

Dynamique des Structures

Abdellatif MEGNOUNIF

E-mail: abdellatif_megnounif@yahoo.fr

Exemple de ferrailage d'une semelle isolée

Application Mardi 01.09.2026

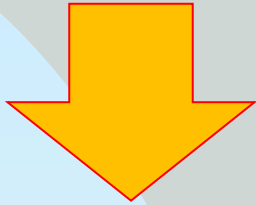


1. Introduction

- ✓ L'objectif de cette application est de décrire étape par étape les applications du logiciel « Calcul de la semelle isolée » à travers un exemple déjà simulé par ROBOT et dont les efforts internes N , M_y et M_z sont déjà calculés.
- ✓ Une procédure détaillée concernant l'utilisation du logiciel (Ferraillage de la semelle isolée) est décrite.

**Finalité : Utilisation du logiciel
(Ferraillage semelle isolée)**

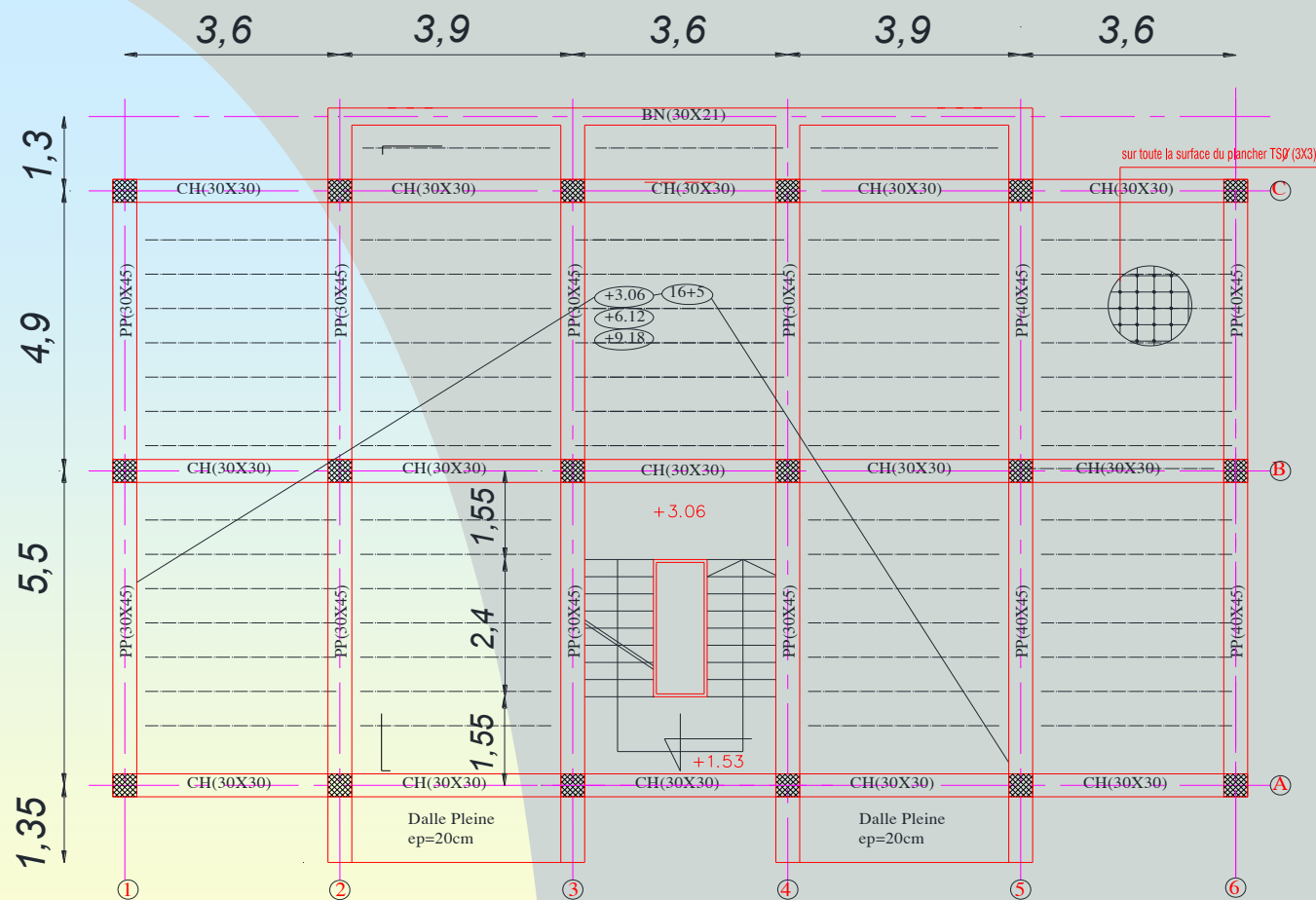
Données de l'exemple



**Exemple déjà
traité par ROBOT**

A vérifier

2. Données de l'exemple



Données de la structure

- ✓ R+3. (19 m x 10,8 m)
- ✓ Portique Poteaux-poutres.
- ✓ Balcons à dalle pleine.
- ✓ Plancher à corps creux en béton
- ✓ Hauteur d'étage = 3,06 m

$$f_{c28} = 25 \text{ MPa}$$

$$f_e = 400 \text{ MPa}$$

Système de contreventement type 2

Zone sismique II

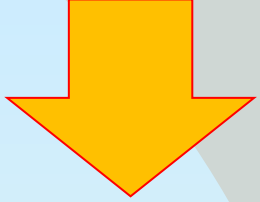
$$Q_f = 1,1$$

$$T_0 = 0,40 \text{ s}$$

$$T_2 = 0,30 \text{ s}$$

Efforts tirés de ROBOT

**Calcul des
réactions au sol**



**Poteau le plus
sollicité (en
réactions)**

