

Chapitre 2

Ponts en béton armé :

1. Introduction :

On va s'attacher dans ce chapitre aux études des ponts en béton armé, à leur conception et aux techniques d'exécution en mettant l'accent sur la méthode de dimensionnement.

2. Définition d'un pont :

C'est un ouvrage destiné à franchir un obstacle naturel (rivière, vallée...) ou à franchir une autre voie de circulation terrestre, fluviale ou maritime. On peut également définir :

- Un viaduc : c'est un ouvrage de grande hauteur de franchissement.
- Un ponceau : un petit pont voûté à une seule arche.

3. Les différents types de ponts :

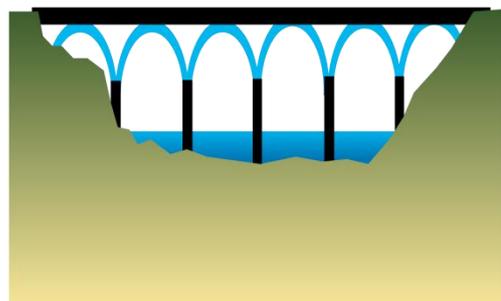
Ils sont classés selon la nature des efforts transmis aux appuis, la fonction, les matériaux utilisés, et l'importance de l'ouvrage.

3.1. Ponts à Arc :

A. Pont à voûtes :

Ce sont les premiers ponts durables réalisés. Ils ne travaillent qu'en **compression**.

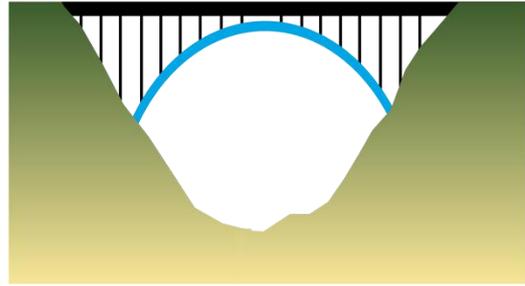
Le matériau de construction est la pierre.



B. Pont à arche :

Dans un pont en arche, la rivière est franchie en une seule fois par une seule arche.

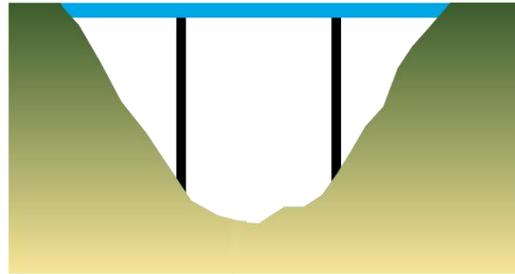
Ce pont en arche associe la compression et la flexion.



3.2. Ponts à poutres :

La structure peut être assimilée à une poutre droite.

Image de la simplicité, il travaille en flexion.

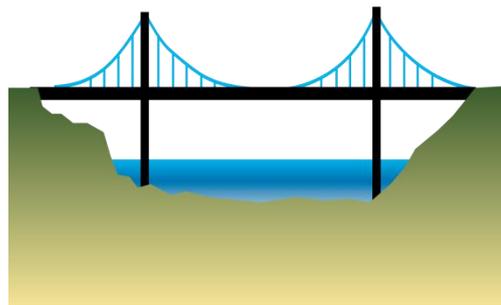


3.3. Ponts à câbles :

A. Ponts suspendus :

A l'aide d'un système de câble, il permet de franchir des portées plus importantes.

il travaille en traction, la compression et la flexion.

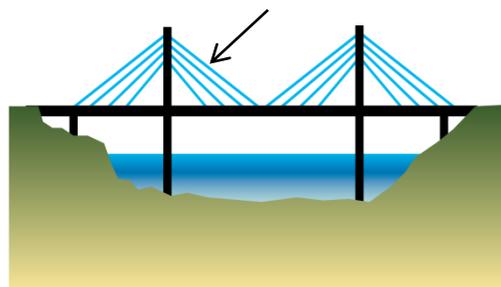


B. Ponts à haubans :

Le pont est maintenu par un réseau de câbles tendus

Les câbles sont généralement en acier

Ex : Pont du barrage Beni Haroun



4. Principaux éléments constitutifs de pont à poutre :

Le tablier : c'est la partie horizontale sur laquelle circulent les véhicules, il comprend une ou des travées et est constitué d'une dalle reposant sur des poutres.

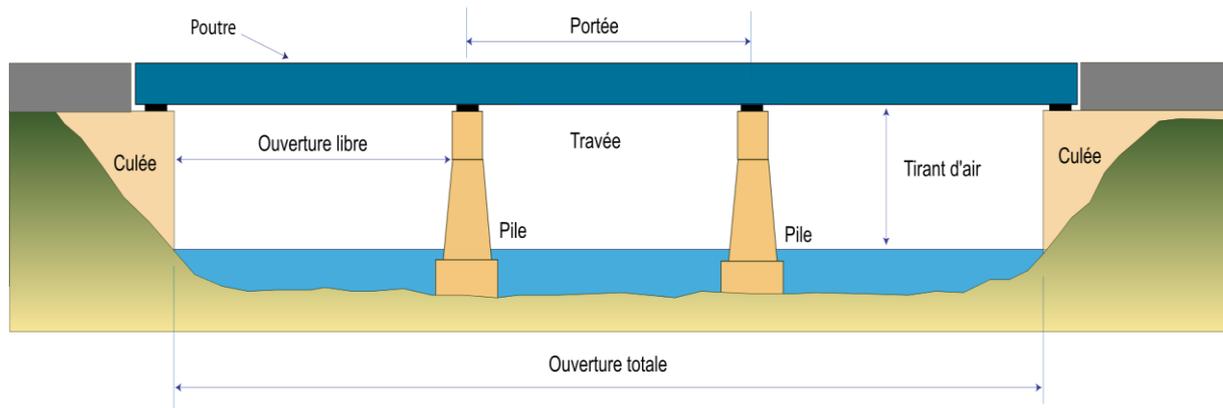


Figure 1 : Pont à poutre



Figure 2 : Pont à poutre

Les appuis : ce sont les culées (appuis de rive) et les piles (appuis intermédiaires)

L'appareil d'appui : ce sont des plaques en élastomère qui transmettent les charges aux piles et amortir les forces horizontales (accélération, force de freinage...) (figure 3)



Figure 3 : Appareil d'appui

Les piles : ce sont des appuis intermédiaires supportant le tablier, ils sont de forme : soit des colonnes ou voiles (figure 4, et 5).

