

V.1. Introduction :

Le calcul des éléments de réduction consiste à déterminer le moment fléchissant et l'effort tranchant sous l'effet des charges permanentes et des surcharges.

Les surcharges à prendre en compte : A (L), Bc, Bt, Br, Mc120, D240 .

V.2. Calcul des éléments de réductions dus aux charges :

V.2.1. Poutre seule :

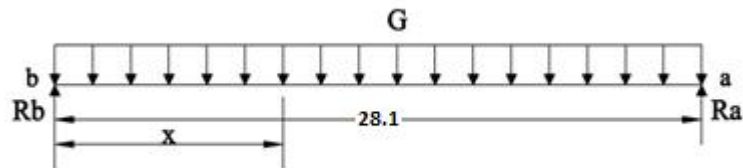


Figure : V.1. Schéma statique d'une poutre.

$$G = 1,677 \text{ t/ml}$$

$$R_a = R_b = 23,56 \text{ t.}$$

$$M_0(x) = R_a x - G x^2/2.$$

$$T(x) = R_a - G x$$

| Sections (x) | Longueur (m) | R (t) | M (t.m) | T (t) |
|--------------|--------------|-------|---------|-------|
| 0,00 L | 0 | 23,56 | 0 | 23,56 |
| 0,25 L | 7,025 | | 124,12 | 11,97 |
| 0,5 L | 14,05 | | 165,49 | 0 |

Tableau : V.1. M et T dus au poids propre de la poutre seule.

V.2.2.a. Dalle de poutre intermédiaire :

$$G = G_{\text{dalle}} = 0,941 \text{ t/ml.}$$

$$R_a = R_b = 13,22 \text{ t.}$$

| Sections (x) | Longueur (m) | R (t) | M (t.m) | T (t) |
|--------------|--------------|-------|---------|-------|
| 0,00 L | 0 | 13,22 | 0 | 13,22 |
| 0,25 L | 7,025 | | 69,65 | 6,6 |
| 0,5 L | 14,05 | | 92,86 | 0 |

Tableau : V.2. M et T dus au poids propre de Dalle de poutre intermédiaire.

V.2.2.b. Dalle de poutre de rive :

$$G = G_{\text{dalle}} = 0,820 \text{ t/ml.}$$

$$R_a = R_b = 11,52 \text{ t.}$$

| Sections (x) | Longueur (m) | R (t) | M (t.m) | T (t) |
|--------------|--------------|-------|---------|-------|
| 0,00 L | 0 | 11,52 | 0 | 11,52 |
| 0,25 L | 7,025 | | 60,69 | 5,75 |
| 0,5 L | 14,05 | | 80,92 | 0 |

Tableau : V.3. M et T dus au poids propre de Dalle de poutre de rive.

V.2.3.a. Superstructure intermédiaire :

$$G = \text{CCP} = 0.406\text{t/ml}$$

$$R_a = R_b = 5,7 \text{ t.}$$

| Sections (x) | Longueur (m) | R (t) | M (t.m) | T (t) |
|--------------|--------------|-------|---------|-------|
| 0,00 L | 0 | 5,7 | 0 | 5,7 |
| 0,25 L | 7,025 | | 30,02 | 2,84 |
| 0,5 L | 14,05 | | 40,01 | 0 |

Tableau : V.4. M et T dus au poids propre de la superstructure intermédiaire.

V.1.3.b. Superstructure de rive :

$$G = \text{CCP} = 0,76\text{t/ml}$$

$$R_a = R_b = 10,67 \text{ t.}$$

| Sections (x) | Longueur (m) | R (t) | M (t.m) | T (t) |
|--------------|--------------|-------|---------|-------|
| 0,00 L | 0 | 10,76 | 0 | 10,76 |
| 0,25 L | 7,025 | | 56,2 | 5,33 |
| 0,5 L | 14,05 | | 74,90 | 0 |

Tableau : V.5. M et T dus au poids propre de la superstructure de rive.

V.2.4.a. Tableau récapitulatif des M,T, R (intermédiaire) :

| Sections (x) | Longueur (m) | R (t) | M (t,m) | T (t) |
|--------------|--------------|-------|---------|-------|
| 0,00 L | 0 | 42,48 | 0 | 42,48 |
| 0,25 L | 7,025 | | 223,79 | 21,41 |
| 0,5 L | 14,05 | | 298,36 | 0 |

Tableau : V.6. Tableau récapitulatif des M,T, R (intermédiaire).

