



Projet de Fin d'Etude



Présentation du Travail de Fin d'Etude pour
l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat de
l'EHTP Option : Infrastructures de Transport

Etude d'un Ouvrage d'Art sur Oued CHBIKA au Pk 1262 de la RN1


Présenté par :

Ben saad Mohamed elhèdi

Membres du Jury :

 *M. Abderrafie YOUSSEFI*

 *M. Ali AZIZI*

 *Mme. Bouchra El AMMARI*

 *Mme .Houda TAIBI*

 *M. EL MESKAOUI*



Présentation du projet



Plan

- **Présentation du projet**
- **Etude de définition**
- **Etude d'avant-projet**
- **Etude d'exécution**
- **Conclusion**



Présentation du projet



Description de l'ouvrage existant:





Présentation du projet



Situation géographique





Présentation du projet



Caractéristiques générales

	Valeur	Unité
Biais % à l'écoulement	100	Gr
Pente longitudinale	1,00	%
Dévers	2,5	%
Largeur carrossable	2 x 4	m
Largeur des trottoirs	1,00	m



Topographie

- ✓ la vallée est caractérisé par une brèche large (environ 1700 m) et un lit mineur relativement étroit. Elle est encadrée par deux terrasses culminant à la cote 25m.

Géologie

- ✓ Formations géologiques composées de : Schiste , quartzites et marne.

Climatologie

- ✓ Le climat est aride.
- ✓ Les précipitations moyennes sont de l'ordre de 110mm.
- ✓ La température varie entre 29,6 et 9,6 °C.



Etude de définition



Etude Hydrologique

Les caractéristiques du BV d'oued CHBIKA

- ✓ Une superficie de 6755 Km² ;
- ✓ Un drain principal d'une longueur de 180 Km ;
- ✓ Une pente moyenne de 0,0031 mm



Etude de définition



Etude Hydrologique

Traitement Empirique

Vu l'absence de données statistiques annuelles des débits, on utilisera des méthodes empiriques.

Méthodes	Q_T
Fuller II	10282,7
Mallet Gauthier	2313,3
Hazan Lazarevic	4559,1
Régionale	652
$Q_{T \max}$ (m ³ /s)	652

Le débit retenu est de $Q_{100} = 652 \text{ m}^3/\text{s}$

www.GenieCivilPDF.com



Détermination du PHE

Formule de Manning-Strikler :

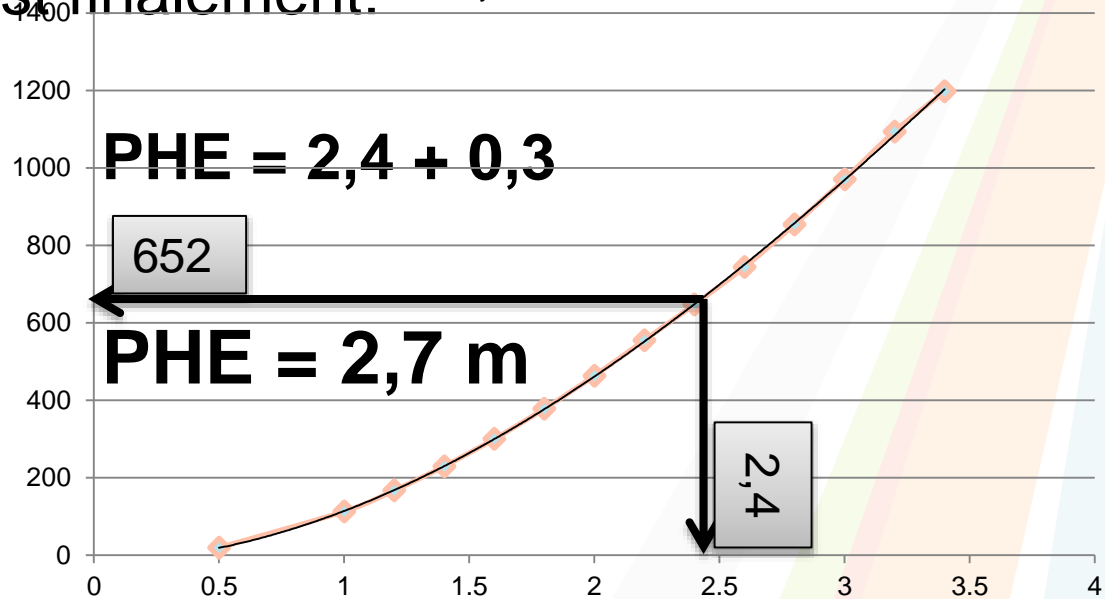
L'effet du remous sur le PHE est de 0,3m.

$$Q_p (\text{m}^3/\text{s}) = K \times S_m \times R_H^{2/3} \times I^{1/2}$$

Le PHE est finalement:

$$y = -0.2645x^4 - 7.8406x^3 + 134.05x^2 + 3.6927x - 15.769$$

Figure : Courbe de Tarage.





