

Etude de soutènement

R0	Mise à jour	28/11/2025	
INDICE	REVISION	DATE	CHECKED

Maître d'ouvrage :

ROYAUME DU MAROC FONDATION DE L'ACADEMIE DU ROYAUME DU MAROC



Projet :

PROJET DE DEMOLITION ET RECONSTRUCTION D'UN BATIMENT EXISTANT EN CENTRE MULTIFONCTIONNEL AGORA A RABAT



Bâtiment :		Bureau d'étude	
AGORA RABAT		TECHNIPROJET	
Bureau de contrôle :		place rabia al adaouiyah, résidence kays imm.G - 10 000 Rabat - Maroc	
		e-mail : a.berrada@techniprojet.ma	
REALISE PAR : VERIFIE PAR :		web: www.tp.ma T.: (+212) 537 68 63 70 F.: (+212) 537 68 63 88	
ECHELLE SCALE - PHASE APS		TECHNIPROJET PROJECT MANAGEMENT & ENGINEERING COMPANY	
DATE FEVRIER 2020			
TRAVAIL N° JOB N°		ORDRE COMMERCANT SHOP ORDER PLAN N° DRAWING N°	
ORIGINAL ORIGINAL		ORIGINAL ORIGINAL	

SOMMAIRE

TABLE DES MATIERES

1	Hypothèses de matériaux.....	3
1.1	Béton :	3
1.2	Acier :	3
2	Normes de calcul	3
3	Hypothèses caractéristiques du site.....	3
3.1	Portance du sol:.....	3
3.2	Paramètres des couches de sols in situ:.....	4
4	Hypothèses de charges villa mitoyenne	5
4.1	Charges permanentes – G :	5
4.1.1	Poids propre de la structure :	5
4.1.2	Charges permanentes / Hors poids propre:	5
4.2	Surcharges d'exploitation – Q :	5
4.3	Tableau récapitulatif :	5
5	Outils de calcul.....	5
6	Etude du soutènement	6

1 HYPOTHESES DE MATERIAUX

1.1 BETON :

La résistance du béton pour le blindage/soutènement prévue est prise égale à : $f_{c28} = 30 \text{ Mpa}$, soit :

$f_{c28} = 30 \text{ Mpa}$ résistance à la compression,

$f_{t28} = 2.4 \text{ MPa}$ résistance à la traction.

La masse volumique du béton armé est : $\gamma_{\text{béton}} = 2500 \text{ Kg/m}^3$.

1.2 ACIER :

Les armatures pour le soutènement sont des barres à haute adhérence avec : $f_e = 500 \text{ MPa}$.

2 NORMES DE CALCUL

Les normes de justifications de la stabilité des éléments structuraux sont mentionnées ci-après :

Béton Armé	Fascicule n° 62 – Titre 1 – Section 1 - Règles BAEL 91 révisées 99
Vent	Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes – NV 65
Géotechnique	DTU 13.12 – Règles pour le calcul des fondations superficielles
Sismicité	Règles de construction parasismique – RPS 2000 – Version 2011

3 HYPOTHESES CARACTERISTIQUES DU SITE

3.1 PORTANCE DU SOL:

D'après le rapport géotechnique émis par le Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes LPEE, la contrainte de sol admissible pour le sol d'assise préconisé par le laboratoire et le système de fondations est:

On adoptera en conséquence des fondations superficielles pour la partie extension ancrées dans la formation rocheuse avec comme contrainte admissible : 5.00 bars à l'ELS.

Les résultats que les sondages sont restés à sec pendant la période de suivi s'étalant entre février et Mars 2023.

Les fondations des bâtiments seront de type superficiel sur semelle isolées rigidifiées par des longrines dans les deux sens, reposant sur un sol d'assise obtenu au niveau de la formation gréseuse.

Le taux de travail a été évalué à une valeur de 5 bars. Les tassements absolus sous chargement réel seront dans le domaine élastique de la formation rocheuse et resteront dans les limites admissibles.



