

PONTS EN BETON ARME

3.1. Définition : Un pont est un ouvrage permet de :

1. Franchir un obstacle ou une brèche:

- ✓ Vallée large ou profonde;
- ✓ Rivière ou bras de mer;
- ✓ Autre voie routière ou ferrée.

2- Porter une voie ou une canalisation

- ✓ Voie routière ou autoroutière, cyclable ou piétonnière;
- ✓ Voie ferrée;
- ✓ Voie fluviale (canal ou simple canalisation)



NB: Suivant le type de **voie portée** (route, canal, rail ou piétonnière), on dira qu'il s'agit d'un:

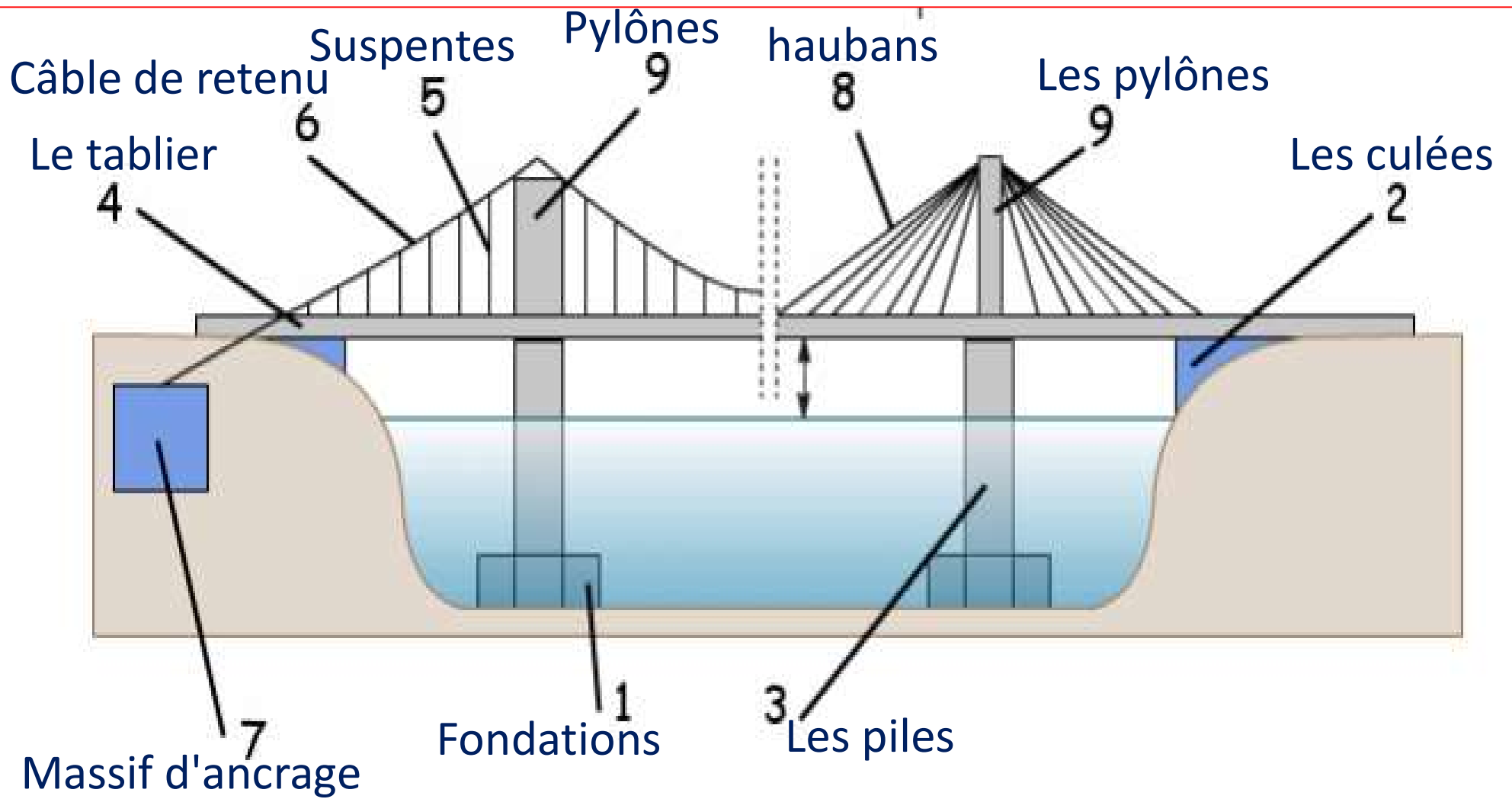


➤ **Pont-route** ➤ **Pont-canal** ➤ **Pont-rail** ➤ **Passerelle**

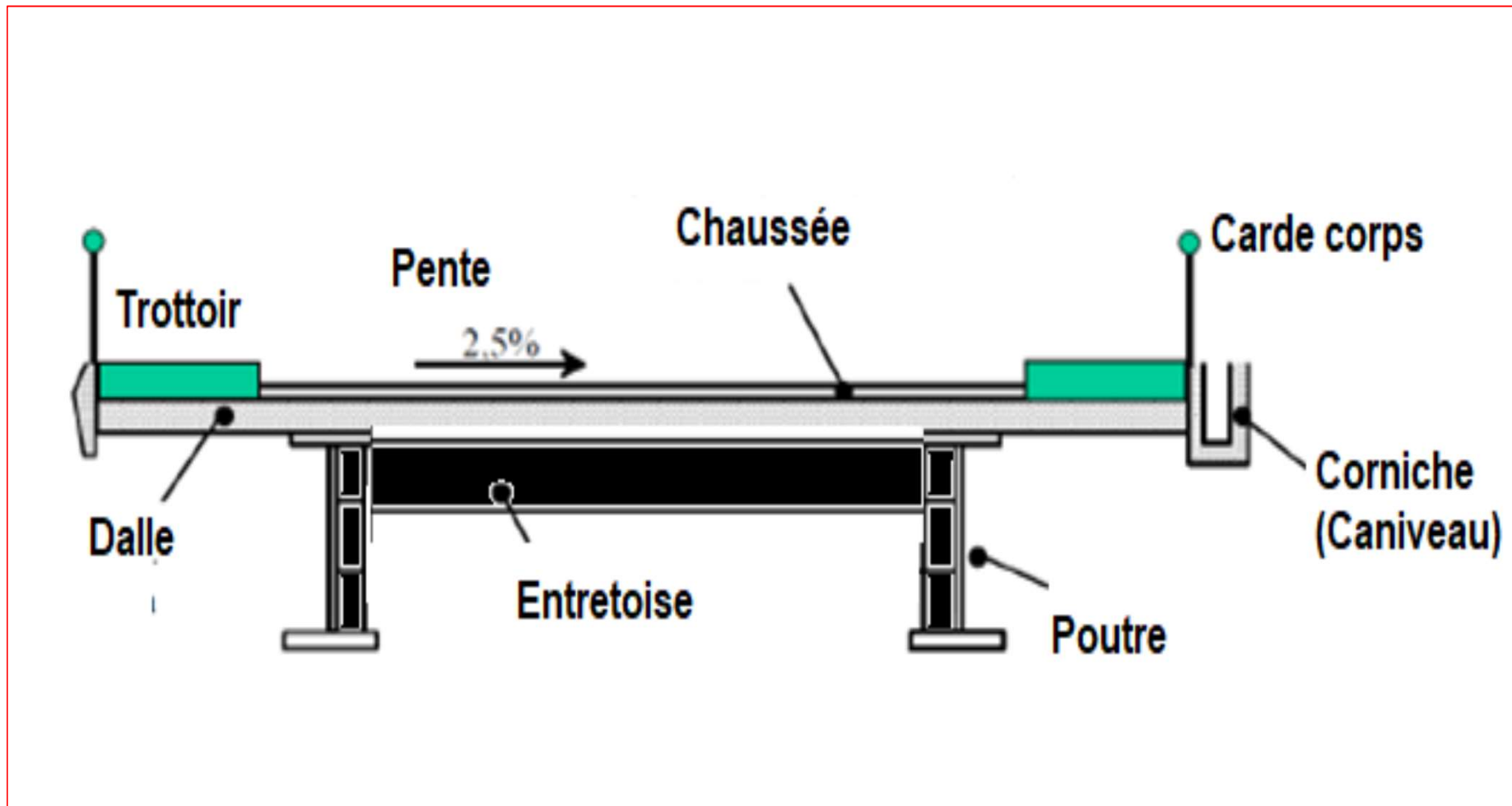
3.2. Éléments essentiels d'un pont

Les principaux éléments d'un pont :