V.2.4.b. Tableau récapitulatif des M,T, R (rive) :

| Sections (x) | Longueur (m) | R (t) | M (t,m) | T (t) |
|--------------|--------------|-------|---------|-------|
| 0,00 L | 0 | 45,84 | 0 | 45,84 |
| 0,25 L | 7,025 | | 241,01 | 23,05 |
| 0,5 L | 14,05 | | 321,31 | 0 |

Tableau : V.7. Tableau récapitulatif des M,T, R (rive).

V.3. Calcul des éléments de réductions dus aux surcharges :

V.3.1. Moment fléchissant :

Utilisation des lignes d'influences :

La ligne d'influence du moment fléchissant en un point donné d'une poutre est une courbe donnant la variation du moment fléchissant en ce point quand une force égale à l'unité se déplace sur la poutre (pour une poutre isostatique ; cette courbe est formée de deux droites).

Pour obtenir les moments. On multiplie les ordonnées des lignes d'influences par la force F dans le cas où cette force est concentrée ; si elle est répartie uniformément.

C'est par l'aire de la ligne d'influence se trouvant sous cette charge uniforme.

V.3.1.1. Moment fléchissant à $x=0,5L$:

V.3.1.1.a. Surcharge A (L):

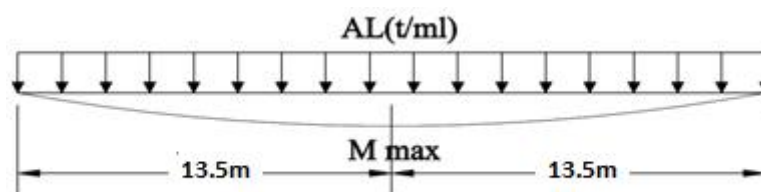


Figure : V.2. Surcharge A (L).

$L=27$ m.

Le moment max se trouve au milieu de la portée.

$$M_{\text{Max}} = A (L) \times L^2/8.$$

Les résultants sont inscrits dans le tableau suivant:

| Nombre de voie chargée | L (m) | A (L) (t/ml) | M max (t.m) | M_0 (t.m) |
|------------------------|-------|--------------|-------------|-------------|
| 1 | 27 | 3,944 | 359,39 | 51,34 |
| 2 | 27 | 7,888 | 718,79 | 102,68 |

Tableau : V.8. Moment fléchissant à $x=0,5L$ dus au surcharge A (L).

V.3.1.1.b. Surcharge sur trottoir :

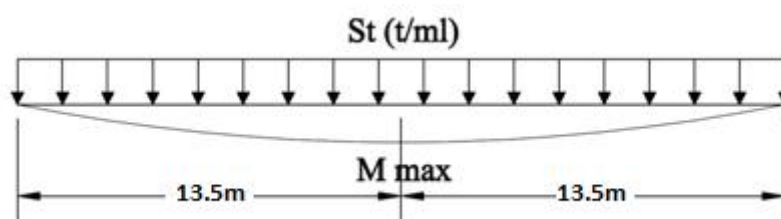


Figure : V.3. Surcharge sur trottoir.

- **Un trottoir chargé :**

$L=27$ m.

$S_{\text{trottoir}} = 0,187$ t/ml.

- **Deux trottoirs chargés :**

$L=27$ m.

$S_{\text{trottoir}} = 0,375$ t/ml.

Le moment max se trouve au milieu de la portée.

$M_{\text{Max}} = S_{\text{trottoir}} \times L^2/8.$

Les résultants sont inscrits dans le tableau suivant:

| trottoirs chargés | L (m) | S_{trottoir} | M max (t.m) | M_0 (t.m) |
|-------------------|-------|-----------------------|-------------|-------------|
| 1 | 27 | 0,187 | 17,04 | 2,43 |
| 2 | 27 | 0,375 | 34,08 | 4,86 |

Tableau : V.9. Moment fléchissant à $x=0,5L$ dus au surcharge sur trottoir.

V.3.1.1.c. Système B :

Théorème de barrée :

Pour le système b_c nous utilisons le théorème de BARRE pour déterminer la section dangereuse de la poutre.

Le moment fléchissant maximum dans une poutre au passage d'un convoi ce produit au droit d'un essieu.

Telle façon que cet essieu soit symétrique par rapport au milieu de la poutre de la résultante des forces engagées sur la poutre.

y_i : les ordonnées.

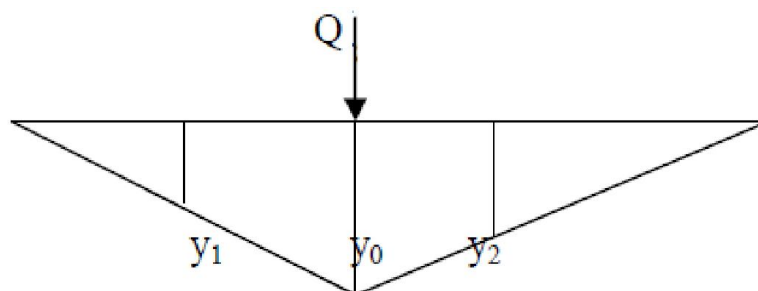


Figure : V.4. Les ordonnées.

