

Chapitre XII. LA TORSION

1) Définition - Généralités :

Une poutre est sollicitée en torsion lorsque les forces agissant sur elle (y compris les réactions d'appuis) et situées à gauche d'une section droite (S), peuvent être réduites à un couple situé dans le plan de la section (S). Les forces appliquées sont excentrées par rapport au plan de symétrie longitudinal, comme c'est le cas des poutres reprenant un auvent (Fig. 12.1).

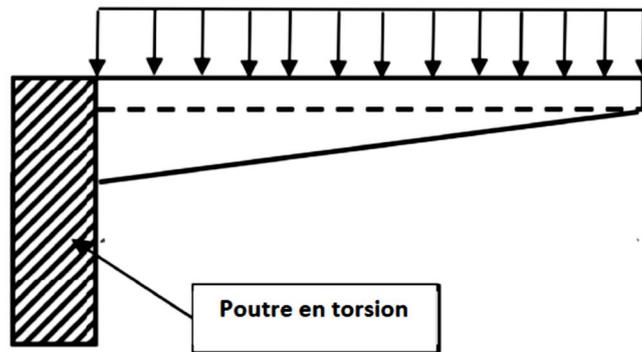
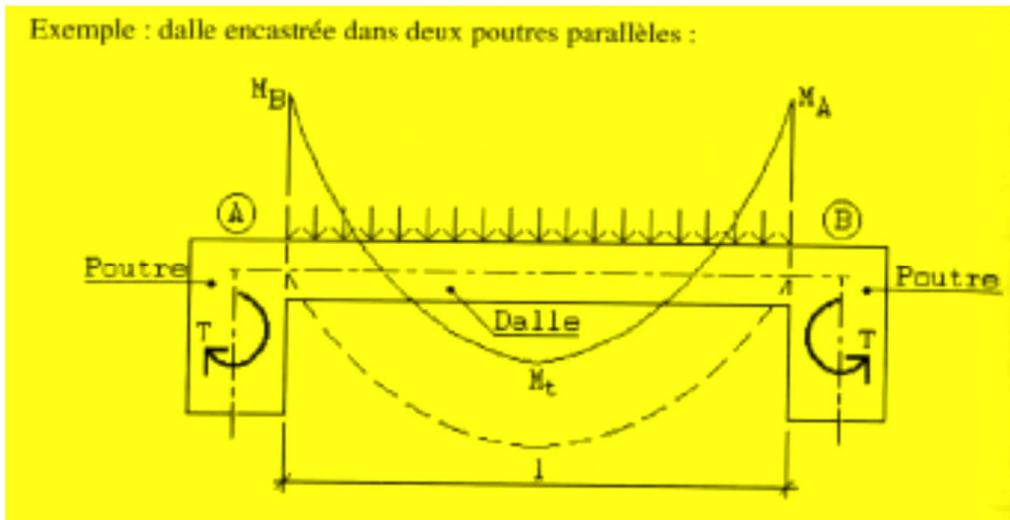


Fig.12.1

La torsion pure se rencontre très rarement dans les éléments et structures en béton armé. Généralement c'est plutôt la flexion et la torsion combinées en même temps qui sollicitent ces éléments de structures à chaque fois qu'une charge excentrée agit sur ... une poutre notamment.

Ainsi la poutre support représentée sur la figure ci-dessous et qui reçoit la charge répartie par l'intermédiaire d'une console est soumise à la flexion et à la torsion. Nous savons calculer les pièces soumises à la flexion ; nous allons étudier ci-dessous le cas des pièces soumises uniquement à la torsion et nous verrons comment il est possible de résister à l'effet des deux sollicitations agissant simultanément.





Le moment d'encastrement de la dalle dans les poutres produit un couple de torsion dans ces dernières.

N.B : Les justifications à présenter sont relatives à l'ELU.

2) Résistance à la torsion pure

2.1. Comportement expérimental

Des essais effectués sur des poutres armées de sections rectangulaires, montrent qu'avec l'accroissement du moment de torsion, il y'a une redistribution des efforts internes vers le bord de la section.