Etude de définition

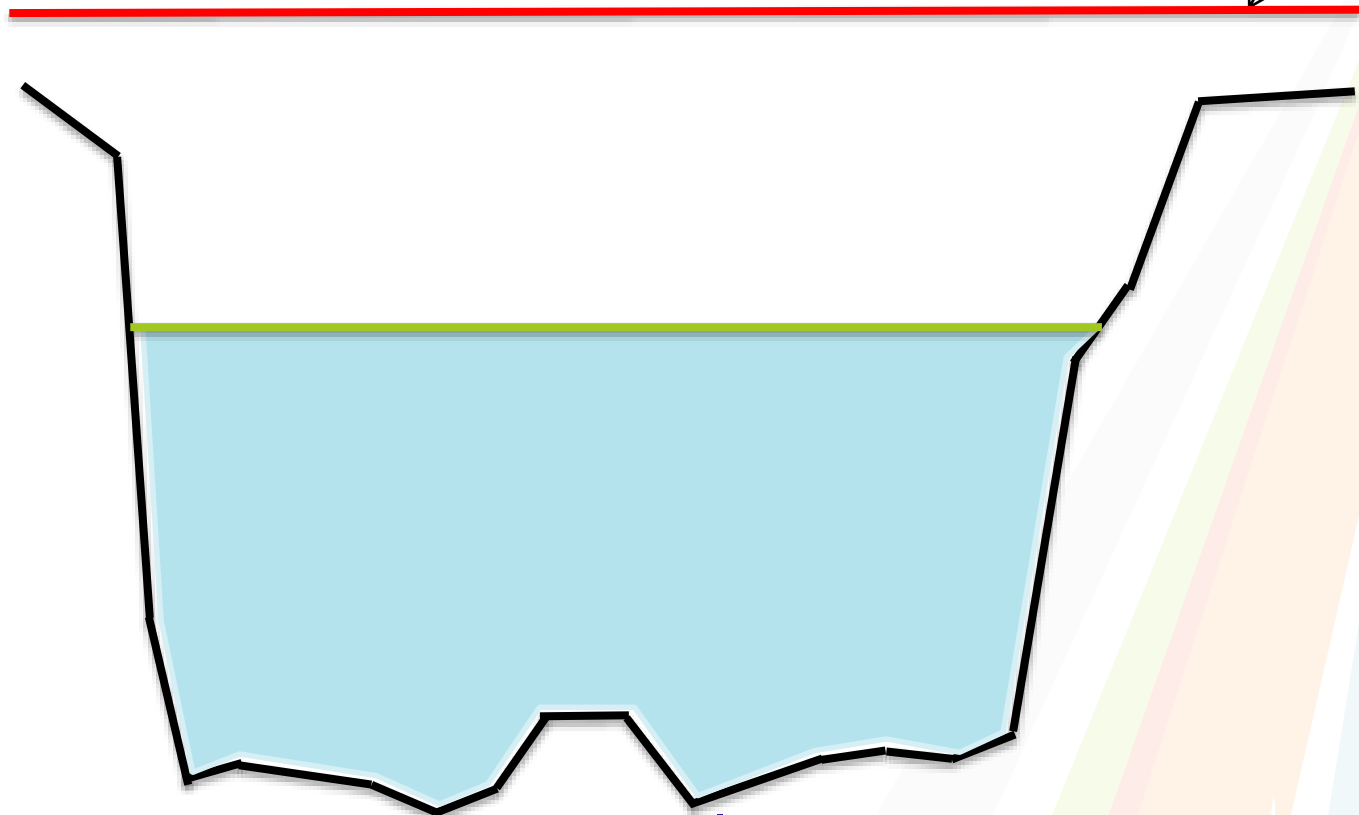


Calage de l'ouvrage

L'intrados est calé à la hauteur H :(à partir du fond du lit de l'oued)

$$H = PHE + 1 \text{ m (Revanche)} = 3,7\text{m}$$

L'intrados





Etude de définition



Récapitulatif

Le débit de projet :

$$Q = 562 \text{ m}^3/\text{s}$$

Le PHE :

$$\text{PHE} = 2,7 \text{ m}$$

Le débouché superficiel :

$$D_s = 245,8 \text{ m}^2$$

Le débouchée linéaire :