**N, My et Mz
Réactions à
l'encastrement**

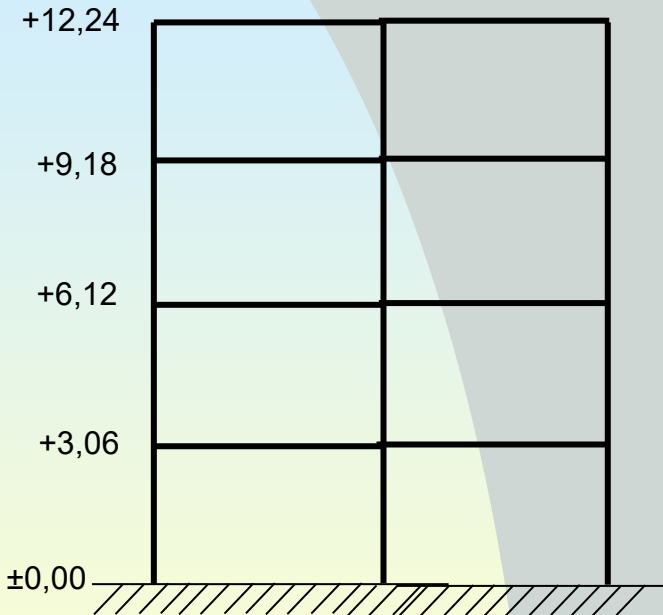
**Normalement un poteau
représente un groupe de
poteaux de mêmes
caractéristiques**

**Tirer des
résultats de
ROBOT**

2. Données de l'exemple

Récapitulatif des efforts internes pour le ferrailage

Récapitulatif



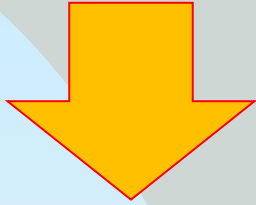
	Niveau	Nx (KN)	My (KN.m)	Mz (KN.m)
Nmax	ELS	710,05	4,33	5,58
	ELU	975,28	5,81	7,82
	ELA	884,27	212,03	174,89
Mymax	ELS	112,45	98,25	84,12
	ELU	710,54	125,36	112,45
	ELA	170,62	111,25	102,36
Mzmax	ELS	102,12	122,35	154,35
	ELU	185,91	110,84	124,23
	ELA	170,60	105,89	114,78



Ce sont les résultats finaux des réactions (ELS, ELU et ELA) du poteau le plus sollicité

Prédimensionnement

Vérifier voile élancé ou non



Prédimensionnement

**Pré
dimensionner**

3. Prédimensionnement

Données

Nombre total de charges = 06
pour une seule semelle isolée

Poteau le plus sollicité :
40 x 40 cm

Fissuration :
Préjudiciable HA > 6 mm
Consolidation : Non (Sol
grenu (sableux))

Calcul de ferrailage :
méthode des moments

$f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
 $f_e = 400 \text{ MPa}$
Gam béton = 25 KN/m3
Enrobage = 4 cm
Tassement admissible = 2 cm

Contrainte admissible
du sol = 2 bars
Gama sol = 18 KN/m3
Ancrage = 1,5 m

Nels ?

