

CHAPITRE 3 programme de charges

1. Introduction

Un pont doit être capable de résister, avec une marge de sécurité appropriée, non seulement à son poids propre, mais aussi aux actions naturelles et fonctionnelles. A cet égard a été rédigé le règlement algérien DTR-RCPR 2008 décrivant les charges et épreuves d'un pont route. Pour le cas des ponts rail, on doit se référer à l'eurocode 1. Pour les charges non mentionnées dans les règlements, il appartient au CCTP (cahier des clauses techniques particulières) de définir ces actions.

On peut classer les charges d'un pont selon 3 catégories :

- 1- **Les charges permanentes** : dues au poids propre de la structure du pont et de ses équipements, le poids et la poussée des terres, la précontrainte, le tassement des appuis, variation linéaire du tablier du au retrait et au fluage du béton, etc.
- 2- **Les charges dues au trafic** :
 - Variables : camions, trains, piétons, etc.
 - Accidentelles : chocs, franchissement du trottoir par un camion, déraillement d'un train, etc.
- 3- **Les charges hors trafic** :
 - Variables : effet de la température, de l'eau, du vent, etc.
 - Accidentelles : séisme, incendie, etc.

2. Les charges permanentes

2.1 Poids propre de la structure

- Le poids volumique du béton armé est de 25 KN/m³.
- Le poids volumique de l'acier est de 78.5 KN/m³.

2.2 Poids propre des équipements

Ces charges sont données par le CPC :

- Le poids volumique du béton non armé est de 22 KN/m³.
- Le poids volumique du béton bitumineux est de 22 KN/m³.
- Le poids volumique de la chape étanchéité est de 20 KN/m³.
- Le poids volumique du ballast est de 18,5 KN/m³.
- Le poids par mètre linéaire de la glissière de sécurité ou du garde-corps est de 1 KN/ml.
- Le poids par mètre linéaire de la corniche préfabriquée avec le trottoir est de 11.25 KN/ml.

Dans certains cas, il convient de calculer le poids propre de certains équipements tels que les trottoirs larges, les canalisations passant sous le tablier, etc.

2.3 Actions dues à la précontrainte et aux variations linéaires du tablier (retrait, fluage)

Les actions dues aux variations linéaires engendrées par le retrait, fluage et relaxation des matériaux constitutifs des éléments structurels ainsi que l'action de la précontrainte sont prises en compte comme actions permanentes selon les règlements en vigueur de béton armé et de béton précontraint.

2.4 Tassements d'appuis

Les efforts dus au mouvement des appuis, tel que le tassement d'appui est à prendre en compte dans le calcul en tant qu'actions permanentes.

Sauf indication contraire du CCTP, on considère un tassement par rapport au profil théorique de l'ouvrage.

$$\Delta h = 5 \text{ mm} \quad (1)$$

Ce tassement est appliqué sur une seule ligne d'appui à la fois, mais doit être étudié pour tous les appuis successivement, de manière à obtenir les effets les plus défavorables. Le module du béton est le module différé.

2.5 Force de rappel due au frottement des appareils d'appui

Pour les ouvrages équipés d'appareils d'appuis glissants, la détermination des sollicitations agissant sur les appuis (pile ou culée) doit prendre en compte le coefficient de frottement de ces organes. Ces efforts horizontaux s'écrivent

$$H = \mu \cdot n \quad (2)$$

Avec :

- μ : coefficient de frottement, pris en général égal à 5% sauf indication contraire,
- H : effort horizontal,
- N : effort vertical (charge permanente).

L'effort horizontal H est appliqué directement en tête de l'appui, cet effort sera utilisé pour l'étude de la pile ou de la culée.

3. Charges d'un pont route

3.1 Charges dues au trafic

3.1.1 Considérations générales

3.1.1.1 La largeur roulable (L_r) : C'est la largeur mesurée entre les dispositifs de sécurité ou les bordures de trottoir se trouvant de part et d'autre de la chaussée. La glissière ou barrière de sécurité sont appelées dispositifs de sécurité. La largeur roulable comprend donc outre la chaussée proprement dite les réservations additionnelles telles que bandes dérasées (BD) ou bandes d'arrêt (BA). Dans le cas d'un éventuel élargissement de la chaussée, Celle-ci sera considérée dans son état définitif.

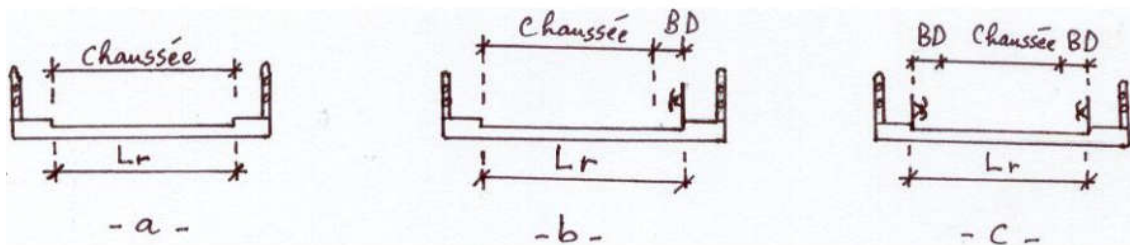


Fig. 1 Largeur roulable

3.1.1.2 La largeur chargeable (L_c) C'est la largeur roulable diminuée de 50 cm le long de chaque dispositif de sécurité lorsqu'il existe.

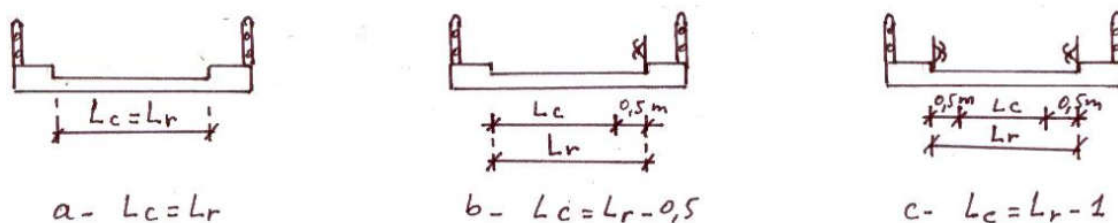


Fig. 2 Largeur chargeable

3.1.1.3 Le nombre de voies (n)

C'est la partie entière du quotient par 3 m de la largeur chargeable Lc en mètres.

$$n = \text{int}\left(\frac{Lc}{3}\right) \tag{3}$$

Application 1 : Dans l'ouvrage de la figure 3, on a

Lr = 8m

et Lc = Lr-0.5 = 7.5 m

$$n = \text{int}\left(\frac{7.5}{3}\right) = \text{int}(2.5) = 2 \text{ voies}$$

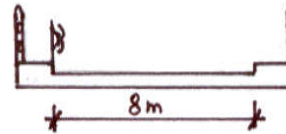


Fig. 3 Exemple d'un ouvrage avec une seule glissière de sécurité

Cas particulier : Si la largeur chargeable est comprise entre 5m et 6m. La chaussée est considérée comme comportant 2 voies de circulation.

$$5m < Lc < 6m \Rightarrow n = 2 \tag{4}$$

3.1.1.4 La largeur d'une voie (v)

C'est la largeur chargeable divisée par le nombre de voies.

$$v = \frac{Lc}{n} \tag{5}$$

D'après l'exemple précédent, on a : $v = \frac{7.5}{2} = 3.75m$

3.1.1.5 Les classes d'un pont routier

Les ponts routes sont rangés en 3 classes selon la largeur roulable et leur destination

Classe	Largeur roulable (Lr)
I	$Lr \geq 7m$
II	$5.5 < Lr < 7m$
III	$Lr \leq 5.5$

Tab.1 classes d'un pont route.

Remarques :

1- Tous les ponts routiers supportant des bretelles d'accès à d'autres voies, sont considérées 1^{er} classe.

2- On peut considérer de 1^{er} classe les ponts de largeur roulable inférieure à 7m qui sont désignés par le CPS (cahier des prescriptions spéciales), tels que les ponts sur lesquels il y a risque d'accumulation de poids lourds surtout dans les zones urbaines ou industrielles.

