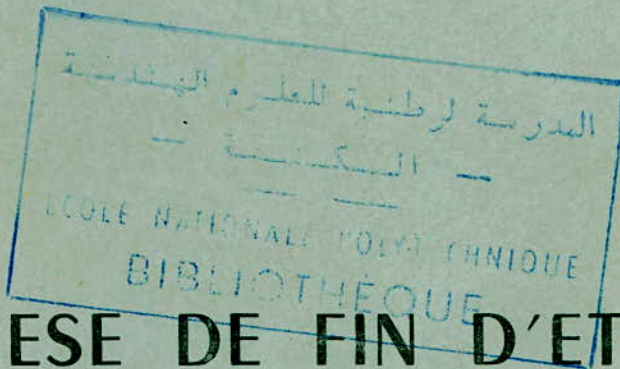


UNIVERSITE D'ALGER

2/77

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

LEX



## THESE DE FIN D'ETUDES

### Silos à Blé Capacité 1200 Tonnes



Proposé par :  
M. MAMANU

Etudié par :  
ABBAOUI Nourédine

ANNÉE UNIVERSITAIRE :  
JANVIER 1976 - 1977

UNIVERSITE D'ALGER

-----oOo-----

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDE

-----oOoOoOo-----

SILOS A BLE

capacité 1200 T

Proposé par

M. MOMENU

Etudié par

N. ABBAOUI

Sous la direction de

M. MOMENU

JANVIER 1977

Que Monsieur MOMANU, mon promoteur, dont les conseils m'ont été d'un grand secours pour l'élaboration de ce projet, les membres du Jury, ainsi que tous les professeurs qui ont contribué à ma formation, trouvent ici mes remerciements et ma profonde reconnaissance.

ABBAOUI. N.



- MEMOIRE JUSTIFICATION -

Le sujet qu'on se propose est un silos à blé en B.A de capacité 1200 Tonnes. Il est de forme rectangulaire, il a pour dimensions à la base 12,5 m et 8,5 m, sa hauteur est de 30 m. Il se compose de 5 cellules de dimensions chacune 4 x 4 et la 6<sup>ème</sup> cellule a été utilisé comme tour de manutentions qui est elle même formé de 2 cages pour **élévateurs** de dimensions 1,55 x 1,22 d'une cage d'ascenseur 0,9 x 1,22, d'une cage d'escaliers et de plusieurs niveaux servant pour les machines.

Mon niveau 0,00 c'est le niveau du terrain naturel.

Devant cette 6<sup>ème</sup> cellule, il existe une salle de 24 m<sup>2</sup> qui servira pour la partie bureau.

- Choix des dimensions : Je me suis fixé la côté d'une cellule carré à 4 m, on m'a imposé la capacité du silos 1200 T de blé j'ai déduit la hauteur du silos 30 m et 6 cellules.

Couvertures : l'épaisseur de la partie résistante est de 10 cm car c'est l'épaisseur optimale - Soucieux de l'économie de l'acier doux ( ronds lisses ). Pour le calcul de ces dalle j'ai considéré qu'elles sont des plaques appuyées sur les voiles avec diverses conditions à leurs appuis et j'ai appliqué les formules de MARIUS ( Timoschenko, plaque et Coque ).

- Tour de manutention : 2 élévateurs + 1 cages d'ascenseurs et cages d'escaliers verticalement il y a 5 niveaux, la hauteur d'étage est de 4,9 m pour 4 étages et 1<sup>er</sup> étage sa hauteur est de 4,40 m. Dans ces 5 étages on placera les machines qui serviront à pesé, séparé, laver, séché et pesé le blé pour qu'il pas dans les cellules.

- Les 2 cages pour les élévateurs situés de part et d'autre de la cage d'ascenseur.

- Ils sont formés par des voiles de 12 cm de puis le radier jusqu'à 29,3 m, ils sont en voiles contenues, il en est même pour la cage d'ascenseur. Ces 2 élévateurs et la cage d'ascenseur surpasse le niveau de la terrasse de 1,60 m où on placera les distributeurs de blé qui sont reliés par un dispositif de sécurité. Au niveau du radier ces 2 élévateurs reçoivent le canal de distribution du blé.



( II )

La cage d'escalier de dimension  $1,66 \times 4,00$ , entre étage il existe des paliers j'ai choisi de les placés de la façon qu'il sont sur le plan à cause de la symétrie.

Mes escaliers sont calculés à une surcharge utile de  $200 \text{ kg} / \text{m}^2$  parce que j'ai jugé que le flux à travers ces escaliers est très faible ( chef silos ), les marches reposent sur une seule poutre qui a son tour elle repose sur 2 voiles 5 et 6 de la tour de manutention. J'ai choisi une poutre au lieu d'une pailleasse car la plus économique ( dans ce cas ).

La tranche 27,7 à 25,6 est formée de poteaux et poutres les voiles n'y sont plus parce qu'on a décidé de faire une partie vitrée avec de petites cloisons en briques creuses.

Les cellules :  $4 \times 4$ , l'épaisseur des voiles de 12 cm, les voiles sont continues jusqu'au niveau du radier et on a évité de faire des poteaux parce qu'on a constaté que les anciens silos sur des piliers présentent des fissures ceci est due à des tassements différentiels des semelles qui sont les une plus chargées que les autres. Alors que les voiles seront chargés à peu près d'une façon ceux qui m'ont aussi obligé à opter pour la continuation du voile jusqu'au radier ceux sont les efforts horizontaux qui sont dues d'une part au vent et au séisme.

Certes on a calculé nos voiles extérieures au vent, pour cela on devait calculer la période d'oscillation du silos, je n'ai pas trouvé une formule dans les règlements propres pour les silos alors j'ai la formule des battements tour contreventé par voiles en B.A qui est dans le N. V 65 ,  $T = 0,51 \text{ s}$

Pour le séisme , je n'ai pas le règlement qui traite les silos, je crois que la continuation des voiles jusqu'au radier, elle se trouve amplement justifiée.

T remis : j'ai choisi leur inclinaison à  $45^\circ$  parce que c'est le cas le plus fréquent, l'épaisseur est 12 cm.

Pour le calcul j'ai partagé la trémie en 3 parties, la première partie je l'ai considérée comme anstrée à la ceinture du voile et les 2 autres comme des cadres. Ce qui me paraît le plus exact et le plus logique, autrement j'aurais pu calculer les faces de la trémie comme des dalles triangulaires ce qui n'est qu'une approximation.

( III )

On a constaté dans les anciens temps que lorsqu'on construit un silo neuf, au court de son chargement il ne présente aucun désordre, mais après son déchargement on a constaté dans la partie inférieure du silo des fissurs. Ces fissures sont dues à l'effet dynamique des grains quand ils se mettent à couler, ils provoquent une surpression dans les cellules et cette dernière se fait sentir sur les voiles par les fissures alors on a muni nos cellules de tubes métalliques de surpression. ( REIMBERT ) Au niveau du sol nos voiles extérieures présentent de grandes ouvertures qui représentent les portes  $3 \times 2$  ) qui permettent l'entrée des camion pour charger la matière ensilées. Nos ouvertures sont alors surmontées de poutres cloisons qui ont été calculés selon le règlement C.C.B.A 68. Au même niveau il y a des auvents pour protéger le blé qui est dans les benes des camions au cours de l'opération de chargement.

À partir des trémis on a augmenté de 12 cm à 15 cm l'épaisseur des voiles parcequ'ils sont très sollicités ( renversement due au vent, charge, verticale, séisme ). Avec ces voiles de 15 on arrive jusqu'à la fondation.

Vue la résistance (  $3,5 \text{ kg} / \text{cm}^2$  ) du sol qui est une résistance moyenne, la charge excessive du silos ( à vide 1800 T / chargé 300 T ) la section à la base du silos de  $100 \text{ m}^2$  environ on était obligé de choisir comme fondation un radier générale epais de 75 cm. Le radier générale a pour avantage de ramener la verticalité des voiles hauts des faux d'aplomb.

Pour le calcul j'ai considéré que le radier est une plaque appuyée sur les voiles et chargée par le sol sous le radier j'ai mis une couche de 10 cm de gros béton dosé à  $180 \text{ kg} / \text{m}^3$  pour repartir les charges uniformément sur le sol.

Bureaux : la partie bureau est séparée de la partie silos par un joint de séparation de 5 cm parceque ces 2 construction on des fonctions structurelles différentes la partie bureau ne fait pas partie de ce projet.



## Caractéristiques des matériaux utilisés

I Béton : le béton est dosé à  $350 \text{ kg} / \text{m}^3$  de ciment C.P.A de classe 250 / 325, le béton est contrôlé.

Grossier des grains  $C_g = 5 / 15 \text{ m}$

Résistance nominale à la compression  $\bar{\sigma}'_{28} \hat{=} 270 \text{ kg} / \text{cm}^2$

Résistance nominale à la traction  $\bar{\sigma}'_{28} = 7 + 0,06 \bar{\sigma}'_{28} =$

Contrainte admissible de compression:

$$\bar{\sigma}'_b = \alpha \beta \bar{\sigma}'_{28} = \alpha \beta \cdot 270$$

$\alpha = 1$  ciment C.P.A 250 / 325

$\beta = 1$  béton contrôlé

$$= 1 \text{ car } e_m = 0,8 \text{ cm} \quad , \quad 4 C_g = 4 \times 1,5 = 6 \text{ cm}$$

$$\delta_1 = 0,3 \text{ Compression simple}$$

$$\delta_2 = 0,6 \text{ Flexion simple}$$

Pour les sollicitations pondérées du 2<sup>or</sup> genre on doit multiplier ces contraintes par 1,5.

( C.C.B.A 68 , 9,47 page 13 )

$$\epsilon_1 = 1 \text{ Compression simple}$$

$0,5 < \epsilon < 1$  dans les autres cas avec  $\bar{\sigma}'_m < \bar{\sigma}'_{bo}$

### Contrainte admissible de compression

$$\bar{\sigma}'_{bo} = 1 \times 0,3 \times 270 = 81 \text{ bars S.P. I.}$$

$$\bar{\sigma}'_{bo} = 1 \times 0,3 \times 270 \times 1,5 = 121,5 \text{ bars S.P. II.}$$

### Contrainte de traction de référence

$$\bar{\sigma}'_b = \alpha \times \beta \cdot \bar{\sigma}'_{28} \times \bar{\sigma}'_{28}$$

$$\text{avec } \bar{\sigma}'_{28} = 0,018 + \frac{2,1}{\bar{\sigma}'_{28}}$$

$$\bar{\sigma}'_b = 7 \text{ bars sous S.P. I}$$

$$\bar{\sigma}'_b = 1,5 \times 7 \hat{=} 10,5 \text{ S.P. II}$$

## II Aciers

- Aciers doux ( ronds lisses ) pour les dalles de nuance F e E 24

Contrainte limite d'élasticité nominale  $e_n = 2400 \text{ kg} / \text{cm}^2$



$$\bar{\sigma}_a = 1600 \text{ kg / cm}^2 \text{ S. P. I}$$

$$\bar{\sigma}_a = 2400 \text{ kg / cm}^2 \text{ S. P. II}$$

- Acier. à haute adhérence ( H. A. ) de nuance F E E 40

$$\phi \leq 20 \Rightarrow \bar{\sigma}_{en} = 4200 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{sous S. P. I} \Rightarrow \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{sous S. P. II} \Rightarrow \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg / cm}^2$$

### III Compatibilité avec le béton : C. C. B. A. 68

art 18 page 23

Ces aciers peuvent être utilisés si :

$$\bar{\sigma}_{bo} > 20 ( 1 + 1,25 \gamma_d )$$

$$\gamma_d = \frac{1,5}{\sqrt{2}} \eta_d$$

$$\eta_d = \sqrt{2} \text{ valeur du coefficient de scellement}$$

C. C. B. A. 68 art. 29 page 45

$$\text{d'où } \bar{\sigma}'_{bo} > 20 ( 1 + 1,25 \times 1,5 ) = 57,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \text{ c'est vérifié}$$

Remarque : il est à noter que les contraintes admissibles de l'acier qu'on vient de déterminer ne sont à retenir que si elles sont compatibles avec les conditions de la fissuration C. C. B. A. 68 art. 49. 22 page 89

Valeur max de la contrainte de l'acier

$$\begin{array}{l} \bar{\sigma}_a \\ \text{max} \\ \sigma_{as} \end{array} \quad \begin{array}{l} \sigma_1 = k \frac{n}{\phi} \frac{\bar{\sigma}_f}{1 + 10 \bar{\sigma}_f} \\ \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k.n. \bar{\sigma}_b}{\phi}} \end{array}$$

// A LCUL DES POUSSEES LATERALES ET DES  
PRESSIONS A TOUS LES NIVEAUX DUES A LA  
MATIERE ENSILEE



CHAPITRE 0,00

- SURCHARGES -

- CARACTERISTIQUES DU BLE -

$$\delta \text{ min.} = 730 \text{ Kg/m}^3$$

$$\delta \text{ max.} = 840 \text{ Kg/m}^3$$

$$\varphi \text{ min.} = \varphi' \text{ min.} = 21^\circ 30'$$

$$\varphi \text{ max.} = \varphi' \text{ max.} = 31^\circ$$

Ongle du talus naturel =  $25^\circ$

- CALCUL DES PRESSIONS LATERALES

$$r = \frac{S}{L} = \frac{16}{16} = 1 = \text{rayon hydraulique}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{\delta a}{4 \text{ tg } \varphi' \text{ min.}} = \frac{\delta \text{ min. } a}{4 \text{ tg } \varphi \text{ min.}} = \frac{730 \times 4}{4 \times 0,394} = 1852,8 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{tg } \varphi \text{ min.} = \text{tg } 21^\circ 30' = 0,394$$

Hauteur du cone de blé

$$h = \frac{a}{2} \text{ tg } \varphi = \frac{4}{2} \text{ tg } 25^\circ = 0,932$$

L'abscisse caractéristique

$$A = \frac{a}{\pi \text{ tg } \varphi' \text{ tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)} - \frac{h}{3}$$

- ABSCISSE CARACTERISTIQUE POUR LE CALCUL DE FORTES POUSSEES

$$\text{tg } 21^\circ 30' = 0,394$$

$$\text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{21^\circ 30'}{2} \right) = 0,462$$

$$\text{tg}^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{31^\circ}{2} \right) = 0,319$$

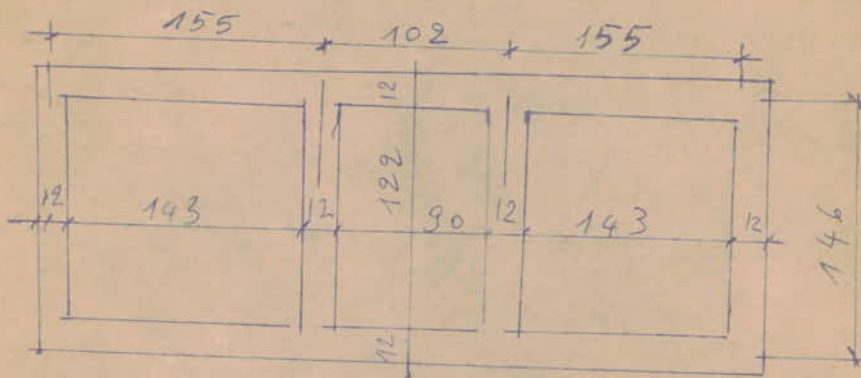
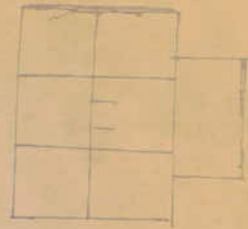
$$A_1 = \frac{4}{\pi \times 0,394 \times 0,462} - \frac{0,932}{3} = 6,69 \text{ m}$$

.../...



# TERRASSE

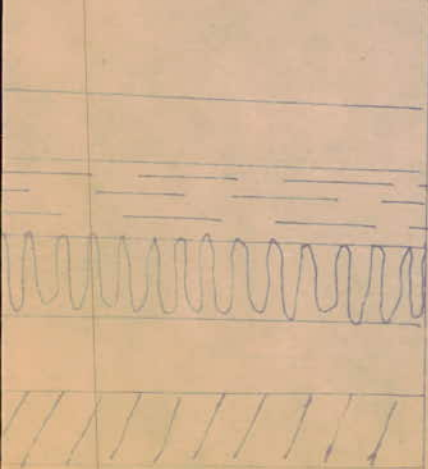
$\nabla + 29,3 \text{ m}$



birds mort

gravier

- Chappe de protection
- isolation hydrofuge
- beton de pente  $e = 4 \text{ cm}$
- dalle de 10cm



$$0,03 \times 1,00 \times 1,00 \times 1800 = 54 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

armée

$$0,02 \times 1,00 \times 1,00 \times 2200 = 44 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

isolation hydrofuge

$$50 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

de pente

$$0,04 \times 1,00 \times 1,00 \times 2200 = 88 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

alle

$$0,1 \times 1,00 \times 1,00 \times 2500 = 250 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

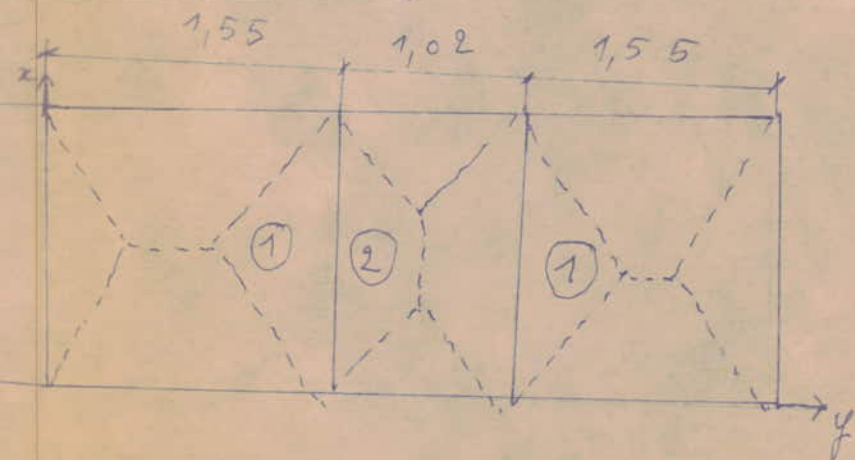
ge utile

$$q_m = 486 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

$$q_u = 100 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

$$q_T = q_m + q_u = 586 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

des sollicitations



$$q_m + 1,2 q_u = 0,486 + 1,2 \times 0,1 = 0,606 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2} = 606 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$$

plaque du genre 1

a) moments au centre de la plaque

$$b = 1,55 \text{ m}$$

$$a = 1,34 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{1,55}{1,34} = 1,16$$

$$M_x = \alpha q l^2 = 0,0266 \times 0,606 \times 1,34^2 = 28,9 \text{ kg.m/m}$$

$$M_y = \beta q l^2 = 0,02065 \times 0,606 \times 1,34^2 = 22,5 \text{ kg.m/}$$

Moment au milieu du bord fixe de la plaque.

$$M_x = \gamma q l^2 = -0,061 \times 0,606 \times 1,34^2 = -66,4 \text{ kg.m}$$

$$M_y = \delta q l^2 = -0,0546 \times 0,606 \times 1,34^2 = -59,4 \text{ kg.m}$$

Ferraillage:

1°) Dans le sens X

a) en travée:  $M_x = 28,9 \text{ kg.m}$

$$\mu = \frac{m M}{\sigma_a b h^2} = \frac{15 \cdot 2890}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,00524$$

$$k = 136,5 \text{ et } \xi = 0,9671$$

$$\sigma_b' = \frac{1470}{136,5} < \bar{\sigma}_b' = 137 \Rightarrow \text{pas d'aciers comprimés.}$$

$$A = \frac{M}{\sigma_a \cdot \xi \cdot h} = \frac{2890}{1470 \times 0,9671 \times 7,5} = 0,27 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

le diamètre de l'acier  $\phi \leq 8$  on mettra 2  $\phi 5$  par ml  
on mettra 2  $\phi 5$  espacé de 64,5 cm et d = 2,5 cm

b) sur l'appui  $M_x = -66,4 \text{ kg.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 6640}{1470 \cdot 100 \times 7,5^2} = 0,01204$$

$$k = 87,04 \text{ , } \xi = 0,9510$$

$$\sigma_b' = \frac{1470}{87,04} = 16,89 = 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{6640}{1470 \cdot 0,9510 \times 7,5} = 0,633 \text{ cm}^2 / \text{ml} \Rightarrow 4 \phi 5 \text{ par/ml.}$$

espacé de 43 cm

Effort tranchant

$$T = \Delta M + \frac{q l}{2} = 0,606 \times \frac{1,34}{2} = 406 \text{ kg}$$



$$z = \frac{7R}{8} = \frac{7}{8} \cdot 7,5 = 6,56 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = \frac{T}{b z} = \frac{406}{100 \times 6,56} = 0,62 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\sigma}_b = 5,9 \times 1,15 = 6,78 \text{ kg/cm}^2$$

2°) Ferrailage dans le sens

a°) en travée  $M_y = 22,5 \text{ kg.m}$

$$\mu = \frac{15 \cdot 2250}{1470 \cdot 100 \cdot 7,5^2} = 0,0008$$

$$k = 156,2, \quad \xi = 0,9708$$

$$A = \frac{2250}{1470 \times 0,9708 \times 7,5} = 0,22 \text{ cm}^2/\text{ml} \Rightarrow 2 \phi 5 / \text{ml} \text{ espacement } 64,5 \text{ cm}$$

b) sur Appuit  $M_y = 59,4 \text{ kg.m}$

$$\mu = \frac{15 \cdot 5940}{1470 \cdot 100 \cdot 7,5^2} = 0,01078 \quad K = 92,8$$

$$\xi = 0,9535$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

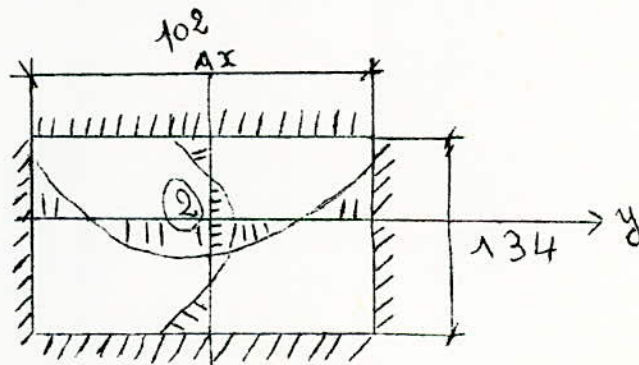
$$A = \frac{5940}{1470 \cdot 0,9535 \cdot 7,5} = 0,57 \text{ cm}^2/\text{ml} \Rightarrow 3 \phi 6 / \text{ml} \text{ espacé de } 43 \text{ cm.}$$

L'effort tranchant même étude que dans le sens de X.

$$T = 0,606 \cdot \frac{1,55}{2} = 469,65 \text{ kg} \quad \tau = \frac{T}{b z} = \frac{469,65}{100 \cdot 6,52} = 0,72 < 1,15 \bar{\tau}_b = 6,78$$

B) Plaque n° 2

1°) Sollicitation



## Moments au centre de la plaque

$$M_x = 0,0188 \times 0,606 \times 1,02^2 = 11,9 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 0,03165 \times 0,606 \times 1,02^2 = 20 \text{ kg.m}$$

## Moment au milieu du bord fixe de la plaque

$$M_x = -0,0564 \times 0,606 \times 1,02^2 = -35,6 \text{ kg.m}$$

$$M_y = -0,07 \times 0,606 \times 1,02^2 = -44,15 \text{ kg.m}$$

### 2°) Ferraillage

#### A) Dans le sens X

$$\alpha) \text{ en travée : } M_x = 11,9 \text{ kg.m}$$

$$\mu = \frac{15 \times 1190}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,00216$$

$$k = 218,6, \quad \varepsilon = 0,9785$$

$\sigma_b \bar{\sigma}_b$

$$A = \frac{1190}{1470 \cdot 0,9785 \cdot 7,5} = 0,11 \text{ cm}^2 \quad 1 \phi 5 / \text{ml}$$

$$B) \text{ sur appui } M_x = -35,6 \text{ kg.m}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot 3560}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,00646$$

$$k = 122,4 \quad \varepsilon = 0,9635$$

$$A = \frac{3560}{1470 \cdot 0,9635 \cdot 7,5} = 0,34 \text{ cm}^2 \quad 2 \phi 5 \text{ par ml}$$

#### 6) Effort tranchant

$$T = \frac{0,606 \times 1,34}{2} = 406 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{T}{b z} = \frac{406}{100 \cdot 6,56} = 0,62 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\sigma}_b$$

#### B) Dans le sens Y

$$\alpha) \text{ en travée } M_y = 20 \text{ kg.m}$$

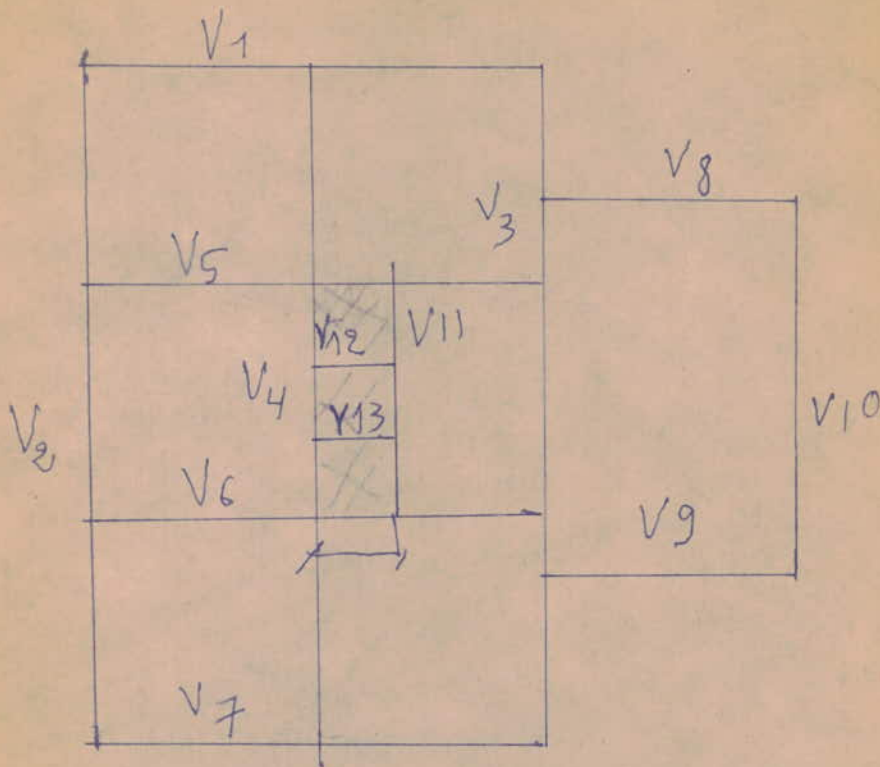
$$\mu = \frac{15 \times 2000}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,00361$$

