

CHAPITRE 1 Généralités et Rappels

1. Définition

Le pont est un ouvrage qui permet de franchir un obstacle naturel tel qu'un cours d'eau, ou artificiel tel qu'un canal, une route, ou une voie ferrée.

2. Eléments constitués d'un pont

Le pont est constitué essentiellement de 2 parties principales :

- Le tablier : c'est la partie horizontale du pont qui supporte directement les charges roulantes.
- Les appuis: Ils transmettent les charges du tablier vers les fondations. On distingue les appuis intermédiaires qui sont les piles et les appuis de rive qui sont les culées.

3. Quelques notions géométriques

La travée est la partie du pont qui se trouve entre 2 appuis consécutifs. Dans l'exemple de la figure 1, le pont est constitué de 3 travées.

Les caractéristiques géométriques d'une travée sont :

- La portée : c'est la distance entraxe de 2 appuis consécutifs.
- L'ouverture : c'est la distance entre nus de 2 appuis consécutifs.
- La longueur: la travée déborde toujours par rapport à ses 2 appuis. Donc sa longueur dépasse sa portée.
- La hauteur libre : Appelée aussi le tirant d'air. C'est la hauteur du vide entre la face inférieure du tablier et l'obstacle franchi.

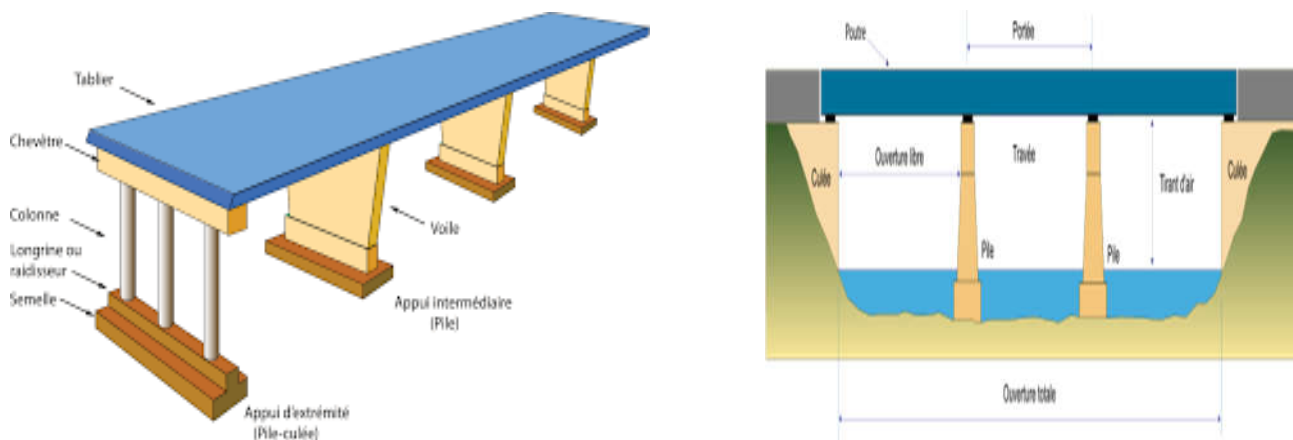


Fig.1 Données géométriques d'un pont à une seule travée.

4. Programme de charges

Un pont doit être capable de résister, avec une marge de sécurité appropriée, non seulement au poids propre, mais aussi aux actions naturelles et fonctionnelles.

Actions naturelles :

- Action de l'eau et de la glace sur les piles.
- Action de séisme.
- Actions climatiques telles que la variation de température, la neige et le vent

Actions fonctionnelles:

- Charges roulantes telles que les camions, les trains, le convoi militaire et convoi exceptionnel.
- Forces de freinage des véhicules roulants et les forces centripètes.
- Actions accidentelles dues aux chocs des véhicules, des bateaux et d'autres objets contre les piles, le tablier et les autres équipements du pont.

