

# MASTER I VOA

Semestre : II

- Unité d'enseignement : UEF 1.2.1
  - Matière: Dimensionnement des ponts2
  - VHS : 45h00 (cours : 1h30, TD : 1h30)
  - Crédits : 4
  - Coefficient : 2
- Contrôle Continu : 40% ; Examen :60%



Dr. Zakaria Bouraoui  
ZAKARIA.BOURAOUI@UNI-BISKRA.DZ



Matière :



## **DIMENSIONNEMENT DES PONTS II**

PROMO 2020-2021

# Qui je suis ?

## Situation Académique :

- BAC SCIENCE 2006
- LICENCE EN G.C OPTION VOA 2009 -UNIV-BISKRA-
- MASTER EN G.C OPTION VOA 2011 -UNIV-BISKRA-
- DOCTORAT EN G.C 2019 UNIV-BISKRA & L'ÉCOLE CENTRALE DE PARIS, FRANCE (DANS LE CADRE DE PNE)



**Dr. Bouraoui Zakaria**

Situation familiale : Marié

Enfantes : 3

Date et lieu de naissance:

28/02/1988 à Biskra

## Expérience Académique :

- Charge de TD et TP : module de topographié 3eme année hydraulique 2012/2011.
- Charge de cours et tp : module de topographié 3eme année architecture 2012/2013.
- Charge de cours: module de SIG 2em année master architecture 2013/2014.
- Charge de td : module de ouvrage de soutènement 1er master génie civil année 2014/2015.
- Responsable de cours de conception avancée des ponts master 2 VOA 2019/2020.
- Responsable de cours de pathologie et SIG Master 2 Géotechnique 2019/2020.



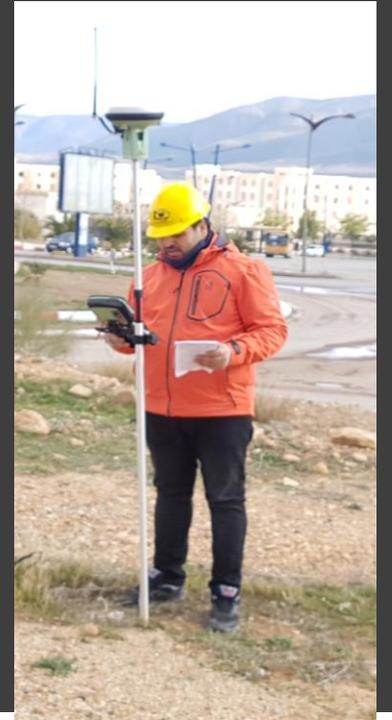
Dr. Zakaria Bouraoui  
ZAKARIA.BOURAOUI@UNI-BISKRA.DZ



# Qui je suis ?

Situation professionnelle (10 ANS):

**CONSULTANT - EXPERT EN  
GÉOTECHNIQUE - GÉODYNAMIQUE  
TOPOGRAPHIE**



CW14 au pk26+00



CW14 au pk 11+000



**Consultant de SARL d'études topographiques et VRD - BEVRD- Bouraoui dans le cadre des études :**

- Réhabilitation et aménagement du CW02 et CW02 A sur 47 kms
- Etude et réhabilitation du CC reliant el mazraa -guiber par theniet ali sur 30 kms. (Tebessa).
- Etude et réhabilitation du cc guiber-limite commune el ocla sur 08 kms. (Tebessa).
- Réhabilitation et aménagement du cw02 et cw02 a sur 47 kms.
- Réhabilitation et aménagement du cw54 a sur 17 kms.(Biskra).
- Liaison el hadjeb- m'lili sur 12 kms.(Biskra).
- Evitement de la ville de m'rahna. (Soukahrasse).
- Etude liaison birine-dhayet leben -rn40 sur 10 kms.(Djelfa).
- Etudes géotechnique pour l'étude de réhabilitation du cw54a sur 17 kms....



# OBJECTIFS

## Objectifs de l'enseignement :

Permettre aux étudiants de dimensionner les différents éléments de l'infrastructure et l'équipement d'un pont quelconque ainsi que le calcul sismique des ponts suivant le règlement parasismique algérien des ouvrages d'art ( RPOA 2008).



Dr. Zakaria Bouraoui  
ZAKARIA.BOURAOUI@UNI-BISKRA.DZ





# Connaissances préalables recommandées

---

## Connaissances préalables recommandées :

- Dimensionnement des ponts 1,
- Dynamique des structures 1,
- Projet ouvrages en béton,
- RDM,
- Géotechnique.



Dr. Zakaria Bouraoui  
ZAKARIA.BOURAOUI@UNI-BISKRA.DZ





# CONTENU DE LA MATIÈRE

---

- **Chapitre 1: Calcul des hourdis de ponts.** (2 Semaines)
- **Chapitre 2: Equipements d'un pont** (2 Semaines)  
Appareils d'appui, Joint de chaussée, Barrière de sécurité.
- **Chapitre 3: Calcul des appuis** (3 Semaines)  
Calcul des piles, Calcul des culées.
- **Chapitre 4: Calcul sismique des ponts** (8 Semaines)  
Charge sismique, Méthodes de calcul sismique, Règlement RPOA 2008, Spectres de réponse élastiques et inélastiques, Dispositifs parasismiques.



---

GENERALITES:

RAPPEL DE DÉFINITION



Dr. Zakaria Bouraoui  
ZAKARIA.BOURAOUI@UNI-BISKRA.DZ





# Introduction

Lors de la construction d'une voie de circulation, il arrive toujours un moment où l'on rencontre un obstacle :

- Naturel (brèche, cours d'eau)
- Artificiel (route, voie ferrée, canal)

Pour assurer la continuité de l'ouvrage, 2 solutions :

1. éliminer l'obstacle (remblayer une brèche, détourner un cours d'eau)

2. conserver l'obstacle mais :

- passer au travers ou au dessous (tunnel)
- au dessus (pont)
- contourner (déviation)



# Introduction

La conception des ponts est en constante évolution grâce à l'emploi de matériaux de plus en plus performants, à des moyens de calculs permettant d'établir des modèles de comportement très sophistiqués et à la création de formes originales apportant de nouvelles solutions, pour apporter de nouvelles solutions aux problèmes posés par le franchissement d'obstacles de plus en plus impressionnant.



# Quelques définition

**Passerelles** : Au sens premier, le mot passerelle désigne un pont habituellement de taille restreinte.

En architecture, une passerelle est un passage couvert, suspendu et ne touchant pas le sol entre deux bâtiments. Plus généralement, elle désigne un pont à l'usage exclusif des piétons et/ou cyclistes.

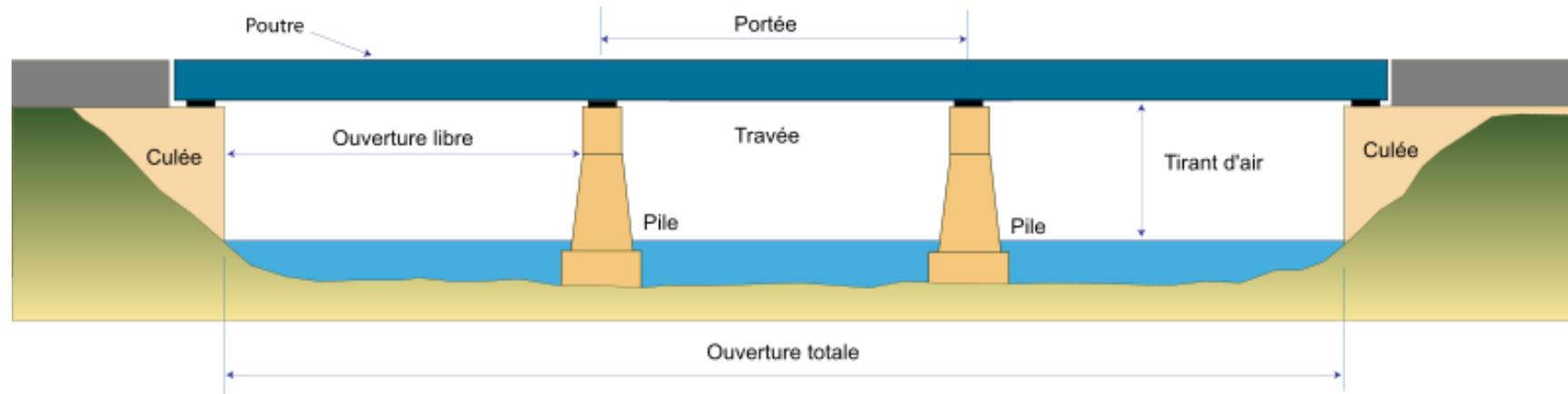
**Pont** : Un pont est une construction qui permet de franchir une dépression ou un obstacle (cours d'eau, voie de communication...) en passant par dessus.

Les ponts font partie de la famille des [ouvrages d'art](#).



# Comment franchir un obstacle ?

## TERMINOLOGIE D'UN PONT



Un pont comprend trois parties distinctes :

- le **tablier**, structure sur laquelle se fait le déplacement à niveau ou avec une pente suffisamment faible pour être admissible par des piétons, des animaux ou des véhicules (automobiles, trains, avions, ...) entre ses deux extrémités,
- les **appuis** qui supportent le tablier : **culées** aux deux extrémités et **piles** intermédiaires ou **piles-culées** si le tablier n'est pas continu,
- les **fondations** qui permettent la transmission des efforts de l'ouvrage au terrain.



# Quelques termes



De façon générale, un pont est un ouvrage en élévation, construit in situ, permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle.

La désignation du pont s'adapte à son utilisation :

Passage de :	Désignation du pont :
Une route	<b>Pont-route</b>
Une voie piétonne	<b>Passerelle</b>
Une voie ferrée	<b>Pont-rails</b>
Un canal	<b>Pont-canal</b>
Eau d'addiction	<b>Aqueduc</b>

# Quelques termes

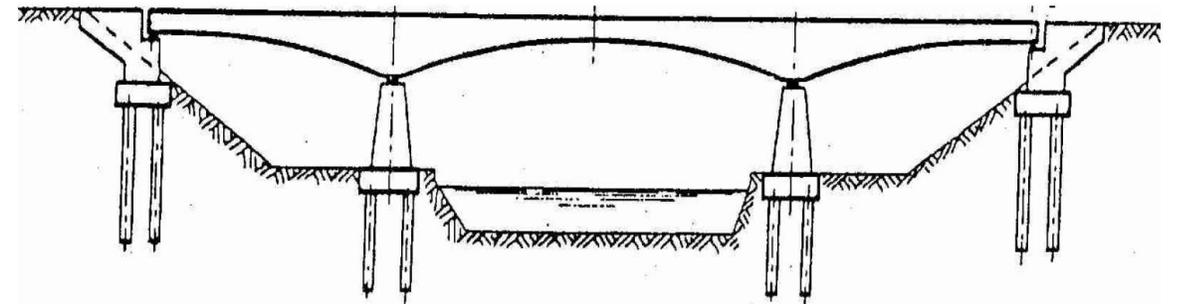
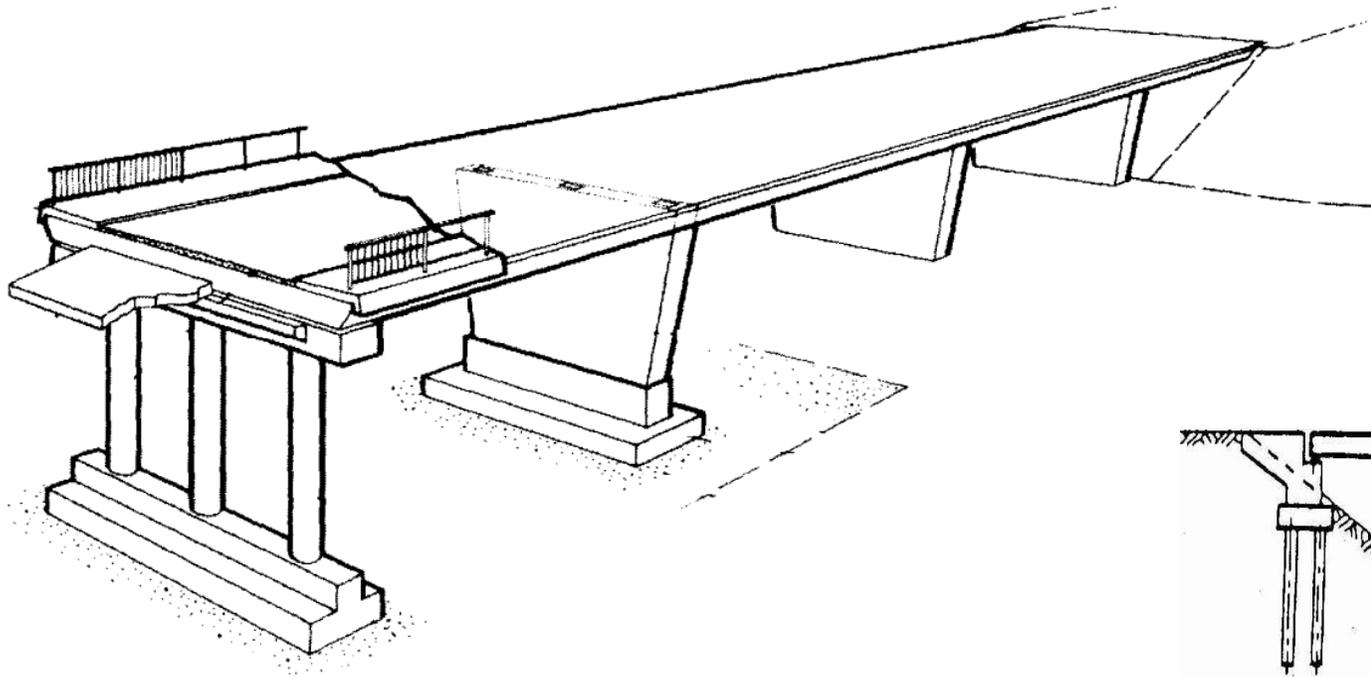
On distingue en outre les différents types d'ouvrages suivants :

