

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

48/87

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

— «O» —

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

— «O» —



PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

SUJET

**Centre Culturel
Ossature autostable
R + 5**

14 PLANCHES

Proposé par :

B. E. C. T.

Etudié par :

R. LOUNNAS

M. NAADJARINE

Dirigé par :

Mr R. BIOUD

PROMOTION : JUIN 1987

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

— «0» —

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

— «0» —

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

SUJET

**Centre Culturel
Ossature autostable
R + 5**

Proposé par :

B. E. C. T.

Étudié par :

R. LOUNNAS

M. NAADJARINE

Dirigé par :

Mr R. BIOUD

PROMOTION : JUIN 1987

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

Ma mère , mon père .

Mes frères , mes sœurs , mes neveux .

Toute ma famille au sens large .

Tous les collègues , et Amis .

REMERCIEMENTS

- Nous tenons à remercier vivement notre promoteur M^r R. BLOUD pour ses conseils éclairés , et son aide précieuse pendant l'établissement de ce projet .
- Nous remercions également tout le personnel du bureau de conseils et d'études techniques . qui n'ont pas manqué de nous aider sans aucune hésitation .
- Nos vifs remerciements à tous les membres du jury qui nous font l'honneur de juger notre modeste travail .

M. Naadjarine

R. Lounnas .

SOMMAIRE

Presentation de l'ouvrage	1
Caracteristiques des materiaux et reglements utilises	2
Charge et surcharge	6
Descente de charge	8
Predimensionnement	9
Poutrelles	12
Ferraillage du chainage	18
Escaliers	19
Etude au seisme	33
Calcul de la rigidite	37
Caracteristiques geometriques	39
Verification au renversement	60
Efforts dans les portiques engendres par les charges verticales	61
Superposition des sollicitations	69
Ferraillage des poutres	77
Ferraillage des poteaux	83
Fondations	86

Bloc B

Descente de charge	93
Calcul des planchers	94
Calcul au seisme	96
Calcul de rigidite	98
Calcul des portiques sous les charges verticales	114
Ferraillage des portiques	124
Etude dynamique	133

PRESENTATION DE L'OUVRAGE

المدرسة الوطنية
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Notre ouvrage est à usage culturel, est composé de deux blocs séparés par un joint de dilatation. Le bloc A a pour dimensions en plan (19,6m x 13,6m) comporte cinq étages et un R.D.C et pour hauteur de 4,42m de plancher en plancher pour le 1er et 2ème niveau et 3,4m pour les autres niveaux. Les planchers sont en corps creux à poutrelles prefabriquées. Le bloc B a pour dimensions en plan (16,4m x 14,2m) et de hauteur totale de 13,75m comporte 2 étages et un R.D.C. Les planchers sont en corps creux sauf pour la salle polyvalente qui sera exécutée en dalle pleine, les façades en briques. Notre ouvrage sera implanté à El Madania (Alger) (Boulevard des martyrs) qui est une zone de moyenne sismicité.

Taux de travail du sol

La contrainte admissible du sol où sera implanté notre ouvrage est $\bar{\sigma}_s = 25 \text{ bars}$ à 1,5m d'ancrage.

Béton armé

Le béton entrant dans la construction du présent ouvrage sera conforme aux règles C.C.B.A 68 et à tous les règlements en vigueur applicable en Algérie. La composition du béton pour un mètre cube sera

800 litres de gravillons ($D_g \leq 25 \text{ mm}$)

400 litres de sable ($D_s \leq 5 \text{ mm}$)

350 kg de ciment CPA 325

175 litre d'eau.

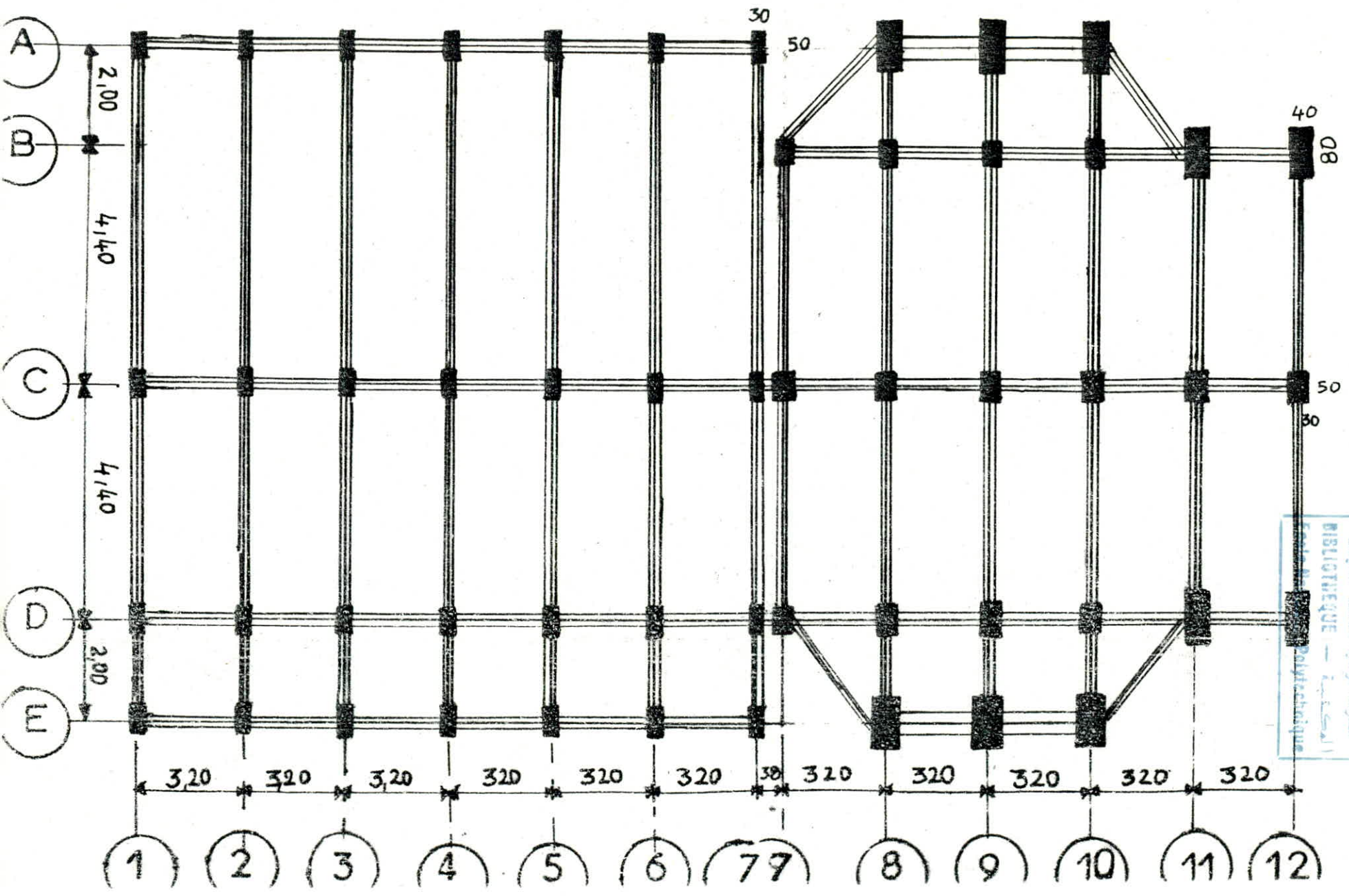
Ossature

L'ossature des blocs seront constitués de poutres et poteaux parfaitement encastrés entre eux, formant ainsi un système de portiques assurant le contreventement du bâtiment.

Planchers

Les planchers seront construits de corps creux et une dalle de compression (20+5) reposant sur des poutrelles prefabriquées. Pour la salle polyvalente l'épaisseur de la dalle pleine est de 16 cm.

VUE EN PLAN



المعهد العالي للتكنولوجيا
 BIBLIOTHÈQUE
 Polytechnique

CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIEAUX ET RÉGLEMENTS UTILISÉS

Béton

Le béton doit être dosé à 350 kg/m^3 de ciment, classe C.P.A 325 à contrôle atténué. On dispose

- Grosseur des granulats $C_g = 5/15 \text{ mm}$
- Résistance nominale de compression à 28 jours $\sigma'_{28} = 27,0 \text{ bars}$
- Résistance nominale de traction à 28 jours $\sigma_{28} = 23,2 \text{ bars}$

Du point de vue mécanique, le béton est défini par sa résistance à la compression et à la traction à 28 jours

Contrainte de compression admissible (Art 9-4 CCBA 68)

$$\sigma'_b = \gamma_b \sigma'_{28} \quad \text{avec} \quad \gamma_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \varepsilon$$

α : Fonction de la classe de ciment utilisé = 1 pour CPA325

β : Fonction de l'efficacité du contrôle exercé sur la qualité du béton mis en oeuvre $\beta = \frac{5}{6}$ (Contrôle atténué)

γ : Depend des épaisseurs relatives des éléments et des dimensions des granulats $C_g = \frac{5}{15}$, $\gamma = 1$.

δ : Depend de la nature des sollicitations:

$$\delta = 0,30 \quad (\text{En compression simple})$$

$$\delta = 0,60 \quad (\text{En flexion simple})$$

$$\delta = \begin{cases} 0,60 & \text{dans le cas de la flexion composée si l'effort} \\ & \text{normale est une compression.} \\ 0,3 \left(1 + \frac{e_0}{3e_1} \right) & \text{dans le cas de la flexion} \\ & \text{si l'effort normal est une compression} \\ & \text{et si } \delta < 0,6 \\ \text{et } \delta = 0,6 & \text{si } \delta \geq 0,6 \end{cases}$$

e_0 : étant l'excentricité des forces extérieures par rapport au C.D.G de la section totale du béton seule

e_1 : distance limitant le noyau central et le C.D.G de la section totale du béton seul dans le plan radial passant par le centre de pression.

ϵ : Coefficient régulateur qui dépend de la sollicitation et de la forme de la section considérée

$\epsilon = 1$ En cas de compression simple quelle que soit la forme de la section.

Dans les autres cas, on attribue à ϵ la valeur numérique maximale au plus égale à 1, mais qui soit compatible avec la condition de la contrainte moyenne du béton de la section rendue homogène

$$\sigma'_m = \frac{N'_b}{B'} \leq \bar{\sigma}'_{b0}$$

N'_b : Effort de compression dans le béton

B' : Surface du béton comprimé.

Contrainte de traction de référence (Art 9.5 CCBA 68)

La contrainte est nommée "de référence" et non admissible car on peut admettre de la dépasser pour certaines sollicitations

Elle est prise égale à une fraction de la résistance à 28 jours du béton.

$$\bar{\sigma} = \beta_b \sigma'_{28} \quad \text{avec} \quad \beta_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \theta$$

α, β, γ : même définitions que précédemment.

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

Acier.

On utilise généralement dans les chantiers des aciers

- Douce de nuances FeE22 et FeE24
- Haute adhérence de nuances FeE40

Contrainte admissible de traction et de compression pour les armatures longitudinales

$$\bar{\sigma}_a = \beta_a \sigma_{en} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \beta = \frac{2}{3} & \text{pour les sollicitation du 1er genre} \\ \beta_a = 1 & \text{pour les sollicitation du 2eme genre} \end{cases}$$

σ_{en} : limite d'elasticité nominale

		Nuances	σ_{en} (Kg/cm ²)	$\bar{\sigma}' = \bar{\sigma}_a$ (Kg/cm ²)
Nature	Aciers doux A. D. X	Fe E 24	2400	1600
		Fe E 22	2200	1470
Nature	Haute adherence H.A	Fe E 40 A et B	4200 4000	2800 2600
		$\phi \leq 20\text{mm}$ $\phi > 20\text{mm}$		

Treillis soudés

Généralement on utilise les treillis soudés comme armatures des dalles, des hourdis et de voiles.

Pour $\phi \leq 8\text{mm}$ $\sigma_{en} = \sigma'_{en} = 5300 \text{ kgf/cm}^2$

Pour $\phi > 8\text{mm}$ $\sigma_{en} = \sigma'_{en} = 4500 \text{ kgf/cm}^2$

Contraintes admissibles imposées par les conditions de fissuration

$$\sigma_1 = \frac{k}{\phi} \eta \frac{\bar{w}_f}{1 + 10\bar{w}_f}$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{\eta k \sigma_b}{\phi}}$$

σ_1 : Contrainte de fissuration systematique

σ_2 : Contrainte de fissuration non systematique ou accidentelle

k: Coefficient des conséquences de fissuration sur le comportement de l'ouvrage.

$k = 1,5 \cdot 10^6$ (Site protégé, ouverture maximale des fissures $w = 0$,
Fissuration peu nuisible)

$k = 1 \cdot 10^6$ (Site intempéré ($w = 0,2\text{mm}$),
Fissuration nuisible.)

$k = 0,5 \cdot 10^6$ (Site agressif ($w = 0,1\text{mm}$),
Fissuration nuisible)

η : Coefficient de fissuration $\eta=1$ Aciers A.DX
 $\eta=1,6$ Aciers H.A

ϕ : Diametre en mm de la plus grande barre tendue

\bar{w}_f : Pourcentage de fissuration

$$\bar{w}_f = \frac{A}{B_f} \quad \text{avec} \quad A = \text{Section totale des barres tendues}$$

B_f : Section d'enrobage des barres tendues

$\bar{\sigma}_b$: Contrainte de traction de reference du beton en bars

Pour limiter la fissuration du beton, on prend.

$$\bar{\sigma}_a = \text{Min}(\bar{\sigma}_a, \max(\sigma_1, \sigma_2))$$

Récapitulation

Sollicitations du 1^{er} genre (SP1)

$$\bar{\sigma}'_{b0} = 1 \cdot \frac{5}{6} \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 270 = 67,5 \text{ bars} = 68,5 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (Compression simple)}$$

$$\bar{\sigma}'_b = 1 \cdot \frac{5}{6} \cdot 1 \cdot 0,6 \times 270 = 135 \text{ bars} = 137 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (Flexion simple)}$$

$$\bar{\sigma}_b = 1 \cdot \frac{5}{6} \times \left(0,018 + \frac{2,1}{270} \right) \cdot 270 = 5,8 \text{ bars} = 5,9 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (Traction simple)}$$

$$\bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kgf/cm}^2 \text{ pour les FeE40 A et B et } \phi \leq 20 \text{ mm}$$

$$\bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = 1600 \text{ kgf/cm}^2 \text{ pour les FeE24 } \phi > 20 \text{ mm}$$

Sollicitations du 2^{ème} genre (SP2)

Toutes les valeurs des contraintes admissibles du beton seront majorées de 50%.

$$\bar{\sigma}'_{b0} = 1,5 \times 68,5 = 102,5 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_b = 1,5 \times 137 = 205,5 \text{ kgf/cm}^2$$

Alors que les valeurs des contraintes admissibles des aciers longitudinaux sont $\bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}'_a = \sigma_{en}$

BLOC A

CHARGE ET SURCHARGE

Les charges permanentes effectives sont évaluées d'après les volumes et les masses volumiques les plus défavorables qui sont susceptibles de présenter les matériaux dans leurs conditions d'emploi.

Charge permanentes

Plancher terrasse

- Gravillons (5cm) 1800 kg/m^3	90 kg/m^2
- Etanchéité multicouche	10 kg/m^2
- Pare vapeur	5 kg/m^2
- Liege (4cm)	16 kg/m^2
- Forme de pente (10cm)	120 kg/m^2
- Table de compression + hourdis (16+4)	265 kg/m^2
- Enduit et plâtre (2cm)	30 kg/m^2
- Par vapeur	<u>5 kg/m^2</u>

$$G = 540 \text{ kg/m}^2$$

Plancher courant

- Carrelage	44 kg/m^2
- Mortier de pose	40 kg/m^2
- Sable (lit de pose)	36 kg/m^2
- Table de compression + hourdis (16+4)	265 kg/m^2
- Enduit et plâtre (2cm)	30 kg/m^2
- Cloisons	<u>75 kg/m^2</u>

$$G = 490 \text{ kg/m}^2$$

DESENTE DE CHARGE

La descente de charge se fera au niveau du portique le plus chargé.

Poteau centrale

- Niveau VI

Plancher terrasse	$0,54 \times 3,2 \times 6,4 = 11,08t$
Poutre longitudinale	$0,25 \times 0,35 \times 3,2 \times 2,5 = 0,7t$
Poutre transversale	$0,5 \times 0,3 \times 6,4 \times 2,5 = 2,4t$

- Niveau V

Venant de VI	$\dots \dots \dots = 14,18t$
Plancher courant	$0,49 \times 3,2 \times 6,4 = 10,03t$
Poutre longitudinale	$0,25 \times 0,35 \times 3,2 \times 2,5 = 0,7t$
Poutre transversale	$0,5 \times 0,3 \times 6,4 \times 2,5 = 2,4t$
Poteau	$0,5 \times 0,3 \times 2,5 \times 3,4 = 1,27t$

- Niveau IV

Venant de V	$\dots \dots \dots = 28,59t$
Plancher courant	$0,49 \times 3,2 \times 6,4 = 10,03t$
Poutre longitudinale	$0,25 \times 0,35 \times 3,2 \times 2,5 = 0,7t$
Poutre transversale	$0,5 \times 0,3 \times 6,4 \times 2,5 = 2,4t$
Poteau	$0,3 \times 0,5 \times 2,5 \times 3,4 = 1,27t$

- Niveau III

Venant de IV	$\dots \dots \dots = 43t$
Plancher courant	$\dots \dots \dots = 10,03t$
Poutre longitudinale	$\dots \dots \dots = 0,7t$
Poutre transversale	$\dots \dots \dots = 2,4t$
Poteau	$\dots \dots \dots = 1,27t$

- Niveau II

Venant de III	$\dots \dots \dots = 57,41t$
Plancher courant	$\dots \dots \dots = 10,03t$
Poutre longitudinale	$\dots \dots \dots = 0,70t$
Poutre transversale	$\dots \dots \dots = 2,40t$
Poteau	$\dots \dots \dots = 1,27t$

- Niveau I

Venant de II	$\dots \dots \dots = 71,82t$
Plancher courant	$0,49 \times 3,2 \times 5,4 = 8,47t$
Poutre longitudinale	$0,25 \times 0,35 \times 3,2 \times 2,5 = 0,7t$
Poutre transversale	$0,3 \times 0,5 \times 5,4 \times 2,5 = 2,02t$
Poteau	$0,3 \times 0,5 \times 4,42 \times 2,5 = 1,65t$

- Niveau RDC

Poteau	$\dots \dots = 1,65t$
Venant de I	$84,67t$

N = 86,33t

PREDIMENSIONNEMENT

Calcul de V dans les deux sens du bâtiment

* Sens longitudinal

$$V = 0,15 \times 1,6 \times 0,25 \times 1,4 \times 1600 = 134,4 \text{ t}$$

* Sens transversal

$$V = 0,15 \times 1,5 \times 0,25 \times 1,4 \times 1600 = 126 \text{ t}$$

Détermination des efforts tranchant à chaque niveau par la méthode de "BOWMAN."

- Calcul des inerties des poutres trans (30x50):

$$I_g = I_d = \frac{30 \times 50^3}{12} = 3,125 \times 10^5 \text{ cm}^4 \text{ (trans)}$$

$$k_1(g) = \frac{I}{l_1} = \frac{3,125 \times 10^5}{200} = 1562,5 \text{ cm}^3$$

$$k_2(g) = \frac{I}{l_2} = \frac{3,125 \times 10^5}{440} = 710,23 \text{ cm}^3$$

$$k'_d = \frac{I}{l} = \frac{3,125 \times 10^5}{640} = 488,3 \text{ cm}^3$$

$$, k'_g = 710,23 \text{ cm}^3$$

$$L_{1g} = \frac{k_1}{k_1 + k_2} = 0,69$$

$$L'_{2g} = \frac{710,23}{710,23 + 488,3} = 0,59$$

$$L_{1d} = 0,31$$

$$L'_{2d} = 0,41$$

Détermination des moments M_d, M_g

$$M_g = - (M_s + M_i) \frac{k_g}{k_g + k_d} = - \frac{(M_s + M_i)}{2}$$

$$M_d = - (M_s + M_i) \frac{k_d}{k_g + k_d} = - \frac{(M_s + M_i)}{2}$$

$k_d = k_g$
(Noeud intermédiaire)

$$\frac{M_g}{\text{ou}} \frac{M_d}{M_d} = - (M_s + M_i) \text{ Noeud de rive}$$

Pour un niveau $F = \sum F_i$

Pour des poteaux intermed

$$F_i = \frac{I_i \cdot F}{0,8 I_1 + I_2 + \dots + 0,8 I_n}$$

Pour les poteaux de rive

$$F_i = \frac{I_i \cdot F \cdot 0,8}{0,8 I_i + \sum_{i=1}^n I_i + 0,8 I_n}$$

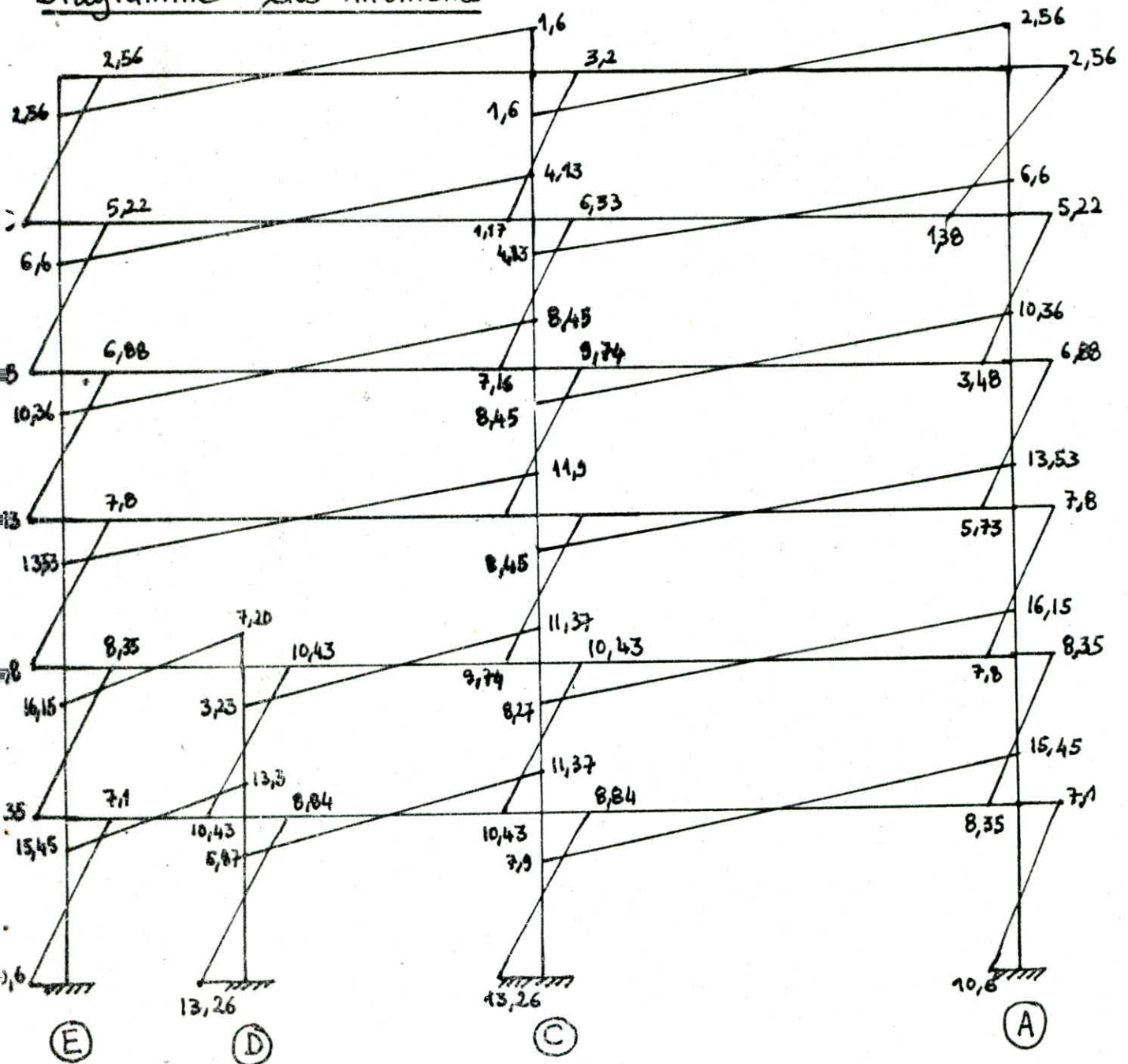
I_i : Cte pour tous les etages (section cte)

Niveau	h_i	W_i	$h_i W_i$	$\frac{h_i W_i}{\sum h_i W_i}$	V_k
6	22,36	201,17	4498,16	0,209	26,34
5	19,04	286,86	5461,81	0,254	58,34
4	15,64	287,83	4501,66	0,209	84,68
3	12,24	273,72	3350,33	0,156	104,34
2	8,84	284,70	2516,75	0,117	119,08
1	4,42	263,88	1166,35	0,054	125,9

$$\sum W_i h_i = 21495,1$$

Niv	αh	βh	$F'_1 = F'_4$ $F_1 = F_4$	$F_2 = F_3$ $F'_2 = F'_3$	$M_{i1} = M_{i4} = F_1 \alpha h$ $M'_1 = M'_4 = F'_1 \alpha h$	$M_{i2} = M_{i3} = F_2 \alpha h$ $M'_2 = M'_3 = F'_2 \alpha h$	$M_{s1} = M_{s4} = F_1 \beta h$ $M'_{s1} = M'_{s4} = F'_1 \beta h$	$M_{s2} = M_{s3} = F_2 \beta h$ $M'_{s2} = M'_{s3} = F'_2 \beta h$
6	2,21	1,19	1,16	1,45	2,56	3,20	1,38	1,73
5	2,04	1,36	2,56	3,20	5,22	6,53	3,48	4,35
4	1,85	1,54	3,72	4,65	6,88	8,30	5,73	7,16
3	1,70	1,70	4,59	5,73	7,80	9,74	7,80	9,74
2	2,21	2,21	3,78	4,72	8,35	10,43	8,35	10,43
1	1,76	2,65	4,00	5,00	7,10	8,84	10,60	13,26

Diagramme des moments



Verification du poteau à la flexion composée

$$M = 13,26 \text{ tm. (seisme)}$$

poteau 30x50

$$N = 86,33 + 7,47 = 93,8 \text{ t}$$

Armature minimum 1% (zone II) : Armature symétrique

$$A = \frac{1500 \times 1}{100} = 15 \Rightarrow \frac{A}{2} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ cm}^2 \Rightarrow 3T20 = 9,42 \text{ cm}^2$$

Verification des contraintes

$$w = \frac{100A}{bht} = \frac{100 \times 9,42}{30 \times 50} = 0,628$$

$$k_c = \frac{N}{M} ht = \frac{93,8}{13,26} \times 0,5 = 3,54 \Rightarrow k = 1,80 \quad k_b = 0,13$$

$$\sigma'_b = \frac{1}{k_b} \cdot \frac{M}{bh^2} = \frac{1}{0,13} \frac{13,26 \times 10^5}{30 \times 50^2} = 136 \text{ kg/cm}^2 < 1,5 \bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = k \sigma'_b = 1,8 \times 136 = 244,8 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

donc la section du poteau passe largement.

POUTRELLES

Les poutrelles sont prefabriquées, elle sont calculées sous les sollicitations du 1^{er} genre ($G + 1,2P$)
 La surface revenant à chaque poutrelle est de 0,55L
 Les poutrelles seront disposées dans le sens de la petite portée, ceci pour réduire la flèche. Ce calcul se fera en deux (2) étapes :

1^{ère} Etape

Avant le coulage de la table de compression, la poutrelle est considérée comme simplement appuyée et est soumise à son poids propre, à celui du hourdis et à la surcharge due à l'ouvrier.

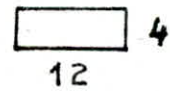
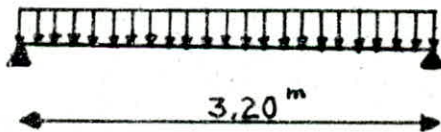
2^{ème} Etape

Après le coulage et durcissement de la table de compression la poutrelle travaillera comme poutre en T reposant sur plusieurs appuis.

CALCUL

Première étape

schéma statique



$$d = d' = 2 \text{ cm}$$

Charges supportées par la poutrelle

- poids propre de la poutrelle	12 kg/ml
- poids propre des corps creux	71,5 kg/ml
- Surcharges	65 kg/ml

$$\Rightarrow G + 1,2P = 161,5 \text{ kg/ml}$$

Le moment max en travée est de $M_0 = \frac{qL^2}{8}$

$$L = 3,20 \text{ m} \quad \text{d'où} \quad M_0 = 206,72 \text{ kg.m}$$

L'effort tranchant max est de $T = \frac{qL}{2} = 258,4 \text{ kg}$.

Ferraillage (Méthode P. Charron)

$$\mu = \frac{n \cdot M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \times 206,72 \times 10^2}{2800 \cdot 12 \cdot 2^2} = 2,31 \Rightarrow k = 2,00 \text{ et } \varepsilon = 0,7059$$

$$\text{d'où } \sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{2} = 1400 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

Les aciers comprimés sont nécessaires, mais il est difficile de les placer à cause de la faible section de béton. Il est donc nécessaire de prévoir un échaffaudage pour aider les poutrelles à supporter les charges avant le coulage de la table de compression.

Deuxième étape

Surcharges supportées par les poutrelles :

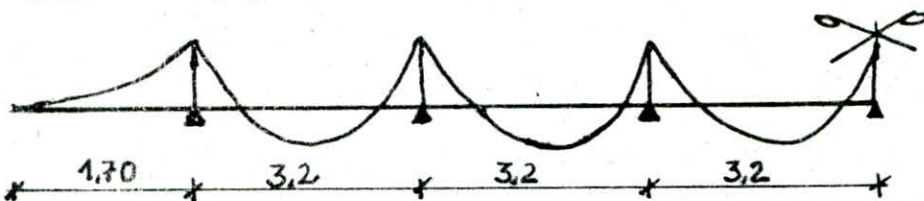
- Poids propre du plancher 490 kg/m²
- Surcharge 400 kg/m²

$$q = (G + 1,2P) \cdot 0,65 \Rightarrow q = 630,5 \text{ kg/ml}$$

Méthode de calcul

Pour appliquer la méthode forfaitaire :

- donnée par les règles C.C.B.A 68. L'article 55, il faut vérifier
- Les rapport de la portée libre de la travée considérée aux portées libres des travées contigües sont comprise entre 0,8 et 1,25 (Vérifiée).
- Les éléments solidaires ont une même section constante dans leurs différentes travées $P \leq 2G$ (Vérifiée)
- La fissuration n'est pas considérée comme préjudiciable à la tenue du béton armé ni à celles des revêtements. $k = 1,5 \times 10^6$ et comme les poutrelles sont des éléments flexionnant dans un seul sens donc on peut appliquer cette méthode.



Moment le plus défavorable $M_0 = \frac{q l^2}{8} = 970 \frac{(3,2)^2}{8} = 1241,6 \text{ kgm}$

Moment à l'appui $M_a = 0,5 M_0 = 620,8 \text{ kgm}$

Moment en travée $M_t = 0,8 M_0 = 993,5 \text{ kgm}$

Ferraillage

$$M_t = 993,5 \text{ kgm} \quad b = 12 \text{ cm} \quad h = 18 \text{ cm} \quad d = d' = 2 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{n M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \times 0,9935}{2800 \times 12 \times (18)^2} = 0,137$$

$$\Rightarrow k = 20,1 \quad , \quad \alpha = 0,4273 \quad , \quad \varepsilon = 0,8576$$

$$\Rightarrow j = 0,4273 \times 18 = 7,69 > 4 \text{ cm} \rightarrow \text{Section en T}$$

$$y = h - \frac{h_0}{2} = 18 - \frac{4}{2} = 16 \text{ cm.}$$

$$A = \frac{M}{\sigma_a} = \frac{0,9935 \times 10^5}{2800 \times 16} = 2,2 \text{ cm}^2 \rightarrow A = 3T10 = 2,35 \text{ cm}^2$$

Verification des contraintes (en travée)

Position de l'axe neutre

$$\frac{bh^2}{2} - 15A(h-h_0) = \frac{65 \cdot 4^2}{2} - 15 \times 2,35(16-4) > 0$$

$$\sigma_a = \frac{M}{A y} = \frac{0,9935 \times 10^5}{2800 \times 16} = 2642 \text{ kg/cm}^2 < 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{k} = \frac{2642}{20,1} = 131,5 \text{ kg/cm}^2 < 137 \text{ kg/cm}^2$$

Ferrailage en appui

$$M = 0,621 \text{ tm}$$

$$\mu = \frac{nM}{\sigma_a b h^2} = \frac{15 \times 0,621 \times 10^5}{2800 \times 12 \times (18)^2} = 90,856 \Rightarrow \begin{aligned} \epsilon &= 0,8821 \\ \alpha &= 0,3538 \\ k &= 27,4 \end{aligned}$$

$$j = \alpha h = 0,3538 \times 18 = 6,37 > 4 \Rightarrow \text{Section en T}$$

$$y = h - \frac{h_0}{2} = 16 \text{ cm}$$

$$A = \frac{M}{\sigma_a} = \frac{0,621 \times 10^5}{2800 \times 16} = 1,39 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2T10 = 1,57 \text{ cm}^2$$

Verification des contraintes

Position de l'axe neutre $\frac{bh^2}{2} - 15A(h-h_0) = \frac{65 \times 4^2}{2} - 1,57 \times 15(16-4) >$

$$\sigma_a = \frac{0,621 \times 10^5}{1,57 \times 16} = 2472,13 \text{ kg/cm}^2 < 2800 \text{ kg/cm}^2 = \bar{\sigma}_a$$

$$\sigma'_b = \frac{2472,13}{27,4} = 90,22 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

Verification de la fissuration

Cette condition est vérifiée si les aciers sont calculés avec la contrainte admissible de fissuration σ_{af}

$$\text{avec } \sigma_{af} = \min(\bar{\sigma}_a, \max(\sigma_1, \sigma_2))$$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = k \frac{n}{\phi} \frac{\bar{w}_f}{1 + 10 \bar{w}_f}, \quad \sigma_2 = 2,4 \sqrt{k \frac{n}{\phi} \bar{\sigma}_b}, \quad \bar{w}_f = \frac{A}{B_f}$$

A: Section d'acier (2,35 cm²)

B_f: aire de la section d'enrobage B_f = 2b_{od} = 48 cm²

$\eta = 1,6$ (Acier HA)

$\phi = 10$ mm

$k = 1,5 \times 10^6$ (fissuration peu nuisible)

$\bar{\sigma}_b = 5,9$ kg/cm²

$$w_f = 0,049$$

$$\Rightarrow \sigma_1 = 7888 \text{ kg/cm}^2$$

σ_2 inutile de la calculer.

donc $\sigma_{af} = \bar{\sigma}_a$ condition vérifiée

Sur appuis A = 1,57 cm²

$$\sigma_1 = 5915,22 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma_2 \text{ inutile de la calculer}$$

$\Rightarrow \sigma_{af} = \bar{\sigma}_a$ pas de risque de fissuration.

Vérification de l'adhérence

$$n = 2 \quad \phi = 10 \text{ mm}$$

La contrainte d'adhérence $\tau_d = \frac{T_{\max}}{n p \cdot l}$
 p: périmètre de la barre
 n: Nbre de barre.

$$T_{\max} = \frac{q l}{2} + \frac{M_w - M_e}{l} = 1202,8 \text{ kg}$$

$$\tau_d = \frac{1202,8}{n p \cdot l}$$

La contrainte d'adhérence admissible est de :

$$\bar{\tau}_d = 2 \psi_d \bar{\sigma}_b \quad (\text{Contrainte admissible pour l'entraînement des armatures})$$

$$\bar{\sigma}_b = 5,9 \text{ kg/cm}^2$$

$\psi_d =$ Coefficient de scellement (H.A $\rightarrow \psi_d = 1,5$)

$$\frac{\tau_d}{\bar{\tau}_d} =$$

$$\tau_d < \bar{\tau}_d$$

Vérifiée

Vérification de la flèche (Art 3BA CC.BA 68)

Si les 3 conditions suivantes sont vérifiées la justification de la flèche est inutile.

$$\bullet \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{15} \frac{M_t}{M_0}, \quad 0,0625 > 0,0533 \quad (\text{Vérifiée})$$

$$\text{avec } h_t = 20 \text{ cm}, \quad l = 3,2 \text{ m}, \quad M_t = 993,5 \text{ kgm}$$

$$M_0 = 1241,6 \text{ kgm}$$

• $\frac{ht}{l} \geq \frac{1}{22,5}$ $0,0625 > 0,0444$ (Vérifiée)

• $\bar{w} = \frac{A}{b_0 h} \leq \frac{36}{\sigma_{en}}$ $0,00073 < 0,0086$ (Vérifiée)

Calcul des armatures transversales (Art 25 CCBA 6B)
On calculera ces armatures avec $T_{max} = 1202,8 \text{ kg}$

Contrainte de cisaillement $\tau_b = \frac{T_{max}}{b_0 z} = \frac{1202,8}{12 \times \frac{7}{8} \times 18} = 6,36 \text{ kg/cm}^2$
A l'appui $\sigma'_b = 90,22 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_b = 5,9 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma'_b < \bar{\sigma}'_{b0}$)

donc $\tau_b < \bar{\tau}_b$ on utilisera des $\phi 6$ (Fe E24)
perpendiculaires à la ligne moyenne.
 $A_t = 0,56 \text{ cm}^2$

Calcul de la contrainte de traction admissible des armatures transversales

On suppose qu'il n'y a pas de reprise de bétonnage.

$\bar{\sigma}_{at} = f \sigma_{en}$ $f = \max \left[\left(1 - \frac{\tau_b}{9 \bar{\sigma}_b} \right), \frac{2}{3} \right]$
 $\tau_b = 6,36 \text{ kg/cm}^2$ $f = 0,88 > \frac{2}{3}$

$\bar{\sigma}_{at} = 0,88 \times 2400 = 2112,54 \text{ kg/cm}^2$

Ecartement admissible des armatures transversales.

$\bar{t} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_1 = \left(1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b} \right) h = 12,18 \text{ cm} \\ t_2 = 0,2 h = 3,6 \text{ cm} \end{array} \right.$

$t = 12,18 \text{ cm}$

l'espacement t des cours d'armatures transversales est donné par

$t = \frac{A_t \cdot f \bar{\sigma}_{at}}{T_{max}}$

$A_t = 0,56 \text{ cm}^2$, $f = 15,75 \text{ cm}$, $\bar{\sigma}_{at} = 2112,54 \text{ kg/cm}^2$
 $T_{max} = 1202,8 \text{ kg}$

$$t = 15,49 < E = 12,18 \text{ cm}$$

avec $\phi 5$ (0,39) on aura $t = 10,78 \text{ cm} < 12,18 \text{ cm} = E$
 espacement adopté

Ferrailage de la table de compression

La table de compression sera armée d'un quadrillage de barre dont les dimensions de mailles n'excèdent pas
 . 20 cm (5 p ml) pour les armatures perpendiculaires
 . 33 cm (3 p ml) pour les armatures parallèles.

Si l_n (écartement entre nervure) est compris entre 50 et 80 cm, la section d'armature perpendiculaire aux nervures doit être au moins égale à

$$\frac{43}{l_n} l_n = \frac{43 \cdot 65}{5300} = 0,527 \text{ cm}^2$$

Si on adopte un treillis soudé de 20x20 de $\phi 5$ ($A = 0,98$)

$$0,527 \text{ cm}^2 < 0,98 \text{ cm}^2 \quad (\text{Vérifiée})$$

$$A // \frac{A_{\perp}}{2} = \frac{0,98}{2} = 0,49 \text{ cm}^2 < 0,98 \text{ cm}^2 \quad (\text{Vérifiée})$$

Resumé

Armature en travée 3T10
 Armature sur appui 2T10
 Table de compression : un treillis soudé en $\phi 5$ de 20x20

Ferrailage du chaînage.

Charge revenant au chaînage CE

Poids du plancher	$0,49 \text{ t/m} = 0,4 \times 0,49 \times 1,7 = 0,33 \text{ t/ml}$
Poids du chaînage	$0,3 \times 0,4 \times 2,5 = 0,3 \text{ t/ml}$
Poids du mur	$0,3 \times 1,00 = 0,3 \text{ t/ml}$
	<u>total 0,93 t/ml</u>

Détermination des réactions R_C et R_E

$$6,4 R_C = 0,93 \frac{(6,4)^2}{2} - 0,93 \frac{(1,7)^2}{2}$$

$$\Rightarrow R_C = 2,77 \text{ t} \quad \text{et} \quad R_E = 4,76 \text{ t}$$

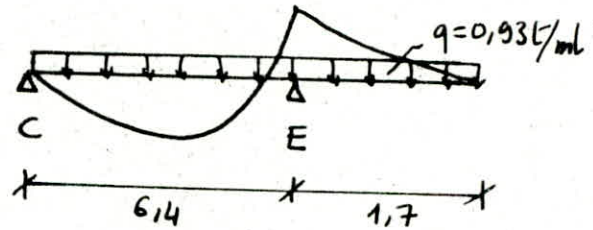
- Moment à l'appui E

$$M_E = \frac{q l^2}{2} = \frac{0,93 (1,7)^2}{2} = 1,34 \text{ tm}$$

- Moment en travée CE

$$M = 2,77 x - 0,93 \frac{x^2}{2} \Rightarrow T = 2,77 - 0,93 x = 0 \Rightarrow x = 2,98 \text{ m}$$

$$\text{et } M_t = 2,77 \times 2,98 - 0,93 \frac{(2,98)^2}{2} = 4,13 \text{ tm}$$



Ferrailage

- A l'appui

$$M = 1,34 \text{ tm}$$

$$\mu = \frac{15 \times 1,34 \times 10^5}{\sigma_a b h^2} = \frac{15 \times 1,34 \times 10^5}{2800 \times 30 \times (36)^2} = 0,0184 \Rightarrow \begin{cases} k = 68,5 \\ \epsilon = 0,9401 \end{cases}$$

$$A = 1,41 \text{ cm}^2 = 3T10$$

- En travée

$$M = 4,13 \text{ tm} \rightarrow A = 3,69 \text{ cm}^2 \rightarrow 4T12$$

Vérification des contraintes

Appui - $A = 2,35 \text{ cm}^2$, $A' = 4,52 \text{ cm}^2$

$$\sigma'_b = 28,89 < \bar{\sigma}'_b$$

$$\sigma_a' = 104,62 < \bar{\sigma}'_a$$

$$\sigma_a = 1715,78 < \bar{\sigma}_a$$

travée

$$A = 4,52 \text{ cm}^2$$
 , $A' = 2,35$

$$\sigma'_b = 73,17 < \bar{\sigma}'_b$$

$$\sigma_a' = 663,72 < \bar{\sigma}'_a$$

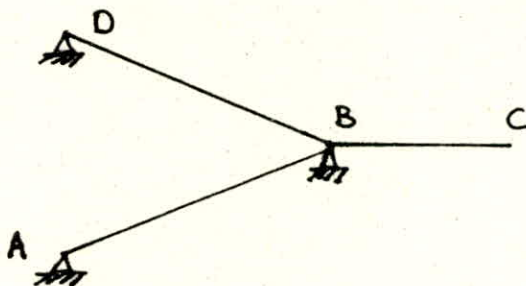
$$\sigma_a = 2806 \approx \bar{\sigma}_a \text{ (Vérifiée)}$$

ESCALIERS

Généralités

L'escalier que nous allons étudier est à deux paillasse de 1m chacune, de longueur $L = 3,60\text{m}$ avec un palier intermédiaire à mi-étage en console de 1,60m pour le R.D.C

schéma statique



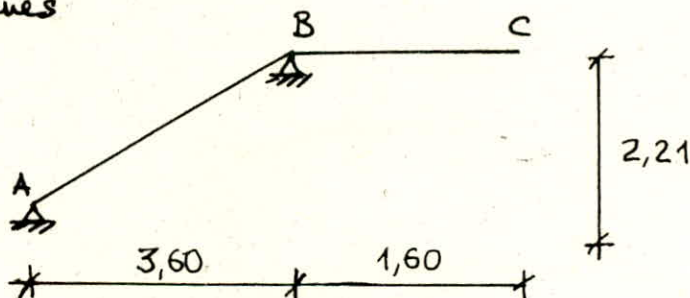
Nous décomposons l'escalier en 2 parties, l'étude sera faite pour une seule volée ABC et nous adopterons le même ferrailage pour l'autre volée DBC

Caractéristiques géométriques

$h = 17\text{ cm}$ contre marche.

$g = 30\text{ cm}$ marche

$H = 2,21$ (hauteur entre 2 paliers)



Nombre de marches $n = \frac{H}{h} = \frac{2,21}{0,17} = 13$ marches

largeur d'une marche g

$$L = g(n-1) \Rightarrow g = \frac{L}{n-1} = \frac{360}{12} = 30$$

l'inclinaison est donnée par $\text{tg} \alpha = \frac{H}{L} = \frac{2,21}{3,60}$

$$\Rightarrow \alpha = 31,5^\circ$$

Verification

$$59 \leq g + 2h \leq 66 \Rightarrow 59 \leq 64 \leq 66$$

l'épaisseur de la paillasse est déterminée à partir de la double inégalité $\frac{l}{30} \leq e \leq \frac{l}{20}$ avec $l = \frac{360}{\cos \alpha} = 4,2$

$$\frac{4,23}{30} \leq e \leq \frac{4,23}{20} \Rightarrow 14 \leq e \leq 21$$

On choisit $e = 15\text{ cm}$

Détermination de la charge et la surcharge (Paillasse)

Charges permanentes	$0,15 \times 2500 \times 1$	$= 440 \text{ kg/ml}$
pois des marches	$\frac{0,852}{0,852}$	$= 187 \text{ kg/ml}$
Carrelage + mortier	$44 + 40$	$= 84 \text{ kg/ml}$
Enduit en plâtre	-	$= 30 \text{ kg/ml}$
Garde corps	-	10 kg/ml

surcharge $P_1 = 400 \times 1 = 400 \text{ kg/ml}$ $G = 751 \text{ kg/ml}$

$$q_1 = G_1 + 1,2 P_1 = 751 + 1,2 \times 400 = 1231 \text{ kg/ml}$$

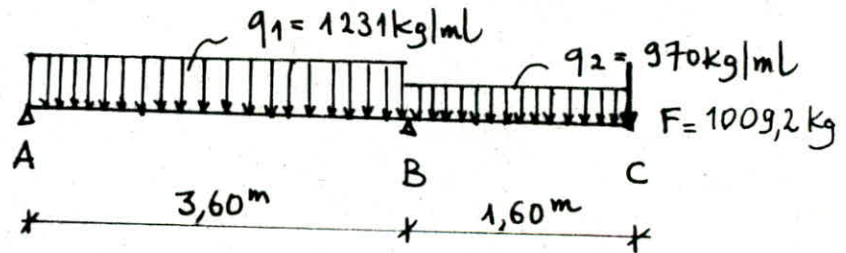
Détermination de la charge et la surcharge (Palier)

pois propre	$0,15 \times 2500 \times 1$	$= 375 \text{ kg/ml}$
carrelage + mortier	$40 + 44$	$= 85 \text{ kg/ml}$
Enduit en plâtre	-	-

surcharge $P_2 = 400 \times 1 = 400 \text{ kg/ml}$ $G_2 = 490 \text{ kg/ml}$

$$q_2 = G_2 + 1,2 P_2 = 490 + 1,2 \times 400 = 970 \text{ kg/ml}$$

schéma statique



$$\sum M/A = 0 \Rightarrow R_B \cdot 3,6 - 1231 \times \frac{(3,6)^2}{2} - 970 \times 1,6 (3,6 + \frac{1,6}{2}) - 1009,2 (3,6 + 1,6) = 0$$

$$\Rightarrow R_B = 5570,5 \text{ kg} \quad , \quad R_A = 1422,5 \text{ kg}$$

Calcul des efforts

$$0 \leq x \leq 3,6 \Rightarrow \begin{cases} T(x) = R_A - q_1 x \\ M(x) = R_A x - q_1 \frac{x^2}{2} \end{cases}$$

$$0 \leq x < 1,6 \Rightarrow \begin{cases} T(x) = G_0 + q_2 x \\ M(x) = -G_0 x - q_2 \frac{x^2}{2} \end{cases}$$

x	$0 \leq x < 3,6$				$0 < x < 1,6$	
	0	1,15	1,8	3,6	1,6	0
$M(x)$	0	821,8	566,2	-2855	-2856	0
$T(x)$	1422,5	0	-793	-3009,1	2561	1009,1

En tenant compte de l'encastrement à l'appui de rive (A)
le moment sera

$$M_a = 0,3 M_{max} = 0,3 \times 821,84 = 264,55 \text{ kgm.}$$

$$M_t = 0,85 M_{max} = 0,85 \times 821,84 = 698,56 \text{ kgm}$$

Ferraillage

Section	M(kgm)	μ	K	ϵ	σ'_b	A adopté	A Calculé	e(cm)
Entrée	698,56	0,022	62	0,9351	45,16	5T8/ml	2,052	20
Appui de rive A	264,55	0,0083	107	0,9590	26,16	5T8/ml	0,75	20
Appui intermédiaire B	2855	0,090	62,5	0,9355	87,77	8T12/ml	8,38	12,5

Verifications

- Verification de contrainte

avec

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

$$\sigma'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

Section	M(kgm)	A(cm)	$w = \frac{100A}{bh}$	ϵ	K	$\sigma_a = \frac{M}{AEh}$	$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K}$
Travée	698,56	2,51	0,193	0,9291	55,5	2304,5	41,51
Appui de rive A	264,55	2,51	0,193	0,9291	55,5	872,6	15,6
Appui intermédiaire B	2855	9,05	0,696	0,8786	26,2	2762	105,42

Cisaillement

La dalle ne comporte pas d'armature transversales si

$$\tau_b = \frac{T_{max}}{b \cdot g} \leq \bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 1,15 \times 5,9 = 6,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_{max} = 2561,2 \text{ kg.}$$

$$\tau_b = \frac{2561,2}{100 \left(\frac{7}{8}\right) \times 13} = 2,25 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 6,79 \text{ kg/cm}^2$$

Condition d'appui

On doit vérifier que $A \bar{\sigma}_a > T_{max} + \frac{M}{z}$

Section	T (kg)	M (kgm)	A (cm ²)	$A\bar{\sigma}_a$	$T + \frac{M}{l}$	Observation
Appui de rive	1422,5	-264,5	2,51	7028	1445,7	Verifiée
Appui intermédiaire	2561,2	2855	9,05	35340	3112	Verifiée

fissuration:

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) \geq \bar{\sigma}_a$$

$$k = 1,5 \times 10^6$$

$$\eta = 1,6$$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Section	A (cm ²)	ϕ (mm)	Bf (cm)	$w_f \left(\frac{A}{B_f} \right)$	σ_1 (kg/cm ²)	σ_2 (kg/cm ²)	$\max(\sigma_1, \sigma_2)$
travée et appui de rive	1,41	8	400	0,006	1771,3	3193	3193
Appui intermédiaire	9,23	12	400	0,0226	3686,7	2607	3686,7

Armature de répartition

Pour les armatures inférieures $\frac{A}{4} \leq A_{r1} \leq \frac{A}{3}$

$$0,62 \leq A_{r1} \leq 0,85$$

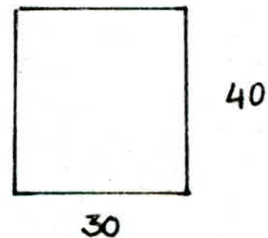
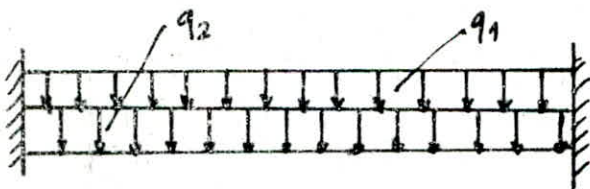
On prendra: $3T6 \left|_{n1} = 0,85 \text{ cm}^2 \right.$ avec $e = 33 \text{ cm}$

Pour les armatures supérieures $A = 9,05 \rightarrow$

$$2,63 \leq A_r < 3,02 \rightarrow 6T8 \left|_{n1} = 3,01 \text{ cm}^2 \right.$$

Poutre Palier

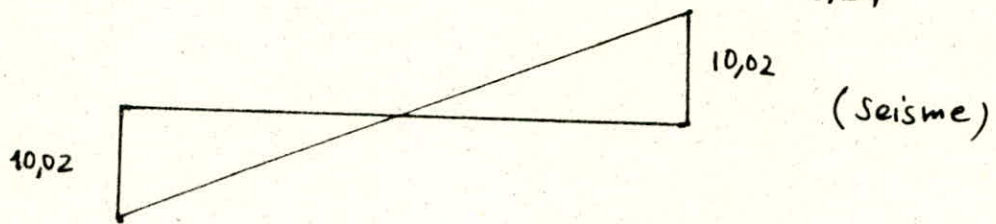
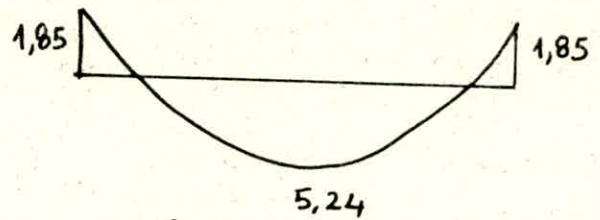
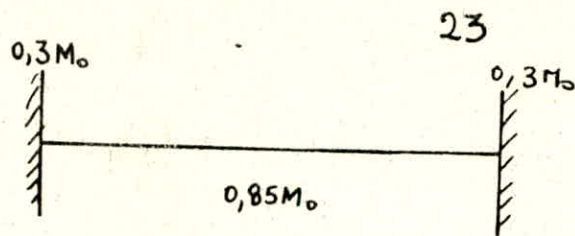
schéma statique



Poids propre de la poutre $q_1 = 0,3 \times 0,4 \times 2500 = 300 \text{ kg/ml}$

Reaction provenant du palier $q_2 = 5570,5 \text{ kg/ml}$

$$M_0 = \frac{q l^2}{8} (300 + 5570,5) \left(\frac{2,9}{8} \right)^2 = 6,17 \text{ tm}$$



Le moment à l'appui de la poutre palière est :

$$M_a = 1,85 + 10,02 = 11,87 \text{ tm.}$$

Le moment en travée est $M = 5,24 \text{ tm.}$

Ferraillage de la poutre palière

En travée $\mu = \frac{15M}{\sigma_a b h^2} = 0,0722 \rightarrow k = 30,5, \quad \varepsilon = 0,8901.$

$$A = \frac{M}{\sigma_a \varepsilon h} = \frac{5,24 \times 10^5}{2800 \times 36 \times 0,8901} = 5,84 \rightarrow 4T14 = 6,15 \text{ cm}^2$$

En appui

$$\mu = \frac{15 \times 11,87 \times 10^5}{4200 \times 30 \times 36 \times 36} = 0,109 \rightarrow k = 23,4, \quad \varepsilon = 0,8698$$

$$A = \frac{11,87 \times 10^5}{4200 \times 0,8698 \times 36} = 9,03 \rightarrow 4T14 + 4T12 = 10,67 \text{ cm}^2$$

Verification

Condition de non fragilité

$$A \geq 0,69 \times b \cdot h \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_{en}} = 0,69 \times 36 \times 30 \times \frac{5,9}{4200}$$

$$A \geq 1,047 \text{ cm}^2 \quad (\text{Vérifiée})$$

Contraintes

en travée $M = 5,24 \text{ tm.}$

$$D = \frac{15}{b} (A + A') = \frac{15}{30} (6,15 + 16,15) = 6,15$$

$$E = \frac{30}{30} (6,15 \times 4 + 36 \times 6,15) = 246$$

$$E = -6,15 + \sqrt{(6,15)^2 + 246} = 10,7$$

24

$$I = \frac{30}{3} (10,7)^3 + 15 \times 6,15 (10,7 - 4)^2 + 15 \times 6,15 (36 - 10,7)^2$$

$$I = 75446,53$$

$$k = \frac{5,24 \times 10^5}{75446,535} = 6,95$$

$$\sigma'_b = k y_1 = 6,95 \times 10,7 = 74,37 < \bar{\sigma}'_b$$

$$\sigma'_a = 15 \times 6,95 (10,7 - 4) = 698,5 < \bar{\sigma}'_a$$

$$\sigma_a = 15 \times 6,95 (36 - 10,7) = 2637,5 < \bar{\sigma}_a$$

En appui

$$A = 10,67 \text{ cm}^2, A' = 6,15 \text{ cm}^2$$

$$D = \frac{15}{30} (10,67 + 6,15) = 8,41$$

$$E = \frac{30}{30} (6,14 \times 4 + 10,67 \times 36) = 408,72$$

$$y_1 = -8,41 + \sqrt{(8,41)^2 + 408,7} = 13,48$$

$$I = \frac{30}{3} (13,48)^3 + 15 \times 6,15 (13,48 - 4)^2 + 15 \times 10,67 (36 - 13,48)^2$$

$$I = 113954,53$$

$$M = \frac{11,87 \times 10^5}{113954,53} = 10,42$$

$$\sigma'_b = 10,42 \times 13,48 = 140,46 < \bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 15 \times 10,42 (13,48 - 4) = 1481,72 < \bar{\sigma}'_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 15 \times 10,42 (36 - 13,48) = 3519,88 < \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Fissuration:

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) > \bar{\sigma}_a$$

$$\sigma_1 = k \frac{m}{\phi} \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f}$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{k \frac{m}{\phi} \bar{\sigma}'_b}$$

Section	A (cm ²)	φ (mm)	B _f	$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f}$	σ ₁	σ ₂	max(σ ₁ , σ ₂)
Travée	6,15	14	240	0,0256	3494,09	2413,67	3494,09
Appui	10,67	14	240	0,0256	5397,9	2413,67	5397,72

Condition d'appui

Section	T(t)	M(tm)	A(cm ²)	A $\bar{\sigma}_a$	T + $\frac{M}{z}$	Observation
Appui	8,5	11,87	10,67	44814	29172	Vérifiée

On doit vérifier aussi $c > c_0 = \frac{2T}{b\bar{\sigma}'_{b_0}}$

$$c = a - (d + r) = 40 - (4 + 5 \cdot 14) = 29 \text{ cm}$$

$$\text{et } c_0 = \frac{2T}{b\bar{\sigma}'_{b_0}} = \frac{2 \times 8500}{30 \times 68,5} = 8,28 \text{ cm.}$$

donc on a bien $29 \text{ cm} > 8,28 \text{ cm}$.

Vérification de la flèche

$$1 - \frac{ht}{l} \geq \frac{M_E}{10M_0}$$

$$\frac{ht}{l} = \frac{0,4}{2,9} = 0,138$$

$$\frac{M_E}{10M_0} = \frac{5,24}{61,7} = 0,085$$

$$\Rightarrow \frac{ht}{l} > \frac{M_E}{10M_0}$$

$$2 - \frac{A}{8h} < \frac{43}{\sigma_{en}}$$

$$\frac{6,15}{30 \times 36} = 0,0056 < 0,01 = \frac{43}{4200}$$

$$3 - \frac{ht}{l} \geq \frac{1}{16}$$

$$\frac{ht}{l} = 0,138 > 0,063$$

Toutes les conditions sont vérifiées, donc la vérification à la flèche n'est pas nécessaire.

Armatures transversales

Pour pouvoir utiliser les armatures transversales perpendiculaires à la ligne moyenne, il faudrait que la relation suivante soit vérifiée $\tau_b \leq \bar{\tau}_b$ avec

$$\bar{\tau}_b = \begin{cases} 3,5 \bar{\sigma}_b & \text{si } \sigma'_b < \bar{\sigma}'_{b_0} \\ \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_{b_0}}\right) \bar{\sigma}_b & \text{si } \bar{\sigma}'_{b_0} < \sigma'_b < 2\bar{\sigma}'_{b_0} \end{cases}$$

$$\bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 3,5 \times 5,9 = 20,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b = \frac{8500}{30 \times \frac{7}{8} \times 36} = 9,005 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b$$

Calcul de l'espacement

$$t = \frac{A_t \gamma_{at}}{T}$$

On choisit $A_t = 1 \text{ cadre } \phi 8 + 1 \text{ étrier } \phi 8 \text{ de FeE24} \rightarrow$

$$A_t = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{at} = \gamma_{at} \sigma_{en} \quad \gamma_{at} = \max \left(\frac{2}{3}, 1 - \frac{9,005}{9 \sigma_b} \right) = 0,83$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 0,83 \times 2400 = 1992 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \frac{2,01 \times \frac{7}{8} \times 36 \times 1992}{8500} = 14,82 \text{ cm}$$

Espacement admissible

$$t = \max \left\{ \begin{array}{l} \bar{t}_1 = 36 \left(1 - \frac{0,3 \times 7,068}{5,9} \right) = 23,06 \text{ cm.} \\ \bar{t}_2 = 0,2h = 0,2 \times 36 = 7,2. \end{array} \right.$$

On prend $t = 15 \text{ cm}$, dont le 1^{er} cours d'armature commence à $\frac{t}{2} = 8 \text{ cm}$ à partir du nu de l'appui puis on applique la suite de Caquot pour la répartition des armatures transversales. Ce qui nous donnera la moitié de la poutre
 2×20 , 2×25 , 2×35 ...