4.1 Les charges permanentes

4.1.1 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.

4.1.2 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.

4.2 Les surcharges d'un pont routier

4.2.1 Le système de charges A(l)

Définition

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

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

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 donnée 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 calcul A₁(l) par la relation

$$A_1(l) = \left\{ \begin{array}{l} a_1 \times A(l) \\ 4 - 0.002 \times l \end{array} \right. \text{ KN/m}^2$$

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

$$A_2(l) = a_2 \times A_1(l)$$

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

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

v: est la largeur d'une voie.

v₀ ayant les valeurs suivantes :

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 system A(l) dépend essentiellement de l'effet recherché.

Sens transversal : la largeur chargée transversalement comprend du nombre entier de voies de circulation pour donner l'effet maximal considéré (fig.7)

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

4.2.2 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 ; 12t
- ✓ le système Br se compose d'une roue isolée ; 1.35m
- ✓ le système Bt se compose de deux essieux dénommés essieux-tandems. 2m

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.

4.2.2.1 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 :

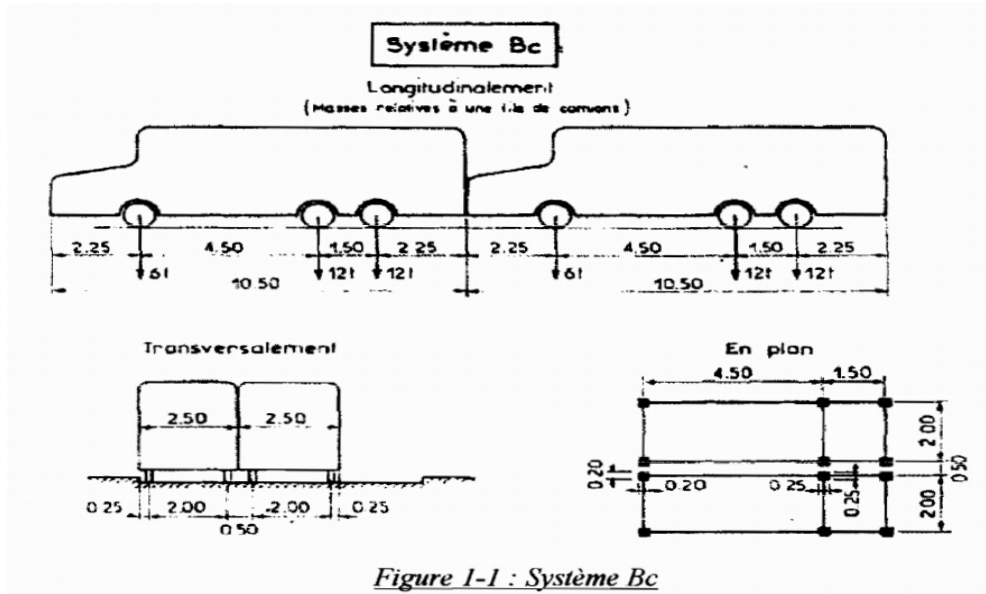


Figure 1-1 : Système Bc

Fig. 7

- Dans le sens transversal, le nombre de camions est toujours inférieur ou égale au nombre de voies disponibles. Les camions peuvent être contigus ou séparés pour produire la situation la plus défavorable recherchée.
- Dans le sens longitudinal, le nombre de camions est limité à deux (2). La distance entre deux (2) camions d'une même file est déterminée pour produire l'effet le plus défavorable.
- Les camions homologues des diverses files sont disposés de front, tous les camions étant orientés dans le même sens.

Si l'on veut calculer les poutres maîtresses, les camions sont disposés transversalement sur largeur chargeable (Lc) de telle façon à ce que l'axe de la roue la plus excentrée soit à la distance minimale de 0.25 m par rapport à la bordure de trottoir et de 0.75m par rapport au dispositif de sécurité (fig. 11).