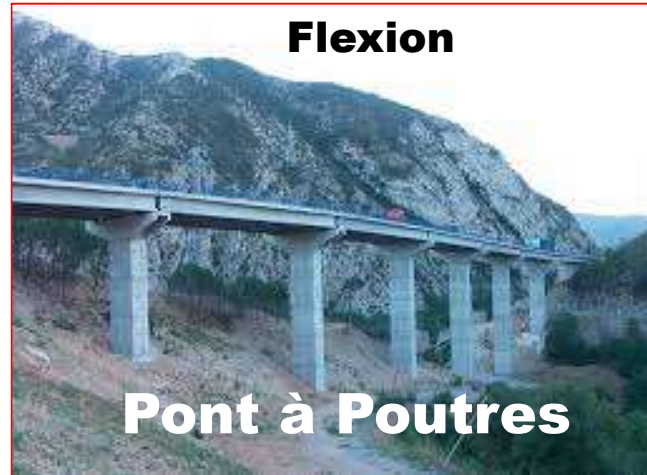
1. Les fondations : Système qui permet à l'ouvrage de reposer sur le sol et de lui transmettre les charges qu'il reçoit. (fondation **superficielle** ou **profonde**)
2. Les appuis : On distingue
 - Les culées les appuis extrêmes du tablier ;
 - Les piles : les appuis intermédiaires (ils portent le tablier).
3. Le tablier : Élément sur lequel repose la voie de circulation. Il comporte essentiellement des **dalles**, équipements nécessaires à son utilisation : les **gardes corps**, les **dispositifs de retenue**, les **trottoirs**, les **corniches**, etc. en cas d'un **pont suspendu**, le tablier est soutenu par des **suspentes**.
En cas d'un pont à **haubans**, le tablier est soutenu par des **pylônes**.



Tablier de pont



Différents type de pont



Classification des Ponts

Les ponts sont classés de diverses manières:

Suivant la longueur

- Des **petits ouvrages** dont la longueur $L < 8\text{m}$
- Des **ouvrages moyens** lorsque $8\text{ m} < L < 25\text{ m}$
- Des **grands ouvrages** $25 < L < 40\text{ m}$;
- Des ouvrages **exceptionnels** $L > 40\text{m}$.

Suivant le matériau principal utilisé

- ❖ Ponts en **bois**;
- ❖ Ponts en **maçonnerie**;
- ❖ Ponts **métalliques**;
- ❖ Ponts en **béton armé**;
- ❖ Ponts en béton **précontraint**.

Suivant la nature de la voie portée

- Pont-**rail** si le pont porte une voie ferrée
- Pont-**route** si le pont porte une route;
- Pont-**canal**
- Passerelles** pour piétons

Suivant caractéristiques géométriques (tracé)

- ✓ **Ponts droits** quand la route franchit perpendiculairement l'obstacle;
- ✓ **Ponts biais** quand la route ne franchit pas perpendiculairement l'obstacle;
- ✓ **Ponts courbes** quand la route franchit l'obstacle en courbe;
- ✓ Ponts en **dos d'âne**.

ACTIONS SUR LES PONTS

Introduction

Les règlements de charges sur les ponts sont regroupés dans le fascicule 61, titre I, II et III du Cahier des Prescriptions Communes (C.P.C.). Ces titres sont relatifs respectivement aux ponts-rails, ponts-routes et ponts-canaux.

Types de surcharges

Le texte du titre II définit essentiellement :

- Les charges routières normales avec deux systèmes différents: **Système A** et **système B**;
- Les charges routières à caractère particulier du type **militaire** et du type **exceptionnel**;
- Les charges sur les trottoirs et sur les pistes cyclables du type **local** et du type **général** ;
- Les **charges sur remblais**;
- Les charges dues au **vent**, aux **séismes** et les **efforts** dus à un choc de **bateaux** sur un appui de pont.

ACTIONS SUR LES PONTS

Les systèmes A, B, militaires et exceptionnels sont distincts et indépendants, leurs effets ne peuvent être appliqués simultanément.

- ✓ Le système A ne donne pas un effet défavorable pour le calcul des hourdis et par conséquent ne sera utilisé que pour le calcul des sollicitations dans les autres éléments t.q. celui des poutres principales.
- ✓ Le système B est en général utilisé pour tous les éléments d'un pont.
- ✓ Les charges routières à caractère particulier ne sont à prendre en compte que pour les itinéraires classés à cet effet.

ACTIONS SUR LES PONTS

Définitions

Largeur rouable (Lr) : C'est la largeur de tablier comprise entre **dispositifs de retenue**, s'il y en a, ou bordures. Elle comprend donc la chaussée proprement dite et les surlargeurs éventuelles telles que les bandes d'arrêt d'urgence (BAU), bandes dérasées (BDG), etc.

Largeur chargeable (Lch): La largeur chargeable se déduit de la largeur rouable en enlevant une bande de **0,50 m** le long de chaque dispositif de retenue (glissière ou barrière) lorsqu'il en existe ;

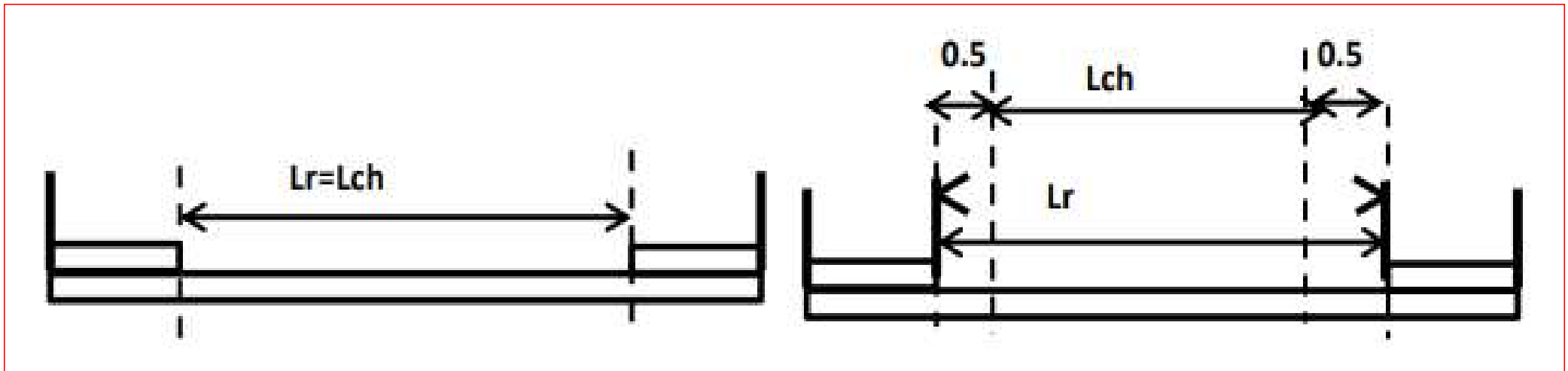
$$Lch = Lr - n \cdot 0,5$$

Lch: largeur chargeable en **m**.

Lr: Largeur roulable en **m**

n: Nombre de dispositifs de retenue; $n \leq 2$.

ACTIONS SUR LES PONTS



Nombre de voies (m): le nombre de voies de circulation des chaussées m est tel que:

$$m = E(L_{ch}/3).$$

- ✓ m : nombre de voies;
- ✓ L_{ch} : largeur chargeable en mètre;
- ✓ L_{ch} : largeur chargeable en mètre.
- ✓ Le symbole E désigne la partie entière.

ACTIONS SUR LES PONTS

Exemple :

Pour $L_{ch} = 7 \text{ m}$, $m = E(7/3) = E(2,33) = 2 \text{ voies}$.

Les chaussées comprises entre 5 m (inclus) et 6 m sont considérées comme ayant 2 voies.
 $5\text{m} \leq L_{Ch} \leq 6\text{m}$.

Largeur d'une voie (V): La largeur d'une voie de circulation, V, est donné par: $V = L_{ch}/m$

Classe des ponts : Les ponts sont rangés en 3 classes suivant leur L_r , et leur destination:

- ✓ **1ère classe:** Tous les ponts supportant une $L_r \geq 7 \text{ m}$); - Les ponts portant des bretelles d'accès à de telles chaussées - Les autres ponts éventuellement désigné par le cahier des prescriptions spéciales (c.p.s.), tels que ponts urbains ou en zone industrielle avec risque d'accumulation de poids lourds quelque soit leur largeur.
- ✓ **2ème classe:** tous les ponts autres que ceux de la 1ère classe supportant des chaussées de largeur roulable comprise strictement entre 5,50 m et 7 m, c.à.d., $5,5 \text{ m} < L_r < 7 \text{ m}$.
- ✓ **3ème classe:** les ponts autres que ci-dessus portant des chaussées de 1 ou 2 voies de largeur roulable inférieure ou égale à 5,5 m. c.à.d. $L_r \leq 5,5 \text{ m}$.