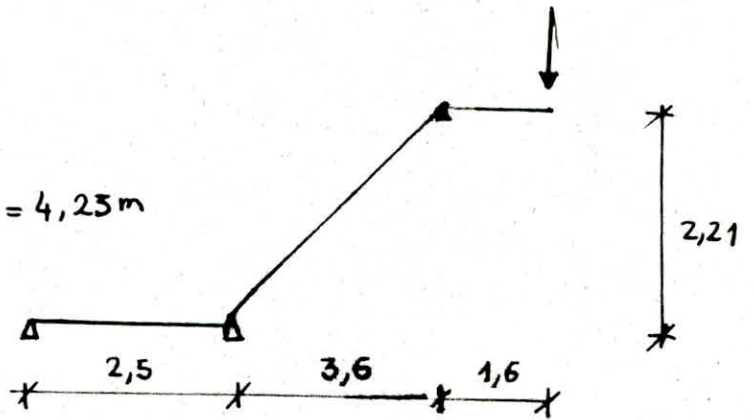
1^{er} Etage

Epaisseur de la paillese:

$$\frac{l}{30} \leq e < \frac{l}{20}, \quad l = \frac{3,6}{\cos \alpha} = 4,23 \text{ m}$$

$$\frac{423}{30} \leq e \leq \frac{423}{20}$$

$$14 \leq e \leq 21 \Rightarrow e = 15 \text{ cm}$$



Détermination des charges et surcharges (paillese)

Poids propre	$\frac{0,15 \times 2500 \times 1}{2}$	=	440 kg/ml
Poids des marches	$\frac{0,17 \times 2200}{2}$	=	187 kg/ml
Carrelage + Mortier	44 + 40	=	84 kg/ml
Enduit en plâtre		=	30 kg/ml
Garde corps		=	10 kg/ml
		<hr/>	$G_1 = 751 \text{ kg/ml}$

Surcharge $400 \times 1 = 400 \text{ kg/ml}$

$$q_1 = G_1 + 1,2 P_1 = 1231 \text{ kg/ml}$$

Paliers 1,2	poids propre	$0,15 \times 2500 \times 1 =$	375 kg/ml
	Carrelage + mortier	$44 + 40 =$	84 kg/ml
	Enduit en plâtre	$- - - - =$	30 kg/ml

$$G_2 = 490 \text{ kg/ml}$$

Surcharge: $400 \times 1 = 400 \text{ kg/ml}$

$$q_2 = 490 + 480 = 970 \text{ kg/ml}$$

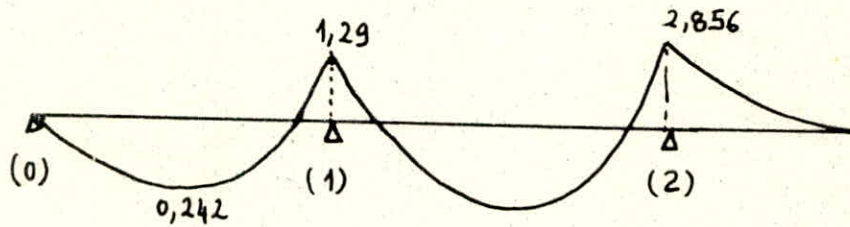
mur

$$2,9 (1400 \times 0,2 + 40 + 28) = 1009,2 \text{ kg/ml}$$

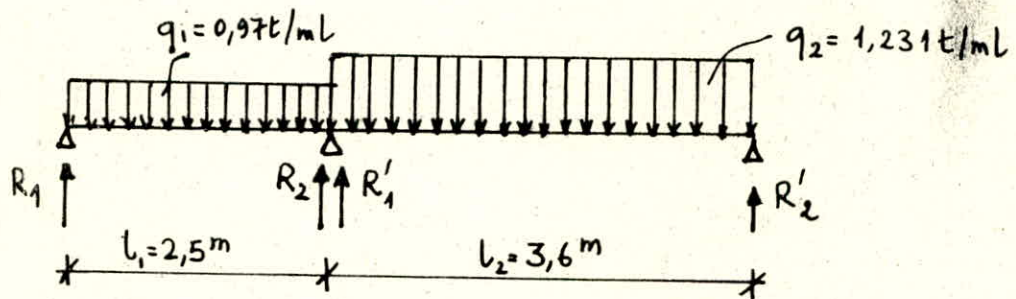
$$M_0 = 0 \quad \text{et} \quad M_2 = 2856 \text{ kg m}$$

$$2M_1(2,5 + 3,6) + 2856 \times 3,6 = \frac{0,97(2,5)^3}{4} + \frac{1,231(3,6)^3}{4}$$

$$M_1 = \frac{3,79 + 14,36 - 10,28}{6,1} = 1,29 \text{ tm}$$



Calcul de la réaction à l'appui (1)



$$R_2 = -\frac{q_1 l_1}{2} - \frac{M_1}{l_1} = -\frac{0,97 \times 2,5}{2} - \frac{1,29}{2,5} = -1,73 \text{ t}$$

$$R'_1 = \frac{q_2 l_2}{2} + \frac{M_1 - M_2}{2} = \frac{-1,231 \times 3,6}{2} + \frac{1,29 - 2,856}{3,6} = 1,781 \text{ t}$$

$$R_1 = \frac{q_1 l_1}{2} - \frac{M_1}{l_1} = \frac{0,97 \times 2,5}{2} - \frac{1,29}{2,5} = 0,7 \text{ t}$$

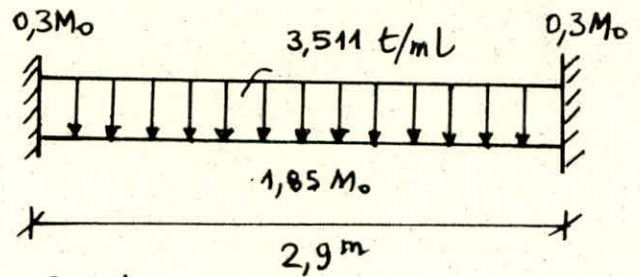
$$R'_2 = -\frac{q_2 l_2}{2} + \frac{M_1 - M_2}{2} = \frac{-1,231 \times 3,6}{2} + \frac{1,29 - 2,856}{3,6} = 2,651 \text{ t}$$

Ferraillage du chaînage (30x30)

Schema statique

$$R = R_2 + R'_1 = 1,73 + 1,781$$

$$R = 3,511 \text{ t/ml}$$



$$M_a = 0,3 M_0 \text{ avec } M_0 = \frac{q l^2}{8} = 3,69 \text{ tm}$$

$$M_a = 1,11 \text{ tm.}$$

$$M_t = 3,137 \text{ tm.}$$

$$\text{et } T_x = T_0 + \frac{M_w - M_e}{l} \text{ comme } M_w = M_e$$

$$\text{alors } T_x = T_0 = \frac{q l}{2} = 5090,95 \text{ kg}$$

Ferraillage.

$$\text{En travée } M_t = 3,137 \text{ tm} \rightarrow \mu = \frac{15 \times 3,137 \times 10^5}{2800 \times 30 \times (27)^2} = 0,768$$

$$\rightarrow k = 29,3, \quad \varepsilon = 0,8871$$

$$A = \frac{3,137 \times 10^5}{2800 \times 27 \times 0,88} = 4,6 \text{ cm}^2 \rightarrow 4T12 = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\text{En appui } M_a = 1,11 \text{ tm} \rightarrow \mu = \frac{15 \times 1,11 \times 10^5}{2800 \times 30 \times (27)^2} = 0,0272$$

$$\rightarrow k = 55, \quad \varepsilon = 0,9286$$

$$A = \frac{11,13 \times 10^5}{2800 \times 30 \times (0,9286)} = 1,58 \text{ cm}^2 \rightarrow 4T10 = 3,14 \text{ cm}^2$$

Vérification

- Condition de non fragilité $A \geq 0,69 b h \frac{\sigma_b}{\sigma_{en}} = 0,69 \times 36 \times 30 \times \frac{59}{4200}$
 $A \geq 1,047 \text{ cm}^2$ (Vérifiée)

- Contraintes

en travée $M = 3,137 \text{ tm}$

$$D = \frac{15}{30} (4,52 + 3,14) = 3,83$$

$$E = \frac{30}{30} (3,14 + 27 \times 4,52) = 131,46 \text{ et } \gamma_1 = 8,25 \text{ cm}$$

$$I = 30749,28 \text{ cm}^4$$

$$k = \frac{M}{I} = \frac{3,137 \times 10^5}{30749,28} = 10,2$$

$$\sigma'_b = 10,2 \times 8,25 = 84,15 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

$$\sigma'_a = 15 \times 10,2 (8,25 - 3) = 803 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_a$$

$$\sigma_a = 15 \times 10,2 (27 - 8,25) = 2921,75 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

A l'appui $M = 11,13 \text{ tm}$.

$$\sigma'_b = 132,3 < \bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_a = 271,3 < \bar{\sigma}'_a$$

$$\sigma_a = 1442 < \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

- Fissuration

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) > \bar{\sigma}_a \quad \text{avec}$$

$$\sigma_1 = \frac{k \eta}{\phi} \frac{\omega_f}{1 + 10 \omega_f}$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{k \frac{\eta}{\phi} \sigma_b}$$

Section	A (cm ²)	ϕ (mm)	Bf	$\omega_f = \frac{A}{Bf}$	σ_1	σ_2	$\max(\sigma_1, \sigma_2)$
Travée	4,52	12	180	0,0251	4012,8	2607	4012,8
Appui	3,14	10	180	0,0174	4902,62	2855	4902,62

Condition d'appui

Section	T (t)	M (tm)	A (cm ²)	A $\bar{\sigma}_a$	T + $\frac{M}{l}$	Observation
Appui	5,091	1,11	3,14	8792	392,53	Vérifiée

- Verification de la flèche

$$1) \quad \frac{ht}{l} \geq \frac{M_t}{10 M_0} \quad \rightarrow \quad \left. \begin{array}{l} \frac{ht}{l} = \frac{0,3}{2,9} = 0,103 \\ \frac{M_t}{10 M_0} = \frac{3,137}{36,9} = 0,085 \end{array} \right\} \frac{ht}{l} > \frac{M_t}{10 M_0}$$

$$2) \quad \frac{A}{Bh} \leq \frac{43}{\bar{\sigma}_{en}} \quad \rightarrow \quad \frac{4,52}{30 \times 27} = 0,00418 < 0,01 = \frac{43}{4200}$$

$$3) \quad \frac{ht}{l} \geq \frac{1}{10} \quad \rightarrow \quad \frac{ht}{l} = 0,103 > 0,063$$

Toutes les conditions sont vérifiées donc la vérification à la flèche n'est pas nécessaire.

Armature transversales

Pour pouvoir utiliser les armatures transversales perpendiculaire à la ligne moyenne, il faudrait que la relation suivante soit vérifiée

$$\tau_b < \bar{\tau}_b \quad \text{avec} \quad \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b = \frac{5090,95}{30 \times \frac{7}{8} \times 27} = 7,183 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b$$

Calcul de l'espacement

$$t = \frac{A_t \sigma_{at}}{T} \quad \text{avec} \quad A_t = 1 \text{ cadre } \phi 8 + 1 \text{ étrier } \phi 8 \text{ de Fe E24}$$

$$A_t = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$t = \frac{2,01 \times \frac{7}{8} \times 27 \times 2073,6}{5090,95} = 19,34 \text{ cm}$$

$$\sigma_{at} = \max \left(\frac{2}{3}, 1 - \frac{7,183}{9 \times 5,9} \right) = 0,864 \quad \sigma_{at} = 2073,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = \max \begin{cases} E_1 = 27 \left(1 - \frac{0,3 \times 7,183}{5,9} \right) = 17,13 \text{ cm} \\ E_2 = 0,2 \times 36 = 7,2 \text{ cm} \end{cases}$$

On prend $t = 15 \text{ cm}$, dont le 1^{er} cours d'armature à $\frac{t}{2} = 8 \text{ cm}$ à partir du nu de l'appui puis on applique la suite de Caquot pour la répartition des armatures transversales.

Remarque:

la poutre palière de cet étage a été étudiée au niveau R.D.C.

2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} étage

$$H = 1,7\text{m} \Rightarrow n = \frac{170}{17} = 10$$

$$h = 0,17\text{m}$$

$$g = \frac{L}{n-1} = \frac{270}{9} = 30\text{cm}$$

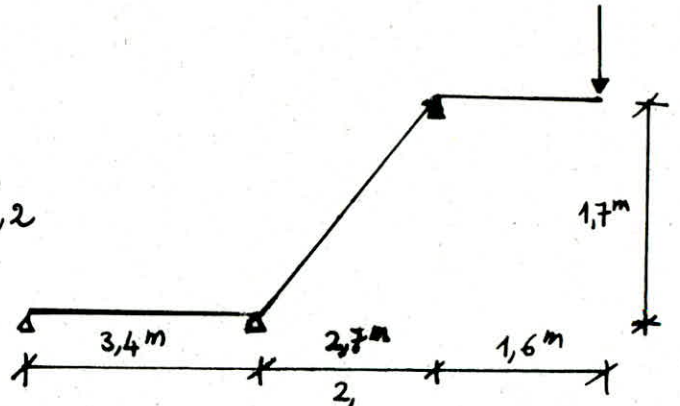
$$\text{tg} \alpha = \frac{170}{270} = 0,63 \Rightarrow \alpha = 32,2^\circ$$

$$59 < g < 64$$

Epaisseur de la pailleasse

$$\frac{l}{30} < e < \frac{l}{20} \Rightarrow l = \frac{2,7}{0,846} = 3,19 \Rightarrow 10 < e < 16$$

On prend $e = 15\text{cm}$.



Determination des charges et surcharges

Poids propre	$\frac{0,15 \times 2500 \times 1}{0,846}$	=	443,26 kg/ml
Poids des marches	$\frac{0,17 \times 2200}{0,846}$	=	187 kg/ml
Carrillage + mortier	44 + 40	=	84 kg/ml
Enduit en plâtre		=	30 kg/ml
Garde corps		=	10 kg/ml
		<u>$G_1 =$</u>	<u>754,26 kg/ml</u>

$$\text{Surcharge } P_1 = 400\text{kg/ml}$$

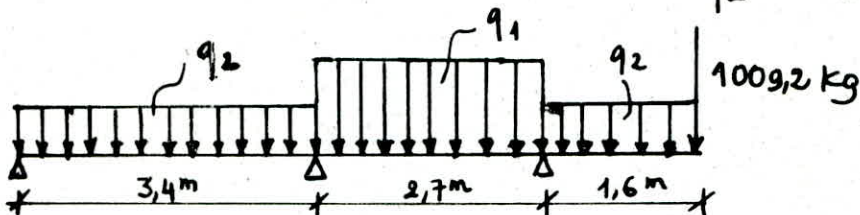
$$q_1 = G_1 + 1,2P_1 = 1234\text{kg/ml}$$

Palier

Poids propre	$2500 \times 0,15 \times 1$	=	375 kg/ml
Carrillage + mortier	40 + 44	=	84 kg/ml
Enduit en plâtre		=	30 kg/ml
		<u>$G_2 =$</u>	<u>490 kg/ml</u>

$$\text{Surcharge } P_2 = 400\text{kg/ml}$$

$$q_2 = G_2 + 1,2P_2 = 970\text{kg/ml}$$



Après avoir déterminé les efforts, on constate qu'ils sont proches des efforts dans les escaliers du 1^{er} étage. Pour cela, on adoptera le même ferrailage. Le chaînage sera aussi le même que celui du R.D.C.

ETUDE AU SEISME

Généralités

Les secousses sismiques imposant aux constructions des accélérations particulières pouvant atteindre l'ordre de grandeur de la gravité ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

Les efforts qui en résultent peuvent s'exercer en plan selon une direction quelconque.

Toutefois on se contentera d'envisager simultanément ou successivement les effets d'une composante horizontale et d'une composante verticale.

Principes fondamentaux de calcul

Le règlement utilisé est le R.P.A 81 et ceci dans le but de faire une étude sismique basée sur les observations et, des analyses déjà faites sur la sismicité en Algérie. Ce mode de calcul substitue aux effets dynamiques réels de sollicitations statique résultant de la combinaison de système de forces fictives dont les effets sont quasiment équivalents à ceux de l'action sismique.

Action sismique

Tout bâtiment sera conçu et construit pour résister aux forces sismiques horizontales (verticales) totales agissant non simultanément dans la direction de chacun des axes principaux de la structure conformément à la formule

$$V = A \cdot B \cdot D \cdot Q \cdot W$$

- V : force laterale ou effort tranchant à la base
- A : Coefficient d'accélérations des zones ; il dépend du groupe d'usage de la structure et de la zone sismique. Sa valeur est prise du tableau 1 page 16 du R.P.A 81
- B : facteur de comportement de la structure, il dépend de son type et de la nature de ses contreventements.
- D : facteur d'amplification dynamique moyen, sa valeur est déterminée d'après le type de sol en fonction de la période T du bâtiment
- Q : facteur de qualité du système de contreventement d'une structure donnée, il est fonction de l'hypérestaticité de la surabondance du système, de ses symétries en plan de sa régularité en élévation et de la qualité du contrôle pendant la construction, la valeur de Q est déterminée par la formule

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^{q=6} P_q$$

où P_q est la pénalité qui dépend de l'observation ou non du critère de qualité q.

W : poids propre de la structure (totalité des charges permanentes) + 50% des surcharges d'exploitation. (R.P.A Art 3.3.1.5)

Pour notre bâtiment

- $A = 0,15$ (Bâtiment à usage social, implanté à Alger zone II)
- $B = 0,25$ (Structure à portique autostable en béton armé)
- $Q = 1 + 0,1 + 0 + 0 + 0,1 + 0,1 + 0,1 = 1,4$
- La valeur de D sera déterminée d'après le sol, et en fonction de T

$$T = \frac{0,09 H}{\sqrt{L}}$$

• sens longitudinal $T = \frac{0,09 \times 22,36}{\sqrt{19,5}} = 0,45 \text{ s}$

• sens transversal $T = \frac{0,09 \times 22,36}{\sqrt{13,3}} = 0,55 \text{ s}$

Le sol étant ferme $D = 1,5$ (valeur tirée du graphe) RPA 81.

Calcul des masses des planchers

- Niveau VI (terrasse)

- Acrotère $65,6 \times 0,6 \times 0,1 \times 2,5 = 9,84 \text{ t}$
 - Plancher $0,54 (19,5 \times 13,3) = 140,31 \text{ t}$
 - Poutre long $18,2 \times 0,25 \times 0,15 \times 2,5 = 5,4 \text{ t}$
 - Poutre trans $12,8 \times 7 \times 0,3 \times 0,3 \times 2,5 = 20,16 \text{ t}$
 - $\frac{1}{2}$ Poteau $1,7 \times 21 \times 0,3 \times 0,5 \times 2,5 = 13,38 \text{ t}$
- total = 189 t

- Niveau V

- Venant de VI 189 t
 - Plancher $0,48 (19,5 \times 13,3 + 2 \times 1,85 + 6,4 \times 1 \times 1,95) = 14,8 \text{ t}$
 - Poutre longitudinale 5,8 t
 - Poutre transversale 22,8 t
 - Poteaux 26,7 t
- total 203,7 t

Surcharge 50% (RPA B1)

$$(29,12 + 69,3 + 49,14) \times 0,3 + (12,75 + 12,8 + 44,05 + 12,02) \times 0,25 + 14,26 \times 0,4$$

$$= (5,704 + 64,67) \times 0,5$$

total : 32,36 t

- Niveau IV

- Plancher $(19,5 \times 13,3 + 2 \times 8,35 + 2 \times 6,4 \times 19,5) \times 0,49 = 154,4 \text{ t}$
 - Poutre longitudinal 5,8 t
 - Poutre transversal 22,8 t
 - Poteau 26,7 t
- total 209,9 t

Surcharge 50% (RPA B1)

$$0,5 (44,65 + 42,07 + 12,8 + 63,18 + 39,49 + 63,99) \times 0,25 + 14,26 \times 0,4$$

$$= 72,3$$

total 36,15 t

- Niveau III

- Plancher $0,49 (13,5 \times 13,3 + 8,35 \times 1,85 + 9,6 \times 1,95) \dots 146,88 \text{ t}$
 - Poutre long $2 \times 21,05 \times 0,25 \times 0,15 \times 2,5 + 16 \times 0,25 \times 0,15 \times 2,5 5,45 \text{ t}$
 - Poutre trans $6 \times 14,7 \times 0,3 \times 0,3 + 12,8 \times 0,3 \times 0,3 \times 2,5 22,8 \text{ t}$
 - Poteau $3,4 \times 21 \times 0,3 \times 0,5 \times 2,5 26,77 \text{ t}$
- total : 201,9 t

Surcharge 50% (RPA B1)

$$(44,65 + 21,62 + 40,32 + 64,08 + 12,8 + 42,07) \times 0,5 + 14,26 \times 0,4 = 29,72 \text{ t}$$

- Niveau II

$$\begin{aligned}
 & \text{- plancher } 0,49(13,3 \times 19,5 + 8,35 \times 1,85 + 1,95 \times 12,8) = 146,88 \text{ t.} \\
 & \text{- peinture long } 16 \times 0,25 \times 0,15 \times 2,5 + 2 \times 2,5 \times 21,05 \times 0,15 \times 0,25 = 5,45 \text{ t} \\
 & \text{- poutre trans } (6 \times 14,75 \times 0,3 \times 0,3 + 12,8 \times 0,3 \times 0,3) 2,5 = 22,8 \text{ t} \\
 & \text{- poteau } 3,91 \times 21 \times 0,3 \times 0,5 \times 2,5 = 30,8 \text{ t} \\
 & \text{total } 205,9 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Surcharge } 50\% \text{ (R.P.A)} \\
 & [(88,5 + 21,62 + 21,62 + 18,45 + 42,07 + 11,02 + 16,24 + 12,8) \times 0,25 \\
 & \quad + 19,22 \times 0,5 + 14,26 \times 0,4] \times 0,5 \\
 & \text{total } 36,7 \text{ t}
 \end{aligned}$$

- Niveau I

$$\begin{aligned}
 & \text{- plancher } 19,5 \times 13,3 \times 0,49 = 127 \text{ t} \\
 & \text{- poutre long } 16 \times 0,25 \times 0,15 \times 2,5 + 3 \times 19,2 \times 0,25 \times 0,15 \times 2,5 = 6,9 \text{ t} \\
 & \text{- poutre trans } 12,8 \times 7 \times 0,3 \times 0,3 \times 2,5 = 20,16 \text{ t} \\
 & \text{- poteaux } 28 \times 4,42 \times 0,3 \times 0,5 \times 2,5 = 46,41 \text{ t} \\
 & \text{total } 200,57 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Surcharge } 50\% \text{ (R.P.A)} \\
 & (43,24 + 40,16 + 12,74 + 11,02 + 5,5) \times 0,25 + (87,16) \times 0,4 = 31,5 \text{ t.}
 \end{aligned}$$

Poids des murs

$$\begin{aligned}
 & \text{- Niveau VI } \frac{1}{2} \text{ mur exterieur} \\
 & 1,6 \times 4,95 \times 0,36 + 1,5 \times 6,4 \times 0,36 + 4 \times 1,6 \times 0,36 + 6,4 \times 1,5 \times 0,36 = 12,07 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{- Niveau V} \\
 & 2(1,42 \times 19,2 \times 0,36) + 3,2 \times 4,95 \times 0,36 + 3,2 \times 4 \times 0,36 + 2 \times 1,6 \times 6,4 \times 0,36 \\
 & \quad + 1,6 \times 3,77 \times 0,36 \times 4 = 46 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{- Niveau IV} \\
 & (3,2 \times 4,95 + 3,2 \times 4) \times 0,36 + 4 \times 1,6 \times 3,77 \times 0,36 + 2 \times 6,4 \times 1,6 \times 0,36 \\
 & \quad + 1,12 \times 19,2 \times 0,36 \times 2 = 41,85 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{- Niveau III} \\
 & (3,2 \times 4,95 + 3,2 \times 4) \times 0,36 + 2 \times 6,4 \times 3,2 \times 0,36 + 1,12 \times 19,2 \times 0,36 \times 2 \\
 & \quad = 40,54 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{- Niveau II} \\
 & 1,95 \times 3,2 \times 0,36 + 6,4 \times 3,2 \times 0,36 + 2 \times 1,12 \times 19,2 \times 0,36 + 1,6 \times 6,4 \times 0,36 \\
 & \quad + 1,6 \times 2,4 \times 0,36 + 1,6 \times 5 \times 0,36 + 1,23 \times 8,4 \times 0,36 - 2 = 45 \text{ t}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{- Niveau I} \\
 & 4,95 \times 1,6 \times 0,36 + 6,4 \times 1,6 \times 0,36 + 1,12 \times 19,2 \times 0,36 \times 2 + 1,6 \times 6,4 \times 0,36 \\
 & \quad + 1,6 \times 2,4 \times 0,36 + 1,6 \times 5 \times 0,36 + 1,6 \times 3,2 \times 0,36 = 31,81 \text{ t.}
 \end{aligned}$$

Poids total du batiment est 1594,8 t. on prend

$$\underline{W = 1600 \text{ t}}$$

CALCUL DE LA RIGIDITE

Pour le calcul des rigidités sous les charges horizontales
On applique la méthode de MUTO

La méthode de Muto est une méthode approchée qui nous permet d'analyser une structure constituée de portiques sollicités par des efforts horizontaux (séisme, vent) basée sur les rigidités des niveaux et d'étages dont MUTO propose les formules approchées

Cette méthode est applicable pour les bâtiments à étages rigides dans leurs plans ayant une ossature composée de portiques reprenant la totalité des charges verticales et horizontales (notre cas)

Etapes de calcul

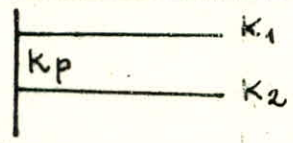
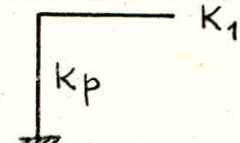
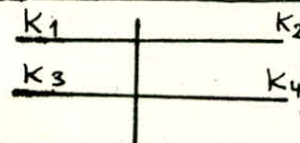
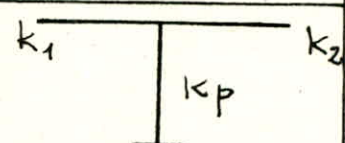
Calcul des rigidités linéaires des poutres et des poteaux.

$$k_{\text{pout}} = \frac{I}{L}$$

$$k_{\text{pot}} = \frac{I}{h}$$

I : Moment d'inertie
h : Hauteur d'étage.
L : Portée entre axe.

Calcul des coefficients \bar{K} et des coefficients de correction a_j des rigidités des poteaux dans les deux sens

Poteaux de rive		Poteaux intermédiaires	
Etage courant	R.D.C	Etage courant	R.D.C
			
$\bar{K} = \frac{k_1 + k_2}{2k_p}$	$\bar{K} = \frac{k_1}{k_p}$	$\bar{K} = \frac{k_1 + k_2 + k_3 + k_4}{2k_p}$	$\bar{K} = \frac{k_1 + k_2}{k_p}$
$a = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$a = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$

Rigidité corrigée d'un poteau "i" de niveau "j"

$$r_j^{(i)} = \frac{12E}{(h_j^{(i)})^2} a_j k_{pj}^{(i)} \quad \text{avec } E = E_i = 21000 \sqrt{\sigma_j'} \text{ (C.C.B.A68)}$$

σ_j' Résistance du béton à "j" jours

On a un béton à base de ciment C.P.A 325

donc $\sigma_j' = 1,2 \sigma_{28}'$ d'où $E_i = 3,62 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

Rigidité relative de niveau corrigée d'un portique

$$R_j^{(i)} = \sum_{i=1}^n r_j^{(i)} = \frac{12E}{(h_j^{(i)})^2} \sum a_j^{(i)} k_{pj}^{(i)}$$

On suppose que :

- Tous les poteaux d'un même niveau ont la même hauteur
- Tous les poteaux d'un même niveau ont un même déplacement

Rigidité relative d'étage "j"

$$R_{jx} = \sum_{l=1}^{l=m} R_{jx}^{(l)} \quad \text{suivant le sens longitudinal (x)}$$

$$R_{jy} = \sum_{t=1}^{t=m} R_{jy}^{(t)} \quad \text{suivant le sens transversal (y)}$$

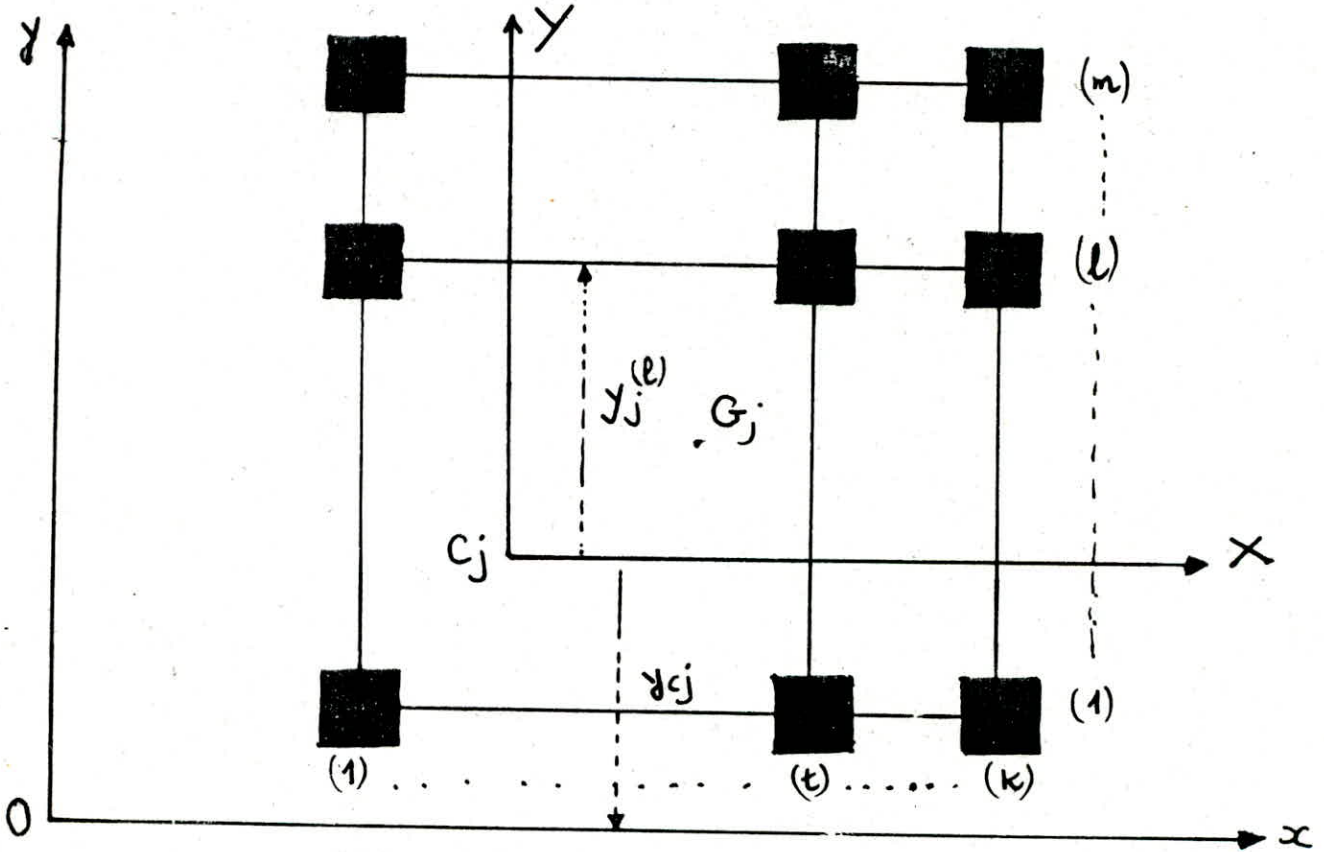
R_{jx} : rigidité relative de niveau "j" du portique long (l)

R_{jy} : rigidité relative de niveau "j" du portique trans (t)

Caracteristiques géométriques

Determination du centre de torsion et du centre de masse

a) Centre de torsion C_j à l'étage j



Soit Oxy un repère avec Ox et Oy parallèles aux principales du bâtiment et O un point quelconque. Les coordonnées (x_{cj}, y_{cj}) du centre de torsion C_j de l'étage j par rapport à Oxy sont données par

$$x_{cj} = \frac{\sum_{t=1}^{t=k} R_{jy}^{(t)} x_j^{(t)}}{\sum_{t=1}^{t=k} R_{jy}^{(t)}}$$

$$y_{cj} = \frac{\sum_{l=1}^{l=m} R_{jx}^{(l)} y_j^{(l)}}{\sum_{l=1}^{l=m} R_{jx}^{(l)}}$$

$R_{jx}^{(l)}$: Rigidité relative de niveau (j) du portique long (l)
 $R_{jy}^{(t)}$: Rigidité relative de niveau (j) du portique trans (t)

Centre de torsion

Niveau 6, 5, 4, 3

$$\left. \begin{array}{l} x_c = 9,6\text{m} \\ y_c = 6,4\text{m} \end{array} \right\}$$

Niveau 2, 1

$$\left. \begin{array}{l} x_c = 9,6\text{m} \\ y_c = 5,3\text{m} \end{array} \right\}$$

Centre de masseNiveau 6, 1 ($x_G = 9,67\text{m}$, $y_G = 6,51\text{m}$)Niveau 5 et 4 ($x_G = 11,36\text{m}$, $y_G = 7,29\text{m}$)Niveau 3, 2 ($x_G = 10,68$, $y_G = 7,45\text{m}$)Calcul de l'excentricité

Le complément aux règles parasismiques CTC impose de considérer une torsion d'ensemble au maximum de 5% de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau. Cette torsion résulte de l'excentricité de la résultante des forces horizontales appliquées au centre de masse par rapport au centre de torsion.

$$d = \frac{5}{100} \times L_x = 0,98\text{m} \approx 1\text{m}$$

. Niveau		1	2	3	4	5	6
Excentricité de calcul (m)	ex	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	ey	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Excentricité réelle (m)	ex	0,05	0,62	-0,62	0,06	0,06	0,07
	ey	0,20	0,45	-0,65	-0,81	-0,81	0,11

Détermination de la position du point de moments nul

La position du point d'inflexion est donnée en fonction des caractéristiques du portique. Elle est donnée par

$$Z = Yh$$

$$\text{Avec } Y = Y_0 + Y_1 + Y_2 + Y_3$$

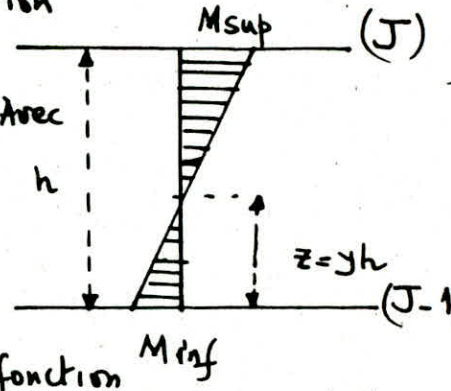
Y_0 : Coefficient dépendant de K , du nombre de niveau que comporte le portique et le numéro du niveau considéré (Tableau 2 du bulletin CTC)

Y_1 : Terme de correction dû à la variation de la rigidité linéaire (I/L) des poutres supérieures et inférieures (tableau 4). Il est en fonction de K et α , avec

$$\alpha_1 = \frac{K_1 + K_2}{K_3 + K_4} \dots \text{Poutres supérieures}$$

$$\dots \text{Poutres inférieures}$$

Y_2 : Terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage de l'étage supérieur adjacent est donné par (le tableau 5), en fonction de α_2 et K , $\alpha_2 = h_s/h$; h_s du niveau considéré
 $Y_2 = 0$ pour le dernier niveau.



Y_3 : Terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage inférieur adjacent, est donné par le tableau n° 5, en fonction de α_3 et de K (pour le dernier niveau $Y_3 = 0$), $\alpha_3 = h_i/h$ h_i du niveau considéré

Détermination des moments en tête des poteaux

Une fois le point d'inflexion (moment nul) est déterminé, connaissant d'autre par l'effort horizontal appliqué à ce poteau. Le moment en tête de poteaux s'obtiennent par les formules de R.D.M.

$$M_{sup} = V_k(h-z)$$

$$M_{inf} = V_k z$$

V_k : effort dans chaque poteau.
 $z = Yh$

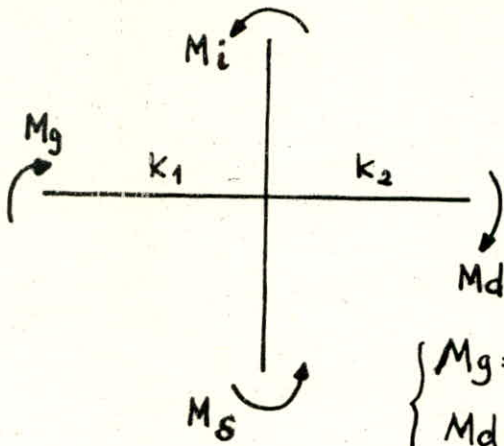
Pour le calcul de V nous dresserons des tableaux dont les coefficients seront

$$V_k^i = \frac{a_j^i \cdot K_j^i}{D_j} \cdot V$$

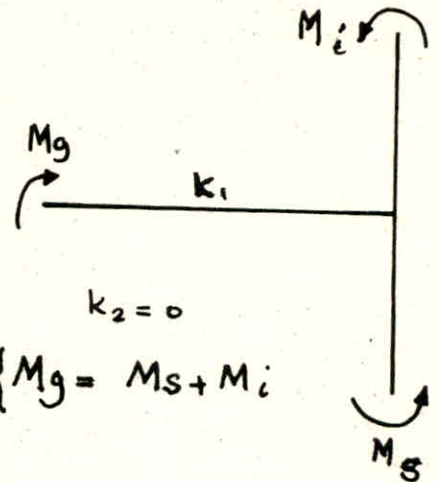
Nota

En raison de la dissymétrie que présente le bloc, nous donnons dans les tableaux les moments dans les poutres de tous les portiques.

Moments dans les traverses



$$\begin{cases} M_g = \frac{k_1}{k_1+k_2} (M_s+M_i) \\ M_d = \frac{k_2}{k_1+k_2} (M_s+M_i) \end{cases}$$



$$\begin{cases} M_g = M_s+M_i \end{cases}$$

Efforts tranchants dans les poutres

Les efforts tranchants dans les poutres seront calculés à partir des moments aux nœuds calculés précédemment.

Méthode de calcul

On considère la travée indépendante avec les moments enveloppes en ses nœuds, puis on détermine l'équation du moment flechissant qui peut s'écrire de la manière suivante.

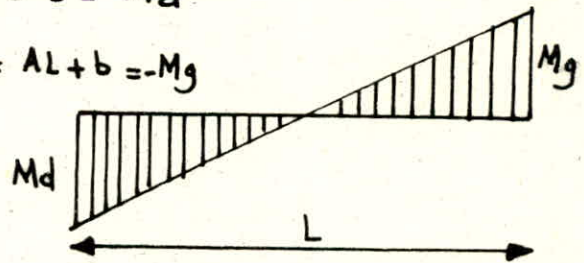
$$M(x) = Ax + b \quad T = \frac{dM(x)}{dx} = A.$$

* Sous $\vec{S}_i H$ de gauche à droite

$$M(x) = Ax + b \quad \begin{cases} x=0 \Rightarrow M(0) = b = M_d \\ x=L \Rightarrow M(L) = AL + b = -M_g \end{cases}$$

$$\Rightarrow A = - \frac{(M_d + M_g)}{L}$$

$$\text{donc} \quad T = - \left(\frac{M_d + M_g}{L} \right)$$



Effort normal dans les poutres

Pour un nœud (i) l'effort normal dans le poteau sera

$$N_i = - (T_g - T_d)$$

Convention

$N < 0$ (traction)

$N > 0$ (compression)

Rigidité d'étage "j"

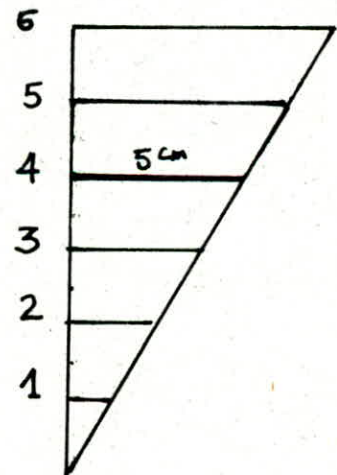
Niveau	Sens longitudinal (kg/m) R_{jx}	Sens transversal R_{jy} (kg/m)
6	108170,1	186164,83
5	108170,1	186164,83
4	108170,1	186164,83
3	108170,1	186164,83
2	74703,0	204653,68
1	88288,84	261813,79

Calcul des déplacements relatifs

$$S_j = \frac{I_j}{R_j} \quad \text{et} \quad \frac{1}{2B} \frac{I_j}{R_j} < 0,0075 h_j \quad (B = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{1}{2B} = 2 > 1)$$

sens longitudinal

Niveau	Deplacé $\delta_j = \frac{I_j}{R_j}$	$\bar{\delta}_j$	Δ_j (cumulé) (cm)
6	0,25	2,55	5,8
5	0,57	2,55	5,6
4	0,83	2,55	5,05
3	1,03	2,55	4,21
2	1,05	3,31	3,18
1	1,53	3,31	1,53



CALCUL. DES. RIGIDITES. DES. NIVEAUX

$$(E = E_i = 21000 \sqrt{V_j} = 3,62 \cdot 10^5 \text{ Kg/cm}^2)$$

Niveau	Poteau	\bar{K}	a	$K_p = \frac{I}{L}$	$\Sigma a \cdot K_p$	$a K_p$	$\frac{a K_p}{\Sigma a K_p}$	$R_{ij} = \frac{12E}{L^2} \Sigma a K_p \text{ (Kg/cm)}$
VI	A	0,53	0,21	919,12	707,73	193,02	0,27	26594,975
	C	1,06	0,35	919,12		321,69	0,45	
	E	0,53	0,21	919,12		193,02	0,27	
V	A	0,53	0,21	919,12	707,73	193,02	0,27	26594,975
	C	1,06	0,35	919,12		321,69	0,45	
	E	0,53	0,21	919,12		193,02	0,27	
IV	A	0,53	0,21	919,12	707,73	193,02	0,27	26594,975
	C	1,06	0,35	919,12		321,69	0,45	
	E	0,53	0,21	919,12		193,02	0,27	
III	A	0,53	0,21	919,12	707,73	193,02	0,27	26594,975
	C	1,06	0,35	919,12		321,69	0,45	
	E	0,53	0,21	919,12		193,02	0,27	
II	A	0,69	0,26	707,01	1314,85	183,82	0,14	29236,24
	C	1,7	0,46	707,01		325,22	0,25	
	D	3,21	0,62	707,01		438,35	0,33	
	E	2,21	0,52	707,01		367,14	0,28	
I	A	0,69	0,44	707,01	1682,09	311,08	0,18	37401,97
	C	1,7	0,59	707,01		417,14	0,25	
	D	3,21	0,71	707,01		501,38	0,30	
	E	2,21	0,64	707,01		452,49	0,27	

PORTIQUE TRANSVERSAL : 2-2

CÁLCUL DES RIGIDITES DES NIVEAUX

Niveau	Potéaux	\bar{K}	a	K_p	a K_p	$\Sigma a K_p$	$R_{jx} = \frac{12E}{h_j^2} \Sigma a K_p$
VI	1	0,84	0,30	330,88	99,26	959,52	36056,70
	2	1,69	0,46	330,88	152,20		
	3	1,69	0,46	330,88	152,20		
	4	1,69	0,46	330,88	152,20		
	5	1,69	0,46	330,88	152,20		
	6	1,69	0,46	330,88	152,20		
	7	0,84	0,30	330,88	99,26		
V	1	0,84	0,30	330,88	99,26	959,52	36056,70
	2	1,69	0,46	330,88	152,20		
	3	1,69	0,46	330,88	152,20		
	4	1,69	0,46	330,88	152,20		
	5	1,69	0,46	330,88	152,20		
	6	1,69	0,46	330,88	152,20		
	7	0,84	0,30	330,88	99,26		
IV	1	0,84	0,30	330,88	99,26	959,52	36056,70
	2	1,69	0,46	330,88	152,20		
	3	1,69	0,46	330,88	152,20		
	4	1,69	0,46	330,88	152,20		
	5	1,69	0,46	330,88	152,20		
	6	1,69	0,46	330,88	152,20		
	7	0,84	0,30	330,88	99,26		
III	1	0,84	0,30	330,88	99,26	959,52	36056,70
	2	1,69	0,46	330,88	152,20		
	3	1,69	0,46	330,88	152,20		
	4	1,69	0,46	330,88	152,20		
	5	1,69	0,46	330,88	152,20		
	6	1,69	0,46	330,88	152,20		
	7	0,84	0,30	330,88	99,26		
II	1	1,1	0,35	254,52	89,08	839,91	18675,75
	2	2,19	0,52	254,52	132,35		
	3	2,19	0,52	254,52	132,35		
	4	2,19	0,52	254,52	132,35		
	5	2,19	0,52	254,52	132,35		
	6	2,19	0,52	254,52	132,35		
	7	1,1	0,35	254,52	89,08		
I	1	1,1	0,52	254,52	132,35	992,66	22072,21
	2	2,19	0,64	254,52	162,9		
	3	2,19	0,64	254,52	162,9		
	4	2,19	0,64	254,52	162,9		
	5	2,19	0,64	254,52	162,9		
	6	2,19	0,64	254,52	162,9		
	7	1,1	0,52	254,52	132,35		

PORTIQUE LONGITUDINAL: E.E

PORTIQUE: C.C

MOMENTS EN TETES DES POTEAUX

Niveau	pat	V_j	y_0	y_1	y_2	y_3	$y=y_0$	$z=y \cdot h$	$M_{inj} = V_j \cdot z$	$h-z$	$M_{sup} = (h-z)V_j$
VI	1	1,34	0,35	0	0	0	0,35	1,19	1,59	2,21	2,96
	2	1,34	0,37	0	0	0	0,37	1,258	1,69	2,142	2,87
	3	1,34	0,37	0	0	0	0,37	1,258	1,69	2,142	2,87
	4	1,34	0,37	0	0	0	0,37	1,258	1,69	2,142	2,87
	5	1,34	0,37	0	0	0	0,37	1,258	1,69	2,142	2,87
	6	1,34	0,37	0	0	0	0,37	1,258	1,69	2,142	2,87
	7	1,34	0,35	0	0	0	0,35	1,19	1,59	2,21	2,96
V	1	2,963	0,42	0	0	0	0,42	1,428	4,23	1,972	5,84
	2	2,963	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,53	1,87	5,54
	3	2,963	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,53	1,87	5,54
	4	2,963	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,53	1,87	5,54
	5	2,963	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,53	1,87	5,54
	6	2,963	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,53	1,87	5,54
	7	2,963	0,42	0	0	0	0,42	1,428	4,23	1,972	5,84
IV	1	4,302	0,45	0	0	0	0,45	1,53	6,58	1,87	8,04
	2	4,302	0,47	0	0	0	0,47	1,598	6,87	1,802	7,75
	3	4,302	0,47	0	0	0	0,47	1,598	6,87	1,802	7,75
	4	4,302	0,47	0	0	0	0,47	1,598	6,87	1,802	7,75
	5	4,302	0,47	0	0	0	0,47	1,598	6,87	1,802	7,75
	6	4,302	0,47	0	0	0	0,47	1,598	6,87	1,802	7,75
	7	4,302	0,45	0	0	0	0,45	1,53	6,58	1,87	8,04
III	1	5,30	0,45	0	0	0	0,45	1,53	8,11	1,87	9,91
	2	5,30	0,50	0	0	0	0,50	1,70	9,01	1,70	9,01
	3	5,30	0,50	0	0	0	0,50	1,70	9,01	1,70	9,01
	4	5,30	0,50	0	0	0	0,50	1,70	9,01	1,70	9,01
	5	5,30	0,50	0	0	0	0,50	1,70	9,01	1,70	9,01
	6	5,30	0,50	0	0	0	0,50	1,70	9,01	1,70	9,01
	7	5,30	0,45	0	0	0	0,45	1,53	8,11	1,87	9,91
II	1	4,573	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,11	2,21	10,11
	2	4,573	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,11	2,21	10,11
	3	4,573	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,11	2,21	10,11
	4	4,573	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,11	2,21	10,11
	5	4,573	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,11	2,21	10,11
	6	4,573	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,11	2,21	10,11
	7	4,573	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,11	2,21	10,11
I	1	4,845	0,64	0	0	0	0,64	2,829	13,71	1,591	7,71
	2	4,845	0,59	0	0	0	0,59	2,608	12,64	1,812	8,78
	3	4,845	0,59	0	0	0	0,59	2,608	12,64	1,812	8,78
	4	4,845	0,59	0	0	0	0,59	2,608	12,64	1,812	8,78
	5	4,845	0,59	0	0	0	0,59	2,608	12,64	1,812	8,78
	6	4,845	0,59	0	0	0	0,59	2,608	12,64	1,812	8,78
	7	4,845	0,64	0	0	0	0,64	2,829	13,71	1,591	7,71

PORTIQUE: E.E

MOMENTS. EN. TETES. DES. POTEAUX

Niveau	pôt	V_j	y_0	y_1	y_2	y_3	$y=y_0$	$z=y \cdot h$	$M_{ij} = V_j \cdot z$	$h-z$	$M_{sup} V_j (h-z)$
VI	1	1,43	0,35	0	0	0	0,35	1,19	1,70	2,21	3,16
	2	1,43	0,37	0	0	0	0,37	1,258	1,80	2,142	3,06
	3	1,43	0,37	0	0	0	0,37	1,258	1,80	2,142	3,06
	4	1,43	0,37	0	0	0	0,37	1,258	1,80	2,142	3,06
	5	1,43	0,37	0	0	0	0,37	1,258	1,80	2,142	3,06
	6	1,43	0,37	0	0	0	0,37	1,258	1,80	2,142	3,06
	7	1,43	0,35	0	0	0	0,35	1,19	1,70	2,21	3,16
V	1	3,16	0,42	0	0	0	0,42	1,428	4,51	1,972	6,23
	2	3,16	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,83	1,87	5,91
	3	3,16	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,83	1,87	5,91
	4	3,16	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,83	1,87	5,91
	5	3,16	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,83	1,87	5,91
	6	3,16	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,83	1,87	5,91
	7	3,16	0,42	0	0	0	0,42	1,428	4,51	1,972	6,23
IV	1	4,59	0,45	0	0	0	0,45	1,53	7,02	1,87	8,58
	2	4,59	0,47	0	0	0	0,47	1,598	7,33	1,802	8,27
	3	4,59	0,47	0	0	0	0,47	1,598	7,33	1,802	8,27
	4	4,59	0,47	0	0	0	0,47	1,598	7,33	1,802	8,27
	5	4,59	0,47	0	0	0	0,47	1,598	7,33	1,802	8,27
	6	4,59	0,47	0	0	0	0,47	1,598	7,33	1,802	8,27
	7	4,59	0,45	0	0	0	0,45	1,53	7,02	1,87	8,58
III	1	5,66	0,45	0	0	0	0,45	1,53	8,66	1,87	10,58
	2	5,66	0,50	0	0	0	0,50	1,70	9,62	1,70	9,62
	3	5,66	0,50	0	0	0	0,50	1,70	9,62	1,70	9,62
	4	5,66	0,50	0	0	0	0,50	1,70	9,62	1,70	9,62
	5	5,66	0,50	0	0	0	0,50	1,70	9,62	1,70	9,62
	6	5,66	0,50	0	0	0	0,50	1,70	9,62	1,70	9,62
	7	5,66	0,45	0	0	0	0,45	1,53	8,66	1,87	10,58
II	1	4,71	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,41	2,21	10,41
	2	4,71	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,41	2,21	10,41
	3	4,71	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,41	2,21	10,41
	4	4,71	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,41	2,21	10,41
	5	4,71	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,41	2,21	10,41
	6	4,71	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,41	2,21	10,41
	7	4,71	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,41	2,21	10,41
I	1	5,01	0,64	0	0	0	0,64	2,829	14,17	1,591	7,97
	2	5,01	0,59	0	0	0	0,59	2,608	13,07	1,812	9,08
	3	5,01	0,59	0	0	0	0,59	2,608	13,07	1,812	9,08
	4	5,01	0,59	0	0	0	0,59	2,608	13,07	1,812	9,08
	5	5,01	0,59	0	0	0	0,59	2,608	13,07	1,812	9,08
	6	5,01	0,59	0	0	0	0,59	2,608	13,07	1,812	9,08
	7	5,01	0,64	0	0	0	0,64	2,829	14,17	1,591	7,97

PORTIQUE: 2-2

MOMENTS EN TETES DES POTEAUX

Niveau	File de poteau	V_j	y_0	y_1	y_2	y_3	$y=y_0$	$z=y \cdot h$	$M_{inf} = V_j \cdot z$	$h-z$	$M_{sup} = V_j \cdot (h-z)$
VI	A	1,397	0,26	0	0	0	0,26	0,884	1,235	2,516	3,51
	C	1,397	0,36	0	0	0	0,36	1,224	1,71	2,176	3,04
	E	1,397	0,26	0	0	0	0,26	0,884	1,235	2,516	3,51
V	A	3,097	0,36	0	0	0	0,36	1,224	3,79	2,176	6,74
	C	3,097	0,45	0	0	0	0,45	1,53	4,74	1,87	5,79
	E	3,097	0,36	0	0	0	0,36	1,224	3,79	2,176	6,74
IV	A	4,5	0,45	0	0	0	0,45	1,53	6,885	1,87	8,42
	C	4,5	0,46	0	0	0	0,46	1,564	7,038	1,836	8,26
	E	4,5	0,45	0	0	0	0,45	1,53	6,885	1,87	8,42
III	A	5,543	0,45	0	0	0	0,45	1,53	8,48	1,87	10,37
	C	5,543	0,50	0	0	0	0,50	1,7	9,42	1,7	9,42
	E	5,543	0,45	0	0	0	0,45	1,53	8,48	1,87	10,37
II	A	4,8	0,51	0	0	0	0,51	2,25	10,8	2,17	10,42
	C	4,8	0,50	0	0	0	0,50	2,21	10,61	2,21	10,61
	D	4,8	0,5	0	0	0	0,50	2,21	10,61	2,21	10,61
	E	4,8	0,5	0	0	0	0,50	2,21	10,61	2,21	10,61
I	A	5,21	0,7	0	0	0	0,7	3,1	16,15	1,32	6,88
	C	5,21	0,63	0	0	0	0,63	2,78	14,48	1,64	8,54
	D	5,21	0,55	0	0	0	0,55	2,43	12,66	1,99	10,37
	E	5,21	0,58	0	0	0	0,58	2,56	13,34	1,86	9,69

PORTIQUE: 7.7

MOMENTS. EN. TETES. DES. POTEAUX

Niveau	File de Poteau	V_0	y_2	y_1	y_3	y_0	$y=y_0$	$z=y \cdot h$	$M_{inf} = V_0 \cdot z$	$h-z$	$M_{sup} = (h-z) V_0$
VI	A	1,47	0	0	0	0,26	0,26	0,884	1,30	2,516	3,70
	C	1,47	0	0	0	0,36	0,36	1,224	1,80	2,176	3,20
	E	1,47	0	0	0	0,26	0,26	0,884	1,30	2,516	3,70
V	A	3,26	0	0	0	0,36	0,36	1,224	4,00	2,176	7,09
	C	3,26	0	0	0	0,45	0,45	1,53	5,00	1,87	6,10
	E	3,26	0	0	0	0,36	0,36	1,224	4,00	2,176	7,09
IV	A	4,73	0	0	0	0,45	0,45	1,53	7,24	1,87	8,85
	C	4,73	0	0	0	0,46	0,46	1,564	7,40	1,836	8,68
	E	4,73	0	0	0	0,45	0,45	1,53	7,24	1,87	8,85
III	A	5,83	0	0	0	0,45	0,45	1,53	8,92	1,87	10,90
	C	5,83	0	0	0	0,50	0,50	1,70	9,91	1,70	9,91
	E	5,83	0	0	0	0,45	0,45	1,53	8,92	1,87	10,90
II	A	5,07	0	0	0	0,59	0,59	2,25	11,41	2,17	11,00
	C	5,07	0	0	0	0,50	0,50	2,21	11,20	2,21	11,20
	D	5,07	0	0	0	0,50	0,50	2,21	11,20	2,21	11,20
	E	5,07	0	0	0	0,50	0,50	2,21	11,20	2,21	11,20
I	A	5,57	0	0	0	0,70	0,70	3,10	17,27	1,32	7,35
	C	5,57	0	0	0	0,63	0,63	2,78	15,48	1,64	9,13
	D	5,57	0	0	0	0,55	0,55	2,43	13,54	1,99	11,08
	E	5,57	0	0	0	0,58	0,58	2,56	14,26	1,86	10,36

PORTIQUE : C-C

EFFORTS. HORIZONTAUX. SOUS "E"

Niveau	Nœud	M _w	M _e	M _{sup}	M _{inf}	M _t	T	N	N _{cum}
VI	1	///	2,96	///	2,96	0,76	1,37	-1,37	-1,37
	2	1,435	1,435	///	2,87	0	0,90	0,47	0,47
	3	1,435	1,435	///	2,87	0	0,90	0	0
	4	1,435	1,435	///	2,87	0	0,90	0	0
	5	1,435	1,435	///	2,87	0	0,90	0	0
	6	1,435	1,435	///	2,87	0	0,90	-0,47	-0,47
	7	2,96	///	///	2,96	-0,76	1,37	1,37	1,37
V	1	///	7,43	1,59	5,84	1,91	3,45	-3,45	-4,82
	2	3,615	3,615	1,69	5,54	0	2,26	1,19	1,66
	3	3,615	3,615	1,69	5,54	0	2,26	0	0
	4	3,615	3,615	1,69	5,54	0	2,26	0	0
	5	3,615	3,615	1,69	5,54	0	2,26	0	0
	6	3,615	3,615	1,69	5,54	0	2,26	-1,19	-1,66
	7	7,43	///	1,59	5,84	-1,91	3,45	3,45	4,82
IV	1	///	12,27	4,23	8,04	3,065	5,75	-5,75	-10,57
	2	6,14	6,14	4,53	7,75	0	3,84	1,91	3,57
	3	6,14	6,14	4,53	7,75	0	3,84	0	0
	4	6,14	6,14	4,53	7,75	0	3,84	0	0
	5	6,14	6,14	4,53	7,75	0	3,84	0	0
	6	6,14	6,14	4,53	7,75	0	3,84	-1,91	-3,57
	7	12,27	///	4,23	8,04	-3,065	5,75	5,75	10,57
III	1	///	16,49	6,58	9,91	4,28	7,63	-7,63	-18,2
	2	7,94	7,94	6,87	9,01	0	4,96	2,67	6,24
	3	7,94	7,94	6,87	9,01	0	4,96	0	0
	4	7,94	7,94	6,87	9,01	0	4,96	0	0
	5	7,94	7,94	6,87	9,01	0	4,96	0	0
	6	7,94	7,94	6,87	9,01	0	4,96	-2,67	-6,24
	7	16,49	///	6,58	9,01	-4,28	7,63	7,63	18,2
II	1	///	18,22	8,11	10,11	4,33	8,68	-8,68	-26,88
	2	9,56	9,56	9,01	10,11	0	5,975	2,705	8,945
	3	9,56	9,56	9,01	10,11	0	5,975	0	0
	4	9,56	9,56	9,01	10,11	0	5,975	0	0
	5	9,56	9,56	9,01	10,11	0	5,975	0	0
	6	9,56	9,56	9,01	10,11	0	5,975	-2,705	-8,945
	7	18,22	///	8,11	10,11	-4,33	8,68	8,68	26,88
I	1	///	17,82	10,11	7,71	4,19	8,52	-8,52	-35,4
	2	9,445	9,445	10,11	8,78	0	5,90	2,62	11,565
	3	9,445	9,445	10,11	8,78	0	5,90	0	0
	4	9,445	9,445	10,11	8,78	0	5,90	0	0
	5	9,445	9,445	10,11	8,78	0	5,90	0	0
	6	9,445	9,445	10,11	8,78	0	5,90	-2,62	-11,565
	7	17,82	///	10,11	7,71	-4,19	8,52	8,52	35,4

PORTIQUE : D-D

Niveau	Nœud	M_w	M_e	M_{sup}	M_{inf}	M_t	T	N	N_{cum}
H	1	////	10,27	////	10,27	2,57	4,81	-4,81	-4,81
	2	5,135	5,135	////	10,27	0	3,21	1,6	1,6
	3	5,135	5,135	////	10,27	0	3,21	0	0
	4	5,135	5,135	////	10,27	0	3,21	0	0
	5	5,135	5,135	////	10,27	0	3,21	0	0
	6	5,135	5,135	////	10,27	0	3,21	-1,6	-1,6
	7	10,27	////	////	10,27	-2,57	4,81	4,81	4,81
H	1	////	18,12	10,27	7,85	4,26	8,66	-8,66	-13,47
	2	9,605	9,605	10,27	8,94	0	6,00	2,66	4,26
	3	9,605	9,605	10,27	8,94	0	6,00	0	0
	4	9,605	9,605	10,27	8,94	0	6,00	0	0
	5	9,605	9,605	10,27	8,94	0	6,00	0	0
	6	9,605	9,605	10,27	8,94	0	6,00	-2,66	-4,26
	7	18,12	////	10,27	7,85	-4,26	8,66	8,66	13,47

PORTIQUE : D-D

MOMENT DANS LES POTEAUX

Niveau	pôt	V_j	y_0	y_1	y_2	y_3	$y=y_0$	$\beta=y \cdot h$	M_{inf}	$h-z$	$M_{sup} V_j(h-z)$
H	1	4,646	0,5	0	0	0	0,5	2,21	10,27	2,21	10,27
	2	4,646	0,5	0	0	0	0,5	2,21	10,27	2,21	10,27
	3	4,646	0,5	0	0	0	0,5	2,21	10,27	2,21	10,27
	4	4,646	0,5	0	0	0	0,5	2,21	10,27	2,21	10,27
	5	4,646	0,5	0	0	0	0,5	2,21	10,27	2,21	10,27
	6	4,646	0,5	0	0	0	0,5	2,21	10,27	2,21	10,27
	7	4,646	0,5	0	0	0	0,5	2,21	10,27	2,21	10,27
H	1	4,932	0,64	0	0	0	0,64	2,829	13,95	1,591	7,85
	2	4,932	0,59	0	0	0	0,59	2,608	12,86	1,812	8,94
	3	4,932	0,59	0	0	0	0,59	2,608	12,86	1,812	8,94
	4	4,932	0,59	0	0	0	0,59	2,608	12,86	1,812	8,94
	5	4,932	0,59	0	0	0	0,59	2,608	12,86	1,812	8,94
	6	4,932	0,59	0	0	0	0,59	2,608	12,86	1,812	8,94
	7	4,932	0,64	0	0	0	0,64	2,829	13,95	1,591	7,85

PORTIQUE: E-E

EFFORTS. HORIZONTALAUX. SOUS 'E'

Niveau	Noeud	M _w	M _c	M _{sup}	M _{inf}	M _t	T	N	N _{cum}
VI	1		3,16		3,16	0,815	1,47	-1,47	-1,47
	2	1,53	1,53		3,06	0	0,97	0,50	0,50
	3	1,53	1,53		3,06	0	0,97	0	0
	4	1,53	1,53		3,06	0	0,97	0	0
	5	1,53	1,53		3,06	0	0,97	0	0
	6	1,53	1,53		3,06	0	0,97	-0,5	-0,5
	7	3,16			3,16	-0,815	1,47	1,47	1,47
V	1		7,93	1,7	6,23	2,035	3,68	-3,68	-5,15
	2	3,86	3,86	1,8	5,91	0	2,41	1,27	1,77
	3	3,86	3,86	1,8	5,91	0	2,41	0	0
	4	3,86	3,86	1,8	5,91	0	2,41	0	0
	5	3,86	3,86	1,8	5,91	0	2,41	0	0
	6	3,86	3,86	1,8	5,91	0	2,41	-1,27	-1,77
	7	7,93		1,7	6,23	-2,035	3,68	3,68	5,15
IV	1		13,09	4,51	8,58	3,27	6,14	-6,14	-11,29
	2	6,55	6,55	4,83	8,27	0	4,09	2,05	3,82
	3	6,55	6,55	4,83	8,27	0	4,09	0	0
	4	6,55	6,55	4,83	8,27	0	4,09	0	0
	5	6,55	6,55	4,83	8,27	0	4,09	0	0
	6	6,55	6,55	4,83	8,27	0	4,09	-2,05	-3,82
	7	13,09		4,51	8,58	-3,27	6,14	6,14	11,29
III	1		17,6	7,02	10,58	4,56	8,15	-8,15	-19,44
	2	8,48	8,48	7,33	9,62	0	5,3	2,85	6,67
	3	8,48	8,48	7,33	9,62	0	5,3	0	0
	4	8,48	8,48	7,33	9,62	0	5,3	0	0
	5	8,48	8,48	7,33	9,62	0	5,3	0	0
	6	8,48	8,48	7,33	9,62	0	5,3	-2,85	-6,67
	7	17,6		7,02	10,58	-4,56	8,15	8,15	19,44
II	1		19,07	8,66	10,41	4,525	9,09	-9,09	-28,53
	2	10,02	10,02	9,62	10,41	0	6,26	2,83	9,5
	3	10,02	10,02	9,62	10,41	0	6,26	0	0
	4	10,02	10,02	9,62	10,41	0	6,26	0	0
	5	10,02	10,02	9,62	10,41	0	6,26	0	0
	6	10,02	10,02	9,62	10,41	0	6,26	-2,83	-9,5
	7	19,07		8,66	10,41	-4,525	9,09	9,09	28,53
I	1		18,38	10,41	7,97	4,315	8,79	-8,79	-37,32
	2	9,75	9,75	10,41	9,08	0	6,09	2,70	12,2
	3	9,75	9,75	10,41	9,08	0	6,09	0	0
	4	9,75	9,75	10,41	9,08	0	6,09	0	0
	5	9,75	9,75	10,41	9,08	0	6,09	0	0
	6	9,75	9,75	10,41	9,08	0	6,09	-2,70	-12,2
	7	18,38		10,41	7,97	-4,315	8,79	8,79	37,32

PORTIQUE: 2_2

EFFORTS. HORIZONTALAUX. SOUS "E"