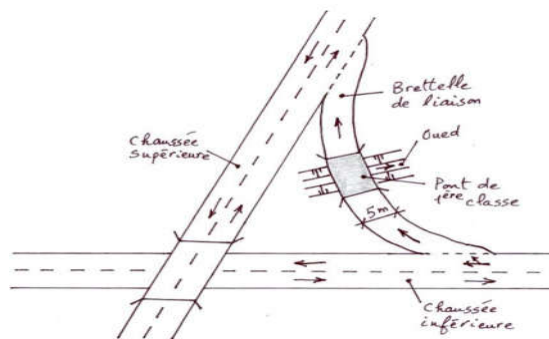


Fig. 4 Exemple d'un pont bretelle considéré de 1^{ère} classe

3.2 Le système de charges A(l)

3.2.1 Définition

Dans les ponts de portée unitaire inférieure ou égale à 200 m. la chaussée est supposée supporter une charge uniformément répartie.

$$A(l) = 2.3 + \frac{360}{12+l} \text{ KN/m}^2 \quad (6)$$

Où l est la longueur chargée en mètres.

N.B : Dans les ponts qui correspondent à une ou plusieurs portées unitaires dépassant les 200 m. le CPS décrira les charges à prendre en compte.

La charge A(l) est multipliée par le coefficient a₁ de dégressivité transversale donné par le tableau 2.

Nombre de voies chargées		1	2	3	4	≥5
Classe du pont	Première	1	1	0,9	0,75	0,7
	Deuxième	1	0,9	-	-	-
	Troisième	0,9	0,8	-	-	-

Tableau 2 : coefficient a₁

A partir de A(l) on calcule A₁(l) par la relation

$$A_1(l) = \begin{cases} a_1 \times A(l) \\ 4 - 0.002 \times l \end{cases} \text{ KN/m}^2 \quad (7)$$

Pour obtenir la charge finale A₂(l), le système A₁(l) est multiplié par le coefficient a₂ décrit par :

$$A_2(l) = a_2 \times A_1(l), \quad a_2 = \frac{v_0}{v}$$

$$v_0 = \begin{cases} 3.5 \text{ m pour les ponts de première classe 1} \\ 3.0 \text{ m pour les ponts de deuxième classe 2} \\ 2.75 \text{ m pour les ponts de troisième classe 3} \end{cases} \quad (8)$$

v : est la largeur d'une voie.

Remarque : Le système A(l) n'est pas frappé par le coefficient de majoration dynamique.

3.2.1.1 Zones d'application du système A(l)

La charge A(l) peut s'appliquer soit sur la longueur totale du pont soit sur quelques parties des travées. Transversalement, cette charge peut être appliquée sur une voie, deux voies..., ou sur toute la largeur de la chaussée portée par le pont. Le choix de la zone d'application du système A(l) dépend essentiellement de l'effet recherché.

Sens transversal : La largeur chargée transversalement comprend un nombre entier de voies de circulation pour donner l'effet maximal considéré (fig. 6).

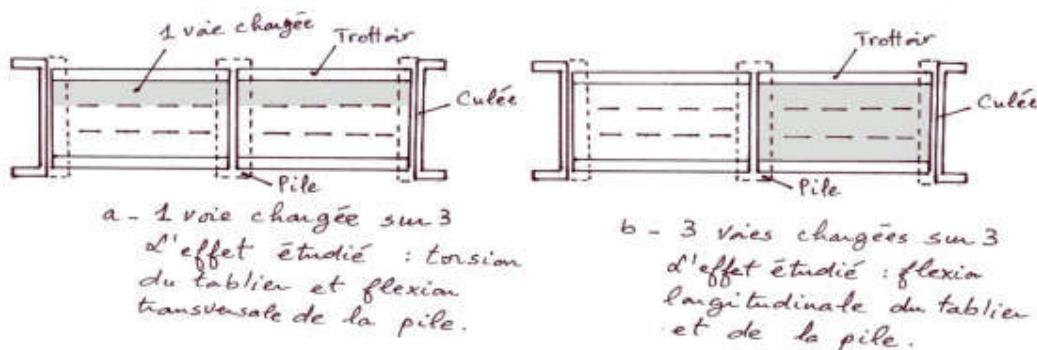


Fig. 6 Disposition en largeur du système A(l)

Sens longitudinal : Les limites des zones chargées doivent coïncider avec les zéros de la ligne d'influence de façon à donner l'effet maximal.

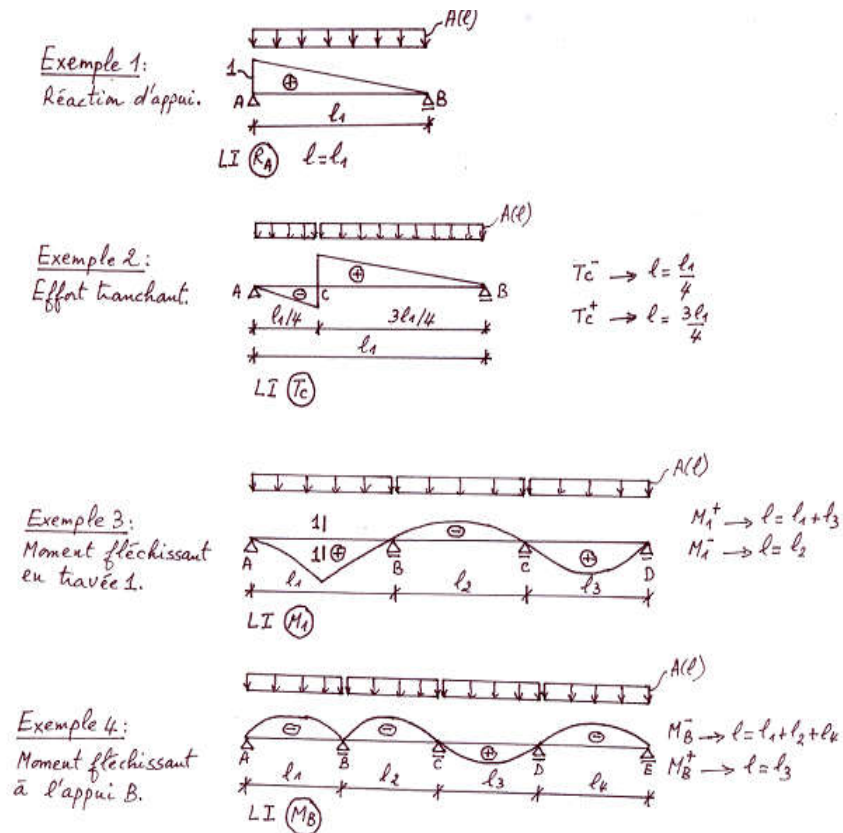


Fig. 7 Disposition en longueur du système A(l)

3.3 Le système B

Le système B comprend trois (3) systèmes distincts dont il y a lieu d'examiner indépendamment les effets pour chaque élément des ponts :

- ✓ Le système Bc se compose de deux camions types.
- ✓ Le système Br se compose d'une roue isolée.
- ✓ Le système Bt se compose de deux essieux dénommés essieux-tandems.

Les deux premiers systèmes s'appliquent à toutes les classes de ponts, le système Bt ne s'applique qu'aux ponts de première ou de deuxième classe.

Les charges du système B sont frappées de majoration dynamique et le coefficient de majoration applicable aux trois (3) systèmes est le même pour chaque élément d'ouvrage.

3.3.1 Le système Bc :

Un camion du système Bc, comporte trois (3) essieux, tous trois, à roues simples munies de pneumatiques, et répondant aux caractéristiques suivantes :

- masse totale 30T ;
- masse portée par chacun des essieux arrière 12T ;
- masse portée par l'essieu avant 6T ,
- longueur d'encombrement 10,5 m ;

- largeur d'encombrement 2,5 m,
- distance des essieux arrière 1,5 m ;
- distance essieu avant-1CT essieu arrière 4,5 m,
- distance d'axe en axe des roues d'un essieu 2 m ;
- surface d'impact d'une roue arrière -carré de 0,25 m de côté,
- surface d'une roue avant- carré de 0,2a m de côté.