ACTIONS SUR LES PONTS

Les systèmes de charges à caractère normal

Système de charge "A"

Ce système se compose des **charges uniformément réparties** d'intensité variable suivant la **longueur surchargée** et qui correspondent à **une** ou **plusieurs files de véhicules** à l'**arrêt** sur le pont. Elles représentent un **embouteillage** ou un **stationnement**, ou bien tout simplement une **circulation continue** à une **vitesse** à peu près **uniforme** d'un **flot** de véhicules composé de voitures **légères** et de **poids lourds**. Ainsi, la chaussée des ponts de portées unitaires inférieures à **200 m** est soumise à une surcharge uniformément répartie dont l'intensité est égale au produit de **AL** (variable avec la longueur surchargée L) par **des coefficients a1 et a2** donnés ci-après. La valeur de AL est donnée par la formule:

$$A_L = 230 + \frac{3600}{12+L} \text{ (t/m}^2\text{)}$$

ACTIONS SUR LES PONTS

Les systèmes de charges à caractère normal

Système de charge "A"

$$A_L = 230 + \frac{360}{L+12} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

Les coefficients **a1** sont donnés par le tableau suivant :

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	-	-	-

Pour les ponts comportant une ou plusieurs portées unitaires dépassant **200 m**, le C. P. S. fixe l'intensité des charges à prendre en compte. - Dans le sens transversal, la largeur de la zone chargée comprend un nombre entier de voies de circulation. - lorsque la valeur de la charge répartie, trouvée après application des coefficients cidessus, ($a1.A(L)$) est inférieure à **(400-0.2L) kg/m²** , expression dans laquelle la longueur chargée (L) est exprimée en mètres, c'est cette dernière valeur qui doit être prise en compte. on applique la charge telle que :

$$A1 = \text{MAX} [a1.A(L), (400-0.2L)] \text{ en (Kg/m}^2\text{)}$$

ACTIONS SUR LES PONTS

Les systèmes de charges à caractère normal

Système de charge "A"

La charge $A1 = a1 A(L)$ est multipliée par un coefficient $a2$ donnée par la relation:

$$A2 = V0/V$$

V : étant la largeur d'une voie et $V0$ ayant les valeurs suivantes :

- ✓ 3,5 m pour les ponts de première classe ;
- ✓ 3,0 m pour les ponts de deuxième classe ;
- ✓ 2,75 m pour les ponts de troisième classe.

La charge $A2 = a1 \cdot a2 \cdot A(l)$ ainsi obtenue est appliquée uniformément sur toute la largeur de chacune des voies considérées.

ACTIONS SUR LES PONTS

Les systèmes à caractère normal Système de charge "A" Règles d'application de la charge A(L)

Les charges A(L) doivent être disposées sur le tablier de manière à produire l'effet le plus défavorable pour l'élément considéré. On choisit la longueur et la largeur des zones chargées de façon à produire les effets maximaux dans l'élément d'ouvrage dont on étudie.

- ✓ **Transversalement** : la largeur de la zone surchargée comprend un nombre entier de voies de circulation.
- ✓ **Longitudinalement** : les zones chargées sont déterminées par la considération de la ligne d'influence de l'effort considéré (Moment fléchissant, Effort Normal ou Effort Tranchant): Les limites de ces zones coïncideront avec le zéro de la ligne d'influence, de manière à trouver l'effet le plus défavorable. Si l'on surcharge plusieurs zones, la longueur L à prendre en compte est la somme des longueurs des zones chargées.

ACTIONS SUR LES PONTS

Système B.

Le système de charges **B** comprend trois systèmes distincts (**Bc**, **Bt**, **Br**) dont il y a lieu d'examiner indépendamment les effets pour chaque élément des ponts : Les deux premiers systèmes **Bc** et **Br** s'appliquent à tous les ponts quelle que soit leur classe ; le système **Bt** ne s'applique qu'aux ponts de première ou de deuxième classe.

✓ Système Bc.

Un camion type du système Bc comporte trois essieux, tous trois à roues simples munies de pneumatiques, et répond aux caractéristiques suivantes :

✓ Masse totale 30 t.	✓ Distance de l'essieu avant au premier essieu arrière 4,50 m
✓ Masse portée par chacun des essieux arrière 12 t.	✓ Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu 2 m
✓ Masse portée par l'essieu avant 6 t.	✓ Surface d'impact d'une roue arrière: carré de 0,25 m de côté
✓ Distance des essieux arrière 1,50 m.	✓ Surface d'impact d'une roue avant : carré de 0,20 m de côté.

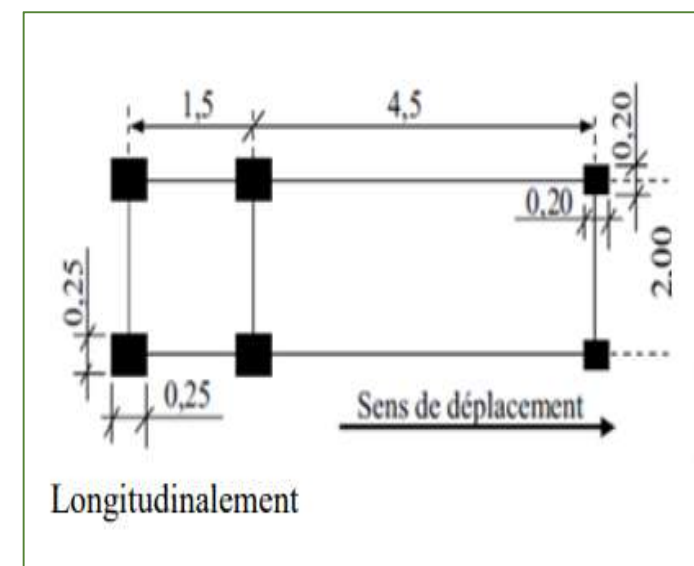
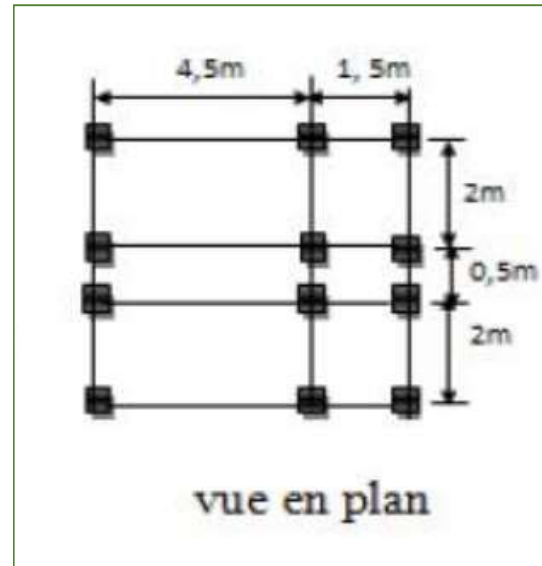
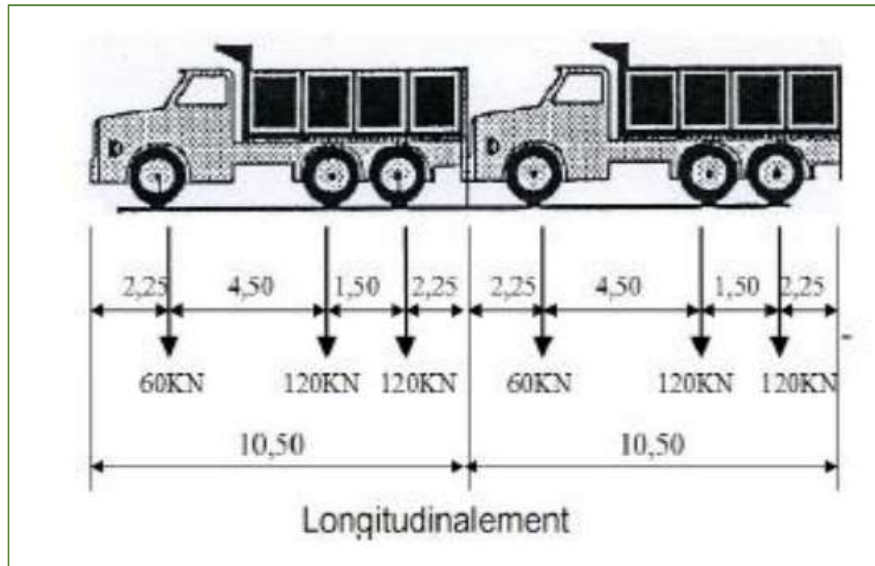
ACTIONS SUR LES PONTS

✓ Système Bc Disposition sur le pont :

✓ Longitudinalement :

on dispose 02 camions Bc au maximum espacés de façon à produire l'effet le plus défavorable.
– La distance des deux 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.



