



ESTP - I. I.
B 3 - TP 3

Cours de Ponts

*Principes généraux - Conception
Méthodes de construction*

Michel PLACIDI



Considérations générales pour l'étude et la conception d'un pont

- trois éléments fondamentaux indissociables
 - la conception même de l'ouvrage, son mode de fonctionnement structurel, ses matériaux
 - le calcul de la structure et son dimensionnement
 - la méthode de construction
- chaque ouvrage est un ouvrage unique qui nécessite une analyse de tous les paramètres intervenants et une étude spécifique complète

Objet du cours

plusieurs classifications possibles des ponts, en fonction :

- des matériaux constitutifs (acier, béton armé ou précontraint)
- de la fonctionnalité de l'ouvrage et de sa destination
- de la nature des réactions exercées aux appuis
- du mode de fonctionnement longitudinal de la structure
- du schéma statique transversal
- de son mode de construction

On va s'attacher à analyser, dans ce cours,
pour chaque type et chaque catégorie d'ouvrages,
en fonction de ses paramètres de conception,
les grands principes constructifs

Plan général du cours

- Cours 1 :** Généralités – grands principes structurels – types de sections – méthodes générales d'exécution -
Ouvrages courants – ouvrages coulés sur cintres –
ouvrages construits à l'avancement
- Cours 2 :** Ouvrages mis en place par déplacement – ponts
poussés, ripés, levés, tournés
- Cours 3 :** Ponts construits en encorbellement – coulés en place
ou préfabriqués
- 1/2 Cours 4 :** Ponts en arc et à béquilles – Ponts à câbles (ponts
suspendus et ponts à haubans)

Rapide historique et évolution des ponts au cours des âges

L'histoire des ponts est directement liée à l'histoire des matériaux et à l'histoire des hommes

- le passage à gué
- le tronc d'arbre couché en travers de la rivière
- le linteau en pierre naturelle
- le pont de lianes
- la voûte en pierres

Depuis les temps les plus reculés, les hommes ont toujours eu besoin, pour se déplacer, de franchir des obstacles, et de traverser des rivières ...



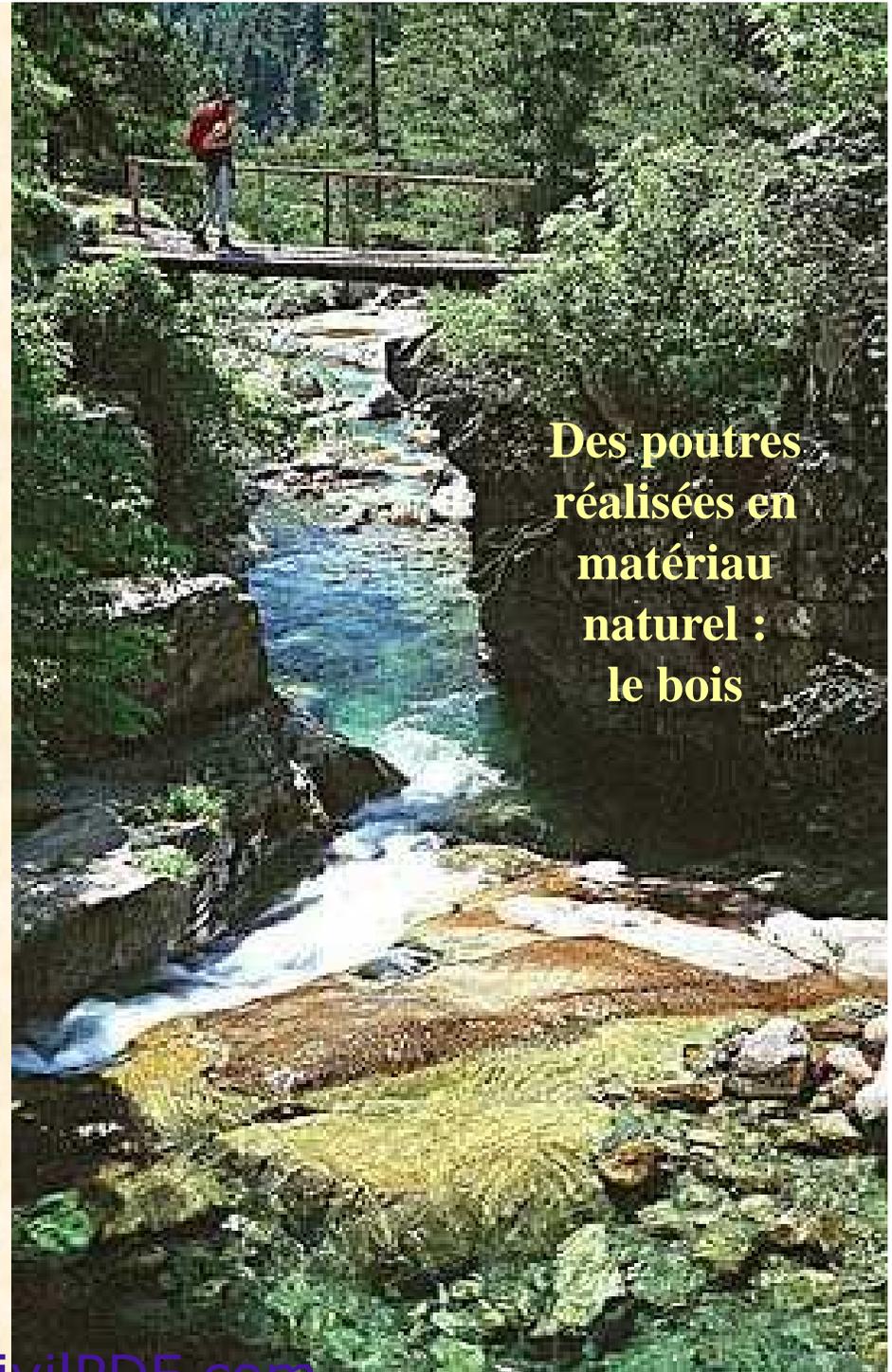
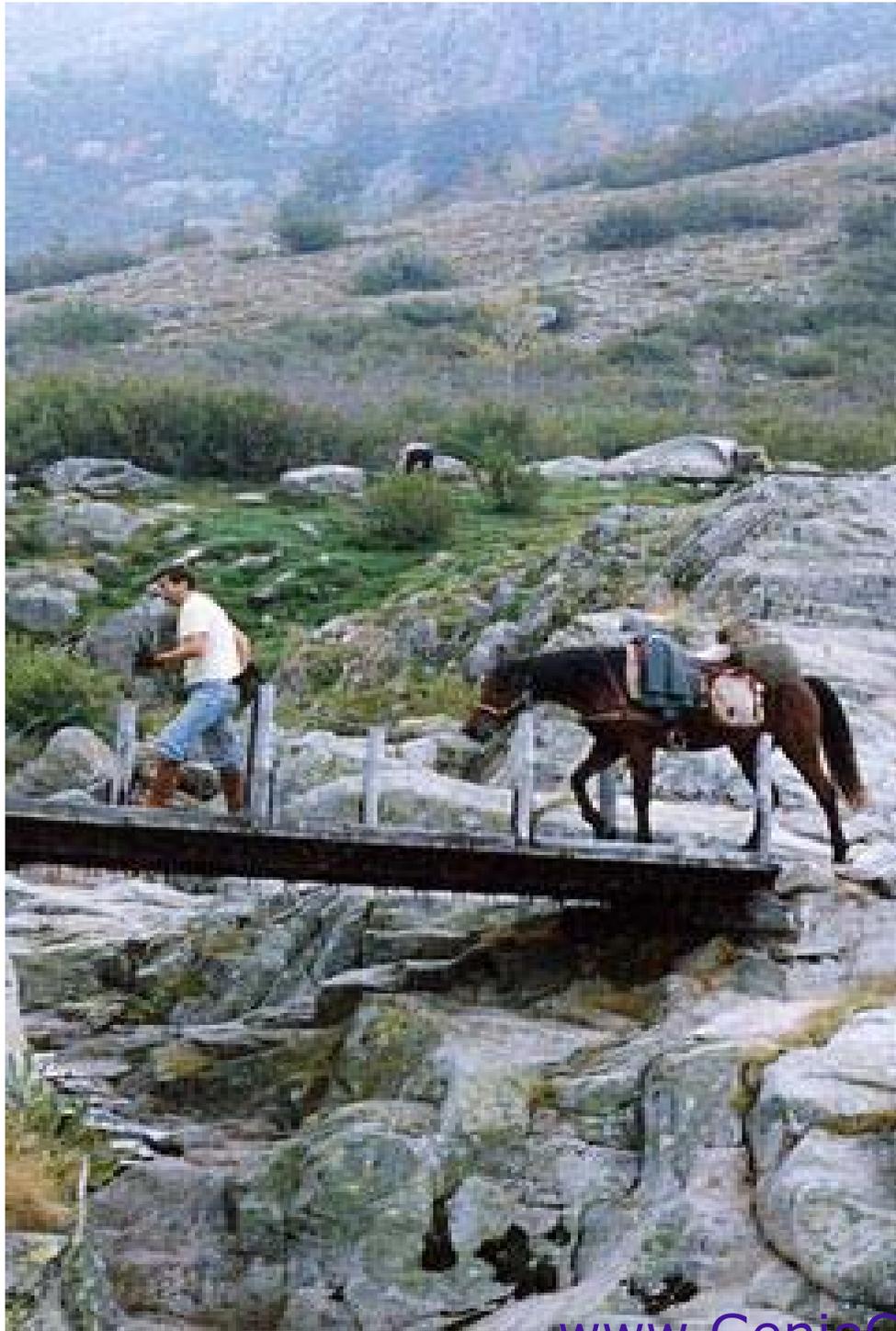
...au début par de simples passages à gué, en utilisant des pierres naturelles



Puis, en choisissant et même en disposant intelligemment ces pierres

... formant linteaux, avant de devenir des poutres



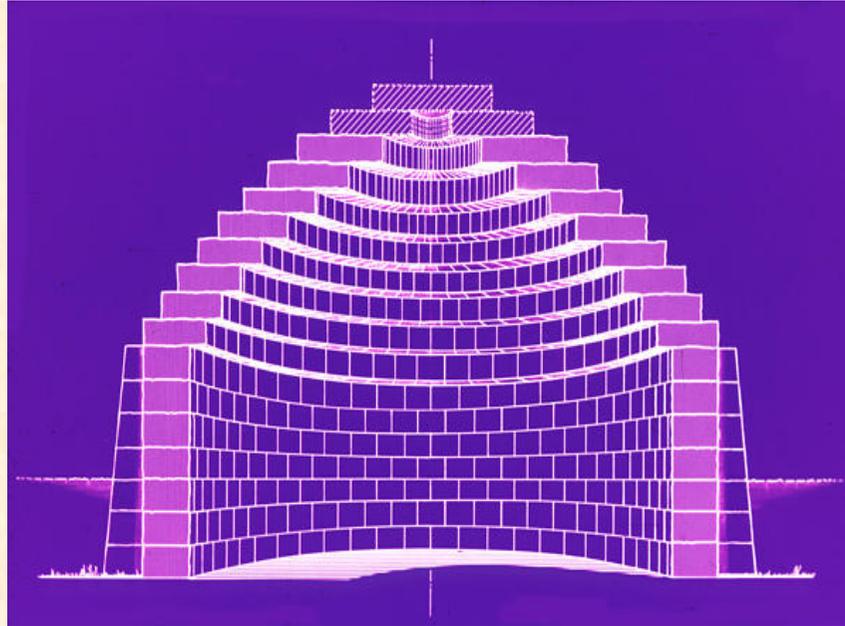


**Des poutres
réalisées en
matériau
naturel :
le bois**



**en passant par les ponts de lianes,
ancêtres des ponts à câbles**

**... puis jusqu'à
l'assemblage
intelligent des
pierres pour
former des voûtes**



préludes aux ponts en arc modernes

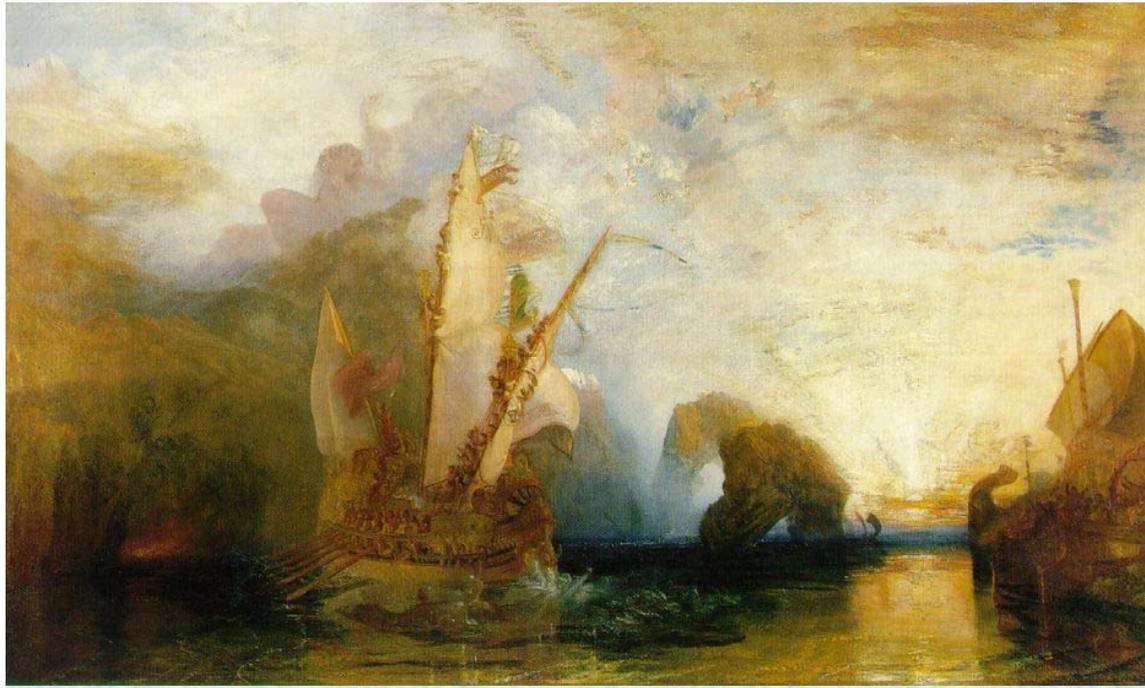


Les récentes évolutions des ponts sont directement liées à :

- la mise au point de matériaux nouveaux : fer, fonte, acier, béton armé, béton précontraint, (apparition des matériaux composites)
- l'évolution des performances et de la maîtrise de ces matériaux : aciers à haute résilience, BHP, BFUP,
- le développement des méthodes et des moyens de calcul récents logiciels informatiques, calculs aux éléments finis,
- le développement des méthodes de construction et l'amélioration de la performance des outils

Image et symbolique des ponts

- fascination symbolique très forte
- les ponts font partie du patrimoine historique et culturel
- le nom même d'**ouvrage d'art**
qui devient parfois une véritable **œuvre d'art**
.... et on retrouve la trace des ponts associée à l'histoire de l'art



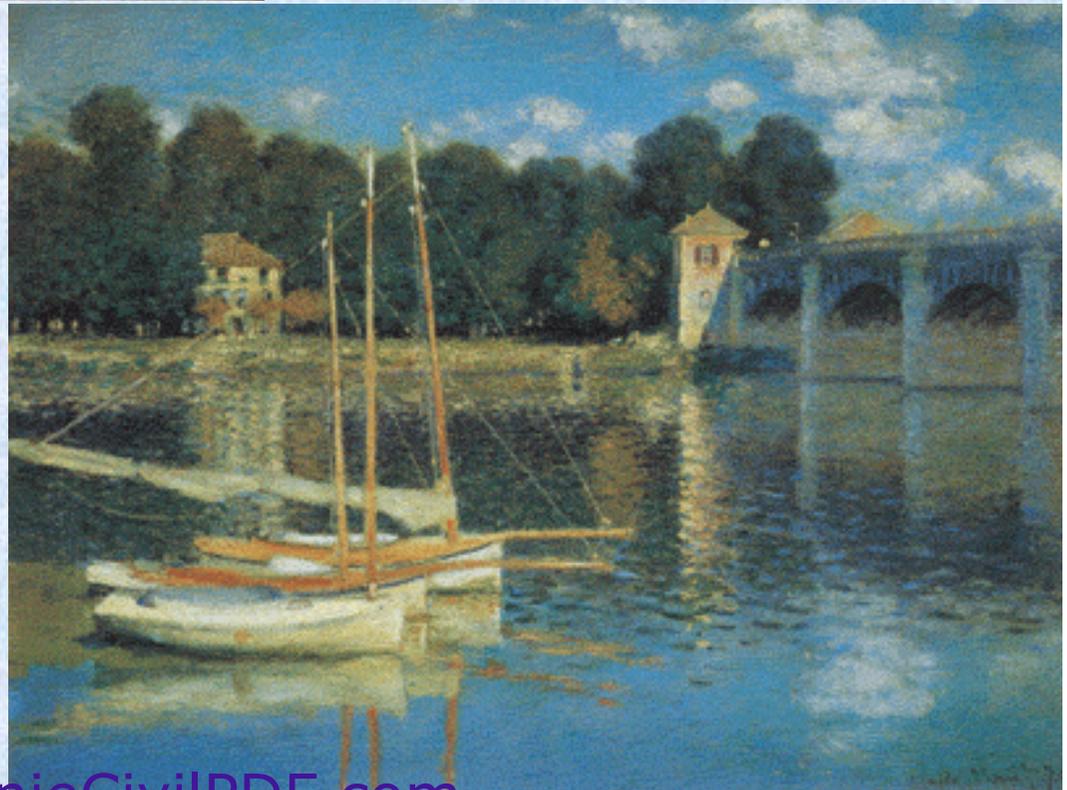
De Turner à Monet, en
peinture, comme dans les
arts d'une manière
générale, les ponts ont
toujours fasciné
les hommes et
les ont fait rêver





Le Pont Neuf sur la Seine
à Paris

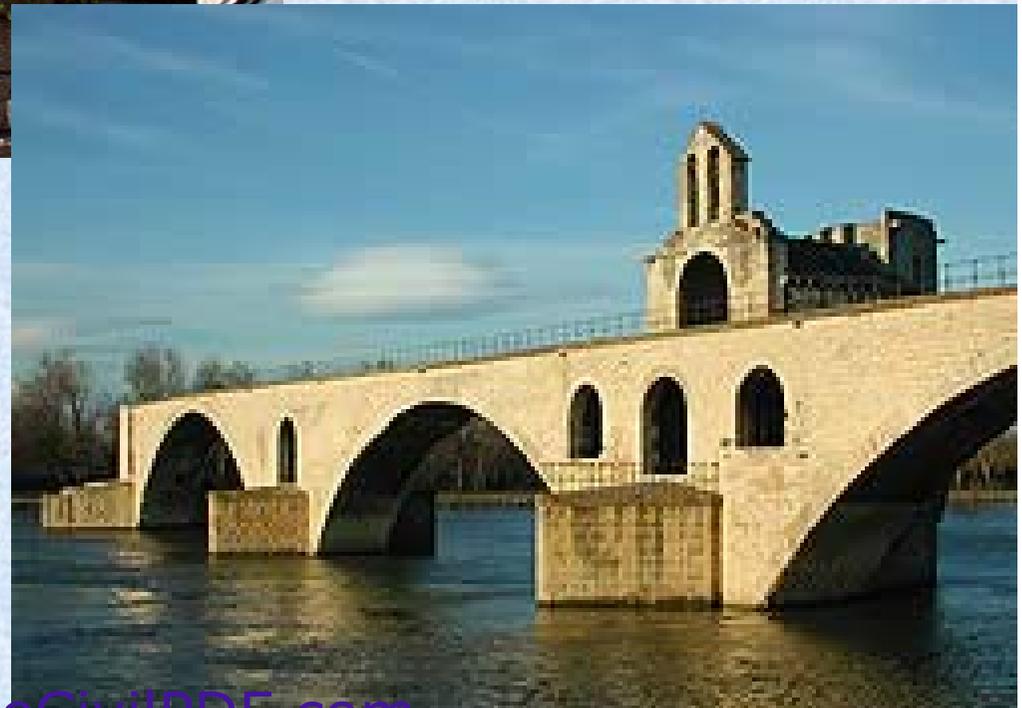
... ou le Pont d'Argenteuil,
et ses régates





en poésie aussi , avec le
Pont Mirabeau sous
lequel coule la Seine,
comme nous dit
Guillaume Apollinaire ...

... ou en chanson, avec le Pont
d'Avignon, sur lequel on danse....



Définition et fonctions d'un pont

➤ franchir une brèche ou un obstacle

- vallée large ou profonde
- rivière ou bras de mer
- autre voie routière ou ferrée

➤ porter une voie ou une canalisation

- voie routière ou autoroutière, cyclable ou piétonnière,
- voie ferrée
- voie fluviale (canal ou simple canalisation)

Évolutions récentes des ouvrages d'art

➤ évolutions techniques

- évolutions considérables dans les matériaux
- calculs et connaissance du fonctionnement des structures
- développement des outils et des technologies de construction

➤ évolutions dans la perception

- fonction architecturale et esthétique
- insertion dans le site et l'environnement

➤ évolutions dans la fonctionnalité

- amélioration des conditions de trafic
- amélioration du confort et de la sécurité des usagers

Rappel des grands principes structurels :

aux trois modes de fonctionnement

des structures en R.d.M. :

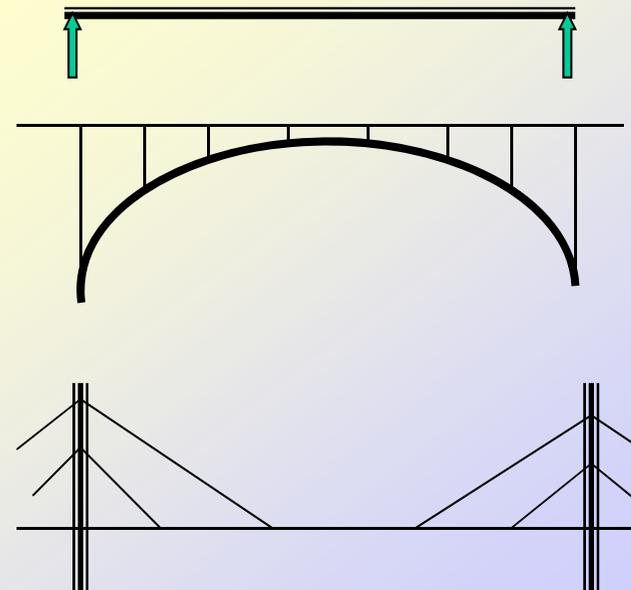
la **flexion**, la **compression** et la **traction**

correspondent les trois types de ponts :

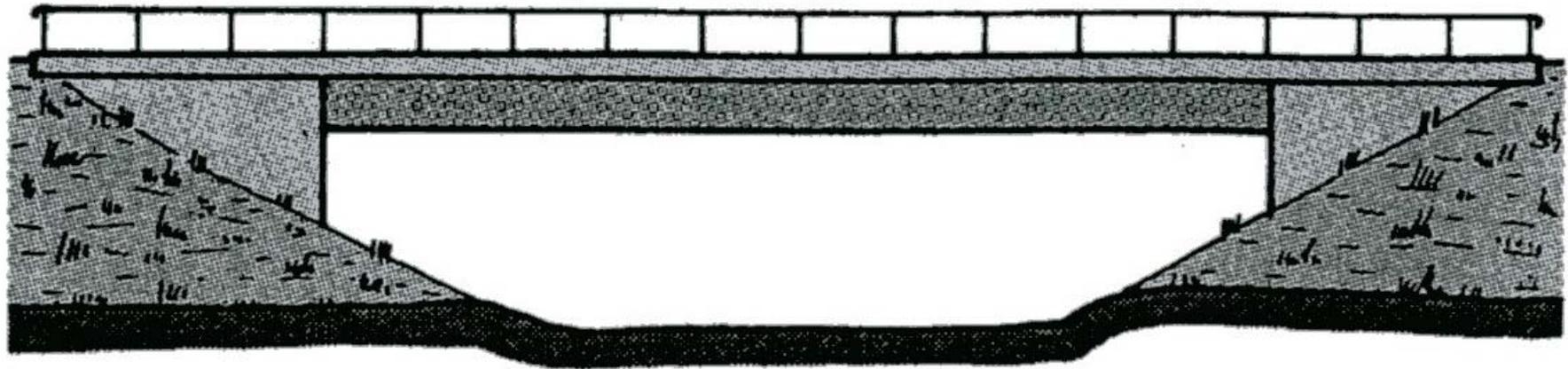
• les **ponts à poutres**

• les **ponts en arc**

• les **ponts à câbles**



Exemple de pont à poutre isostatique



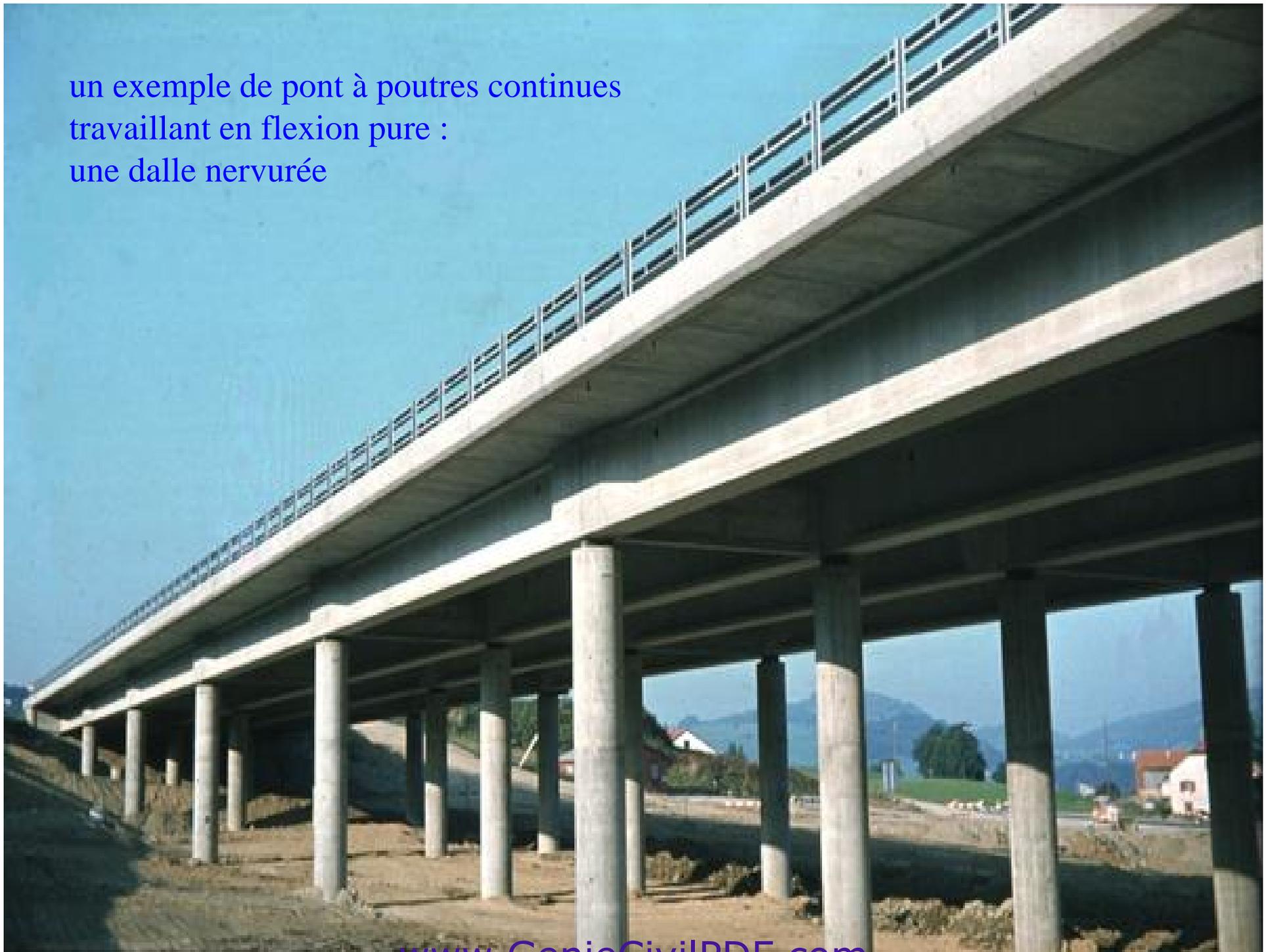


Poutres qui peuvent être
isostatiques ou continues,
préfabriquées ou coulées en
place, ...

... de section
rectangulaire ou en I,
voire en caisson

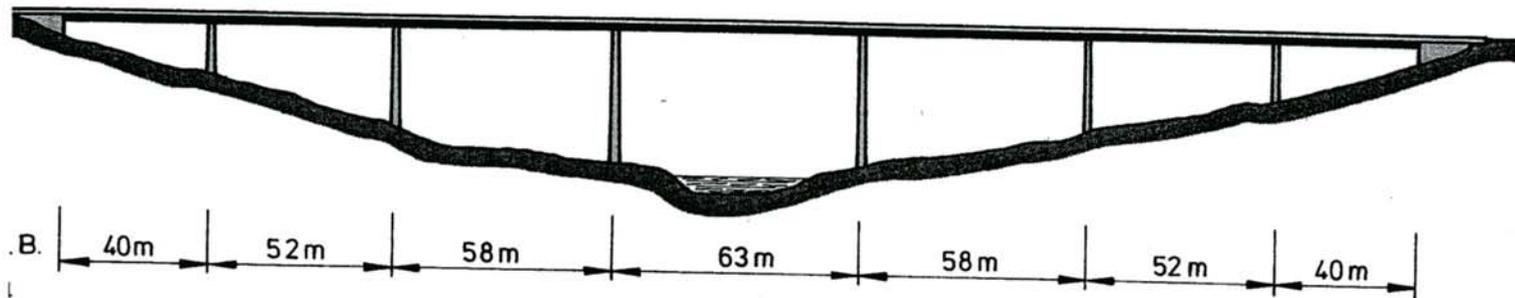
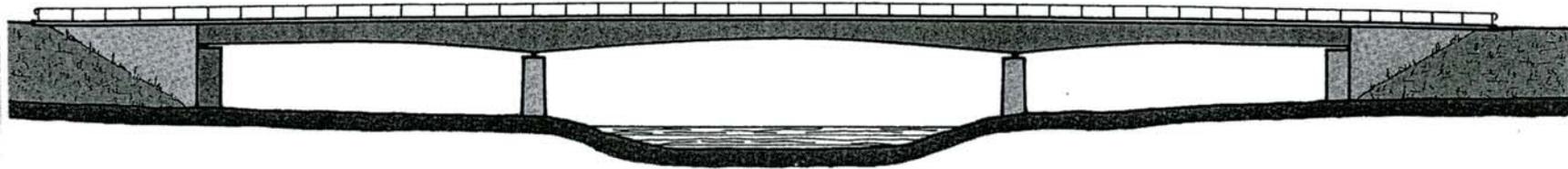


un exemple de pont à poutres continues
travaillant en flexion pure :
une dalle nervurée



Exemple de ponts à poutres continues :

- à trois travées de hauteur variable
- à cinq travées de hauteur constante





Deux autres exemples de ponts
à poutre continue :

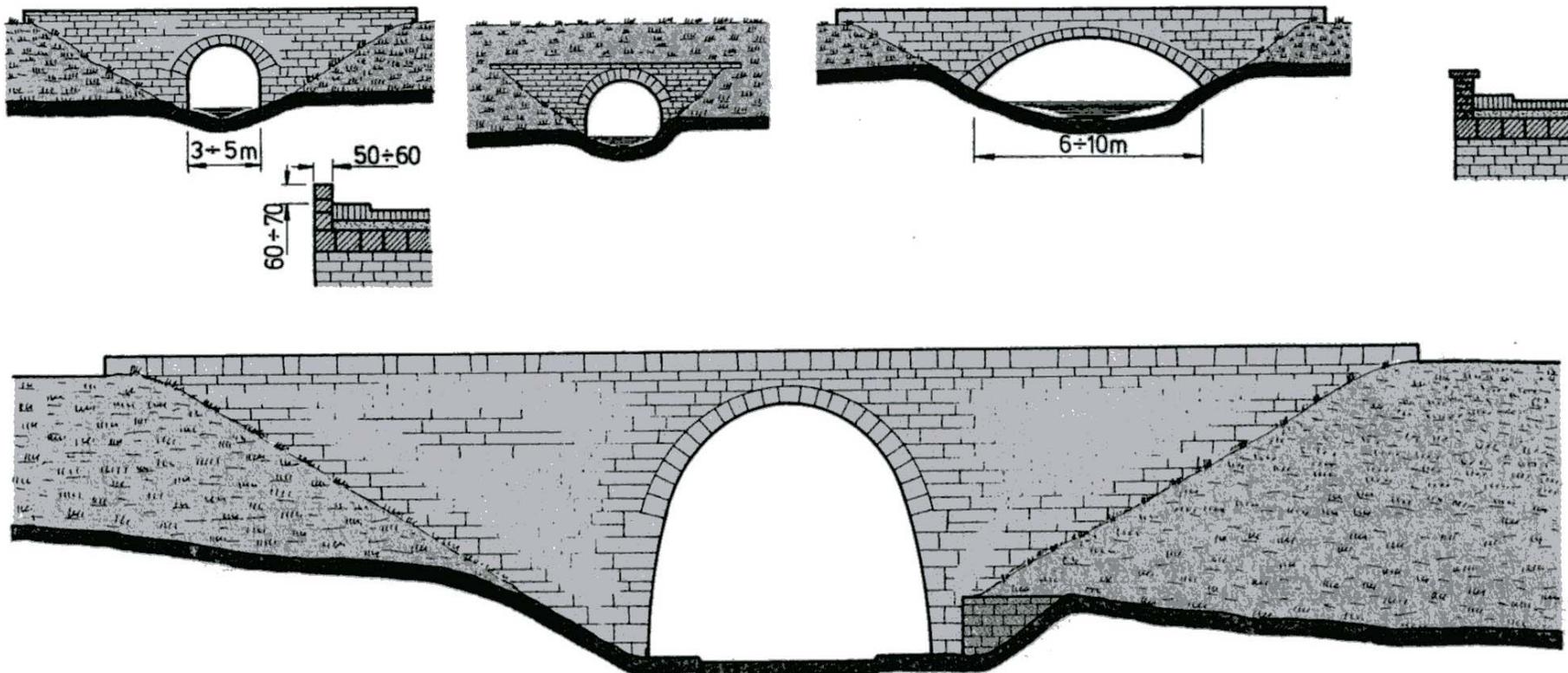
Le pont sur la Seine de
l'autoroute A13 à Saint Cloud



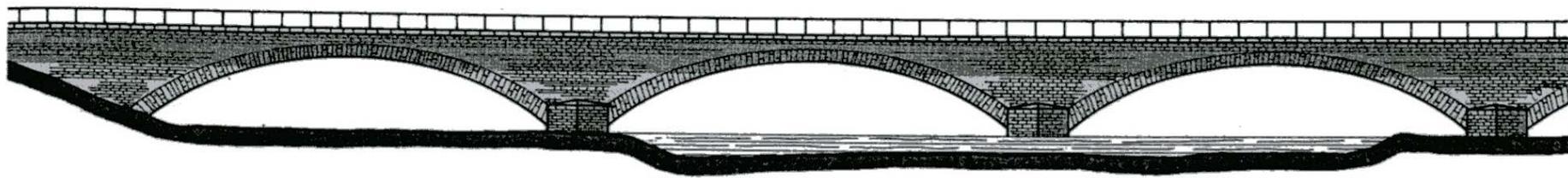
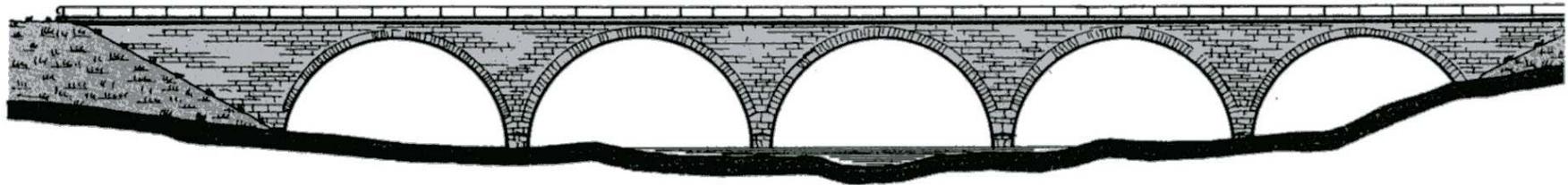
et le Viaduc reliant
l'île de Ré au continent