# CHARGES REQUES PAR LES

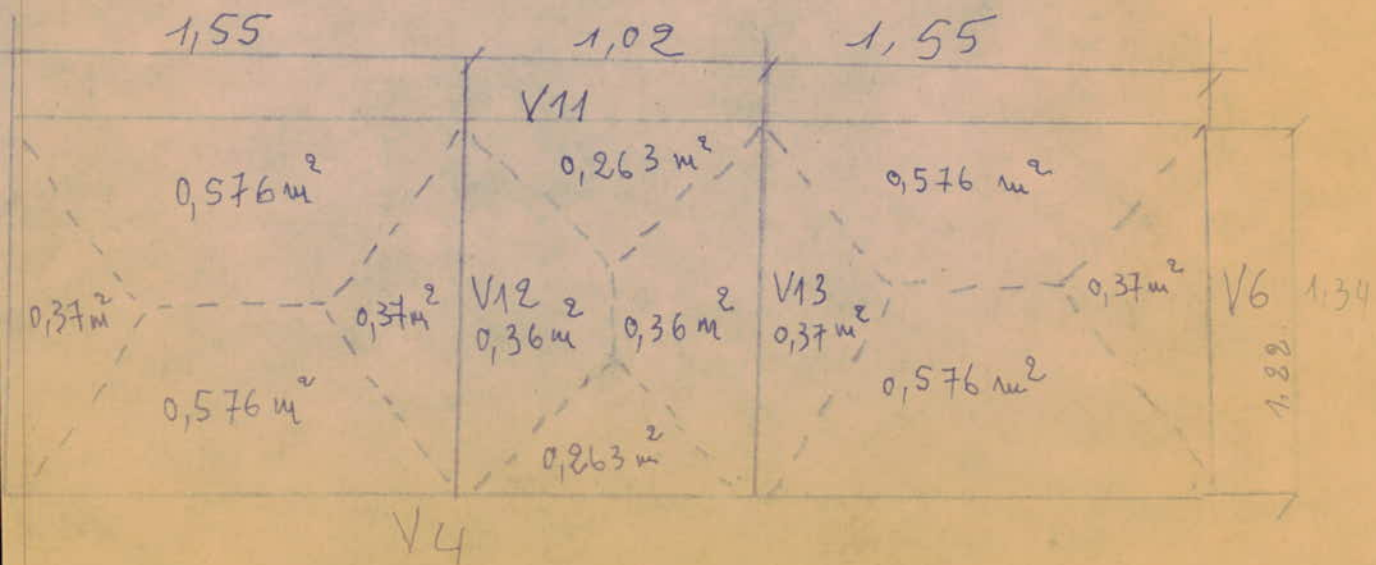
-14-

## VOILES

de mas.



mas de repartition des charges de la Terrasse <sup>cote</sup> 29,3





$$k = 156,2 \quad , \quad \epsilon = 0,9724$$

$$\bar{\sigma}'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{2000}{1470 \times 0,9724 \times 7,5} = 0,19 \text{ cm}^2 \Rightarrow 1 \phi 5 \text{ par ml}$$

B) sur appuit

$$M_y = - 44,13 \text{ kg.m}$$

$$\lambda = \frac{4413 \times 15}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,008$$

$$k = 108,8 \quad , \quad \epsilon = 0,9597$$

$$A = \frac{4413}{1470 \times 0,9597 \times 7,5} = 0,42 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 \phi 6 \text{ par ml}$$

Effort tranchant

$$T = \frac{0,606 \times 1,02}{2} = 309,06 \text{ kg}$$

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{309,6}{100 \times 6,56} = 0,47 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\sigma}_b$$

1,001 ) Charge reçue par les voiles V 4 et V 11

$$q = 0,586 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

$$S = 0,576 + 0,576 + 0,263 = 1,42 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{0,586 \times 1,42}{4,12} = 0,2 \text{ T/ml}$$

1,002 ) Charge reçue par les voiles V 5 et V 6

$$S = 0,37 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{0,586 \times 0,73}{1,22} = 0,35 \text{ T/ml}$$

1,004 ) Poids propre du mur sur une hauteur de 1,6 m

$$\text{Beton} \quad 0,12 \times 1,6 \times 2,5 = 0,48 \text{ t/ml}$$

$$\text{Mortier ( } e = 0,04 \text{ )} \quad 0,04 \times 1,8 \times 1,6 = 0,12 \text{ T/ml}$$

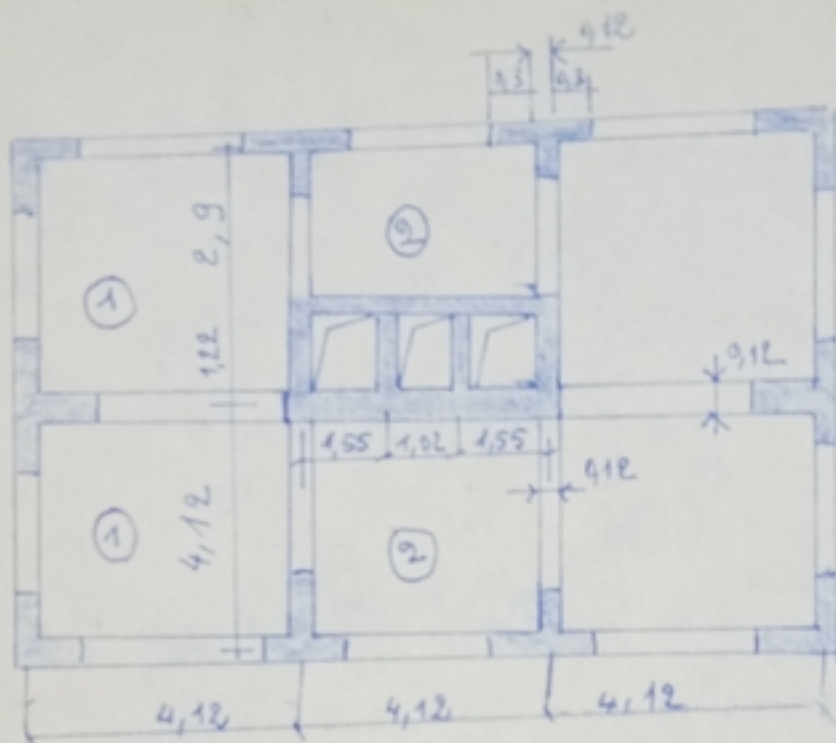
$$q \text{ T} = 0,6 \text{ T/ml}$$

1,005 ) Charge reçue par les voiles au V 27,7

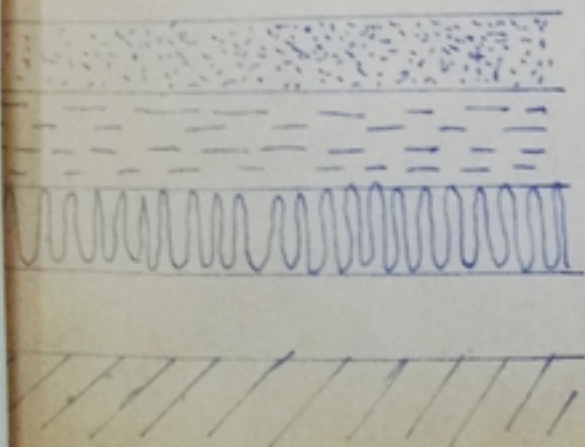
$$1,0051) \quad \underline{V 4 \text{ et } V 11}$$

$$q = 0,6 + 0,2 = 0,8 \text{ T/ml}$$

chapite 2,00 /

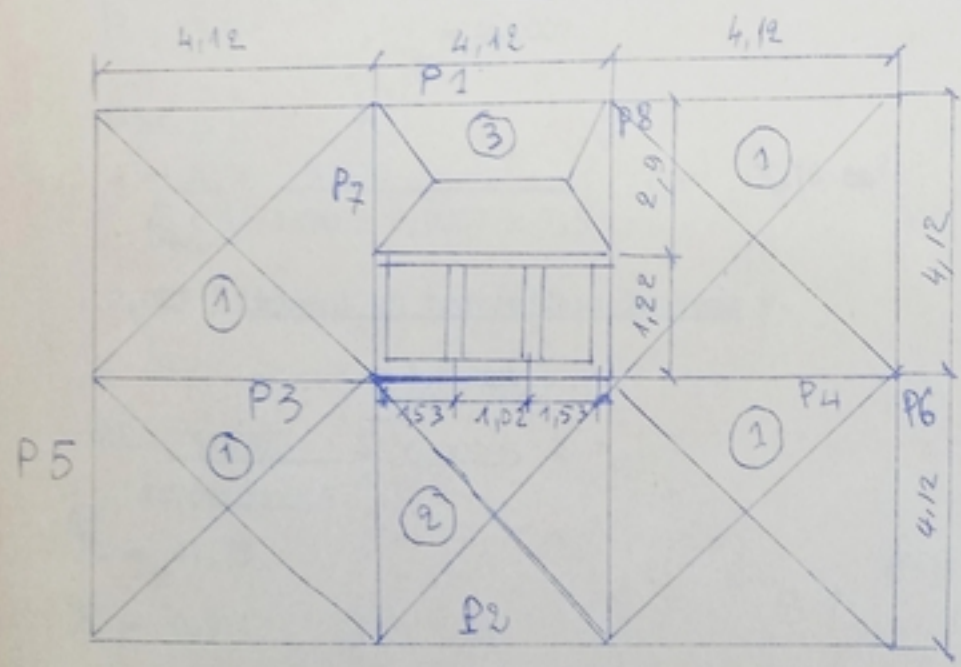


Gravier  
 chappe armée  
 isolation hydrofuge.  
 beton de pente  
 dalle de 10cm.



couple ciment  $0,02 \times 1,20 \times 1,00 \times 2200 = 48 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$  - 17  
 isolation hydrofuge  $50 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$   
 béton de pente  $0,04 \times 1 \times 1 \times 2200 = 88 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$   
 dalle  $0,1 \times 1,00 \times 1,00 \times 2500 = 250 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$   
 charge utile  $q_m = 480 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$   
 $q_u = 100 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$   
 charge Totale  $q_T = q_m + q_u = 0,586 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$

1/ Repartition de la charge

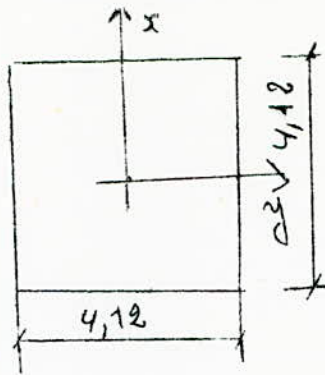


2/ Calcul des sollicitations

2.02.11/ étude de la plaque du genre (1)

$$S = q_m + 1/2 q_u = 0,606 \text{ T/m}^2$$





Moment max:

$$M_{max} = \epsilon q l^2 = 0,0305 \times 0,606 \times 4,12^2 = 0,3137 \text{ Tm/ml.}$$

Moment au milieu du bord fixe de la plaque.

$$M_x = M_y = -0,0678 \times 0,606 \times 4,12^2 = -0,6974 \frac{\text{T.m}}{\text{ml.}}$$

2,022 ) Ferrailage , moment en travée dans le sens x.

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 \times 31370}{1470 \times 100 \times 7,5} = 0,05691$$

$$\bar{R} = 35,3 \quad , \quad = 0,9007.$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{M}{\sigma_a \epsilon \bar{R}} = \frac{31370}{1470 \times 0,9007 \times 7,5} = 3,16 \text{ cm}^2$$

2,023 ) moment en travée dans le sens y.

$$d = 1,5 \text{ cm.}$$

$$\mu = \frac{31370}{1470 \times 100 \times 8,5} = 0,00295$$

$$\bar{R} = 41,13$$

$$\epsilon = 0,911$$

$$A = \frac{31370}{1470 \times 0,911 \times 8,5} = 2,76 \text{ cm}^2$$

2,0212 ) Ferrailage sur appuit dans le sens x. et y

$$M_x = M_y = -69740 \text{ kg.cm.}$$

$$d = 1,5 \text{ cm.}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot 69740}{1470 \times 100 \times 8,5} = 0,09849$$



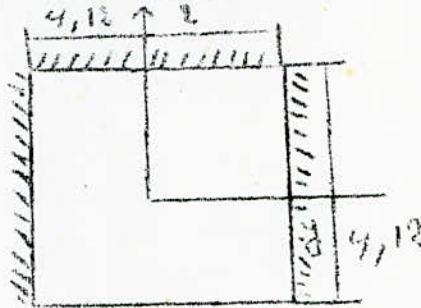
$$k = 25 \quad , \quad \xi = 0,8749$$

$$b' < \bar{b}'$$

$$A = \frac{69740}{1470 \times 0,8749 \times 8,5} = 6,38 \text{ cm}^2$$

2,022 ) étude de la plaque n°=2.

2,0221 ) sollicitations



Moment au centre de la plaque.

$$M_x = 0,0261 \times 0,606 \times 4,12^2 = 0,2685 \frac{\text{Tm}}{\text{ml}} \quad , \quad M_y = 0,0213 \times 0,606 \times$$

$$4,12^2 = 0,219 \frac{\text{Tm}}{\text{ml}}$$

Moments sur le milieu du bord fixe de la plaque.

$$M_x = -0,06 \times 0,606 \times 4,12^2 = -0,6172 \text{ T.m/ml.}$$

$$M_y = -0,0547 \times 0,606 \times 4,12^2 = -0,56267 \text{ T.m/ml.}$$

2,0222 ) Ferrailage en travée dans le sens x.

$$M_x = 0,2685 \text{ T.m/ml} = 26850 \text{ kg.cm/ml.}$$

$$\mu = \frac{15 \times 26850}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,04871$$

$$k = 38,88 \quad , \quad \xi = 0,9073 \quad , \quad d = 2,5 \text{ cm.}$$

$$b' < \bar{b}'$$

$$A = \frac{26850}{1470 \times 0,9073 \times 7,5} = 2,68 \text{ cm}^2$$

2,0223 ) Moment en travée dans le sens y.

$$M_y = 0,219 \text{ T.m/ml} = 21900 \text{ kg.cm/ml.}$$

$$\mu = \frac{15 \times 21900}{14700 \times 100 \times 8,5^2} = 0,03093$$

$$k = 50,96, \quad \xi = 0,9242, \quad d = 1,5 \text{ cm}$$

$$\delta' < \bar{\delta}'$$

$$A = \frac{21900}{0,9242 \times 1470 \times 8,5} = 1,9 \text{ cm}^2$$

2,0224 ) Ferrailage sur appuit dans le sens X

$$M_x = - 0,6172 \text{ T. m/ml}$$

$$\mu = \frac{15 \times 61720}{1470 \times 100 \times 8,5^2} = 0,08717$$

$$K = 27,02, \quad \xi = 0,8811, \quad d = 1,5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{61720}{1470 \times 0,8811 \times 9,5} = 5,6 \text{ cm}^2$$

2,0225 ) Ferrailage sur app uit dans le sens Y

$$M = - 0,56267 \text{ T.m /ml}$$

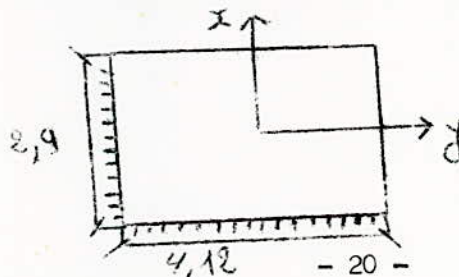
$$\mu = \frac{15 \cdot 56267}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,10207$$

$$K = 24,37, \quad \xi = 0,8731, \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{56267}{1470 \times 0,8731 \times 7,5} = 5,85 \text{ cm}^2$$

2,023 Etude de la plaque  $\cong 3$

2,0231 ) sollicitation s



Moments au centre de la plaque :

$$x = 0,0367 \times 0,606 \times 2,9^2 = 0,18704 \text{ T.m /ml}$$

$$y = 0,0162 \times 0,606 \times 2,9^2 = 0,082563 \text{ T.m /ml}$$

Moments au milieu du bord fixe de la plaque

$$M_x = - 0,0776 \times 0,606 \times 2,9^2 = - 0,39549 \text{ T. m /ml}$$

$$M_y = - 0,0574 \times 0,606 \times 2,9^2 = - 0,29254 \text{ T. m /ml}$$

2,0232 ) Ferrailage en travée dans le sens X

$$M_x = 18704 \text{ kg. cm/ ml}$$

$$\mu = \frac{15 \times 18704}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,03393$$

$$K = 41,15 \quad , \quad E = 0,9211 \quad , \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{18704}{1470 \times 0,9211 \times 7,5} = 1,84 \text{ cm}^2$$

2,0223 ) Ferrailage sur appuit dans le sens X

$$M_x = - 0,39549 \text{ T.m/ml}$$

$$\mu = \frac{15 \times 39549}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,07174$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$K = 30,60 \quad , \quad E = 0,8903 \quad , \quad s = 2,5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{39549}{1470 \times 0,8903 \times 7,5} = 4,03 \text{ cm}$$

2,0224 ) Ferraomage e, travée da,s me sens Y

$$M_y = 0,082563 \text{ T.m/ml}$$

$$\mu = \frac{15 \times 8256,3}{1470 \times 100 \times 8,5^2} = 0,01166$$

$$K = 90,48, \quad \epsilon = 0,9527, \quad d = 1,5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{8256,3}{1470 \times 0,9527 \times 8,5} = 0,69 \text{ cm}^2$$

2,0225 ) Ferraillage sur appuit dans le sens Y

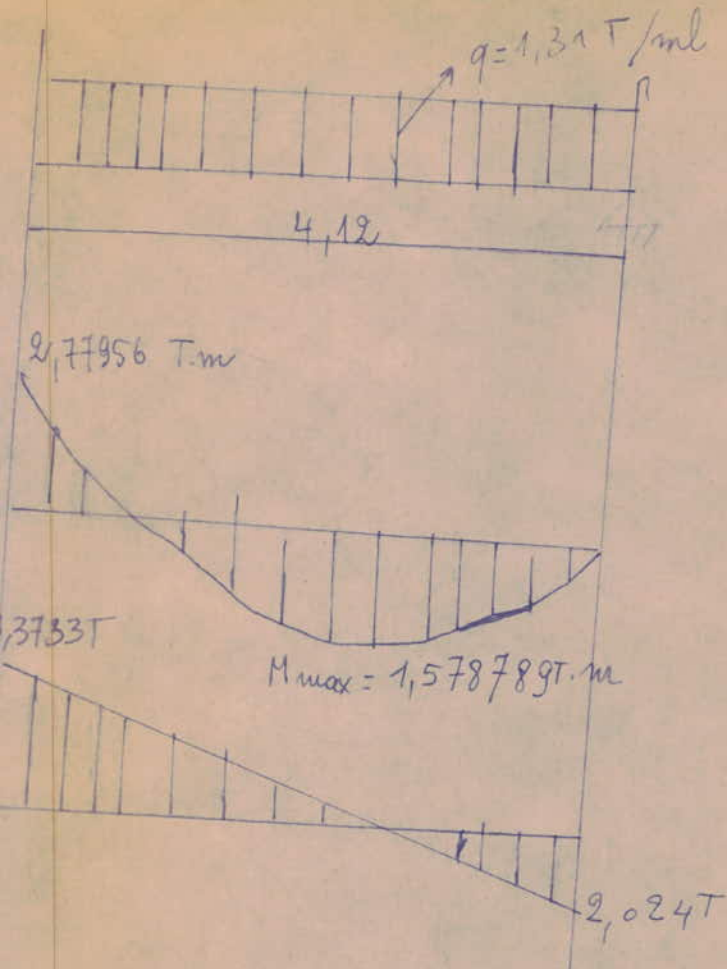
$$\mu = \frac{15 \times 29254}{1470 \times 100 \times 8,5^2} = 0,04132$$

$$K = 42,87, \quad \epsilon = 0,9137 \quad d = 1,5 \text{ cm}$$

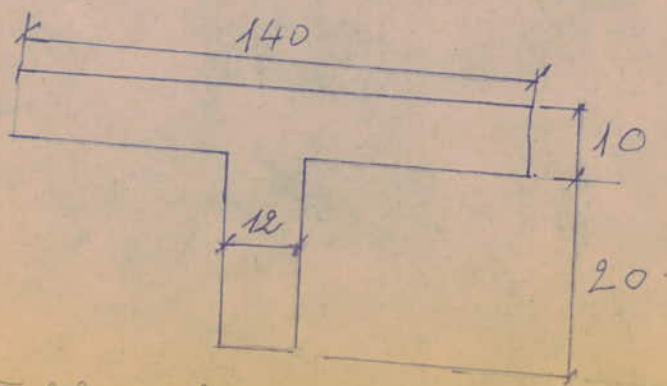
$$A = \frac{29254}{1470 \times 0,9137 \times 8,5} = 2,56 \text{ cm}^2$$



schemas de calcul

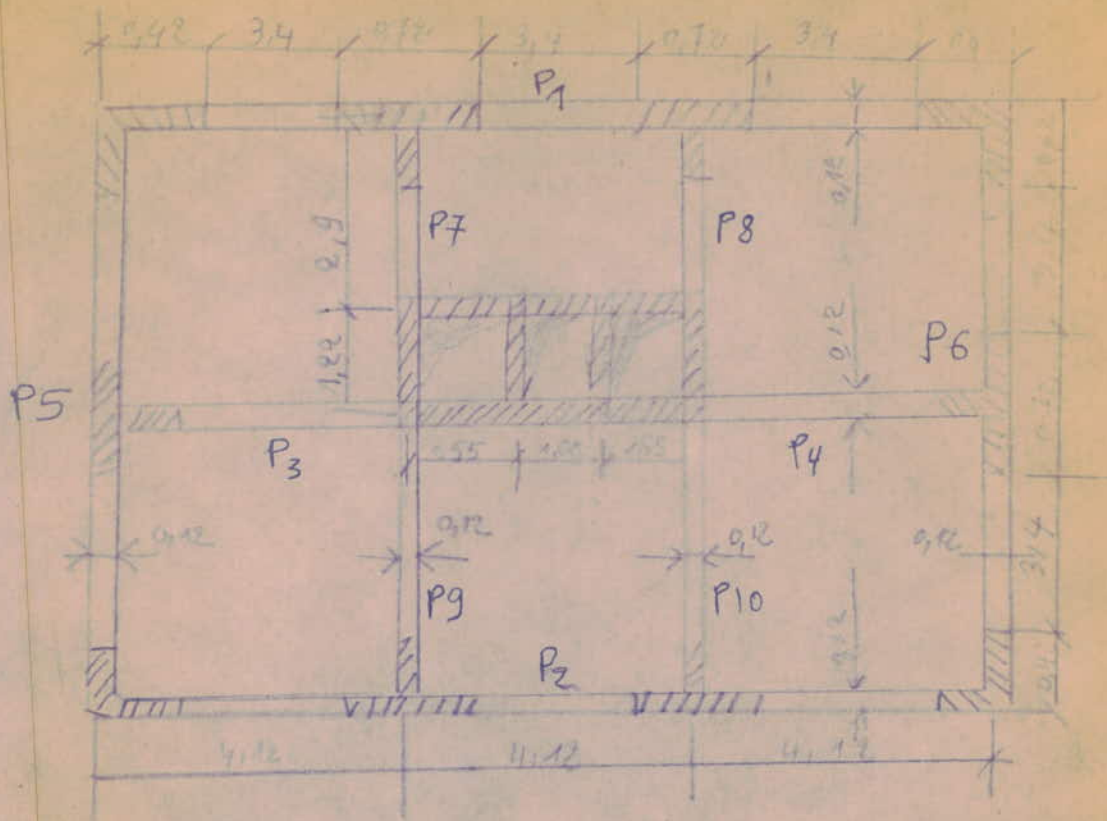


0314 Ferrailage



au de la Table de compression

$8h_0 = 60 \text{ à } 80 \text{ cm}$



031) étude des poutres P3, P4, P9, P10

2,0311) Dimensions et poids propre de la poutre

$$b = 0,12 \text{ m} \quad , \quad h = 0,20 \text{ m}$$

$$l = 4,12$$

$$P_p = 0,12 \times 1,00 \times 0,2 \times 2,5 = 0,06 \text{ T/ml}$$

2,0312) charge reçue par la poutre

$$S = 8,49 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{0,606 \times 8,49}{4,12} = 1,25 \text{ T/ml}$$

$$q_T = q + P_p = 1,25 + 0,06 = 1,31 \text{ T/ml}$$

$$\frac{412}{6} = 68,66 \quad , \quad \frac{412}{2} = 206$$

$$b = 64 + 12 \cdot 64 = 140 \text{ cm}$$

Aciers des poutres c'est de l'acier à haute adhérence.

$$F E 40 \quad \phi \leq 20 \quad \bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

2,0314 1 ) Ferraillage de la travée

$$\mu = \frac{15 \times 157879}{2800 \times 140 \times 27,5^2} = 0,008$$

$$k = 108,2 \quad , \quad \varepsilon = 0,9594 \quad \alpha = 3(1 - \varepsilon) = 0,1218$$

$$\frac{10}{27,5} = 0,3636 \quad \alpha < \frac{10}{27,5} \quad , \quad \text{l'axe neutre}$$

Tombe dans la table de compression

$$A = \frac{157879}{2800 \times 0,9594 \times 27,5} = 2,14 \text{ cm}^2$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{108,2} = 25,88 \text{ kg/cm}^2 < 137 \text{ kg/cm}^2$$

2,03142 ) Ferraillage de l'appuit

$$M_{app} = 277956 \text{ kg. cm}$$

$$\mu = \frac{15 \times 277956}{2800 \times 12 \times 27,5^2} = 0,1641$$

$$k = 17,70 \quad , \quad \varepsilon = 0,8473 \quad , \quad \alpha = 0,4581$$

La table de compression se trouve dans la zone tendu. Cette poutre est assimilée à une poutre de section rectangulaire.

$$\sigma'_b = \frac{2800}{17,70} = 158,19 \text{ kg/cm}^2 > 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\bar{\sigma}'_a}{\bar{\sigma}'_b} = \frac{2800}{137} = 20,44 \quad \frac{15 (h - d')}{\frac{\bar{\sigma}'_a}{\bar{\sigma}'_b} h + d'} = 12,5$$

$$k = 20,44 \quad , \alpha = 0,4231 \quad , \mu' = 0,1817 \quad , \epsilon = 0,8590$$

$$Y_1 = \alpha h = 0,4231 \times 27,5 = 11,63 \text{ cm}$$

$$M_{rb} = \mu' \bar{\sigma}'_b b h^2 = 0,1817 \times 137 \times 12 \times 27,5^2 = 225903,6 \text{ kg.cm}$$

$$M = M - M_1 = 277956 - 225903,6 = 52052,94 \text{ kg.cm}$$

$$\bar{\sigma}'_a = \frac{15 (11,63 - 2,5)}{18,25} \times 137 = 1531,6 < 2800 = \bar{\sigma}'_a$$

### Aciers comprimés

$$A' = \frac{52052,94}{(27,5 - 2,5) 1531,6} = 1,36 \text{ cm}^2$$

### Aciers Tendus

$$A = 1,36 + \frac{225903,6}{2800 \times 0,8590 \times 27,5} = 4,77 \text{ cm}^2$$

### 2,03143 ) Etude de l'effort tranchant

$$T_{\max} = 3373,3 \text{ kg}$$

$$\tau_b = \frac{T}{b_z} = \frac{3373,3}{12 \times 24,06} = 11,82 \text{ kg/cm} < \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 20,65 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

### Section d'armature transversales

$$A_t = 4 \phi 6 = 1,13 \text{ cm}^2$$

### Section d'armature incliné

$$A_i = 2 \phi 8 = 1 \text{ cm}^2$$

Armatures transversales en F E 40 A  $\bar{\sigma}_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$$\bar{\sigma}_{at} = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

L'Effort repris par les barres inclinées est égale à T , les barres sont relevées à 45°

$$T = \frac{A_i \bar{\sigma}_{at}}{\sqrt{2}} = \frac{1 \times 2800}{\sqrt{2}} = 1979,9 \text{ kg/cm}^2$$



L'Effort repris par les armatures transversales est égale a

Tr

$$Tr = T - T_{\alpha} = 3373,3 - 1799,9 = 1393,4 \text{ kg}$$

$$Tr < \frac{T}{2} \quad \text{on prend a toute fin utile } Tr = \frac{T}{2}$$

$$Tr = 1686,66 \text{ kg}$$

Vérification si les armatures transversales suffisent a reprendre leur par d'effort tranchant.

$$At \sigma_{at} = 1,13 \times 2800 = 3164 \text{ kg} > Tr = 1686,66 \text{ kg}$$

Soit t l'écartement entre 2 plan d'armatures transversales

$$t = \frac{At \cdot z \cdot \sigma_{at}}{Tr} = \frac{1,13 \times 2800 \times 24,06}{1686,66} = 51 \text{ cm}$$

$$t_1 = 0,2 h = 5,5 \text{ cm}$$

$$t = \max(t_1, t_2) = 19,33 \text{ cm}$$

$$t_2 = h \left( 1 - 0,3 \frac{\sigma_b}{\sigma_b} \right) = 19,33$$

$$b = \frac{Tr}{bz} = \frac{1686,66}{12 \times 24,06} = 5,84 \text{ kg}$$

$t > \bar{t}$  on prend  $t = 20 \text{ cm}$ . Le 1er plan d'armature commence à 10 cm du vu d'appuit puis on se refere à la suite de Caquot.

