

## Chapitre II : *Calcul des portiques sous charges verticales*

### *Méthode de CAQUOT pour le calcul des moments fléchissant au niveau d'un nœud de portique sous l'action des charges verticales*

#### *1. Principes.*

Les moments de continuité agissant dans les sections des nus d'un appui, considérées comme sections à vérifier, sur les éléments qui se rencontrent en formant un nœud, peuvent être évalués en ne tenant compte que des charges des travées encadrant l'appui considéré (travée de gauche, indice « w » et travée de droite, indice « e ») et de la résistance offerte par les tronçons inférieur et supérieur des poteaux aboutissant au nœud considéré (tronçon inférieur, indice « s », et tronçon supérieur, indice « n »).

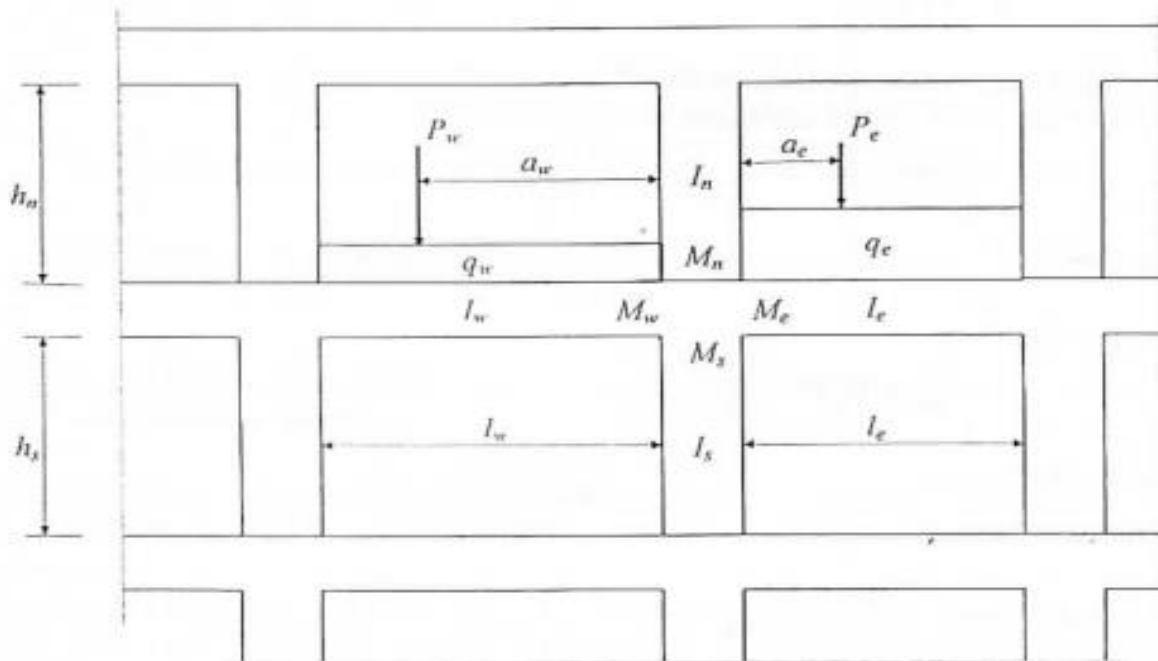


Figure : 01

On détache, de chaque côté des appuis, des travées fictives  $l'_w$  et  $l'_e$  dont les longueurs sont calculés en fonction de la position de la travée (rive ou intermédiaire), voir Fig. 3.1.

On détache de même au-dessus et au-dessous de chaque appui des tronçons fictifs de poteaux, de hauteurs  $h'_n$  et  $h'_s$  telles que:

$h'_n = 0,9.h_n$  si le nœud considéré appartient à l'avant dernier plancher.

$h'_n = 0,8.h_n$  pour tous les autres cas.

$h'_s = 0,8.h_s$  sauf dans le cas où les poteaux sont articulés sur leurs fondations, où il faut prendre  $h'_s = h_s$ .

Généralement, cette méthode s'applique pour les portiques des bâtiments courants soumis à l'effort de charges verticales d'intensité moyenne ou forte.

La poutre étant supposée avoir dans chaque travée une section constante.

## 2- Moments d'appuis

### 2-1- Travées intermédiaires :

Les longueurs fictives  $l'_w$  et  $l'_e$  sont égales à :

$$l'_w = 0,8.l_w$$

$$l'_e = 0,8.l_e$$

On désigne par:

$q_w$  : la charge uniformément répartie par unité de longueur sur la travée de gauche, ( $q_e$  sur celle de droite);

$P_w$  : la charge concentrée appliquée sur la travée de gauche à la distance  $a_w$  du nu de l'appui, ( $P_e$  et  $a_e$  sur celle de droite).

