Les structures de Ponts

Présentation au Lycée Eugène FREYSSINET

VERDUN, le 15 Octobre 2015

Rappel de quelques définitions

- ***Un pont*** est une structure qui permet de franchir des obstacles (rivières, vallées, tranchées...) sur une longueur de plus de 2 mètres.
- On appelle ***travée*** la partie d'un pont comprise entre deux appuis de l'ouvrage.
- On appelle ***portée*** la longueur de la travée.
- On appelle ***culée*** les appuis d'extrémité de l'ouvrage.
- On appelle ***piles*** les appuis intermédiaires de l'ouvrage.
- On appelle ***gabarit*** la surface du passage disponible sous l'ouvrage

Que demande t-on à un pont?

Un pont permet de franchir un obstacle :

- par des piétons, c'est une passerelle,
- par une route, c'est un pont routier,
- par une voie de chemin de fer, c'est un pont ferroviaire,
- par un canal, c'est un pont canal,
- par des avions au sol, c'est un pont aéroportuaire.

Les différents types de structures

- Les voûtes.

- Les structures reposant sur piles et culées :- les ponts dalles, - les ponts à poutres et ponts à nervures, - les ponts à caisson (en général construits en encorbellement).

- Les structures suspendues : à des arcs (bow-string), à des cables porteurs ou aux piles (ponts à haubans).

- Quelques structures particulières : les ponts canaux, les ponts en treillis, les ponts en cantilever...

Les exigences liées aux fonctions

Les exigences sont très diverses.

- répondre à des conditions de charge et d'exploitations très précises.

- respecter un coût de construction acceptable.

- ne pas nécessiter pendant l'exploitation de travaux d'entretien trop délicats.

- respecter l'environnement.

- présenter un caractère esthétique

Les différents matériaux utilisés

- La pierre (pierre taillée ou maçonnerie de pierre) et la brique
- le béton armé,
- le béton précontraint,
- le métal (tôles sous forme de plats ou membrures en T, H ouU)
- des matériaux nouveaux (béton de fibre, béton + résine)

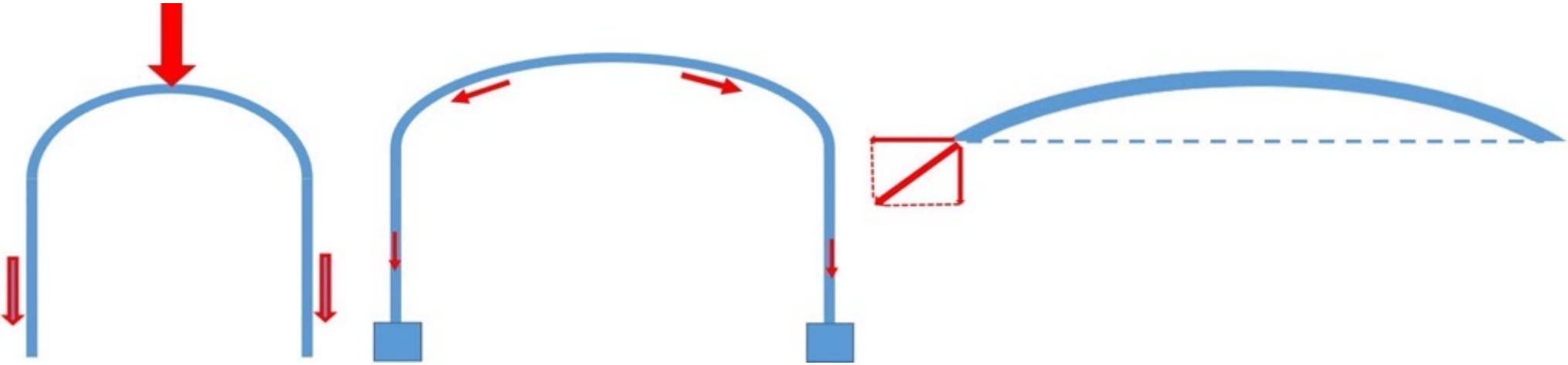
pont voûte

Les ponts suspendus

Les ponts à voûtes

- Les ponts à voûtes sont les ouvrages de franchissement les plus anciens connus dans le monde.Depuis plus de mille ans avant Jésus-Christ sous Babylone et même de nos jours encore, ils constituent une part non négligeable du parc de ponts existants.
- Les voûtes (structures en arc) sont des structures intéressantes parce que les charges appliquées aux arcs créent essentiellement des efforts de compression particulièrement bien acceptés par les matériaux les plus anciens :la pierre et la brique mais aussi le béton (armé ou non).
- La pierre a été utilisée sur tous les ouvrages jusqu'au XX ème siècle. Malheureusement la pierre coûtant très cher a du être remplacée pour la construction des arcs par le béton armé.