Jusqu'au couple de fissuration, la poutre a un comportement élastique comme si elle n'était pas armée. Les fissures apparaissent d'abord à 45° au milieu des faces de la poutre et s'étendent ensuite vers les arrêtes d'abord dans les faces larges.

Seule une couche de béton proche des faces extérieures relativement peu épaisse contribue à la résistance.

On constate que deux sections de même dimensions extérieures et de même armatures, l'une pleine et l'autre creuse ont à peu près le même comportement après fissuration.

Pour l'évaluation des contraintes dues à un couple de torsion, on va distinguer les deux types de section : creuse de faible épaisseur et pleine ou creuse de forte épaisseur.

2.2. Contraintes tangentes de torsion

a) Sections creuses

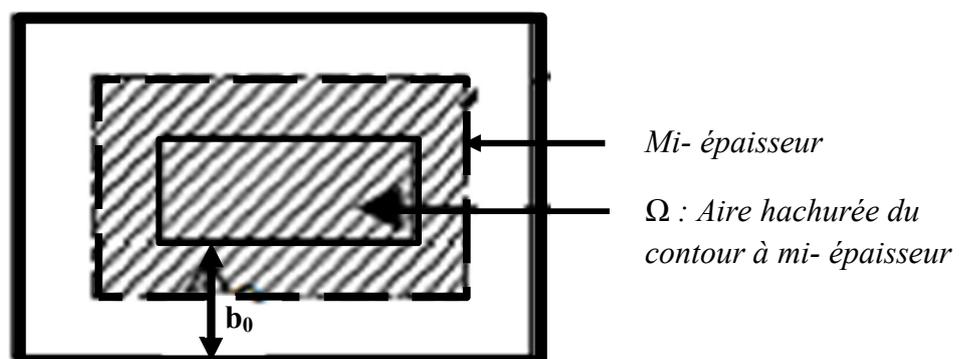


Fig.12.2 : Section creuse d'épaisseur b_0

La formule de Rausch donne la contrainte tangente :

$$\tau_u = \frac{T_u}{2 \Omega b_0} \quad (12.1)$$

T_u : Moment de torsion

b_0 : épaisseur de la paroi considérée

Ω : Aire du contour à mi- épaisseur

Si $b_0 > b_t$, épaisseur fictive des sections pleines, on considèrera la section comme si elle était pleine.