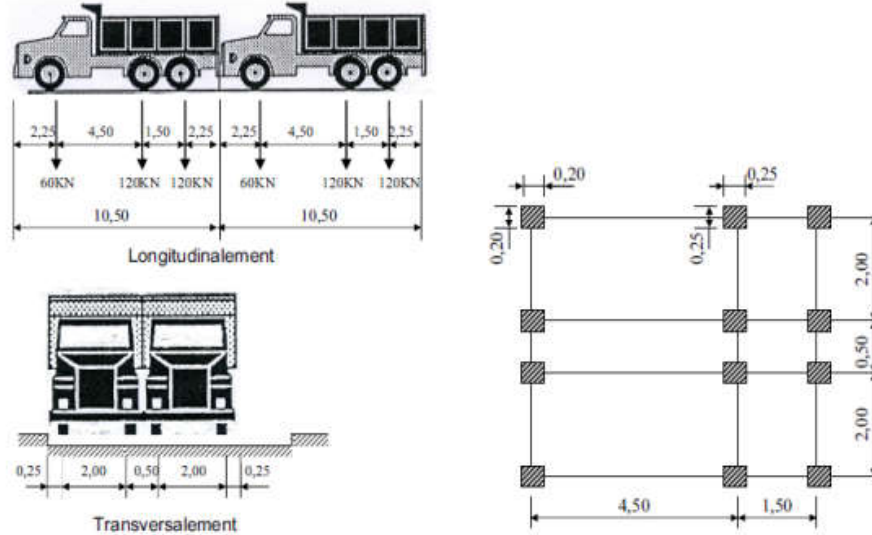


Fig. 8 Disposition du système Bc

Les charges du système Bc sont multipliées par le coefficient bc qui dépend de la classe du pont et du nombre de files de camions disposées transversalement (tab. 3).

Nombre de files considérés		1	2	3	4	>5
Classe du pont	Première	1,2	1,1	0,95	0,8	0,7
	Deuxième	1	1		-	
	Troisième	1	0,8		-	

Tableau 3: coefficient bc

- Longitudinalement, le nombre de camions par file est limité à deux, la distance longitudinale entre deux camions est déterminée pour produire l'effet le plus défavorable.
- Transversalement, le nombre de camions est toujours inférieur ou égal au nombre de voies disponibles. Les camions peuvent être contigus ou séparés pour produire la situation la plus défavorable recherchée.
- Les camions homologues des diverses files sont disposés de front et sont orientés dans le même sens (fig. 9)

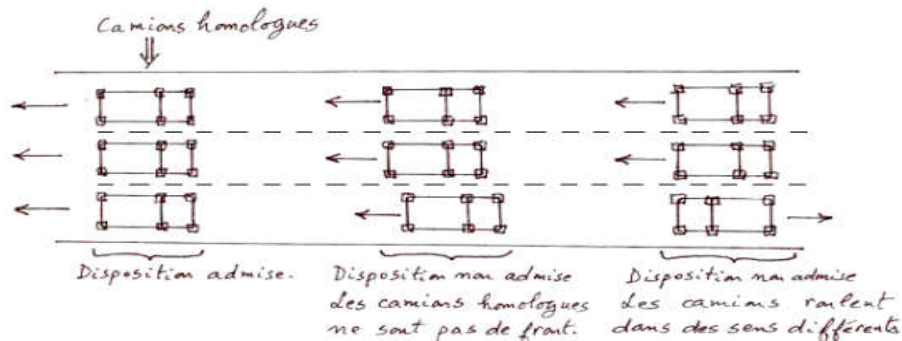


Fig. 9 Disposition en plan des camions Bc homologues

- Si l'on veut calculer les poutres maîtresses (calcul global), les camions sont disposés transversalement sur la largeur chargeable (L_c) de telle façon à ce que l'axe de la file de roues la plus excentrée soit à une distance minimale de 0.25 m par rapport à la bordure de trottoir et de 0.75 m par rapport au dispositif de sécurité (fig. 10).

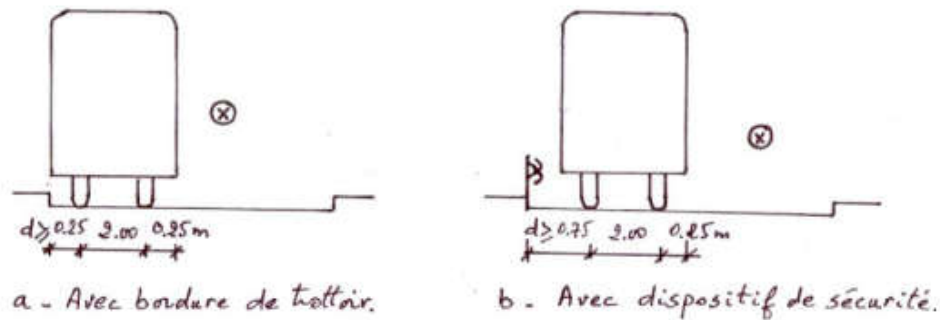


Fig. 10 Dispositions transversales extrêmes d'un camion Bc pour le calcul global

- Si l'on veut calculer les éléments du tablier tels que l'hourdis, le longeron, l'entretoise, la pièce de pont etc. (calcul local), les camions sont disposés transversalement sur la largeur roulable (L_r). L'axe de la file de roues la plus excentrée doit se trouver à une distance minimale de 0.25 m de la bordure de trottoir ou du dispositif de sécurité (fig. 11).

- Dans les ponts biais, pour faciliter les calculs, il est loisible de disposer les camions transversalement selon la parallèle au biais géométrique. Même les impacts des roues peuvent avoir des formes de losanges (fig. 12).

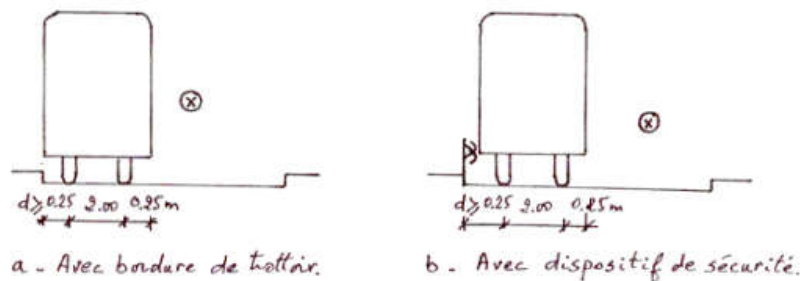


Fig. 11 Dispositions transversales extrêmes d'un camion Bc pour le calcul local

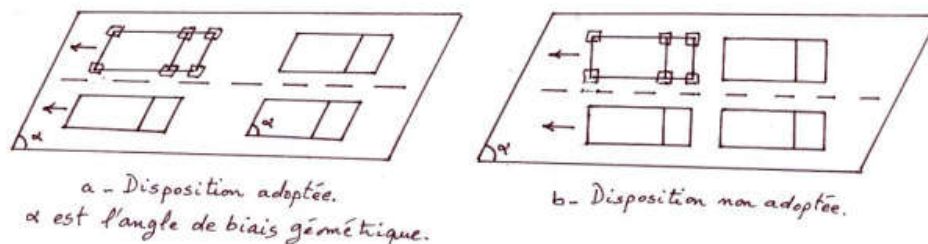


Fig. 12 Disposition en plan du système Bc dans un pont biais

3.3.2 Système Br

Il se compose d'une roue isolée de poids égal à 100 KN. Sa surface d'impact est un rectangle dont le grand côté de 0.6 m se trouve dans la direction transversale, le petit côté de 0.3 m est suivant l'axe longitudinal du pont (fig. 13).

La roue Br peut être placée n'importe où sur la largeur roulable, pourvue que le sens de déplacement de la roue suit l'axe longitudinal du tablier. Ce système est souvent utilisé dans l'étude des effets locaux du tablier tel que le poinçonnement de l'hourdis.