Descente des charges dans un arc



Caractéristiques des ponts voûtes

- Ils peuvent avoir des portées de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres
- Ils sont en général très élégants
- Les arcs en plein cintre sont mal adaptés aux grandes portées qui exigent des arcs surbaissés
- Les grandes portées exigent des piles de grandes dimensions
- Leur coût est en général très élevé car ils exigent une main d'oeuvre importante. Ils sont peu adaptés aux exigences modernes
- Un échafaudage complet est en général nécessaire
- L'exemple du pont de Glasdeville en Australie montre cependant une évolution des techniques de construction intéressante

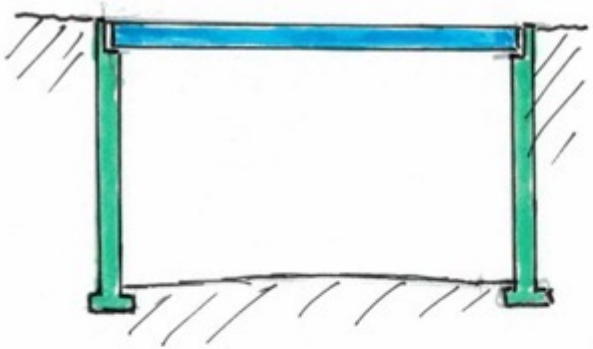
Pont de Glasdeville

Les ponts dalles

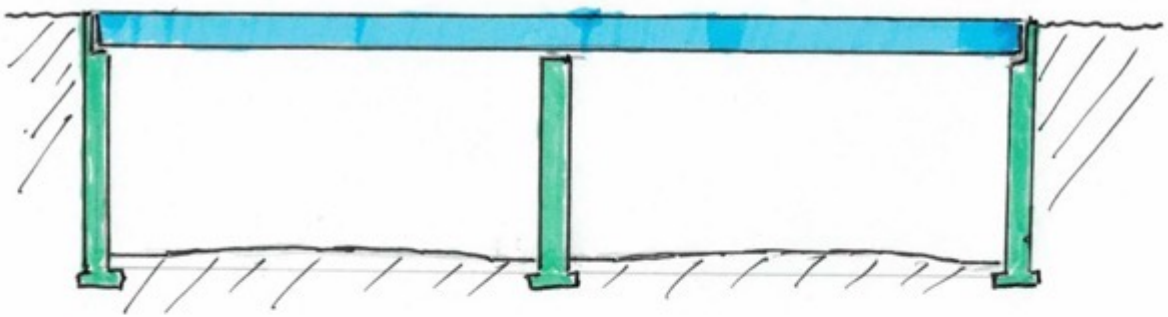
- Les ponts dalles sont des structures très simples . Le tablier de ces ouvrages est une structure massive rectangulaire ou à nervure de faible épaisseur, il se présente comme un plancher.
- Ils se caractérisent par un rapport entre l'épaisseur et la portée très important qui peut atteindre plus d'un trentième par exemple épaisseur un mètre pour une portée de 35 mètres
- Les portées sont toutefois limitées. La portée courante ne dépasse pas 35 mètres
- Pour des portées plus grandes il faut créer des ponts dalles à dalle dite continue (voir schèma suivant)
- Les ponts dalles peuvent se réaliser en dalles allégées (voir les croquis suivants)

Les ponts dalles

1 travee unique



2 Travees continues



Les différentes coupes transversales

Dalle pleine

Dalle nervurée

Dalle allégée

Les ponts dalles

La section transversale d'un pont dalle est le plus généralement de forme rectangulaire.

Toutefois, pour les portées les plus importantes la section peut se présenter sous forme de nervure.

