

**VIII.1 Hypothèses relatives aux matériaux :****VIII.1.1 Les caractéristiques des matériaux :****VIII.1.1.1 Béton :****a. Composition**

Le béton s'obtient après un mélange judicieux de ciment, des granulats et de l'eau.

**1. Le ciment :**

Le ciment joue le rôle entre produits employés dans la construction, la qualité du ciment et ces particularités dépendent des proportions de calcaire et d'argile ou de bauxite et la température de cuisson du mélange.

**2. Les granulats :**

Les granulats comprennent les sables et les pierrailles.

**➤ Les sables :**

Les sables sont constitués par des grains provenant de la désagrégation des roches, la grosseur de ces grains est généralement inférieur à 5mm. Un bon sable contient des grains de tout calibre mais doit avoir d'avantage de gros grains que de petits.

**➤ pierraille :**

Elles sont constituées par des grains rocheux dont la grosseur est généralement comprise entre 3 et 25 mm.

Elles doivent être dures, propres et non gélives. Elles peuvent être extraites du lit de rivière (matériaux rous) ou obtenues par concassage de roches dure (matériaux concassés).

**3. Dosage :**

On appelle dosage le poids du liant employé pour réaliser un mètre cube de béton. Ce dosage est destiné à offrir les garanties de résistance escomptées et à présenter une protection efficace de l'armature.

**b. Préparation d'un mètre cube en béton :**

Pour chaque classe de gravier pour le sable et le ciment et l'eau, il faut déterminer les proportions adéquats dans un mètre cube de béton.

A titre indicatif voici le tableau des compositions d'un mètre cube de béton :

**Tableau VIII.1** : compositions d'un mètre cube de béton.

Les composantes	Graviers 3/25	Sable 0/3	Ciment	Eau
Volume(l)	800	400	«	180
Poids(Kg)	1200	600	350	180

Remarques importantes :

L'eau entrant dans la composition du béton devra être pure, pour assurer l'intégrité des mélanges, les sels en dissolution dans l'eau, s'ils sont en excès peuvent devenir nuisible aux liants.

En règle générale l'eau potable convient pour la fabrication des bétons. la quantité d'eau de gâchage introduite dans la composition du béton influe d'une part sur la facilité en œuvre de ce dernier et d'autre part, sur sa résistance.

L'étude du béton est très souhaitable, car elle permet d'éviter des surprises désagréables et beaucoup plus coûteuses lors de la construction de l'ouvrage lui-même.

L'objectif de l'étude est de déterminer les proportions de ciment, granulats et d'eau qui permettent, au moindre prix, d'atteindre la résistance mécanique exigée, une compacité élevée, en même temps qu'une bonne ouvrabilité.

### **VIII.1.1.2 Caractéristiques des matériaux :**

#### **VIII.1.1.2.1 Caractéristiques physique et mécaniques de béton :**

##### **a. Masse Volumique :**

La masse volumique des bétons est comprise entre 2200 et 2400 kg/m<sup>3</sup>. Cette masse volumique peut augmenter avec la modalité de mise en œuvre, en particulier avec la vibration.

##### **b. Coefficient de dilatation :**

Sa valeur moyenne est prise égale à celle de l'acier soit 10. Cette circonstance a permis le développement du béton armé.

##### **c. Retrait Hygrométrique :**

Le retrait sous charges et vient s'ajouter au retrait hygrométrique.

##### **d. Fluage :**

Au cours de sa vie les bétons subissent une variation de son volume lorsque le béton est conservé dans une atmosphère sèche, il diminue de volume c'est le retrait.

Cette formule est valable pour les valeurs de  $f_{ch} \leq 60$  Mpa

##### **e. Résistance caractéristique à la compression :**

Dans le cas courant un béton est défini par sa résistance à la compression à 28 jours. Cette valeur est déterminée par des essais.

