

03/12/2018



Projet de fondations

Cours de calcul de structure bâtiments



Bénédicte LETI

Table des matières

Présentation du sujet.....	2
A- Dimensionnement et descente de charges.....	2
1. Sens de portée des dalles et lignes de rupture	2
2. Prédimensionnement des dalles	3
3. Prédimensionnement des poutres transversales	3
4. Prédimensionnement des poutres longitudinales	4
5. Descente de charge du poteau en file 2-B	4
6. Prédimensionnement du poteau 2-B.....	5
7. Charge verticale en pied de poteau 2-B.....	6
B- Fondations.....	6
1. Résultats des sondages pénétrométriques et carotté.....	6
2. Profil simplifié de la résistance de pointe	6
3. Hypothèse sur les fondations	7
4. Proposition de fondation.....	7
C- Calcul sismique.....	7
1. Modélisation et matrices de masse et de raideur	7
2. Périodes propres et déformées modales du bâtiment	8
3. Représentation graphique.....	9
4. Vecteur des efforts sismiques.....	10
5. Effort tranchant et moment au poteau 2-B.....	10
6. Comparaison avec des valeurs in-situ.....	10
7. Solutions et commentaires	10

Projet de fondations

Cours de calcul de structure bâtiments

Présentation du sujet

Nous étudions un établissement scolaire situé en Martinique, à Basse-Pointe, datant des années 70. Le bâtiment est composé de deux blocs, est et ouest, séparé par un joint de dilatation de 4 cm.

Hypothèses :

- La structure est un système poteau-poutre en béton armé.
- Les cloisons sont supposées non-structurantes.
- Les murs plus importants sont également négligés.

Objectif :

- Un renforcement sismique du bâtiment est prévu.

A- Dimensionnement et descente de charges

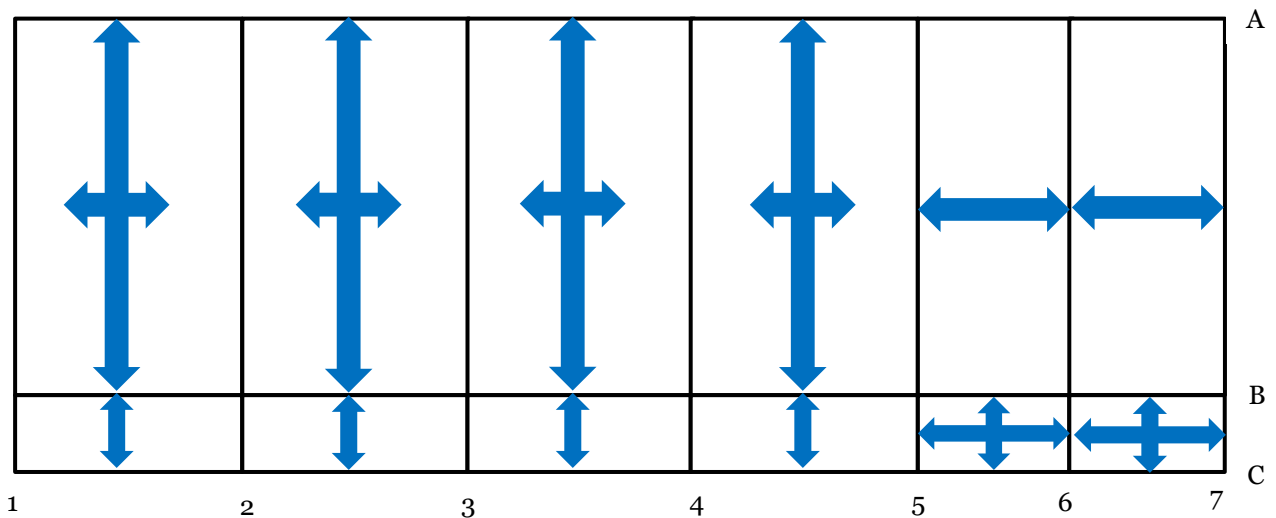
On ne s'intéresse qu'au bloc est du bâtiment.

