

IV.1. Introduction:

Dans ce chapitre on va calculer les charges et les surcharges que le pont doit supporter car il a une fonction porteuse; Les actions appliquées a un ouvrage peuvent être permanentes ou variables.

IV.1.1. Les actions permanentes comprennent:

- Le poids des éléments porteurs : (poutres, dalle).
- Le poids des éléments non porteurs : dont l'existence est imposée par la fonction de l'ouvrage : (trottoirs, corniche, garde-corps, glissières, revêtement).

IV.1.2. Les actions variables, de leur cote, comprennent :

1. Les charges d'exploitation :

Elles sont définies souvent par un règlement dans le cas d'un pont routier (**fascicule 61 titre II**); ces charges peuvent aussi être définies par la fonction de l'ouvrage, 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 a satisfaire trop strictement aux conditions prévues, tout changement de celles-ci impose des renforcements très onéreux des structures porteuses.

2. Les charges climatiques :

Essentiellement vent et températures.

3. Les actions accidentelles :

Telles que le choc d'un bateau ou d'un véhicule sur une pile de pont ou l'effet d'un séisme; la prise en compte de l'action des séismes est définie par un règlement parasismique Algérien << RPA 99>>.

L'achèvement de ce travaille nous conduira à effectuer le calcul a la rupture selon l'ensemble des actions et la prise en compte de leurs différentes combinaisons pour la Vérification de la stabilité des ouvrages.

IV.2. Calcul des charges :

IV.2.1. 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.

IV.2.1.a. Les charges permanentes :

Ces charges sont appelées C_p ; et concernent :

La dalle :

- Épaisseur de la dalle est : 20cm
- Le poids de la dalle qui revient à la poutre intermédiaire est :
 $P_i = 0,2 \times 1,883 \times 2,5 \times 1 = 0,941 \text{ t/ml}$

Le poids de la dalle qui revient à la poutre de rive est :

$$P_r = 0,2 \times 1,641 \times 2,5 \times 1 = 0,820 \text{ t/ml}$$

La poutre :

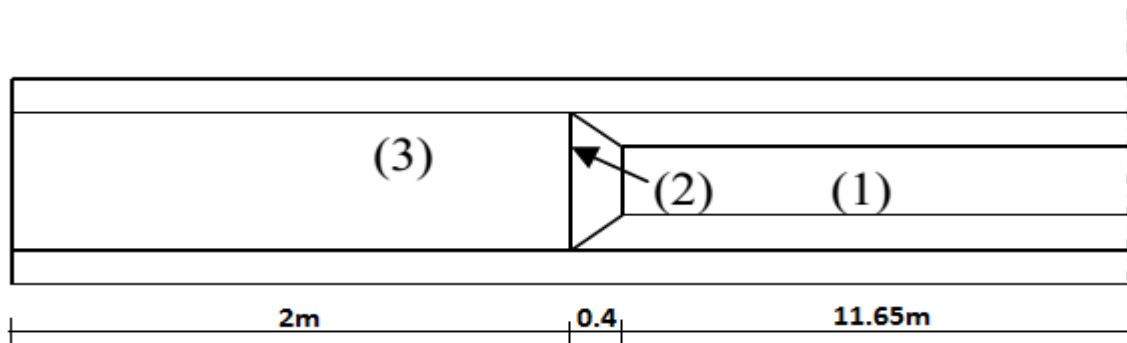


Figure : IV.1. Détails de la poutre.

(1) : section d'about

(2) : section intermédiaire

(3) : section médiane

$$P_i = \gamma \times S_i \times L_i$$

$$P_{\text{aboute}} = 2,5 \times 0,946 \times 4 = 9,46 \text{ t}$$

$$P_{\text{intermédiaire}} = 2,5 \times (0,946 + 0,620) / 2 \times 0,8 = 1,566 \text{ t}$$

$$P_{\text{médiane}} = 2,5 \times 0,620 \times 23,3 = 36,115 \text{ t}$$

$$P_{\text{poutre}} = P_{\text{aboute}} + P_{\text{intermédiaire}} + P_{\text{médiane}} = 47,141 \text{ t}$$

Poids propre d'une poutre par mètre linéaire est :

$$P_{\text{poutre}}(\text{t/ml}) = 47,141 / 28,1 = 1,677 \text{ t/ml}$$

Poids total des poutres est : $1,677 \times 7 = 11,739 \text{ t/ml}$.