On pose:

$$M'_w = q_w \frac{l_w^2}{8,5} + l'_w \cdot \sum k_w \cdot P_w \quad M'_e = q_e \frac{l_e^2}{8,5} + l'_e \cdot \sum k_e \cdot P_e$$

les valeurs de  $k$  sont données en fonction de  $a/l'$ , soit  $a_w/l'_w$  ou  $a_e/l'_e$

$k_w$  et  $k_e$  étant des coefficients donnés pour chaque travée par :

$$k = \frac{1}{2,125} \frac{a}{l'} \left(1 - \frac{a}{l'}\right) \left(2 - \frac{a}{l'}\right)$$

Les moments dans les sections dangereuses (nus des appuis) sont donnés, en valeur absolue:

*Extrémités des poutres:*

$$M_w = M'_e \frac{K_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{K_w}{D}\right) \quad M_e = M'_e \left(1 - \frac{K_e}{D}\right) + M'_w \frac{K_e}{D}$$

*Extrémités des poteaux:*

$$M_s = \frac{K_s}{D} (M'_e - M'_w) \quad M_n = \frac{K_n}{D} (M'_e - M'_w)$$

avec:

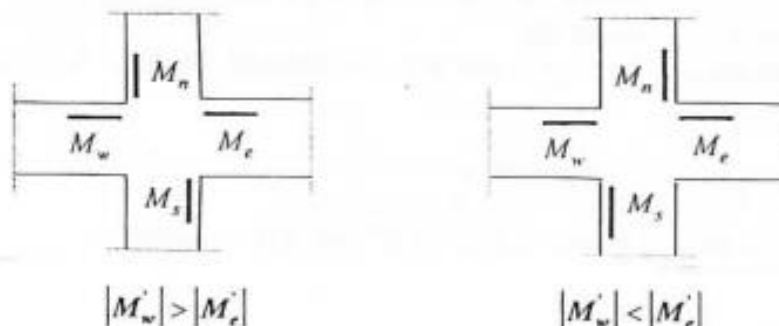
$$K_w = \frac{I_w}{l'_w}; \quad K_e = \frac{I_e}{l'_e}; \quad K_n = \frac{I_n}{h_n}; \quad K_s = \frac{I_s}{h_s};$$

$$D = K_w + K_e + K_n + K_s$$

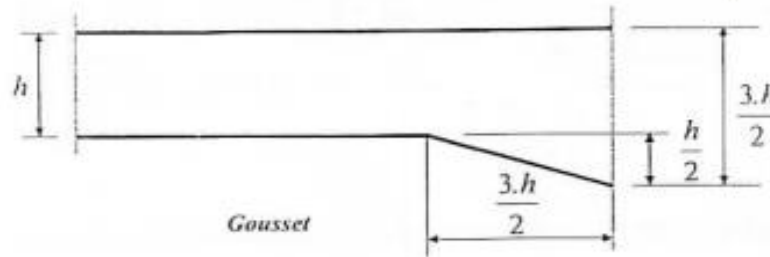
$I$ : moment d'inertie

$K$ : raideur de l'élément.

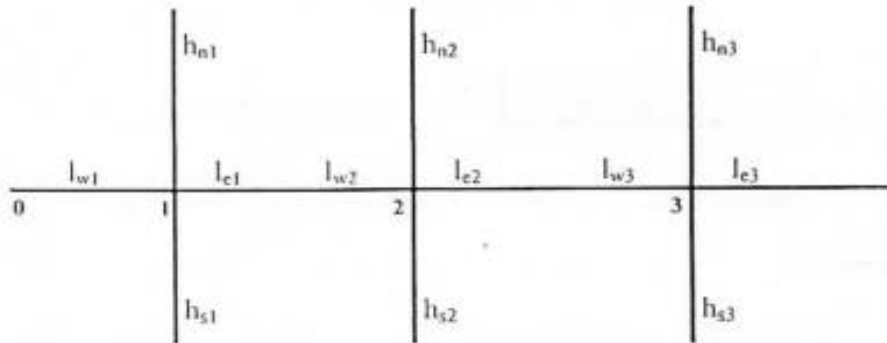
Les moments dans les poutres au niveau des appuis  $M_w$  et  $M_e$  sont négatifs. Pour le poteau supérieur, la face tendue est située du côté du plus grand moment fictif  $M'_w$  ou  $M'_e$  en valeur absolue, la face tendue du poteau inférieur se trouve du côté opposé.



