

## VI.1. Introduction:

Après avoir évalué les efforts longitudinaux les plus défavorables en différentes sections, nous procédons à la répartition transversale de ces efforts sur les différentes poutres, afin de trouver la poutre la plus sollicitée, pour cela, nous utiliserons l'une des méthodes disponibles selon la rigidité de l'entretoise.

Le choix de la méthode consiste à déterminer le paramètre d'entretoisement  $\theta$  qui est définie par la formule suivante :

$$\theta = \frac{b}{l} \sqrt[4]{\frac{\rho_P}{\rho_E}}$$

Si  $\theta < 0,3 \rightarrow$  La méthode de J.Courbon.

Si  $\theta > 0,3$  La méthode de Guyon-Massonnet.

$$\text{Et le Paramètre de torsion } \alpha : \alpha = \frac{\gamma_P + \gamma_E}{2 \times \sqrt{\rho_P \times \rho_E}}$$

Avec :

$b_{\text{active}} : \frac{1}{2} nb_0$

$L$  : portée de la travée

$\rho_P$ : rigidité flexionnelle des poutres par unité de largeur

$\rho_E$ : rigidité flexionnelle des entretoises par unité de longueur

**NB** : Notre pont ne comporte pas d'entretoises intermédiaires, c'est la dalle (hourdis) qui joue le rôle d'entretoises donc :  $\rho_E = \rho_D = E I_D / l_1$

Avec :

$b_1$  : distance entre-axe des poutres.

$l_1$  : unité de largeur.

$\gamma_P$ : rigidité torsionnelle des poutres par unité de largeur  $\gamma_P = C_P / b_1$

$\gamma_E$  : rigidité torsionnelle des entretoises (dalle) par unité de largeur

$$\gamma_E = C_E / l_1 = C_D / l_1$$

Avec :

$$C_P = G/3 [\sum b_i h_i^3 + (b \times h^3 / 2)]$$

$$G = E/2 (1 + \nu)$$

$\nu$ : Coefficient de poisson.

$E$  : module de déformation longitudinale du béton.

$G$  : module de déformation transversale du béton.

## VI.2. Détermination des paramètres de calcul :

### VI.2.1. Calcul du paramètre $\theta$ :

#### VI.2.1.a. Moment d'inertie équivalente:

$$I_p = I_0 + 8(I_M - I_0) / 3\pi$$

$$I_0 = 19099360,6 \text{ cm}^4$$

$$I_M = 16476081,96 \text{ cm}^4$$

$$I_p = 16872652,53 \text{ cm}^4$$

**VI.2.1.b. Rigidité flexionnelle de la poutre :**

$$b_1 = b_0$$

$$\rho_p = (EI_p/b_0) = E \times 0,1687 / 1,88 = 0,08973E.$$

**VI.2.1.c. Rigidité flexionnelle de l'entretoise:**

$$I_E = (ld^3/12) = (0,20)^3/12 = 0,00066m^4$$

$$\rho_E = EI_D/l_1 = 0,00066E$$

$\theta = 0,67 > 0,3$  alors on utilise la méthode de Guyon-Massonnet.

Cette méthode a pour but, de déterminer le moment fléchissant, et l'effort tranchant revenant à chaque poutre en calculant le coefficient de répartition transversale  $K_\alpha$  qui dépend essentiellement de la rigidité torsionnelle « $\alpha$ », et du coefficient d'entretoisement « $\theta$ ».

**VI.2.2. Calcul du paramètre  $\alpha$ :**

Le calcul de la rigidité torsionnelle de la poutre et la dalle est par unité de largeur.

$$\gamma_p = C_p / b_1$$

$$C_p = G/3 \times [\sum b_i h_i^3 + (bh^3/2)]$$

$$C_p = (G/3) [(1,88 \times 0,2^3)/2 + 2(0,425 \times 0,15^3 + 0,425 \times 0,025^3) + 1,45 \times 0,55^3]$$

C

$$C_p = (G/3) \times 0,2516$$

$v = 0,20$  pour le béton précontraint.