Niveau	Noeud	M _w	M _e	M _{sup}	M _{inf}	M _t	T	N	N _{cum}
VI	A	3,51			3,51	0,995	0,79	0,79	0,79
	C	1,52	1,52		3,04			0	0
	E		3,51		3,51	-0,995	0,79	-0,79	-0,79
V	A	7,975		1,235	6,74	2,11	1,83	1,83	2,62
	C	3,75	3,75	1,71	5,79			0	0
	E		7,975	1,235	6,74	-2,11	1,83	-1,83	-2,62
IV	A	12,21		3,79	8,42	2,855	2,92	2,92	5,54
	C	6,5	6,5	4,74	8,26			0	0
	E		12,21	3,79	8,42	-2,855	2,92	-2,92	-5,54
III	A	17,26		6,855	10,37	4,515	3,98	3,98	9,52
	C	8,23	8,23	7,038	9,42			0	0
	E		17,26	6,855	10,37	-4,515	3,98	-3,98	-9,52
II	A	18,29		8,48	10,42	5,04	4,24	4,24	13,76
	C	11,82	8,21	9,42	10,61			-0,87	-0,87
	D	7,32	3,29		10,61	4,265	3,43	9,78	9,78
	E		19,09	8,48	10,61	-5,885	13,21	-13,21	-22,73
I	A	17,68		10,8	6,88	4,915	3,99	3,99	17,75
	C	11,3	7,85	10,61	8,54			0,06	-0,75
	D	14,48	6,15	10,61	10,37	2,4	4,05	13,34	23,12
	E		20,3	10,61	9,69	-2,91	17,39	-17,39	-40,12

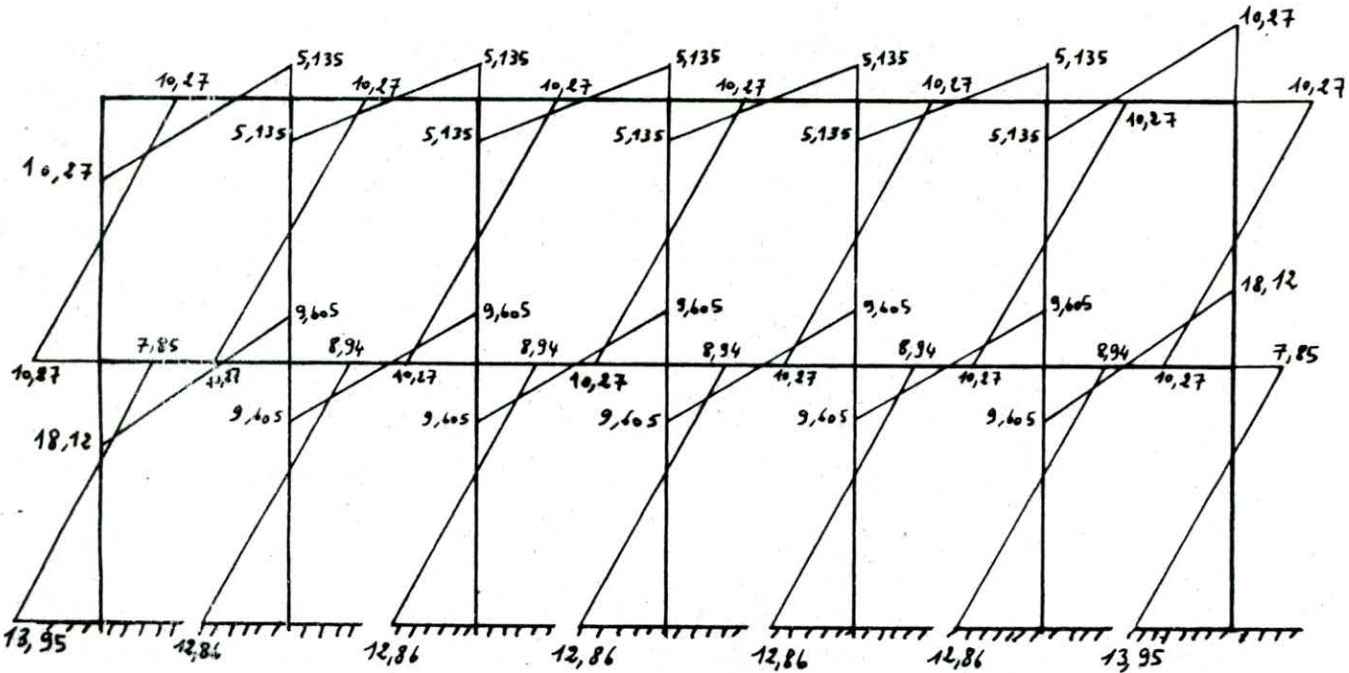
PORTIQUE: 7.7

EFFORTS HORIZONTAUX SOUS "E"

Niveau	Nœud	M _w	M _e	M _{sup}	M _{inf}	M _t	T	N	N _{cum}
VI	A	3,7			3,7	1,05	0,83	0,83	0,83
	C	1,6	1,6		3,2			0	0
	E		3,7		3,7	-1,05	0,83	-0,83	-0,83
V	A	8,39		1,3	7,09	2,22	1,93	1,93	2,76
	C	3,95	3,95	1,8	6,1			0	0
	E		8,39	1,3	7,09	-2,22	1,93	-1,93	-2,76
IV	A	12,85		4,0	8,85	3,005	3,077	3,077	5,837
	C	6,84	6,84	5,0	8,68			0	0
	E		12,85	4,0	8,85	-3,005	3,077	-3,077	-5,837
III	A	18,14		7,24	10,9	4,743	4,19	4,19	10,027
	C	8,655	8,655	7,4	9,91			0	0
	E		18,14	7,24	10,9	-4,743	4,19	-4,19	-10,027
II	A	19,92		8,92	11	5,63	4,67	4,67	14,697
	C	12,45	8,66	9,91	11,2	4,49	3,62	-1,05	-1,05
	D	7,73	3,47		11,2			10,305	10,305
	E		20,12	8,92	11,2	-6,195	13,925	-13,925	-24,23
I	A	18,76		11,41	7,35	5,21	4,23	4,23	18,927
	C	11,99	8,34	11,2	9,13	2,54	4,30	0,07	-0,98
	D	15,37	6,91	11,2	11,08			14,165	24,47
	E		21,56	11,2	10,36	-3,095	18,465	-18,465	-42,695

PORTIQUE : D D

DIAGRAMME DES MOMENTS DÙ AU SEISME



①

②

③

④

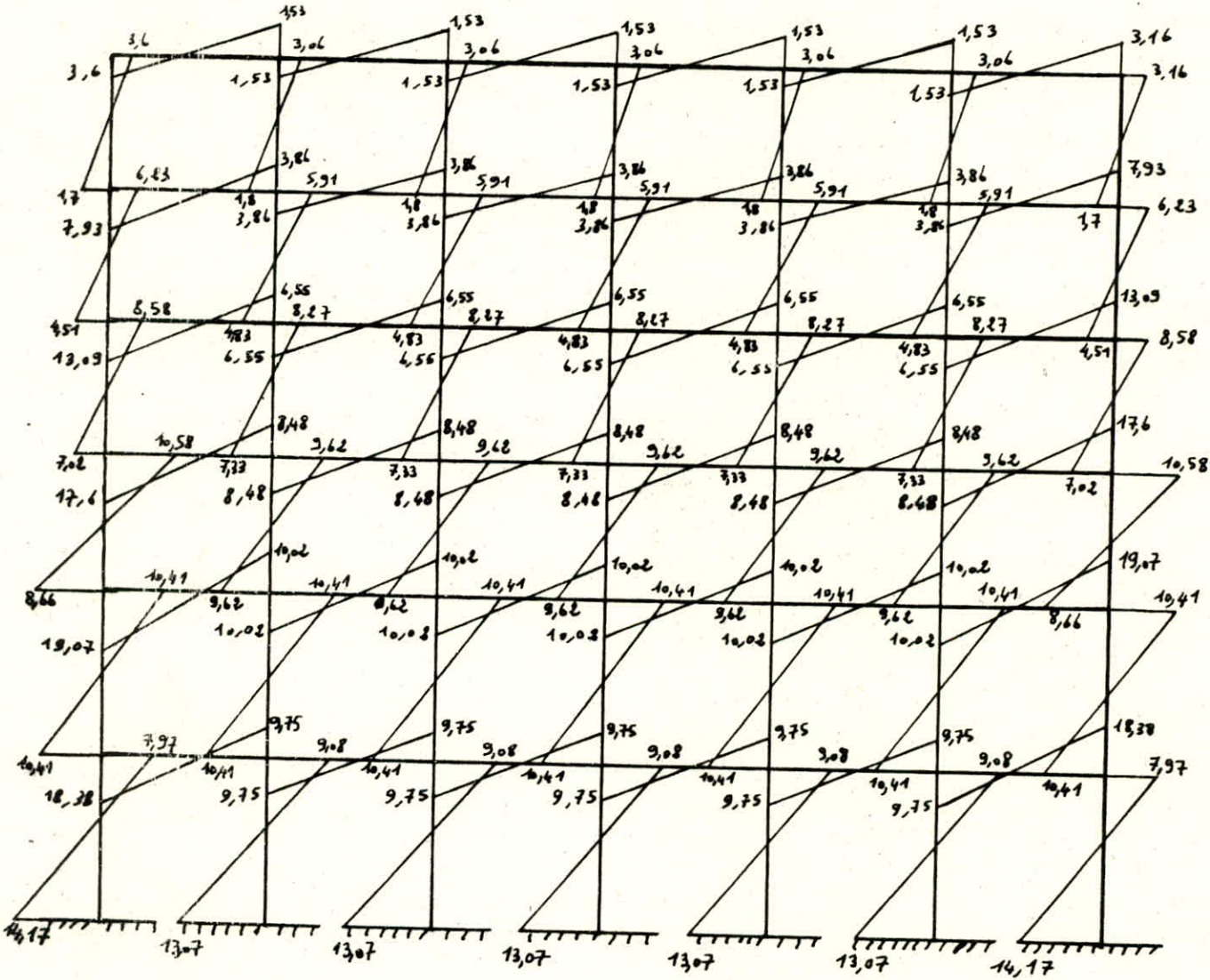
⑤

⑥

⑦

PORTIQUE : E-E

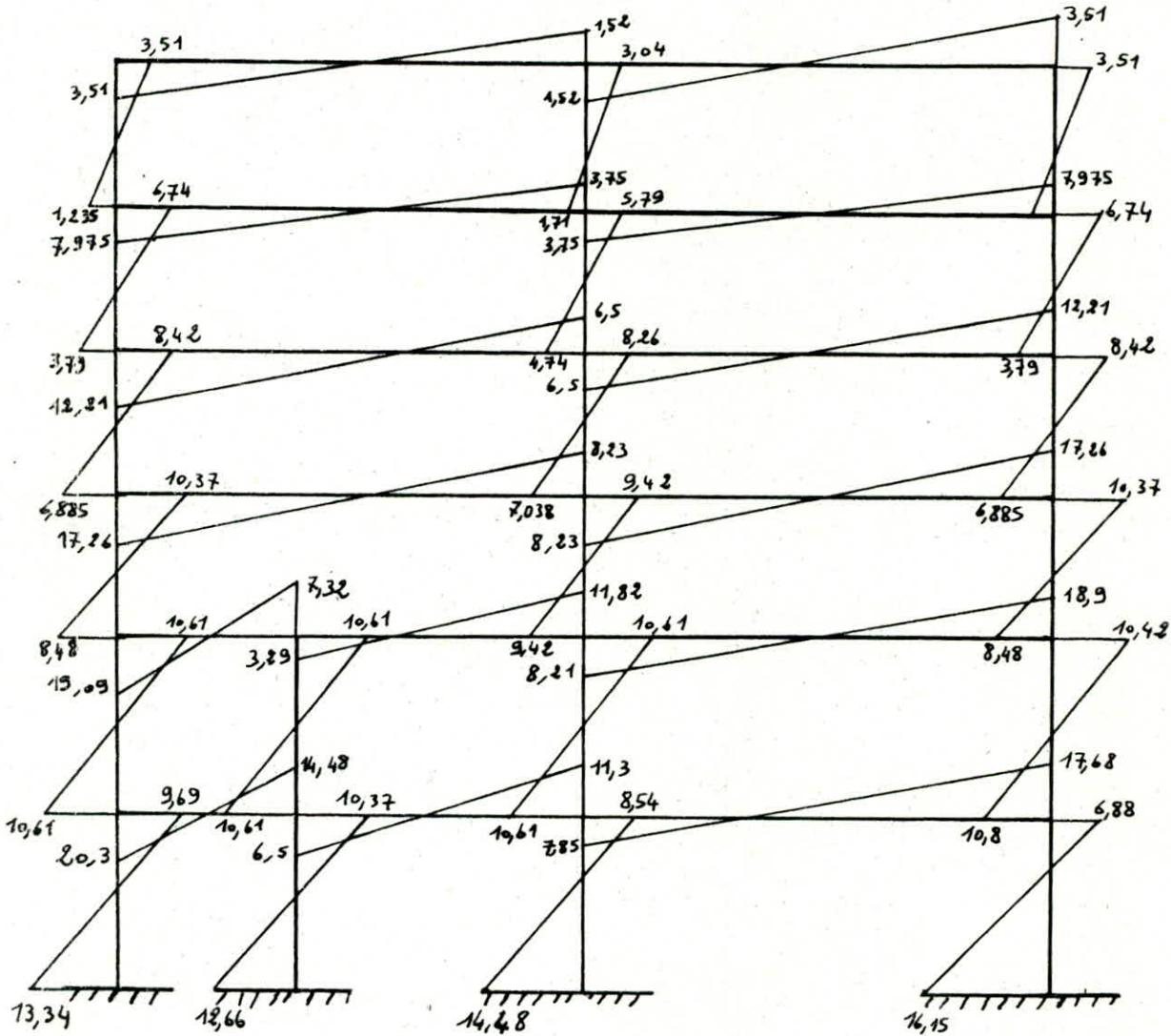
DIAGRAMME DES MOMENTS DÙ AU SEISME



- 1
2
3
4
5
6
7

PORTIQUE : 2_2

DIAGRAMME DES MOMENTS DU AU SEISME



(E)

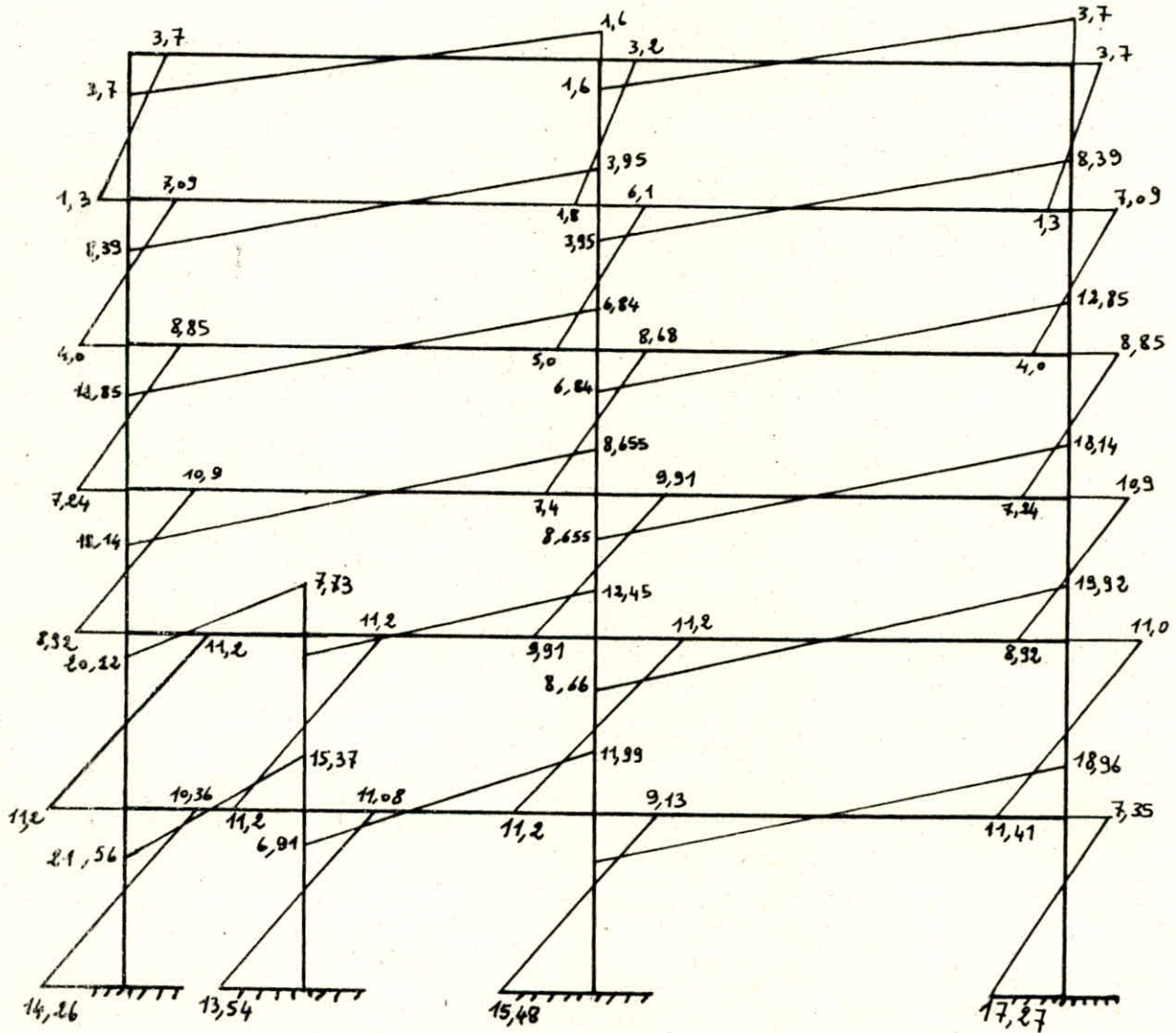
(D)

(C)

(A)

PORTIQUE : 7-7

DIAGRAMME DES MOMENTS DÙ AU SEISME



(E)

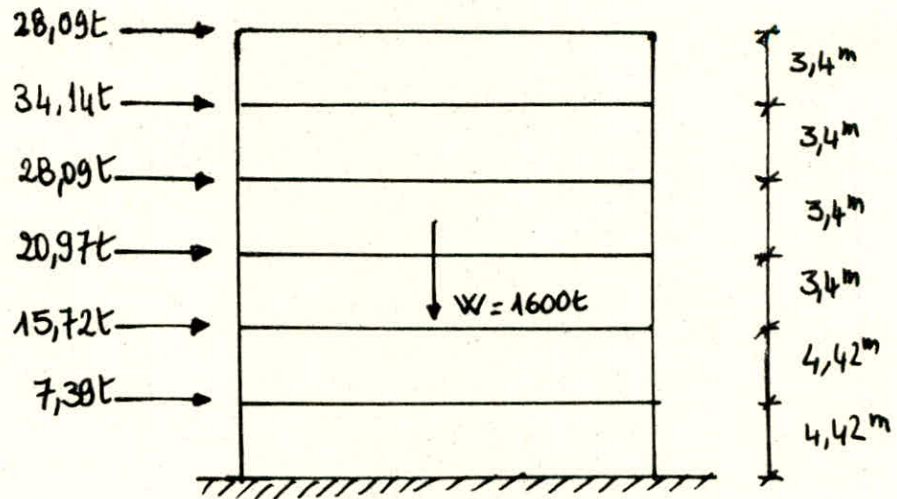
(D)

(C)

(A)

VERIFICATION AU RENVERSEMENT

Chaque structure doit être calculée afin de résister aux effets de renversement qui peuvent être causés par les efforts sismiques.



sens longitudinal

$$\text{on a } L = 19,2\text{m} \Rightarrow b = 9,6\text{m}.$$

$$M_{\text{resi}} = 1600 \times 9,6 = 15360 \text{ tm}.$$

$$M_{\text{ren}} = 28,09 \times 22,36 + 34,14 \times 19,04 + 28,09 \times 15,64 + 20,97 \times 12,24 + 15,72 \times 8,84 + 7,39 \times 4,42$$

$$M_{\text{ren}} = 2145,7 \text{ tm} < M_{\text{r}} \Rightarrow \text{pas de risque de renversement}$$

sens transversal

$$L = 12,8\text{m} \Rightarrow b = 6,4\text{m}.$$

$$M_{\text{resi}} = 1600 \times 6,4 = 10240 \text{ tm}.$$

$$M_{\text{ren}} = 26,34 \times 22,36 + 32 \times 19,04 + 26,34 \times 15,64 + 19,66 \times 12,24 + 14,74 \times 8,84 + 6,92 \times 4,42$$

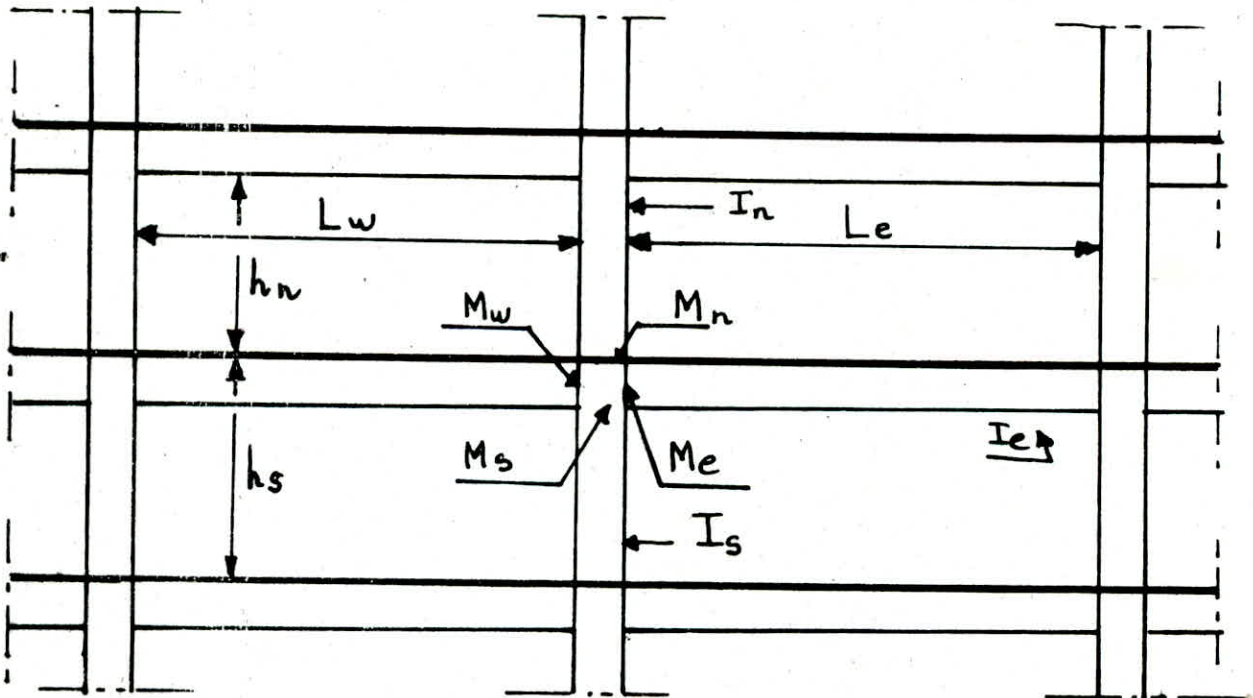
$$M_{\text{ren}} = 3621,93 \text{ tm} < M_{\text{r}} \Rightarrow \text{pas de risque de renversement}$$

EFORTS DANS LES PORTIQUES ENGENDRES PAR LES CHARGES VERTICALES

Le calcul des portiques sous les charges verticales se fait par la méthode de CAQUOT

Exposé de la méthode

La méthode suppose que les moments d'inertie des poteaux sont constants. Le principe consiste à choisir un nœud et à déterminer les moments agissants à gauche, à droite, en haut et en bas, en tenant compte des charges des travées encadrant le nœud le nœud considéré et la résistance offerte par les travées inférieures et supérieures qui aboutissent à ce nœud.



$$\left. \begin{array}{l} L'_w = L_w \\ L'_e = L_e \end{array} \right\} \text{travée de rive.}$$

$$\left. \begin{array}{l} L'_w = 0,8 L_w \\ L'_e = 0,8 L_e \end{array} \right\} \text{travée intermédiaire.}$$

$\eta_n = 0,9 h_n$: si le nœud considéré à l'avant dernier plancher
 L_w, L_e : Portée libre des travées respectivement de gauche
 et de droite

h_n, h_s : hauteur libre respectivement de poteau haut et bas

I_w, I_e, I_n, I_s : Moment d'inertie de la travée de gauche, de
 droite du poteau supérieur et inférieur

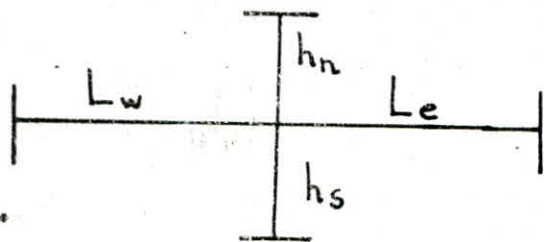
On a

$$k_w = \frac{I_w}{L_w}, \quad k_e = \frac{I_e}{L_e}, \quad k_n = \frac{I_n}{h_n}, \quad k_s = \frac{I_s}{h_s}$$

$$D = k_w + k_e + k_n + k_s$$

Travée intermédiaire:

Pour un nœud (i) d'une travée intermédiaire, les moments dans les sections dangereuses, en valeur absolue sont:



$$M'_w = \frac{L_w^2}{8,5} q_w + L_w \sum k_w q_w$$

$$M'_e = \frac{L_e^2}{8,5} q_e + L_e \sum k_e q_e$$

q_w, q_e : charge uniformément répartie par unité de longueur respectivement sur la travée de gauche et de droite

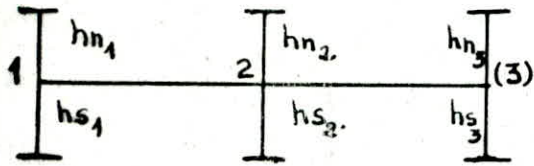
Q_w : charge concentrée appliquée sur la travée de gauche à la distance a_w de l'appui (a_e, a_e pour la travée de droite)

k_w, k_e donnés par l'échelle fonctionnelle en fonction de $\frac{a_w}{L_w}, \frac{a_e}{L_e}$

$$M_w = M'_e \frac{k_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{k_w}{D}\right), \quad M_e = M'_e \left(1 - \frac{k_e}{D}\right) + M'_w \frac{k_e}{D}$$

$$M_n = \frac{k_n}{D} (M'_e - M'_w), \quad M_s = \frac{k_s}{D} (M'_e - M'_w)$$

Pour les traverses, les moments M_e et M_w sont négatifs.
 Pour les poteaux, la face tendue du tronçon supérieur est du côté correspondant à la plus grande des valeurs M'_w, M'_e
 la face tendue du tronçon inférieur est du côté opposé.

Travée de rive (sans console)

Le nœud de rive (1) est étudié en introduisant dans les formules relatives aux travées intermédiaires

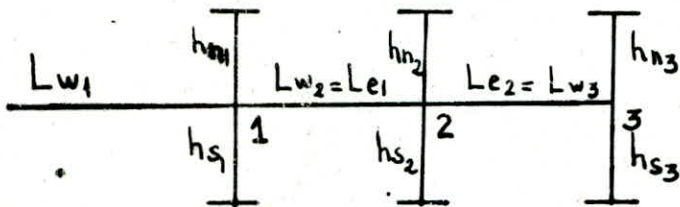
$$Lw_1 = 0, \quad L'w_1 = 0, \quad M'w_1 = 0, \quad Mw_1 = 0$$

Pour le nœud (2).

$$L'w = \chi Lw \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \chi = 0,8 \rightarrow \text{si } k_s + k_n \geq 1,5 k_e \\ \chi = 1 - \frac{k_s + k_n}{7,5 k_e} \rightarrow \text{si } k_s + k_n < 1,5 k_e \end{cases}$$

Pour le nœud voisin de rive de droite

$$L'e = \chi L_e \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \chi = 0,8 \rightarrow \text{si } k_s + k_n \geq 1,5 k_w \\ \chi = 1 - \frac{k_s + k_n}{7,5 k_w} \rightarrow \text{si } k_s + k_n < 1,5 k_w \end{cases}$$

Travée de rive (avec console)

Le nœud de rive est étudié en posant $k_w = 0$ dans les formules précédentes et en y substituant Mw_1 à $M'w$

Mw_1 étant le moment isostatique en valeur absolue de la console au nu de l'appui (1)

On suppose que la valeur algébrique de Mw_1 est négative c'est à dire conventionnellement, que la face supérieure de la console est tendue au voisinage de l'appui.

$$Me_1 = M'e_1 \left(1 - \frac{ke_1}{D_1}\right) + Mw_1 \frac{ke_1}{D_1}$$

$$Ms_1 = (M'e_1 - Mw_1) \frac{ks_1}{D}$$

$$Mn = (M'e_1 - Mw_1) \frac{kn_1}{D_1} \quad \text{avec} \quad M'e_1 = \left(\frac{q_e L_e^2}{8,5}\right)_{\text{nœud 1}} + (L'e \sum Ke Q_e)_{\text{nœud 1}}$$

$$D_1 = ke_1 + ks_1 + kn_1$$

$$ke_1 = \frac{Ie_1}{L'e_1}, \quad ks_1 = \frac{Is_1}{h's_1}, \quad kn_1 = \frac{In_1}{h'n_1}$$

Pour le nœud voisin de rive: La longueur $L'w_2$ de la travée fictive de rive est prise égale à $L'w_2 = \chi_1 Lw_2$ avec

$$\chi_1 = 0,8 \rightarrow \text{si } ks_1 + kn_1 \geq 1,5 ke_1$$

$$\chi_1 = 1 - \frac{ks_1 + kn_1}{7,5 ke_1} \quad \text{si } ks_1 + kn_1 < 1,5 ke_1$$

$$k_{e1} = \frac{I_{e1}}{L'_{e1}}$$

$$k_{s1} = \frac{I_{s1}}{h'_{s1}}$$

$$k_{n1} = \frac{I_{n1}}{h'_{n1}}$$

la longueur L'_{e2} de la travée fictive de l'appui (2):
 si elle n'est pas de travée de rive $L'_{e2} = 0,8 L_{e2}$
 si elle est une travée de rive (donc le moëud 3 est de rive)

$$L'_{e2} = \chi_3 L_{e2} \quad \text{avec} \quad \chi_3 = 0,8 \quad \rightarrow \quad \text{si } k_{s3} + k_{n3} \geq 1,5 k_{w3}$$

$$\chi_3 = 1 - \frac{k_{s3} + k_{n3}}{1,5 k_{e3}} \quad \rightarrow \quad \text{si } k_{s3} + k_{n3} < 1,5 k_{w3}$$

$$k_{s3} = \frac{I_{s3}}{h'_{s3}}$$

$$k_{n3} = \frac{I_{n3}}{h'_{n3}}$$

$$k_{w3} = \frac{I_{w3}}{L'_{w3}}$$

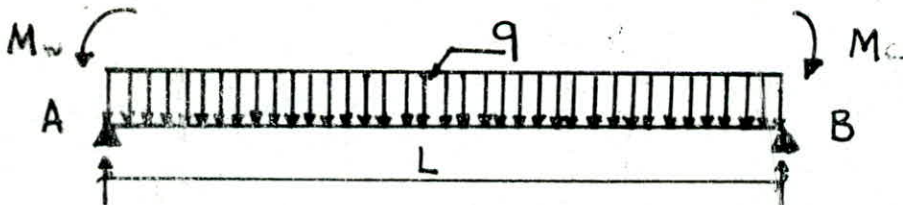
$$L'_{w3} = 0,8 L_{w3} = 0,8 L_{e2}$$

Efforts tranchants dans les poteaux et efforts normaux dans les poutres

Pour simplifier, on ne fait pas état dans les calculs des efforts tranchants dans les poteaux, ni des efforts normaux dans les poutres

Efforts tranchants dans les poutres

Ils sont calculés en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de la charge qui lui est appliquée (q/ml)



$$\sum M/A = 0 \rightarrow R_B L - M_w + M_e - qL \cdot \frac{L}{2} = 0$$

$$\text{d'où } R_B = \frac{M_w - M_e}{L} + q \frac{L}{2}$$

$$R_A = -\frac{M_w - M_e}{L} + q \frac{L}{2}$$

L'équation de l'effort tranchant est donnée par

$$T(x) = R_A - qx = q \frac{L}{2} + \frac{M_e - M_w}{L} - qx$$

Aux appuis il sera:

$$T(0) = q \frac{L}{2} + \frac{M_e - M_w}{L}$$

$$T(L) = -q \frac{L}{2} + \frac{M_e - M_w}{L}$$

PORTIQUE : 2.2EFFORTS VERTICAUX Sous : "G"

Niveau	Nœud	g_w	g_e	M_w	M_e	M_n	M_s	M_t	T_w	T_e	N	N_{cum}
VI	A	1,933	/	3,5	/	/	3,5	4,31	5,41	-5,99	5,41	5,41
	C	1,933	1,933	5,22	5,22	/	/				11,98	11,98
	E	/	1,933	/	3,5	/	3,5	4,31	5,99	-5,41	5,41	5,41
V	A	1,793	/	3,72	/	1,75	1,97	3,62	5,13	-5,45	5,45	10,86
	C	1,793	1,793	4,48	4,65	0,08	0,09				10,98	22,96
	E	1,793	1,793	2,59	4,27	0,79	0,89	3,43	5,33	-5,25	5,25	10,66
IV	A	1,793		3,77	/	1,885	1,885	3,60	5,14	-5,44	5,14	16
	C	1,793	1,793	4,36	4,64	0,14	0,14				10,68	33,64
	E	1,793	1,793	4,38	4,68	0,13	0,13	3,28 N=1,056	5,24	-5,34	6,4	18,12
III	A	1,793	/	3,77	/	1,885	1,885	3,60	5,14	-5,44	5,14	21,14
	C	1,793	1,793	4,36	4,64	0,14	0,14				10,68	44,32
	E	1,793	1,793	4,38	4,68	0,13	0,13	3,28 N=1,056	5,24	-5,34	6,4	25,27
II	A	1,793	/	3,66	/	2,10	1,56	3,84	5,19	-5,39	5,19	26,33
	C	1,793	1,793	2,71	4,26	0,89	0,66	1,35	3,83	-3,17	9,22	53,54
	D	1,793	1,793	0,78	1,47	/	0,635				3,4	3,4
	E	1,793	1,793	4,38	2,45	-1,11	-0,82	-1,12 N=1,056	0,23	-2,45	3,51	29,04
I	A	1,793	/	3,53	/	1,765	1,765	3,93	5,17	-5,41	5,17	31,5
	C	1,793	1,793	2,78	4,22	0,72	0,72	1,19	3,78	-3,22	9,19	68,73
	D	1,793	1,793	0,952	1,672	0,38	0,38				4,07	7,47
	E	/	0,3	/	0,022	0,011	0,011	-0,403	0,85	0,39	0,39	30,23

PORTIQUE: E.E

EFFORTS VERTICAUX Sous "G"

Niveau	N ^o	M _w	M _e	M _c	T _w	T _e	N	N _{cum}
VI	1	////	0,18	0,317	0,544	-0,703	0,544	0,544
	2	0,23	0,23	0,317	0,640	-0,606	1,343	1,343
	3	0,18	0,18	0,338	0,624	-0,624	1,23	1,23
	4	0,18	0,18	0,338	0,624	-0,624	1,248	1,248
	5	0,18	0,18	0,317	0,606	-0,640	1,23	1,23
	6	0,23	0,23	0,317	0,606	-0,640	1,343	1,343
	7	0,18	////	0,317	0,703	-0,544	0,544	0,544
V	1	0,77	0,77	-0,066	0,789	-0,409	0,789	1,333
	2	0,22	0,22	0,31	0,613	-0,585	1,022	2,365
	3	0,18	0,18	0,33	0,599	-0,599	1,184	2,414
	4	0,18	0,18	0,33	0,599	-0,599	1,198	2,446
	5	0,18	0,18	0,31	0,585	-0,613	1,184	2,414
	6	0,22	0,22	0,31	0,585	-0,613	1,022	2,365
	7	0,77	0,77	-0,066	0,409	-0,789	0,789	1,333
IV	1	1,10	1,10	-0,22	0,902	-0,295	0,902	2,235
	2	0,22	0,22	0,31	0,613	-0,585	0,908	3,273
	3	0,18	0,18	0,33	0,599	-0,599	1,184	3,598
	4	0,18	0,18	0,33	0,599	-0,599	1,198	3,644
	5	0,18	0,18	0,31	0,585	-0,613	1,184	3,598
	6	0,22	0,22	0,31	0,585	-0,613	0,908	3,273
	7	1,10	1,10	-0,22	0,295	-0,902	0,902	2,235
III	1	0,77	0,77	-0,06	0,789	-0,409	0,789	3,024
	2	0,22	0,22	0,31	0,613	-0,585	1,022	4,295
	3	0,18	0,18	0,33	0,599	-0,599	1,184	4,782
	4	0,18	0,18	0,33	0,599	-0,599	1,198	4,842
	5	0,18	0,18	0,31	0,585	-0,613	1,184	4,782
	6	0,22	0,22	0,31	0,585	-0,613	1,288	4,561
	7	0,18	////	0,31	0,675	-0,523	0,523	2,758
II	1	1,10	1,10	-0,22	0,902	-0,295	0,902	3,926
	2	0,22	0,22	0,31	0,613	-0,585	0,908	5,203
	3	0,18	0,18	0,33	0,599	-0,599	1,184	5,966
	4	0,18	0,18	0,33	0,599	-0,599	1,198	6,04
	5	0,18	0,18	0,31	0,585	-0,613	1,184	5,966
	6	0,22	0,22	0,31	0,585	-0,613	1,288	5,849
	7	0,18		0,31	0,675	-0,523	0,523	3,281
I	1	////	0,092	0,162	0,279	-0,359	0,279	4,205
	2	0,115	0,115	0,162	0,327	-0,311	0,686	5,889
	3	0,092	0,092	0,173	0,319	-0,319	0,63	6,596
	4	0,092	0,092	0,173	0,319	-0,319	0,638	6,678
	5	0,092	0,092	0,162	0,311	-0,327	0,63	6,596
	6	0,115	0,115	0,162	0,311	-0,327	0,686	6,535
	7	0,092	////	0,162	0,359	-0,279	0,279	3,56

SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS

Les combinaisons des forces sismiques et des charges verticales sont données ci-dessous. Dans la justification de calcul relative à l'équilibre statique, à la résistance et à la stabilité de forme on prend donc les sollicitations totales pondérées.

1^{er} Genre (SP1) (Art 7 C.C.B.A 68)

$$S_1 = (G) + 1,2(P) + (T)$$

$$S'_1 = (G) + (V) + (P) + (T)$$

2^{ème} Genre (SP2) (Art 7 C.C.B.A 68)

$$S_2 = (G) + 1,5(P) + 1,5(V) + (T)$$

$$S'_2 = (G) + (P) + \gamma_w(W) + (T)$$

$$S''_2 = G + (P) + (T) + (SI)$$

2^{ème} Genre (SP2) (Art 3.3.2 R.P.A 81)

Les éléments structuraux doivent être dimensionnés en fonction des combinaisons de charges sur la base des règlements (R.P.A 81)

$$S_2 = (G) + (P) + (SI) \quad \text{et} \quad 0,8(G) \pm (SI) \quad \text{pour les poutres}$$

$$S_2 = (G) + (P) \mp 1,2(SI) \quad \text{et} \quad 0,8(G) \mp (SI) \quad \text{pour les poteaux}$$

(G) : Sollicitation due à la charge permanente.

(P) : Sollicitation due aux surcharges d'exploitation y compris les majoration éventuelles pour les effets dynamiques.

(V) : Sollicitation due aux surcharge climatiques normales

(W) : Sollicitation due aux surcharge climatiques extrêmes.

(T) : Sollicitation due aux effets de température et de retrait

(SI) : Sollicitation due au séisme

(γ_w) : Coefficient qui dépend des surcharges d'exploitation.

Comme la longueur du bâtiment ne dépasse pas 25 m. On ne prend pas en compte les sollicitations dues aux effets de température et de retrait

Conclusion

Les combinaisons à considérer sont :

Poutres	$(G) + 1,2 (P)$	(SP1)
	$(G) + (P) \pm (SI)$	et $0,8G \pm (SI)$ (SP2)
Poteaux	$(G) + 1,2 (P)$	(SP1)
	$(G) + (P) + 1,2 (SI)$	et $0,8(G) + (SI)$ (SP2)

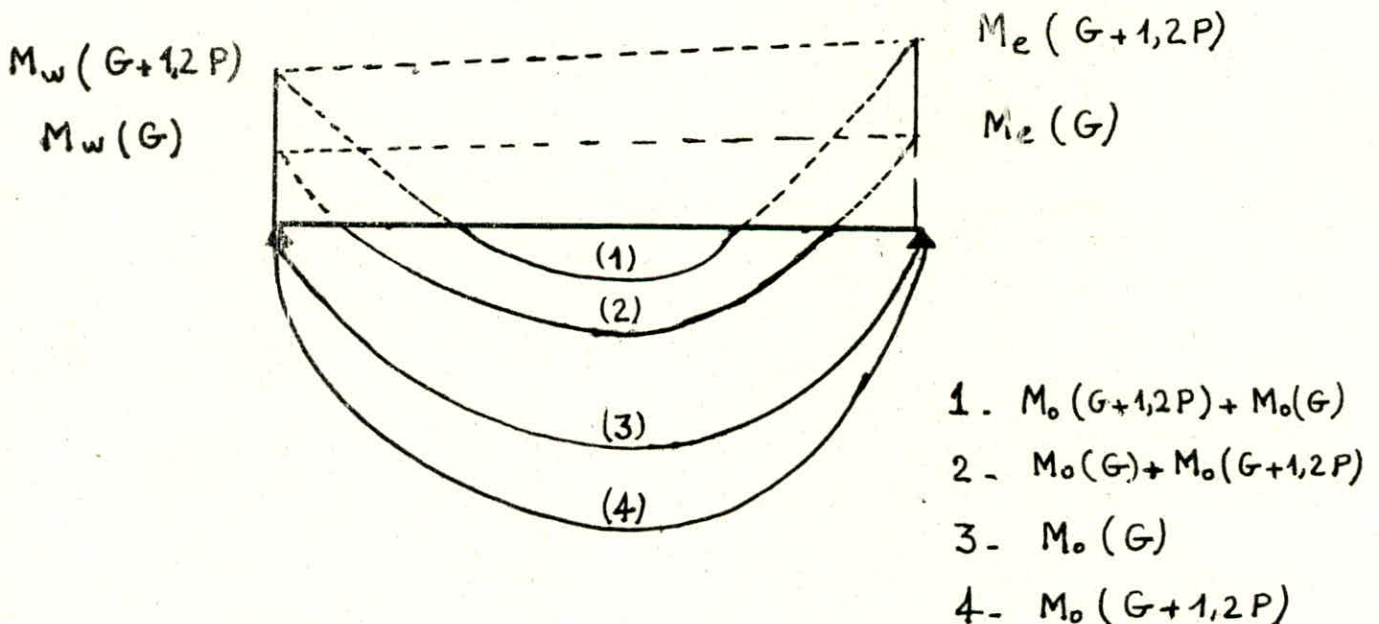
Moments en travée dans les poutres

Pour déterminer le moment en travée sous les charges verticales. On trace la courbe des moments de la travée indépendante complète de portée "L" avec les charges permanentes puis avec les surcharges.

On prend comme ligne de fermeture.

- Pour les moments positifs, celle qui joint les moments d'appuis minimaux en valeurs absolues.
- Pour les moments négatifs, celle qui joint les moments d'appuis maximaux en valeur absolue (C.C.B.A 68 Art 1.2)

Ceci dans chaque cas de charge en supposant que les surcharges peuvent être indépendantes les unes aux autres.



Si on veut calculer le moment en travée sous $(G+1,2P)$ on calcule d'abord le moment isostatique M_0

$$M_0 = \frac{(G+1,2P)L^2}{8}$$

- le moment en travée sera: $M_t = M_0(G+1,2P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$
- le moment aux appuis sera $M_a = M_a(G) + M_a(1,2P)$
- le moment en travée sous (SI): $M_t = \frac{M_e - M_w}{2}$

PORTIQUE: 2_2

EFFORTS . TRANCHANTS . DANS LES . POUTRES

Combinaison		G + 1,2P		G + P + E		G + P - E	
Niveau	Travée	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e
VI	EC	6,818	-6,478	7,97	-7,19	6,19	-5,51
	CA	6,238	-7,178	7,09	-7,77	5,51	-6,19
V	EC	9,974	-9,678	11,03	-10,77	7,37	-7,11
	CA	9,522	-10,13	10,62	-11,18	6,96	-7,52
IV	EC	9,812	-9,84	11,97	-12,01	6,13	-6,17
	CA	9,544	-10,108	11,73	-12,25	5,89	-6,41
III	EC	9,812	-9,84	11,97	-12,01	6,13	-6,17
	CA	9,544	-10,108	11,73	-12,25	5,89	-6,41
II	ED	0,758	-3,362	13,88	-16,42	-12,54	+10,0
	DC	5,87	-4,874	8,96	-8,02	2,10	-1,16
	CA	7,962	-8,282	11,74	-12,04	3,26	-3,56
I	ED	0,85	0,39	18,24	-17,78	-16,54	17,78
	DC	5,808	-4,936	9,52	-8,70	1,42	-0,60
	CA	7,942	-8,302	11,47	-11,81	3,31	-3,83

PORTIOUE : 2.2

Combinaisons des Moments
dans les Poutres

		G + 1,2 P			G + P + E			G + P - E			0,8G + E			0,8G - E		
Niveau	Trav	M _w	M _t	M _e	M _w	M _t	M _e	M _w	M _t	M _e	M _w	M _t	M _e	M _w	M _t	M _e
VI	EC	-4,172	5,138	-6,228	-0,55	4,005	-7,58	-7,57	5,995	-4,54	0,71	2,453	-5,696	-6,31	4,443	-3,656
	CA	-6,228	5,138	-4,172	-4,54	5,995	-7,57	-7,58	4,005	-0,55	-2,656	4,443	-6,31	-5,696	2,453	0,71
V	EC	-7,57	6,478	-8,622	0,955	3,86	-11,71	-14,99	8,08	-4,21	4,56	0,634	-7,47	-11,391	4,854	0,03
	CA	-8,67	6,692	-6,912	-4,25	8,29	-14,355	-11,75	4,07	1,595	0,03	5,006	-10,951	-7,47	0,786	4,999
IV	EC	-8,34	6,208	-8,212	4,48	2,865	-14,07	-19,94	8,575	-1,07	8,466	-9,231	-9,988	-15,954	4,734	3,012
	CA	-8,624	6,672	-6,998	-1,46	9,015	-18,67	-14,46	3,305	5,75	2,788	5,735	-15,226	-10,212	0,025	9,194
III	EC	-8,34	6,208	-8,212	9,53	2,865	-15,8	-24,99	10,235	0,66	13,516	-1,891	-11,718	-21,004	7,139	4,742
	CA	-8,624	6,672	-6,998	0,27	9,015	-23,72	-16,19	1,645	10,8	4,518	7,395	-20,276	-11,942	-1,635	14,244
II	ED	-3,261	-3,516	-1,308	15,964	-7,335	-8,54	-22,216	4,435	6,1	17,13	-6,781	-7,944	-21,05	4,989	6,696
	DC	-2,226	2,034	-4,162	1,2	6,185	-15,74	-5,38	-2,345	7,9	2,162	5,345	-13,988	-4,418	-3,185	9,652
	CA	-6,552	5,88	-5,628	2,04	10,58	-24,2	-14,38	0,5	13,6	4,802	8,112	-21,828	-11,618	-1,968	16,076
I	ED	-0,022	-0,403	-9,952	20,278	-3,313	-15,432	-20,322	2,507	13,528	20,124	3,232	-15,262	-20,318	2,588	13,718
	DC	-2,56	1,814	-4,28	4,088	4,11	-15,33	-8,912	-0,69	7,27	5,162	3,352	-13,524	-7,838	-1,448	9,076
	CA	-4,488	6,018	-5,426	1,74	10,585	-22,79	-13,96	0,755	-12,57	4,474	8,059	-20,504	-11,226	-1,771	14,856

PORTIQUE : E.E

Combinaisons des Moments dans les POUTRES

Niveau	Travée	G+1,2P			G+P+E			G+P-E			0,8G+E			0,8G-E		
		Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
VI	1-2	-0,197	0,347	-0,252	2,966	1,157	-1,778	-3,354	-0,473	1,282	3,016	1,069	-1,714	-3,304	-0,561	1,346
	2-3	-0,252	0,347	-0,197	1,282	0,342	-1,724	-1,728	0,342	1,336	1,346	0,254	-1,674	-1,714	0,254	1,386
	3-4	-0,197	0,369	-0,197	1,336	0,364	-1,724	-1,724	0,364	1,336	1,386	0,270	-1,674	-1,674	0,270	1,386
	4-5	-0,197	0,369	-0,197	1,336	0,364	-1,724	-1,724	0,364	1,336	1,386	0,270	-1,674	-1,674	0,270	1,386
	5-6	-0,197	0,347	-0,252	1,336	0,342	-1,778	-1,724	0,342	1,282	1,386	0,254	-1,716	-1,674	0,254	1,346
	6-7	-0,252	0,347	-0,197	1,282	-0,473	-3,354	-1,778	1,157	2,966	1,346	-0,561	-3,304	-1,714	1,069	3,016
V	1-2	-0,902	0,162	-0,382	7,05	2,165	-3,829	-8,81	-1,905	3,505	7,314	1,987	-4,036	-8,546	-2,083	3,684
	2-3	-0,382	0,538	-0,312	3,505	0,50	-4,75	-3,829	0,50	3,57	3,684	0,248	-4,004	-4,036	0,248	3,716
	3-4	-0,312	0,57	-0,312	3,57	0,53	-4,75	-4,75	0,53	3,57	3,716	0,264	-4,004	-4,004	0,264	3,716
	4-5	-0,312	0,57	-0,312	3,57	0,53	-4,75	-4,75	0,53	3,57	3,716	0,264	-4,004	-4,004	0,264	3,716
	5-6	-0,312	0,538	-0,382	3,57	0,50	-3,829	-4,75	0,50	3,505	3,716	0,248	-4,036	-4,004	0,248	3,684
	6-7	-0,382	0,162	-0,902	3,505	-1,905	-8,81	-3,829	2,165	7,05	3,684	-2,083	-8,546	-4,036	1,987	7,314
IV	1-2	-1,556	-0,205	-0,382	11,61	3,063	-6,905	-14,57	-3,478	6,195	12,21	3,094	-6,726	-13,97	-3,446	6,374
	2-3	-0,382	0,538	-0,312	6,195	0,50	-6,84	-6,905	0,50	6,26	6,374	0,248	-6,94	-6,726	0,248	6,406
	3-4	-0,312	0,57	-0,312	6,26	0,53	-6,84	-6,84	0,53	6,26	6,406	0,264	-6,694	-6,694	0,264	6,406
	4-5	-0,312	0,57	-0,312	6,26	0,53	-6,84	-6,84	0,53	6,26	6,406	0,264	-6,694	-6,694	0,264	6,406
	5-6	-0,312	0,538	-0,382	6,26	0,50	-6,905	-6,84	0,50	6,195	6,406	0,248	-6,726	-6,694	0,248	6,374
	6-7	-0,382	-0,205	-1,556	6,195	-3,478	-14,57	-6,905	3,063	11,61	6,374	-3,446	-13,97	-6,726	3,094	12,21
III	1-2	-0,883	0,0372	-0,323	16,736	4,581	-8,786	-17,848	-4,129	8,174	16,784	4,512	-8,656	-17,744	-4,608	8,304
	2-3	-0,323	0,455	-0,262	8,174	0,431	-8,728	-8,786	0,431	8,232	8,304	0,248	-8,624	-8,656	0,248	8,326
	3-4	-0,262	0,484	-0,262	8,232	0,458	-8,728	-8,728	0,458	8,232	8,336	0,264	-8,624	-8,624	0,264	8,336
	4-5	-0,262	0,484	-0,262	8,232	0,458	-8,728	-8,728	0,458	8,232	8,336	0,264	-8,624	-8,624	0,264	8,336
	5-6	-0,262	0,455	-0,323	8,232	0,431	-8,786	-8,728	0,431	8,174	8,336	0,248	-8,656	-8,624	0,248	8,304
	6-7	-0,323	0,455	-0,262	8,174	-4,129	-17,848	-8,786	4,581	16,736	8,304	-4,608	-17,744	-8,656	4,512	16,984
II	1-2	-1,387	-0,21	-0,323	17,731	4,314	-10,326	-19,348	-4,094	9,714	18,19	4,349	-10,196	-19,214	-4,701	9,844
	2-3	-0,323	0,455	-0,262	9,714	0,431	-10,268	-10,326	0,431	9,772	9,844	0,248	-10,164	-10,196	0,248	9,874
	3-4	-0,262	0,484	-0,262	9,772	0,458	-10,268	-10,268	0,458	9,772	9,876	0,264	-10,164	-10,164	0,264	9,876
	4-5	-0,262	0,484	-0,262	9,772	0,458	-10,268	-10,268	0,458	9,772	9,876	0,264	-10,164	-10,164	0,264	9,876
	5-6	-0,262	0,455	-0,323	9,772	0,431	-10,326	-10,268	0,431	9,714	9,876	0,248	-10,196	-10,164	0,248	9,844
	6-7	-0,323	0,455	-0,262	9,714	-4,094	-19,348	-10,326	4,314	17,731	9,844	-4,701	-19,214	-10,196	4,349	18,19
I	1-2	-0,092	0,162	-0,115	18,288	4,477	-9,865	-18,472	-4,753	9,635	18,306	4,445	-9,842	-18,454	-4,185	9,658
	2-3	-0,115	0,162	-0,092	9,635	0,162	-9,842	-9,865	0,162	9,658	9,658	0,130	-9,824	-9,842	0,130	9,676
	3-4	-0,092	0,173	-0,092	9,658	0,173	-9,842	-9,842	0,173	9,658	9,676	0,138	-9,824	-9,824	0,138	9,676
	4-5	-0,092	0,173	-0,092	9,658	0,173	-9,842	-9,842	0,173	9,658	9,676	0,138	-9,824	-9,824	0,138	9,676
	5-6	-0,092	0,162	-0,115	9,658	0,162	-9,865	-9,842	0,162	9,635	9,676	0,130	-9,842	-9,842	0,130	9,658
	6-7	-0,115	0,162	-0,092	9,635	-4,153	-18,472	-9,865	4,477	18,288	9,658	-4,185	-18,454	-9,842	4,445	18,306

+4
PORTIQUE: 2_2

MOMENTS. ET. EFFORTS. NORMAUX. DANS

LES. POTEAUX

Combinaison		G + 1,2P			G + P + 1,2E			G + P - 1,2E			0,8G + E			0,8G - E		
Niveau	Pot	M _{sup}	M _{inf}	N _{cum}	M _{sup}	M _{inf}	N _{cum}	M _{sup}	M _{inf}	N _{cum}	M _{sup}	M _{inf}	N _{cum}	M _{sup}	M _{inf}	N _{cum}
VI	A	0	4,17	6,48	4,21	5,54	7,25	4,21	2,58	5,35	3,51	4,09	5,12	3,51	1,57	3,54
	C	0	0	14,36	3,65	2,05	13,96	3,65	2,05	13,96	3,04	1,71	9,58	3,04	1,71	9,58
	E	0	4,17	6,48	4,21	5,54	5,35	4,21	2,58	7,25	3,51	4,09	3,54	3,51	1,57	5,12
V	A	3,25	3,66	16,32	11,09	7,92	18,55	1,21	1,17	12,27	8,14	5,37	11,31	5,34	2,21	6,07
	C	0,094	0,11	34,66	7,04	5,79	32,71	3,56	5,58	32,71	5,85	4,81	18,37	5,73	4,67	18,37
	E	2,09	2,34	16,16	9,96	6,65	12,10	6,22	2,45	18,38	7,37	4,50	5,91	6,11	3,08	11,15
IV	A	3,50	3,50	21,50	13,33	11,49	30,87	6,87	5,03	17,57	9,93	8,39	18,34	6,91	5,38	7,26
	C	0,20	0,20	54,58	10,10	8,64	51,09	9,72	8,26	51,09	8,37	7,15	26,91	8,15	6,93	26,91
	E	0,85	0,85	28,12	10,83	8,99	19,80	9,37	7,53	33,10	8,52	6,99	8,96	8,32	6,78	20,04
III	A	3,50	3,50	35,41	15,67	13,41	44,45	9,21	6,95	21,61	11,88	9,99	26,43	8,86	6,97	7,39
	C	0,20	0,20	74,50	11,49	11,49	69,47	11,11	11,11	69,47	9,53	9,53	35,46	9,31	9,31	35,46
	E	0,85	0,85	39,77	13,17	10,91	25,93	11,71	9,45	48,77	10,47	8,58	10,70	10,27	8,38	29,74
II	A	3,23	2,40	43,37	15,54	15,22	57,04	9,46	10,70	24,02	12,10	12,05	34,82	8,74	9,39	7,30
	C	1,37	1,02	88,65	14,02	13,69	81,83	11,44	11,77	83,77	11,32	11,14	42,02	9,90	10,08	43,64
	D	0	0,92	6,32	12,73	13,61	17	12,73	11,86	-6,48	10,61	11,12	12,50	10,61	10,10	-7,06
	E	-1,45	-1,07	45,25	11,34	11,7	15,4	14,12	13,76	69,96	9,72	9,95	1,14	11,50	11,27	46,6
I	A	2,71	2,71	51,31	10,81	21,94	69,31	5,70	16,83	26,71	8,29	17,56	42,95	5,47	14,74	7,45
	C	1,10	1,10	102,76	12,31	18,42	95,19	9,20	16,34	96,99	9,12	15,06	49,43	7,96	13,90	50,93
	D	0,58	0,58	11,42	12,99	15,74	38,50	11,89	-14,64	-16,98	10,67	12,96	29,10	10,07	12,36	-17,14
	E	0,011	0,011	45,64	11,64	16,02	-5,07	11,62	16,00	91,21	9,70	13,35	-15,94	9,68	13,33	64,30

PORTIQUE : E-E

MOMENTS ET EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX

Combinaison		G+1,2P	G+P+1,2E			G+P-1,2E			0,8G+E			0,8G-E		
Niveau	Poteau	N _{cum}	M _{sup}	M _{inf}	N _{cum}	M _{sup}	M _{inf}	N _{cum}	M _{sup}	M _{inf}	N _{cum}	M _{sup}	M _{inf}	N _{cum}
VI	1	0,59	3,79	2,04	-1,18	3,79	2,04	2,35	3,16	1,7	-1,03	3,16	1,7	1,91
	2	1,47	3,67	2,16	2,05	3,67	2,16	0,85	3,06	1,8	1,57	3,06	1,8	0,57
	3	1,34	3,67	2,16	1,32	3,67	2,16	1,32	3,06	1,8	0,98	3,06	1,8	0,98
	4	1,36	3,67	2,16	1,34	3,67	2,16	1,34	3,06	1,8	1,00	3,06	1,8	1,00
	5	1,34	3,67	2,16	1,32	3,67	2,16	1,32	3,06	1,8	0,98	3,06	1,8	0,98
	6	1,47	3,67	2,16	0,85	3,67	2,16	2,05	3,06	1,8	0,57	3,06	1,8	1,57
	7	0,59	3,79	2,04	2,35	3,79	2,04	-1,18	3,16	1,7	1,91	3,16	1,7	-1,03
V	1	1,82	7,48	5,41	-4,44	7,48	5,41	7,92	6,23	4,51	-4,08	6,23	4,51	6,22
	2	3,42	7,09	5,8	5,36	7,09	5,8	1,12	5,91	4,83	3,66	5,91	4,83	0,12
	3	3,42	7,09	5,8	3,25	7,09	5,8	3,25	5,91	4,83	1,93	5,91	4,83	1,93
	4	3,47	7,09	5,8	3,30	7,09	5,8	3,30	5,91	4,83	1,96	5,91	4,83	1,96
	5	3,42	7,09	5,8	3,25	7,09	5,8	3,25	5,91	4,83	1,93	5,91	4,83	1,93
	6	3,42	7,09	5,8	1,12	7,09	5,8	5,36	5,91	4,83	0,12	5,91	4,83	3,66
	7	1,82	7,48	5,41	7,92	7,48	5,41	-4,44	6,23	4,51	6,22	6,23	4,51	-4,08
IV	1	3,28	10,30	8,42	-10,44	10,30	8,42	16,65	8,58	7,02	-9,5	8,58	7,02	13,08
	2	5,14	9,92	8,8	9,41	9,92	8,8	0,24	8,27	7,33	6,44	8,27	7,33	-1,2
	3	5,50	9,92	8,8	5,18	9,92	8,8	5,18	8,27	7,33	2,88	8,27	7,33	2,88
	4	5,57	9,92	8,8	5,25	9,92	8,8	5,25	8,27	7,33	2,92	8,27	7,33	2,92
	5	5,50	9,92	8,8	5,18	9,92	8,8	5,18	8,27	7,33	2,88	8,27	7,33	2,88
	6	5,14	9,92	8,8	0,24	9,92	8,8	9,41	8,27	7,33	-1,2	8,27	7,33	6,44
	7	3,28	10,30	8,42	16,65	10,30	8,42	-10,44	8,58	7,02	13,08	8,58	7,02	-9,5
III	1	4,36	12,70	10,39	-19,19	12,70	10,39	27,46	10,58	8,66	-17,02	10,58	8,66	21,86
	2	6,73	11,54	11,54	14,33	11,54	11,54	-1,60	9,62	9,62	10,11	9,62	9,62	-3,23
	3	7,24	11,54	11,54	6,83	11,54	11,54	6,83	9,62	9,62	3,83	9,62	9,62	3,83
	4	7,33	11,54	11,54	6,92	11,54	11,54	6,92	9,62	9,62	3,87	9,62	9,62	3,87
	5	7,24	11,54	11,54	6,83	11,54	11,54	6,83	9,62	9,62	3,83	9,62	9,62	3,83
	6	7,03	11,54	11,54	-1,38	11,54	11,54	14,62	9,62	9,62	-3,02	9,62	9,62	10,32
	7	4,05	12,70	10,39	27,16	12,70	10,39	-19,19	10,58	8,66	21,65	10,58	8,66	-17,23
II	1	5,60	12,50	12,50	-28,91	12,50	12,50	39,56	10,41	10,41	-25,33	10,41	10,41	31,67
	2	8,15	12,50	12,50	19,06	12,50	12,50	-3,74	10,41	10,41	13,66	10,41	10,41	-5,34
	3	8,99	12,50	12,50	8,48	12,50	12,50	8,48	10,41	10,41	4,77	10,41	10,41	4,77
	4	9,10	12,50	12,50	8,59	12,50	12,50	8,59	10,41	10,41	4,83	10,41	10,41	4,83
	5	8,99	12,50	12,50	8,48	12,50	12,50	8,48	10,41	10,41	4,77	10,41	10,41	4,77
	6	8,93	12,50	12,50	-2,98	12,50	12,50	19,82	10,41	10,41	-4,82	10,41	10,41	14,18
	7	4,82	12,50	12,50	38,80	12,50	12,50	-29,67	10,41	10,41	31,15	10,41	10,41	-25,91
I	1	5,88	9,56	17	-39,18	9,57	17	50,39	7,97	14,17	-33,76	7,97	14,17	40,68
	2	8,83	10,9	15,68	22,98	10,9	15,68	-6,3	9,08	13,07	16,91	9,08	13,07	-7,49
	3	9,62	10,9	15,68	9,11	10,9	15,68	9,11	9,08	13,07	5,28	9,08	13,07	5,28
	4	9,74	10,9	15,68	9,23	10,9	15,68	9,23	9,08	13,07	5,34	9,08	13,07	5,34
	5	9,62	10,9	15,68	9,11	10,9	15,68	9,11	9,08	13,07	5,28	9,08	13,07	5,28
	6	9,59	10,9	15,68	-5,54	10,9	15,68	23,74	9,08	13,07	-6,97	9,08	13,07	17,43
	7	5,10	9,56	17	49,63	9,57	17	-39,94	7,97	14,17	40,17	7,97	14,17	-34,67

FERAILLAGE DES POTEAUX

COMBINAISON DES EFFORTS LES PLUS DEFAVORABLES

POTEAU	NIVEAU	SENS TRANSVERSAL								SENS LONGITUDINAL							
		SP1		S P 2						SP1		S P 2					
		N	M	N _{max}	M _{con}	N _{min}	M _{con}	M _{max}	N _{con}	N	N _{max}	M _{con}	N _{min}	M _{con}	M _{max}	N _{con}	
A-2 (30x50)	VI	7,95	4,17	7,25	5,54	3,54	3,51	5,54	7,25	7,95	2,05	3,67	0,57	3,06	3,67	2,05	
	V	19,74	3,66	18,55	11,089	6,07	5,34	11,089	18,55	19,74	5,36	7,09	0,12	5,91	7,09	5,36	
	IV	30,30	3,5	30,87	13,33	7,26	6,91	13,33	30,87	30,3	9,41	9,92	-1,2	8,27	9,92	9,41	
	III	42,14	3,5	44,45	15,67	7,39	8,86	15,67	44,45	42,14	14,33	11,54	-3,23	9,62	11,54	14,33	
	II	51,52	3,23	57,04	15,54	7,30	9,39	15,54	57,04	51,52	19,06	12,50	-5,34	10,41	12,50	19,06	
	I	60,14	2,71	69,31	21,94	7,45	14,74	21,94	69,31	60,14	22,98	15,68	-7,94	13,07	15,68	22,98	
C-2 (30x50)	VI	15,83	0	13,96	3,65	9,58	3,04	3,65	13,96	15,83	2,05	3,67	0,57	3,06	3,67	2,05	
	V	38,08	0,11	32,71	7,04	18,37	5,73	7,04	32,71	38,08	5,36	7,09	0,12	5,91	7,09	5,36	
	IV	59,72	0,20	51,09	10,10	26,91	8,37	10,10	51,09	59,72	9,41	9,92	-1,20	8,27	9,92	9,41	
	III	81,23	0,20	69,47	11,49	35,46	9,53	11,49	69,47	81,23	14,33	11,54	-3,23	9,62	11,54	14,33	
	II	96,80	1,37	83,77	11,77	42,02	11,32	14,02	81,83	96,80	19,06	12,50	-5,34	10,41	12,50	19,06	
	I	111,59	1,10	96,99	16,34	49,43	15,06	18,42	95,19	111,59	22,98	15,68	-7,49	13,07	15,68	22,98	
D-2 (30x50)	II	7,74	0,92	17,00	13,61	-7,06	10,61	13,61	17,00	7,74	3,25	12,32	-0,87	10,27	12,32	3,25	
	I	14,68	0,59	38,50	15,74	-17,14	12,36	15,74	38,50	14,68	8,19	15,43	-2,54	12,86	15,43	8,19	
E-2 (30x50)	VI	7,95	4,17	7,25	4,21	3,54	4,09	5,54	5,35	7,95	2,05	3,67	0,57	3,06	3,67	2,05	
	V	19,58	2,34	18,38	6,22	5,91	7,37	9,96	6,22	19,58	5,36	7,09	0,12	5,91	7,09	5,36	
	IV	33,26	0,58	33,10	9,37	8,96	8,52	10,83	19,80	33,26	9,41	9,92	-1,20	8,27	9,92	9,41	
	III	46,50	0,85	48,77	11,71	10,70	10,47	13,17	25,93	46,50	14,33	11,54	-3,23	9,62	11,54	14,33	
	II	53,40	1,45	69,96	14,12	1,14	9,95	14,12	15,40	53,40	19,06	12,50	-5,34	10,41	12,50	19,06	
	I	54,47	0,071	91,21	16,00	-15,94	13,35	14,02	-5,07	54,47	22,98	15,68	-7,49	13,07	15,68	22,98	

FERRAILLAGE DES POUTRES

Conformément à l'article A 15 du C.C.B.A 58, il ne sera pas tenu compte des efforts normaux dans les poutres. Les poutres seront donc ferrillées en flexion simple. Les tableaux précédents regroupent les valeurs des moments flechissants et des efforts tranchants nécessaires pour le calcul. Ces efforts ont été déterminés par les combinaisons suivantes

1 ^{er} Genre	G + 1,2 P	Avec $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$
2 ^{ème} Genre	- G + P + W - G + P + S _{iV} + S _{iH}	Avec $\bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$

Les sections d'aciers seront déterminées sous la sollicitation du 1^{er} Genre, et sous la plus défavorable de 2^{ème} genre. Les méthodes de détermination des armatures que nous utiliserons sont en nombre de deux.