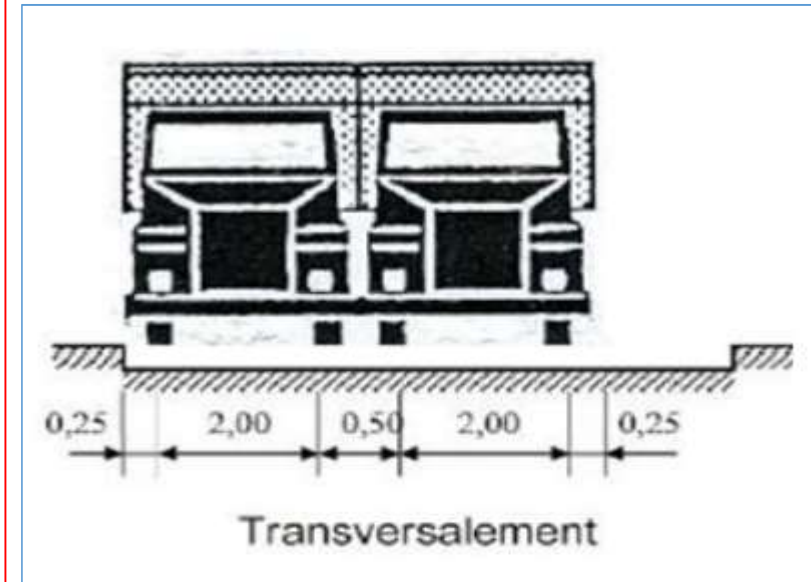
ACTIONS SUR LES PONTS

✓ Système Bc Disposition sur le pont :

✓ Transversalement:

On dispose sur la largeur chargeable le nombre de files de camions qui produit l'effet le plus défavorable.

- On dispose sur la chaussée au plus autant de files ou convois de camions que la chaussée comporte de voies de circulation.
- L'axe de la file de roues la plus excentrée doit être à :
 - 0,75m du bord s'il existe un dispositif de retenue.
 - 0,25m s'il s'agit d'une bordure.



ACTIONS SUR LES PONTS

✓ Système Bc Disposition sur le pont :

En fonction de la classe du pont et du nombre de files considérées, les valeurs des charges du système Bc prises en compte sont multipliées par les coefficients bc du tableau suivant :

Nombre de voies chargées		1	2	3	4	≥ 5
Classe du pont	Première	1,2	1,1	0,95	0,8	0,7
	Deuxième	1,0	1,0	-	-	-
	troisième	1,0	0,8	-	-	-

ACTIONS SUR LES PONTS

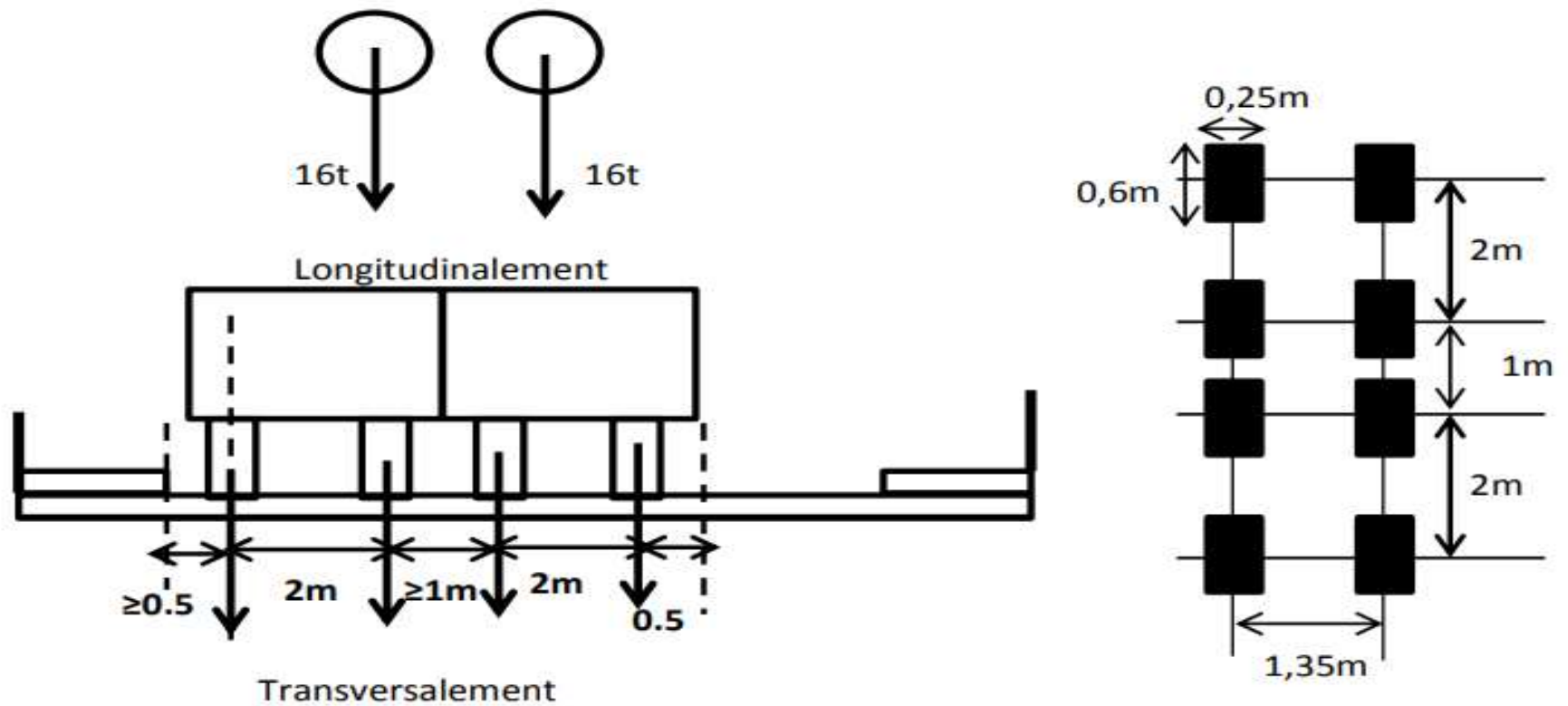
✓ Système Bt:

Un tandem du système Bt comporte deux essieux tous deux à roues simples munies de pneumatiques et répondant aux caractéristiques suivants :

- ✓ Masse portée par chaque essieu 16 t.
- ✓ Distance des deux essieux 1,35 m.
- ✓ Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu 2 m.
- ✓ La surface d'impact de chaque roue (portant 8 t) sur la chaussée est un rectangle uniformément chargé dont le côté transversal mesure 0,60 m et le côté longitudinal 0,25 m.

ACTIONS SUR LES PONTS

✓ Système Bt:



ACTIONS SUR LES PONTS

✓ Systeme Bt:

Disposition sur le pont :

Longitudinalement : un seul tandem est disposé de façon à produire l'effet le plus défavorable

Transversalement : on dispose au plus 02 tandems pour les ponts supportant aux moins 02 voies;

L'axe de la file la plus excentrée doit rester au minimum à :1 m s'il s'agit d'un dispositif de retenue. 0,5m s'il s'agit d'une bordure.

En fonction de la classe du pont, les valeurs des charges du système Bt prises en compte sont multipliées par les coefficients bt suivants :

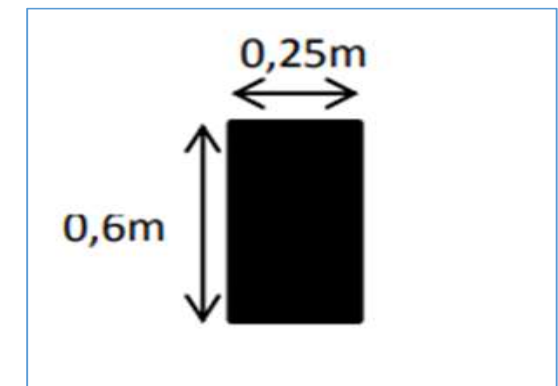
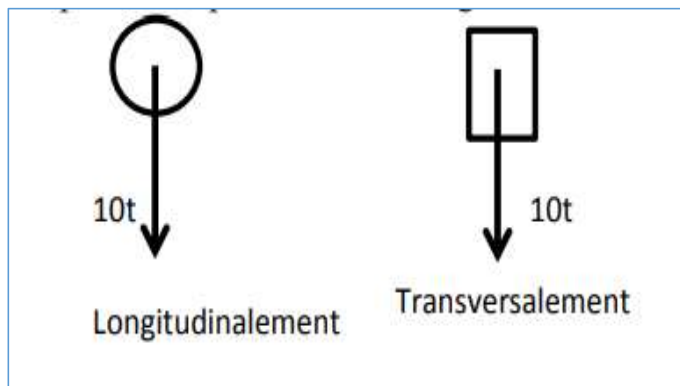
Classe du pont	Première classe	Deuxième classe
bt	1	0.9

ACTIONS SUR LES PONTS

✓ Système 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 **0,60 m** et le côté longitudinal **0,30 m**.