La dalle peut être en béton armé, mais plus souvent en béton précontraint.
Les structures en dalle résistent très bien à l'usure du temps.

Elles sont très appréciées pour les ouvrages urbains car le tablier qu'elles forment peu être adaptés à l'environnement et par exemple s'inscrire dans les courbes ou dans les tracés imposant des biais. On les trouve en ville comme à la campagne.

Ponts dalles poussés

Les ponts poussés appartiennent à la famille des ponts dalles

Lorsque le pont envisagé doit franchir des obstacles très longs (fleuves par exemple) on peut procéder à la construction de ponts à travées multiples par la méthode de poussage.

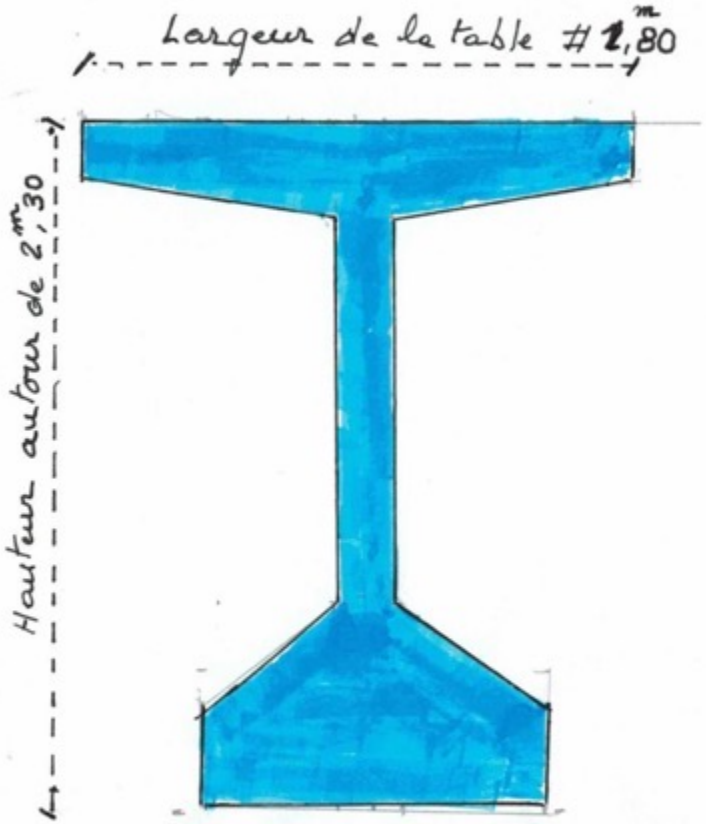
Le pont est alors construit par travées successives.

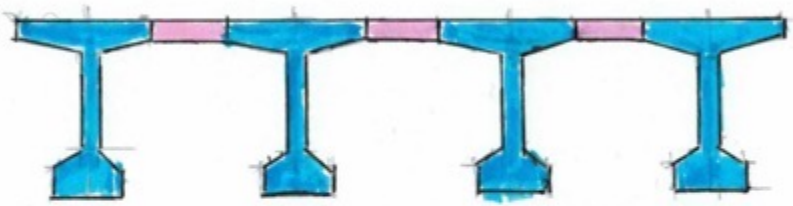
Ponts dalles poussés

- On construit la première travée sur la terre ferme près d'une culée en extrémité d'ouvrage.
- En utilisant un avant bec qui lui est associé jusqu'à la fin des travaux, on pousse ce premier élément jusqu'à il atteigne la première pile,
- puis on construit la deuxième travée sur l'aire de la première en la liant à la première et on pousse l'ensemble à l'arrière jusqu'à la première travée franchisse la deuxième travée et ainsi de suite jusqu'au poussage de la dernière travée.

ACCES PONT DE NORMANDIE

Schémas de ponts à poutres droites





Section transversale d'un pont à poutres droites

Ponts à poutres droites

Les ponts à poutres droites sont des structures composées d'éléments préfabriqués en forme de T.

Chaque élément est préfabriqué in situ et amené par des procédés divers à l'emplacement définitif.

Une travée est composée de plusieurs poutres préfabriquées assemblées sur place après coulage en béton de la partie séparant les poutres.

Les poutres sont en béton précontraint.