- Ponceau ou dalot : pont de petites dimensions (quelques mètres)
- Viaducs : ouvrage généralement de grande hauteur, ou à nombreuses travées



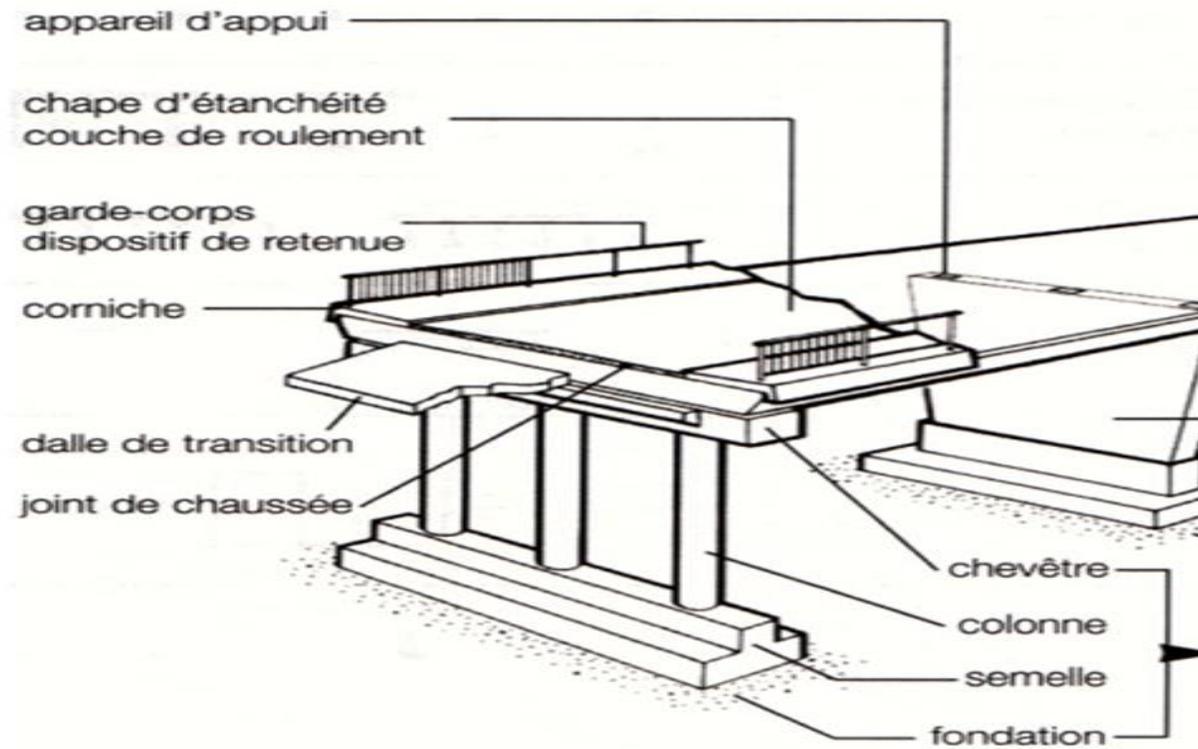
# Quelques termes

## Définition et différentes parties d'un pont.



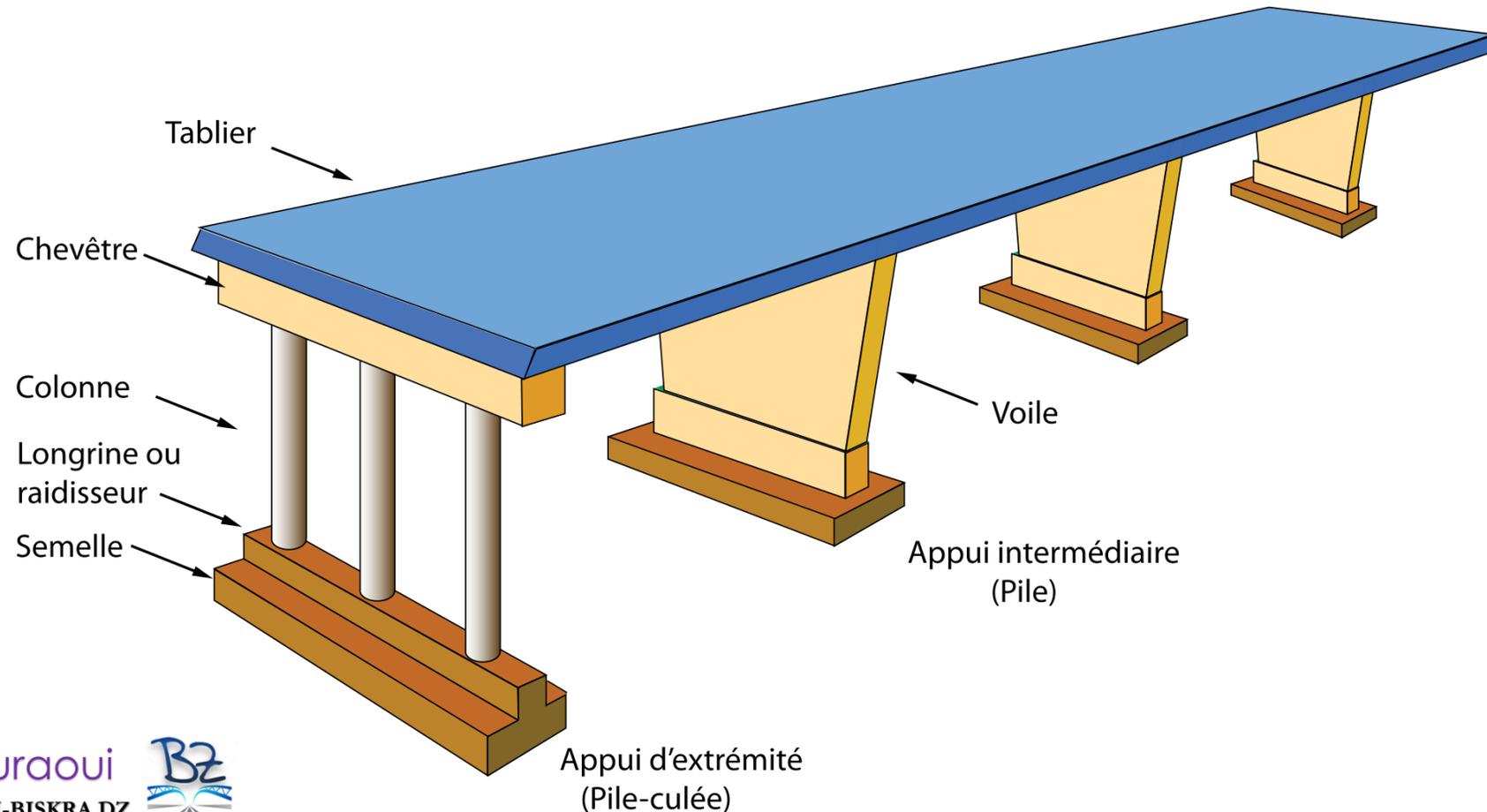
# Quelques termes

## Définition et différentes parties d'un pont.



# Quelques termes

## Définition et différentes parties d'un pont.



# Quelques termes

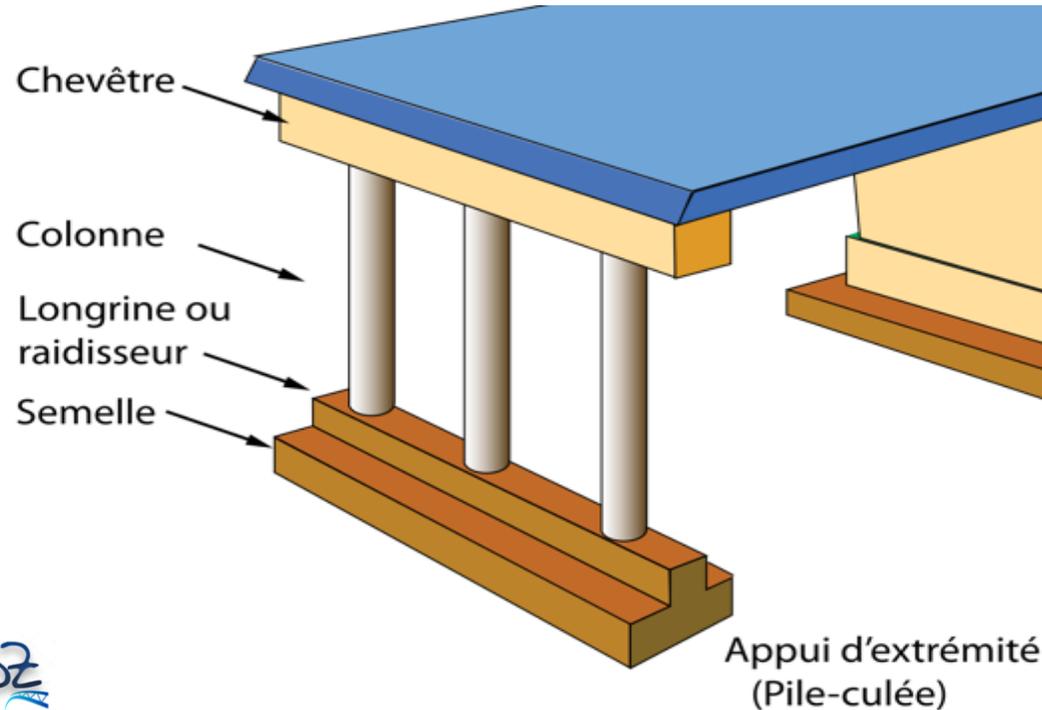
## Les appuis.

Ils transmettent au sol les actions provenant du tablier. Ils sont généralement en béton armé.

### 1- Les piles.

Elles comportent au minimum 2 parties :

- La superstructure ou fût, reposant éventuellement sur une nervure.
- La fondation



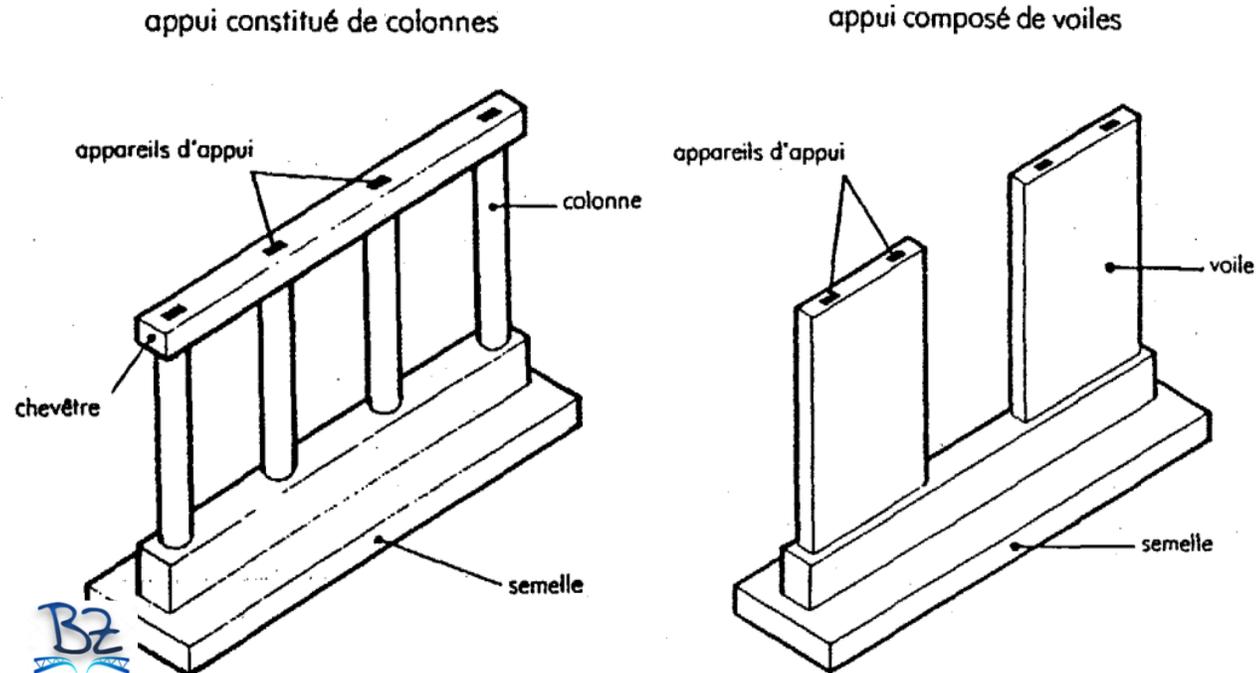
# Quelques termes

Elle comporte des éléments verticaux qui peuvent être :