Ces essais consistent en l'écrasement au moyen d'une presse, des éprouvettes constituées par des cylindres droits de béton ayant une section de 200 cm<sup>2</sup> ( $\varnothing = 16$  cm) et une hauteur de 32 cm. A partir de la résistance moyenne obtenue, on calcule la résistance caractéristique dans notre cas on prendra comme donnée :  **$f_{c28} = 25$  Mpa.**

La norme : BAEL-91 (R-99) (France) préconise pour  $j < 28$  jours

$$f_{cj} = \left( \frac{j \times f_{c28}}{4.76 + 0.83 \times j} \right) \quad \text{pour } f_{c28} \leq 40 \text{ Mpa}$$

$$f_{cj} = \left( \frac{j \times f_{c28}}{1.40 + 0.95 \times j} \right) \quad \text{pour } f_{c28} > 40 \text{ Mpa}$$

**f. Résistance caractéristique à la traction :**

Résistance caractéristique à la traction du béton à  $j$  jours,  $f_{tj}$ , est conventionnellement définie par la relation :

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$$

**g. Module de déformation longitudinale :**

Pour le module de déformation longitudinale :

Les règles BAEL-91 (R-99) le fixe aux valeurs suivantes :

$$E_{ij} = 11000 * (f_{cj})^{1/3} \quad (\text{pour les charges d'une durée d'application } < 24 \text{ h}).$$

$$E_{ij} = 3700 * (f_{cj})^{1/3} \quad (\text{pour les charges de longue durée}).$$

**h. Coefficient de poisson :**

$$\nu = 0 \quad \text{pour le calcul des sollicitations}$$

$$\nu = 0.20 \quad \text{pour le calcul des déformations}$$

**VIII.1.1.2 Acier :**

L'acier est un matériau caractérisé par une bonne résistance aussi bien en traction qu'en compression.

Sa bonne adhérence au béton, constitue un matériau homogène.

Les armatures utilisées sont de types :

**VIII.1.1.2.1 Aciers ronds lisses 'RL' :**

**a. Les caractéristiques des Aciers naturels FeE 24 :**

-La limite élastique : 235 MPa

-La contrainte de rupture : 410 à 490 MPa

-L'allongement est de l'ordre : 1.175 %

**b. Les caractéristiques des Aciers naturels Fe E 22 :**

-La limite élastique : 215 MPa

-La contrainte de rupture : 380 à 490 MPa

-L'allongement limite est de l'ordre de : 1.075 %

**VIII.1.1.2.2 Aciers à haute adhérence 'HA' :**

Ce sont des aciers de type 1 de nuance. Fe E 400 caractérisées par :

- La limite élastique : 400 MPa
- La contrainte de rupture 480 MPa
- L'allongement est de l'ordre de 1 %

**VIII.1.1.2.3 Module d'élasticité de l'acier :**

$$E_S = 2.10^5 \text{ MPa}$$

**VIII.1.1.2.4 Contraintes limites****a. Contraintes limites à l'ELU :**

$$\sigma_S = f_e / \gamma_S \quad \text{aciers naturels}$$

$$\sigma_S = 1.1 f_e / \gamma_S \quad \text{aciers écrouis}$$

**Avec :**

$\gamma_S$  : Coefficient de sécurité dépend de type de situation.

$$\gamma_S = 1.15 \quad \text{en situation courante } \sigma_S = 348 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_S = 1 \quad \text{en situation accidentelle } \sigma_S = 400 \text{ Mpa}$$

**b. Contrainte limite de service :**

Les contraintes limites de l'acier  $\sigma_S$  sont données en fonction de l'état limite d'ouverture des fissures.

- Fissuration préjudiciable :  $\sigma_S = \text{Min} (2 f_e / 3 ; 150\mu)$ .
- Fissuration très préjudiciable :  $\sigma_S = (f_e/2 ; 110\mu)$ .

 **$\mu$  : Coefficient de sécurité dépend de l'adhérence :**

- $\mu$  : 1 pour les ronds lisses (RL).
- $\mu$  : 1,6 pour les aciers (HA).

Leur rôle est d'absorber les efforts de traction de cisaillement et de torsion on distingue :

- les fers doux (rond, ordinaires...)
- les fers à nuance (tore....) à haute adhérence.

Leur caractéristique de référence est la valeur de la limite d'élasticité.