Exemple 1^{er} cas: Nels = 710,05 KN

$$A \geq \sqrt{\frac{a}{b} \cdot \frac{N_{els}}{\sigma_{sol}}} = \sqrt{\frac{40}{40} \cdot \frac{710,05}{2 \times 100}} = 1,88 \text{ m} \quad B \geq \sqrt{\frac{b}{a} \cdot \frac{N_{els}}{\sigma_{sol}}} = \sqrt{\frac{40}{40} \cdot \frac{710,05}{2 \times 100}} = 1,88 \text{ m}$$

Après
plusieurs
tentatives

$$A \geq \sqrt{\frac{a}{b} \cdot \frac{N_{els}}{\sigma_{sol}}}$$

$$B \geq \sqrt{\frac{b}{a} \cdot \frac{N_{els}}{\sigma_{sol}}}$$

On choisit : A=2,40 m et B=2,40 m

$$\min(A - a; B - b) \geq d_a = d_b \geq \sup \left[\frac{A - a}{4}; \frac{B - b}{4} \right] \quad \min(2,4 - 0,4; 2,4 - 0,4) \geq d_a = d_b \geq \sup \left[\frac{2,4 - 0,4}{4}; \frac{2,4 - 0,4}{4} \right]$$

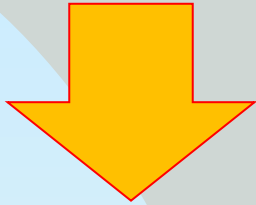
$$2,0 \geq d_a = d_b \geq 0,5$$

$$h = d_a(d_b) + \text{enrobage} = 0,54$$

On choisit : h = 0,55 m

Vérification de la
portance

Une fois, les dimensions choisies,
on passe aux vérifications



Vérifications

Comme exemple, on vérifie avec
la 1^{ère} combinaison de charges,
les autres sont similaires

ELS	710,05	4,33	5,58
ELU	975,28	5,81	7,82
ELA	884,27	212,03	174,89

Vérification :
Portance
Poinçonnement
Tassement

4. Vérifications

i. Vérification de portance

Condition de résistance du sol

Le calcul se fait dans les deux sens A et B (x et y)

Calcul de l'excentricité

$$e_{x_ser} = \frac{M_{x_els}}{N_{elstot}}$$

Ou bien

$$e_{y_ser} = \frac{M_{y_els}}{N_{elstot}}$$

Nelstot = Nels (calcul)

- + PP semelle
- + PP avant poteau
- + Poids du remblai au dessus de la semelle
- + (éventuellement le poids de la chape)

Avec

$$\text{PP semelle} = 2,4 \times 2,4 \times 0,55 \times 25 = 79,2 \text{ KN}$$

$$\text{PP avant poteau} = (0,4 \times 0,4 \times (1,5 - 0,55)) \times 25 = 3,8 \text{ KN}$$

$$\text{PP Remblai} = (2,4 \times 2,4 - 0,4 \times 0,4) \times (1,5 - 0,55) \times 18 = 95,76 \text{ KN}$$

$$N_{elstot} = 710,05 + 79,2 + 3,8 + 95,76 = 888,81 \text{ KN}$$

$$e_{x_ser} = \frac{4,33}{888,81} = 0,0048 \text{ m} < \frac{B}{6} = 0,4$$

$$e_{y_ser} = \frac{5,58}{888,81} = 0,0063 \text{ m} < \frac{B}{6} = 0,4$$

Diagramme trapézoïdal

$$\sigma_{ref} \leq \sigma_{sol}$$

$$\sigma_{ref} = \frac{\sigma_{min} + 3 \cdot \sigma_{max}}{4}$$

$$\sigma_{min} = \frac{N_{elstot}}{A \cdot B} \left(1 - \frac{6 \cdot e_{x_ser}}{6} \right)$$

$$\sigma_{min} = \frac{888,81}{2,4 \times 2,4} \left(1 - \frac{6 \cdot 0,0048}{2,4} \right)$$

$$\sigma_{max} = \frac{N_{elstot}}{A \cdot B} \left(1 + \frac{6 \cdot e_{x_ser}}{6} \right)$$

$$\sigma_{max} = \frac{888,81}{2,4 \times 2,4} \left(1 + \frac{6 \cdot 0,0048}{2,4} \right)$$

