NOTE DE CALCUL

Flexion simple d’une section en béton armé

NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale ; NF EN 1992-2 et son annexe nationale (pont routier)

Projet	**Exemple d’application**
Élément	**Dalle de 25 cm — section courante en travée**
Section	**Rectangulaire — b × h = 1 000 × 250 mm**
Date	**17/11/2026**

Section vérifiée

MEd = 110,0 kN·m ; MRd = 154,3 kN·m. Armatures tendues = 2 011 mm², As nécessaire = 1 375 mm² (ELU et section minimale). Taux de travail maximal : 0,88.

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

Section

Forme		**Rectangulaire**	
Largeur	b	**1 000**	mm
Hauteur	h	**250**	mm
Enrobage (face inférieure)	c	**35**	mm
Diamètre des cadres	Øt	**8**	mm

Armatures longitudinales

Lit	Face	Barres	Axe depuis la face (mm)	d (mm)	As (mm²)
1	inférieure	10 HA16	51,0	199,0	2 011

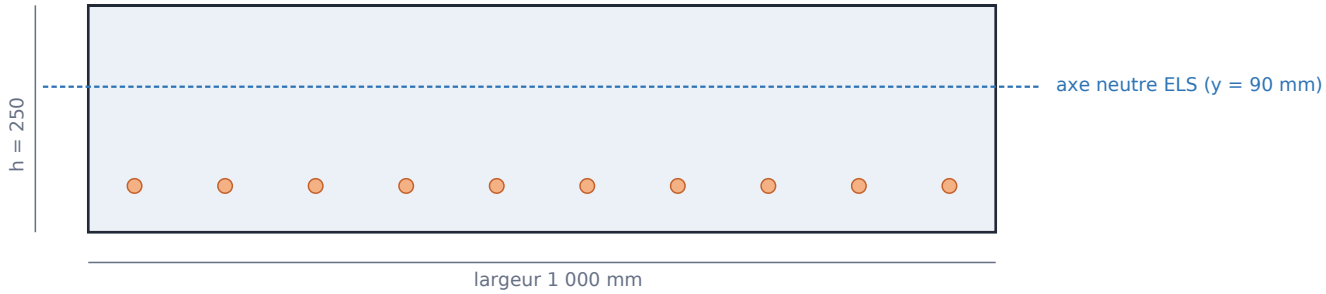
Matériaux

Résistance caractéristique du béton	fck	**30**	MPa
Coefficients partiels et αcc	γc ; αcc	**1,50 ; 1,00**	
Résistance de calcul du béton	fcd	**20,00**	MPa
Résistance moyenne en traction	fctm	**2,90**	MPa
Module sécant	Ecm	**32 837**	MPa
Limite d’élasticité de l’acier	fyk	**500**	MPa
Coefficient partiel ; résistance de calcul	γs ; fyd	**1,15 ; 434,8**	MPa
Module de l’acier	Es	**200 000**	MPa
Loi du béton à l’ELU		**parabole-rectangle (§3.1.7)**	
Loi de l’acier		**palier horizontal**	
Coefficient de fluage	φ(∞,t0)	**2,00**	

Sollicitations et ouvrage

Moment ultime	MEd	**110,0**	kN·m
Moment de service quasi permanent	Mqp	**75,0**	kN·m
Moment de service caractéristique	Mcar	**95,0**	kN·m
Moment de service fréquent	Mfréq	**80,0**	kN·m
Type d’ouvrage		**Pont routier**	
Classe d’exposition ; ouverture limite	wmax	**XC3 ; 0,30**	mm
Maîtrise de la fissuration		**calcul direct de wk (§7.3.4)**	

Section et armatures



2. État limite ultime

Dimensionnement (diagramme simplifié)

Hauteur utile	d	**199,0**	mm
Moment réduit ; moment réduit limite	μ ; μlim	**0,1389 ; 0,372**	
Section		**simplement armée**	
Position relative de l’axe neutre ; bras de levier	αu ; z	**0,1877 ; 184,1**	mm
Section d’armatures tendues requise	As,req	**1 375**	mm²
Section d’armatures comprimées requise	A’s,req	**0**	mm²
Section minimale (§9.2.1.1)	As,min	**300**	mm²
Section maximale (4 %)	As,max	**10 000**	mm²
Armatures tendues ; taux d’armatures	As ; ρ	**2 011 ; 1,010 %**	mm²

Moment résistant (équilibre de la section, pivots)

Pivot à l’état ultime		**B (raccourcissement limite du béton)**	
Profondeur de l’axe neutre à l’état ultime	xu	**54,0**	mm
Moment résistant	MRd	**154,3**	kN·m
Sous MEd : axe neutre ; raccourcissement du béton	x ; εc	**76,8 mm ; 0,999 ‰**	
Contrainte du béton sous MEd	σc	**14,99**	MPa

Lit	Barres	d (mm)	ε (‰)	σs (MPa)
1	10 HA16	199,0	-1,589	-317,9

Convention : ε et σ positifs en compression, négatifs en traction.