Soit  $t_i$  l'écartement entre 2 plans d'armature incliné

$$t_i = \frac{A_i \cdot z \cdot \sigma_{at}}{T_{\alpha}} = \frac{1 \times 24,06 \times 2800 \times 2}{1979,9} = 48 \text{ cm}$$

$$t_i = \frac{h}{3} \left( 5 - \frac{b}{b} \right) = 35 \text{ cm}$$

$$t_i < \bar{t}_i \quad \text{on prend } t_i = 35 \text{ cm}$$

Flèche de la poutre

$$\frac{f_{\max}}{L} = \frac{0,00542 \text{ ql}^3}{E I}$$

$$E = 2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{12 \times 20^3}{12} = 8000 \text{ cm}^4$$

$$\frac{f_{\max}}{L} = \frac{0,00542 \times 13,10 \times 412^3}{200000 \times 8000} = 3,1 \times 10^{-3}$$

2,032 ) Etude des poutres P 7 , P 8

2,0321 ) Dimensions et poids propre de la poutre

$$b = 12 \text{ cm} \quad , \quad h = 20 \text{ cm} \quad , \quad l = 2,9 \text{ m}$$

$$P_p = 0,12 \times 0,2 \times 1,00 \times 2,5 = 0,06 \text{ T/ml}$$

2,0322 ) Charges reçues par la poutre

de la part de la plaque N° 1

$$S = 4,25 \text{ m}^2 \quad , \quad q = \frac{0,606 \times 4,25}{4,12} = 0,63 \text{ T/ml}$$

donc  $q_1 = \frac{0,63 \times 2,9}{4,12} = 0,444 \text{ T/ml}$

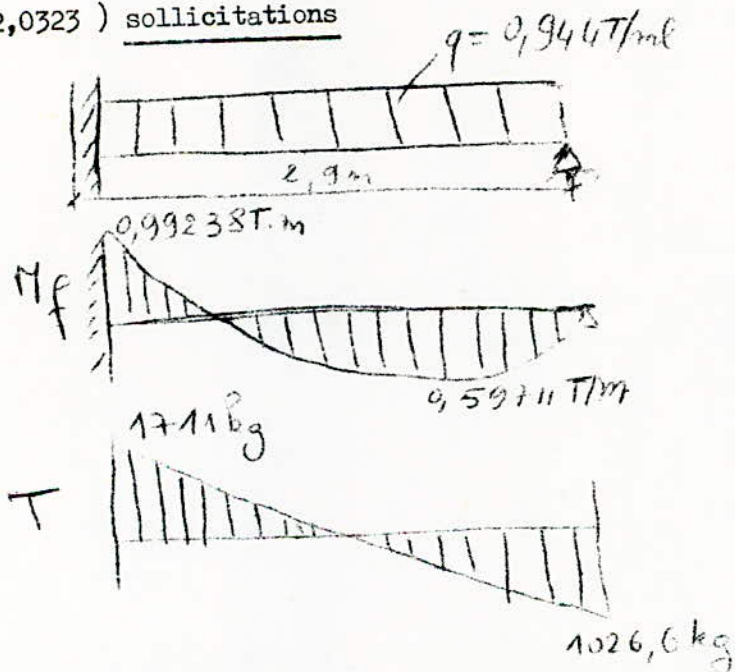
de la part de la plaque N° 2

$$S = 2,1 \text{ m}^2$$

$$q_2 = \frac{0,606 \times 2,1}{2,9} = 0,44 \text{ T/ml}$$

$$q_{\text{totale}} = q_1 + q_2 + P_p = 0,44 + 0,444 + 0,06 = 0,944 \text{ T/ml}$$

2,0323 ) sollicitations



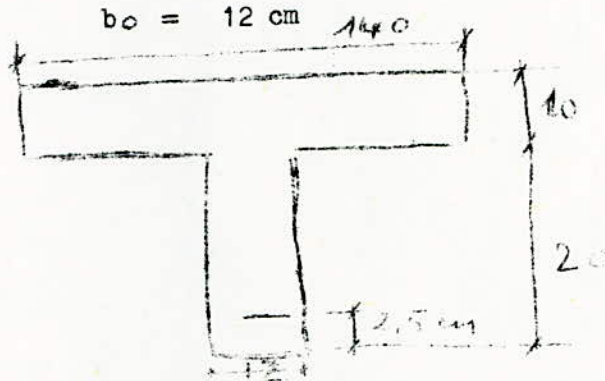
2,0324 ) Ferrailage

2,03241 ) Ferrailage en travée :  $M_t = 59711 \text{ kg. cm}$

Largeur de la table de compression

$b = 140 \text{ cm}$  ,  $h = 27,5 \text{ cm}$  ,  $h_t = 30 \text{ cm}$

$b_o = 12 \text{ cm}$



$$\mu = \frac{15 \times 59711}{2800 \times 140 \times 27,5^2} = 0,00302$$

$$k = 51,67 \quad , \quad \xi = 0,9250 \quad , \quad \alpha = 0,225$$

$$\frac{10}{27,5} = 0,36 \quad \Rightarrow \quad \alpha < \frac{10}{27,5} = \frac{h_o}{h}$$

Cette section equivalente à la section rectangulaire 140 x 30

$$A = \frac{59711}{2800 \times 0,9250 \times 27,5} = 0,84 \text{ cm}^2$$

$$\sigma'_s = \frac{2800}{51,67} = 54,19 < 137 \text{ kg/cm}^2$$

2,03242 ) Ferrailage de l'appuit

$M_{ap} = - 99238 \text{ kg.cm}$

$$\mu = \frac{15 \times 99238}{2800 \times 140 \times 27,5} = 0,00502$$

$$k = 139,3 \quad , \quad \xi = 0,9677 \quad , \quad \alpha = 0,097$$

$$\frac{h_o}{h} = 0,36$$



$$A = \frac{99238}{2800 \times 0,9677 \times 27,5} = 1,33 \text{ cm}^2$$

2,03242 ) Effort Tranchant

$$T_{\max} = 1711 \text{ kg}$$

$$\tau_b = \frac{T}{b z} = \frac{1711}{12 \times 24,06} = 5,93 \text{ kg/cm} < 3,5 \bar{\sigma}_b = 3,5 \times 5,9 = 20,65 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

On utilisera des armatures transversales perpendiculaire à la ligne moyenne de la poutre.

$$\sigma_{at} = \rho_{at} \quad \sigma_{en} = \frac{2}{3} \sigma_{en} = \frac{2}{3} \times 4200 = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_t = 1 \text{ cadre } \phi 6 = 0,565 \text{ cm}^2$$

$$t = \frac{1 \times 24,06 \times 2800}{1711} = 39 \text{ cm}$$

$$t_1 = 0,2 h = 5,4 \text{ cm}$$

$$t = \max \text{ de } ( t_1, t_2 ) = 19,2 \text{ cm}$$

$$t_2 = h ( 1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\sigma_b} ) = 19,2$$

$$20 \text{ cm}$$

$t > \bar{t}$  on prend  $t = 20 \text{ cm}$ , le 1<sup>er</sup> plan d'armature commence à 10 cm du nu d'appuit

$$A_t \sigma_{at} = 1,00 \times 2800 = 2800 \text{ kg} > 1711 \text{ kg}$$

Vérification de la flèche

$$\frac{f}{L} = 0,00542 \frac{q l^3}{E I} = \frac{0,00542 \times 9,44 \times 290^3}{200\,000 \times 8000} = 7,8 \times 10^{-4}$$

2,0334 ) Ferraillage

2,03341 ) Ferraillage en travée

$$\mu = \frac{15 \times 81750}{140 \times 2800 \times 27,5^2} = 0,00414$$

$$k = 155,1 \quad , \quad \xi = 0,9706 \quad , \quad \alpha = 0,0882$$

$$\frac{h_0}{h} = \frac{10}{27,5} = 0,36 \Rightarrow \alpha > \frac{h_0}{h}$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

# Etude des poutres P5 et P6

## 2,0331 / Dimensions et poids propre

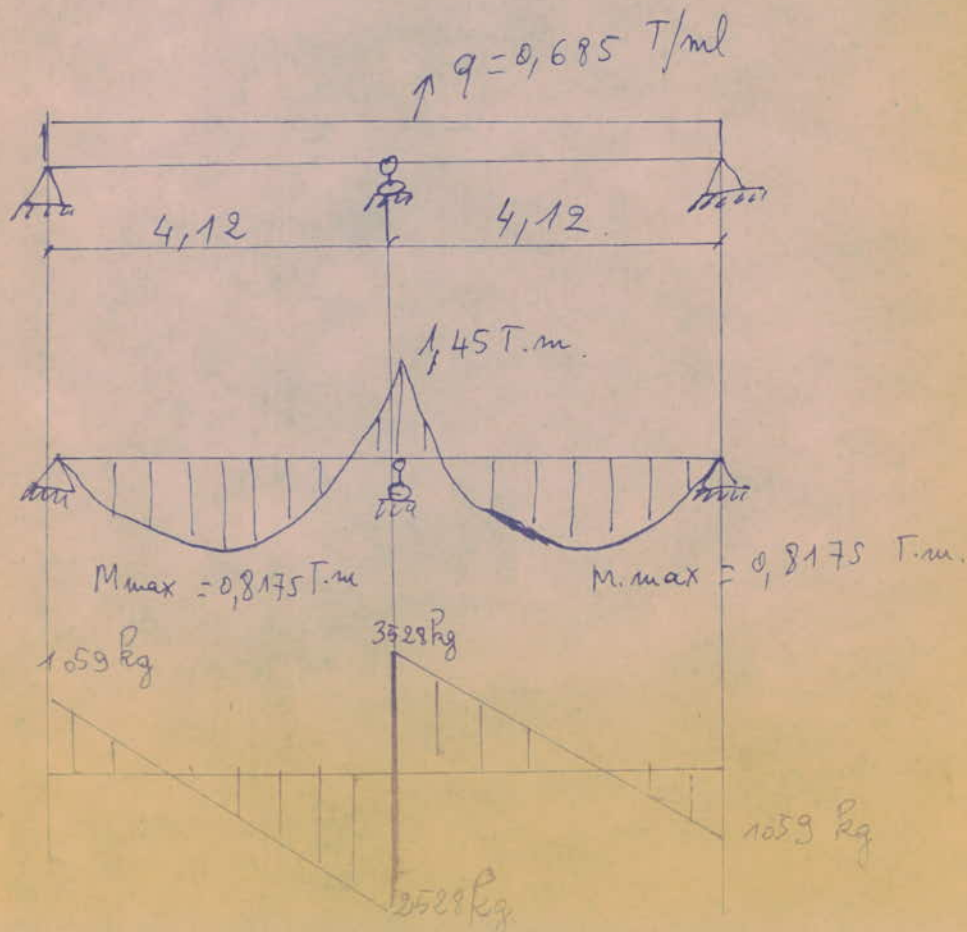
$$b = 0,12 \text{ m}, \quad h = 0,2 \text{ m}, \quad l = 8,24 \text{ m}$$
$$p_p = 0,06 \text{ T/ml}$$

## 2,0332 / Charges reçues par la poutre

$$S = 2 \times 4,25 = 8,5 \text{ m}^2$$

$$q = \frac{0,606 \times 8,5}{2 \times 4,12} = 0,625 \text{ T/ml}$$

## 2,0333 / Sollicitations



$$A = \frac{81750}{0,9706 \times 2800 \times 27,5} = 1,09 \text{ cm}^2$$

2,03342 ) Ferrailage de l'appuit

$$M_{ap} = - 145 000 \text{ kg. cm}$$

$$\mu = \frac{15 \times 145 000}{2800 \times 12 \times 27,5^2} = 0,0856$$

$$k = 27,3 \quad , \quad \varepsilon = 0,8819 \quad , \quad \alpha = 0,3543$$

$\alpha < \frac{h_0}{h}$  , on calculera cette section comme une section rectangulaire de dimensions 12 x 30 .

$$b = \frac{2800}{27,3} = 102,56 < 137 = \bar{\sigma}_b'$$

$$A = \frac{145 000}{0,8819 \times 27,5 \times 2800} = 2,14 \text{ cm}^2$$

2,03343 ) ETUDE DE L'EFFORT TRANCHANT

$$T_{\max} = 3528 \text{ kg} \quad , \quad \tau_b = \frac{T}{b z} = \frac{3528}{12 \times 24,06} = 12,22 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$3,5 \bar{\tau}_b = 3,5 \times 5,9 = 20,65 \text{ kg/cm}^2$ . On utilisera des armatures verticales perpendiculaire à la ligne moyenne de la poutre et on relevera les barrea.

$$\sigma_{at} = \frac{2}{3} \sigma_{en} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Effort repris par les barres inclinées a 45°

$$T_{\alpha} = \frac{A_i \sigma_{at}}{\sqrt{2}} = \frac{1 \times 2800}{\sqrt{2}} = 1980 \text{ kg}$$

$$T_r = T - T_{\alpha} = 3528 - 1980 = 1549 \text{ kg} < \frac{T}{2} \text{ on prend } T_r = \frac{T}{2} =$$

$$1764 \text{ kg.} \Rightarrow \tau_b = \frac{T_r}{b z} = 6,1 \text{ kg/cm}^2$$

L'écartement entre les armatures transversales perpendiculaire à la ligne moyenne de la poutre est  $t$ .

$$A_t \sigma_{at} = 1,13 \times 2800 > 1764$$

$$t = \frac{A_i z \times \sigma_{at}}{T_r} = \frac{1,13 \times 24,06 \times 2800}{1764} = 43,16 \text{ cm}$$

$$t_1 = 0,2 h = 5,5 \text{ cm}$$

$$t = h \left( 1 - 0,3 \frac{\tau}{\sigma_b} \right) = 19 \text{ cm}$$

$$t = \max(t_1, t_2) = 19 \text{ cm}$$

le 1<sup>er</sup> plan d'armature verticale commence à 10 cm du nu d'appuit et puis on adopte la suite de Caquot.

L'écartement entre les armatures incliné est :

$$t_i = \frac{A_i z \sigma_{at} \sqrt{2}}{T_r} = \frac{1 \times 24,06 \times 2800 \sqrt{2}}{1980} = 48 \text{ cm}$$

la contrainte de cisaillement pour les barres inclinées

$$\tau_b = \frac{T}{b z} = \frac{1980}{12 \times 24,06} = 6,86 \text{ kg/cm}$$

$$\bar{t}_i = h \left( 5 - \frac{\tau_b}{\sigma_b} \right) = 35 \text{ cm}$$

$$t > \bar{t}_i \text{ on } t = \bar{t}_i = 35 \text{ cm}$$

Vérification de la flèche

$$\frac{f}{L} = \frac{7}{768 \text{ E I}} \quad q l^3 = \frac{7 \times 6,85 \times 412^3}{768 \times 200000 \times 8000} = 2,78 \times 10^{-3}$$



4) ETUDE DE LA POUTRE P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub>

2,0342) Dimensions et poids propre de la poutre

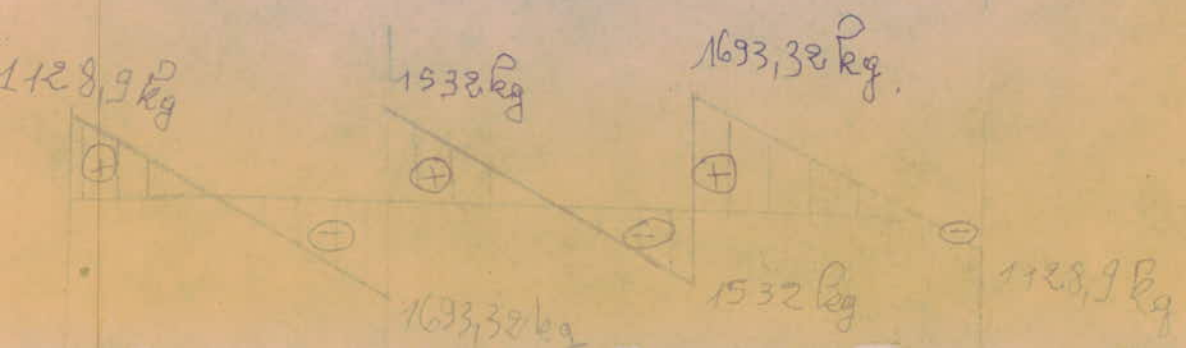
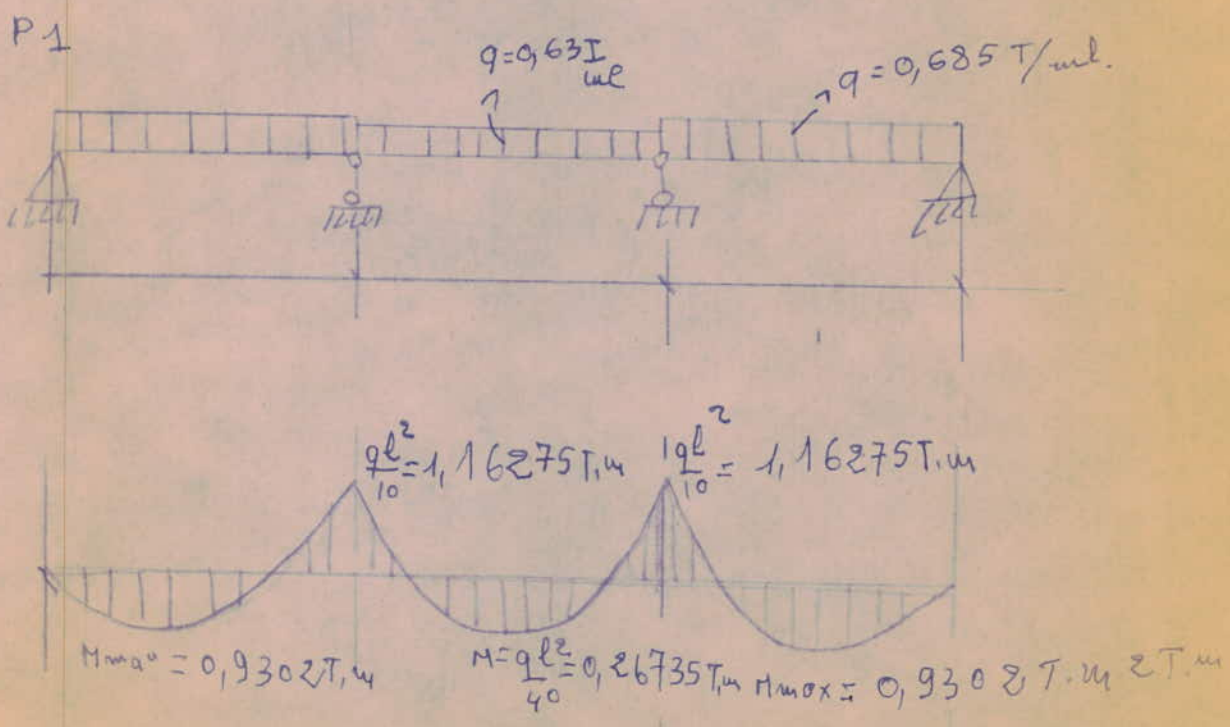
$P_p = 0,06 \text{ T/ml}$ ,  $b_0 = 9,12 \text{ m}$ ,  $h = 0,3 \text{ m}$ ,  $l = 12,36 \text{ m}$   
 $b = 1,40 \text{ m}$  poutre en T

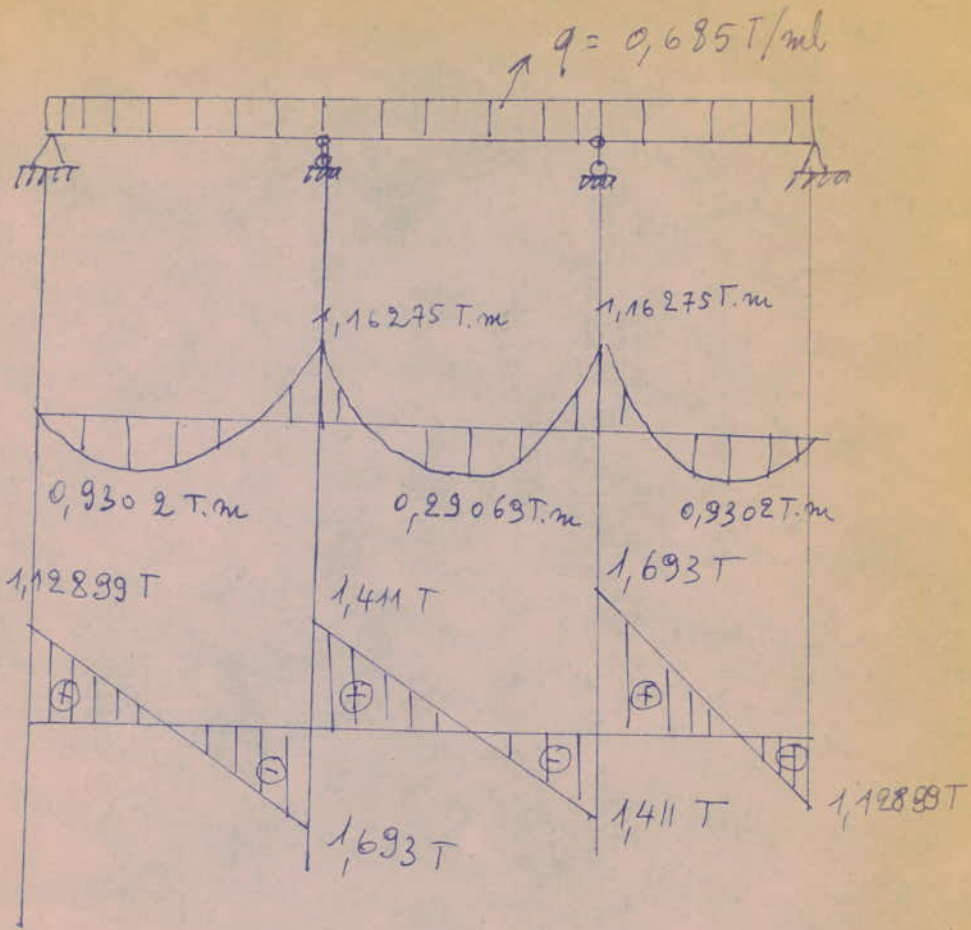
2,0343) Charges reçues par la poutre

$$q_1 = \frac{0,606 \times 4,25}{4,12} + 0,06 = 0,685 \frac{\text{T}}{\text{ml}}$$

$$q_2 = \frac{0,606 \times 3,87}{4,12} + 0,06 = 0,63 \frac{\text{T}}{\text{ml}}$$

2,0343) sollicitations





Poutres P1 et P2 supportent presque la même charge à la différence que  
travée du milieu de P1 supporte  $0,630 \text{ T/ml}$  et la P2 supporte  
 $0,85 \text{ T/ml}$  et le reste de la poutre et le même pour P1 et P2  
on adoptera la même ferraille pour P1 et P2, pour le  
leul on prend  $q = 0,685 \text{ T/ml}$

2,0344 ) Ferraillage

2,03441 ) en travée dans la travée de rive

$$\mu = \frac{15 \times 93020}{2800 \times 140 \times 27,5^2} = 0,0047$$

$$k = 145,3 \quad , \quad \varepsilon = 0,9687 \quad , \quad \alpha = 0,093 < \frac{h_0}{h} = \frac{10}{30} = 0,33$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{145,3} = 19,2 \text{ kg/cm}^2 < 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{93020}{2800 \times 27,5 \times 0,9687} = 1,25 \text{ cm}^2$$

2,03442 ) en travée de la travée intermédiaire

$$\mu = \frac{15 \times 29069}{2800 \times 140 \times 27,5^2} = 0,0015$$

$$k = 262,8 \quad , \quad \varepsilon = 0,9821 \quad , \quad \alpha = 0,054 < \frac{h_0}{h}$$

$$= \frac{2800}{262,8} \quad 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{29069}{2800 \times 27,5 \times 0,9821} = 0,39 \text{ cm}^2$$

2,03443 ) Ferraillage de l'appuit

$$M_{ap} = 116275 \text{ kg.cm}$$

$$\mu = \frac{15 \times 116275}{2800 \times 12 \times 27,5^2} = 0,068639$$

$$k = 31,47 \quad , \quad \varepsilon = 0,8925 \quad \alpha = 0,32 \quad \frac{h_0}{h} \leq 0,33$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{31,47} = 88,89 < \sigma'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{116275}{2800 \times 27,5 \times 0,8925} = 1,69 \text{ cm}^2$$

2,03443 ) Effort tranchant

$$T_{\max} = 3104,42 \text{ kg}$$

$$\tau_b = \frac{T}{b z} = \frac{3104,42}{12 \times 24,06} = 10,75 \text{ kg/cm}^2 < 3,5 \bar{\sigma}_b = 20,65 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

on utilisera des armatures verticales et inclinée

$$\sigma_{at} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$T_{\alpha}$  = effort repris par les barres inclinée à  $45^\circ$

$$T_{\alpha} = \frac{A_i \sigma_a}{\sqrt{2}} = \frac{2800 \times 1}{\sqrt{2}} = 1978$$

$$T_r = T - T_{\alpha} = 3104,42 - 1978 = 1125 < \frac{T}{2}$$

$$T_r = \frac{T}{2} = 1552,21 \Rightarrow \tau_b = 5,38 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_1 = h \left( 1 - 0,3 \frac{\tau}{\bar{\sigma}_b} \right) \approx 20 \text{ cm}, \quad t_2 = 0,2 h = 5,5 \text{ cm}$$

$$\bar{t} = \max(t_1, t_2) = t_1 = 20 \text{ cm}$$

$$t = \frac{A_t z \sigma_{at}}{T_r} = \frac{1,13 \times 24,06 \times 2800}{1552,21} = 49 \text{ cm}$$

$t > \bar{t}$        $t = \bar{t} = 20 \text{ cm}$ , le 1<sup>er</sup> plan d'armature commande à 10 cm du nu d'appuit

ecartement de barres inclinées

$$t_i = \frac{A_i z \sigma_{at} \sqrt{2}}{T_{\alpha}} = \frac{1 \times 24,06 \times 2800 \times 2}{1978} = 48 \text{ cm}$$

$$t_i = \frac{h}{3} \left( 5 - \frac{\tau}{\bar{\sigma}_b} \right) = 35 \text{ cm}$$

$t_i > t_i$  on prend  $t_i = 35 \text{ cm}$

Vérification de la flèche

$$\frac{f_{Mi}}{l} = \frac{7}{768} \frac{q l^3}{E I} = \frac{6,85 \times 7 \times 412^3}{768 \times 200000 \times 8000} = 2,73 \times 10^{-3}$$



2,04 ) Reactions transmises par les poutres au poteaux et les charge au x voils

2,0411 ) Reactions transmise par P 7 au voile V 5 et V 11

2,0411 ) Charge reçue par le P 7

a ) de la part de la plaque N° 1

$$q_1 = \frac{0,605 \times 2,9}{4,12} = 0,43 \text{ T/ml}$$

b ) de ~~la part~~ de la plaque N° 2

$$q_2 = \frac{0,586 \times 2,1}{2,9} = 0,42 \text{ T/ml}$$

$$q_T = q_1 + q_2 + p_{pp} = 0,42 + 0,06 + 0,43 = 0,91 \text{ T/ml}$$

2,04111 ) Charge reçue par les voils V 11 et V (5

$$R = \frac{5}{8} l$$

$$q = \frac{5 \times 0,91 \times 2,9}{8 \times 1,385} = 1,19 \text{ T/ml}$$

2,0412 ) Reactions transmises par P 3 , P 9 au V 4 et V 5

2,04121 ) Charge reçue par la poutre

$$q_1 = \frac{0,586 \times 8,49}{4,12} = 1,21 \text{ T/ml}$$

$$q_T = q_m + q_1 = 1,21 + 0,06 = 1,27$$

2,04122 ) Charges reçue par V 5 et V 4

$$R = \frac{q_1}{10} \quad P 3 \quad \frac{1,27 \times 4,12}{10 \times 1,385} = 0,38 \text{ T/ml}$$

$$R = \frac{5}{8} q_1 \quad P 9 \quad \frac{5 \times 1,27 \times 4,12}{8 \times 1,385} = 2,36 \text{ T/ml}$$

V 5 reçoit 2,74 T / ml

V 4 reçoit 2,74 T /ml

2,0413 ) Charges transmises par les plaques au voils

2,0431 ) Plaque n° 1

2,04311 ) Charge transmise par la plaque n° 1 au voils 5

$$q = \frac{0,605 \times 2,9}{4,12} = 0,43 \text{ T / ml}$$

2,04312 ) Charge transmise par la plaque n° 2 au V 5

$$q = \frac{0,586 \times 4,25}{4,12} = 0,6 \text{ T / ml}$$

2,04313 ) Charge transmise par la plaque n° 3 au V 11

$$q = \frac{0,586 \times 3,87}{4,12} = 0,49 \text{ T /ml}$$

2,042 ) Réaction transmises par les poutres aux poteaux

Schémas.