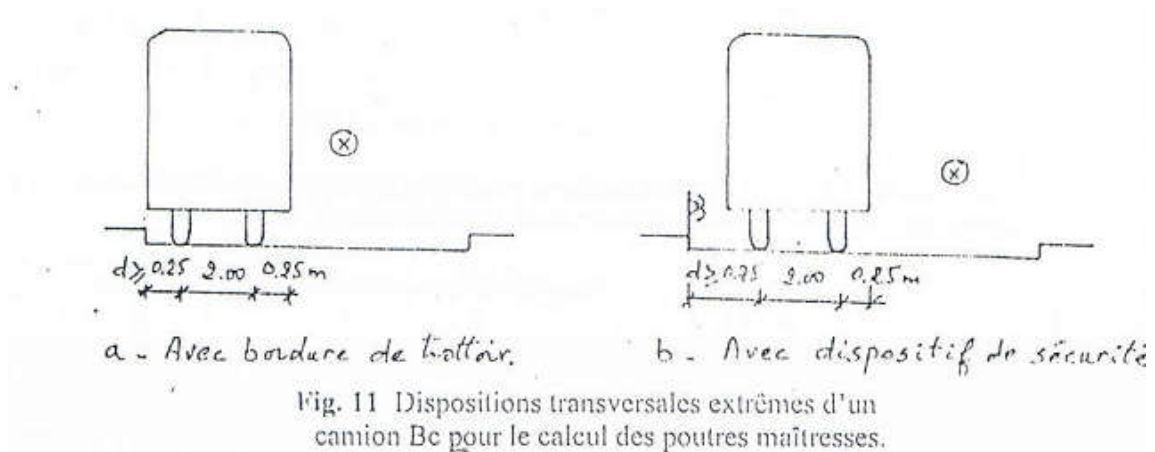


Fig. 11 Dispositions transversales extrêmes d'un camion Bc pour le calcul des poutres maîtresses.

Fig. 7

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 1-2: coefficient bc

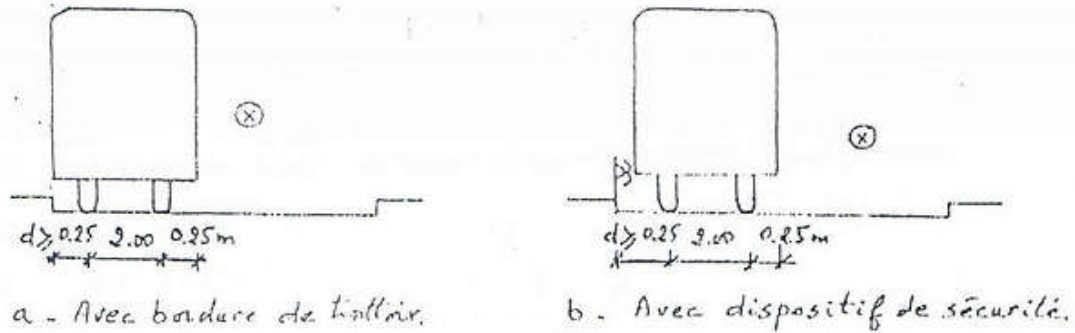


Fig. 12 Dispositions transversales extrêmes d'un camion Bc pour le calcul des éléments du tablier.

Fig. 7

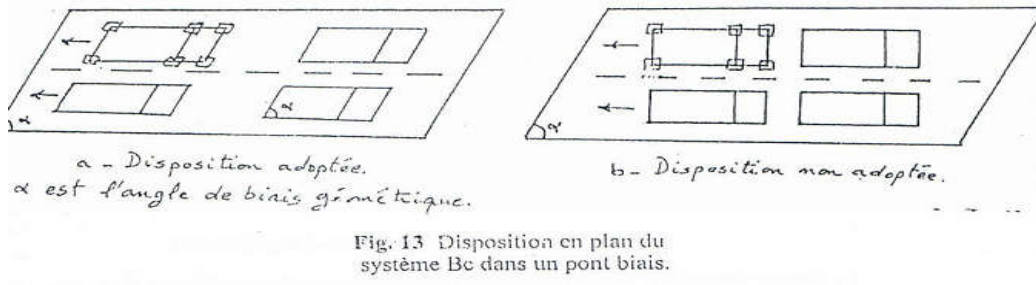


Fig. 13 Disposition en plan du système Bc dans un pont biais.