$$G = E/2,4 = 0,4166 E$$

$$C_p = 0,0349E$$

$$\gamma_p = 0,0185 E$$

$$C_E = 2GI_D .$$

$$C_E = 0,00055E$$

$$\gamma_E = C_E/l_0 = 0,00055E/1 = 5,5 \times 10^{-4}E$$

$$\alpha = 1,23$$

**VI.3. Répartition transversale des moments fléchissant :**

Le coefficient de répartition transversale  $k$  dépend du paramètre de l'entretoisement  $\theta$ , du paramètre de torsion  $\alpha$  et de l'ordonnée relative ( $y$ ) et de la section où on veut étudier le moment.

Pour un calcul rigoureux de  $k$  dans le cas où  $\alpha = 1,23$  on utilisera les formules d'interpolation d'après Sattler.

$$\text{Si } 0 \leq \theta \leq 0,1 \quad k\alpha = k_0 + (k_1 - k_0) \alpha^{0,05}$$

$$\text{Si } 1 \leq \theta \leq 2 \quad k\alpha = k_0 + (k_1 - k_0) \alpha^{0,5}$$

$$\text{Si } 0,1 \leq \theta \leq 1 \quad k\alpha = k_0 + (k_1 - k_0) \alpha^\beta \quad \text{Où } \beta = 1 - e^{(0,065 - \theta)/0,663} .$$

Telle que :  $k_0$ : valeur de  $k$  pour  $\alpha = 0$

$k_1$ : valeur de  $k$  pour  $\alpha = 1$

Après avoir tracé les lignes d'influences, on dispose convenablement surcharges, on a pour les surcharges concentrées :  $k = (\sum P_i k_i / \sum P_i) = \sum k_i / n$ , et pour les surcharges réparties :

- $k = (\text{surface de la ligne d'influence surchargée} / \text{largeur surchargée})$  et la surface est calculée par la méthode de Simpson ou des trapèzes.
- Une fois qu'on aura déterminé :  $k_\alpha$  et  $k_{\text{moy}}$ .

$M_0$  (moment longitudinal moyen par le théorème de Barré)

On calcule :

$$M = k_{\text{moy}} \times M_0$$

Dans le cas où  $\theta$  ne figure pas dans le tableau on doit faire une interpolation, dans notre cas on fera une interpolation entre la valeur  $\theta = 0,65$  et  $\theta = 0,70$  pour trouver  $\theta = 0,67$ .

$\theta=0,65$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,1776	0,6223	1,0524	1,4121	1,5752	1,4121	1,0524	0,6223	0,1776
b/4	-0,2731	0,1624	0,6014	1,0347	1,4121	1,6143	1,5180	1,2565	0,9520
b/2	-0,5207	-0,1690	0,1974	0,6014	1,0524	1,5180	1,8946	2,0666	2,1547
3b/4	-0,6691	-0,4303	-0,1690	0,1624	0,6223	1,2565	2,0666	2,9669	3,8208
b	-0,7883	-0,6691	-0,5207	-0,2731	0,1776	0,9520	2,1547	3,8208	5,8338
$\theta=0,65$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,7485	0,8588	0,9965	1,1468	1,2310	1,1468	0,9965	0,8588	0,7485
b/4	0,5289	0,6330	0,7702	0,9493	1,1468	1,2818	1,2516	1,1561	1,0648
b/2	0,3823	0,4734	0,5966	0,7702	0,9965	1,2516	1,4559	1,5073	1,5005
3b/4	0,2860	0,3648	0,4734	0,6330	0,8588	1,1561	1,5073	1,8418	2,0659
b	0,2171	0,2860	0,3823	0,5289	0,7485	1,0648	1,5005	2,0659	2,7342

Tableau : VI.1. Valeurs de  $K_0$  et  $K_1$  pour  $\theta = 0,65$ .