1. Sens de portée des dalles et lignes de rupture

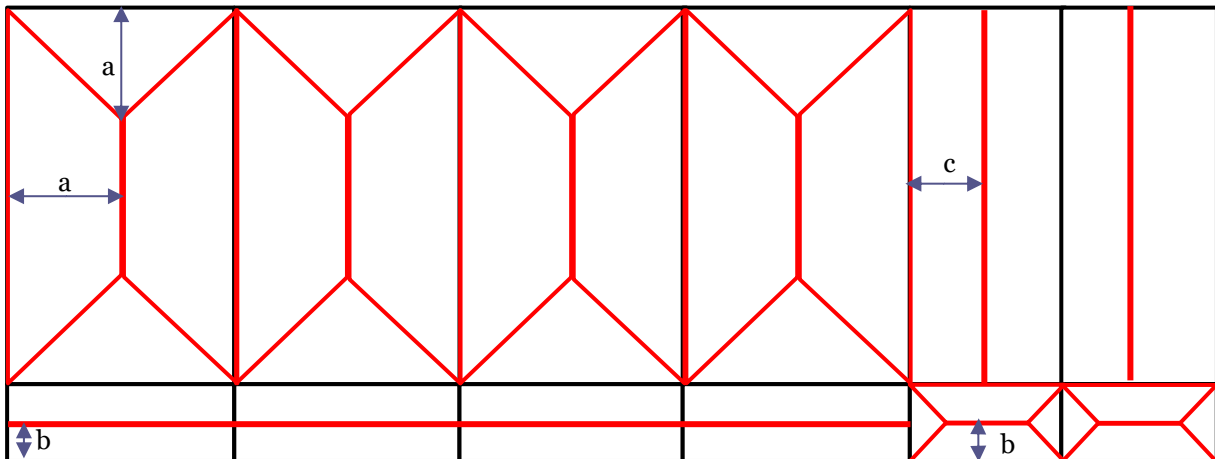
On a quatre types de dalles :

Dimensions	$\alpha = \frac{\rho_x}{\rho_y}$	Sens de portée
4.5*7.71 m ²	0.6	4 directions
3*7.71 m ²	0.4	2 directions
4.5*1.54 m ²	0.3	2 directions
3*1.54 m ²	0.5	4 directions

On a donc :



On en déduit les lignes de ruptures :



Avec $a=2.25$ m; $b=0.77$ m et $c=1.5$ m.

2. Prédimensionnement des dalles

On raisonne sur la dalle entre les files A-B et 3-4, et on généralisera à l'ensemble des dalles.

On a : $L = \sqrt{4.5 * 7.71} = 5.9$ m \rightarrow Faible portée et $P_{ed} = (1.35g + 1.5q) = 6.45 \rightarrow$ Forte charge

Donc : $h = \frac{L}{30} = 0.20$

On se trouve dans le cas 5 du tableau de dimensionnement :

$$h_{cas1} = 0.018 * 5.9 * \sqrt[3]{25 * 0.20 + 2.5} = 0.3$$

$$h_{cas4} = h_{cas1} * \left(1 - \frac{2}{3} * \left(\frac{4.5}{7.71}\right)^2\right)^{\frac{1}{3}} = 0.15$$

$$h_{cas5} = 0.70 * h_{cas4} = 0.1$$

On a donc des dalles de 10 cm d'épaisseur.

3. Prédimensionnement des poutres transversales

On s'intéresse à la poutre transversale en file 4-A/B, et on suppose sa hauteur $h_{poutre}=0.5$ m.

On a une poutre à 1 travées, de longueurs 7.71 m.

α	P_{ed} (kN.m ⁻¹)	K_2	$M_{ed} = K_2 * P_{ed} * \frac{L^2}{8}$ (kN.m)
0.3	56	0.88	366

Donc : $M_{ed} = 366$ kN.m

On a de plus : $\mu = \frac{M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$ avec $\mu=0.25$; $d=0.9 \cdot h_{poutre}=0.45$ m ; $f_{cd}=20$ MPa

Donc, on en déduit : $b = \frac{366}{0.25 \cdot 0.45^2 \cdot 20 \cdot 10^3} = 0.36$ m

On a donc des poutres transversales de 40 cm de largeur.

4. Prédimensionnement des poutres longitudinales

On s'intéresse à la poutre en file B-3/4, et on suppose sa hauteur $h_{poutre}=0.3$ m.