Pour $X = L/2$:

Cas statique : $p=6t$:

Position de la résultante (R) du convoi $R= 60t$.

➤ **Détermination de la position de la résultante R du convoi :**

La résultante R peut se trouver à droite ou à gauche de l'axe médiane de la poutre.

1^{er} cas : la résultante R se trouvant à droite de l'axe médiane :

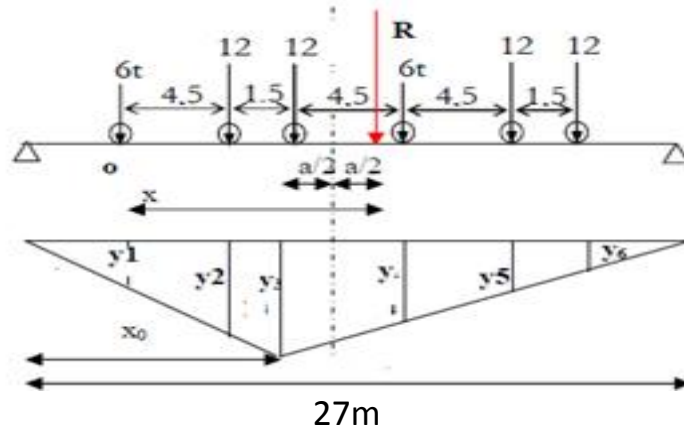


Figure : V.5. La résultante R se trouvant à droite de l'axe médiane

$$\Sigma M/O = 0$$

$$6 \times 0 + 12 \times 4,5 + 12 \times 6 + 6 \times 10,5 + 12 \times 15 + 12 \times 16,5 \pm R \times X = 0$$

$$R \times X = 567 \text{ t.m}$$

$$R = \Sigma P_i = 60t \Rightarrow X = 9,45 \text{ m}$$

$$a = X - 6 = 3,45 \text{ m}$$

$$a/2 = 1,725 \text{ m}$$

On utilise l'équation de la déformée :

$$Y_3 = X_0 \times (L - X_0) / L$$

$$X_0 = 11,775 \text{ m}$$

$$Y_3 = 11,775 \times (27 - 11,775) / 27$$

$$Y_3 = 6,63 \text{ m}$$

Pour déterminer les autres ordonnées (y_i), On applique théorème de t'ales.

| y_1 | y_2 | y_3 | y_4 | y_5 | y_6 | Σy_i |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| 3,251 | 5,785 | 6,630 | 4,670 | 2,710 | 2,057 | 25,103 |

Tableau : V.10. Calcul des ordonnées.

$$M = P \times \Sigma Y_i$$

Essieux AV :

$$\Sigma Y_{eAV} = Y_1 + Y_4 = 3,251 + 4,67 = 7,921 \text{ m}$$

Essieux AR :

$$\Sigma Y_{eAR} = Y_2 + Y_3 + Y_5 + Y_6 = 5,785 + 6,63 + 2,710 + 2,057 = 17,182 \text{ m}$$

$$M = P_{AV} (Y_1 + Y_4) + P_{AR} (Y_2 + Y_3 + Y_5 + Y_6)$$

$$M = 6 \times 7,921 + 12 \times 17,182 = 253,710 \text{ t.m}$$

2^{ème} cas : la résultante R se trouvant à gauche de l'axe médiane :

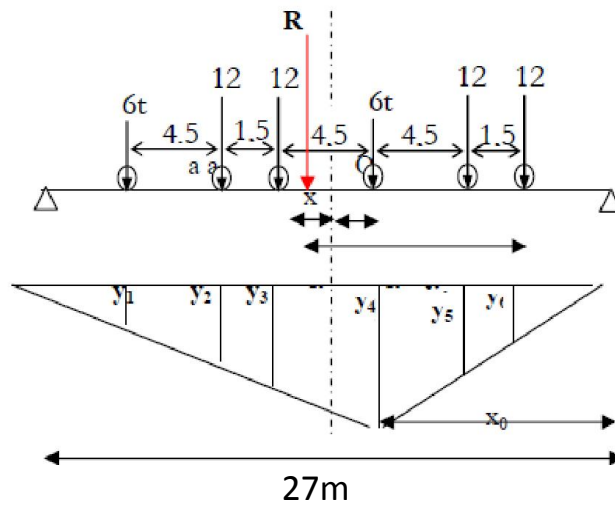


Figure : V.6. La résultante R se trouvant à gauche de l'axe médiane.