2,0431 ) Poids propre des poteaux

a ) poteaux d'angles

$$P_B = 0,864 \times 2,5 \times 2,1 = 0,46 \text{ T}$$

$$P_m = 0,0186 \times 1,8 \times 2,1 = 0,07 \text{ T}$$

$$P_T = P_B + P_m = 0,53 \text{ T}$$

b ) poteaux de façades

$$P_B = 0,1224 \times 2,5 \times 2,1 = 0,64 \text{ T}$$

$$P_m = 0,0246 \times 1,8 \times 2,1 = 0,093 \text{ T}$$

$$P_T = P_B + P_m = 0,73 \text{ T}$$

2,0432 ) Charge agissante à la base des poteaux

$$T_1 \quad 0,53 + 2,35 = 2,88 \text{ T}$$

$$T_2 \quad 0,73 + 5,49 = 6,22 \text{ T}$$

$$T_3 \quad 0,73 + 3,96 = 4,69 \text{ T}$$

$$T_4 \quad 0,73 + 4,95 = 5,68 \text{ T}$$

2,05 ) Charge reçue par les voiles au niveau 25,6

2,051 ) Charge transmise par la maçonnerie située entre les niveaux  
25,6 et 27,7 aux voiles au niveau 25,6

briques pleines  $0,12 \times 1,00 \times 2,1 \times 1,8 = 0,45 \text{ T/ml}$

moitier ( e = 1 cm )  $0,01 \times 1 \times 2,1 \times 1,8 = 0,039 \text{ T/ml}$

$$q_T = 0,49 \text{ T/ml}$$

Pour les voiles V 4 , V 5 , V 6 , V 12 , V 13 , V 11 on doit ajouter le poids de  
2,1 cm de voile P = 0,7 T/ml

V 1	0,49 T/ml horizontale
V 5	0,7 + 4,36 + 0,72 = 5,78 T/ml
V 6	0,7 + 4,36 + 0,72 = 5,78 T/ml
V 7	0,49 T/ml
V 12	0,7 + 0,95 = 1,65 T/ml
V 13	0,7 + 0,95 = 1,65 T/ml
V 2	0,49 T/ml
V 4	0,7 + 3,34 + 0,8 = 4,84 T/ml
V 3	0,49 T/ml
V 11	0,7 + 2,37 + 0,8 = 4,37 T/ ml

2,06 ) Repartition des charges concentré des poteaux sur les voiles au niveau 25,6

$$\frac{T}{4,12} = \frac{2,88}{4,12} = 0,7 \text{ T/ml}$$

$$\frac{T}{6,18} = \frac{5,49}{6,18} = 0,89 \text{ T/ml}$$

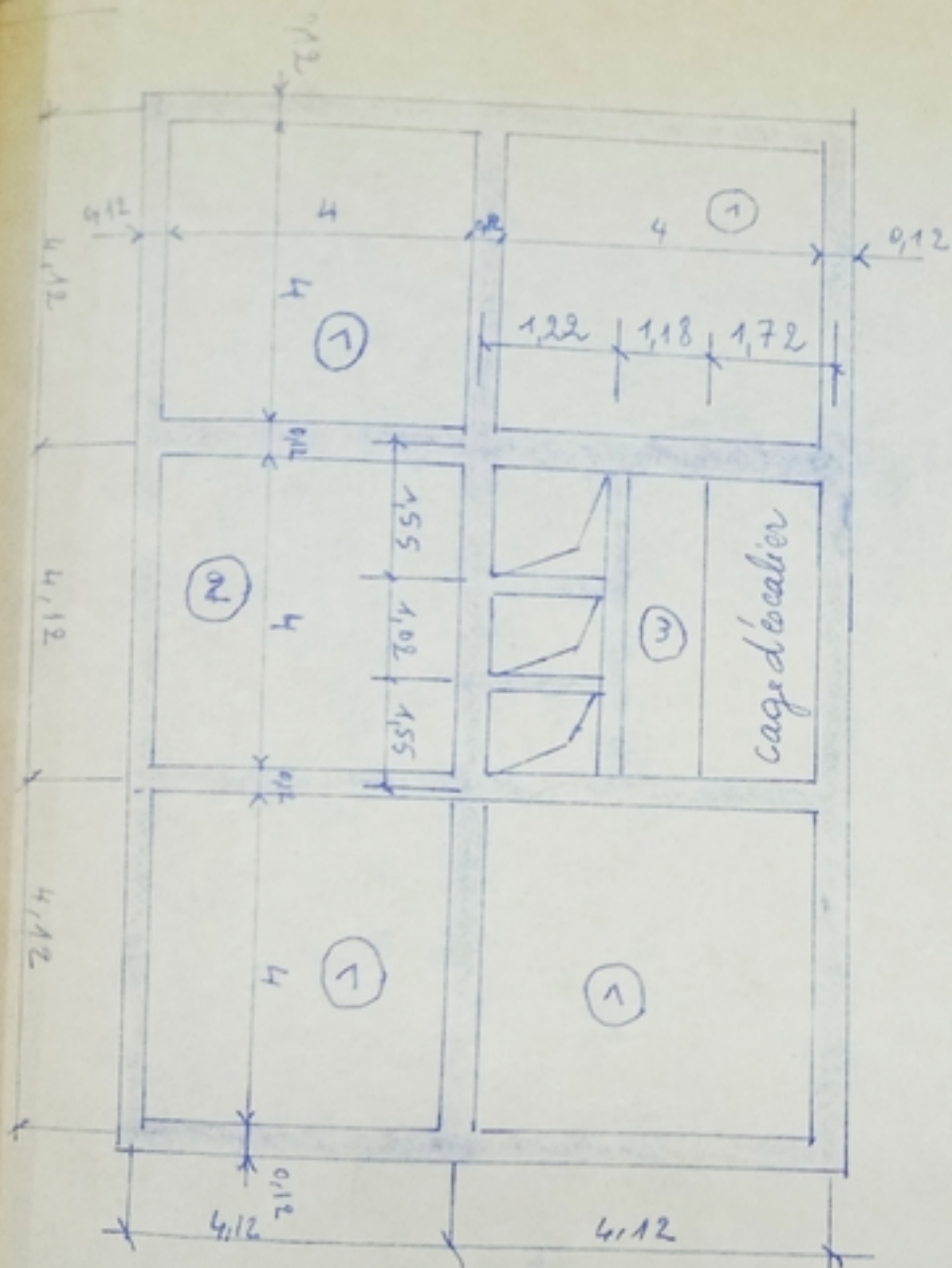
$$\frac{T}{6,18} = \frac{3,96}{6,18} = 0,65 \text{ T/ml}$$

$$\frac{T_4}{6,18} = \frac{4,95}{6,18} = 1,12 \text{ T/ml}$$

V <sub>1</sub>	0,7 + 0,7 + 0,89 + 0,89 = 3,18 T/ ml
V <sub>7</sub>	3,18 T/ ml
V <sub>2</sub>	4 x 1,12 + 2 x 0,7 = 5,82 T/ ml
V <sub>4</sub>	0,89 x 2 = 1,78 T/ ml
V <sub>3</sub>	1,4 + 4 x 0,65 = 4 T/ ml
V <sub>5</sub>	0,65 + 1,12 = 1,77 T/ml
V <sub>6</sub>	1,77 T/ml



Schema



Plaque de 15 en B.A

$$0,15 \times 1 \times 1 \times 2,5 = 0,375 \text{ T/m}^2$$

Mortier 4cm

$$0,04 \times 1,8 \times 1 \times 1 = 0,072 \text{ T/m}^2$$

Poids mort des machines

$$0,2 \text{ T/m}^2$$

Charge utile

$$200 \text{ kg/m}^2$$

$$0,2 \text{ T/m}^2 = q_u$$

$$q_m = 0,375 + 0,072 + 0,2 = 0,647 \text{ T/m}^2$$

$$q_T = q_m + q_u = 0,847 \text{ T/m}^2$$

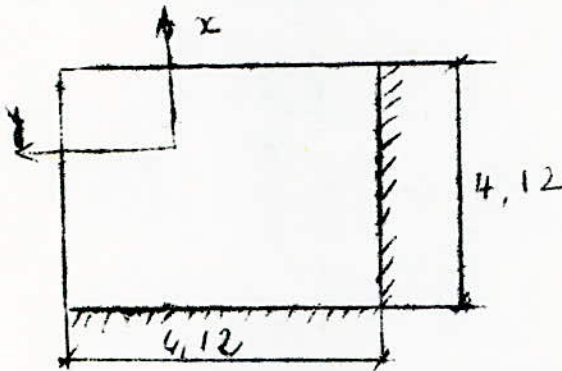
Ha m	29,3 a	27,7 a	25,6 a	23,6 a	21,6 a	19,6 a	17,6 a	15,6 a	13,6 a	11,6 a	9,6 a	7,6 a	5,6 a	3,6 a	1,6 a	-0,4 a	longue de vide en m	P
Vitesse	27,7	25,6	23,6	21,6	19,6	17,6	15,6	13,6	11,6	9,6	7,6	5,6	3,6	1,6	-0,4	-1,4		
V1 <sub>in</sub>	/	0,43	5,13	5,8	6,47	7,14	7,8	8,49	9,16	9,83	10,5	11,18	12,7	13,37	14,05	15,23	8,36	127,32
V2 <sub>in</sub>	/	0,43	5,13	5,8	6,47	7,14	7,8	8,49	9,16	9,83	10,5	11,18	12,7	13,37	14,05	15,23	8,36	127,32
V3 <sub>in</sub>	/	0,43	5,74	6,42	7,08	7,75	8,43	9,1	9,77	10,44	11,11	11,79	13,06	13,73	14,41	15,13	12,48	189,04
V4 <sub>in</sub>	0,8	4,84	8,74	9,42	10,08	10,75	11,43	12,1	12,77	13,44	14,11	14,79	15,46	16,13	16,81	18,03	12,48	225
V5 <sub>in</sub>	0,72	5,78	11,76	13,67	17,07	18,98	22,38	24,29	26,2	28,2	31,1	34	34,7	35,3	36	36,7	8,36	307
V6 <sub>in</sub>	0,72	5,78	11,76	13,67	17,07	18,98	22,38	24,29	26,2	28,2	31,1	34	34,7	35,3	36	36,7	8,36	307
V7 <sub>in</sub>	/	0,43	5,13	5,8	6,47	7,14	7,8	8,49	9,16	9,83	10,5	11,18	12,7	13,37	14,05	15,23	8,36	127,66
V8 <sub>in</sub>													1,47	2,14	2,82	4,04	4,12	16,64
V9 <sub>in</sub>													1,47	2,14	2,82	4,04	4,12	16,64
V10 <sub>in</sub>													1,27	1,94	2,62	3,84	6,12	25,3
V11 <sub>in</sub>	0,8	4,37	6,59	7,26	8,12	8,78	9,63	10,3	10,91	11,82	12,5	13,34	14,01	14,68	15,36	16,58	4,12	68,31
V12 <sub>in</sub>	0,95	1,65	2,322	2,99	3,66	4,33	5	5,68	6,35	7,02	7,69	8,37	9,04	9,71	10,37	11,62	1,22	14,16
V13 <sub>in</sub>	0,95	1,65	2,322	2,99	3,66	4,33	5	5,68	6,35	7,02	7,69	8,37	9,04	9,71	10,37	11,62	1,22	14,16

Poids totale de l'ouvrage  
à vide P<sub>z</sub> = 1770,86T

2,1 ) ETUDE DES PLAQUES

2,12 ) Etude de la plaque N° 1

2,121 ) Sollicitations



$$S = q_m + 1,2 q_v = 0,65 + 1,2 \times 0,2 = 0,89 \text{ T/m}^2$$

$$M_{\max} = 0,0305 q l^2 = 0,0305 \times 0,89 \times 4,12^2 = 0,46077 \frac{\text{T.m}}{\text{m}}$$

Moment au milieu du bord fixe de la plaque

$$M_x = M_y = -0,0678 \times 0,89 \times 4,12^2 = -1,02427 \frac{\text{T.m}}{\text{m}}$$

2,122 ) Ferraillage

2,1221 ) en travée dans le sens X

$$M_{\max} = 460,77 \text{ kg.cm/ml}, \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 \times 460,77}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,08359$$

$$k = 27,81 \quad \varepsilon = 0,8831, \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{460,77}{1470 \times 0,8831 \times 7,5} = 4,73 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

2,1222 ) Ferraillage en travée dans le sens Y

$$d = 1,5 \text{ cm} \quad M_x = M_y = M_{\max}$$

$$\mu = \frac{0,08359 \times 7,5^2}{8,5^2} = 0,06508$$

$$k = 32,53, \quad \varepsilon = 0,8949$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$



$$\Delta = \frac{46077}{1470 \times 0,8949 \times 8,5} = 4,12 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

2,1223 ) Ferraillage sur appuit dans le sens X et Y

$$d = 1,5 \text{ cm}$$

$$M = \frac{15 \times 102427}{1470 \times 100 \times 8,5^2} = 0,14466$$

$$k = 19,34, \quad \varepsilon = 0,8547$$

$$\sigma'_t < \bar{\sigma}'_b$$

$$\Delta = \frac{102427}{1470 \times 8,547 \times 8,5} = 9,59 \text{ cm}^2$$

2,1223 ) Effort tranchant

$$T_{hyp} = T_{is} + \frac{\Delta M}{1} = \frac{ql}{2} + \frac{\Delta M}{1} = \frac{0,89 \times 4,12}{2} + \frac{1024,12}{4,12} = 1833,4 + 248,6 = 2086$$

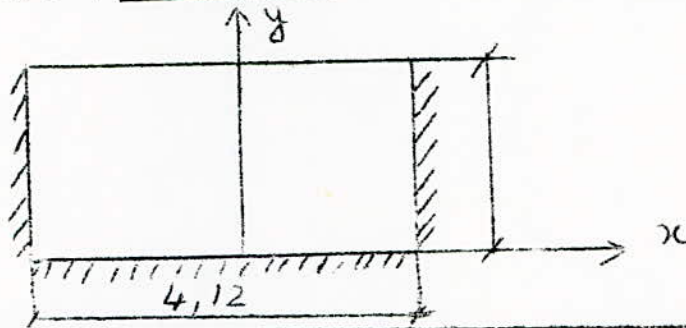
$$\tau_b = \frac{T}{b z} = \frac{2082}{100 \times 6,56} = 3,17 < 1,15 \bar{\sigma}_b = 1,15 \times 5,9 = 6,79 \text{ kg/cm}^2$$



2,13 ) Etude de la plaque N° 3

2,131 ) Sollicitations:

$q = 0,89 \text{ T/m}^2$



	$x=0, y=0$		$x=0, y=1/2$			$x=a/2, y=b$		$x=a/2, y=b/2$		$x=0, y=0$	
$\frac{b}{a}$	$w_1$ $\alpha_1 q a^4 / D$	$M_x$ $\beta_1 q a^2$	$w_2$ $\alpha_2 q a^4 / D$	$M_x$ $\beta_2 q a^2$	$M_y$ $\beta_2' q a^2$	$M_x$ $\beta_3 q a^2$	$V_x$ $\gamma q a$	$M_z$ $\beta_4 q a^2$	$V_x$ $\delta q a$	$M_y$ $\beta q a^2$	$V_y$ $\delta q a$
0,6	0,00271	0,0336	0,00129	0,0163	0,0074	-0,0745	0,150	-0,0365	0,291	-0,0554	0,416

$$D = \frac{t h^2}{12 (1 - \nu)} = \frac{200000 \times 10^2}{12 (1 - 1/6)} = 2000000$$

$$w_1 = \frac{890 \times 2,06^4 \times 0,00271}{2000000} = 2,17 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$w_2 = \frac{890 \times 2,06^4 \times 0,00129}{2000000} = 1,03 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$M_{\max}(x) = 0,12690 \text{ T.m/ml}$  en travée

$M_{\max}(y) = 0,02795 \text{ T.m/ml}$  en travée

$M_{\max}(x) = -0,28137 \text{ T.m/ml}$  sur Appuit

$M_{\max}(Y) = 0,20923 \text{ T.m/ml}$

$T_{\max}(x) = 1375 \text{ kg} = 1,375 \text{ T}$

$T_{\max}(y) = 762,7 \text{ kg}$

2,132 ) Ferraillage

2,1321 ) Ferraillage en travée dans le sens X

$$M_{\max} = 12690 \text{ kg.cm/ml}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot 12690}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,02302 \quad k = 60,30, \quad \xi = 0,9337, \quad d = 2,5$$

$$\sigma_b' < \bar{\sigma}_b'$$

$$A = \frac{12690}{1470 \times 0,9337 \times 7,5} = 1,23 \text{ cm}^2$$

2,1322 ) Ferraillage de l'appuit dans le sens de X

$$\mu = \frac{15 \cdot 28137}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,05104$$

$$k = 37,74, \quad \xi = 0,9053, \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{28137}{1470 \times 0,9053 \times 7,5} = 2,82 \text{ cm}^2$$

2,1323 ) Ferraillage en travée dans le sens de Y

$$\mu = \frac{15 \cdot 2795}{1470 \times 100 \times 8,5^2} = 0,003947$$

$$k = 159,8, \quad \xi = 0,9715, \quad d = 1,5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{2795}{1470 \times 0,9715 \times 8,5} = 0,23 \text{ cm}^2$$

2,1324 ) Ferraillage de l'appuit dans le sens de Y

$$\mu = \frac{15 \times 20923}{1470 \times 100 \times 8,5^2} = 0,02955$$

$$k = 52,2, \quad \xi = 0,9257, \quad d = 1,5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{20923}{1470 \times 0,9257 \times 8,5} = 1,81 \text{ cm}^2$$

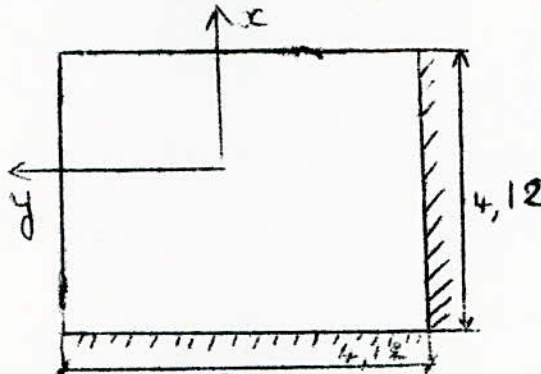
2,1325 ) Effort Tranchant

$$T_{\max} = T_{\max}(n) = 1375 \text{ kg}$$

$$\tau_b = \frac{T}{b z} = \frac{1375}{100 \times 6,56} = 2,1 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \tau_b = 1,15 \times 5,9 = 6,78 \text{ kg/cm}^2$$

2,14 ) Etude de la plaque N° 2

2,141 Sollicitations



Moment au centre de la plaque

$$M_x = 0,0261 \times 0,89 \times 4,12^2 = 0,39443 \text{ T.m/ml}$$

$$M_y = 0,0213 \times 0,89 \times 4,12^2 = 0,32178 \text{ T.m/ml}$$

Moment sur le bord fixe de la plaque au milieu

$$M_x = -0,06 \times 0,89 \times 4,12^2 = -0,90643 \text{ T.m/ml}$$

$$M_y = -0,0547 \times 0,89 \times 4,12^2 = -0,82636 \text{ T.m/ml}$$

2,141 ) Ferraillage

2,1411 ) en travée dans le sens X

$$M_x = 39443 \text{ kg; cm/ml}$$

$$A = \frac{15 \times 39443}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,07155$$

$$k = 30,62 \quad , \quad \epsilon = 0,8903 \quad , \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{39443}{1470 \times 0,8903 \times 7,5} = 4,02 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$1470 \times 0,8903 \times 7,5$$

2,1412 ) Ferraillage de l'appuit dans le sens X

$$M_x = -90643 \text{ kg cm/ml} \quad , \quad d = 2,5 \text{ cm}$$



$$\mu = \frac{15 \times 90643}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,16443$$

$$k = 17,68, \quad \varepsilon = 0,8471$$

$$\Rightarrow \sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$\Delta = \frac{90643}{1470 \times 0,8471 \times 7,5} = 9,71 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

2,1413 ) Ferraillage en travée dans le sens Y

$$M_y = 32178 \text{ kg cm/ml}$$

$$d = 1,5 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 \times 32178}{1470 \times 100 \times 8,5^2} = 0,04545$$

$$k = 40,55, \quad \varepsilon = 0,91$$

$$\Delta = \frac{32178}{1470 \times 0,91 \times 8,5} = 2,83 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

2,1414 ) Ferraillage de l'appuit dans le sens Y

$$M_y = - 82636 \text{ kg cm/ml}$$

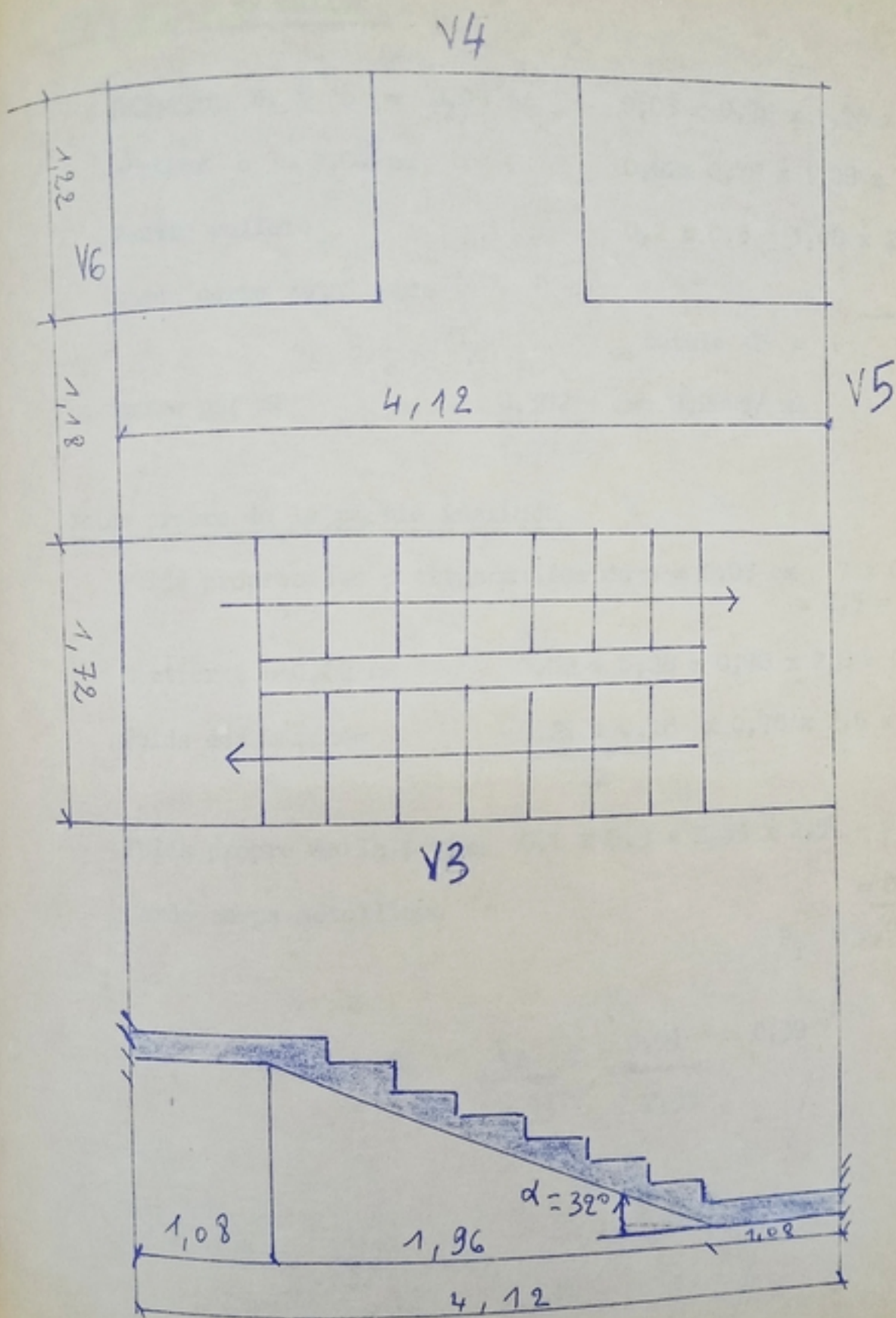
$$\mu = \frac{15 \times 82636}{1470 \times 100 \times 8,5^2} = 0,1167$$

$$k = 22,37, \quad \varepsilon = 0,8661, \quad d = 1,5 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{82636}{1470 \times 0,8661 \times 8,5} = 7,64 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

SCHEMAS



CHARGES

Poids propre du palier

Dalle en B. A e = 0,05 cm	$0,05 \times 0,78 \times 1,08 \times 2,5 = 0,1053 \text{ T}$
Mortier e = 0,02 cm	$0,02 \times 0,78 \times 1,08 \times 1,8 = 0,03 \text{ T}$
Poutre paliere	$0,2 \times 0,3 \times 1,08 \times 2,5 = 0,162 \text{ T}$
Garde corps métallique	$\frac{0,005 \text{ T}}{\quad}$
	totale P = 0,302 T

La charge par ml  $q = \frac{0,302}{1,08} = 0,28 \text{ T/ml}$

Poids propre de la partie inclinée

Poids propres des petites dalles de e = 0,05 cm	$7 \times 0,05 \times 0,28 \times 0,78 \times 2,5 = 0,19 \text{ T}$
Mortier e = 0,02 cm	$0,02 \times 0,28 \times 0,78 \times 2,8 = 0,008 \text{ T}$
Poids des marches	$\frac{0,28 \times 0,18}{2} \times 0,78 \times 2,5 \times 7 = 0,344 \text{ T}$
Poids propre de la poutre	$0,2 \times 0,3 \times 2,33 \times 2,5 = 0,35 \text{ T}$
Garde corps métallique	$\frac{= 0,02 \text{ T}}{\quad}$
	$P_T = 0,91 \text{ T}$

$$q_m = \frac{P_T}{2,33} = \frac{0,91}{2,33} = 0,39$$

### 3,01 ) Sollicitations

$$S = q_m + 1,2 q$$

On voit qu'il n'y a pas grand sur ces escaliers on prend une charge

$$\text{utile } q_m = 200 \text{ kg} / \text{m}^2 = 0,2 \text{ T/m}^2$$

#### 3,011 ) Pour les paliers

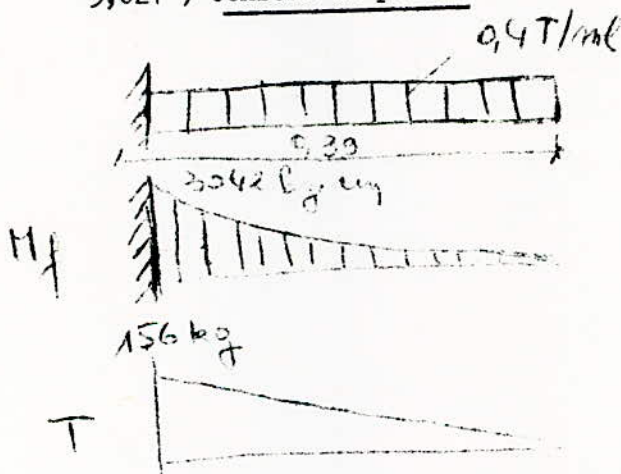
$$q = \frac{0,1083}{0,39 \times 2} + 1,2 \times 0,2 \times 1,08 = 0,4 \text{ T/ml}$$

#### 3,012 ) Pour la partie incliné

$$q = 0,14 + 1,2 \times 0,2 \times 0,28 = 0,21 \text{ T/ml}$$

### 3,02 ) Ferraillage des petite console encastre à la poutre palière

#### 3,021 ) Console du palier





$$M = \frac{15 \times 3042}{1470 \times 108 \times 2,5^2} = 0,004599$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

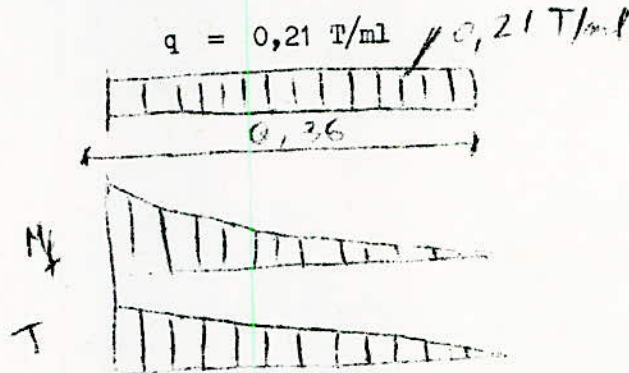
$$k = 147,3, \quad \epsilon = 0,9691$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{3042}{1470 \times 0,9691 \times 2,5} = 0,85 \text{ cm}^2 \quad 2 \quad 8 \text{ espace}$$

de 100 cm et on prend 2  $\phi$  5 de repartition

3,022 ) Ferrailage des petites consoles encastre dans la poutre paliere de la partie incliné



vue la charge qui est faible  $l = 0,39$  on prend 2 8 et 2 5 de repartitions comme les consoles du paliers securitaire ).