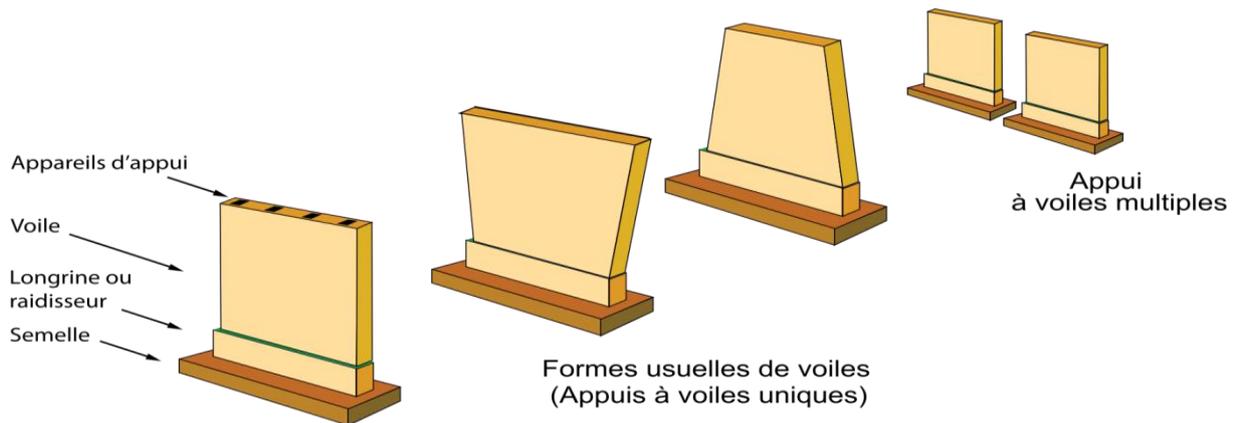


Figure 4 : Les piles sous forme de voiles

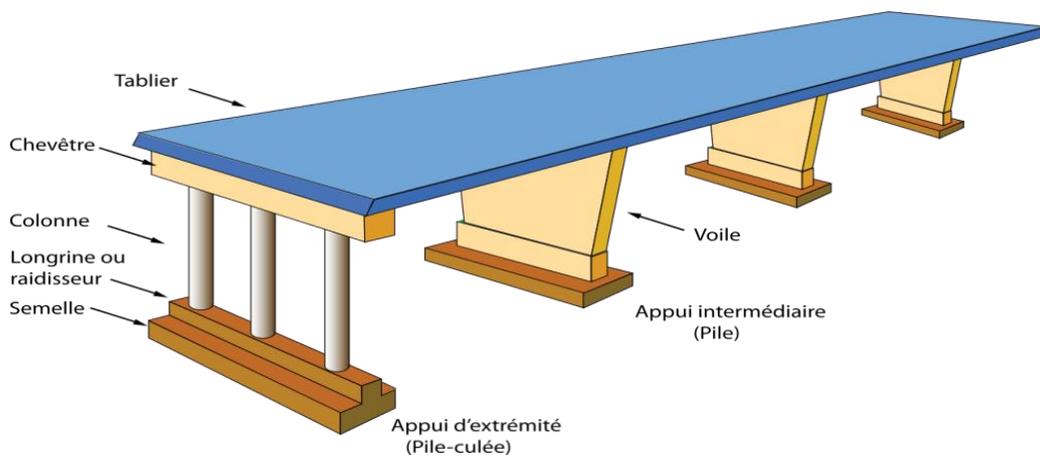


Figure 5: Configuration classique de franchissement autoroutier : voiles en axes, colonnes en rives

Les fondations : assurent la liaison entre les appuis et le sol, et transmet également les charges.

Les culées : elles assurent une double fonction ; supporter la charge de tablier, et joue un rôle de soutènement des remblais d'accès.

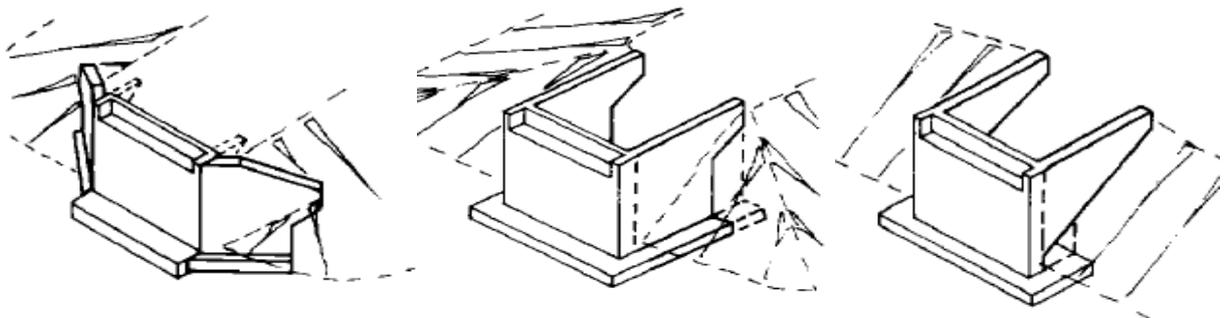


Figure 6 : Les différents types de culées

Remarque :

Le terme de pont à poutre regroupe tous les ouvrages dont la structure porteuse résistante directement à la flexion ; les réactions d'appuis sont verticales. Le modèle de calcul est celui d'une poutre.

5. Méthode d'exécution :

Avant la construction d'un pont, trois étapes doivent être effectuées :

- 1) Le recueil des données fonctionnelles (tracé en plan, le profil en long et en travers, délais de construction, le coût...), et naturelles (étude géologique, géotechniques et hydrogéologique) relatives à l'ouvrage et à l'obstacle franchi.
- 2) Le choix de l'ouvrage qui répond aux exigences techniques, esthétiques et économiques (coût et aspect).
- 3) L'étude de détail de la solution retenue.