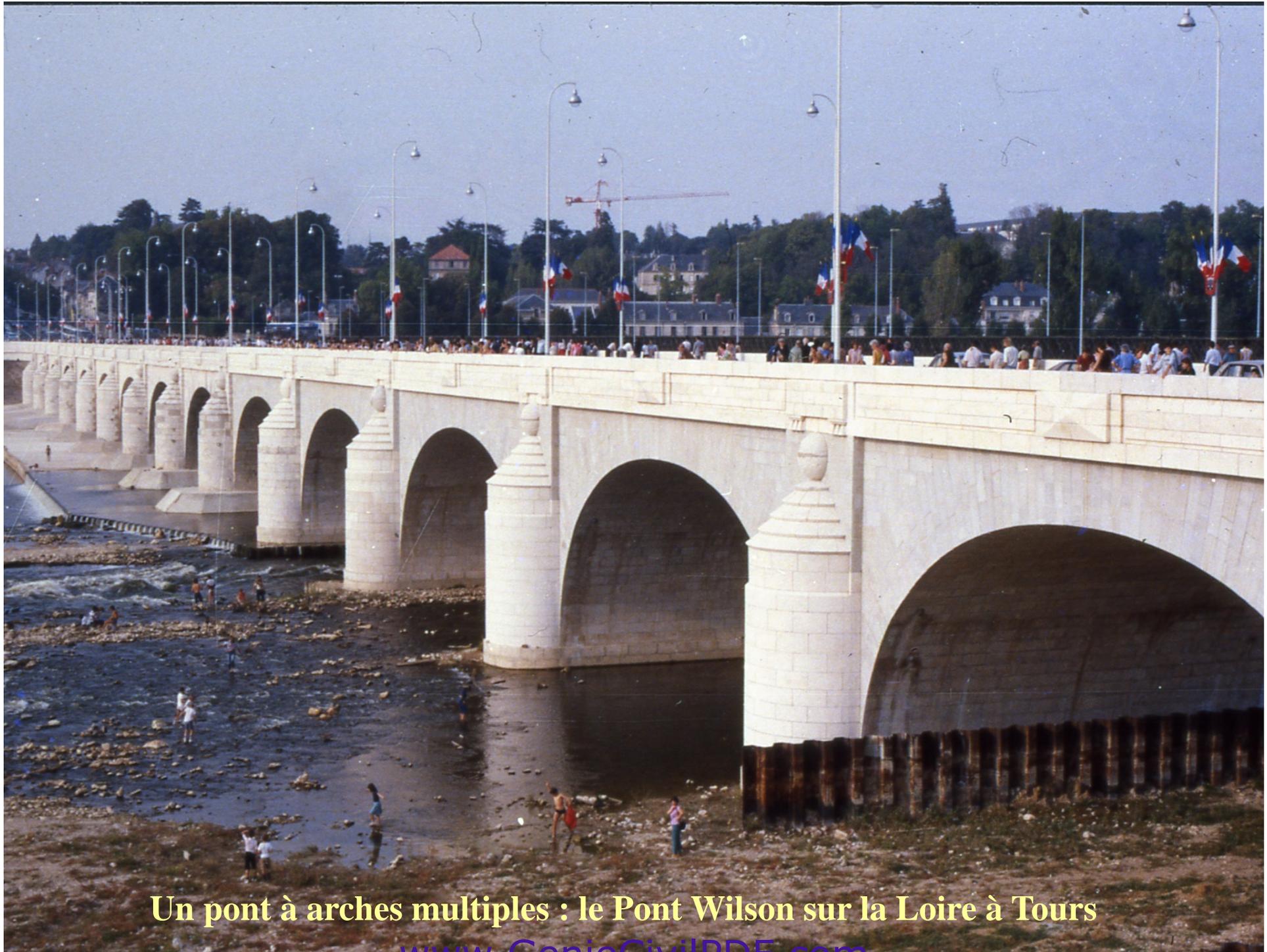


Exemples de voûtes et de ponts en arc :
depuis les simples voûtes en maçonnerie, ou les simples dalots



aux ponts en arc à voûtes multiples
en maçonnerie ou en béton

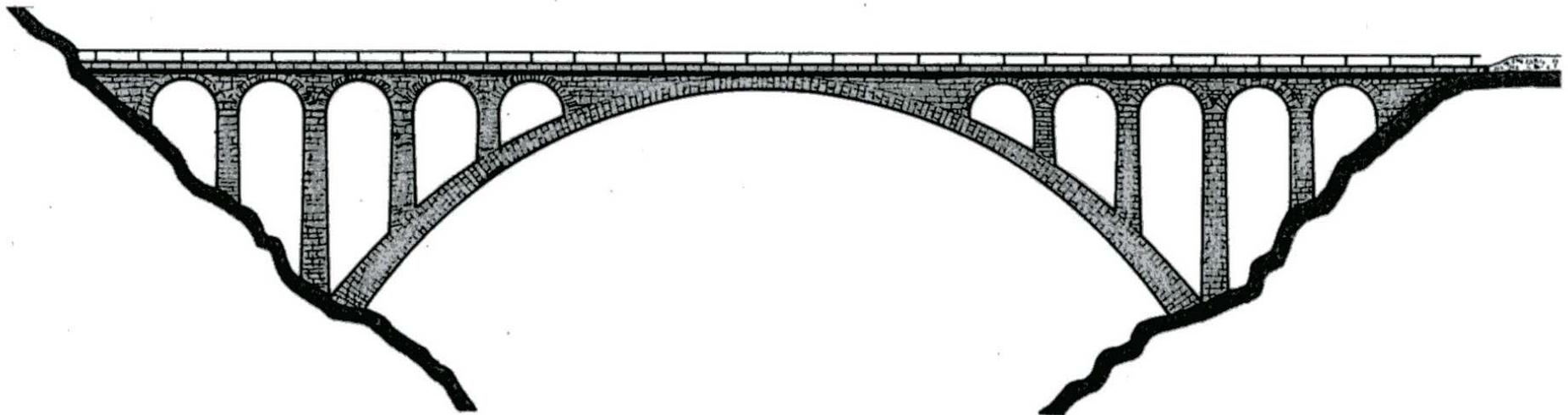




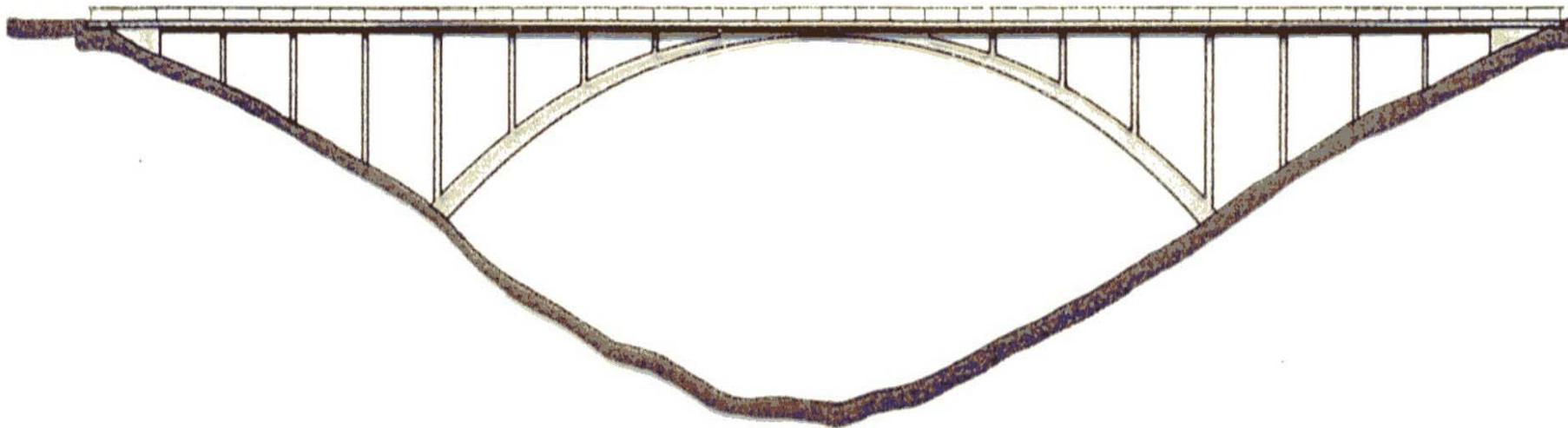
Un pont à arches multiples : le Pont Wilson sur la Loire à Tours

www.GenieCivilPDF.com

jusqu'aux grands ponts en arc du début du XX^{ème} siècle

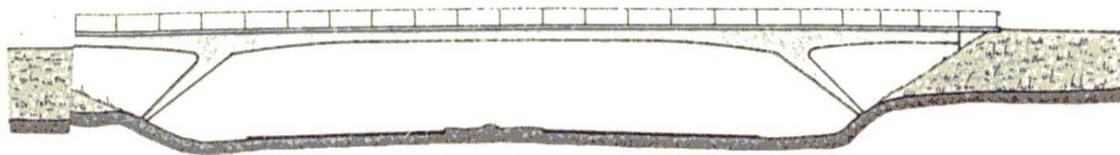
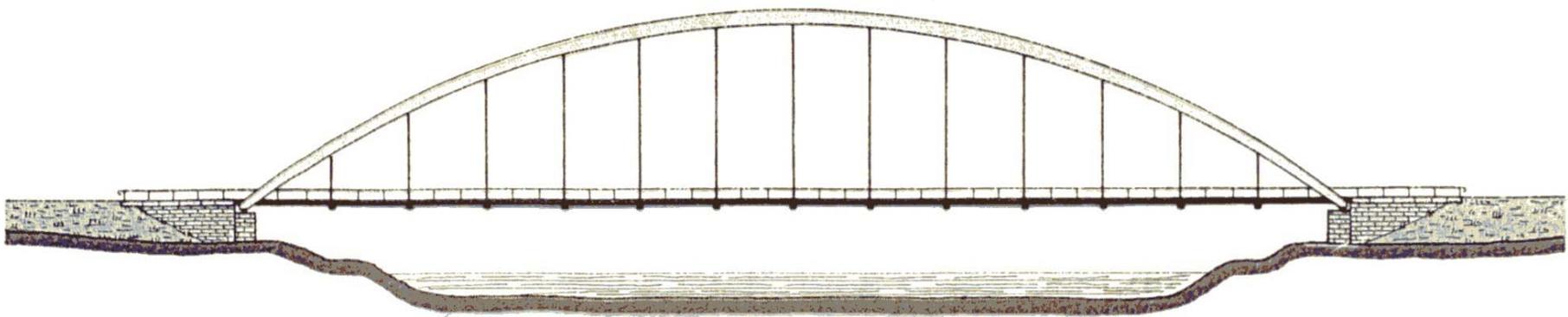


pour arriver aux grands ponts en arc modernes





Un pont en arc moderne à tablier supérieur, dont la structure porteuse travaille principalement en compression

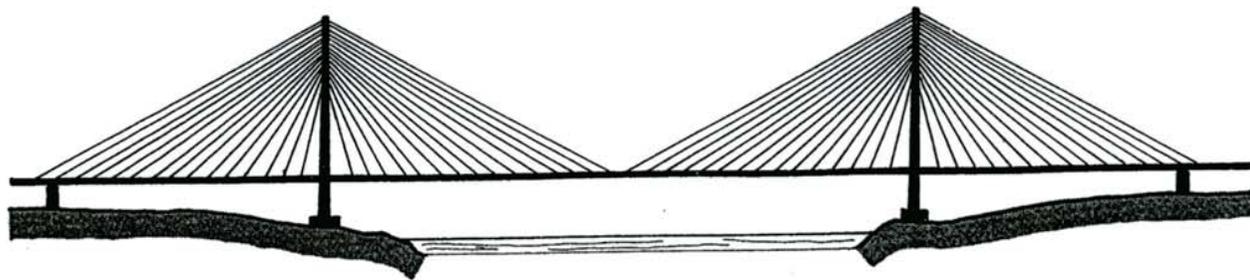
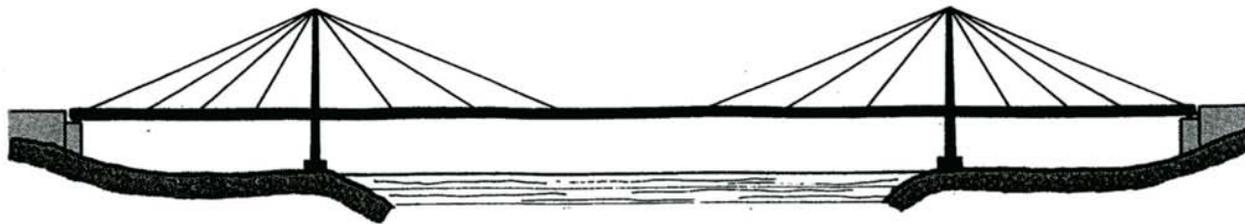


Pont en arc à tablier inférieur auto-ancré, encore appelé « bow-string »

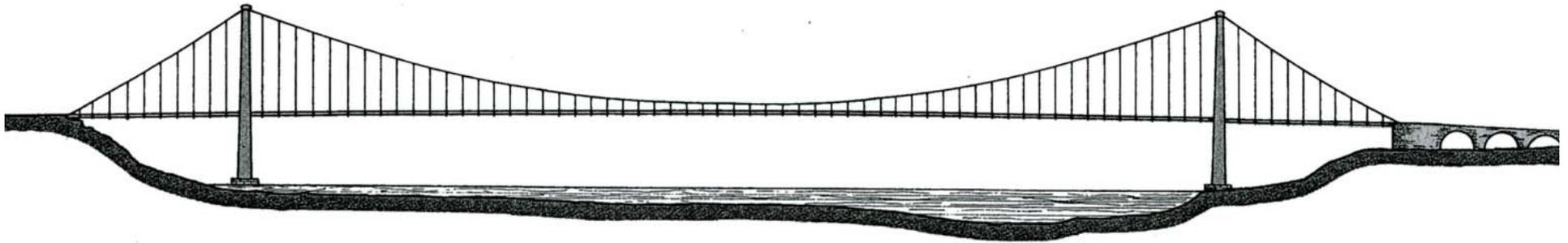


Et deux grands types de ponts à câbles :

- d'une part les ponts haubanés et les ponts à haubans



. et d'autre part les ponts suspendus,
avec câbles porteurs et
suspentes verticales

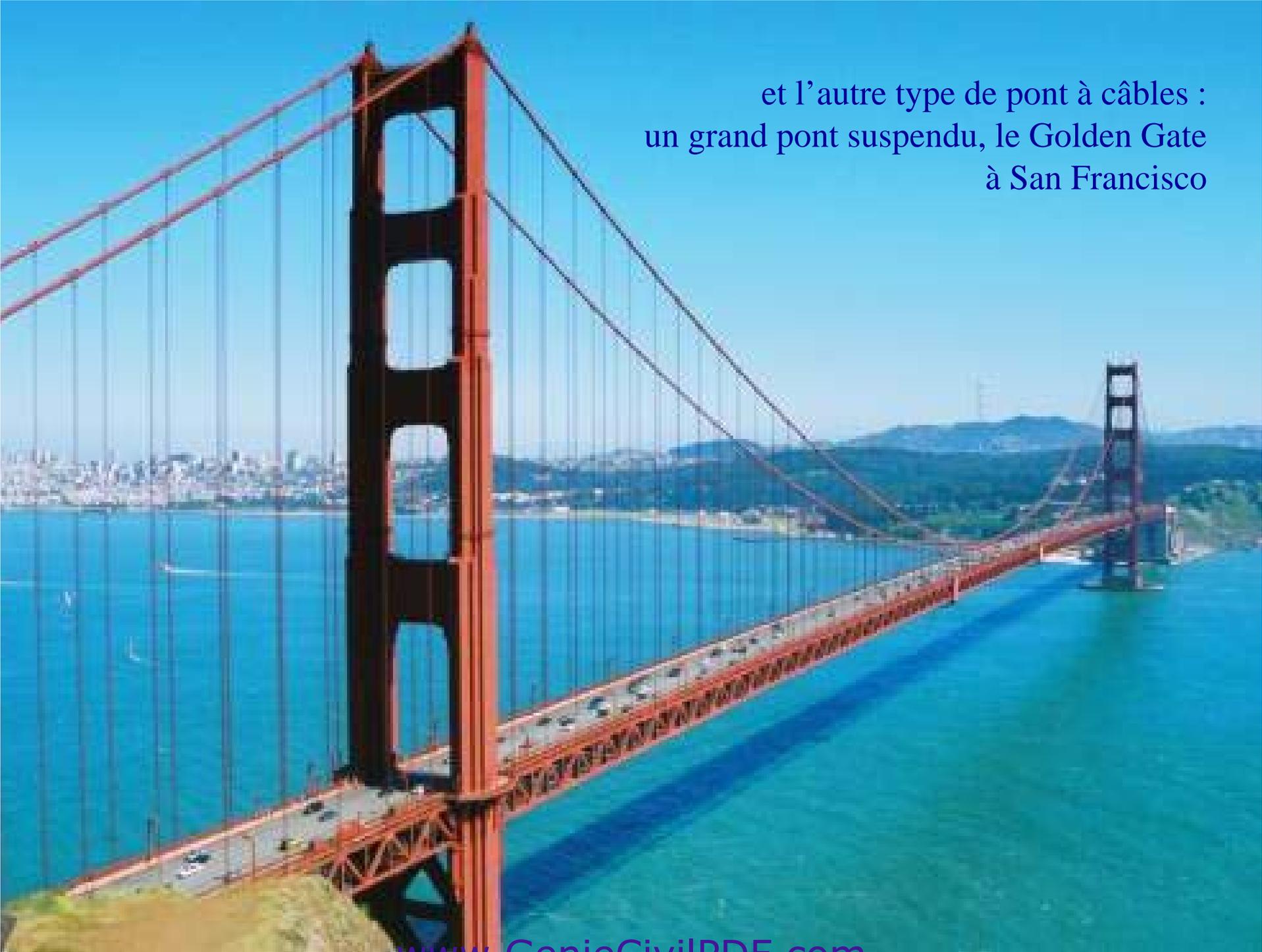




un pont à haubans :
le Pont de Normandie



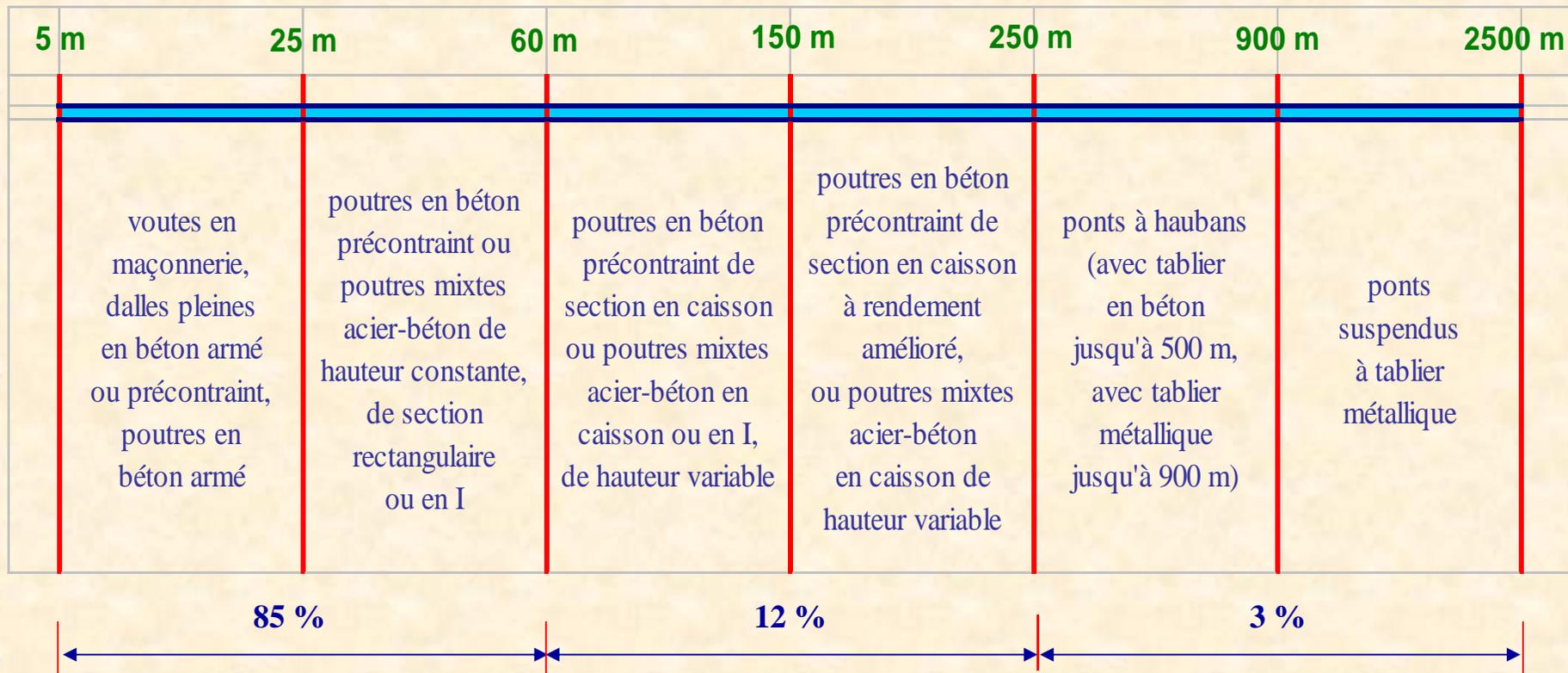
ou le Viaduc de Millau,
encore plus célèbre et médiatisé
www.GenieCivilPDF.com



et l'autre type de pont à câbles :
un grand pont suspendu, le Golden Gate
à San Francisco

Domaines privilégiés d'emploi et types d'ouvrages

En fonction des portées des travées principales, de la géométrie de la brèche ou du tracé de l'ouvrage, certains types de structures ou certaines méthodes de construction peuvent être privilégiées.



Terminologie spécifique

Pont – Viaduc (?)

Pont type – Ouvrage courant – Ouvrage exceptionnel

P.S. – P.I. : Passage supérieur – Passage inférieur

Tablier / Appuis : culées (extrémités) et piles (intermédiaires)

Appuis : Culées : sommier - mur de front - mur garde grève – dalle de transition - murs en ou en aile - quart de cône

Piles : batardeau - semelle - fût de pile - chevêtre

Tablier : Travées - Travée de rive - Portée d'une travée

Poutre en I - Talon de poutre - Gousset - Table supérieure

Caisson - Hourdis supérieur - Hourdis inférieur - Ames -

Intrados - Extrados -

Hauteur constante ou variable, parabolique ou à goussets

Terminologie spécifique (suite)

Entretoise sur pile - Entretoise sur culée

Déviateur de précontrainte extérieure

Encorbellements latéraux - Bracons - Nervures

Section transversale –

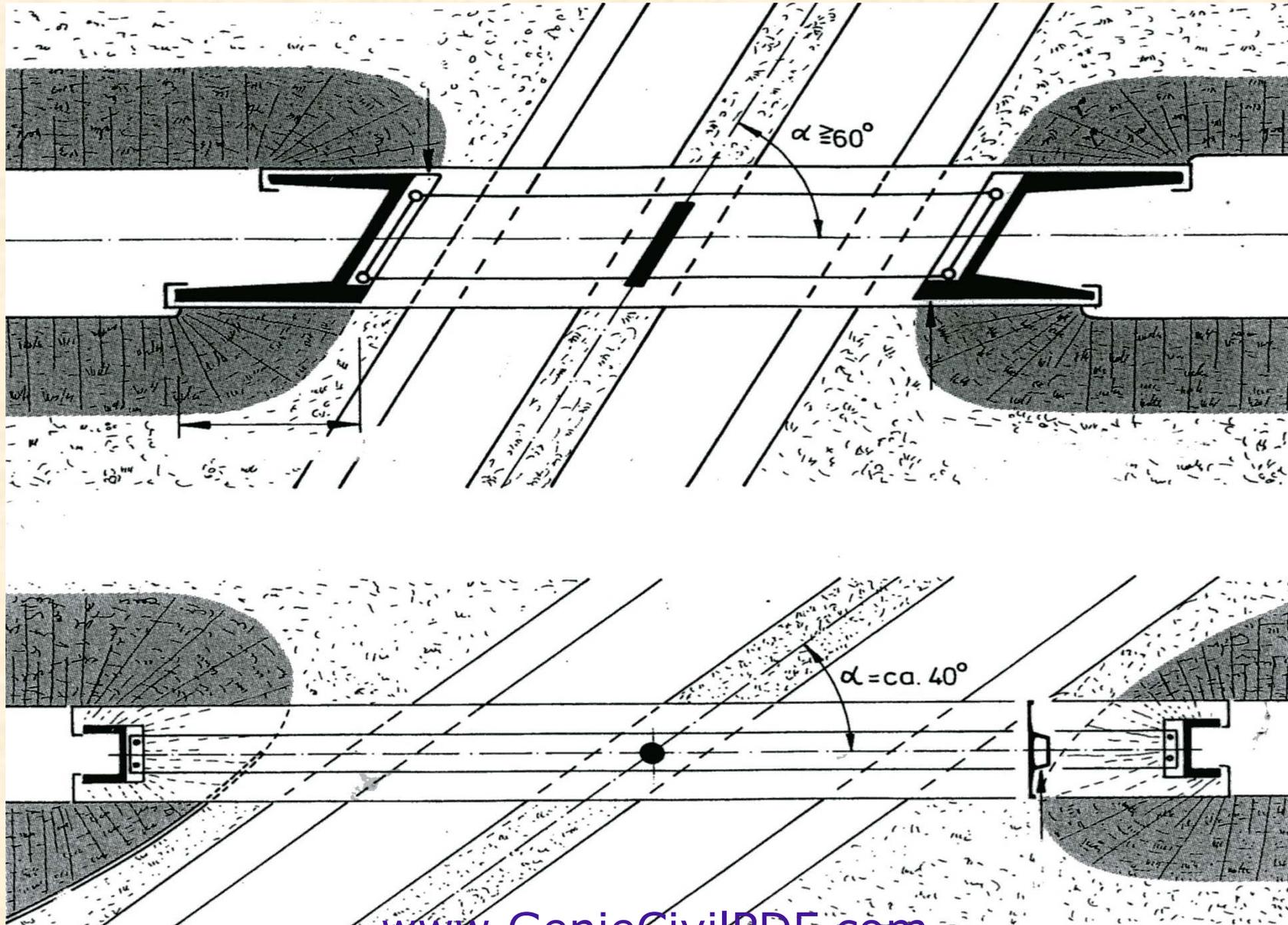
Superstructures - Chape d'étanchéité - Chaussée

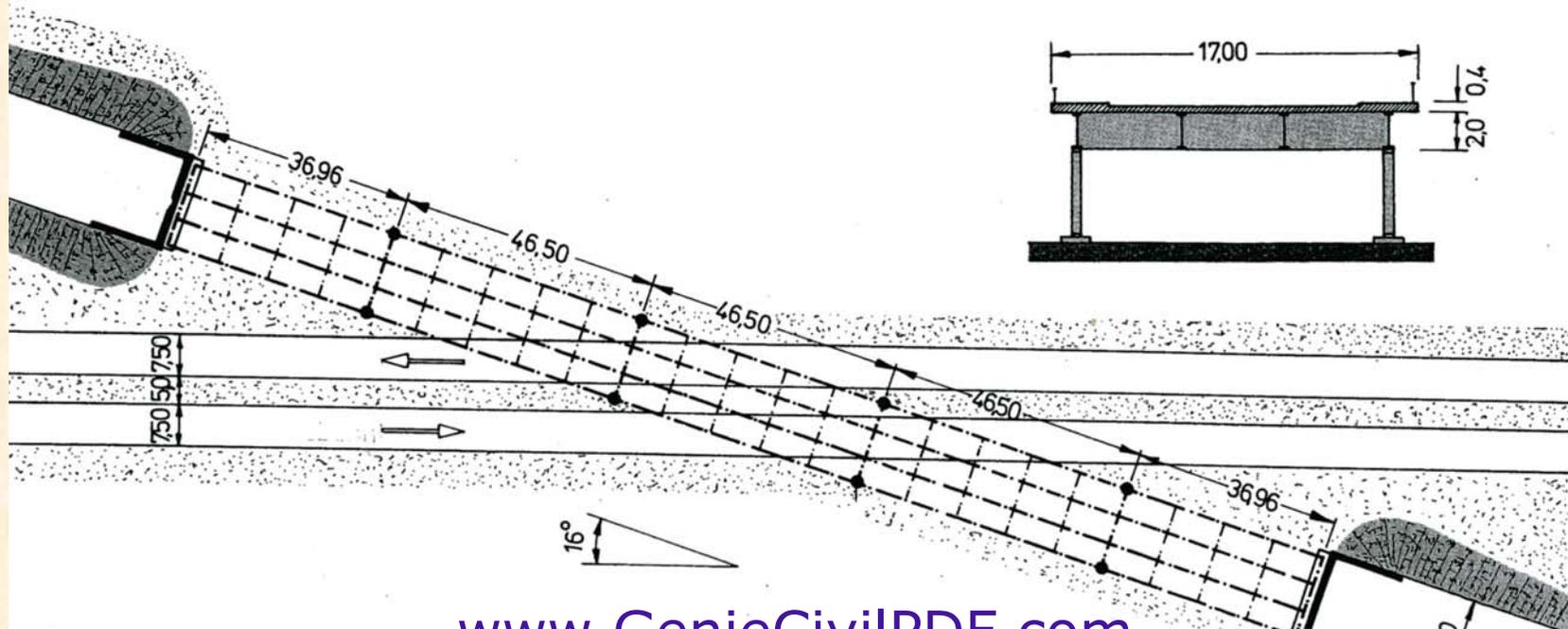
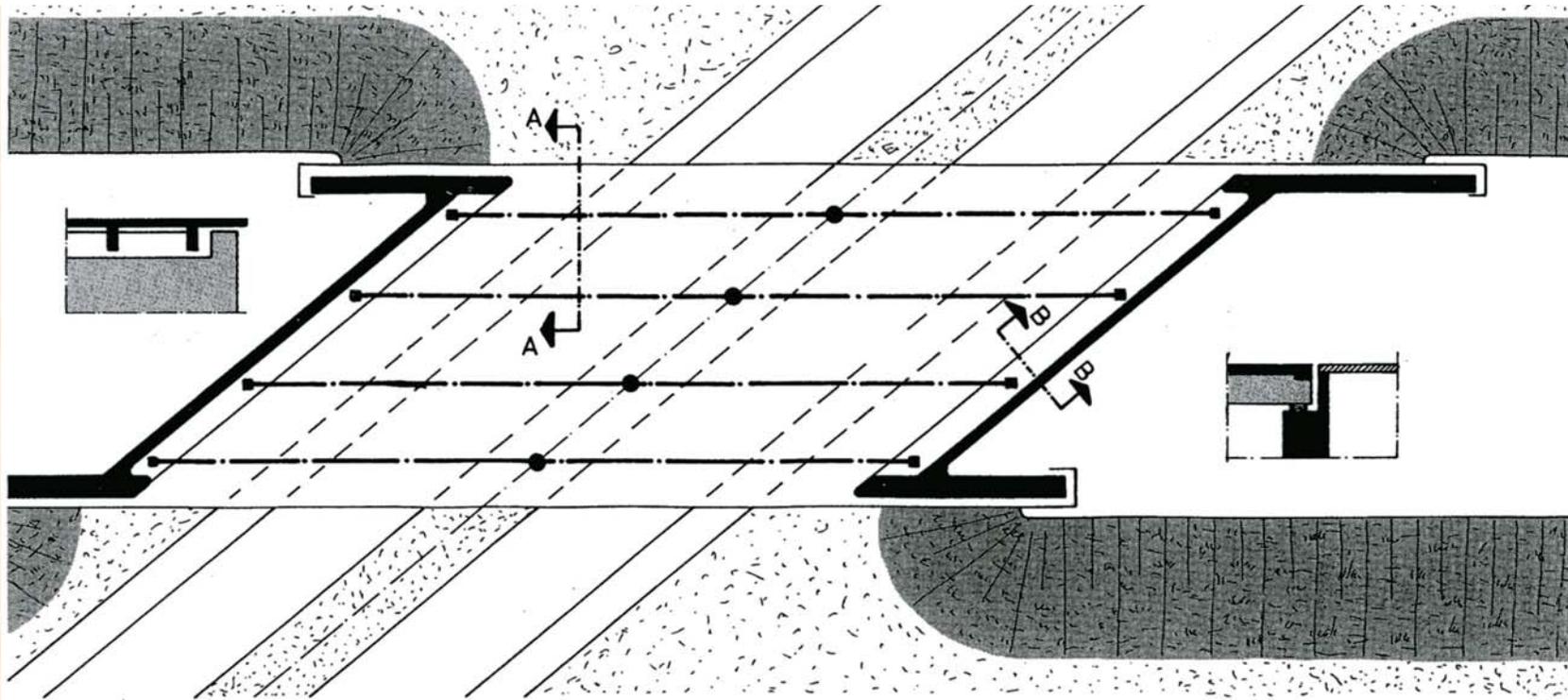
Largeur roulable - largeur chargeable

Bordure de chaussée - Dispositif de sécurité - T.P.C.- B.A.U.

Appareils d'appui (élastomère fretté) - Appuis glissants - Appuis à pots

Notions de biais d'un ouvrage et de biais des appuis





Les trois stades de l'acte de construire

1 . Concevoir

2 . Étudier

3 . Réaliser

La « conception » doit intégrer les « études » et « la réalisation »

La conception concerne surtout le tablier, sa structure, ses équipements, mais aussi les appuis et les fondations. Or ces trois parties de l'ouvrage sont intimement liées et dépendantes.

L'art de l'ingénieur de plus associé à d'autres considérations, notamment architecturales.

Démarche d'établissement d'un projet d'ouvrage d'art

(modèle d'ingénierie « à la française »)

A.P.S. : Avant-projet sommaire
A.P.D. : Avant-projet détaillé } E.P.O.A.
A.P.O.A. : Avant-projet d'ouvrage d'art
D.C.E. : Dossier de consultation des entreprises

Appel d'Offres

Soumission (réponse des entreprises)

Analyse des offres

Attribution puis signature du marché

Etudes d'exécution (et contrôles)

Réalisation des travaux

Conditions d'établissement d'un projet d'ouvrage d'art

- **Conditions naturelles :**
 - Caractéristiques fonctionnelles de l'ouvrage
 - Caractéristiques géométriques de la brèche
 - Caractéristiques géotechniques du sol
 - Environnement : vent, neige, séisme, etc...
- **Conditions réglementaires :**
 - Actions et charges d'exploitation à prendre en compte
 - Gabarits et profils à respecter
- **Conditions économiques :**
 - Éléments de prix des matériaux, du coût de la main d'œuvre
 - Statistiques et environnement concurrentiel

1^{ère} étape de la démarche de conception : lister les données de base

- **Définition précise et exhaustive des données fondamentales et des contraintes du projet :**
 - fonctionnelles
 - esthétiques et d'insertion architecturale
 - environnementales
 - d'exploitation
 - techniques
 - de délai (éventuellement de phasage / délai partiel)

mais aussi :

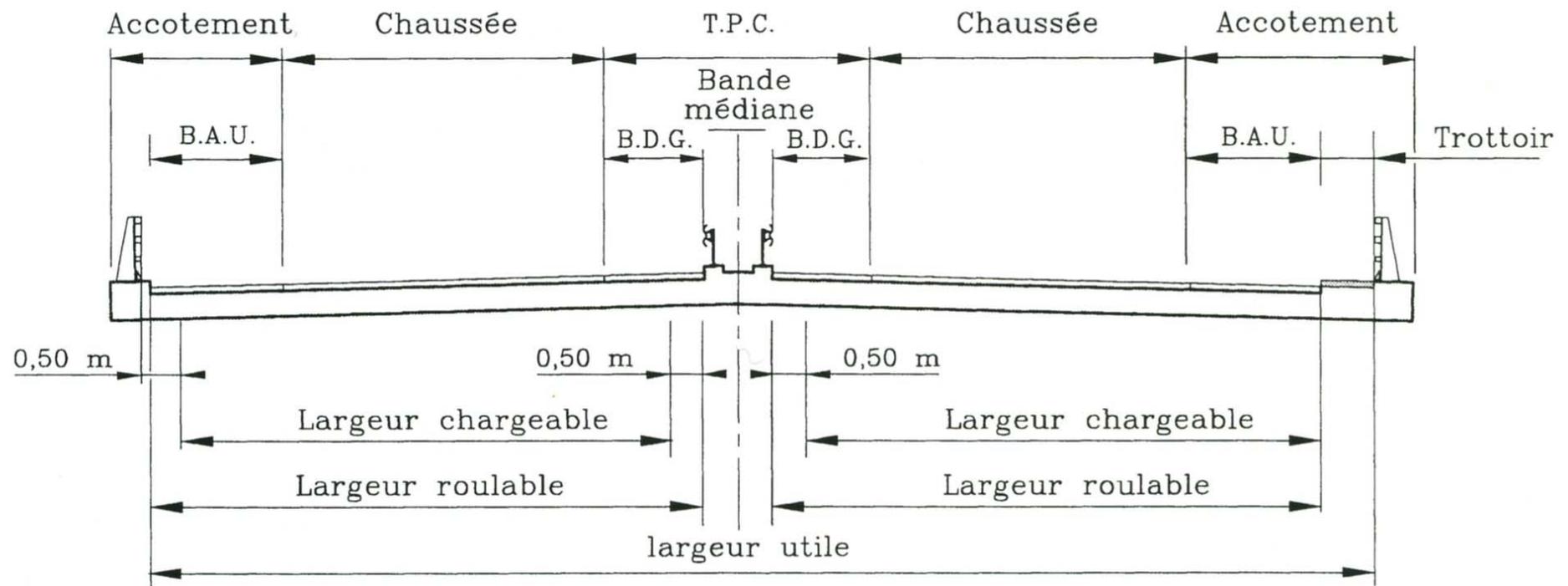
- **Définition des hypothèses :**
 - de calcul :
 - géotechniques :
 - de charges :

- **Prise en compte des données relatives aux équipements et à la maintenance :**
 - intégration des équipements de l'ouvrage
 - dispositions nécessaires pour permettre l'entretien et la maintenance de l'ouvrage
 - dispositions permettant de faciliter les éventuels renforcements ou réparations en cas de pathologie

Les équipements des ouvrages

- . chape d'étanchéité
- . chaussée
- . trottoirs ou passages de service
- . dispositifs de sécurité (barrière, glissière ou garde-corps)
- . corniches ou corniches caniveaux
- . candélabres ou dispositifs d'éclairage
- . gargouilles ou dispositifs d'assainissement
- . appareils d'appui
- . joints de chaussée
- . concessionnaires divers

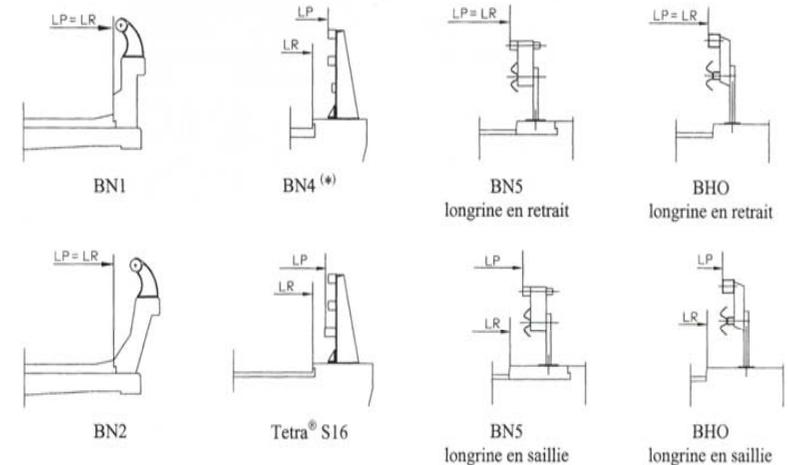
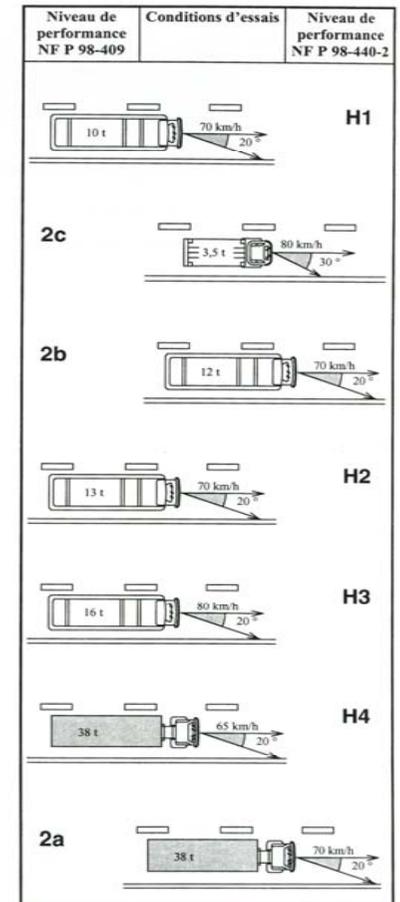
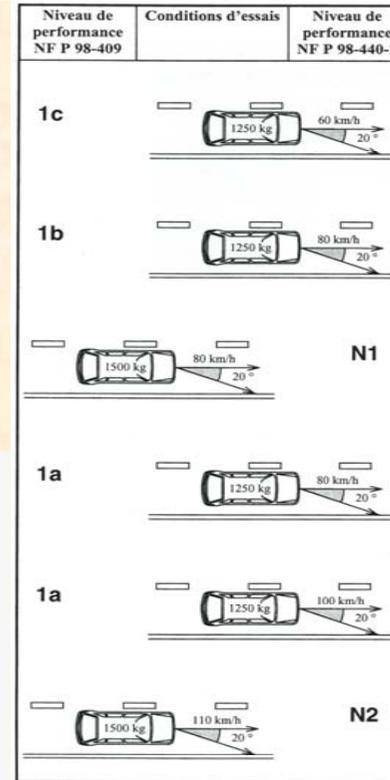
Notions de largeur roulable, de largeur chargeable et de largeur utile
sur un tablier d'ouvrage d'art



Dispositifs de sécurité

Correspondance entre ancienne et nouvelle dénominations

Classification	Instruction sur les dispositifs de retenue annexée à la circulaire 88-49 du 9 mai 1988 [59]	NF P 98-409 [60]
Classe	Glissière de sécurité	Barrière latérale de type 1
Niveaux	Niveau 1 Niveau 2 Niveau 3	Niveau 1a Niveau 1b Niveau 1c
Classe	Barrières de sécurité	Barrière latérale de type 2
Niveaux	Barrière lourde Barrière normale Barrière légère	Niveau 2a Niveau 2b Niveau 2c