Dans notre cas on utilisera des aciers naturels FeE 400. A haute adhérence Fe=400 Mpa.

## VIII.2 Programmes de charges statique et dynamique :

### VIII.2.1 Introduction :

Dans cette partie on va calculer les charges et les surcharges que l'ouvrage doit supporter car il a une fonction porteuse, les actions appliquées à un ouvrage peuvent être permanentes ou variables.

### VIII.2.2 Les actions permanentes :

Elles comprennent :

1. Le poids des éléments porteurs : (dalle, les poutres ...).
2. Le poids des éléments non porteurs : dont l'existence est imposée par la fonction de l'ouvrage : (mur en tête le corps de chaussée, glissières ...).

### VIII.2.3 Les actions variables, de leur cote, comprennent :

#### VIII.2.3.1 Les charges d'exploitation :

Les règlements des charges sur les ponts font partie de l'ancienne génération. Elles sont regroupées dans le Fascicule 61 titre I, II, III du cahier de prescriptions commune (CPC).

- Le titre I : relatif aux ponts ferroviaires.
- Le titre II : relatif aux ponts routes.
- Le titre III : relatif aux ponts canaux.

Elles doivent alors comporter une marge, afin de permettre ultérieurement des modifications éventuelles des conditions d'exploitation ; l'expérience montre en effet que, lorsqu'un ouvrage a été conçu de façon à satisfaire trop strictement aux conditions prévues, tout changement de celles-ci impose des renforcements très onéreux des structures porteuses.

#### VIII.2.3.2 Les charges climatiques :

Essentiellement l'eau, la température et la charge hydraulique.

### VIII.2.4 Charges permanentes et compléments des Charges permanentes :

Les charges permanentes comprennent le poids propre de la structure porteuse, et les compléments des Charges permanentes sont des éléments non porteurs et des installations fixes ; on les appelle accessoires.

#### VIII.2.4.1 Les charges permanentes CP :

- **Au niveau du tablier :**

On a la formule suivante :  $\gamma \times e \times b$  avec :

$\gamma$  : poids volumique du béton armé (25 kN/m)

$e$  : épaisseur du tablier (m)

$b$  : 1 ml (les calculs sont effectués par bande de 1 ml de dalot)



$$P_p = \frac{1}{2} H \sigma'_p \quad \text{et l'application } H' = \frac{2}{3} H.$$

### VIII.2.5.2 La charge hydraulique :

La charge hydraulique ( $P_h$ ) et de sens contraire par rapport la poussée des terres pour les piédroits sont en contact avec le terrain, pour les piédroits intermédiaires l'application sur les deux sens va annuler la charge hydraulique.

### VIII.2.6 Calcul des surcharges routières :

**On distingue :**

- ❖ La surcharge de type A ( $L$ ).
- ❖ Système B. ( $B_r$ ,  $B_c$ ,  $B_t$ ).

#### 1. La largeur roulable ( $L_r$ )

Elle se définit comme la largeur comprise entre dispositifs de retenue ou bordures.

#### 2. La largeur chargeable ( $L_c$ )

Se déduit de la largeur roulable, en enlevant une bande de 0,50m le long de chaque dispositif de retenue (glissière ou barrière) lorsqu'il en existe.

Dans notre projet on a :

$$L_r = 10.5 \text{ m. et } L_c = 9.5 \text{ m.}$$

#### 3. Le nombre de voie

Les chaussées comportent un nombre de voie de circulation égal à la partie entière du quotient par 3 de leur largeur chargeable.

$$N = \frac{L_c}{3}$$

$$\text{Donc : } N = \frac{9.5}{3} = 3.16 \quad \text{d'où} \quad N = 3$$

### Classe de ponts routes

On distingue trois classe de ponts, on fonction de leurs largeurs rouables suivantes

**Tableau VIII.3 :** Tableau de Classe de pont.

La classe	La largeur roulable
1	$L_r \geq 7 \text{ m}$
2	$5,50 \text{ m} < L_r < 7 \text{ m}$
3	$L_r < 5,50 \text{ m}$

On a  $L_r > 7 \text{ m}$  donc notre pont est classé dans la 1<sup>ère</sup> classe.