Les longueurs les plus courantes sont de 30 à 50 mètres.

Une précontrainte de liaison transversale assure la cohésion de l'ensemble.

Pont à poutres droites

Les poutres sont fabriquées individuellement sur une aire de préfabrication.
Elles sont ensuite amenées à leur emplacement définitif par différentes méthodes adaptées à chaque cas.

Les différentes méthodes courantes sont :
- le ripage, dans ce cas les poutres unitaires sont construites sur un échafaudage placé parallèlement à l'ouvrage puis une fois précontraintes déplacées latéralement à leur emplacement définitif.
- par poussage, chaque élément est construit à l'arrière de son emplacement puis déplacé longitudinalement à sa place
-par levage, chaque élément est conduit à la verticale de sa position définitive puis levée à sa place par une grue.

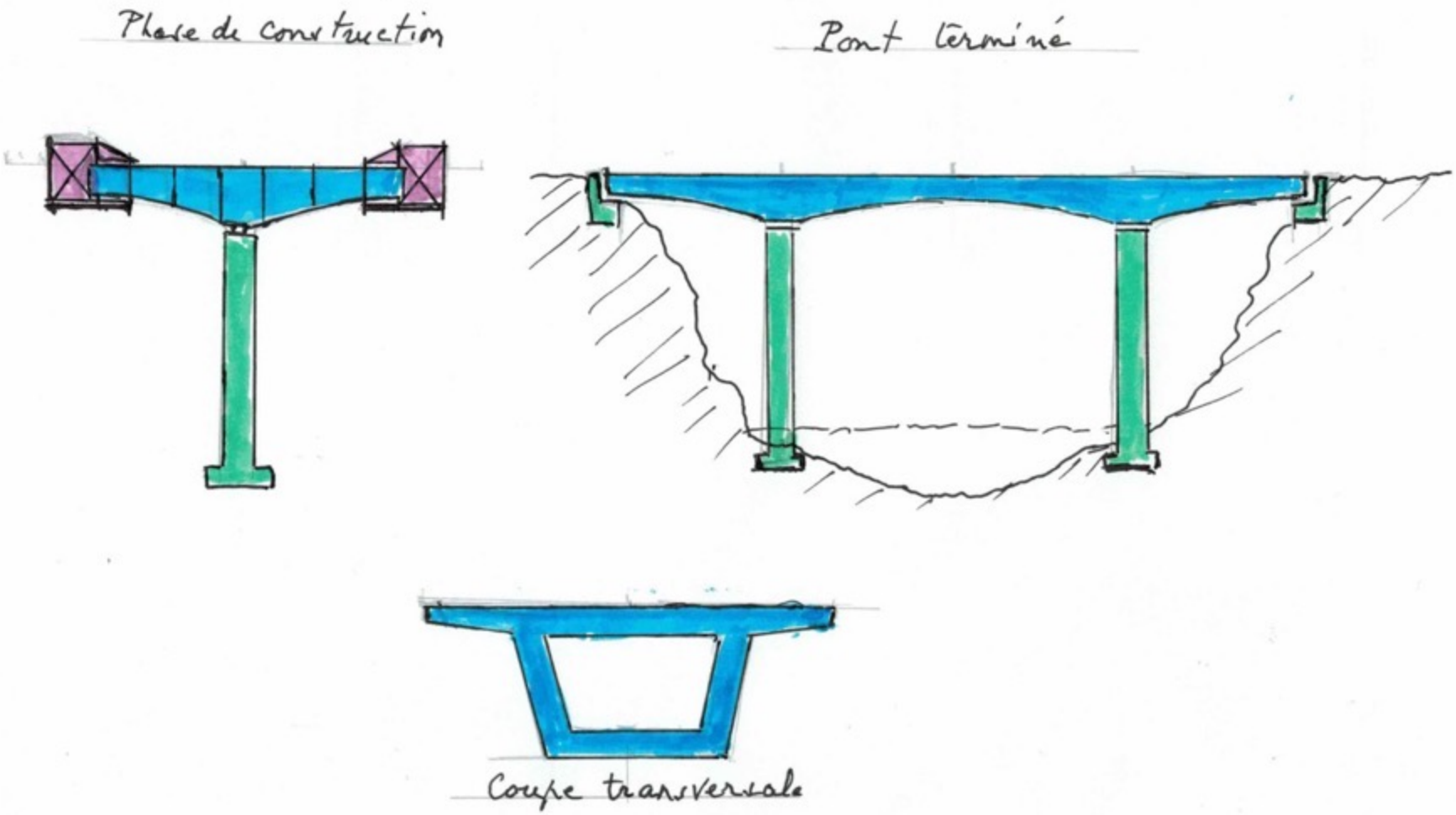
Les ponts à poutres droites

Les premières poutres droites ont été utilisées en 1945
Elles ont permis la réalisation de très nombreux ouvrages dans le monde entier et en France elles sont très présentes sur les autoroutes.

Cependant, les constructions de pont en poutres droites sont de moins en moins utilisées parce qu'elles se sont révélées être des structures assez fragiles et sensibles à la corrosion. Les constructions par encorbellement les ont remplacées.