Fig. 7

4.2.2.2 Surcharges Bt

Un tandem du système Bt, comporte deux (2) essieux, tous deux à roues simples munies de pneumatique et répondant aux caractéristiques suivantes :

- ✓ Masse portée par chaque essieu 16t
- ✓ Distance des deux essieux 1.35m
- ✓ Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu 2m

La charge du système Bt est multipliée par le coefficient bt qui dépend de la classe du pont :

Classe du pont	Première	Deuxième
Coefficient	1	0,9

Tableau 1-3: coefficient bt

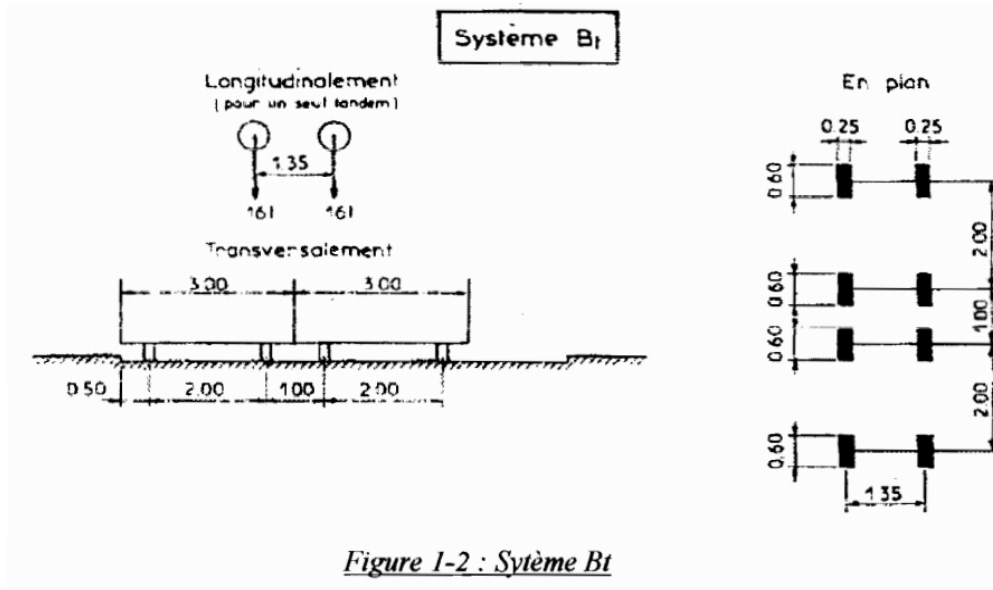


Fig. 7

La surface d'impact de chaque roue (portant 8T) sur la chaussée, est un rectangle uniformément chargé dont le côté transversal mesure 0,6 m et le côté longitudinal 0,25 m. Chaque tandem est supposé circuler dans l'axe d'une bande longitudinale de 3 m de large. Pour les ponts à une voie, un seul tandem est disposé sur la chaussée.

Pour les ponts supportant au moins deux voies, deux tandems au plus sont disposés de front sur la chaussée. Les deux bandes longitudinales qu'ils occupent pouvant être contiguës ou séparées, de façon à obtenir la situation la plus défavorable pour l'élément.

4.2.2.3 Surcharges Br

La roue isolée, qui constitue le système Br porte une masse de 10 tonnes. Sa surface d'impact sur la chaussée est un rectangle uniformément chargé dont le côté transversal mesure 0,6 m et le côté longitudinal 0,3 m.