**VIII.2.6.1 Système de charges A (L) :**

Le système A se compose d'une charge uniformément répartie dont la l'intensité dépend de la longueur L chargée est donne par la formule suivante :

$$A_2(L) = a_1 \times a_2 \times A(L)$$

Avec :  $A(L) = 230 + \frac{36000}{L+12}$

L : portée du pont.

$$A(L) = 230 + \frac{36000}{12+12} = 1730 \text{ kg/m}^2$$

$$A(L) = 1,730 \text{ t/m}^2$$

$a_1$  : coefficient de dégressivité transversale de la charge, est donné par le tableau suivant

**Tableau VIII.4 :** Coefficient de dégressivité transversale de la charge.

Classe du pont	Nombre de voies chargées				
	1	2	3	4	5
1	1	1	0,9	0,75	0,75
2	1	0,9	-	-	-
3	0,9	0,8	-	-	-

Tel que : v : la largeur réelle d'une voie :

$$V_0 = \begin{cases} 3,5\text{m} \longrightarrow \text{pont du I classe.} \\ 3\text{m} \longrightarrow \text{pont du II classe.} \\ 2,75\text{m} \longrightarrow \text{pont du III classe.} \end{cases}$$

**Remarque :**

Les valeurs données précédemment tiennent compte de majoration dynamique.

$$a_2 = \frac{v_0}{v}$$

Avec :  $v_0 = 3.5\text{m}$  (pont de 1<sup>ere</sup> classe)

v : largeur d'une voie = 3.5 m

Dans notre projet on a :

Tableau VIII.5 : Tableau de Charge A (L) par voie.

Nombre de voies	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	A(L) × a <sub>1</sub> × a <sub>2</sub>	Largeur de voie	A <sub>2</sub> (L) x L(t/ml)
1	1	1	1,730	3.5	6.055
2	0,9	1	1,557	7	10.899

### VIII.2.6.2 Système de charges B :

Le système de charge B comprend trois sous-systèmes les suivantes :

- ❖ Sous système B<sub>c</sub> : ce compose de camions types (30T).
- ❖ Sous système B<sub>r</sub> : ce compose d'une roue isolée.
- ❖ Sous système B<sub>t</sub> : ce compose de groupes de deux essieux dénommés essieux tandems (8T).

Les deux premiers systèmes B<sub>c</sub> et B<sub>r</sub> s'appliquent à tous les ponts quelle que soit leur classe ; le système B<sub>t</sub> ne s'applique qu'aux ponts de première ou de deuxième classe.

#### ▪ Sous système B<sub>c</sub> :

On dispose sur la chaussée autant de files ou convois de camions que la chaussée comporte de voies de circulation et l'on place toujours ces files dans la situation la plus défavorable pour l'élément considéré.

Disposition dans le sens transversal : le nombre maximale de files que l'on peut disposer doit être égale au nombre de voies de circulation, il ne faut pas en mettre plus, même si cela est géométriquement possible, les files peuvent être accolées ou non.

Disposition dans le sens longitudinal : nombre de camions est limité à deux, la distance des deux camions d'une même file est déterminée pour produire l'effet le plus défavorable.

Le sens de circulation peut-être dans un sens ou dans l'autre à condition que les deux camions circulent dans le même sens.

En fonction de la classe du pont et du nombre de files considérées, la valeur des charges du système B<sub>c</sub> prise en compte est multipliée par le coefficient B<sub>c</sub>, donné dans le tableau suivant.

Tableau VIII.6 : Tableau de Coefficient b<sub>c</sub>.

