

## SOMMAIRE

1.	OBJET .....	3
2.	DOMAINE D'APPLICATION .....	5
3.	EXTRAITS DE L'EN 1992-1-1 CONCERNANT LE CALCUL DES POUTRES ET DALLES CONTINUES.....	7
3.1	Comportement structural pour le calcul des poutres ou dalles continues.....	7
3.2	Prise en compte des déformations dues à l'effort tranchant.....	7
3.3	Cas de charge et combinaisons.....	7
3.4	Modèles structuraux pour l'analyse globale.....	9
3.5	Distance entre points de moments nuls pour le calcul de la largeur participante des tables de compression (pour tous les états limites) .....	10
3.6	Largeur participante des tables de compression des poutres en T .....	11
3.7	Portée utile des poutres et dalles dans les bâtiments.....	11
4.	ANALYSE ÉLASTIQUE LINÉAIRE – ÉQUATION DES TROIS MOMENTS .....	15
4.1	Calculs des moments et efforts tranchants en travée en fonction des moments sur appuis .....	16
4.2	Équation des trois moments (Clapeyron).....	17
4.3	Tableaux de calcul des moments de travées de même inertie, même portée et même charge uniforme.....	18
4.4	Prise en compte des déformations d'effort tranchant (cf. le paragraphe 9.1) .....	21
4.5	Poutres en T – Prise en compte d'inerties différentes en travée et sur appuis (cf. le paragraphe 9.2) .....	22
5.	ANALYSE ÉLASTIQUE LINÉAIRE AVEC REDISTRIBUTION LIMITÉE DES MOMENTS .....	25
5.1	Équation du 2 <sup>e</sup> degré.....	26
5.2	Tableau pour $f_{ck} \leq 50$ MPa.....	27
5.3	Abaque pour $f_{ck} \leq 50$ MPa .....	28
5.4	Application : poutre de trois travées.....	29
6.	ANALYSE PLASTIQUE – MÉTHODE DES ROTULES PLASTIQUES POUR LE CALCUL DES POUTRES ET DALLES CONTINUES .....	35
6.1	Analyse plastique sans vérification directe de la capacité de rotation (cf. le paragraphe 5.6.2 (2)) .....	35
6.2	Conditions pratiques d'application de la méthode plastique aux poutres et dalles.....	39
6.3	Analyse plastique avec vérification directe de la capacité de rotation .....	41
6.4	Rotation due aux actions $\theta_s$ (cf. le paragraphe 9.3) .....	43
6.5	Rotation plastique admissible $k_1 q_{pl,d}$ .....	44
6.6	Exemple .....	46
6.7	Méthode du professeur Joost Walraven (Université technique de Delft).....	53

7.	MOMENTS ET EFFORTS TRANCHANTS EN TRAVÉE POUR UNE CHARGE UNIFORME $\rho$ .....	55
8.	RÉFÉRENCES .....	59
9.	ANNEXES .....	61
9.1	Annexe A : incidence des déformations dues à l'effort tranchant sur le calcul des sollicitations .....	61
9.2	Annexe B : poutres en T – Prise en compte des inerties différentes sur appuis et en travées pour le calcul des moments sur appuis .....	67
9.3	Annexe C : rotation plastique due aux actions .....	69
9.4	Annexe D : section en T – Moments d'inertie .....	74
9.5	Annexe E : moments aux nus des appuis .....	75
9.6	Annexe F : écrêtage des moments sur appuis .....	79
9.7	Annexe G : fermeture des moments dans une travée .....	81
9.8	Annexe H : exemple numérique d'application des différentes méthodes de calcul des moments sur appui .....	82

## 3. EXTRAITS DE L'EN 1992-1-1 CONCERNANT LE CALCUL DES POUTRES ET DALLES CONTINUES

### 3.1 Comportement structural pour le calcul des poutres ou dalles continues

Les modèles de comportement couramment utilisés pour l'analyse sont les suivants (cf. le paragraphe 5.1.1 (7) de l'EN 1992-1-1) :

- comportement élastique linéaire ;
- comportement élastique linéaire avec redistribution limitée ;
- comportement plastique incluant notamment la modélisation par bielles et tirants.