On a une poutre à 1 travée, divisée en 2 parties : l'une qui supporte la dalle AB-3/4 (1) et l'autre qui supporte la dalle BC-3/4(2).

Partie de poutre	α	P_{ed} (kN.m ⁻¹)	K_2	$M_{ed} = K_2 \cdot P_{ed} \cdot \frac{L^2}{8}$ (kN.m)
1	0.5	29.5	0.67	50
2	0.2	6.13	0.95	15

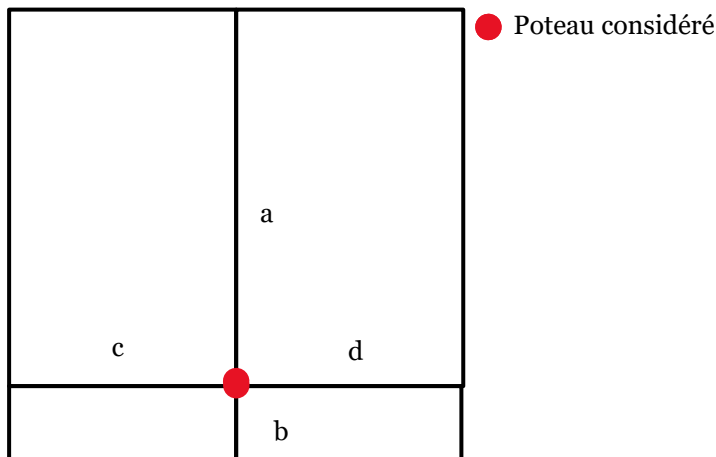
Donc : $M_{ed} = 65$ kN.m

On en déduit : $b=0.17$ m.

On a donc des poutres longitudinales de 20 cm de largeur.

5. Descente de charge du poteau en file 2-B

Le poteau en file 2-B est le point commun de 2 poutres, divisées en 4 parties. Nous raisonnons donc sur ces quatre poutres pour la descente de charge.



Charges des poutres

	Poutre	h (m)	b (m)	Poids propre (kN.m⁻¹)	L (m)	G (kN)
a		0.5	0.4	5	7.71	22
b		0.5	0.4	5	1.54	4.3
c		0.3	0.2	1.5	4.5	3.4
d		0.3	0.2	1.5	4.5	3.4

Charges des dalles

<i>Poutre</i>	Côté de la poutre	Epaisseur de la dalle (m)	Poids propre de la dalle g (kN.m ⁻¹)	Charges permanentes g' (kN.m ⁻¹)	Charges d'exploitation q (kN.m ⁻¹)
a	1	0.1	6.45	2	2.5
	2			2	2.5
b	1			2.5	1
	2			2.5	1
c	1			2	2.5
	2			2.5	1
d	1			2	2.5
	2			2.5	1

Charges des dalles reprises par les poutres

<i>Poutre</i>	Côté de la poutre	L_{dalle} (m)	G' (kN/m)	Q' (kN/m)	a (m)	L (m)	α	K_1	L_{poutre} (m)	G (kN)	Q (kN)
a	1	2.25	19	5.625	2.25	7.71	0.3	0.7	7.71	51.3	15
	2	2.25	19	5.625	2.25	7.71	0.3	0.7	7.71	51.3	15
b	1	0.77	7	0.77					1.54	5.4	0.6
	2	0.77	7	0.77					1.54	5.4	0.6
c	1	2.25	19	5.625	2.25	4.5	0.5	0.5	4.5	21	6.3
	2	0.77	7	0.77					4.5	15.75	1.7
d	1	2.25	19	5.625	2.25	4.5	0.5	0.5	4.5	21	6.3
	2	0.77	7	0.77					4.5	15.75	1.7

Bilan des charges sur le poteau

<i>Poutre</i>	coefficient	G (kN)	Q (kN)
a	1.15 (2 travées par poutre)	118	34.5
b		12.4	1.4
c		42.3	9.2
d		42.3	9.2

On a donc pour le poteau : $G=215$ kN et $Q=54.3$ kN

6. Prédimensionnement du poteau 2-B

On a un poteau de largeur $a=0.2$ m, de hauteur $L_{poteau}=3$ m et un ratio d'armatures $\rho=2\%$.

