 = 49 \text{ cm.}} \quad \left. \begin{array}{l} M_2 = 40 \text{ Tfm.} \\ z = 45,5 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_2 = 20,9 \text{ cm}^2$$

$$A'_0 = 161,6 \text{ cm}^2$$

$$M_0 = 400 \text{ Tfm.}$$

$$A' = 151,6 \times \frac{149,9}{400} = 60,5 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{5 \Phi 40 = 63 \text{ cm}^2}$$

$$M_{min} = 30,6 \text{ Tfm.}$$

$$\underline{h_1 = 70 \text{ cm.}} \quad \left. \begin{array}{l} M_1 = 482 \text{ Tfm.} \\ z = 60,7 \text{ cm.} \\ x = 30 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 189 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = 80 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \rho = 0,349 \\ \gamma = 0,926. \end{cases}$$

$$\underline{h_2 = 52 \text{ cm}} \quad \left. \begin{array}{l} M_2 = 51,5 \text{ Tfm.} \\ z = 48 \text{ cm.} \end{array} \right\} A'_2 = 25,5 \text{ cm}^2$$

$$M_0 = 420,5 \text{ Tfm.}$$

$$A'_0 = 163,5 \text{ cm}^2$$

$$A' = 163,5 \times \frac{30,6}{420,5} = 11,9 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{1 \Phi 40 = 12,6 \text{ cm}^2}$$

Verification des Contraintes :  $\sigma_b = 93 \text{ kgf/cm}^2$   $\sigma'_a = 4050 \text{ kgf/cm}^2$

2<sup>me</sup> Travée :  $M_{xmax} = 211,6 \text{ Tfm.}$ 

$$\underline{h_1 = 66 \text{ cm.}} \quad \left. \begin{array}{l} M_1 = 425 \text{ Tfm.} \\ z = 56,5 \text{ cm.} \\ x = 28,2 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 180 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = 72,5 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \rho = 0,381 \\ \gamma = 0,931. \end{cases}$$

$$\underline{h_2 = 48 \text{ cm.}} \quad \left. \begin{array}{l} M_2 = 37 \text{ Tfm.} \\ z = 44,7 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_2 = 29 \text{ cm}^2$$

$$M_0 = 388 \text{ Tfm.}$$

$$A'_0 = 151 \text{ cm}^2$$

$$A' = 151 \times \frac{211,6}{388} = 83 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{7 \Phi 40 = 88 \text{ cm}^2}$$

Verification des Contraintes :  $\sigma_b = 126 \text{ kgf/cm}^2$  ;  $\sigma'_a = 4050 \text{ kgf/cm}^2$ .



## POULTRÉ 2

5<sub>2</sub>  
Appuis intermédiaires  $M = 241,5 \text{ Tfm.}$

$$\sigma'_a = 4200 \text{ kgf/cm}^2 \quad \sigma'_b = 225 \text{ kgf/cm}^2 \quad \delta_b = 200 \begin{cases} \alpha = 0,4284 \\ \gamma = 0,857 \\ \eta = 0,165 \end{cases}$$

$$h_1 = 66 \text{ cm.}$$

$$\left. \begin{array}{l} M_1 = 425 \text{ Tfm.} \\ z = 56,5 \text{ cm.} \\ z_2 = 28,2 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 180 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = 72,5 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \eta = 0,381 \\ \delta = 0,931. \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} h_2 = 48 \text{ cm.} \\ M_2 = 37 \text{ Tfm.} \\ z = 44,7 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_2 = 29 \text{ cm}^2$$

$$M_0 = 388 \text{ Tfm.}$$

$$A'_0 = 151 \text{ cm}^2$$

$$A' = 151 \times \frac{241,5}{388} = 96,5 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{8 \Phi 40 = 101 \text{ cm}^2}$$

Verification des Contraintes:  $\sigma_{12} = 145 \text{ kgf/cm}^2$ ;  $\sigma'_a = 4130 \text{ kgf/cm}^2$ .

1ere Travée.  $M = 156,9 \text{ Tfm.}$

$$\text{soit } h_1 = 67 \text{ cm.} \quad \left. \begin{array}{l} M_1 = 440 \text{ Tfm.} \\ z = 57,4 \text{ cm} \\ z_2 = 28,6 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 182,5 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = 74,3 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \delta = 0,930 \\ \eta = 0,374. \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} h_2 = 49 \text{ cm} \\ M_2 = 40 \text{ Tfm.} \\ z = 45,5 \text{ cm} \end{array} \right\} \rightarrow A'_2 = 20,3 \text{ cm}^2$$

$$A'_0 = 161,6 \text{ cm}^2.$$

$$M_0 = 400 \text{ Tfm.}$$

$$A' = 161,6 \times \frac{156,9}{400} = 63,5 \text{ cm}^2 \rightarrow \boxed{5 \Phi 40 = 63 \text{ cm}^2}$$

$M_{\min} = 30,6 \text{ Tfm.}$ : le calcul est fait précédemment.