$\theta=0,70$		$\alpha = 0 \Rightarrow K_0$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,0216	0,5464	1,0580	1,4938	1,6955	1,4938	1,0580	0,5464	0,0216
b/4	-0,3589	0,1095	0,5862	1,0670	1,4938	1,7118	1,5548	1,1934	0,7809
b/2	-0,5114	-0,1756	0,1798	0,5862	1,0580	1,5548	1,9393	2,0554	2,0618
3b/4	-0,5575	-0,3794	-0,1756	0,1095	0,5464	1,1934	2,0554	3,0254	3,9282
b	-0,5733	-0,5575	-0,5114	-0,3589	0,0216	0,7809	2,0618	3,9282	6,2464
$\theta=0,70$		$\alpha = 1 \Rightarrow K_1$							
$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,7080	0,8319	0,9923	1,1737	1,2783	1,1737	0,9923	0,8319	0,7080
b/4	0,4808	0,5905	0,7407	0,9437	1,1737	1,3307	1,2824	0,1589	1,0461
b/2	0,3342	0,4253	0,5535	0,7407	0,9923	1,2824	1,5134	1,5539	1,5262
3b/4	0,2417	0,3171	0,4253	0,5905	0,8319	1,1589	1,5539	1,9305	2,1668
b	0,1782	0,2417	0,3342	0,4808	0,7080	1,0461	1,5262	2,1668	2,9395

Tableau : VI.2. Valeurs de  $K_0$  et  $K_1$  pour  $\theta = 0,70$ .

On fait l'interpolation entre les tableaux de  $k_0=0,65$  et  $k_0=0,70$  pour obtenir  $k_0=0,67$  :

$K_0$									
Y \ e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,09886	0,58002	1,047384	1,44219	1,623236	1,442187	1,047384	0,580021	0,09886
b/4	-0,3137	0,13494	0,589401	1,04307	1,442187	1,650731	1,525019	1,215876	0,86003
b/2	-0,5122	-0,171	0,187203	0,5894	1,047384	1,525019	1,90275	2,045733	2,09263
3b/4	-0,6088	-0,4019	-0,17102	0,13494	0,580021	1,215876	2,045733	2,973956	3,8458
b	-0,6758	-0,6088	-0,51223	-0,3136	0,098862	0,860032	2,092633	3,8458	5,99536

**Tableau : VI.3. Valeurs de  $K_0=0,67$ .**

On fait l'interpolation entre les tableaux de  $k_1=0,65$  et  $k_1=0,70$  pour obtenir  $k_1=0,67$  :

$K_1$									
Y \ e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,72286	0,83909	0,987034	1,15166	1,245356	1,151656	0,987034	0,839088	0,72286
b/4	0,50111	0,60722	0,749854	0,93949	1,151656	1,296574	1,257615	0,65263	1,04763
b/2	0,3556	0,44602	0,57079	0,74985	0,987034	1,257615	1,473653	1,519262	1,50214
3b/4	0,2619	0,33842	0,446021	0,60722	0,839088	1,148926	1,519262	1,872179	2,10067
b	0,19619	0,2619	0,355596	0,50111	0,722856	1,047632	1,50214	2,100673	2,81584

**Tableau : VI.4. Valeurs de  $K_1=0,67$ .**

### VI.3.1. Calcul de $k_\alpha$ :

$$0,1 < \theta = 0,67 \leq 1$$

$$K_\alpha = K_0 + (K_1 - K_0) \alpha^\beta$$

$$\beta = 1 - e^{(0,065 - \theta)/0,663}$$

Pour  $\alpha=1,23$  et  $\theta=0,67$  on aura :  $K_\alpha = K_0 + (K_1 - K_0) \alpha^\beta$

Le tableau suivant donne le coefficient  $k_\alpha$  pour  $\theta = 0,67$  :

$k_\alpha$									
Y \ e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,80513	0,87325	0,979077	1,11335	1,195533	1,113349	0,979077	0,873246	0,80513
b/4	0,60854	0,66949	0,77101	0,92583	1,113349	1,249879	1,222358	0,578366	1,07237
b/2	0,47002	0,52738	0,621366	0,77101	0,979077	1,222358	1,417077	1,449848	1,42428
3b/4	0,37669	0,43603	0,527378	0,66949	0,873246	1,140099	1,449848	1,72691	1,87058
b	0,31115	0,37669	0,470018	0,60854	0,805128	1,072367	1,424284	1,87058	2,39662