On a alors $\sigma_0=8.2$ MPa et $(1+\rho\mu)=1.43$

De plus, $N_{rd} = 1.35 G + 1.5 Q = 372$ kN

$$\text{Or, } N_{rd} = \sigma_0 A_c (1 + \rho\mu) = \sigma_0 ab (1 + \rho\mu) \Leftrightarrow b = \frac{N_{rd}}{\sigma_0 a (1 + \rho\mu)} = 0.16 \text{ m}$$

On a donc un poteau carré de 0.2×0.2 m² sur 3 m de hauteur pour le bâtiment.

7. Charge verticale en pied de poteau 2-B

Le poteau 2-B reprend une charge N_{rd} de 372 kN et il pèse 3 kN.

Le poteau reprend donc 375 kN.

B- Fondations

On cherche à savoir quel type de fondations a pu être utilisé pour le bâtiment.

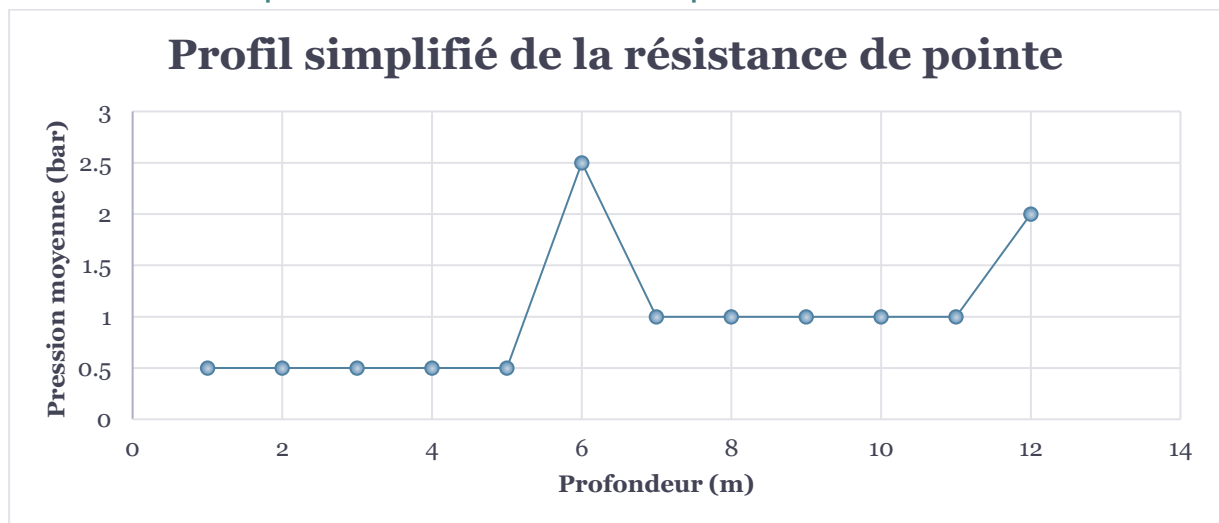
1. Résultats des sondages pénétrométriques et carotté

Les résultats pénétrométriques montrent qu'on a affaire à un sol sablo-graveux plus ou moins compact en fonction de la profondeur. C'est globalement un sol qui tasse beaucoup.

Tableau récapitulatif du sondage P5

Profondeur (m)	Type de sol	Pression moyenne (bar)	Effort moyen (T)
1	Terre végétale et tuf ponço-dacitique	60	1
2	Tuf argileux brun, friable sous la pression des doigts	75	1.25
3			
4			
5			
6		480	8
7	Tuf argileux gris-brun, compact	270	4.5
8			
9			
10			
11	Tuf altéré, récupéré sous forme de sable fin	450	7.5
12			
13			
14			
15	Tuf altéré, argileux, compact		

2. Profil simplifié de la résistance de pointe



3. Hypothèse sur les fondations

On suppose une fondation isolée de $L=3$ m par $B=1$ m.

On a : $e_B=0.125$ m et $e_L=1.125$, ce qui donne $A'=0.56\text{m}^2$ et $h_r=1.5$ m à l'ELS et l'ELU.