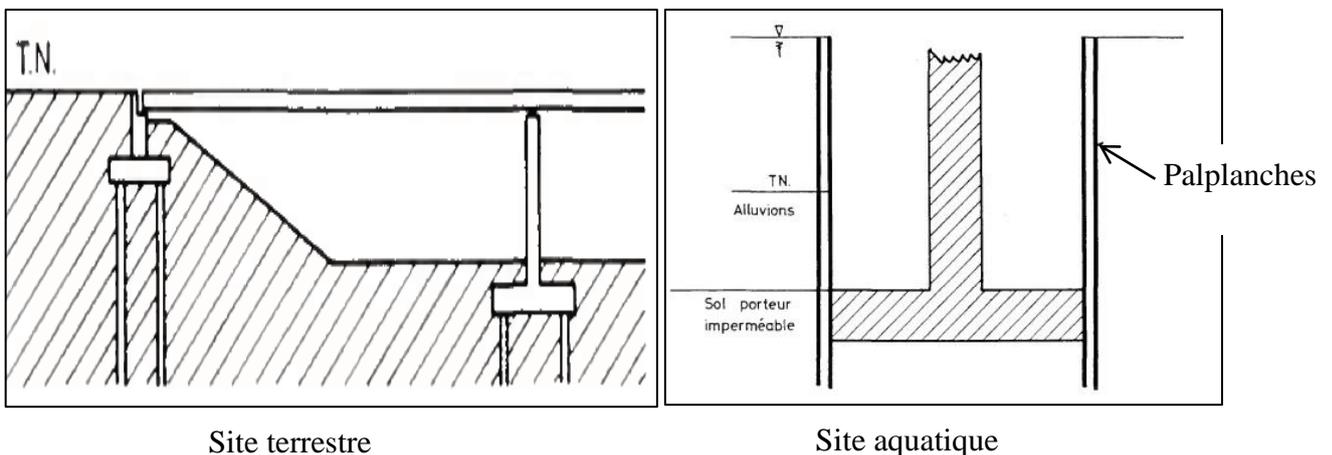
Après la préparation de ces études, l'exécution peut comprendre les étapes suivantes :

- Réalisation des fondations
- Réalisation des appuis
- Construction du tablier
- La mise en place des équipements

A. Les fondations :

Le choix de type de fondation est particulièrement basé sur la nature et la portance de terrain ; que ce soit pour les fondations superficielles ou profondes.

Les fondations sont réalisées soit dans un site terrestre ou un site aquatique (rivière...)



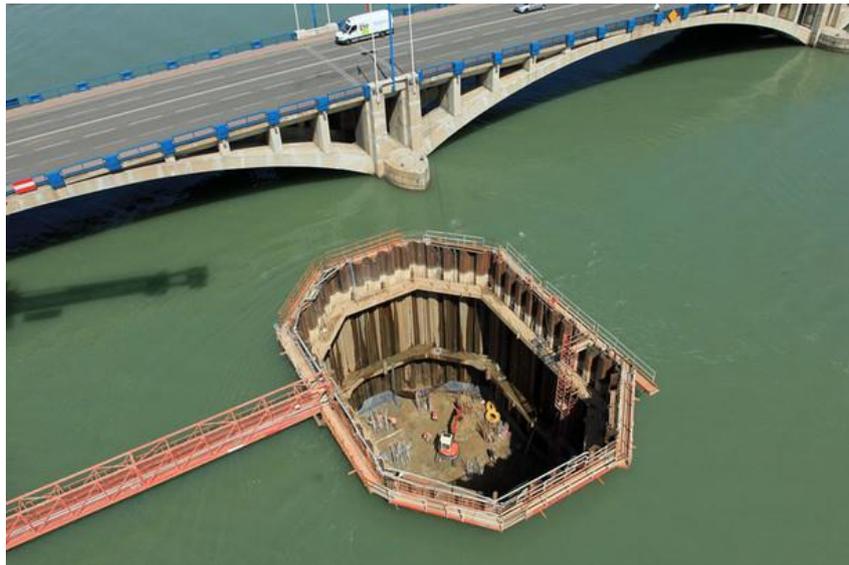


Figure 7 : Batardeaux

En site aquatique, les fondations sont réalisées à l'intérieur d'une enceinte étanche nommée Batardeau.

Dans le cas d'un écoulement d'eau, il faut faire attention au phénomène d'**affouillement** : c'est un type d'érosion qui se produit sur la base des fondations (creusement et déplacement des grains solides)