Dans les ponts biais, le rectangle d'impact deviendra un parallélogramme dirigé selon le biais géométrique de l'ouvrage

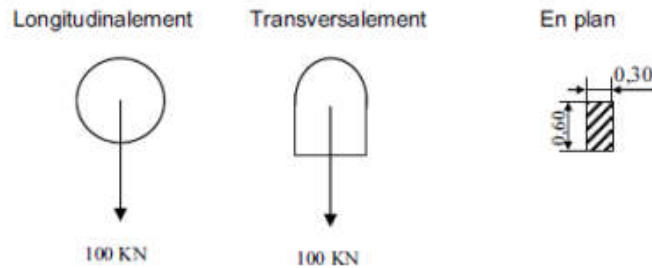


Fig. 13 Disposition du système Br

3.3.3 Système Bt

Le tandem type pèse 320 kN, il est composé de 2 essieux identiques dont chacun pèse 160 kN.

L'essieu est constitué de 2 roues simples munies de pneumatiques, la surface d'impact d'une roue est un rectangle dont le côté transversal mesure 0.6 m et le côté longitudinal 0.25 m (fig. 14).

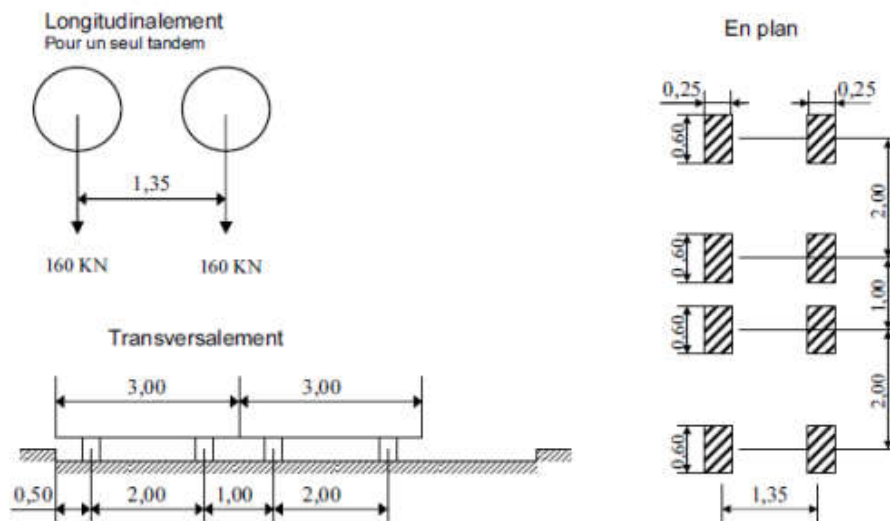


Fig. 14 Disposition du système Bt

La charge du système Bt est multipliée par le coefficient bt qui dépend de la classe du pont (tab. 4).

Classe du pont	Première	Deuxième
Coefficient	1	0,9

Tableau 4: coefficient bt

- Longitudinalement, un seul tandem est disposé.

- Transversalement, si le pont ne comporte qu'une seule voie, on disposera d'un seul tandem, si le pont comporte 2 voies et plus, le nombre maximal de tandems disposés transversalement est de 2. Ils peuvent être contigus ou séparer pour produire l'effet le plus défavorable.
- Si l'on veut faire un calcul global, les tandems sont disposés transversalement sur la largeur chargeable (Lc). L'axe de la file de roues la plus excentrée doit se situer au minimum à une distance de 0.50 m par rapport à la bordure de trottoir et de 1.00 m par rapport au dispositif de sécurité (fig15).
- Si l'on veut faire un calcul local, les 2 tandems sont disposés transversalement sur la largeur roulable (Lr). L'axe de la file de roues la plus excentrée doit se trouver à une distance minimale de 0.50 m de la bordure de trottoir ou du dispositif de sécurité (fig. 16).
- Dans les ponts droits comportant 2 voies et plus, les 2 tandems doivent être disposés de front comme le montre la figure 17.
- Dans les ponts biais, pour faciliter les calculs, on dispose les tandems selon le biais géométrique, de même les impacts des roues doivent former des parallélogrammes dont la forme doit suivre le biais du tablier (fig.19).

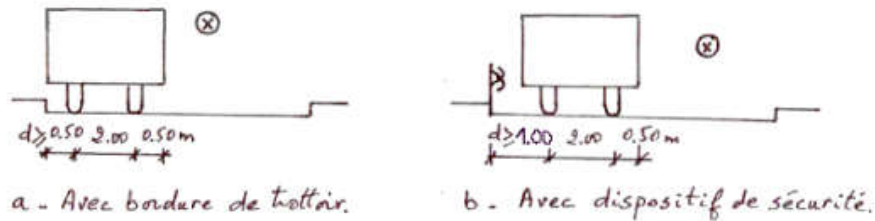


Fig. 15 Dispositions transversales extrêmes d'un tandem B₁ pour le calcul global

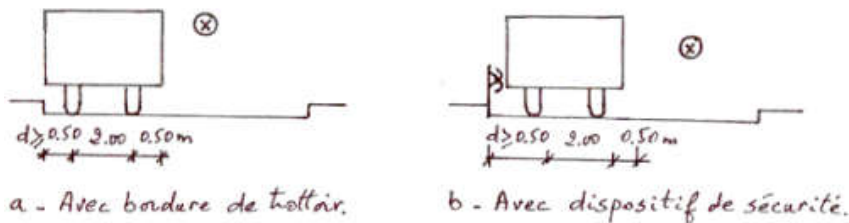


Fig. 16 Dispositions transversales extrêmes d'un tandem B_t pour le calcul local

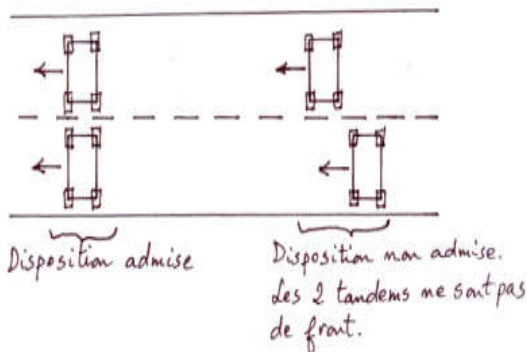


Fig. 17 Dispositions en plan du système B₁ dans un pont droit

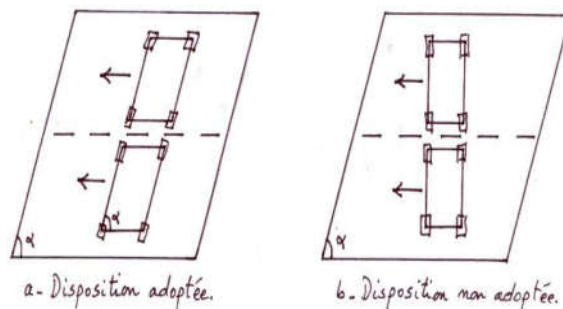


Fig. 18 Disposition en plan du système B₁ dans un pont biais

Remarques importantes :

- 1- Les systèmes A(l) et B sont distincts et indépendants et ne peuvent être appliqués simultanément.
- 2- Dans l'étude globale du tablier telle la flexion longitudinale des poutres, l'effet de freinage, les réactions des appuis etc., chacun des 2 systèmes doit être considéré successivement. Par ailleurs, dans l'étude locale d'un élément du tablier tel que hourdis, entretoise, longeron etc., seul le système B est pris en compte.

3.3.4 Le coefficient de majoration dynamique δ

Du fait que les charges B sont mobiles, leurs valeurs statiques sont amplifiées par un coefficient majoration dynamique δ :

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{(1+0.2 L)} + \frac{0.6}{(1+4\frac{G}{S})} \quad (9)$$

L : étant la longueur de l'élément étudié.

G : est la charge permanente de la dalle et

S : est la charge la plus élevée qu'il sera possible de placer sur le tablier pour une longueur L .

3.4 La force de freinage (Fr)

Elle est développée par l'un de 2 systèmes A(l) ou Bc. Cette force est supposée centrée sur l'axe longitudinal du tablier et dirigée dans l'un ou l'autre sens de circulation (fig. 23). La force Fr est le maximum des deux effets A(l) et Bc.