La fondation est vérifiée à l'ELU : $0.19 \geq \frac{1}{15}$

La fondation n'est pas vérifiée à l'ELS : $0.19 \leq \frac{2}{3}$ et $0.19 \leq \frac{1}{2}$

Une fondation isolée n'est donc pas suffisante pour le bâtiment.

4. Proposition de fondation

Une fondation filante ou des fondations sur pieux seraient plus judicieuses pour le bâtiment.

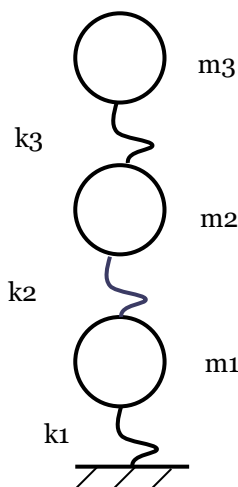
C- Calcul sismique

On étudie dans cette partie le comportement du bâtiment sous sollicitation sismique, uniquement dans le sens transversal.

1. Modélisation et matrices de masse et de raideur

On modélise le comportement du bâtiment dans le sens transversal avec un modèle brochette.

Modélisation du bâtiment



Matrices de masse et de raideur

On a :

$m1$	372 kN
$m2$	372 kN
$m3$	372 kN
$k1=k2=k3$	375 kN
Inertie du poteau 2-B	0.2 m ⁴

On obtient les différentes matrices de raideur et de masse telles que :

$$T = \begin{pmatrix} m1 & 0 & 0 \\ 0 & m2 & 0 \\ 0 & 0 & m3 \end{pmatrix}$$

$$K = \begin{pmatrix} 3k & -2k & -k \\ -2k & 2k & -k \\ -k & -k & k \end{pmatrix}$$

2. Périodes propres et déformées modales du bâtiment

Pour trouver les périodes propres et déformées modales, on cherche à résoudre l'équation :

$$\det(K - \omega^2 T) = 0 \Leftrightarrow a\omega^6 + b\omega^4 + c\omega^2 + d = 0$$

Avec :

$$a = -m1m2m3 = -1 \times 10^{16}$$

$$b = 3km2m3 + 2km1m3 + km1m2 = 2 \times 10^{19}$$

$$c = -m1k^2 - 2m2k^2 - 2m3k^2 = -4 \times 10^{21}$$

$$d = -7k^3 = -1.35 \times 10^{24}$$

On cherche dans un premier temps les solutions de l'équation de la forme : $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$ avec $x = \omega^2$.

On obtient alors :

$$x_1 = 214,04$$

$$x_2 = 1279,8$$

$$x_3 = 42,5$$

Ce qui permet de déduire les fréquences de résonance :

$$\omega_1 = 14,63$$

$$\omega_2 = 35,76$$

$$\omega_3 = 6,52$$

On en déduit les périodes propres :

$$T_1 = 0,43 \text{ s}$$

$$T_2 = 0,18 \text{ s}$$

$$T_3 = 0,96 \text{ s}$$

Pour obtenir les différentes déformées du bâtiment en fonction des différentes fonctions de résonance,

on résout l'équation $(K - \omega^2 T)D = 0$ avec $D = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{bmatrix}$.

$$\text{On obtient 3 équations : } \begin{cases} (3k - \omega^2 m_1)d_1 - 2kd_2 - kd_3 = 0 \\ -2kd_1 + (2k - \omega^2 m_2)d_2 - kd_3 = 0 \\ -kd_1 - 2kd_2 + (k - \omega^2 m_3)d_3 = 0 \end{cases}$$

On pose $d_3=1$, ce qui donne les solutions suivantes :