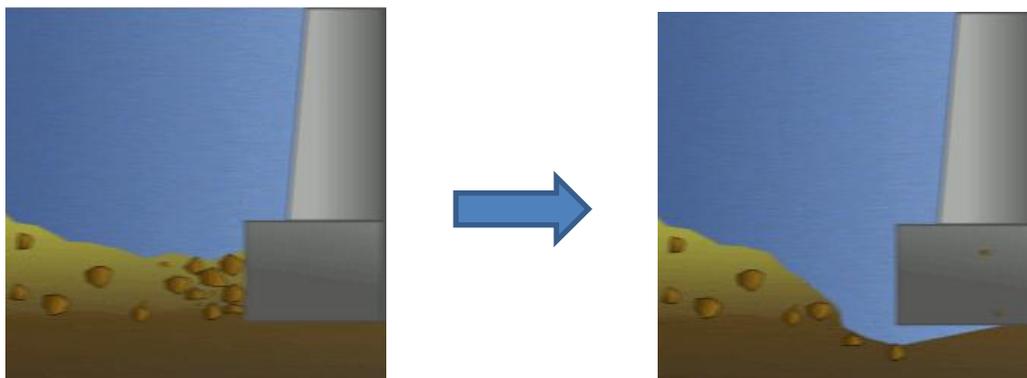


Figure 8 : Phénomène d'affouillement au niveau des fondations

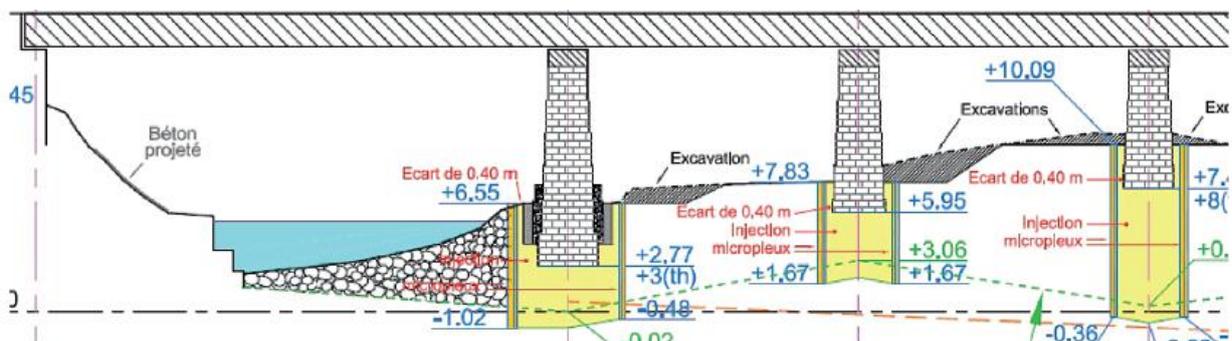


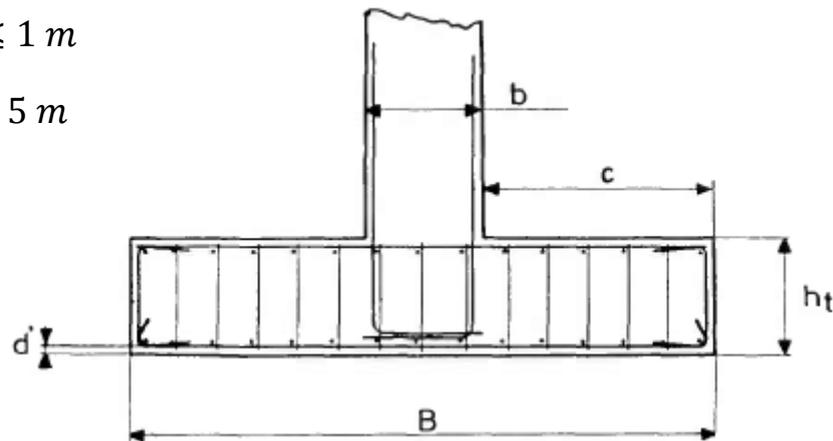
Figure 9 : protection par enrochement et des batardeaux.

Dimensions de la semelle :

$$0,7 \leq h_t \leq 1 \text{ m}$$

$$2,5 \leq B \leq 5 \text{ m}$$

$$c < 2 h_t$$



$$h_t \geq \frac{B-b}{4}$$

B. Les piles :

Elles sont pratiquement en BA, si la hauteur des piles est très importante, on utilise un coffrage glissant ou grim pant.



Figure 10 : Coffrage grim pant

C. Le tablier :

Plusieurs techniques sont utilisées pour réaliser le tablier ; par exemple la construction sur étaie ment, par fabrication, par le déplacement, par translation, ou par poussage.



A)



B)

Figure 11 : A) pont dalle. B) pont à poutre

C.1. Construction sur étaieiment (échafaudage) :

Cette technique est généralement utilisée lorsque le tablier est situé à faible hauteur, cette méthode est adaptée pour la réalisation des ponts dalle, et des cadres ; la construction comporte les étapes suivantes :

- 1) Mise en place de l'étaieiment vertical
- 2) Mise en place de plateaux coffrant
- 3) Mise en place des armatures du tablier
- 4) Bétonnage
- 5) Enlèvement de l'étaieiment



Figure 12 : Tablier coulé sur un étaieiment

C.2. Poutres préfabriquées :

Ce procédé consiste à réaliser le tablier au moyen de poutres préfabriquées, mise en place sur leurs appuis soit par levage (grue) (figure 12), ou translation (figure 13) ou poussage.



Figure 12 : pose par grue



Figure 13 : pose par lançage

Les poutres sont généralement fabriquées en usine en utilisant un béton précontraint. Deux méthodes de précontraintes :

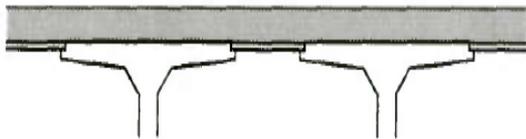
- Poutres préfabriquées précontraintes par post-tension (les câbles sont mises en tension après la prise de béton) ($30 < \text{Portée} < 50\text{m}$)
- Poutre préfabriquée par pré-tension (les armatures sont mises en tension avant la prise de béton) ($15 < \text{portée} < 30\text{m}$)



Figure 14 : Poutres préfabriquées

Après la mise en place des poutres, une dalle en béton armé appelée Hourdis est coulée sur place, on a :

- Hourdis intermédiaire qui est coulé entre les poutres (cette technique est déconseillée)
- Hourdis général coulé par-dessus les poutres sur toute la longueur, dans ce cas on utilise un coffrage perdu (coffrage en fibre de ciment ou des prédalles)



Hourdis général

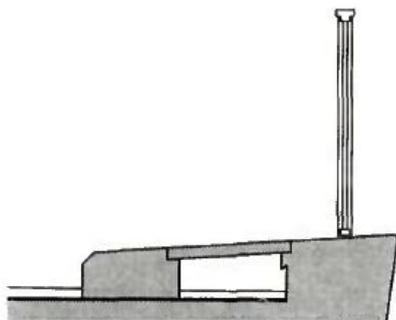


Hourdis intermédiaire

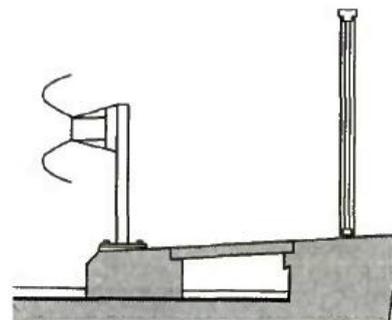


Figure 15 : Hourdis ferrailé

D. Mise en place de l'équipement : couche de roulement, garde-corps, glissière, Bordures de trottoirs, l'étanchéité



Garde-corps seul



Garde-corps avec glissière

6. Conception et classification des ponts selon la taille :

Les grands ouvrages routiers sont différenciés des petits par dénomination d'ouvrages *non courants*, par opposition aux ouvrages *courants*.

6.1. Les ponts non courants :

Ils sont nommés non courants, s'ils répondent aux caractéristiques suivantes :

- Ils possèdent au moins une travée de plus de 40m de portée.
- La surface du tablier dépasse 1200m²
- Avoir des murs de soutènement de plus de 9m de hauteur
- Les ponts mobiles

Par contre, ils sont nommés ponts courants s'ils ne répondent pas aux critères ci-dessus.