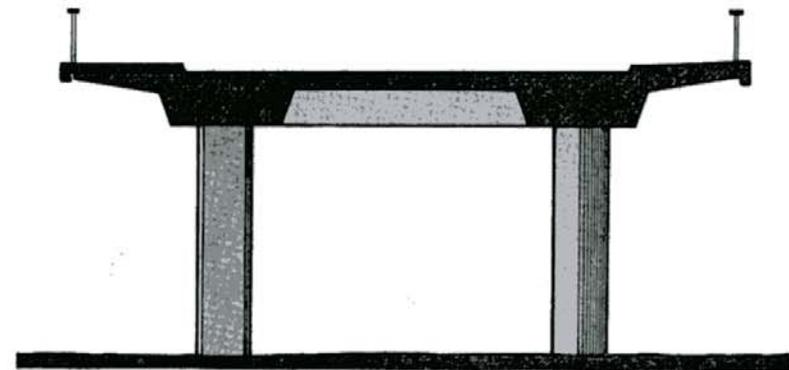
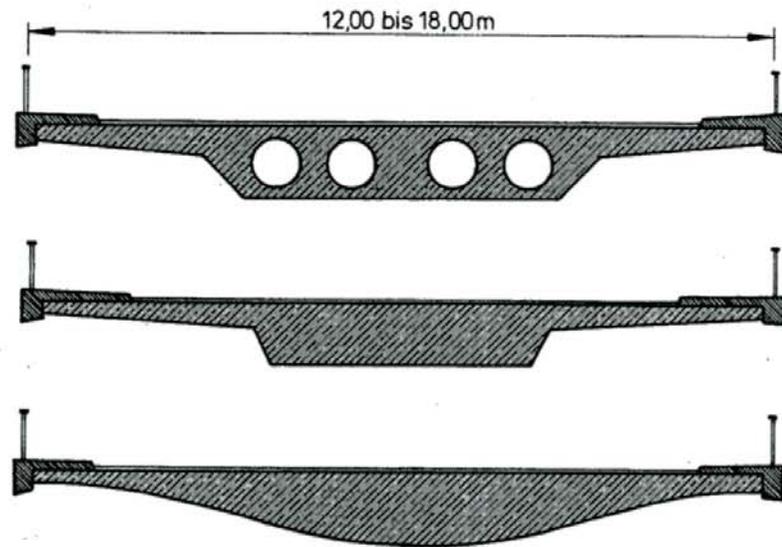


Les différentes sections transversales possibles

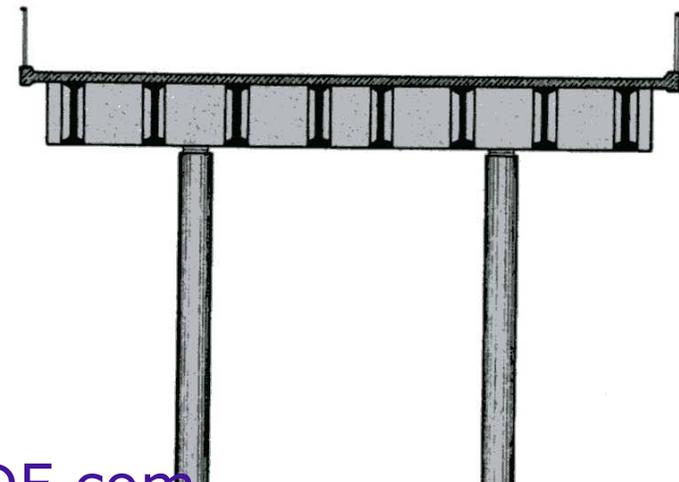
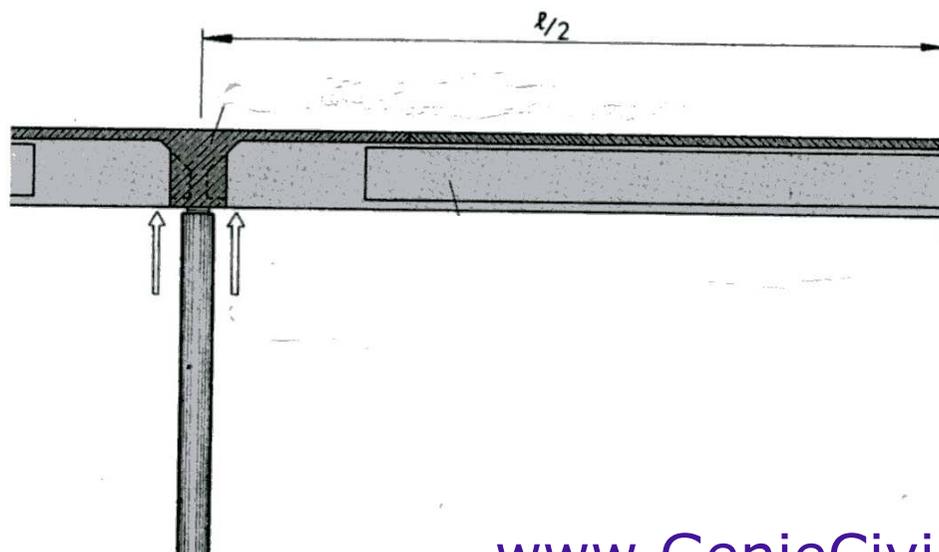
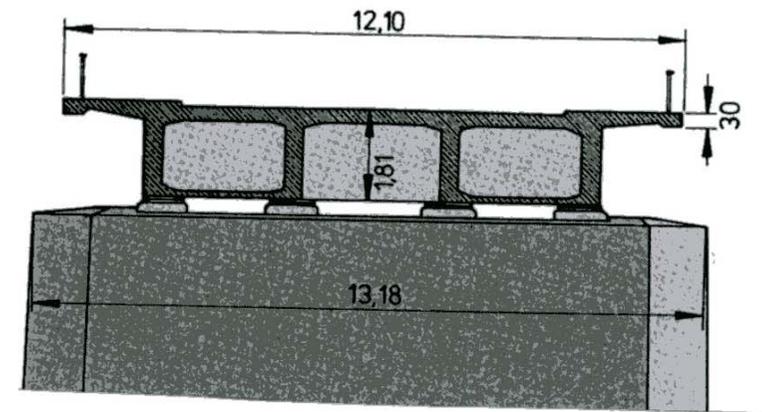
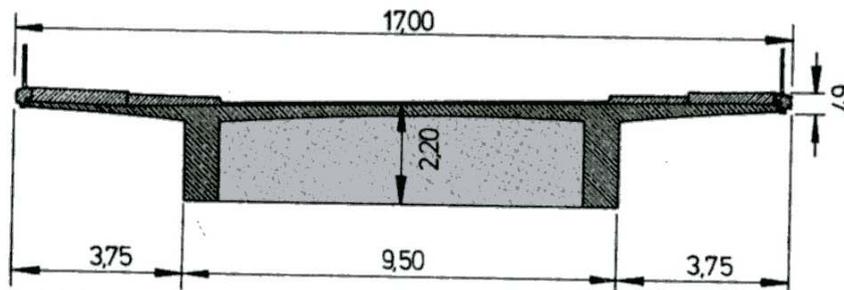
En fonction des caractéristiques de l'ouvrage, de sa largeur, de la portée des travées, de la méthode de construction, la section transversale pourra être :

- une dalle pleine (section rectangulaire, avec encorbellements, élégie...)
- une dalle nervurée (une ou plusieurs nervures)
- une section à poutres (deux ou plusieurs poutres)
- une section en caisson monocellulaire simple
- une section en caisson monocellulaire à dalle nervurée
- une section en caisson monocellulaire avec bracons intérieurs ou extérieurs
- une section en caisson multicellulaire (attention !)

Différents types de sections transversales en dalle,
dalle élégie, ou dalle nervurée

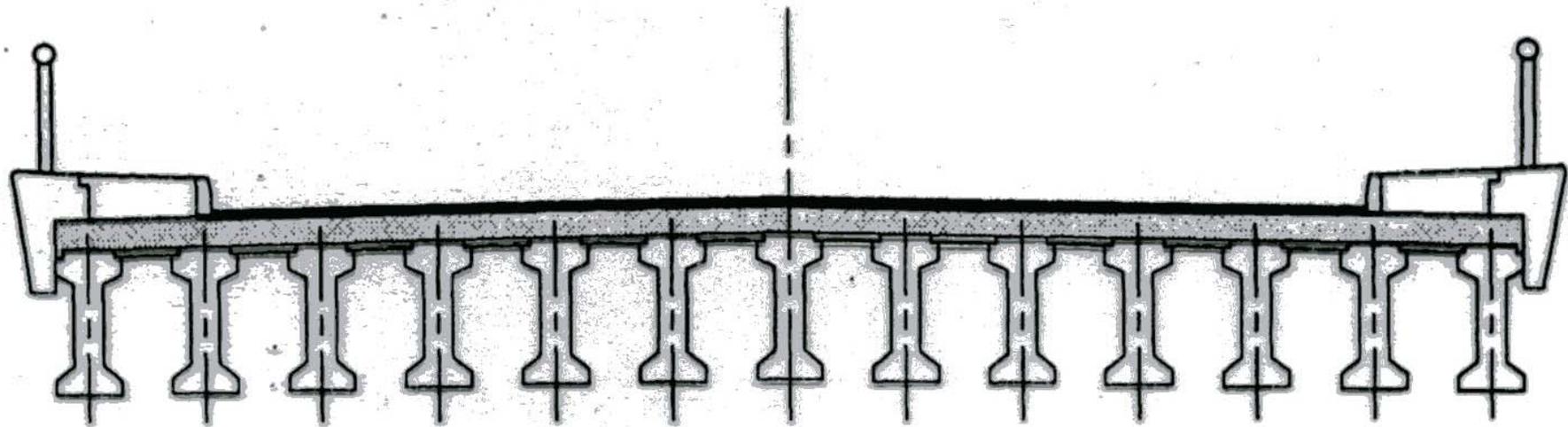


Différents types de sections transversales à poutres

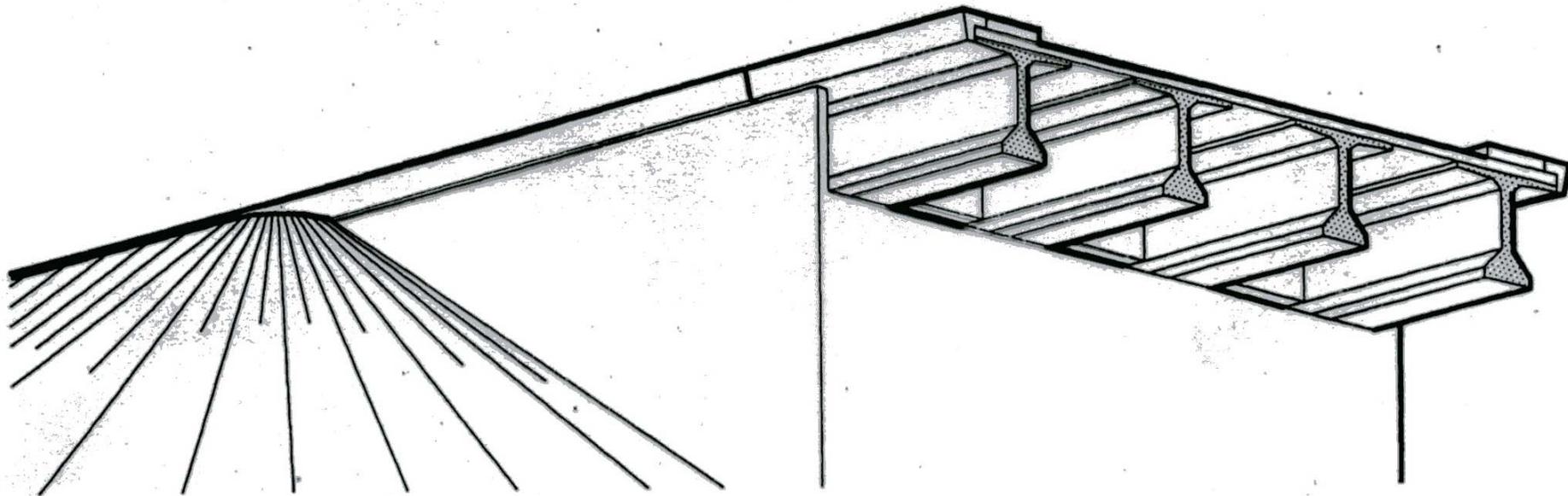


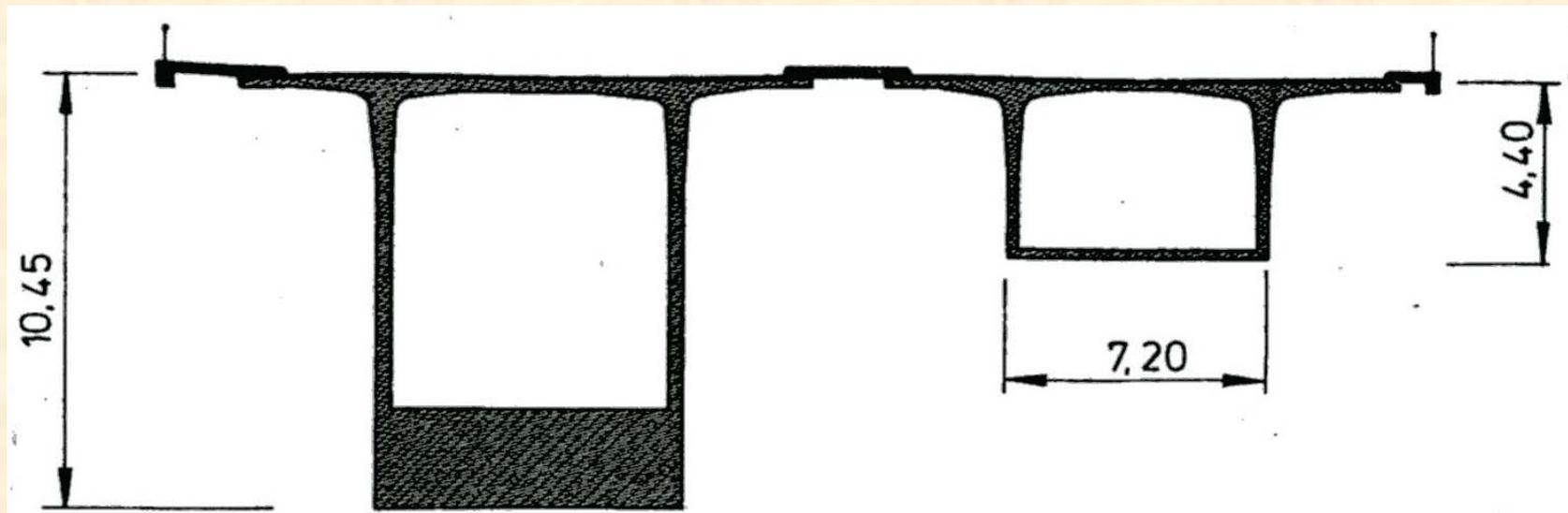
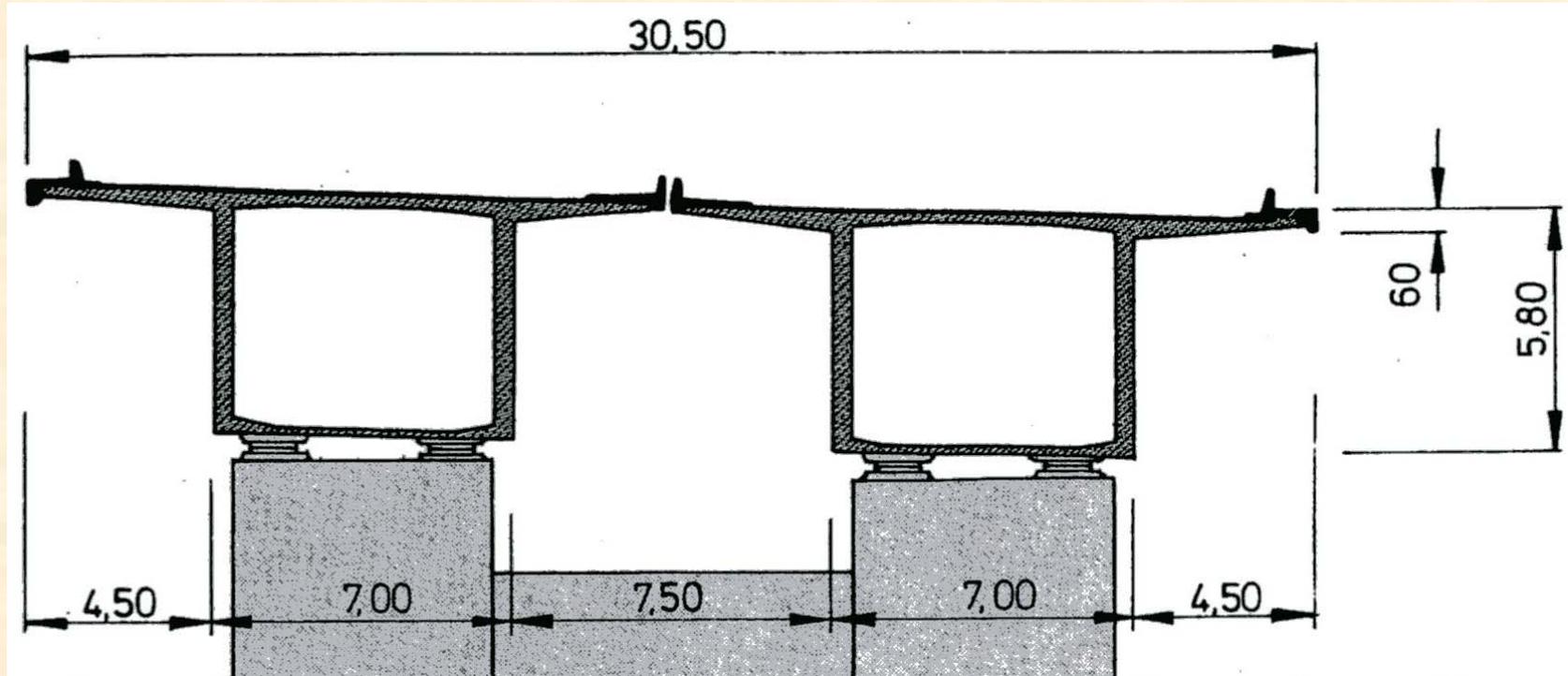
Section transversale d'un pont type PRAD

(poutres précontraintes préfabriquées à fils adhérents)



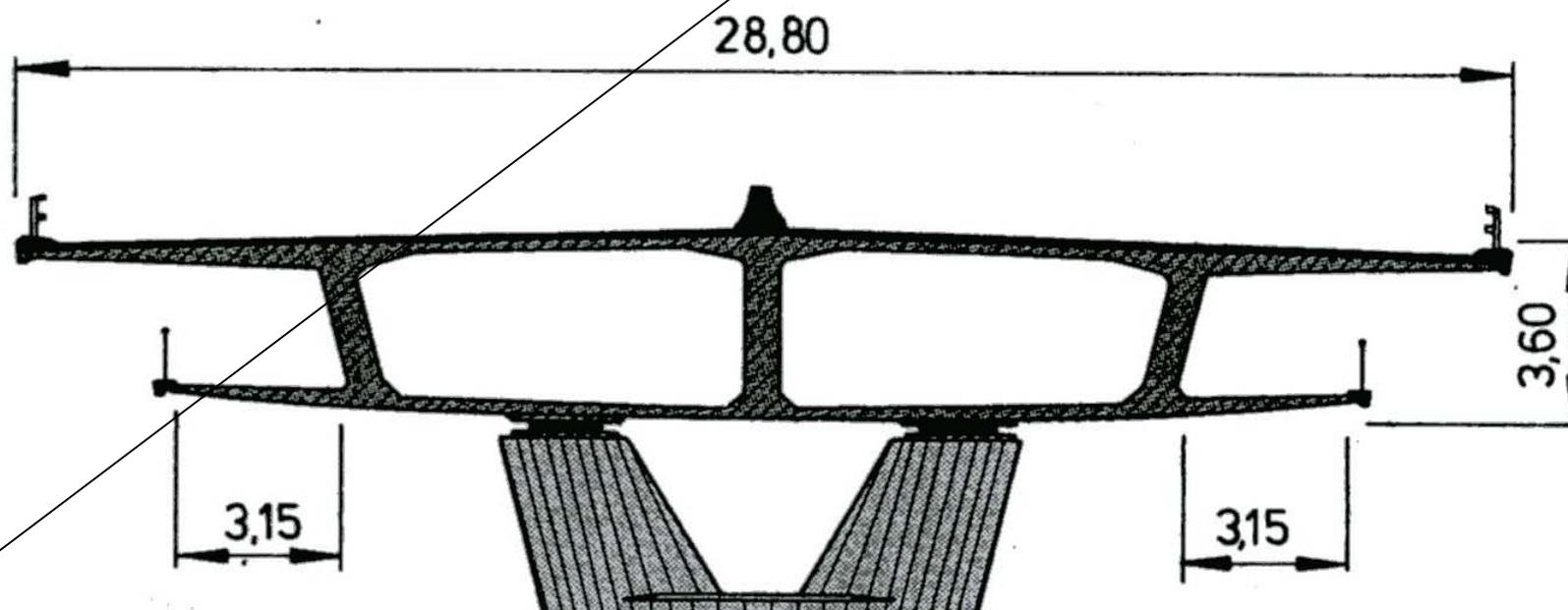
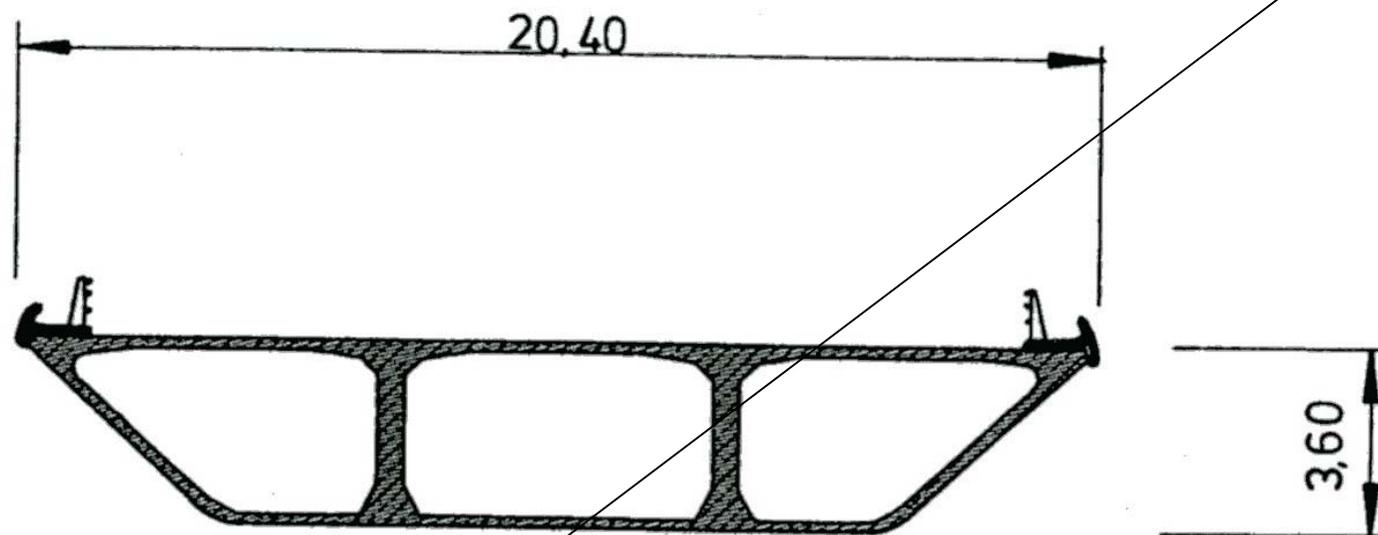
Section transversale d'un pont à poutres préfabriquées
précontraintes par post-tension
de type VIPP

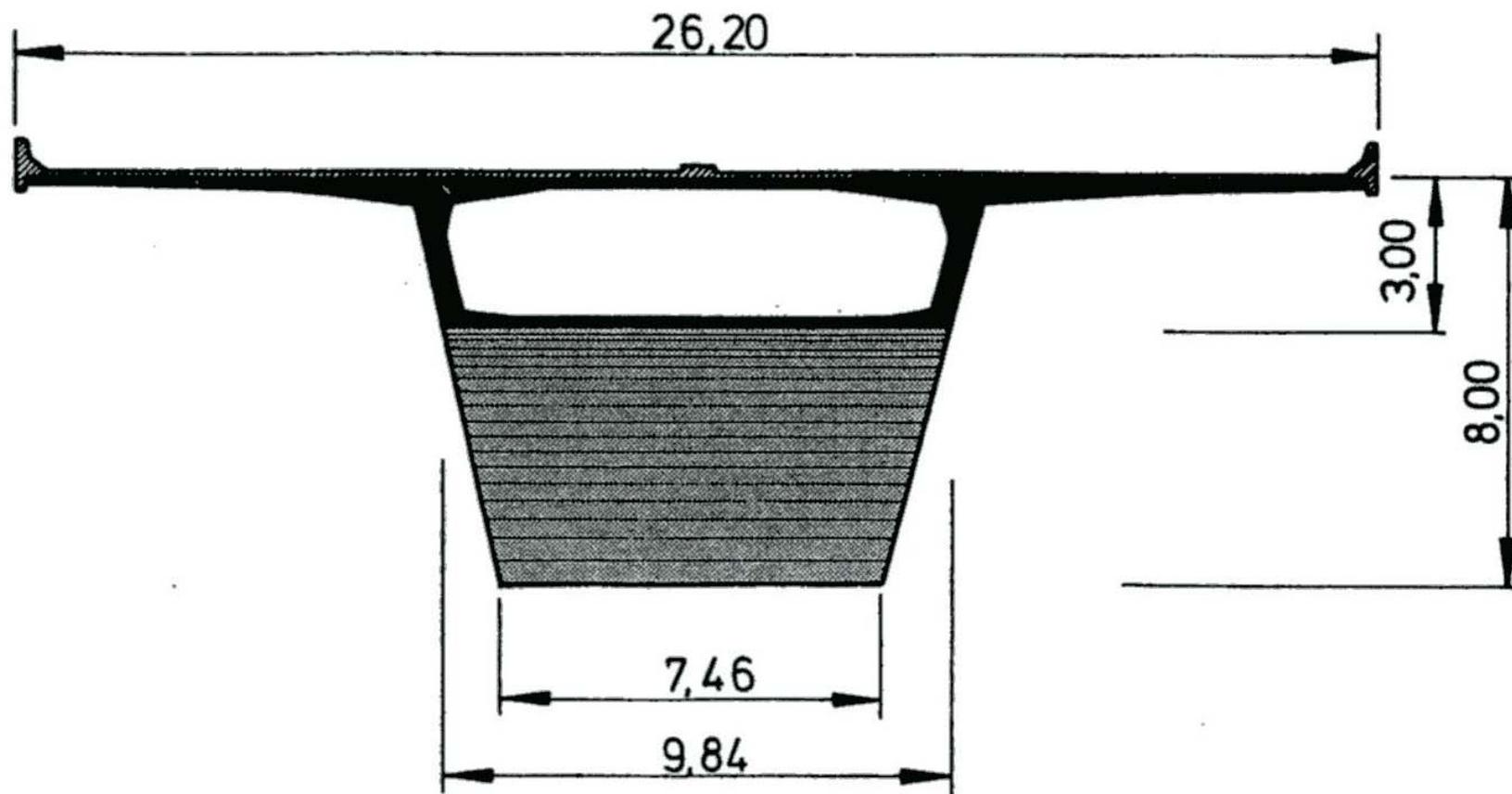


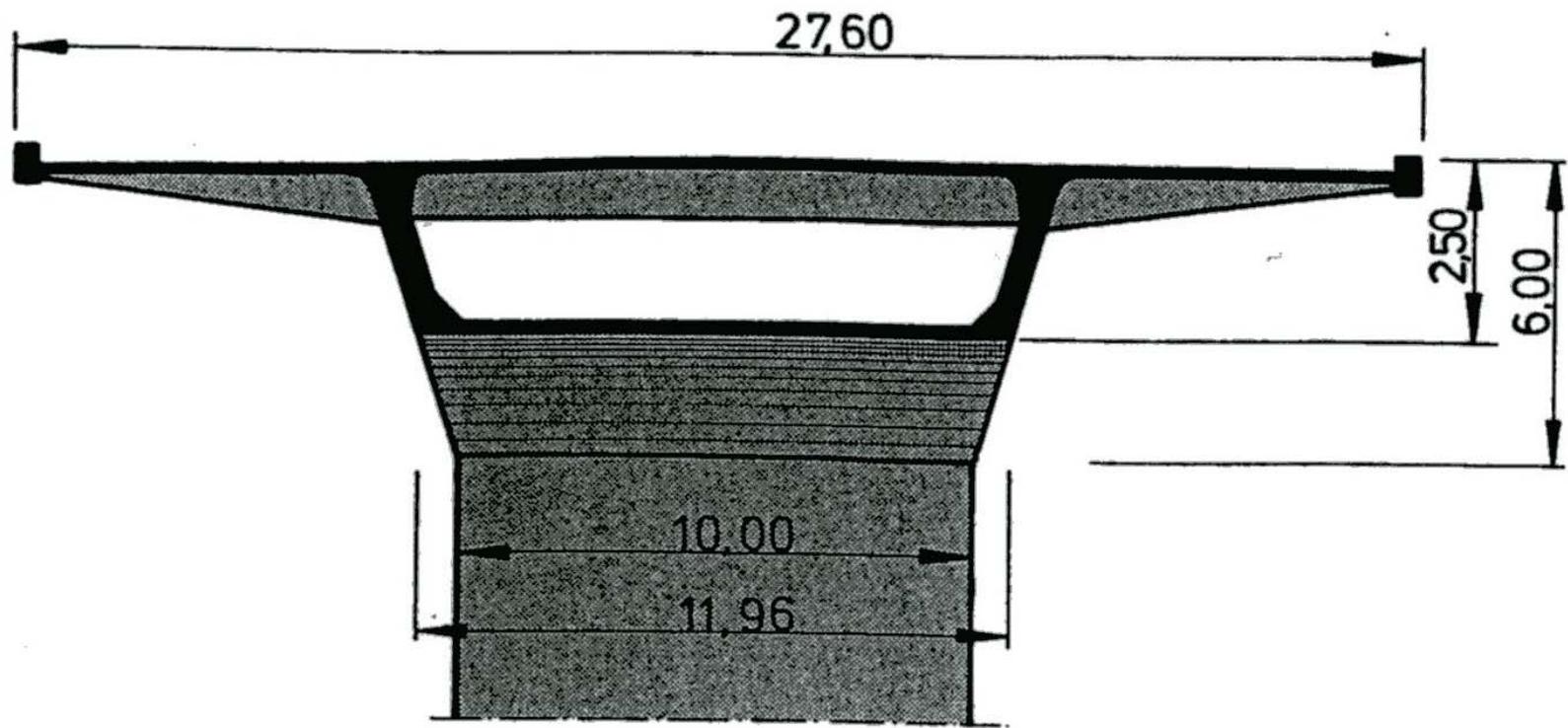


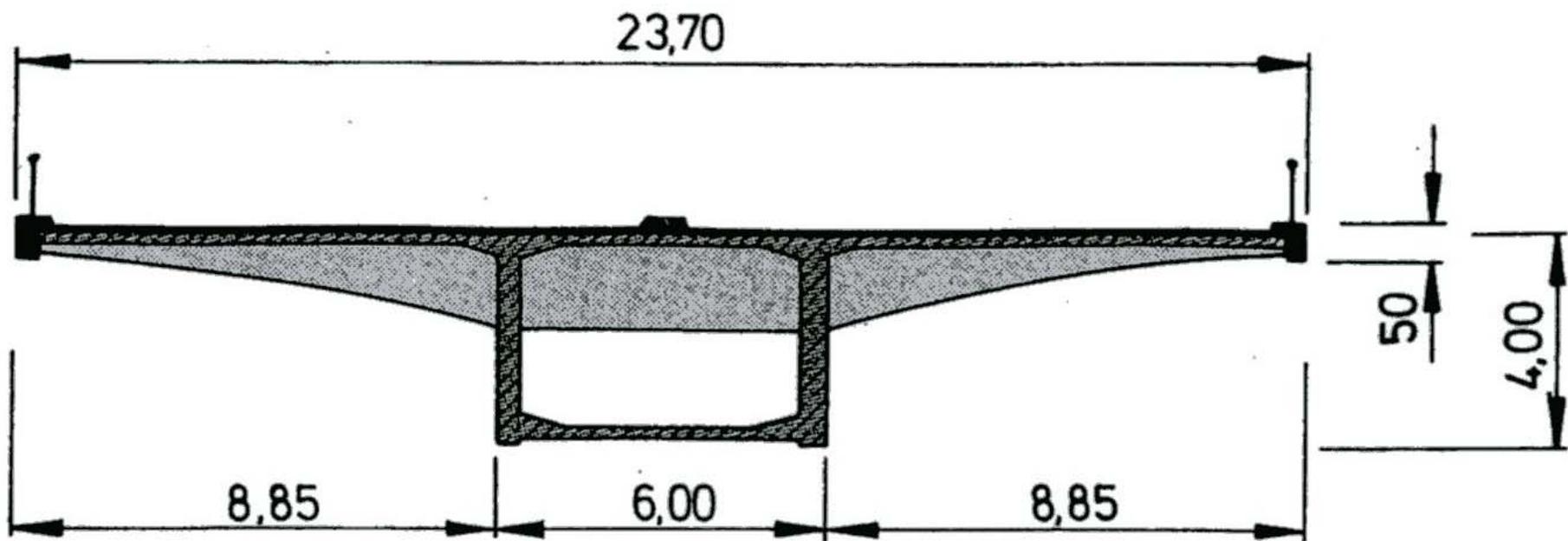
Pour les grandes largeurs, on a fait des caissons multicellulaires à 3 ou 4 âmes :

aujourd'hui solutions abandonnées



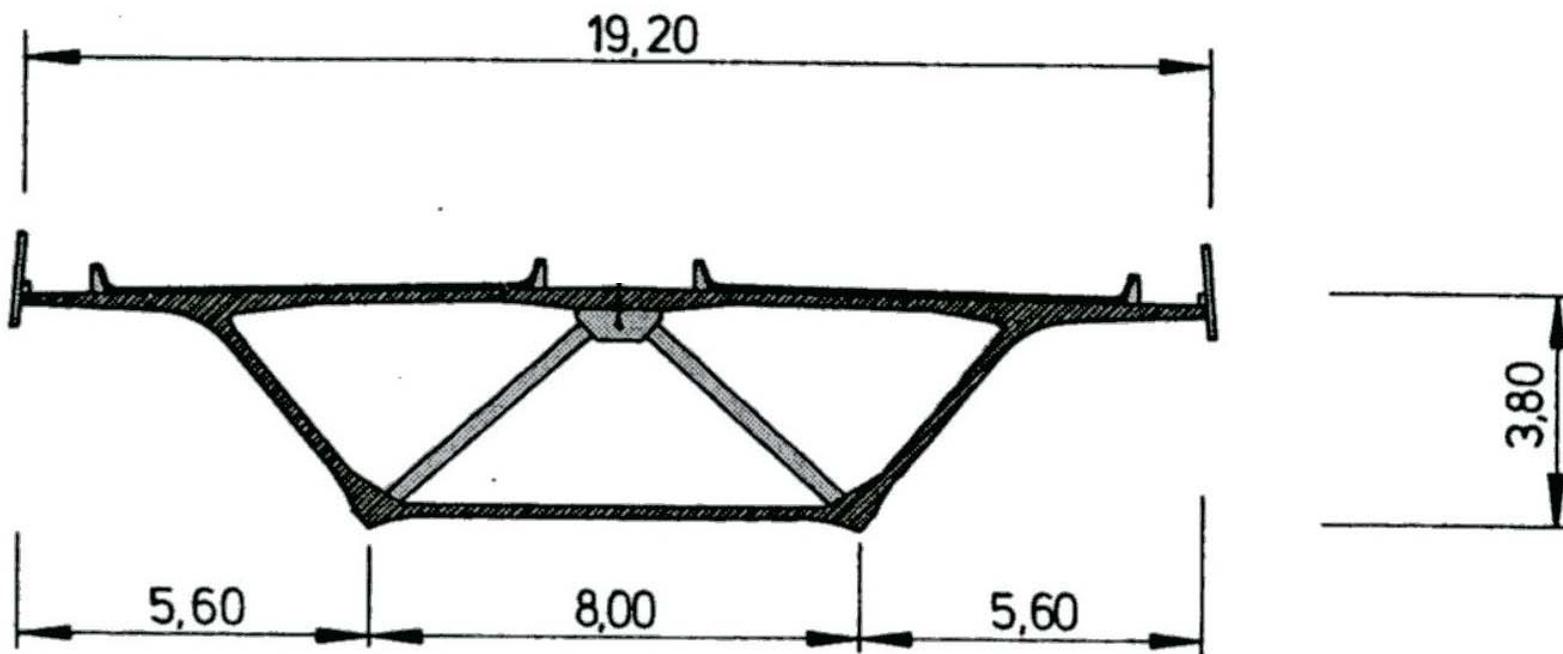


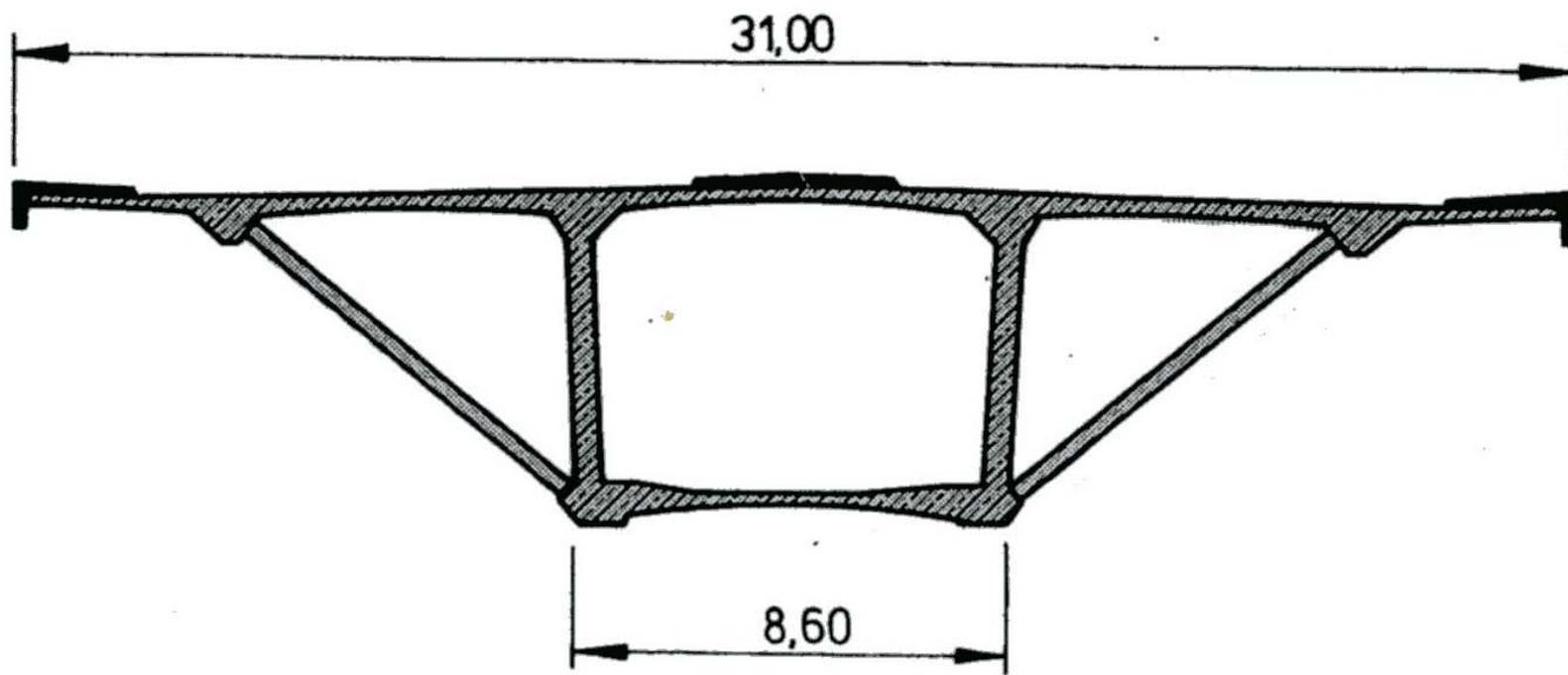




Viaduc de la Gruyère en Suisse à très larges encorbellements et dalle nervurée







Pour un tablier de grande largeur (31,10 m) supportant 2 x 3 voies,
caisson monocellulaire avec bracons intérieurs et extérieurs
(*Viaduc de Meaux*)