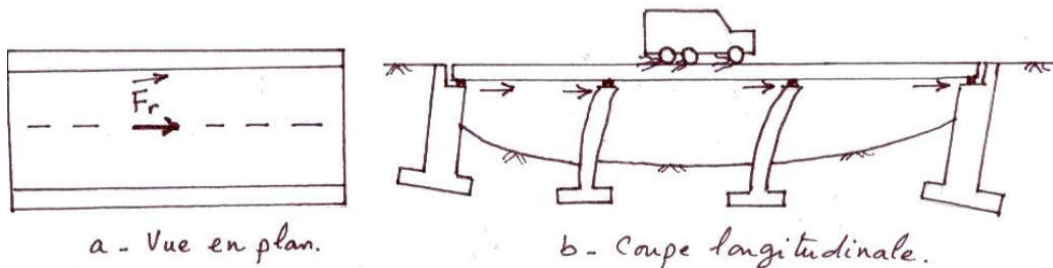


Fig. 21 Effet de freinage sur un pont

3.4.1 Freinage du au système A(l)

$$Fr(A) = \frac{A_2(l) \times S}{20 + 0.0035 \times S} \quad KN \quad (10)$$

Ou S est l'aire on plan de la partie du tablier chargée par le système A(l).

3.4.2 Freinage du au système Bc

Parmi les camions disposés sur le pont, un seul est supposé freiner en développant une force égale à son poids.

$$Fr(B) = 300 \text{ KN} \quad (11)$$

N.B : Le coefficient bc ne s'applique pas à la force de freinage qui n'est pas aussi susceptible de la majoration dynamique.

3.5 La force centrifuge (Fc)

Elle est produite uniquement par le système Bc et ce dans les tabliers qui représentent des courbes en plan. Tous les camions Bc sont susceptibles de produire la force centrifuge.

$$\begin{cases} F_c = Bc \times bc \times \delta_{BC} \times \left(\frac{R + 150}{6R + 350}\right) & \text{pour } R \leq 400m \\ F_c = Bc \times bc \times \delta_{BC} \times \frac{80}{R} & \text{pour } R > 400m \end{cases}$$

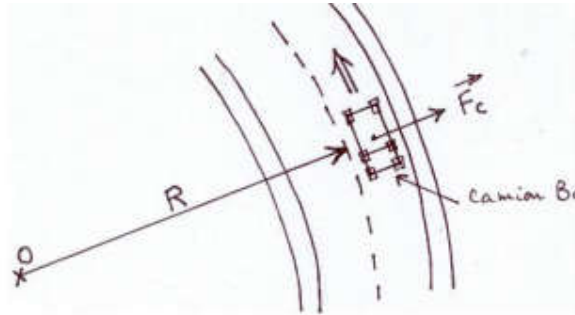


Fig. 23 Direction de la force centrifuge dans un pont courbe

La force centrifuge F_c agit sur le tablier par ses 2 composantes ; l'une tangentielle F_t et l'autre verticale F_v (Fig. 26). D'après cette figure, on a

$$F_t = \frac{F_c}{\cos \alpha} \quad \text{et} \quad F_v = F_c \times \tan \alpha$$

Où α est l'angle de dévers du tablier.

- La composante verticale F_v est à cumuler avec les autres charges verticales telles que $A(l)$ et Bc .
- Les effets de la force centrifuge F_c ne sont pas cumulés avec ceux de la force farinage Fr .

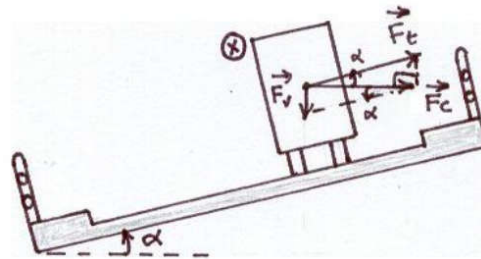


Fig. 24 Composantes de la force centrifuge

3.6 Les charges militaires

Sur les itinéraires permettant la circulation des convois militaires, les pouts doivent être calculés pour supporter les véhicules militaires du type M80 et M120 décrits dans le fascicule 61 du CPS. Chaque type comporte 2 systèmes :

- M_c : Véhicules militaires du type chenilles.
- M_e : Véhicules militaires du type essieux.

3-A-5.1 Système M_c

3-A-5.11 Véhicule M_c 80

Il est constitué de 2 chenilles, le poids total du véhicule est de 720 KN.

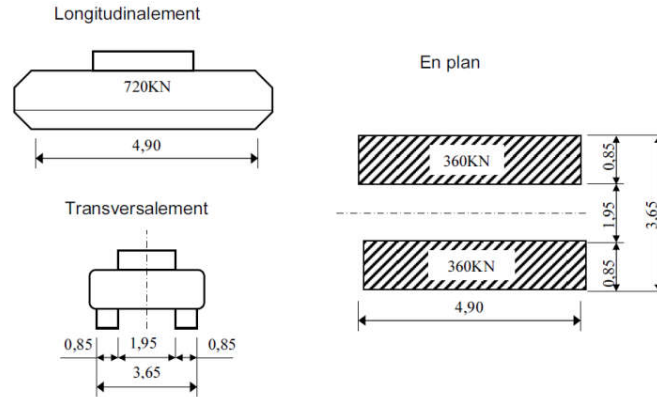


Fig. 27 Véhicule Mc 80

3-A-5.12 Véhicule Mc 120

Il est constitué de 2 chenilles, le poids total du véhicule est de 1100 KN.

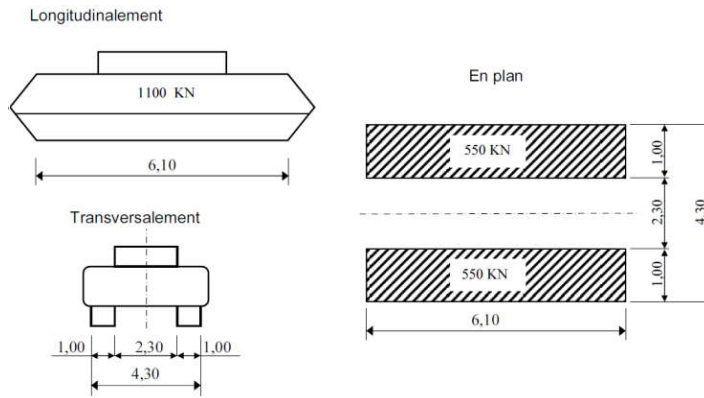


Fig. 28 Véhicule Mc 120

3-A-5.2 Système Me

3-A-5.21 Véhicule Me 80

Il est constitué de 2 essieux, le poids total du véhicule est de 440 KN.

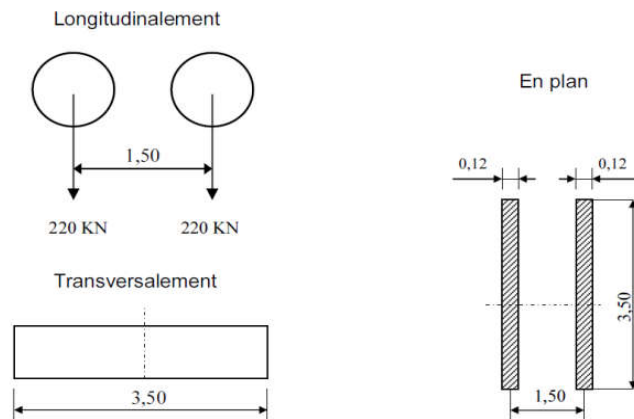


Fig. 29 Véhicule Me 80

3-A-5.22 Véhicule Me 120

Il est constitué de 2 essieux, le poids total du véhicule est de 660 kN.