6.2. Ponts courants :

Les ponts courants sont généralement en béton armé ou en béton précontraint, ils présentent à peu près 70% des ouvrages construits ; on peut citer ;

- Les ponts cadres et les portiques
- Les ponts dalles
- Les ponts à poutres

6.2.A. Les ponts cadres et les portiques :

Ces ouvrages sont destinés à franchir de petites ouvertures en passage inférieur. Ils possèdent généralement une seule travée, et sont associés à des murs de soutènement

Les ponts cadres : comportent les caractéristiques suivantes (figure 16) :

- Ils sont fermés
- L'ouverture de cadre (l) dépend de la qualité de sol :
 - $2 < l < 8\text{m}$: bon sol
 - $2 < l < 12\text{m}$: mauvais sol

- L'épaisseur des voiles :
$$e = \begin{cases} \max & l/32 + 0,125 \\ & 0,3\text{m} \end{cases}$$

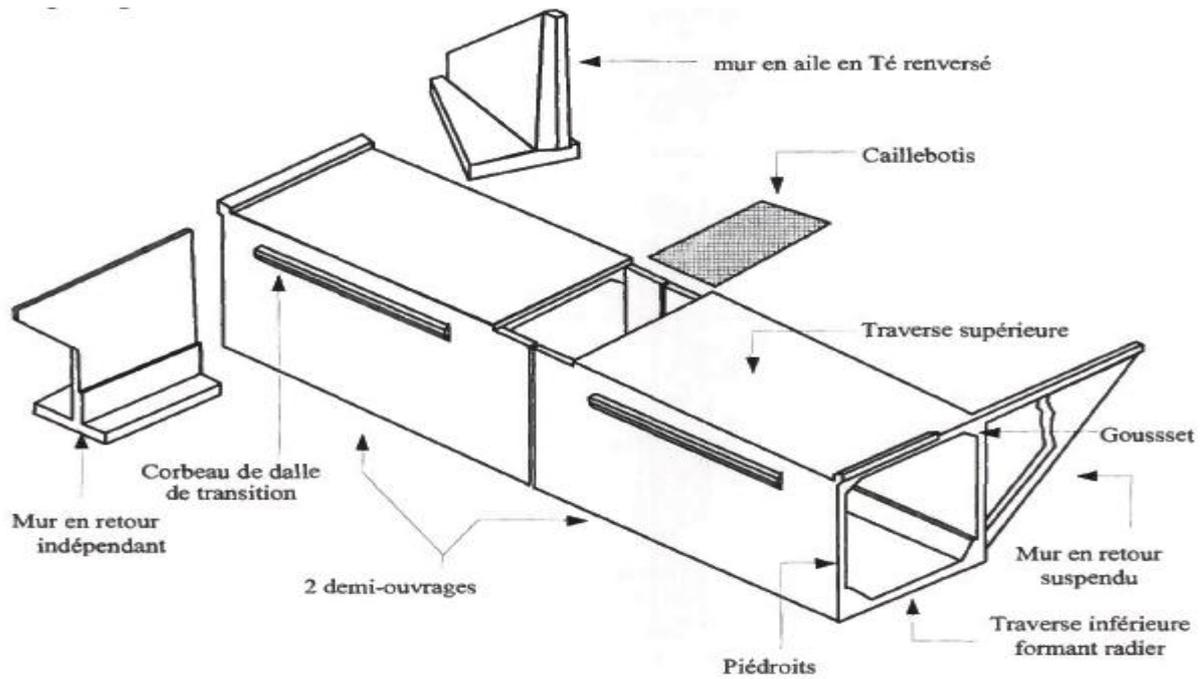


Figure 16 : Les ponts cadres

Les portiques : sont des ouvrages ouverts en forme de U. ils sont fondés sur des semelles.

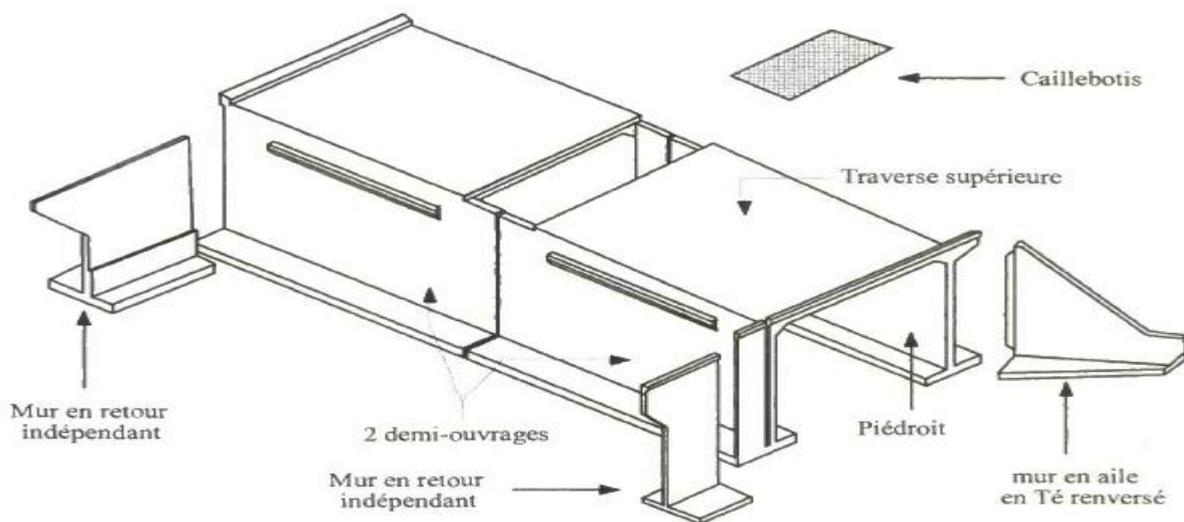


Figure 17 : schéma d'un portique ouvert

Les portées à franchir sont : $10 < l < 20\text{m}$

A partir de 15m : il est préférable d'implanter un appui central (portique ouvert double)