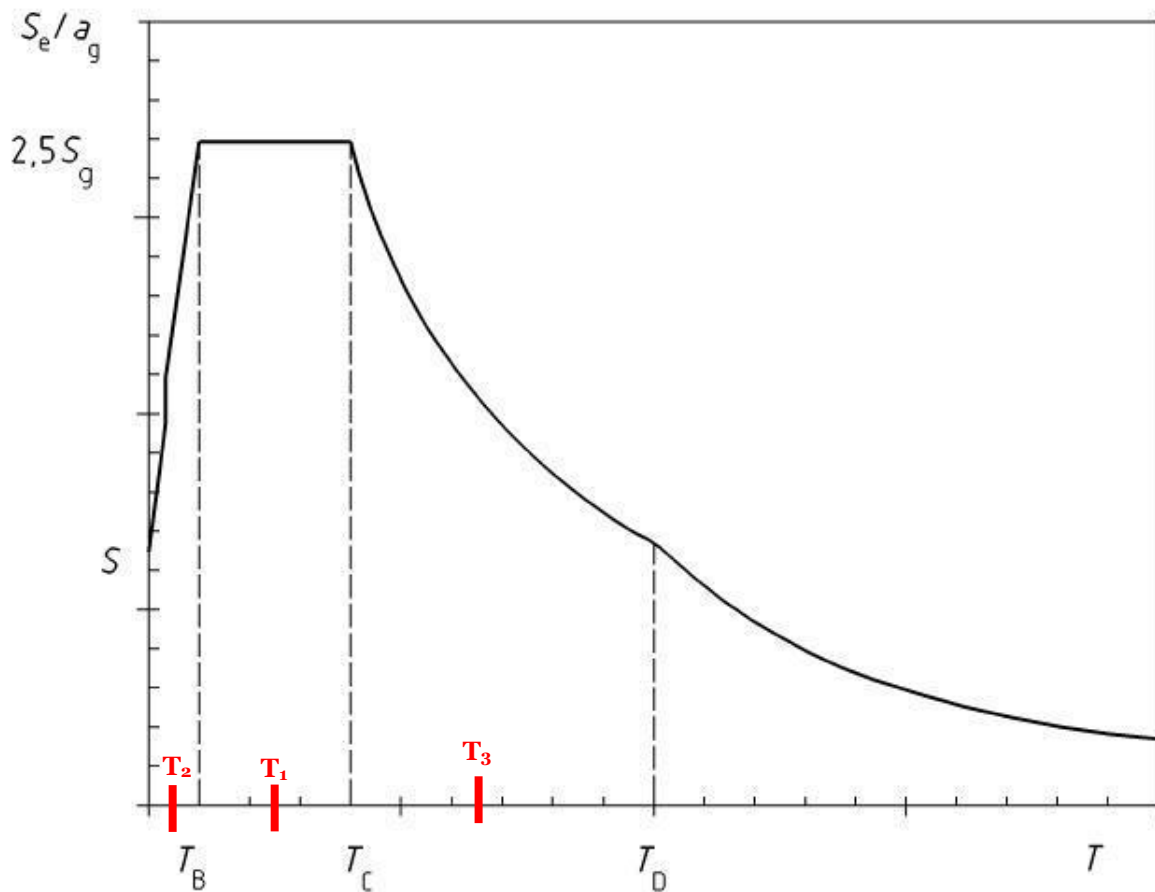
$$\begin{cases} d1 = k - \omega^2 m_3 k - d2 \\ d2 = 3k - 2\omega^2 m_3 4k - \omega^2 m_2 \\ d3 = 1 \end{cases}$$

On trouve ainsi :

ω	5,45	13,89	33,32
$d1$	0,16	-0,25	-9,44
$d2$	0,71	0,45	5,81
$d3$	1,00	1,00	1,00

3. Représentation graphique

Nous sommes en présence d'un sol de classe C, dans une zone sismique de niveau 5.



Avec :

$$T_B = 0.2 \text{ s} \quad q = 1.5$$

$$T_C = 0.6 \text{ s} \quad a_g = 3$$

$$T_D = 2 \text{ s} \quad 2.5 S_g = 6$$

On trouve ainsi :

$$S(T1) = 5.75$$

$$S(T2) = 5.41$$

$$S(T3) = 3.59$$

4. Vecteur des efforts sismiques

Sans réponse

5. Effort tranchant et moment au poteau 2-B

Sans réponse

6. Comparaison avec des valeurs in-situ

La première période propre obtenue vaut 0.15 s dans le résultat in-situ alors que dans notre modélisation nous trouvons une première période propre de 0.18 s. Ces résultats sont assez proches, ce qui valide l'exploitation des différentes masses utilisé pour la modélisation. Pour améliorer la précision des valeurs calculées, il faudrait affiner les hypothèses prises sur les charges de chaque plancher.

7. Solutions et commentaires

Sans réponse