ACCES PONT DE TANCARVILLE

Schéma pont en encorbellement



Ponts en encorbellement

Une structure en encorbellement est constituée de fléaux symétriques construits par éléments de 3 à 4 mètres de longueur à partir de chaque pile.

Les ouvrages comportent au moins deux piles ou beaucoup plus si nécessaire;

Ponts en encorbellement

Le principe retenu pour les ponts en encorbellement est de construire l'ouvrage sans échafaudage général mais en s'appuyant sur les piles.

Les éléments constitutifs sont des caissons appelés « des voussoirs ».

Deux méthodes existent :

- voussoirs coulés en place pour les ouvrages à petit nombre de piles.
- voussoirs préfabriqués pour les autres.

Ponts en encorbellement

Les ponts en encorbellement sont le plus souvent en béton précontraint (parfois en métal)

Les travées ont entre 50 et 300 mètres le nombre de piles n'étant pas limité.

La construction est très rapide si les voussoirs sont préfabriqués et demande moins d'une semaine pour une paire de voussoirs coulés en place.

Les ponts en encorbellement se sont développés depuis 1970 par équipages mobiles, puis par voussoirs préfabriqués.

Encorbellement coulé en place

Poutre de lancement

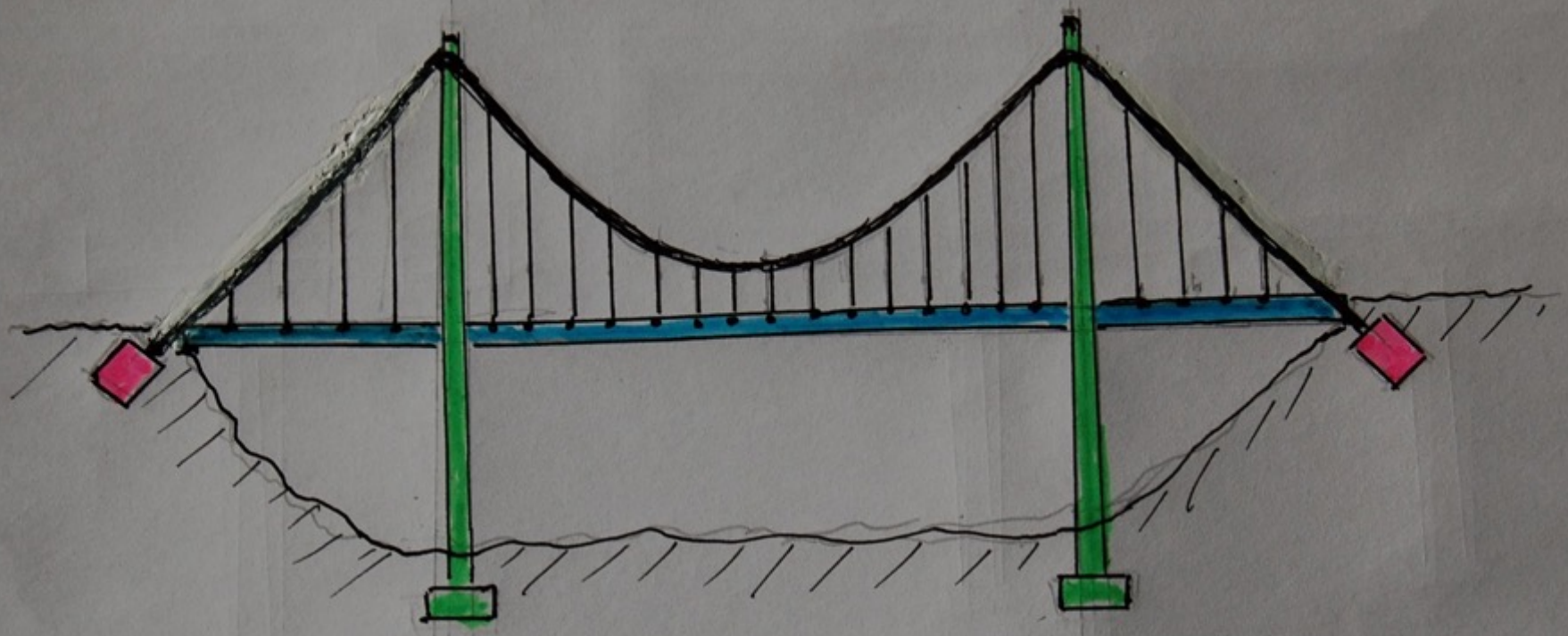
Poutre de lancement (St Cloud)