### 3.2 Prise en compte des déformations dues à l'effort tranchant

Dans les bâtiments, les déformations des éléments linéaires et des dalles dues à l'effort tranchant et à l'effort normal peuvent être négligées lorsqu'on prévoit qu'elles seront inférieures à 10 % des déformations de flexion (cf. le paragraphe 5.1.1 (8) de l'EN 1992-1-1).

#### **Remarque**

Comme on le verra aux paragraphes 4.3 et 9.1 ci-après, on doit tenir compte des déformations dues à l'effort tranchant pour le calcul des moments sur appuis des poutres lorsque leur hauteur dépasse le cinquième de la portée [3]. C'est en particulier applicable à toutes les poutres-cloisons. On verra également que la prise en compte de ces déformations entraîne une diminution des moments sur appuis, ce qui peut être bénéfique.

### 3.3 Cas de charge et combinaisons

Les combinaisons d'actions considérées (cf. le paragraphe 6 de l'EN 1990 [4]) doivent tenir compte des cas de charge pertinents, permettant l'établissement des conditions de dimensionnement déterminantes dans toutes les sections de la structure ou une partie de celle-ci (cf. le paragraphe 5.1.3 (1)P de l'EN 1992-1-1).

### 3.6 Largeur participante des tables de compression des poutres en T

La largeur participante  $b_{\text{eff}}$  d'une poutre en T ou d'une poutre en L peut être prise égale à (cf. le paragraphe 5.3.2.1 (3) de l'EN 1992-1-1) :  $b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$  (5.7).

Avec :

- $b_{\text{eff},i} = 0,25 b_i + 0,1 L_0 \leq 0,2 L_0$  (5.7a) ;
- et  $b_{\text{eff},i} = b_i$  (5.7b).

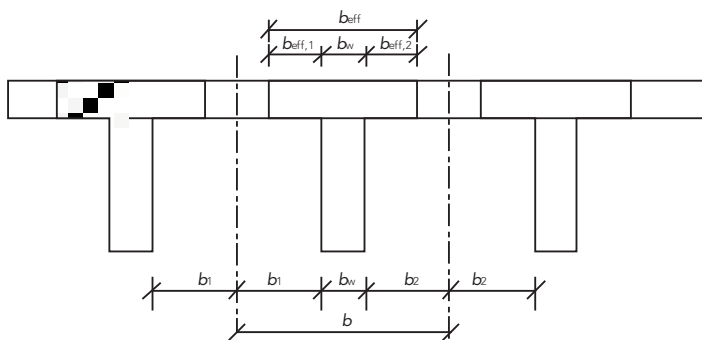


Figure 3.2 : Largeur participante d'une poutre en T.

Pour l'analyse structurale, dans les cas où une grande précision n'est pas requise, on peut admettre une largeur constante sur toute la longueur de la travée. Il convient alors d'adopter la valeur applicable en travée (cf. le paragraphe 5.3.2.1 (4) de l'EN 1992-1-1).

#### Remarque

Pour une poutre en T, on peut donc prendre, pour simplifier, le moment d'inertie en travée, même pour les zones de moments négatifs.

### 3.7 Portée utile des poutres et dalles dans les bâtiments

Les dispositions ci-après sont essentiellement prévues pour l'analyse des éléments. Certaines des simplifications indiquées peuvent être utilisées le cas échéant pour l'analyse de systèmes d'éléments (cf. la note du paragraphe 5.3.2.2 de l'EN 1992-1-1).