Le rectangle d'impact de la roue **Br**, disposé normalement à l'axe longitudinal de la chaussée, peut être placé n'importe où sur la largeur roulable.



ACTIONS SUR LES PONTS

✓ Coefficient de majoration dynamique

Les charges du système B sont frappées de majorations dynamiques et le coefficient de majoration applicable aux trois systèmes Bc, Br, Bt est le même pour chaque élément d'ouvrage. Le coefficient de majoration dynamique relatif à un tel élément est déterminé par la

formule :

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

L: représente la longueur de l'élément exprimée en mètres, G sa charge permanente, et S sa charge B maximale. S la valeur maximale de la charge B obtenue après multiplication par le coefficient bc ou bt.

ACTIONS SUR LES PONTS

✓ Coefficient de majoration dynamique

1ere cas : Quand il s'agit de poutres ou fermes maîtresses (principales) - L : longueur de la travée de cette poutre (portée). - G : poids total du tablier dans cette travée. - S : poids total le plus élevé des essieux du système B qu'il est possible de placer sur le tablier de cette travée en respectant les règles d'application. Le coefficient δ_B ainsi calculé s'applique aux poutres principales et aux entretoises.

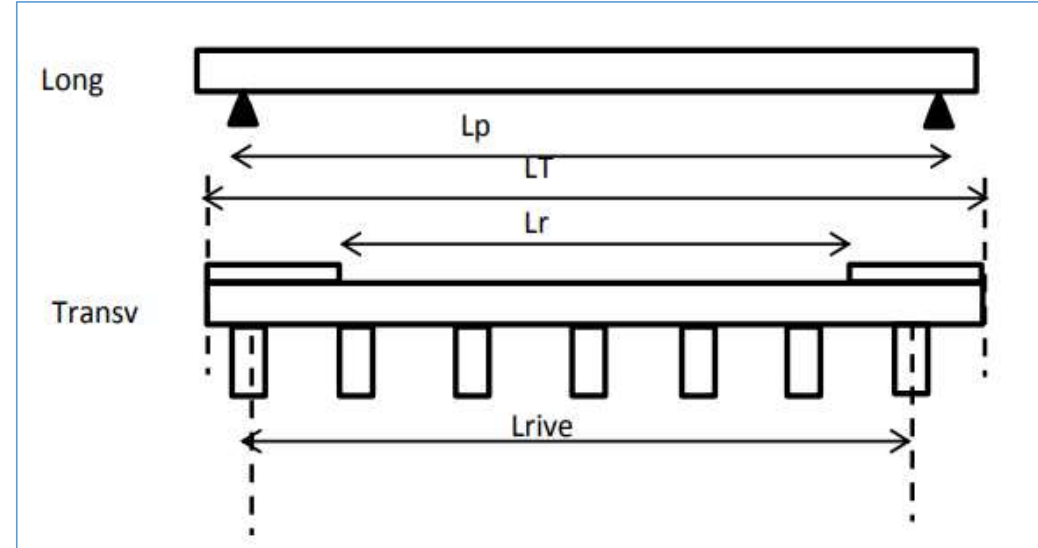
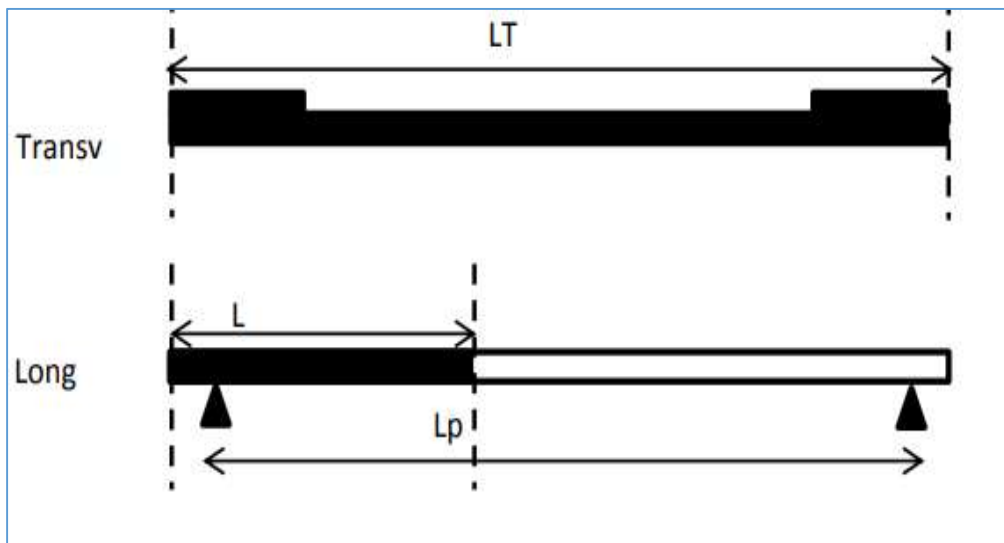
2eme cas : Quand il s'agit d'un hourdis de pont à poutre sous-chaussées L : La longueur L sera prise égale à la plus petite valeur entre la largeur roulable, L_r , et la portée des poutres, L_c . Mais si la distance entre les poutres de rive, L_{rive} , est supérieure à la largeur roulable, L_r , on prendra pour la longueur L , la plus **petite valeur** entre L_{rive} et L_c , c.à.d., **$L = \text{Inf} [\text{Sup} (L_r, L_{rive}); L_c]$**

ACTIONS SUR LES PONTS

✓ Coefficient de majoration dynamique

G est le poids propre d'une section du hourdis, et des éléments reposant sur lui, de longueur **L** et de même largeur que le tablier. $G = g_{per} \cdot LT \cdot L$.

S est le poids total le plus élevé des essieux du système **B** qu'il est possible de placer sur la longueur **L** du tablier en respectant les règlements indiqués ci-dessus pour chaque système.

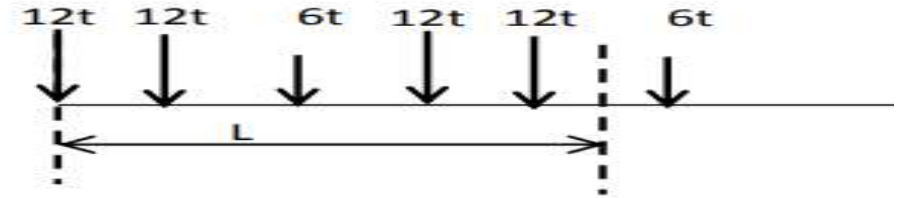


ACTIONS SUR LES PONTS

✓ Coefficient de majoration dynamique

Exemple : Pont de première classe de 2 voies:

$$S = B \cdot bc \quad S = 2 \cdot (12 + 12 + 6 + 12 + 12) \cdot 1,1 = 118,8 \text{ t}$$



Forces centrifuges. Par convention les forces centrifuges sont calculées uniquement à partir du système **Bc** dans les conditions suivantes :

- ✓ Sur les ponts où la chaussée est en **courbe**, tous les camions du système **Bc** disposés sur la chaussée sont susceptibles de développer des **efforts centrifuges**, horizontaux, normaux à l'axe de la chaussée et appliqués à sa surface.

Les efforts de freinage : Les charges de chaussée des systèmes A et Bc sont susceptibles de développer des réactions de freinage, efforts s'exerçant à la surface de la chaussée, dans l'un

ACTIONS SUR LES PONTS

ou l'autre sens de circulation. Dans les cas courants la résultante de ces efforts peut être supposée centrée sur l'axe longitudinal de la chaussée.