Suivant X

$$\sigma_{min} = 152,45$$

$$\sigma_{max} = 156,158$$

$$\sigma_{refX} = 155,23 \text{ KN/m}^2 < \sigma_{adm} = 2 \text{ bars}$$

Suivant Y

$$\sigma_{min} = 151,876$$

$$\sigma_{max} = 156,737$$

$$\sigma_{refY} = 155,52 \text{ KN/m}^2 < \sigma_{adm} = 2 \text{ bars}$$

Portance vérifiée

4. Vérifications

ii. Vérification renversement

$$e_{x_ser} = \frac{M_{x_els}}{N_{elstot}} \leq A/4$$

Ou
bien

$$e_{y_ser} = \frac{M_{y_els}}{N_{elstot}} \leq B/4$$

$$e_{x_ser} = 0,0048 \text{ m} \leq 2,4 / 4 = 0,60 \text{ m}$$

$$e_{y_ser} = 0,0063 \leq 2,4 / 4 = 0,60 \text{ m}$$

Renversement vérifié



Poinçonnement

**Condition de
non
poinçonnement**

$$N'_u \leq 0,045 U_c \cdot h' \cdot \frac{F_{cj}}{\gamma_b}$$

$h' = h$: pour une section
rectangulaire à hauteur constante

$$U_c = 2 \cdot (a_1 + b_1) = 2(a + b + 2 \cdot h) \\ = 2(0,4 + 0,4 + 2 \cdot 0,55) = 3,8 \text{ m}$$

$$h' = h = 0,55 \text{ m}$$

$$a_2 = a + 2 \cdot h = 0,4 + 2 \cdot 0,55 = 1,5$$

$$b_2 = b + 2 \cdot h = 0,4 + 2 \cdot 0,55 = 1,5$$

La charge poinçonnante correspond à la résultante de la partie de la réaction du sol qui agit en dehors de la pyramide (à 45°) de la charge N_u en partant du nu du poteau.

$$N'_u = (N_u + 1,35 G_0) \cdot \left(1 - \frac{a_2 \cdot b_2}{A \cdot B}\right)$$

$$\text{PP semelle} = 2,4 \times 2,4 \times 0,55 \times 25 = 79,2 \text{ KN}$$

$$\text{PP avant poteau} = (0,4 \times 0,4 \times (1,5 - 0,55)) \times 25 = 3,8 \text{ KN}$$

$$\text{PP Remblai} = (2,4 \times 2,4 - 0,4 \times 0,4) \times (1,5 - 0,55) \times 18 = 95,76 \text{ KN}$$

$$N_{elutot} = 975,28 + 1,35(79,2 + 3,8 + 95,76) = 1216,606 \text{ KN}$$

$$N'_u = (N_u + 1,35 G_0) \cdot \left(1 - \frac{a_2 \cdot b_2}{A \cdot B}\right) = (1216,606) \cdot \left(1 - \frac{1,5 \cdot 1,5}{2,4 \cdot 2,4}\right) = 741,36 \text{ KN}$$

$$N'_u = 741,36 \leq 1567,5 \text{ KN}$$

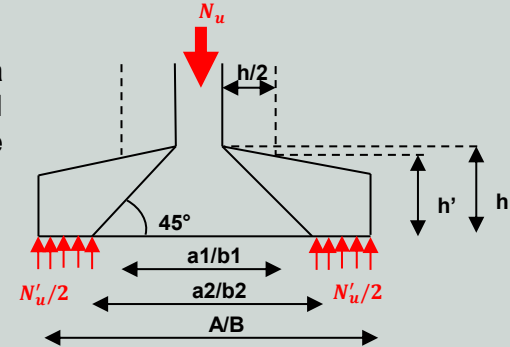
Poinçonnement vérifié

Tassement ?

N'_u : Charge poinçonnante

U_c : Périmètre du rectangle d'impact au niveau du feuillet moyen de la semelle (périmètre critique)

h' : épaisseur de la semelle au niveau de la section S à $h/2$ du nu du poteau.