3.2 PARAMETRES DES COUCHES DE SOLS IN SITU:

En se référant au rapport géotechnique émis par le laboratoire et sur une recherche bibliographique pour le calcul du soutènement du bâtiment existant, les paramètres mécaniques suivants relatifs aux formations principales rencontrées sur site ont été adoptés :

Matériau hétérogène de rattrapage	
Masse volumique	1800 Kg/m ³
Angle de frottement interne	25°
Cohésion	3 KN/m ²
Coefficient de frottement	0.381
Niveau	4.00
Sable silteux dense	
Masse volumique	1800 Kg/m ³
Angle de frottement interne	29°
Cohésion	0.4 KN/m ²
Coefficient de frottement	0.462
Niveau	2.80
Grès fracturé	
Masse volumique	2650 Kg/m ³
Angle de frottement interne	26°
Cohésion	3130 KN/m ²
Coefficient de frottement	0.116
Niveau	0.00

4 HYPOTHESES DE CHARGES VILLA MITOYENNE

La villa mitoyenne est en RDC + Etage + Terrasse. Les charges considérées de la villa sont les suivantes.

4.1 CHARGES PERMANENTES – G :

4.1.1 Poids propre de la structure :

- Charge surfacique par niveau----- 750 Kg/m²

4.1.2 Charges permanentes / Hors poids propre:

- Charge surfacique par niveau----- 300 Kg/m²

4.2 SURCHARGES D'EXPLOITATION – Q :

Selon la norme NF P 06-004, on retient :

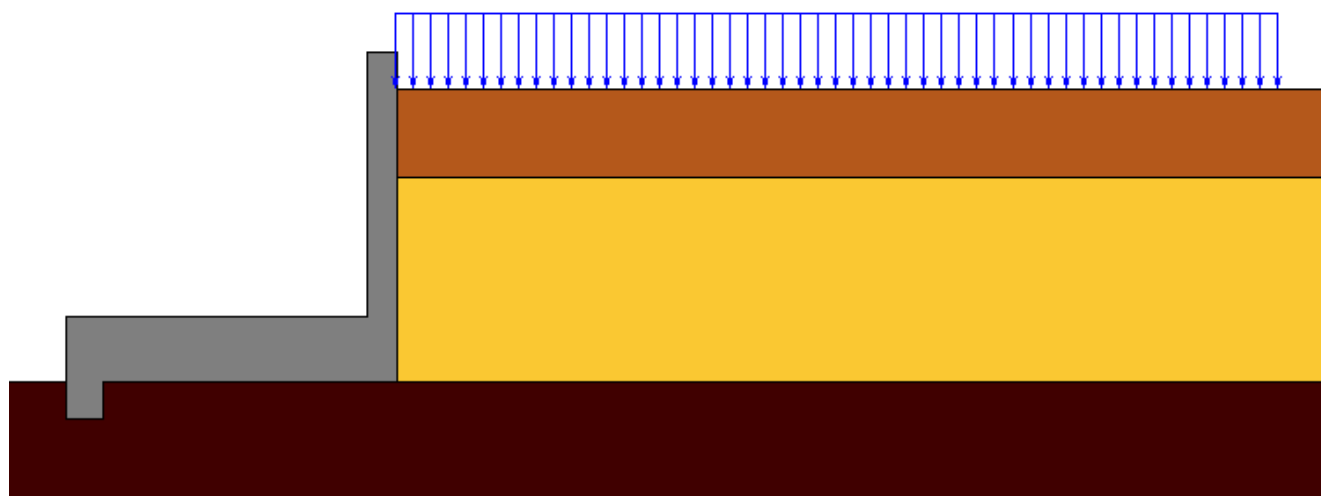
- Charge surfacique par niveau----- 150 Kg/m²

4.3 TABLEAU RECAPITULATIF :

Niveau	RDC	ETAGE	TERRASSE
Poids propre	750 Kg/m ²	750 Kg/m ²	750 Kg/m ²
Charges permanentes /HPP	350 Kg/m ²	350 Kg/m ²	350 Kg/m ²
Charges d'exploitation	150 Kg/m ²	150 Kg/m ²	150 Kg/m ²
Total	3750 Kg/m ²		

5 OUTILS DE CALCUL

La vérification des éléments structuraux du bâtiment existant est utilisée moyennant le logiciel Robot Expert.