- Des voiles -éléments longs, de section allongée

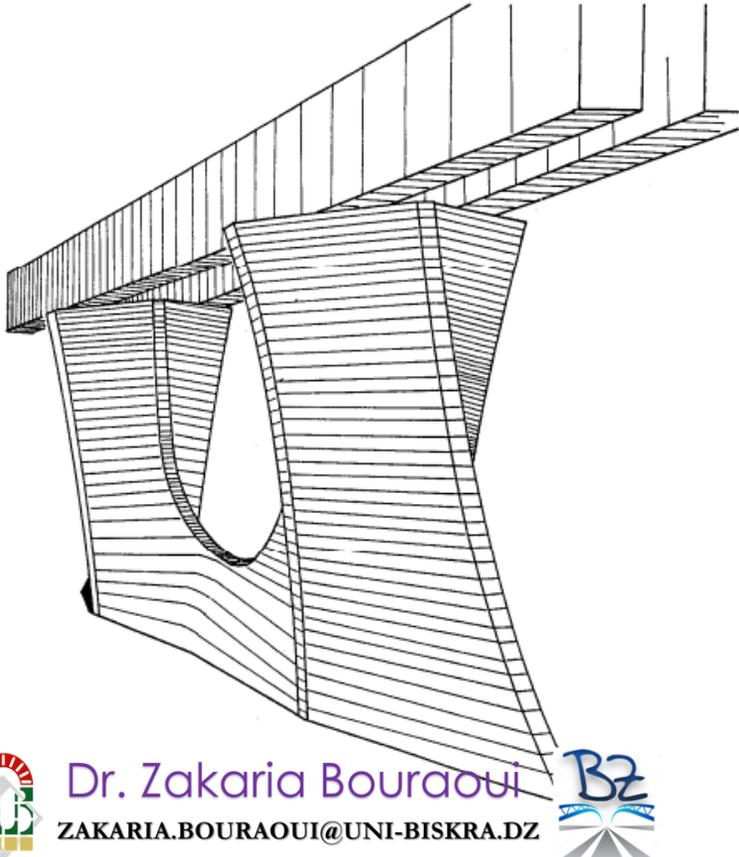
-Ils comportent au moins 2 points d'appui pour supporter le tablier.

- Des colonnes (section circulaire) ou des poteaux (section rectangulaire), éléments courts, de faible section
- Chaque élément comporte un point d'appui ou bien les éléments sont reliés en tête par un chevêtre sur lequel repose les points d'appui du tablier



# Quelques termes

De plus, les piles participent fortement à l'aspect esthétique du pont



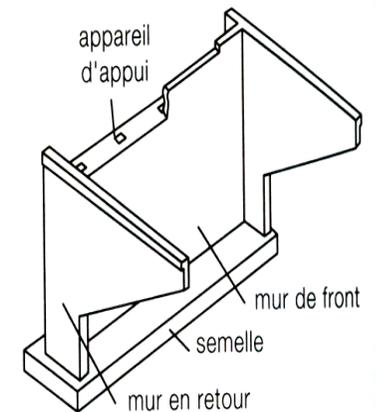
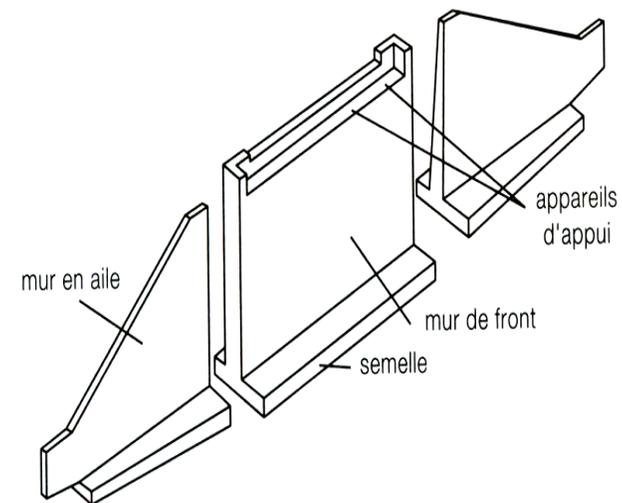
# Quelques termes

## Les culées

Appuis d'extrémité, elles assurent le soutènement du remblai d'accès à l'ouvrage.

Les culées comportent 4 parties :

- une fondation
- un mur de front, sur lequel s'appuie le tablier et qui assure la stabilité du remblai d'accès.
- un mur de tête, qui assure le soutènement des remblais latéralement.
- une partie supérieure (chevêtre) sur laquelle s'appuie le tablier.



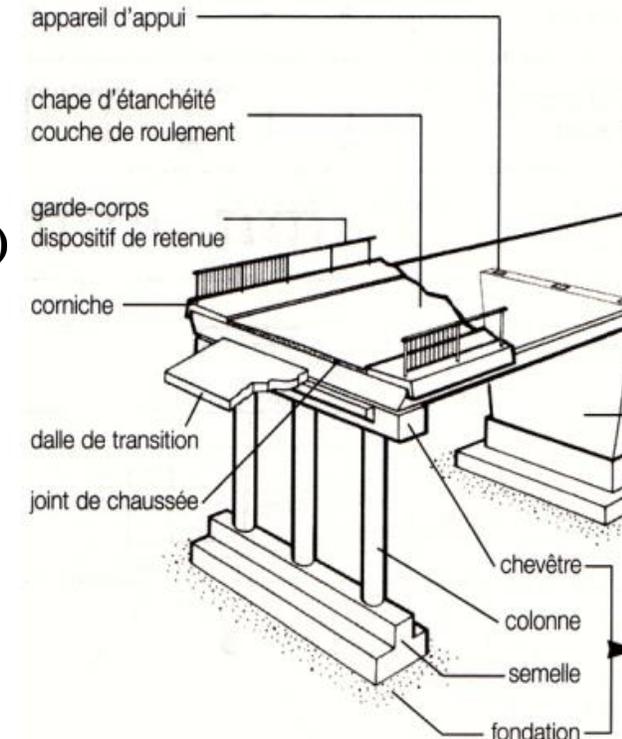
# Quelques termes

## Les piles-culées.

Ce sont des appuis d'extrémité, enterrés dans le remblai d'accès (complètement ou partiellement).  
La pile culée n'assure pas la fonction de soutènement du remblai d'accès (sauf en tête de remblai dans certains cas).

Les piles-culées comportent 3 parties :

- une fondation
- une partie intermédiaire constituée par des éléments verticaux (voiles, poteaux, colonne)
- une partie supérieure (chevêtre) sur laquelle s'appuie le tablier.

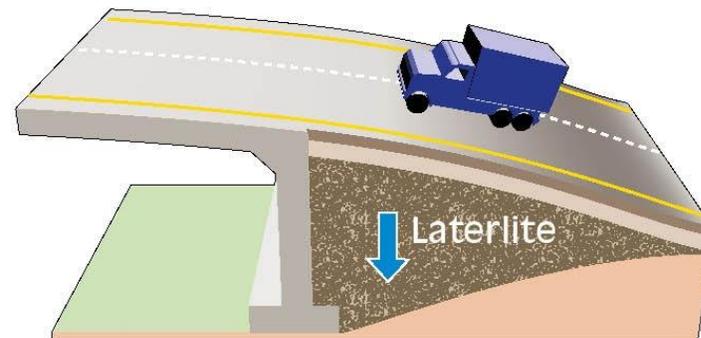
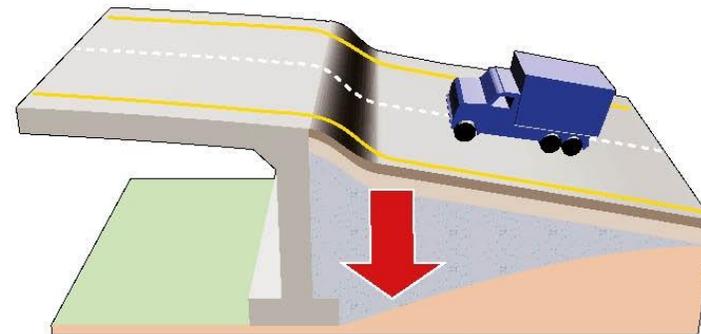


# Quelques termes

## Le remblai d'accès.

Le maintien du remblai est ici généralement assuré par le technique de la terre armée:

- le remblai est bordé par des écaïlles auxquelles sont fixées des armatures plates crantées en acier galvanisé (ou en fibres polyester-polyéthylène) qui sont disposées dans le remblai fortement compacté.



# Quelques termes

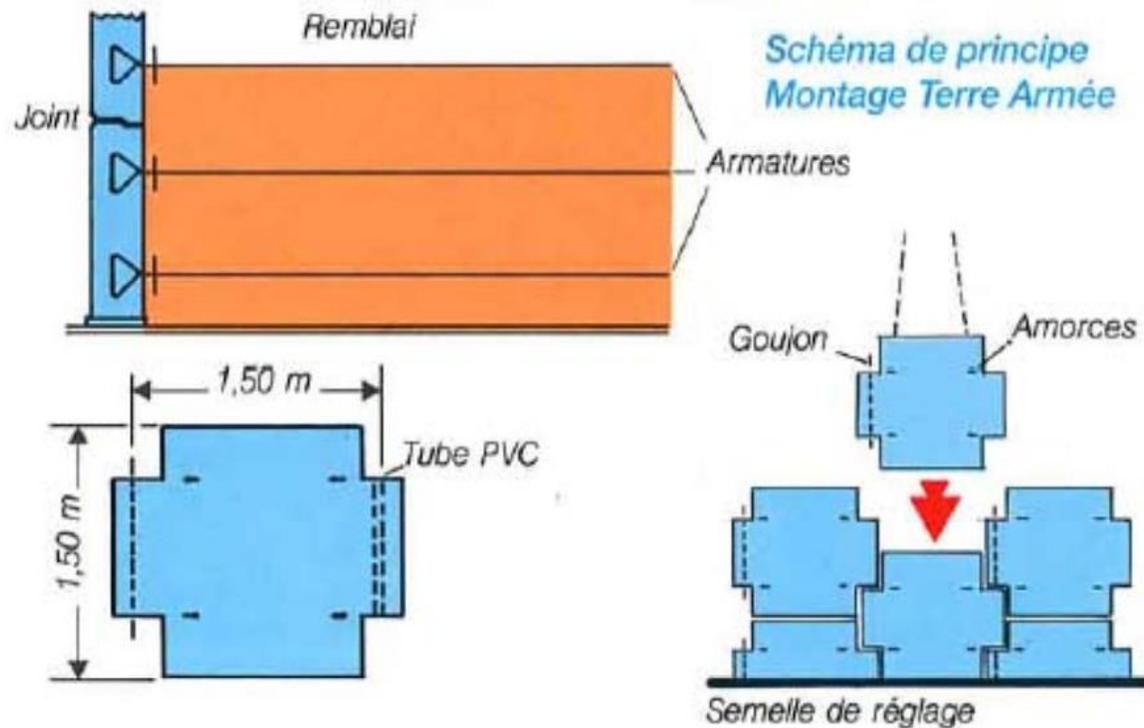
## Le remblai d'accès.

Le système fonctionne grâce aux frottements importants entre les armatures (réparties tout les 75 cm environ) et le remblai pulvérulent mis en oeuvre par couche de 40 cm environ d'épaisseur. Les écailles sont imbriquées les une dans les autres par boulons centreurs.