G_0 : Poids de la
semelle+remblai+avant poteau

$$N'_{ulimite} = 0,045 U_c \cdot h' \cdot \frac{F_{cj}}{\gamma_b} \\ = 0,045 \cdot 3,8 \cdot 0,55 \cdot \frac{25}{1,5} = 1567,5 \text{ KN}$$

1

**Tassement
immédiat
Si**

$$S_i = q \cdot \frac{(1 - \nu^2)}{E} \cdot B \cdot C_f$$

$$q = \frac{N_{elstot}}{A \cdot B}$$

$$E = 100\,000 \text{ KN/m}^2$$

$$\nu = 0,3$$

$$C_f = 0,88$$

$$N_{elstot} = 888,81 \text{ KN}$$

$$q = \frac{N_{elstot}}{A \cdot B} = \frac{888,81}{2,4 \cdot 2,4} = 154,307 \text{ KN/m}^2$$

$$S_i = q \cdot \frac{(1 - \nu^2)}{E} \cdot B \cdot C_f = 154,307 \cdot \frac{(1 - 0,3^2)}{100\,000} \cdot 2,4 \cdot 0,88$$

$$S_i = 0,296 \text{ cm} < S_{adm} = 2 \text{ cm}$$

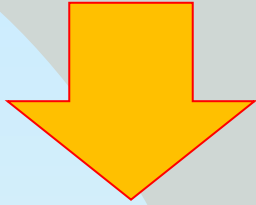
Tassement vérifié

E : Module d'élasticité du sol
 ν : Coefficient de Poisson du sol
 C_f : Coefficient de forme qui dépend du rapport de dimensions B/A

B/A	Cf
1	0,88
2	1,2
3	1,43
4	1,59
5	1,72
6	1,83
7	1,92
8	2,0
9	2,07
10	2,13
15	2,37
20	2,54

Une fois toutes les vérifications faites, on passe au ferrailage

**Si toutes les vérifications sont faites
(donc les dimensions sont finalisées),
on passe au ferrailage**



Ferrailage

**Ferrailage selon
les valeurs des
excentricités**

5. Ferrailage

Le calcul se fait dans les deux sens A et B (x et y)

Excentricité ?

Généralement 03 méthodes

- ☐ Méthode des bielles
- ☐ Méthode des consoles
- ☐ Méthode des moments

Calcul de l'excentricité

$$e_{x_elu} = \frac{M_{x_elu}}{N_{elutot}}$$

Ou bien

$$e_{y_elu} = \frac{M_{y_elu}}{N_{elutot}}$$

Avec

Nelutot = Nelu (calcul)

- +1,35 PP semelle
- + 1,35 PP avant poteau
- + 1,35 Poids du remblai au dessus de la semelle
- + 1,35 (éventuellement le poids de la chape)

$$\text{PP semelle} = 2,4 \times 2,4 \times 0,55 \times 25 = 79,2 \text{ KN}$$

$$\text{PP avant poteau} = (0,4 \times 0,4 \times (1,5 - 0,55)) \times 25 = 3,8 \text{ KN}$$

$$\text{PP Remblai} = (2,4 \times 2,4 - 0,4 \times 0,4) \times (1,5 - 0,55) \times 18 = 95,76 \text{ KN}$$

$$N_{elutot} = 975,28 + 1,35(79,2 + 3,8 + 95,76) = 1216,606 \text{ KN}$$

$$e_{x_elu} = \frac{M_{x_elu}}{N_{elutot}} = \frac{5,81}{1216,606} = 0,0047 \text{ m}$$

$$e_{y_elu} = \frac{M_{y_elu}}{N_{elutot}} = \frac{7,82}{1216,606} = 0,0064 \text{ m}$$

2

Méthode
des
moments

Si

$$e_{x_{elu}} \leq \frac{A}{6} \text{ et } e_{x_{elu}} \leq \frac{A}{24}$$

Méthode des bielles

En considérant $N' = N_{elutot} \left(1 + \frac{3 \cdot e_{x_{elu}}}{A} \right)$

Si

$$e_{x_{elu}} \leq \frac{A}{6} \text{ et } e_{x_{elu}} > \frac{A}{24}$$

Méthode des moments

Si

$$e_{x_{elu}} > \frac{A}{6}$$

Aciers calculés pour équilibrer un moment M1 appliqué dans la section située à « 0,35 a » de l'axe du poteau (coté sigma max)