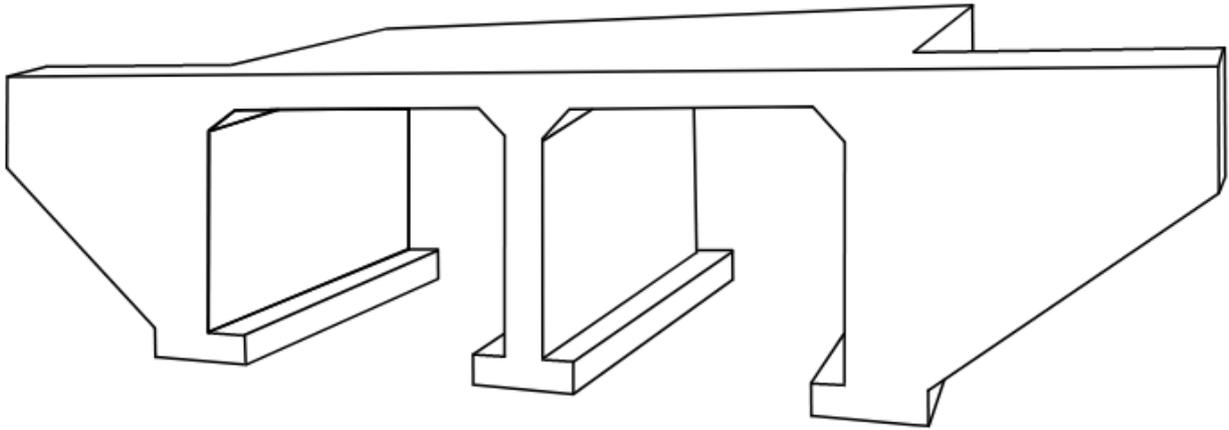


Figure 18 : Portique double

Les ponts cadres et les portiques sont généralement coulés sur place.

6.2.B. Les ponts dalles en BA et Précontraint :

Les ponts dalles armés sont constitués d'une dalle d'épaisseur constante en béton armé dans le sens longitudinal et transversal.

Portée économique < 15 à 18m type 1
 < 20m type 2 et 3

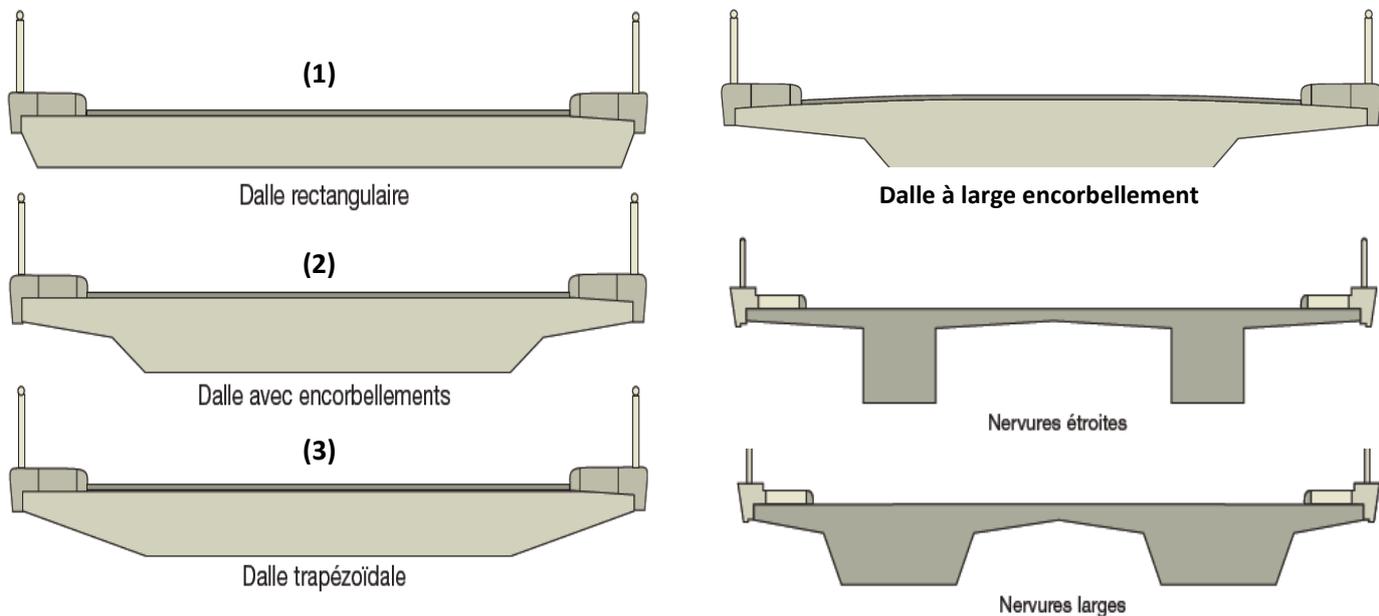
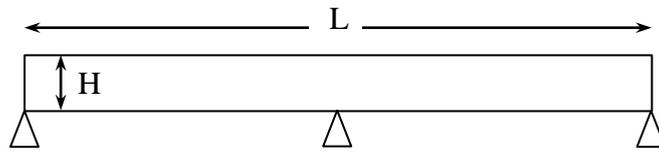


Figure 19 : Ponts dalles

L'élancement (H/L) : 1/20 : dalle d'une seule travée
 1/26 : dalle à deux travées
 1/28 : dalle > à trois travées



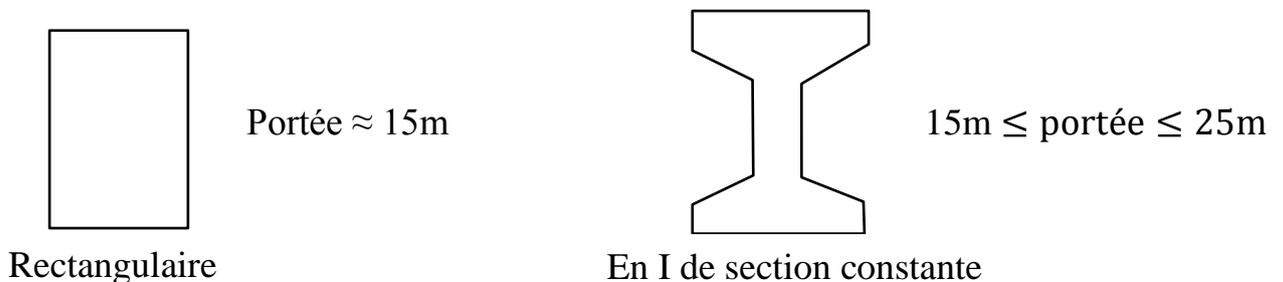
6.2.C. Ponts à poutres en béton précontraint :

Pour les ponts à poutres, on peut trouver :

- Les poutres préfabriquées précontraintes par adhérence (PRAD)
- Les poutres préfabriquées précontraintes par post-tension (VIPP) (viaduc à travées indépendantes à poutres)

Poutres préfabriquées précontraintes par adhérence (PRAD) : ils sont réalisées par pré-tension, la précontraintes des poutres est assurée par des torons mis en place avant le bétonnage puis relâchés dès que le béton a acquis une résistance suffisante.