4.2.2.4 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 :

$$\delta = 1 + \alpha + \beta$$

$$\alpha = \frac{0.4}{(1 + 0.2 L)}$$

$$\beta = \frac{0.6}{(1 + 4 \frac{G}{S})}$$

L : étant la longueur de l'élément étudié.

G : est la charge permanente de la dalle et

S : est la charge la plus élevée des essieux de système B qu'il sera possible de placer sur le tablier pour une longueur L (la masse totale de camions de 30 T ou essieux-tandems de 32T).

4.2.3 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.

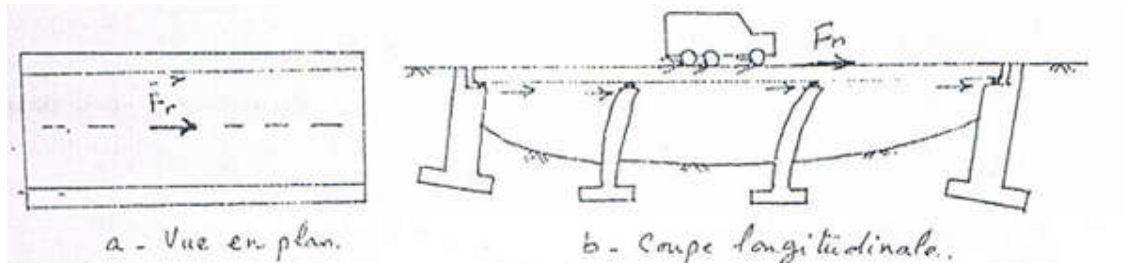


Fig. 7 Effet de freinage sur un pont

4.2.3.1 Freinage du au système A(l)

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

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

4.2.3.2 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.

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

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

4.2.4 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.

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

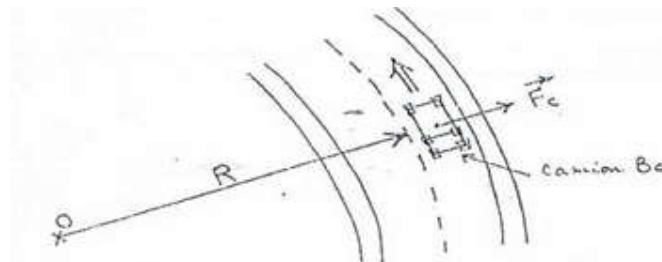


Fig. 5 Direction de la force centrifuge dans un pont courbe.

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 devers du tablier.

La composante verticale F_v est à cumuler avec les autres charges verticales telles que $A(I)$ et B_c .

Les effets de la force centrifuge F_c ne sont pas cumulés avec ceux de la force farinage F_r .

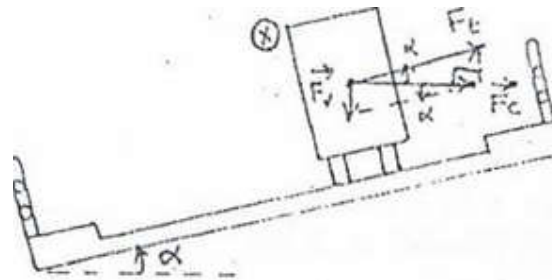


Fig. 6 Composantes de la force centrifuge.

4.2.5 Les charges militaires

Sur les itinéraires permettant la circulation des convois militaires, les ponts 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.

4.2.5.1 Le convoi M 80

- Véhicule $M_c 80$: il est constitué de 2 chenilles, le poids total du véhicule est de 720 kN.
- Véhicule $M_e 80$; il est constitué de 2 essieux. le poids total du véhicule est de 440 kN.