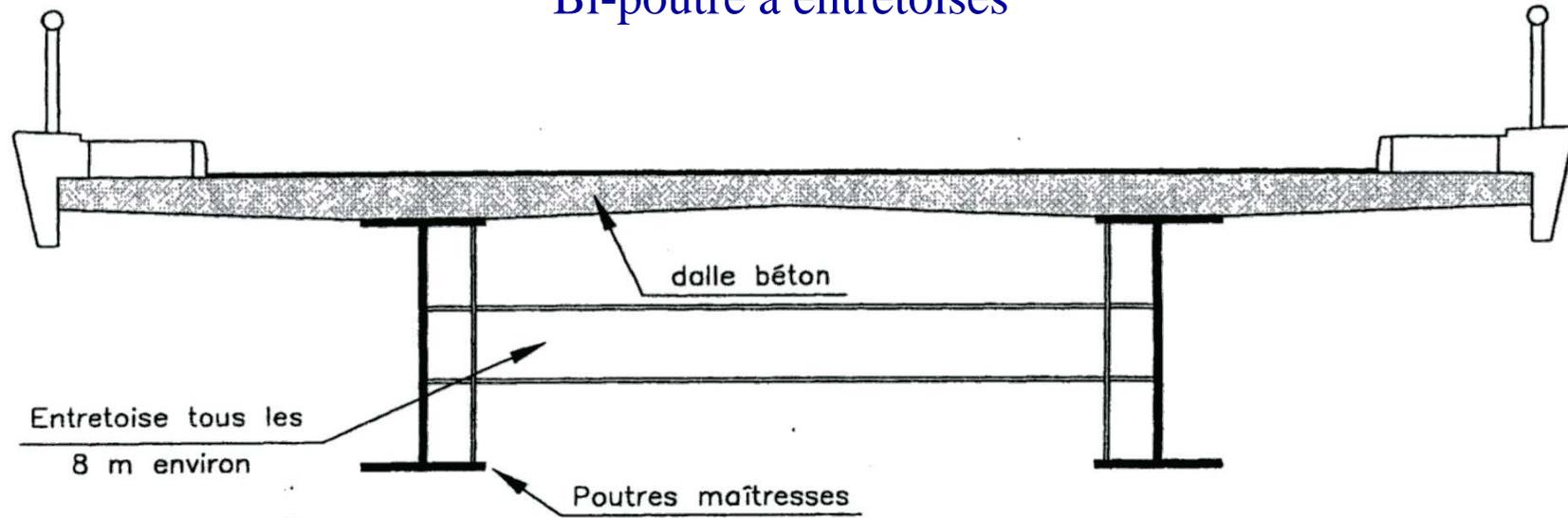
Quatre types de sections transversales de structures mixtes :

- . les ponts à poutrelles enrobées
- . les bi-poutres à entretoises
- . les bi-poutres à pièces de pont
- . les caissons métalliques

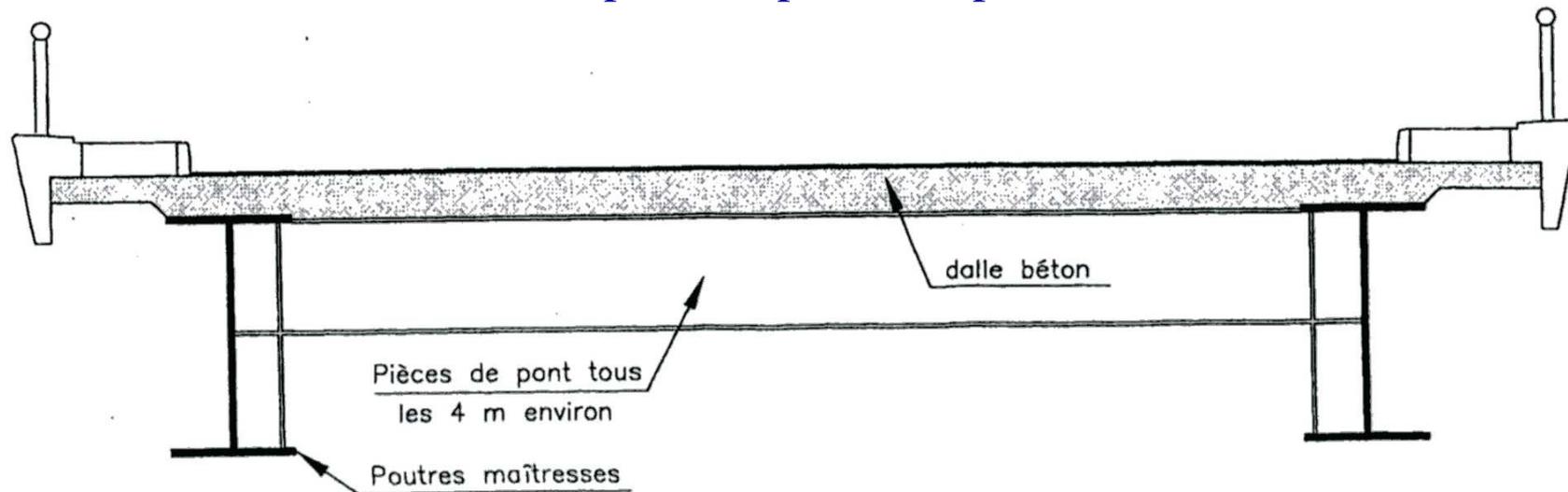


Pont à poutrelles enrobées

Bi-poutre à entretoises



Bi-poutre à pièces de pont



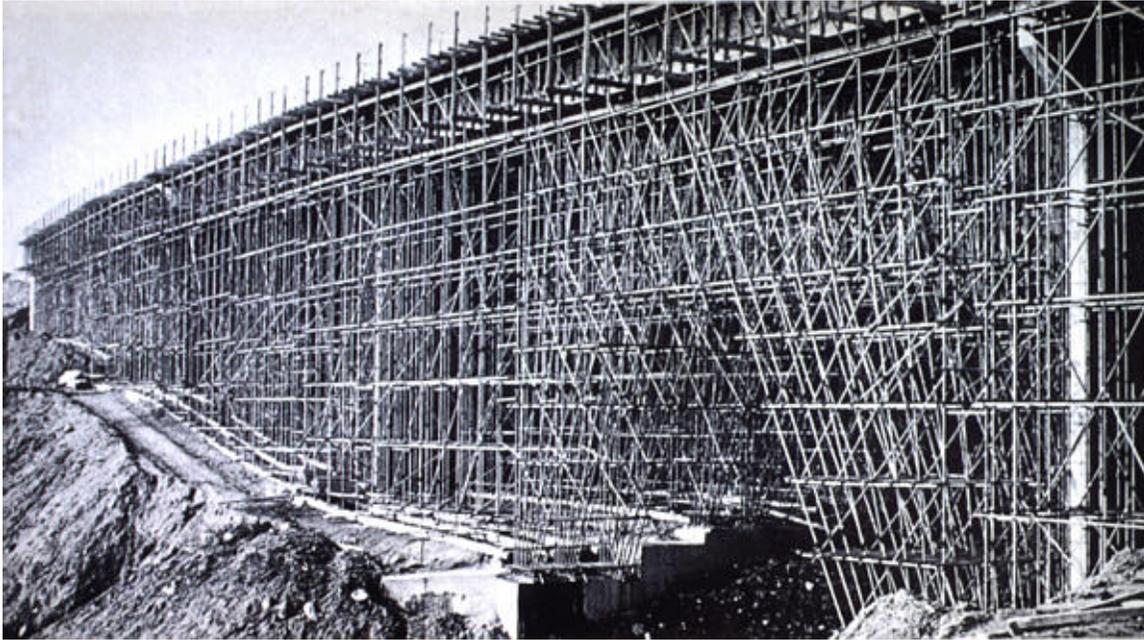
Méthodes générales d'exécution

Les ponts à poutres ou dalles (structure fonctionnant en flexion)

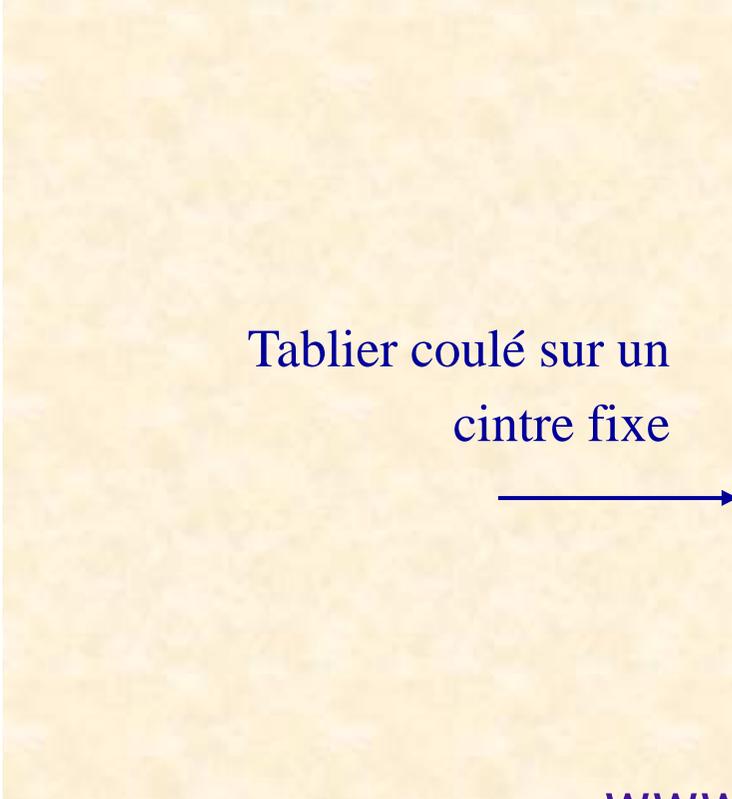
- . ouvrage coulé en place sur un étaielement ou un cintre fixe
- . ouvrage à poutres préfabriquées et hourdis coulé en place
- . ouvrage coulé sur cintre par phases successives
- . ouvrage coulé sur cintre auto-lanceur
- . ouvrage préfabriqué posé à l'avancement
- . ouvrage mis en place par déplacement (poussage, ripage, rotation)
- . ouvrage construit par encorbellements successifs

Les ponts en arc et à béquilles (structure fonctionnant en compression)

Les ponts à câbles (ponts suspendus et ponts à haubans)

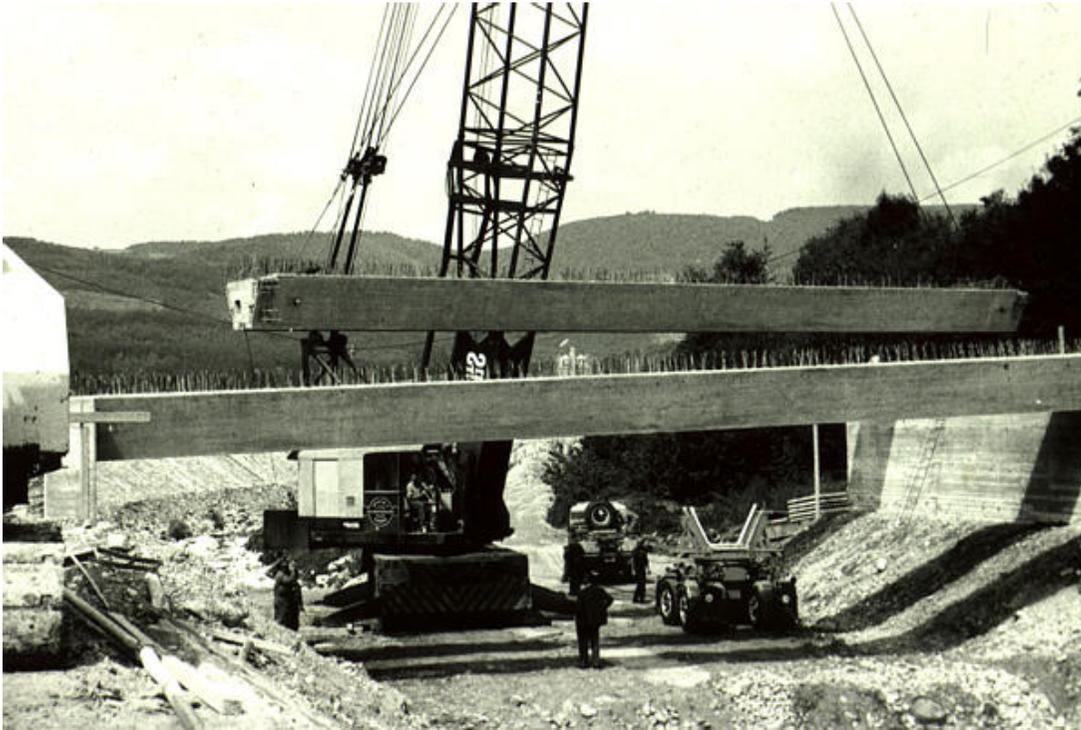


Tablier coulé sur un
établiement général



Tablier coulé sur un
cintre fixe

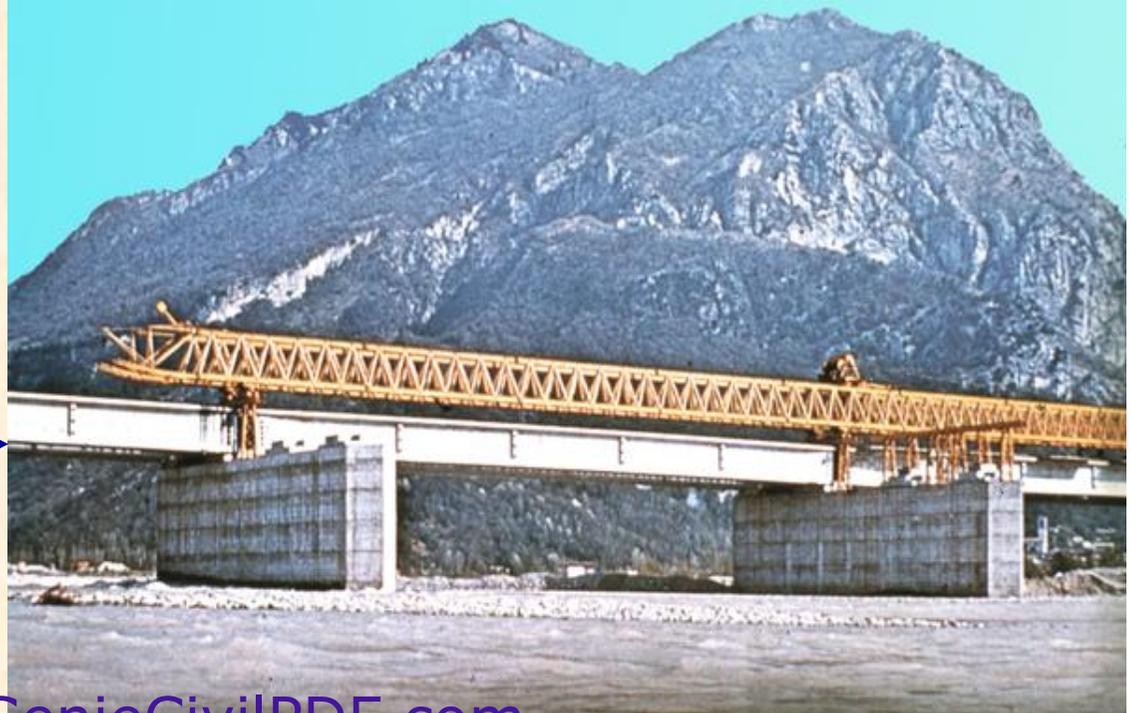




Pont à poutres avec pose
des poutres à la grue



Pont à poutres avec pose
des poutres au lanceur





Tablier coulé en place sur cintre autolanceur

Pont préfabriqué à terre et poussé





Ouvrages préfabriqués
sur la berge ou
parallèlement à celle-ci
et mis en place par
rotation

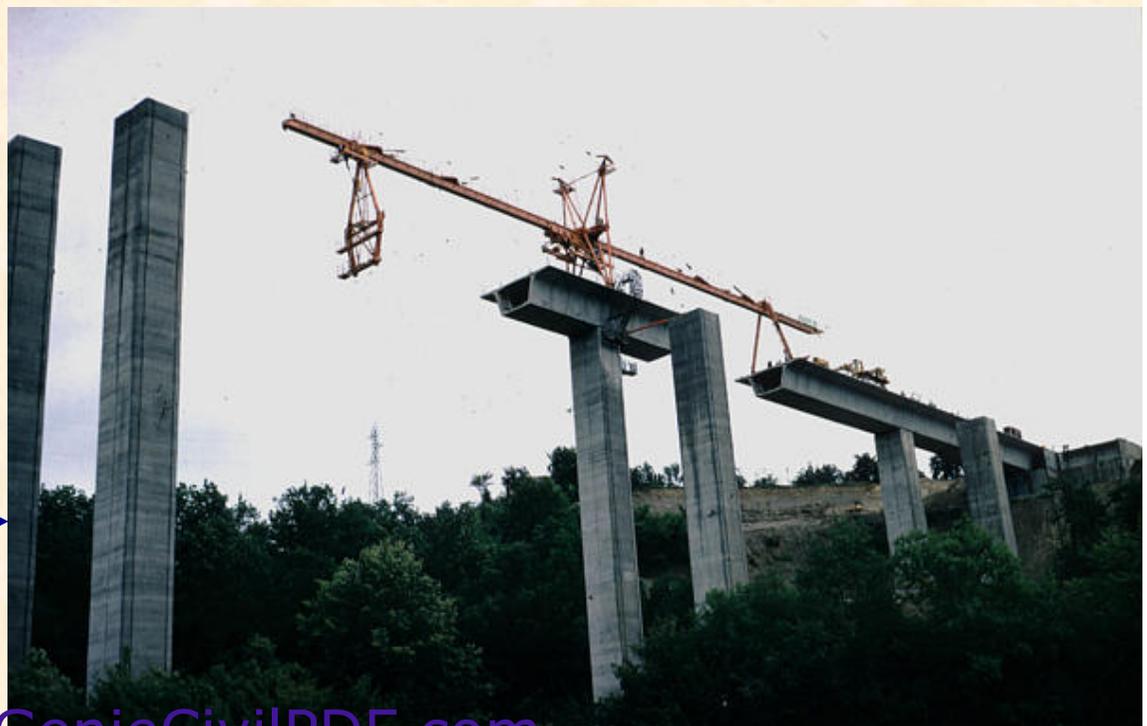




Pont construit par
encorbellement en voussoirs
coulés en place en équipages
mobiles



Pont construit par
encorbellement en voussoirs
préfabriqués posés à la poutre
de lancement











Surcharges d'exploitation à
prendre en compte sur les
ouvrages d'art en France
selon le CCTG
(fascicule 61 Titre

SURCHARGES D'EXPLOITATION DES PONTS
(actions variables)

. Surcharge répartie : A(l) pour $l < 200$ m

$$A(l) = 230 + 36000 / (1 + 12l) \quad \text{en kg/m}^2$$

l : longueur en m

$$l = 24 \text{ m} \quad A = 1230 \text{ kg/m}^2$$

$$l = 60 \text{ m} \quad A = 730 \text{ kg/m}^2$$

$$l = 108 \text{ m} \quad A = 530 \text{ kg/m}^2$$

$$l = 168 \text{ m} \quad A = 430 \text{ kg/m}^2$$

$$l = 200 \text{ m} \quad A = 400 \text{ kg/m}^2$$

. Surcharge de type B : 3 systèmes de charges :

. Bc : 2 camions de 30 t par voie de circulation (autant de files que de voies)

. Bt : 2 essieux tandems de 16 t.

. Br : roue isolée de 10 t.

avec un coefficient dynamique

. Surcharges militaires Mc 120 ou Mc 80

. Surcharges exceptionnelles

. Surcharges de chantier (engins de terrassement - dumpers)

. Trottoirs : 150 kg/m² en flexion générale
450 kg/m² en flexion locale

. Freinage : un camion Bc (coefficient 1 : H = 30 t)

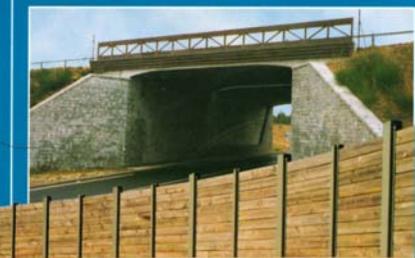
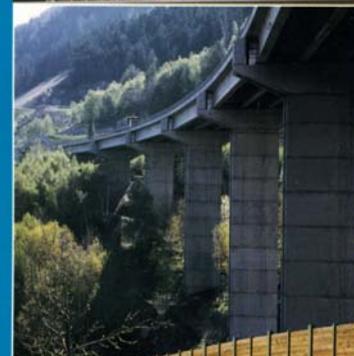
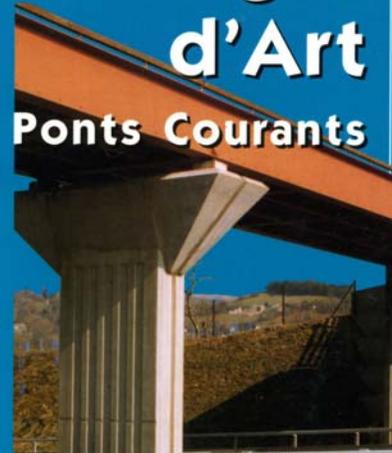
. Vent : 200 kg/m² ou étude spécifique si ouvrage spécial

. Température, retrait, fluage

+ (éventuellement) Séisme + Chocs accidentels ...

Un Guide édité par le SETRA
définit toutes les règles et donne
les recommandations utiles
pour concevoir les ouvrages
d'art courants

Guide du Projeteur Ouvrages d'Art Ponts Courants



Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes

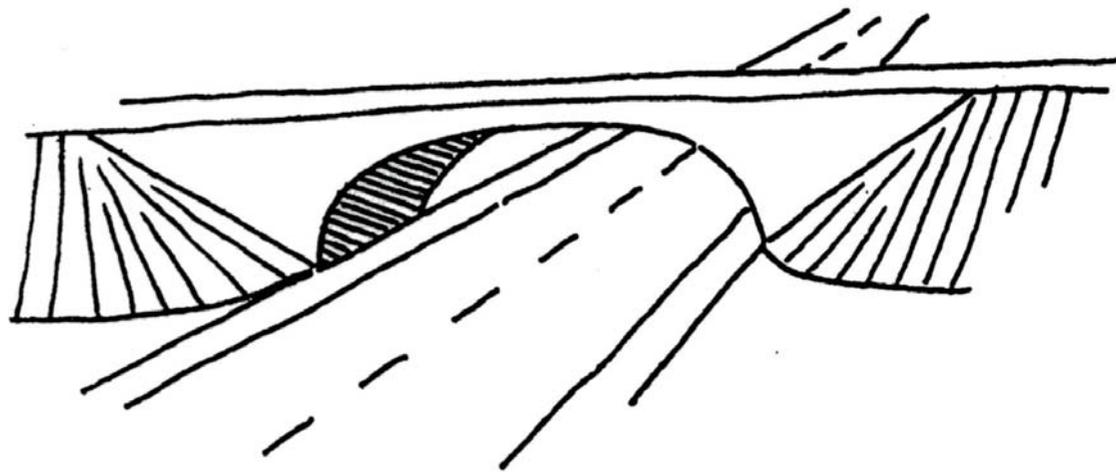


Définition des O.A. courants

Définis par la Circulaire du 5 mai 1994, les ouvrages d'art **non courants** sont ceux qui répondent aux caractéristiques suivantes :

- . au moins une travée de 40 m de portée ou plus
- . une surface totale de tablier dépassant 1200 m²
- . les ponts mobiles et les ponts canaux
- . les murs de soutènement de plus de 9 m de hauteur
- . les tranchées couvertes ou semi-couvertes de plus de 300 m de longueur
- . les ouvrages présentant des difficultés particulières telles que :
 - . fondations difficiles
 - . présentant des conditions d'emploi particulières
 - . utilisant des techniques non codifiées
 - . présentant un caractère innovant de la technique ou du procédé

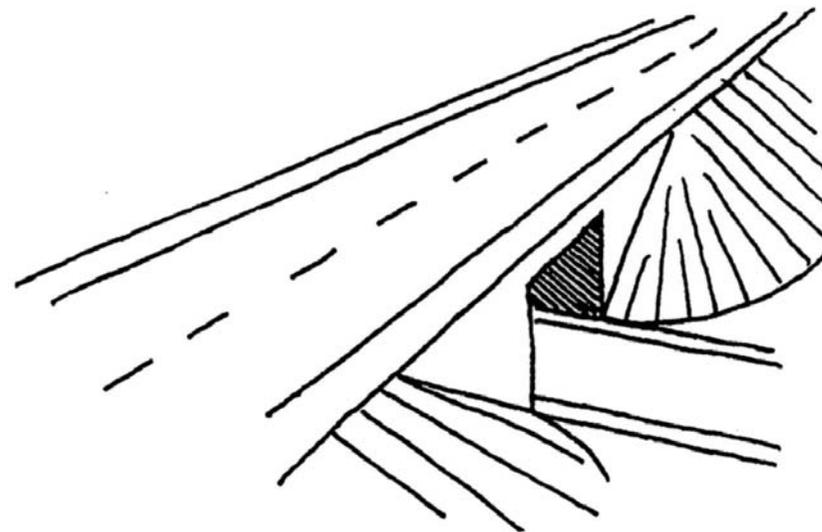
Définition de Passage Supérieur et Passage Inférieur *par rapport à la voie principale*



P.S. : *Passage Supérieur*



P.I. : *Passage Inférieur*

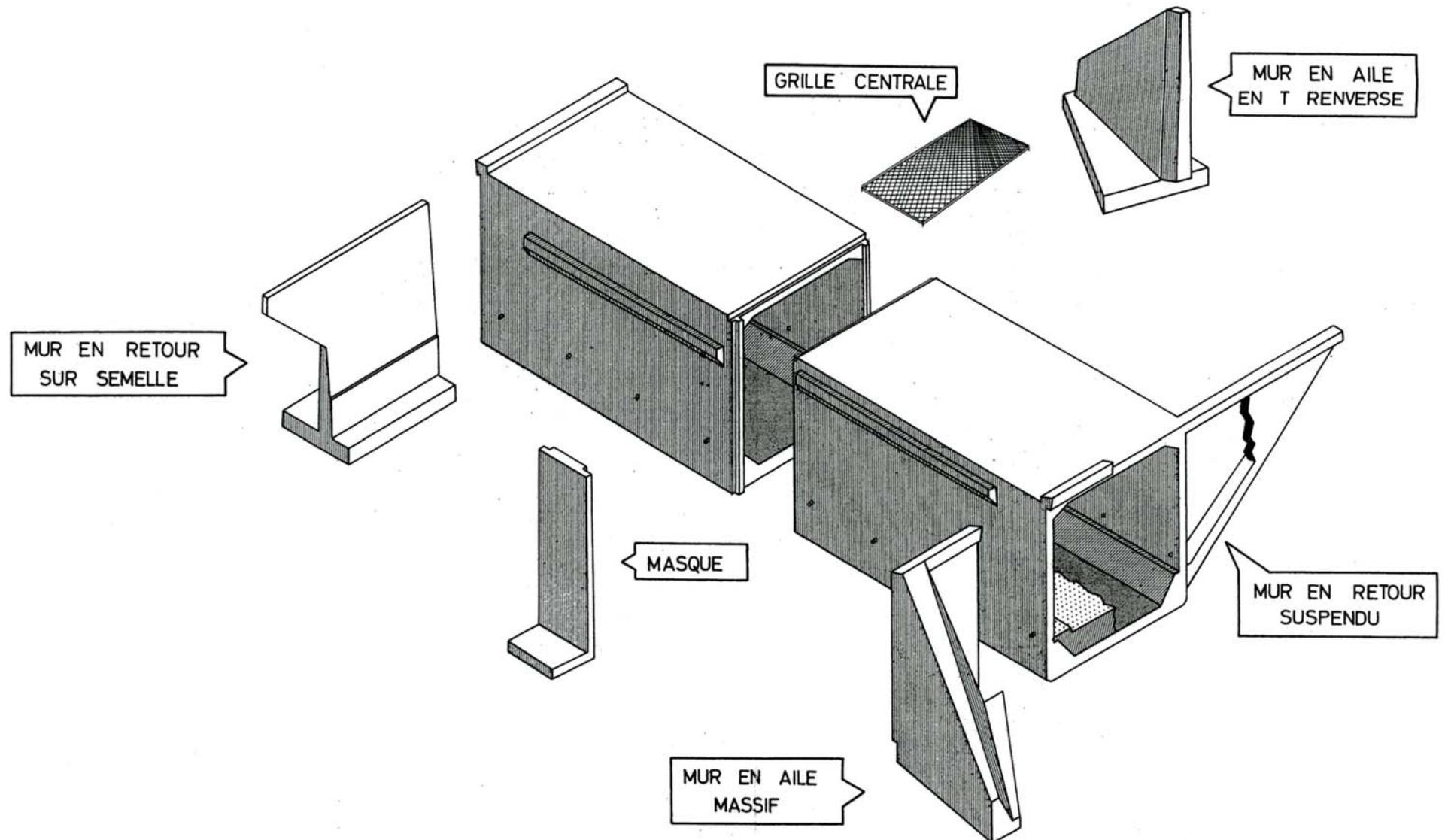


Ponts-types du SETRA
Guides de conception et Programmes de calculs ⁽¹⁾

Liste des
Guides de conception
et des
Programmes de calcul
correspondant aux
différents types
d'ouvrages d'art courants

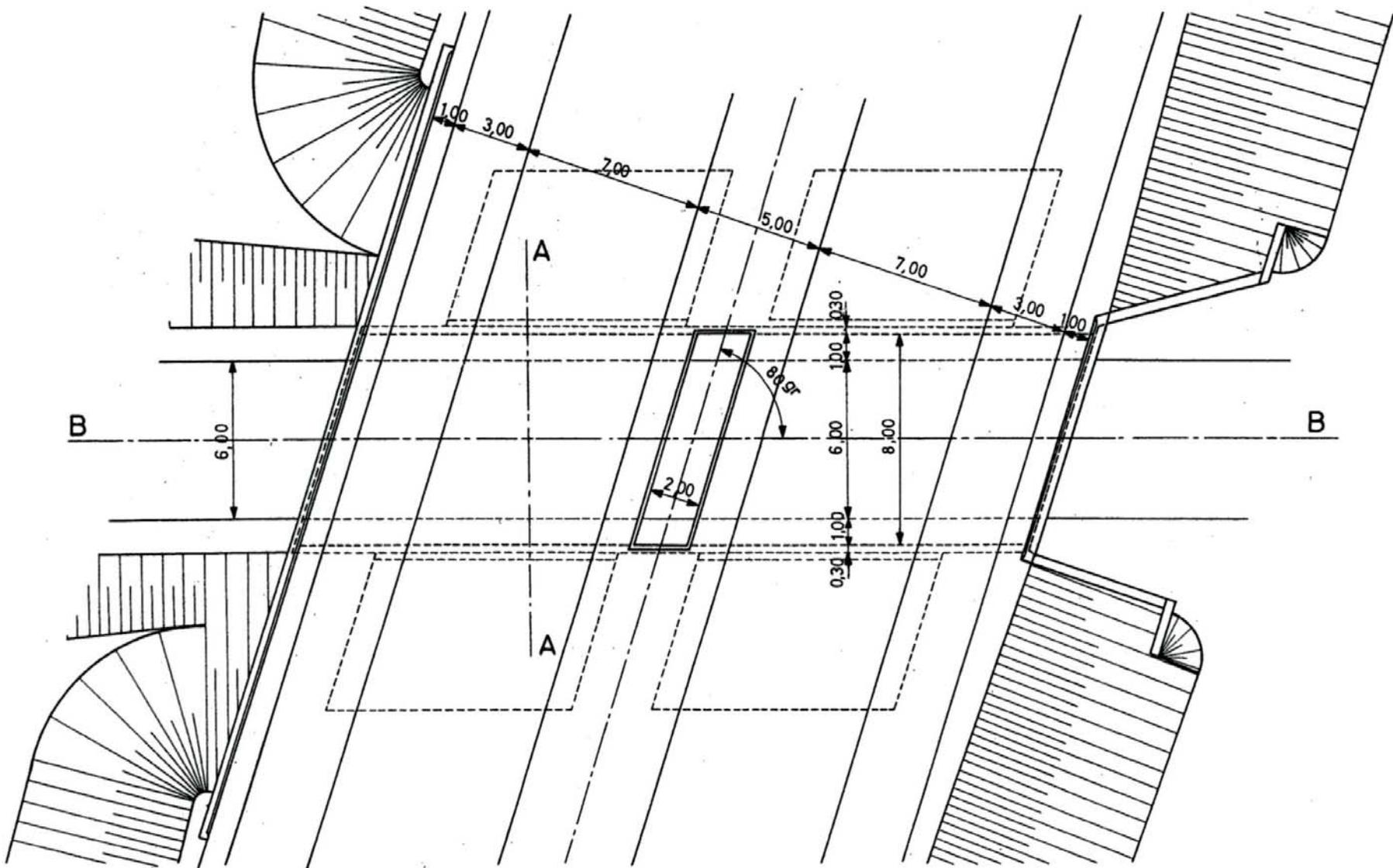
Structure type	Guide	Programme de calcul
Portique de type PIPO	Ponts cadres et portiques - Guide de conception [72]	Programme PIPOEL du SETRA complété par le programme MRBEL pour les ouvrages très biais
Cadre de type PICF	Ponts cadres et portiques - Guide de conception [72]	Programme PICFEL du SETRA
Portique double de type POD	Ponts cadres et portiques - Guide de conception [72] et dossier pilote POD 76 [73]	Programme PODCCBA du SETRA
Pont dalle en béton armé de hauteur constante de type PSIDA	Ponts-dalles - Guide de conception [76]	Programme PSIDAEL du SETRA complété par MRBEL pour les ouvrages biais
Pont dalle en béton précontraint de hauteur constante de type PSIDP	Ponts-dalles - Guide de conception [76]	Programme PSIDPEL du SETRA complété par MRBEL pour les ouvrages biais
Pont dalle en béton précontraint de hauteur variable et/ou à plusieurs nervures de type PSIDN	Ponts-dalles - Guide de conception [76] Dossier PSIDN 81 [77]	Programme MCEPEL du SETRA
Pont à poutrelles enrobées	Ponts-routes à tablier en poutrelles enrobées - Guide de conception et de calcul [78]	Programmes PSIDAEL et PSIPAP du SETRA
Pont à poutrelles ajourées précontraintes (PSIPAP)	Guide de conception et guide de calcul des ponts à poutrelles ajourées précontraintes [79]	Programmes PSIDAEL et PSIPAP du SETRA
Pont à poutres précontraintes de type VIPP	Ponts à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension -VIPP- Guide de conception [80]	Programme VIPPEL du SETRA
Pont à poutres précontraintes de type PRAD	Ponts à poutres préfabriquées précontraintes par adhérence -PRAD- Guide de conception [81]	Programme PRADEL en développement au SETRA
Piles et palées	Dossier pilote Piles et Palées 74 [83]	Pas de programme de calcul