Mêmes portées et mêmes inerties Charges uniformes totales	$M_{i-1} + 4 M_i + M_{i+1} = - (p_{i-1} + p_i) \frac{L_i^2}{4}$
Mêmes inerties Charges uniformes totales	$M_{i-1} L_{i-1} + 2 (L_{i-1} + L_i) M_i + L_i M_{i+1} = - \frac{1}{4} (p_{i-1} L_{i-1}^3 + p_i L_i^3)$
Inerties constantes Charges uniformes totales	$\frac{L_{i-1}}{l_{i-1}} M_{i-1} + 2 \left( \frac{L_{i-1}}{l_{i-1}} + \frac{L_i}{l_i} \right) M_i + \frac{L_i}{l_i} M_{i+1} = - \frac{1}{4} \left( \frac{p_{i-1} L_{i-1}^3}{l_{i-1}} + \frac{p_i L_i^3}{l_i} \right)$
Inerties constantes Charges quelconques	$\frac{L_{i-1}}{l_{i-1}} M_{i-1} + 2 \left( \frac{L_{i-1}}{l_{i-1}} + \frac{L_i}{l_i} \right) M_i + \frac{L_i}{l_i} M_{i+1} = - 6 E (I_{i-1} w_{gi} - I_i w_{di})$

Tableau 4.1 : Équations des trois moments.

### 4.3 Tableaux de calcul des moments de travées de même inertie, même portée et même charge uniforme

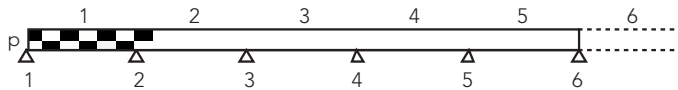


Figure 4.1 : Poutres continues de même portée – Toutes travées chargées (charges permanentes).

Appui n°	2	3	4	5	6	7	8
Mi-travée n°	1	2	3	4	5	6	7
3 appuis	14,22	-8,00	14,22	-	-	-	-
4 appuis	12,50	-10,00	40,00	-10,00	12,50	-	-
5 appuis	12,96	-9,33	27,51	-14,00	27,51	-9,33	12,96
6 appuis	12,84	-9,50	30,08	-12,67	21,71	-12,67	30,08
7 appuis	12,87	-9,45	29,35	-13,00	23,09	-11,56	23,09
8 appuis	12,86	-9,47	29,54	-12,91	22,71	-11,83	24,70
9 appuis	12,86	-9,46	29,49	-12,93	22,81	-11,76	24,25

Tableau 4.2 : Moments maximaux en travée et sur appuis de travées de même portée avec chargement sur toutes les travées :  $M = p \cdot L^2 / k$  – Le dénominateur est lu dans les tableaux.

	$p$	$L_{\text{eff}}$	$M_0$	$f^*$
Travée 1	57	5,4	207,8	$f = \frac{115,5 + 0,5 \times 206,3}{207,8} = 1,052$
Travée 2	57	7,4	390,2	$f = \frac{215,1 + 0,5 \times (206,3 + 239,4)}{390,2} = 1,122$
Travée 3	57	6,4	291,8	$f = \frac{188,6 + 0,5 \times 239,4}{291,8} = 1,057$

\*  $f = (\text{moment à mi-travée} + \text{demi-somme des moments sur appuis})/\text{moment isostatique}.$

Tableau 6.2 : Coefficients de fermeture (cf. la figure 6.2).

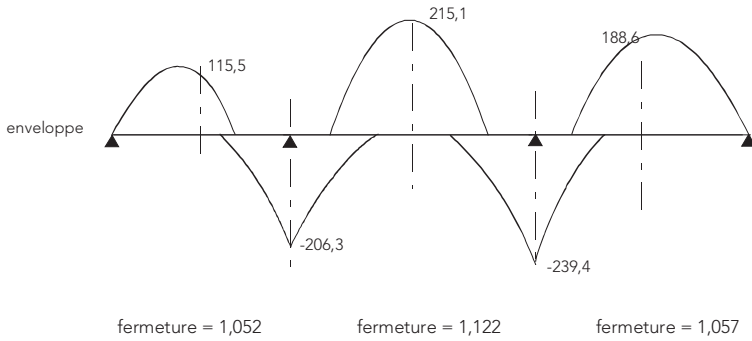


Figure 6.2 : Moments enveloppes des quatre cas de charge.