On a une poutre :



Poutres préfabriquées précontraintes par post-tension (VIPP) : elles comportent une table de compression constituant la fibre supérieure et un large talon constituant la fibre inférieure, qui sont relié par une âme.

Ce type de poutres est adapté au franchissement important (entre 30 à 45 m)

Si la portée dépasse les 45m ; les poutres deviennent trop lourdes, dans ce cas, on utilise des ponts mixtes.

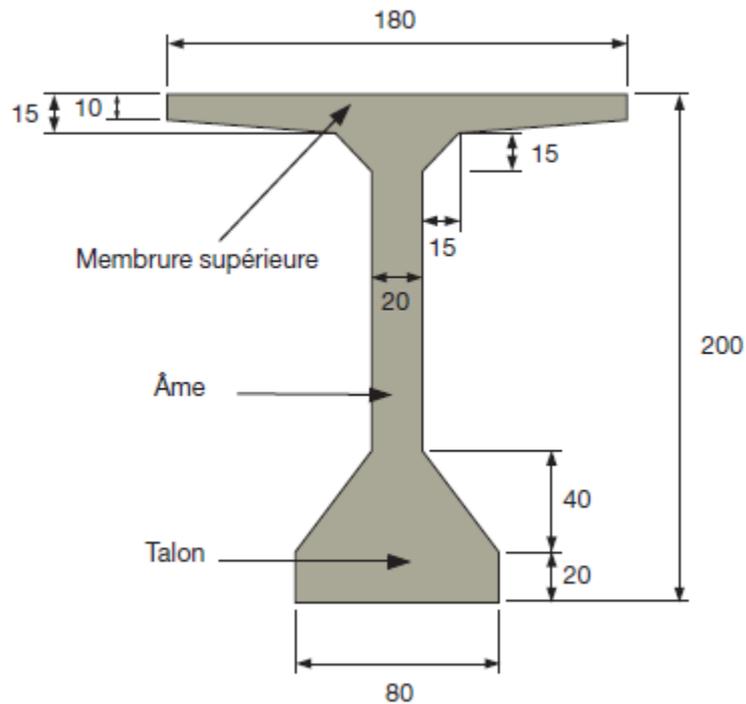
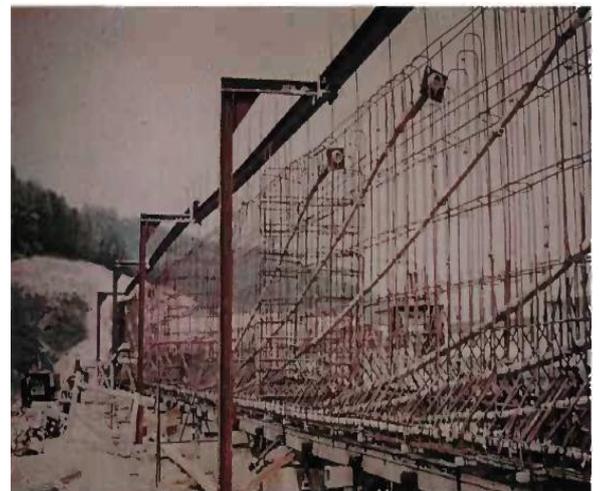
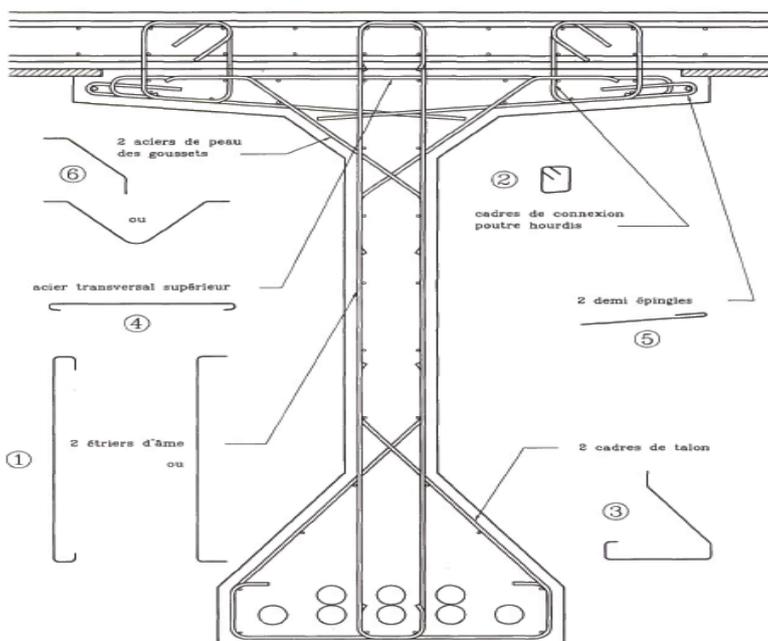


Figure 20 : Poutres préfabriquées précontraintes par post-tension

Câblage des poutres :

Le câblage longitudinal des poutres comporte deux familles de câbles :

- Une première famille de câble est mise en tension sur les poutres seules rapidement après le bétonnage des poutres.
- La seconde famille de câble est mise en tension lorsque le béton du hourdis a acquis une résistance suffisante.