Mur de soutènement : AGORA RABAT MUR DE SOUTÈNEMENT - V2

1. Paramètres de calcul:

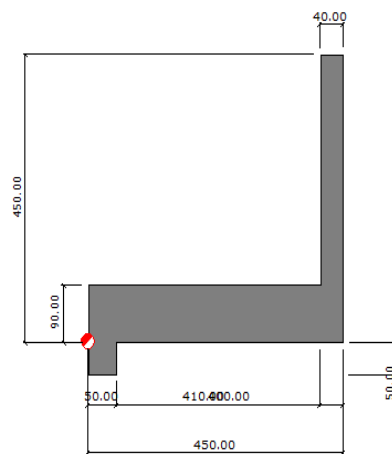
MATERIAU:

- **BETON:** classe C30/37, $f_{c28} = 30.00$ (MN/m²),
poids volumique = 24.00 (kN/m³)
- **ACIER:** classe HA 500, $f_e = 500.00$ (MN/m²)

OPTIONS:

- Calculs suivant la norme: béton: **BAEL 91 mod. 99**
sols: **DTU 13.12**
- Enrobage: $c_1 = 30.0$ (mm), $c_2 = 50.0$ (mm)
- Agressivité du milieu: non agressif
- Fissuration: peu préjudiciable
- Dimensionnement du mur en fonction de:
 - Résistance
 - Glissement $g = 1.500$
 - Renversement $g = 1.500$
- Vérification du mur en fonction de:
 - Tassement moyen:
 $S_{dop} = 10.00$ (cm)
 - Différence de tassements:
 $DS_{dop} = 5.00$ (cm)
 - Déplacements de la crête du mur:
 $f_0 = 0.015$
 $f_1 = 0.010$
 $f_2 = 0.006$
 $f_3 = 0.004$
- Coefficients de réduction pour:
 - - Cohésion du sol 100.000 %
 - - Adhésion semelle-sol 0.000 %
 - - Butée du voile 50.000 %
 - - Butée de la bêche 100.000 %
- Angle de frottement sol-voile:
 - - Butée pour les sols incohérents $0 \times \phi$
 - - Poussée pour les sols cohérents $2/3 \times \phi$
 - - Butée pour les sols cohérents $0 \times \phi$
 - - Poussée pour les sols incohérents $2/3 \times \phi$

2. Géométrie:

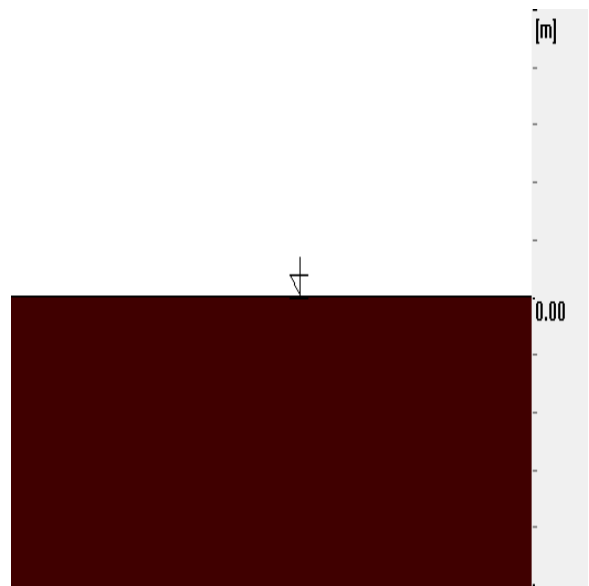


3. Sol:

- Définition des paramètres géotechniques suivant la méthode: A
- Talus Profondeur du sol aval $H_o = 400.00$ (cm)
- Stratification primaire:

Paramètres:

N°	Nom du sol	Niveau [cm]	Epaisseur [cm]	Cohésion [kN/m2]	Angle de frottement [Deg]	Densité [kN/m3]
1.	Roches fragmentées	0.00	-	3130.00	26.00	26.50



- Sols en amont:

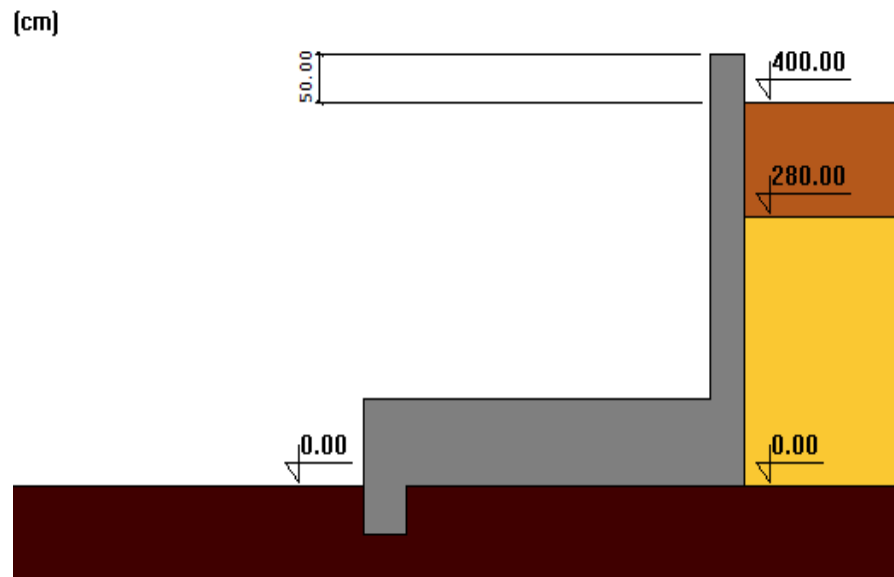
Paramètres:

N°	Nom du sol	Niveau [cm]	Epaisseur [cm]	Cohésion [kN/m ²]	Angle de frottement [Deg]	Densité [kN/m ³]
1	Sables et graves moyennement compacts	280.00	280.00	0.00	29.00	18.00
2	Argiles et limons fermes	400.00	120.00	3.00	25.00	18.00

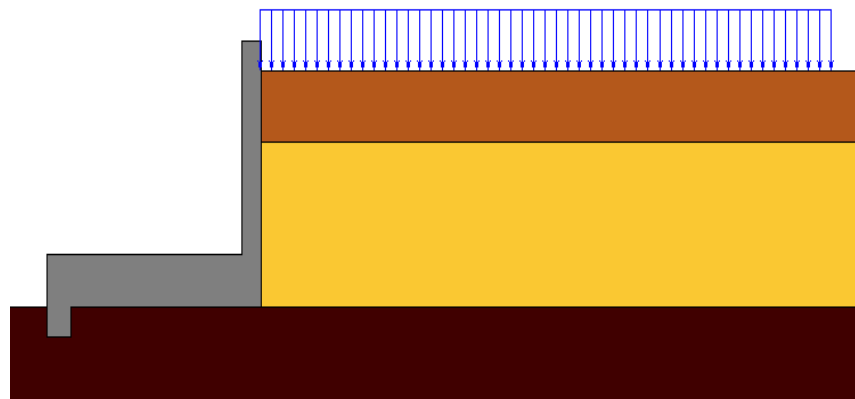
- Sols en aval:

Paramètres:

N°	Nom du sol	Niveau [cm]	Epaisseur [cm]	Cohésion [kN/m ²]	Angle de frottement [Deg]	Densité [kN/m ³]
1	Argiles et limons fermes	0.00	0.00	3.00	25.00	18.00



4. Charges



- Liste de charges

1 répartition

a1 permanente x1 = 0.00 (m) x2 = 12.00 (m) P = 33.00 (kN/m2)

2 répartition

a2 permanente x1 = 0.00 (m) x2 = 12.00 (m) P = 4.50 (kN/m2)

5. Résultats de calculs géotechniques

POUSSEES

Poussée et butée des terres : conforme aux déplacements du mur
Coefficients de poussées et butées limites et équilibres pour les sols:

Angle d'inclinaison moyen du talus $\varepsilon = 0.00$ (Deg)

Angle d'inclinaison du voile $\beta = 0.00$ (Deg)

$$K_a = \frac{\cos^2 \cdot (\beta - \phi)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \varepsilon)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - \varepsilon)}} \right)^2}$$

$$K_p = \frac{\cos^2 \cdot (\beta + \phi)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\beta + \delta) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \varepsilon)}{\cos(\beta + \delta) \cdot \cos(\beta - \varepsilon)}} \right)^2}$$

$$K_o = \frac{\sigma_x}{\sigma_z} = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

$$K_a \leq K_o \leq K_p$$

Sols en amont:

N°	Nom du sol	Niveau [cm]	Angle de frottement [Deg]	Ka	Ko	Kp
1.	Sables et graves moyennement compacts	280.00	29.00	0.309	0.515	2.882
2.	Argiles et limons fermes	400.00	25.00	0.361	0.577	2.464

- Déplacements limites totaux

butée 0.123

poussée 0.012

Sols en aval:

N°	Nom du sol	Niveau [cm]	Angle de frottement [Deg]	Ka	Ko	Kp
1.		0.00		0.347	0.562	2.561

- Déplacements limites totaux

butée 0.133

poussée 0.013

RESISTANCE

- Type de sol sous la semelle: uniforme
- Combinaison dimensionnante: $1.000 \cdot PM + 1.000 \cdot P'a + 1.000 \cdot Pa + 1.000 \cdot P'T + 1.000 \cdot PT + 1.000 \cdot a1 + 1.000 \cdot a2$
- Charge dimensionnante réduite:
 $N = -187.11 \text{ (kN/m)}$ $My = 332.59 \text{ (kN*m)}$ $Fx = -145.32 \text{ (kN/m)}$
Coefficient de sécurité: $909208751808004.870 > 1.000$

TASSEMENT

- Type de sol sous la fondation: uniforme
- Combinaison dimensionnante: $1.000 \cdot PM + 1.000 \cdot P'a + 1.000 \cdot Pa + 1.000 \cdot P'T + 1.000 \cdot PT + 1.000 \cdot a1 + 1.000 \cdot a2$
- Charge dimensionnante réduite:
 $N = -187.11 \text{ (kN/m)}$ $My = 332.59 \text{ (kN*m)}$ $Fx = -145.32 \text{ (kN/m)}$
- Charge caractéristique unitaire due aux charges totales: $q = 0.04 \text{ (MN/m}^2\text{)}$
- Epaisseur du sol en tassement active: $z = 200.00 \text{ (cm)}$
- Contrainte au niveau z:
 - additionnelle: $szd = 0.01 \text{ (MN/m}^2\text{)}$
 - due au poids du sol: $szg = 0.07 \text{ (MN/m}^2\text{)}$
- Tassement: $S = 0.00 \text{ (cm)} < S_{dop} = 10.00 \text{ (cm)}$

RENVERSEMENT

- Combinaison dimensionnante: $1.000 \cdot PM + 1.000 \cdot P'a + 1.553 \cdot Pa + 1.000 \cdot P'T + 0.900 \cdot PT + 1.350 \cdot a1 + 1.350 \cdot a2$
- Charge dimensionnante réduite:
 $N = -209.14 \text{ (kN/m)}$ $My = 375.93 \text{ (kN*m)}$ $Fx = -209.94 \text{ (kN/m)}$
- Moment de renversement: $Mo = 355.59 \text{ (kN*m)}$
- Moment empêchant le renversement de la fondation: $M_{uf} = 690.02 \text{ (kN*m)}$
- Coefficient de sécurité: $1.941 > 1.500$

GLISSEMENT

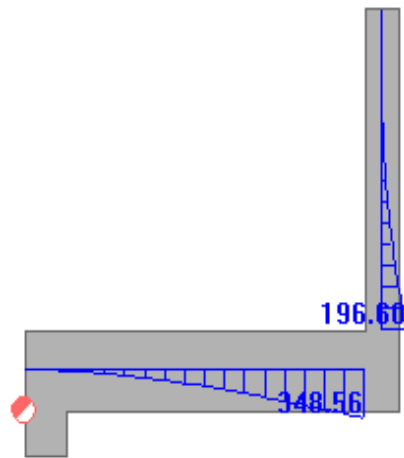
- Combinaison dimensionnante: $1.000 \cdot PM + 1.000 \cdot P'a + 1.000 \cdot Pa + 1.000 \cdot P'T + 1.000 \cdot PT + 1.000 \cdot a1 + 1.000 \cdot a2$
- Charge dimensionnante réduite:
 $N = -187.11 \text{ (kN/m)}$ $My = 332.59 \text{ (kN*m)}$ $Fx = -145.32 \text{ (kN/m)}$
- Dimensions équivalentes de la semelle: $A = 450.00 \text{ (cm)}$
- Coefficient de frottement:
 - du sol (position du sol): $f = 0.116$
- Coefficient de réduction de la cohésion du sol = 100.000%
- Cohésion: $C = 75.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- Valeur de la force de glissement: $Q_{tr} = 145.32 \text{ (kN/m)}$
- Valeur de la force empêchant le glissement du mur:
 $Q_{tf} = N \cdot f + C \cdot A$
 - au niveau du sol: $Q_{tf} = 359.28 \text{ (kN/m)}$
- Coefficient de sécurité: $2.472 > 1.500$