b) Sections pleines

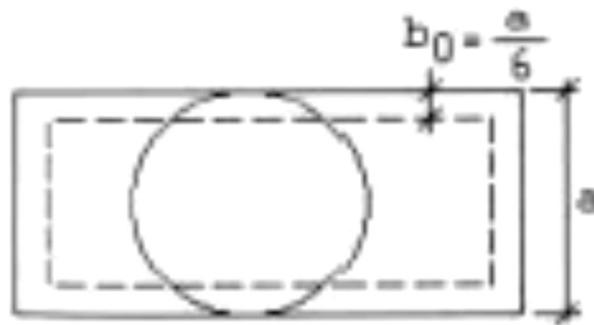


Fig.12.3. Section rectangulaire de largeur a

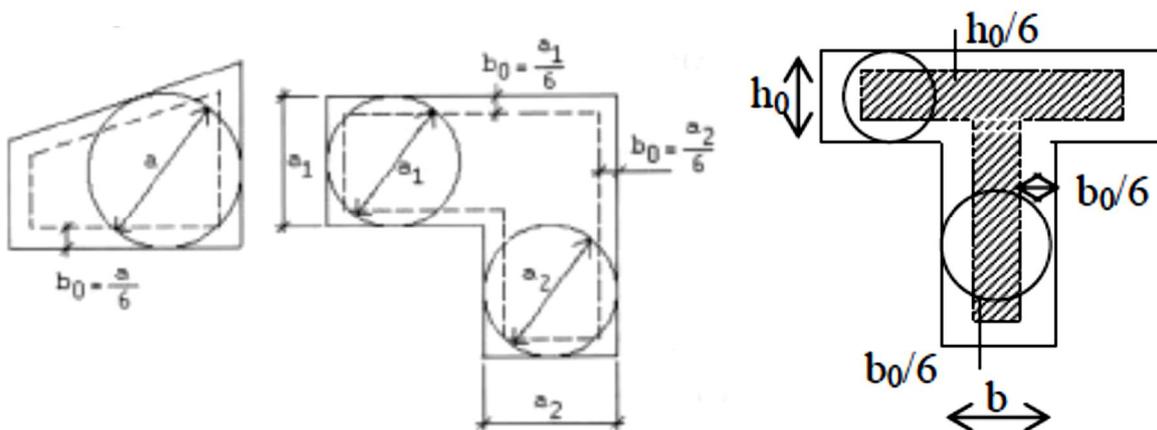


Fig.12.4. Sections complexes

Pour une section pleine de forme convexe, on remplace la section réelle par une section creuse équivalente dont l'épaisseur de la paroi b_t est égale au 1/6 du diamètre du plus grand cercle qu'il est possible d'inscrire dans le contour extérieur de la section.

Pour une section complexe, b_t est égale au 1/6 de la plus petite dimension de chaque section partielle.

c) Vérification des armatures

Pour la torsion pure, les armatures longitudinales et transversales peuvent être déterminées par la règle des coutures (comme pour l'effort tranchant) :

$$\frac{\sum A_l}{u} = \frac{A_t}{S_t} = \frac{\tau_u b_0}{\sigma_{st}} \quad (12.2)$$

$\sum A_l$: Section totale des barres longitudinales traversant la section extérieure d'épaisseur b_t .

A_t : Section de l'armature constituant le cadre

u : Périmètre de l'aire Ω de la section efficace.

σ_{st} : Contrainte dans les armatures.

Cela conduit à prévoir deux systèmes d'armatures A_l et A_t données par :

$$\frac{A_t f_e}{S_t \gamma_s} = \frac{\sum A_l f_e}{u \gamma_s} = \frac{T_u}{2\Omega} \quad (12.3)$$

$$\text{Ou : } \frac{A_t}{S_t} = \frac{\sum A_l}{u} = \frac{T_u}{2\Omega} \frac{f_e}{\gamma_s} \quad (12.4)$$

Pour une section rectangulaire, les armatures longitudinales A_l doivent être réparties aux quatre angles et éventuellement sur les faces pour les sections de grandes dimensions (l'écartement entre barres doit être de l'ordre de 20 cm).

d) Vérification du béton

La contrainte tangente est limitée aux valeurs prescrites pour les âmes soumises à l'effort tranchant :

- Pour des armatures droites :

$$\tau_{ulim} = \min \left\{ 0.20 \frac{f_{cj}}{\gamma_b}; 5 \text{ MPa} \right\}; \text{ en fissuration non préjudiciable} \quad (12.5)$$

$$\tau_{ulim} = \min \left\{ 0.15 \frac{f_{cj}}{\gamma_b}; 4 \text{ MPa} \right\}; \text{ en f. préjudiciable et très préjudiciable} \quad (12.6)$$

- Pour des armatures à 45° par rapport à la fibre moyenne :

$$\tau_{ulim} = \min \left\{ 0.27 \frac{f_{cj}}{\gamma_b}; 7 \text{ MPa} \right\} \quad (12.7)$$

3) Résistance en torsion et flexion

Sauf justifications particulières, les contraintes tangentes de torsion et d'effort tranchant doivent être cumulées :

- **Pour le béton** : les contraintes tangentes dues à l'effort tranchant τ_T et à la torsion τ_V doivent être combinées et comparées à la contrainte limite ci-dessus selon les formules :

- **Pour les sections creuses** : $\tau_T + \tau_V \leq \tau_{ulim}$ (12.8)

- **Pour les sections pleines** : $\tau_T^2 + \tau_V^2 \leq (\tau_{ulim})^2$ (12.9)

- **Pour l'acier** : les sections sont égales à la somme des sections à l'équilibre des deux sollicitations