# Quelques termes

## Le remblai d'accès.

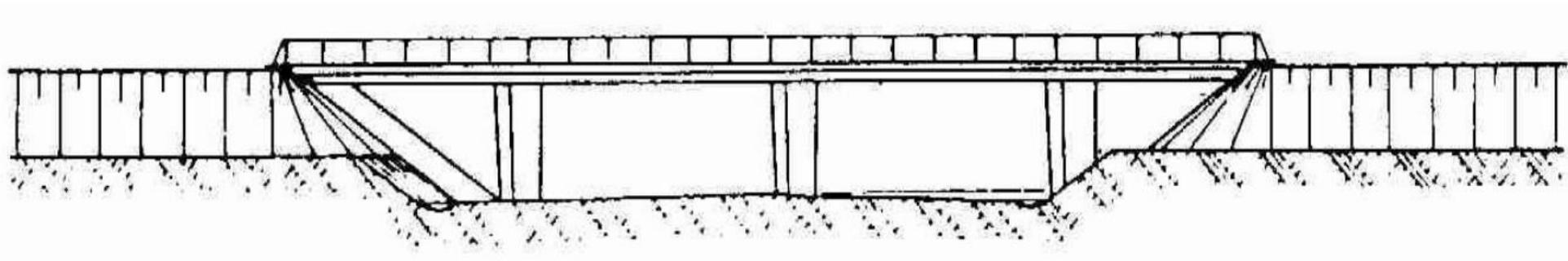


# Quelques termes

## Nom des vues de représentation.

Le profil en long ou élévation.

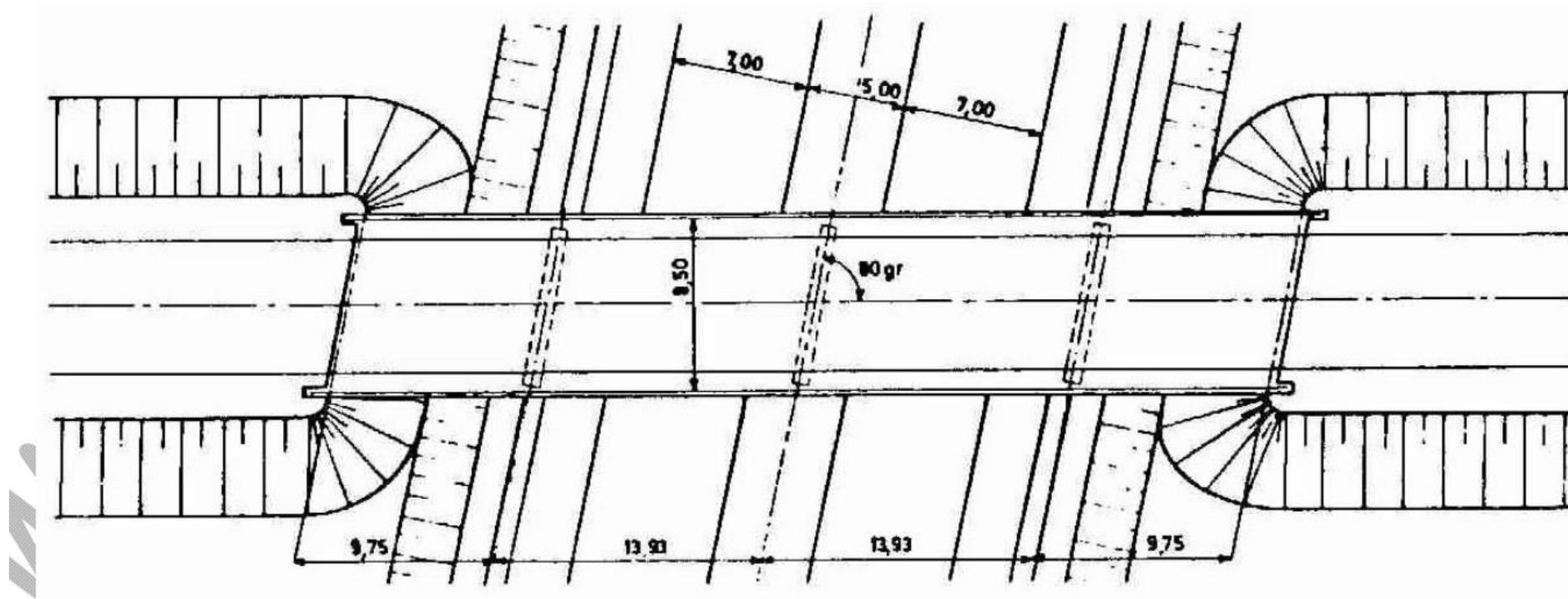
- L'extrados doit permettre le raccordement avec le profil en long de la route.
- L'intrados doit permettre la circulation éventuelle en dessous



# Quelques termes

## Le tracé ou vue en plan.

Le tracé d'un pont doit aujourd'hui se raccorder au mieux aux voies de communication qu'il relie.

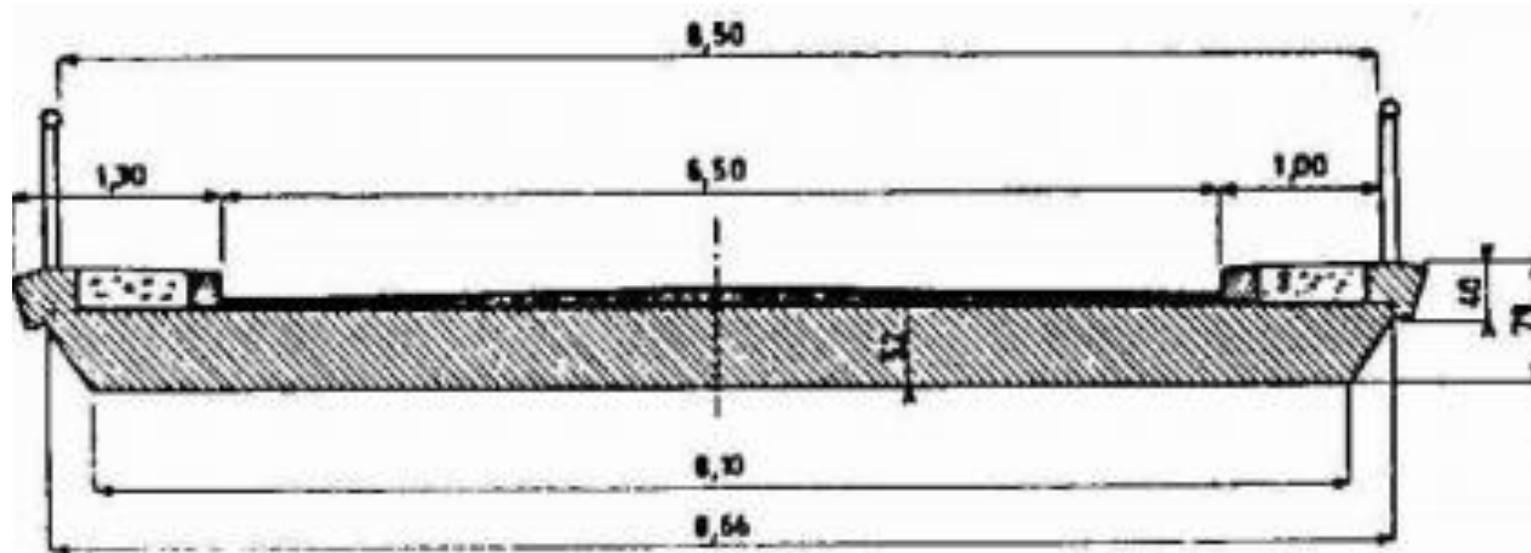


Ici, il s'agit d'un pont "biais" (les voies n'étant pas orthogonales)

# Quelques termes

## Le profil en travers ou coupe transversale.

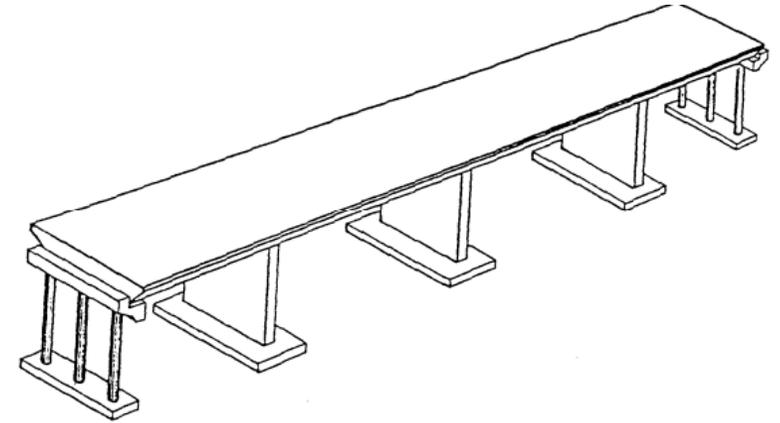
Il doit être conforme à celui des voies qu'il relie : largeur de la chaussée, nombre de voies, trottoir...



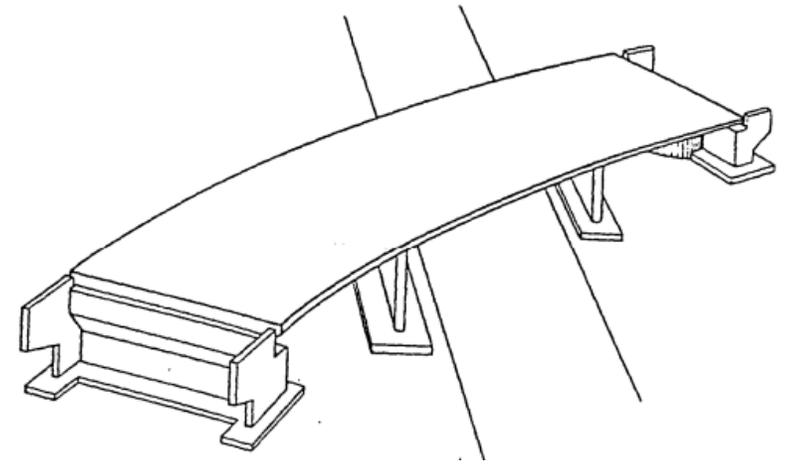
# Quelques termes

## Perspectives

perspective d'un pont droit :



perspective d'un pont courbe :



# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

Les ponts peuvent être distingués en observant leur structure:

- Les ponts construits sur une voûte,
- Les ponts construits sur des poutres (droites, inclinées ou courbes),
- Les ponts construits sur des poutres renforcées par une triangulation,
- Les ponts construits sur un ou plusieurs arcs,
- Les ponts à haubans (câbles accrochés à des pylônes),
- Les ponts suspendus (le tablier est suspendu à une ossature),
- Les ponts mobiles (levant, tournant, pivotant ),
- Les ponts particuliers.



# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

Les ponts peuvent être classés au choix selon :

**- Les matériaux de construction :**

- . Bois,
  - . Pierre,
  - . Métal,
  - . Béton armé,
  - . Béton précontraint.
- Les structures (droites, cintrée ou triangulées),
  - Les portées (distance entre deux appuis),
  - Les époques,
  - L'utilisation des ponts (par des piétons, des voitures, des trains, etc...).



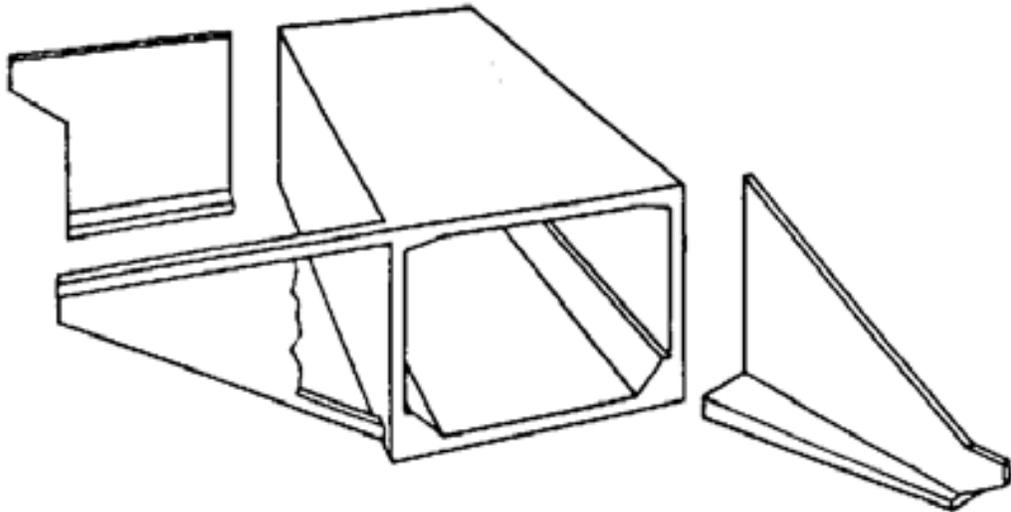
# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

## Critères de classification

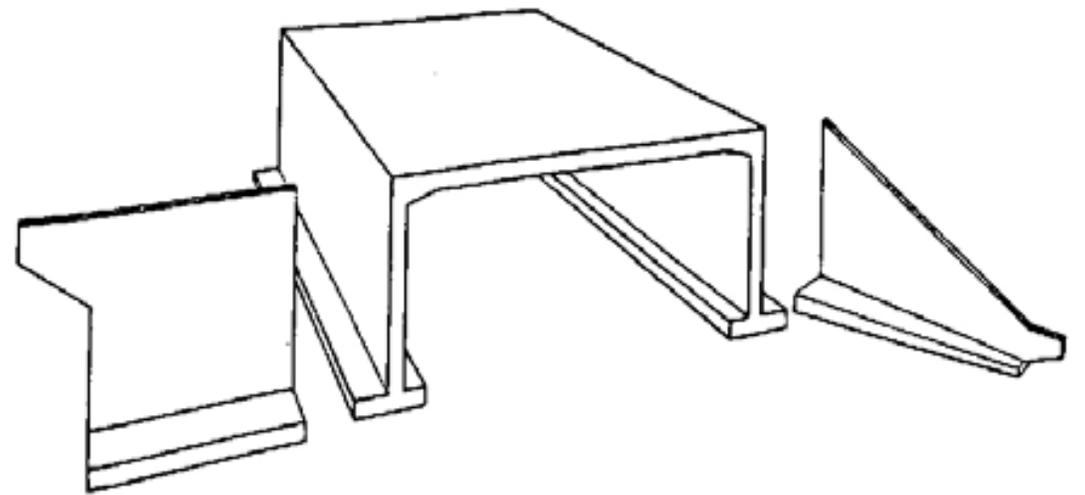
### a) Les ponts cadre.