P.I.C.F. type : vue éclatée



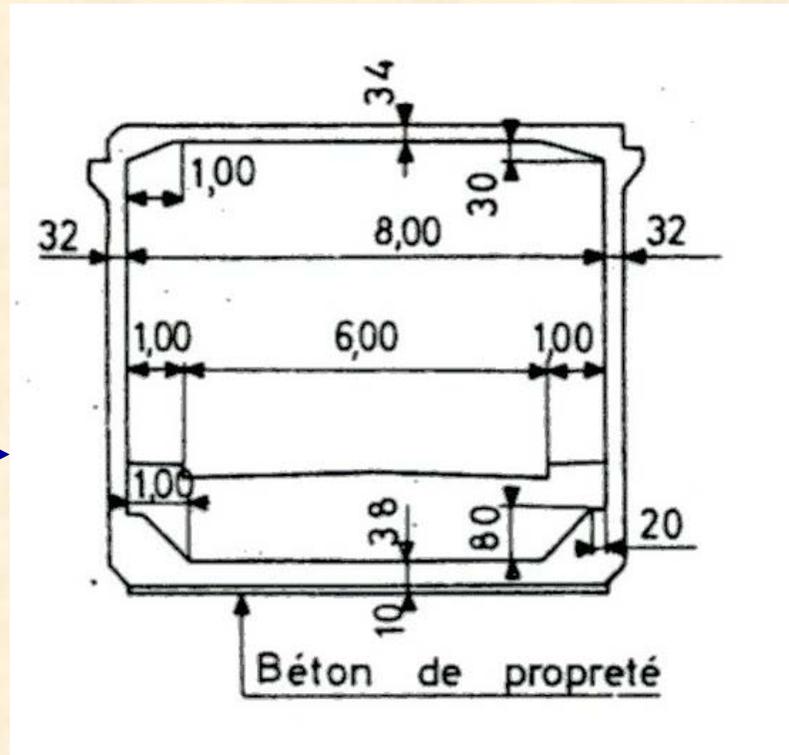
P.I.C.F. type

Vue en plan

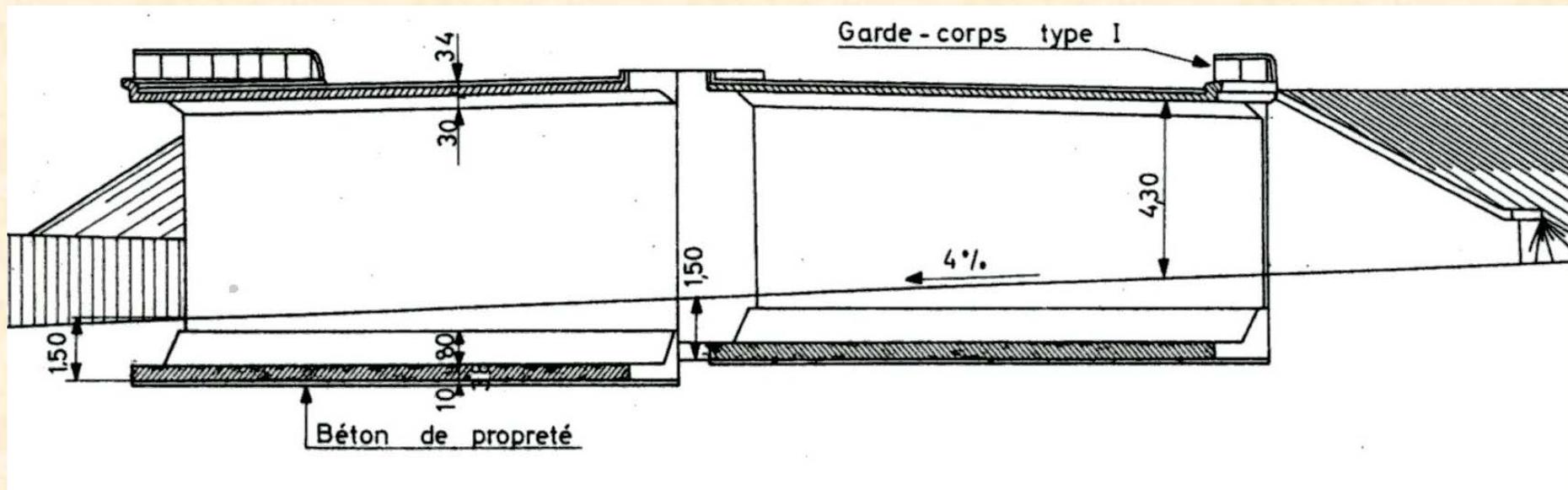


P.I.C.F. type

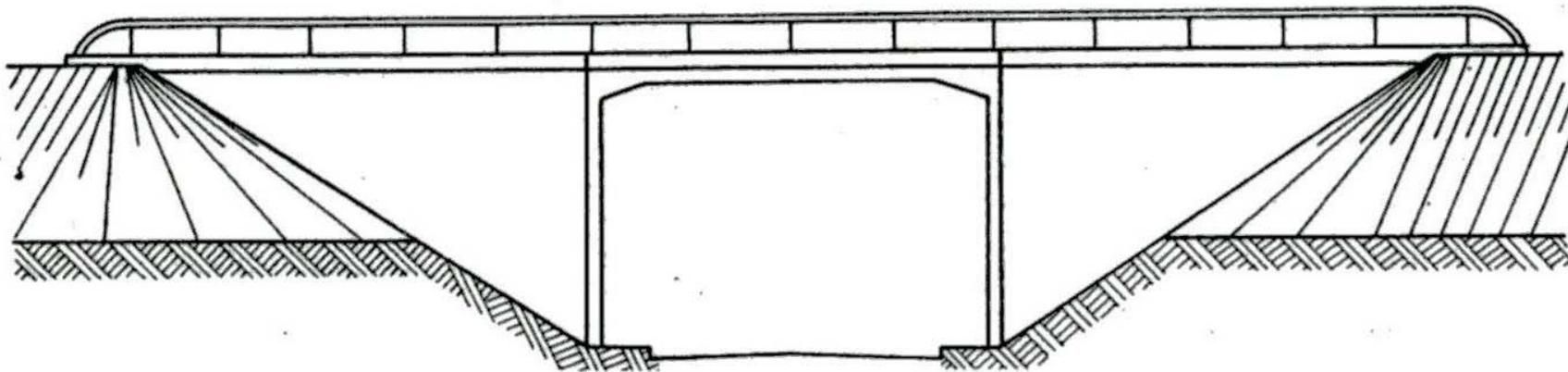
Coupe transversale



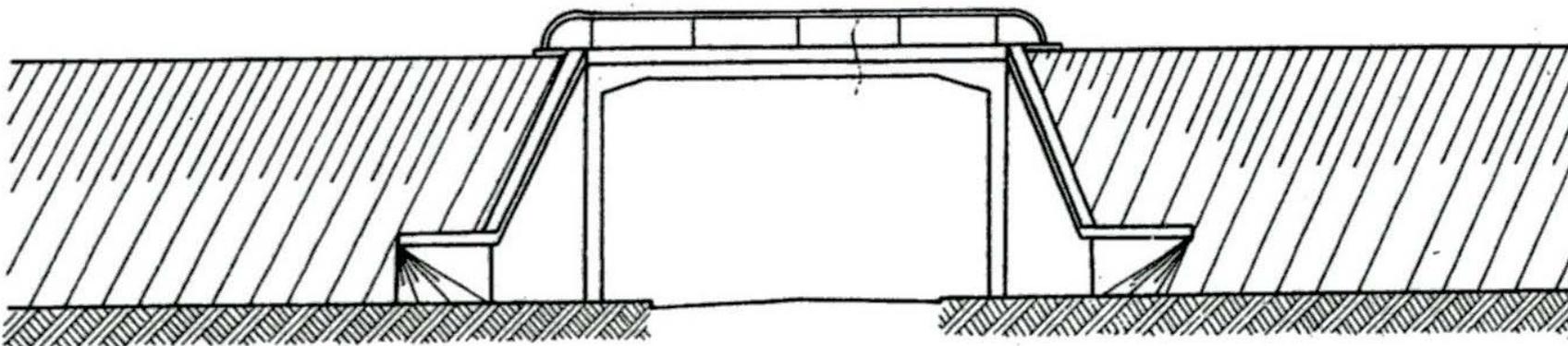
Coupe longitudinale



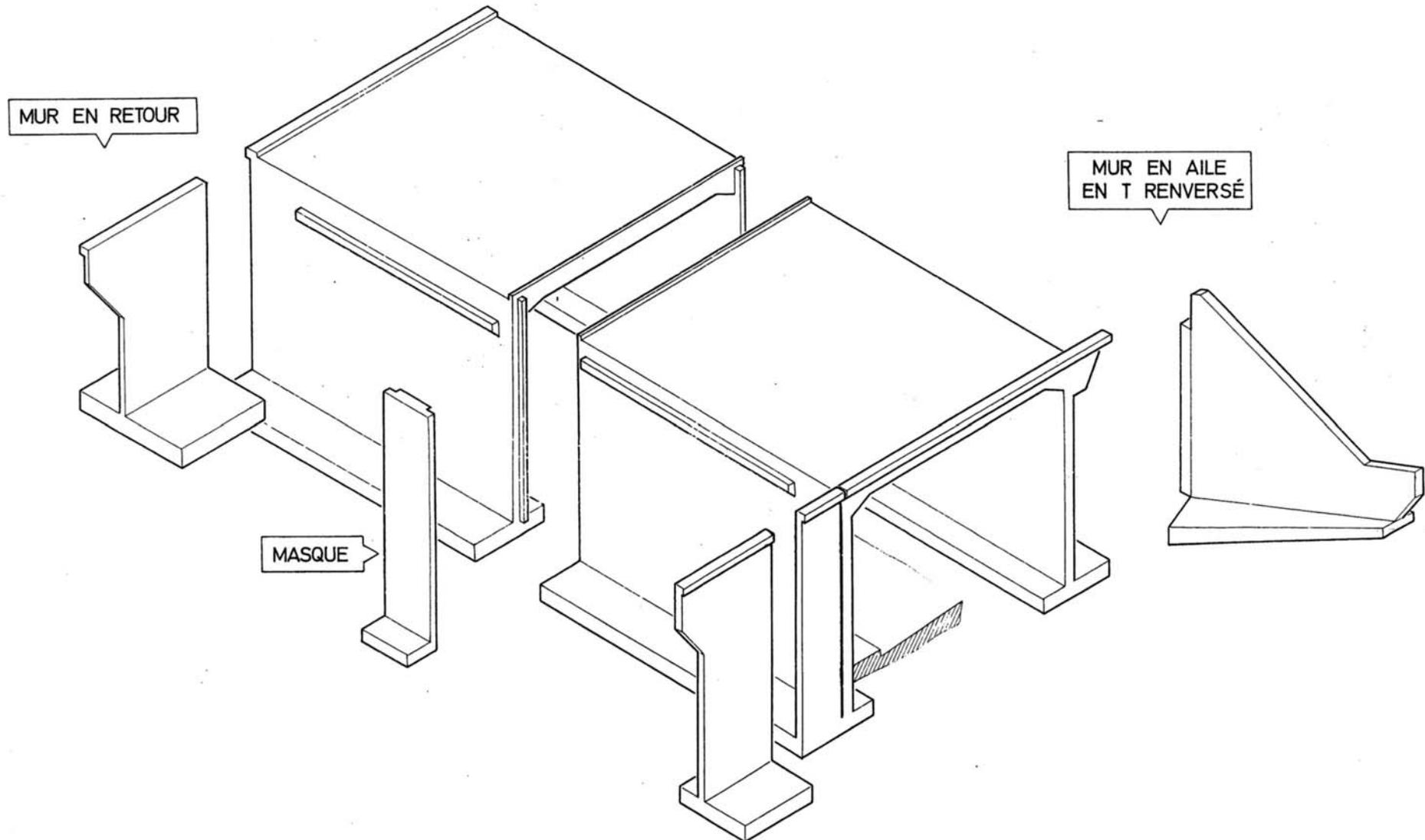
ÉLÉVATION AVEC MUR EN RETOUR



ELEVATION AVEC MURS EN AILE

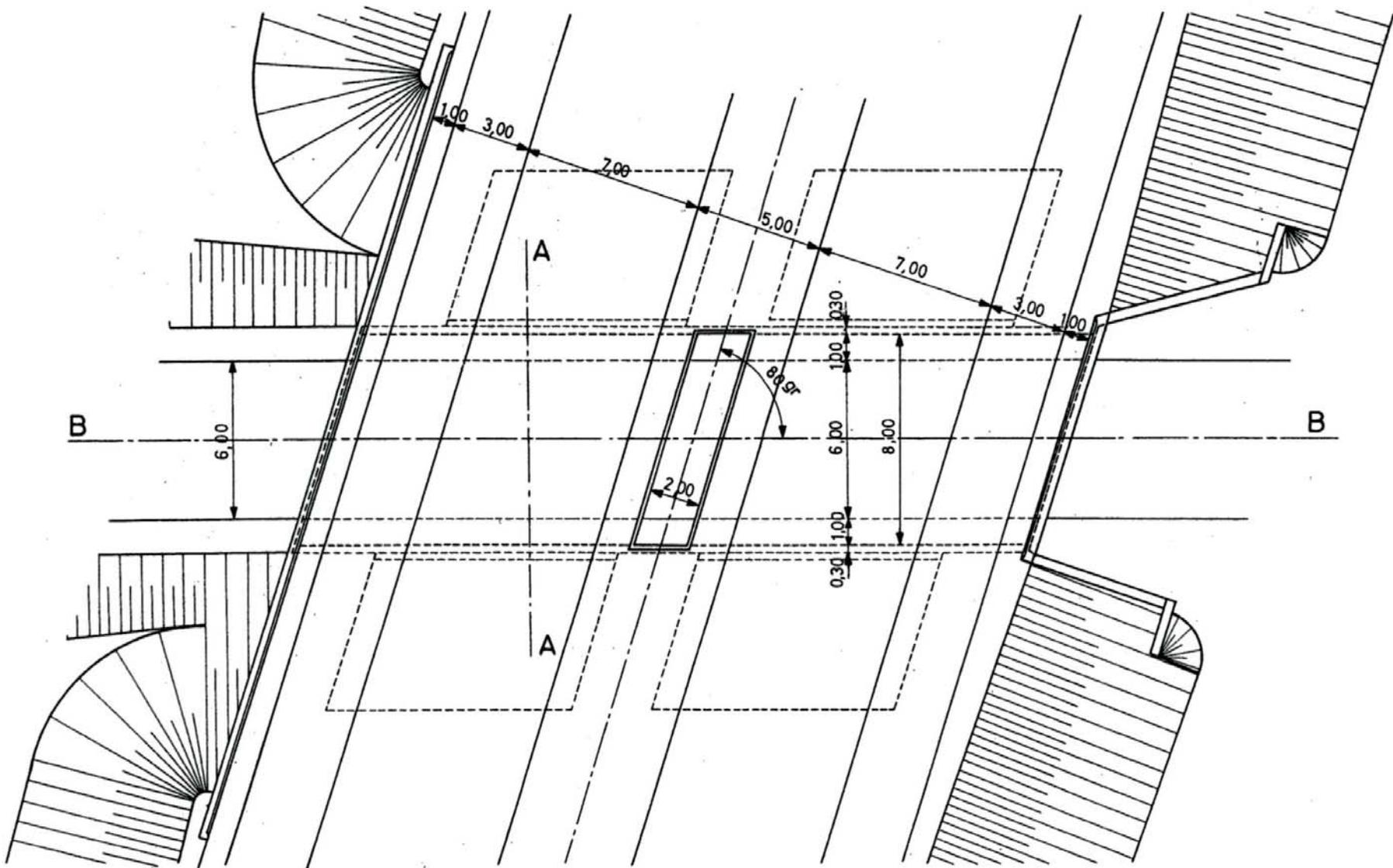


P.I.P.O. type : vue éclatée

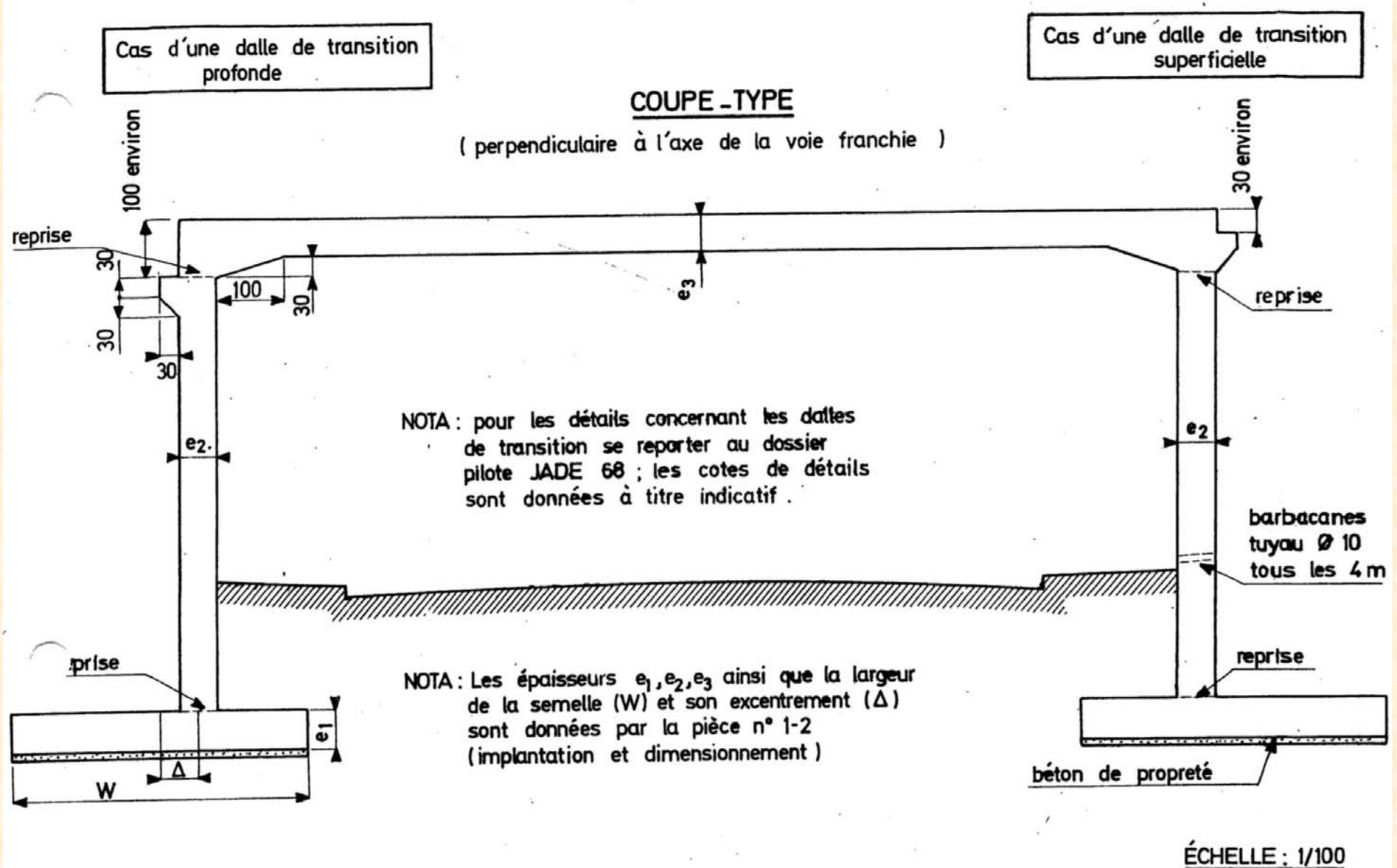


P.I.P.O. type

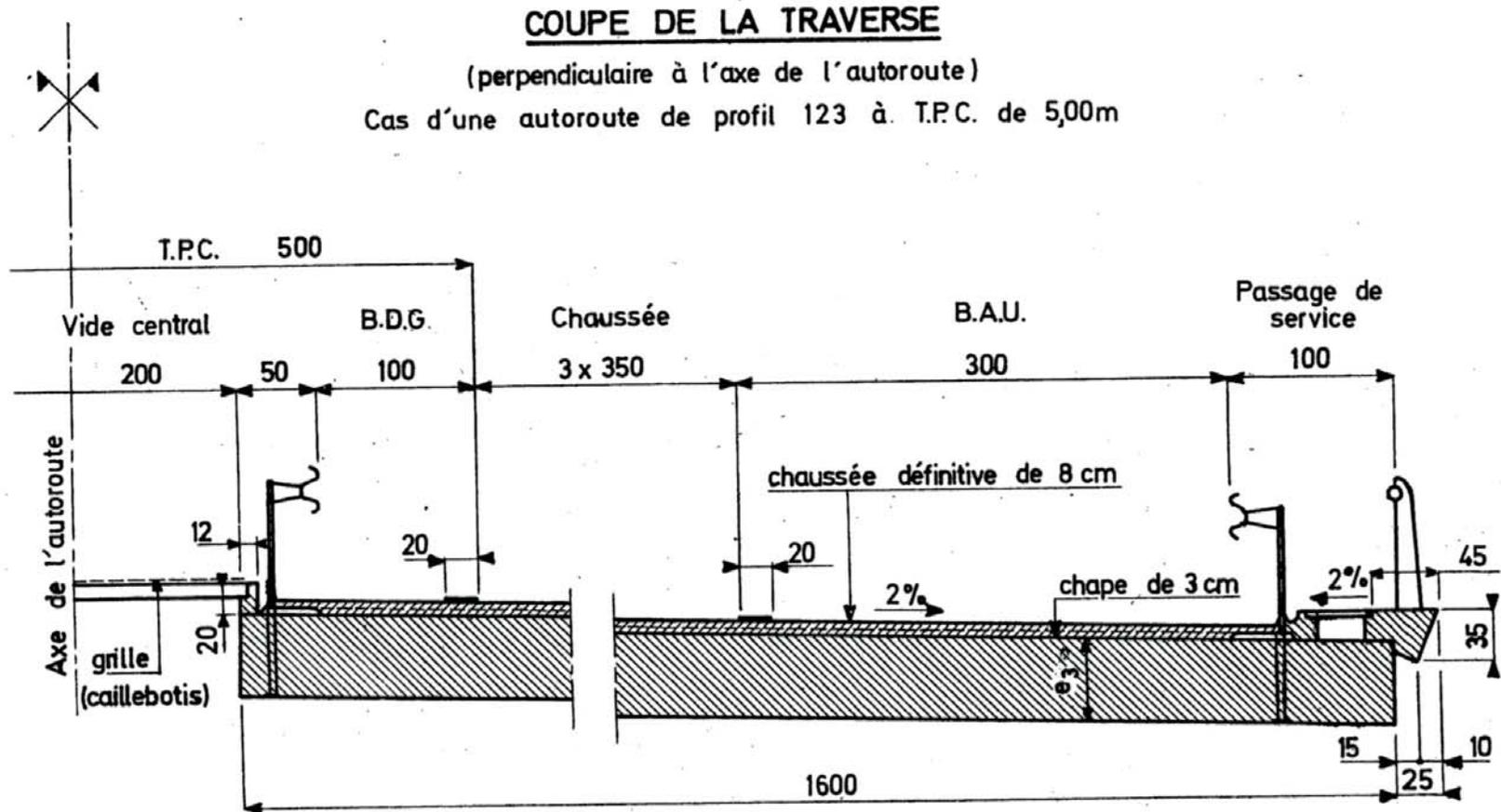
Vue en plan



P.I.P.0. type



P.I.P.0. type

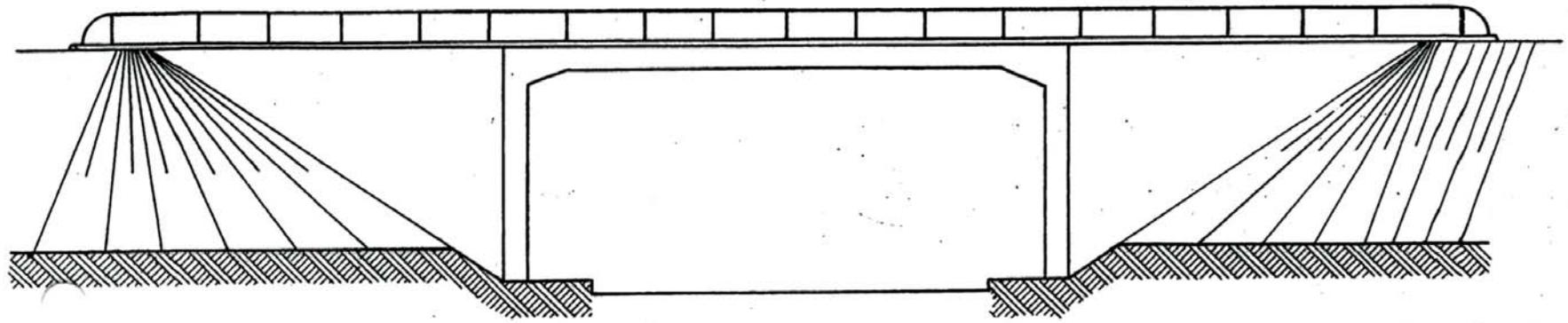


NOTA: Pour les détails concernant l'équipement du tablier (garde-corps, glissières, corniche, grille centrale) se reporter au dossier pilote GC; les cotes de détail sont données à titre indicatif.

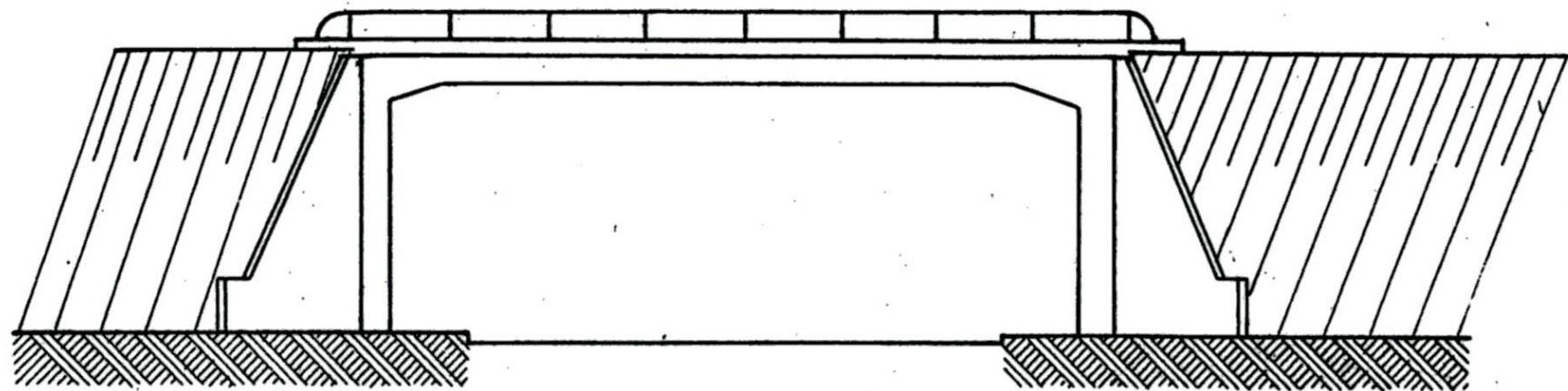
Pour le détail du bord libre et de la corniche se reporter à la pièce 1.1.1 § 1.3

ÉCHELLE : 1/50

ÉLÉVATION AVEC MURS EN RETOUR



ÉLÉVATION AVEC MURS EN AILE



Un P.I.P.O. peut aussi comporter deux travées :
on l'appelle alors **P.O.D.** (Portique Ouvert Double)

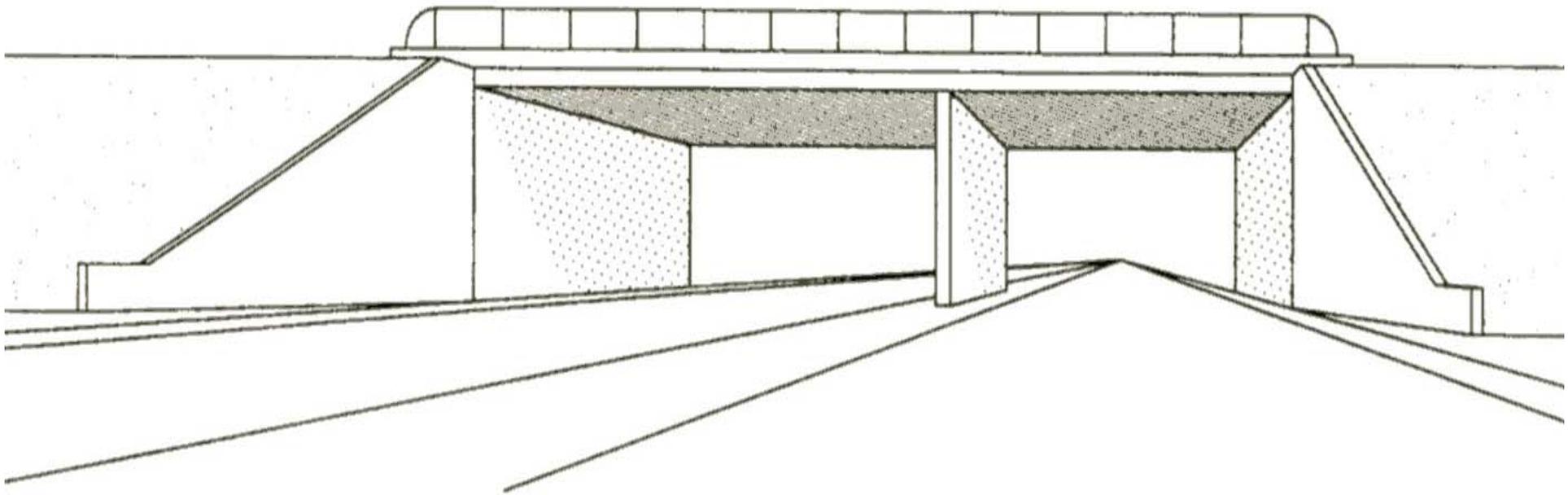
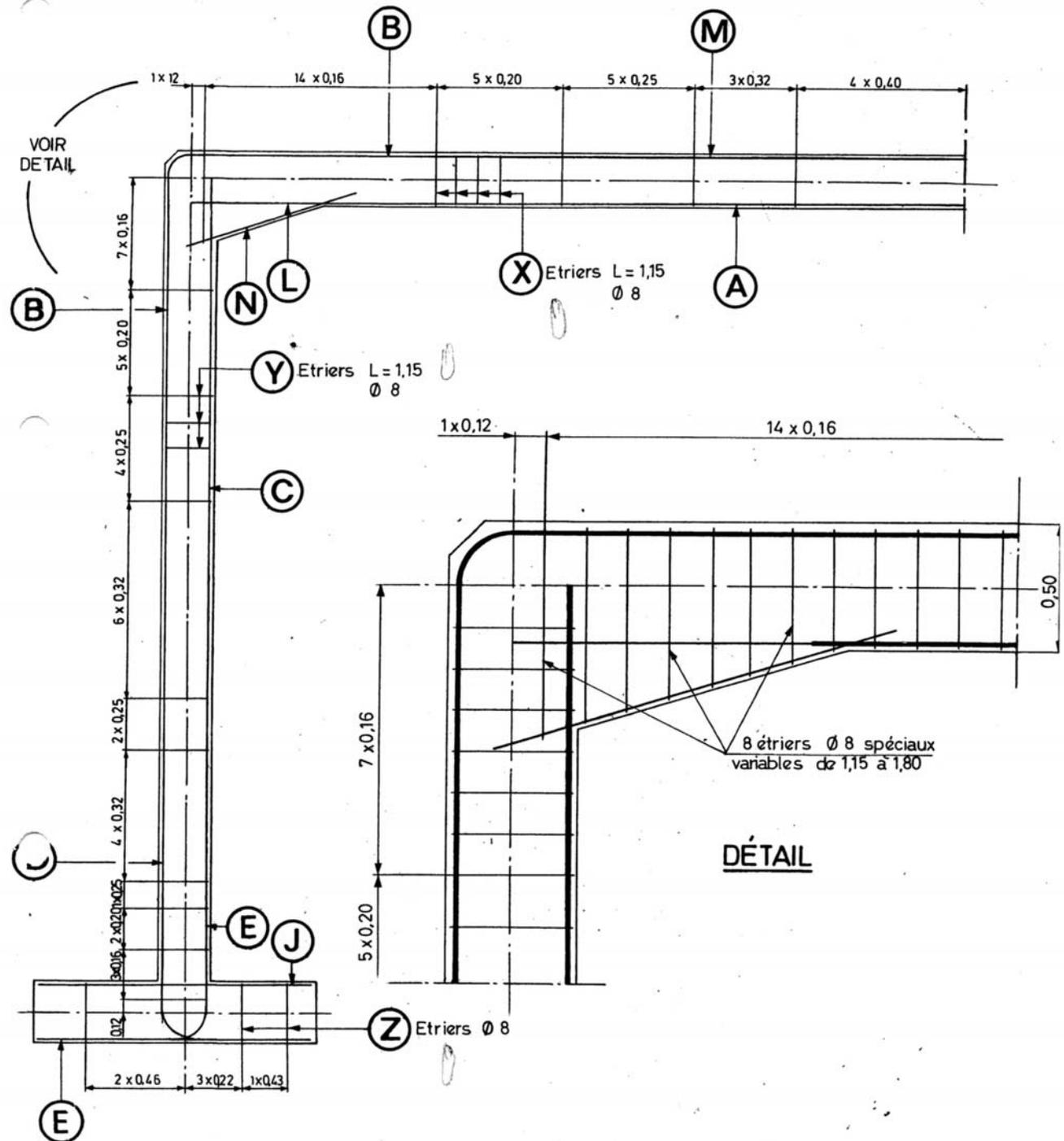


Schéma de principe de ferrailage d'un P.I.P.O.



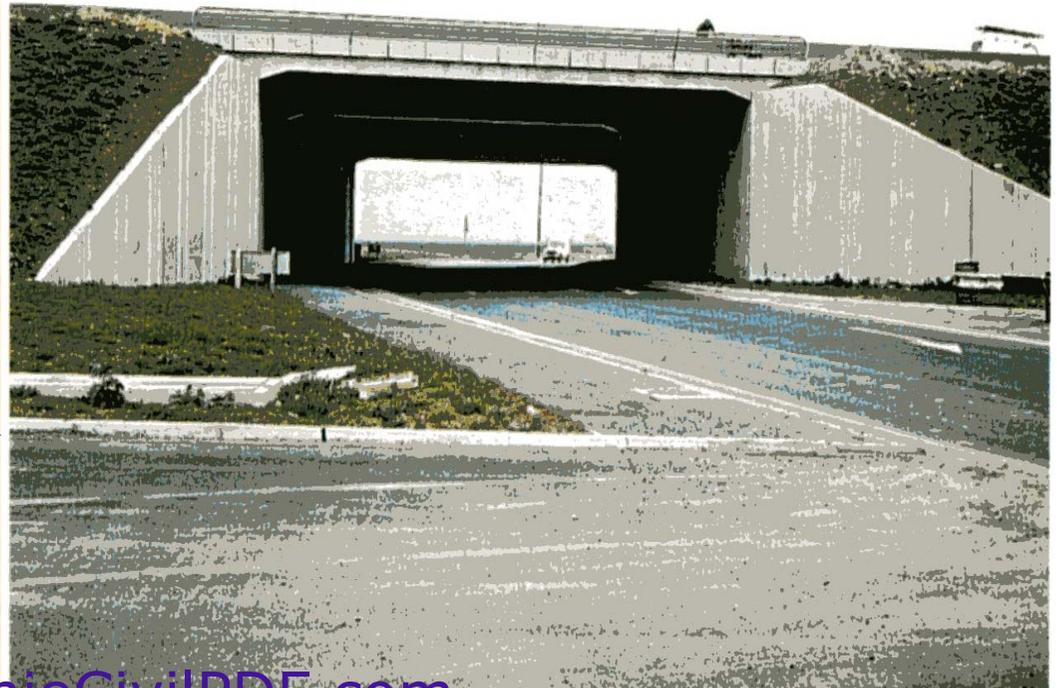


Deux exemples de P.I. :

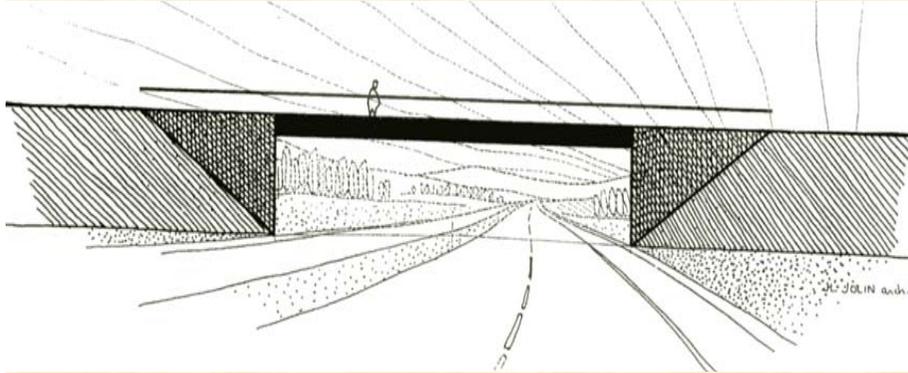
un P.I.C.F. (*cadre fermé*)



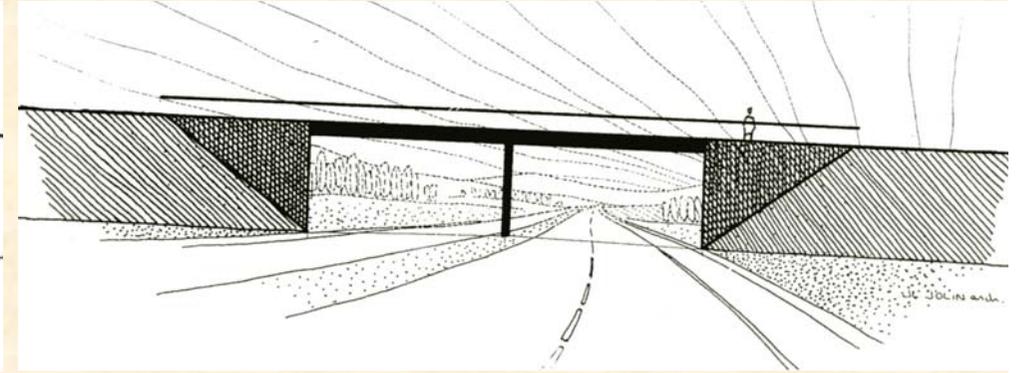
un P.I.P.O. (*portique ouvert*)



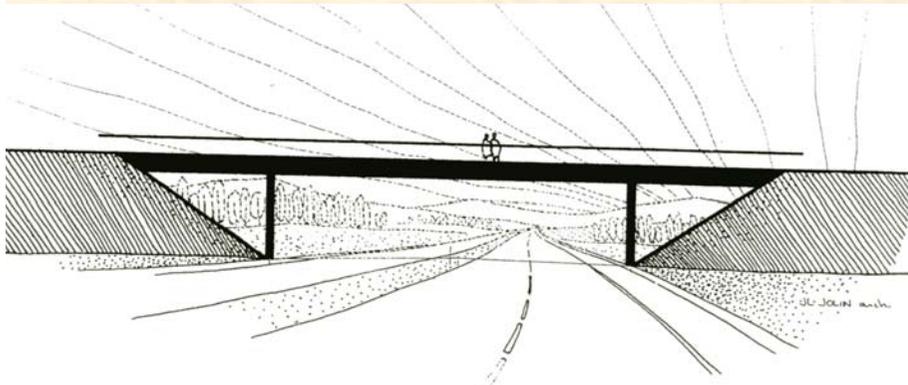
Configurations possibles de Passages Supérieurs en fonction de la voie franchie et du site