1) Méthode directe :

Dans cette méthode, on se donne des armatures et on vérifie les contraintes par le procédé suivant.

a) Position de l'axe neutre.

$$\sum M^{st} / A \cdot N = 0$$

$$\frac{b y^2}{2} + n A' (y - d') = n A (h - y)$$

b) pente de diagramme

On vérifie les contraintes par $\theta = \frac{M}{I}$

$$* \sigma'_b = \theta y \leq \bar{\sigma}'_b$$

$$* \sigma'_a = n \theta (h - d') \leq \bar{\sigma}_a$$

$$* \sigma_a = n \theta (h - y) \leq \bar{\sigma}_a$$

Conditions exigées par C.T.C (Poutres)

- Le pourcentage total minimum des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre doit être de 3% pour (A + A) et 0,5% (A dx)
- Les poutres sollicitées principalement par les forces latérales sismiques doivent avoir des armatures symétriques, avec une section en traversé au moins égale à la moitié de la section sur appui.

Remarque : Les sollicitations à prendre en compte pour la détermination des armatures sont quasi-totalement de type 'EP2', donc le ferraillement des poutres fait appel à des sections symétriques.

L'autre méthode que nous avons utilisée pour le ferrailage des poutres c'est la méthode de Monsieur. P.CHARON.

1/ Ferrailage des portiques longitudinaux

A) Armatures longitudinaux:

On considère pour le calcul des armatures longitudinaux toutes les sections (en travée et sur appui), et on procède de la façon suivante.

- Soit A_1 la section d'acier obtenue sous SP_1 avec le moment flechissant M_1 calculé sous SP_1
- Soit A_2 la section d'acier obtenue sous SP_2 avec le moment flechissant M_2 calculé sous SP_2

Remarque Si $M_1 = M_2$, cela ne veut pas dire que $A_1 = A_2$, car $\bar{\sigma}_a$ (2ème genre) est supérieure à $\bar{\sigma}_a$ (1er genre)

$$A_1 = \frac{M_1}{\frac{2}{3} \sigma_{en}} \quad , \quad A_2 = k \cdot \frac{M_2}{\sigma_{en}} \quad ; \quad k: \text{coef de proportionnalité}$$

On a alors

$$A_1 = A_2 \quad \text{si} \quad M_2 = \frac{3}{2} M_1$$

$$A_2 > A_1 \quad \text{si} \quad M_2 > \frac{3}{2} M_1$$

$$A_2 < A_1 \quad \text{si} \quad M_2 < \frac{3}{2} M_1$$

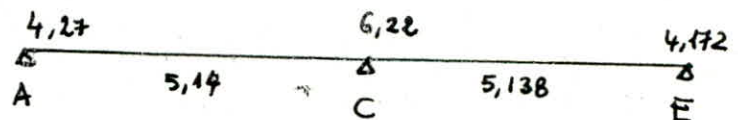
Conclusion

- Si $1,5(SP_1) > (SP_2)$. On déterminera les armatures longitudinales sous (SP_1)
- Si $1,5(SP_1) < (SP_2)$. On déterminera les armatures longitudinales sous (SP_2)

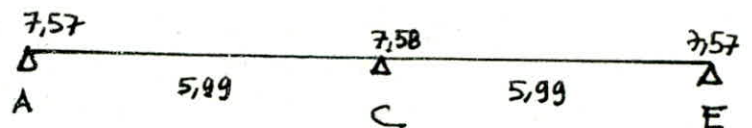
Portique transversal (2-2)

a) Niveau terrasse.

* Sous SP_1



* Sous SP_2



$$M_{\max} = -7,58 \text{ tm} \quad (SP_2) \quad (b=30 \text{ cm}, ht=50 \text{ cm})$$

$$\bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 \quad \bar{\sigma}'_b = 205 \text{ kg/cm}^2$$

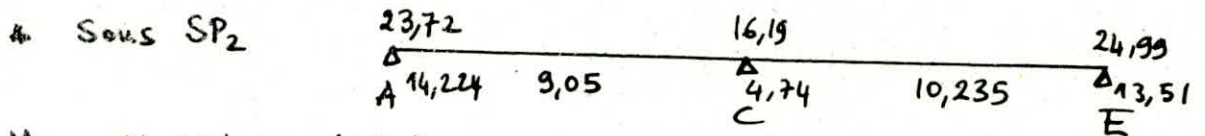
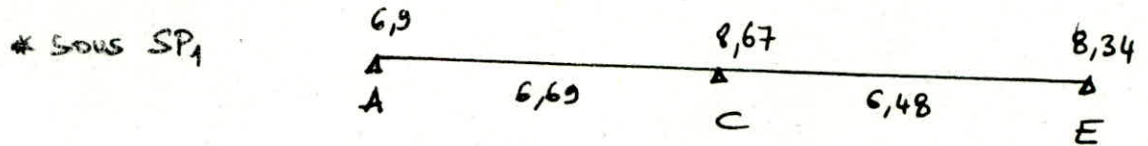
$$A = 4,45 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow \quad A = 4T12$$

$$\sigma'_b = 84,3 \text{ kg/cm}^2 \quad , \quad \sigma'_a = 808 \text{ kg/cm}^2 \quad , \quad \sigma_a = 3973 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_b = 5,138 \text{ tm} \quad (\text{SP}_1) \quad \rightarrow A = 4,52 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow A = 4 \text{ T12}$$

$$M_a = 6,22 \text{ tm} \quad (\text{SP}_1) \quad \rightarrow A = 5,49 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow A = 4 \text{ T12} + 4 \text{ T10}$$

b) Niveau I, V, III



$$-M_{\text{max}} = 24,99 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2) \quad \rightarrow A = 14,69 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14} + 4 \text{ T16}$$

$$M_a = 14,24 \text{ tm} \quad \rightarrow A = 8,37 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T12} + 4 \text{ T14}$$

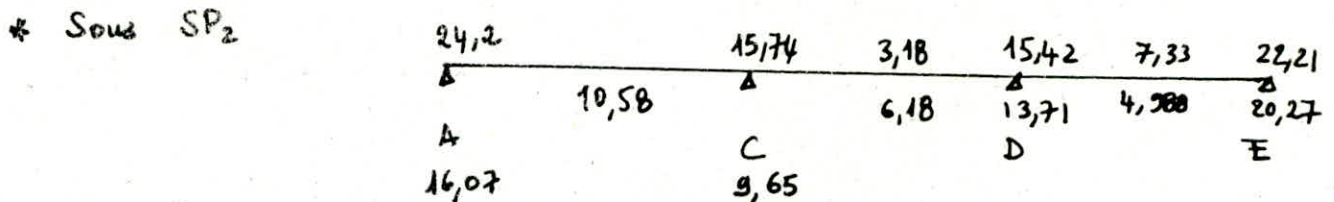
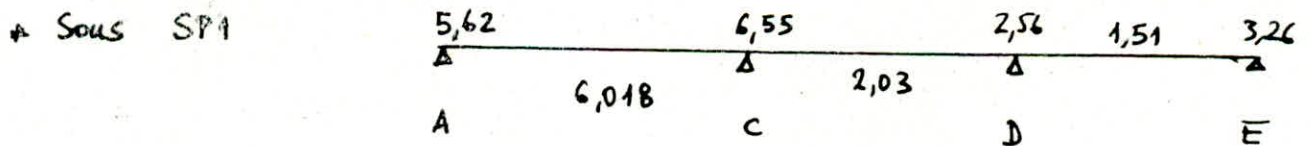
$$M_c = -16,19 \text{ tm} \quad \rightarrow A = 9,52 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14} + 4 \text{ T12}$$

$$M_c = 4,74 \text{ tm} \quad \rightarrow A = 2,79 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14}$$

$$M_b = 6,692 \text{ tm} \quad \rightarrow A = 5,9 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14} \quad (\text{Sous SP}_1)$$

$$M_e = -1,891 \quad \rightarrow A = 1,12 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14}$$

c) Niveau II et I



$$-M_{\text{max}} = -24,2 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2) \quad , \quad A = 14,22 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14} + 4 \text{ T16}$$

$$M_E = 20,27 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2), \quad A = 11,92 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14} + 4 \text{ T12}$$

$$M_c = -15,74 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2) \quad , \quad A = 8,06 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14} + 4 \text{ T10}$$

$$M_c = 9,65 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2) \quad , \quad A = 5,67 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14}$$

$$M = 10,58 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2) \quad A = 6,2 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14}$$

$$M = -3,31 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2) \quad A = 9,95 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow 4 \text{ T14}$$

Verification des contraintes dans les poutres (Portique 2-2)

- Niveau terrasse

$$M = -7,57 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2)$$

$$\sigma'_b = 84,3 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma'_a = 808 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma_a = 3973 \text{ kg/cm}^2$$

- Niveau V IV III

$$M = 24,99 \text{ tm}$$

$$\sigma'_b = 169,1 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma'_a = 1940,8 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma_a = 4315 \text{ kg/cm}^2$$

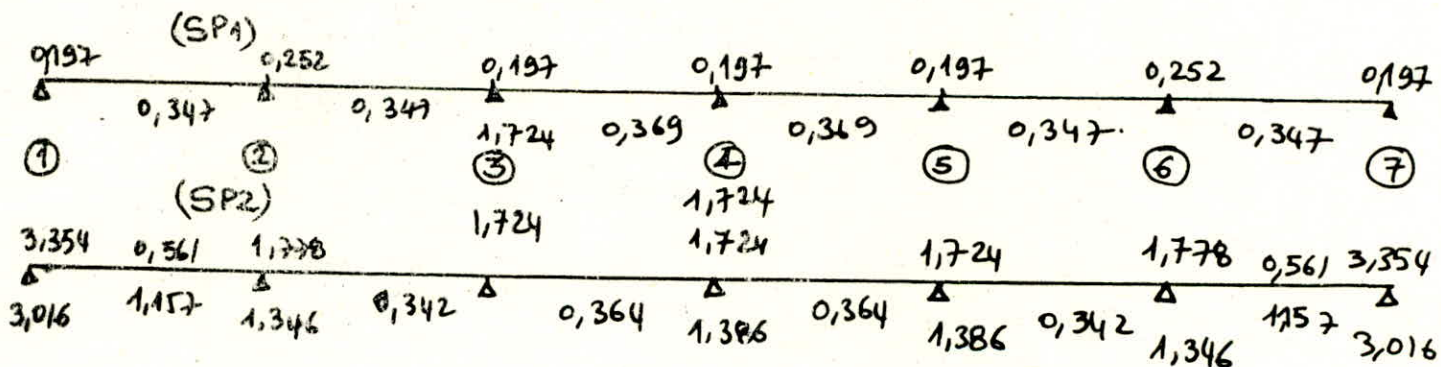
- Niveau II et I

$$M = 24,2 \text{ t}$$

$$\sigma'_b = 158,76 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma'_a = 1810,7 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma_a = 4168 \text{ kg/cm}^2$$

Ferrailage des poutres (portique E-E)

- Niveau terrasse



$$- M_{\max} = -3,354 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2)$$

$$A = 2,46 \text{ cm}^2 \Rightarrow A = 4 \text{ T}10$$

$$M = 3,016 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2)$$

$$A = 2,22 \text{ cm}^2 \rightarrow A = 4 \text{ T}10$$

$$M = 1,157 \text{ tm} \quad (\text{SP}_2) \quad A = 0,58 \text{ cm}^2 \rightarrow 4 \text{ T}10$$

En (2-3) - (3,4), (4,5), (5,6)

$$M_t = 0,347 \text{ tm} \Rightarrow A = 0,38 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4 \text{ T}10$$

En (1-2) et (6,7)

$$M_t = -0,561 \text{ tm} \Rightarrow A = 0,42 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4 \text{ T}10$$

A l'appui (2,3,4,5,6)

$$M = -1,778 \text{ tm (SP}_2)$$

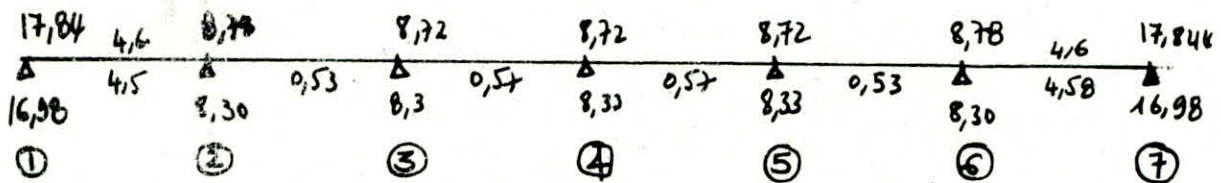
$$A = \frac{1,778 \times 10^5}{4200 \times 0,9 \times 36} = 1,31 \text{ cm}^2 \Rightarrow A = 4T10$$

A l'appui (2,3,4,5,6)

$$M = 1,386 \text{ tm (SP}_2)$$

$$A = \frac{1,386 \times 10^5}{4200 \times 0,9 \times 36} = 1,02 \text{ cm}^2 \Rightarrow A = 4T10$$

Niveau V, IV, III



- Appui 1 et 7 (haut)

$$M = 17,84 \text{ tm} \Rightarrow A = 13,12 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14 + 4T16 = 14,19 \text{ cm}^2$$

$$\text{bas } M = 16,98 \text{ tm} \Rightarrow A = 12,48 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14 + 4T14 = 13,3 \text{ cm}^2$$

- En travée (1-2) - (6,7) haut

$$M_t = 4,6 \text{ tm} \Rightarrow A = 3,39 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14$$

- en travée (1-2) - (6,7) bas

$$M_t = 4,58 \text{ tm} \Rightarrow A = 3,37 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14$$

- En appui (2,3,4,5,6) en haut

$$M = 8,78 \text{ tm} \Rightarrow A = 6,46 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14 + 4T10$$

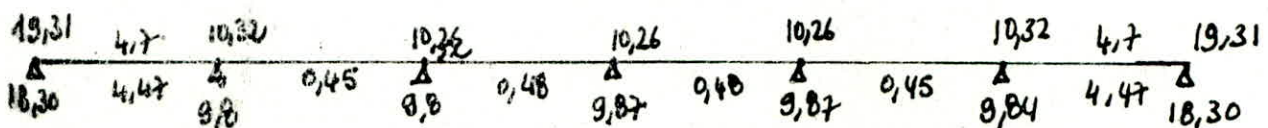
Appui (2,3,4,5,6) (bas)

$$M_t = 8,33 \text{ tm} \Rightarrow A = 6,13 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14$$

En travée (2,3) - (3,4), (4,5), (5,6) en bas

$$M_t = 0,57 \Rightarrow A = 0,62 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14$$

Niveau II - I



A l'appui 1 et 7 (haut)

$$M = 19,31 \text{ tm} \Rightarrow A = 14,2 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14 + 4T16.$$

$$M = 18,3 \Rightarrow A = 13,45 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14 + 4T16$$

A l'appui (2, 3, 4, 5, 6)

$$M = 10,32 \text{ tm (haut)} \Rightarrow A = 7,58 \Rightarrow 4T14 + 4T10$$

$$M = 9,87 \text{ tm (bas)} \Rightarrow A = 7,25 \Rightarrow 4T14 + 4T10.$$

En traversé (1-2) et (6-7)

$$M = 4,7 \text{ tm (haut)} \Rightarrow A = 3,45 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14$$

$$M = 0,484 \text{ tm (bas)} \Rightarrow A = 0,54 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14$$

En traversé (1-2), (6,7)

$$M = 4,47 \text{ tm} \Rightarrow A = 3,29 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14$$

FERRAILLAGE DES POTEAUX

Les poteaux sont soumis à des efforts normaux, efforts tranchants, et des moments fléchissants dans le sens longitudinal et dans le sens transversal. On fera le calcul sous SP_1 et sous la plus défavorable des combinaisons du second genre "SP2" et on adoptera la section d'acier la plus grande.

Méthode de calcul

Armatures longitudinales

1- Cas de flexion composée "FC"

On fait le calcul sous les efforts suivants (M_{max}, N_{corr}) , $(N_{max}, N_{corr}) \rightarrow$ Calcul du béton comprimé et éventuellement les aciers comprimés.
 $(N_{min}, M_{corr}) \rightarrow$ Calcul des armatures tendues.

• Contrainte admissible de compression dans le béton

$$\bar{\sigma}'_b = 2\bar{\sigma}'_{b0} \Rightarrow e_0 > \frac{ht}{2}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \left(1 + \frac{e_0}{3e_1}\right) \bar{\sigma}'_{b0} \rightarrow \text{si } e_0 < \frac{ht}{2} \left. \vphantom{\bar{\sigma}'_b} \right\} \text{ Avec } e_0 = \frac{M}{N}, e_1 = \frac{ht}{6}$$

1-a) Section partiellement comprimée ($e_0 > e_1$) \rightarrow "SP.C"

Le calcul de la section d'acier par la méthode du moment fictif a donné par la plus part des cas une section d'acier négative, ce qui nous a ramené à choisir un pourcentage d'acier et de procéder ensuite à une vérification des contraintes dans le béton et dans l'acier pour cela, on utilisera le tableau du "Aide-mémoire béton armé" VICTOR DAVIDOVICI

On calcule $k_e = \frac{N}{M} ht$, $\bar{\omega} = \frac{100A}{bht} = \frac{100A'}{bht}$

$A = A' \rightarrow$ ferrailage symétrique.

du tableau on tire $\begin{cases} k_b \\ k \end{cases} \rightarrow \sigma'_b = \frac{M}{k_b b h^2}$, $\sigma_a = k \sigma'_b$

On vérifie $\sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_b$ et $\sigma_a \leq \bar{\sigma}_a$

1-b) Section entièrement comprimée ($e_0 \leq e_1$) \rightarrow "SEC"

On utilise la méthode de M^r P. Charon.

Niveau I, IIsens transversal:

$\tilde{\omega} = 0,84$

1 - $N = 69,31 \text{ t}$, $M = 21,94 \text{ tm}$.

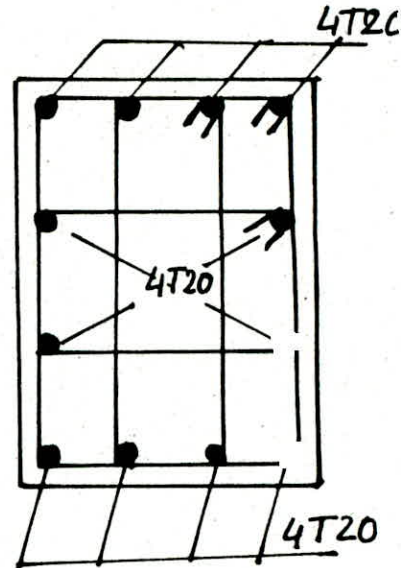
$k_b = 0,158$, $k = 11,5$, $k_e = 1,58$

$\sigma'_b = 185 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_a = 2036 \text{ kg/cm}^2$.

2 - $N = -5,07 \text{ t}$, $M = 16,02 \text{ tm}$.

$k_e = -0,16$, $\omega = 0,84$, $k_b = 0,195$

$\sigma'_b = 109,6 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_a = 3398 \text{ kg/cm}^2$.

sens longitudinal

1 - $N = 8,19 \text{ t}$, $M = 15,43 \text{ tm}$.

$k_e = 0,16$, $k_b = 0,195$, $k = 25$.

$\sigma'_b = 175 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_a = 4375 \text{ kg/cm}^2$.

2 - $M = 12,32 \text{ tm}$, $N = 3,25 \text{ t}$

$k_e = 0,08$, $k_b = 0,188$, $k = 28$

$\sigma'_b = 145 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_a = 11060 \text{ kg/cm}^2$

Niveau III, IVSens longitudinal

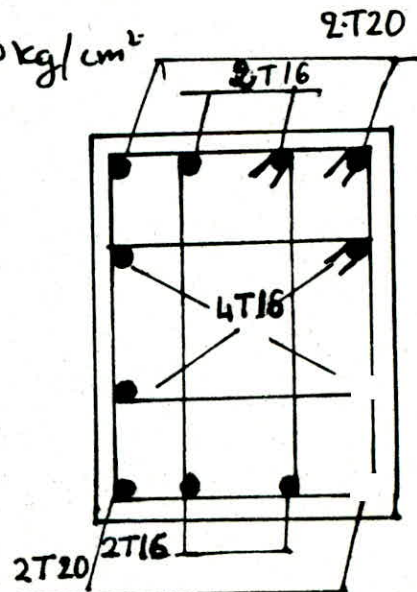
$\tilde{\omega} = 0,69$

1 - $N = 14,33 \text{ t}$, $M = 11,54 \text{ tm}$

$k_b = 0,165$, $k_e = 0,37$, $k = 26$

$\sigma'_b = 156 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_a = 4056 \text{ kg/cm}^2$.



85

2. $N = 5,36 t$

, $M = 7,09 tm$

$k_e = 0,23$

$k_b = 0,165$

$k = 27$

$\sigma'_b = 95,48 kg/cm^2$

$\sigma_a = 2578 kg/cm^2$

Niveaux V, VI

$\bar{w} = 0,41$

Sens transversal

1. $N = 7,95 t$

$M = 4,17 tm$

$k_e = 0,95$

$k_b = 0,118$

$k = 24$

$\sigma'_b = 47,12 kg/cm^2$

$\sigma_a = 1130,88 kg/cm^2$

2. $N = 5,35 t$

$M = 5,54 tm$

$k_e = 0,48$

$k_b = 0,13$

$k = 32$

$\sigma'_b = 56,82 kg/cm^2$

$\sigma_a = 1818 kg/cm^2$

Sens longitudinal

1. $M = 3,67 tm$

$N = 2,05 t$

$\bar{w} = 0,41$

$k_e = 0,17$

$k_b = 0,135$

$k = 38,5$

$\sigma'_b = 60,41 kg/cm^2$

, $\sigma_a = 2326 kg/cm^2$

2. $M = 13,17 tm$

, $N = 25,93 t$

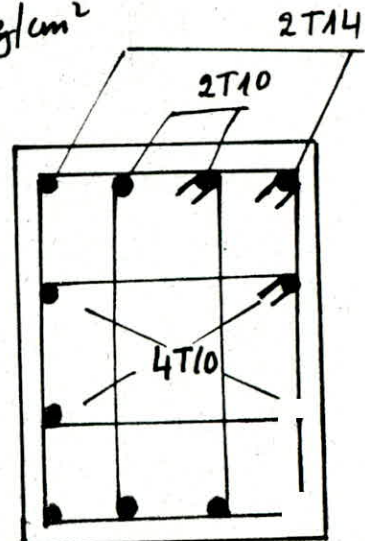
$k_e = 0,98$

$k_b = 0,14$

$k = 21$

$\sigma'_b = 125 kg/cm^2$

$\sigma_a = 2634 kg/cm^2$



FONDACTIONS

Introduction: Une fondation est un organe de transmission des charges de la superstructure qu'elle reçoit au sol.

La fondation qui est un élément de la structure et faisant partie de l'infrastructure est constituée par les semelles.

Le choix de système de fondation est fonction du terrain et de la superstructure ce qui nécessite une étude complète du sol d'assise.

Etude géotechnique: L'étude géotechnique réalisée a permis de connaître la contrainte du sol. Le pénétromètre a présenté une résistance qui allait en augmentant à partir de 2m de profondeur, et on a une contrainte $\bar{\sigma}_s = 2,5 \text{ bar}$ à 2,5m.

Choix du type de fondation: Le choix de fondations va aussi de :

- La distance entre les axes des poteaux
- Les charges.
- La capacité portante du terrain
- La raison économique (coût minimum)

Les fondations que nous avons choisi sont des fondations "superficielles"

On a enoisé - des semelles isolées sous poteaux
- des semelles continues sous poteaux.

Méthode de calcul Le bâtiment étant implanté dans une zone sismique donc on fera le calcul sous SP1 et on vérifie sous SP2

A/ Calcul des semelles isolées

Q: Charge transmise par le poteau au sol

A et B sont les dimensions de la semelle

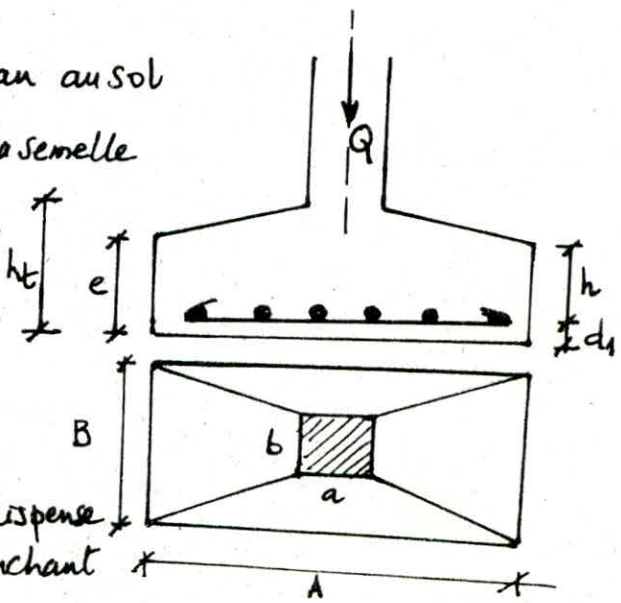
Pour qu'on ait $\sigma_s \leq \bar{\sigma}_s$ il faut que

$$A \cdot B \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_s} \text{ par homothétie}$$

on doit avoir $\frac{B}{A} = \frac{b}{a}$.

et $h \geq \max \left(\frac{A-a}{4}, \frac{B-b}{4} \right)$

La satisfaction de cette condition dispense de la vérification à l'effort tranchant



Pour le calcul du ferrailage on applique la méthode des bielles, les efforts obtenus sont.

$$F_x = \frac{Q'(A-a)}{8h} \Rightarrow A_x = \frac{F_x}{\sigma_a} \text{ suivant l'axe } x.$$

$$F_y = \frac{Q'(B-b)}{8h} \Rightarrow B_y = \frac{F_y}{\sigma_a} \text{ suivant l'axe } y.$$

Semelle C-2. poteau 30x50

on prend $A = 250 \text{ cm}$
 $B = 190 \text{ cm}$.

- sens transversal 2-2.

$$(0,86 + SI)_{\text{coffrag}} \quad N_{\min} = 61,52 \text{ t} \quad M = 15,06 \text{ tm}.$$

$$(G + P + SI) \quad N_{\max} = 100,09 \text{ t} \quad M = 16,34 \text{ tm}$$

$$(G + 1,2P) \text{ (SP1)} \quad N = 102,76 \text{ t} \quad M \approx 0.$$

- sens longitudinal - C-C.

$$(0,86 + SI) \quad N_{\min} = 109,00 \text{ t} \quad M = 12,86 \text{ tm}$$

$$G + P + SI \quad N_{\max} = 119,78 \text{ t} \quad M = 15,43 \text{ tm}.$$

$$G + 1,2P \quad N = 3,26 \text{ t} \quad M \approx 0.$$

$$P_{\text{terme}} = 14,25 \text{ t}.$$

Stabilité

$$N_{\min} = 75,77 \text{ t} \quad , \quad M = 15,06 \text{ tm} \quad , \quad e_0 = 0,13 \text{ m} < 0,6 \text{ m}.$$

Contrainte $N_{\max} = 123,34 \text{ t} \quad M = 16,34 \text{ tm}.$

$$e_0 = 0,132 < \frac{A}{6} = 0,41 \Rightarrow \sigma_{1,2} = \frac{N}{AB} \left(1 \pm \frac{3e_0}{A} \right) = \begin{matrix} \sigma_1 = 3 < 1,5\bar{\sigma}_s \\ \sigma_2 = 2,19 < 1,5\bar{\sigma}_s \end{matrix}$$

- sens longitudinal.

Stabilité $N_{\min} = 123,3 \text{ t} \quad , \quad M = 12,86 \text{ tm} \quad , \quad e_0 = 0,10 < 0,475$

contrainte $N_{\max} = 134,03 \text{ t} \quad M = 15,43 \text{ tm}$

$$e_0 = 0,11 < \frac{B}{6} = 0,317 \Rightarrow \sigma_{1,2} = \frac{N}{AB} \left(1 \pm \frac{3e_0}{B} \right) = \begin{matrix} \sigma_1 = 3,33 \\ \sigma_2 = 2,31 \end{matrix}$$

Contrainte sous SP1.

$$\sigma = \frac{N}{AB} = \frac{106,02 \times 10^3}{250 \times 190} = 2,23 < 2,5 \text{ kg/cm}^2$$

Ferrailage

SP2

$$h \geq \frac{250-50}{4} = 50 \text{ cm} \quad \text{on prend } h_t = 55 \text{ cm}$$

sens trans $N^* = \sigma_m A \cdot B$ avec $\sigma_m = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4}$

et $A_x = \frac{N^* (B-b)}{B(ht-d')\sigma_a} = \frac{2,79 \times 250 \times 190(250-50)}{8 \times 50 \times 4200} = 15,77 \text{ cm}^2$

sens long $A_y = \frac{N^* (A-a)}{B(ht-d')\sigma_a} = \frac{3,075 \times 250 \times 190(190-30)}{8 \times 50 \times 4200} = 13,9 \text{ cm}^2$

Sous SP1

$$A_x = \frac{N(B-b)}{B\sigma_a h} = \frac{106,02 \times 10^3 (190-30)}{8 \times 2000 \times 50} = 15,15 \text{ cm}^2$$

$$A_y = \frac{N(A-a)}{B\sigma_a h} = \frac{106,02 \times 10^3 (250-50)}{8 \times 50 \times 2000} = 18,93 \text{ cm}^2$$

Soit $A_x = 14T12$ avec un espacement de 18 cm $A_y = 12T14$ avec un espacement de 15 cm.

Semelle A-2. (rive)

- sens transversale 2-2.

$$(0, BG + E) \quad N_{\min} = 1,14 \text{ t} \quad M = 13,35 \text{ tm}$$

$$(G + P + E) \quad N = 91,21 + 8,25 + 8,83 = 108,29 \text{ t} \quad M = 16 \text{ tm}$$

$$(G + 1,2P) \quad N = 45,64 \text{ t} \quad M \approx 0$$

$$A = 260 \text{ cm}$$

- sens longitudinale A-A.

$$(0, BG + E) \quad N_{\min} = -7,49 + 8,25 + 45,64 = 46,4 \text{ t} \quad M = 13,07 \text{ tm}$$

$$(G + P + E) \quad N = 22,98 + 8,25 + 45,64 = 76,87 \text{ t} \quad M = 15,68 \text{ tm}$$

$$(G + 1,2P) \quad N = 8,83 \text{ t} \quad M \approx 0$$

$$B = 150 \text{ cm}$$

Stabilité

- sens trans.

$$N = 1,14 + 20 = 21,14 \text{ t} \quad , \quad M = 13,35 \text{ tm.}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = 0,63 < \frac{A}{4} = 0,65$$

- sens long.

$$N = 46,4 + 20 = 66,4 \text{ t} \quad , \quad M = 13,07 \text{ tm.}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = 0,197 < \frac{A}{4} = 0,65$$

Contraintes

Sous SP2

- sens trans

$$N = 108,29 + 20 = 128,29 \text{ t} \quad M = 16 \text{ tm.}$$

$$e_0 = 0,125 < \frac{A}{6} = 0,433$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{AB} \left[1 + \frac{3e_0}{A} \right] = \begin{cases} \sigma_1 = 3,76 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 2,82 \text{ kg/cm}^2 \end{cases} < 3,825 \text{ kg/cm}^2$$

- sens long

$$N = 76,87 + 20 = 96,87 \text{ t} \quad , \quad M = 15,68 \text{ tm.}$$

$$e_0 = 0,162 < \frac{A}{6}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{AB} \left[1 + \frac{3e_0}{B} \right] = \begin{cases} \sigma_1 = 3,29 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1,68 \text{ kg/cm}^2 \end{cases} < 3,82 \text{ kg/cm}^2$$

Sous SP1

$$\frac{N}{AB} = \frac{45,64 + 8,83 + 20}{260 \times 150} = 1,9 < 2,55 \text{ kg/cm}^2$$

Ferrailage

$$A_x = \frac{2,79 \times 260 \times 150 (150 - 30)}{8 (60 - 3) \times 4200} = 6,81 \text{ cm}^2 \text{ soit } 7 \text{ T12}$$

$$A_y = \frac{3,52 \times 260 \times 150 (260 - 50)}{8 \times 57 \times 4200} = 15 \text{ cm}^2 \text{ soit } 10 \text{ T14}$$

Sous SP_1

$$A_x = A_y = \frac{60,72 \times 10^3 \times (260 - 50)}{8 \times 2800 \times 50} = 12,88 \text{ cm}^2 \text{ soit } 12T12$$

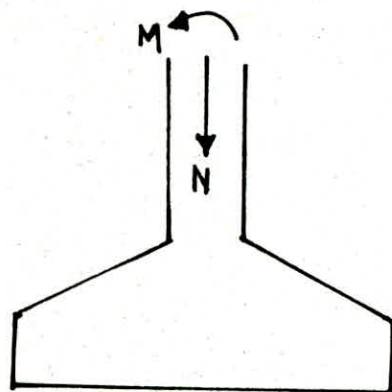
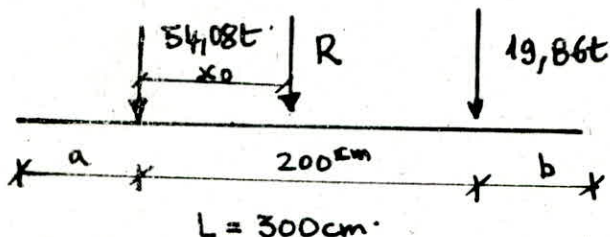
donc on adopte un ferrailage de 10T14 dans le sens
transversal (SP_2) et 12T12 dans le sens longitudinal (SP_1)

Calcul de la semelle continue D₂ - E₂.

choix du coffrage (sous SP₁)

$$L = \frac{N'}{\sigma_s' B} = \frac{45,64 + 11,42 + 8,44 \times 2}{2,55 \times 170}$$

$$L = 300 \text{ cm.}$$

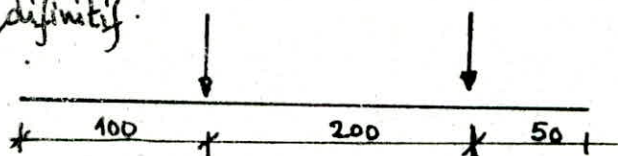


B = 170 cm (choisi)

Position de la résultante $N_T = 73,94 \times 0 = 19,86 \times 2 \Rightarrow x_0 = 0,537$.

la résultante doit être au milieu. $L/2 - a = 0,537 \Rightarrow a = 0,96$

schéma définitif.



$$L/2 - b = 1 \text{ m} \Rightarrow b = 0,5 \text{ m.}$$

Verification de la stabilité sous SP₂

sens longitudinal est le plus défavorable.

$$N_{cum} = -7,49 - 2,54 + 8,44 \times 2 + 8 \times 1,5 \times 3,5 \times 1,7 + 45,64 + 11,42 = 81,76 \text{ t.}$$

$$M_{cum} = 13,07 + 13,86 = 26,93 \text{ tm.}$$

$$e_0 = 0,329 < \frac{B}{4} = 0,425.$$

Verification des contraintes sous SP₂

1) sens transversal

$$E_2 \quad \begin{cases} N = 91,26 + 8,44 + 8,83 = 108,53 \text{ t.} \\ M = 16 \text{ tm} \end{cases}$$

$$\left. \begin{cases} N = 38,5 + 8,44 + 3,26 = 50,2 \text{ t} \\ M = 15,74 \text{ tm} \end{cases} \right\}$$

position de la résultante

$$108,53 \times 1 + 50,2 \times 3 + 17,85 \times 1,75 + 16 + 15,74 = 176,55 x_0 \Rightarrow x_0 = 1,82$$

$$e_0 = L/2 - x_0 = 0,074 \text{ m} < \frac{L}{6}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sum N_i}{BL} \left[1 \pm \frac{6e_0}{L} \right] = \frac{176,55 \times 10^3}{170 \times 350} \left[1 \mp \frac{6 \times 0,074}{350} \right] \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3,16 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 2,78 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

sens longitudinal.

$$N_{cum} = 22,98 + 8,19 + 8,44 \times 2 + 17,85 + 45,64 + 11,42 = 122,96 \text{ t}$$

$$M_c = 15,68 + 15,43 = 31,11 \text{ t.m}$$

$$\rightarrow e_0 = 0,253 < \frac{B}{6}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{122,96 \times 10^3}{170 \times 350} \left[1 \pm \frac{6e_0}{170} \right] \rightarrow \begin{matrix} \sigma_1 = 3,81 \\ \sigma_2 = 0,22 \end{matrix} < 1,5 \bar{\sigma}_s = 3,82 \text{ kg/cm}^2$$

Ferrailage de la semelle continue

Calcul de la semelle.

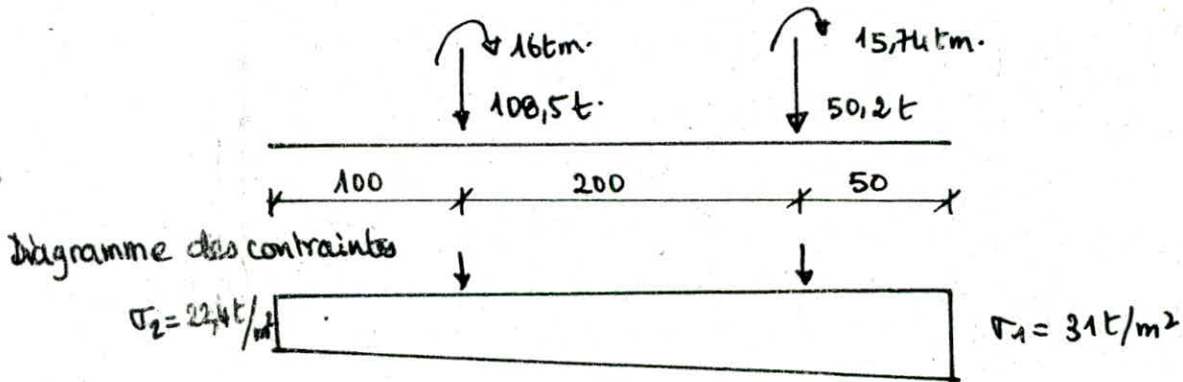
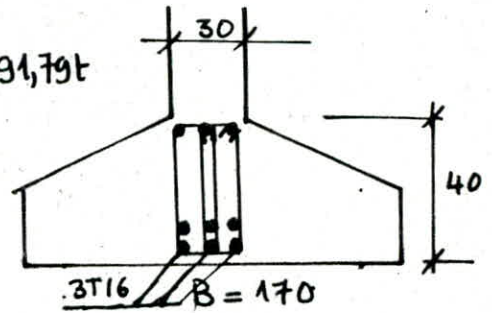
sous SP_1 : $N = 45,64 + 11,42 + 8,44 \times 2 + 17,85 = 91,79 \text{ t}$

méthode des bielles $A = \frac{N(B-b)}{8h\sigma_a} = 16,39 \text{ cm}^2$

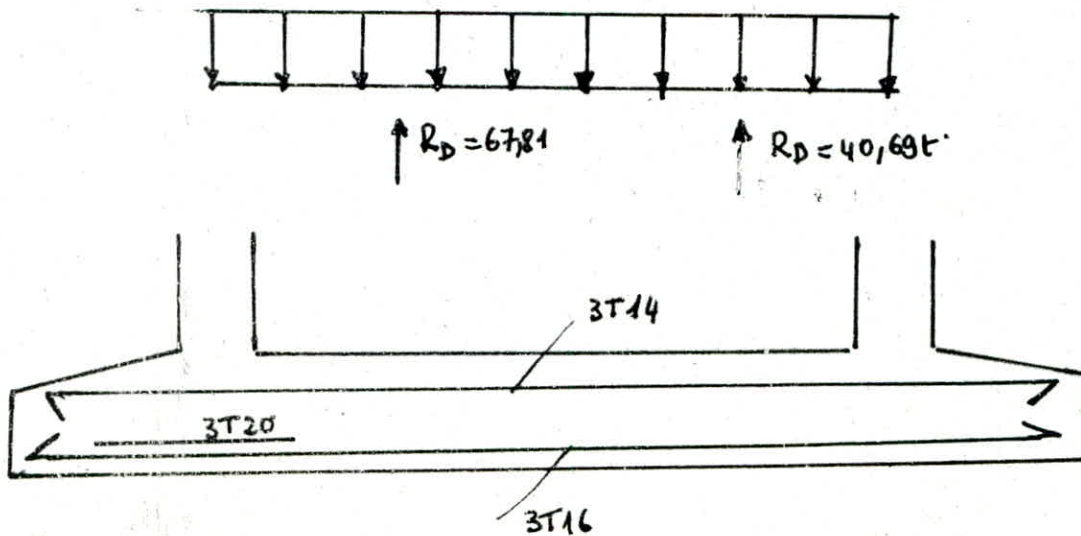
$$\sigma\left(\frac{A}{A}\right) = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} = 2,91.$$

$$N^* = 2,91 \times 170 \times 350 = 173,14 \text{ t.}$$

$$A = \frac{N(B-b)}{8h\sigma_a} = \frac{173 \times 145 \times 10^3 (170-30)}{8 \times 35 \times 4200} = 20,6 \text{ cm}^2 \text{ soit } 10T16 \text{ avec } e=30.$$



On suppose pour simplifier que le diagramme est uniforme.



BLOC B

DESCENTE DE CHARGES

1/ Niveau terrasse.

- Protection gravillons (4cm)	60 kg/m ²
- Etanchéité multi couches	10 kg/m ²
- Forme de pentes (em = 7cm)	90 kg/m ²
- Isolation	05 kg/m ²
- Plancher corps creux (16+4)	265 kg/m ²
- Faux plafond	20 kg/m ²
	total 450 kg/m ²

2/ Niveau bibliothèque

- Revêtement (8cm) - Carrelage + mortier + Sable	150 kg/m ²
- Isolation	05 kg/m ²
- Plancher corps creux (20+5)	325 kg/m ²
- Faux plafond	20 kg/m ²
	total 500 kg/m ²

3/ Niveau salle polyvalente

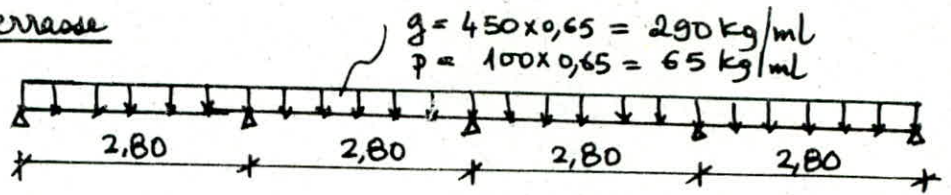
- Revêtement	150 kg/m ²
- Poids des marches ($\frac{0,15 \times 1}{2}$) x 2,5	175 "
- Poids du plancher (e = 16cm)	400 "
- Enduit plâtre	20 "
	total 750 kg/m ²

Surcharge

- Terrasse	100 kg/m ²
- Bibliothèque	500 kg/m ²
- Salle polyvalente	250 kg/m ²

Calcul des planchers

1 - Plancher terrasse



$$q = g + 1,2p = 370 \text{ kg/ml}$$

$$M_0 = \frac{q l^2}{8} = 363 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{appui}} = 0,5 M_0 = 182 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{travée}} = 0,85 M_0 = 308 \text{ kgm}$$

Armature

- Appui
- travée

$$A = 0,52 \text{ cm}^2 \rightarrow 1T10$$

$$A = 0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow 2T10$$

2 - Plancher bibliothèque

$$g = 500 \times 0,65 = 325 \text{ kg/ml}$$

$$p = 500 \times 0,65 = 325 \text{ kg/ml}$$

$$q = g + 1,2p = 715 \text{ kg/ml}$$

$$M_0 = \frac{q l^2}{8} = 700 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{app}} = 350 \text{ kgm} \Rightarrow A = 0,64 \text{ cm}^2 \Rightarrow 1T10$$

$$M_t = 596 \text{ kgm} \Rightarrow A = 1,08 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2T10$$

3 - Plancher salle polyvalente

$$\alpha = 8^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0,99$$

L'influence de la pente est faible

- Calcul des dalles

$$l_x = 3,20 - 0,3 = 2,9 \text{ m}$$

$$l_y = 4,40 - 0,3 = 4,10 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \frac{l_x}{l_y} = 0,707 > 0,4 \Rightarrow \text{La dalle porte sur les 2 sens}$$

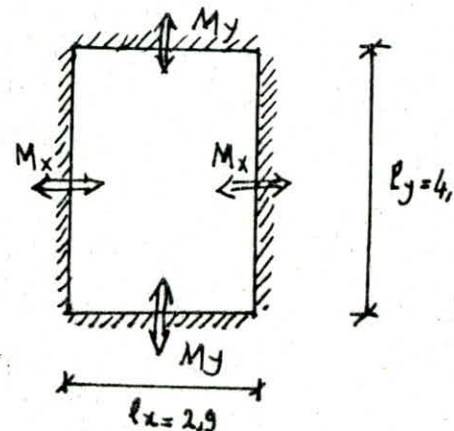
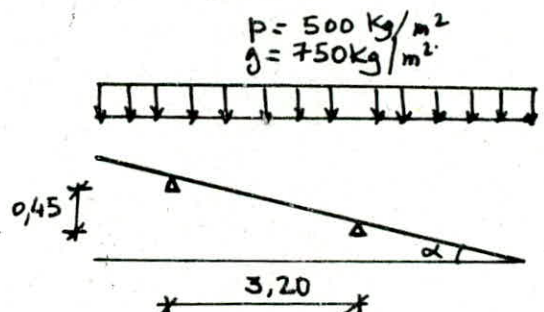
On peut calculer les moments à l'appui et en travée à l'aide des relations suivantes

$$\text{En travée} \begin{cases} M_x = \alpha_x P \\ M_y = \alpha_y P \end{cases}$$

$$\text{A l'appui} \begin{cases} M_x = -\beta_x P \\ M_y = -\beta_y P \end{cases}$$

$\alpha_x, \alpha_y, \beta_x, \beta_y$ sont données en fonction de $\frac{l_x}{l_y}$

$$P = q l_x l_y$$



$$\frac{l_y}{l_x} = 1,41 \Rightarrow \alpha_x = 0,021, \alpha_y = 0,0107, \beta_x = 0,0473, \beta_y = 0,024$$

$$q = g + 1,2p = 750 + 1,2 \times 500 = 1350 \text{ kg/m}^2$$

$$P = q l_x l_y = 1350 \times 2,8 \times 4,10 = 16051,5 \text{ kg}$$

En travée

$$M_x = 337 \text{ kgm}$$

$$M_y = 172 \text{ kgm}$$

A l'appui

$$M_x = -760 \text{ kgm}$$

$$M_y = -385 \text{ kgm}$$

Épaisseur de la dalle $e = 16 \text{ cm}$

$$M_{\text{max}} = -760 \text{ kgm}, b = 100 \text{ cm}, h_t = 16 \text{ cm}$$

$$A_x = 2,32 \text{ cm}^2 \Rightarrow 5 \text{ TB/m}$$

$$M_{\text{t max}} = -337 \text{ kgm}$$

$$A_y = 1,03 \text{ cm}^2 \Rightarrow 5 \text{ TB/m}$$

On adopte un quadrillage
5TB en 2 nappes

CALCUL AU SEISME

1 Estimation des poids des différents niveaux

* Niveau terrasse

- Poids de l'acrotère $0,1 \times 0,6 \times 2,5 [4(3,2 + 3,53) + 2 \times 9,9] = 700t$
- Poids du plancher $[14,2 \times 13,2 - 4 \frac{3,2 \times 2,5}{2}] \times 0,45 \dots = 78,16t$
- Poids des poutres
 - trans $(3 \times 0,7 \times 0,4 \times 14,2 + 2 \times 0,7 \times 0,4 \times 9,90) \times 2,5 \dots = 43,68t$
 - long $4 \times 0,2 \times 0,4 \times 2,5 [3,45 + 2,8] \dots = 5,00t$
- Poids des poteaux $\frac{3,5}{2} \times 0,4 \times 0,8 \times 10 \times 2,5 = 14t$

$$G_1 = 147,84t$$

* Niveau bibliothèque

- Poids des murs extérieurs $4 \times 3,45 \times 0,35 + 4 \times 2,8 \times 0,35 + 8,3 \times 3,5 \times 0,25 = 16t$
- Poids de l'acrotère $2 [9,9 + 3,2] \times 0,1 \times 0,6 \times 2,5 \dots = 3,93t$
- Poids du plancher $173,68 \times 0,5 + 9,9 \times 3,2 \times 0,5 \dots = 102,68t$
- Poids des poutres
 - trans $0,65 \times 0,4 \times 2,5 \times 3 [14,2 + 9,90] \dots = 47,00t$
 - long $0,15 \times 0,4 \times 2,5 [4 \times 3,45 + 6 \times 2,8] \dots = 4,59t$
- Poids des poteaux $[3,75 \times 0,4 \times 0,8 \times 10 + 2 \times 2,1 \times 0,4 \times 0,8] \times 2,5 = 33,36t$

$$G_2 = 207,56t$$

* Niveau salle polyvalente

- Poids des murs ext $[4 (\frac{4,5 + 5,2}{2}) (3,45 + 2,8 - 1,5) \times 0,35 + 0,3 (8,3 \times 5,2 + 4,5 \times 4,5)] = 50,16$
- Poids du plancher $(173,68 + 9,9 \times 3,2) \times 0,75 \dots = 154,92t$
- Poids des poutres

$$[13 \times 2,9 \times 0,25 \times 0,3 + 6 \times 2,8 \times 0,4 \times 0,25 + 4 \times 3,45 \times 0,4 \times 0,25 + 12 \times 3,9 \times 0,3 \times 0,25 + 6 \times 1,75 \times 0,3 \times 0,25] \times 2,5$$

$$G_3 = 275,69t$$

2/ Poids totale de la structure soumis à l'action sismique

$$W = 148 + 208 + 50\% (173,68 \times 0,5) + 275,7 + 50\% (0,25 \times 205)$$

$$= 148 + (208 + 43,42) + (276 + 25,625)$$

$$G = 700t$$

3- Calcul de la force sismique

$$V = A \cdot B \cdot D \cdot Q \cdot W$$

$$\ast A = 0,15 \text{ (zone II)}$$

$$\ast B = 0,25$$

$$T_y = \frac{0,09H}{\sqrt{L_y}} = \frac{0,09 \times 13,75}{\sqrt{16,4}} = 0,306 \text{ sec}$$

$$T_x = \frac{0,09H}{\sqrt{L_x}} = \frac{0,09 \times 13,75}{\sqrt{14,2}} = 0,328 \text{ sec}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_y = 0,306 \text{ sec} \\ T_x = 0,328 \text{ sec} \end{array} \right\} T < 0,5 \text{ sec}$$

$$\ast D = 2$$

$$\ast Q = 1,3$$

$$V = 68,25 \text{ t}$$

4- Distribution de la force sismique sur les differents niveaux

$$F_k = \frac{(V - F_t) W_k h_k}{\sum W_i h_i}$$

$$F_t = 0,07 T V \quad T < 0,7 \text{ sec} \Rightarrow F_t = 0$$

Nis	W_k^t	$h_i(m)$	$W_i h_i$	$\frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i}$	F_k	$V \text{ cum}$
III	147,8	13,75	2032,25	0,37	25,26	25,26
II	251,0	9,43	2366,93	0,432	29,48	54,43
I	301,2	3,6	1084,34	0,198	13,51	68,25

$$\sum W_i h_i = 5483,5$$

5- Calcul des rigidités relatives de niveau pour les differents portiques

$$k_{pot} = \frac{I}{h_e}$$

$$\text{Poteau } 40 \times 80 \Rightarrow \begin{cases} I_y = 170,67 \cdot 10^4 \\ I_x = 42,67 \cdot 10^4 \end{cases}$$

$$\text{Poteau } 30 \times 50 \Rightarrow \begin{cases} I_y = 31,25 \cdot 10^4 \\ I_x = 11,25 \cdot 10^4 \end{cases}$$

$$k_{poutre} = \frac{I}{l_e}$$

$$\text{Poutre } 40 \times 50 \Rightarrow I = 248 \cdot 10^4$$

$$\text{Poutre } 40 \times 40 \Rightarrow I = 21,33 \cdot 10^4$$

$$\text{Poutre } 30 \times 50 \Rightarrow I = 31,25 \cdot 10^4$$

$$\text{Poutre } 30 \times 40 \Rightarrow I = 16,00 \cdot 10^4$$

CALCUL DE RIGIDITES

1) PORTIQUES: A, E

RIGIDITES DE NIVEAU

Niveau: III

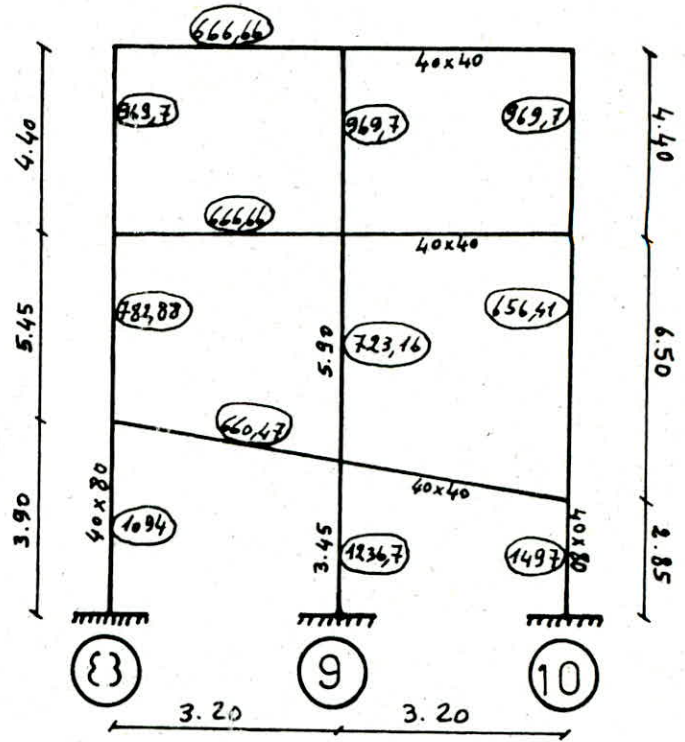
$$R_{jx} = 17674$$

Niveau: II

$$R_{jx} = 8833,77$$

Niveau: I

$$R_{jx} = 59400$$



2) PORTIQUES: B, D

RIGIDITES DE NIVEAU

Niveau: III

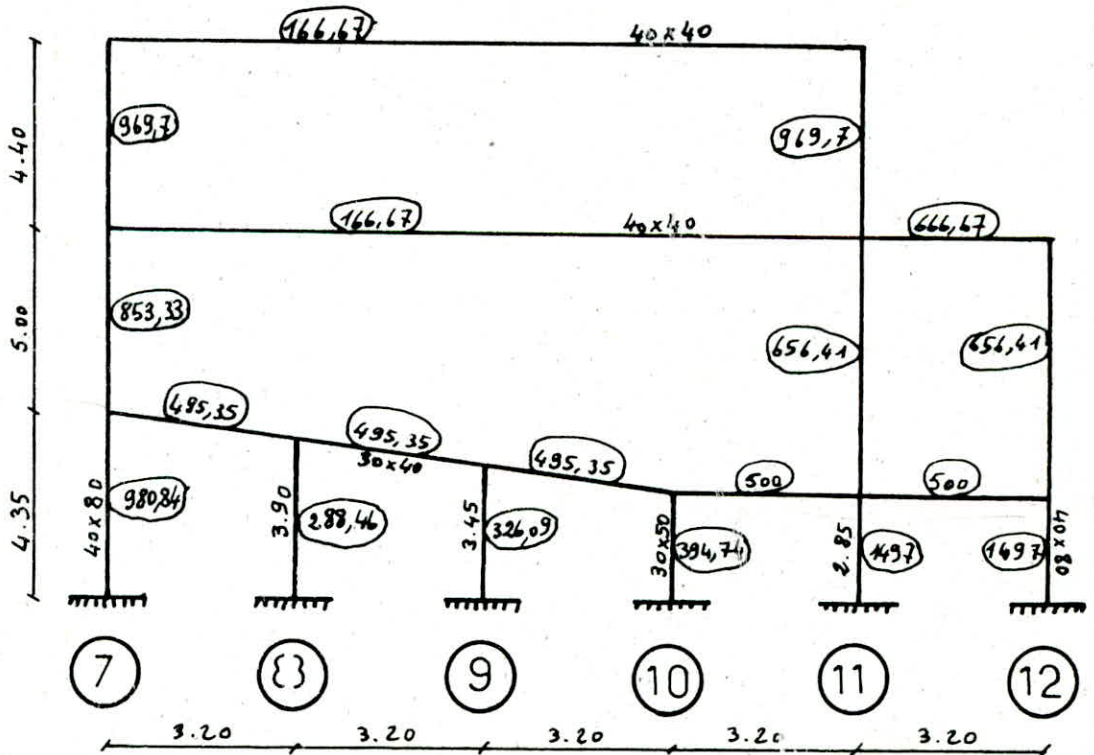
$$R_{jx} = 5464,45$$

Niveau: II

$$R_{jx} = 7268,3$$

Niveau: I

$$R_{jx} = 89489,1$$

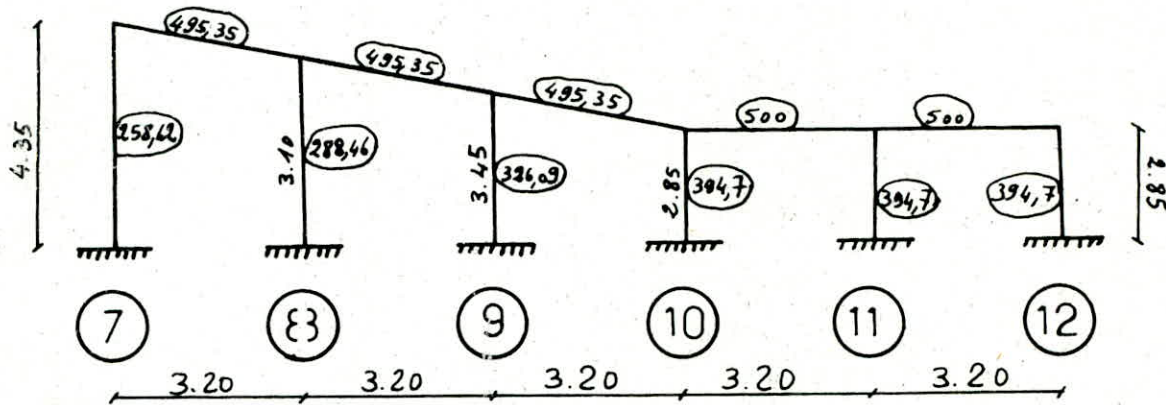


3) PORTIQUE : C

RIGIDITES DE NIVEAU

Niveau : I

$$R_{jx} = 50948$$



4) PORTIQUE : 7

RIGIDITES DE NIVEAU

Niveau : III

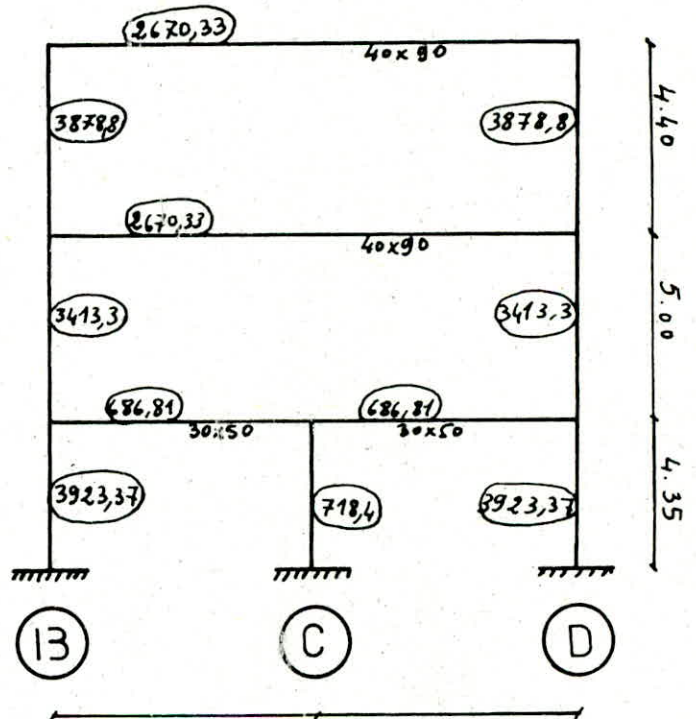
$$R_{jy} = 39408,65$$

Niveau : II

$$R_{jy} = 20709,1$$

Niveau : I

$$R_{jy} = 58410,8$$



3) PORTIQUE : 10
RIGIDITES DE NIVEAU

Niveau: III

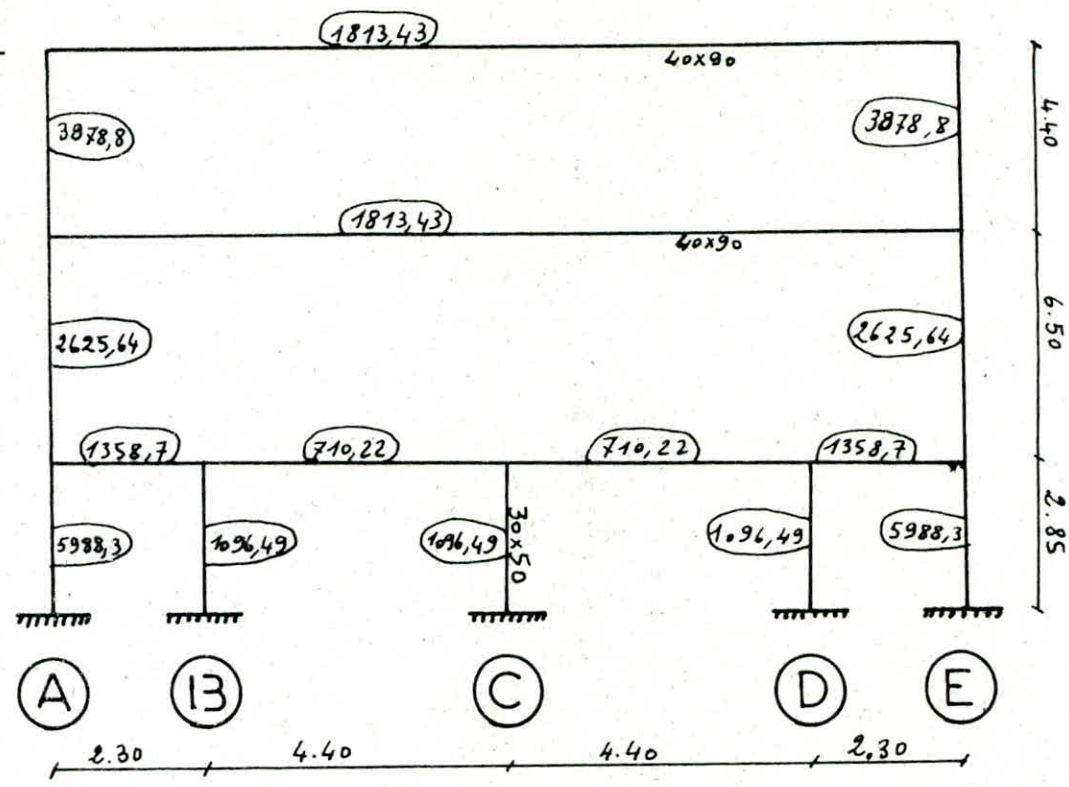
$R_{jy} = 29154,04$

Niveau: II

$R_{jy} = 11072,8$

Niveau: I

$R_{jy} = 290660,5$



3) PORTIQUE : 11
RIGIDITES DE NIVEAU

Niveau: III

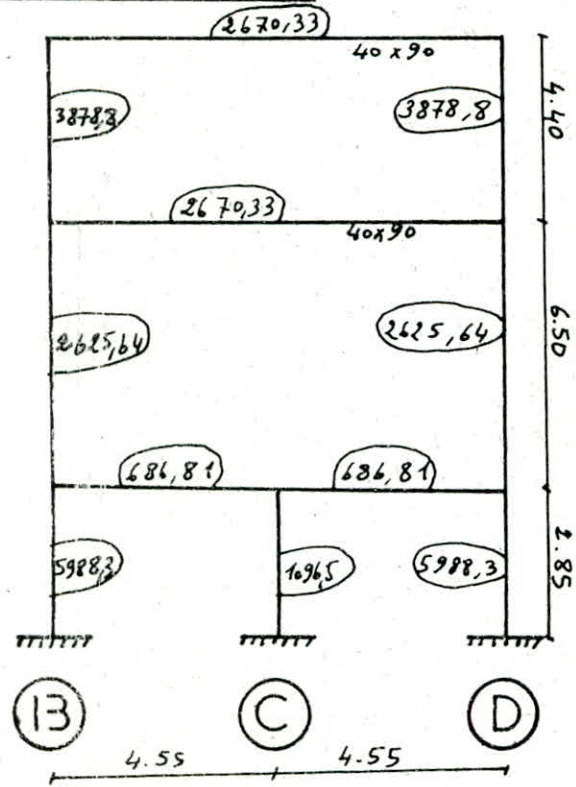
$R_{jy} = 39408,65$

Niveau: II

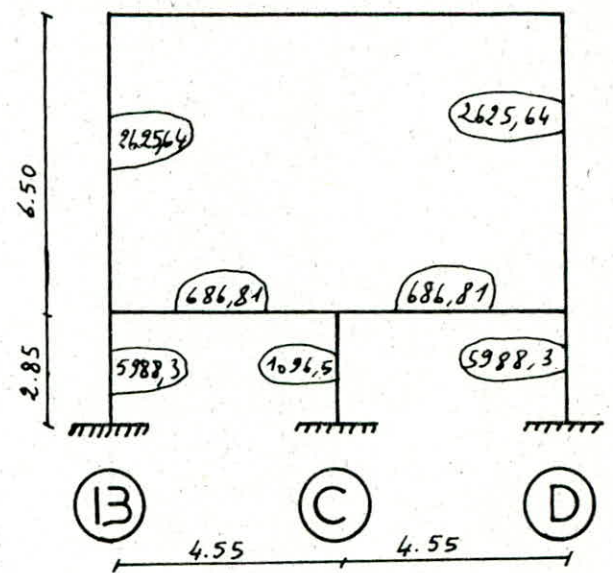
$R_{jy} = 11562$

Niveau: I

$R_{jy} = 192500$



9) PORTIQUE : 12
RIGIDITES DE NIVEAU



Niveau: II $R_{jy} = 11562$

Niveau: I $R_{jy} = 192500$

6. Calcul du centre de masse et de torsion

a) Centre de masse

1/ Niveau III (terrasse)	$x_G = 6,6^m$	$y_G = 7,1^m$
2/ Niveau II (Bibliothèque)	$x_G = 7,73^m$	$y_G = 7,1^m$
3/ Niveau I (Salle)	$x_G = 7,86^m$	$y_G = 7,1^m$

b) Centre de torsion

$$x_c = \frac{\sum R_{jt} \cdot x_t}{\sum R_{jt}} \quad , \quad y_c = \frac{\sum R_{jl} \cdot y_l}{\sum R_{jl}}$$