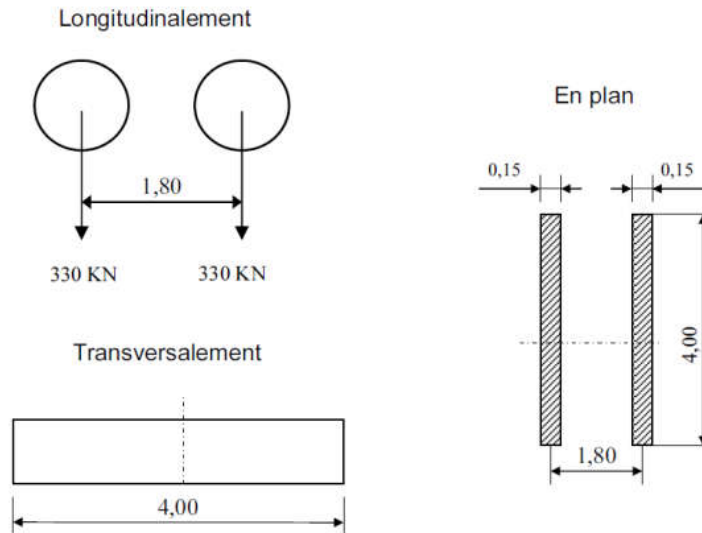


Fig. 30 Véhicule Me 120

3.6.1 Règles générales de disposition des charges militaires

- Transversalement, un seul convoi est supposé circuler sur la largeur chargeable L_c , quel que soit le nombre de voies disponibles.
- Longitudinalement, le nombre de véhicules M_c disposés parallèlement à l'axe du pont n'est pas limité, la distance minimale entre deux véhicules successifs est de 30.50 m. d'où la distance entre axe de 35.40 m pour le M_c 80 et de 36.60 m pour le M_c 120 (fig. 31).
- Les charges militaires sont concernées par la majoration dynamique.
- Le convoi militaire est supposé ne développer ni force de freinage ni force centrifuge.
- Dans les ponts biais, les rectangles d'impact sont disposés selon le biais. (Fig.32)

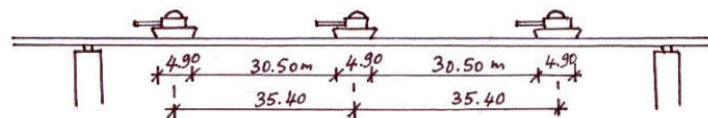


Fig. 31 Exemple de disposition longitudinale du système M_c 80

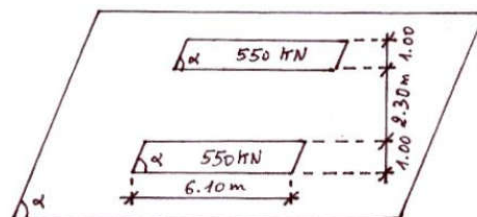


Fig. 32 Exemple de disposition en plan d'un

3.7 Les charges exceptionnelles

Sur les itinéraires classés pour permettre la circulation de convois lourds exceptionnels de l'un des types D ou E, les ponts doivent être calculés pour supporter le véhicule-type correspondant décrit ci-après, susceptible dans certains cas d'être plus défavorable que les charges des systèmes A et B.

Le C. P. S. précise alors le type de convoi lourd exceptionnel à prendre en compte, celui-ci étant exclusif de toute autre charge.

3-A-6.1 Convoi type D

3-A-6.1.1 Convoi type D280

Le convoi type D280 comporte deux remorques supportant chacune 1400 KN, dont le poids est supposé reparti au niveau de la chaussée sur un rectangle uniformément chargé de 3.30 m de large et 11 mètres de long, la distance entre axes des deux rectangles est de 19 mètres.

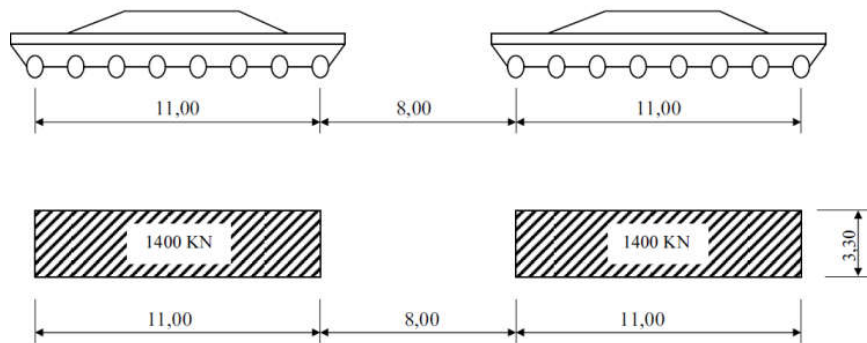


Fig. 35 Disposition du convoi type D280

3-A-6.1.2 Convoi type D240

C'est une remorque composée de 3 éléments dont chacun comporte 4 lignes à 2 essieux (Fig. 36). Le poids total du convoi D est de 2400 KN, cette charge est supposée uniformément répartie au niveau de la chaussée et sur un rectangle de 18.60 m de long et 3.20 m de large.

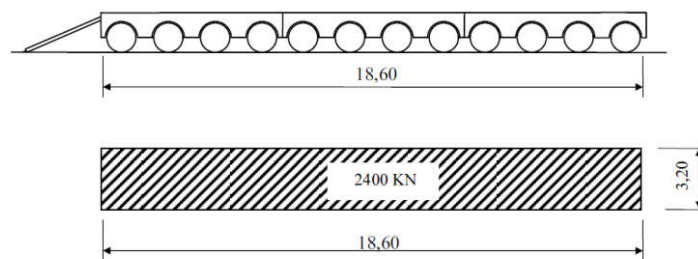


Fig. 36 Disposition du Convoi type D240

3-A-6.2 Convoi type E

3-A-6.2.1 Convoi type E 400

Le convoi-type E400 comporte deux remorques supportant chacune 2000 KN, dont le poids est supposé reparti au niveau de la chaussée sur un rectangle uniformément chargé de 3,30 m de large et 15 m de long : la distance entre axes des deux rectangles est de 33 m.

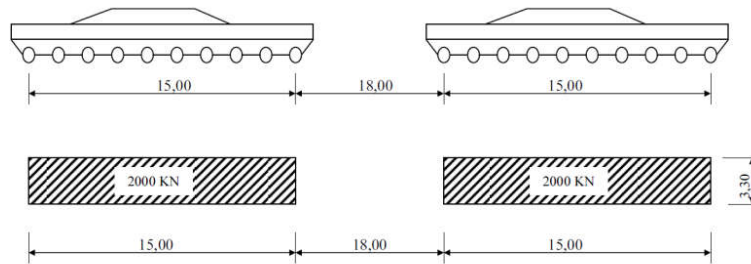


Fig. 37 Disposition du Convoi type E400

3-A-6.22 Convoi type E 360

C'est une remorque composée de 3 éléments dont chacun comporte 4 lignes à 3 essieux (Fig. 38). Le poids total de 3600 KN est supposé uniformément réparti sur un rectangle de 18.60 m de long et 5.10 m de large.

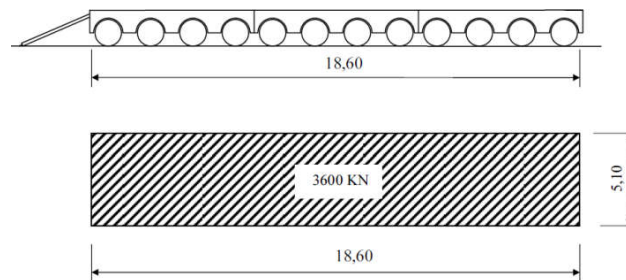


Fig. 38 Convoi type E360

3.7.1 Considérations générales sur les charges exceptionnelles

- Les convois exceptionnels sont supposés rouler à une vitesse au maximum égale à 10 Km/h. Ce système n'est pas donc concerné par la majoration dynamique.
- Le convoi exceptionnel est supposé ne développer ni force de freinage, ni force centrifuge.
- La charge exceptionnelle est exclusive de toutes autres charges, elle est sensée s'appliquer toute seule sans aucune autre charge.

3.8 Les surcharges du trottoir

Ces charges ne sont pas frappées par la majoration dynamique. Elles se divisent en 2 types :

- Charges locales.
- Charges générales.