	Poutre intermédiaire	Poutre de rive
Poutre seule(t/ml)	1,677	1,677
Hourdis(t/ml)	0,941	0,820
La somme(t/ml)	2,618	2,497

Tableau : IV.1. Poids de la poutre+dalle.

Poids de l'entretoise :

$$P_e(t) = \gamma \times S \times 7,44 = 2,5 \times 0,375 \times 7,44 = 6,975 \text{ t}$$

$$P_e(t/ml) = 6,975 / 7,44 = 0,9375 \text{ t/ml}$$

Poids total des entretoises :

$$p_e = 6,975 \times 4 = 27,9 \text{ t}$$

IV.2.1.b. Les compléments des Charges permanentes :

Ces charges sont appelées C_{CP} ; et concernent :

- a) Le revêtement.
- b) Les trottoirs.
- c) Les corniches.
- d) Les gardes corps.
- e) Les glissières de sécurité.

➤ **Poids de revêtement+ chape d'étanchéité :**

$$P_{\text{revêtement}} = (0,08+0,01) \times 2,4 \times 9 = 1,944 \text{ t/ml.}$$

➤ **Poids de trottoir :**

$$P_{\text{trottoir}} = 0,5 \times 2,5 = 1,25 \text{ t/ml.}$$

➤ **Poids de corniche :**

$$P_{\text{corniche}} = 0,16 \times 2,5 = 0,4 \text{ t/ml.}$$

➤ **Poids du garde corps :**

$$P_{\text{garde-corps}} = 0,2 \text{ t/ml.}$$

La charge	Poutre de rive (t/ml)	Poutre intermédiaire (t/ml)
Poutre seule	1,677	1,677
Hourdis	0,820	0,941
Chaussée	/	0,406
Trottoir	0,4	/
corniche	0,2	/
garde corps	0.1	/
glissières de sécurité	0,06	/
Total	3,257	3,024

Tableau : IV.2. Les charges permanentes et les compléments des charges permanentes reprise par chaque type de poutre:

$$G = (5p_i + 2p_r) \times 28,1 + p_e = (5 \times 3,024 + 2 \times 3,257) \times 28,1 + 27,9 = 635,815 \text{ t}$$

IV.2.2. Calcul des surcharges routières :

On distingue

- La surcharge de type A(L).
- Système B.
- La surcharge militaire M_{c120} .
- La surcharge exceptionnelle convois D_{240} .
- Les surcharges sur trottoirs.

➤ **La largeur roulable (L_r) :**

La largeur roulable est définie comme la largeur comprise entre dispositifs de retenue ou bordures.

➤ **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 existe.

Dans notre projet on a :

$$L_r = 9 \text{ m}$$

$$L_c = 8 \text{ m}$$

➤ **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.

$$N = L_c / 3 \text{ donc : } N = 8/3 = 2,66$$

$$\text{D'où : } N = 2$$

➤ **Classe de ponts routes :**

On distingue trois classe de ponts, on fonction de leur largeur roulable.

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

Tableau : IV.3. Classe de pont.

On a $L_r = 9\text{m}$ donc notre pont est classé dans la **1^{ère} classe**.

IV.2.2.a. 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 :

$$A(L) = a_1 \times a_2 \times A(L) \quad \text{avec :}$$

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

$$A(L) = 230 + \frac{36000}{28,1+12} = 1127,75\text{kg/m}^2$$

L : portée du pont

$$A(L) = 1,127\text{t/m}^2$$

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

Nombre de voies chargées		1	2	3
Classe du pont	1	1	1	0,9
	2	1	0,9	0,9
	3	0,9	0,8	0,9

Tableau : IV.4. Coefficient de dégressivité transversale de la charge.

$$a_2 = v_0/v$$

Avec

$v_0 = 3,5$ m (pont de 1^{ère} classe)

v : largeur d'une voie

$$a_2 = 3,5/4 = 0,875.$$

Dans notre projet on a :

Nombre de voies charger	a_1	a_2	$A(L) \times a_1 \times a_2$	Largeur de voie	$A_2(L)$ (t/ml)
1	1	0,875	0,986	4	3,944
2	1	0,875	0,986	8	7,888

Tableau : IV.5. Charge $A(L)$ par voie.

IV.2.2.b. Système de charges B :

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

- Sous système B_c : ce compose de camions types (30t).
- Sous système B_r : ce compose d'une roue isolée.
- Sous système B_t : ce compose de groupes de deux essieux dénommés essieux tandems (8t).