ANGLES DE ROTATION

- Type de sol sous la fondation: uniforme
- Combinaison dimensionnante: $1.000 \cdot PM + 1.000 \cdot P'a + 1.000 \cdot Pa + 1.000 \cdot P'T + 1.000 \cdot PT + 1.000 \cdot a1 + 1.000 \cdot a2$
- Charge dimensionnante réduite:
 $N = -187.11 \text{ (kN/m)}$ $My = 332.59 \text{ (kN*m)}$ $Fx = -145.32 \text{ (kN/m)}$
- Contraintes unitaires maximales caractéristiques dues aux charges totales:
 $q_{\max} = 0.07 \text{ (MN/m}^2\text{)}$
- Contraintes unitaires minimales caractéristiques dues aux charges totales:
 $q_{\min} = 0.02 \text{ (MN/m}^2\text{)}$
- Angle de rotation: $\theta_0 = 0.00 \text{ (Deg)}$
- Coordonnées du point de rotation du voile:
 $X = 620.70 \text{ (cm)}$
 $Z = 0.00 \text{ (cm)}$
- Coefficient de sécurité: $22093.555 > 1.500$

6. Résultats de calcul béton armé

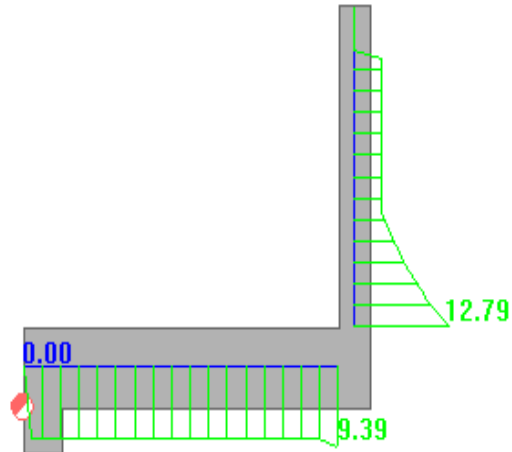
- Moments



[kN*m]

Elément	Moments	Valeur [kN*m]	Position [cm]	Combinaison
Voile	maximum	196.60	90.00	$1.350 \cdot PM + 1.350 \cdot P'a + 1.553 \cdot Pa + 1.350 \cdot P'T + 1.485 \cdot PT + 1.350 \cdot a1 + 1.350 \cdot a2$
Voile	minimum	-0.00	400.00	$1.000 \cdot PM + 1.000 \cdot P'a + 1.553 \cdot Pa + 1.000 \cdot P'T + 0.900 \cdot PT + 1.350 \cdot a1 + 1.350 \cdot a2$
Semelle	maximum	348.56	410.00	$1.350 \cdot PM + 1.350 \cdot P'a + 1.553 \cdot Pa + 1.350 \cdot P'T + 1.485 \cdot PT + 1.350 \cdot a1 + 1.350 \cdot a2$
Semelle	minimum	0.00	0.00	