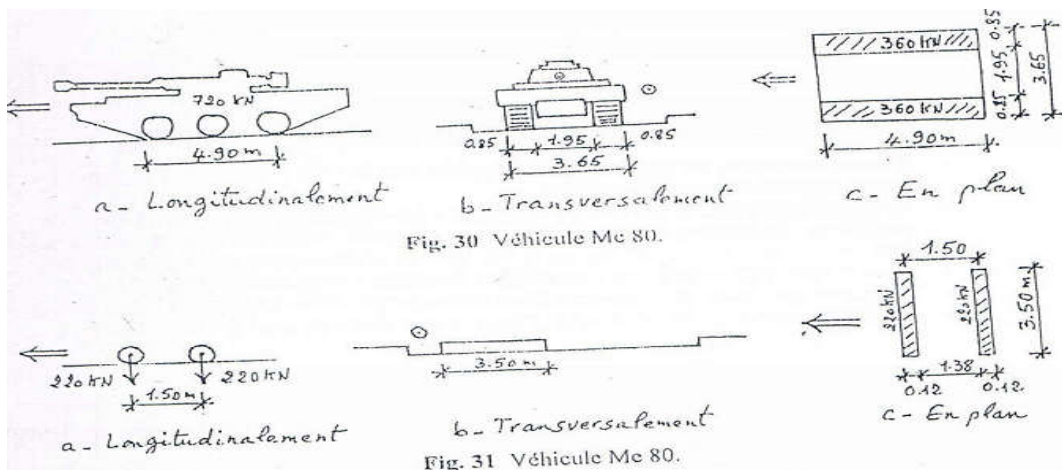


Fig. 7

4.2.5.2 Le convoi M 120

- Véhicule Mc 120 : il est constitué de 2 chenilles, le poids total du véhicule est de 1100 KN.
- Véhicule Me 120 : il est constitué de 2 essieux, le poids total du véhicule est de 660 KN.

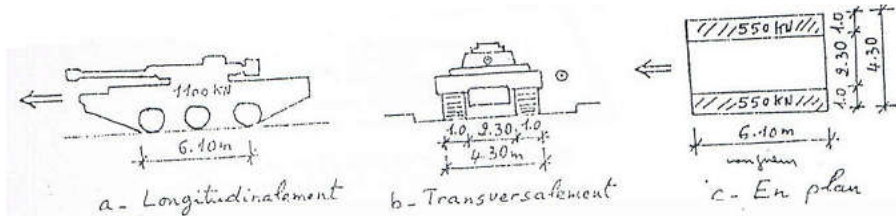


Fig. 32 Véhicule Mc 120.

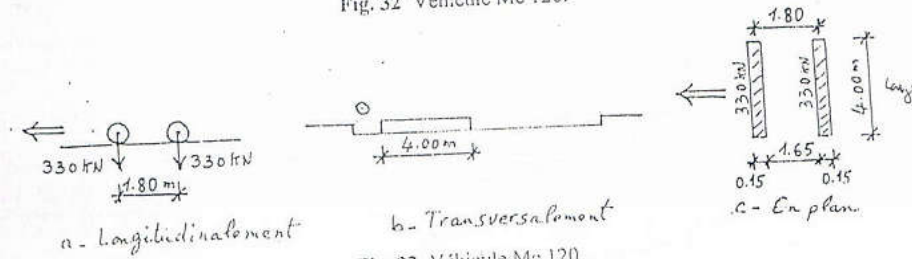


Fig. 33 Véhicule Me 120.

Fig. 7

4.2.5.3 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 Mc 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 Mc 80 et de 36.60 m pour le Mc 120 (fig. 34).
- Les charges militaires sont concernées par la majoration dynamique (eq. 14).
- 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.35)

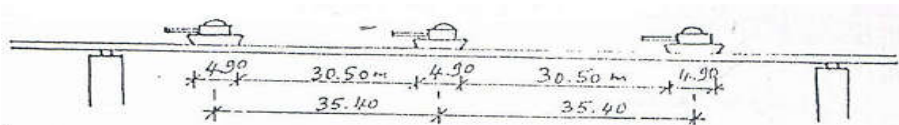


Fig. 34 Exemple de disposition longitudinale du système Mc 80.