(Voir ci-dessous méthode des moments pour les valeurs de M1)

Méthode des bielles

En considérant $N' = N_{elutot} \left(1 + \frac{3 \cdot e_{x_{elu}}}{A} \right)$

$$e_{x_{elu}} = 0,0047 \text{ m} \leq \frac{2,4}{24} = 0,1 \text{ m}$$

$$e_{y_{elu}} = 0,0064 \text{ m} \leq \frac{2,4}{24} = 0,1 \text{ m}$$

Méthode des bielles

5. Ferrailage

$d = h - \text{enrobage} \approx 0,9 h$

$$A_{sx} = \frac{N_u(A - a)}{8 \cdot d \cdot \sigma_s}$$

$$A_{sy} = \frac{N_u(B - b)}{8 \cdot d \cdot \sigma_s}$$

2. Fissuration préjudiciable

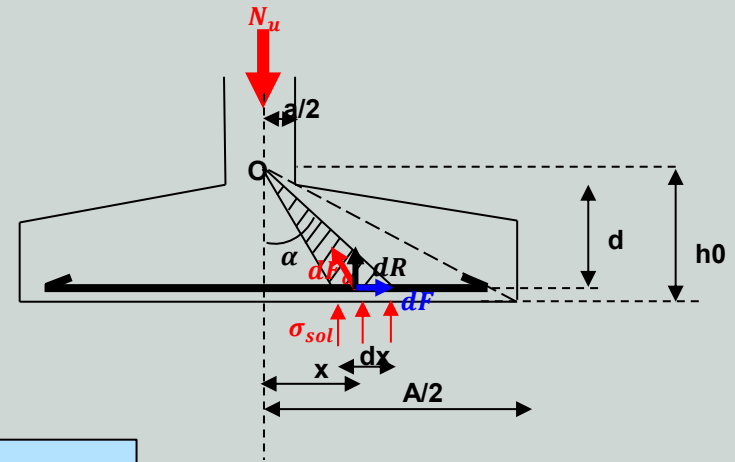
$$\sigma_s = \min \left\{ \frac{2f_e}{3}; 110\sqrt{\eta \cdot f_{ij}} \right\} \text{ (Mpa)}$$

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \min \left\{ \frac{2f_e}{3}; 110\sqrt{\eta \cdot f_{ij}} \right\} = \min \left\{ \frac{2 \times 400}{3}; 110\sqrt{1,6 \cdot 25} \right\} \\ &= \min\{266,67; 695,70\} = 266,67 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nx' &= N_{elutot} \left(1 + \frac{3 \cdot e_{x_elu}}{A} \right) = Nx' = 1216,606 \left(1 + \frac{3 \times 0,0047}{2,4} \right) = 1223,75 \text{ KN} \\ Ny' &= N_{elutot} \left(1 + \frac{3 \cdot e_{y_elu}}{B} \right) = Ny' = 1216,606 \left(1 + \frac{3 \times 0,0064}{2,4} \right) = 1226,33 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$A_{sx} = \frac{N_u(A - a)}{8 \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{1223,75 (2,4 - 0,4)}{8 \cdot (0,9 \times 0,55) \cdot 266,67 \times 10^3} = 23,176 \text{ cm}^2$$

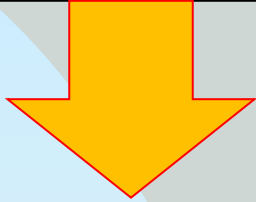
$$A_{sy} = \frac{N_u(B - b)}{8 \cdot d \cdot \sigma_s} = \frac{1226,33 (2,4 - 0,4)}{8 \cdot (0,9 \times 0,55) \cdot 266,67 \times 10^3} = 23,225 \text{ cm}^2$$



$\eta = 1,0$ R.L
 $\eta = 1,3$ HA < 6mm
 $\eta = 1,6$ HA ≥ 6 mm

Fin du 1^{er} cas de charge

On recommence la procédure pour les autres cas de charges de la même semelle et on choisit le ferrailage le plus important



**Autres charges
de la même
semelle**

**Autres cas de
charges**

Merci. Fin de l'exemple

www.abdellatif-megnounif.com/?action=cours

Dynamique des structures

Abdellatif MEGNOUNIF

Prochain Cours

Chap. 14

Ferrailage des semelles filantes