3,0331 ) Ferraillage

3,0311 ) en travée       $M_t = 79\ 000 \text{ kg cm}$

$$\mu = \frac{15 \times 79000}{2800 \times 27,5^2 \times 20} = 0,02798$$

$k = 51,84$  ,  $\xi = 0,9253$  ,  $d = 2,5 \text{ cm}$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{79000}{2800 \times 0,9253 \times 27,5} = 1,12 \text{ cm}^2$$

3,03312 ) Ferraillage de l'appuit

$M_{ap} = - 42322 \text{ kg cm}$

$$\mu = \frac{15 \times 42322}{2800 \times 27,5^2 \times 20} = 0,01499$$

$k = 76,92$  ,  $\xi = 0,9457$  ,  $d = 2,5 \text{ cm}$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{42322}{2800 \times 27,5 \times 0,9457} = 0,58 \text{ cm}^2$$

3,0332 ) Effort tranchant

$$T_{\max} = 1342,2 \text{ kg}, \quad \zeta_b = \frac{T}{b z} = \frac{1342,2}{20 \times 24,06} = 2,79 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$3,5 \bar{\sigma}'_b = 20,3 \text{ kg/cm}^2$ . On utilisera des armatures transversales perpendiculaire à ligne moyenne de la poutre

armatures transversale 1 cadre      6       $A_t = 0,565 \text{ cm}^2$

$$t = \frac{A_t z \zeta_{at}}{T} = \frac{0,565 \times 24,06 \times 2800}{1342,2} = 28 \text{ cm}$$

$t_1 = 0,2 h = 5,5 \text{ cm}$

$t = \max(t_1, t_2) = 24 \text{ cm}$

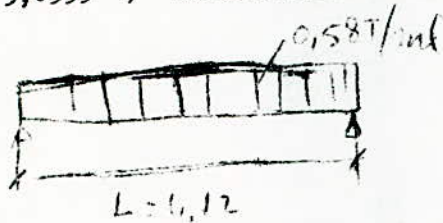
$t_2 = h(1 - 0,3) = 24 \text{ cm}$

$t > \bar{t}$   $t = 24 \text{ cm}$ . Le 1<sup>er</sup> plan d'armature commence à 12 cm du nu d'appuit et puis on se réfère à la suite de Caquot.

$$\Delta t \bar{\sigma}_{at} = 0,565 \times 2800 = 1582 \quad 1342,2 \text{ kg}$$

L'effort tranchant est entièrement absorbé par les aciers transversaux.

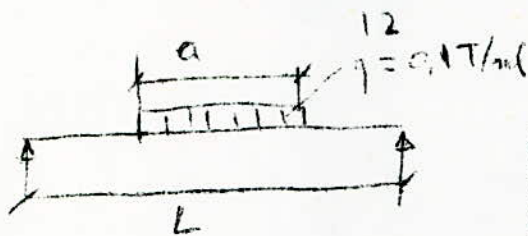
3,0333 ) Vérification de la flèche



$$\left[ \frac{f}{L} \right]_1 = \frac{5}{384} \frac{q L^3}{EI} = \frac{5 \times 5,8 \times 4,12^3}{384 \times 210^5 \times 4510^3}$$

$$= 5,87 \cdot 10^{-4}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{20 \times 33^3}{12} = 4510^3$$



$$\left[ \frac{f}{L} \right]_2 = \frac{q a [8L^3 + a^3 - 4a^2L]}{L \cdot 384 EI}$$

$$= 2,05 \cdot 10^{-4}$$

$$\left[ \frac{f}{L} \right] = \left[ \frac{f}{L} \right]_1 + \left[ \frac{f}{L} \right]_2 = 7,92 \cdot 10^{-4}$$

4,00 ) CHARGES RECUES PAR LES VOILES

4,01 ) Charge transmise par la plaque N° 1 aux voils et la plaque N° 2

$$q = 0,85 \text{ T/m}^2$$

$$V_1 \rightarrow \frac{0,85 \times 8,49}{8,36} = 0,86 \text{ T/ml}$$

$$V_7 \rightarrow 0,86 \text{ T/ml}$$

$$V_5 \rightarrow \frac{0,85 \times 12,74}{8,36} = 1,3 \text{ T/ml}$$

$$V_6 \rightarrow 1,3 \text{ T/ml}$$

$$V_2 \rightarrow \frac{0,85 \times 12,74}{12,48} = 0,87 \text{ T/ml}$$

$$V_3 \rightarrow \frac{0,85 \times 21,23}{12,48} = 0,58 \text{ T/ml}$$

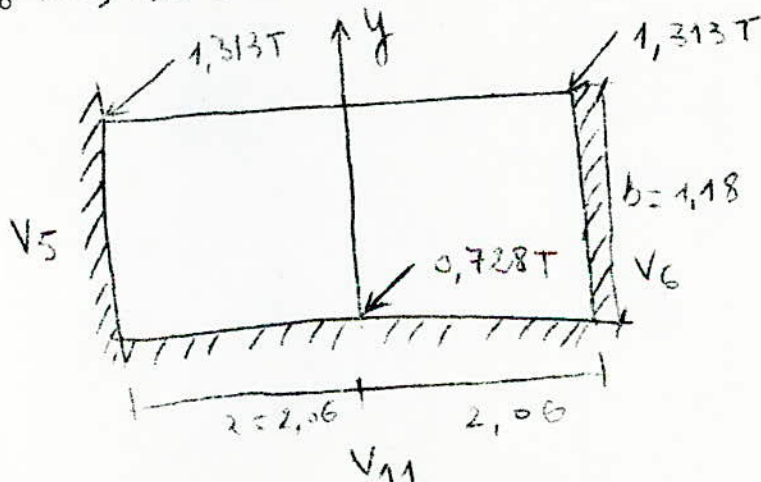
$$V_4 \rightarrow \frac{0,85 \times 21,23}{12,48} = 1,45 \text{ T/ml}$$

4,02 ) Charge transmises par la plaque N° 3 aux voile

$$V_{11} \rightarrow 0,177 \text{ T/ml}$$

$$V_5 \rightarrow 0,45 \text{ T/ml}$$

$$V_6 \rightarrow 1,55 \text{ T/ml}$$





4,03 ) Charge transmise par la poutre palière

$$V_5 \rightarrow 1,24 \text{ T/ml} \times 2 = 2,47 \text{ T/ml} \text{ sur 2 m de hauteur}$$

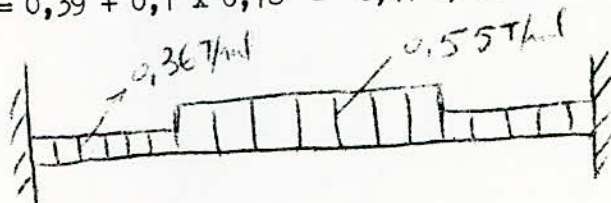
$$V_6 \rightarrow 1,51 \text{ T/ml} \times 2 = 3,02 \text{ T/ml}$$

a ) paliers

$$q_m = 0,28 + q_n = 0,28 + 0,1 \times 0,78 = 0,36 \text{ T/ml}$$

b ) partie incliné

$$q_m = 0,39 + 0,1 \times 0,78 = 0,47 \text{ T/ml}$$



$$R = 0,36 \times 1,18 + 0,55 \times 0,98 = 0,96 \text{ T}$$

$$V_5 \text{ et } V_6 \text{ reçoivent } \frac{0,96}{0,78} = 1,24 \text{ T/ml}$$

on doit ajouter a chaque voile, le poids propre de 2 m de hauteur de mur sur 1 ml horizontale.

$$\text{Beton} \quad 0,12 \times 2,5 \times 2 \times 1 = 0,6$$

$$\text{Mortier} \quad 0,02 \times 2 \times 1 \times 1,8 = 0,072$$

$$P_T = 0,672 \text{ T/ml}$$

$$V_1 \rightarrow 0,86 + 0,672 = 1,46 \text{ T/ml}$$

$$V_7 \rightarrow 0,86 + 0,672 = 1,46 \text{ T/ml}$$

$$V_5 \rightarrow 1,3 + 1,55 + 1,51 + 0,672 = 4,89 \text{ c on prend } 4,41$$

$$V_6 \rightarrow 1,3 + 1,55 + 1,51 + 0,672 = 5,032 \text{ T/ml} = 6,54 \text{ T/ml}$$

$$V_2 \rightarrow 0,87 + 0,672 = 1,54 \text{ T/ml}$$

$$V_3 \rightarrow 0,58 + 0,672 = 1,25 \text{ T/ml}$$

$$V_4 \rightarrow 1,45 + 0,672 = 2,12 \text{ T/ml}$$

$$V_{11} \rightarrow 1,55 + 0,672 = 2,22 \text{ T/ml}$$

Charge reçue par les voiles au niveau 23,6

$$\begin{aligned}V_1 &\rightarrow 1,46 + 0,49 + 3,18 = 5,13 \text{ T/ ml} \\V_2 &\rightarrow 1,54 + 5,82 + 0,49 = 7,85 \text{ T/ ml} \\V_3 &\rightarrow 1,25 + 0,49 + 4 = 5,74 \text{ T/ ml} \\V_4 &\rightarrow 1,78 + 2,12 + 4,84 = 8,74 \text{ T/ ml} \\V_5 &\rightarrow 4,4 + 1,77 + 5,78 = 11,76 \text{ T/ ml} \\V_6 &\rightarrow 5,78 + 4,4 + 1,77 = 11,76 \text{ T/ ml} \\V_7 &\rightarrow 1,46 + 0,49 + 3,18 = 5,13 \text{ T/ ml} \\V_8 &\rightarrow \\V_9 &\rightarrow \\V_{10} &\rightarrow \\V_{11} &\rightarrow 2,22 + 4,37 = 6,59 \text{ T/ ml} \\V_{12} &\rightarrow 1,65 + 0,672 = 2,322 \text{ T/ ml} \cdot H . \\V_{13} &\rightarrow 1,65 + 0,672 = 2,322 \text{ T/ ml} H\end{aligned}$$

Reaction due à l'auvent:

$$\begin{aligned}\text{Dalle de 10 cm} &\rightarrow 0,1 \times 2,5 = 0,25 \text{ T/m}^2 \\ \text{Mortier 0,04 cm} &\rightarrow 0,04 \times 1,8 = 0,072 \text{ T/m}^2 \\ \text{surcharge 100 kg/m}^2 &\rightarrow q_{s1} = \frac{0,1 \text{ T/m}^2}{q_T = 0,422 \text{ T/m}^2}\end{aligned}$$

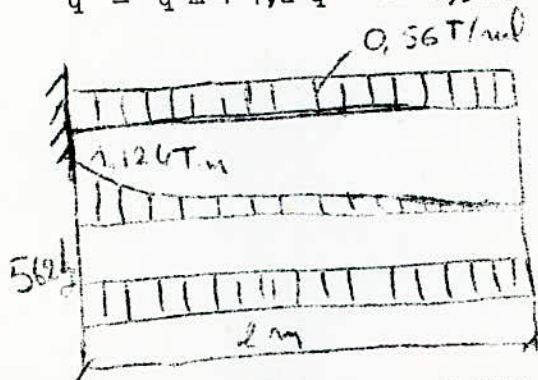
$$\text{Charge par ml} \quad q = \frac{0,422 \times 2 \times 4,12}{4,12} = 0,85 \text{ T/ ml}$$

Cette charge sera reçue par les voils

$$\begin{aligned}V_7 &\rightarrow q = 0,85 \text{ T/ ml} \\V_2 &\rightarrow 0,85 \text{ T/ ml} \\V_1 &\rightarrow 0,85 \text{ T/ ml}\end{aligned}$$

5,00 ) Ferraillage de l'auvent

$$q = q_m + 1,2 q^2 = 0,322 + 0,24 = 0,56 \text{ T/ml}$$



$$\mu = \frac{15 \times 112400}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,2030$$

$$k = 13,97 \quad , \quad \Sigma = 0,8274 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{112400}{1470 \times 0,8274^4 \times 7,5} = 12,32 \text{ cm}$$

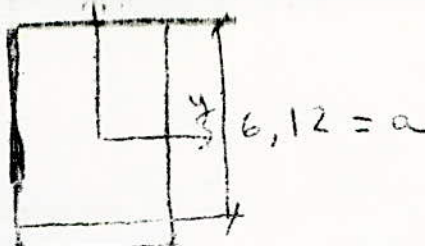
$$6 \phi 5 + 6 \phi 10 + 6 \phi 12$$

Effort tranchant

$$\tau_b = \frac{T}{b z} = \frac{562}{100 \times \frac{7}{8} \times 7,5} < 1,15 \bar{\tau}_b = 6,78 \text{ kg/cm}^2$$

6,01 ) ETUDE DE LA TOITURE BUREAU

$$\frac{b}{a} = 0,7$$



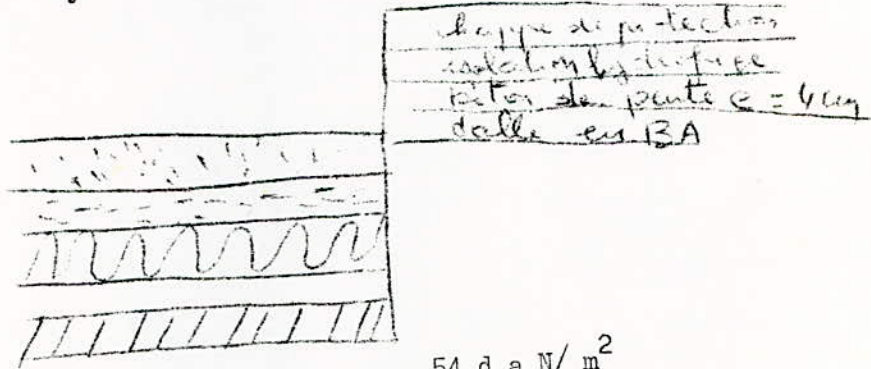
Moment au centre de la plaque  $4,12 = b$

$$M_x = 0,0249 \times 4,12^2 \times 0,73 = 0,30854 \text{ Tm/ml}$$

$$M_y = 0,0514 \times 4,12^2 \times 0,73 = 0,63691 \text{ T.m/ml}$$

Moment au milieu de bord fixe de la plaque.

$$M_y = -0,1086 \times 0,73 \times 4,72^2 = -1,3457 \text{ T.m/ml}$$



chappe de protection  
isolation hydrofuge  
beton de pente  $e = 4 \text{ cm}$   
dalle en B.A

gros-vier

Chappe année

Beton de pente

Isolation hydrofuge

Dalle de B.A

$$54 \text{ da N/m}^2$$

$$44 \text{ da N/m}^2$$

$$88 \text{ da N/m}^2$$

$$50 \text{ da N/m}^2$$

$$250 \text{ da N/m}^2$$

$$q_m = 486 \frac{\text{da N}}{\text{m}^2}$$

Charge utile

$$q_n = 100 \text{ da N/m}^2$$

$$q_T = q_m + q_n = 0,586 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}$$

Sollicitations

$$q = q_m + 1,2 q_n = 0,486 + 0,24 = 0,73 \text{ T/m}^2$$

6,01) Ferrailage

6,011) en travée dans le sens x

$$M = \frac{15 \times 30854}{1470 \times 100 \times 7,5^2} = 0,05597$$

$$k = 35,71, \quad \epsilon = 0,9015 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$



$$\Delta = \frac{30\,854}{1470 \times 0,9015 \times 7,5} = 3,1 \text{ cm}^2$$

6,02 ) Ferraillage en travée dans le sens de Y

$$\mu = \frac{15 \times 63691}{1470 \times 100 \times 8,5^2} = 0,08995$$

$$k = 26,46, \quad \varepsilon = 0,8795, \quad d = 1,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$\Delta = \frac{63691}{1470 \times 0,8795 \times 8,5} = 5,8 \text{ cm}^2$$

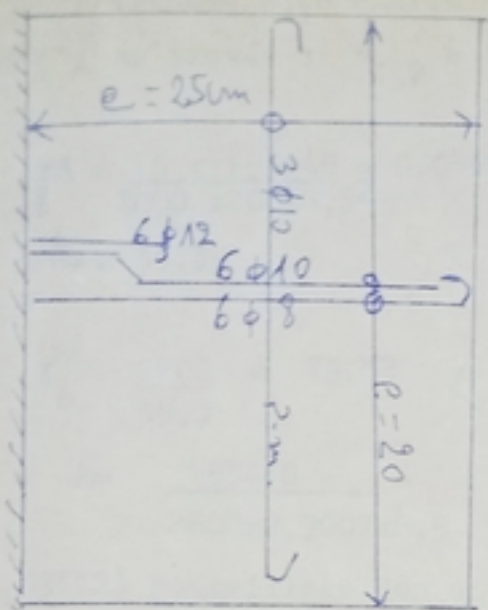
6,03 ) Ferraillage de l'appuit dans le sens Y

$$\mu = \frac{15 \times 134570}{1470 \times 100 \times 8,5^2} = 0,19006$$

$$k = 15,98, \quad \varepsilon = 0,8386, \quad d = 1,5 \text{ cm}$$

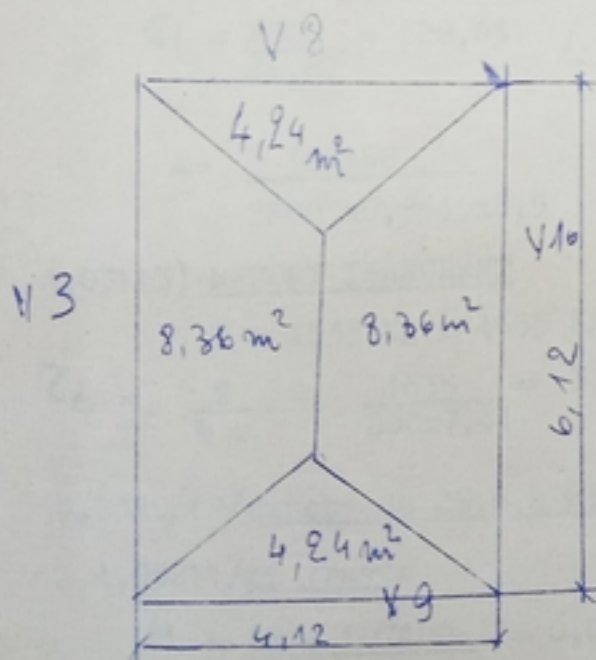
$$\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$$

$$\Delta = \frac{134570}{1470 \times 0,8386 \times 8,5} = 12,84 \text{ cm}^2$$



CHARGES Reçues par les VOILES

$$q = 0,586 \frac{T}{m^2}$$



$$\rightarrow \frac{0,586 \times 4,24}{4,12} = 0,6 T/ml$$

$$\rightarrow 0,6 T/ml$$

$$\rightarrow \frac{0,586 \times 8,36}{6,12} = 0,8 T/ml$$

$$\rightarrow 0,8 T/ml$$

4,03) VOILES SOUMIS A LA PRESSION DES GRAINS ET SUCCSSION EXTREME DU VENT

4,031/2°/tranche 23,6 à 21,6 = H = 2m

4,03111/ en travée :  $M_{1,2} = 1,53\ 448\ T.m$

$$\mu = \frac{15 \times 153448}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,05688$$

$$k = 35,30$$

$$\xi = 0,9007$$

$$d = 2,5\ cm$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{35,3} = 79,32 \quad \angle \quad 165\ Kg/cm^2 =$$

$$A = \frac{153448}{2800 \times 0,9007 \times 8,5} = 7,16\ cm^2$$

4,03112) Ferrailage des appuis

$$M_{ap} = 3,25168$$

$$\mu = \frac{15 \times 325\ 168}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,12055$$

$$k = 21,87$$

$$\xi = 0,8645$$

$$d = 25\ cm$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{21,87} = 128,03 \quad \angle \quad = 165\ Kg/cm^2$$

$$A = \frac{325168}{2800 \times 0,8645 \times 8,5} = 15,8\ cm^2$$

4,03113) EFFORT TRANCHANT

$$T = 4635\ Kg = 4635\ Kg$$

$$\tau_b = \frac{T}{b \ z} = \frac{4635}{200 \times 7,44} = 3,11 \quad \angle \quad = 5 \times 7,14 = 35,7\ Kg/cm^2$$

4,032 /1°/banche de 25,6 à 23,6  $M_{1,2} = 1,074\ T.m$

4,03211/en travée

$$\mu = \frac{15 \times 107400}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,039817$$

$$k = 43,82$$

$$\xi = 0,9151$$

$$d = 2,5\ cm$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{43,82} = 63,89 \quad \angle \quad = 165\ Kg/cm^2$$

$$A = \frac{107400}{2800 \times 0,9151 \times 8,5} = 4,93 \text{ cm}^2$$

4,03212/ SUR APPUIT

$$M_{A-B-C} = 2,242 \text{ T.m}$$

$$\mu = \frac{15 \times 224200}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,08312$$

$$k = 27,88 \quad \epsilon = 0,8832 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{224200}{2800 \times 0,8832 \times 8,5} = 10,66 \text{ cm}^2$$

4,03213/ EFFORT TRANCHANT

$$T = 3,11 \text{ T} = 3110 \text{ Kg}$$

$$\tau = \frac{3110}{200 \times 7,44} = 2,09 \text{ Kg/cm}^2 \quad \tau_5 = 7,14 \times 5 = 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,033/ 3° bande : 21,6 à 19,6

4,03311) Moment en travée :  $M_{1,2} = 1,80852 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \cdot 180852}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,06704$$

$$k = 31,90 \quad \epsilon = 0,8935 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = \frac{2800}{31,9} = 87,9 \text{ Kg/cm}^2 < 185 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{180852}{2800 \times 0,8935 \times 8,5} = 8,5 \text{ cm}^2$$

4,03312/ MOMENT SUR APPUIT

$$M_{ap} = 3,82852 \text{ T.m}$$

$$\mu = \frac{15 \times 382852}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,14194$$

$$k = 19,58 \quad \epsilon = 0,8555 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b' = \frac{2800}{19,58} = 143 \text{ Kg/cm}^2 < 165 \text{ Kg/cm}^2 =$$

$$A = \frac{382852}{2800 \times 0,8555 \times 8,5} = 18,8 \text{ cm}^2$$



4,03313/ EFFORT TRANCHANT

$$T = 5521 \text{ Kg} \quad \tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{5521}{200 \times 7,44} = 371 \quad \angle \quad 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,034 4° BANDE 19,6 à 17,6

4,03411) en travée :  $M_{1,2} = 1,96735 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 196735}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,07294$$

$$k = 30,29 \quad \epsilon = 0,8897 \quad d = 2,5 \text{ cm.}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{30,29} = 92,43 \text{ kg/cm}^2 < 165 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{196735}{2800 \times 0,8897 \times 8,5} = 9,3 \text{ cm}^2$$

4,03412) Sur appuit :  $M_{A,B,C} = 4,16635 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 416635}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,15446$$

$$k = 18,47 \quad \epsilon = 0,8057 \quad d = 2,5 \text{ cm.}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{18,47} = 151,59 \quad \angle \quad 165 \text{ Kg/cm}^2 = \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{416635}{2800 \times 0,8057 \times 8,5} = 20,57 \text{ cm}^2$$

4,03413/ EFFORT TRANCHANT

$$T = 6056 \text{ Kg} \quad \tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{6056}{200 \times 7,44} = 4,0 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle \quad 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,035/ 5éme BANDE 17,6 à 15,6

