NOTE DE CALCUL

Mur de soutènement en béton armé sur semelle superficielle

NF P 94-281 (stabilité externe), NF EN 1992-1-1 (voile et semelle), NF EN 1998-5 (séisme)

Projet	**Exemple d’application**
Élément	**Mur de 4,60 m — remblai horizontal**
Mur	**Hauteur totale 4,60 m, semelle de 4,80 m**
Date	**18/11/2026**

Mur vérifié

Glissement : 0,54 ; portance : 0,44 ; armatures verticales du voile : 9,42 cm²/m. Taux de travail maximal : 0,98.

Note produite par les feuilles de calculs du site theorems.fr, à partir des données saisies par l’utilisateur, qui en reste responsable. Ces feuilles aident au prédimensionnement et à la vérification courante : elles ne remplacent pas une note de calcul établie et visée par un ingénieur. Document protégé : impression autorisée, modification interdite.

1. Hypothèses

Géométrie

Hauteur du voile ; hauteur totale	hw ; H	**4,00 ; 4,60**	m
Épaisseur du voile en pied ; en tête	bv,b ; bv,t	**45 ; 35**	cm
Semelle : patin aval ; talon amont	Be ; Ba	**1,20 ; 3,15**	m
Semelle : largeur ; épaisseur	Bs ; hs	**4,80 ; 0,60**	m

Remblai

Poids volumique ; angle de frottement	γ1 ; φ′1	**18,0 kN/m³ ; 30°**	
Pente du talus	β	**0,0°**	
Méthode de poussée		**écran fictif vertical à l’arrière du talon, coin de sol solidaire du mur (NF P 94-281)**	
Hauteur de l’écran de poussée	He	**4,60**	m
Inclinaison de la poussée ; coefficient de poussée horizontale	δ ; Ka,h	**0,0° ; 0,3333**	

Sol de fondation

Poids volumique ; angle de frottement ; cohésion	γ2 ; φ′2 ; c′2	**19,0 kN/m³ ; 32° ; 0 kPa**	
Encastrement ; frottement semelle-sol	Df ; δf	**1,00 m ; 30°**	
Contrainte de rupture nette	q′u	**500**	kPa
Terme géostatique R0 = (γ2·Df − γw·hn,aval)·B′		**déduit**	

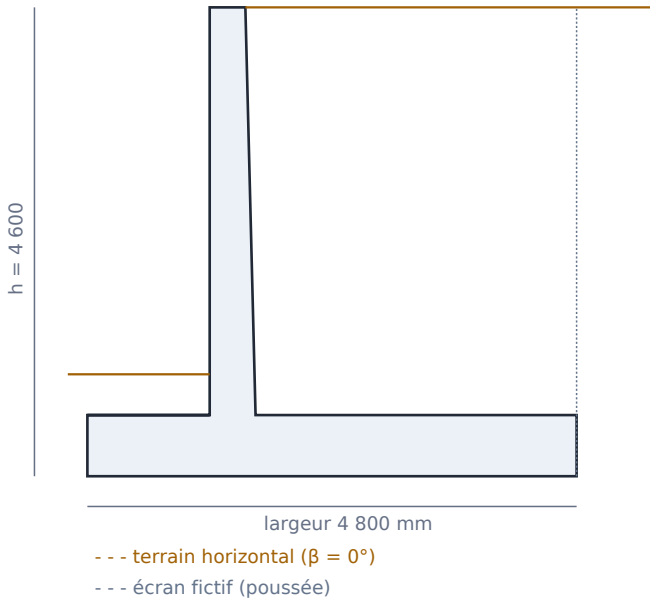
Matériaux

Béton		**C25/30 — fck = 25 MPa, fcd = 16,67 MPa**	
Acier		**B500B — fyk = 500 MPa, fyd = 434,8 MPa**	
Enrobage du voile ; de la semelle	cnom	**40 ; 50**	mm
Aciers verticaux du voile ; aciers de semelle	Øv ; Øs	**16 ; 16**	mm

Charges

Q1 : surcharge uniforme sur le remblai (variable)	q	**10,0**	kPa

Coupe du mur



2. Actions par mètre de mur (valeurs caractéristiques)

Action	Verticale (kN/m)	Horizontale (kN/m)	Bras de levier (m)
Poids du voile	40,0	—	1,43
Poids de la semelle	72,0	—	2,40
Poids du remblai sur le talon	226,8	—	3,23
Poussée des terres	—	63,5	1,53
Q1 : poids sur le talon ; poussée	31,5	15,3	3,23 / 2,30

Bras de levier : distance horizontale au bord aval de la semelle pour les charges verticales, hauteur au-dessus de la base de la semelle pour les charges horizontales. La poussée, inclinée de δ, a une composante verticale appliquée sur l'écran.