1. Sous système B_c :

On dispose sur la chaussée au plus autant de files ou convois de camions que la chaussée comporte de voies de circulation (cf. Art.2.2) et l'on place toujours ces files dans la situation la plus défavorable pour l'élément considéré.

Disposition dans le sens transversal : nombre maximale de files que l'on peut disposer 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 peu 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_c prise en compte est multipliée par le coefficient b_c , donné dans le tableau suivant.

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	/	/	/

Tableau : IV.6. Coefficient b_c .

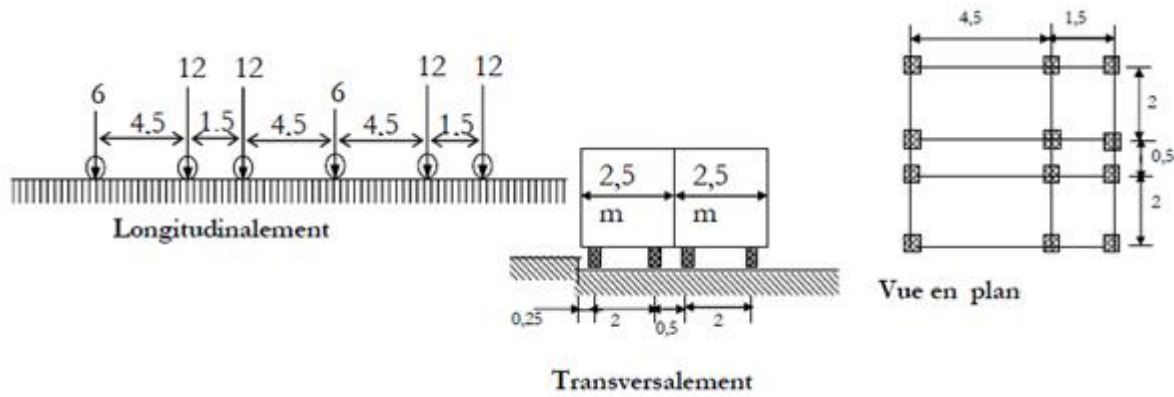


Figure :IV.2. Disposition de système B_c.

Chaque camion port trois essieu a roues simple ayant une masse totale de 30t donc Un essieu avant de 6t Deux essieux arrières de 12t.

Calcul des coefficients dynamiques :

Les surcharges du système B_c sont multipliées par des coefficients de majoration dynamique.

Ce coefficient est déterminé par la formule :

$$\delta = 1 + \alpha + \beta = 1 + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}} + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times L}$$

L = 28,1 m : portée de travée.

G : La charge permanente.

G = 635,815 t

S : Surchage B_c maximale multipliée au préalable par b_c.

➤ Une voie chargée : b_c = 1,2

S = N_{camion} x P x b_c : S=2 x 30 x 1,2=72t

$$\delta = 1 + \alpha + \beta = 1 + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{635,815}{72}} + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 28,1} = 1,076$$

➤ Deux voies chargées: b_c = 1,10

S = 4x30 x 1,10=132t.

δ = 1,09

Désignation	L	b _c	G	S	δ	Charge par essieu(t)		
1 file	28,1	1,2	635,815	72	1,076	E _{.AV}	1 x 6 x 1,20 x 1,076	7,74
						E _{.AR}	1 x 12 x 1,20 x 1,076	15,49
2 files	28,1	1,1	635,815	132	1,09	E _{.AV}	2 x 6 x 1,1 x 1,09	14,38
						E _{.AR}	2 x 12 x 1,1 x 1,09	28,77

Tableau : IV.7. Charge par essieu (système) B_c.

2. Sous Système B_t :

Un tandem du système B_t, il comporte deux essieux (2x16t), chaque un à deux roues simples qui répond à la caractéristique suivante.