Poutre de lancement (Ile de Ré)

Poutre de lancement (Bubiyan)

Poutre de lancement (Ile de Ré)

Encorbellement (préfabrication)



Pont suspendu à cables.

Bow-string

Ponts suspendus

Le tablier des ponts suspendus est accroché par des suspentes verticales fixées en partie haute soit à un arc en béton (bow-string) soit à un cable puissant s'appuyant sur les piles et ancré aux deux extrémités de l'ouvrage dans des culées lourdes reposant sur le sol.

La méthode la plus courante est la suspension sur un cable.

Bloc ancrage des câbles

Culée de pont suspendu

Pont suspendu

Considérations sur les ponts suspendus

Les premiers ponts suspendus datent de la fin du XIX ème.
On les trouve en nombre pour franchir les fleuves de moyenne importance, en particulier dans le Sud-Ouest de la France.
La puissance des cables porteurs et leur qualité s'étant améliorées, les ponts suspendus ont, ces dernières décennies, permis le franchissement de nombreux fleuves, la Seine à Tancarville, la Loire près de Nantes, la Garonne à Bordeaux et de nombreux fleuves dans le monde. Les travées centrales peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres.

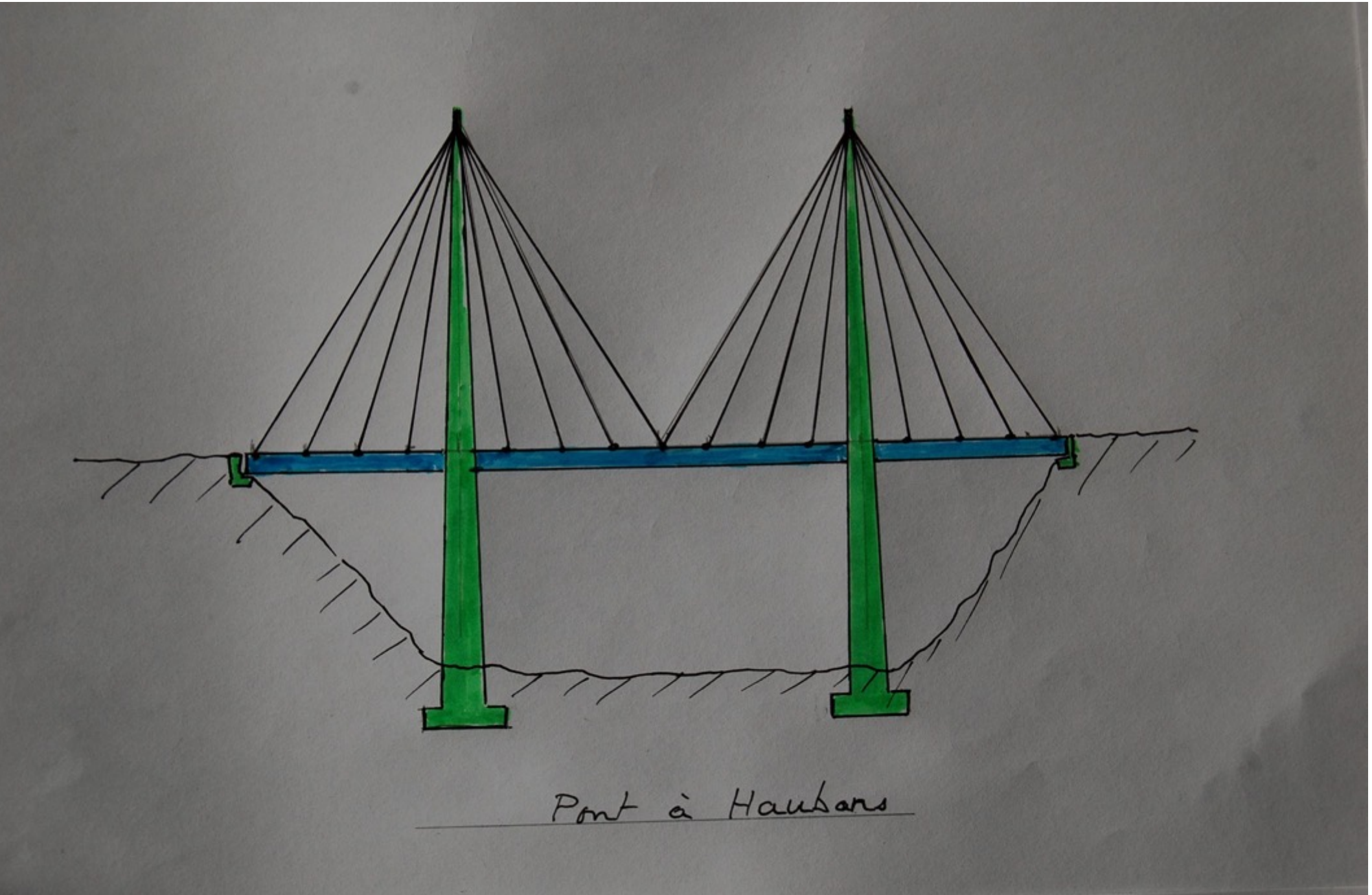
Considérations sur les ponts suspendus

La technique des ponts suspendus impose la création de culées lourdes, onéreuses et encombrantes en béton à chaque extrémité

Les cables porteurs sont sensibles à la corrosion et demandent une surveillance suivie.

Cette technique est maintenant supplantée par la technique des ponts à habans.

Schéma pont à haubans



Les ponts à haubans

Principe :