3. Stabilité externe (NF P 94-281, approche 2)

Combinaison	V (kN/m)	H (kN/m)	e / e adm. (m)	Glissement	Portance
ELS quasi permanent — Charges permanentes	339	63	0,15 / 1,20	—	—
ELS caractéristique — Permanentes + Q1	370	79	0,11 / 1,20	—	—
ELS caractéristique — Permanentes + Q1 (hors talon)	339	79	0,05 / 1,20	—	—
ELS fréquent — Permanentes + ψ1·Q1	355	71	0,13 / 1,20	—	—
ELS fréquent — Permanentes + ψ1·Q1 (hors talon)	339	71	0,10 / 1,20	—	—
ELU fondamental — Poids × 1,00 ; poussée × 1,35	339	86	0,05 / 2,24	0,43	0,29
ELU fondamental — Poids × 1,35 ; poussée × 1,35	457	86	0,15 / 2,24	0,32	0,37
ELU fondamental — Poids × 1,00 ; poussée × 1,35 ; Q1 : poussée × 1,35, hors talon	339	106	0,09 / 2,24	0,54	0,36

ELU fondamental — Poids × 1,35 ; poussée × 1,35 ; Q1 × γQ	500	106	0,11 / 2,24	0,37	0,44

Excentrement (ELU) : e = |Bs/2 − (Ms − Mr)/V| = 0,150 m ; 1 − 2e/Bs = 0,938 ≥ 1/15 ; largeur comprimée B′ = Bs − 2e = 4,50 m

Excentrement (ELS) : e = 0,150 m ; 1 − 2e/Bs = 0,938 ≥ 1/2

Glissement : Rh;d = (V·tan δf + c′2·B′)/(γR;h·γR;d,h) = 197,6 kN/m ; Hd = 106,4 kN/m ; Hd/Rh;d = 0,54 (Poids × 1,00 ; poussée × 1,35 ; Q1 : poussée × 1,35, hors talon)

Portance : iδ = 0,579 ; Rv;d = q′u·iδ·B′/(γR;v·γR;d) = 946,6 kN/m ; Vd − R0 = 499,9 − 86,9 = 413,0 kN/m ; taux = 0,44 (Poids × 1,35 ; poussée × 1,35 ; Q1 × γQ)

Contrainte maximale sous la semelle (toutes combinaisons) : 119 kPa

Coefficients (guide MUR, tableau 1) : poids × 1,00 ou 1,35 ; poussée des terres et des surcharges permanentes × 1,35 ; surcharge variable × γQ = 1,35 (poussée × 1,35 en Qmin) ; charge variable en tête : 0 en G, Gmin et Gmax, ψ1 en fréquente ; surcharges permanentes dans toutes les combinaisons ; γR;v = 1,40 ; γR;h = 1,10 ; coefficient de modèle du glissement 0,90 ; excentrement limité à 1 − 2e/B ≥ 1/15 à l'ELU et 1/2 à l'ELS. Combinaisons « hors talon » : la charge variable est placée au-delà de l'écran, son poids ne stabilise pas le mur. La butée devant le patin est négligée.

4. Voile (NF EN 1992-1-1)

Encastrement du voile, ELU : MEd = 122,4 kN·m/m ; VEd = 82,8 kN/m ; d = 402 mm

μ = MEd/(b·d²·fcd) = 0,0454 ; z = 393 mm ; As = MEd/(z·fyd) = 7,17 cm²/m ; As,min = 5,36 cm²/m

Fissuration, combinaison quasi permanente (EC2-1-1/AN tab. 7.1NF) : M = 72,0 kN·m/m ; Ec,eff = Ecm/(1 + φ) = 10 333 MPa

Section fissurée : σs = 208,1 MPa ; sr,max = 469 mm ; wk = 0,293 mm (limite 0,30 mm)

Situation sismique (γ = 1 ; γc = 1,30, γs = 1,00) : poussée statique 48,0 kN/m, incrément dynamique 13,4 kN/m (Kad,h = 0,409), inertie du voile 3,4 kN/m ; MEd = 97,4 kN·m/m ; VEd = 64,8 kN/m ; μ = 0,0313 ; As = 4,92 cm²/m

Armatures verticales retenues, face côté remblai : As = 9,42 cm²/m (fissuration — calcul direct (wk ≤ wmax)), soit HA16 tous les 21 cm ; armatures horizontales : 4,50 cm²/m

Effort tranchant sans armatures : vEd = VEd/d = 0,206 MPa ; vRd,c = 0,390 MPa ; séisme : vEd = 0,161 MPa ; vRd,c = 0,426 MPa (γc = 1,30)

Ancrage dans la semelle : lbd = Ø/4·fyd/fbd = 452 mm ; longueur droite disponible hs − enrobage = 550 mm

Sections intermédiaires (ELU / séisme)