$$\sum M/O = 0$$

$$12 \times 1,5 + 6 \times 6 + R \times X + 12 \times 10,5 + 12 \times 12 + 6 \times 16,5 = 0$$

$$R \times X = 423t$$

$$R = \sum P_i = 60t$$

$$X = 423/R = 423/60$$

$$X = 7,05m$$

$$\text{Donc } X = 2 \times a + 6 \Rightarrow a/2 = 0,525m$$

Le moment fléchissant maximum est positionnée dans le coté droit de l'essieu de 6t qui est symétrique par rapport à l'axe de la poutre.

On utilise l'équation de la déformée :

$$Y_4 = X_0 \times (L - X_0) / L$$

$$X_0 = 12,975$$

$$Y_4 = 6,739m$$

| Y ₁ | Y ₂ | Y ₃ | Y ₄ | Y ₅ | Y ₆ | ∑Y _i |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1,693 | 3,856 | 4,576 | 6,739 | 4,401 | 3,622 | 24,887 |

Tableau : V.11. Calcul des ordonnées.

$$M = P \times \sum Y_i$$

Essieux AV :

$$\sum Y_{eAV} = Y_1 + Y_4 = 1,693 + 6,739 = 8,432m$$

Essieux AR :

$$\sum Y_{eAR} = Y_2 + Y_3 + Y_5 + Y_6 = 3,856 + 4,576 + 4,401 + 3,622 = 16,455m$$

$$M = P_{av}(Y_1 + Y_4) + P_{ar}(Y_2 + Y_3 + Y_5 + Y_6)$$

$$M = 6 \times 8,432 + 12 \times 16,455 = 248,07 \text{ t.m}$$

Conclusion :

$$M_{\max} = \text{MAX}(M_{\text{cas}}^{1\text{ere}}, M_{\text{cas}}^{2\text{ème}})$$

$$M_{\max} = M_{\text{cas}}^{1\text{ere}} = 253,710 \text{ t.m}$$

Le moment est max au niveau de l'essieu plus lourd.

Cas dynamique : $p=6 \times b_c \times \delta$:

| Désignation | b_c | δ | essieu | P(t) | M (t.m) | M/7(t.m) |
|-------------|-------|----------|--------|--------|---------|----------|
| 1 file | 1,2 | 1,076 | E.AV | 7,747 | 61,363 | 8.766 |
| | | | E.AR | 15,494 | 266,217 | 38,031 |
| 2 files | 1,1 | 1,09 | E.AV | 14,388 | 113,967 | 16,281 |
| | | | E.AR | 28,776 | 494,429 | 70,632 |

Tableau : V.12. Moment fléchissant Dus au Surcharge B_c pour $X = L/2$.

V.3.1.1.d. Système de charge Bt :

Dans ce cas la résultante R est positionnée dans un seul coté par rapport l'axe de symétrie de la poutre.

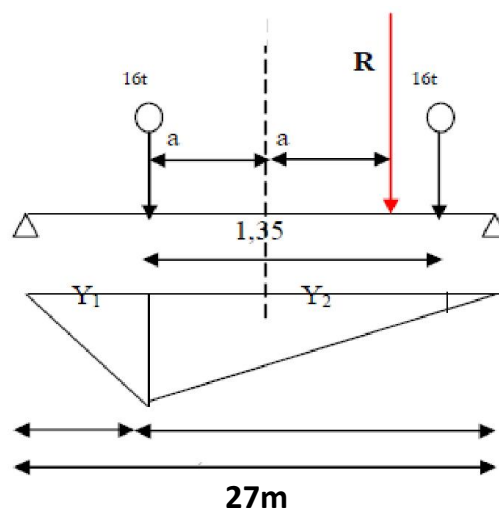


Figure : V.7. Disposition de Bt.

La même procédure de calcul (théorème de barrée).

$$\Sigma M/A=0$$

$$16 \times 1,35 = R \times 2a$$

$$R = 32t$$

$$2a = 21,6/32 = 0,675 \rightarrow a = 0,3375m$$

$$Y_1 = 13,1625 \times 13,8375/27$$

$$Y_1 = 6,645m$$

$$Y_2 = Y_1(L_1/L_0)$$

$$Y_2 = 5,996m$$

$$\Sigma Y_i = Y_1 + Y_2 = 12,641m$$

| Désignation | essieu (16t) | M(t.m) | M/7(t.m) |
|-------------|--------------|---------|----------|
| 1 Tandem | 17,088 | 216,009 | 30,858 |
| 2 Tandems | 34,400 | 434,850 | 62,121 |

Tableau : V.13. Moment fléchissant Dus au Surcharge (Bt) pour $X = L/2$.