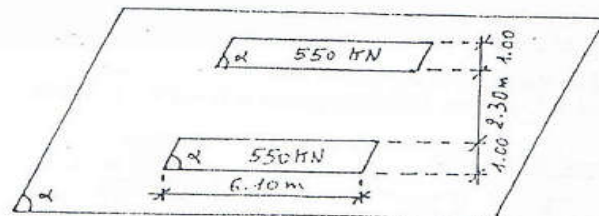


Fig. 35 Exemple de disposition en plan d'un véhicule Me 120 dans un pont biais.

Fig. 7

4.2.6 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.

4.2.6.1 *Le convoi type D*

C'est une remorque composée de 3 éléments dont chacun comporte 4 lignes à 2 essieux (fig.38). Le poids total du convoi D est de 2400 KN. Cette charge est supposée uniformément répartie de la chaussée et sur un rectangle de 18.60m de long et 3.20 m de large.

4.2.6.2 *Le convoi type E*

C'est une remorque composée de 3 éléments dont chacun comporte 4 lignes à 3 essieux (fig.39). Le poids total est de 3600 KN. Cette charge est supposée uniformément répartie de la chaussée et sur un rectangle de 18.60m de long et 5.10 m de large.

4.2.6.3 *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, et le est sensée s'appliquer toute seule sans aucune autre charge.

4.2.7 Les surcharges du trottoir

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

- Charges locales.
- Charges générales.

4.2.7.1 *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 S_t : $S_t = 4.50 \text{ KN /m}^2$ (23)

Les effets de S_t peuvent être cumulés avec ceux des systèmes A, B et M (Fig. 42).

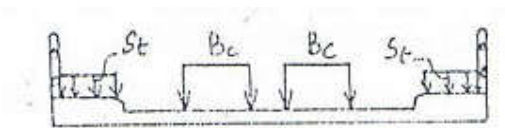


Fig. 7 Exemple de surcharges de trottoir combinées avec le système Bc.

- charges 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 $(0.25 \times 0.25) m^2$.

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



Fig. 7 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.

4.2.7.2 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).

b) Pour la justification des fermes maîtresses des ouvrages qui sont réservés à la circulation des piétons et des cycles, on doit disposer une charge uniforme :

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

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

4.2.8 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.

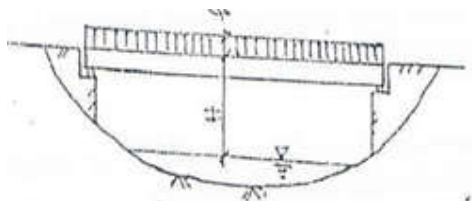


Fig. 7 Vue en élévation d'un ouvrage avec garde-corps

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

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

Où b est la largeur du trottoir en mètres.

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

$$p = 1 \text{ KN/ml}$$

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

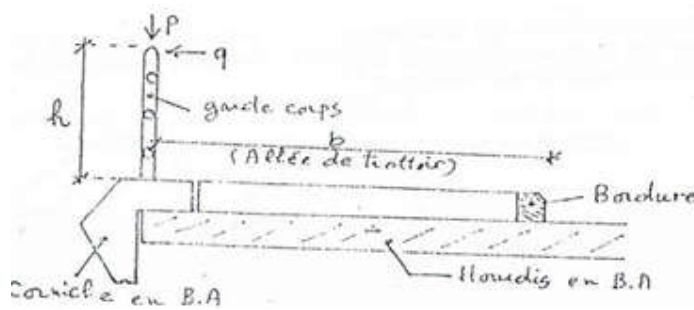


Fig. 7 coupe transversale sur le trottoir et le garde-corps

4.2.9 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.