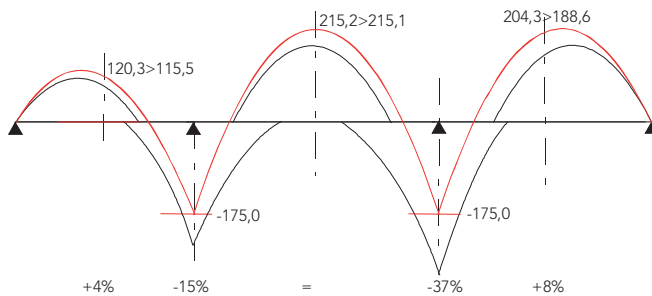
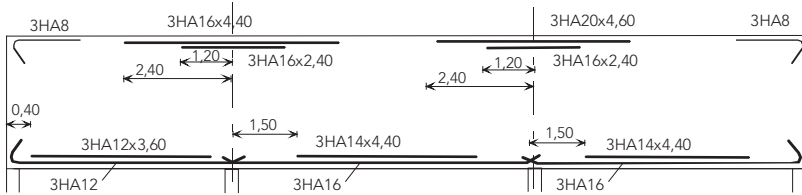
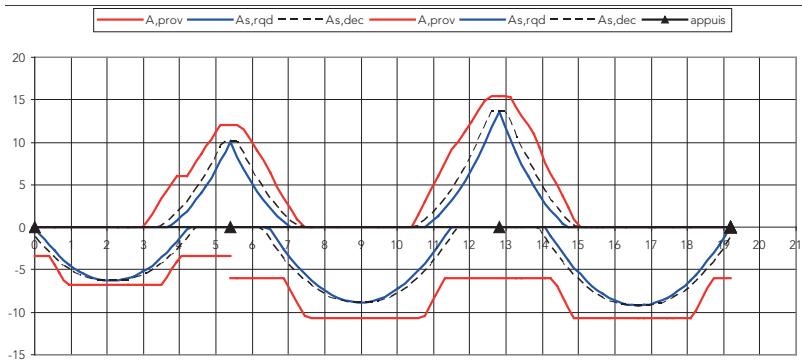


Figure 6.3 : Moments imposés avec rotules plastiques sur appui.

- par intégration, on calcule les rotations sur appuis ;
- $\theta_s$  sur un appui donné est égal à la différence des rotations de part et d'autre.



**Figure 6.9 : Ferrailage de la poutre**  
(les armatures supérieures de construction n'ont pas été représentés).



**Figure 6.10 : Épure d'arrêt des barres – Armatures nécessaires ( $A_{s,rqd}$ ), décalées de  $0,5 z \cdot \cot \theta$  ( $A_{s,dec}$ ) et armatures mises en place avec prise en compte des longueurs d'ancrage ( $A_{s,prov}$ ).**

Par exemple, pour le moment sur l'appui 1 :  $M_{Ed} = 0,185$  MNm et  $A_{s,prov} = 12,06$  cm<sup>2</sup> :

- moment réduit :  $\mu = \frac{0,185}{0,3 \times 0,44^2 \times 16,7} = 0,1907 < 0,295$ , on peut donc appliquer la méthode des rotules plastiques ;
- hauteur comprimée relative :  $\xi = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 0,267$  ;
- allongement de l'acier :  $\epsilon_s = -3,5 \times \frac{1 - \xi}{\xi} = -9,615 \%$  ( $< 45 \%$ , classe B) ;
- contrainte de l'acier :  $\sigma_s = f_{yd} \cdot \left( 1 + (k - 1) \cdot \frac{\epsilon_s - \epsilon_{s0}}{\epsilon_{uk} - \epsilon_{s0}} \right)$   
 $= 435 \times \left( 1 + 0,08 \times \frac{9,615 - 2,17}{50 - 2,17} \right) = 440,4$  MPa ;