✓ Freinage du système A : L'effort de freinage correspondant à la charge A est égal à la fraction suivante du poids de cette dernière :

$$F_A = \frac{a_1 \cdot a_2 \cdot A(l) \cdot S}{1 + 0.0035 \cdot S}$$

avec $S = L_{ch} \cdot L_P$

$A(l)$ intensité de la charge (t/m²) et S la surface chargée (m²)

✓ Effort de freinage du système Bc

En ce qui concerne la charge Bc, un seul camion est supposé freiner. L'effet développé est égal à son poids, c.à.d: $F_{Bc} = 30 \text{ t}$.

ACTIONS SUR LES PONTS

ou l'autre sens de circulation. Dans les cas courants la résultante de ces efforts peut être supposée centrée sur l'axe longitudinal de la chaussée.

✓ Freinage du système A : L'effort de freinage correspondant à la charge A est égal à la fraction suivante du poids de cette dernière :

$$F_A = \frac{a_1 \cdot a_2 \cdot A(l) \cdot S}{1 + 0.0035 \cdot S}$$

avec $S = L_{ch} \cdot L_P$

$A(l)$ intensité de la charge (t/m²) et S la surface chargée (m²)

✓ Effort de freinage du système Bc

En ce qui concerne la charge Bc, un seul camion est supposé freiner. L'effet développé est égal à son poids, c.à.d: $F_{Bc} = 30 \text{ t}$.

ACTIONS SUR LES PONTS

Les charges à caractère particulier

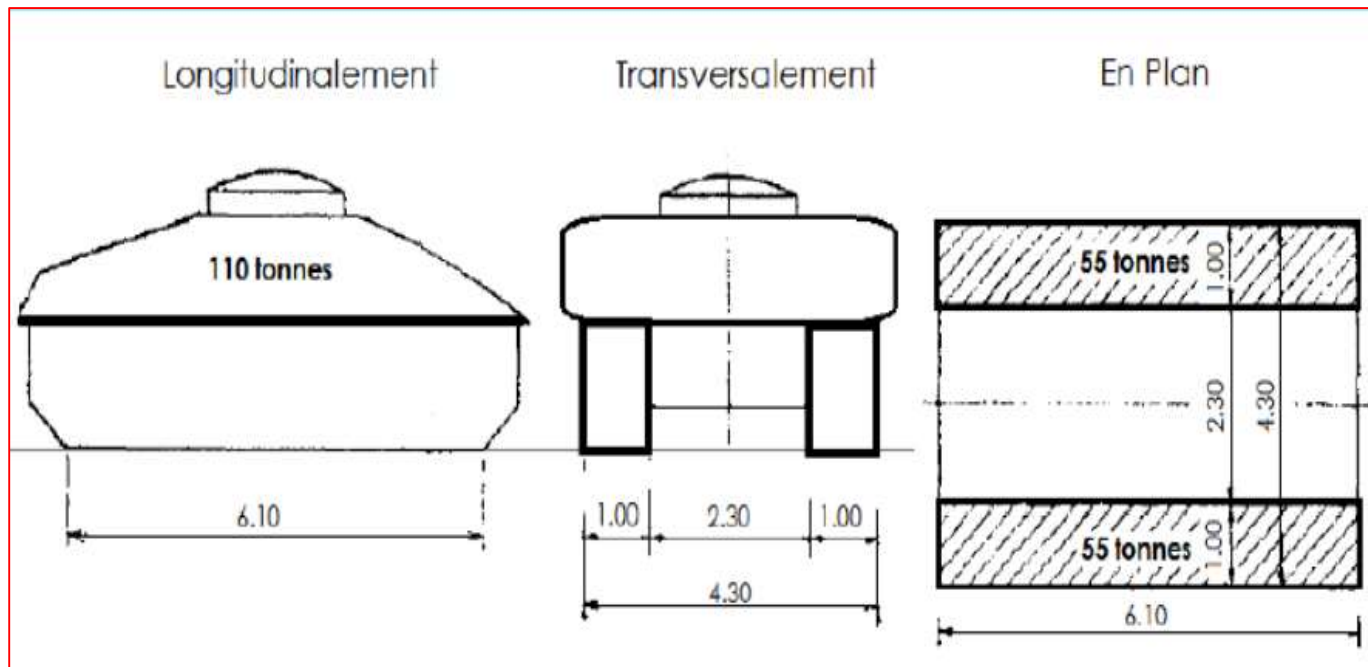
Charges militaires: Les charges militaires sont de deux classes: **M 80** et **M 120**. Chaque classe se compose de 2 systèmes distincts: - **Mc**: véhicule type à chenilles - **Me**: groupe de 2 essieux. Ainsi on distingue: **Mc80**, **Mc120**, **Me80** et **Me120**. Le système Mc à chenille est plus utilisé que celui à essieux. Les charges militaires doivent être multipliées par un coefficient de majoration dynamique . Ce coefficient est calculé par la même formule donnée pour le système B.

Les charges militaires sont supposées ne développer aucune réaction de freinage, ni de force centrifuge.

Système Mc à chenille : Ce système est plus utilisé que le système à essieux. Un véhicule type du système Mc80 ou Mc120 comporte 2 chenilles.

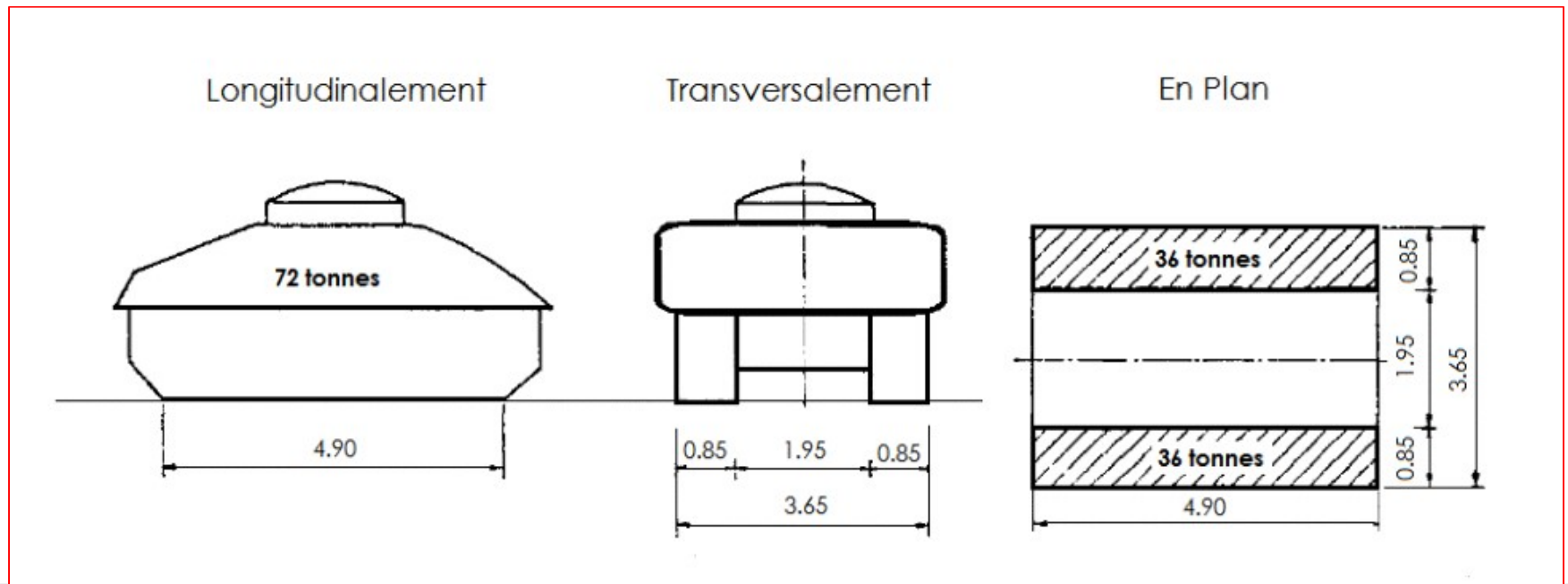
ACTIONS SUR LES PONTS

système Mc120 Un véhicule type du système Mc 120 comporte deux chenilles et répond aux caractéristiques suivantes : Masse totale 110 t. Longueur d'une chenille 6,10 m. Largeur d'une chenille 1 m. Distance d'axe en axe des deux chenilles 3,30 m. Le rectangle d'impact de chaque chenille est supposé uniformément chargé.