Ils sont apparus vers les années 1960, lorsque le programme de construction des autoroutes françaises s'accéléra, et que de nouvelles contraintes apparaissent (qualité de tracé engendrant la réalisation de ponts biais ou courbes, sécurité, nouvelles techniques...).

Ils sont de deux types :



Passage inférieur à cadre fermé (PICF)



Passage inférieur à portique ouvert (PIPO)

# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

Critères de classification

a) Les ponts cadre.



Passage inférieur à cadre fermé (PICF)

# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

Critères de classification

a) Les ponts cadre.



Passage inférieur à portique ouvert (PIPO)

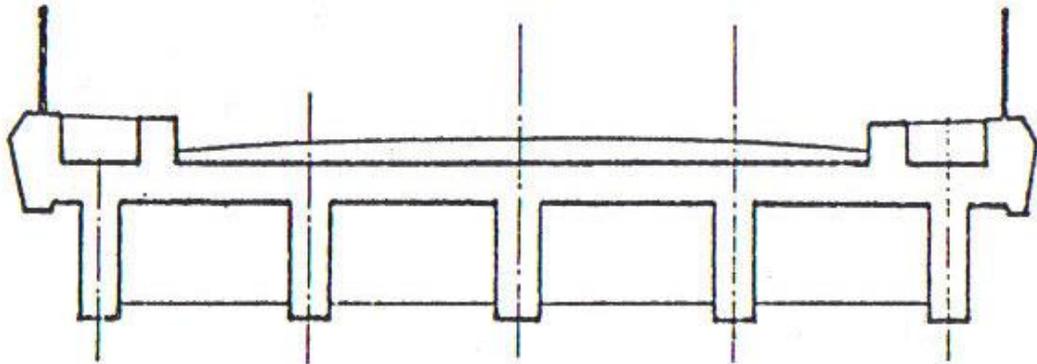


# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

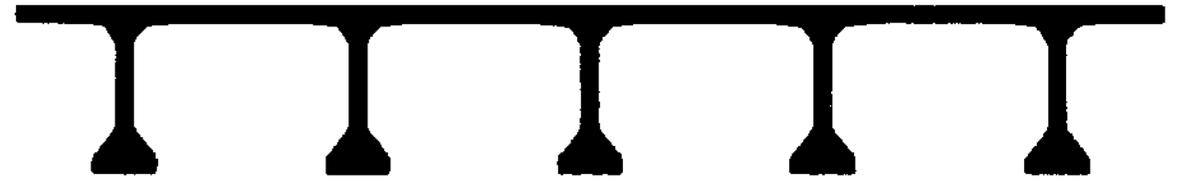
## Critères de classification

### b) Les ponts à poutres

Ouvrages dont la structure reprend les charges par son aptitude à résister à la flexion, les réactions d'appui étant verticales. La section transversale est constante.



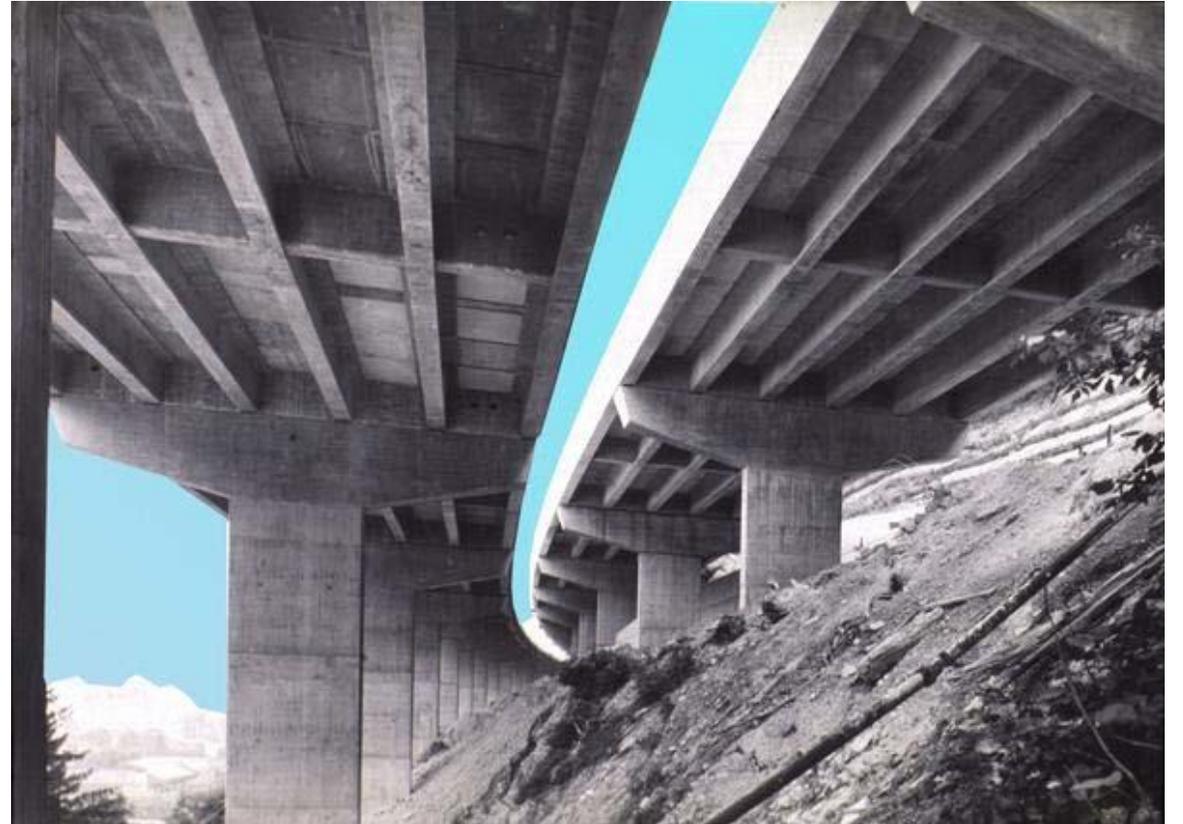
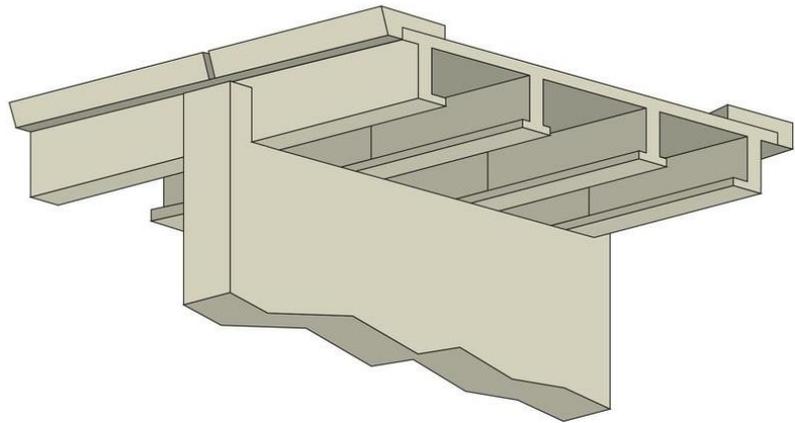
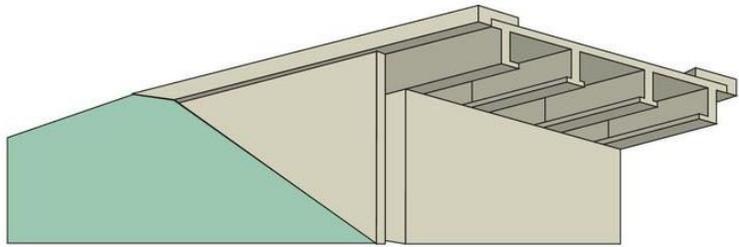
Passage supérieur ou inférieur à poutres armées  
(PSIPA)



Passage supérieur ou inférieur à poutres  
précontraintes

# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

## b) Les ponts à poutres



Passage supérieur ou inférieur à poutres armées (PSIPA)

# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

Critères de classification

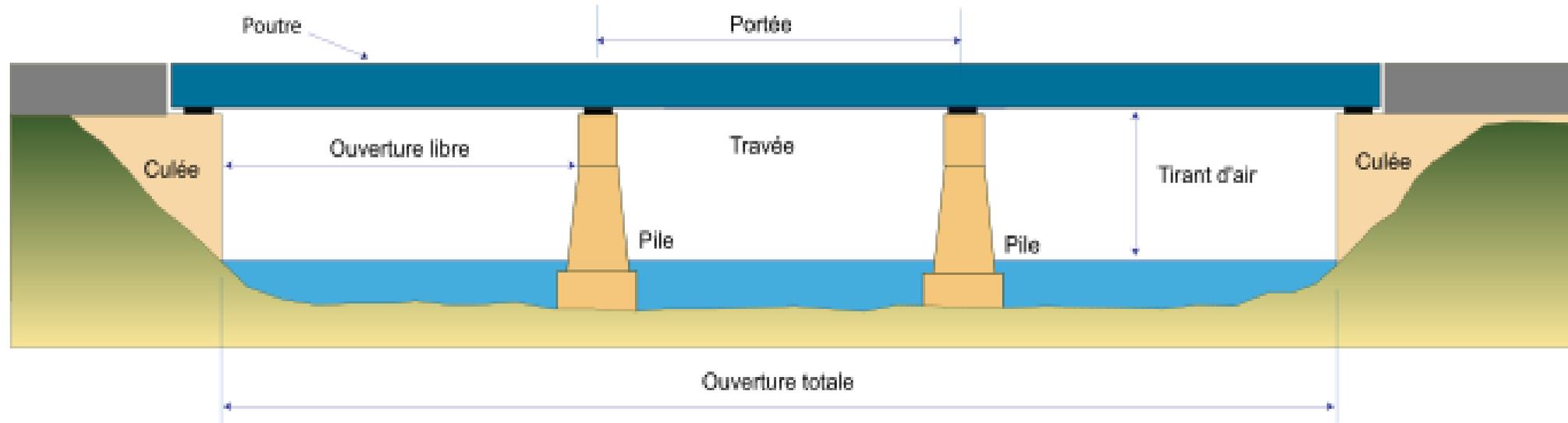
b) Les ponts à poutres



Passage supérieur ou inférieur à poutres précontraintes



# Ponts à poutres



# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

## Critères de classification

### c) Les ponts dalles.

Ils sont assimilables aux ponts poutres de part leur fonctionnement mécanique, leur section restant aussi constante.

Ils sont différenciés par la forme de la dalle.



Dr. Zakaria Bouraoui  
ZAKARIA.BOURAOUI@UNI-BISKRA.DZ



Passage supérieur ou inférieur à dalle armée  
(PSIDA)



Passage supérieur ou inférieur à dalle précontrainte à encorbellement  
(PSIDP)



Passage supérieur ou inférieur à dalle élégie (PSIDE)



Passage supérieur ou inférieur à dalle nervurée (PSIDN)

# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

Critères de classification

c) Les ponts dalles.



Pont à dalle armée (PSIDA)



Pont à dalle précontrainte à encorbellement (PSIDP)



# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

d) Les ponts en arc.