**Tableau : VI.5. Valeurs de  $k_\alpha$ .**

## ❖ Calcul du coefficient de répartition K pour les poutres (par interpolation arithmétique)

Y \ e		-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
P1	0	0,8051	0,8732	0,9790	1,1133	1,1955	1,1133	0,9790	0,8732	0,8051
b/4	1,41	0,6085	0,6694	0,7713	0,9258	1,1133	1,2498	1,2223	0,5783	1,0723
P2	1,88	0,5623	0,6221	0,7211	0,8742	1,0685	1,2407	1,2872	0,8688	1,1896
b/2	2,82	0,4700	0,5273	0,6213	0,7710	0,9790	1,2223	1,4170	1,4498	1,4242
p3	3,76	0,4078	0,4664	0,5587	0,7033	0,9085	1,1675	1,4389	1,6345	1,7218
3b/4	4,23	0,3766	0,4360	0,5273	0,6694	0,8732	1,1400	1,4498	1,7269	1,8705
p4	5,64	0,3111	0,3766	0,4700	0,6085	0,8051	1,0723	1,4242	1,8705	2,3966
b	5,64	0,3111	0,3766	0,4700	0,6085	0,8051	1,0723	1,4242	1,8705	2,3966

Tableau : VI.6. Valeurs de coefficient de répartition K pour les poutres.

## VI.3.2. Moments fléchissant longitudinaux réels dus aux surcharges à 0,5L :

$$M_{\text{réel}} = K_{\alpha \text{ moy}} \times M_0$$

Calcul de  $K_{\alpha \text{ moy}}$  :

Après avoir déterminé les lignes d'influences, on dispose convenablement nos surcharges suivant le règlement fascicule 61 TITRE2.

- Pour les surcharges concentrées :

$$K_{\alpha \text{ moy}} = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{n}$$

K : ordonnée K au droit de la surcharge.

N : nombre d'axe de la surcharge.

- Pour une charge uniformément répartie :

$$K_{\alpha \text{ moy}} = \Omega / L$$

$\Omega$  : aire de la ligne d'influence.

L : longueur chargée.

N <sup>br</sup> poutres		P <sub>1</sub>		
Les Surchage	M <sub>0</sub> (t.m)	K <sub>am</sub>	M <sub>réel</sub>	
A (L)	1 voie	51,34	1,056	54,21
	2 voies	102,68	1,056	108,43
B <sub>c</sub>	1 voie	38,031	1,046	39,78
	2 voies	70,632	1,091	77,05
Convoi	M <sub>c120</sub>	102,063	1,058	107,98
	D <sub>240</sub>	164,568	1,176	193,53

Tableau : VI.7. Moments fléchissant longitudinaux réels dus aux surcharges à 0,5L.