V.3.1.1.e. Système militaire Mc120 :

Dans ce cas la charge est considérée comme une charge uniformément répartie

$$p_0 = \frac{110}{6,10} = 18,03 \text{ t/ml}$$

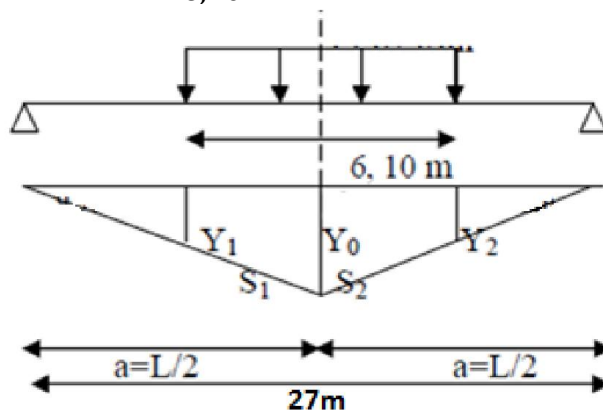


Figure : V.8. Disposition de M_{c120} .

$$P = P_0 \times \delta = 18,03 \times 1,085$$

$$P = 19,562 \text{ t/ml}$$

$$Y_0 = X_0 \times (L - X_0) / L$$

$$Y_0 = 13,5(27 - 13,5) / 27 = 6,75 \text{ m}$$

$$Y_1 = Y_2 = 5,225 \text{ m}$$

| La charge (t/m) | Surface (S) | M (t.m) | M_0 (t.m) |
|-----------------|-------------|---------|-------------|
| 19,562 | 18,261×2 | 714,443 | 102,063 |

Tableau : V.14. Moment fléchissant Dus au Surcharge M_{c120} pour $X = L/2$.

V.3.1.1.f. Charge exceptionnelle D240 :

Dans ce cas la charge est considérée comme une charge uniformément répartie

$$p = \frac{240}{18,60} \text{ t/ml}$$

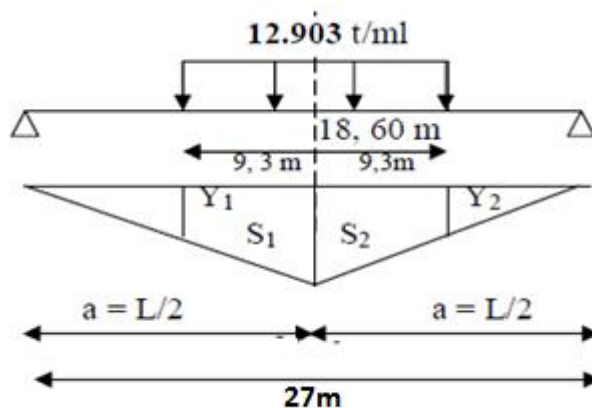


Figure : V.9. Disposition de D_{240} .

$$Y_0 = X_0 \times (L - X_0) / L = 13,5(27-13,5)/27$$

$$Y_0 = 6,75\text{m}$$

$$Y_1 = Y_2 = 2,1\text{m}$$

$$S = S_1 = S_2 = 44,64\text{m}^2$$

| La charge (t/m) | Surface (S) | M (t.m) | M ₀ (t.m) |
|-----------------|-------------|----------|----------------------|
| 12,903 | 44,64×2 | 1151,979 | 164,568 |

Tableau : V.15. Moment fléchissant Dus au Surcharge D₂₄₀ pour X= L/2.

| Les charges | | Surcharges(t/ml) | | Moments (t.m) | M ₀ (t.m) |
|--------------------------|-------------------|------------------|--------|---------------|----------------------|
| Surcharge A(L) | 1 voie | 3,944 | | 359,39 | 51,34 |
| | 2 voies | 7,888 | | 718,79 | 102,68 |
| Surcharge B _c | 1 voie | E.AV | 7,747 | 61,363 | 8,766 |
| | | E.AR | 15,494 | 266,217 | 38,031 |
| | 2 voies | E.AV | 14,388 | 113,967 | 16,281 |
| | | E.AR | 28,776 | 494,429 | 70,632 |
| B _t | 1 Tandem | 17,088 | | 216,009 | 30,858 |
| | 2 Tandem | 34,400 | | 434,850 | 62,121 |
| Convoi | M _{c120} | 19,562 | | 714,434 | 102,063 |
| | D ₂₄₀ | 12,903 | | 1151,979 | 164,568 |
| Trottoir | 1 trottoir | 0,187 | | 17,040 | 2,430 |
| | 2 trottoir | 0,375 | | 34,080 | 4,860 |

Tableau : V.16. Récapitulatif des moments dus aux surcharges pour X =L/2.