1/ Niveau (terrasse)	$x_c = 0$	$y_c = 0$
2°/ Niveau (bibliothèque)	$x_c = -0,71^m$	$y_c = 0$
3°/ Niveau (Salle)	$x_c = 1,96^m$	$y_c = 0$

Excentricités de calcul

- Terrasse	$e_y = e_x = 0,05 \times 13,2 = 0,66^m$
- Bibliothèque	$e_y = e_x = 0,05 \times 16,4 = 0,82^m$
- Salle	$\begin{cases} e_y = 0,05 \times 16,4 = 0,82^m \\ e_x = 1,96^m \approx 2^m \end{cases}$

7. Calcul de la rigidité à la torsion

$$R_{j\theta} = \sum R_{jt} (x_t)^2 + \sum R_{jl} (y_l)^2$$

- Terrasse	$R_{3\theta} = 5623787,6$
- Bibliothèque	$R_{2\theta} = 3728015,4$
- Salle	$R_{1\theta} = 30018357$

8. Calcul des efforts tranchants dans les portiques

$$V_{jx} = V_j \left[\frac{R_{jl}}{\sum R_{jl}} + y_G \frac{R_{jt} y_l}{R_{j\theta}} \right]$$

$$V_{jy} = V_j \left[\frac{R_{jt}}{\sum R_{jt}} + x_c \cdot \frac{R_{jt} y_l}{R_{j\theta}} \right]$$

1°/ Portique long A,E

$$V_{3x} = 25,26 [0,382 + 0,0139] = 10t$$

$$V_{2x} = 54,73 [0,2743 + 0,0139] = 15,78t$$

$$V_{1x} = 68,25 [0,1703 + 0,0088] = 12,22t$$

2°/ Portique long B,D

$$V_{3x} = 25,26 [0,118 + 0,0028] = 3,05t$$

$$V_{2x} = 54,73 [0,2257 + 0,007] = 12,73t$$

$$V_{1x} = 68,25 [0,2566 + 0,007] = 18,15t$$

3°/ Portique long C

$$V_{1x} = 68,25 [0,1461 + 0] = 9,97t$$

4°/ Portique transversal 7

$$V_{3y} = 25,26 [0,237 + 0,0296] = 6,73t$$

$$V_{2y} = 54,73 [0,2436 + 0,031] = 15,03t$$

$$V_{1y} = 68,25 [0,05757 + 0,03758] = 6,5t$$

5°/ Portique transversal 8

$$V_{3y} = 25,26 [0,1753 + 0,01095] = 4,7t$$

$$V_{2y} = 54,73 [0,1925 + 0,013] = 11,25t$$

$$V_{1y} = 68,25 [0,11525 + 0,0498] = 11,26t$$

6°/ Portique transversal 9

$$V_{3y} = 25,26 [0,1753 + 0] = 4,42t$$

$$V_{2y} = 54,73 [0,16156 + 0,0013] = 8,89t$$

$$V_{1y} = 68,25 [0,16127 + 0,0355] = 13,43t$$

7°/ Portique transversal 10

$$V_{3y} = 25,26 [0,237 + 0,0296] = 6,73t$$

$$V_{2y} = 54,73 [0,136 + 0,015] = 8,25t$$

$$V_{1y} = 68,25 [0,1897 + 0,04] = 15,7t$$

8°/ Portique transversal 12

$$V_{2y} = 54,73 [0,136 + 0,0233] = 8,7t$$

$$V_{1y} = 68,25 [0,1897 + 0,081] = 18,5t$$

9°/ Portique transversal 10

$$V_{3y} = 25,26 [0,1753 + 0,0109] = 4,7t$$

$$V_{2y} = 54,73 [0,13026 + 0,0067] = 7,48t$$

$$V_{1y} = 68,25 [0,2865 + 0,001] = 19,63t$$

9 / Calcul des déplacementssens longitudinal

$$\Delta_3 = \frac{25,26 \times 10^3}{46276,5} = 0,54 \text{ cm.}$$

$$\Delta_2 = 1,67 \text{ cm.}$$

$$\Delta_1 = 0,20 \text{ cm}$$

$$\Delta_{\text{total}} = 2,41 \text{ cm}$$

sens transversal

$$\Delta_3 = \frac{25,26 \times 10^3}{166279,6} = 0,15$$

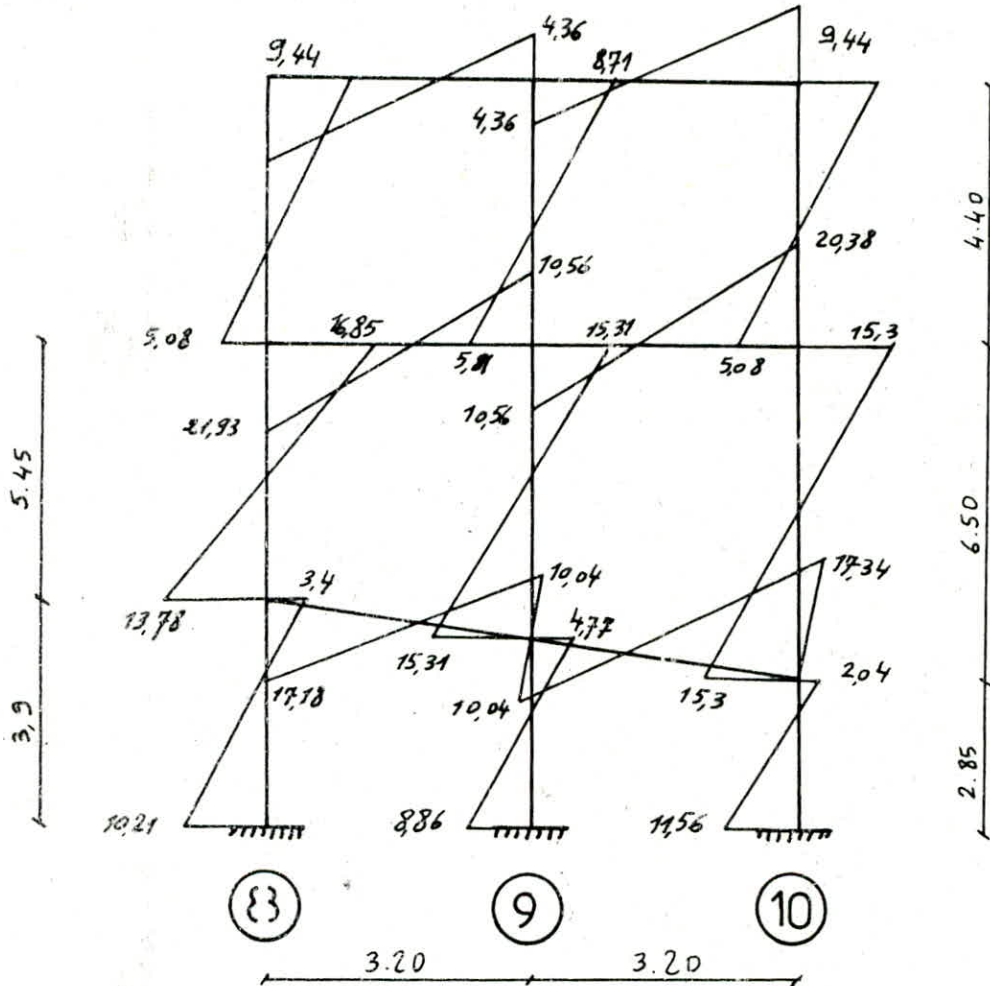
$$\Delta_2 = 0,63$$

$$\Delta_1 = 0,07$$

$$\Delta_{\text{total}} = 0,85 \text{ cm}$$

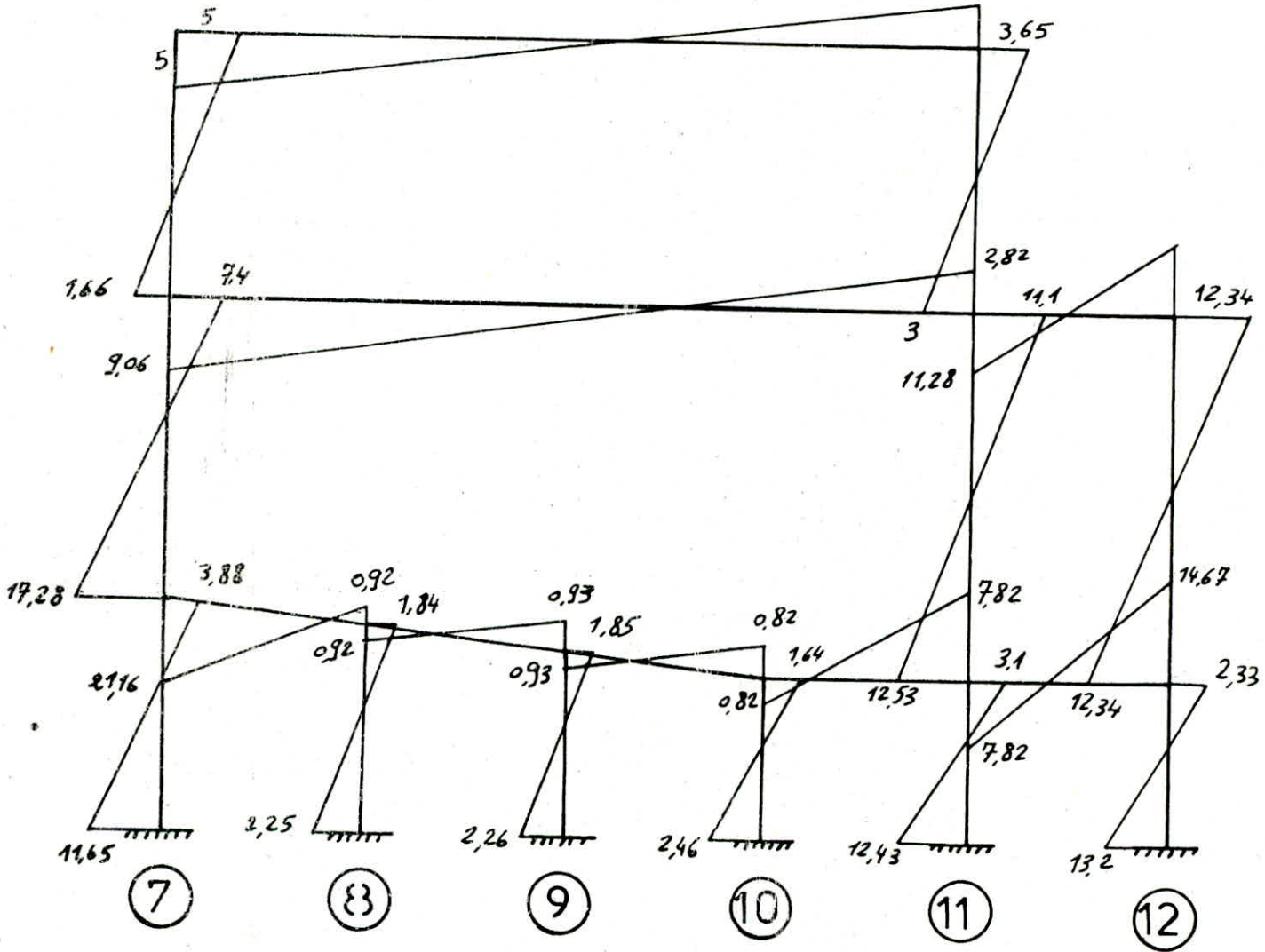
MOMENTS DANS LES PORTIQUES SOUS E'

1) PORTIQUES: A, E (LONG)



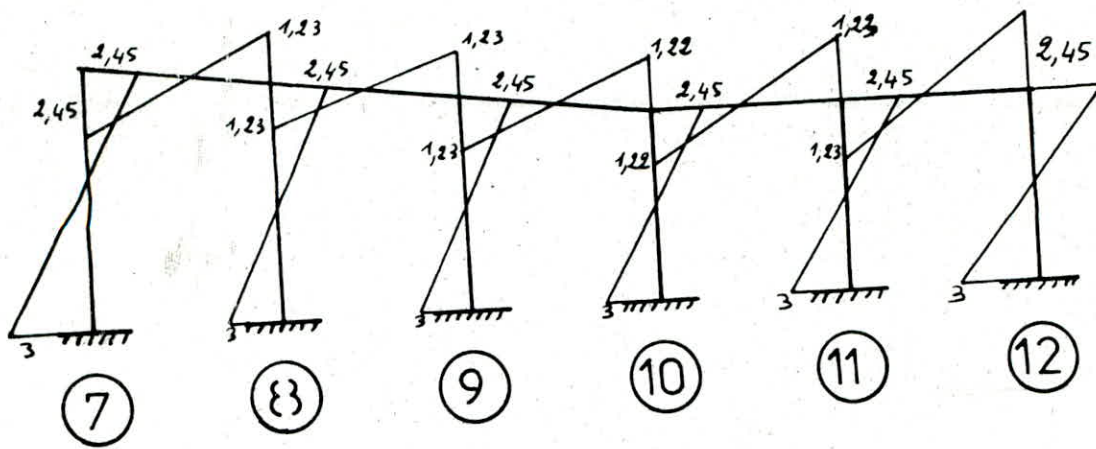
Niv	Nœ	M _w	M _e	M _n	M _s	M _b	T	N	N _{cum}
III	8	///	9,44	///	9,44	2,54	4,31	4,31	4,31
	9	4,36	4,36	///	8,71			0	0
	10	9,44	///	///	9,44	-2,54	+4,31	-4,31	-4,31
II	8	///	21,93	5,08	16,85	5,69	10,15	10,15	14,46
	9	10,56	10,56	5,81	15,31			0,48	-0,48
	10	20,38	///	5,08	15,3	-4,91	+9,67	-9,67	-13,98
I	8	///	17,18	13,78	3,4	3,57	8,5	8,5	22,96
	9	10,04	10,04	15,31	4,77			0,06	-0,42
	10	17,34	///	15,3	2,04	-3,65	+8,56	-8,56	-22,54

2) PORTIQUES LONG: B, D



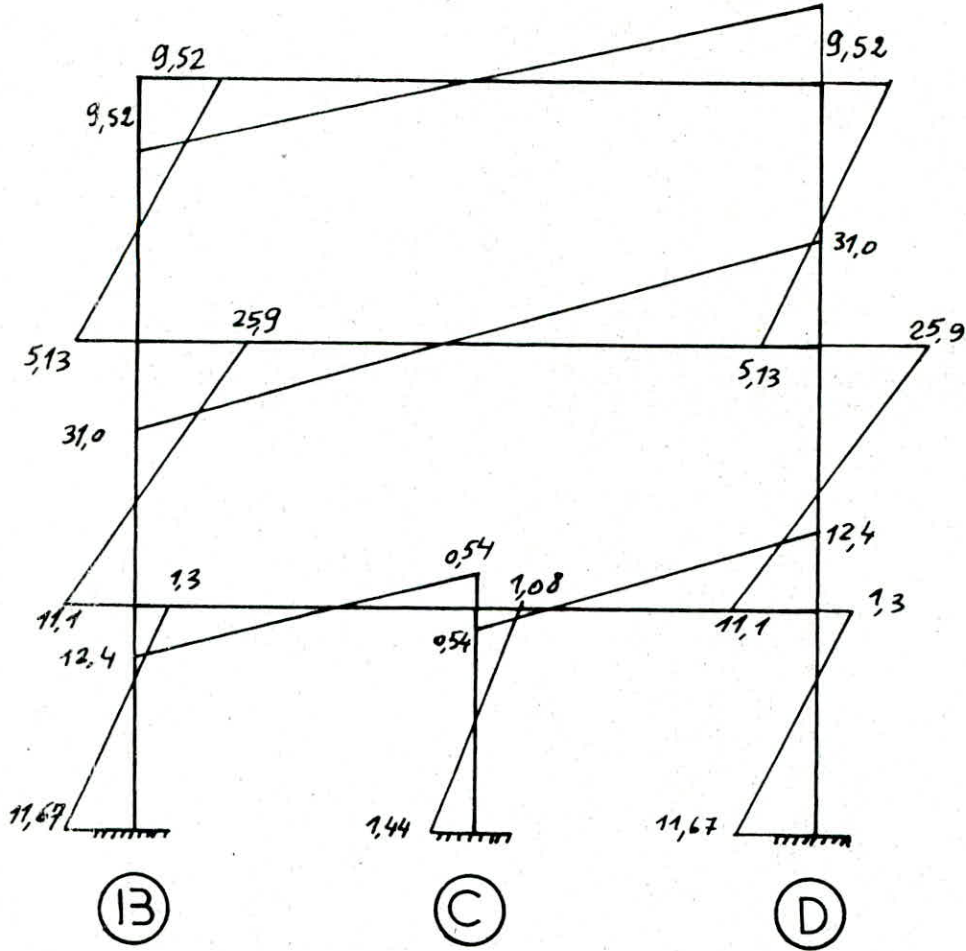
Niv	Noe	Mw	Mc	Mn	M _s	M _t	T	N	Ncum		
III	7	/	5	/	5	0,68	0,68	0,68	0,68		
	11	3,65	/	/	3,65			-0,68	-0,68		
II	7	/	9,06	1,66	7,4	3,12	0,93	0,93	1,61		
	11	3,82	11,28	3	11,1			6,45	5,77		
	12	12,34	/	/	12,34			-9,53	7,38	-7,38	-7,38
I	7	/	21,16	17,28	3,88	10,12	6,9	6,9	8,51		
	8	0,92	0,92	/	1,84			-6,32	-6,32		
	9	0,93	0,93	/	1,85			0	0,58	0,04	0,04
	10	0,82	0,82	/	1,64			0,06	0,54	2,16	2,16
	11	7,82	7,82	12,53	3,1			-3,5	2,7	4,33	10,1
	12	14,67	/	12,34	2,33			-3,43	7,03	-7,03	-14,41

3) PORTIQUE LONG : C



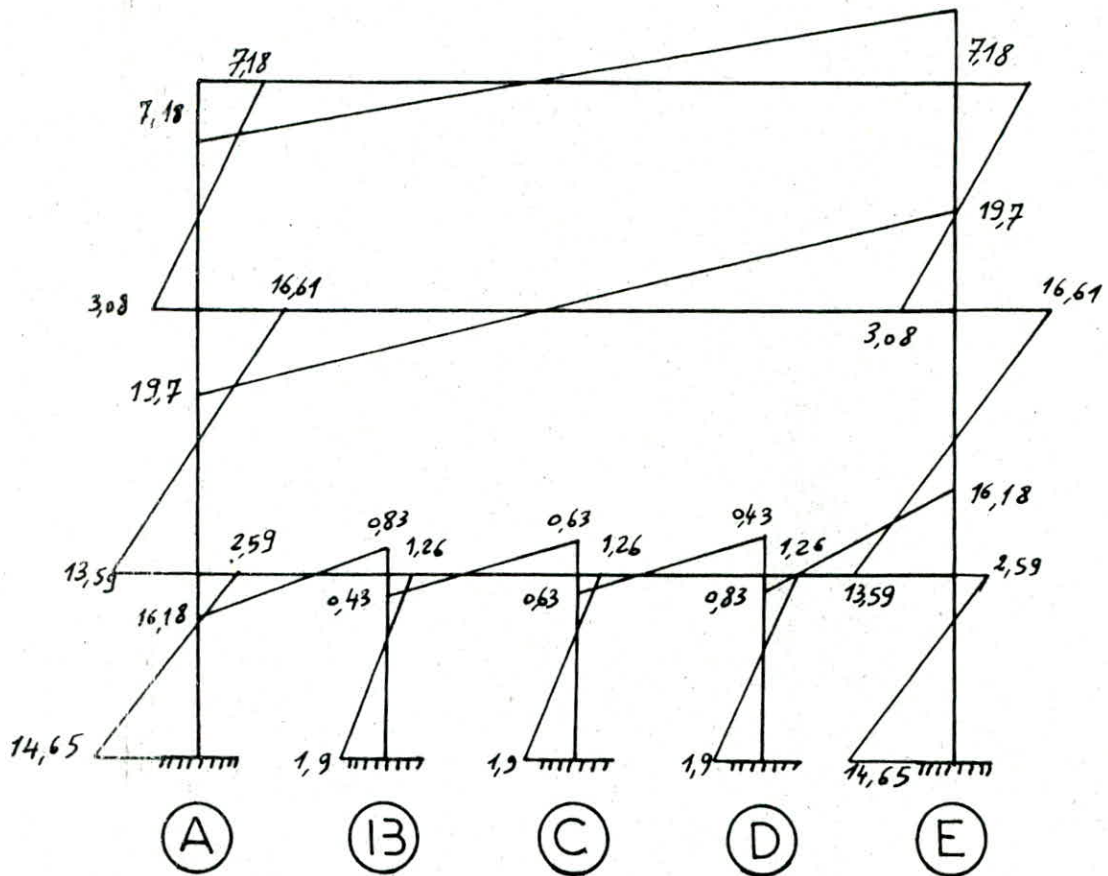
Niv	Noe	Mw	Me	M _g	M _s	Me	T	N	Ncum
I	7	///	2,45	///	2,45	0,61	1,15	1,15	1,15
	8	1,23	1,23	///	2,45	0	0,77	-0,38	-0,38
	9	1,23	1,23	///	2,45	0	0,77	0	0
	10	1,22	1,22	///	2,45	0	0,77	0,38	0,38
	11	1,23	1,23	///	2,45	-0,61	1,15	-1,15	-1,15
	12	2,45	///	///	2,45				

4) PORTIQUE TRANS : 7



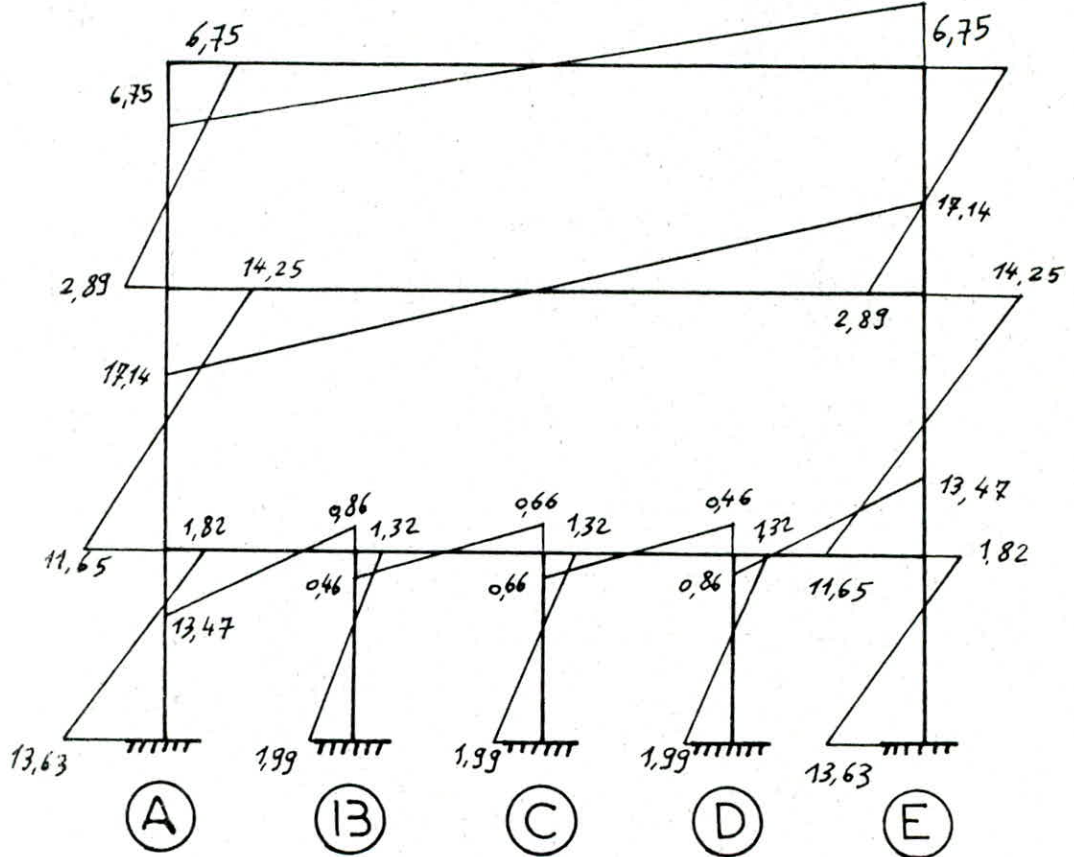
Niv	Nœ	Mw	Me	Mn	Ms	Me	T	N	Ncum
III	B	/	9,52	/	9,52	0	2,07	2,07	2,07
	D	9,52	/	/	9,52			-2,07	-2,07
II	B	/	31,0	5,13	25,9	0	6,81	6,81	8,90
	D	31,0	/	5,13	25,9			-6,81	-8,90
I	B	/	12,4	11,1	1,3	5,93	2,84	2,84	11,74
	C	0,54	0,54	/	1,08			0	0
	D	12,4	/	11,1	1,3			-5,93	2,84

5) PORTIQUE TRANS: {}



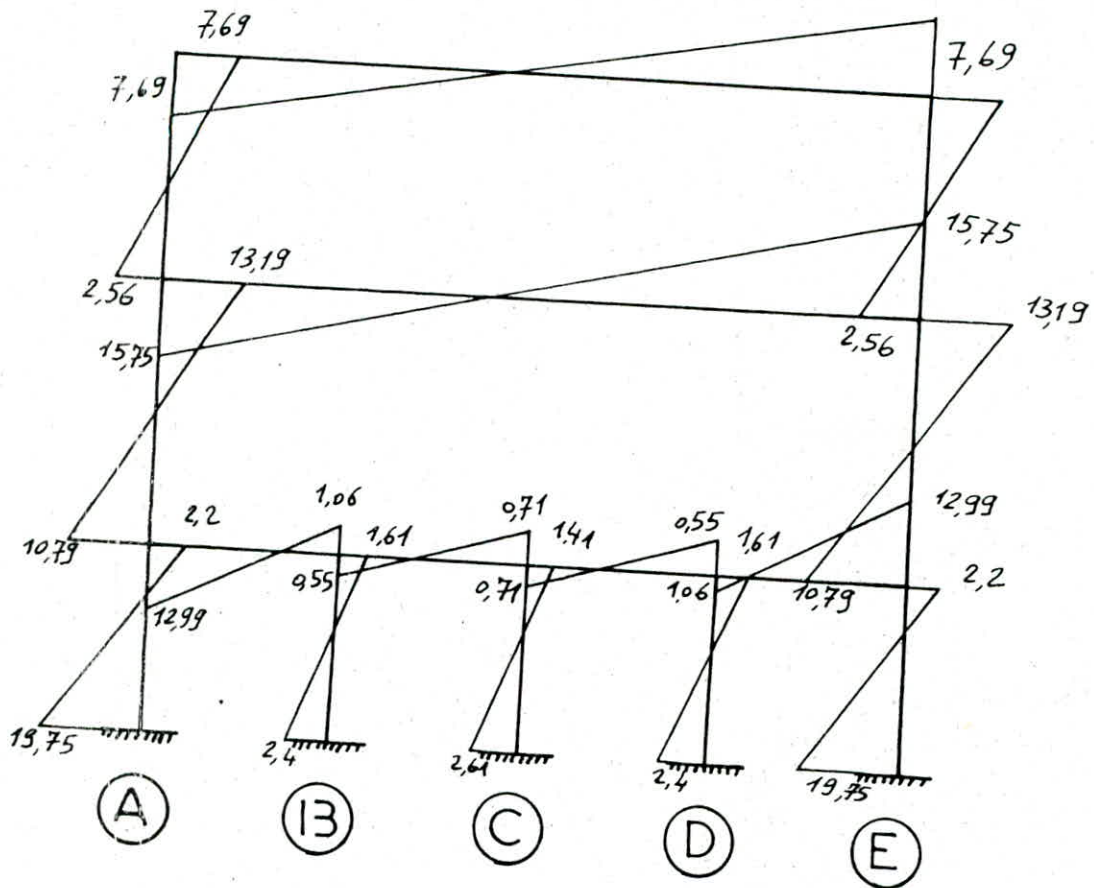
Niv	Nœ	Mw	Me	Mn	Ms	Me	T	N	Ncum
III	A	/	7,18	/	7,18	0	0,93	0,93	0,93
	E	7,18	/	/	7,18			-0,93	-0,93
II	A	/	19,7	3,08	16,61	0	2,94	2,94	3,87
	E	19,7	/	3,08	16,61			-2,94	-3,87
I	A	/	16,18	13,59	2,59	7,68	7,4	7,4	11,27
	B	0,83	0,43	/	1,26	-0,1	0,24	-7,16	-7,16
	C	0,63	0,63	/	1,26	0,1	0,24	0	0
	D	0,43	0,83	/	1,26	0,1	0,24	7,16	7,16
	E	16,18	/	13,59	2,59	-7,68	7,4	-7,4	-11,27

6) PORTIQUE TRANS : 9



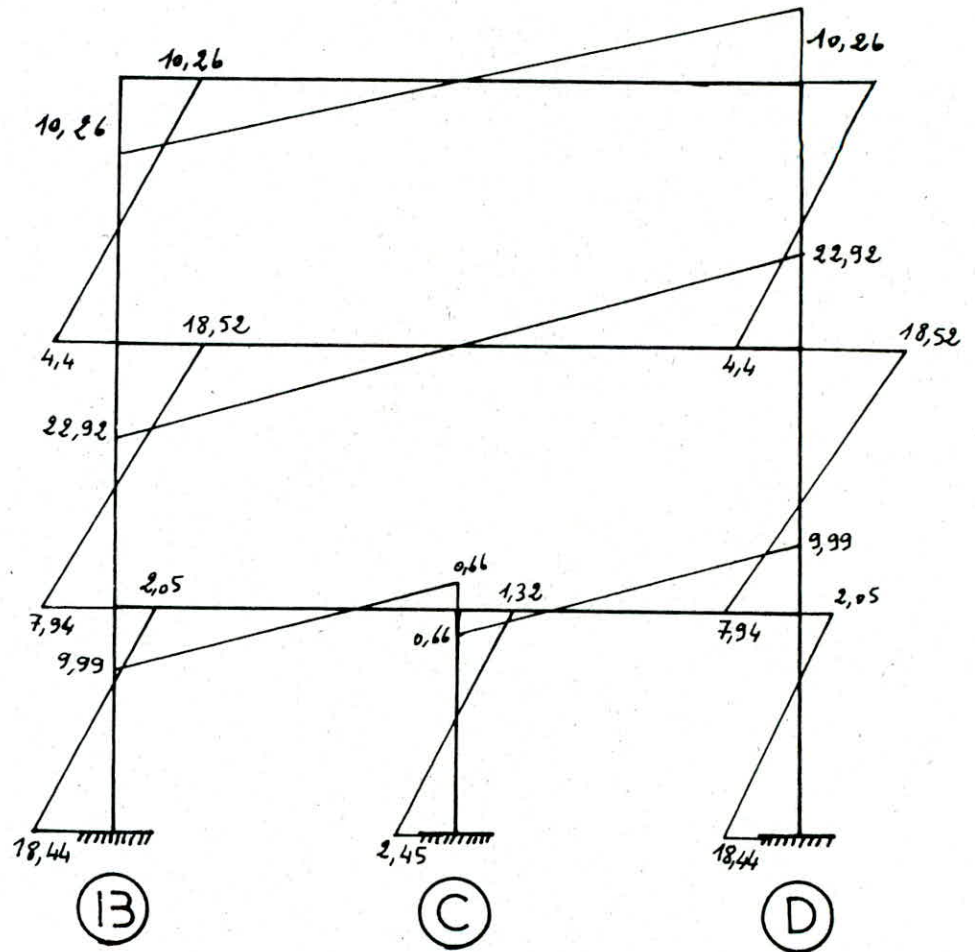
Niv	Nœ	Mw	Me	Mn	Ms	Mc	T	N	Ncum
III	A	/	6,75	/	6,75	0	0,99	0,99	0,99
	E	6,75	/	/	6,75			-0,99	-0,99
II	A	/	17,14	2,89	14,25	0	2,56	2,56	3,55
	E	17,14	/	2,89	14,25			-2,56	-3,55
I	A	/	13,47	11,65	1,82	6,31	6,23	6,23	9,78
	B	0,86	0,46	/	1,32	-0,1	0,25	-5,98	-5,98
	C	0,66	0,66	/	1,32	0,1	0,25	0	0
	D	0,46	0,86	/	1,32			5,98	5,98
	E	13,47	/	11,65	1,82	-6,31	6,23	-6,23	-9,78

7) PORTIQUE TRANS: 10



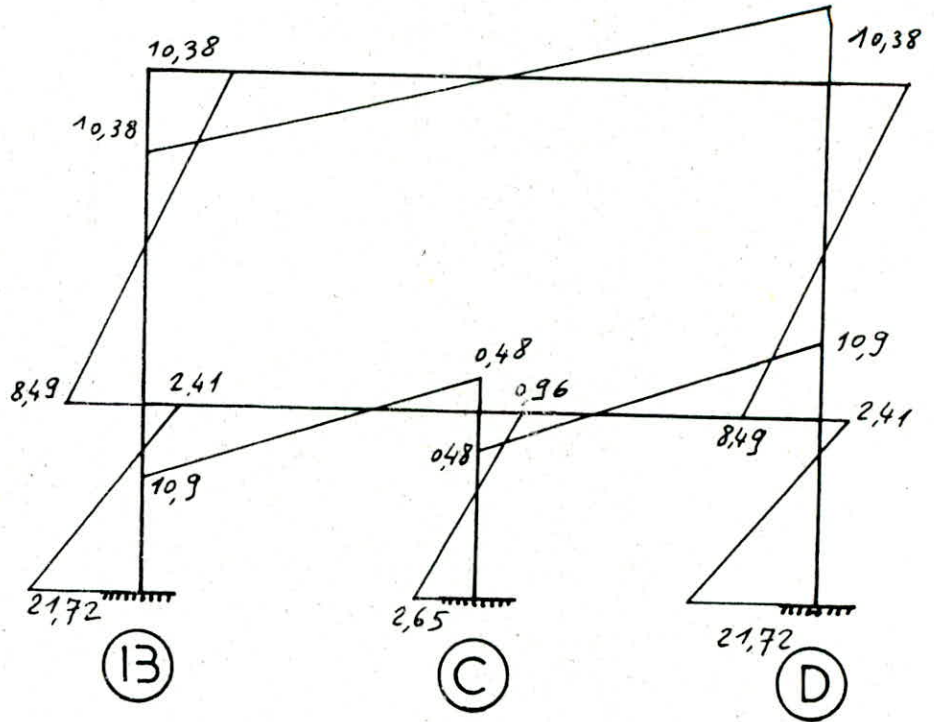
Niv	Nœ	Mw	Me	Mu	Ms	Me	T	N	Ncum
III	A	/	7,69	/	7,69	0	1,15	1,15	1,15
	E	7,69	/	/	7,69			-1,15	-1,15
II	A	/	15,75	2,56	13,19	0	2,35	2,35	3,5
	E	15,75	/	2,56	13,19			-2,35	-3,5
I	A	/	12,99	10,79	2,2	5,97	6,11	6,11	9,61
	B	1,06	0,55	/	1,61	-0,08	0,29	-5,82	-5,82
	C	0,71	0,71	/	1,41	0,08	0,29	0	0
	D	0,55	1,06	/	1,61	-5,97	6,11	5,82	5,82
	E	12,99	/	10,79	2,2	-6,11	-9,61		

8) PORTIQUE TRANS : 11



Niv	Noe	Mw	Me	Mn	Ms	Mt	T	N	Ncum
III	B	/	10,26	/	10,26	0	2,25	2,25	2,25
	D	10,26	/	/	10,26			-2,25	-2,25
II	B	/	22,92	4,4	18,52	0	5,04	5,04	7,29
	D	22,92	/	4,4	18,52			-5,04	-7,29
I	B	/	10	7,94	2,05	4,67	2,34	2,34	9,63
	C	0,66	0,66	/	1,32			0	0
	D	10	/	7,9	2,05	-4,67		-2,34	-9,63

9) PORTIQUE TRANS : 12



Niv	Nœd	M _w	M _e	M _n	M _s	M _b	T	N	N _{cum}
II	B	/	10,38	/	10,38	0	2,28	2,28	2,28
	D	10,38	/	/	10,38			-2,28	-2,28
I	B	/	10,9	8,49	2,41	5,21	2,5	2,5	4,78
	C	0,48	0,48	/	0,96			0	0
	D	10,9	/	8,49	2,41			-5,21	2,5

Calcul des portiques sous les charges verticales.

1/ Charge et surcharges revenant à chaque portique

a/ Portique trans. 7

- Niv Terrasse : $g = 1,2 \text{ t/ml}$, $P = 0,08 \text{ t/ml}$
- Niv bibliothèque : $g = 1,05 \text{ t/ml}$, $P = 0,4 \text{ t/ml}$
- Niv Salle : $g = 2,22 \text{ t/ml}$, $P = 0,5 \text{ t/ml}$

b/ Portique trans 8, 9, 10

- Niv terrasse : $g = 1,58 \text{ t/ml}$, $P = 0,2 \text{ t/ml}$
- Niv bibliothèque : $g = 1,65 \text{ t/ml}$, $P = 1 \text{ t/ml}$
- Niv. Salle : $g = 1,78 \text{ t/ml}$, $p = 1,02 \text{ t/ml}$

c/ Portique trans 11

- Niv terrasse : $g = 1,2 \text{ t/ml}$, $P = 0,1 \text{ t/ml}$
- Niv bibliothèque : $g = 2,85 \text{ t/ml}$, $P = 0,5 \text{ t/ml}$
- Niv Salle : $g = 1,8 \text{ t/ml}$, $P = 1 \text{ t/ml}$

d/ Portique trans 12

- Niv terrasse : $g = 1,2 \text{ t/ml}$, $P = 0,1 \text{ t/ml}$
- Niv Salle : $g = 2,22 \text{ t/ml}$, $P = 0,51 \text{ t/ml}$

EFFORTS . DANS . LES . PORTIQUES1) PORTIQUE . TRANS : 7

Niv	Noe	$\frac{P}{P}$	Mw	Me	Mh	Ms	Me	$T_{x=0}$	$T_{x=l}$	N	Ncum
III	B	1,2	/	3,78	/	3,78	/	/	/	4,98	4,98
		0,1	/	0,32	/	0,32	4,67	4,98	-4,98	0,42	0,42
	D	1,2	3,78	/	/	3,78	0,39	0,42	-0,42	4,98	4,98
		0,1	0,32	/	/	0,32	/	/	/	0,42	0,42
II	B	1,05	/	3,73	1,86	1,86	/	/	/	4,36	9,34
		0,4	/	1,42	0,71	0,71	5,31	4,36	-4,36	1,66	2,08
	D	1,05	3,73	/	1,86	1,86	2,02	1,66	-1,66	4,36	9,34
		0,4	1,42	/	0,71	0,71	/	/	/	1,66	2,08
I	B	2,22	/	2,33	1,13	1,2	/	/	/	4,39	13,73
		0,51	/	0,54	0,26	0,28	2,11	4,39	-4,49	1,02	3,1
	C	2,22	2,54	2,54	/	0	0,48	1,02	-1,02	8,98	8,98
		0,51	0,59	0,59	/	0	2,11	-4,49	4,39	2,04	2,04
	D	2,22	2,33	/	1,13	1,2	0,48	-1,02	1,02	4,39	13,73
		0,51	0,54	/	0,26	0,28	/	/	/	1,02	3,1

2) PORTIQUE . TRANS : 8

Niv	Noe	$\frac{P}{P}$	Mw	Me	Mh	Ms	Me	$T_{x=0}$	$T_{x=l}$	N	Ncum
III	A	1,58	/	15,67	/	15,67	/	/	/	9,95	9,95
		0,2	/	1,98	/	1,98	15,68	9,95	-9,95	1,26	1,26
	E	1,58	15,67	/	/	15,67	2,0	1,26	-1,26	9,95	9,95
		0,2	1,98	/	/	1,98	/	/	/	1,26	1,26
II	A	1,65	/	17,57	8,25	9,32	/	/	/	10,4	20,35
		1,00	/	10,65	5,00	5,65	15,18	10,4	-10,4	6,3	7,56
	E	1,65	17,57	/	8,25	9,32	9,2	6,3	-6,3	10,4	20,35
		1,00	10,65	/	5,00	5,65	/	/	/	6,3	7,56
I	A	1,8	/	0,3	0,13	0,17	/	/	/	0,91	21,26
		1,0	/	0,17	0,07	0,1	-0,17	0,91	-2,07	0,51	8,07
	B	1,8	1,26	1,7	/	0,43	-0,1	0,51	-1,15	5,67	5,67
		1,0	0,7	0,94	/	0,24	1,54	-3,6	3,42	3,05	3,05
	C	1,8	2,06	2,06	/	0	0,85	-1,9	2,00	6,84	6,84
		1,0	1,15	1,15	/	0	1,54	3,42	-3,6	4,00	4,00
	D	1,8	1,7	1,26	/	0,43	0,85	2,00	-1,9	5,67	5,67
		1,0	0,94	0,7	/	0,24	-0,17	-2,07	0,91	3,05	3,05
	E	1,8	0,3	/	0,13	0,17	-0,1	-1,15	0,51	0,91	21,26
		1,0	0,17	/	0,07	0,1	/	/	/	0,51	8,07

3) PORTIQUE TRANS : 9

Niv	Noe	$\frac{e}{p}$	Mw	Me	Mn	Ms	Me	Tx=0	Tx=l	N	Ncum
III	A	1,58	/	15,67	/	15,67	/	/	/	9,95	9,95
		0,2	/	1,98	/	1,98	15,68	9,95	-9,95	1,26	1,26
	E	1,58	15,67	/	/	15,67	2,00	1,26	-1,26	9,95	9,95
		0,2	1,98	/	/	1,98	/	/	/	1,26	1,26
II	A	1,65	/	17,49	9,69	7,8	/	/	/	10,4	20,35
		1,00	/	10,6	5,87	4,73	15,25	10,4	-10,4	6,3	7,56
	E	1,65	17,49	/	9,69	7,8	9,25	6,3	-6,3	10,4	20,35
		1,00	10,6	/	5,87	4,73	/	/	/	6,3	7,56
I	A	1,8	/	0,3	0,11	0,2	/	/	/	0,91	21,26
		1,0	/	0,17	0,06	0,11	-0,17	0,91	-2,07	0,51	8,07
	B	1,8	1,22	1,69	/	0,43	-0,1	0,51	-1,15	5,67	5,67
		1,0	0,68	0,94	/	0,24	1,54	-3,6	3,42	3,05	3,05
	C	1,8	2,06	2,06	/	0	0,84	-1,9	2,0	6,84	6,84
		1,0	1,15	1,15	/	0	1,54	3,42	-3,6	4,00	4,00
	D	1,8	1,69	1,22	/	0,43	0,85	2,0	-1,9	5,67	5,67
		1,0	0,94	0,68	/	0,24	-0,17	-2,07	0,91	3,05	3,05
	E	1,8	0,3	/	0,11	0,2	-0,1	-1,15	0,51	0,91	21,26
		1,0	0,17	/	0,06	0,11	/	/	/	0,51	8,07

4) PORTIQUE TRANS : 10

Niv	Noe	$\frac{e}{p}$	Mw	Me	Mn	Ms	Me	Tx=0	Tx=l	N	Ncum
III	A	1,58	/	15,67	/	15,67	/	/	/	9,95	9,95
		0,2	/	1,98	/	1,98	15,68	9,95	-9,95	1,26	1,26
	E	1,58	15,67	/	/	15,67	2,0	1,26	-1,26	9,95	9,95
		0,2	1,98	/	/	1,98	/	/	/	1,26	1,26
II	A	1,65	/	17,39	10,11	7,28	/	/	/	10,4	20,35
		1,00	/	10,54	6,13	4,41	15,35	10,4	-10,4	6,3	7,56
	E	1,65	17,39	/	10,11	7,28	9,3	6,3	-6,3	10,4	20,35
		1,00	10,54	/	6,13	4,41	/	/	/	6,3	7,56
I	A	1,8	/	0,31	0,22	0,09	/	/	/	0,91	21,26
		1,0	/	0,17	0,12	0,05	-0,17	0,91	-2,07	0,51	8,07
	B	1,8	1,28	1,94	/	0,67	-0,10	0,51	-1,15	5,67	5,67
		1,0	0,71	1,08	/	0,37	1,54	-3,6	3,42	3,05	3,05
	C	1,8	2,06	2,06	/	0	0,84	-1,9	2,00	6,84	6,84
		1,0	1,15	1,15	/	0	1,54	3,42	-3,6	4,00	4,00
	D	1,8	1,94	1,28	/	0,67	0,85	2,00	-1,9	5,67	5,67
		1,0	1,08	0,71	/	0,37	-0,17	-2,07	0,91	3,05	3,05
	E	1,8	0,31	/	0,22	0,09	-0,10	-1,15	0,51	0,91	21,26
		1,0	0,17	/	0,12	0,05	/	/	/	0,51	8,07

5) PORTIQUE . TRANS : 11

Niv	Nœ	$\frac{q}{p}$	M_w	M_e	M_n	M_s	M_t	$T_{x=0}$	$T_{x=l}$	N	N_{cum}
III	B	1,2	/	3,78	/	3,78	/	/	/	4,98	4,98
		0,1	/	0,32	/	0,32	4,67	4,98	-4,98	0,42	0,42
	D	1,2	3,78	/	/	3,78	0,39	0,42	-0,42	4,98	4,98
		0,1	0,32	/	/	0,32	/	/	/	0,42	0,42
II	B	2,85	/	9,86	5,73	4,13	/	/	/	11,83	16,81
		0,51	/	1,73	1,0	0,73	10,18	11,83	-11,83	2,12	2,54
	D	2,85	9,86	/	5,73	4,13	1,86	2,12	-2,12	11,83	16,81
		0,51	1,73	/	1,0	0,73	/	/	/	2,12	2,54
I	B	1,8	/	1,91	0,56	1,35	/	/	/	3,48	20,65
		1,0	/	1,06	0,31	0,75	1,44	3,48	-3,54	1,93	4,47
	C	1,8	2,06	2,06	/	0	0,8	1,93	-1,93	7,08	7,08
		1,0	1,15	1,15	/	0	1,44	-3,54	3,48	3,91	3,91
	D	1,8	1,91	/	0,56	1,35	0,8	-1,93	1,93	3,48	20,65
		1,0	1,06	/	0,31	0,75	/	/	/	1,93	4,47

6) PORTIQUE . TRANS : 12

Niv	Nœ	$\frac{q}{p}$	M_w	M_e	M_n	M_s	M_t	$T_{x=0}$	$T_{x=l}$	N	N_{cum}
II	B	1,2	/	3,3	/	3,3	/	/	/	4,98	4,98
		0,1	/	0,28	/	0,28	4,64	4,98	-4,98	0,42	0,42
	D	1,2	3,3	/	/	3,3	0,39	0,42	-0,42	4,98	4,98
		0,1	0,28	/	/	0,28	/	/	/	0,42	0,42
I	B	2,22	/	2,35	0,67	1,67	/	/	/	4,28	9,26
		0,51	/	0,54	0,15	0,37	1,77	4,28	-4,38	1,00	1,42
	C	2,22	2,54	2,54	/	0	0,5	1	-1	8,76	8,76
		0,51	0,58	0,58	/	0	1,77	-4,38	4,28	2,00	2,00
	D	2,22	2,35	/	0,67	1,67	0,5	-1	1	4,28	9,26
		0,51	0,54	/	0,15	0,37	/	/	/	1,00	1,42

COMBINAISONS DES EFFORTS

1) PORTIQUES TRANS : 7

a) Moments dans les poutres :

Combinaison		G + 1,2 P			G + P + E			G + P - E			0,8 G + E			0,8 G - E		
Niv	Travée	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
III	BD	4,16	4,16	5,14	5,42	-13,22	5,06	-13,62	5,42	5,06	6,5	-12,54	3,74	-12,54	6,5	3,74
II	BD	5,43	5,43	7,72	25,85	-34,15	7,33	-34,15	25,85	7,33	28,02	-34,0	4,25	-34,0	28,02	4,25
I	BC	2,98	3,25	2,69	2,53	-3,67	8,52	-15,27	-2,59	-3,34	10,54	-2,57	7,62	-14,26	-1,49	-4,24
	CD	3,25	2,98	2,69	-2,59	-15,27	-3,34	-3,67	2,53	8,52	-1,49	-14,26	-4,24	-2,57	10,54	7,62

b) Efforts tranchants dans les poutres :

Combinaison		G + 1,2 P		G + P + E		G + P - E	
Niv	Travée	Tw	Tc	Tw	Tc	Tw	Tc
III	BD	5,48	-5,48	7,49	-3,31	3,31	-7,49
II	BD	6,35	-6,35	12,83	0,79	-0,79	-12,83
I	BC	5,61	-5,71	8,25	2,67	-2,57	8,35
	CD	5,71	-5,61	-2,57	8,35	8,25	2,67

c) Moments, efforts normaux, dans les poteaux :

Combinaison		G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G - E		
Niv	Pot	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc
III	B	4,16	2,71	5,48	7,96	3,59	7,91	15,52	8,73	2,89	6,5	3,64	6,07	12,54	6,62	1,89
	D	4,16	2,71	5,48	15,52	8,73	2,89	7,96	3,59	7,91	12,54	6,62	1,89	6,5	3,64	6,07
II	B	2,71	1,44	11,84	28,51	11,93	22,19	33,65	14,71	0,74	24,41	10,2	16,37	27,39	12,0	-1,43
	D	2,71	1,44	11,84	33,65	14,71	0,74	28,51	11,93	22,19	27,39	12,0	-1,43	24,41	10,2	16,37
I	B	1,54	1,54	17,45	0,08	12,52	30,92	3,04	15,48	2,74	0,34	19,71	22,72	2,26	12,63	-0,76
	C	0	0	11,45	1,08	1,44	11,02	1,08	1,44	11,02	1,08	1,44	7,18	1,08	1,44	7,18
	D	1,54	1,54	17,45	3,04	15,48	2,74	0,08	12,52	30,92	2,26	12,63	-0,76	0,34	19,71	22,72

2 PORTIOUE TRANS:8

a) Moments dans les poutres

Combinaison		G + 1,2 P			G + P + E			G + P - E			0,8G + E			0,8G - E		
Niv	Travée	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
III	AE	18,05	18,05	18,08	-10,47	-24,83	17,68	-24,83	-10,47	17,68	-5,36	-19,72	12,54	-19,72	-5,36	12,54
II	AE	30,35	30,35	26,22	-8,52	-47,92	24,38	47,92	-8,52	24,38	5,64	-33,76	12,14	-33,76	5,64	12,14
I	AB	0,5	2,1	-0,29	15,71	-2,79	7,41	-16,65	-1,13	-7,95	15,94	-1,84	3,54	-16,42	0,18	-7,8
	BC	2,84	3,44	2,56	-2,21	-3,84	2,29	-3,07	-2,58	2,39	-0,93	-2,28	1,13	-1,79	-1,02	1,3
	CD	3,44	2,84	2,56	-2,58	-3,07	2,39	-2,21	-3,84	2,29	-1,02	1,79	1,33	-2,28	-0,93	1,13
	DE	2,1	0,5	-0,29	-1,13	-16,65	-7,95	-2,79	15,71	7,41	0,18	-16,42	-7,82	-1,84	15,94	7,54

b) Effort tranchant dans les poutres

Combinaison		G + 1,2 P		G + P + E		G + P - E	
Niv	Travée	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
III	AE	11,46	-11,46	12,14	10,28	10,28	12,14
II	AE	17,96	-17,96	19,64	13,76	13,76	19,64
I	AB	1,52	3,45	8,82	4,18	5,98	10,62
	BC	5,88	5,82	5,26	5,66	5,74	5,18
	CD	5,82	5,88	5,66	5,26	5,18	5,74
	DE	3,45	1,52	4,18	10,62	8,82	5,98

c) Moment et efforts normaux dans les poteaux.

Combinaison		G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8G + E			0,8G - E		
Niv	Pot	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc
III	A	18,05	16,25	11,46	9,03	9,55	12,33	26,27	16,95	10,09	5,36	3,52	8,89	19,72	9,68	7,03
	E	18,05	16,25	11,46	26,27	16,95	10,09	9,03	9,55	12,33	19,72	9,68	7,03	5,36	3,52	8,89
II	A	16,1	0,21	29,42	4,96	16,11	32,55	34,9	16,51	23,27	9,15	13,49	20,15	24,07	13,69	12,4
	E	16,1	0,21	29,42	34,9	16,51	23,27	4,96	16,11	32,55	24,07	13,69	12,41	9,15	13,59	20,15
I	A	0,29	0,29	30,94	2,84	17,31	42,85	3,38	17,85	15,81	2,45	14,51	28,28	2,73	14,79	5,74
	B	0,72	0,72	9,33	0,84	1,61	0,13	2,18	2,95	17,31	0,92	1,56	-2,62	1,6	2,24	11,7
	C	0	0	11,64	1,51	2,28	10,84	1,51	2,28	10,84	1,26	1,9	5,47	1,26	1,9	5,47
	D	0,72	0,72	9,33	2,18	2,95	17,31	0,84	1,61	0,13	1,6	2,24	11,7	0,92	1,56	-2,62
	E	0,29	0,29	30,94	3,38	17,85	15,81	2,84	12,31	42,85	2,73	14,79	5,74	2,45	14,51	28,2

3 PORTIQUE TRANS 9

a) Moment dans les poutres

Combinaison		G + 1,2P			G + P + E			G + P - E			0,8G + E			0,8G - E		
Niveau	Travé	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
III	AE	18,05	18,05	18,08	10,9	24,4	17,68	24,4	10,9	17,68	5,79	19,29	12,54	19,29	5,79	12,54
II	AE	30,21	30,21	26,35	10,95	45,23	24,5	45,23	10,95	24,5	3,15	31,13	12,2	31,13	3,15	12,2
I	AB	0,50	2,04	-0,3	13,0	2,76	6,04	13,94	1,04	-6,58	13,23	1,84	6,17	13,71	0,12	-6,45
	BC	2,82	3,44	2,56	2,17	3,87	2,28	3,09	2,55	2,24	0,89	2,31	1,93	1,81	1,0	1,33
	CD	3,44	2,82	2,56	3,09	2,55	2,48	2,17	3,87	2,28	1,81	1,0	1,33	0,89	2,31	1,13
	DE	2,04	0,5	-0,3	13,94	1,04	-6,58	13,0	2,76	6,04	13,71	0,12	-6,45	13,23	1,84	6,17

b) Efforts tranchants dans les poutres

Combinaison		G + 1, P		G + P + E		G + P - E	
Niv	Trav	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e
III	AE	11,46	-11,46	12,2	10,22	10,22	12,2
II	AE	17,96	-17,96	19,26	14,14	14,14	19,26
I	AB	1,52	-3,45	7,65	3,01	4,81	9,45
	BC	5,88	-5,82	5,25	5,67	5,75	5,7
	CD	5,82	5,88	5,67	5,25	5,17	5,75
	DE	3,45	1,52	3,01	7,65	9,45	4,81

c) Moment, et efforts normaux dans les poteaux

Combinaison		G + 1,2P			G + P + 1,2E			G + P - 1,2E			0,8G + P			0,8G - P		
Niveau	Pote	M _n	M _s	N _c	M _n	M _s	N _c	M _n	M _s	N _c	M _n	M _s	N _c	M _n	M _s	N _c
III	A	18,05	16,73	11,46	9,55	12,09	12,4	25,75	19,03	10,02	5,79	4,86	8,95	19,29	10,64	6,97
	E	18,05	16,73	11,46	25,75	19,03	10,02	9,55	12,09	12,4	19,29	10,64	6,97	5,79	4,86	8,95
II	A	13,48	0,18	29,42	4,57	13,51	32,17	29,63	14,45	23,65	8,01	11,41	19,83	20,49	11,89	12,73
	E	13,48	0,18	29,42	29,63	14,45	23,65	4,57	13,51	32,17	20,49	11,89	12,73	8,01	11,41	19,83
I	A	0,33	0,33	30,94	1,87	16,05	41,07	2,49	16,67	17,59	1,66	13,47	26,79	1,98	13,79	7,2
	B	0,72	0,72	9,33	0,91	1,72	1,54	2,25	3,06	15,9	0,98	1,65	-1,4	1,66	2,33	10,5
	C	0	0	11,64	1,58	2,39	10,84	1,58	2,39	10,84	1,32	1,99	5,47	1,32	1,99	5,4
	D	0,72	0,72	9,33	2,45	3,06	15,9	0,91	1,72	1,54	1,66	2,33	10,52	0,98	1,65	-1,
	E	0,33	0,33	30,94	2,49	16,67	17,59	1,87	16,05	41,07	13,79	1,98	7,23	1,66	13,47	26,

4 PORTIQUE TRANS 10

a) Moments dans les poutres

Combinaison		G + 1,2 P			G + P + E			G + P - E			0,8 G + E			0,8 G - E		
Niv	Trav	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
III	AE	18,05	18,05	18,05	9,96	25,34	17,68	25,34	9,96	17,68	4,85	9,23	12,54	20,23	4,85	12,54
II	AE	30,04	30,04	26,51	12,18	43,68	24,65	43,68	12,18	24,65	1,84	29,66	12,28	29,66	1,84	12,28
I	AB	0,51	2,13	-0,3	12,51	3,05	5,7	13,47	0,93	-6,24	12,74	2,08	5,83	13,24	0,04	-6,11
	BC	3,24	3,44	2,55	2,47	3,92	2,3	3,57	2,5	2,46	1,0	2,36	1,15	2,10	0,94	1,31
	CD	3,44	3,24	2,55	3,92	2,47	2,46	2,5	3,57	2,3	2,36	1,0	1,31	0,94	2,10	1,15
	DE	2,13	0,51	-0,3	13,47	0,93	-6,24	12,51	3,05	5,7	13,24	0,04	-6,11	12,74	2,08	5,83

b) Efforts tranchants dans les poutres

Combinaison		G + 1,2 P		G + P + E		G + P - E	
Niv	Trav	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
III	AE	11,46	-11,46	12,36	10,06	10,06	12,36
II	AE	17,96	-17,96	19,05	14,35	14,65	19,05
I	AB	1,52	-3,45	7,53	2,89	4,59	9,33
	BC	5,88	-5,88	5,21	5,71	5,79	5,13
	CD	5,88	5,88	5,79	5,13	5,21	5,71
	DE	3,45	-1,52	4,69	9,33	7,53	2,89

c) Moments, et efforts dans les poteaux.