Verification des contraintes:  $\sigma_b = 99 \text{ kgf/cm}^2$ .

$$\sigma'_a = 4050 \text{ kgf/cm}^2.$$



2<sup>ème</sup> Travée  $M_{max} = 204,3 \text{ Tfm}$

$$\left. \begin{array}{l} h_1 = 66 \text{ cm} \\ M_1 = 425 \text{ Tfm} \\ z = 56,5 \text{ cm} \\ x = 28,2 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 180 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = 72,5 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \rho = 0,381 \\ \gamma = 0,931 \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} h_2 = 49 \text{ cm} \\ M_2 = 37 \text{ Tfm} \\ z = 44,7 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_2 = 29 \text{ cm}^2$$

$$M_0 = 388 \text{ Tfm}$$

$$A'_0 = 151 \text{ cm}^2$$

$$A' = 151 \times \frac{204,3}{388} = 79,5 \text{ cm}^2 \rightarrow 7 \Phi 40 = 88 \text{ cm}^2$$

Verification des Contraintes:  $\begin{cases} \sigma_b = 126 \text{ kgf/cm}^2 \\ \tau_a = 4050 \text{ kgf/cm}^2 \end{cases}$

### CALCUL des ENTRETOISES.

$$M = 0,4 \times 211,4 = 84,56 \text{ Tfm}$$

On considère des entretoises rectangulaires (75-35)

$$\sigma'_a = 2800 \text{ kgf/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_b = 150 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{Soit } \sigma_b = 115 \text{ kgf/cm}^2 : \alpha = 0,381 ; \gamma = 0,873 ; \rho = 0,229$$

$$\left. \begin{array}{l} h_1 = 70 \text{ cm} \\ M_1 = 32,76 \text{ Tfm} \\ z = 61 \text{ cm} \\ x = 26,6 \text{ cm} \end{array} \right\} A'_1 = 19,2 \text{ cm}^2 \quad \Delta M = 51,80 \text{ Tfm}$$

$$\sigma_a = 15 \times 150 \times \frac{26,6 - 5}{26,6} = 1830 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A'_2 = \frac{51,8}{0,65 \times 2,8} = 28,4 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{51,8}{0,65 \times 1,83} = 43,5 \text{ cm}^2$$

Pour la commodité de la construction on prendra:  $A = A' = 10 \Phi 25$



## CALCUL des ARMATURES TRANSVERSALES

Poutre 1.

Appuis ~~intermédiaires~~ extrêmes :  $T = +40200 \text{ kgf}$ .  $z = \frac{7}{8}h = 57,8 \text{ cm}$ .

$$\tau_b = \frac{40200}{35 \times 57,8} = 19,9$$

$$\bar{\sigma}'_b = 0,3 \times 30 = 9 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\frac{\tau_b}{\bar{\sigma}'_b} = 2,22 \rightarrow \rho'_a = 0,67.$$

- Contrainte admissible des barres relevées

$$\bar{\sigma}'_l = 0,67 \times 4200 = 2810 \text{ kgf/cm}^2$$

- Contrainte admissible des cadres.

$$\bar{\sigma}'_{at} = 0,67 \times 2400 = 1610 \text{ kgf/cm}^2 \quad A'_c = 6,75 \text{ cm}^2$$

La barre relevée peut équilibrer.

$$T_\theta = \frac{A'_c \bar{\sigma}'_l}{\sqrt{2}} = 13400 \text{ kgf}$$

Les cadres sont prévus pour équilibrer un effort  $T_1$ .

$$T_1 = 40200 - 13400 = 26800 \text{ kgf}$$

$$t = \frac{6,75 \times 1610 \times 57,8}{26800} = 23,4 \rightarrow \boxed{25}$$

Appuis intermédiaires (à gauche) :  $T = -57450 \text{ kgf}$ .

$$\tau_b = 28,4 \quad \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}'_b} = 3,16 \rightarrow \rho'_a = 0,60$$

$$\bar{\sigma}'_l = 0,6 \times 4200 = 2520 \text{ kgf/cm}^2 \rightarrow A'_c = 1,225 \times 8 = 9 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_{at} = 0,6 \times 2400 = 1440 \text{ kgf/cm}^2$$

$$T_\theta = \frac{9 \times 2520}{1,414} = 16000 \text{ kgf}$$

$$T_1 = 57450 - 16000 = 41450 \text{ kgf}$$

$$t = \frac{9 \times 1440 \times 57,8}{41450} = 18,8 \simeq \boxed{20}$$



Appuis intermédiaires.