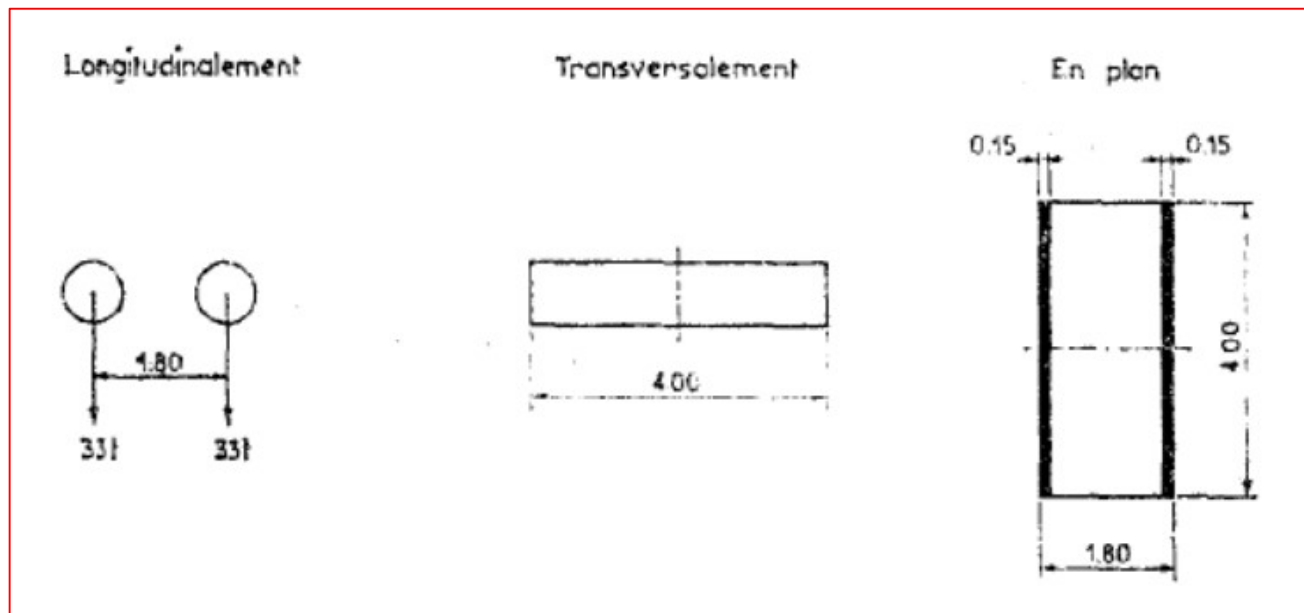
ACTIONS SUR LES PONTS

système Mc80 : Un véhicule type du système Me 80 comporte deux chenilles et répond aux caractéristiques suivantes : Masse totale 72 t. Longueur d'une chenille 4,90 m. Largeur d'une chenille 0,85 m. Distance d'axe en axe des deux chenilles 2,80 m. Le rectangle d'impact de chaque chenille est supposé uniformément chargé.



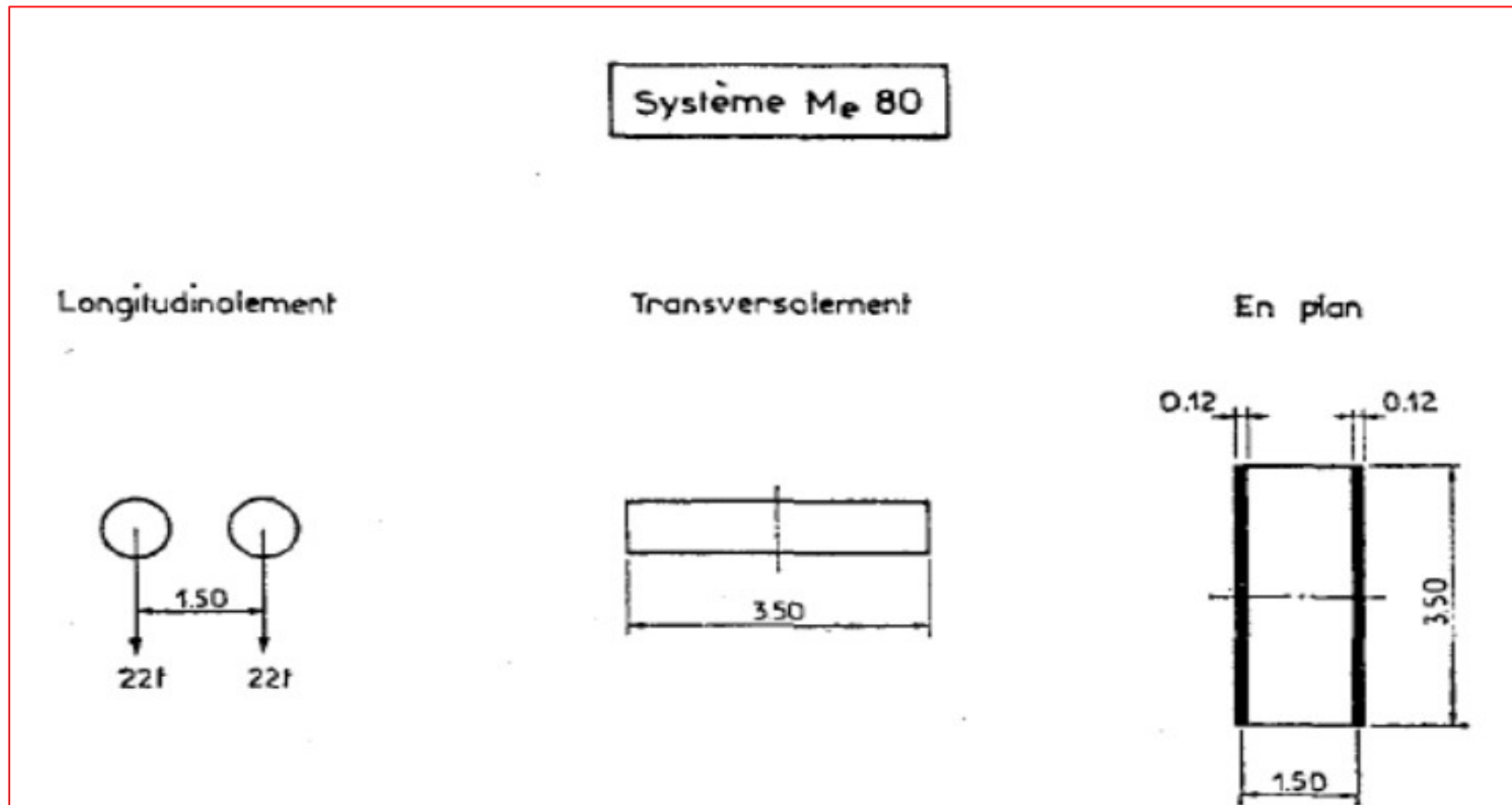
ACTIONS SUR LES PONTS

Système Me120: Les deux essieux qui constituent le système Me 120 sont distants de 1,80 m d'axe en axe et sont assimilés chacun à un rouleau. Chaque essieu porte une masse de 33 tonnes, sa largeur est un rectangle uniformément chargé dont le côté transversal mesure 4 m et le côté longitudinal 0,15 m.



ACTIONS SUR LES PONTS

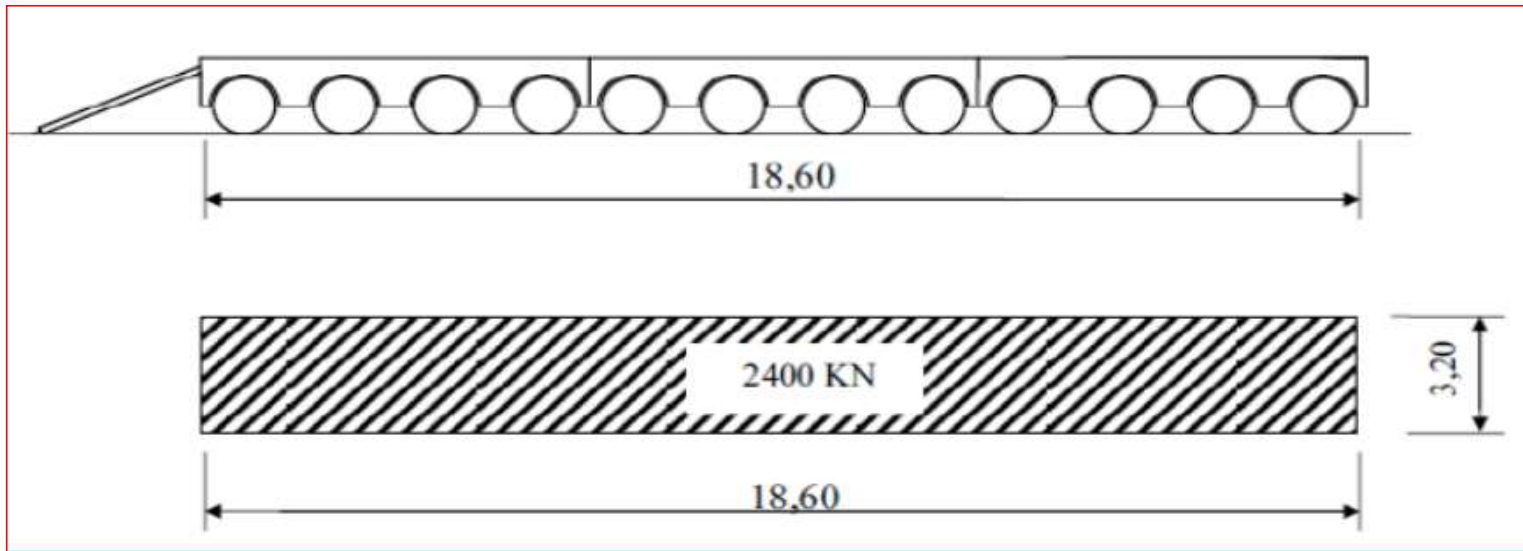
Système Me80:



ACTIONS SUR LES PONTS

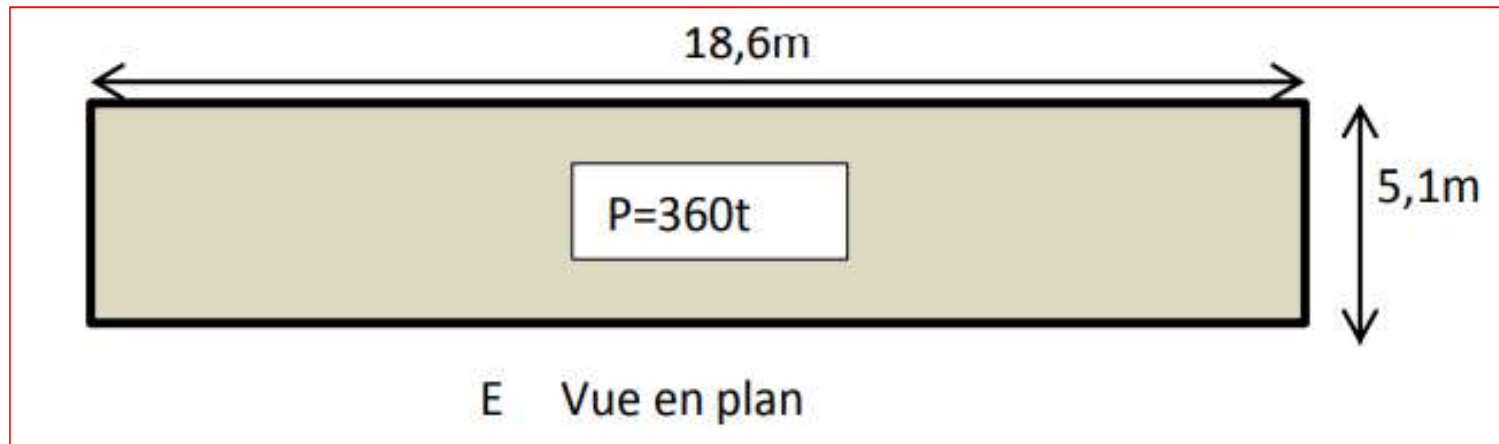
Les Charges exceptionnelles: Les charges exceptionnelles les plus utilisées sont de type D et E. elles sont souvent plus défavorable que le système A et B pour les hourdis et les entretoises.

Convoi D240 Le convoi type D comporte une remorque de trois éléments de 4 files à deux essieux de 240 tonne de poids total. Le poids est supposé reparti au niveau de la chaussée sur un rectangle uniformément chargé de 3,20 m de largeur et de 18,6 m de longueur.



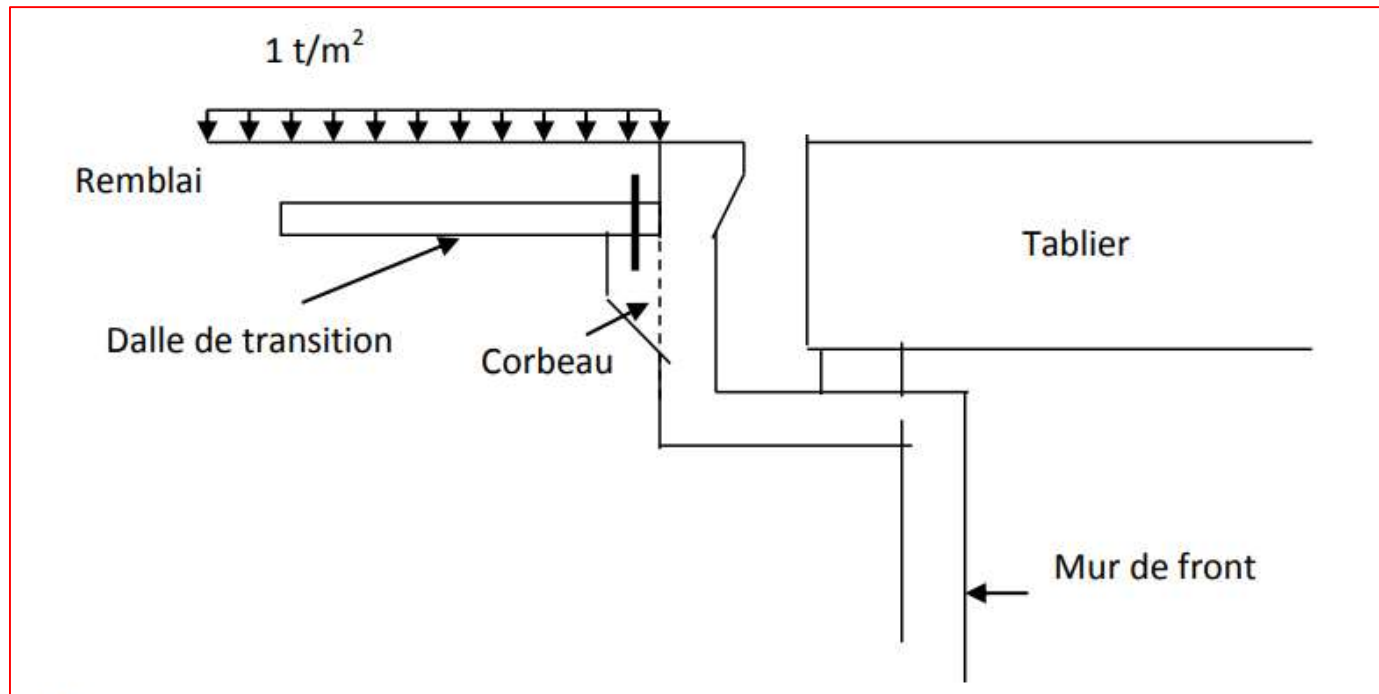
ACTIONS SUR LES PONTS

Convoi E: Il comporte une remorque de 3 éléments à trois essieux de 360 tonnes de poids total, ce poids est supposé reparti au niveau de la chaussée sur un rectangle uniformément chargée de 5,1 m de largeur et de 18,6 m de longueur.



ACTIONS SUR LES PONTS

Charges sur les remblais Sur les remblais d'accès aux ouvrages, on dispose une charge uniforme répartie sur toute la largeur de la plate-forme et d'intensité égale à (1 t/m^2) elle intervient dans la justification de la stabilité des culées.



ACTIONS SUR LES PONTS

Charge du vent : 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 2000 daN/m² sur une surface partiellement masquée (une poutre en treillis comportant des vides et des pleins par exemple), le vent développe la pression qui s'exerce en avant du masque multipliée par le rapport de la surface des vides à sa surface totale de ce masque. Pour les ponts en cours d'exécution, on peut admettre - une charge de 1000 N/m² pour les chantiers inférieurs à 1 mois - une charge de 1250 N/m² pour les chantiers supérieurs à 1 mois

ACTIONS SUR LES PONTS

Charges de séisme : Les charges sismiques sont classées parmi les charges accidentelles. Les effets du séisme sont assimilés à des efforts d'inerties ayant une direction quelconque et une intensité proportionnelle à la valeur des forces de la pesanteur. La considération des sollicitations dues au séisme a le caractère d'une vérification à la rupture i.e. que ces sollicitations ne doivent pas épuiser la résistance à la rupture des éléments de la structure dans le tablier. Les effets du séisme sont négligeables, le supplément de charges (+) ou(-) est largement compensé par l'augmentation des contraintes admissibles. En appuis, par contre ils sont très importantes et même prépondérantes pour le dimensionnement des appareils d'appuis et le ferrailage des piles. L'évaluation de l'effet du séisme sur l'ouvrage est faite selon le règlement parasismique Algérien (RPOA).