Combinaison		G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G - E		
Niv	Pot	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc
III	A	18,05	17,47	11,46	8,42	13,17	12,59	26,88	19,31	9,83	4,85	5,53	9,11	20,23	10,65	6,81
	E	18,05	17,47	11,46	26,88	19,31	9,83	8,42	13,17	12,59	20,23	10,65	6,81	4,85	5,53	9,11
II	A	12,57	0,36	29,42	4,14	12,47	32,11	27,52	13,43	27,71	7,37	10,54	19,78	19,01	11,04	12,78
	E	12,57	0,36	29,42	27,52	13,43	23,71	4,14	12,47	32,11	19,01	11,04	12,78	7,37	10,54	19,78
I	A	0,15	0,15	30,94	2,5	23,56	40,86	2,78	23,86	17,8	2,14	19,68	26,62	2,27	19,82	7,8
	B	1,11	1,11	9,33	0,89	1,84	1,74	2,92	3,92	15,7	1,07	1,86	-1,28	2,15	2,94	10,36
	C	0	0	11,46	1,69	3,13	10,84	1,88	3,13	10,84	1,41	2,61	5,47	1,41	2,61	5,47
	D	1,11	1,11	9,33	2,97	3,92	15,7	0,87	1,84	1,74	2,15	2,94	10,36	1,07	1,86	-1,28
	E	0,15	0,15	30,94	2,78	23,86	17,8	2,5	23,56	40,86	2,27	19,82	7,8	2,14	19,68	26,62

5 PORTIQUE TRANS 11

a) Moments dans les poutres

Combinaison		G+1,2P			G+P+E			G+P-E			0,8G+P			0,8G-P		
Niv	Trav	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt	Mw	Me	Mt
III	BD	4,16	4,16	5,14	6,16	-14,36	5,06	-14,36	6,16	5,06	7,24	-13,28	3,74	-13,28	7,24	3,74
II	BD	11,94	11,94	12,41	11,33	-34,51	12,04	-34,51	11,13	12,04	15,03	-30,81	8,14	-30,81	-15,03	8,14
I	BC	3,18	3,44	2,4	7,02	3,87	6,91	12,96	2,55	-2,43	8,46	2,31	5,82	11,52	1,0	-3,52
	CD	3,44	3,18	2,4	2,55	12,96	-2,43	3,87	7,02	6,91	1,0	11,52	-3,52	2,31	8,46	5,82

b) Efforts tranchants dans les poutres

Combinaison		G+1,2P		G+P+E		G+P-E	
Niv	Trav	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
III	BD	5,48	-5,48	7,65	3,15	3,15	7,65
II	BD	14,37	-14,37	18,99	8,91	8,91	18,99
I	BC	5,8	5,92	7,75	3,18	3,07	7,86
	CD	5,92	5,8	3,07	7,86	7,75	3,18

c) Efforts normaux et moments dans les poteaux.

Combinaison		G+1,2P			G+P+1,2E			G+P-1,2E			0,8G+E			0,8G-E		
Niv	Pot.	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc
III	B	4,16	6,93	5,48	8,21	1,45	8,1	16,41	12,01	2,7	7,24	0,18	6,23	13,28	8,98	1,73
	D	4,16	6,93	5,48	16,41	12,01	2,7	8,21	1,45	8,1	13,28	8,98	1,73	7,24	0,18	6,23
II	B	5,0	0,93	19,86	17,36	8,66	28,1	27,08	10,4	10,6	15,22	7,49	20,74	21,82	8,39	6,16
	D	5,0	0,93	19,86	27,08	10,4	10,6	17,36	8,66	28,1	21,82	8,39	6,16	15,22	7,49	20,74
I	B	2,25	2,25	26,01	0,36	20,03	36,68	4,56	24,23	13,56	0,97	17,36	26,15	3,13	19,52	6,89
	C	0	0	11,77	1,58	2,94	10,99	1,58	2,94	10,99	1,32	2,45	5,66	1,32	2,45	5,66
	D	2,25	2,25	26,01	4,56	24,23	13,56	0,36	20,03	36,68	3,13	19,52	6,89	0,97	17,36	26,15

6 PORTIQUE TRANS 12

a) Moment dans les poutres

Combinaison		G+1,2P			G+P+E			G+P-E			0,8G+E			0,8G-E		
Niv	Trav	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
II	BD	3,64	3,64	5,11	6,8	13,96	5,03	13,96	6,8	5,03	7,74	13,02	3,71	13,02	7,74	3,71
I	BC	3,0	3,24	2,37	8,01	3,6	2,27	13,79	2,64	2,27	9,02	2,51	1,42	12,78	1,55	1,42
	CD	3,24	3,0	2,37	2,64	13,79	2,27	3,6	8,01	2,27	1,55	12,78	1,42	2,51	9,02	1,42

b) Efforts tranchants dans les poutres

Combinaison		G+1,2P		G+P+E		G+P-E	
Niv	Trav	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
II	BD	5,48	-5,48	7,68	-3,12	3,12	-7,68
I	BC	5,48	-5,8	7,78	-2,88	2,78	-7,88
	CD	5,48	-5,48	2,88	7,78	7,88	2,78

c) Efforts normaux et moments dans les poteaux

Combinaison		G+1,2P			G+P+1,2E			G+P-1,2E			0,8G+E			0,8G-E		
Niv	Pote	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc	Mn	Ms	Nc
II	B	3,64	0,85	5,48	8,88	8,15	8,14	16,04	12,23	2,66	7,74	7,15	6,26	13,02	9,83	1,7
	D	3,64	0,85	5,48	16,04	12,23	2,66	8,88	8,15	8,14	13,02	9,83	1,7	7,74	7,15	6,26
I	B	2,11	2,11	10,96	0,85	24,02	16,42	4,93	28,1	4,94	1,07	20,38	12,19	3,75	23,06	2,63
	C	0	0	11,16	1,15	3,18	10,76	1,15	3,18	10,76	0,96	2,65	7,0	0,94	2,65	7,0
	D	2,11	2,11	10,96	4,93	28,1	4,94	0,85	24,02	16,42	3,75	23,06	2,63	1,07	20,38	12,19

Ferrailages des portiques

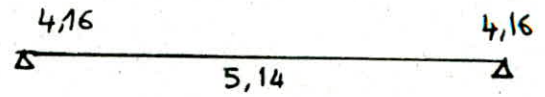
1/- Ferrailage des poutres

A) Portiques transversaux.

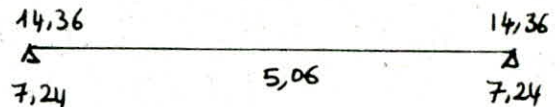
* portiques 7, 11, 12

1. Niv terrasse.

* sous SP1



* sous SP2



- En travée

$$M = 5,14 \text{ tm} \quad b = 40 \text{ cm}, \quad ht = 90 \text{ cm}$$

$$A = 2,4 \text{ cm}^2 < A_{\min}/2 = 5,4 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_{\min} = 0,3\% bht = 10,8 \text{ cm}^2$$

$$\text{On choisi } 4T14 = 6,15 \text{ cm}^2$$

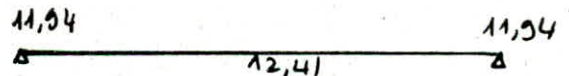
- A l'appui

$$\left. \begin{array}{l} M = -14,36 \text{ tm} \\ M = 7,24 \text{ tm} \end{array} \right\} \text{SP2} \Rightarrow A = 4,47 \text{ cm}^2$$

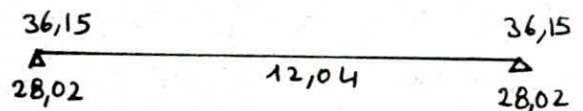
$$\text{On choisi } A_{\min} \Rightarrow A_{\text{sup}} = A_{\text{inf}} = 4T14$$

2. Niv bibliothèque

(SP1)



(SP2)



En travée

$$M = 12,41 \text{ tm (SP1)} \Rightarrow A = 5,8 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14 = 6,15 \text{ cm}^2$$

A l'appui

$$\left. \begin{array}{l} M = -36,15 \text{ tm} \\ M = 28,02 \text{ tm} \end{array} \right\} \text{SP2} \Rightarrow A = 11,25 \text{ cm}^2 \Rightarrow$$

$$A_{\text{inf}} = A_{\text{sup}} = 8T14 = 12,3 \text{ cm}^2$$

Effort tranchant

$$T_{\max} = 14,37 \text{ t} \quad \text{sous SP1}$$

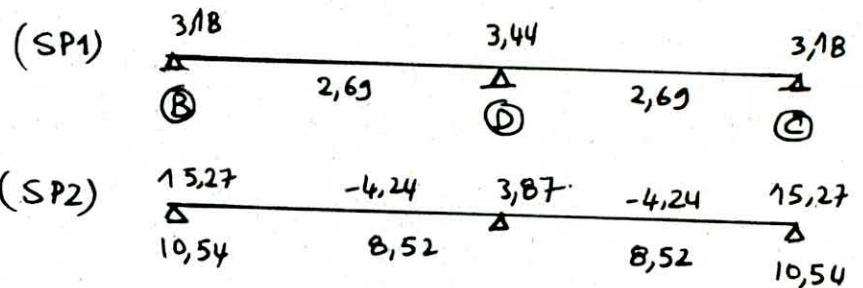
$$\tau_b = \frac{14370}{0,875 \times 40 \times 85} = 4,03 \text{ Kgf/cm}^2 < \bar{\sigma}_b$$

- En zone modale $S = \min\left(\frac{h}{4}, 12\phi\right) = 15 \text{ cm}$
- En zone courante on prend $S = 20 \text{ cm}$

$A_{t \min} = 0,003 \times 15 \times 40 = 1,8 \text{ cm}^2$ on prend 3 cadre T8

$$6T8 = 3,01 \text{ cm}^2$$

3 - Niveau Salle.



- Appui D $M = 3,44 \text{ tm}$ (SP1) $b = 30$, $h_t = 50 \text{ cm}$.

$$A = 3,03 \text{ cm}^2 \Rightarrow 3T14 = 4,62 \text{ cm}^2$$

- Traveé

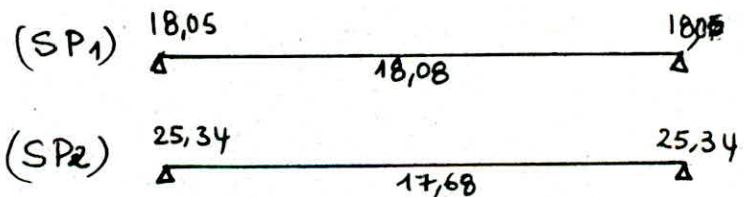
$$M = \begin{cases} 8,52 \text{ tm} \\ -4,24 \end{cases} \text{ (SP}_2) \Rightarrow \begin{cases} A_{\text{sup}} = 3T14 \\ A_{\text{inf}} = 3T16 = 6,05 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

- Appui B, C

$$M = \begin{cases} -15,27 \text{ tm} \\ 10,54 \text{ tm} \end{cases} \text{ (SP}_2) \Rightarrow \begin{cases} A_{\text{sup}} = 3T14 + 3T16 \\ A_{\text{inf}} = 3T16 \end{cases}$$

* Portiques 8, 9, 10

1 - Niveau terrasse:



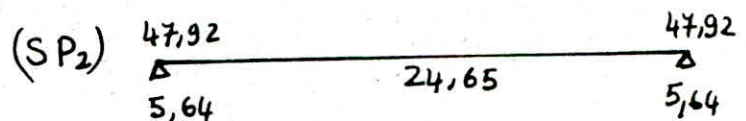
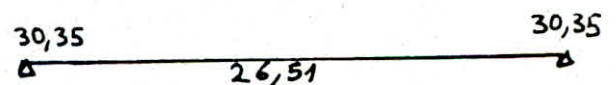
- En traveé $M = 18,08 \text{ tm}$, $b = 40 \text{ cm}$, $h_t = 90 \text{ cm}$.

$$A = 8,45 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T16 + 4T12$$

- A l'appui $M = 18,05 \text{ tm}$ (SP1)

$$A = 8,45 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T16 + 4T12$$

2 - Niveau bibliothèque (SP1)



En traveé $M = 26,51 \text{ tm} \Rightarrow A = 12,4 \text{ cm}^2 \Rightarrow A = 4T20 = 12,56 \text{ cm}^2$

En appui $M = 47,92 \text{ tm} \Rightarrow A = 14,91 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14 + 4T16$

Efforts tranchants

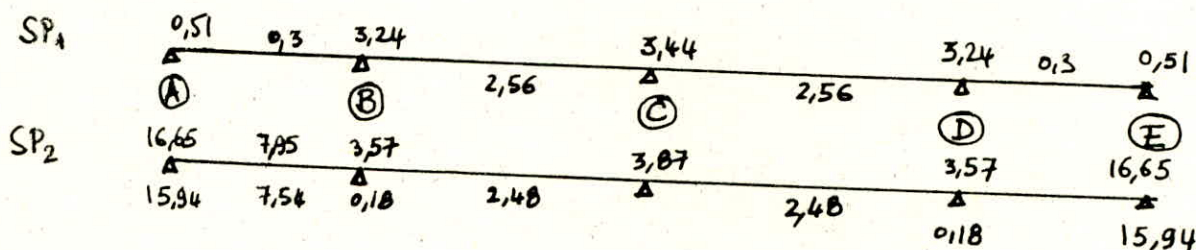
$$T_{\max} = 17,96 \text{ t} \quad (SP_1)$$

$$\tau_b = \frac{17960}{0,875 \times 40 \times 85} = 6,04 \text{ kgf/cm}^2 < 2,5 \bar{\sigma}_b$$

$$A_t = 3 \text{ cadres } T_8 = 6T_8 = 3,01 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{3,01 \times 2800 \times 0,875 \times 85}{17960} = 34,9 \text{ cm}$$

- En zone modale $S = 15 \text{ cm}$.
- En zone courante $S = 20 \text{ cm}$.

3 Niveau salle

- Appui A

$$\left. \begin{array}{l} M = -16,65 \text{ tm.} \\ M = 15,94 \text{ tm.} \end{array} \right\} SP_2 \Rightarrow A_{\text{sup}} = A_{\text{inf}} = 3T_{12} + 8T_{16}$$

- Appui B, C

$$M = 3,44 \text{ tm} \Rightarrow A_{\text{sup}} = A_{\text{inf}} = 3T_{12}$$

- travée AB

$$\left. \begin{array}{l} M = -7,95 \text{ tm.} \\ M = 7,54 \text{ tm.} \end{array} \right\} (SP_2) \Rightarrow A_{\text{sup}} = A_{\text{inf}} = 3T_{12} + 3T_{16}$$

- travée BC

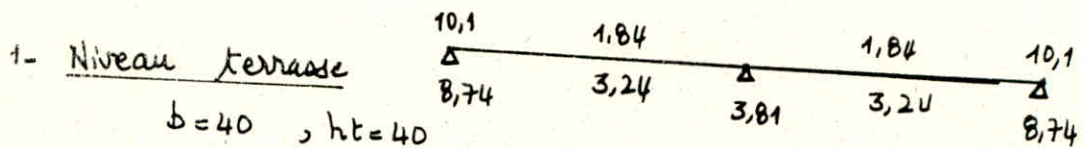
$$M = 2,56 \text{ tm} \rightarrow A_{\text{sup}} = A_{\text{inf}} = 3T_{12}$$

Efforts tranchant.

$$T_{\max} = 5,88 \text{ t} \quad (SP_1) \Rightarrow \tau_b = 4,98 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_t = 1 \text{ cadre} + 1 \text{ étrier } T_8 = 4T_8 = 2 \text{ cm}^2$$

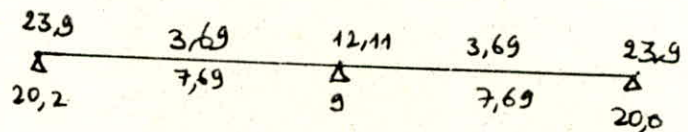
- S en zone modale $S = 15 \text{ cm}$.
- " " courante $S = 20 \text{ cm}$.

B) Portiques longitudinales1/ Portique A, E.

$$M_{travée} = \begin{cases} -3,24 \text{ tm} \\ 1,84 \text{ tm} \end{cases} \Rightarrow A = 2,4 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T12$$

$$\text{à l'appui } M = \begin{cases} -10,1 \text{ tm} \\ 3,81 \text{ tm} \end{cases} \Rightarrow A_{sup} = A_{inf} = 4T12$$

2- Niveau bibliothèque et salle.



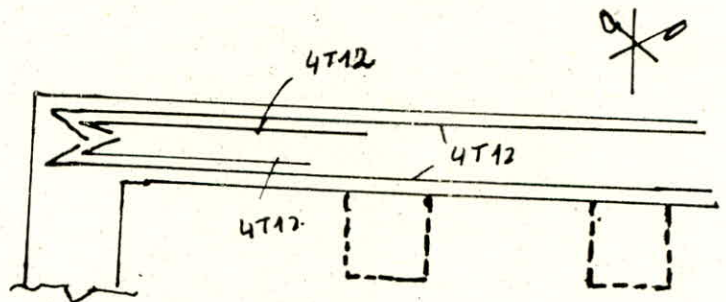
$$\text{En travée } M = \begin{cases} 7,69 \text{ tm} \\ 3,69 \text{ tm} \end{cases} \Rightarrow A = 5,65 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14$$

$$\text{En appui } M = \begin{cases} 23,9 \text{ tm} \\ 20 \text{ tm} \end{cases} \Rightarrow A_{sup} = A_{inf} = 17,56 \begin{pmatrix} 4T14 \\ 4T20 \end{pmatrix}$$

$$\text{En appui } M = \begin{cases} 12,11 \text{ tm} \\ 9,0 \text{ tm} \end{cases} \Rightarrow A = 4T14 + 4T12.$$

2/ Portique B, D

1- Niveau terrasse



2- Niveau Salle (30x50)

- travée 7-8 $\Rightarrow A_{sup} = A_{inf} = 3T14 + 3T20$ (en chapeaux)
- travée 11-12 $\Rightarrow A_{sup} = A_{inf} = 3T14 + 3T14$ (en chapeaux)
- en travée courante $A_{sup} = A_{inf} = 3T14$

Ferrailage des poteaux.Portiques 8, 9, 10.

Poteaux A, E

On choisi $A = A' = 4T20 = 12,56 \text{ cm}^2$

Pour $N = 42,85 \text{ t}$ et $M = 17,32 \text{ tm}$ $\bar{w} = 0,39$

$k_e = 1,58$

$k_b = 0,13$

$k = 13$

$\sigma'_b = 52 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_a = 676 \text{ kg/cm}^2$ (Vérifié)

Portiques 7, 11, 12

$N = -3,45 \text{ t}$

$M = 13,2 \text{ tm}$

$k_e = -0,1$

$k_b = 0,15$

$k = 47$

$\sigma'_b = 68,75 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_a = 3231 \text{ kg/cm}^2$

(Vérifié)

Portique B, D.

$N = 73,2 \text{ t}$

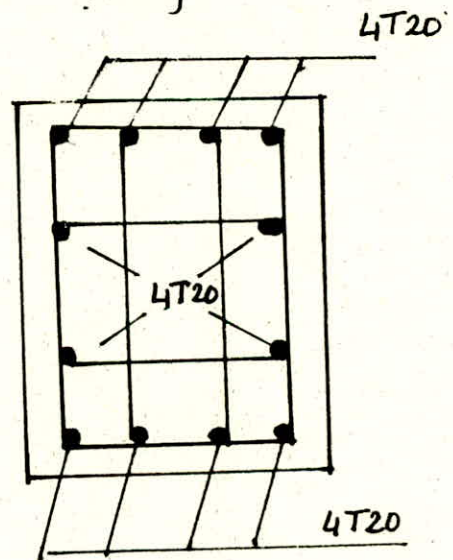
$M = 13,13 \text{ tm}$

$k_e = 0,8$

$k_b = 0,14$, $k = 21$

$\sigma'_b = 125 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_a = 2640 \text{ kg/cm}^2$



Calcul des fondations

Pour le bloc B on utilisera deux types de fondations

- Semelle continue sous deux poteaux au niveau du joint
- Semelles isolées pour le reste des fondations.

Semelle (A-B) - (A-9) - (A-10)

$$SP_1 \quad N = 41t \quad S = \frac{41000}{2,5} = 16400 \text{ cm}^2$$

$$A \cdot B = 200 \times 140 \Rightarrow C_3 = 1,7b.$$

$$\text{sens trans } SP_2 \quad N = 50,92t \Rightarrow e = 0,46m > \frac{b}{6} = 33,3 \text{ cm} \\ M = 23,56$$

$$\sigma_m = \frac{2a}{3\left(\frac{200}{2} - 46\right) \times 140} = 4,49 \text{ kgf/cm} < 1,33 \times 1,5 \times 2,5$$

$$\text{sens long} \quad \left. \begin{array}{l} N = 32,6t \\ M = 11,56 \text{ tm} \end{array} \right\} \Rightarrow e_0 = 0,35 > \frac{a}{6} = \frac{140}{6} = 23,3$$

$$\sigma_m = \frac{2 \times 32600}{3\left(\frac{140}{2} - 35\right) \times 200} = 3,1 \quad \begin{array}{l} h = 45 \text{ cm} \\ ht = 50 \text{ cm} \end{array}$$

ferrailage

sens trans

$$SP_1 \quad A_x = \frac{41000(200-80)}{8 \times 45 \times 2800} = 4,9 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } 8T14$$

$$SP_2 \quad N = 4,49 \times 200 \times 140 = 125,72t$$

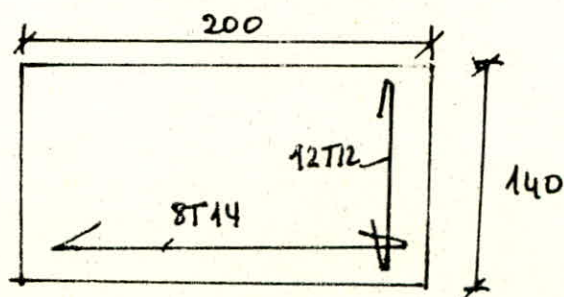
$$A_x = \frac{125720(120)}{8 \times 45 \times 4200} = 9,98 \text{ cm}^2 \rightarrow 8T14$$

sens long.

$$SP_1 \quad A_x = \frac{41000(140-40)}{8 \times 45 \times 2800} = 4,07 \text{ cm}^2$$

$$SP_2 \quad Q = 3,1 \times 200 \times 140 = 86800t$$

$$A_x = \frac{86800 \times 100}{8 \times 45 \times 4200} = 5,74 \text{ cm}^2 \rightarrow 12T12$$



Semelles (B-8) (B-9) (B-10)

$$SP_1 \quad N = 13,85t \quad \text{On prend } 80 \times 120 \text{ avec } ht = 30\text{cm}$$

$$SP_2 \quad \begin{cases} N = 20,2t \\ M = 3,92tm \end{cases} \Rightarrow e_0 = 0,194 < \frac{b}{6} = 0,2$$

$$\sigma_s = \frac{20200}{120 \times 80} \left(1 + \frac{3 \times 19,4}{120} \right) = 3,12$$

Sens transversal:

$$\begin{cases} N = 9,37t \\ M = 2,46tm \end{cases} \Rightarrow e_0 = 0,26 > \frac{80}{6} = 0,15$$

$$\sigma_m = \frac{2 \times 9370}{3 \left(\frac{120}{2} - 26 \right)} = 0,64$$

Ferrailage

$$A_x = 6T12$$

$$A_y = 8T12$$

Semelles (C-8) - (C-9) - (C-10) - (C-11) (C-12)

$$SP_1 \quad N = 18t \quad \text{Semelle: } 120 \times 80 \quad ht = 30\text{cm.}$$

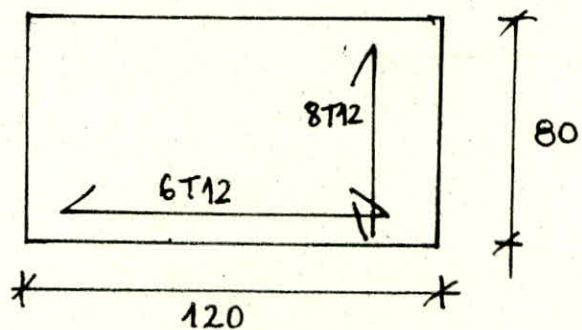
$$SP_2 = \begin{cases} N = 18,2t \\ M = 2,28t \end{cases} \quad e_0 = 0,125$$

$$\sigma_s = \frac{18200}{120 \times 80} \left(1 + \frac{3 \times 12,5}{120} \right) = 2,49$$

$$A_x = \frac{18200 \times 70}{25 \times 8 \times 2000} = 2,88 \text{ cm}^2$$

$$A_x = 6T12$$

$$A_y = 8T12$$



Semelle jumeléesens tram 7

$$\begin{aligned} \Rightarrow G+E \\ A) \quad N &= 49,43t \\ M &= 15,5tm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow G+E \\ B) \quad N &= 7,18t \\ M &= 1,44tm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P \pm E \\ A) \quad N &= 97t \\ M &= 16,34tm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P+E \\ B) \quad N &= 11,02t \\ M &= 1,44tm \end{aligned}$$

$$1 \quad (A) \quad N = 102,78t$$

$$(B) \quad N = 11,45t$$

A C-7
B C-7
Sens long (C)

$$\begin{aligned} N &= -7,49t \\ M &= -13,07tm \end{aligned}$$

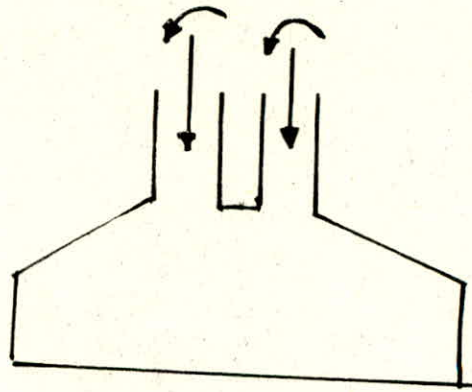
$$\begin{aligned} N &= 1,15t \\ M &= 3,8tm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= 22,78t \\ M &= 15,68tm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= 1,15t \\ M &= 3tm \end{aligned}$$

$$N_c = 3,26t$$

$$N_c = 0$$

CoiffageSP₁

$$\frac{N}{\sigma_s} = \frac{117,47 \times 10^3}{2155} \rightarrow A=170, B=300$$

Sous (SP₂)

$$(0,86+E) \quad e_0 = 0,219 < \frac{170}{4} = 0,375 \quad (\text{trans.})$$

$$e_0 = 0,127 < \frac{300}{4} = 0,75 \quad (\text{long})$$

Contraintes

* sens trans

$$\sigma_1 = 3,09 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 1,87 \text{ kg/cm}^2$$

* sens long

$$\sigma_1 = 3,17 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 3,07 \text{ kg/cm}^2$$

Ferrailage

Sous SP₁

$$N = 117,47t$$

$$A \times B = 170 \times 300$$

$$A_x = A_y = \frac{117,47 (300-50) \times 10^3}{8 \times 60 \times 2800} = 21,86 \text{ cm}^2.$$

$$\Delta_{\text{ous}} \text{ SP}_2 \quad \frac{2,78 \times 170 \times 300 \times (170-30)}{8 \times 60 \times 4200} = 22 \text{ cm}^2$$

$$A_x = A_y = 22 \text{ cm}^2.$$

L'étude dynamique

I Introduction

L'étude dynamique d'une structure est en général nécessaire quand celle-ci présente de grandes excentricités, des répartitions irrégulières de masse et de rigidités ou autre non conforme avec conditions exigées dans le RPA81 pour le calcul statique équivalents.

II Procédure de calcul pour l'évaluation de sollicitations sismique

- 1- Détermination des caractéristiques dynamiques de la structure (Forme et périodes propres)
- 2- Facteur de contribution de chaque mode
- 3- Détermination du facteur d'amplification dynamique moyen de chaque mode
- 4- Évaluation des forces sismiques de calcul pour chaque mode.
- 5- Évaluation de la sollicitation maximale résultante.

III Résultats

- 1- Détermination des caractéristiques dynamiques de la structure (Forme et périodes propres)

A - Sens transversal

1^{er} mode

$$\omega_1^2 = 22$$

$$\Rightarrow T_1 = 1,34 \text{ s}$$

Niveau	$M_k(t)$	$M_k(\omega^2)$	x_k	$M_k \omega^2 x_k$	$\sum M_k \omega^2 x_k$	$R_{kj}(t/M)$	$\frac{\sum M_k \omega^2 x_k}{R_{kj}}$
3	143,26	3151,72	1	3151,72	315,72	16627,95	0,1895
2	241,40	5310,8	0,81	4304,17	7455,89	10307,83	0,723
1	315,5	6451,88	0,0867	562,69	8018,58	91044,51	0,088



$$x_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0,81 \\ 0,087 \end{pmatrix}$$

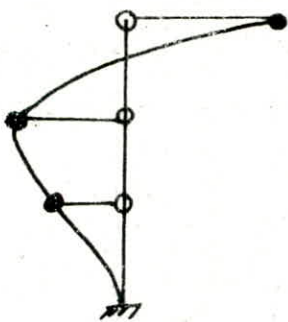
$$0,087 \approx 0,088$$

2^{ème} mode

$\omega_2^2 = 198$

$T_2 = 0,45\text{s}$

Niveau	$M_k(t)$	$M_k \omega^2$	x_k	$M_k \omega^2 x_k$	$\sum M_k \omega^2 x_k$	$R_{ky} (t/m)$	$\frac{\sum M_k \omega^2 x_k}{R_{ky}}$
3	143,26	28365,4	1	28365,48	283652,8	16627,95	1,7059
2	241,4	47797,2	-0,706	-33739,64	-5374,16	10307,83	-0,521
1	315,5	62476,9	-0,185	-11558,23	-16932,39	91044,59	-0,1859



$$x_2 = \begin{pmatrix} 1,0 \\ -0,706 \\ -0,185 \end{pmatrix}$$

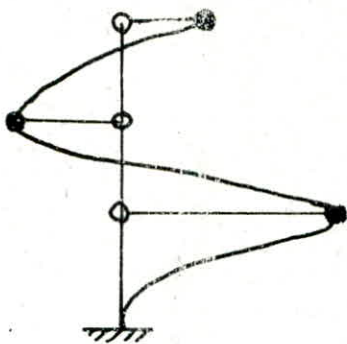
$$-0,185 \approx -0,1859$$

3^{ème} mode

$\omega_3^2 = 329$

$T_3 = 0,35\text{s}$

Niveau	$M_k(t)$	$M_k \omega^2$	x_k	$M_k \omega^2 x_k$	$\sum M_k \omega^2 x_k$	$R_{ky} (t/m)$	$\frac{\sum M_k \omega^2 x_k}{R_{ky}}$
3	141,26	46474,5	1,0	46474,54	46474,54	16627,95	2,955
2	241,4	75429,6	-1,795	-142557,2	-96082,67	10307,83	-9,321
1	315,34	103746,8	7,525	780832,9	684750,2	91044,5	7,521



$$x_3 = \begin{pmatrix} 1,0 \\ -1,795 \\ 7,52 \end{pmatrix}$$

$$7,526 \approx 7,521$$

B - Sens longitudinal1er mode

$\omega_1^2 = 7$

$\Rightarrow T_1 = 2,37 \text{ s}$

Niveau	$M_k(t)$	$M_k \omega^2$	γ_k	$M_k \omega^2 \gamma_k$	$\Sigma M_k \omega^2 \gamma_k$	$R_{kx}(t/m)$	$\frac{\Sigma M_k \omega^2 \gamma_k}{R_{kx}}$
3	143,26	1002,82	1,0	1002,82	1002,82	4627,68	0,2167
2	241,4	1689,8	0,782	1323,62	2326,44	3220,41	0,7224
1	315,34	2207,38	0,0606	133,76	2460,196	36897,65	0,0667



$$\gamma_1 = \begin{pmatrix} 1,0 \\ 0,783 \\ 0,061 \end{pmatrix}$$

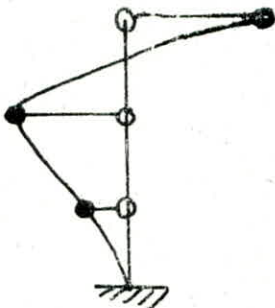
$$0,061 \approx 0,067$$

2eme mode

$\omega_2^2 = 56$

$\Rightarrow T = 0,84 \text{ s}$

Niveau	$M_k(t)$	$M_k \omega^2$	γ_k	$M_k \omega^2 \gamma_k$	$\Sigma M_k \omega^2 \gamma_k$	$R_{kx}(t/m)$	$\frac{\Sigma M_k \omega^2 \gamma_k}{R_{kx}}$
3	143,26	8022,56	1,0	8022,56	8022,56	4627,68	1,733
2	214,4	13518,4	-0,773	-9917,14	-1894,58	3220,41	-0,588
1	315,34	17659,04	-0,1447	-2555,19	-4449,78	36897,6	-0,1206



$$\gamma_2 = \begin{pmatrix} 1,0 \\ -0,773 \\ -0,145 \end{pmatrix}$$

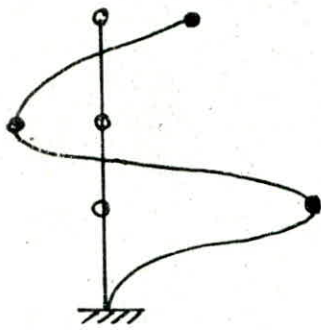
$$-0,145 \approx -0,121$$

3^{ème} mode

$\omega^2 = 129$

$\Rightarrow T = 0,55s$

Niveau	$M_k(t)$	$M_k \omega^2$	Y_k	$M_k \omega^2 Y_k$	$\sum M_k \omega^2 Y_k$	$R_x(t/m)$	$\frac{\sum M_k \omega^2 Y_k}{R_x}$
3	143,26	18480,5	1	18480,5	18480,5	4627,68	3,993
2	241,4	31140,6	-2,993	-93204	-74724	3220,4	-23,20
1	315,34	40678,8	20,21	822130	74706	36897,65	20,26



$$20,21 \approx 20,26$$

$$Y_3 = \begin{pmatrix} 1,0 \\ -1,755 \\ 7,52 \end{pmatrix}$$

2 - Facteur de contribution de chaque mode est donné par

$$\gamma_i = \frac{\sum_{k=1}^n M_k X_{ki}^2}{\sum_{k=1}^n M_k X_k^2}$$

M_k : Masse de l'étage k .

X_{ki} : forme propre du i ème mode au k ème étage.

k : indice de l'étage.

i : rang du mode.

n : nombre total d'étage.

Mode	1er mode	2ème mode	3 ^{ème} mode
γ_i transversal	1,205	-0,312	0,111
γ_i longitudinal	1,203	-0,300	0,044

3: Facteur d'amplification moyen de chaque mode: il est donné par la relation $D = 2\sqrt{\frac{0,3}{T}}$

	T ₁	T ₂	T ₃	D ₁	D ₂	D ₃
Sens transversal	1,34	0,45	0,35	0,94	1,63	1,85
Sens longitudinal	2,37	0,84	0,55	0,7	1,20	1,48

4 - Evaluation des forces sismiques de calcul pour chaque mode

$$F_{jk} = M_k \gamma_i X_{ik} Q \begin{cases} \frac{ADB}{0,7} & \text{si } T \geq 0,55 \\ \frac{AD}{\sqrt{\frac{1,4}{B} - 1}} & \text{si } T < 0,5 \end{cases}$$

avec $Q = 1,3$, $A = 0,15$, $B = 0,25$

transversal		1er Mode	2eme Mode	3eme Mode
Niv	γ_i	X_{ik}	$F_k(t)$	X_{ik}
3	143,26	1,0	11,18	1,0
2	244,4	0,81	15,26	-0,706
1	315,5	0,087	2,14	-0,185

	$F_k(t)$	X_{ik}	$F_k(t)$	X_{ik}	$F_k(t)$
		1,0	-11,16	1,0	2,02
		-0,706	13,28	-1,795	-6,16
		-0,185	4,54	7,526	33,48

5 - Evaluation de la sollicitation maximale resultante

La force sismique de calcul resultante à l'étage k est donnée par la moyenne quadratique $F_k = \sqrt{\sum_i F_{ki}^2}$

$$F_3 = \sqrt{(11,18)^2 + (-11,16)^2 + (2,02)^2} = 15,93t$$

$$F_2 = \sqrt{(15,26)^2 + (13,28)^2 + (-6,13)^2} = 21,13t \quad \Rightarrow V = 70,91t$$

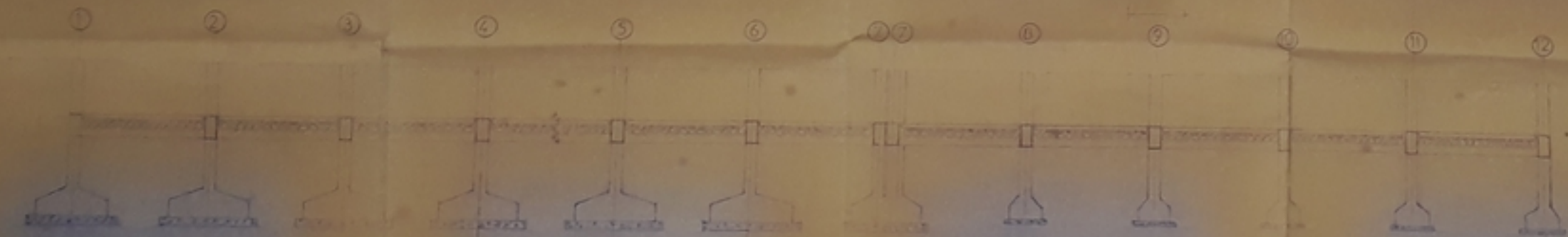
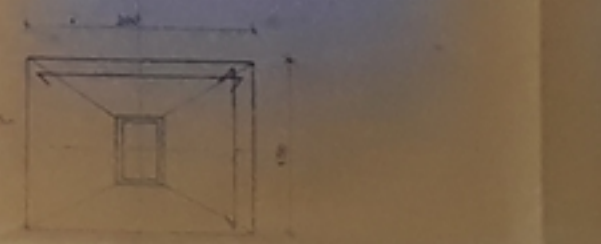
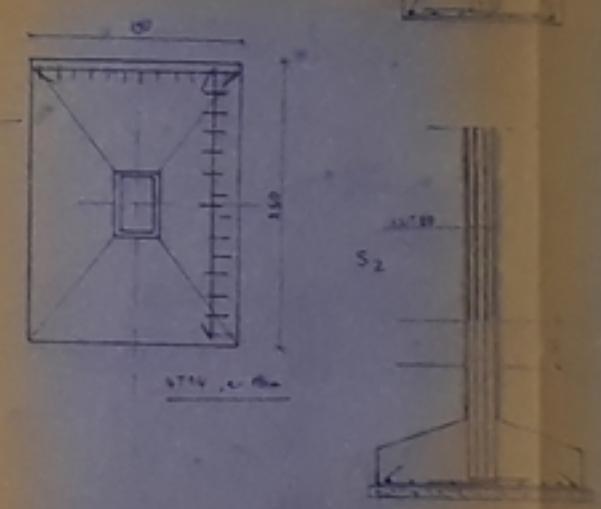
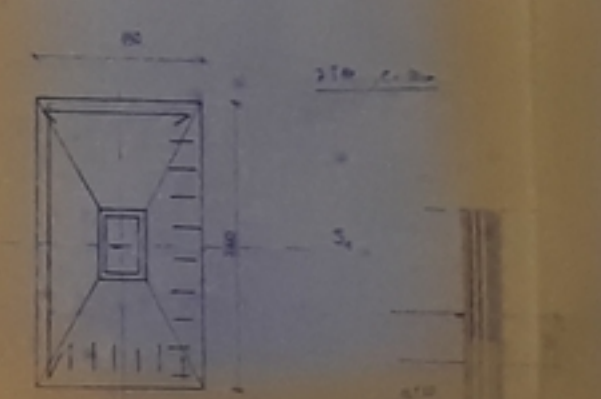
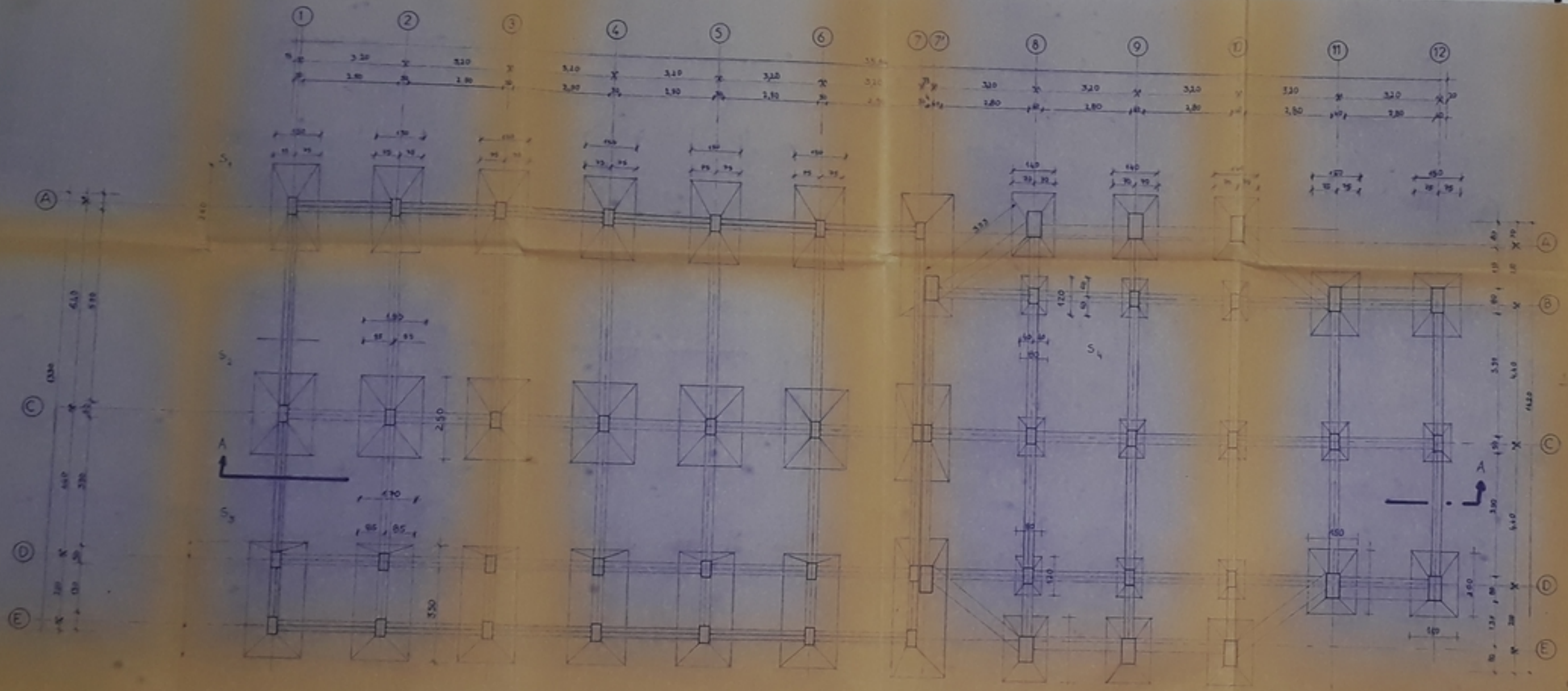
$$F_1 = \sqrt{(2,14)^2 + (4,54)^2 + (33,48)^2} = 33,85t$$

IV Conclusion

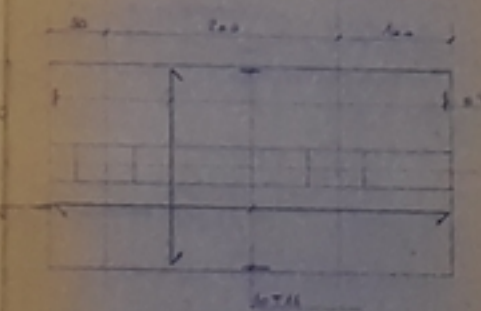
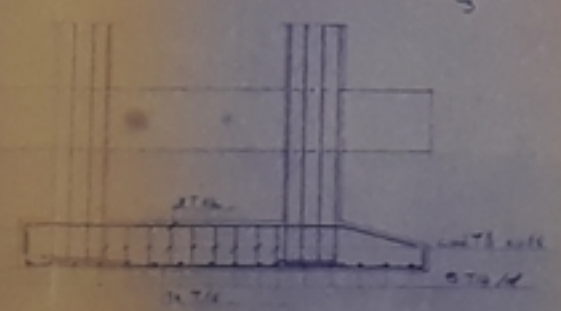
La valeur de l'effort tranchant à la base est très proche à celle calculée par la méthode de Muto. Donc en appliquant la méthode de Muto, on ne sera pas loin de la réalité.

BIBLIOGRAPHIE

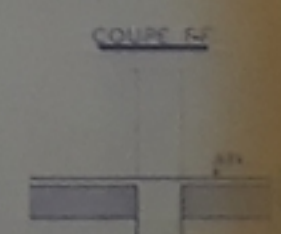
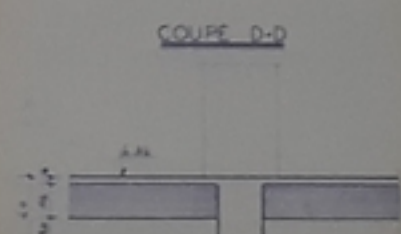
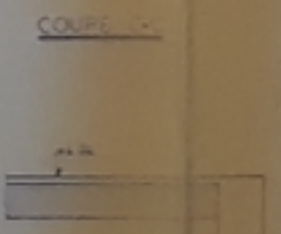
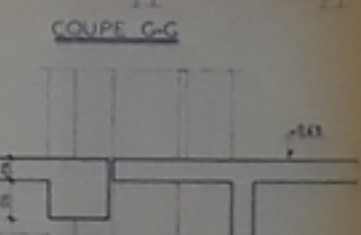
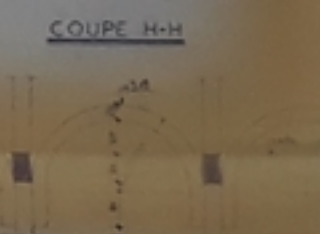
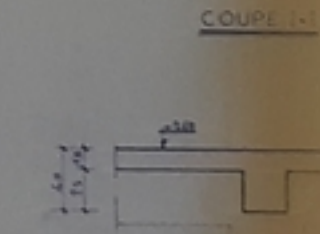
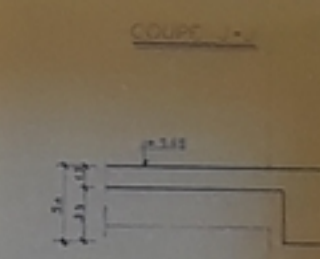
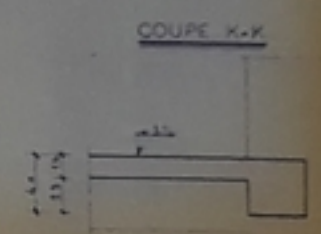
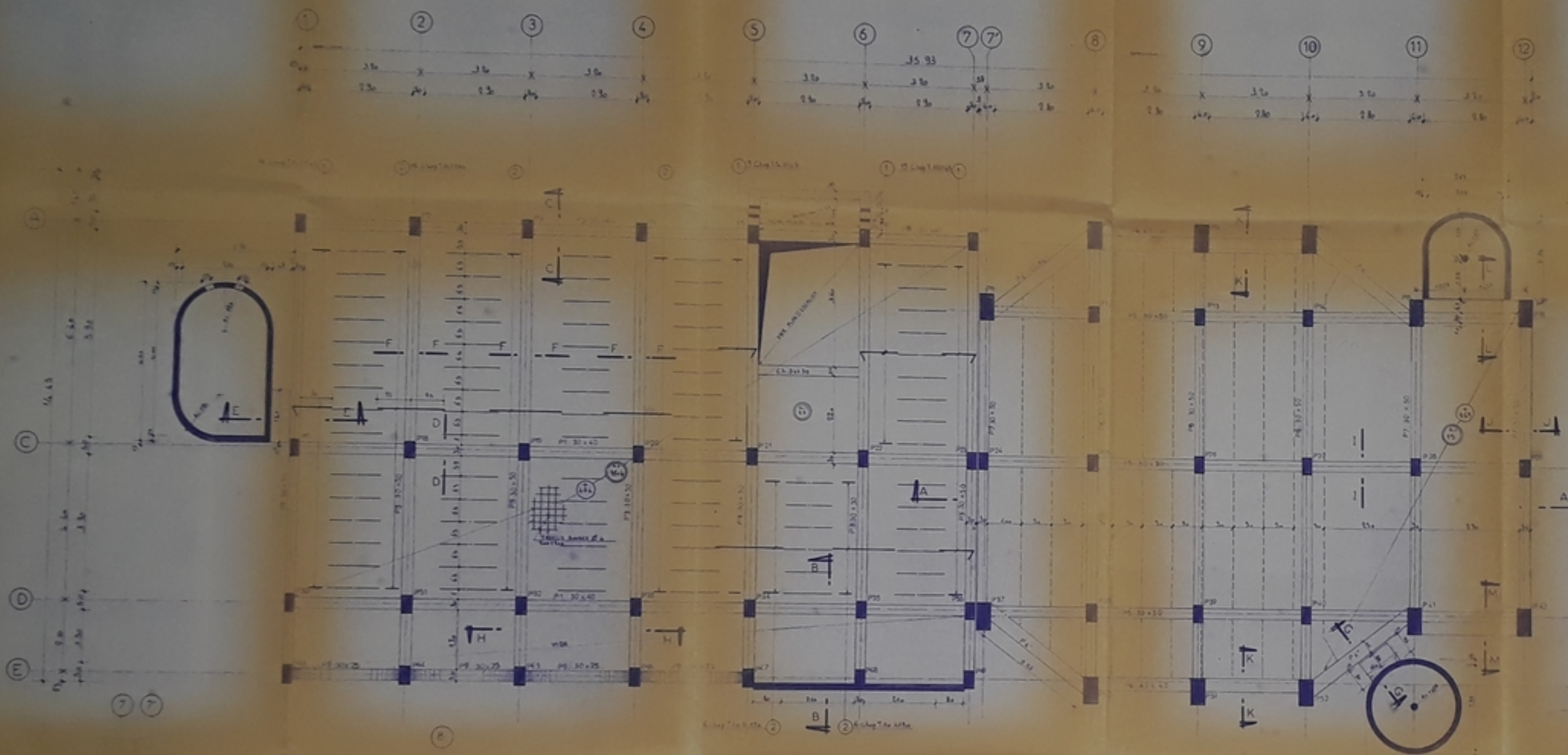
- Le calcul et la vérification des ouvrages en BA ... P.CHAR
- Règles techniques C.C.B.A 68 DTU
- Conception et calcul des structures soumises aux séismes ... OF
- Traité du béton armé tome 4 A.GURR
- Aide mémoire de résistance de matériaux J.Goule
- Aide mémoire de béton armé V.DAVIDOVIC
- Règlements parasismiques Algérien (RPA) OPU
- Cours de béton armé III M.BELAZOUGH



Comp. A-A

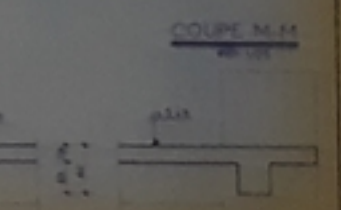
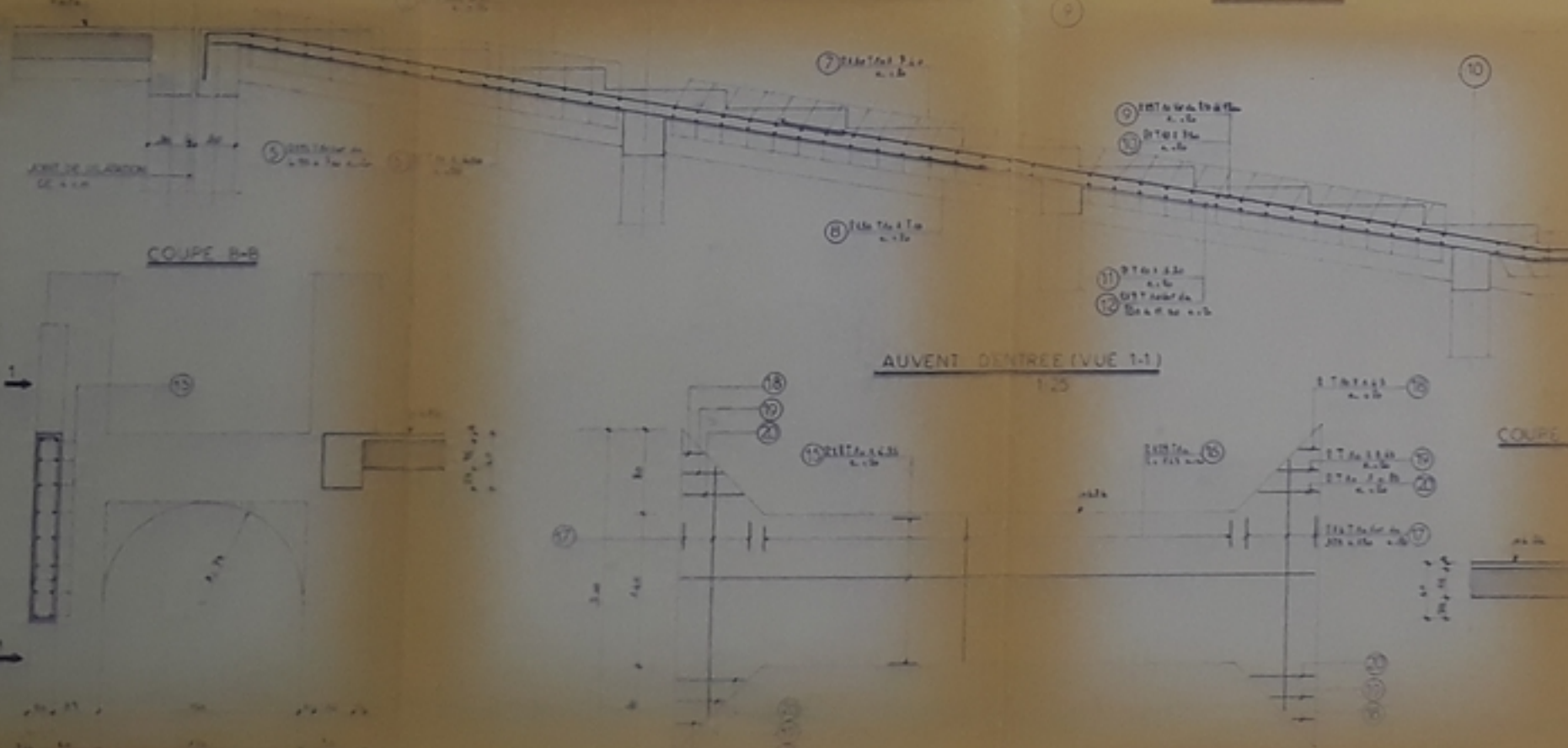