(à droite)

$$T = +65800 \text{ Kgf.}$$

$$J_b = \frac{65800}{35 \times 57,8} = 32,8 \quad \frac{J_b}{\sigma'_b} = 3,62 \rightarrow e'_a = 0,58$$

$$\sigma'_d = 0,58 \times 4200 = 2340 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\sigma'_{at} = 0,58 \times 2400 = 1340 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$T_b = \frac{9 \times 2340}{1,414} = 14900 \text{ Kgf.} \quad T_1 = 50900 \text{ Kgf.}$$

$$t = \frac{9 \times 1340 \times 57,8}{50900} = 13,8 \approx \boxed{16}$$

Poutre 2.

$$T = +39600 \text{ Kgf.}$$

$$J_b = \frac{39600}{35 \times 57,8} = 19,6 \quad \frac{J_b}{\sigma'_b} = 2,18 \rightarrow e'_a = 0,673.$$

$$\sigma'_d = 2820 \text{ Kgf/cm}^2 \quad \sigma'_{at} = 1615 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$T_b = \frac{6,75 \times 2820}{1,414} = 13450 \text{ Kgf.} \quad T_1 = 26150 \text{ Kgf.}$$

$$t = \frac{6,75 \times 1615 \times 57,8}{26150} = 24,1 \approx \boxed{25}$$

Gauche :  $T = -54650 \text{ Kgf.}$ 

$$J_b = 27,1 \quad \frac{J_b}{\sigma'_b} = 3,01 \rightarrow e'_a = 0,607$$

$$\sigma'_d = 2550 \text{ Kgf/cm}^2 \quad \sigma'_{at} = 1458 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$T_b = \frac{9 \times 2550}{1,414} = 16200 \text{ Kgf.} \quad T_1 = 38450 \text{ Kgf.}$$

$$t = \frac{9 \times 1458 \times 57,8}{38450} = 19,7 \approx \boxed{20}$$

Droite :  $T = +57750 \text{ Kgf.}$ 

$$J_b = 28,6 \quad \frac{J_b}{\sigma'_b} = 3,18 \rightarrow e'_a = 0,598$$

$$\sigma'_d = 2510 \text{ Kgf/cm}^2 \quad \sigma'_{at} = 1435 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$T_b = \frac{9 \times 2510}{1,414} = 15950 \text{ Kgf.} \quad T_1 = 41800 \text{ Kgf.}$$

$$t = \frac{9 \times 1435 \times 57,8}{41800} = 17,9 \approx \boxed{20}$$



## ARMATURES TRANSVERSALES de l'Entretigeur.

$$\boxed{T = 26300 \text{ kgf.}}$$

$$z = \frac{7}{8} k = \frac{7}{8} \times 70 = 61,3 \text{ cm}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{26300}{35 \times 61,3} = 12,3$$

$$\frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_b} = \frac{12,3}{9} = 1,37 \longrightarrow \epsilon'_a = 0,783$$

$$\sigma'_d = 0,783 \times 4200 = 3290 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma'_{at} = 0,783 \times 2400 = 1880 \text{ kgf/cm}^2 \quad (A'_t = 0,518 = 4 \text{ cm}^2)$$

$$T_0 = \frac{4 \times 3290}{1,414} = 9300 \text{ kgf.} \quad T_1 = 26300 - 9300 = 17000 \text{ kgf.}$$

$$t = \frac{4 \times 1880 \times 61,3}{17000} = 27 \longrightarrow \boxed{+25}$$



## CUBATURE DU PONT

### Poids de la construction

$$\text{console} = 1,33 \text{ Tf}$$

$$\text{Dalle sur le trottoir} \quad 0,08 \times 1,33 \times \frac{1}{2} \times 2,5 = 0,133 \text{ Tf.}$$

$$\text{asphalte} \quad \text{'' - ''} \quad 0,02 \times 1,33 \times \frac{1}{2} \times 1,8 = 0,24 \text{ Tf.}$$

$$\text{Ligne de bordure} \quad 0,25 \times 0,19 \times 2,7 = 0,128 \text{ Tf.}$$