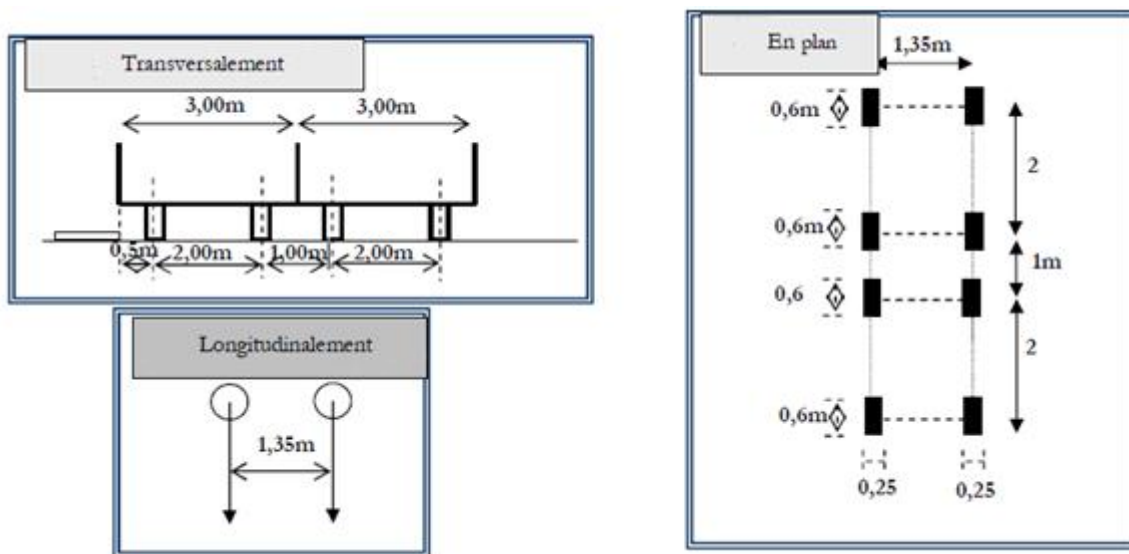


Figure : IV.3. Disposition de système B_t.

Les valeurs des charges du système B_t prise en compte son multiplié par le coefficient b_t.

Les charges du système B_t sont frappées par un coefficient de majoration dynamique δ.

Désignation	S	b _t	δ	essieu (t)
1 Tandem	32	1	1,068	17,088
2 Tandems	64	1	1,075	34,400

Tableau : IV.8. Charge par essieu (système) B_t.

3. Sous Système B_r :

Ce système de charge est composé d'une roue isolée de 10t qui peut être placé n'importe où sur la largeur roulable pour avoir le cas le plus défavorable.

$$S = N_{\text{camion}} \times P ; N=1 ; S=10 ; \delta=1,063$$

IV.2.2.c. Système militaire M_{c120} :

Les véhicules types militaires sont souvent plus défavorable que le système A et B pour les éléments de couverture ou d'ossature des tabliers.

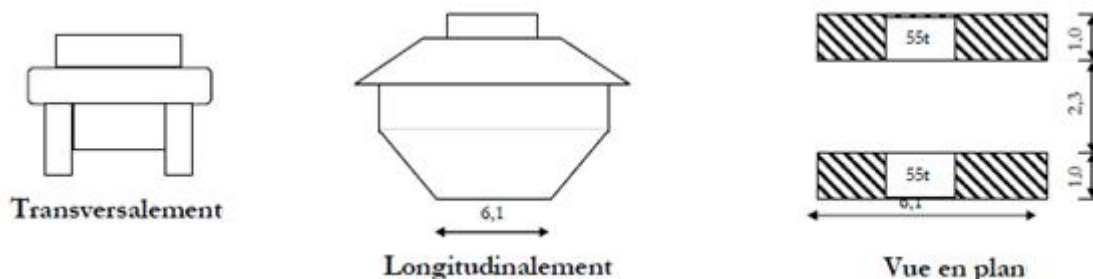


Figure : IV.4. Disposition de système militaire M_{c120}.

Masse totale de chenille 110t

$$\delta = 1 + \alpha + \beta = 1 + \frac{0.6}{1+4 \times \frac{635,815}{110}} + \frac{0.4}{1+0.2 \times 28,1}$$

$$\delta = 1,085$$

$$P = 55 \times 1,085 = 59,675t$$

Soit par ml de chenille = 59,675/6,10

$$M_{c120} = 9,78t/ml$$

IV.2.2.d. Charge exceptionnelle D_{240} :

Les charges exceptionnelles ne sont pas frappées par le coefficient de majoration dynamique. Le convoi type D comporte une remorque de trois éléments de 4 lignes à 2 essieux de 240t de poids total.

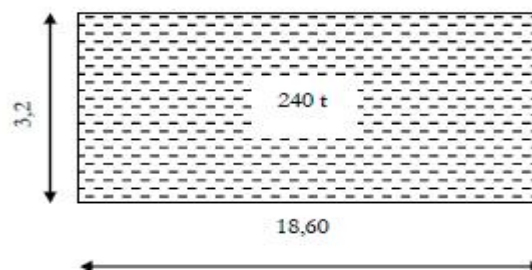


Figure : IV.5. Disposition de système exceptionnelle D_{240} .