3.8.1 Les charges locales

On les utilise dans les calculs d'éléments du tablier se trouvant sous le trottoir tels que l'hourdis, les longerons, les entretoises etc. La charge locale se compose de 2 sous-systèmes :

- Charges uniformes St :

$$St = 4.50 \text{ KN /m}^2 \tag{23}$$

Les effets de St peuvent être cumulés avec ceux des systèmes A, B et M (Fig. 41).

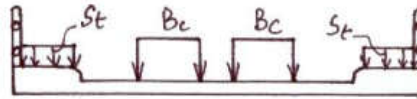


Fig. 41 Exemple de surcharges de trottoir combinées avec le système Bc

- Roue isolée r_t :

Dans les trottoirs franchissables qui ne sont pas protégés de la chaussée par une poutre maîtresse ou une barrière lourde. On peut utiliser comme charge de trottoir une roue isolée de poids égal à 60 K.N et dont la surface d'impact est $(0.25 \times 0.25) \text{ m}^2$.

Les effets de r_t ne sont pas cumulés avec ceux des systèmes A, B et M (Fig. 43).



Fig. 42 La roue r_t n'est pas cumulée avec les autres charges

N.B : Les trottoirs équipés de bordures, glissières de sécurité ou barrières légers sont considérés comme franchissables.

3.8.2 Les charges générales.

a) Pour la justification des fermes maîtresses qui supportent à la fois une chaussée et un ou des trottoirs, on applique sur le trottoir une charge uniforme.

$$St = 1.50 \text{ KN /m}^2$$

- En largeur, le trottoir est chargé on sa totalité. On peut charger soit un seul soit deux trottoirs et ce pour réaliser l'effet le plus défavorable.
- En longueur, les zones chargées sont choisies de la manière la plus contraignante comme celle du système A(l).

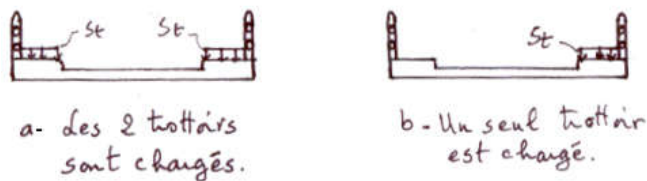


Fig. 43 Modes de chargement du trottoir

b) Dans les ponts réservés à la circulation des piétons (passerelles), et des cycles, on utilise dans les calculs une charge a(l) uniformément répartie

$$a(l) = 2 + \frac{150}{l + 50} \text{ KN/m}^2$$

Où l est la longueur chargée

- En largeur, la zone chargée est choisie de manière à produire l'effet le plus défavorable.
- En longueur, l est choisie de la même manière adoptée dans le système A(l).

3.9 Les charges sur le garde-corps

La hauteur h du garde-corps au-dessus du trottoir est définie par

$$\begin{cases} 0.90 + 0.005H \leq h \leq 1.00 + 0.005H \\ h_{\max} = 1.20m \end{cases}$$

Où H est la hauteur maximale libre entre le niveau supérieur du trottoir et le niveau du sol ou de l'eau selon le cas.

La charge horizontale sur le garde-corps due à la main courante, sa valeur q par mètre linéaire est donnée par la relation.

$$q = \max \left\{ \frac{0.5(l + b)}{2.50} \right\} \text{ KN/ml}$$

Où b est la largeur du trottoir en mètres.

Lorsqu'il s'agit d'un garde-corps de service (Les autoroutes ou certaines voies rapides sont interdites par statut aux piétons ; la présence de piétons se limite à celle d'automobilistes en panne et au personnel de service. Les ponts portant ces voies pourront ne recevoir qu'un garde-corps dit de service), la poussée q est supposée égale à

$$q = 1 \text{ KN/ml} \quad (25)$$

La charge verticale p sur le garde-corps due à la main courante est donnée par mètre linéaire.

$$p = 1 \text{ KN/ml} \quad (26)$$

Les effets des charges q et p ne sont pas cumulables avec les surcharges du trottoir,

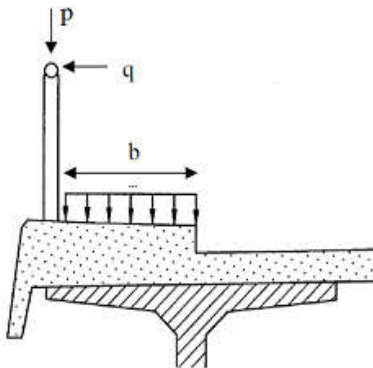


Fig. 45 Charges sur le garde corps

3.10 L'effet de choc

Il est dû au trafic routier, ferroviaire ou de navigation. Les parties du pont susceptibles aux chocs sont les piles ou le tablier.

3.10.1 Choc des véhicules contre les piles

Les piles doivent être calculés pour résister à un effort statique concentré agissant horizontalement à 1,25 m au-dessus du niveau de la chaussée, et égal à :

$$\left. \begin{array}{l} \text{dans le sens de déplacement du véhicules : } F_x = 1000 \text{ KN} \\ \text{dans le sens perpendiculaire au déplacement du véhicules : } F_y = 500 \text{ KN} \end{array} \right\} \quad (27)$$

La surface d'impact est égale à 25 cm x 25 cm.

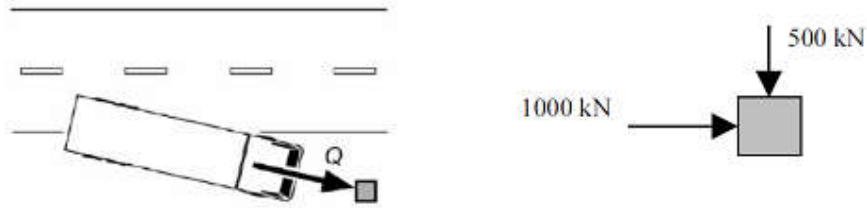


Fig. 46 Choc de véhicule sur la pile

3.10.2 Choc des véhicules contre les tabliers

Les charges d'impact sur les tabliers de pont sont données par

$$\left. \begin{array}{l} \text{sur les autoroutes : } F = 500 \text{ KN} \\ \text{sur les voies urbaines : } F = 250 \text{ KN} \end{array} \right\} \quad (28)$$

La surface d'impact est égale à 25 cm x 25 cm.

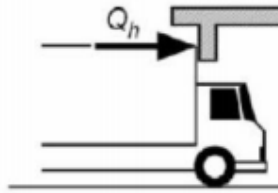


Fig. 47 Choc de véhicule sur le tablier

3.10.3 Choc des véhicules ferroviaires sur piles

Le CCTP précise les forces statiques équivalentes, sur la surface ou le point d'impact, à appliquer en fonction de la distance entre l'appui et l'axe de la voie.

3.10.4 Choc des bateaux contre les piles

La conception et le dimensionnement des piles de ponts implantées dans les zones accessibles aux bateaux, doivent obligatoirement tenir compte des chocs de bateaux. Selon les caractéristiques des voies navigables (grand gabarit ou petit gabarit).

Les valeurs des chocs sont à préciser par le CCTP. A défaut, et en l'absence de protection (Duc d'Albe), le choc éventuel est assimilé à l'action d'une force horizontale appliquée au niveau des plus hautes eaux navigables (PHEN). Cette force est soit parallèle au sens du courant (choc frontal), soit perpendiculaire à celui-ci (choc latéral). Les valeurs représentatives à introduire sont les suivantes :

- pour le choc frontal :

$$\left. \begin{array}{l} \text{pour les grands gabarits : } F_x = 10000 \text{ KN} \\ \text{pour les petits gabarits : } F_x = 1200 \text{ KN} \end{array} \right\} \quad (29)$$

- pour le choc latéral :

$$\left. \begin{array}{l} \text{pour les grands gabarits : } F_y = 2000 \text{ KN} \\ \text{pour les petits gabarits : } F_y = 240 \text{ KN} \end{array} \right\} \quad (30)$$

Vue l'importance des forces d'impact, le tablier n'est pas supposé résister au choc des bateaux.