V.3.2. Calcule des efforts tranchants :

V.3.2.a. Surcharges A(L) :

Pour X=0 :

| voies | A(l) t/ml | T (X = 0) (t) | T ₀ =T /7(t) |
|-------|-----------|---------------|-------------------------|
| 1 | 3,944 | 47,547 | 6,792 |
| 2 | 7,888 | 106,488 | 15,212 |

Tableau : V.17. Tableau de l'effort tranchant dus au sur charge A(L) pour X=0.

Pour X=0,25L :

$$y = 21/28$$

$$y = 0,75$$

$$S = 0,75 \times 21/2$$

$$S = 7,875 \text{ m}^2$$

$$T = A_2(L) \times S$$

| voies | A(l) t/ml | T (X = 0,25L) | T ₀ =T/7(t) |
|-------|-----------|---------------|------------------------|
| 1 | 3,944 | 31,059 | 4,437 |
| 2 | 7,888 | 62,118 | 8,874 |

Tableau : V.18. L'effort tranchant dus au sur charge A(L) pour X=0,25L.

V.3.2.b. Système de charge Bc :

Pour X=0 :

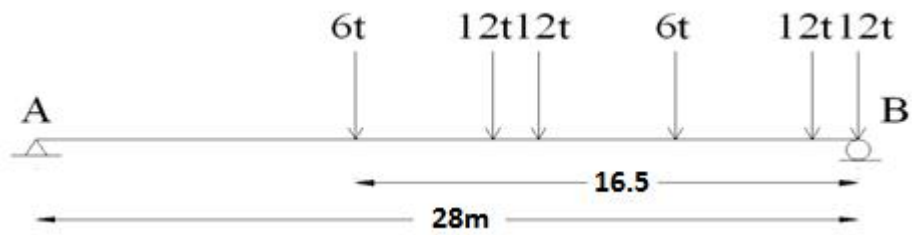


Figure : V.10. Disposition de système Bc pour X=0.

$$\sum M/A=0$$

$$R_B \times 28 - 12 \times 28 - 12 \times 26,5 - 6 \times 22 - 12 \times 17,5 - 12 \times 16 - 6 \times 11,5 = 0$$

$$R_B = 44,89t$$

| N ^{bre} de voies chargée | b _c | δ | T (t) | T ₀ (t)=T/7 |
|-----------------------------------|----------------|-------|---------|------------------------|
| 1 voie | 1,2 | 1,076 | 57,96 | 8,28 |
| 2 voies | 1,1 | 1,09 | 107,646 | 15,378 |

Tableau : V.19. L'effort tranchant dus au sur charge Bc pour X=0.

Pour x =0,25L :

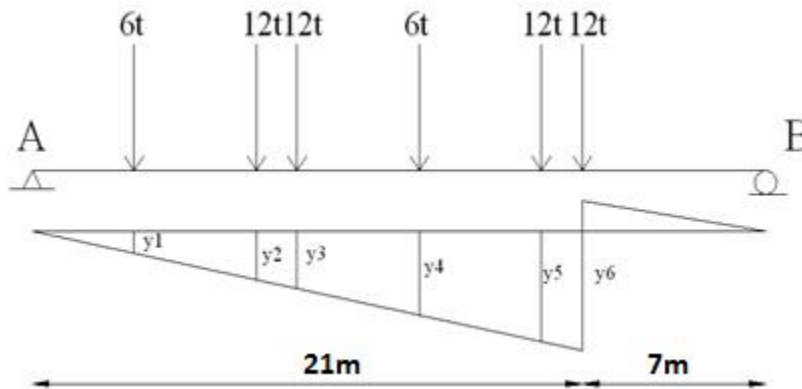


Figure : V.11. Disposition de système Bc pour X=0,25L.

$$y_6=0,75$$

| y ₁ | y ₂ | y ₃ | y ₄ | y ₅ | y ₆ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0,16 | 0,32 | 0,37 | 0,53 | 0,69 | 0,75 |

Tableau : V.20. Calcul des ordonnées.

$$R = 12 \times (0,32 + 0,37 + 0,69 + 0,75) + 6 \times (0,16 + 0,53) = 33,84t$$

| N ^{bre} de voies chargée | b _c | δ | T (t) | T ₀ (t)=T/7 |
|-----------------------------------|----------------|-------|--------|------------------------|
| 1 voie | 1,2 | 1,076 | 43,694 | 6,242 |
| 2 voies | 1,1 | 1,090 | 81,148 | 11,592 |

Tableau : V.21. L'effort tranchant dû à la surcharge B_c pour x=0,25L.