4,03511/ Moient en travée  $M_{1,2} = 2,02154 \text{ T.M}$

$$\mu = \frac{15 \times 202154}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,07495$$

$$k = 29,72 \quad \epsilon = 0,8883 \quad d = 2,5 \text{ cm.}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{29,72} = 94,21 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle \quad 137 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{202154}{2800 \times 0,8893 \times 8,5} = 9,56 \text{ cm}^2$$

$$4,03512 / \text{Moment sur appuit : } M_{A-B-C} = 4,39214 \text{ T.n}$$

$$M = \frac{15 \times 439214}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,16283$$

$$k = 17,81 \quad \epsilon = 0,8479 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{17,81} = 157,2 \quad \angle = 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{439214}{2800 \times 0,8479 \times 8,5} = 21,76 \text{ cm}^2$$

$$4,03513 / \text{Effort tranchant}$$

$$T = 6407 \text{ Kg} \quad \tau_b = \frac{6407}{200 \times 7,44} = 4,3 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$4,036 / \text{6ème BANDE 15,6 à 13,6}$$

$$4,03611 / \text{en travée} \quad M_{1-2} = 2,14432 \text{ T.n}$$

$$M = \frac{15 \times 214432}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,079498$$

$$k = 28,63 \quad \epsilon = 0,8855 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{28,63} = 97,8 \quad \angle = 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{214432}{2800 \times 8,5 \times 0,8855} = 10,17 \text{ cm}^2$$

$$4,03612 / \text{Sur l'appuit : } M_{ap} = M_{A,B,C} = 4,53932 \text{ T.n}$$

$$M = \frac{15 \times 453932}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,16829$$

$$k = 17,42 \quad \epsilon = 0,8459 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{17,42} = \text{Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{453932}{2800 \times 8,5 \times 0,8459} = 22,55 \text{ cm}^2$$

$$4,03613 / \text{Effort tranchant}$$

$$T = 6654 \text{ T} \quad \tau_b = \frac{6654}{200 \times 7,44} = 4,77 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,037/ 7ème BANDE 11;6 à 13,6

4,03711/ En travée :  $M_t = M_{1,2} = 2,20179 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 2,20179}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,08163$$

$$k = 28,18$$

$$\xi = 0,8843$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{28,18} = 99,36 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle = 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{220179}{2800 \times 200 \times 0,8843} = 10,46 \text{ cm}^2$$

4,03712/ Sur l'appuit :  $M_{ap} = M_{A,B,C} = 4,66079 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 4,66079}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,17279$$

$$k = 17,09$$

$$\xi = 0,8443$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{17,09} = 164 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{466079}{2800 \times 8,5 \times 0,8443} = 23,19 \text{ cm}^2$$

4,037 13/ Etude de l'effort tranchant

$$T = 6839$$

$$\tau_b = \frac{6839}{200 \times 7,44} = 4,6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\angle 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,038/ 8ème ANDE : 11,6 à 9,6

4,03811/ en travée :  $M_t = M_{1,2} = 2,23404 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 2,23404}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,08283$$

$$k = 27,88$$

$$\xi = 0,8835$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{27,88} = 100,4 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle = 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{223404}{2800 \times 8,5 \times 0,8835} = 10,62 \text{ cm}^2$$

4,03812/ sur appuit :  $M_{ap} = M_{A,B,C} = -4,73004 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 4,73004}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,17536$$

$$k = 16,93$$

$$\xi = 0,8435$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{16,93} = 165,3 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{473004}{2800 \times 8,5 \times 0,8435} = 23,56 \text{ cm}^2$$

4,03813/ Effort tranchant

$$T = 6963 \text{ Kg}$$

$$\tau_b = \frac{6963}{200 \times 7,44} = 4,68 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,039/ 9ème BANDE 9,6 à 7,6

$$4,03911/ \text{ en travée } : M_{1,2} = 2,27174 \text{ T.n}$$

$$\mu = \frac{15 \times 227174}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,08422$$

$$k = 27,59$$

$$\epsilon = 0,8827$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{27,59} = 101,48 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{227174}{2800 \times 8,5 \times 0,8827} = 10,8 \text{ cm}^2$$

$$4,03912/ \text{ Sur appuit } : M_{ap} = M_{A,B,C} = 4,81274 \text{ T.n}$$

$$\mu = \frac{15 \times 481274}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,17842$$

$$k = 16,77$$

$$\epsilon = 0,8425$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{16,77} = 166,9 \text{ Kg/cm}^2 \quad 165,4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{481274}{2800 \times 8,5 \times 0,8425} = 24 \text{ cm}^2$$

4,03913/ Effort tranchant

$$T = 7086$$

$$\tau_b = \frac{7086}{200 \times 7,44} = 4,76 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,04 / 10ème BANDE 7,6 à 5,6

$$4,0411/ \text{ En travée } M_{1,2} = 2,28327 \text{ T.n}$$

$$\mu = \frac{15 \times 228.527}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,08472$$

$$k = 27,52$$

$$\epsilon = 0,8825$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{27,52} = 101,7 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 165 \text{ Kg/cm}^2$$



$$A = \frac{228527}{2800 \times 8,5 \times 0,8825} = 10,88 \text{ cm}^2$$

$$4,0412 / \text{sur appuit} : M_{A,B,C} = 4,83827 \text{ T.m}$$

$$\mu = \frac{15 \times 483827}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,1753$$

$$k = 16,65$$

$$\varepsilon = 0,8421$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_s = \frac{2800}{16,69} = 167,7 \text{ Kg/cm}^2 = 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{483827}{2800 \times 8,5 \times 0,8421} = 24,1 \text{ cm}^2$$

$$4,0413 / \text{Effort tranchant}$$

$$T = 7128 \text{ Kg}$$

$$\tau_t = \frac{7128}{200 \times 7,44} = 4,79 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\angle 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$



Force des grains							Succesion extrême du vent							Sollicitations						Succesion extrême		Succesion					
h m	P T/ml	M <sub>A,B</sub> T.m	M <sub>c</sub> T.m	M <sub>1,2</sub> T.m	T T	T(H <sup>1/2</sup> -e) T.m	f T/ml	M <sub>A,B</sub> T.m	M <sub>c</sub> T.m	M <sub>1,2</sub> T.m	T T	T(H <sup>1/2</sup> -e) T.m	M <sub>1</sub> = M <sub>AA</sub> - T(H <sup>1/2</sup> -e) T.m		M <sub>2</sub> = M <sub>CC</sub> - T(H <sup>1/2</sup> -e) T.m		M <sub>3</sub> = M <sub>1,2</sub> - T(H <sup>1/2</sup> -e) T.m		M <sub>A,B</sub> T.m	M <sub>c</sub> T.m	M <sub>1,2</sub> T.m	Section d'axe cm <sup>2</sup>	Section d'axe cm <sup>2</sup>				
													P <sub>G</sub>	S <sub>E</sub>	P <sub>G</sub>	S <sub>E</sub>	P <sub>G</sub>	S <sub>E</sub>						Appuis tenues	travers tenues	Appuis tenues	travers tenues
25,6 23,6	1,51	2,137	3,137	1,067	3,11	0,11	0,18	0,255	0,255	0,137	0,371	0,013	2,03	0,212	2,03	0,212	0,96	0,114	2,242	2,242	1,074	10,66	4,96	9,6	4,39	1,66	0,78
23,6 21,6	2,25	3,184	3,184	1,59	3,635	0,162	0,171	0,242	0,242	0,12	0,352	0,0123	3,022	0,22968	3,022	0,22968	1,4278	0,10768	3,25168	3,25168	1,53448	15,8	7,16	14,62	6,93	1,62	0,75
21,6 19,6	2,68	3,793	3,793	1,894	5,521	0,1932	0,17	0,241	0,241	0,12	0,35	0,0123	3,59975	0,22875	3,59975	0,22875	1,70077	0,10775	3,8284	3,8284	1,80852	18,8	8,5	17,61	7,97	1,62	0,75
19,6 17,6	2,94	4,161	4,161	2,077	6,056	0,2136	0,162	0,229	0,229	0,114	0,334	0,01189	3,94904	0,21731	3,94904	0,21731	1,86504	0,10231	4,16635	4,16635	1,96735	20,57	9,3	19,44	8,78	1,55	0,72
17,6 15,6	3,11	4,404	4,404	2,1974	6,4066	0,2243	0,16	0,226	0,226	0,113	0,33	0,01155	4,11763	0,21445	4,11763	0,21445	1,92009	0,10145	4,39214	4,39214	2,02154	21,76	9,56	20,64	9,06	1,48	0,69
15,6 13,6	3,23	4,571	4,571	2,282	6,6538	0,23283	0,15	0,212	0,212	0,106	0,31	0,0108	4,33817	0,20115	4,33817	0,20115	2,04817	0,09515	4,53932	4,53932	2,14432	22,55	10,16	21,48	9,7	1,43	0,66
13,6 11,6	3,32	4,699	4,699	2,346	6,839	0,239365	0,15	0,212	0,212	0,106	0,31	0,01085	4,459635	0,20115	4,459635	0,20115	2,106635	0,09515	4,660785	4,660785	2,20179	23,19	10,46	22,13	9,99	1,36	0,63
11,6 9,6	3,38	4,783	4,783	2,382	6,963	0,243705	0,142	0,201	0,201	0,1	0,293	0,01026	4,539235	0,190745	4,539235	0,190745	2,114835	0,089745	4,73004	4,73004	2,23404	23,56	10,62	22,55	10,17	1,36	0,63
9,6 7,6	3,44	4,87	4,87	2,439	7,086	0,24801	0,142	0,201	0,201	0,1	0,293	0,01026	4,62199	0,190745	4,62199	0,190745	2,18199	0,089745	4,812735	4,812735	2,271735	24	10,5	22,99	10,56	1,36	0,63
7,6 5,6	3,46	4,897	4,897	2,445	7,128	0,24948	0,142	0,201	0,201	0,1	0,293	0,01026	4,64752	0,190745	4,64752	0,190745	2,1952	0,08745	4,83827	4,83827	2,289265	24,1	10,88	23,12	10,43	1,36	0,63



VIBES

4,051/ Tranche 25,6 à 23,6

4,05111/ Moment en travée 1 et 2  $M_t = 0,17765 \text{ T;m}$

$$\mu = \frac{15 \times 17765}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,006586$$

$$k = 120,9 \quad \varepsilon = 0,9632 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{120,9} = 23,12 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{17765}{2800 \times 8,5 \times 0,9632} = 0,78 \text{ cm}^2$$

4,05112/ Moment sur appuit A,B,C =  $M_{ap} = 0,37608 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{37608 \times 15}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,013943$$

$$k = 80,06 \quad \varepsilon = 0,9495 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{80,06} = 34,97 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{37608}{2800 \times 8,5 \times 0,9495} = 1,66 \text{ cm}^2$$

4,05113/ Effort tranchant

$$T = 5768 \text{ Kg}, \quad \tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{5768}{200 \times 7,44} = 3,88 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,052/ TRANCHES 23,6 A 21,6 ET 21,6 A 19,6

4,05211/ Moment en travée 1,2 =  $M_t = 0,1713$  T.m

$$M = \frac{15 \times 17130}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,006351$$

$$k = 123,9 \quad \varepsilon = 0,9639 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b' = \frac{2800}{123,9} = 22,6 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{17130}{2800 \times 8,5 \times 0,9639} = 0,75 \text{ cm}^2$$

4,05212/ Moment sur appuit A,B,C =  $M_{ap} = 0,36264$  T.m

$$M = \frac{36264 \times 15}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,01344$$

$$k = 81,90 \quad \varepsilon = 0,9484 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b' = \frac{2100}{81,90} = 34,2 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{36264}{2800 \times 8,5 \times 0,9484} = 1,6$$

4,05213/ Effort tranchant

$$T = 5562 \text{ Kg} \quad , \quad \tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{5562}{200 \times 7,44} = 3,74 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$



4,053/ TRANCHE 18,6 A 17,6

$$4,05311/ \text{Moment en travée 1,2} = M_t = 0,16496 \text{ T.m}$$

$$M = \frac{15 \times 16496}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,006116$$

$$k = 125,4 \quad \epsilon = 0,9645 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{125,4} = 22,33 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{19496}{2800 \times 8,5 \times 0,9645} = 0,72 \text{ cm}^2$$

$$4,05312/ \text{Moment sur appuit A,B,C} = M_{ap} = 0,34921 \text{ T.m}$$

$$M = \frac{15 \times 34921}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,01295$$

$$k = 83,42 \quad d = 2,5 \text{ cm} \quad \epsilon = 0,9493$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{83,42} = 33,56 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{34921}{2800 \times 8,5 \times 0,9493} = 1,55 \text{ cm}^2$$

4,05313/ Effort tranchant

$$T = 5356 \text{ Kg} \quad \tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{5356}{200 \times 7,44} = 3,6 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,054/ TRANCHE 17,6 a 15,6

$$4,05411/ \text{Moment en travée 1,2} = \quad = 0,15861 \text{ T.m}$$

$$M = \frac{15861 \times 15}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,00588$$

$$k = 127,9 \quad \epsilon = 0,965 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{127,9} = 21,89 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{15861}{2800 \times 8,5 \times 0,9651} = 0,69 \text{ cm}^2$$

$$4,05412/ \text{Moment sur appuit A,B,C} = M_{ap} = 0,33578 \text{ T.m}$$

$$M = \frac{33578 \times 15}{2800 \times 200 \times 8,5} = 0,01245$$

$$k = 85,40 \quad \epsilon = 0,9503 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{85,40} = 32,8 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{33578}{2800 \times 8,5 \times 0,9503} = 1,48 \text{ cm}^2$$

$$4,05413/ \text{Effort tranchant}$$

$$T = 5150 \text{ Kg}$$

$$\tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{5150}{200 \times 7,44} = 3,46 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$4,055/ \text{TRANCHE 15,6 A 13,6}$$

$$4,05511/ \text{Moment en travée 1,2} = M_t = 0,15227 \text{ T.m}$$

$$M = \frac{15 \times 15227}{2800 \times 200 \times 8,5} = 0,00565$$

$$k = 131,2 \quad \epsilon = 0,9659 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{131,2} = 21,34 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{15227}{2800 \times 8,5 \times 0,9659} = 0,66 \text{ cm}^2$$

$$4,05512/ \text{Moment sur appuit A,B,C} = M_{ap} = 0,32236 \text{ T.m}$$

$$M = \frac{15 \times 32236}{2800 \times 200 \times 8,5} = 0,01195$$

$$k = 87,04 \quad \epsilon = 0,9511 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{87,04} = 32,17 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{32236}{2800 \times 8,5 \times 0,9511} = 1,43 \text{ cm}^2$$

$$4,05513/ \text{Effort tranchant}$$

$$T : 4944 \text{ Kg}$$

$$\tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{4944}{200 \times 7,44} = 3,32 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,056/ TRANCHES 13,6 A 11,6 - 11,6 A 9,6 - 9,6 A 7,6 - 7,6 A 5,6

4,05611/ Moment en travée 1,2 =  $M_t = 0,14593 \text{ T.m}$

$$M = \frac{15 \times 14593}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,00541$$

$$k = 133,8 \quad \epsilon = 0,9665 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{133,8} = 20,9 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{145930}{2800 \times 8,5 \times 0,9665} = 0,63 \text{ cm}^2$$

4,05612/ Moment sur appuit A,B,C =  $M_{ap} = 0,30893 \text{ T.m}$

$$M = \frac{15 \times 30893}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,01145$$

$$k = 89,17 \quad \epsilon = 0,9521 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{89,17} = 31,4 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{30893}{2800 \times 8,5 \times 0,9521} = 1,36 \text{ cm}^2$$

$$T = 4738 \text{ Kg} \quad \tau_b = \frac{4738}{200 \times 7,44} = 3,18 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,06/ FERRAILLAGE DES VOILES INTERIEURS SOUMIS UNIQUEMENT A LA POUSSEE DES GRAINS

4,061/ Bande en travée 1,2 =  $M_t = 0,96 \text{ T.m}$

$$M = \frac{15 \times 96000}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,03559$$

$$k = 46,88 \quad \epsilon = 0,9193 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{46,88} = 59,73 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{96000}{2800 \times 8,5 \times 0,9193} = 4,39 \text{ cm}^2$$

4,06112/ Moment sur appuit A,B,C =  $M_{ap} = 2,03 \text{ T.m}$

$$M = \frac{15 \times 203000}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,07526$$

$$k = 29,64 \quad \epsilon = 0,881 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{29,64} = 94,47 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{203000}{2800 \times 8,5 \times 0,8881} = 9,6 \text{ cm}^2$$

4,06113/ Effort tranchant  
 $T = 3110 \text{ Kg}$

$$\tau_b = \frac{T}{b \times z} = \frac{3110}{200 \times 7,44} = 2,09 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,062/ BANDE 23,6 A 21,6 ...

4,06211/ Moment en travée 1,2 :  $M_t = 1,4678 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 1,4678}{2800 \times 200 \times 6,5^2} = 0,05516$$

$$k = 36,02 \quad \varepsilon = 0,021 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{36,02} = 77,73 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{1,4678}{2800 \times 6,5 \times 0,021} = 6,93 \text{ cm}^2$$

4,06212/ Moment sur appuit A,B,C =  $M_{ap} = 3,022 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{302200 \times 15}{2800 \times 200 \times 6,5^2} = 0,1120$$

$$k = 22,94 \quad \varepsilon = 0,8663 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{22,94} = 122,05 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{302200}{2800 \times 6,5 \times 0,8663} = 14,62 \text{ cm}^2$$

4,06213/ Effort tranchant

$$T = 4635 \text{ Kg} \quad \tau_s = \frac{4635}{200 \times 7,44} = 3,11 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 55,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,063 / BANDE 21,6 A 19,6

4,06311/ Moment en travée 1,2  $M_t = 1,70072 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 1,70072}{2800 \times 200 \times 6,5^2} = 0,06305$$

$$k = 33,17 \quad \varepsilon = 0,8963 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{33,17} = 84,4 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{1,70072}{2800 \times 6,5 \times 0,8963} = 7,97 \text{ cm}^2$$



4,06312/ Moment sur appuit A,B,C =  $M_{ap} = 3,59977 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 359977}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,13346$$

$$k = 20,41 \quad E = 0,8509 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{20,41} = 137,18 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{359977}{200 \times 8,5 \times 0,8509} = 17,61 \text{ cm}^2$$

4,06313/ Effort tranchant

$$T = 5521 \text{ Kg} \quad \tau_b = \frac{5521}{200 \times 7,44} = 3,71 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,064 / PANLE 19,6 A 17,6

4,06411/ Moment en travée 1,2  $M_T = 1,86504 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{186504 \times 15}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,05914$$

$$k = 31,30 \quad E = 0,08921 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{31,30} = 89,47 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{186504}{2800 \times 8,5 \times 0,8921} = 8,78 \text{ cm}^2$$

4,06412/ Moment sur appuit  $M_{ap} = 3,94904 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{394904 \times 15}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,14641$$

$$k = 19,15 \quad E = 0,8537 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{19,15} = 146,2 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{394904}{2800 \times 8,5 \times 0,8537} = 19,44 \text{ cm}^2$$

4,06413/ Effort tranchant

$$T = 6056 \quad \tau_b = \frac{6056}{200 \times 7,44} = 4,07 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,065/ BANDE 15,6 A 17,6

4,06511/ Moment en travée :  $M_t = 1,92009 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{192009 \times 15,6}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,071185$$

$$k = 30,54 \quad \epsilon = 0,8903 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_E = \frac{2800}{30,54} = 91,68 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{192009}{2800 \times 8,5 \times 0,8903} = 9,06 \text{ cm}^2$$

4,06512/ Moment sur appuit A,B,C =  $M_{ap} = 4,17769 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 417769}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,154882$$

$$k = 18,42 \quad \epsilon = 0,8505 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{18,42} = 152 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{417769}{2800 \times 8,5 \times 0,8505} = 20,64 \text{ cm}^2$$

4,06513/ Effort tranchant

$$T = 6406,6 \quad \tau_b = \frac{T}{b_z} = \frac{6406,6}{200 \times 7,44} = 4,3 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

4,066/ BANDE 13,6 A 15,6

4,06611/ Moment en travée :  $M_t = 2,04917 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 204917}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,075970$$

$$k = 29,48 \quad \epsilon = 0,0877 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{29,48} = 94,98 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{204917}{2800 \times 8,5 \times 0,8877} = 9,7 \text{ cm}^2$$

4,06612/ Moment sur appuit A,B,C =  $M_{ap} = -4,33817 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 433817}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,16083$$

$$k = 17,98 \quad \epsilon = 0,8485 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b' = \frac{2800}{17,98} = 155,73 \quad \text{cm}^2 \quad \underline{/165 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A = \frac{433817}{2800 \times 8,5 \times 0,8485} = 21,48 \text{ cm}^2$$

4,06613/ Effort tranchant

$$T = 6653,8 \text{ Kg}$$

$$\tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{6653,8}{200 \times 7,44} = 4,47 \text{ Kg/cm}^2 \quad \underline{/35,7 \text{ Kg/cm}^2}$$

4,067/ BANDE 11,6 A 13,6

4,06711/ Moment en travée  $M_t = 2,106635 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 210664}{2800 \times 200 \times 6,5^2} = 0,0781$$

$$k = 29,01$$

$$\epsilon = 0,8864$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b' = \frac{2800}{29,01} = 96,5 \quad \text{Kg/cm}^2 \quad \underline{/165 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A = \frac{210664}{2800 \times 8,5 \times 0,8864} = 9,99 \text{ cm}^2$$

4,06712/ Moment sur appuit  $M_{ap} = -4,459635 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 445964}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,16534$$

$$k = 17,64$$

$$\epsilon = 0,8469$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b' = \frac{2800}{17,64} = 158,7 \quad \text{/cm}^2 \quad \underline{/165 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A = \frac{445964}{2800 \times 8,5 \times 0,8469} = 22,13 \text{ cm}^2$$

4,06713/ Effort tranchant

$$T = 6839 \text{ Kg}$$

$$\tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{6839}{200 \times 7,44} = 4,59 \text{ Kg/cm}^2 \quad \underline{/35,7 \text{ Kg/cm}^2}$$

4,068/ BANDE 9,6 A 11,6

4,06811/ Moment en travée 1,2 :  $M_t = 2,144295 \text{ T.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 214429}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,07949$$

$$k = 28,63$$

$$\epsilon = 0,8855$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b' = \frac{2800}{28,63} = 97,8 \text{ Kg/cm}^2 \quad \underline{/165 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A = \frac{214429,5}{2800 \times 8,5 \times 0,8855} = 10,17 \text{ cm}^2$$

$$4,06812 / \text{Moment sur appuit A,B,C} = M_{ap} = 4,539295 \text{ T.m}$$

$$M = \frac{4539295 \times 15}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,16829$$

$$k = 17,42 \quad \epsilon = 0,8459 \quad d = 2,5 \text{ cm}^2$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{17,42} = 160,7 \text{ cm}^2 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{453929,5}{2800 \times 8,5 \times 0,8459} = 22,55 \text{ cm}^2$$

$$T = 6960 \quad \tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{6690}{200 \times 7,44} = 4,49 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$4,069 / \text{BANDE 7,6 A 9,6}$$

$$4,06911 / \text{Moment en travée 1,2} = M_t = 2,18199 \text{ T.m}$$

$$M = \frac{15 \times 218199}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,080694$$

$$k = 28,33 \quad \epsilon = 0,8847 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{28,33} = 98,84 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{218199}{2800 \times 8,5 \times 0,8847} = 10,36 \text{ cm}^2$$

$$4,06912 / \text{Moment sur appuit A,B,C} = M_{ap} = 4,62199 \text{ T.m}$$

$$M = \frac{462199 \times 15}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,17135$$

$$k = 17,22 \quad \epsilon = 0,8449 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{17,22} = 162,6 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{462199}{2800 \times 8,5 \times 0,8449} = 22,99 \text{ cm}^2$$

$$4,06913 / \text{Effort tranchant}$$

$$T = 7086 \text{ Kg} \quad \tau_b = \frac{7086}{200 \times 7,44} = 4,76 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 3,57 \text{ Kg/cm}^2$$

$$4,07 / \text{BANDE 5,6 A 7,6}$$

$$4,0711 / \text{Moment en travée 1,2} = M_t = 2,19552 \text{ T.m}$$

$$M = \frac{15 \times 219552}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,081396$$

$$k = 28,25 \quad \epsilon = 0,8845 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{28,25} = 99,11 \text{ Kg/cm}^2 \quad < 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{219552}{2800 \times 8,5 \times 0,8845} = 10,43 \text{ cm}^2$$

.../...



Temp	$T_{cell}$	$M_{10}$	$M_{20}$	$M_{30}$	$T$	$r(1-\frac{1}{2})$	$K_{10}$	$K_{20}$
18.0	0,17	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
18.5	0,17	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
19.0	0,18	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
19.5	0,18	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
20.0	0,19	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
20.5	0,19	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
21.0	0,20	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
21.5	0,20	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
22.0	0,21	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
22.5	0,21	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
23.0	0,22	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
23.5	0,22	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
24.0	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
24.5	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
25.0	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
25.5	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
26.0	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
26.5	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
27.0	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
27.5	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
28.0	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
28.5	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
29.0	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
29.5	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608
30.0	0,23	0,30224	0,30629	0,13784	0,5748	0,02019	0,37608	0,37608

HYPOTHESE 2 ARRANGEMENT LEUITS DEFAVORABLE : CELLULES VIDES SOUMIS UNIQUEMENT A EXTREME DU VIV

Temp	$T_{cell}$	$M_{10}$	$M_{20}$	$M_{30}$	$T$	$r(1-\frac{1}{2})$	$K_{10}$	$K_{20}$
18.0	0,17	2,03	0,96	9,6	0,37			
18.5	0,17	2,03	0,96	9,6	0,37			
19.0	0,18	2,03	0,96	9,6	0,37			
19.5	0,18	2,03	0,96	9,6	0,37			
20.0	0,19	2,03	0,96	9,6	0,37			
20.5	0,19	2,03	0,96	9,6	0,37			
21.0	0,20	2,03	0,96	9,6	0,37			
21.5	0,20	2,03	0,96	9,6	0,37			
22.0	0,21	2,03	0,96	9,6	0,37			
22.5	0,21	2,03	0,96	9,6	0,37			
23.0	0,22	2,03	0,96	9,6	0,37			
23.5	0,22	2,03	0,96	9,6	0,37			
24.0	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
24.5	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
25.0	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
25.5	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
26.0	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
26.5	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
27.0	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
27.5	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
28.0	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
28.5	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
29.0	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
29.5	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			
30.0	0,23	2,03	0,96	9,6	0,37			

VALLES SOUMIS UNIQUEMENT A EXTREME DU VIV CERTAINS QUAND LES CELLULES SONT CHARGES

$$4,0712 / \text{Moment sur appuit A,B,C} = M_{ap} = 4,64752 \text{ T.m}$$

$$\mu = \frac{15 \times 464752}{2800 \times 200 \times 8,5} = 0,17230$$

$$k = 17,15$$

$$\epsilon = 0,8445$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{17,15} = 163,26 \quad \swarrow 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{464752}{2800 \times 8,5 \times 0,8445} = 23,12 \text{ cm}^2$$

#### 4,0713/ Effort tranchant

$$T = 7128 \text{ Kg}$$

$$\tau_b = \frac{T}{b_z} = \frac{7128}{200 \times 7,44} = 4,79 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 35,7 \text{ Kg/cm}^2$$

#### CADRES HORIZONTALS POUR LES VOILES

Vue la section d'armature qu'on trouve pour les bandes de 2m, on a adoptera alors de bas en haut trois bandes sur lesquelles on mettera respectivement la même section d'acier.

Armatures qui reprennent la poussée des grains et la succission du vent.