**Moments fléchissant longitudinaux max à 0,5L :**

$M_G = 298,36 \text{ t.m}$

$M_{max} = 193,53 \text{ t.m}$

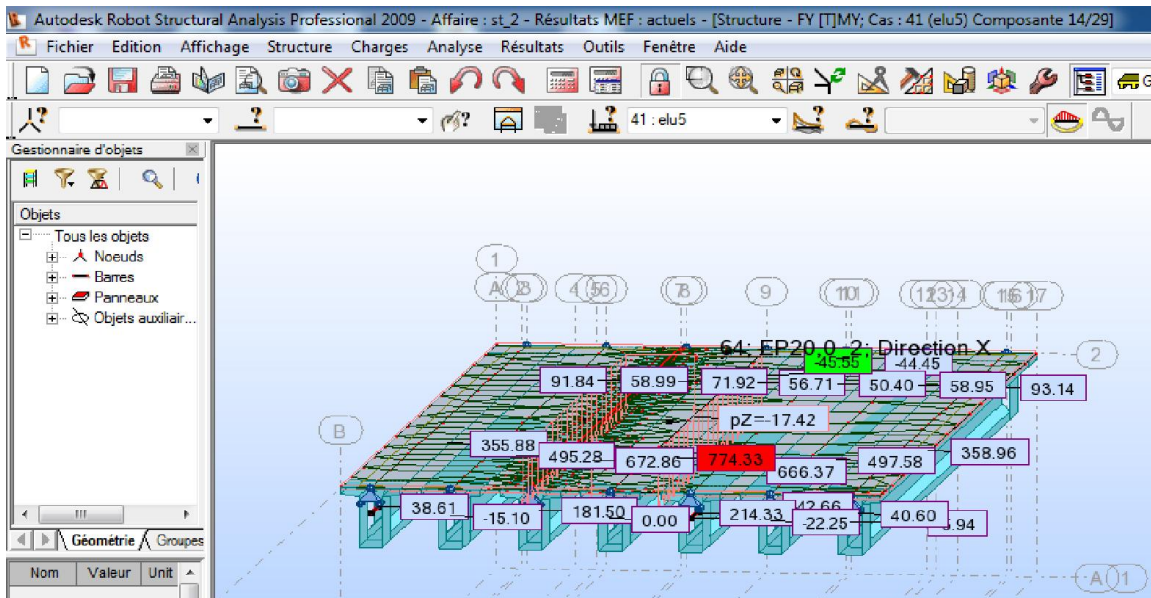
$M_G + M_{max} = 491,89 \text{ t.m}$

Les résultats obtenu par logiciel ROBOT sont :

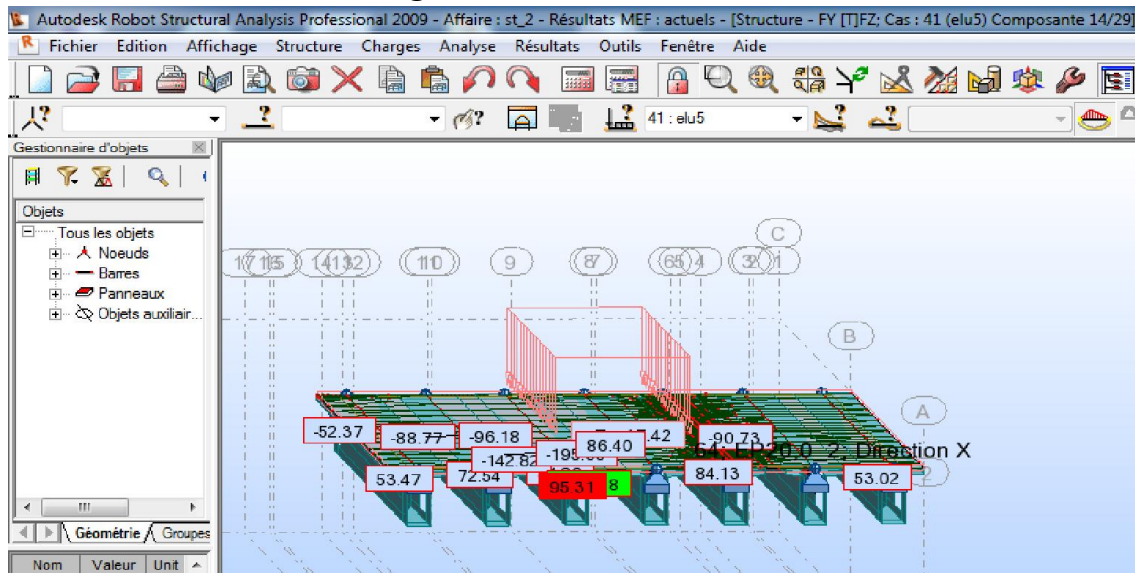
la poutre la plus sollicitée sous la combinaison (G+D240).1,35 est la **Poutre1**.

$M_{max} = 774,33 \text{ t.m}$

$T_{max} = 95,31 \text{ t}$



**Figure : VI.1. Moment max.**



**Figure : VI.2. L'effort tranchant max.**