V.3.2.c. Surcharges B_t :

Pour x=0 :

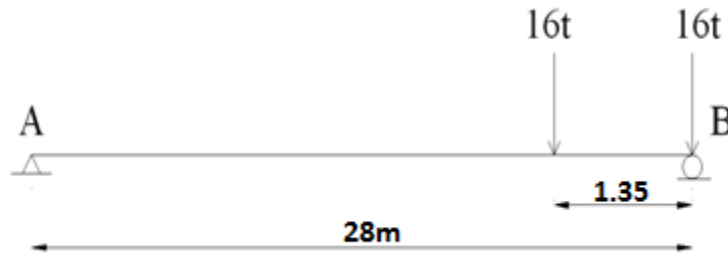


Figure : V.12. Disposition de système B_t pour X=0.

$$\sum M/A = 0 \Rightarrow 28 \times R_B - 16 \times 28 - 16 \times 26,65$$

$$R_B = 31,228t$$

| N ^{bre} de tandem | b _t | δ | T(t) | T ₀ (t)=T/7 |
|----------------------------|----------------|-------|--------|------------------------|
| 1 | 1 | 1,068 | 33,352 | 4,764 |
| 2 | 1 | 1,075 | 67,140 | 9,591 |

Tableau : V.22. L'effort tranchant dû à la surcharge B_t pour X=0.

Pour x =0,25L :

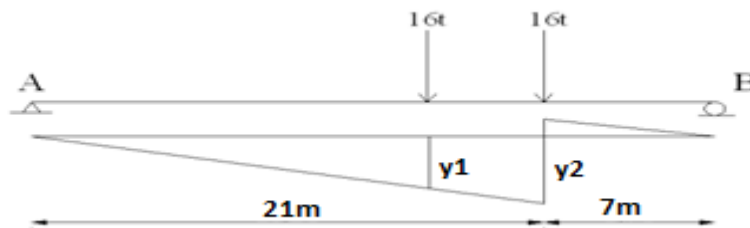


Figure : V.13. Disposition de système B_t pour X=0,25L.

$$Y_1 = 21/28 \quad Y_1 = 0,75m$$

$$Y_2 = (0,75/21) \times 19,65$$

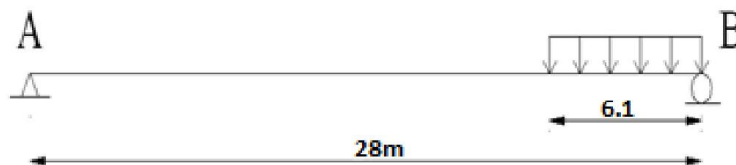
$$Y_2 = 0,7m$$

$$R = 16(0,75 + 0,7) = 23,2t$$

| N ^{bre} de tandem | b _t | δ | T(t) | T ₀ (t)=T/7 |
|----------------------------|----------------|-------|--------|------------------------|
| 1 | 1 | 1,068 | 24,777 | 3,539 |
| 2 | 1 | 1,075 | 49,880 | 7,125 |

Tableau : V.23. L'effort tranchant dû à la surcharge B_t pour X=0,25L.

V.3.2.d. Surcharges Mc120 :

Pour $x=0$:Figure : V.14. Disposition de surcharge M_{c120} pour $X=0$.

$$\sum M/A = 0 \Rightarrow R_B \times 28 - 110 \times 24,95$$

$$R_B = 98,01t$$

$$\delta_{M_{c120}} = 1,085$$

| surcharges M_{c120} | δ | T(t) | $T_0(t)=T/7$ |
|-----------------------|----------|---------|--------------|
| 19,562 t/ml | 1,085 | 106,340 | 15,191 |

Tableau : V.24. L'effort tranchant dû à la surcharge M_{c120} pour $X=0$.Pour $X=0,25L$:

$$y_1 = 0,75$$

$$y_2 = 14,9 \times 0,75 / 21 = 0,53$$

$$S = (0,75 + 0,53) \times 6,10 / 2 = 3,90m^2$$

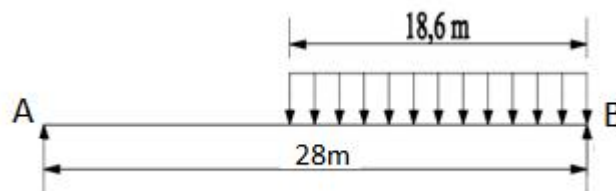
$$T = 3,9 \times 19,562 = 76,291t$$

$$\delta_{M_{c120}} = 1,085$$

| surcharges M_{c120} | δ | T(t) | $T_0(t)=T/7$ |
|-----------------------|----------|-------|--------------|
| 19,562t/ml | 1,086 | 82,77 | 11,825 |

Tableau : V.25. L'effort tranchant dû à la surcharge M_{c120} pour $X=0,25L$.