Si on a une inertie variable pour les poutres (Gousset), on remplace 8,5 dans les autres formules par 7,7.



## 2.2. Travées de rive.



### 2.2.1. Travées de rive avec console.

#### 2.2.1.1. Noeud de rive (noeud 1).

On remplace  $K_w = 0$  dans la formule calculant  $M_{w1}$  du paragraphe 2.1. On aura:  $M_{w1} = M'_{w1}$   
 $M'_{w1}$  : valeur absolue du moment isostatique de la console au nu de l'appui (1).

La longueur fictive  $l'_{e1}$  est égale à:  $l'_{e1} = 0,8.l_{e1}$

On suppose que la valeur algébrique de  $M_{w1}$  est négative, c'est à dire, conventionnellement, que la face supérieure de la console est tendue au voisinage de l'appui. Dans le cas contraire, on change les signes devant la valeur de  $M_{w1}$  introduite dans les formules:

$$M_{e1} = M'_{e1} \left(1 - \frac{K_{e1}}{D_1}\right) + M_{w1} \frac{K_{e1}}{D_1}$$

$$M_{s1} = \frac{K_{s1}}{D_1} (M'_{e1} - M_{w1}) \quad M_{n1} = \frac{K_{n1}}{D_1} (M'_{e1} - M_{w1})$$

$$D_1 = K_{e1} + K_{n1} + K_{s1}$$

#### 2.2.1.2. Noeud voisin du noeud de rive (noeud 2).

La longueur  $l'_{w2}$  de la travée fictive de rive est prise égale à:

$$l'_{w2} = \chi_1 \cdot l_{w2} \quad \chi_1 \text{ étant un coefficient compris entre } 0,8 \text{ et } 1,0.$$

$$\text{On prend:} \quad \chi_1 = 0,8 \quad \text{si } K_{s1} + K_{n1} \geq 1,5 \cdot K_{e1}$$

$$\chi_1 = 1 - \frac{K_{s1} + K_{n1}}{7,5 \cdot K_{e1}} \quad \text{si } K_{s1} + K_{n1} < 1,5 \cdot K_{e1}$$

Les  $K$  intervenants dans ces formules sont ceux relatifs au noeud 1

La longueur  $l'_{e2}$  de la travée fictive de rive est prise égale à:

$$l'_{e2} = 0,8 \cdot l_{e2} \quad \text{si la travée (2-3) est une travée intermédiaire.}$$

$$l'_{e2} = \chi_3 \cdot l_{e2} \quad \text{si la travée (2-3) est une travée de rive, c.à.d. que le noeud 3 est un noeud de rive.}$$

On prend:

$$\chi_3 = 0,8 \quad \text{si } K_{s3} + K_{n3} \geq 1,5 \cdot K_{w3}$$

$$\chi_3 = 1 - \frac{K_{s3} + K_{n3}}{7,5 \cdot K_{w3}} \quad \text{si } K_{s3} + K_{n3} < 1,5 \cdot K_{w3}$$

Les  $K$  intervenants dans ces formules sont ceux relatifs au noeud 3.

On pose:

$$M_{w2}^* = M'_{w2} - \frac{1}{2,125} \frac{K_{e1}}{D_1} M_{w1}$$

avec:

$$M'_{w2} = q_{w2} \frac{l_{w2}^2}{8,5} + l'_{w2} \cdot \sum k_{w2} \cdot P_{w2} \quad M'_{e2} = q_{e2} \frac{l'_{e2}^2}{8,5} + l'_{e2} \cdot \sum k_{e2} \cdot P_{e2}$$

Les moments dans les sections dangereuses (nus des appuis) sont donnés, en valeur absolue:

*Extrémités des poutres.*

$$M_{w2} = M'_{e2} \frac{K_{w2}}{D_2} + M_{w2}^* \left(1 - \frac{K_{w2}}{D_2}\right) \quad M_{e2} = M'_{e2} \left(1 - \frac{K_{e2}}{D_2}\right) + M_{w2}^* \frac{K_{e2}}{D_2}$$

*Extrémités des poteaux:*

$$M_{s2} = \frac{K_{s2}}{D_2} (M'_{e2} - M_{w2}^*) \quad M_{n2} = \frac{K_{n2}}{D_2} (M'_{e2} - M_{w2}^*)$$

$$D_2 = K_{w2} + K_{e2} + K_{n2} + K_{s2}$$

### 2.2.2. Travée de rive sans console.

Les formules restent les mêmes, il suffit de remplacer  $M_{w1} = 0$  dans les formules précédentes.