Profondeur z (m)	Épaisseur (mm)	MEd (kN·m/m)	VEd (kN/m)	As (cm²/m)	vEd / vRd,c (MPa)
0,50	362	0,7 / 0,3	3,3 / 1,3	4,19	0,010 / 0,422
1,00	375	3,6 / 1,8	8,6 / 4,6	4,36	0,026 / 0,416
1,50	388	9,6 / 5,7	15,9 / 9,8	4,53	0,047 / 0,411
2,00	400	19,8 / 12,9	25,2 / 17,0	4,69	0,072 / 0,406
2,50	412	35,2 / 24,7	36,6 / 26,0	4,86	0,100 / 0,402
3,00	425	56,7 / 41,9	50,0 / 37,0	5,03	0,132 / 0,398
3,50	438	85,4 / 65,8	65,4 / 50,0	5,20	0,168 / 0,394

5. Semelle

Moments sous la réaction linéaire du sol de chaque combinaison fondamentale (contact partiel au-delà du tiers central) ; d = 542 mm

Talon, section au dos du voile (aciers supérieurs) : M = 103,9 kN·m/m, combinaison « Poids × 1,00 ; poussée × 1,35 ; Q1 : poussée × 1,35, hors talon », réaction 73 à 63 kPa

Patin, section au parement aval (aciers inférieurs) : M = 51,7 kN·m/m, combinaison « Poids × 1,35 ; poussée × 1,35 ; Q1 × γQ », réaction 90 à 97 kPa

Aciers supérieurs : μ = 0,0212 ; As = 7,23 cm²/m, soit HA16 tous les 27 cm

Aciers inférieurs : μ = 0,0105 ; As = 7,23 cm²/m, soit HA16 tous les 27 cm

Section minimale : 7,23 cm²/m

6. Séisme (NF EN 1998-5)

Zone de sismicité 2 : agr = 0,70 m/s² ; γI = 1,20 ; S = 1,50 ; ST = 1,00 ; r = 1,5

kh = γI·agr·S·ST/(g·r) = 0,0856 ; kv = ± 0,5·kh = ± 0,0428

Valeurs de calcul : tan φ′d = tan φ′/1,25 : φ′1,d = 24,8° ; φ′2,d = 26,6° ; δd = 0,0° ; part ψ2 de la charge variable : 0,0

Portance (annexe F) : Nγ = 11,59 ; F = 0,171 ; γRd = 1,00

Séisme vertical	Kad	Poussée (kN/m)	H (kN/m)	V (kN/m)	e (m)	Glissement	F.1
Descendant (+kv)	0,4661	92,6	121,6	353,3	0,20	0,75	-0,11
Ascendant (−kv)	0,4716	86,0	115,0	324,3	0,21	0,77	-0,06

Poussée dynamique de l'annexe E (Mononobe-Okabe généralisé), incrément appliqué à mi-hauteur de l'écran ; forces d'inertie du voile, de la semelle, du remblai du talon, des surcharges portées (à la surface du terrain) et du prisme du talus ; charges permanentes en tête et surcharges permanentes entières, part ψ2 des charges variables ; glissement : V·tan δf/1,25 ; portance : critère F.1 de l'annexe F (sol frottant), dans le verdict.

7. Synthèse des vérifications

Critère	Valeur	Limite	Taux	
Excentrement de la charge (ELU)	0,15 m	2,24 m	0,07	✔ **vérifié**
Excentrement de la charge (ELS)	0,15 m	1,20 m	0,12	✔ **vérifié**
Glissement (ELU)	106 kN/m	198 kN/m	0,54	✔ **vérifié**
Portance du sol (ELU)	413 kN/m	947 kN/m	0,44	✔ **vérifié**
Voile : effort tranchant sans armatures	0,206 MPa	0,390 MPa	0,53	✔ **vérifié**
Séisme : voile, effort tranchant sans armatures	0,161 MPa	0,426 MPa	0,38	✔ **vérifié**
Voile : ancrage des aciers dans la semelle	452 mm	550 mm	0,82	✔ **vérifié**
Voile : ouverture des fissures wk	0,293 mm	0,30 mm	0,98	✔ **vérifié**
Voile : contrainte des aciers (règle de l’annexe nationale)	208 MPa	300 MPa	0,69	pour information
Séisme : glissement (séisme descendant)	122 kN/m	163 kN/m	0,75	✔ **vérifié**
Séisme : renversement (séisme descendant)	225 kN·m/m	1 002 kN·m/m	0,22	✔ **vérifié**
Séisme : portance, critère F.1 (séisme descendant)	-0,11	≤ 0	0,89	✔ **vérifié**
Séisme : glissement (séisme ascendant)	115 kN/m	150 kN/m	0,77	✔ **vérifié**
Séisme : renversement (séisme ascendant)	210 kN·m/m	920 kN·m/m	0,23	✔ **vérifié**
Séisme : portance, critère F.1 (séisme ascendant)	-0,06	≤ 0	0,94	✔ **vérifié**