V.3.2.e. Surcharges D240 :

Pour $X=0$:Figure : V.15. Disposition de surcharge D_{240} pour $X=0$.

$$\sum M/A = 0 \Rightarrow R_B \times 28 - 240 \times 18,7$$

$$R_B = 160,285t$$

| D_{240} | $T(t)$ | $T_0(t)=T/7$ |
|-----------|---------|--------------|
| 12,903t | 160,285 | 22,897 |

Tableau : V.26. L'effort tranchant dû à la surcharge D_{240} pour $X=0$.

Pour $X=0,25L$:

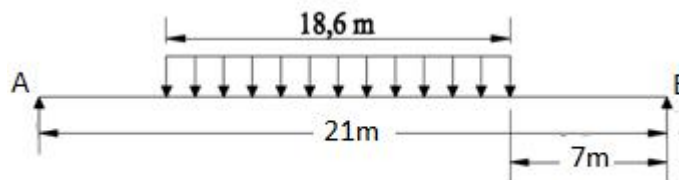


Figure : V.16. Disposition de surcharges D_{240} pour $X=0,25L$.

$$Y_1 = 0,75m$$

$$Y_2 = 0,085m$$

$$S = (0,75 + 0,085) \times 18,6 / 2 = 7,76m^2$$

$$T = 7,76 \times 12,903 = 100,12t$$

| D_{240} | $T(t)$ | $T_0(t)=T/7$ |
|-----------|--------|--------------|
| 12,903t | 100,12 | 14,30 |

Tableau : V.27. L'effort tranchant dû à la surcharge D_{240} pour $X=0,25L$.

V.3.2.f. Surcharges de trottoir :

Pour $X=0$:

$$T = Q L/2$$

$$Q = 0,187t/ml$$

| Trottoir chargé | $T(t)$ | $T_0(t)=T/7$ |
|-----------------|--------|--------------|
| 1 | 2,618 | 0,374 |
| 2 | 5,236 | 0,748 |

Tableau : V.28. L'effort tranchant dû à la surcharge trottoir pour $X=0$.

Pour $X=0,25L$:

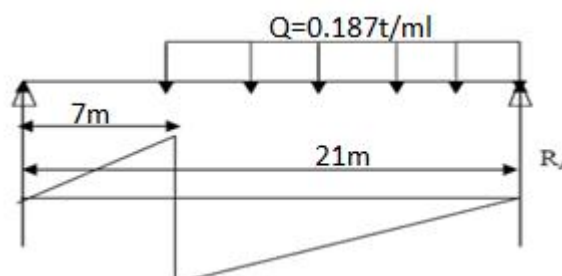


Figure : V.17. Surcharges trottoir pour $X=0,25L$.

$$y = 0,75m$$

$$S = 7,96 m^2$$

$$R_A = 0,187 \times 7,96 = 1,49t$$

| Trottoir chargé | T(t) | $T_0(t)=T/7$ |
|-----------------|------|--------------|
| 1 | 1,49 | 0,21 |
| 2 | 2,98 | 0,42 |

Tableau : V.29. L'effort tranchant dû à la surcharge de trottoir pour $X=0,25L$.

| Les charges | | Pour $X=0$ | | Pour $X=0,25L$ | |
|-------------------|-----------------------|------------|----------|----------------|----------|
| | | T(t) | $T_0(t)$ | T(t) | $T_0(t)$ |
| Surcharge A(L) | 1 voie | 47,547 | 6,792 | 31,059 | 4,437 |
| | 2 voies | 106,488 | 15,212 | 62,118 | 8,874 |
| Surcharge B_c | 1 voie | 57,960 | 8,280 | 43,694 | 6,242 |
| | 2 voies | 107,646 | 15,378 | 81,148 | 11,522 |
| B_t | Tandem ₁ | 33,352 | 4,764 | 24,777 | 3,539 |
| | Tandem ₂ | 67,140 | 9,591 | 49,880 | 7,125 |
| convoi | M_{c120} | 106,340 | 15,191 | 82,770 | 11,825 |
| | D_{240} | 160,285 | 22,897 | 100,120 | 14,300 |
| trottoir | 1 _{trottoir} | 2,618 | 0,374 | 1,490 | 0,210 |
| | 2 _{trottoir} | 5,236 | 0,748 | 2,980 | 0,420 |

Tableau : V.30. Récapitulatif des efforts tranchants dus aux surcharges.