$P = 240t$ soit :

$$p = \frac{P}{L} = \frac{240}{18,6} = 12,9 t/ml$$

$$D_{240} = 12,90 t/ml$$

IV.2.2.e. Surcharge de trottoir :

On applique sur le trottoir une charge uniforme de 150 Kg/m^2

Largeur du trottoir est 1,25 m.

➤ Pour 1 trottoir chargé :

$$P = 0,15 \times 1,25 = 0,187 t/ml$$

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

➤ Pour 2 trottoirs chargés :

$$P = (0,15 \times 1,25) \times 2 = 0,375t/ml$$

$$P = 0,375t/ml$$

IV.2.2.f. Vent :

Le vent souffle horizontalement dans une direction normale à l'axe longitudinal de la chaussée, la répartition et de la grandeur des pressions exercées par celui-ci et les forces qui en résultent dépendent de la forme et des dimensions de l'ouvrage.

En général; la valeur représentative de la pression dynamique de vent est égale à $0,2t/m^2$ (selon le fascicule 61-titre II)

IV.2.2.g. Température :

Le gradient thermique résulte d'un échauffement ou de refroidissement unilatéral de courte durée de la structure porteuse. La variation uniforme de température se réfère de la température moyenne du lieu.

IV.2.2.h. Forces de freinage :

L'effort de freinage au système A (l) est égale à :

$$H_F = F \times A(l)$$

$$S = L_c \times L$$

$L = 28,1m$: la longueur chargée.

$$F = \frac{1}{20 + 0.0035 \times S}$$

Nombre de voies	A(l)	S(m ²)	F	H _F (t)
1	110,826	112,4	0,049	5,434
2	221,652	224,8	0,048	10,663

Tableau : IV.9. Forces de freinage.

Pour le système Bc : Les efforts de freinage développés par le système Bc ne sont pas susceptibles de majoration dynamique, ni avec le coefficient bc d'où $H_F = 30 t$.

Les forces de freinages seront appliquées au niveau de la chaussée.

IV.2.2.i. Le séisme :

Pour un séisme de probabilité d'occurrence donnée, le dommage conçu est dimensionné d'après les dispositions suivantes, situé n'importe où, ne devrait pas dépasser une limite établie.

En premier lieu, il s'agit d'assurer la protection des vies humaines et par

Conséquent de garantir la sécurité structurale.

Les charges sismiques sont classées parmi les actions accidentelles.

$$F_{ah} = 0,1G \quad \text{dans le sens horizontale} \quad F_{ah} = 63,581t$$

$$F_{av} = 0,07G \quad \text{dans le sens verticale} \quad F_{av} = 44,507 t$$

IV.3. Combinaisons des charges :

Les combinaisons sont obtenues en considérant une action prépondérante accompagnée d'actions concomitantes.

Un coefficient de majoration est affecté à chaque action en fonction de sa nature prépondérante ou concomitante.

Les coefficients des majorations sont mentionnés dans le tableau suivant :

Action	ELU	ELS
Poids propre(G)	1,35	1
Surcharge A(L)	1,6	1,2
Système B _c	1,6	1,2
M _{c120}	1,35	1
D ₂₄₀	1,35	1
Température (ΔT)	0	0,5
Vent (W)	1,5	0

Tableau : IV.10. Les coefficients des majorations.

Les combinaisons mentionnées ne sont pas à considérer simultanément, seul sont à étudier celles qui apparaissent comme les plus agressives, les notations utilisées sont définies comme suit :

G: les charges permanentes.

Q_r: charges d'exploitations des ponts routes sans caractère particulier.

W: action du vent.

ΔT: gradient thermique.

Action prépondérante	Numéro de la combinaison	Combinaisons
A L'E.L.U	1	1,35G+1,6A(L)
	2	1,35G+1,6B _c
	3	1,35G+1,35M _{c120}
	4	1,35G+1,35D ₂₄₀
	5	G+Q _r
A L'E.L.S	6	G+1,2A(L)
	7	G+1,2B _c
	8	G+M _{c120}
	9	G+D ₂₄₀
	10	G+1,2A(L)+0,5ΔT
	11	G+1,2B _c +0,5ΔT
	12	G+M _{c120} +0,5ΔT
	13	G+D ₂₄₀ +0,5ΔT

Tableau IV.11 : Les combinaisons des charges.