CENTRAL ENGINEERING	
PLAN FOUNDATIONS	
SCALE	1:20
DATE	12/10
PROJECT	
DESIGNED BY	
CHECKED BY	
APPROVED BY	



NOMENCLATURE DES ACIERS

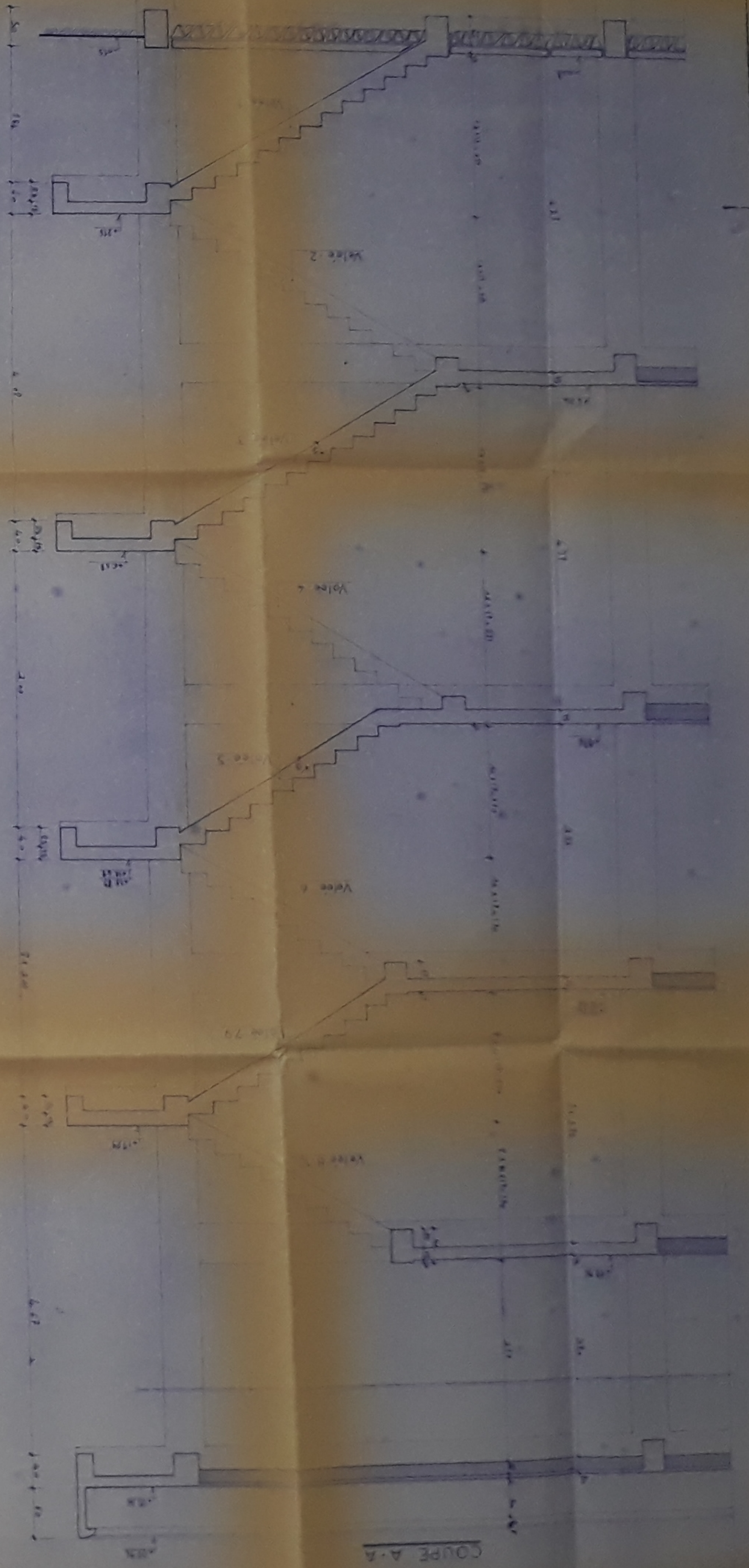
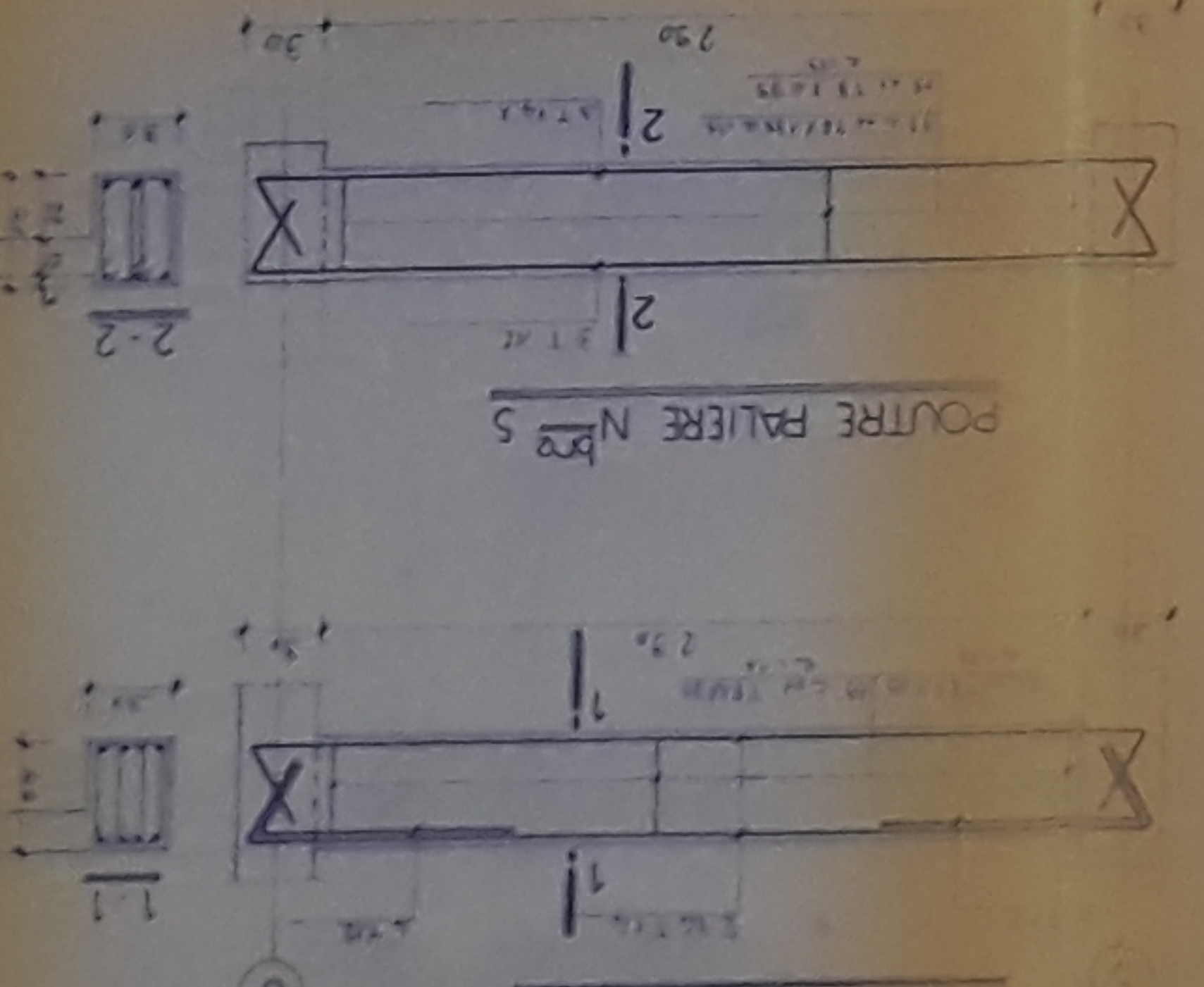
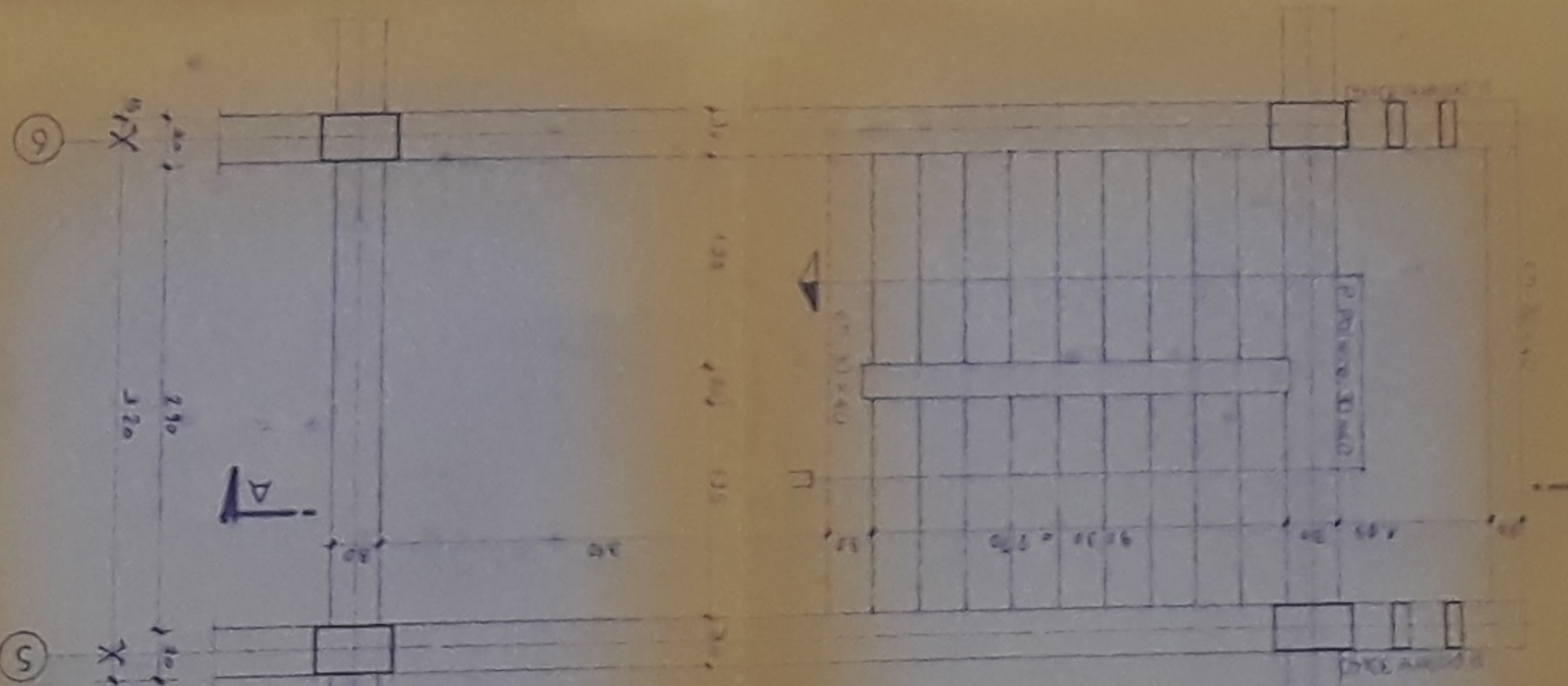
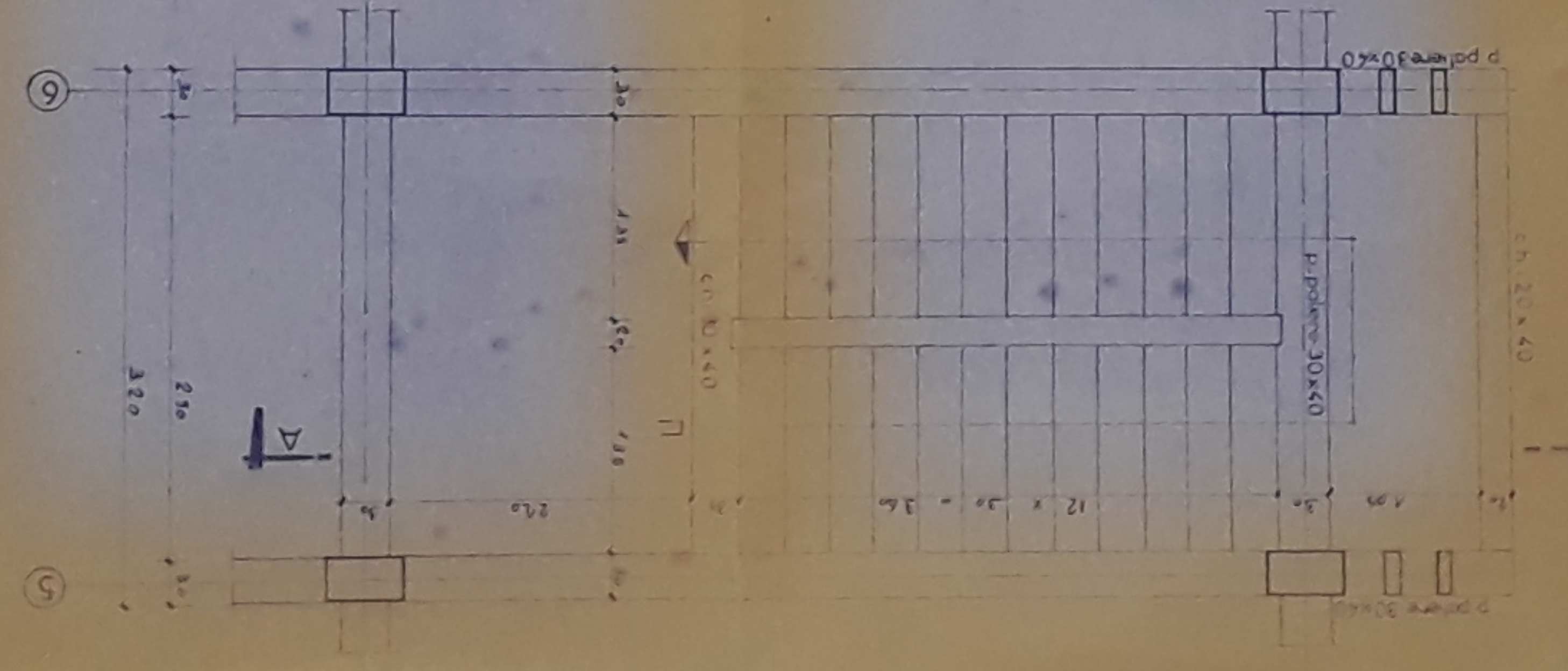
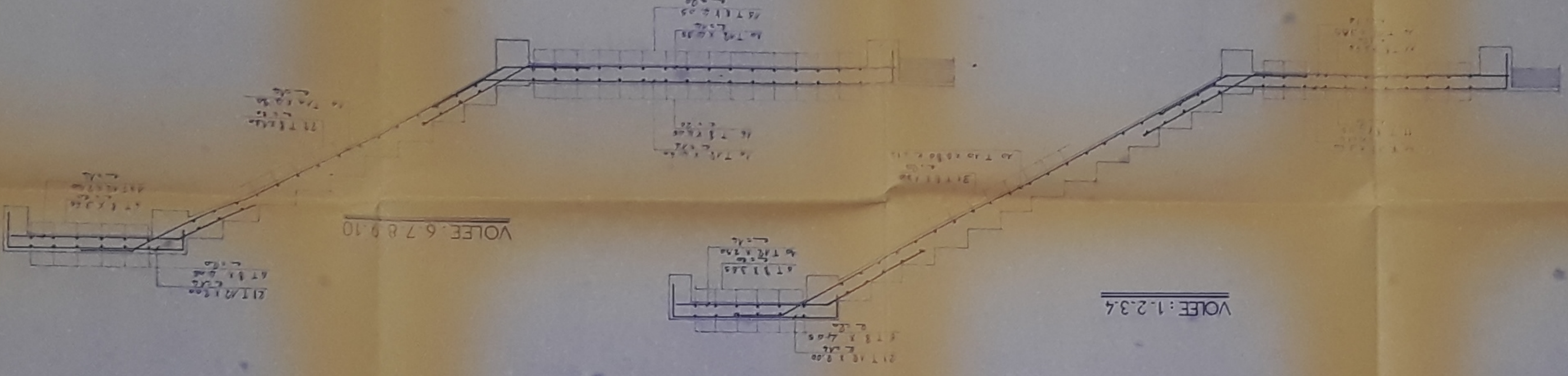
Ordre	Ø	Forme	Longueur	Surface	Poids
1	10		4.8	78.5	3.76
2	10		5.7	78.5	4.49
3	10		6.7	78.5	5.22
4	10		7.7	78.5	5.95
5	10		8.7	78.5	6.68
6	10		9.7	78.5	7.41
7	10		10.7	78.5	8.14
8	10		11.7	78.5	8.87
9	10		12.7	78.5	9.60
10	10		13.7	78.5	10.33
11	10		14.7	78.5	11.06
12	10		15.7	78.5	11.79
13	10		16.7	78.5	12.52
14	10		17.7	78.5	13.25
15	10		18.7	78.5	13.98
16	10		19.7	78.5	14.71
17	10		20.7	78.5	15.44
18	10		21.7	78.5	16.17
19	10		22.7	78.5	16.90
20	10		23.7	78.5	17.63

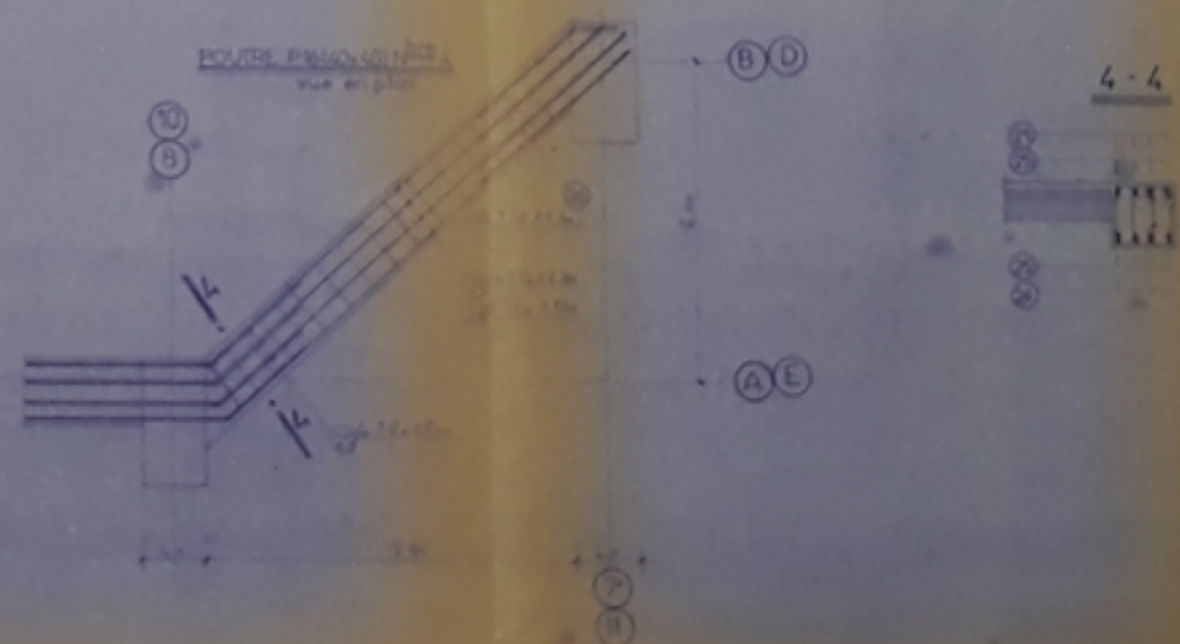
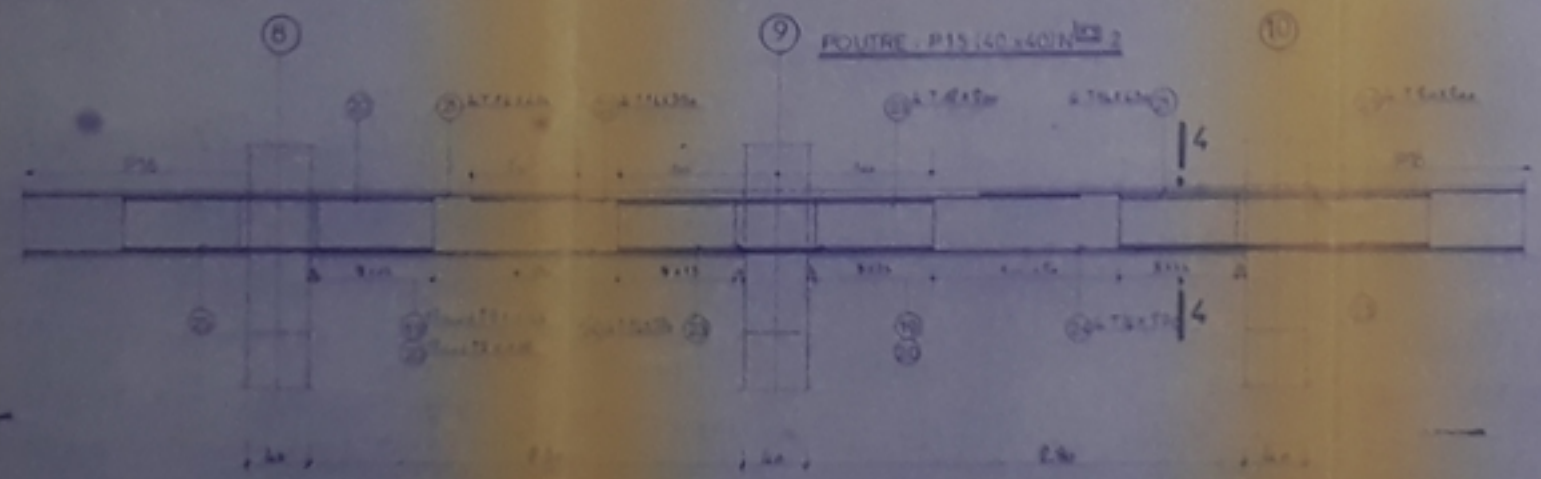
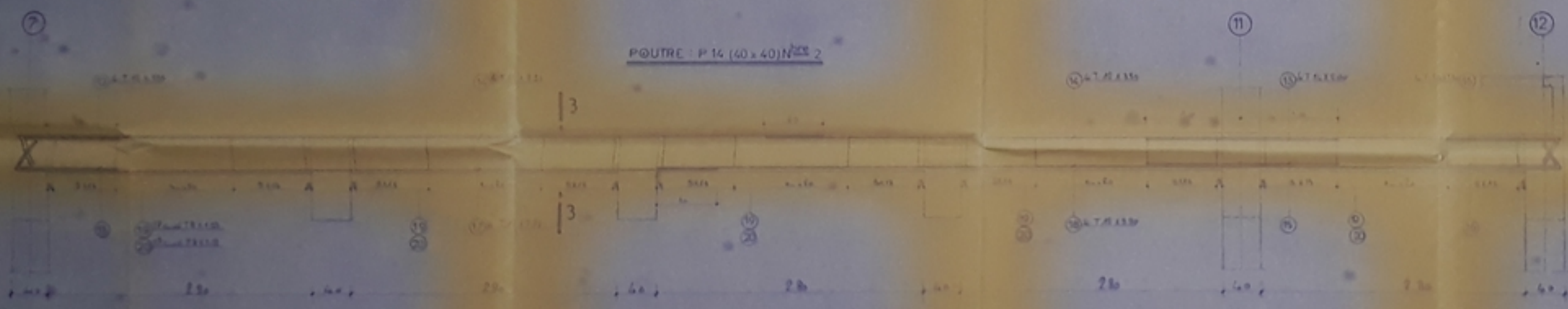
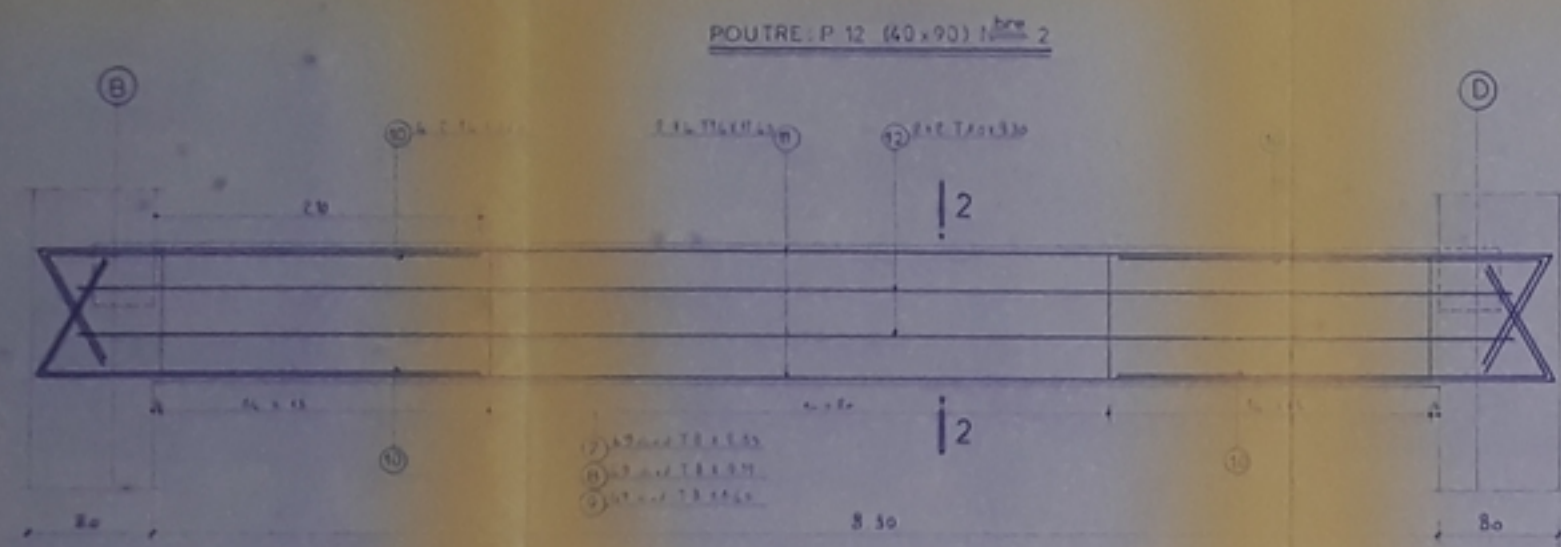
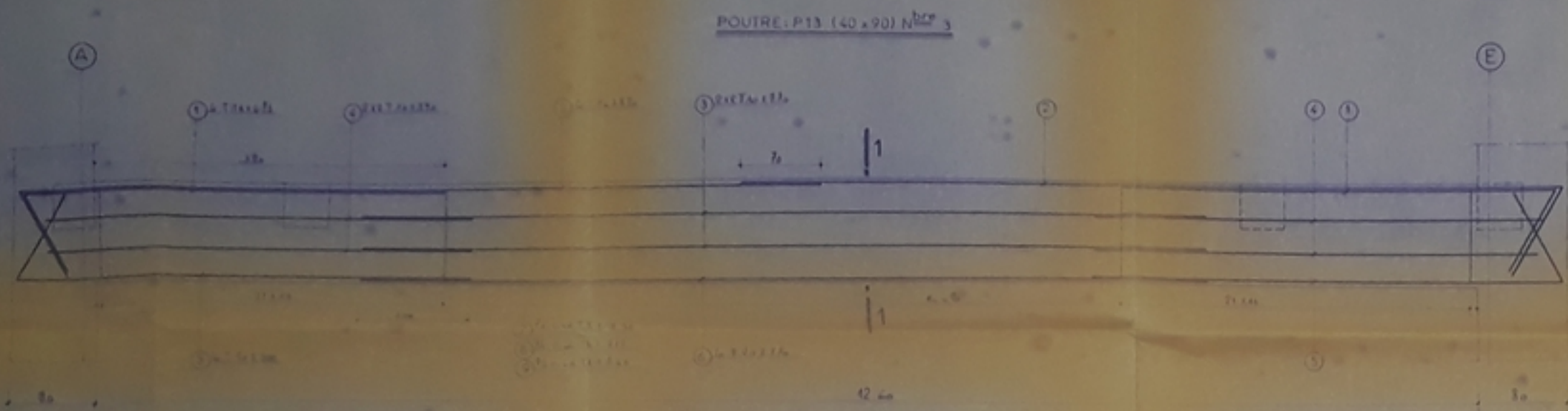


PB 043 77

UNIVERSITÉ		PROJET	
CENTRE CHEBREL		DEPARTMENT GENIE CIVIL	
PLAN ESCALIER		ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE	
DRESSE par	HAOUARINE M	PROJET	
DESINE par	LOUNAS B	DEPARTMENT GENIE CIVIL	
DIRIGE par	BLOUD H	ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE	
ECHAELLE 1/25		PROJET	
PROJECTION		PROJET	

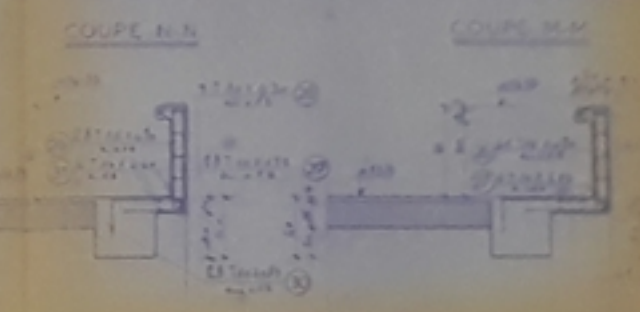
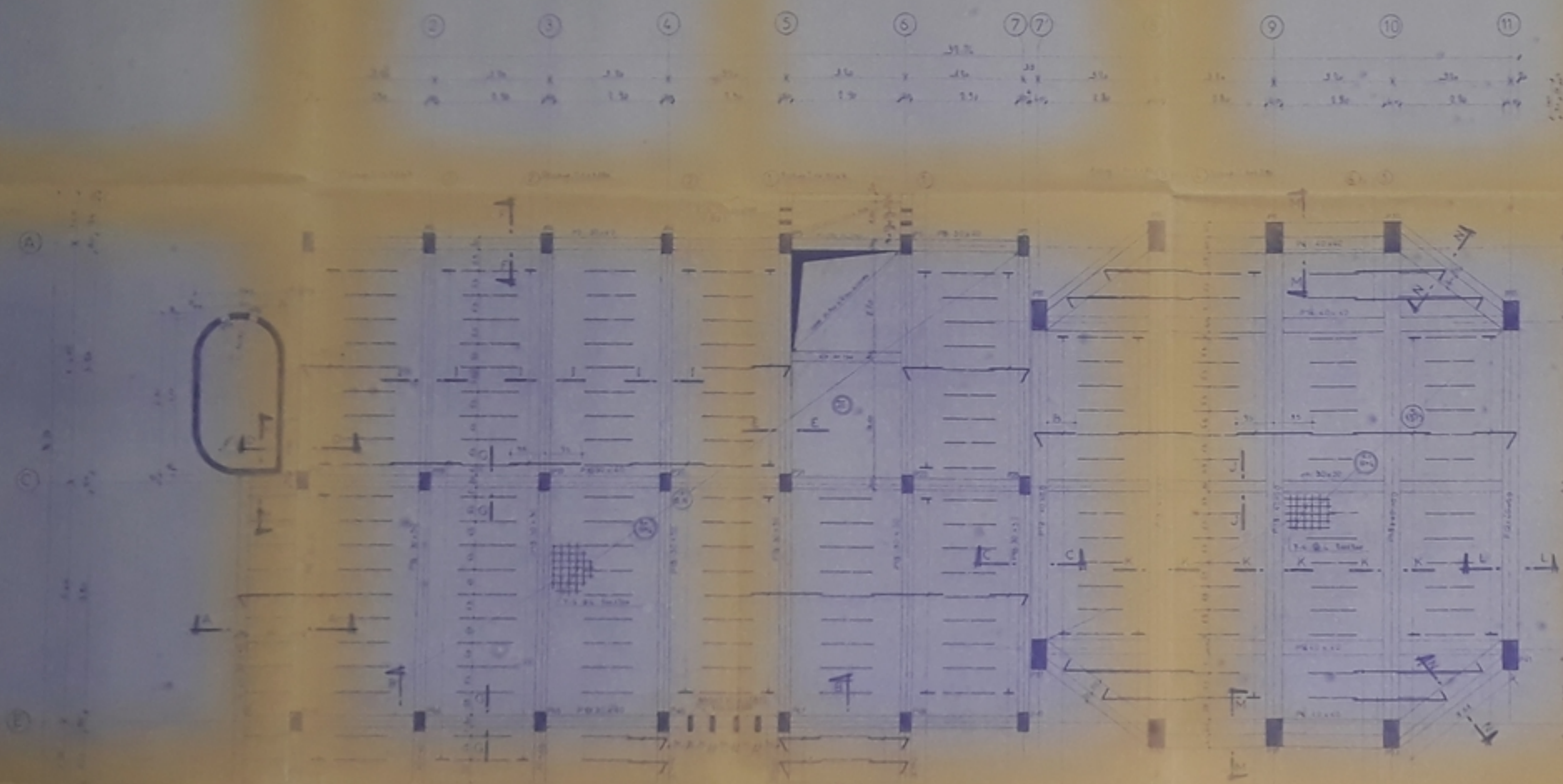
PB 01/83





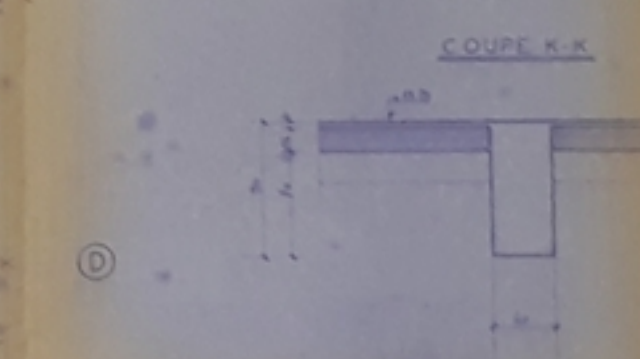
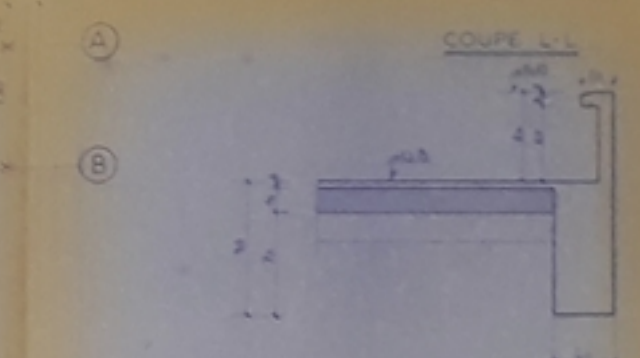
Row	Ø	Essai	Long	Long
1	16	16	24	16
2	16	16	24	16
3	16	16	24	16
4	16	16	24	16
5	16	16	24	16
6	16	16	24	16
7	16	16	24	16
8	16	16	24	16
9	16	16	24	16
10	16	16	24	16
11	16	16	24	16
12	16	16	24	16
13	16	16	24	16
14	16	16	24	16
15	16	16	24	16
16	16	16	24	16
17	16	16	24	16
18	16	16	24	16
19	16	16	24	16
20	16	16	24	16
21	16	16	24	16
22	16	16	24	16
23	16	16	24	16
24	16	16	24	16
25	16	16	24	16
26	16	16	24	16
27	16	16	24	16
28	16	16	24	16
29	16	16	24	16
30	16	16	24	16

PB 042



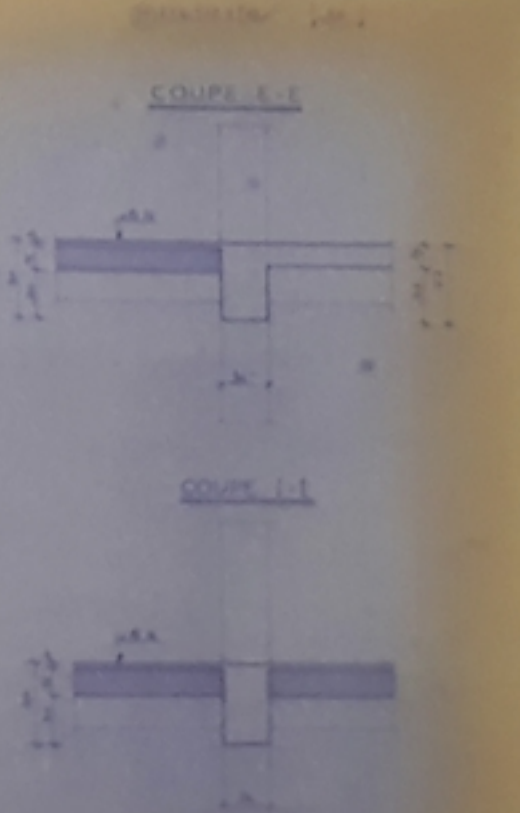
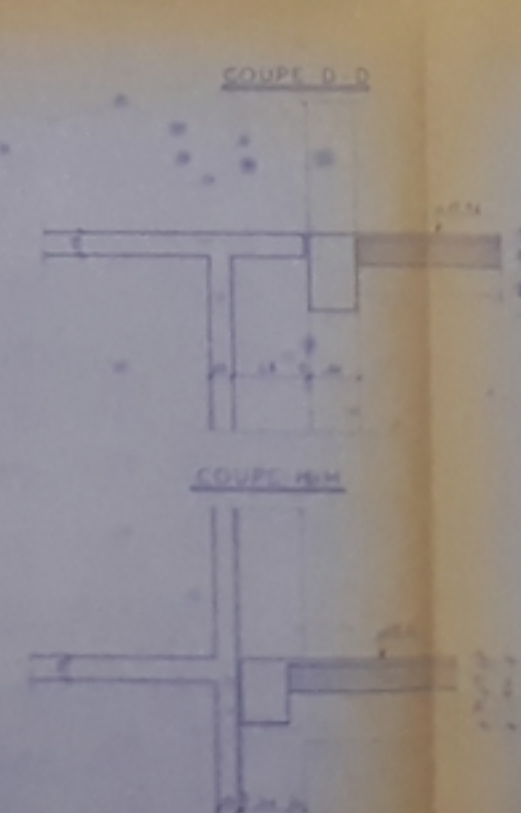
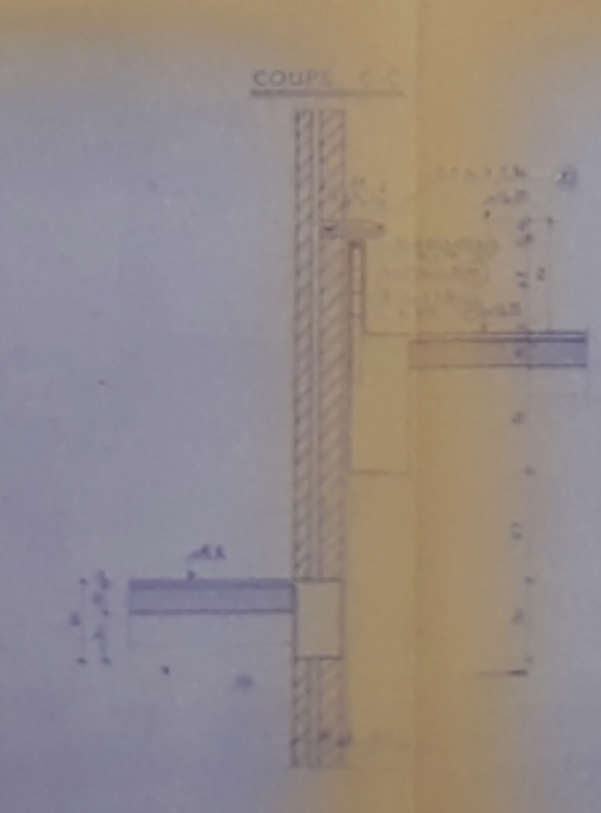
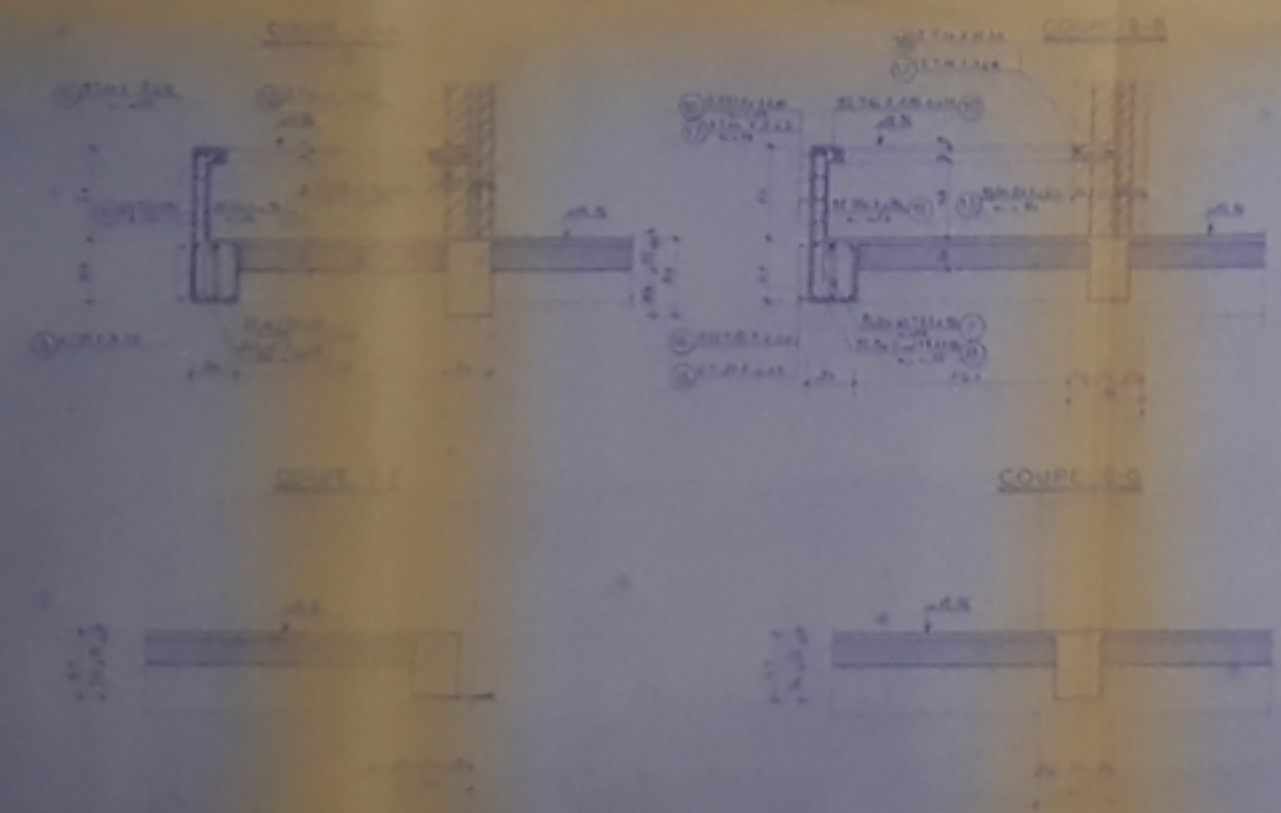
NUMÉRIQUE DES ACIERS

NO	Ø	PROFOND	NO	PROFOND	NO
1	10	10	11	10	10
2	10	10	12	10	10
3	10	10	13	10	10
4	10	10	14	10	10
5	10	10	15	10	10
6	10	10	16	10	10
7	10	10	17	10	10
8	10	10	18	10	10
9	10	10	19	10	10
10	10	10	20	10	10
11	10	10	21	10	10
12	10	10	22	10	10
13	10	10	23	10	10
14	10	10	24	10	10
15	10	10	25	10	10
16	10	10	26	10	10
17	10	10	27	10	10
18	10	10	28	10	10
19	10	10	29	10	10
20	10	10	30	10	10
21	10	10	31	10	10
22	10	10	32	10	10
23	10	10	33	10	10
24	10	10	34	10	10
25	10	10	35	10	10
26	10	10	36	10	10
27	10	10	37	10	10
28	10	10	38	10	10
29	10	10	39	10	10
30	10	10	40	10	10

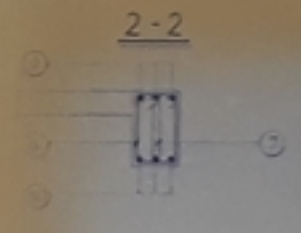
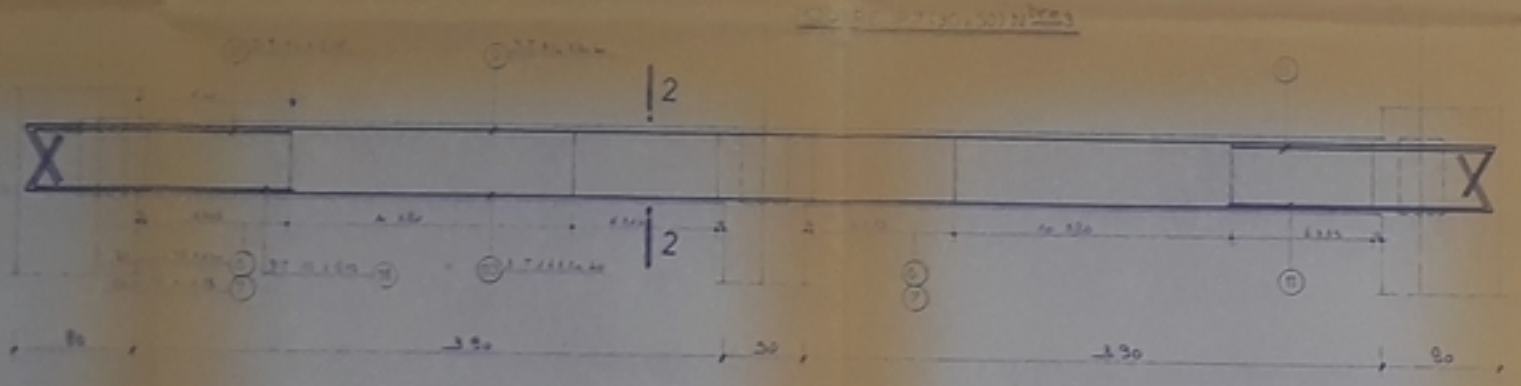
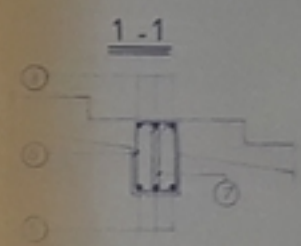
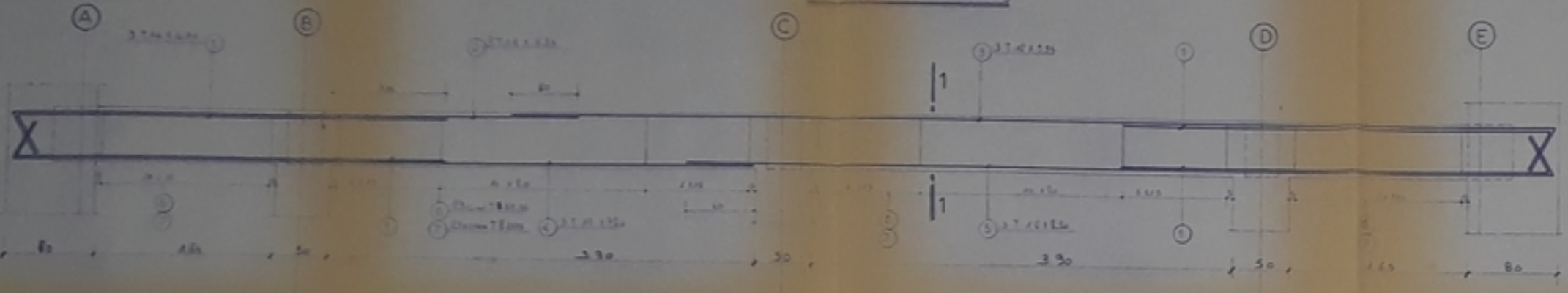


NUMÉRIQUE DES ACIERS

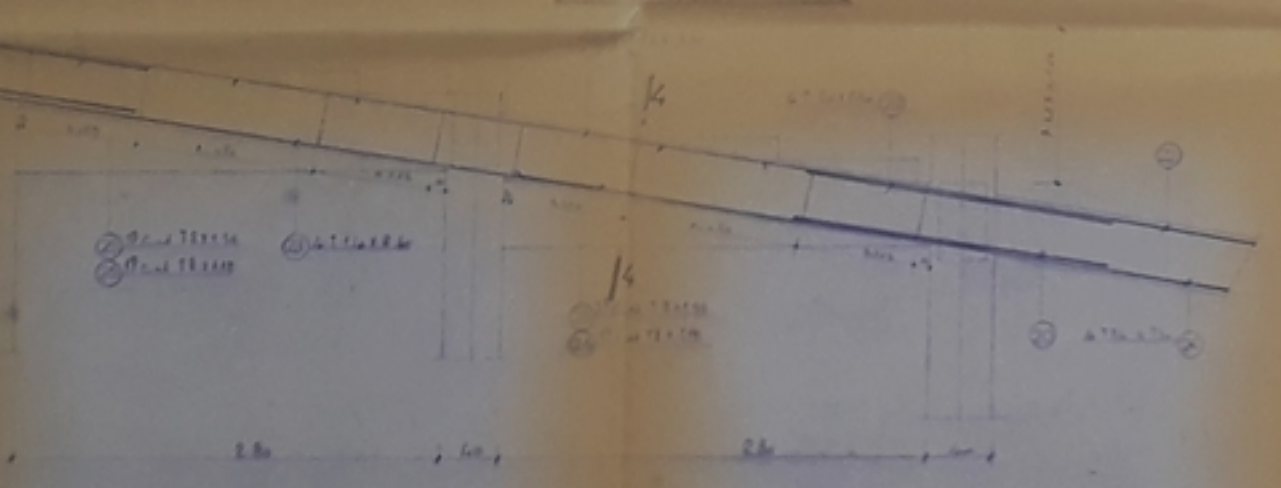
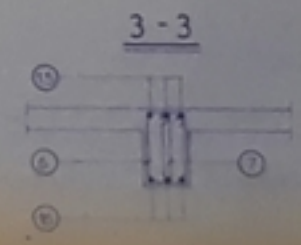
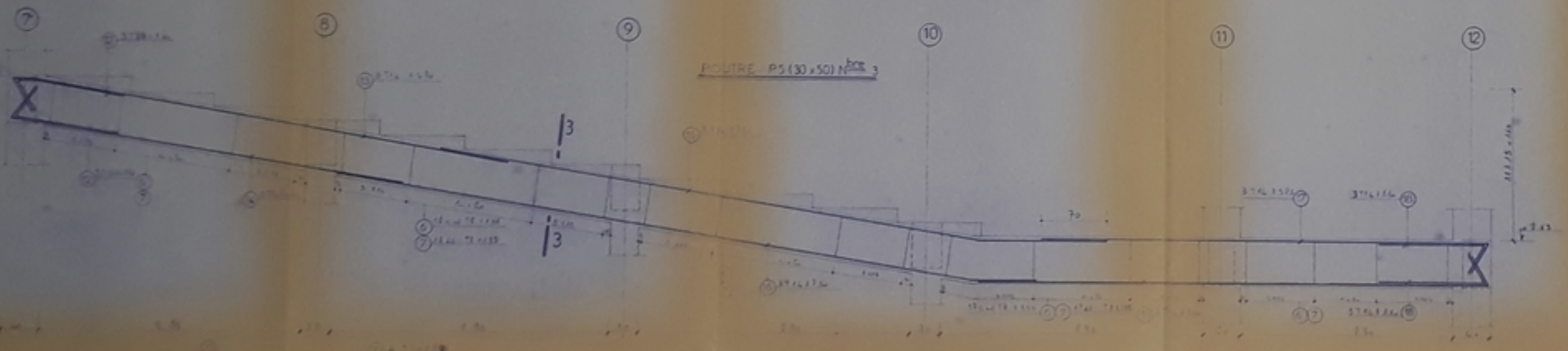
1	10	10	11	10	10
2	10	10	12	10	10
3	10	10	13	10	10
4	10	10	14	10	10
5	10	10	15	10	10
6	10	10	16	10	10
7	10	10	17	10	10
8	10	10	18	10	10
9	10	10	19	10	10
10	10	10	20	10	10
11	10	10	21	10	10
12	10	10	22	10	10
13	10	10	23	10	10
14	10	10	24	10	10
15	10	10	25	10	10
16	10	10	26	10	10
17	10	10	27	10	10
18	10	10	28	10	10
19	10	10	29	10	10
20	10	10	30	10	10
21	10	10	31	10	10
22	10	10	32	10	10
23	10	10	33	10	10
24	10	10	34	10	10
25	10	10	35	10	10
26	10	10	36	10	10
27	10	10	37	10	10
28	10	10	38	10	10
29	10	10	39	10	10
30	10	10	40	10	10



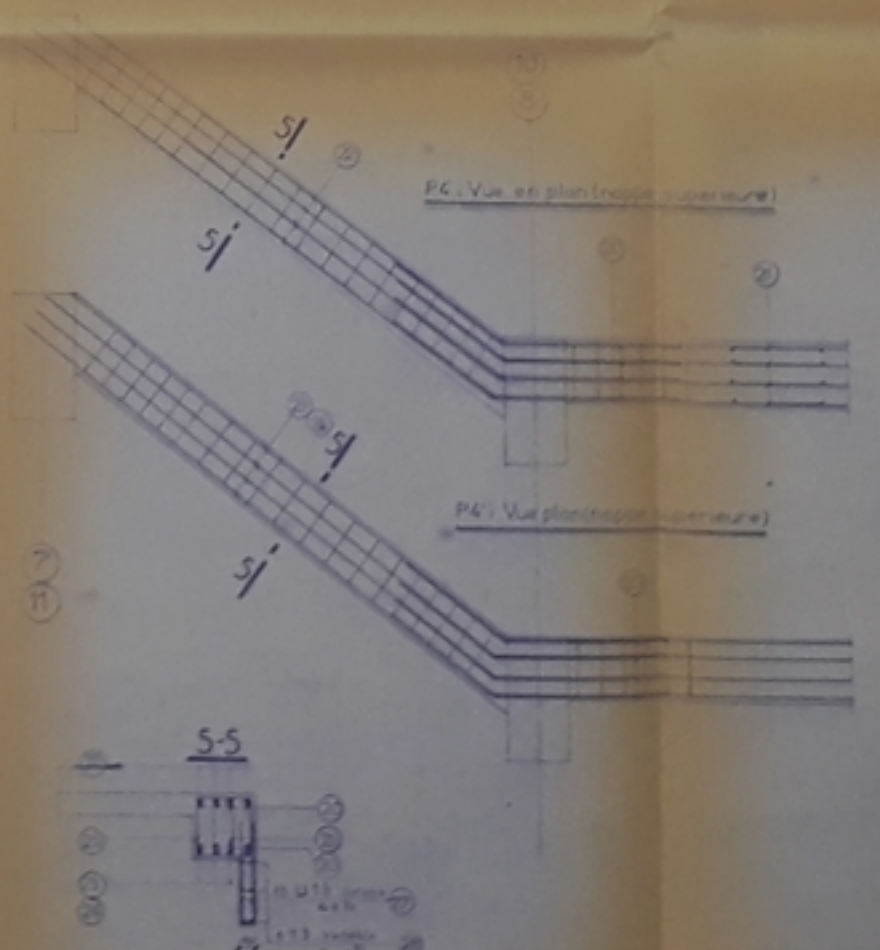
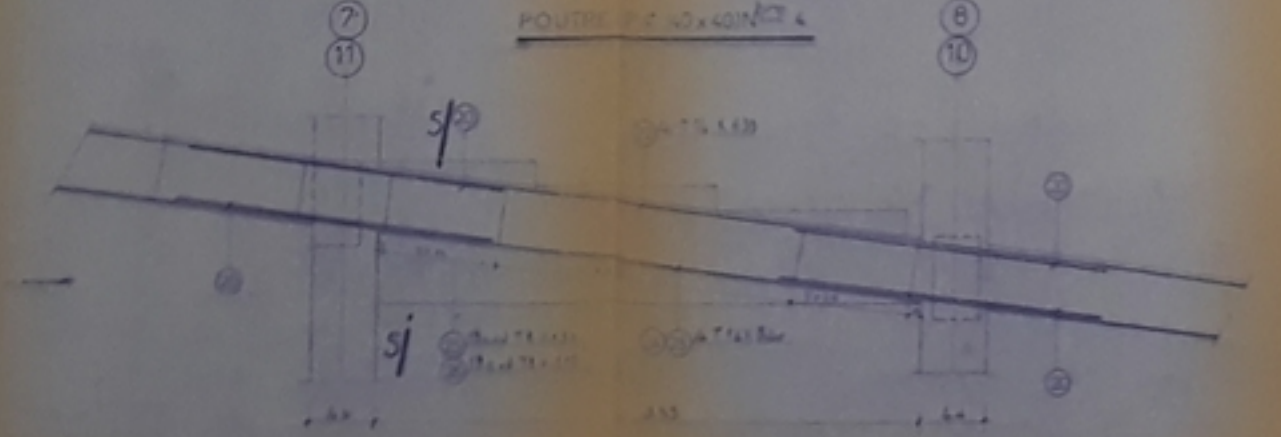
POIVRE P6 (30 x 50) N° 3



POIVRE P5 (30 x 50) N° 3

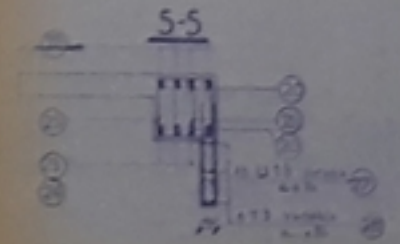
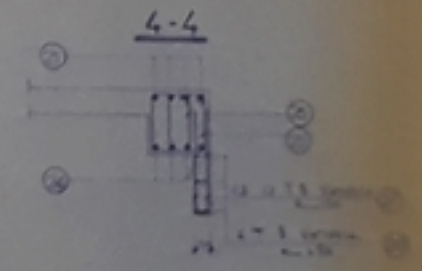


POIVRE P3 (30 x 50) N° 4



P4, Vue en plan (tracé supérieur)

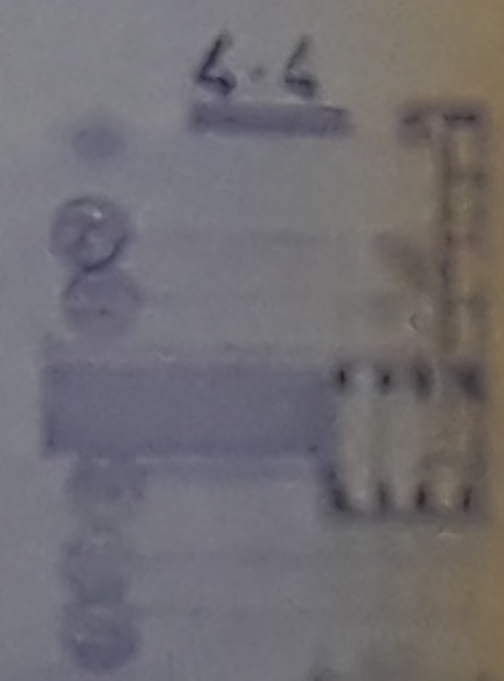
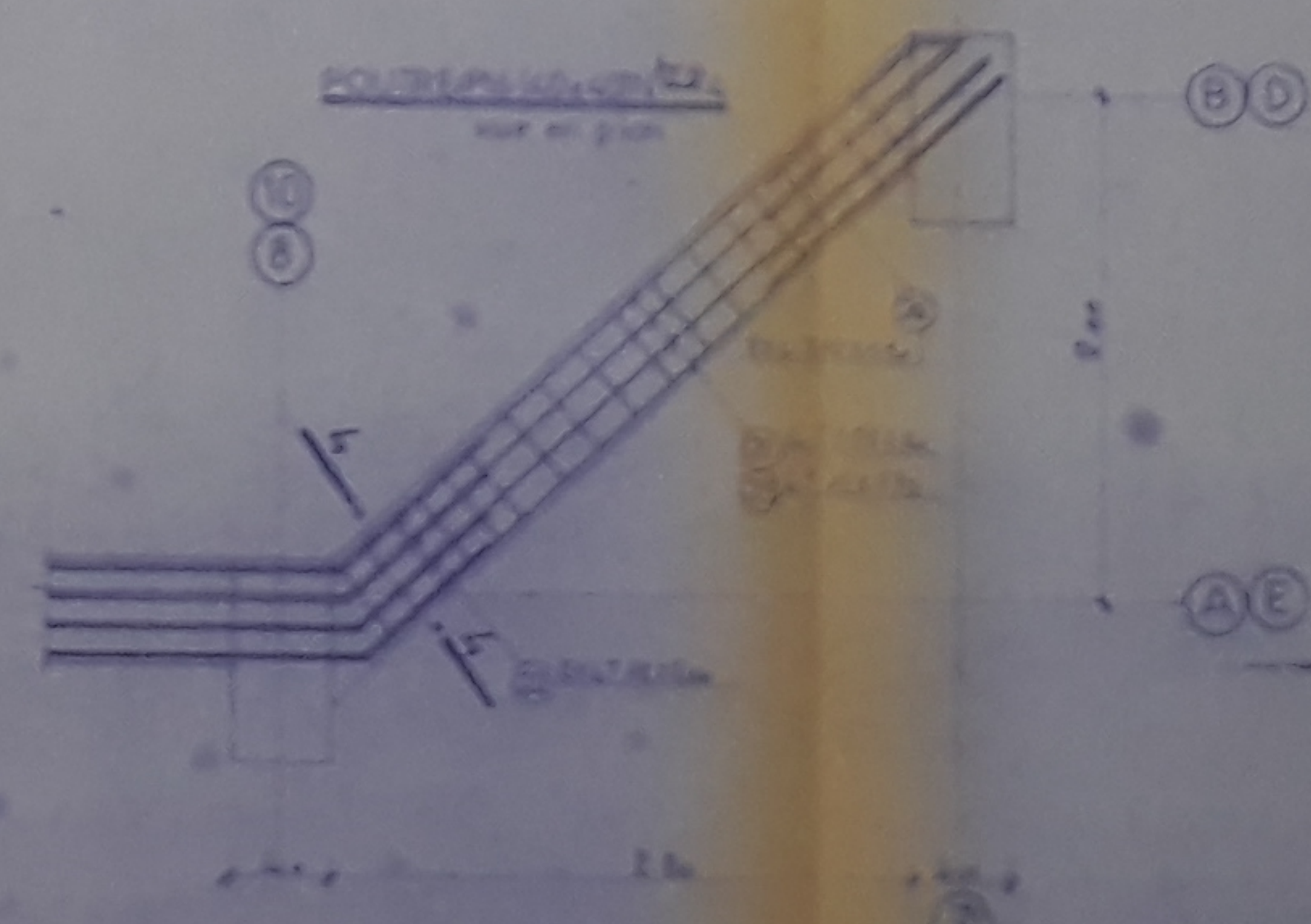
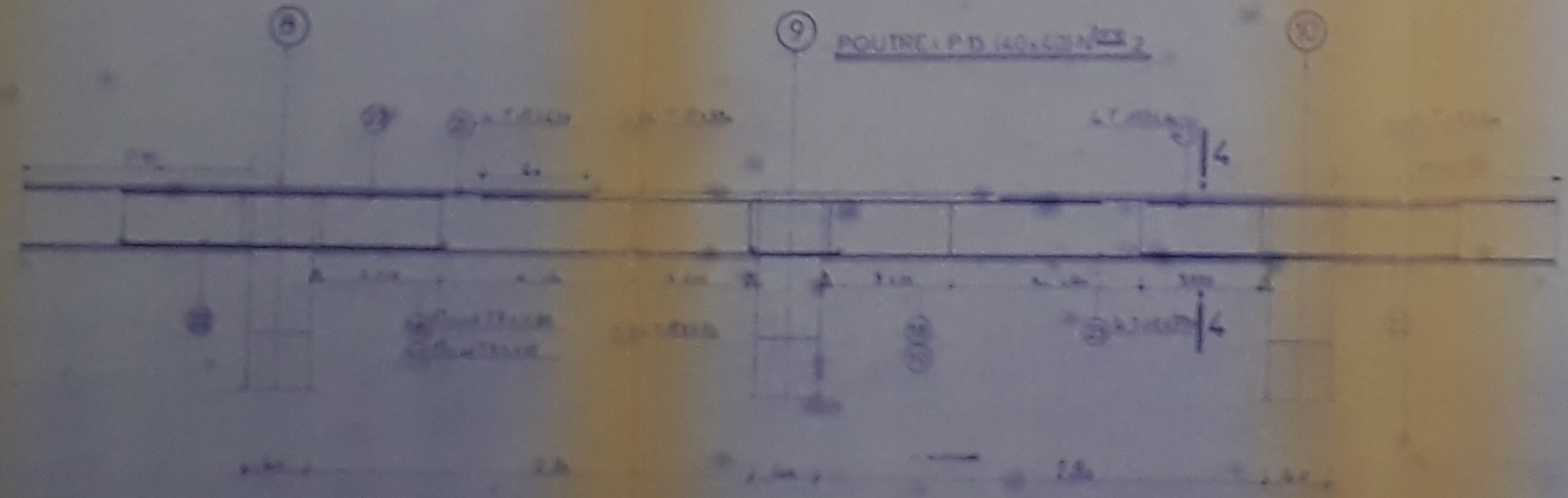
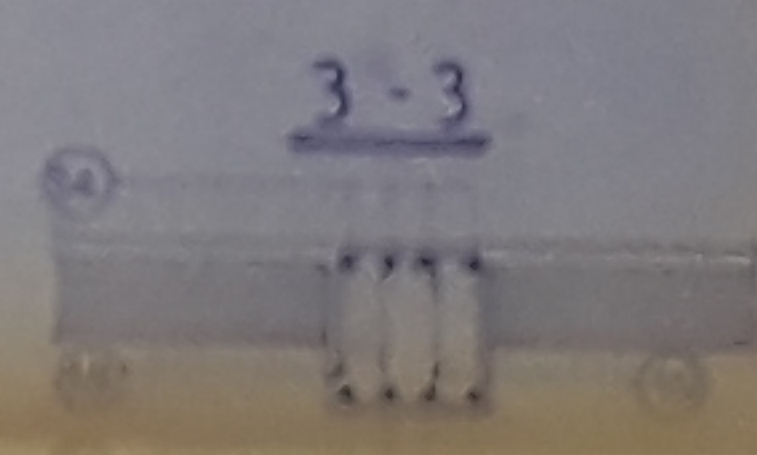
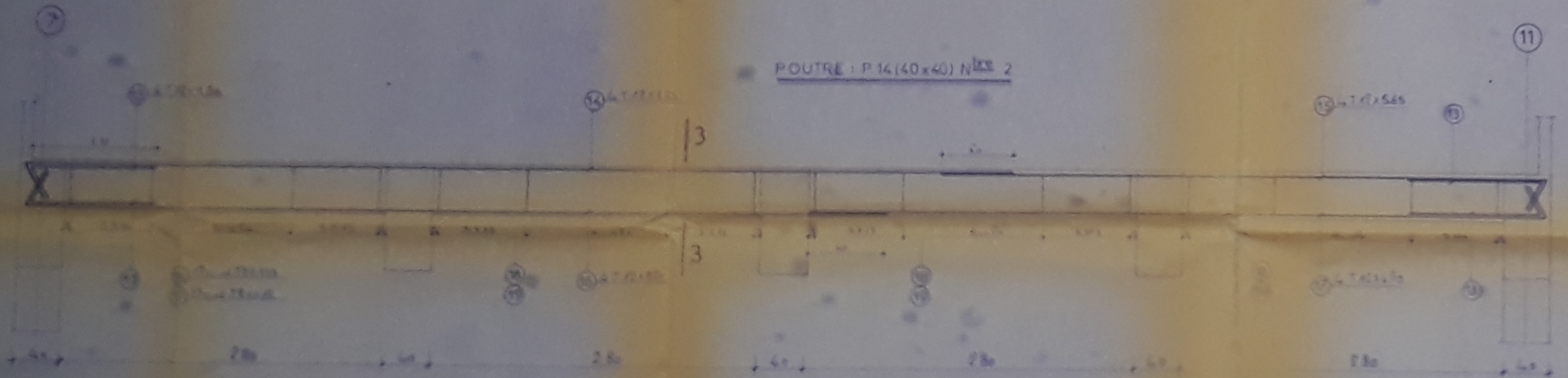
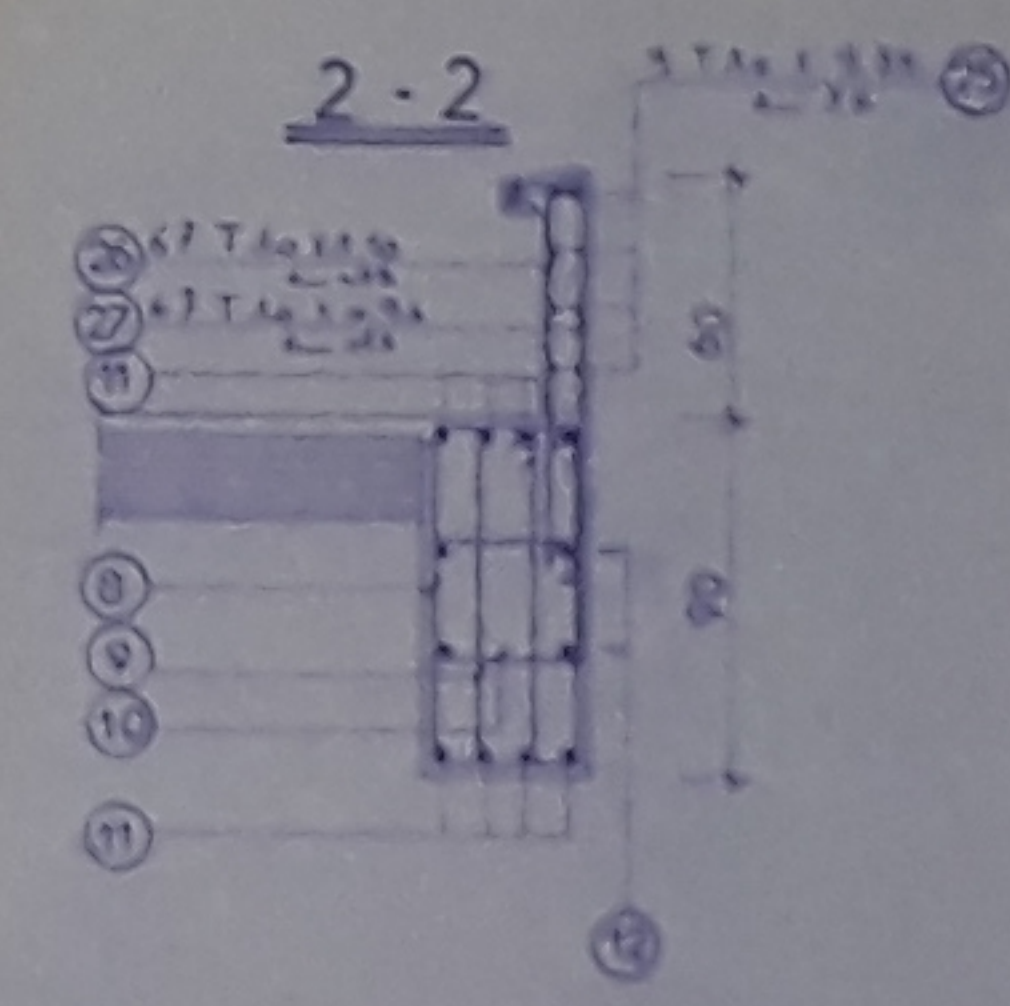
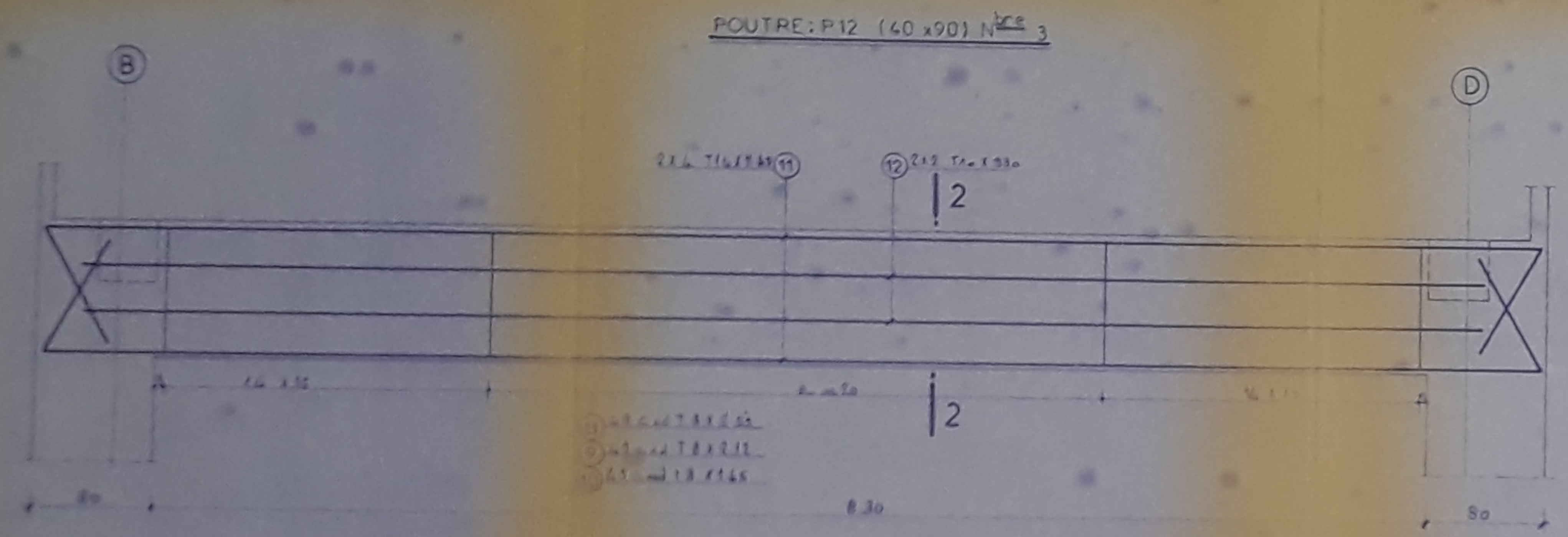
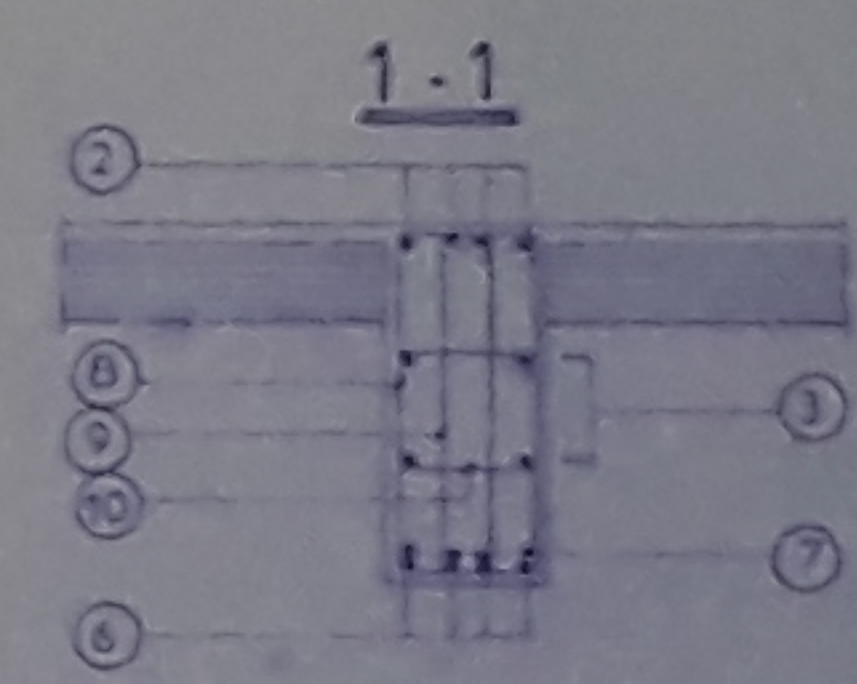
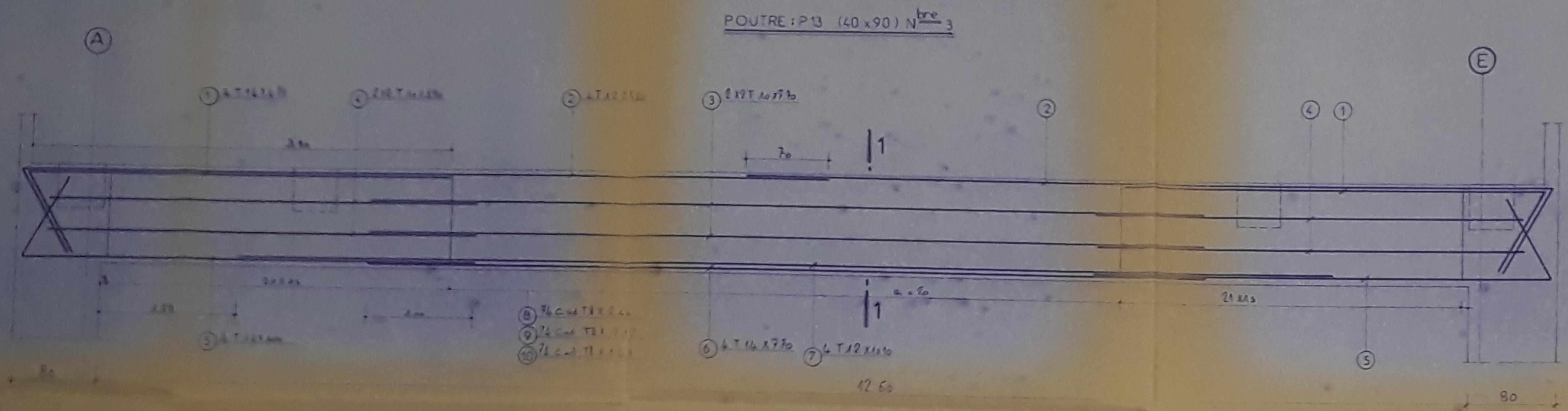
P4, Vue en plan (tracé inférieur)