Classe du pont	Nombre de fils considéré				
	1	2	3	4	>5
1	1,20	1,10	0,95	0,80	0,70
2	1,00	1,00	-	-	-
3	1,00	0,80	-	-	-

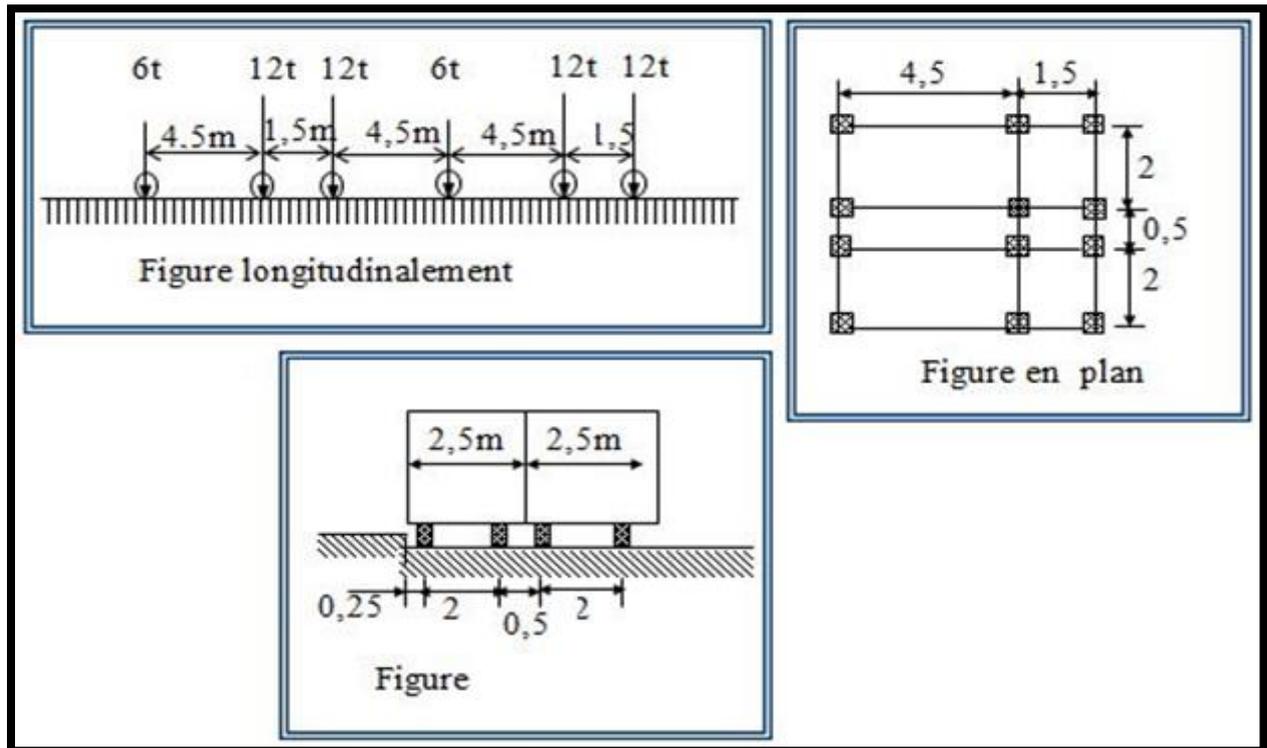


Figure VIII.2 : système Bc.

Chaque camion port trois essieux à roues simple ayant une masse totale de 30t donc Un essieu avant de 6t

Deux essieux arrières de 12t chacune

La disposition longitudinale et transversale ce sont selon CPC.

La charge Maxe de système B<sub>c</sub> est :

$$S_1 = 2 \times 30 \times 3$$

$$S_1 = 180 \text{ t}$$

Détermination de coefficient b<sub>c</sub> :

On a un pont de 1<sup>ère</sup> classe et 2 voies chargées donc le B<sub>c</sub> = 1

D'où:

$$S = S_1 \times b_c$$

$$S = 180 \times 1.2 \text{ donc } S = 216 \text{ t.}$$

▪ **Sous Système B<sub>t</sub> :**

Un tandem du système B<sub>t</sub> est applicable seulement sur la 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> classe, il comporte deux essieux (2x16t), chaque un à deux roues simples qui répond aux caractéristiques suivantes :