On construit l'ouvrage en suspendant les éléments composant le tablier à des cables partant du sommet d'une pile. La différence essentielle avec les ponts suspendus est la suppression du cable porteur et des culées. Bien entendu pour maintenir l'équilibre pendant la construction, il faut placer les éléments successifs de façon symétrique par rapport à l'ouvrage.

L'équilibre de l'ensemble doit bien sûr être parfaitement respecté pendant toutes les phases de la construction.

Le tablier peut être en béton précontraint ou en métal

Pont à haubans (Millau)

Considérations sur les ponts à haubans

L'esthétique des ponts à haubans est très appréciée.

Leur légèreté apparente est séduisante.

Ce type d'ouvrage s'est développé depuis les années 1980.

Il est très bien adapté aux grande portée et les dernières réalisations dans le monde ont permis de franchir plus de 1000 mètres entre deux piles successives.

Il permet de dégager des grands gabarit

Parmi les dernières réalisations des entreprises françaises on peut citer le pont de Normandie, le Pont de Milhau et le Pont Vasco de Gama à Lisbonne

Pont de Normandie

Pont Antérion

Le comportement des matériaux dans la vie de l'ouvrage

Le béton est une matière vivante.

Les comportements sous charges :

- fluage et retrait dans le béton précontraint
- déformations élastiques ,donc réversibles.

Les comportements sous les effets thermiques :

- les effets des variations thermiques d'ambiance. Pour des variation de 40° entre été et hiver la variation de longueur pour 100 mètres est de l'ordre de 40millimètres

- les effets des gradients thermiques

Les appuis d'ouvrages

Pourquoi placer des appareils d'appui sous les points d'appui des tabliers d'ouvrage/

Les appuis néoprène

Les appuis glissants

Les coupures minces