3.11 Les actions du vent

a) Dans les circonstances courantes, on peut admettre, pour évaluer l'action du vent sur les ponts en service, les hypothèses simplificatrices suivantes :

Le vent souffle horizontalement dans une direction normale à l'axe longitudinal de la chaussée. Il développe sur toute surface frappée normalement une pression de 2.000 newtons par mètre carré (N/m²).

Lorsque le vent souffle, le pont n'est supposé porter aucune charge de chaussée ou de trottoir et les effets du vent et des charges ne sont pas susceptibles de se cumuler.

b) Pour les ponts en cours d'exécution, on peut admettre, dans les circonstances courantes, les hypothèses simplificatrices suivantes : Le vent souffle horizontalement dans une direction normale à l'axe longitudinal de la chaussée. Il développe sur toute surface frappée normalement une pression égale à :

1.000 N/m² s'il s'agit de phases de chantier dont la durée n'excède pas un mois ;

1.250 N/m² s'il s'agit de phases de chantier dont la durée excède un mois.

Lorsque le vent souffle, le pont n'est supposé porter aucune charge mobile, de chaussée ou de trottoir ; il y a lieu cependant de tenir compte du poids des équipements provisoires, tels qu'équipages mobiles, avant becs, etc., ainsi que la surface que ceux-ci offrent au vent.

Les efforts engendrés sont introduits dans les calculs comme des pressions horizontales statiques appliquées aux surfaces frappées. Leur intensité vaut

- En service : $p_H = 2 \text{ KN/m}^2$
- En construction : $p_H = 1.25 \text{ KN/m}^2$

Pour le calcul des efforts liés au vent, la surface latérale soumise à la pression du vent est fonction de la géométrie de l'ouvrage. Conformément à la figure 56, le tableau 7 donne les différentes épaisseurs du tablier exposées au vent

Dispositif de retenue sur la chaussée	Sur un côté	Sur les deux côtés
Garde-corps ajouré ou glissières	d + 30 cm	d + 60 cm
Garde-corps plein ou muret	d + d ₁	d + 2d ₁
Garde-corps ajouré et glissières	d + 60 cm	d + 1 20 cm

Tab. 7 Epaisseur du tablier à prendre en compte pour la pression du vent

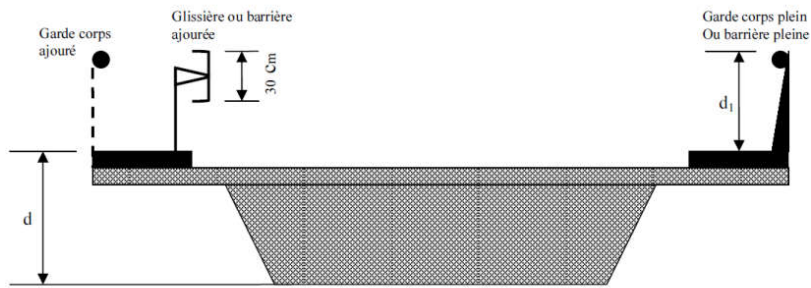


Fig. 56 Différentes configurations de l'épaisseur du tablier vis-à-vis du vent

Lorsque le pont comporte des piles hautes et minces en élévation, il y a lieu de prendre en compte un vent oblique développant des pressions verticales. Leur intensité est

- En service : $p_H = 1 \text{ KN/m}^2$
- En construction : $p_H = 0.65 \text{ KN/m}^2$

La surface frappée dans ce cas correspond à la projection horizontale du tablier.

Remarques :

- Il convient de prendre en compte, s'il y a lieu, les aires d'un écran anti-bruit (mais non de deux) par tablier.
- On doit faire une analyse dynamique spécifique dès que la portée de l'ouvrage dépasse 40 m.

3.12 Les actions sismiques

Le séisme est considéré comme une action accidentelle. Il y a lieu de se référer à cet égard, à la réglementation parasismique en vigueur (RPOA 2008). Le tablier, les piles et les culées recevront chacun deux forces d'inerties ; horizontale et verticale, dues à l'action sismique.

La force d'inertie F_a tend à déplacer le pont dans le sens contraire au séisme (fig. 60). Elle s'écrit

$$F_a = M \cdot \gamma \quad (44)$$

Avec : M : masse de la structure

γ : accélération du mouvement du sol

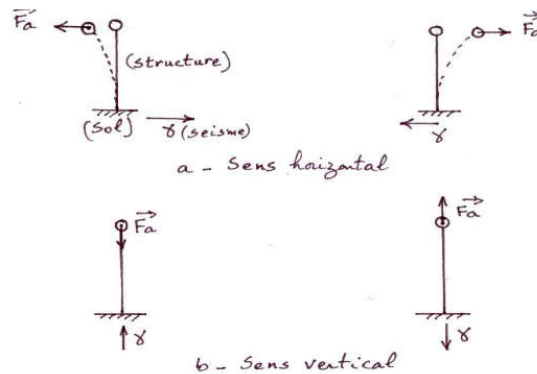


Fig. 60 Effet du séisme sur une structure

4.2.3 Impact Effect

In order to account for the dynamic effects of the sudden loading of a vehicle on to a bridge structure, an impact factor is used as a multiplier for loads on certain structural elements. From basic dynamics we know that a load that moves across a member introduces larger stresses than those caused by a standstill load. However, the basis of impact factors predicted by IRC is not fully known. It has been felt by researchers [6] that the impact factor to a large extent depends on weight of the vehicle, its velocity, as well as surface characteristics of the road. It is pertinent to note that the live load increases on account of the consideration of the impact effect. For example, a span which is 9 m long would yield an impact factor of 0.10 (10%) and an impact multiplier of 1.10. The IRC specifications for impact factors are computed as mentioned below.

4.2.4 Wind Loading

Wind loading offers a complicated set of loading conditions, which must be idealized in order to provide a workable design. The modelling of wind forces is dynamic one, with winds acting over a given time interval; these forces can be approximated to a static load uniformly distributed over the exposed region of the bridge. The exposed region of a bridge is taken as the aggregate surface areas of all elements (both superstructure and substructure) as seen in elevation (perpendicular to the longitudinal axis of the bridge). The wind forces may be selected from Ref. [21].

4.2.6 Centrifugal Forces

For bridges on horizontal curves, the effects of the centrifugal force must also be calculated. Like longitudinal loading, centrifugal loading results from a vehicle travelling on a bridge and, in this instance, following a curvilinear path. This force is applied at 2 m above the level of the deck, and is defined as

$$C = \frac{WV^2}{127R} \quad (4.2)$$

where

C = centrifugal force in kN, without impact

W = live load in kN

V = design speed in km/h

R = radius of the curve in m.

4.2.9 Thermal Forces

The effects of temperature on a structure are significant and should not be underestimated by the designer. Thermal forces are caused by fluctuations in temperature. If one side of a structure is continually exposed to the sun while the other side is shaded, this differential in temperature can cause high thermal forces. These forces generally have an adverse impact on bearings and deck joints. Temperature stresses are tensile stresses. Since concrete is not proficient in handling tension, these stresses can cause cracks in concrete structures. To abate this, added reinforcement is provided in the concrete element. This reinforcement, known as temperature reinforcement, is laid perpendicular to the main reinforcement.

4.2.11 Erection Stresses

It is possible that, during erection, various members of a structure come under loading conditions that are induced by construction equipment or other types of loads. If this is foreseen during the design process, the designer should take such additional loads into account and provide the necessary bracing or support structures on the plans.

4.2.12 Seismic Forces

These forces depend on the geographic location of the bridge. Like the live loads of vehicles, seismic forces are temporary loads on a structure which act for a short duration. An earthquake exerts forces on a bridge which are defined as a function of the following factors:

- > Dead load of the structure
- > Ground motion
- > Period of vibration
- > Nature of soil

The seismic force acts as a horizontal force equal to a fraction appropriate to the region (zones) as given in IRC 6. This horizontal force is given by

$$F = \alpha_h W \quad (4.4)$$

where

F = horizontal force owing to earthquake

α_h = seismic coefficient for the region

W = weight of the dead and live loads acting above the section.