Pont à béquille (PSIBQ)



# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

## d) Les ponts en arc.



Pont en arc à tablier intermédiaire

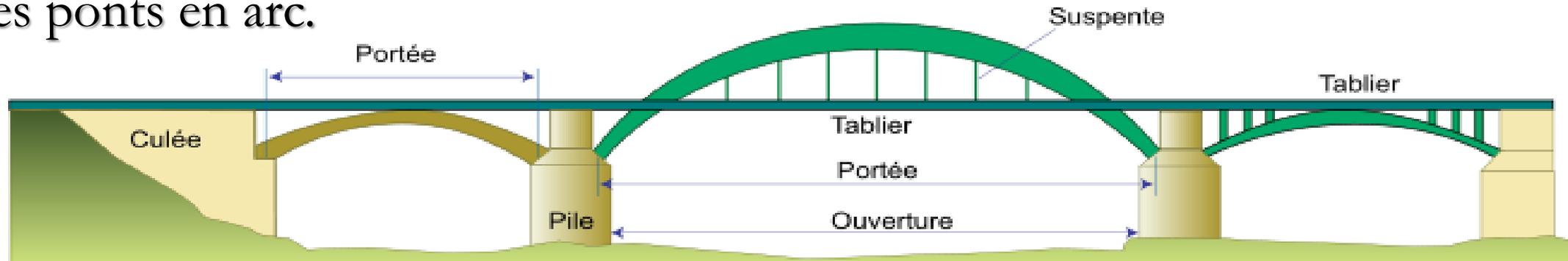
Dr. Zakaria Bouraoui

ZAKARIA.BOURAOUI@UNI-BISKRA.DZ



# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

## d) Les ponts en arc.



Voûte (maçonnerie)

Arc par-dessus (coupant le tablier)  
à tablier suspendu (béton armé)

Arc par-dessous  
(sous tablier)  
(Métal ou béton armé)



# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

## f ) Les ponts à câbles.

Le tablier est alors supporté par des câbles. Ce sont des structures plus ou moins souples adaptées au franchissement des grandes portées.

On distingue deux types d'ouvrages dont le fonctionnement mécanique est très différent :

- les ponts suspendus (portée jusqu'à 2000 m)



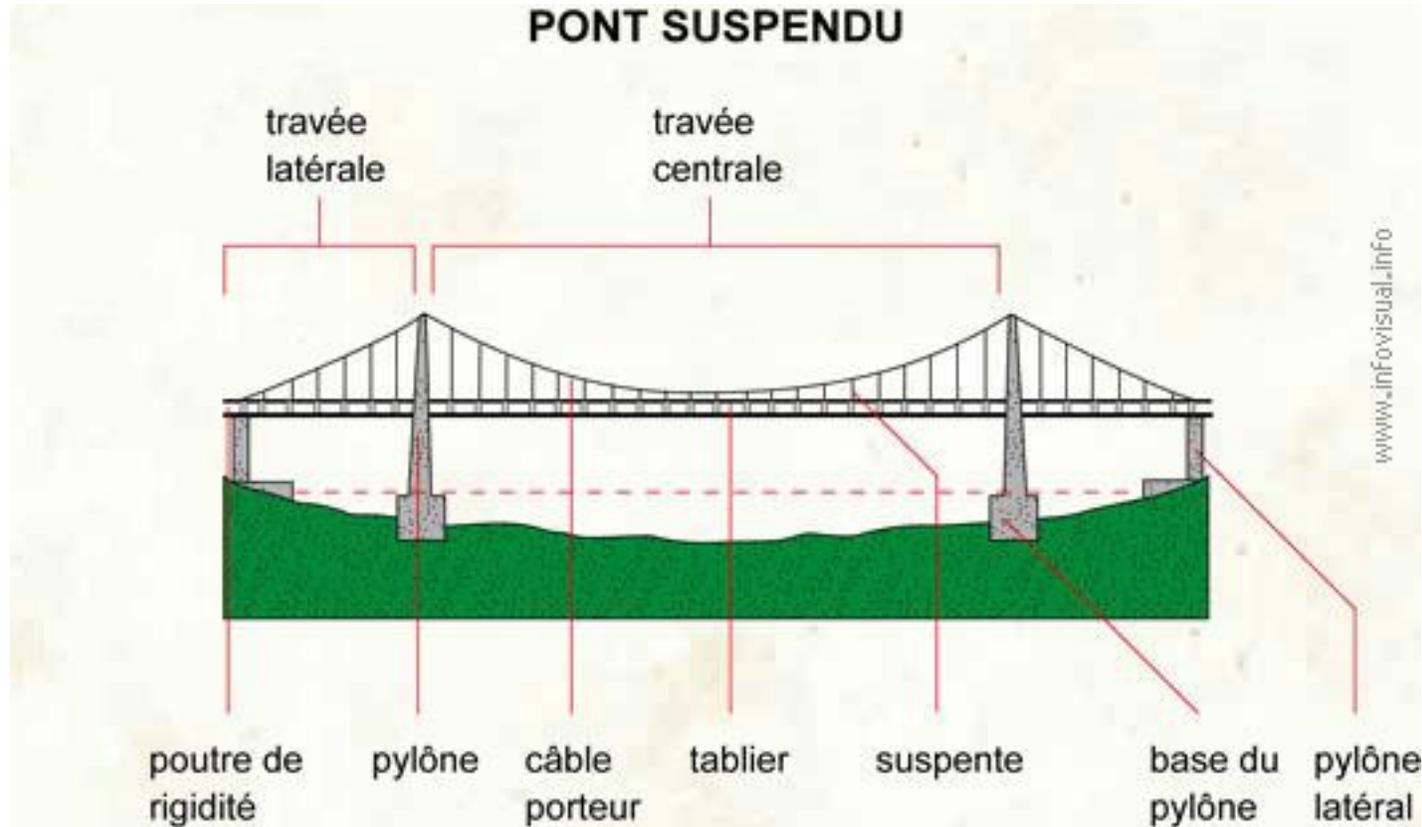
# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

f ) Les ponts à câbles.

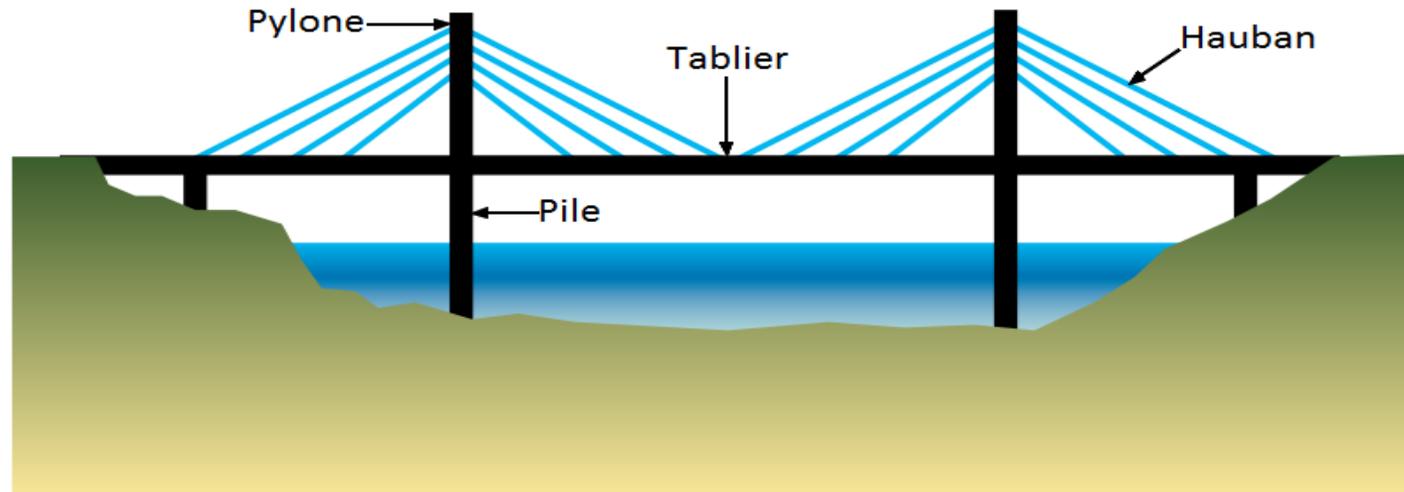
les ponts à haubans (portée jusqu'à 900 m)