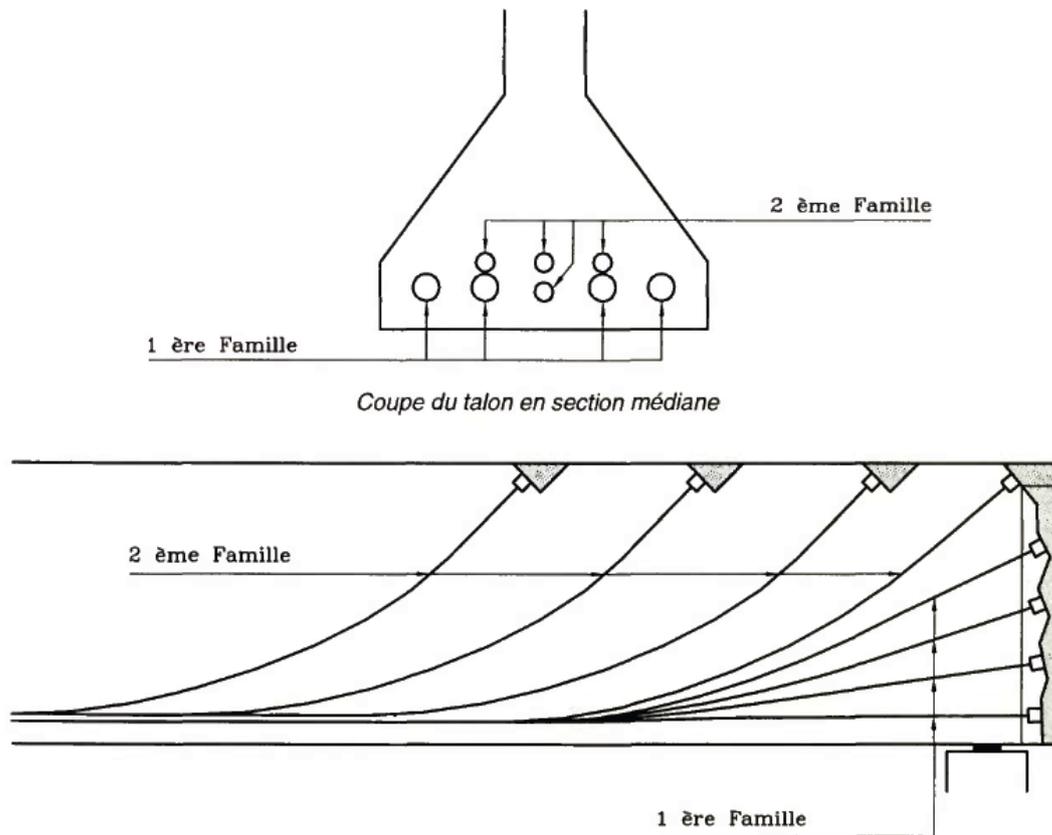


Figure 20 : Principe de câblage des poutres

6.3. Les ouvrages non courants :

On peut citer :

- Les ponts mixtes acier-béton
- Les ponts en béton précontraint construit par poussage
- Les ponts en béton précontraint construit par encorbellement successif.

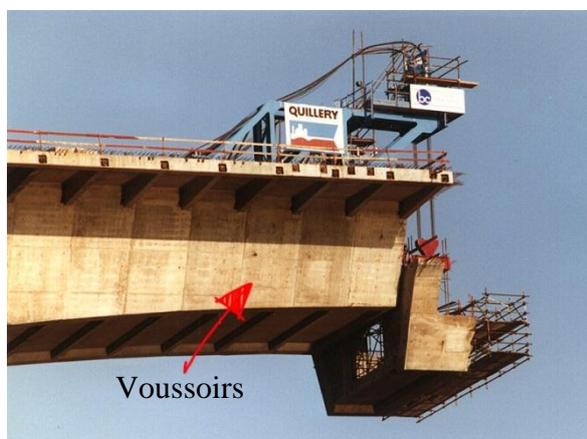


Figure 21 : Pont construit par encorbellement successif

7. Les charges et surcharges appliquées sur les ponts :

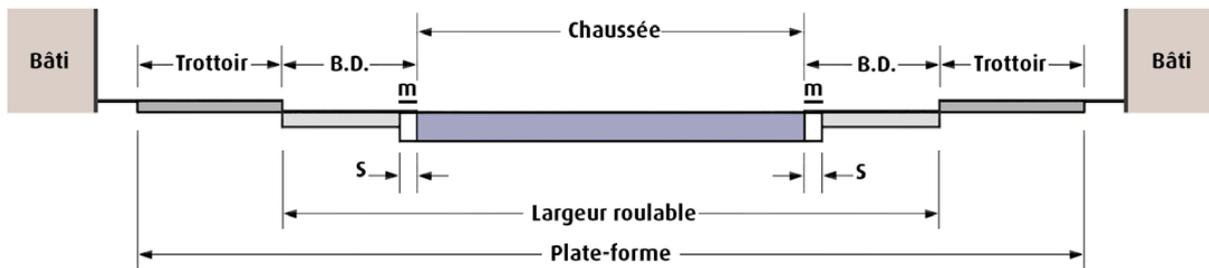
- Les charges permanentes (éléments porteurs et non porteurs)
- Les charges variables : charge routières (verticales, de freinage), et les charges militaires
- Charges sismiques
- Actions accidentelles (vent...)
- Variation de température

7.1. Charge routières

Le système A :

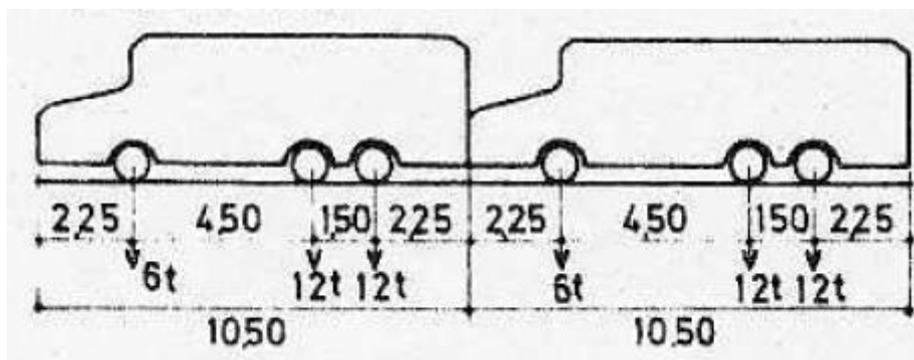
Ce système permet de modéliser l'effet des surcharges routier lors d'un embouteillage, une circulation à faible vitesse ou un stationnement. Il s'agit en effet d'une charge uniformément répartie dont l'intensité est donnée par la formule suivante : (L : la longueur chargée)

$$A_L = 230 + \frac{36000}{12 + L} \text{ t/m}^2$$



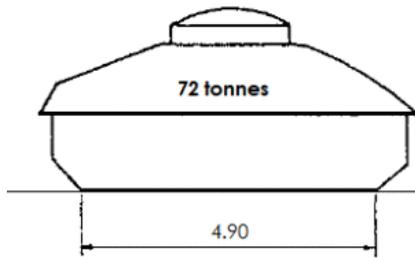
Le système B

Dans ce système, on distingue les camions : (charges ponctuelles)

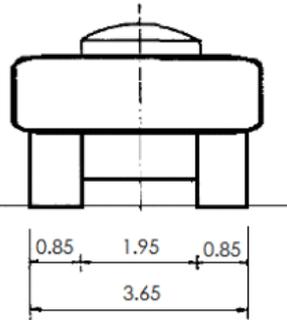


Les charges militaires :

Longitudinalement



Transversalement



En Plan