#### 1°) BANDE 25,6 A 23,6

) en travée

$$M_{1,2} = 1,074 - 0,17765 = 0,89635 \text{ T.m}$$

$$\mu = \frac{15 \times 89635}{2800 \times 200 \times 8,5} = 0,03323$$

$$k = 48,77$$

$$\epsilon = 0,9217$$

$$d = 1,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{48,77} = 57,41 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{89635}{2800 \times 8,5 \times 0,9217} = 4,09 \text{ cm}^2$$

#### B/ sur les appuis

$$M_{A,B,C} = 2,242 - 0,37608 = 1,86592 \text{ T.m}$$

$$\mu = \frac{15 \times 186592}{2800 \times 200 \times 8,5} = 0,06918$$

$$k = 31,30$$

$$\epsilon = 0,8921$$

$$d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{31,30} = 89,46 \text{ Kg/cm}^2 \quad \swarrow 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{186592}{2800 \times 8,5 \times 0,8921} = 8,79 \text{ cm}^2$$

2°) BANDE 23,6 A 15,6

) en travée

$$M_{1,2} = 2,02154 - 0,15861 = 1,86293 \text{ T.m}$$

$$\mu = \frac{15 \times 186293}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,069066$$

$$k = 31,3 \quad \epsilon = 0,8921 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{31,3} = 89,46 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{186293}{2800 \times 8,5 \times 0,8921} = 8,77 \text{ cm}^2$$

B) Sur appuit

$$M_{A,B,C} = 4,39214 - 0,33578 = 4,05636 \text{ T.m}$$

$$\mu = \frac{15 \times 405636}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,15038$$

$$k = 18,83 \quad \epsilon = 0,853 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{18,83} = 148,7 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{405636}{2800 \times 8,5 \times 0,8523} = 20 \text{ cm}^2$$

3) BANDE 5,6 A 15,6

) en travée

$$M_{1,2} = 2,28327 - 0,14593 = 2,13734$$

$$\mu = \frac{15 \times 213734}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,07924$$

$$k = 28,71 \quad \epsilon = 0,8857 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{28,71} = 97,53 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{213734}{2800 \times 8,5 \times 0,8857} = 10,13 \text{ cm}^2$$

B) Sur les appuis

$$M_{A,B,C} = 4,83827 - 0,30893 = 4,52934 \text{ T.m}$$

$$\mu = \frac{15 \times 452934}{2800 \times 200 \times 8,5^2} = 0,16792$$

$$k = 17,42 \quad \epsilon = 0,8459 \quad d = 2,5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{17,42} = 160,73 \text{ Kg/cm}^2 \quad \angle 165 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{452934}{2800 \times 8,5 \times 0,8459} = 22,5 \text{ cm}^2$$

On résume toutes les sections d'armatures des voiles qui sont dues à la poussée des grains, pression du vent, poussée des grains plus succission du vent.

FERRAILLAGE VERTICALE DES VOILES.

$$\sigma'_s = \frac{N}{B + n A_c}$$

$$(B + n A_c) \sigma'_s > N$$

$$B + n A_c > \frac{N}{\sigma'_s}$$

$$A = \left( \frac{N}{\sigma'_s} - B \right) \frac{1}{n}$$

$$A_c = \frac{1}{15} \left( \frac{N}{\sigma'_s} - B \right)$$

On prenant la section la plus sollicitée du voile le plus sollicité.

$$\text{On a } B = 15 \times 100 = 1500 \text{ cm}^2$$

$$N = 17,98 + 36,7 = 54,68 \text{ T} = 54680 \text{ Kg/ml}$$

$$= 82,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{N}{82,5} = 663 \text{ cm}^2 < 1500 \text{ cm}^2$$

On prenant la section du voile du niveau 9,6

$$B = 12 \times 100 = 1200$$

$$\frac{N}{B}$$

donc seul le béton suffit à prendre la charge alors on met forfaitairement 8 Ø 8 par ml verticalement dans tous les voiles



23,6 a 15,6      15,6 a 5,6

9,6 cm<sup>2</sup>      20,64 cm<sup>2</sup>      23,12 cm<sup>2</sup>

4 φ 12 / ml      10 φ 12 / ml      10 φ 12 / ml

1,66 cm<sup>2</sup>      1,48 cm<sup>2</sup>      1,36 cm<sup>2</sup>

8 φ 6 / ml      8 φ 6 / ml      6 φ 6 / ml

8,79 cm<sup>2</sup>      20 cm<sup>2</sup>      22,5 cm<sup>2</sup>

4 φ 12 / ml      10 φ 12 / ml      10 φ 12 / ml

4,39 cm<sup>2</sup>      3,06 cm<sup>2</sup>      10,43 cm<sup>2</sup>

4,5 φ 8 / ml      9 φ 8 / ml      9 φ 8 / ml

0,72 cm<sup>2</sup>      0,69 cm<sup>2</sup>      0,63 cm<sup>2</sup>

8 φ 6 / ml      8 φ 6 / ml      8 φ 6 / ml

4,23 cm<sup>2</sup>      8,17 cm<sup>2</sup>      10,13 cm<sup>2</sup>

4,5 φ 8 / ml      9 φ 8 / ml      9 φ 8 / ml

## II- FFET G E N E R A L

Renversement d'après le côté plus court.

## II- FFET L O C A L

Fléchissement des **parcels** :

Le plus dévorable : parois sur les côtés les plus petits avec les cellules pour pression et pleines succission.

## II- T U D E D U V E N T

Toutes les formules utilisées pour l'étude du vent sont conformes au règlement en vigueur qui est le N.V 65 révisé en 1967.

En ce qui concerne la pression dynamique normale et la pression dynamique extrême, l'article 1,22 page 47 nous donne :

$$\frac{q_n}{q_E} = 1,75$$

$q_n$  = pression dynamique normale.

$q_E$  = pression dynamique extrême.

Du niveau qui est en contact avec le sol jusqu'à une hauteur de 10 m la pression normale reste constante.

On ne calculera les sollicitations du vent que sur la plus grande face du silo offerte au vent.

Le silo se situe sur le littoral, le règlement en vigueur pour l'Algérie nous donne  $q_n = 69 \text{ Kg/m}^2$

La hauteur totale du silo est de 29,3 m. Il est en site exposé région I.

Notre silo ne présente aucun effet de masque, ni de crochement, la perméabilité des parois de notre silo % c'est donc une construction à base rectangulaire formée et reposant sur le sol.

La pression normale a différents niveaux, elle est donnée par la formule.

$$q_{nn} = 2,5 q_0 \frac{H+18}{H+60} \text{ (article 1,241 page 55, N.V.65)}$$

REDUCTION DUE A L'EFFET DE DIMENSION

VENT NORMALE

$$91,28 \times 0,74 = 67,55$$

VENT EXTREME

$$159,73 \times 0,74 = 118,2$$

REDUCTIONS

$$r_1 = \frac{91,28 - 67,55}{159,53} = 26\% \quad \angle 33\%$$

$$r_2 = - \frac{118,2 + 159,73}{159,53} = 26\% \quad \angle 33\%$$

CALCUL DES PRESSIONS ET SUCCIONS STATIQUES

- Le coefficient de pression pour face au vent  $C = 0,8$
- le coefficient de succions pour face sous le vent  $C = 0,5$
- $C_s$  doit multiplier  $q_u$  par  $k_s \times \delta \times C$

On calculera les pressions du vent sur les bandes de hauteur 2 m.

On obtient le tableau ci-dessous qui rassemble toutes les pressions et succions à tous les niveaux.



$q_0 = 69 \text{ kg/m}^2$

$= 2,5 \times 69 \frac{H+18}{H+60}$

et  $q_{HE} = 1,75 q_{HN}$

calculera les pressions du vent tous les 2 m de hauteur

0 à 11,6	11,6 à 13,6	13,6 à 15,6	15,6 à 17,6	17,6 à 19,6	19,6 à 21,6	21,6 à 23,6	23,6 à 25,6	25,6 à 27,6	27,6 à 29,6
69	71,88	74,59	77,17	79,62	81,94	84,15	86,25	88,26	91,37
120,75	125,78	130,54	135,05	139,33	143,4	147,26	150,94	150,94	159,89

Site : en region I site expose  $E_s = 1,35$

Pas d'effet de masque

effet de dimension :  $H < 30$   $S = 0,74 = \text{constante}$

-coefficient de pression  $C = 0,8$

Coefficient de succion  $C = -0,5$

Coefficient de trainee  $C = 1,3$

Verification des articles 1,245 et 1,246 page 65 du N.V 65

ensemble des reductions " effet de masque plus effet de dimension " doit pas depasser les 33%

reduction due a l'effet de masque est nulle.

$k_s \times S = 1,35 \times 0,74 = 0,999$

$\text{max} = 91,37 \times 0,999 = 91,28 < 170 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$

$\text{max} = 159,89 \times 0,999 = 159,73 < 2975 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$

$\text{min} = 69 \times 0,999 = 68,93 > 30 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$

$\text{min} = 120,75 \times 0,999 = 120,63 > 52,5 \frac{\text{daN}}{\text{m}^2}$

C'est verifie!

Pressions dynamiques

$\tau_0$	$\beta = \theta(1 + 5\%)$	Anchorage normale		Anchorage extreme	
		Pen $\text{kg}/\text{m}^2$	Suction en $\text{kg}/\text{m}^2$	Pression en $\text{kg}/\text{m}^2$	Suction en $\text{kg}/\text{m}^2$
0,36	1,1836	65,26	40,8	114,22	71,38
0,358	1,18258	67,94	42,45	118,88	74,3
0,354	1,18054	70,37	43,99	123,15	76,97
0,352	1,17952	72,74	45,47	127,3	79,57
0,348	1,17748	74,92	46,83	131,11	81,95
0,345	1,17585	77,01	48,13	134,76	84,23
0,343	1,17483	79,01	49,69	138,28	86,43
0,34	1,1734	80,88	50,55	141,55	88,46
0,335	1,17085	82,59	51,61	144,53	90,33
0,331	1,16881	85,35	53,34	149,36	93,35

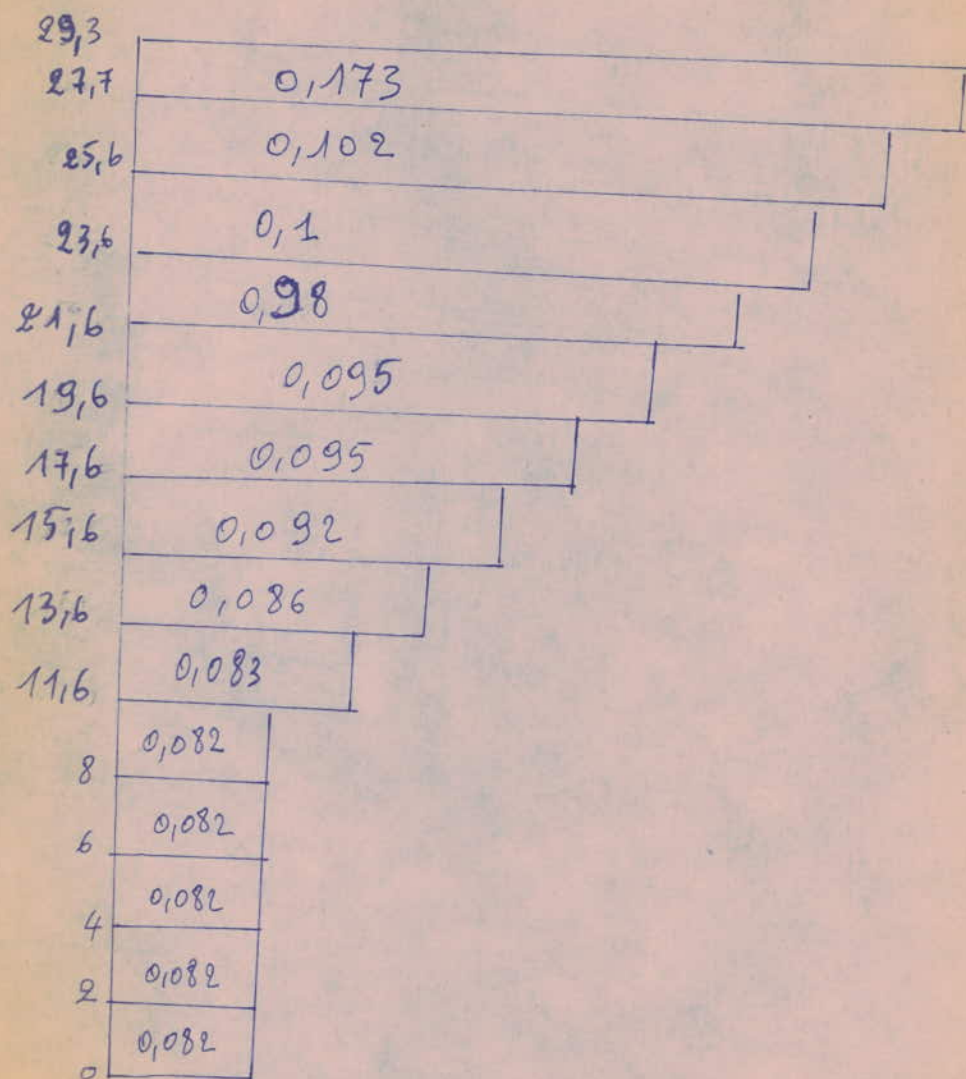


Profondeur	Valeur moyenne surcharge normale		Valeur moyenne surcharge extrême		Surcharge normale par ml horizontale		surcharge extrême par ml horizontale	
	Pression en Kg/m <sup>2</sup>	Sucision en Kg/m <sup>2</sup>	Pression en Kg/m <sup>2</sup>	Sucision en Kg/m <sup>2</sup>	Pression	Sucision	pression	sucision
0 à 11,6	65,26	40,8	114,22	71,38	130,52	81,6	228,44	142,76
11,6 à 13,6	66,6	41,63	116,55	72,84	133,2	83,26	233,1	145,68
13,6 à 15,6	69,16	43,22	121	75,64	138,2	86,44	242	151,28
15,6 à 17,6	71,56	44,73	125,23	78,18	143,12	89,46	250,46	156,36
17,6 à 19,6	73,83	46,15	129,2	80,76	147,66	92,3	258,4	161,52
19,6 à 21,6	75,97	47,48	132,94	83,09	151,94	94,96	265,88	166,18
21,6 à 23,6	78,01	48,91	136,52	85,33	156,02	97,82	273,04	170,66
23,6 à 25,6	79,95	50,12	139,92	87,45	159,9	100,24	279,84	174,9
25,6 à 27,6	81,74	51,08	143,04	89,4	162,28	102,16	286,08	178,8
27,6 à 29,6	83,97	52,49	146,95	91,84	277,02	173,18	484,94	303,072

Vent normale

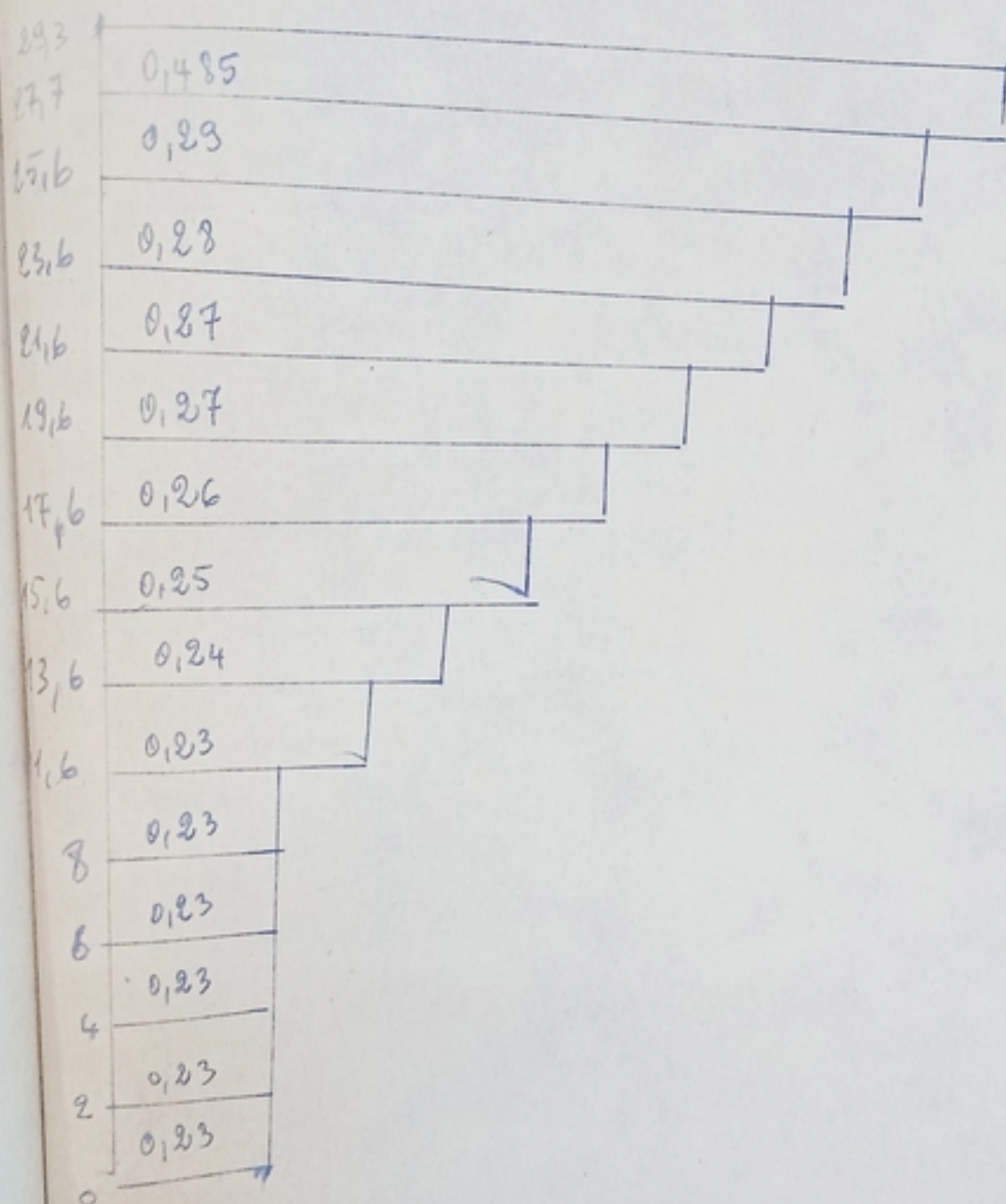
-95-

Diagramme des sucisions q en T/ml.





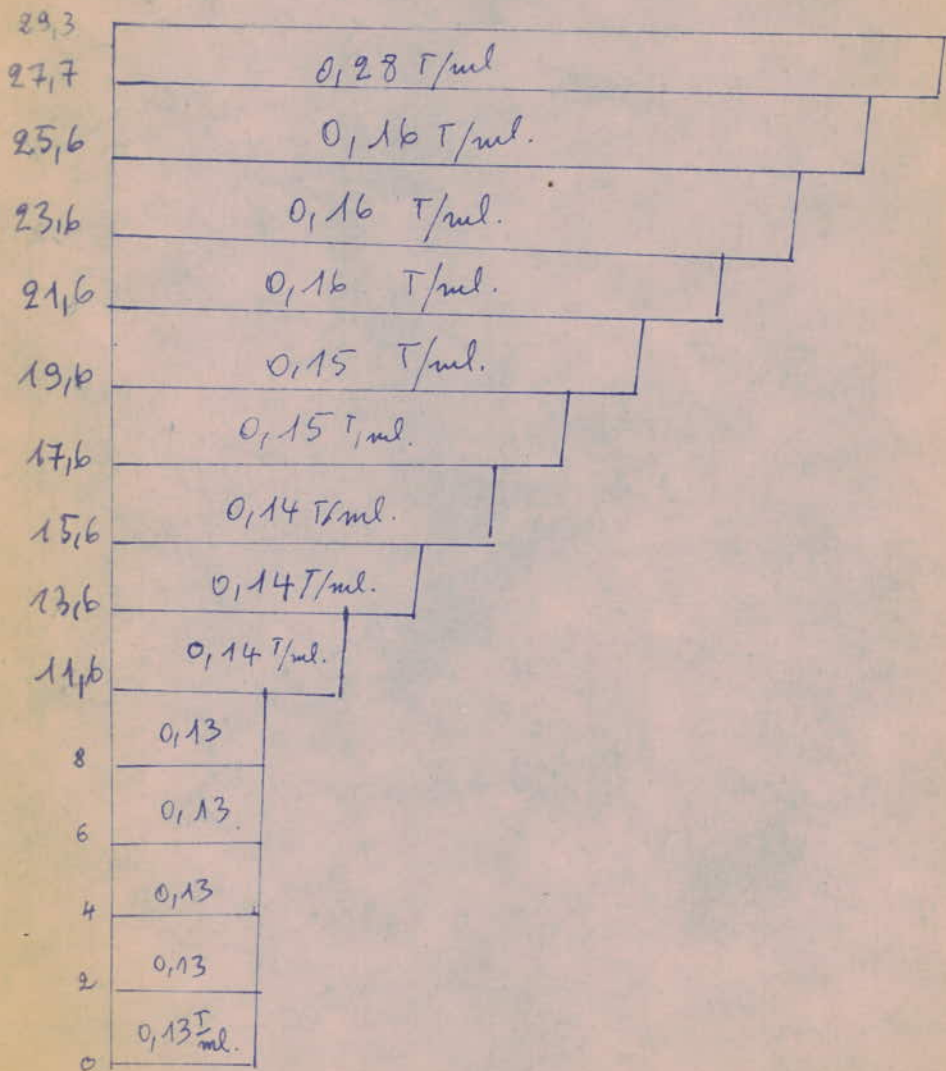
Pressions en T/mel.



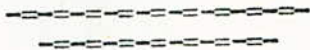
Vent normale

-97-

Diagramme des pressions



(//ERIFICATION DE L'OUVRAGE AU  
RENVERSEMENT ET AU VENT CRI-  
TIQUE.



La force de F est égale à :

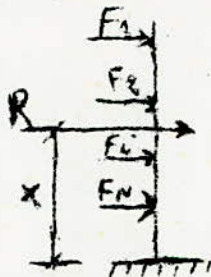
$$F = \rho_w \times R_s \times \delta \times \beta \times C_x \times S$$

S = surface du maître couple.

$C_x$  = Coefficient de trainée = 1,3

Les forces et les pressions à tous les niveaux sont données par le tableau ci-dessous.

Pour l'ensemble de l'ouvrage on le considère comme une console chargée horizontalement par les forces de trainées à tous les niveaux.



CALCUL : CALCUL DU POINT D'APPLICATION DE RESULTANT SOUS LE VENT  
EXTREME

$$R_x X = F_1 \times ox_1 + F_2 \times ox_2 + \dots + F_i \times ox_i + \dots + F_n \times ox_n$$

$$51,07 \times X = 4,63 \times 25 + 4,82 \times 11 + \dots + 3,4 \times 27,65 = 996,9 \text{ T.m}$$



H en m	q en kg/m <sup>2</sup>		Section du maître couple	Fi en T de traînée		points d'application % à "0"	Résultante	
	normale	extreme		normale	extreme.		normale	extreme
0 à 11,6	106,06	185,6	24,96 m <sup>2</sup>	2,65T	4,63	1 3 5 7 9		
11,6 à 13,6	110,39	193,18	"	2,76	4,82	11m		
13,6 à 15,6	114,36	200,12	"	2,85T	5	13		
15,6 à 17,6	118,21	206,87	"	2,95	5,16	15		
17,6 à 19,6	121,75	213,06	"	3,04	5,38	17		
19,6 à 21,6	125,14	218,99	"	3,12	5,47	19		
21,6 à 23,6	128,7	224,71	"	3,21	5,61	21		
23,6 à 25,6	131,43	230,01	"	3,28	5,74	23		
25,6 à 27,7	134,2	234,86	"	3,35	5,86	25		
27,7 à 29,3	138,69	242,71	13,99	1,04	3,4	27,65		

23,15T 54,071

$$x = \frac{996,9}{51,07} = 19,52 \text{ m}$$

La distance de la résultante des forces du vent jusqu'à l'arrête extérieure du radier est d :

$$d = 19,52 + 2,07 = 21,59 \text{ m}$$

Le moment de renversement du silo est :

$$M_r = 21,59 \times 51,07 = 1102,6 \text{ T.m}$$

CHERCHONS LE MOMENT DE STABILITE DU SILO

Poids du radier

$$P_1 = 10,36 \times 14,48 \times 0,72 \times 2,500 = 270 \text{ T.}$$

Poids du silo vide.

$$P_2 = 1770,86 \text{ T.}$$

$$P_T = P_1 + P_2 = 1770,86 + 270 = 2040,86 \text{ T.}$$

Cette résultante est centrée sur la section à la base du silo  
moment de stabilité  $M_s$

$$M_s = 2040,86 \times \frac{10,36}{2} = 10571,65 \text{ T.m}$$

On prend un coefficient de sécurité  $K_s = 3$

$$M_r \quad K_s / M_s \Rightarrow 1102,6 \times 3 = 3307,8 \quad \angle \quad 10571,65 \text{ T.m}$$

Le renversement n'aura pas lieu.

VERIFICATION DU VENT CRITIQUE

La vitesse critique du vent est donnée par :

$$V_{cr} = \frac{d}{S T}$$

d = 12,48 m                      largeur du maître couple  
S = 0,28                            nombre de stroubral

La période d'oscillation T = 0,51 s

$$V_{cr} = \frac{12,48}{0,28 \times 0,51} = 87,39 \text{ m/s}$$

Cette vitesse critique étant supérieur à 25 m/s il est inutile de faire un calcul à la résonance.

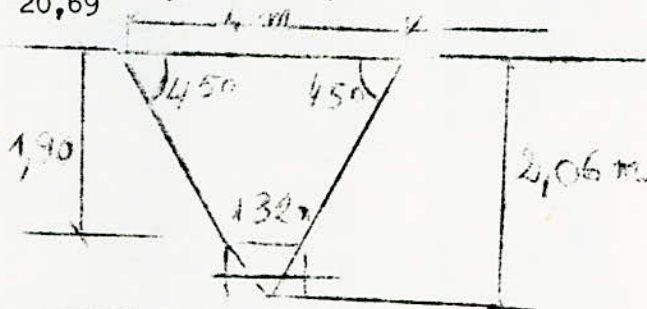
- CALCUL DES TREMIS -

La poussée max. des grains est égale à :

$$P_{\max. x} = 1852,8 \text{ Kg}$$

La cote de la profondeur du 25,6 jusqu'au centre de gravité de la trémiss est égale a  $z = 20 + \frac{2,06}{3} = 20,69 \text{ m}$

$$P_{20,69} = 0,94 \times 1852,8 = 1742,19 \text{ Kg/m}^2$$



- VOLUME DE LA TREMISS :

$$V = \frac{1}{6} \times 1,90 (4,12^2 + 4,44 + 4,44 + 0,32^2) = 8,22 \text{ m}^3$$

Poids du blé  $P_{\text{blé}} = 8,22 \times 800 = 6576 \text{ Kg}$

Poids propre de la trémiss  $P_{(B.A)} = \frac{(4,12 + 0,32) \times 4 \times 2,91 \times 0,12 \times 2,5}{2} = 7752 \text{ Kg}$

$$P_t = P_{\text{blé}} + P_{(B.A)} = 6576 + 7752 = 14.328 \text{ Kg}$$

$$= \frac{14.328}{4 \times 4} = 895,5 \text{ Kg}$$

$$= 1742,19 \text{ Kg/m}^2$$

$$= \frac{1742,19}{\text{tg}^2\left(\frac{31}{4} - \frac{31}{2}\right)} = \frac{1742,19}{0,568^2} = 5443 \text{ Kg/m}^2$$



VERTICALEMENT :  $y = 895,5 + 5443 = 6338,5 \text{ Kg/m}^2$

HORIZONTALEMENT :  $y = 1742,19 \text{ Kg/m}^2$

d'ou par unité de surface de la parois

$$y = y = 6338,5 \times 0,707 = 4481,3 \text{ Kg/m}^2$$

$$y = y = 1742,19 \times 0,707 = 1232 \text{ Kg/m}^2$$

La résultante  $R_y = \sqrt{1232^2 + 4481,3^2} = 4648 \text{ Kg/m}^2$

décomposant  $y$  et  $P_y$  suivant la parois et l'horizontale - on obtient le diagramme ci-dessous.