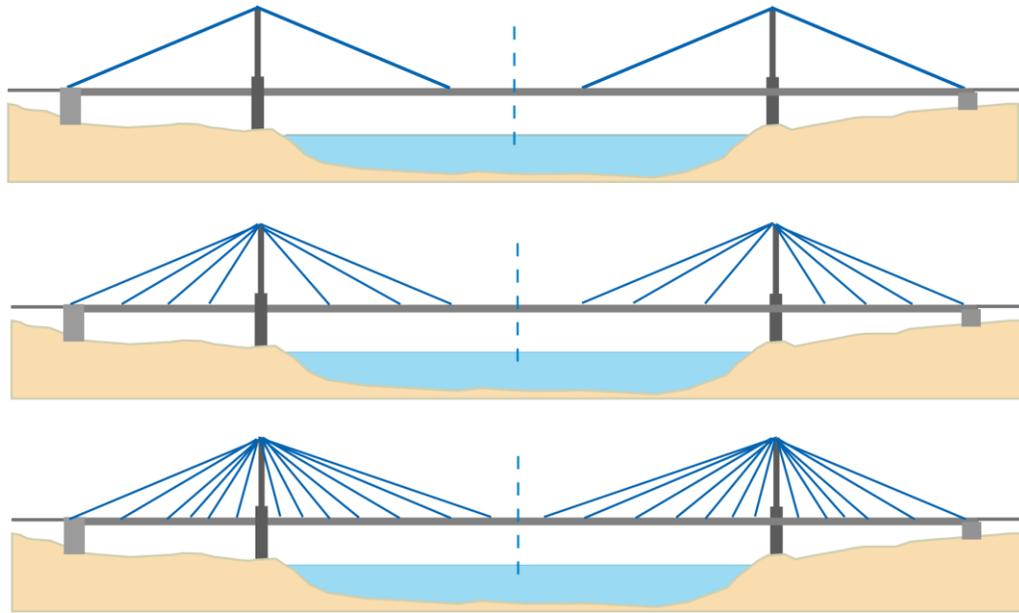
# Ponts suspendus



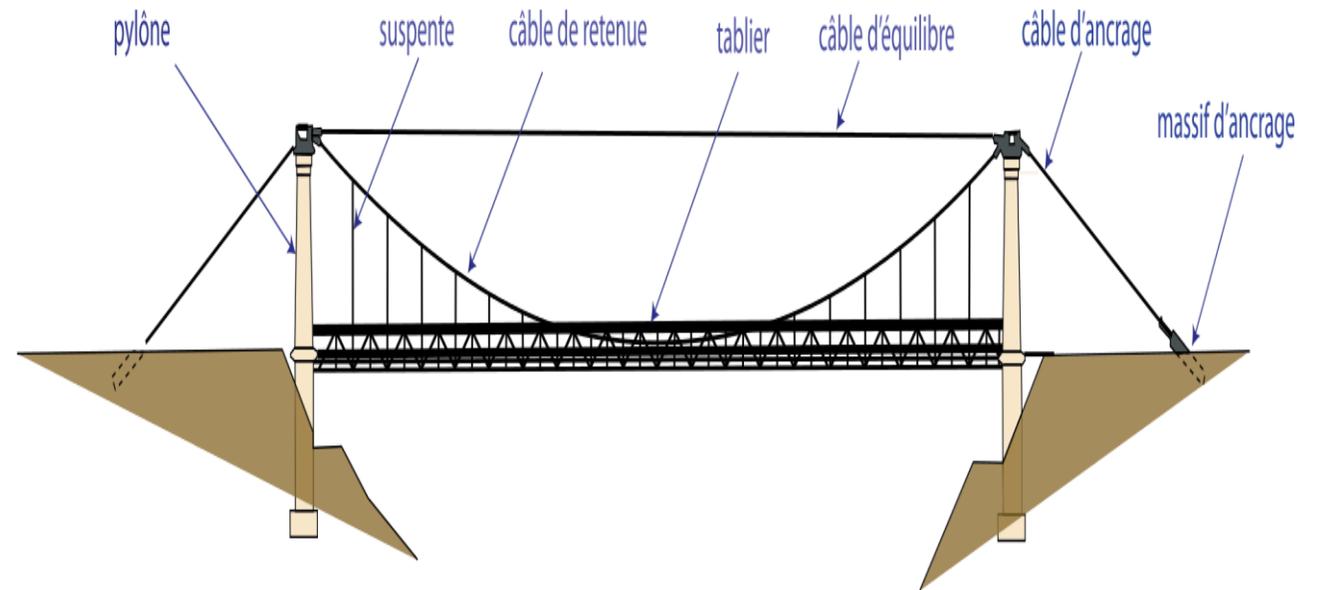
# Ponts suspendus à haubans



# Différence entre un pont suspendu et un pont à haubans



Différents types de ponts haubanés selon le nombre de haubans

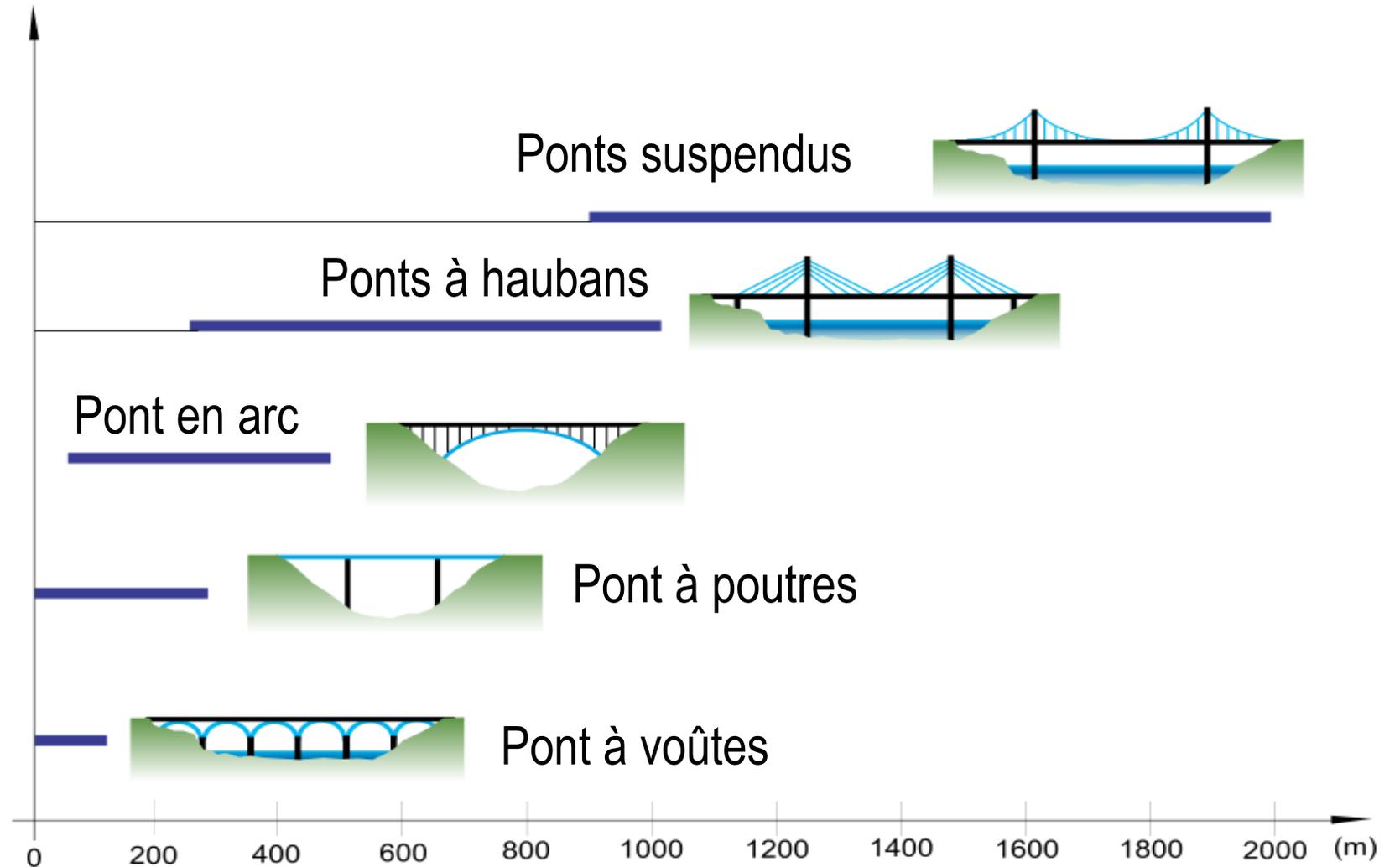


Les composants d'un pont suspendu.

# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

g) Matériaux constitutifs

Quelques  
dimentions



# EXEMPLES DE CLASSIFICATION

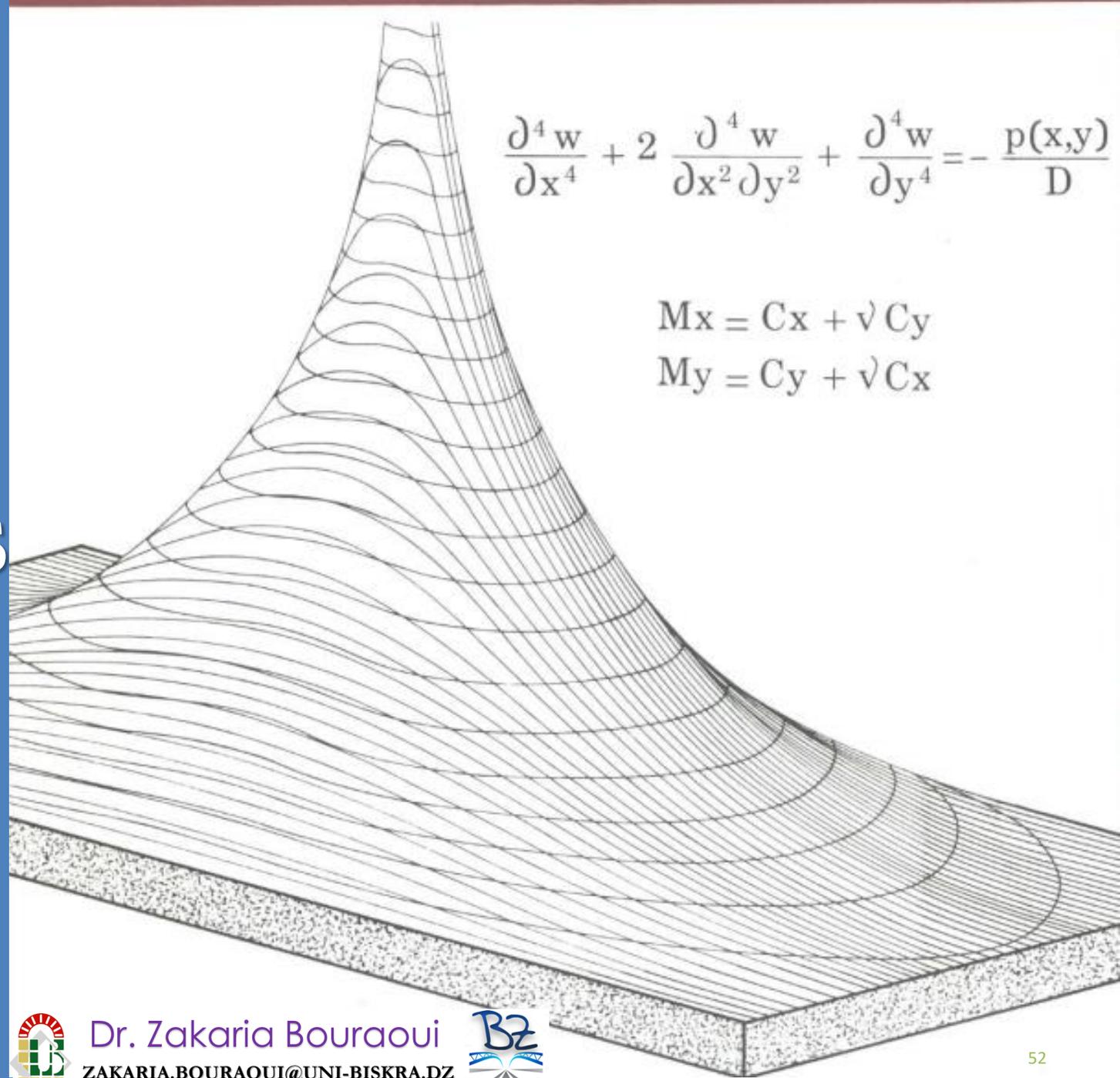
## g) Matériaux constitutifs

Quelques dimensions

Type de pont	Matériau constitutif	Structure et portée
Ponts courants	Bois (lamellé-collé)	<u>Passerelle</u> piéton ou cycliste : portée $\leq 20$ m
	BA ou BP	<u>Dalle</u> : portée $\leq 30$ m : jusqu'à 20 m : en BA de 20 m à 30 m : en BP <u>Poutres</u> : 20 m $\leq$ portée $\leq 60$ m : en BP <u>Caissons</u> : 50 m $\leq$ portée $\leq 100$ m : en BP
	Métal	80 m $\leq$ portée $\leq 200$ m : sans assistance mécanique
Grands ponts	BP, CM, construction mixte (acier + béton)	<u>A haubans</u> : portée jusqu'à 900 m ponts métalliques <u>Suspendu</u> : portée atteignant 2000 m



# CHAPITRE 1: CALCUL DES HOURDIS DE PONTS



$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = - \frac{p(x,y)}{D}$$

$$M_x = C_x + \nu C_y$$

$$M_y = C_y + \nu C_x$$





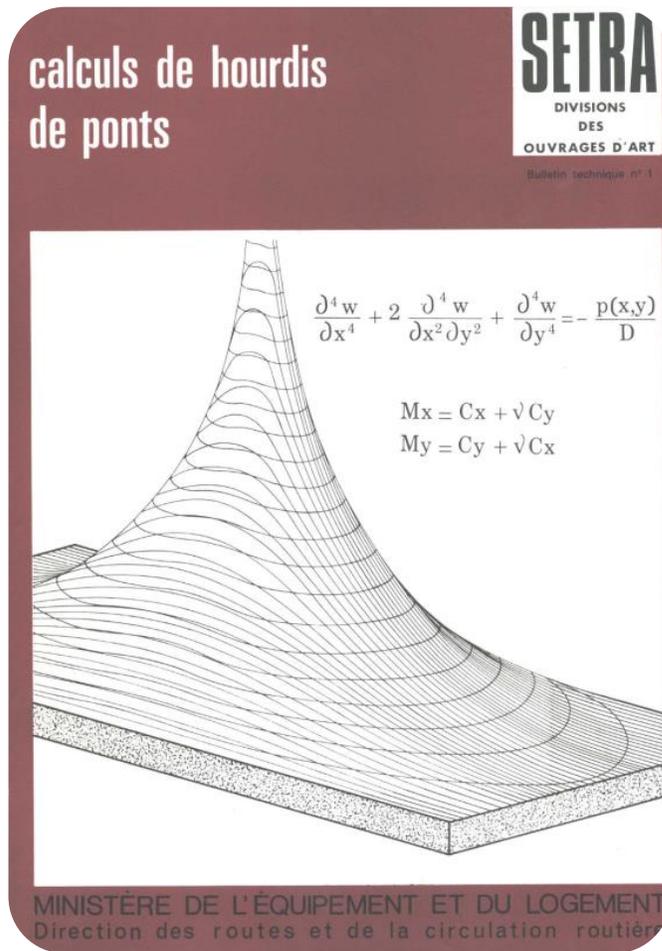
# Chapitre 1: Calcul des hourdis de ponts

- Un hourdis est une couche de remplissage de maçonnerie constituée de béton et reposant sur des éléments préfabriqués en béton.
- Dans les ponts, le hourdis est la partie plane horizontale ou quasi-horizontale, aussi appelée dalle.

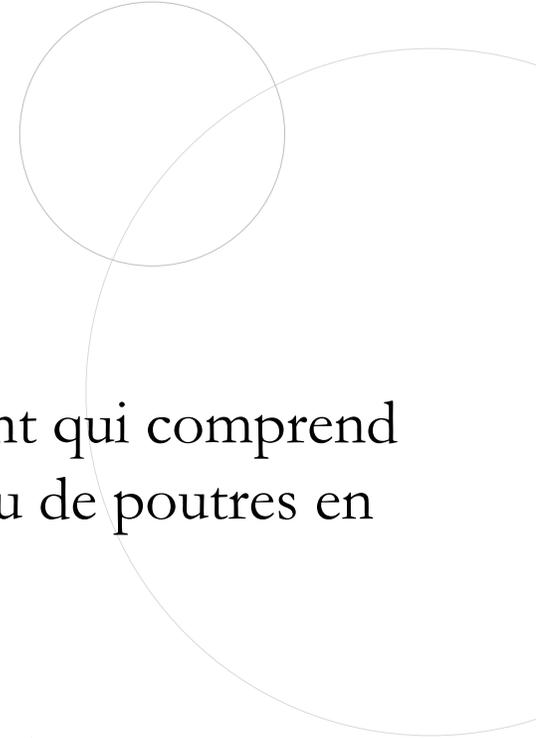
Dans un tablier en poutre-caisson, il y a deux hourdis :

- le hourdis inférieur, partie horizontale inférieure du caisson,
- le hourdis supérieur du caisson, ou dalle supérieure.
- En général, la circulation des véhicules - automobiles ou trains - se fait sur le hourdis supérieur.