- Ferrailage

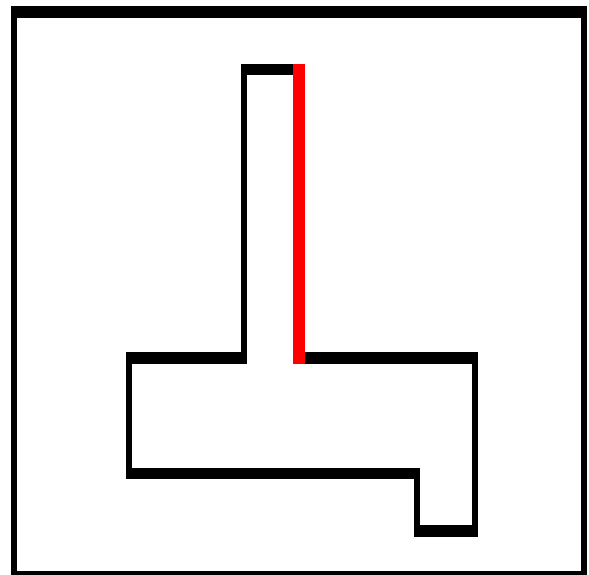


[cm²/m]

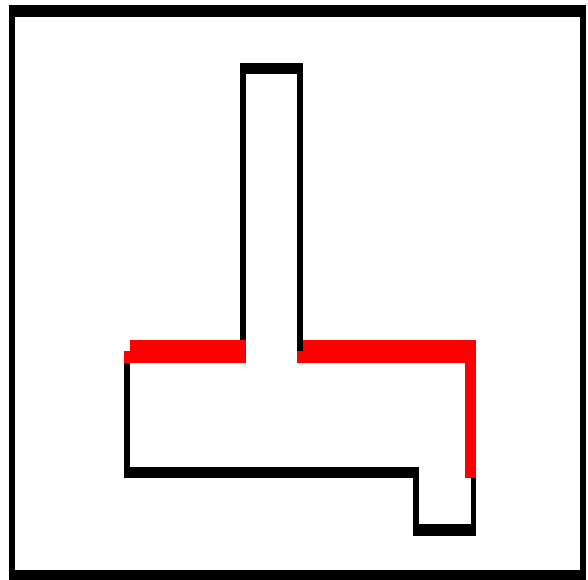
Position	Section d'acier théorique [cm ² /m]	Barres		Espacement [cm]	Surface réelle [cm ² /m]
voile f droite	12.79	14.0	tous les	12.00	12.83
voile f droite (h/3)	4.16	12.0	tous les	27.00	4.19
voile f droite (h/2)	3.84	12.0	tous les	29.00	3.90
semelle gauche (-)	9.39	12.0	tous les	12.00	9.42
semelle gauche (+)	0.00	10.0	tous les	32.00	2.45
semelle droite (+)	0.00	10.0	tous les	32.00	2.45

Nomenclature des armatures:

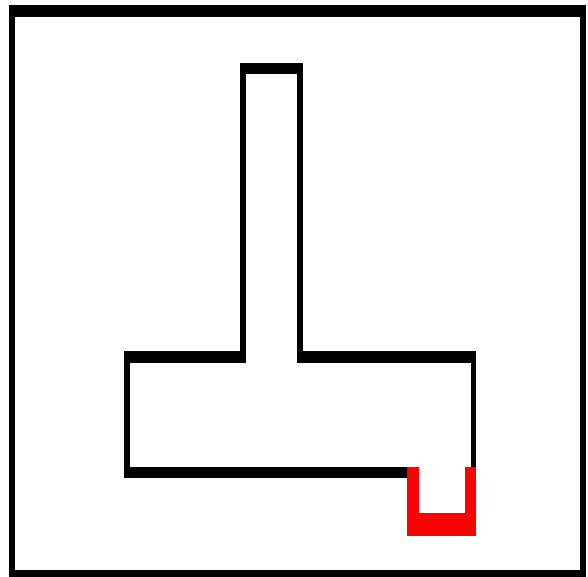
- Type:
- Barres: 14.0
- Espacement: 12.00 (cm)
- nombre: 8
- longueur: 467.12 (cm)



- Type:
- Barres: 10.0
- Espacement: 32.00 (cm)
- nombre: 3
- longueur: 519.52 (cm)



- Type:
- Barres: 12.0
- Espacement: 12.00 (cm)
- nombre: 8
- longueur: 537.33 (cm)



- Type:
- Barres: 10.0
- Espacement: 32.00 (cm)
- nombre: 3
- longueur: 332.92 (cm)