3. États limites de service

Moment de fissuration	Mcr	**32,2**	kN·m
Section fissurée sous la combinaison de contrôle		**oui**	
Module effectif du béton (quasi permanent)	Ec,eff	**10 946**	MPa
Axe neutre ; inertie (quasi permanent)	y ; I	**89,6 mm ; 679,5 ×10⁶ mm⁴**	
Quasi permanent : béton ; acier	σc ; σs	**9,89 ; 220,6**	MPa
Caractéristique : béton ; acier	σc ; σs	**18,06 ; 263,3**	MPa

Maîtrise de la fissuration — combinaison fréquente (EC2-2/AN tab. 7.101NF)

Moment de contrôle ; contrainte de l'acier	M ; σs	**80,0 kN·m ; 235,3 MPa**	
Hauteur et aire de béton tendu effectives	hc,ef ; Ac,eff	**53,5 mm ; 53 453 mm²**	
Taux d'armatures effectif ; diamètre équivalent	ρp,eff ; Øeq	**3,761 % ; 16,0 mm**	
Enrobage ; k1 ; k2 ; k3 ; k4 ; kt		**43,0 ; 0,8 ; 0,50 ; 3,4 ; 0,425 ; 0,4**	
Espacement maximal des fissures (7.11)	sr,max	**218,5**	mm
Déformation moyenne	εsm − εcm	**0,9871**	‰
Ouverture calculée	wk	**0,216**	mm

Règle de l'annexe nationale de l'EC2-2 (§7.3.3(101)) — pour information : σs = 235,3 MPa ≤ 1 000·wmax = 300,0 MPa ; espacement 100 mm ≤ 5·(c + Ø/2) = 215 mm.

4. Fatigue

σs,car = 263,3 MPa < 300 MPa : dispense du calcul à la fatigue des armatures (EC2-2/AN §6.8.1(102) i)).

Méthode de l'étendue équivalente (EC2-2 annexe NN) — Barres droites

Moments de fatigue (M0 + γQ·MFLM3)	Mmax ; Mmin	**88,0 ; 60,0**	kN·m
Coefficient d'équivalence	n	**15,0**	
Contraintes de l'acier	σs,max ; σs,min	**255,7 ; 174,3**	MPa
Coefficient λs (λs,1 · λs,2 · λs,3 · λs,4)	λs	**1,205 (1,205 · 1,000 · 1,000 · 1,000)**	
Étendue équivalente	Δσs,equ	**98,0**	MPa
Étendue de résistance ; limite	ΔσRsk ; /γS,fat	**210,0 ; 182,6**	MPa

Fatigue du béton comprimé

σc,car = 18,06 MPa ≥ 0,6·fck = 18,0 MPa : pas de dispense (EC2-2/AN §6.8.1(102) h)), la fatigue du béton comprimé reste à justifier (§6.8.7). À titre indicatif : σc,max/fcd,fat = 0,823 > 0,753.
Pour obtenir la dispense (σc,car < 0,6·fck), une modification à la fois :

- Béton C35/45 au lieu de C30/37 : σc,car = 18,31 MPa < 0,6·fck = 21,0 MPa.
- Hauteur h = 260 mm (au lieu de 250) : σc,car = 16,67 MPa < 0,6·fck = 18,0 MPa.

5. Synthèse des vérifications

Critère	Valeur	Limite	Taux	
Moment résistant (ELU)	110,0 kN·m	154,3 kN·m	0,71	✔ **vérifié**
Armatures tendues (ELU, minimum)	1 375 mm²	2 011 mm²	0,68	✔ **vérifié**
Section maximale (4 %, par face)	2 011 mm²	10 000 mm²	—	✔ **vérifié**
Acier, combinaison caractéristique	263,3 MPa	400,0 MPa	0,66	✔ **vérifié**
Béton, combinaison caractéristique	18,06 MPa	18,00 MPa	—	non exigé (XC3)
Ouverture des fissures	0,216 mm	0,30 mm	0,72	✔ **vérifié**
Fatigue des armatures (dispense si $\sigma_{s,car} < 300$ MPa)	263,3 MPa	300 MPa	0,88	✔ **vérifié**

Section d’armatures tendues nécessaire : 1 375 mm² (ELU et section minimale) ; posée : 2 011 mm².

Informations complémentaires (EC2-2/AN)

Tableau 7.2N : Ø maximal 12 mm pour $\sigma_{s,car}$ = 263,3 MPa (Ø posé 16 mm) ; tableau 7.3N : espacement maximal 150 mm (espacement 84 mm).