Epaisseur des parois 12 cm.

Epaisseur horizontale  $\frac{12}{\cos 45} = 16,97 \text{ cm}$ .

Pour le ferrailage, on partira notre trémi en trois bandes, la bande I sera considérée comme encastree à la ceinture, les bandes II et III seront considérés comme des cadres.

FERRAILLAGE - ANGLE

$M = 1900 \text{ Kg}$

$b = 1 \text{ m}$  ,  $ht = 16,97 \text{ cm}$  ,  $h = 14 \text{ cm}$

$y = \frac{14}{3} \times \frac{15 \times 165}{15 \times 165 \times 2800} = 6,57 \text{ cm}$

$z = 14 - \frac{6,57}{3} = 11,81 \text{ cm}$

$F = \frac{1900}{0,1181} = 16087,49 \text{ Kg}$

$A = \frac{16087,48}{2800} = 5,75 \text{ cm}^2$

EFFORT TRANCHANT

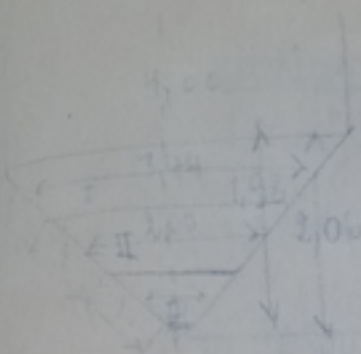
$T = 5700 \times \frac{2}{2} = 5700 \text{ Kg}$

$A = \frac{5700}{2800} = 2,03 \text{ cm}^2$

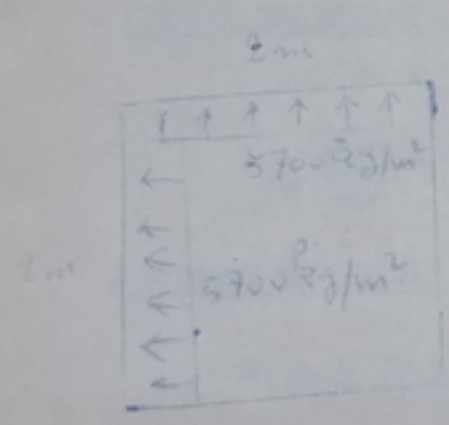
TRAVEE

$A = 5,75 \times \frac{950}{1900} = 2,88 \text{ cm}^2 \text{ sur chaque face.}$





les axes horizontaux. cadric II  
 passant  $R_y$  selon l'horizontale et selon la paroi  
 $R = 5700 \text{ kg/m}^2$  et  $R_T = 6400 \text{ kg/m}^2$



normale  
 $5700 \times 1 = 5700 \text{ kg/m}^2$

d'angle  
 $\dots$



CADRE I - calculé comme une console sous la pression max. : 4000 Kg/m<sup>2</sup>

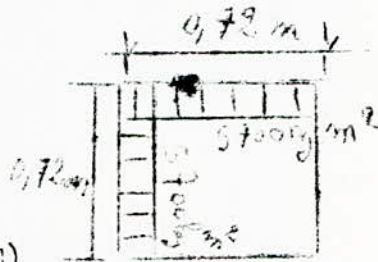
$$M = \frac{4000 \times 1,00^2}{2} = 2000 \text{ Kg. m.}$$

SECTION D'ARMATURE

$$A = 5,75 \times \frac{2000}{1900} = 6,05 \text{ cm}^2$$

et horizontalement nous poursuivons les armatures du cadre II

ETUDE DU CADRE III



- MOMENT D'APPUI (ANGLE)

$$M = - \frac{5700}{12} \times \frac{2 \times 0,72^3}{0,72 \times 0,72} = - 246,24 \text{ Kg.m.}$$

$$A = 5,75 \times \frac{246,24}{1900} = 0,75 \text{ cm}^2$$

- EFFORT TRANCHANT

$$T = 5700 \times \frac{0,72}{2} = 2052 \text{ Kg}$$

$$A = \frac{2052}{2800} = 0,73 \text{ cm}^2$$

- MOMENT EN TRAVÉE

$$M_t = \frac{5700 \times 0,72^2}{8} - 246,24 = 123,12 \text{ Kg.m.}$$

- SECTION D'ARMATURE -

$$A = 5,75 \times \frac{123,12}{1900} = 0,37 \text{ cm}^2 \text{ sur chaque face.}$$

CALCUL DES ACIERS EQUILIBRANT LES TRACTION SELON LES PENTES

$$R_t = 6400 \text{ kg/m}^2$$

Pour la face entière de surface :  $S = \frac{4,12 \times 2,08}{2} = 4,28 \text{ m}^2$

$$T = 6400 \times 4,28 = 27422,7 \text{ Kg}$$

$$A = \frac{27422,7}{2800} = 9,79 \text{ cm}^2$$

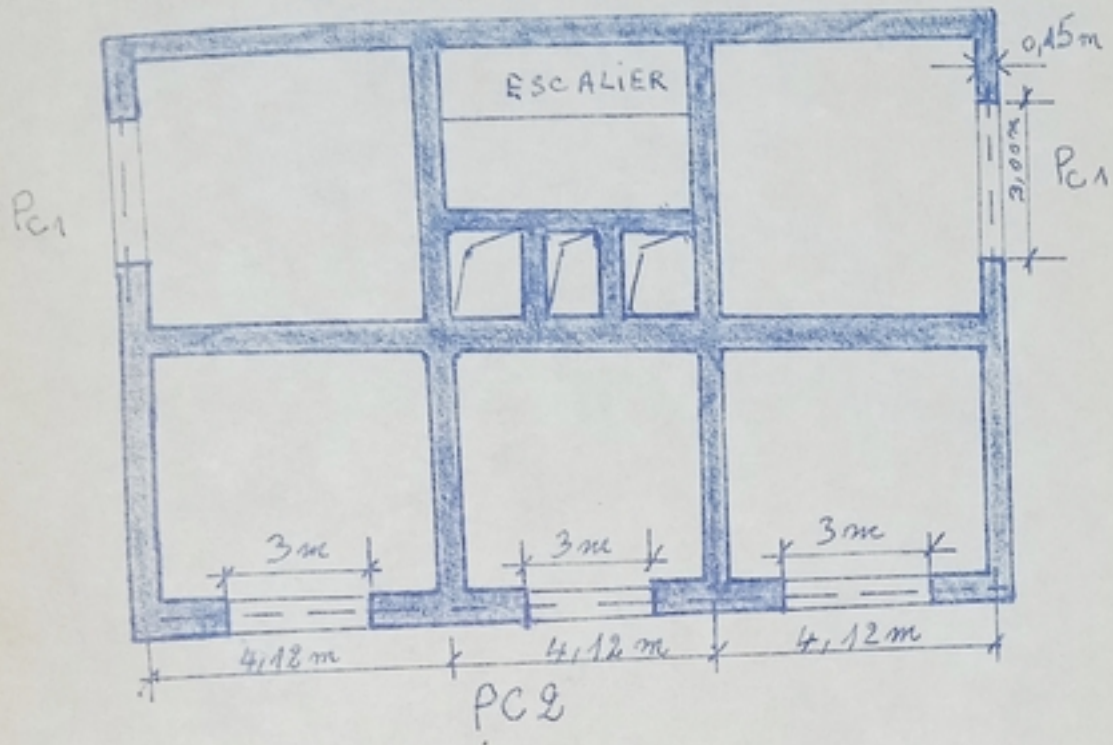
Ecartement :  $t = \frac{412}{17} = 24 \text{ cm}$

Ces armatures seront rayonnantes et réduites de moitié à partir du niveau du milieu du cadre II jusqu'à l'orifice de vidange.



CLOISONS

▽ +300 cm



1° ) Dimensions de la poutre

a ) poutre P c 1 :

$$h_o = 15 \text{ cm} , h_t = 200 \text{ cm} , l_t = 4,12 \text{ m}$$

Poutre à une seule travée

b ) Poutre P c 2 : poutre à 3 travées

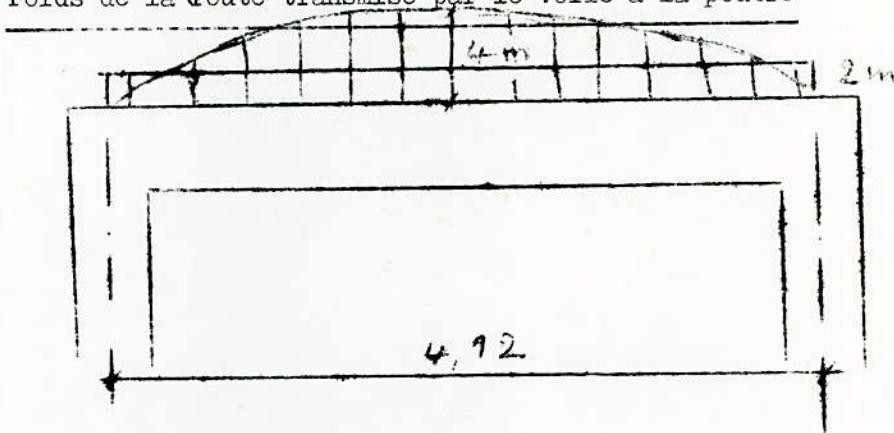
$$h_o = 15 \text{ cm} , h_t = 200 \text{ cm} , l_t = 12,48 \text{ m}$$

2° ) charges

poids propre de la poutre

$$P_p = 0,15 \times 2,0 \times 1,00 \times 2,5 = 0,75 \text{ T / ml}$$

Poids de la route transmise par le voile à la poutre



$$P_v = 2 \times 0,15 \times 1,00 \times 2,5 = 0,75 \text{ T / ml}$$

Surcharge due frottement des grains

$$P_u = 11,99 \text{ T / ml}$$

$$q = 0,75 + 0,75 + 1,2 \times 11,99 = 15,89 \text{ T / ml} \text{ soit } 16 \text{ T / ml}$$

3° ) Etude de la poutre P C 1

$$M_o = \frac{16 \times 4,12^2}{8} = 33,95 \text{ T.m}$$

$$T_o = \frac{16 \times 4,12}{2} = 32,96 \text{ T}$$

$$\zeta_o = \frac{3}{2} \frac{T_o}{h_o \cdot h_t} = \frac{3}{2} \cdot \frac{32960}{15 \times 200} = 16,48 \text{ kg / cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b = 7,14 \text{ kg / cm}^2$$

$$\tau_o < 2,5 \bar{\sigma}_b = 2,5 \times 7,14 = 17,85 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{Calculons } \frac{q}{\sigma'_{bo. ht}} = \frac{158,9}{82,5 \times 200} = 0,0096 < \frac{1}{52} = 0,019$$

Nous devons donc avoir

$$h_o \geq \frac{412}{2} \sqrt[3]{\frac{158,9}{100 \times 82,5 \times 200}} = 9,44 \text{ cm}$$

Condition qui est bien vérifiée car  $h_o = 15 \text{ cm}$ . On est dans le cas

$$\frac{1t}{2} \leq ht \leq 1t. \text{ et } \tau_o \leq 2,5 \bar{\sigma}_b$$

$$\bar{\sigma}_{at} = \frac{2}{3} \times 2800 = 1867 \text{ kg / cm}^2$$

Armatures inférieures en travée

$$A = 0,90 \frac{M_o}{ht \bar{\sigma}_{at}} \left( 1 + \frac{2}{3} \frac{ht}{1t} \right)$$

$$A = \frac{0,90 \cdot 3395000}{200 \times 1867} \left( 1 + \frac{2}{3} \times 200 \right) = 10,83 \text{ cm}^2$$

$$2 \phi 20 + 4 \phi 12 = 10,8 \text{ cm}^2$$

Armature horizontales

$$A_h = \frac{0,25 T_o 1t}{ht \bar{\sigma}_{at}}$$

$$A_h = \frac{0,25 \times 32960 \times 412}{200 \times 1867}$$

$$\bar{\sigma}_{at} = \left( 1 - \frac{16,48}{9, \times 7,14} \right) 2800 = 2082 \text{ kg / cm}^2$$

$$A_h = \frac{0,25 \times 32960 \times 412}{200 \times 2082} = 8,16 \text{ cm}^2$$

Donc sur chaque face on met  $8,16 = \frac{4,08}{2} \text{ cm}^2$

$$6 \phi 10 = 4,71 \text{ cm}^2$$

On placera  $4 \phi 10$  sur une hauteur de  $\frac{2}{5} \times 200 = 80 \text{ cm}$  et  $2 \phi 10$

sur la partie supérieure.



### Armatures transversales

$$A_t = \frac{4}{7} \frac{T_o}{ht} \frac{lt}{\sigma_{at}} = \frac{4}{7} \frac{32960 \times 412}{200 \times 2082} = 18,64 \text{ cm}^2$$

Soit  $19 \text{ cm}^2$  on prendra des cadres  $8$ ,  $A_t = 1 \text{ cm}^2$  pour une longueur de  $412 \text{ cm}$  on repartie uniformément  $19$  cadres donc l'écartement  $e = 22,89$

2° ) Etude de la poutre P C 2 : c'est poutre cloisons à trois travées

$$M_o = 33,95 \text{ T.m}$$

$$T_o = 32,96 \text{ T}$$

$$\tau_o = 16,48 \text{ kg / cm}^2$$

$$\tau_b = 7,14 \text{ kg / cm}^2$$

$$\tau_o < 2,5 \tau_b = 17,85 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{Calculons } \frac{q}{b_o \cdot ht} = \frac{158,9}{82,5 \times 200} = 0,0096 < \frac{1}{52} = 0,019$$

Nous devons avoir

$$h_o \geq \frac{412}{2} \sqrt[3]{\frac{158,9}{100 \times 82,5 \times 200}} = 9,44 \text{ cm}$$

Condition qui est bien vérifiée car  $h_o = 15 \text{ cm}$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_{en} = \frac{2}{3} \times 2800 = 1867 \text{ kg / cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{at} = \rho_{at} \sigma_{en} = 2082 \text{ kg / cm}^2$$

Armatures inférieures des travées des rives

$$A = 0,70 \frac{M_o}{ht} \left( 1 + \frac{ht}{lt} \right) = \frac{0,70 \times 3395000}{200 \times 1867} \left( 1 + \frac{200}{412} \right) = 9,45 \text{ cm}^2$$

$$2 \phi 14 + 6 \phi 12$$

$$A = 0,6 \frac{M_o}{ht} = \frac{0,6 \times 3395000}{200 \times 1867} = 5,46 \text{ cm}^2$$

$$2 \phi 10 + 2 \phi 16 = 5,5 \text{ cm}^2$$

Armatures horizontales : pour toutes les travées

$$A_h = 0,25 \frac{T_o}{ht} \frac{lt}{\sigma_{at}} = \frac{0,25 \times 32960 \times 412}{200 \times 2082} = 8,15 \text{ cm}^2$$



Sur chaque face on met  $4,08 \text{ cm}^2$  donc on met  $4 \phi 10 = 4,71 \text{ cm}^2$  sur une hauteur de 80 cm et sur la partie supérieure  $2 \phi 10$

Armatures transversales : pour toutes les travées

$$A_t = 4 \frac{M_o}{7 \text{ ht } \bar{\sigma}_a} = 4 \frac{32960 \times 412}{200 \times 2082} = 18,64 \text{ cm}^2 \approx 19 \text{ cm}^2$$

Section d'un cadre  $1 \text{ cm}^2$  il faut 19 cadres réparties uniformément sur  $l = 4,12$   
 $e = 22,09 \text{ cm}$

Travée intermédiaire : armatures inférieures

$$A = 0,60 \frac{M_o}{\text{ht } \bar{\sigma}_a} \left( 1 + \frac{\text{ht}}{l_t} \right) = 0,6 \times \frac{3395000}{200 \times 1867} \left( 1 + \frac{200}{412} \right) = 8,1 \text{ cm}^2$$

Armatures filantes supérieures

$$4 \phi 16 = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$A' = 0,6 \frac{M_o}{\text{ht } a} = 0,6 \times \frac{3395000}{200 \times 1867} = 5,46 \text{ cm}^2$$

$$2 \phi 10 + 2 \phi 16 = 5,5 \text{ cm}^2$$

FONDATIONS

CHAPITRE - 8 -

## Choix de la fondation

Le poids totale du silo à vide est de

$$P_1' = 1770,86 \text{ T}$$

Le poids du blé est de

$$P_2' = 2800 \text{ T}$$

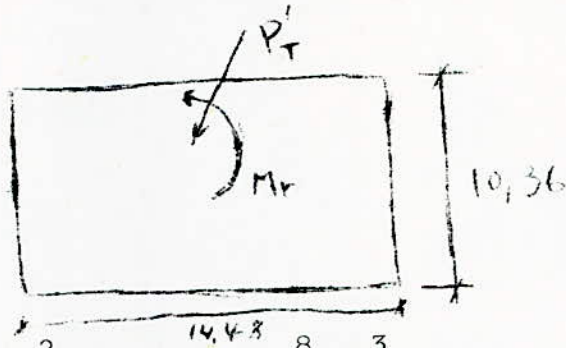
$$P_T' = P_1' + P_2' = 2800 + 1770,86 = 4570,86 \text{ T}$$

Le taux de travail du sol est de  $= 3,5 \text{ kg/cm}^2$

$$S = \frac{P_T'}{\sigma_s} = \frac{4570,86 \times 10^3}{3,5} = 1305960 \text{ cm}^2$$

$$S' = 1248 \times 836 = 1043328 \text{ cm}^2$$

S et S' sont très proche l'une de l'autre il est nécessaire de faire un radier générale dont l'épaisseur est  $0,75 \text{ m}$  et il débordé de chaque côté des mur de  $1 \text{ m}$



$$= \frac{1448 \times 1036^2}{6} = 2,590221 \times 10^8 \text{ cm}^3$$

$$S = \frac{1448 \times 1036^6}{6} = 1500128 \text{ cm}^2$$

1°) cas : Silos plein

$$\sigma_{\text{max}} = 3,48 \text{ kg/cm}^2$$

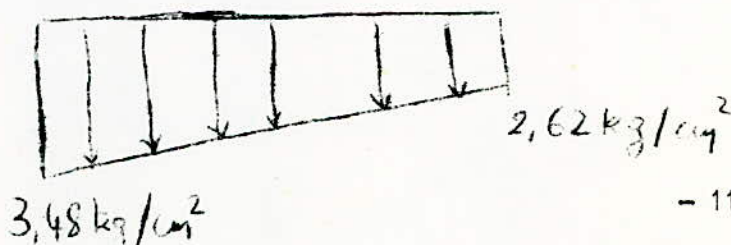
$$\sigma_{\text{min}} = 2,62 \text{ kg/cm}^2$$

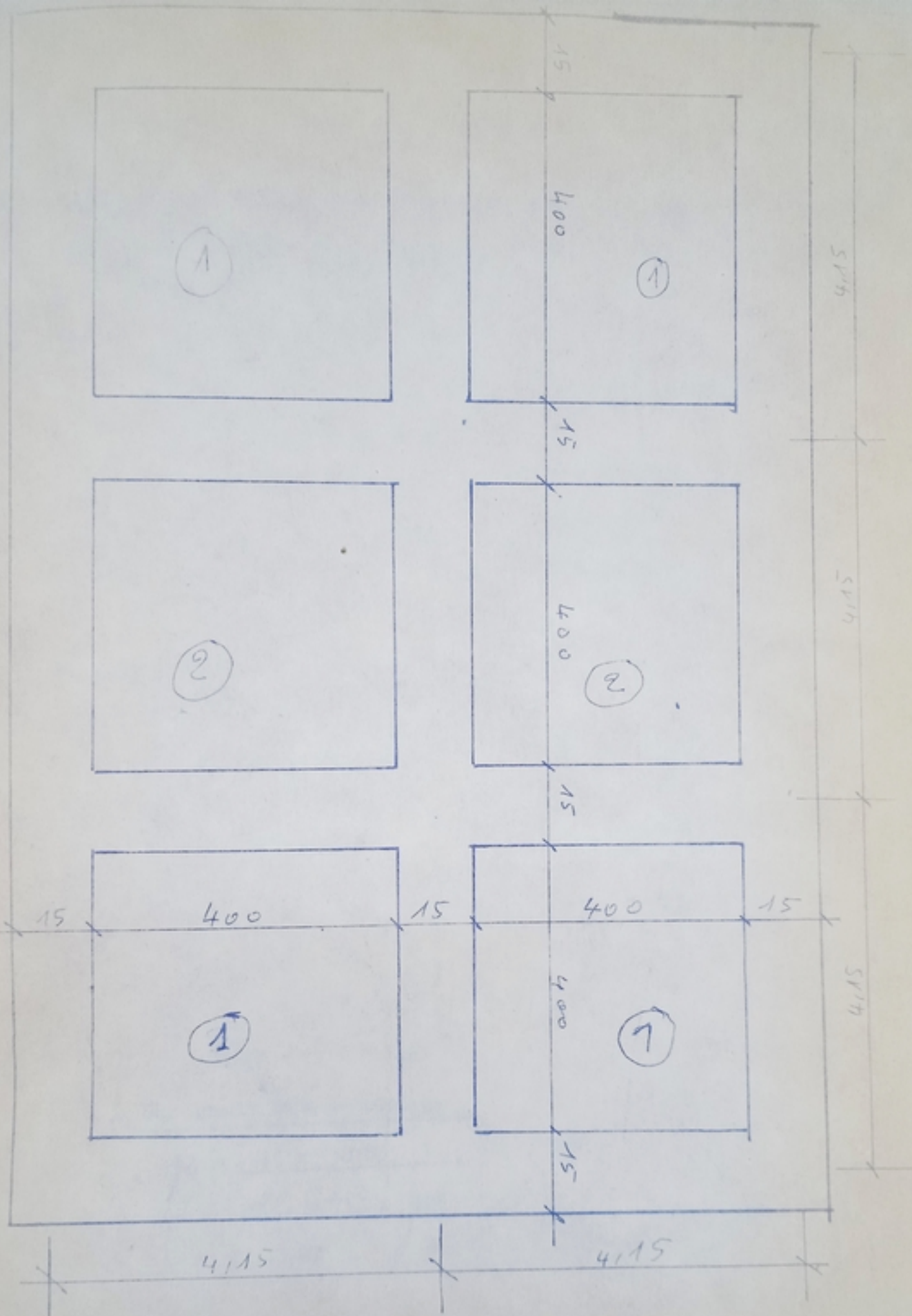
2°) cas : Silos vides

$$\sigma_{\text{max}} = 1,54 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = 0,68 \text{ kg/cm}^2$$

La plus défavorable de ces 2 cas c'est la 1<sup>er</sup> Silos plein on obtient un diagramme trapezoidale sur le sol.







$$(3 \sigma_M + \sigma_m) \frac{1}{4} \sigma' s \Rightarrow (3 \times 3,48 + 2,62) \frac{1}{4} = 3,27 < \sigma_s = 3,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

on calculera le radier comme s'il était soumis à la charge  $q = 3,27 \text{ kg/cm}^2$ .

notre radier epaix de 75 cm, charge par le sol  $q = 3,27 \text{ kg/cm}^2$  est une plaque appyée sur les voiles.

1° ) Etude de la plaque du type 1.

Sillocotations :  $q = 3,27 \text{ kg/cm}^2 = 32,7 \text{ T/m}^2$

a ) Moments au centre de la plaque :

$$M_x = M_y = M_{\text{max}} = 0,0305 \times 32,7 \times 4,15^2 = 17,17686 \frac{\text{T m}}{\text{m l}}$$

b ) Moments sur le milieu du bord fixe de la plaque

$$M_x = M_y = -0,0678 \times 32,7 \times 4,15^2 = -38,18332 \frac{\text{T m}}{\text{m l}}$$

c ) Ferrailage :

) en travée dans le sens X

$$\mu = \frac{15 \times 1717686}{2800 \times 100 \times 71^2} = 0,018254$$

$$k = 68,69, \quad \epsilon = 0,9403, \quad d = 4 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{68,69} = 40,76 \text{ kg/cm}^2 < 165 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{1717686}{2800 \times 71 \times 0,9403} = 9,19 \text{ cm}^2$$

) Sur appuit dans le sens de X

$$\mu = \frac{15 \times 3818332}{2800 \times 71^2 \times 100} = 0,040578$$

$$k = 43,27, \quad \epsilon = 0,9143, \quad d = 4 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{43,27} = 64,7 \text{ kg/cm}^2 < 165 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{3818332}{2800 \times 71 \times 0,9143} = 21 \text{ cm}^2$$

γ) En travée dans le sens de Y

$$M = \frac{15 \times 1717686}{2800 \times 100 \times 70^2} = 0,018779$$

$$k = 67,78, \quad \epsilon = 0,9397, \quad d = 5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{67,78} = 41,3 \text{ kg/cm}^2 < 165 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{1717686}{2800 \times 70 \times 0,9397} = 9,33 \text{ cm}^2$$

δ) Sur appuit dans le sens de Y

$$M = \frac{15 \times 3818332}{2800 \times 70^2 \times 100} = 0,04175$$

$$k = 42,6, \quad \epsilon = 0,9133, \quad d = 5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{42,6} = 65,73 \text{ kg/cm}^2 < 165 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = \frac{3818332}{2800 \times 70 \times 0,9133} = 21,33 \text{ cm}^2$$

2°) Etude de la plaque du type 2

$$\text{Sollicitation : } q = 32,7 \text{ T/m}^2$$

a) Moments au centre de la plaque

$$M_x = 0,0261 \times 32,7 \times 4,15^2 = 14,9889 \frac{\text{T.m}}{\text{m l}}$$

$$M_y = 0,0213 \times 32,7 \times 4,15^2 = 11,99564 \frac{\text{T.m}}{\text{m l}}$$

b) Moments sur le milieu du bord fixe de la plaque

$$M_x = -0,06 \times 32,7 \times 4,15^2 = -33,79055 \frac{\text{T.m}}{\text{m l}}$$

$$M_y = -0,0547 \times 32,7 \times 4,15^2 = -30,80571 \frac{\text{T.m}}{\text{m l}}$$

c) Ferrailage

α) en travée dans le sens de X

$$M = \frac{15 \times 1469889}{2800 \times 71^2 \times 100} = 0,015621$$

$$k = 75,25 , \quad \varepsilon = 0,9447 , \quad d = 4 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{1469889}{2800 \times 71 \times 0,9447} = 7,83 \text{ cm}^2$$

B) sur appuit dans le sens de X

$$\mu = \frac{15 \times 3379055}{2800 \times 71^2 \times 100} = 0,03591$$

$$k = 46,58 , \quad \varepsilon = 0,9189 , \quad d = 4 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{46,58} = 60,14 \text{ kg / cm}^2 < 165 \text{ kg / cm}^2$$

$$\Delta = \frac{3379055}{2800 \times 71 \times 0,9189} = 18,5 \text{ cm}^2$$

γ) En travée dans le sens de Y

$$\mu = \frac{15 \times 1199564}{2800 \times 70^2 \times 100} = 0,013115$$

$$k = 82,66 \quad \varepsilon = 0,9489 \quad d = 5 \text{ cm}$$

$$\Delta = \frac{1199564}{2800 \times 70 \times 0,9489} = 6,5 \text{ cm}^2$$

δ) Sur appuit dans le sens de Y :

$$\mu = \frac{15 \times 3080571}{2800 \times 70^2 \times 100} = 0,03368$$

$$k = 48,45 , \quad \varepsilon = 0,9213 \quad d = 5 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{48,45} = 57,8 \text{ kg / cm}^2 < 165 \text{ kg / cm}^2$$

$$\Delta = \frac{3080571}{2800 \times 70 \times 0,9213} = 17,06 \text{ cm}^2$$