---


$$1,615 \text{ Tf.}$$

$$\times 2$$

---


$$= 3,230 \text{ Tf.}$$

$$\text{béton maigre sur la chaussée} \quad \frac{1}{2}(0,02 + 0,05) \times 7,5 \times 2,3 = 0,550 \text{ Tf.}$$

$$\text{isolation de la chaussée} \quad 0,01 \times 7,5 \times 1,8 = 0,135 \text{ Tf.}$$

$$\text{couche de protection de l'induit} \quad 0,02 \times 7,5 \times 2,3 = 0,345 \text{ Tf.}$$

$$\text{Asphalte} \quad 0,04 \times 7,5 \times 1,8 = 0,54 \text{ Tf.}$$

$$\text{p. Principales} \quad 4 \times 0,35 \times 0,57 \times 2,5 = 2 \text{ Tf.}$$

$$\text{dalle du pont} \quad 0,18 \times 7,5 \times 2,5 = 3,375 \text{ Tf.}$$

---


$$10,550 \text{ Tf/m l.}$$

$$\text{entretiens} : 8 \times 0,35 \times 0,57 \times 2,5 \times 7,5 = 30 \text{ Tf.}$$

Poids total du pont:

$$(52,5 \times 10,55) + 30 = 585 \text{ Tf}$$

### CUBATURE DU BA:

$$\frac{585}{2,5} = \underline{\underline{234 \text{ m}^3}}$$

### POIDS D'ACIER:



etuis

T<sub>40</sub>

$$L = 2940 \text{ m}$$

$$P = 1800 \text{ Kg.}$$

$$P = 30400 \text{ Kg.}$$

T<sub>25</sub>

$$L = 960 \text{ m}$$

$$P = 3940 \text{ Kg.}$$

T<sub>16</sub>

$$L = 25750 \text{ m}$$

$$P = 40600 \text{ Kg.}$$

T<sub>12</sub>

$$L = 950 \text{ m}$$

$$P = 835 \text{ Kg.}$$

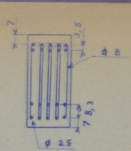
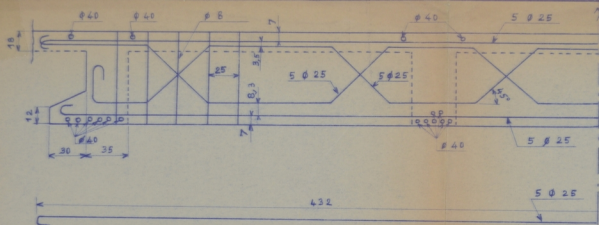
---


$$\text{Total} \simeq 78000 \text{ Kg} \simeq \underline{\underline{78T}}$$

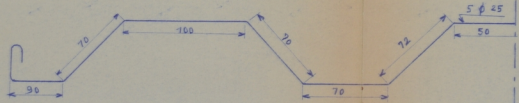
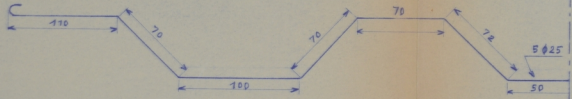
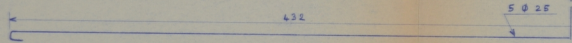








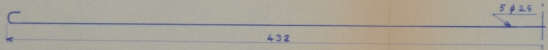
coupe transversale  
d'une entretoise



Les armatures du hourdis  
ne sont pas représentées

PB 00266

- 2 -



coupe longitudinale  
d'une entretoise

PONT A POUTRES CONTINUES		P: 3/4
ENTRETOISE		

Ech: 1/20<sup>ème</sup>

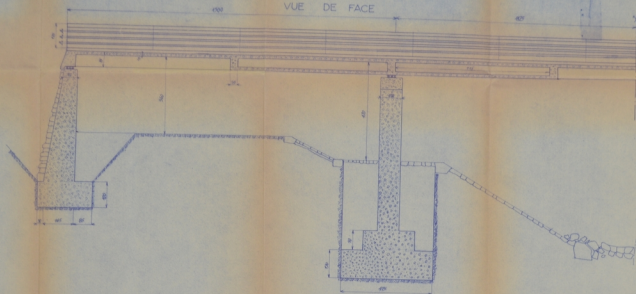
65/66





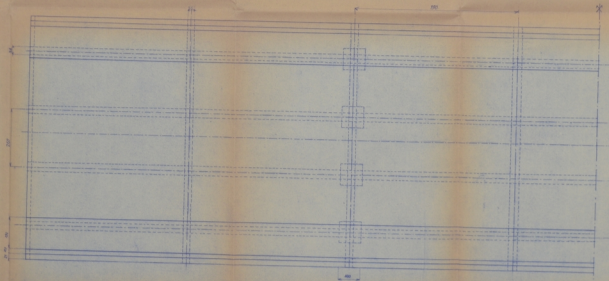


VUE DE FACE



VUE DE DESSUS

échelle 1/50



PB 0266