# VUE GENERALE SUR LES ABAQUES DE CALCULS DES DALLES DE COUVERTURE DE PONT.



L'objet de la présente édition est de présenter les nouveaux abaques à utiliser pour le calcul des dalles formant hourdis de pont sous les charges d'exploitation définies par le nouveau titre II du fascicule 61.



# Chapitre 1:

## Calcul des hourdis de ponts

---

- Précisons tout d'abord qu'il s'agit de calculer les dalles de couvertures d'un pont qui comprend également des poutres qu'il s'agisse de poutres double T $\acute{e}$ , de poutres caissons ou de poutres en simple T $\acute{e}$  ;

Il faut alors distinguer 2 cas :

- dalle reposant sur des poutres en double T $\acute{e}$ , donc sans rigidité notable à la torsion.
- dalle reposant sur des poutres rigides à la torsion.

# Chapitre 1:

## Calcul des hourdis de ponts

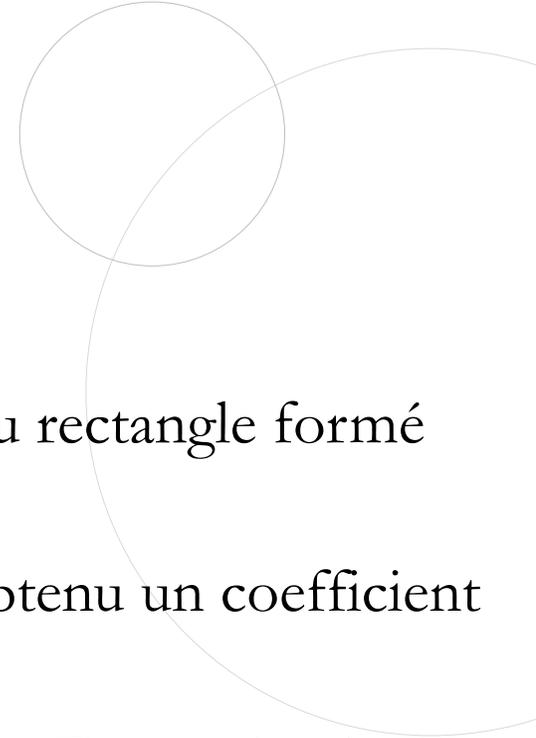


### I. DALLE REPOSANT SUR DES POUTRES EN DOUBLE TE



- Dans ce cas, les âmes des poutres sont minces et la rigidité à la torsion de telles poutres est faible.
- La dalle peut être considérée comme simplement appuyée sur les poutres ; mais il faut tenir compte de la continuité de la dalle.
- Le cas des caissons métalliques peut être traité de la même façon.



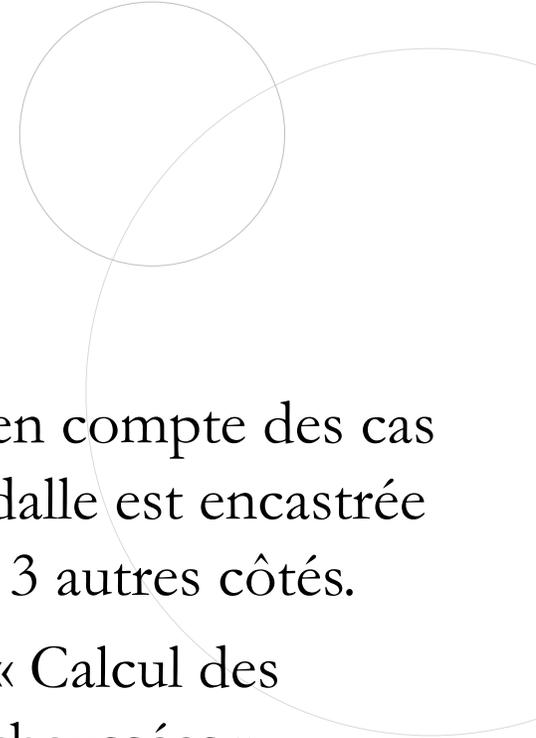


# Chapitre 1:

## Calcul des hourdis de ponts

---

- Les moments au centre de telles dalles se calculent en les supposant limitées au rectangle formé par les poutres et les entretoises et simplement appuyées sur celles-ci.
- On tient compte, le cas échéant, de la continuité en appliquant au moment obtenu un coefficient minorateur.
- Ces moments sont obtenus au moyen des abaques joints à la notice intitulée : « Détermination des moments fléchissants au centre d'une dalle rectangulaire appuyée sur ses quatre côtés sous l'effet des surcharges du système B ».



# Chapitre 1:

## Calcul des hourdis de ponts

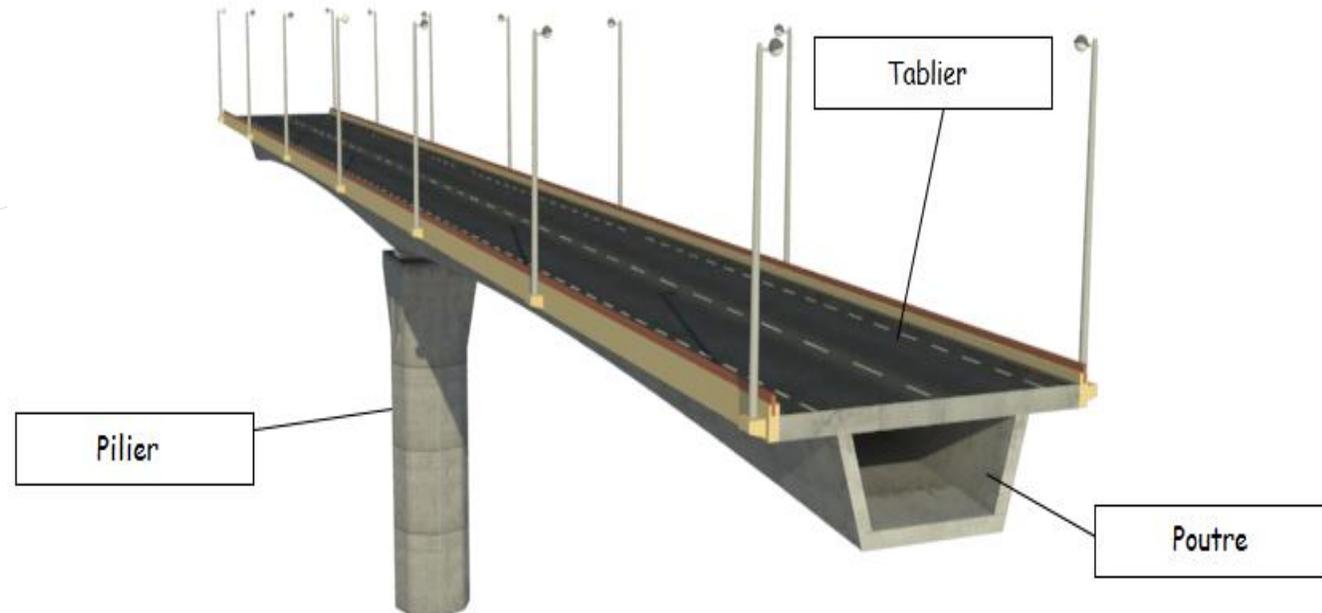
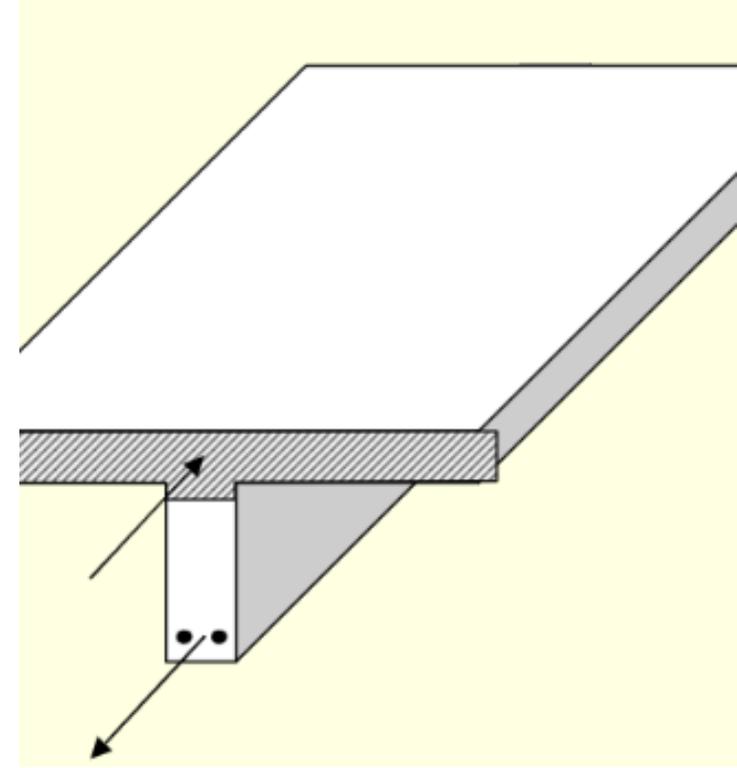
---

- Les moments de continuité sur appui d'une telle dalle se calculent en prenant en compte des cas de charge symétrique par rapport à l'appui considéré- par raison de symétrie, la dalle est encastrée sur le côté considéré ; on peut considérer qu'elle est simplement appuyée sur les 3 autres côtés.
- Les moments sont obtenus au moyen des abaques joints à la notice intitulée : « Calcul des moments d'encastrement dans les dalles de couverture de ponts à poutres sous chaussées ».

● ● ● ● Chapitre 1:  
Calcul des hourdis de ponts

## II. DALLE REPOSANT SUR DES POUTRES RIGIDES A LA TORSION :

- Ces poutres peuvent être :
  - soit des poutres caissons en béton
  - soit des poutres en simple T à âme épaisse.

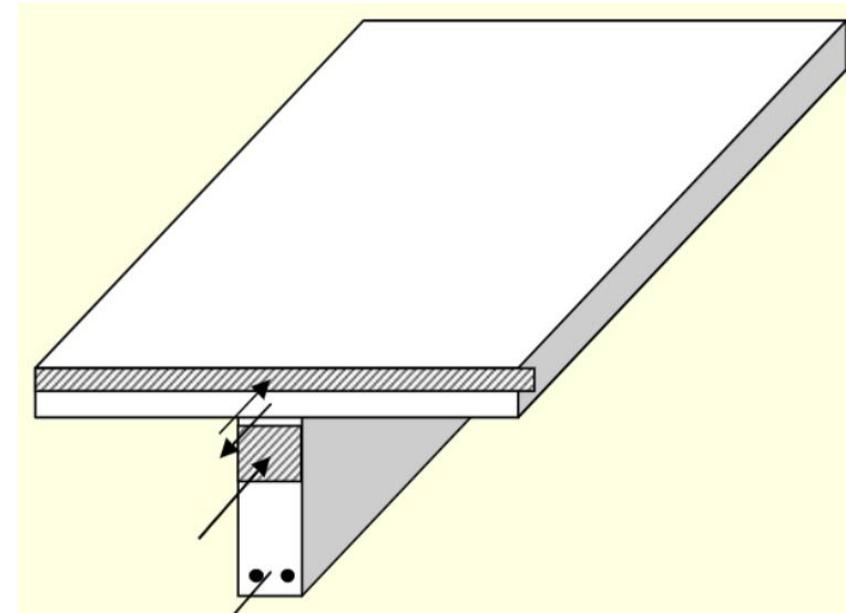


● ● ● ● **Chapitre 1:**  
**Calcul des hourdis de ponts**

## **II. DALLE REPOSANT SUR DES POUTRES RIGIDES A LA TORSION :**

- En général, l'utilisation de telles poutres permet de ne pas prévoir d'entretoises intermédiaires.

La dalle formant couverture est alors partiellement encastrée sur les poutres.



● ● ● ● **Chapitre 1:**  
**Calcul des hourdis de ponts**

## **II. DALLE REPOSANT SUR DES POUTRES RIGIDES A LA TORSION :**

- Pour le calcul des moments au centre, une méthode de calcul consiste alors à calculer d'abord la dalle comme parfaitement encastree sur les poutres puis à appliquer à celles-ci les moments d'encastrement parfait de la dalle.
- En conséquence, pour le calcul des moments au centre de telles dalles, il faut déterminer d'abord :



● ● ● ● **Chapitre 1:**  
**Calcul des hourdis de ponts**

## **II. DALLE REPOSANT SUR DES POUTRES RIGIDES A LA TORSION :**

- le moment au centre des dalles parfaitement encastées
- le moment d'encastrement des dalles parfaitement encastées pour le cas de charge correspondant.
- Ces moments sont obtenus au moyen des abaques qui figurent immédiatement après la notice intitulée : « Détermination des moments fléchissants au centre d'une dalle rectangulaire infinie encastée totalement ou partiellement sur ses côtés ».