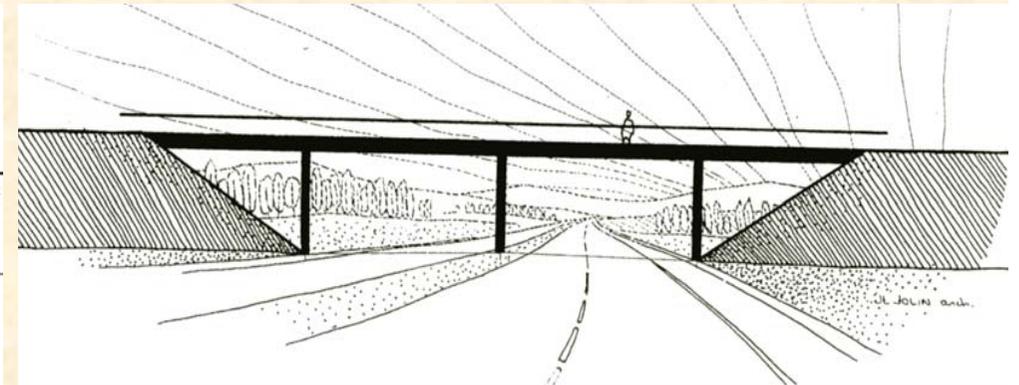
P.S. à 1 travée



P.S. à 2 travées



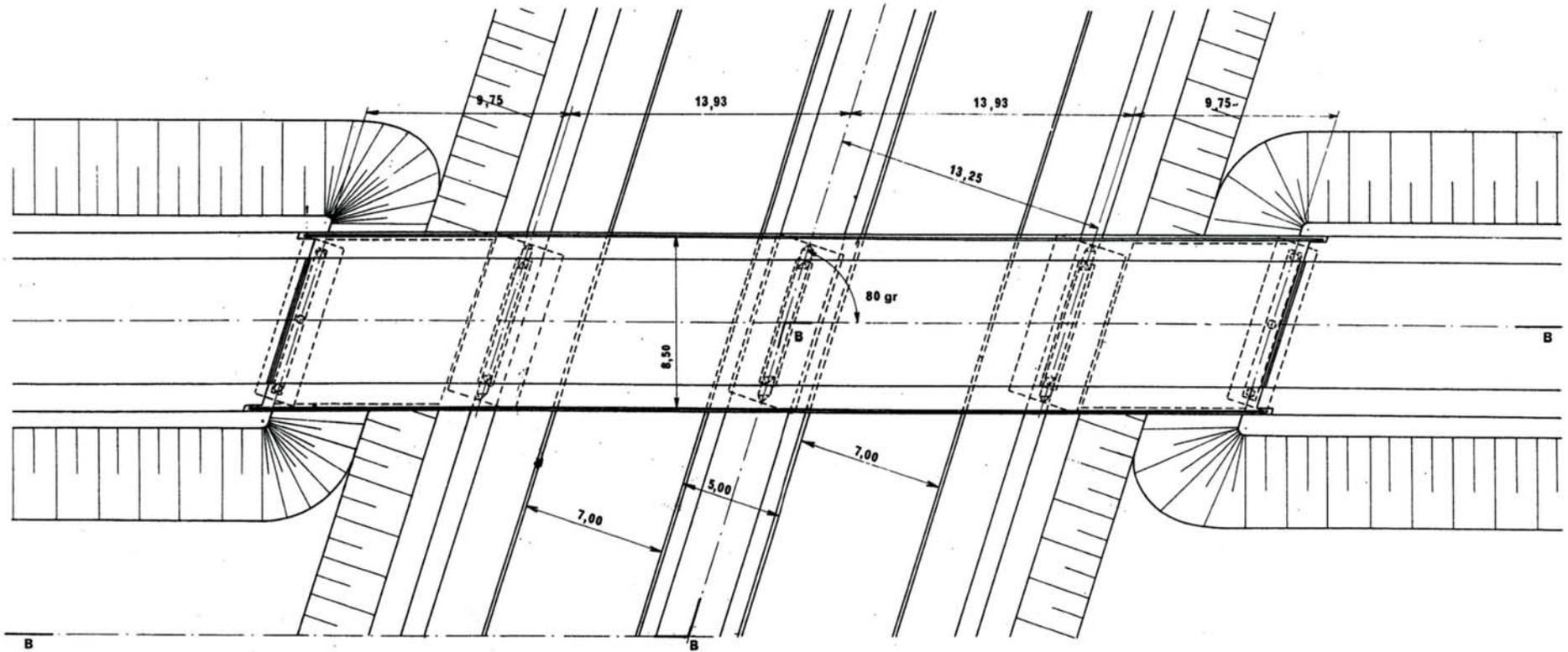
P.S. à 3 travées



P.S. à 4 travées

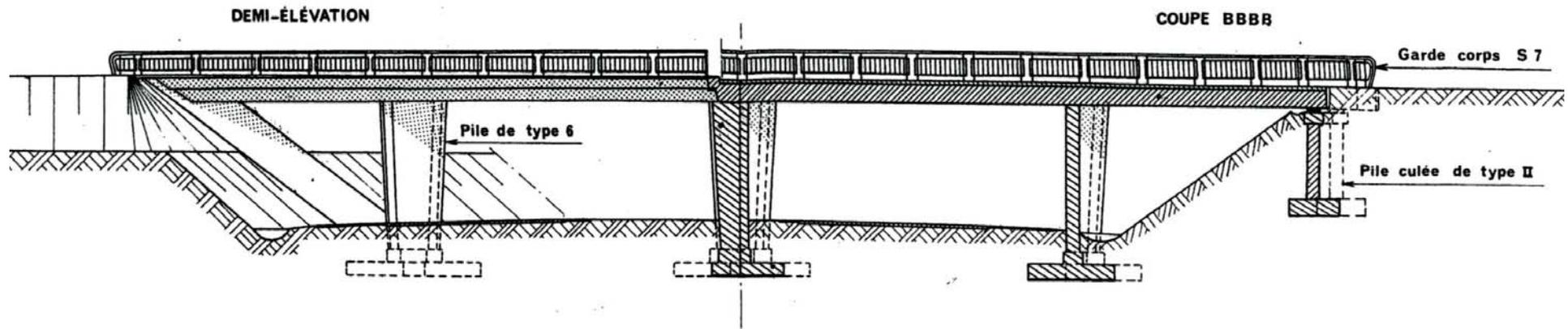
P.S. type à quatre travées

Vue en plan



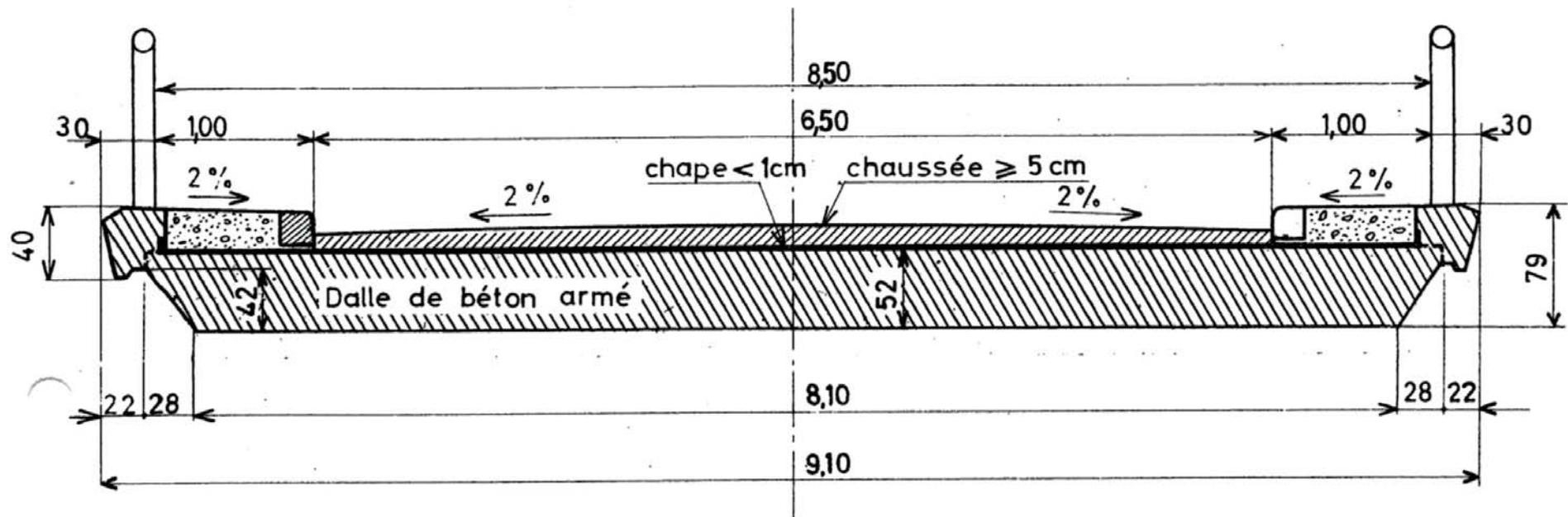
P.S. type à quatre travées

Demi élévation – demi coupe longitudinale



P.S. type

Coupe transversale de la dalle







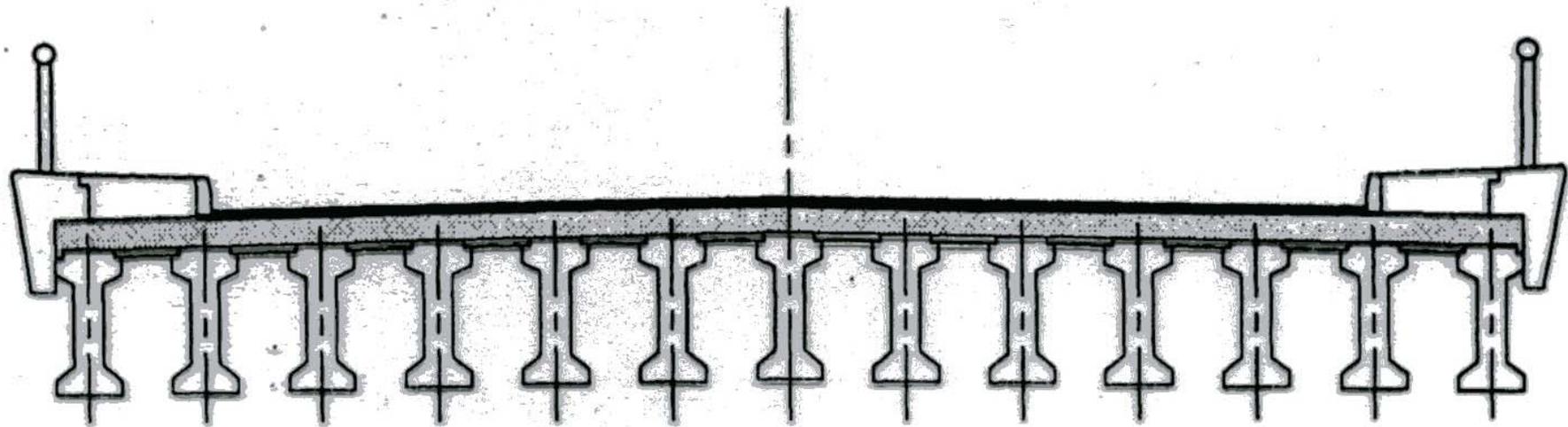
Ponts-types du SETRA
Guides de conception et Programmes de calculs ⁽¹⁾

Liste des
Guides de conception
et des
Programmes de calcul
correspondant aux
différents types
d'ouvrages d'art courants

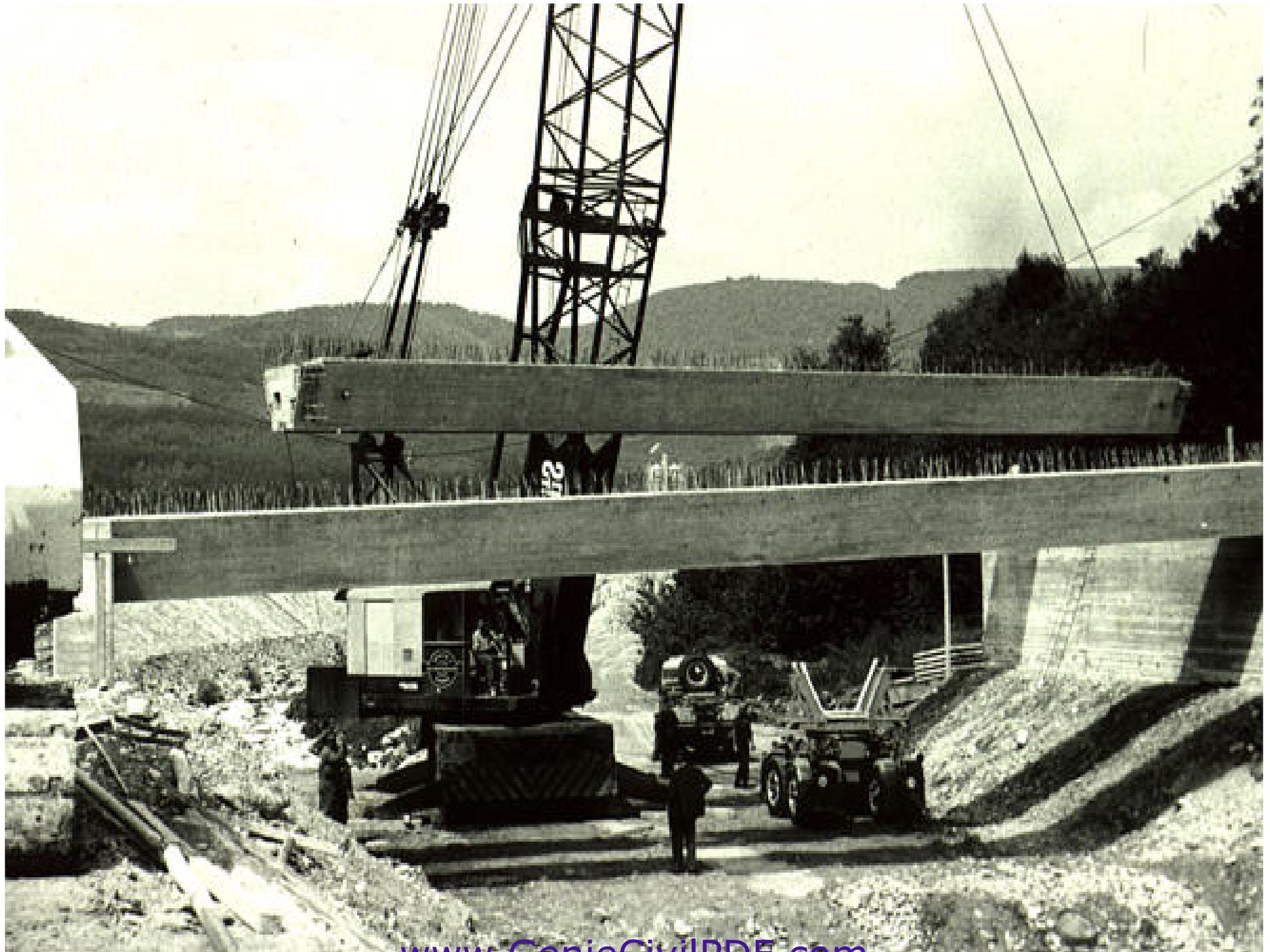
Structure type	Guide	Programme de calcul
Portique de type PIPO	Ponts cadres et portiques - Guide de conception [72]	Programme PIPOEL du SETRA complété par le programme MRBEL pour les ouvrages très biais
Cadre de type PICF	Ponts cadres et portiques - Guide de conception [72]	Programme PICFEL du SETRA
Portique double de type POD	Ponts cadres et portiques - Guide de conception [72] et dossier pilote POD 76 [73]	Programme PODCCBA du SETRA
Pont dalle en béton armé de hauteur constante de type PSIDA	Ponts-dalles - Guide de conception [76]	Programme PSIDAEL du SETRA complété par MRBEL pour les ouvrages biais
Pont dalle en béton précontraint de hauteur constante de type PSIDP	Ponts-dalles - Guide de conception [76]	Programme PSIDPEL du SETRA complété par MRBEL pour les ouvrages biais
Pont dalle en béton précontraint de hauteur variable et/ou à plusieurs nervures de type PSIDN	Ponts-dalles - Guide de conception [76] Dossier PSIDN 81 [77]	Programme MCEPEL du SETRA
Pont à poutrelles enrobées	Ponts-routes à tablier en poutrelles enrobées - Guide de conception et de calcul [78]	Programmes PSIDAEL et PSIPAP du SETRA
Pont à poutrelles ajourées précontraintes (PSIPAP)	Guide de conception et guide de calcul des ponts à poutrelles ajourées précontraintes [79]	Programmes PSIDAEL et PSIPAP du SETRA
Pont à poutres précontraintes de type VIPP	Ponts à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension -VIPP- Guide de conception [80]	Programme VIPPEL du SETRA
Pont à poutres précontraintes de type PRAD	Ponts à poutres préfabriquées précontraintes par adhérence -PRAD- Guide de conception [81]	Programme PRADEL en développement au SETRA
Piles et palées	Dossier pilote Piles et Palées 74 [83]	Pas de programme de calcul

Section transversale d'un pont type PRAD

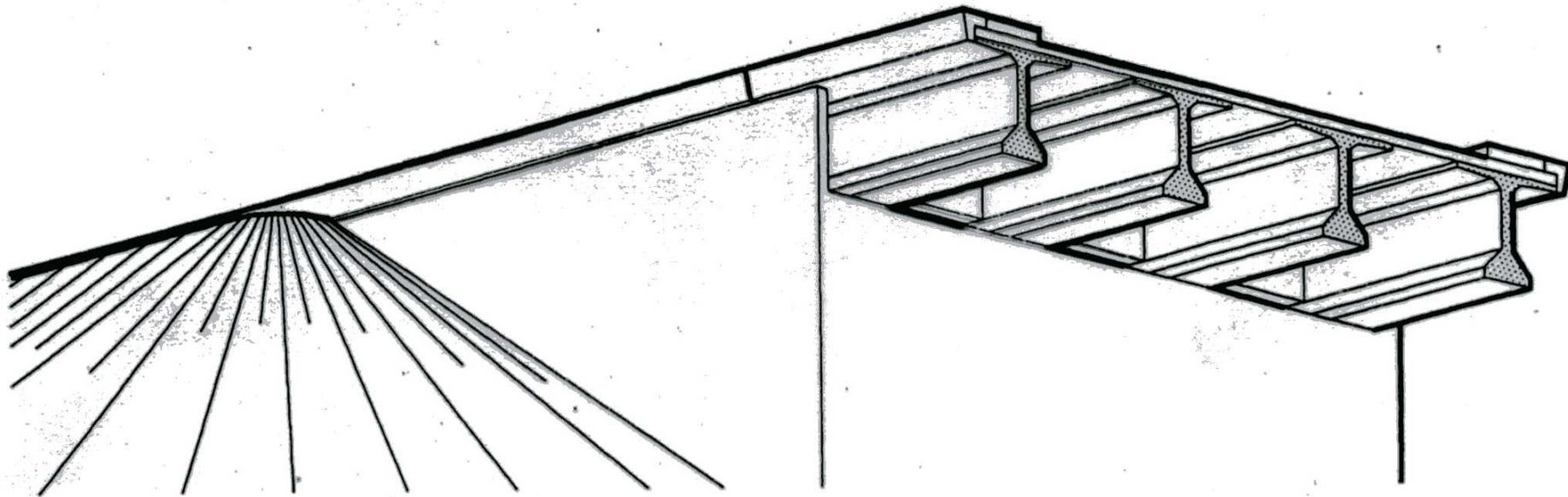
(poutres précontraintes préfabriquées à fils adhérents)



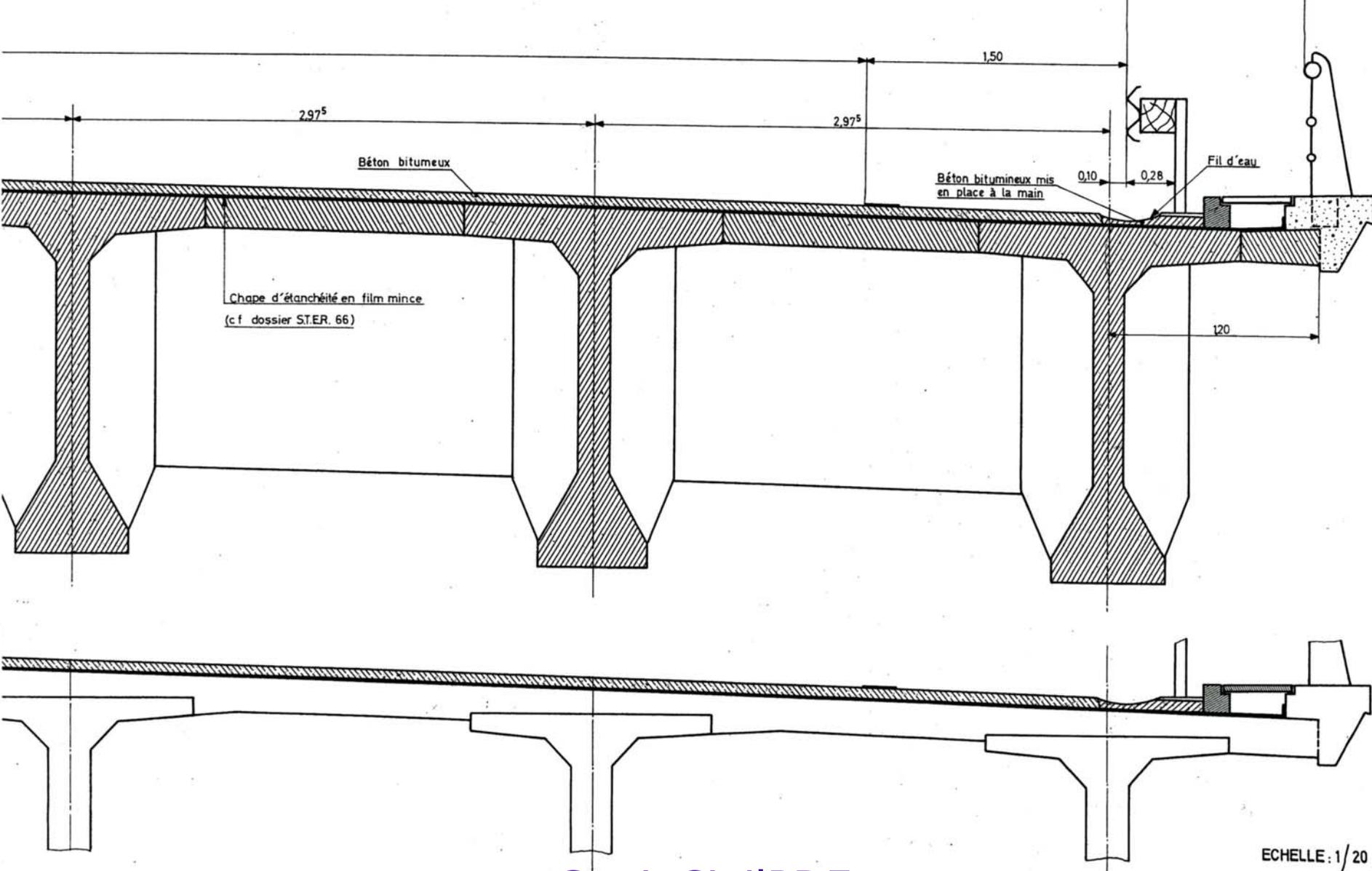




Section transversale d'un pont à poutres préfabriquées
précontraintes par post-tension
de type VIPP



Section transversale courante d'un tablier de type V.I.P.P.

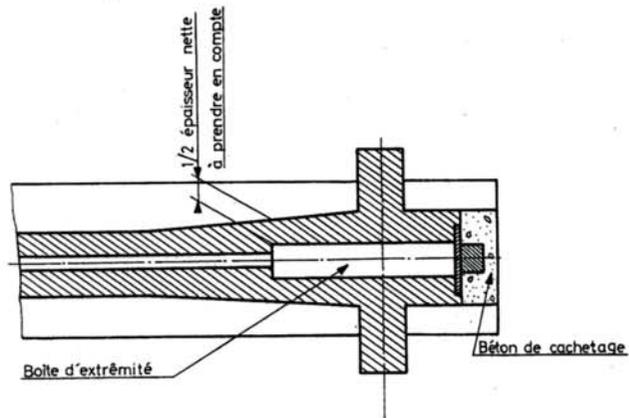


ECHELLE : 1/20

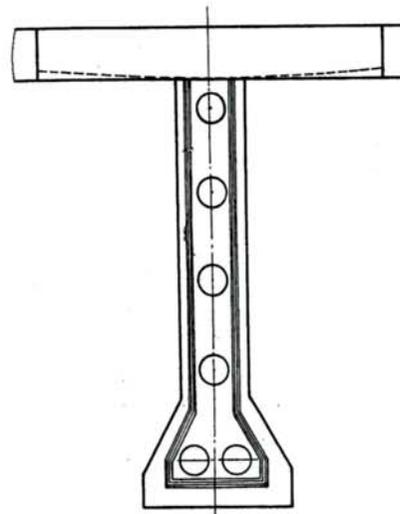
Tablier de type V.I.P.P.

Détails des abouts de poutres

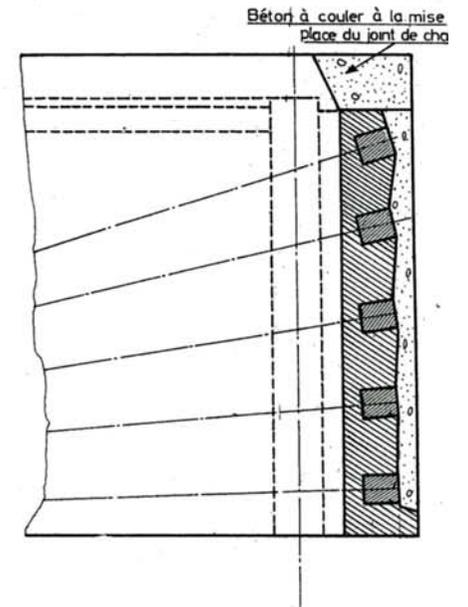
About renforcé pour
logement d'une boîte extrémité



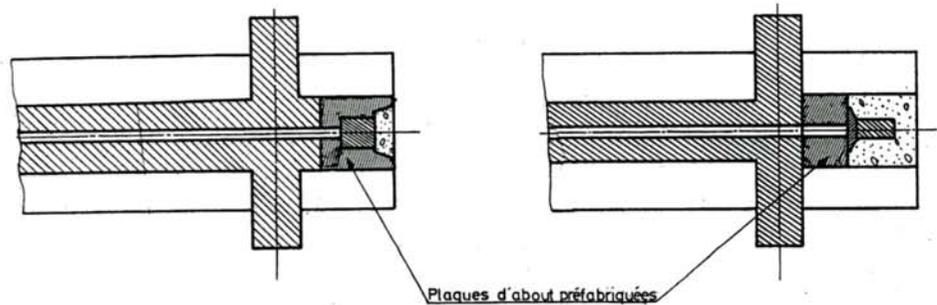
Vue de bout d'une poutre
avec sa plaque d'about



Coupe dans l'axe de la poutre

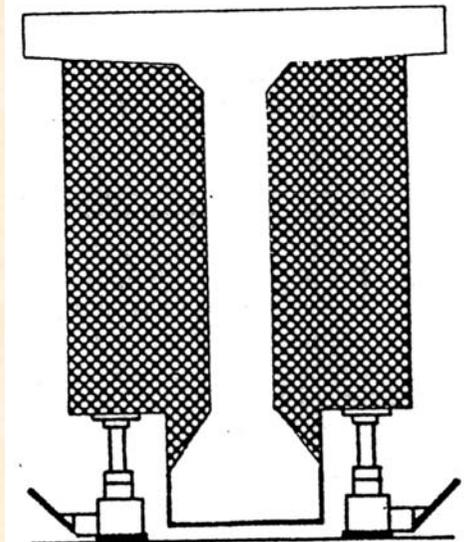
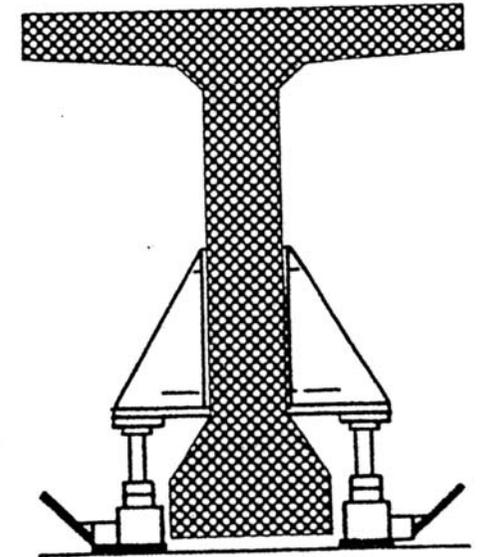
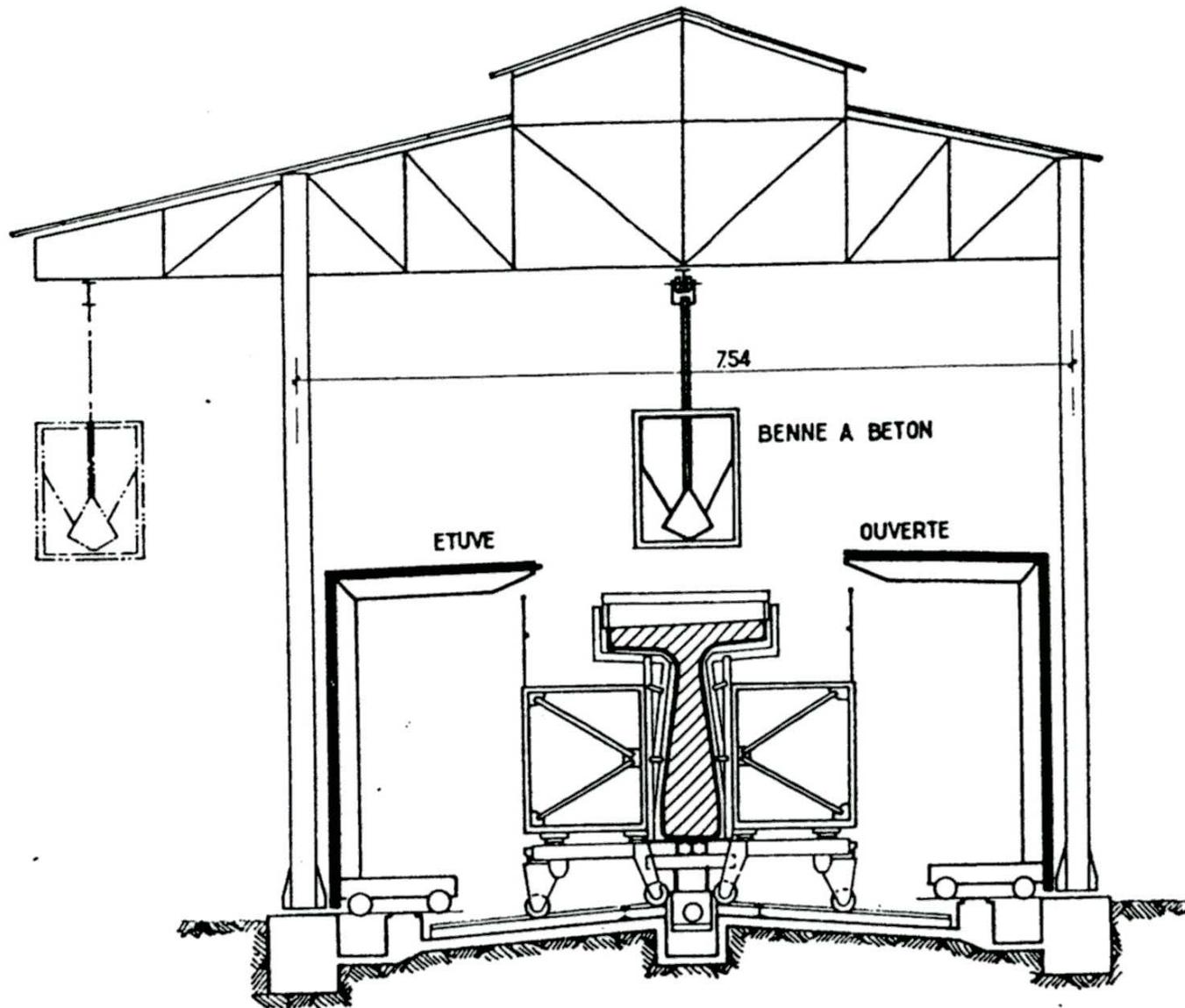


Abouts avec plaque
d'about préfabriquée





Préfabrication et manutention des poutres de V.I.P.P.









Appuis des poutres du V.I.P.P. sur les piles

- si les travées sont isostatiques ou simplement attelées :
 - soit appuis sur un voile plein formant fût de pile
 - soit appuis direct sur un chevêtre indépendant
 - soit appuis direct de chaque poutre sur un poteau
 - soit par l'intermédiaire d'un chevêtre incorporé
- si les travées sont rendus continues, chevêtres incorporés

Poutres appuyées sur un voile plein



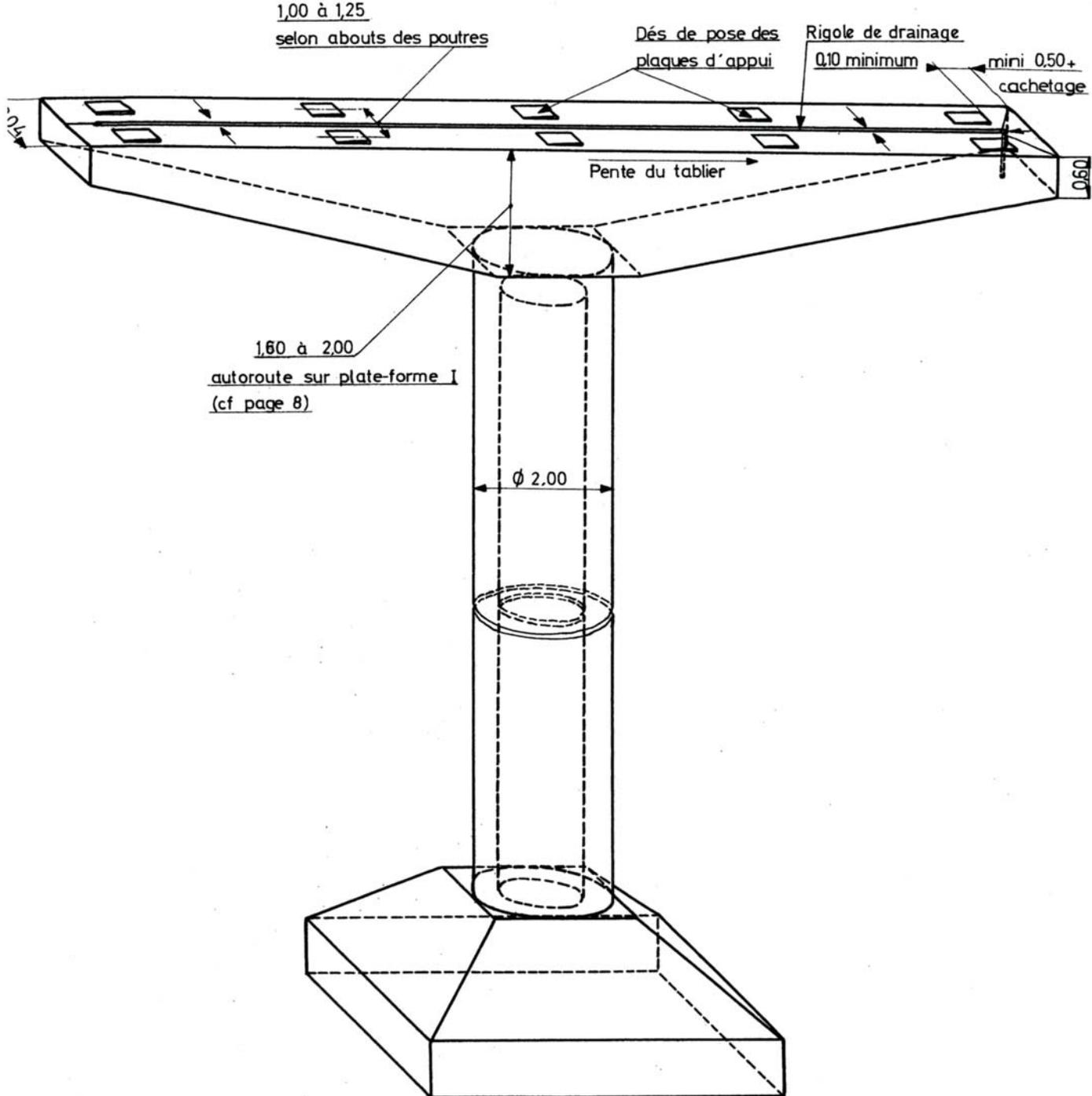
Appui individuel de chaque poutre sur un poteau

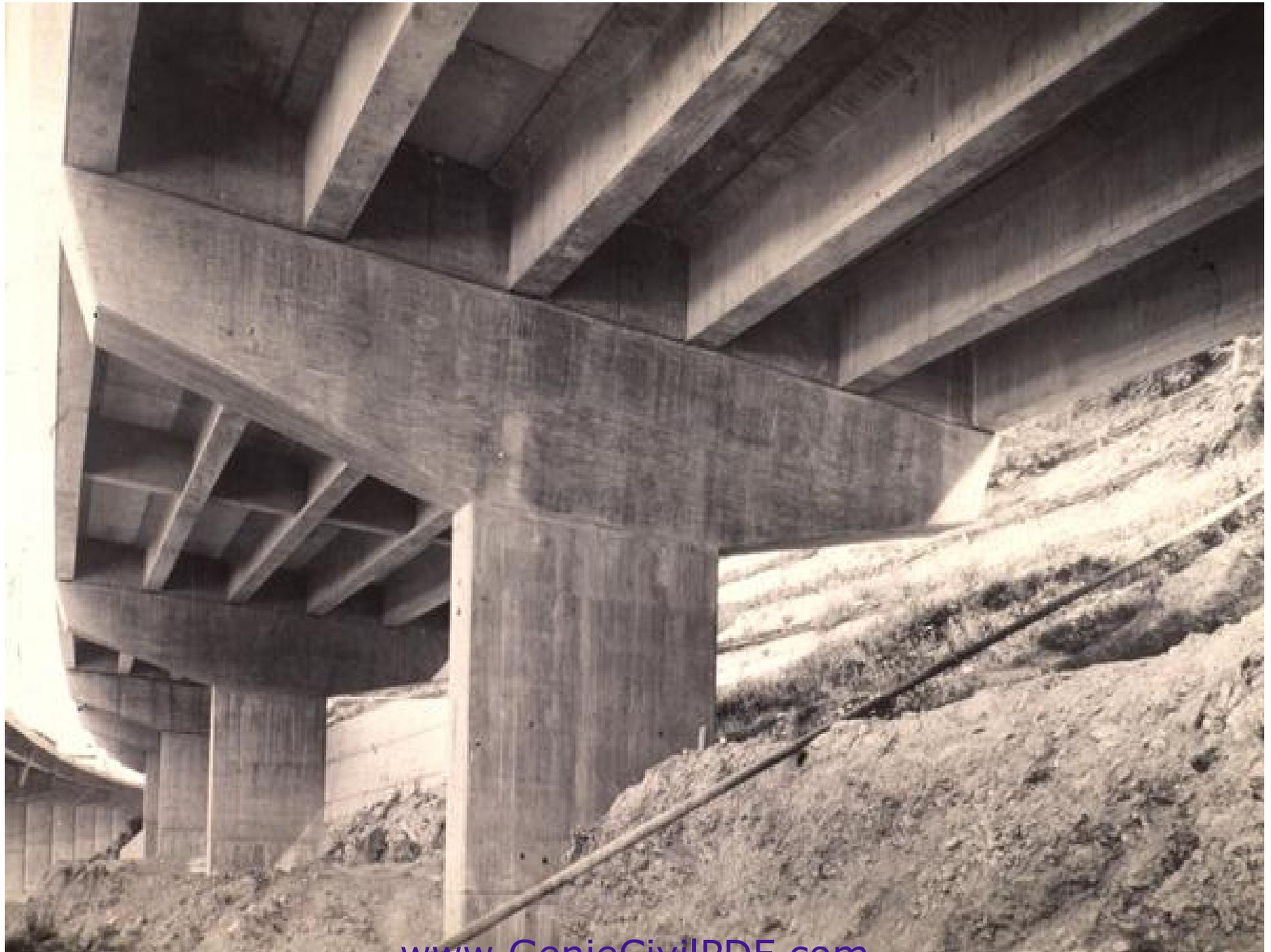


Un poteau par poutre



Schéma de principe d'une pile avec chevêtre supportant les poutres





Pose des poutres de V.I.P.P.