NOMENCLATURE DES ACIERS

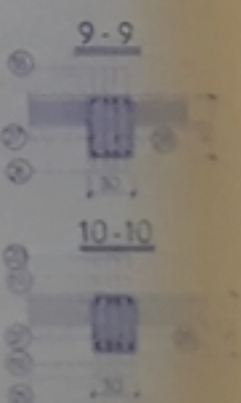
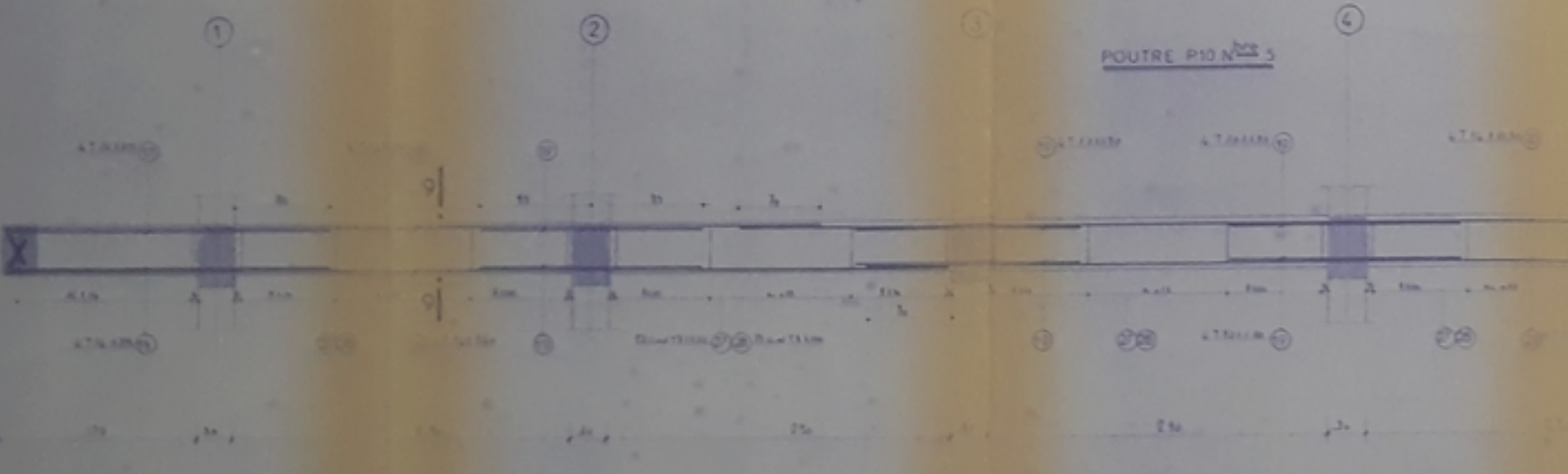
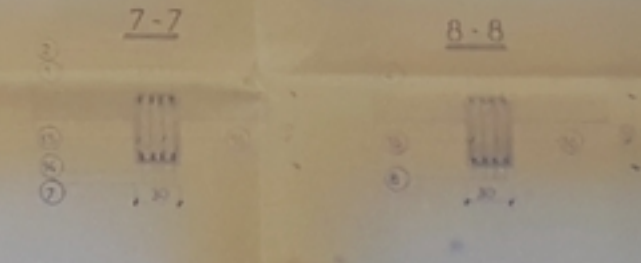
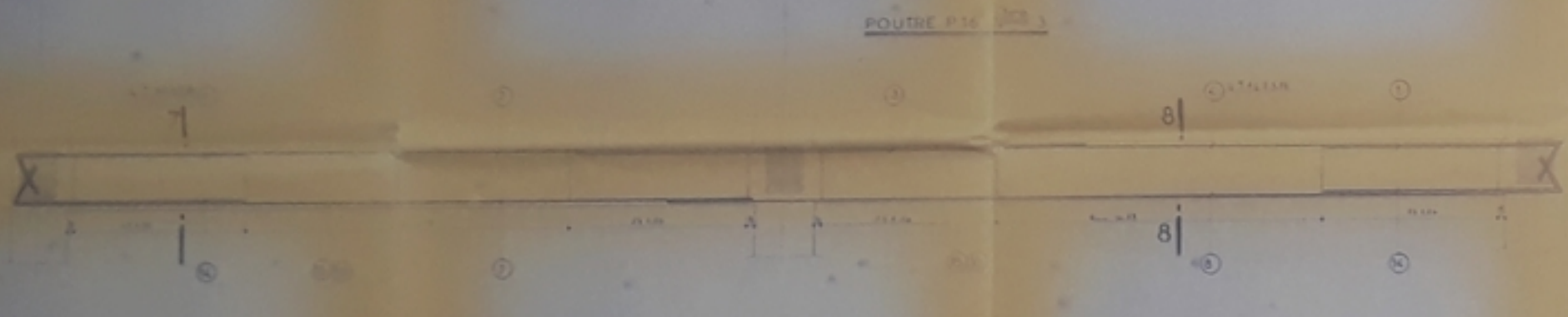
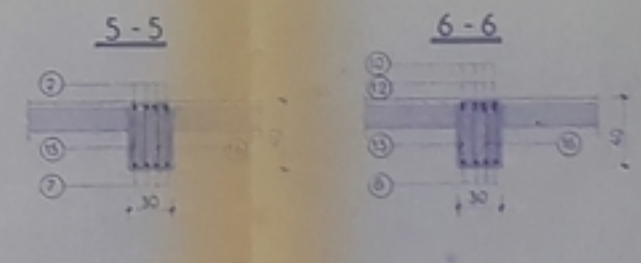
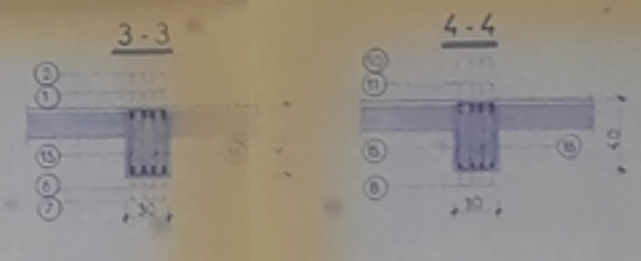
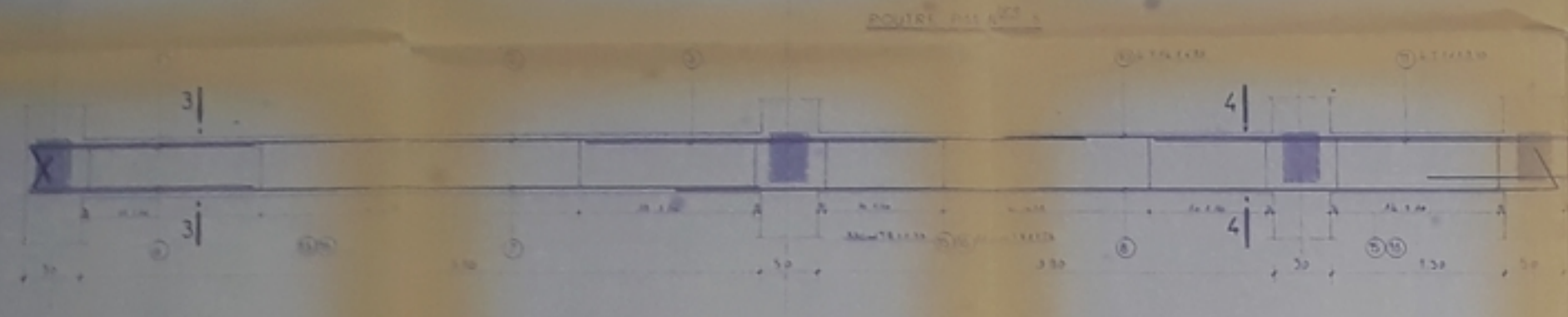
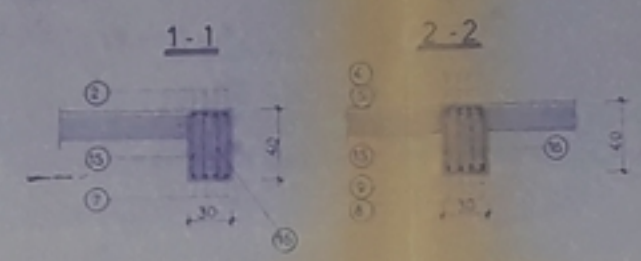
N°	Longueur	Ø	Longueur	Longueur
1	3.30	10	3.30	3.30
2	3.30	10	3.30	3.30
3	3.30	10	3.30	3.30
4	3.30	10	3.30	3.30
5	3.30	10	3.30	3.30
6	3.30	10	3.30	3.30
7	3.30	10	3.30	3.30
8	3.30	10	3.30	3.30
9	3.30	10	3.30	3.30
10	3.30	10	3.30	3.30
11	3.30	10	3.30	3.30
12	3.30	10	3.30	3.30
13	3.30	10	3.30	3.30
14	3.30	10	3.30	3.30
15	3.30	10	3.30	3.30
16	3.30	10	3.30	3.30
17	3.30	10	3.30	3.30
18	3.30	10	3.30	3.30
19	3.30	10	3.30	3.30
20	3.30	10	3.30	3.30
21	3.30	10	3.30	3.30
22	3.30	10	3.30	3.30
23	3.30	10	3.30	3.30
24	3.30	10	3.30	3.30
25	3.30	10	3.30	3.30
26	3.30	10	3.30	3.30
27	3.30	10	3.30	3.30
28	3.30	10	3.30	3.30
29	3.30	10	3.30	3.30
30	3.30	10	3.30	3.30

PB 0425
-6-



NOMENCLATURE DES ACIERS

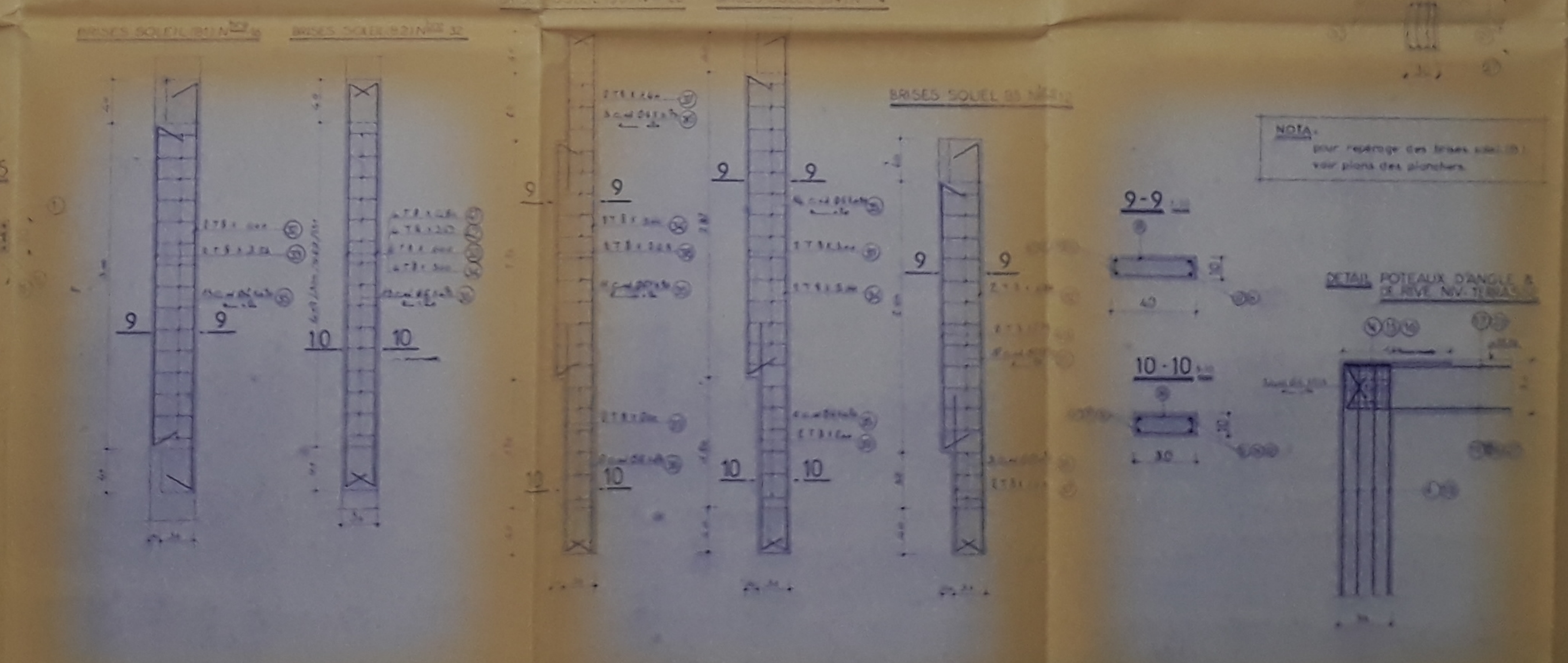
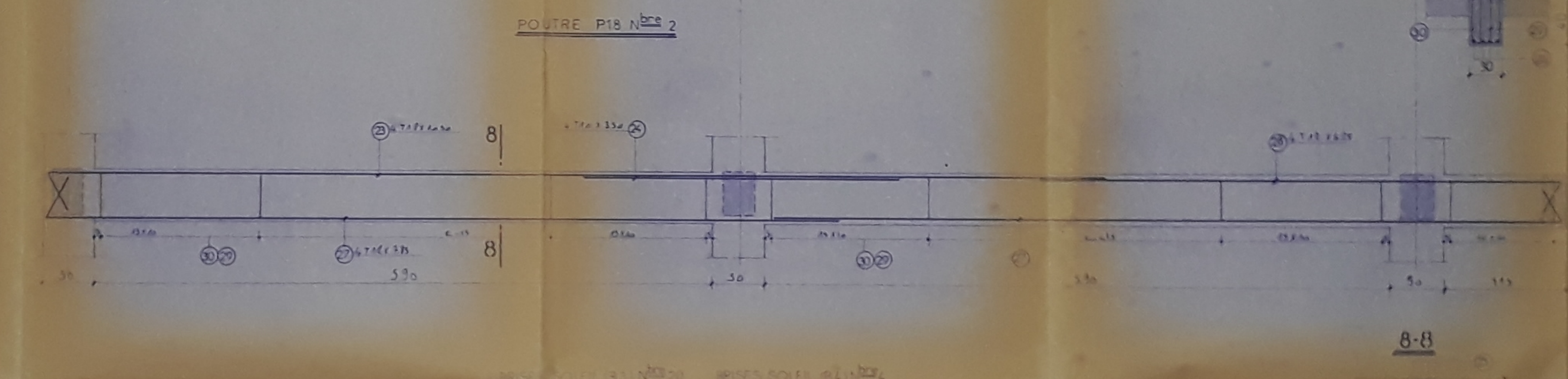
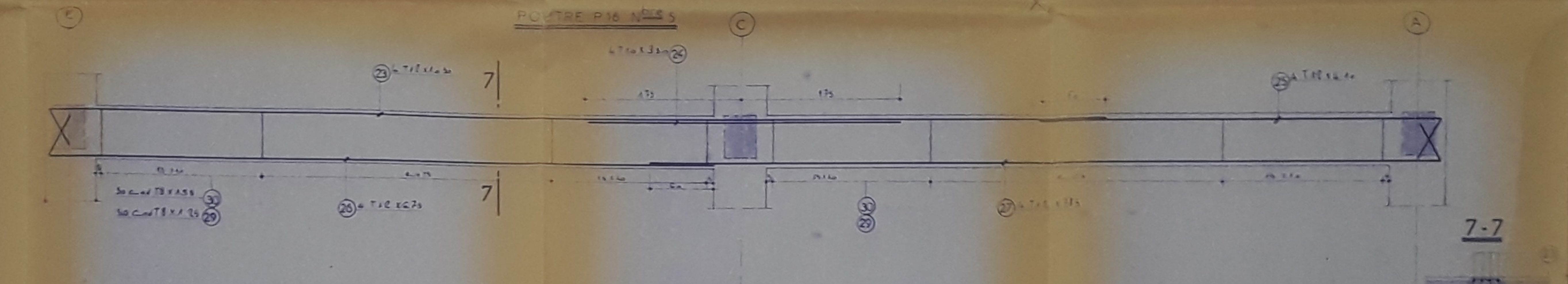
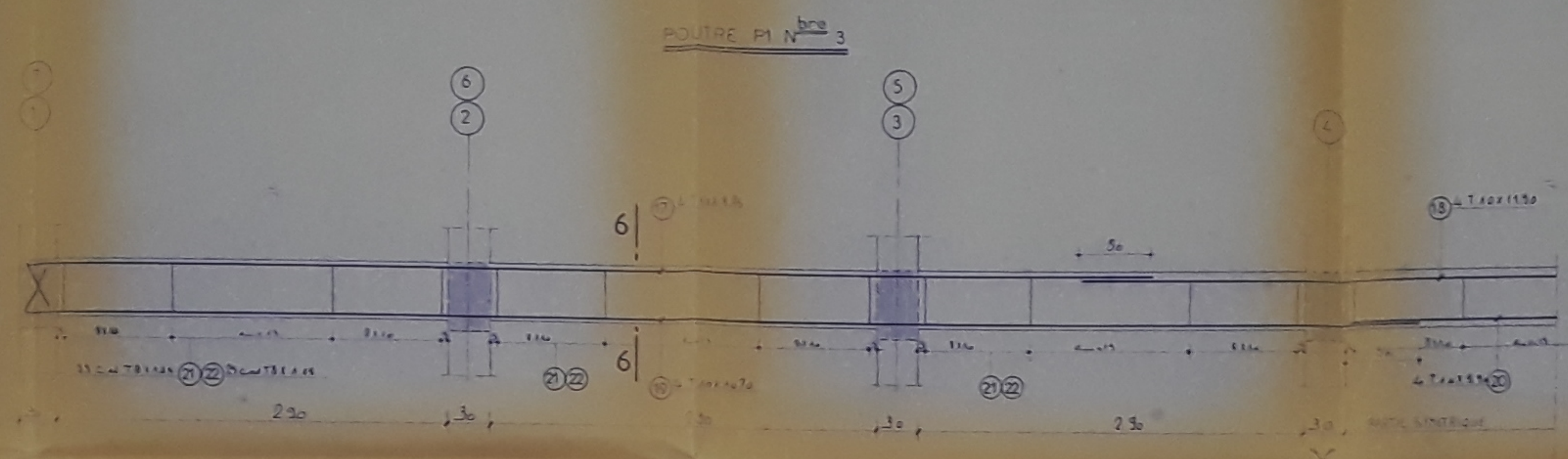
Ordre	Quantité	Section	Longueur	Poids
1	76	...	24	4.13
2	76	...	24	4.13
3	710	...	11	7.70
4	76	...	76	5.70
5	76	...	76	5.70
6	76	...	12	11.0
7	710	...	10	10.60
8	76	...	200	2.05
9	76	...	200	2.05
10	76	...	200	2.05
11	76	...	200	2.05
12	710	...	10	10.60
13	710	...	10	10.60
14	710	...	10	10.60
15	710	...	10	10.60
16	710	...	10	10.60
17	710	...	10	10.60
18	710	...	10	10.60
19	710	...	10	10.60
20	710	...	10	10.60
21	710	...	10	10.60
22	710	...	10	10.60
23	710	...	10	10.60
24	710	...	10	10.60
25	710	...	10	10.60
26	710	...	10	10.60
27	710	...	10	10.60



NOTATION DES ACIERS

Pos.	Longueur	Ø	Long. dévolop.	Long. dévolop.
1	1.50	10	3.14	3.14
2	1.50	10	3.14	3.14
3	1.50	10	3.14	3.14
4	1.50	10	3.14	3.14
5	1.50	10	3.14	3.14
6	1.50	10	3.14	3.14
7	1.50	10	3.14	3.14
8	1.50	10	3.14	3.14
9	1.50	10	3.14	3.14
10	1.50	10	3.14	3.14
11	1.50	10	3.14	3.14
12	1.50	10	3.14	3.14
13	1.50	10	3.14	3.14
14	1.50	10	3.14	3.14
15	1.50	10	3.14	3.14
16	1.50	10	3.14	3.14
17	1.50	10	3.14	3.14
18	1.50	10	3.14	3.14
19	1.50	10	3.14	3.14
20	1.50	10	3.14	3.14
21	1.50	10	3.14	3.14
22	1.50	10	3.14	3.14
23	1.50	10	3.14	3.14
24	1.50	10	3.14	3.14
25	1.50	10	3.14	3.14
26	1.50	10	3.14	3.14
27	1.50	10	3.14	3.14
28	1.50	10	3.14	3.14
29	1.50	10	3.14	3.14
30	1.50	10	3.14	3.14

POTEAU: P1-P2-P3-P4-P5-P6-P7-P8-P9-P10
 P11-P12-P13-P14-P15-P16-P17-P18-P19-P20

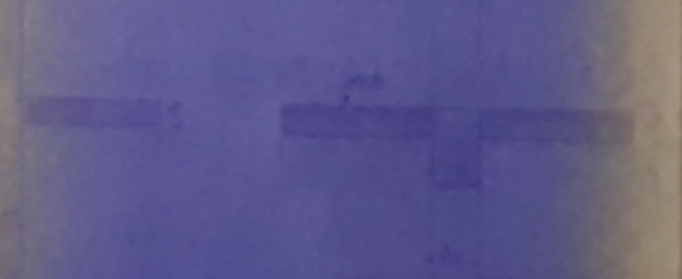
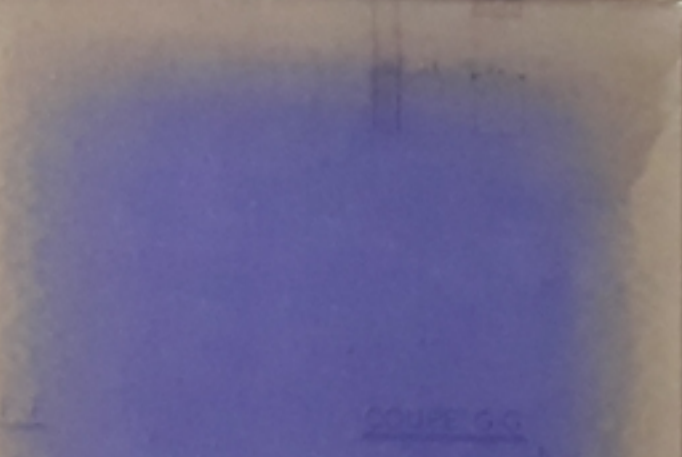
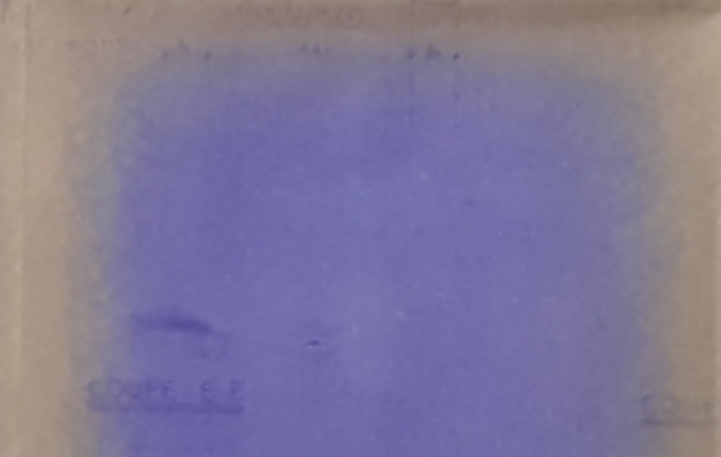
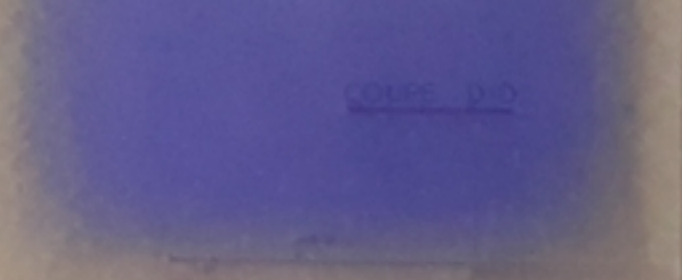
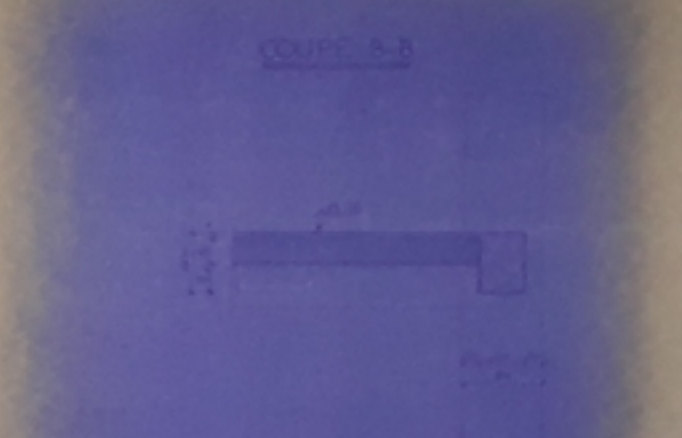
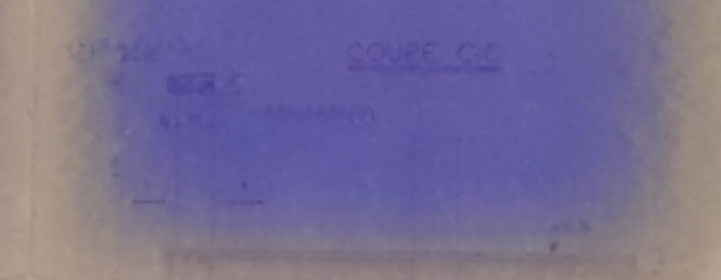
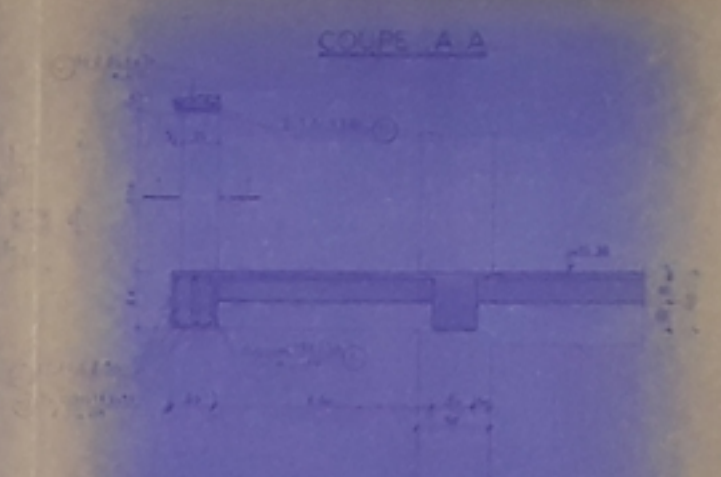
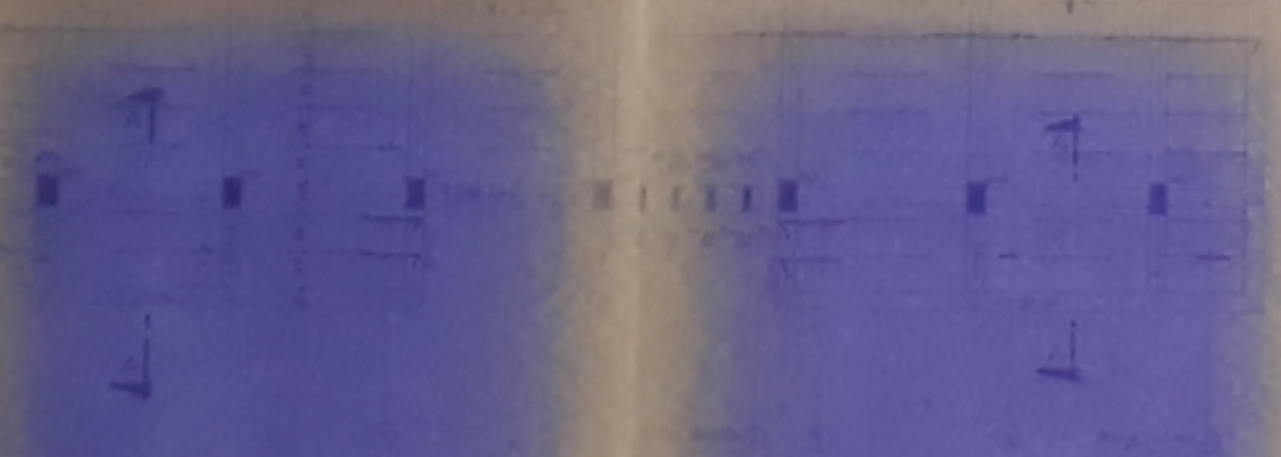
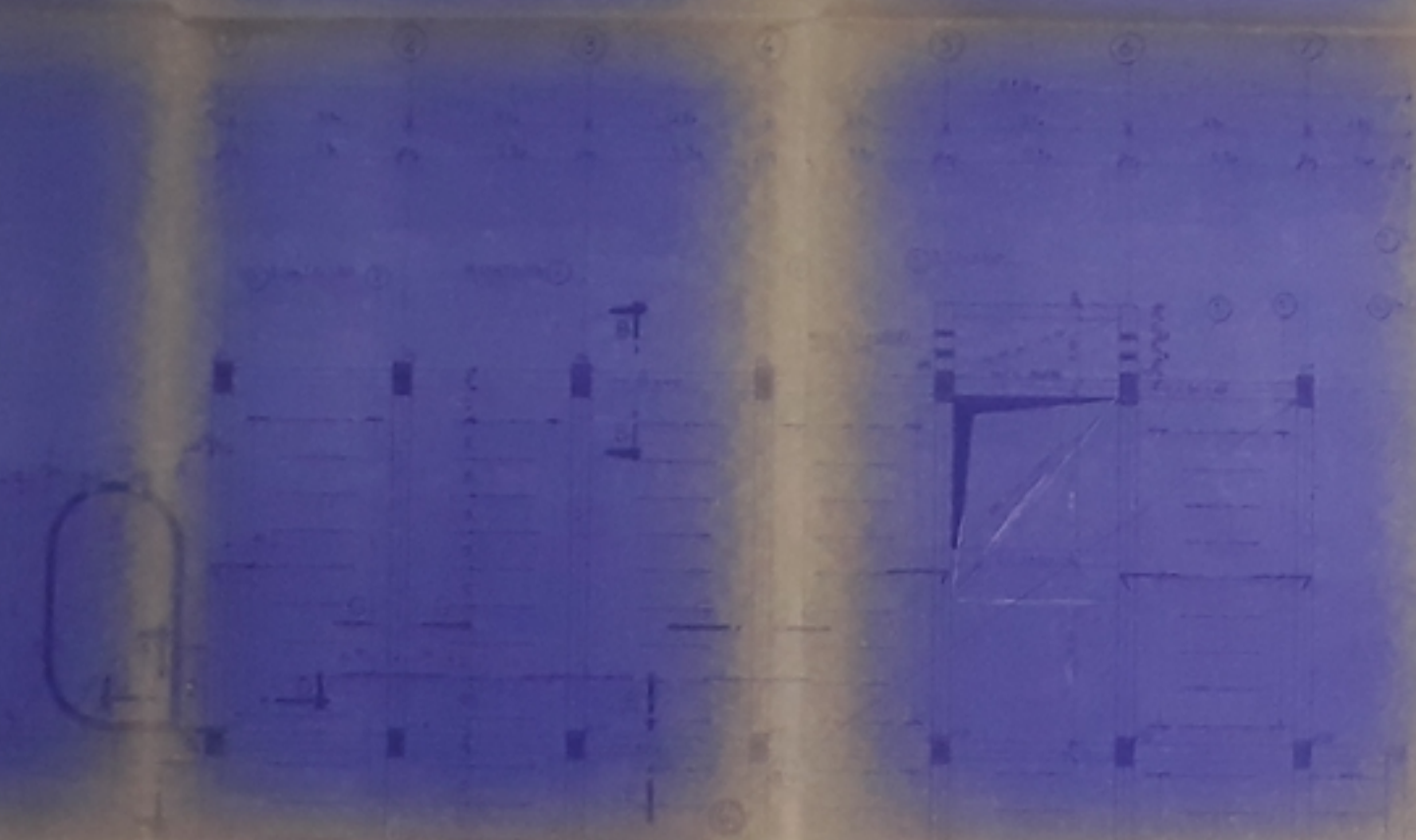


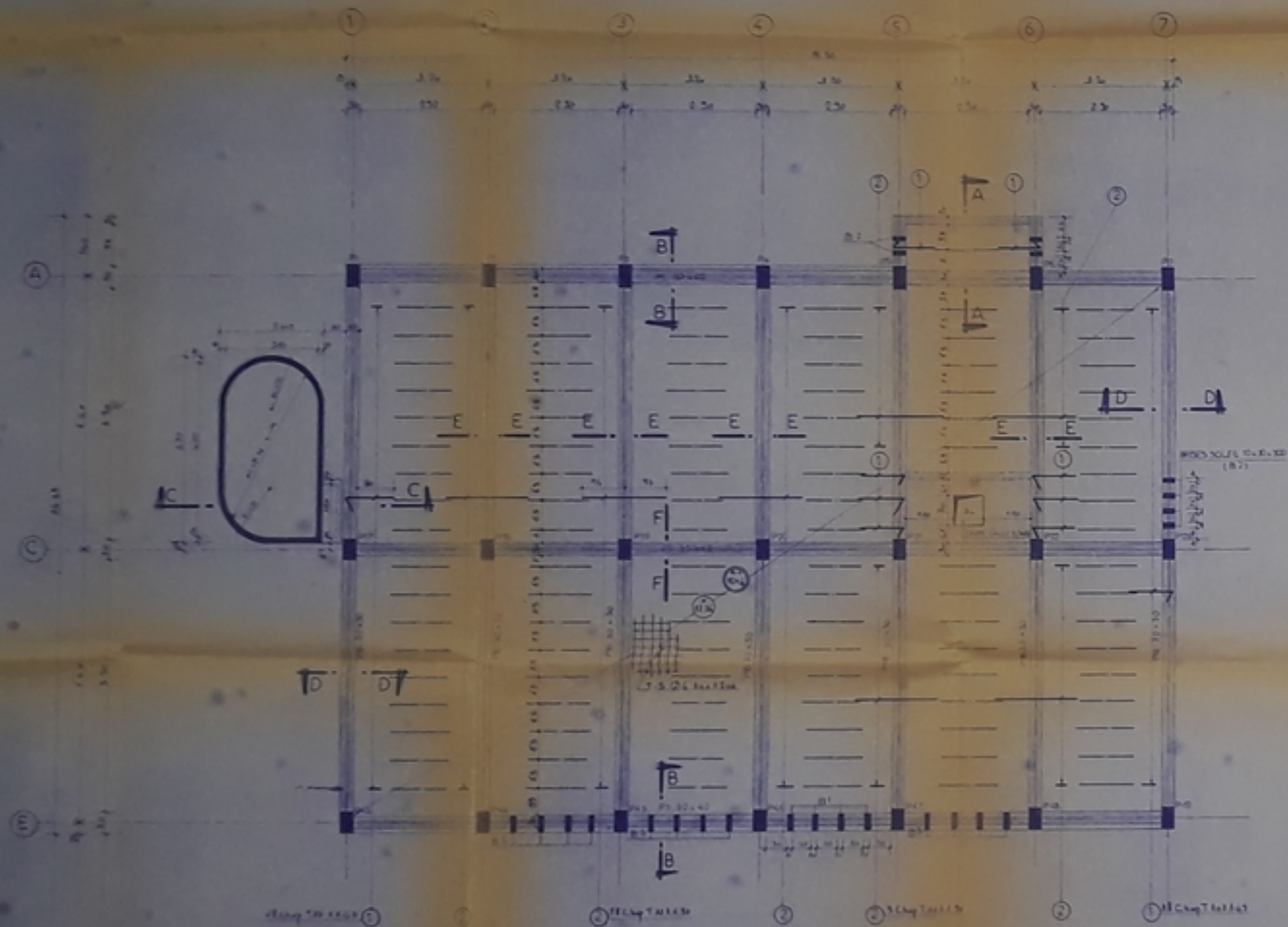
ENCLATURE DES ACIERS

N°	Rep	Q	Faconnage	long. utile	long. total
37	1	10a			
38	1	10a			
39	2	10a			
40	3	10a			
41	4	10a			
42	5	10a			
43	6	10a			
44	7	10a			
45	8	10a			
46	9	10a			
47	10	10a			
48	11	10a			
49	12	10a			
50	13	10a			
51	14	10a			
52	15	10a			
53	16	10a			
54	17	10a			
55	18	10a			
56	19	10a			
57	20	10a			
58	21	10a			
59	22	10a			
60	23	10a			
61	24	10a			
62	25	10a			
63	26	10a			
64	27	10a			
65	28	10a			
66	29	10a			
67	30	10a			
68	31	10a			
69	32	10a			
70	33	10a			
71	34	10a			
72	35	10a			
73	36	10a			
74	37	10a			
75	38	10a			
76	39	10a			
77	40	10a			
78	41	10a			
79	42	10a			
80	43	10a			
81	44	10a			
82	45	10a			
83	46	10a			
84	47	10a			
85	48	10a			
86	49	10a			
87	50	10a			

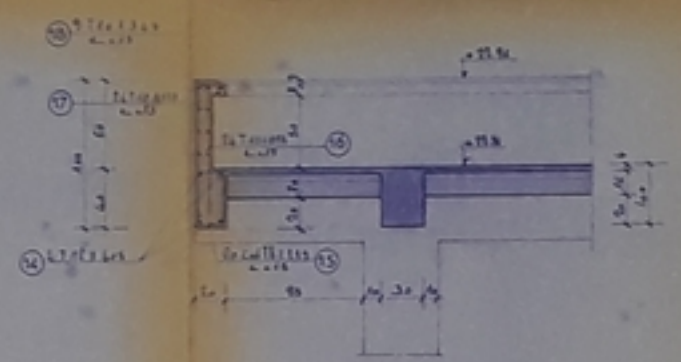
NOTA:
 pour repérage des brisés soleil, voir plans des planchers.

DETAIL POTEAU D'ANGLE A
 DE RIVE NV. TRAVAIL

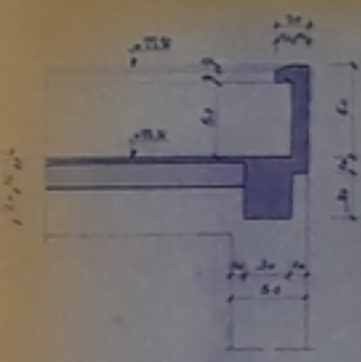




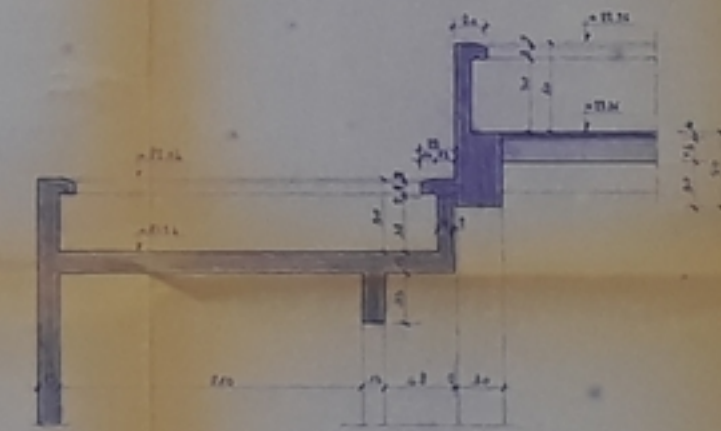
COUPE A-A



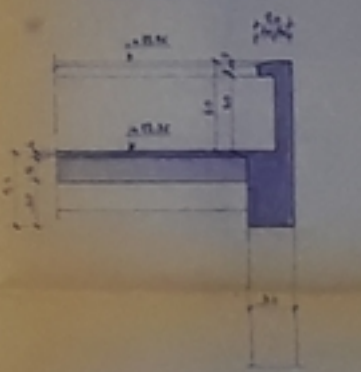
COUPE B-B



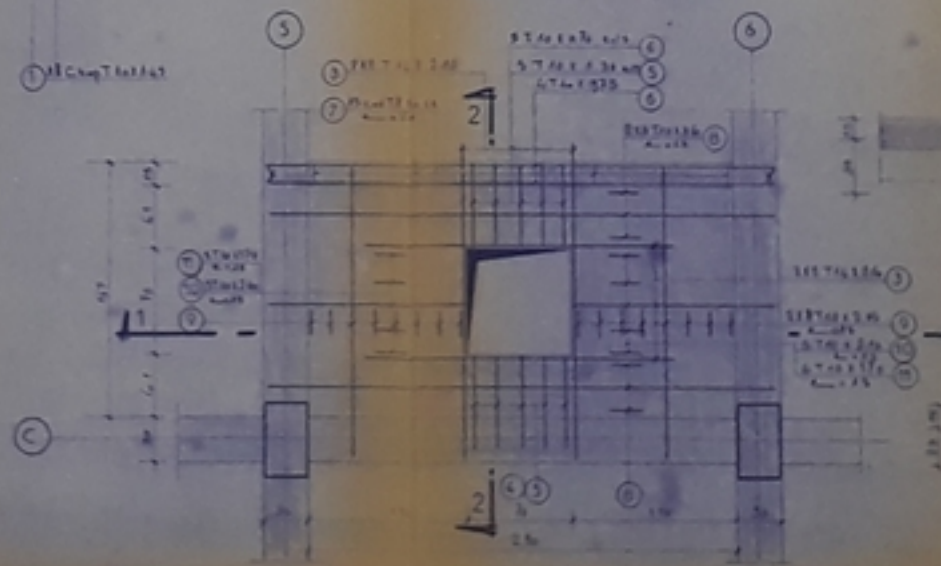
COUPE C-C



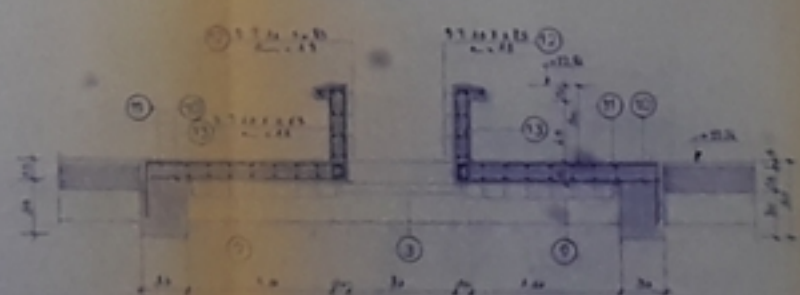
COUPE D-D



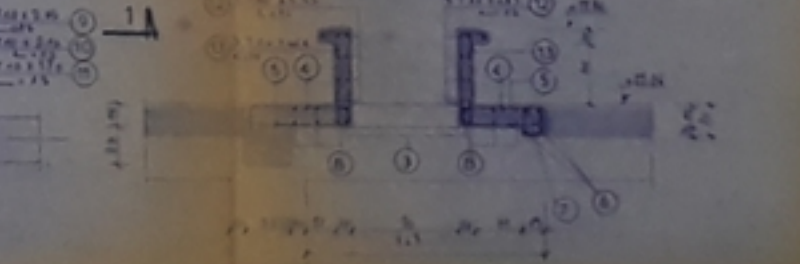
DETAIL TRAPPE D'ACCES



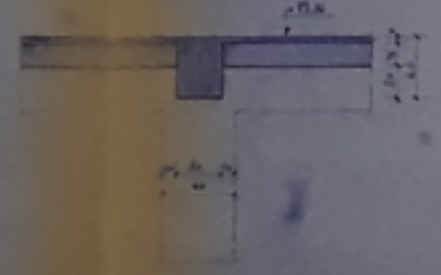
COUPE 1-1



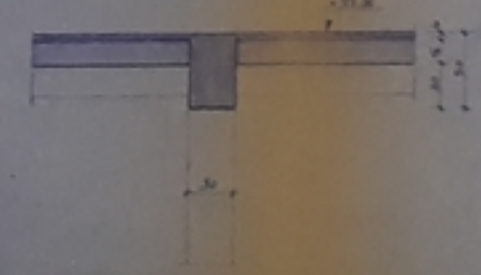
COUPE 2-2



COUPE F-F



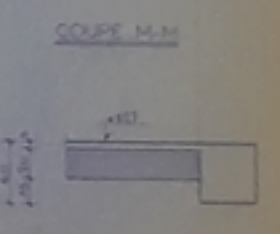
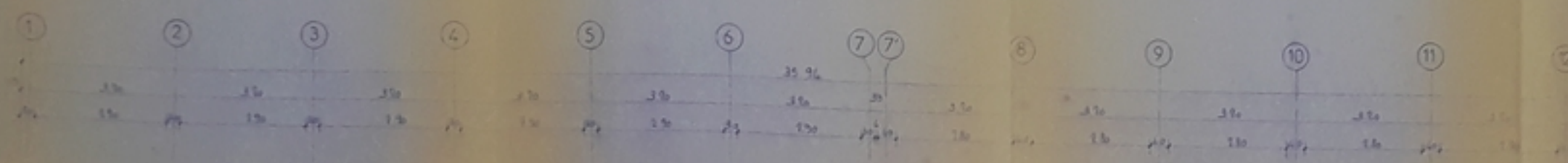
COUPE E-E



NOMENCLATURE DES ACIERS

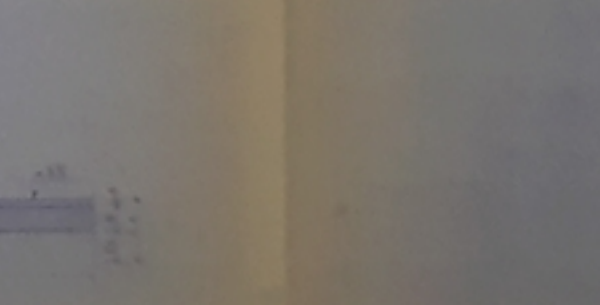
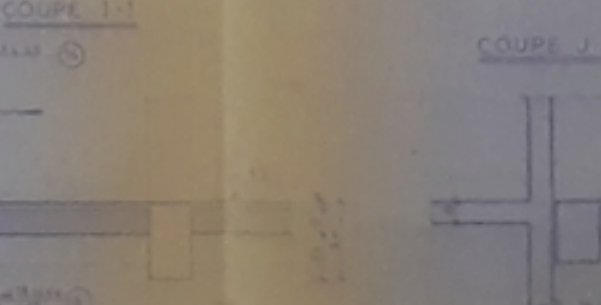
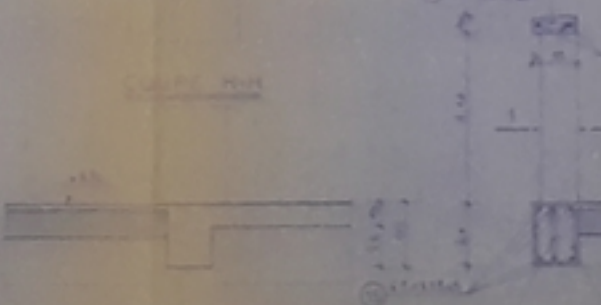
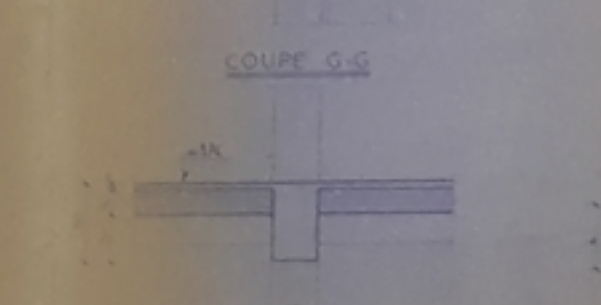
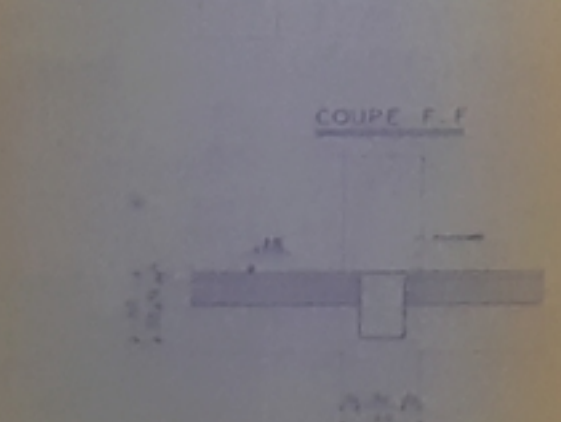
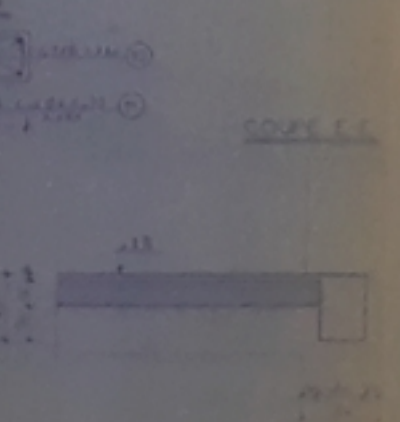
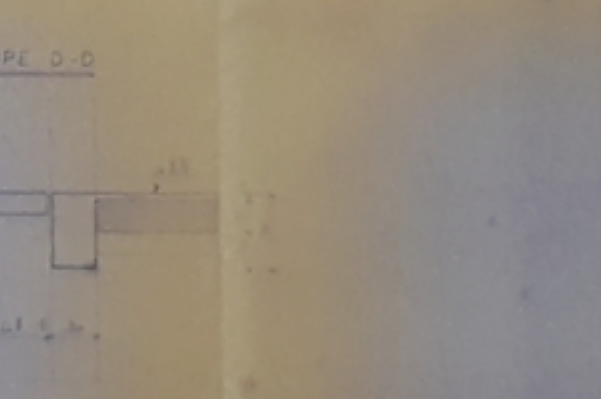
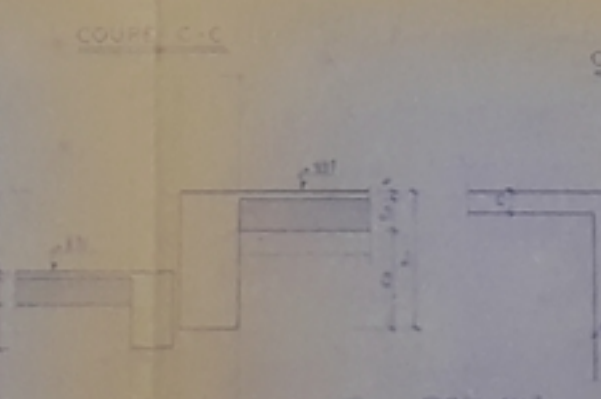
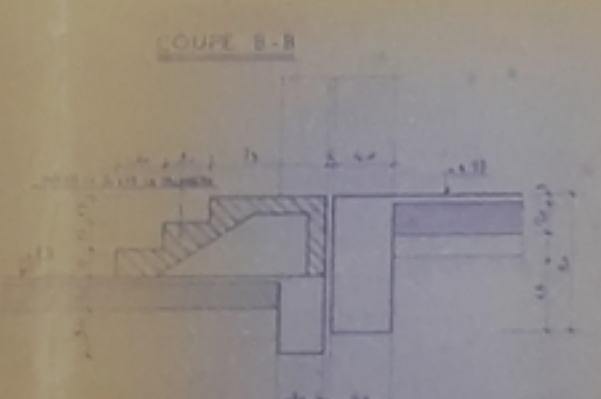
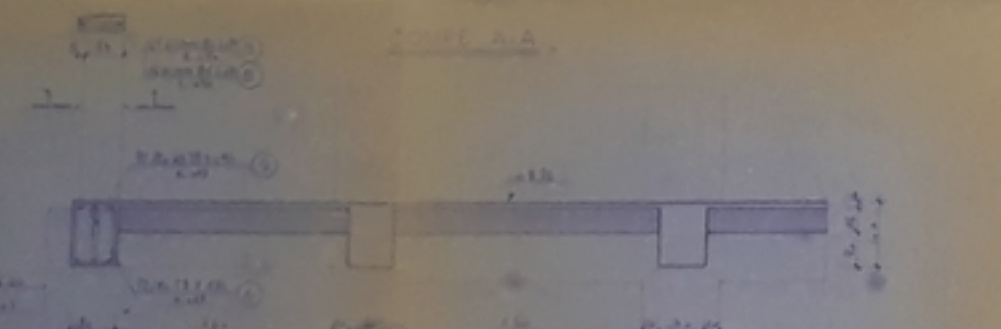
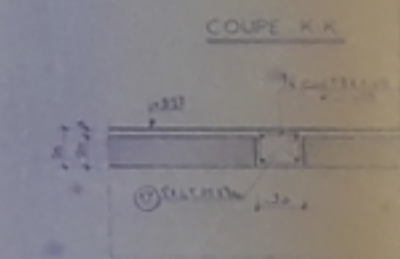
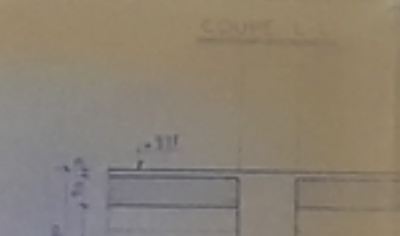
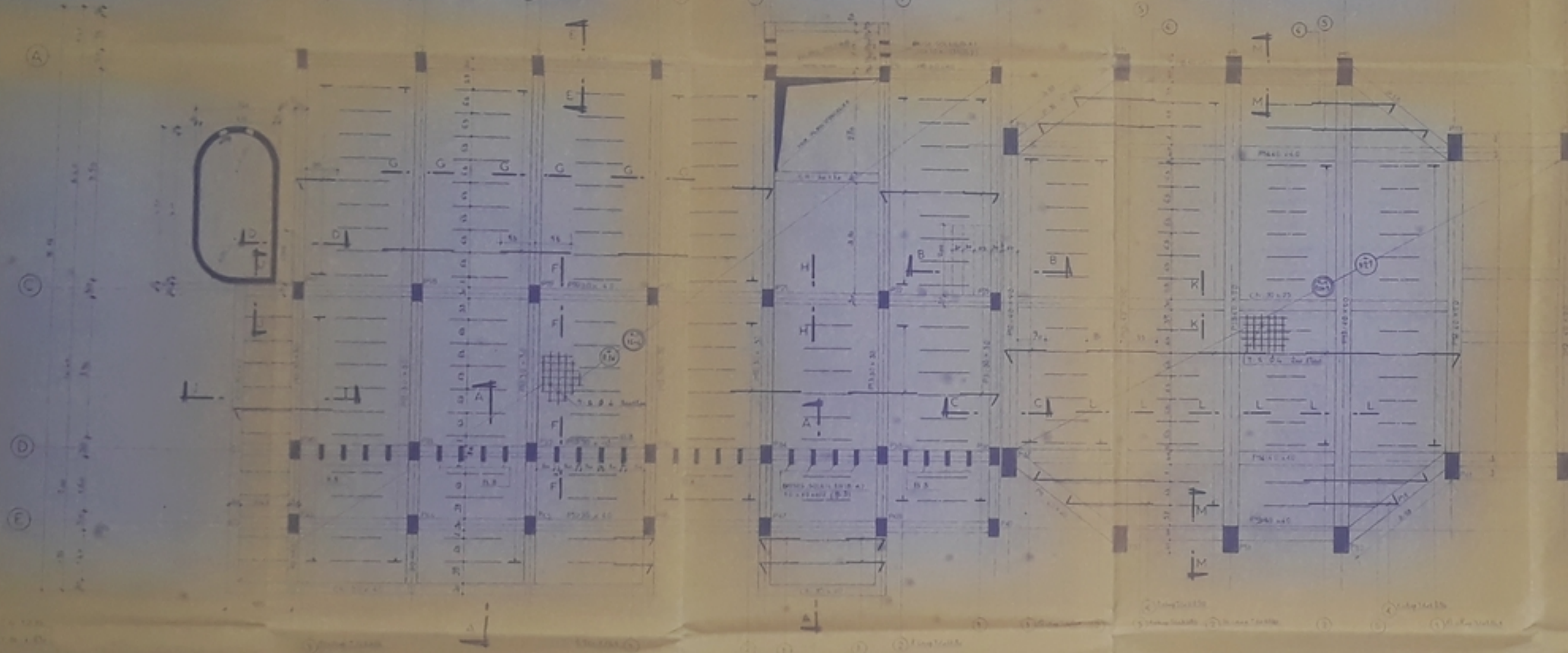
Ordre	Designation	Quantite	Longueur (m)	Poids (kg)
1	14	1	1.5	1.5
2	14	2	1.5	3.0
3	14	3	1.5	4.5
4	14	4	1.5	6.0
5	14	5	1.5	7.5
6	14	6	1.5	9.0
7	14	7	1.5	10.5
8	14	8	1.5	12.0
9	14	9	1.5	13.5
10	14	10	1.5	15.0
11	14	11	1.5	16.5
12	14	12	1.5	18.0
13	14	13	1.5	19.5
14	14	14	1.5	21.0
15	14	15	1.5	22.5
16	14	16	1.5	24.0
17	14	17	1.5	25.5
18	14	18	1.5	27.0
19	14	19	1.5	28.5
20	14	20	1.5	30.0

PB 45/21
-12-



NOMENCLATURE DES ACIERS

NO. D.	DESIGNATION	Q	NO. D.	NO. D.
1	10	1	10	10
2	10	1	10	10
3	10	1	10	10
4	10	1	10	10
5	10	1	10	10
6	10	1	10	10
7	10	1	10	10
8	10	1	10	10
9	10	1	10	10
10	10	1	10	10
11	10	1	10	10
12	10	1	10	10
13	10	1	10	10
14	10	1	10	10
15	10	1	10	10
16	10	1	10	10
17	10	1	10	10
18	10	1	10	10



PB 045 20