On aura donc:  $M_{w2}^* = M'_{w2}$

### 2.3. Simplifications admises.

On peut négliger la raideur des poteaux, à l'exception de ceux de rive. Dans ce cas, les moments aux noeuds de rive peuvent être calculés comme indiqué au paragraphe 2.2.

Les moments sur appuis intermédiaires sont calculés en faisant nuls les  $K_s$  et  $K_n$  correspondants, en conservant pour les moments sur les appuis voisins des appuis de rive  $l'_{w2} = \chi_1 \cdot l_{w2}$  (et  $l'_{e2} = \chi_3 \cdot l_{e2}$ , si l'appui 3 est de rive). On peut appliquer au-delà des appuis voisins de rive les règles des poutres non solidaires des poteaux, voir chapitre II (poutres continues). Si une travée de rive comporte une console, il ne faut pas oublier pour le calcul du moment sur l'appui voisin du noeud de rive, de remplacer  $M'_w$  par les valeurs indiquées au paragraphe 2.2.1. qui tient compte de l'influence du moment  $M_{w1}$  de la console au nu du noeud de rive.



**2.4. Portique à une seule travée (Ossature symétrique et symétriquement chargée).**

On pose: 
$$M' = q \frac{l^2}{8,5} + l \cdot \sum k \cdot P$$

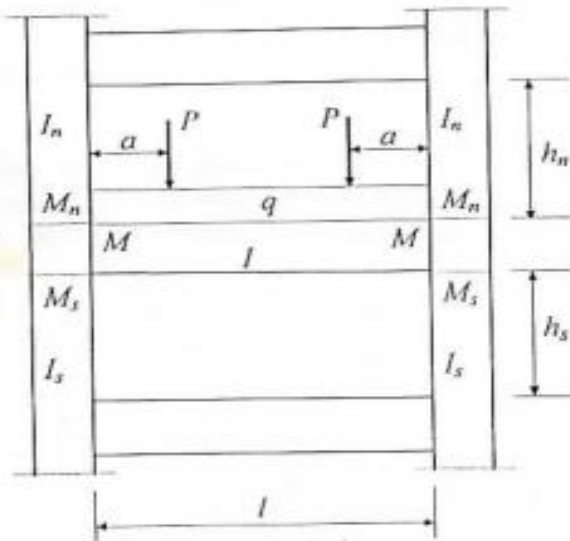
Les moments dans les sections dangereuses sont en valeur absolue :

$$M_w = M_e = M = M' \frac{K_s + K_n}{D}$$

$$M_s = M' \frac{K_s}{D} \quad M_n = M' \frac{K_n}{D}$$

avec:  $K = \frac{l}{l}$  ;  $K_n = \frac{I_n}{h_n}$  ;  $K_s = \frac{I_s}{h_s}$  ;  $D = K + 1,56 \cdot (K_n + K_s)$

Les valeurs de  $k$  sont données en fonction de  $a/l$  en remplaçant  $a/l'$  par  $a/l$ .



**3. Moments en travée des poutres.**

On trace la courbe des moments de la travée indépendante de portée  $l$  (et non  $l'$ ) sous l'effet de la charge permanente, puis sous l'effet de la charge permanente et de la charge d'exploitation, les différentes charges étant affectées du coefficient de pondération correspondant à l'état limite considéré.

On prend comme ligne de fermeture:

- pour les moments positifs, celle qui joint les moments d'appui minimaux en valeur absolue;
  - pour les moments négatifs, celle qui joint les moments d'appui maximaux en valeur absolue.
- En supposant dans chaque cas que les charges d'exploitation peuvent ou non être appliquées dans les différentes travées.

**4. Efforts tranchants dans les poutres.**

Dans le cas de plusieurs travées, les efforts tranchants d'appui sont calculés par la méthode générale applicable aux poutres continues, en faisant état des moments de continuité.

A partir des efforts tranchants d'appui, on trace les diagrammes des efforts tranchants en travée pour les charges permanentes et pour les charges d'exploitation en supposant pour ces dernières la répartition la plus défavorable.

Dans le cas d'une seule travée, les efforts tranchants d'appui sont pris égaux à ceux de la travée indépendante de portée  $l$  si l'ossature est symétrique et symétriquement chargée.

**5. Moments dans les poteaux.**

On admet que les points de moment nul dans les poteaux se trouvent à  $h'_n$  au-dessus du plancher et à  $h'_s$  au-dessous du nu inférieur des poutres.

**6. Efforts tranchants dans les poteaux, efforts normaux dans les poutres.**

Par simplification, on ne fait pas état, dans les calculs, des efforts tranchants dans les poteaux ni des efforts normaux dans les poutres.