Les poutres de V.I.P.P. peuvent être posées :

- soit à la grue ou avec un engin de levage propre (portique)
- soit avec un lanceur autonome
- soit à l'aide de dispositif spécifique placé sur les piles
- soit amenées et posées directement



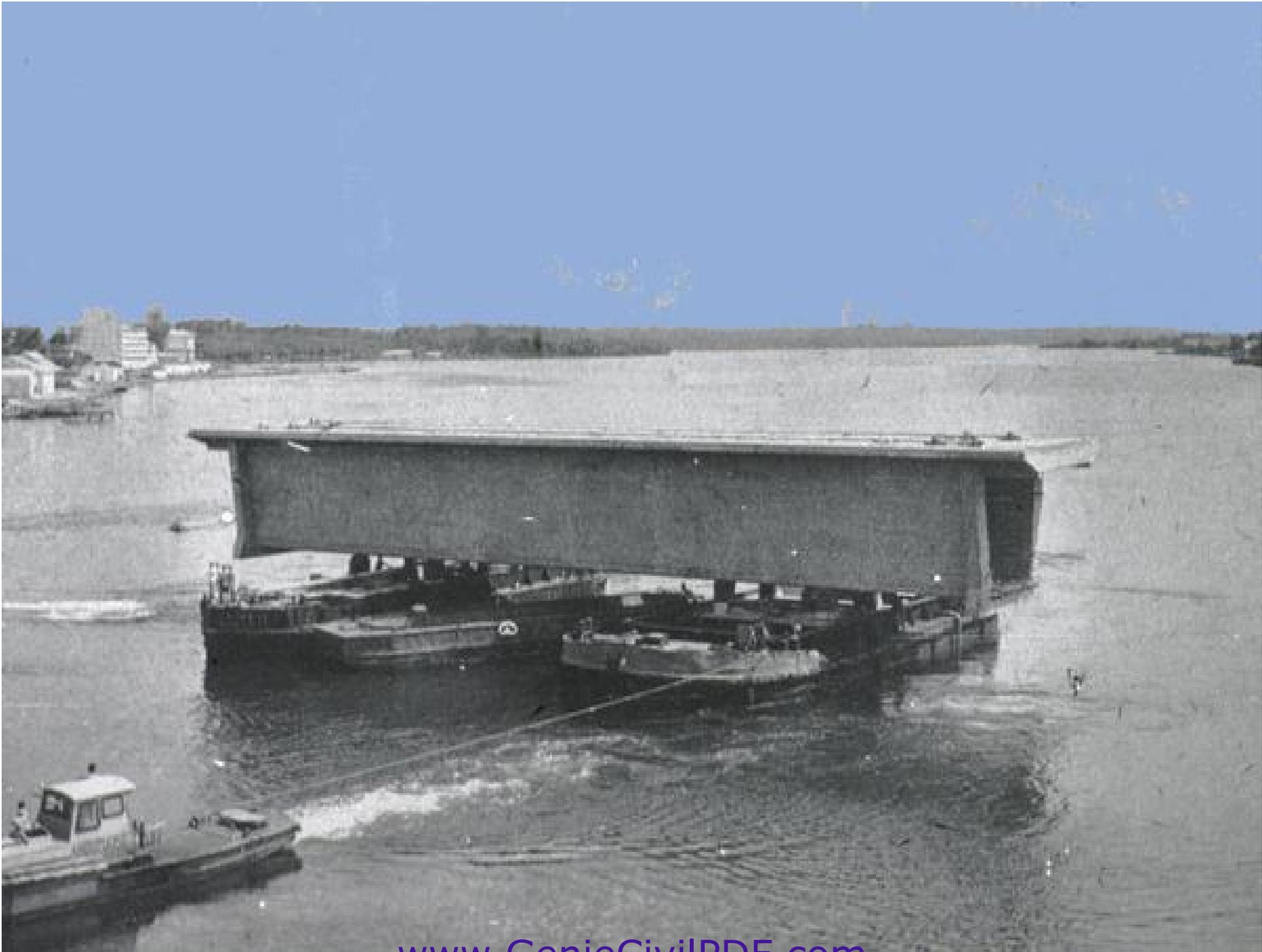












Gammes de portées et
élancements pour des
ouvrages types
construits sur cintre
appuyé au sol

$\alpha = \text{travée de rive} / \text{travée adjacente}$

TYPE D'OUVRAGE	GAMME DE PORTEE			ELANCEMENT		OBSERVATIONS	α
	Min	domaine privilégié	Max	sur pile	à la clé		
Ouvrages en béton armé							
Cadre PDCF	-	2 à 10 m	12 m	ℓ/32+0,125		épaisseur du tablier	
Portiques PIPO-POD	8 m	10 à 20 m	22 m	ℓ/40+0,100		épaisseur du tablier	travées peu disymétriques pour POD
Pont dalle armée PSIDA	7 m	8 à 15 m	15 m	1/20		travée isostatique	-
	7 m	8 à 15 m	15 m	1/26		2 travées continues	> 0,6
	6 m	8 à 18 m	20 m	1/28		≥3 travées continues	0,6 à 0,85
Ponts dalles précontraintes de type PSIDP							
dalles pleines	14 m	14 à 20 m	25 m	1/22 à 1/25		travée isostatique	-
				1/28		2 travées continues	> 0,6
				1/33		≥3 travées continues	0,6 à 0,85
dalles à larges encorbellements	15 m	18 à 25 m	30 m	1/22 à 1/25		travée isostatique	-
				1/25		2 travées continues	> 0,6
				1/28		≥3 travées continues	0,6 à 0,85
dalle pleine poussée ⁽¹⁾		10 à 20 m	25 m	1/23		surcoût 10 à 15 %	0,65 à 0,70
Pont en dalle nervurée de hauteur constante (≥ 2 nervures)							
nervures larges		25 à 30 m	35 m	1/25		2 travées continues	0,6 à 0,9
				1/30		≥3 travées continues	
nervures étroites		25 à 30 m	35 m	1/15 à 1/20		2 travées continues	0,6 à 0,9
				1/17 à 1/22		≥3 travées continues	
Pont en dalle nervurée de hauteur variable (≥ 2 nervures)							
nervures larges		35 à 45 m	50 m	1/20	1/30	2 travées continues	0,6 à 0,9
				1/24	1/42	≥3 travées continues	
nervures étroites		35 à 45 m	50 m	1/18	1/35		0,6 à 0,9
Pont à béquilles)							
Pont à béquilles PSBQ		20 à 40 m	50 m	1/23 à 1/28	1/33 à 1/38	trois travées portée en tête de béquilles	0,55 à 0,70 < 0,60 avec contre-béquilles

Suite pour les
ponts à
poutres et les
ouvrages
métalliques

OUVRAGES A POUTRES PREFABRIQUEES

TYPE D'OUVRAGE	GAMME DE PORTEE			ELANCEMENT poutre+hourdis		OBSERVATIONS	α
	Min	domaine privilégié	Max				
PRAD Pré-tension	10 m	15 à 25 m	30 m	1/18 à 1/20 1/23 à 1/25		Travées isostatiques Travées continues	portées égales si possible
VIPP Post-tension	30 m	35 à 45 m	50 m	1/16 à 1/18-1/20			portées égales si possible

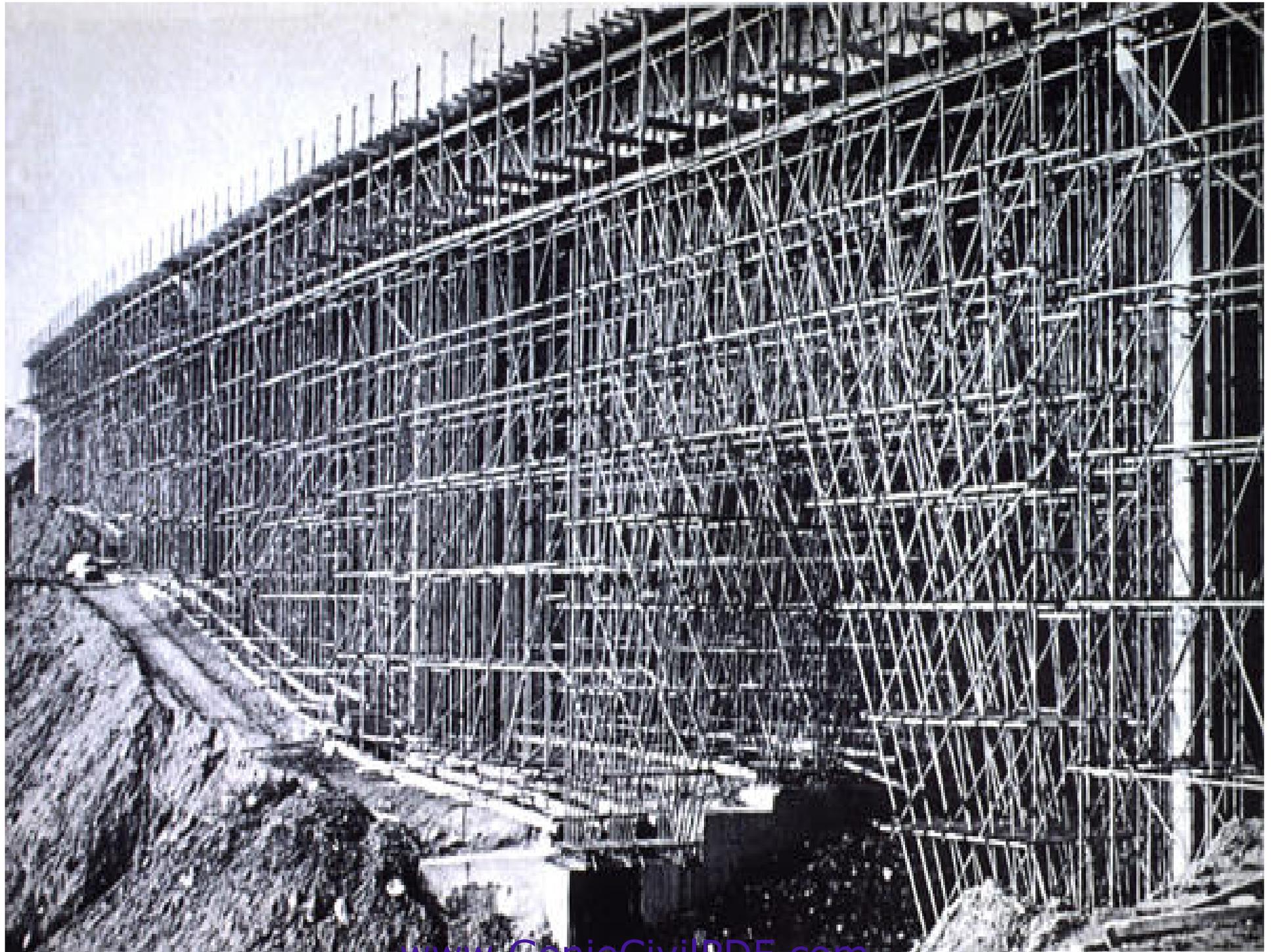
PONTS A STRUCTURE METALLIQUE OU MIXTE

TYPE D'OUVRAGE	GAMME DE PORTEE			ELANCEMENT métal seul		OBSERVATIONS	α
	Min	domaine privilégié	Max	sur pile	à la clé		
Poutrelles enrobées		8 à 25 m 10 à 30 m		1/33 (S275) 1/40 (S355) 1/38 (S275) 1/45 (S355)		Travées isostatiques Travées isostatiques Travées continues Travées continues	0,70 à 0,80 0,70 à 0,80
PSIPAP		< 28 m < 36 m		1/38 1/38		Travées isostatiques Travées continues	0,70 à 0,80
Tablier bipoutre mixte isostatique	30 m	50 à 80 m ⁽¹⁾	90 m	1/22 à 1/25		Travées isostatiques	-
Tablier bipoutre mixte continu	30 m	50 à 80 m	110m	1/28		3 travées ou plus de hauteur constante	0,65 à 0,80
Tablier bipoutre mixte continu	30 m	50 à 80 m	110m	1/25 à 1/30	1/25 à 1/40	hauteur variable	0,65 à 0,80

Les ouvrages réalisés sur cintres

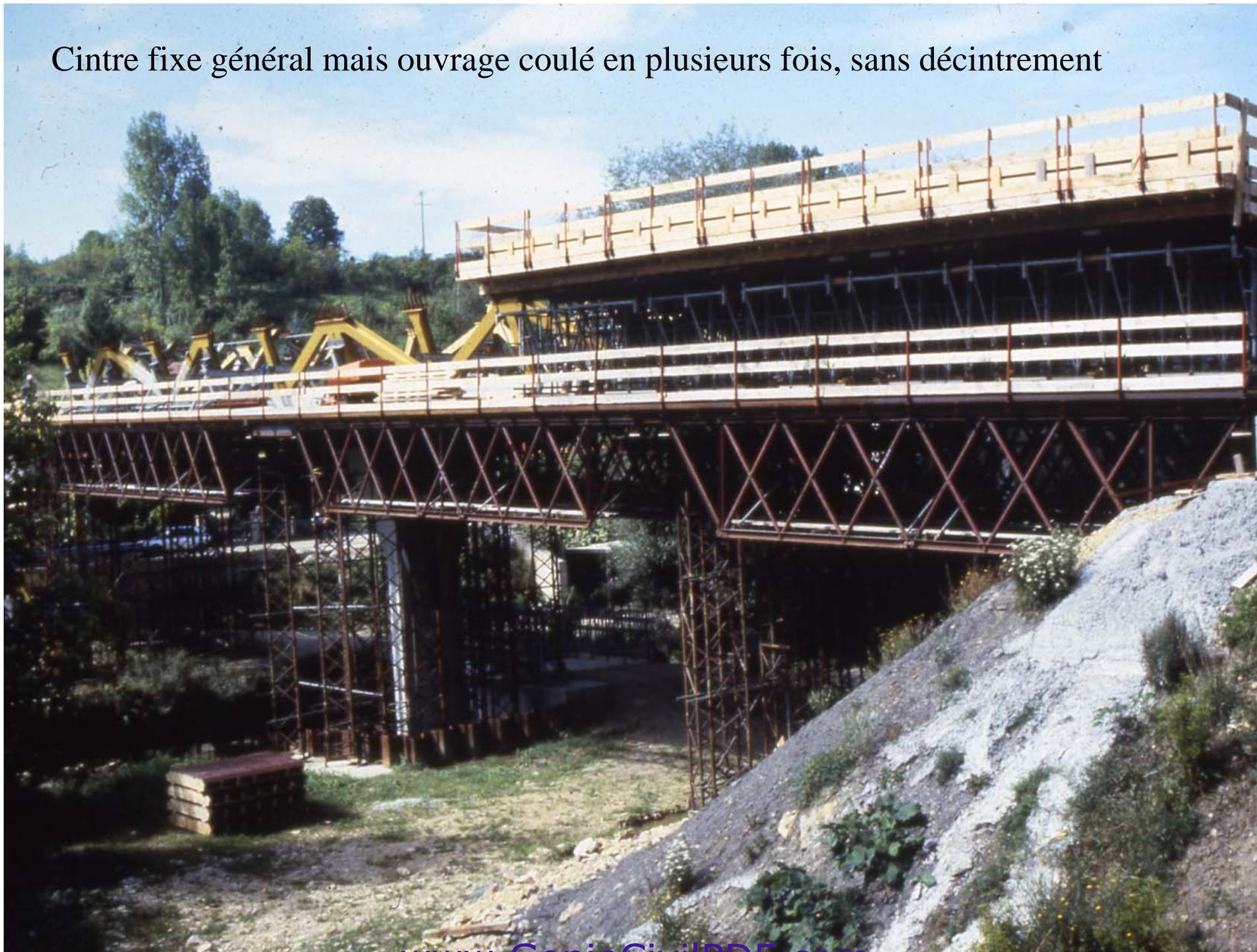
Quatre catégories d'ouvrages suivant le même schéma statique :

- coulés en place sur cintres fixes en une seule fois
- coulés en place sur cintre fixe en plusieurs phases
- coulés en place sur cintres autolanceurs
- préfabriqués et posés à l'avancement

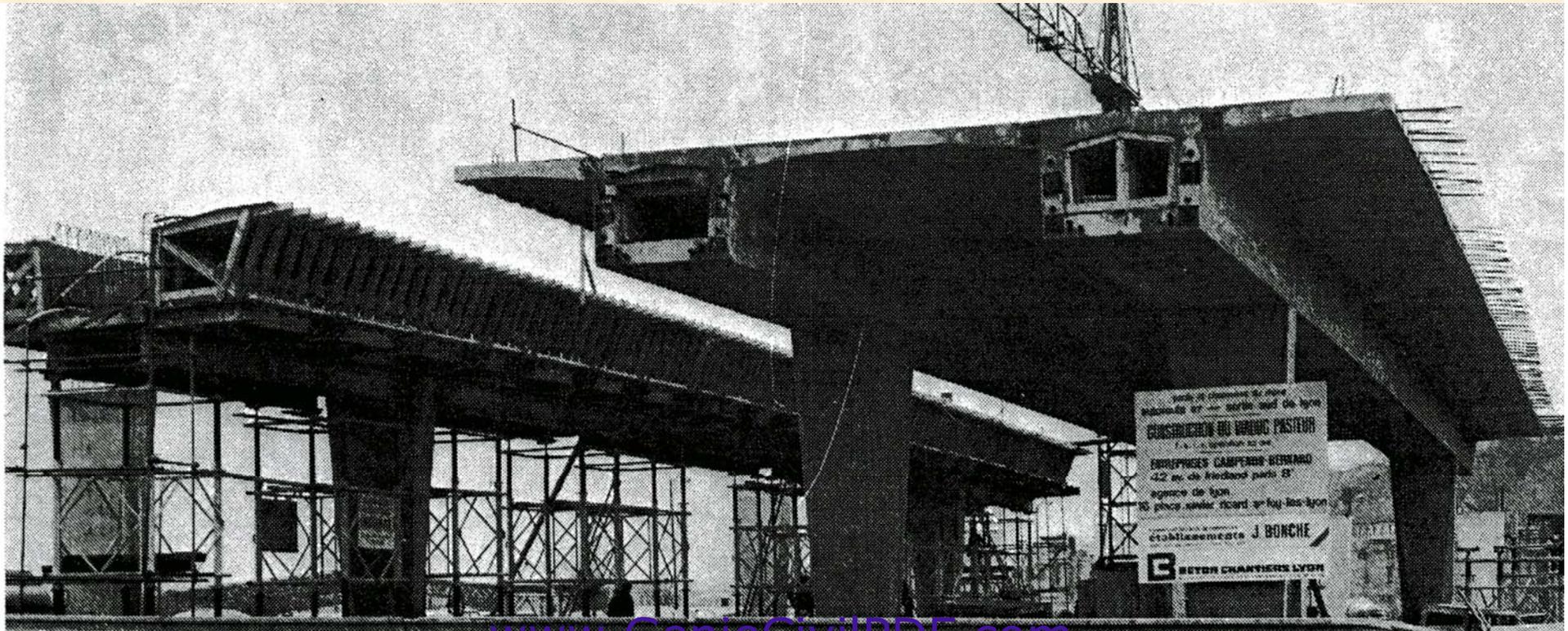
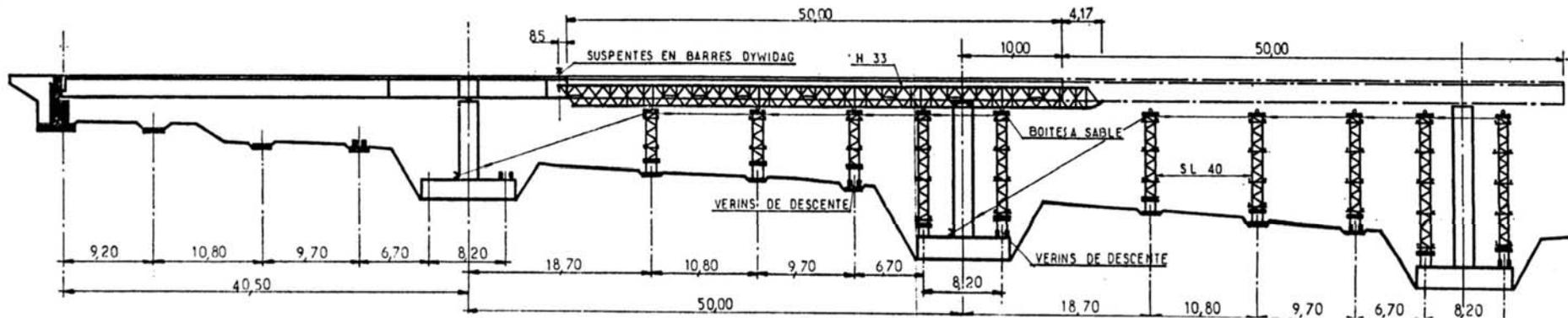


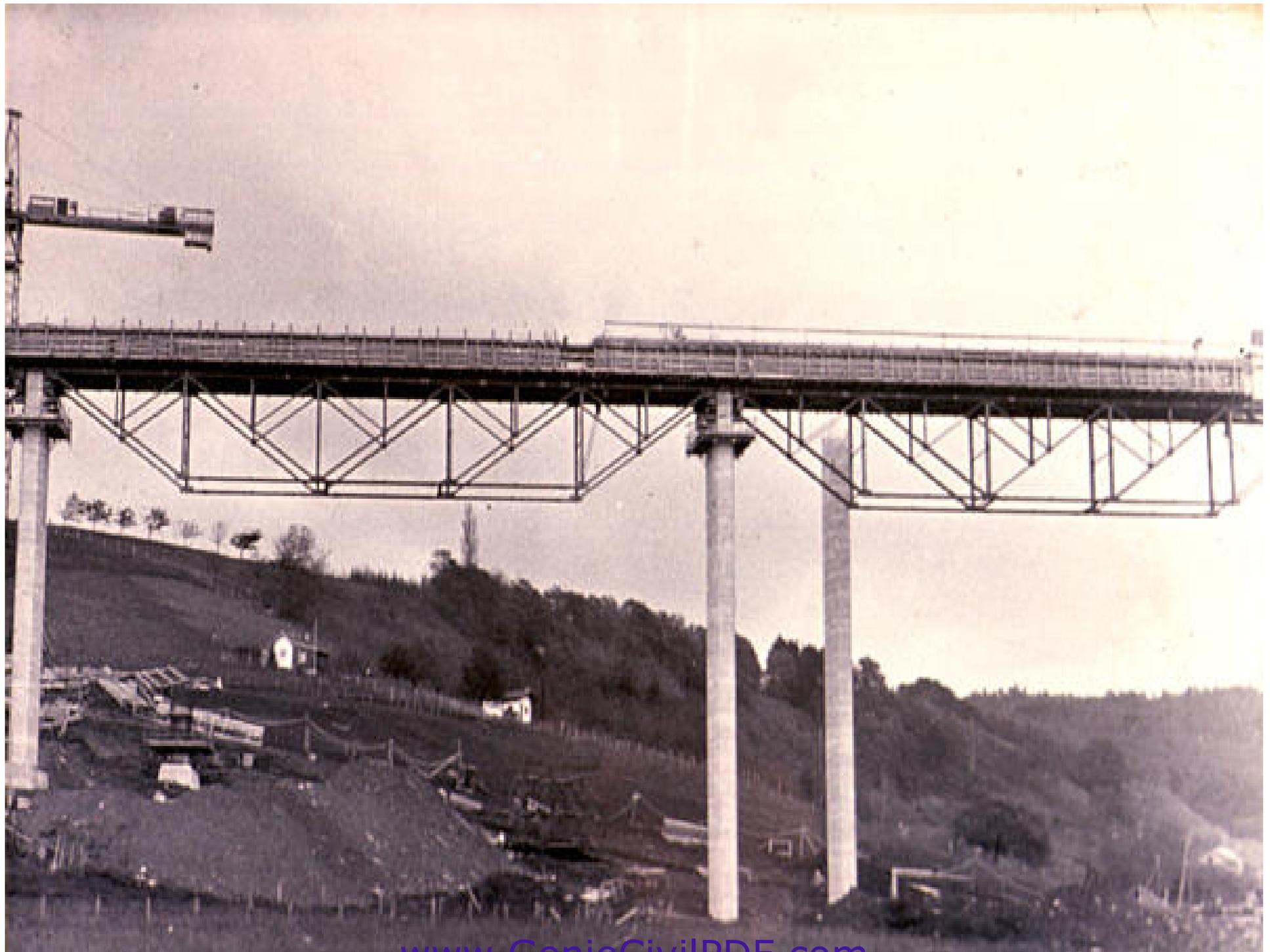


Cintre fixe général mais ouvrage coulé en plusieurs fois, sans décintrement



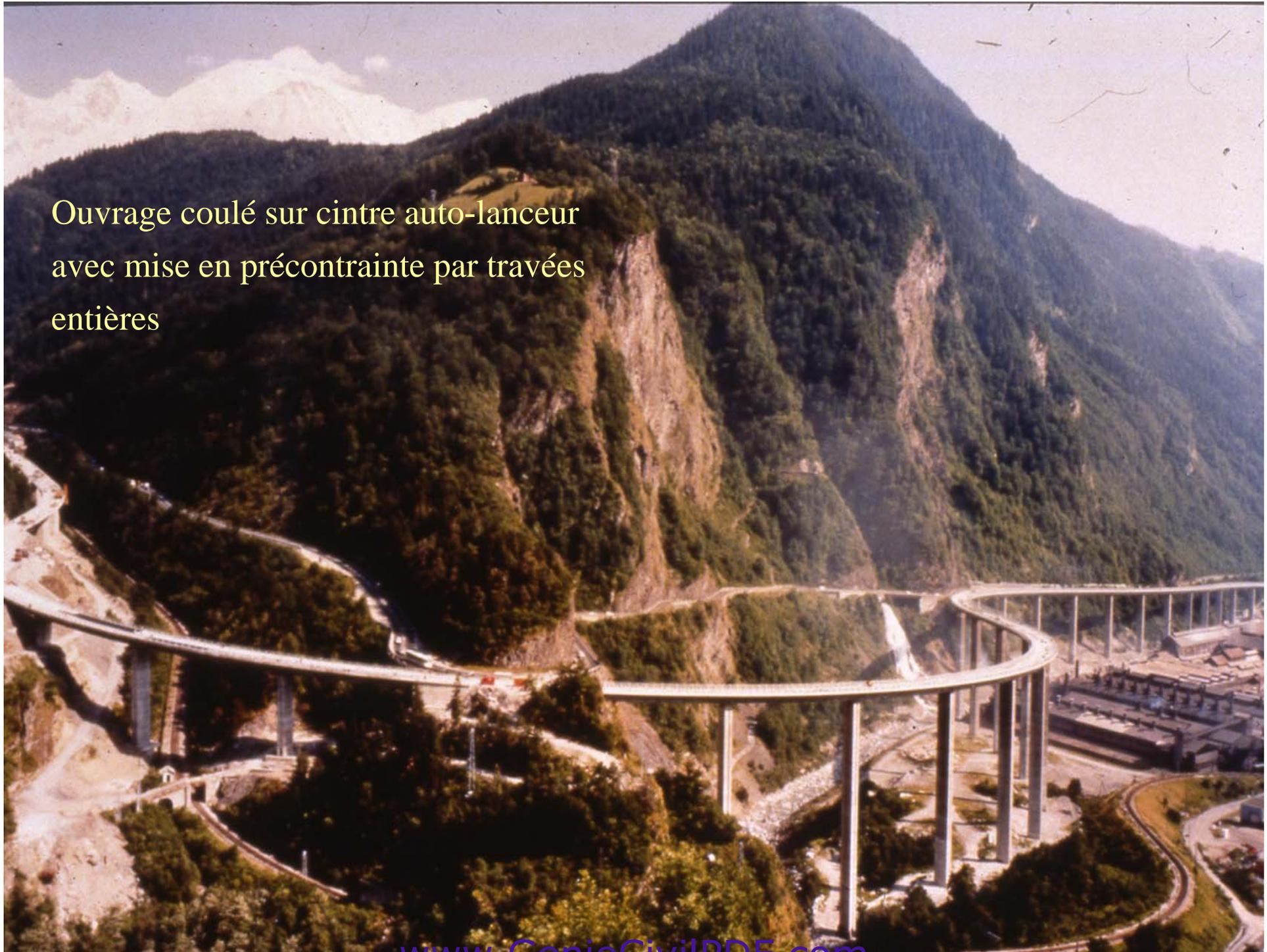
Ouvrages coulés sur cintre par phases successives avec décintrement







Ouvrage coulé sur cintre auto-lanceur
avec mise en précontrainte par travées
entières







Vue depuis l'intérieur
du coffrage sur le cintre
auto-lanceur



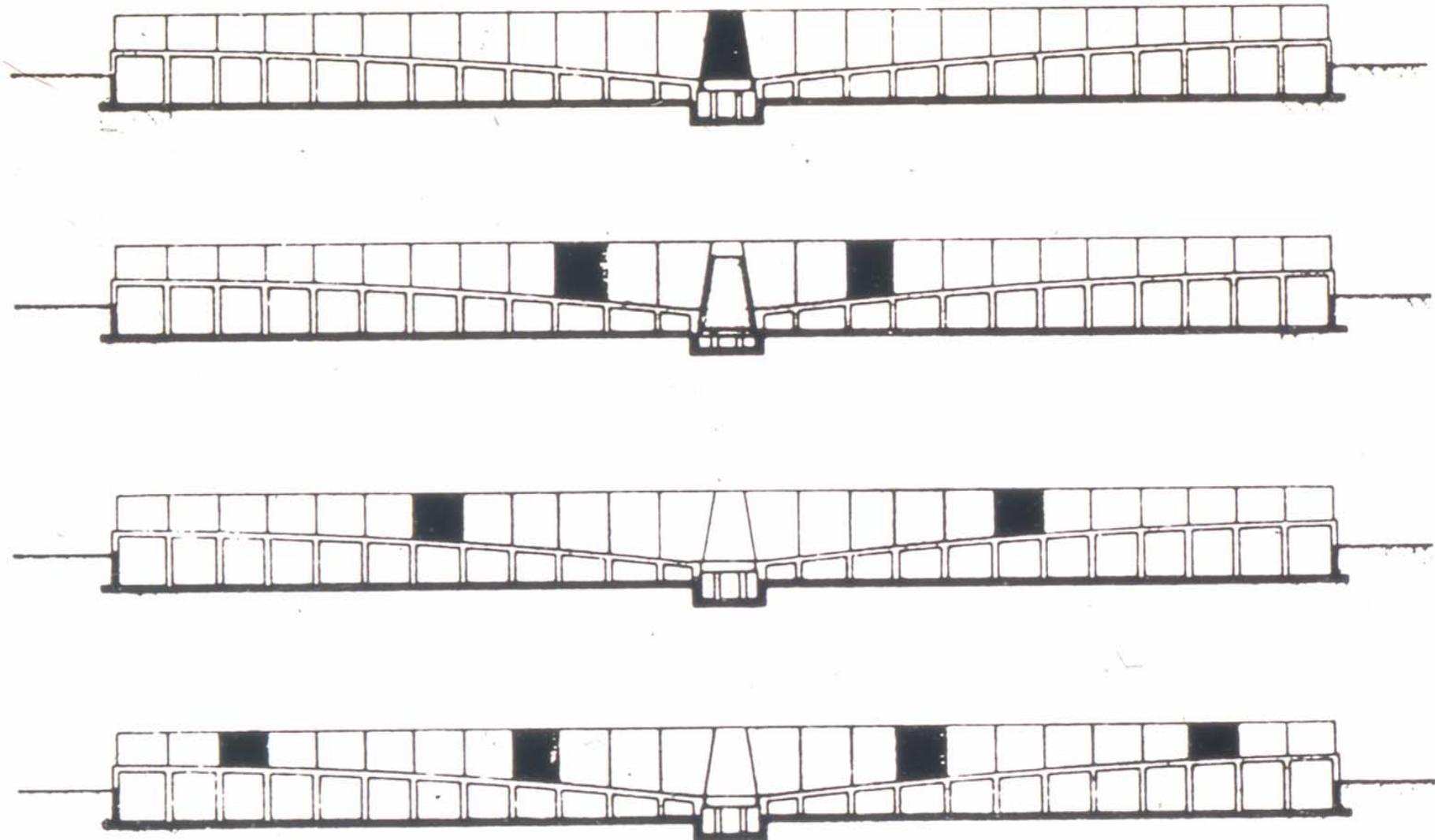
Vue de l'ensemble de
la travée en cours
d'exécution, juste
avant le bétonnage





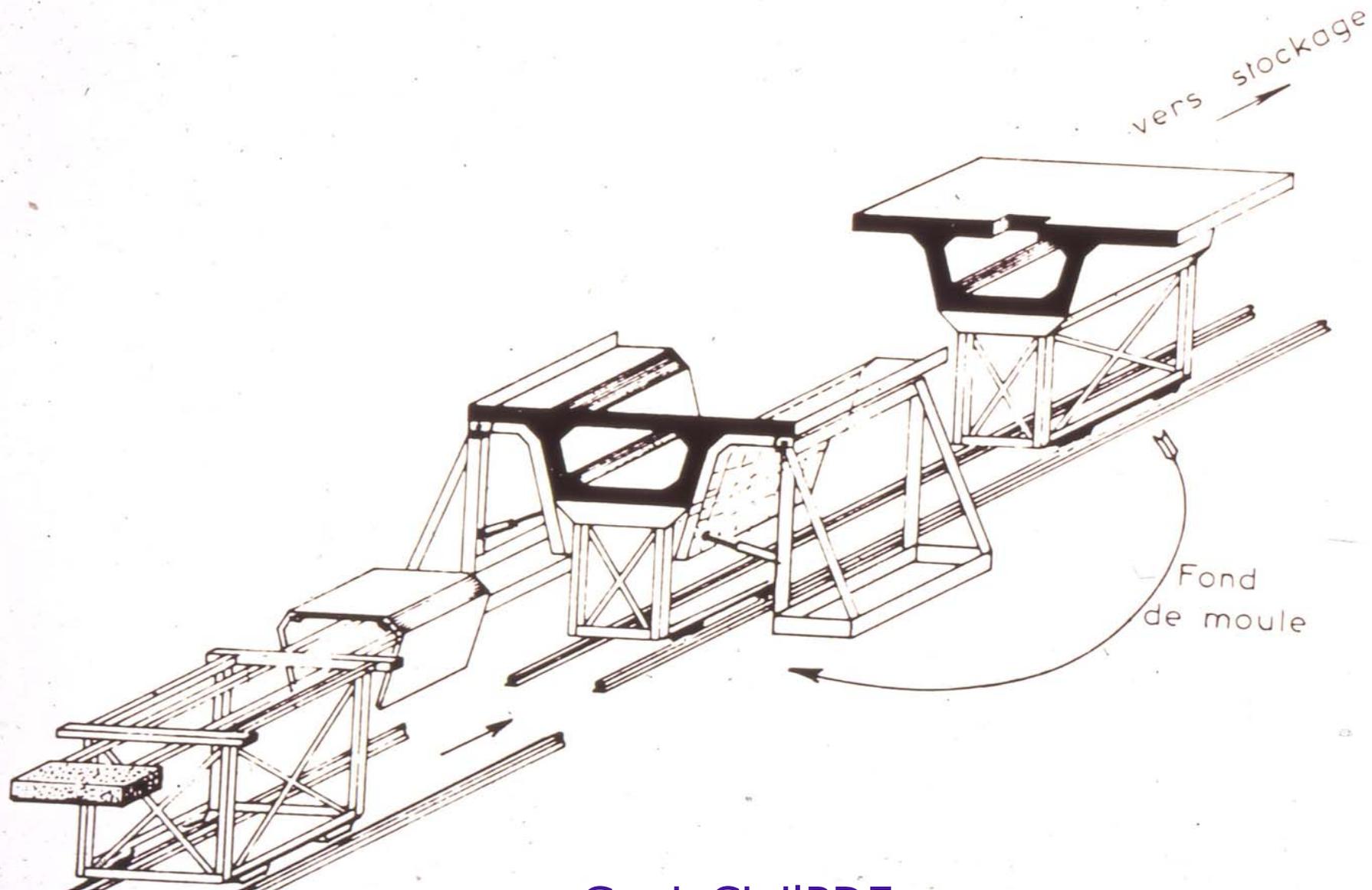


Principe de la préfabrication des voussoirs à joints conjugués sur banc (ou doucine)





Principe de la préfabrication des voussoirs à joints conjugués en cellule









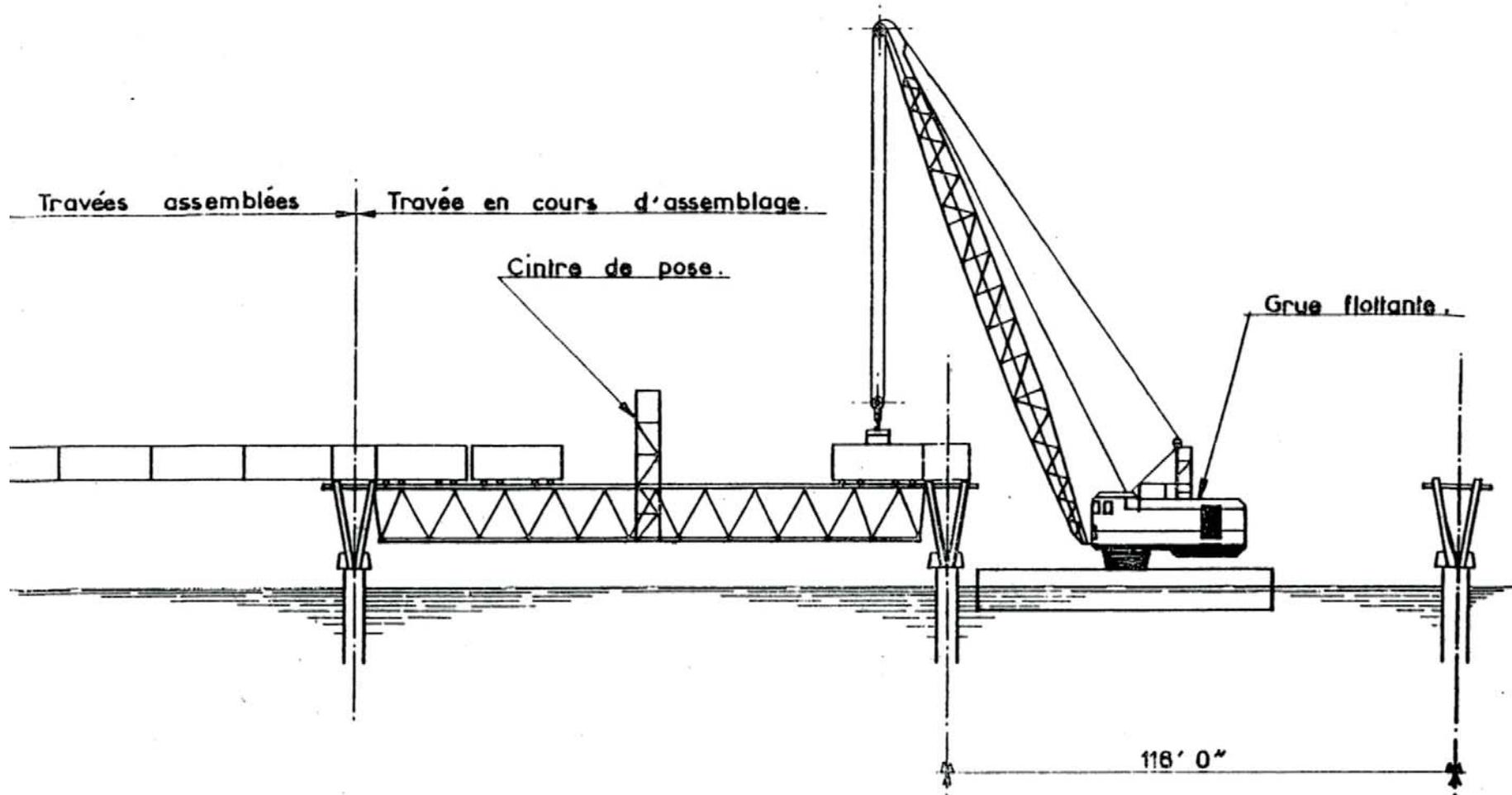
Ouvrages préfabriqués posés à l'avancement avec mise en précontrainte par travées entières

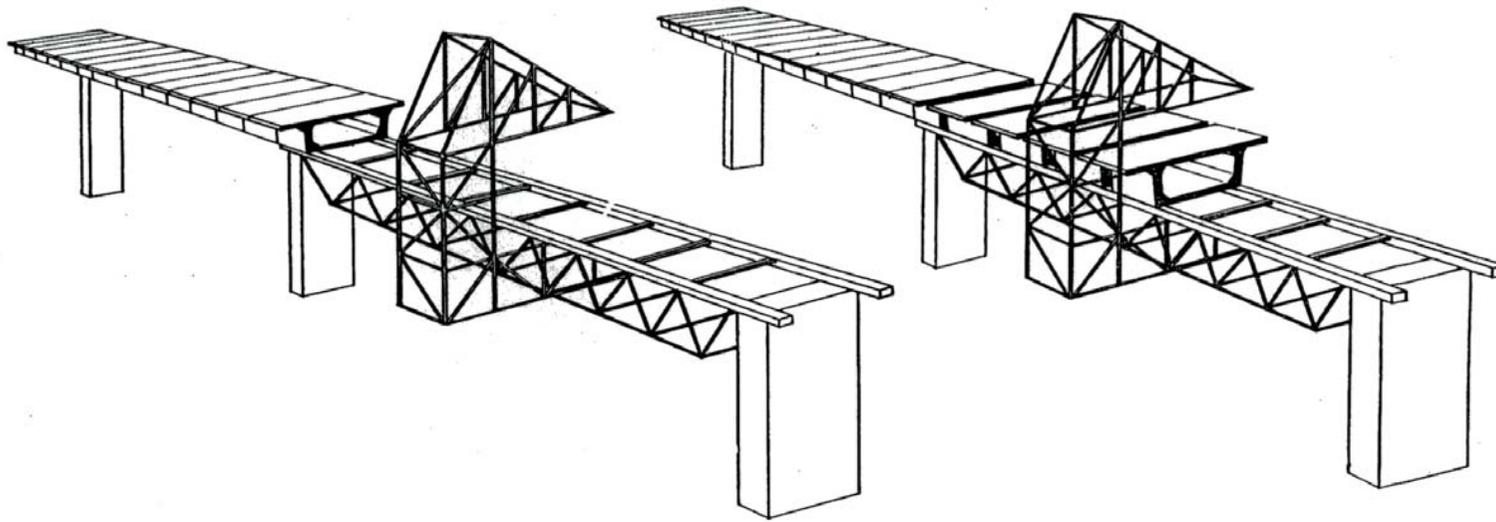
Quatre méthodes de pose :