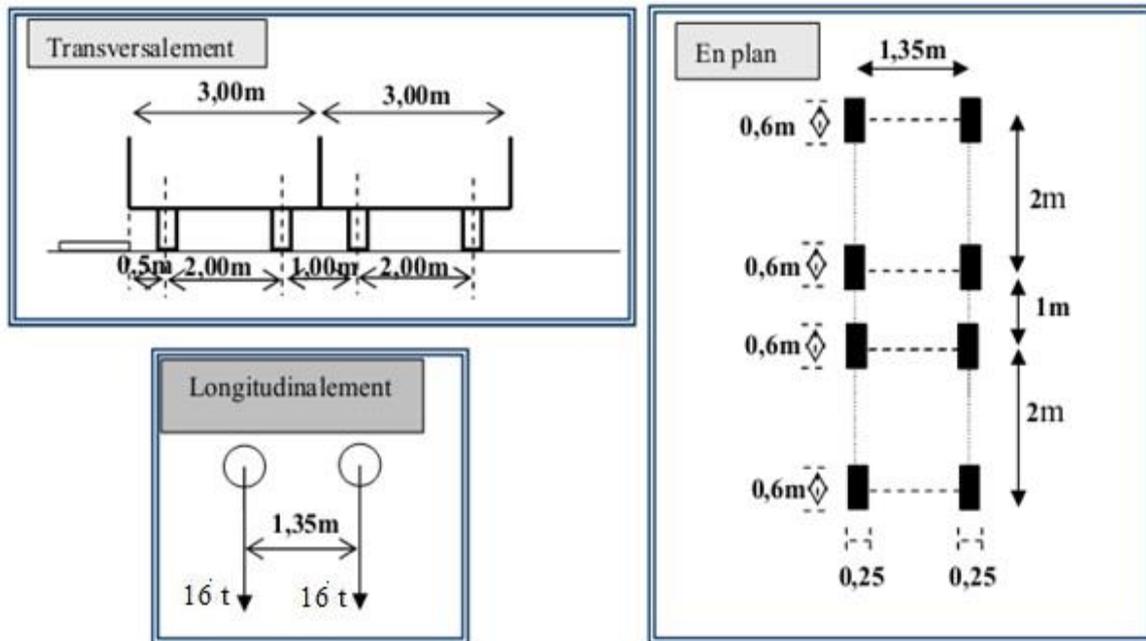


Figure VIII.3 : système Bt.

▪ **Système Br :**

Le système Br se compose d'une roue isolée transmettant un effort de 10 t à travers une surface d'impact rectangulaire de 0,6x0,3m, qui peut être placée à n'importe quelle position de la largeur roulable pour avoir le cas le plus défavorable.

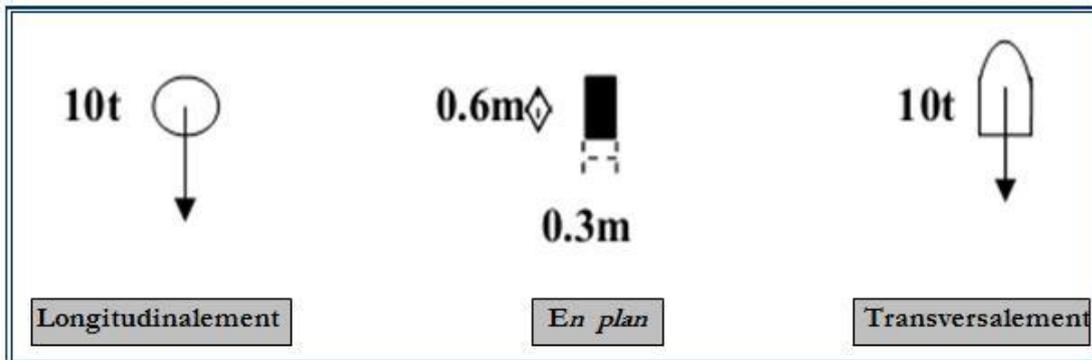


Figure VIII.4 : système Br.

**Remarque :**

Dans le cas d'un dalot sous remblai avec une épaisseur supérieure à 1 m, il n'est pas nécessaire de calculer le coefficient de majoration dynamique car les vibrations seront absorbées par le remblai il en est de même de la force de freinage.