- pose des voussoirs sur une poutre métallique située en dessous
- assemblage préalable des voussoirs et levage de la poutre
- pose des voussoirs suspendus à une poutre au dessus
- pose des voussoirs un à un avec haubanage

Pont de Long Key

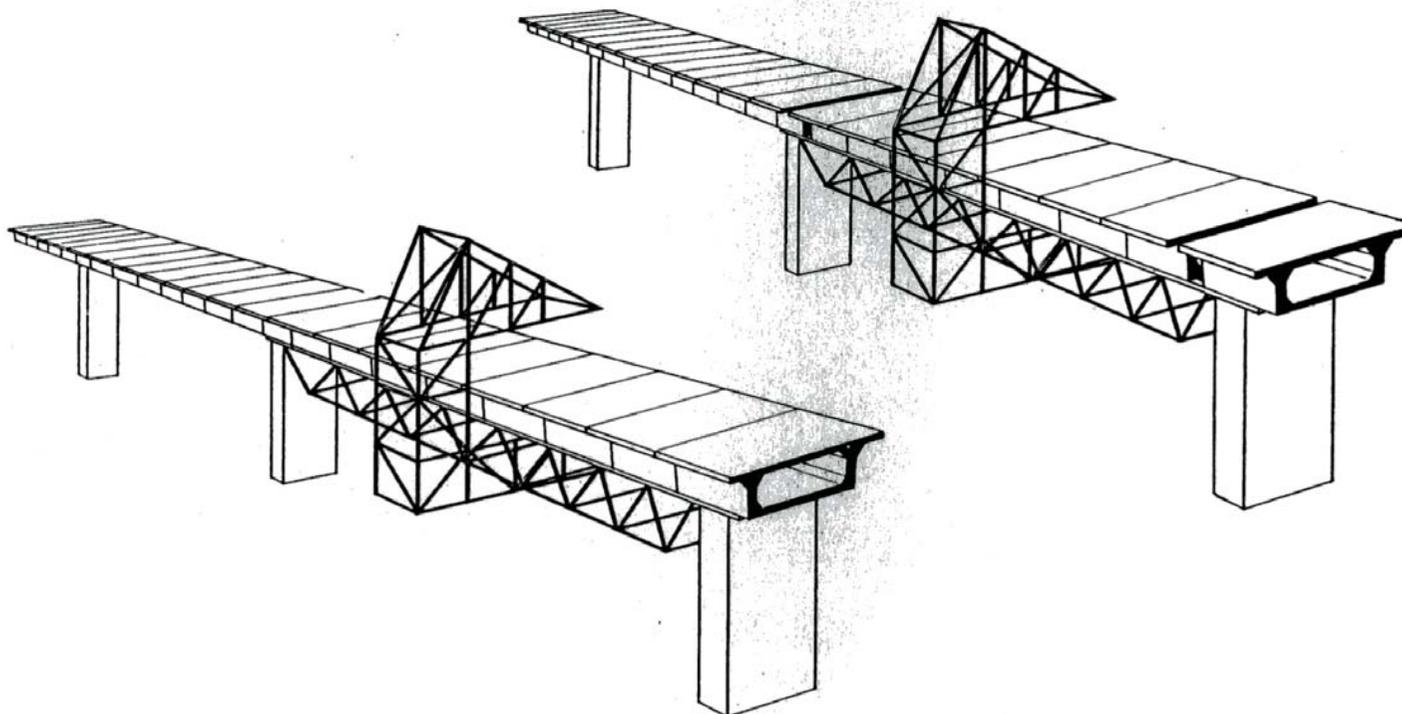
Matériel de pose des voussoirs par travées entières





Pont de Long Key

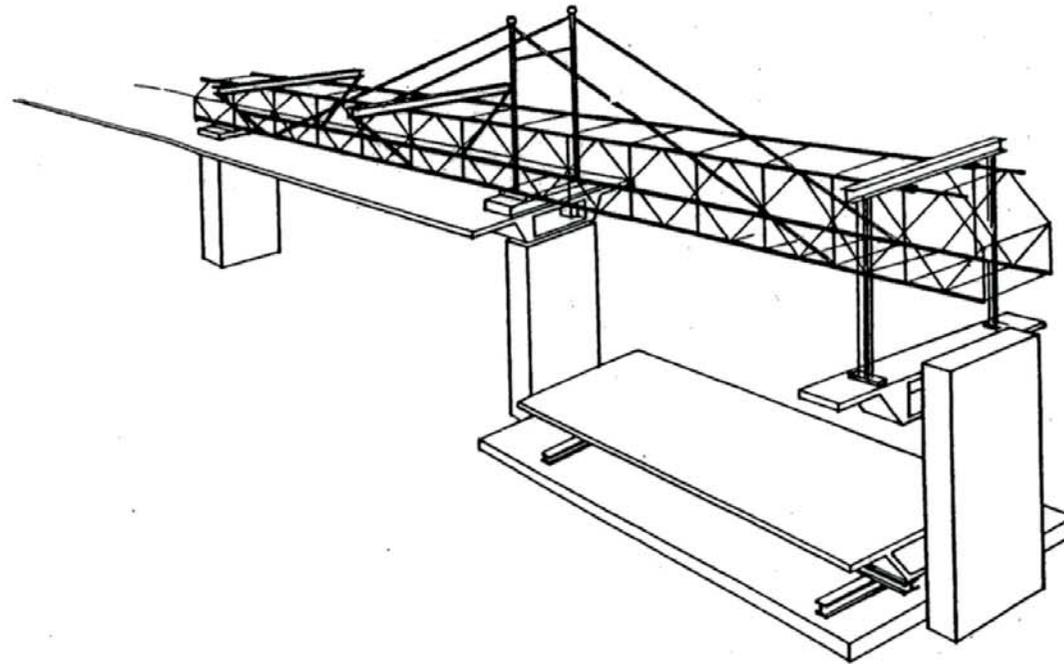
Cinématique
de pose d'une
travée





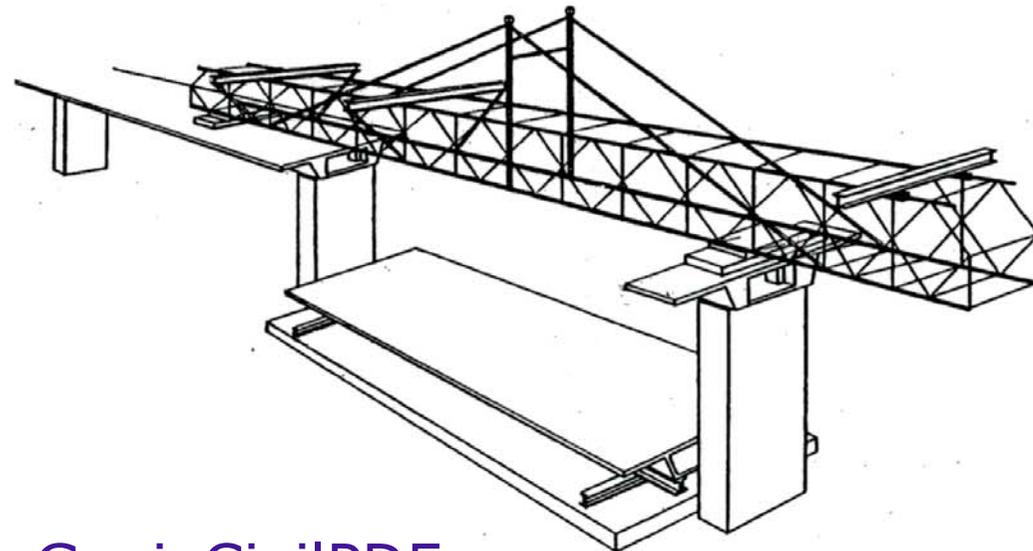


Pont de Seven Miles : cinématique - phases 1 et 2

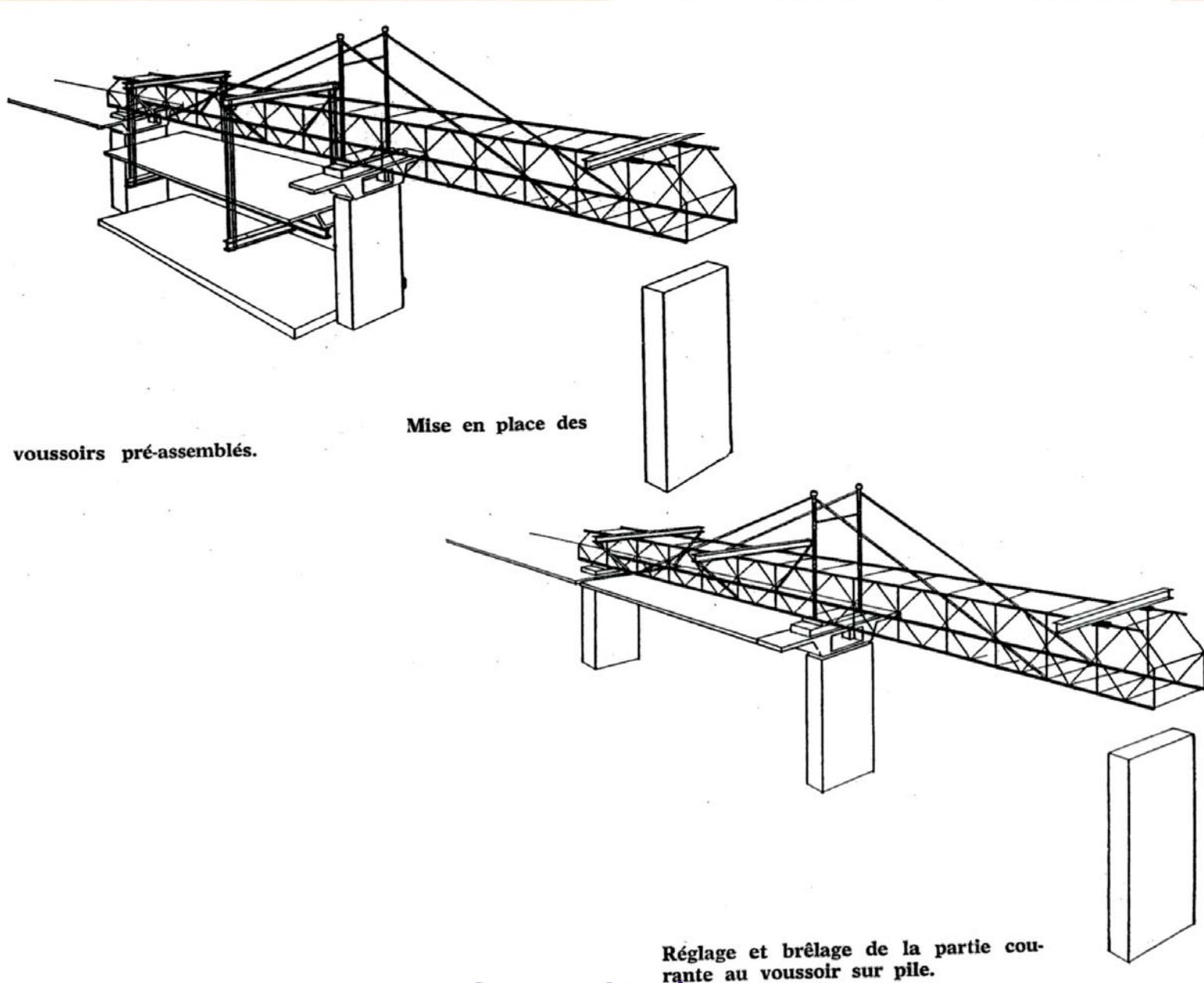


Pose du voussoir sur pile.

Déplacement du portique.



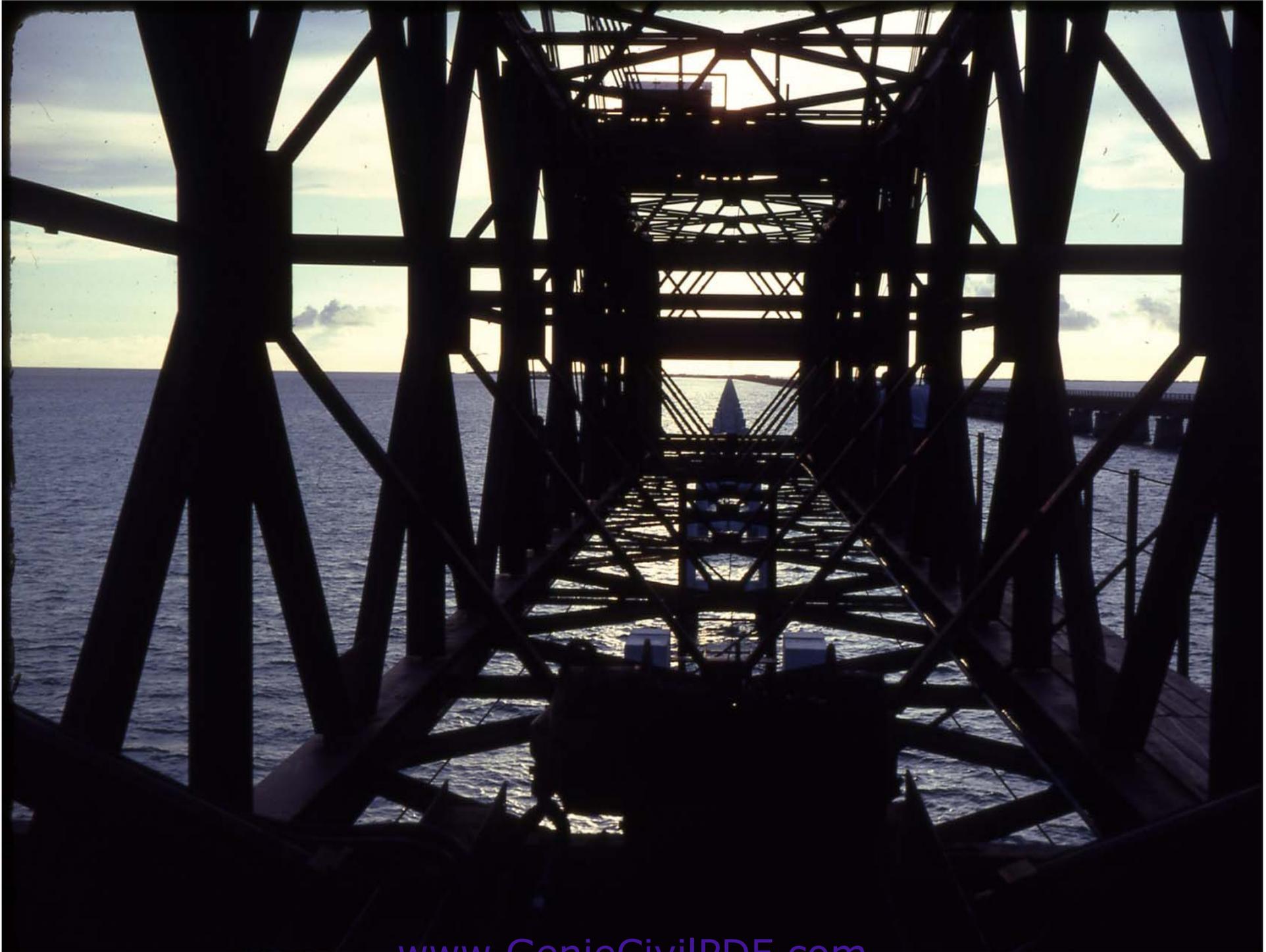
Pont de Seven Miles : cinématique - phases 3 et 4



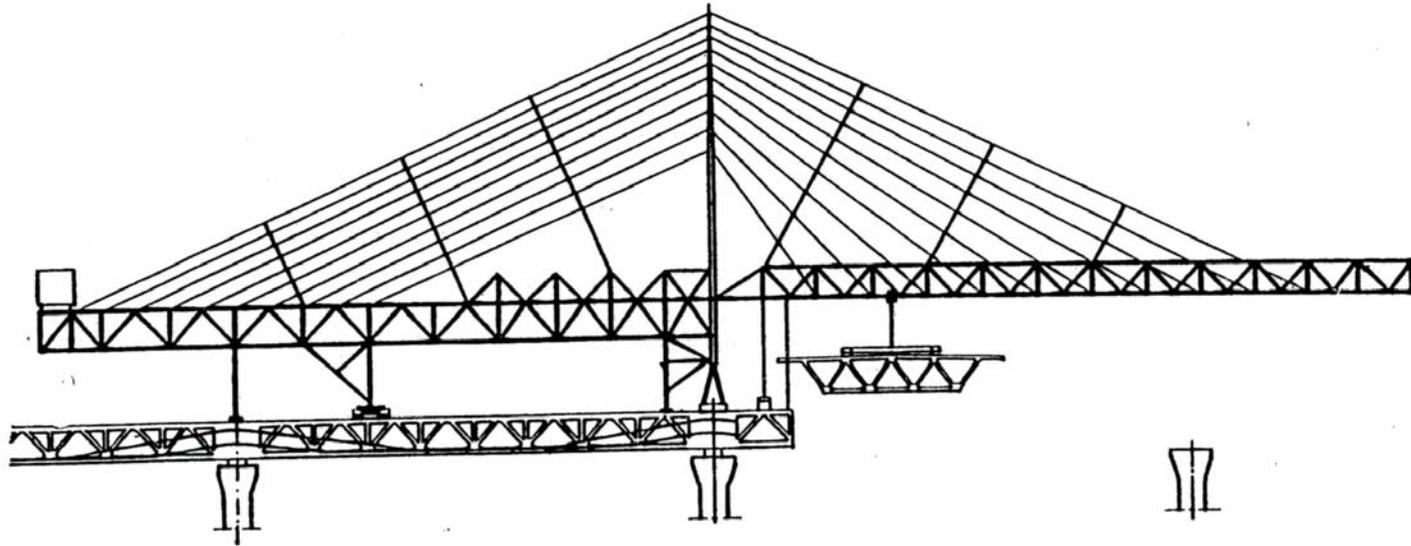




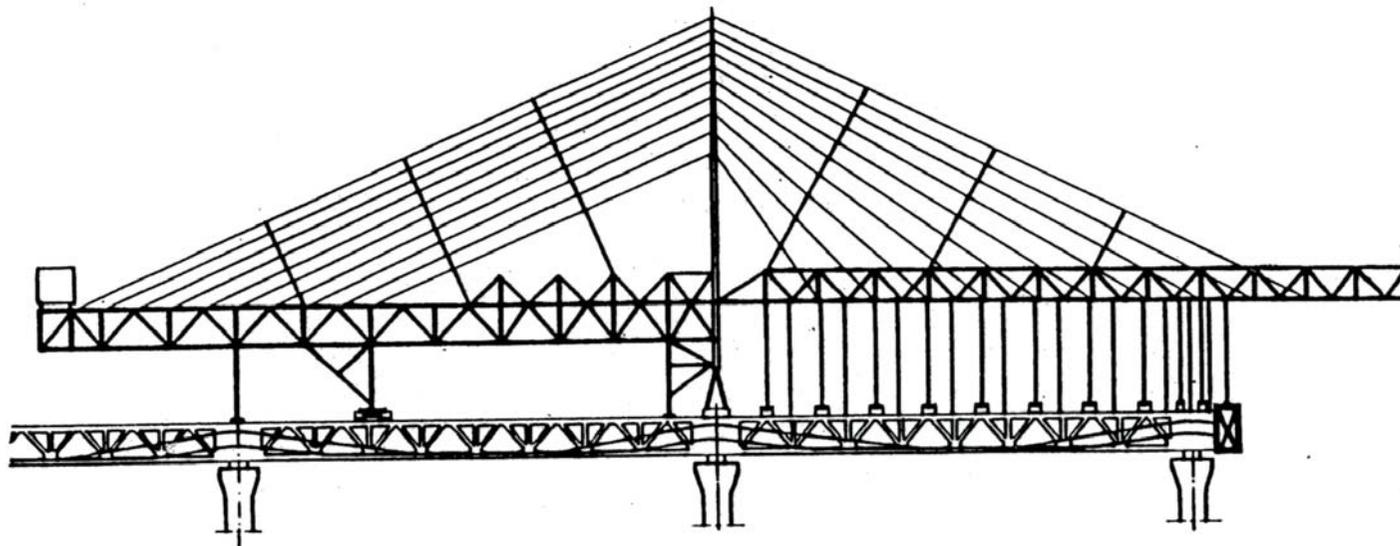




Poutre de Bubiyan



Pose des
voussoirs



Support
d'une travée
entière

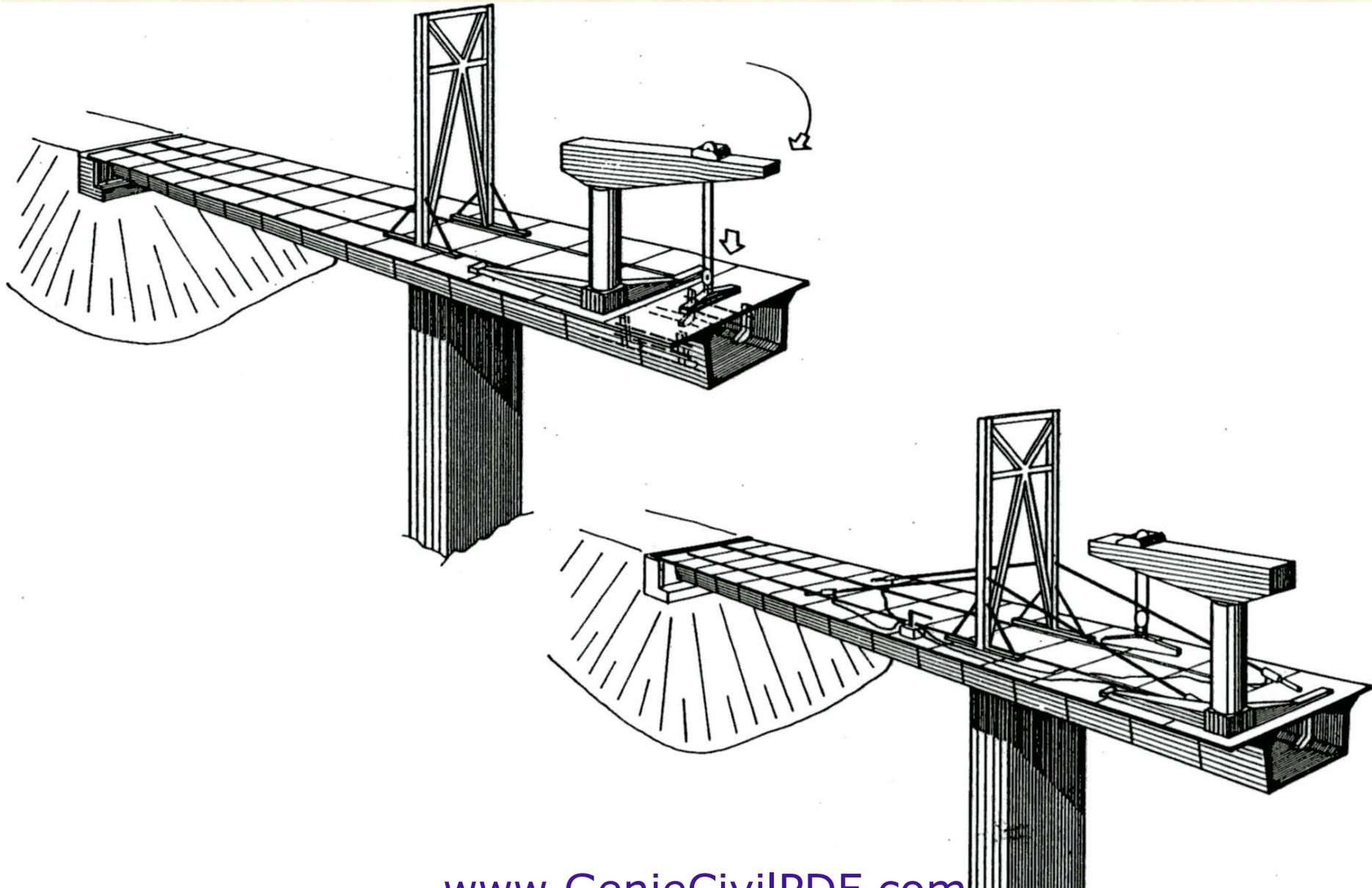


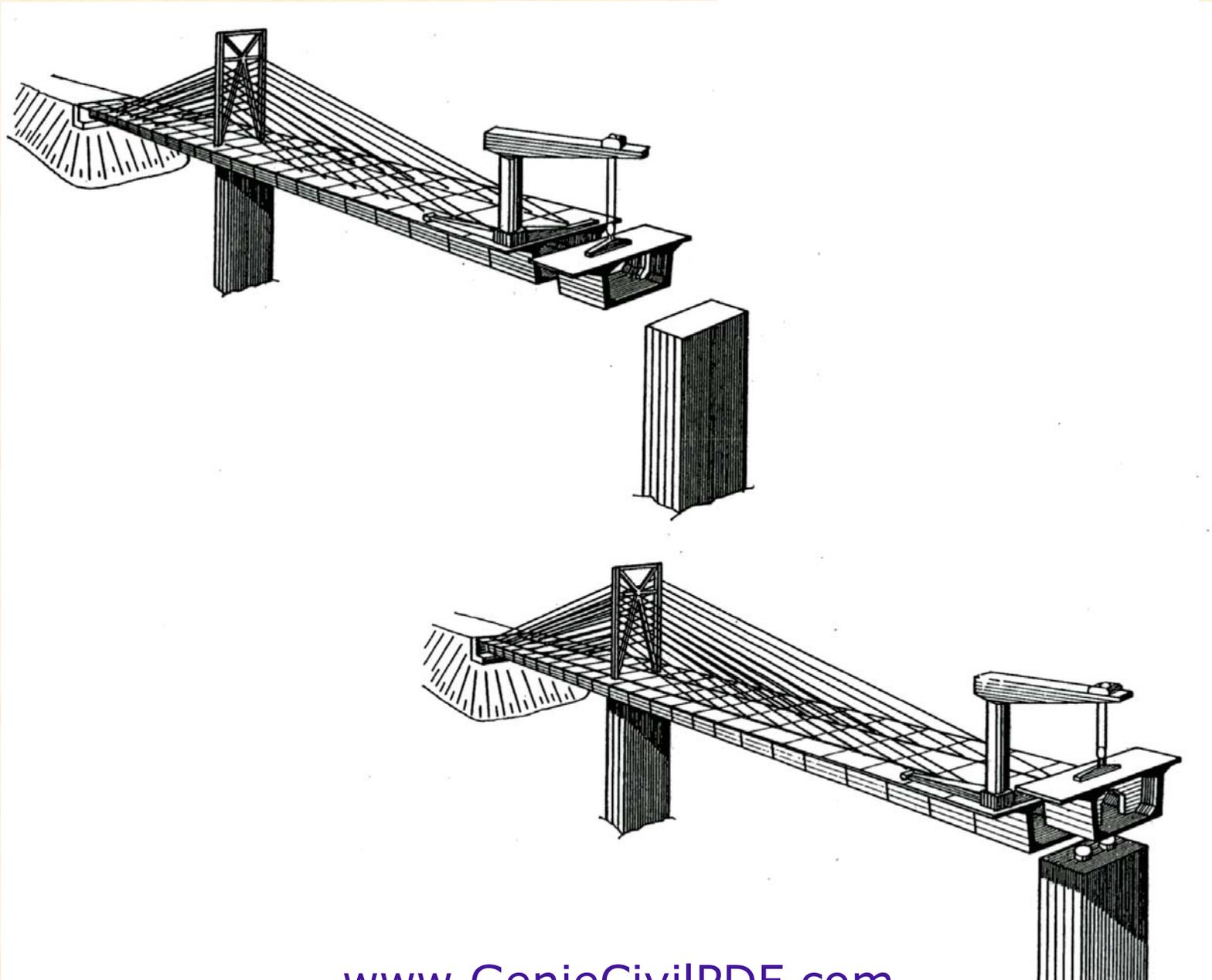


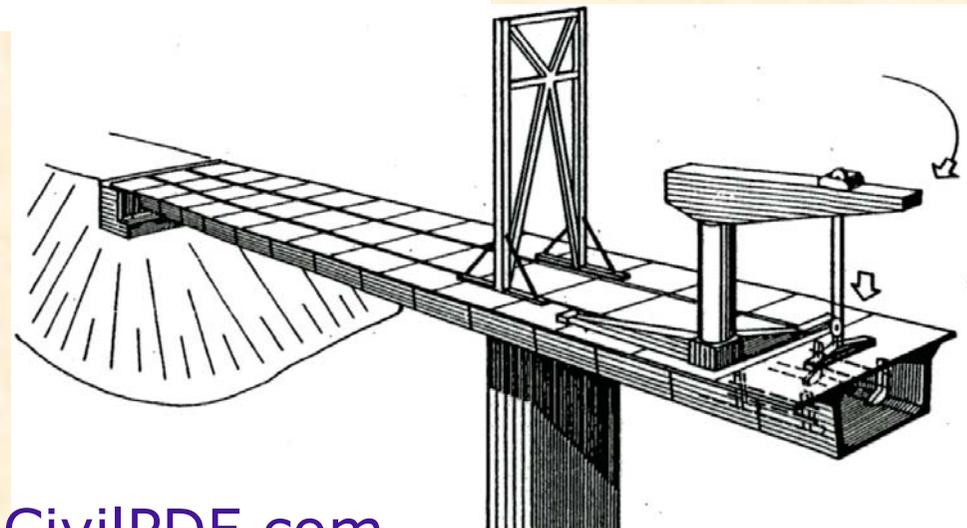
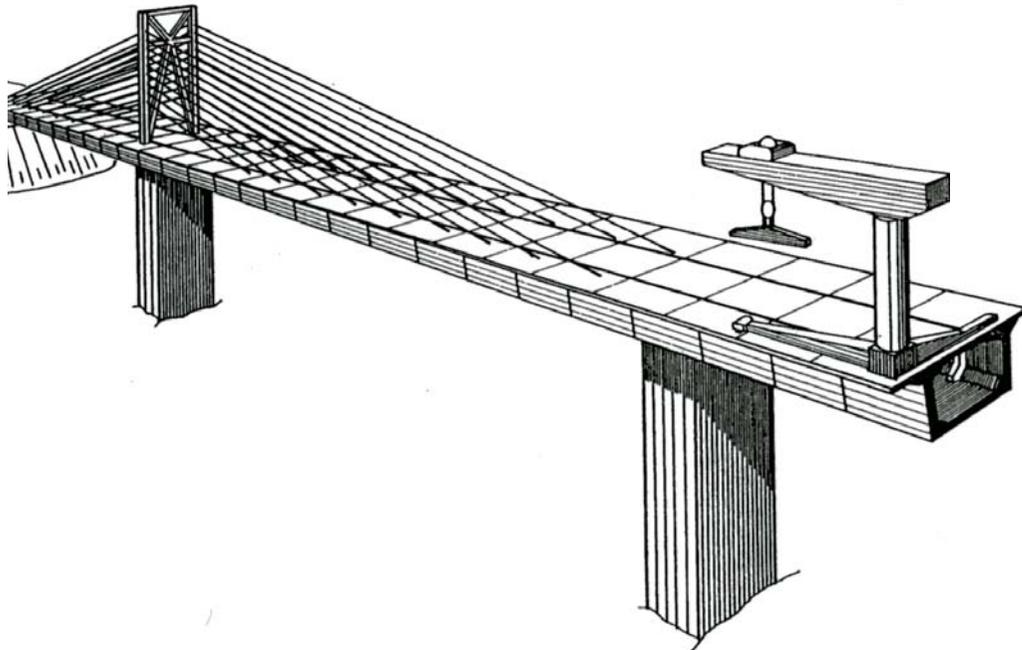


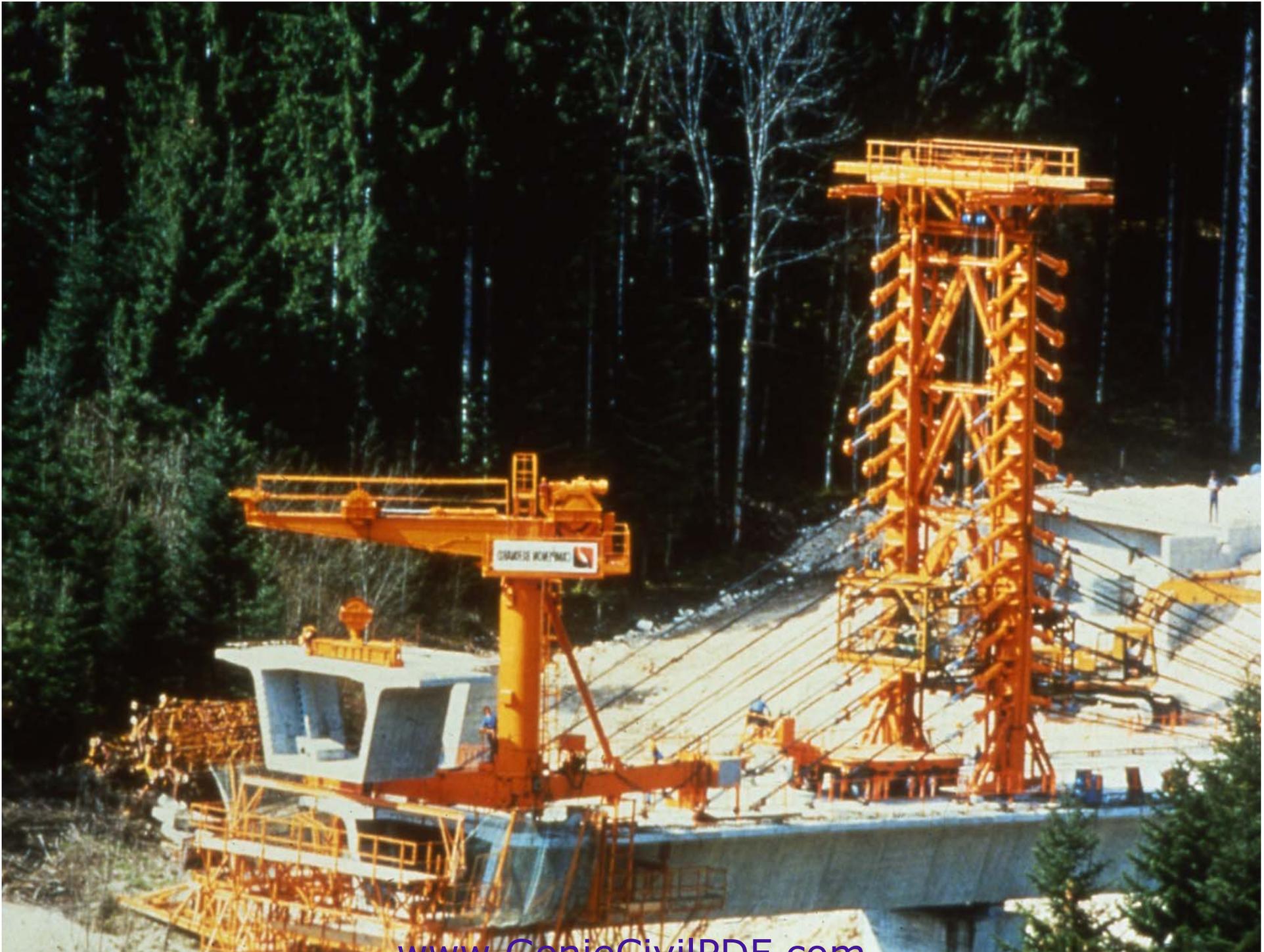


Principe général et cinématique de la pose à l'avancement

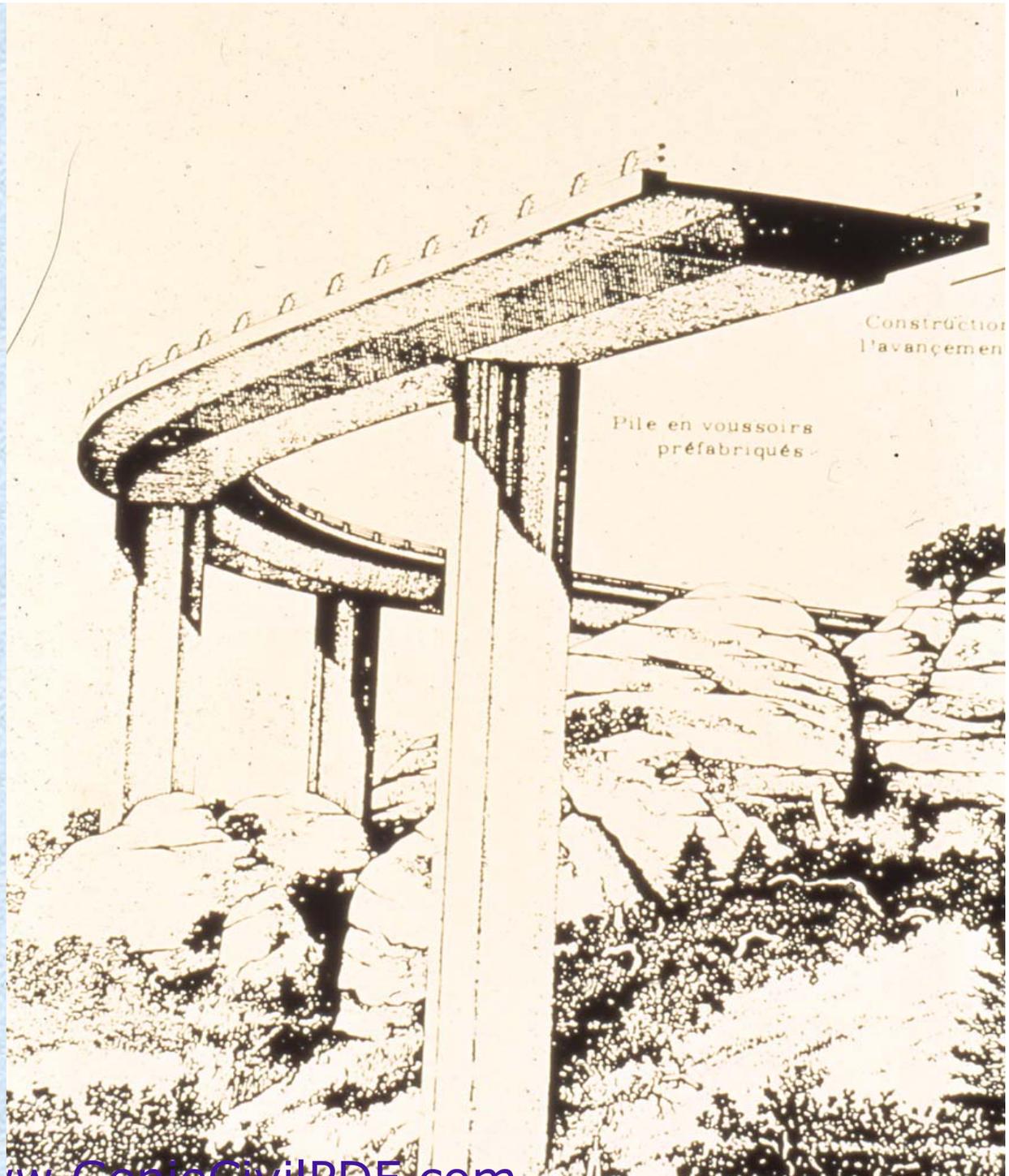








Viaduc de Linn Cove
implanté dans un parc
naturel hautement
protégé aux USA





FIN