$$D_L = 123.225 \text{ m}$$

La vitesse moyenne d'écoulement :

$$V = 2,65 \text{ m/s}$$



Etude de définition



Calcul de l'affouillement

Affouillement général

Affouillement total

AS, LPEE, CONDDIOS, LEVI,

Valeur retenue : $H_N = 3,00$ m

Pour les piles : $H_T = 4,45$ m

Affouillement local

Formules utilisées : **DUNN** et **BRENSERS**

Valeur retenue : $H_N = 1,40$ m
Pour les culées : $H_T = 3,05$ m

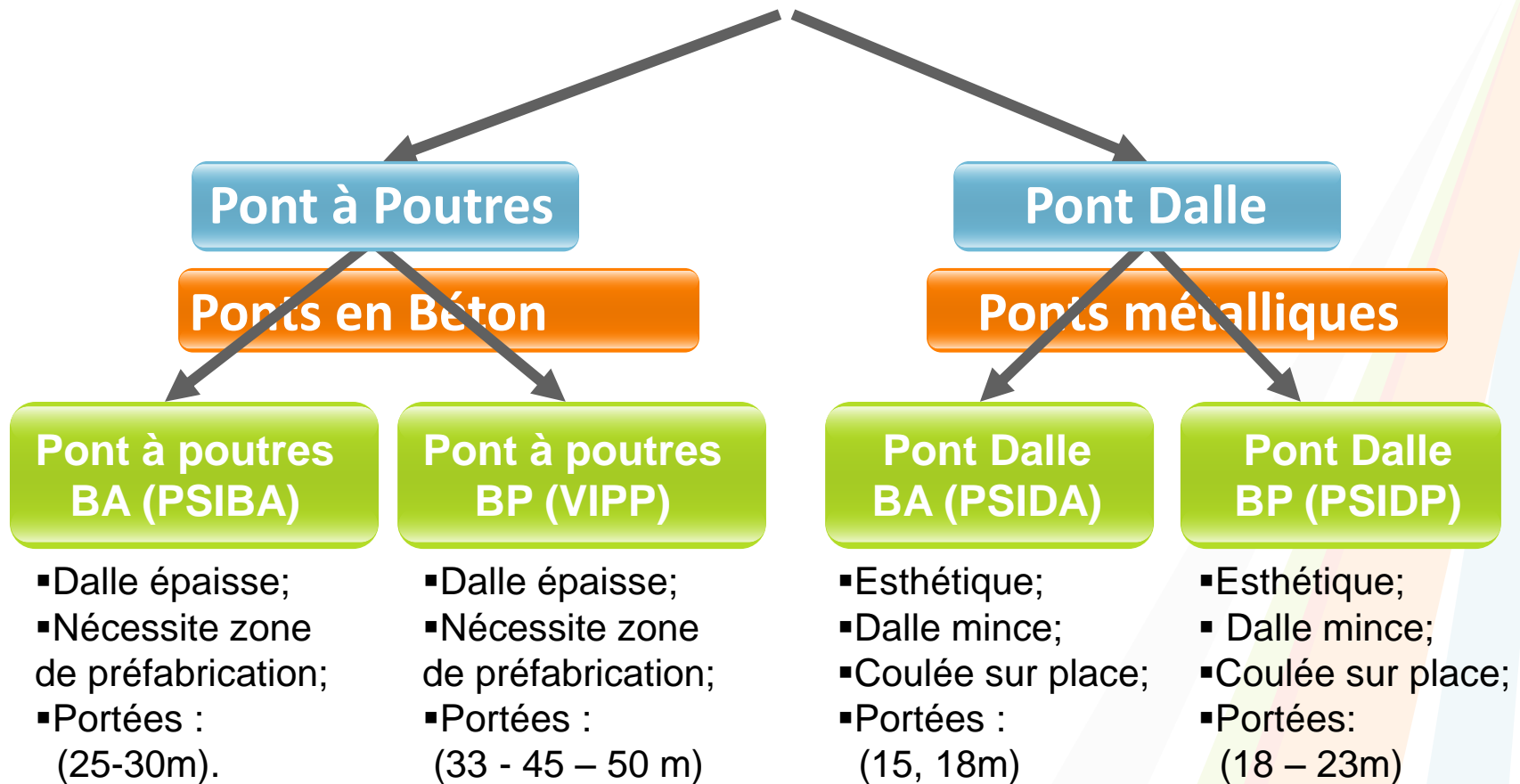
Affouillement dû au rétrécissement

Formule utilisée : **STRAUB**

Valeur retenue : $H_R = 0,05$ m



Choix des variantes





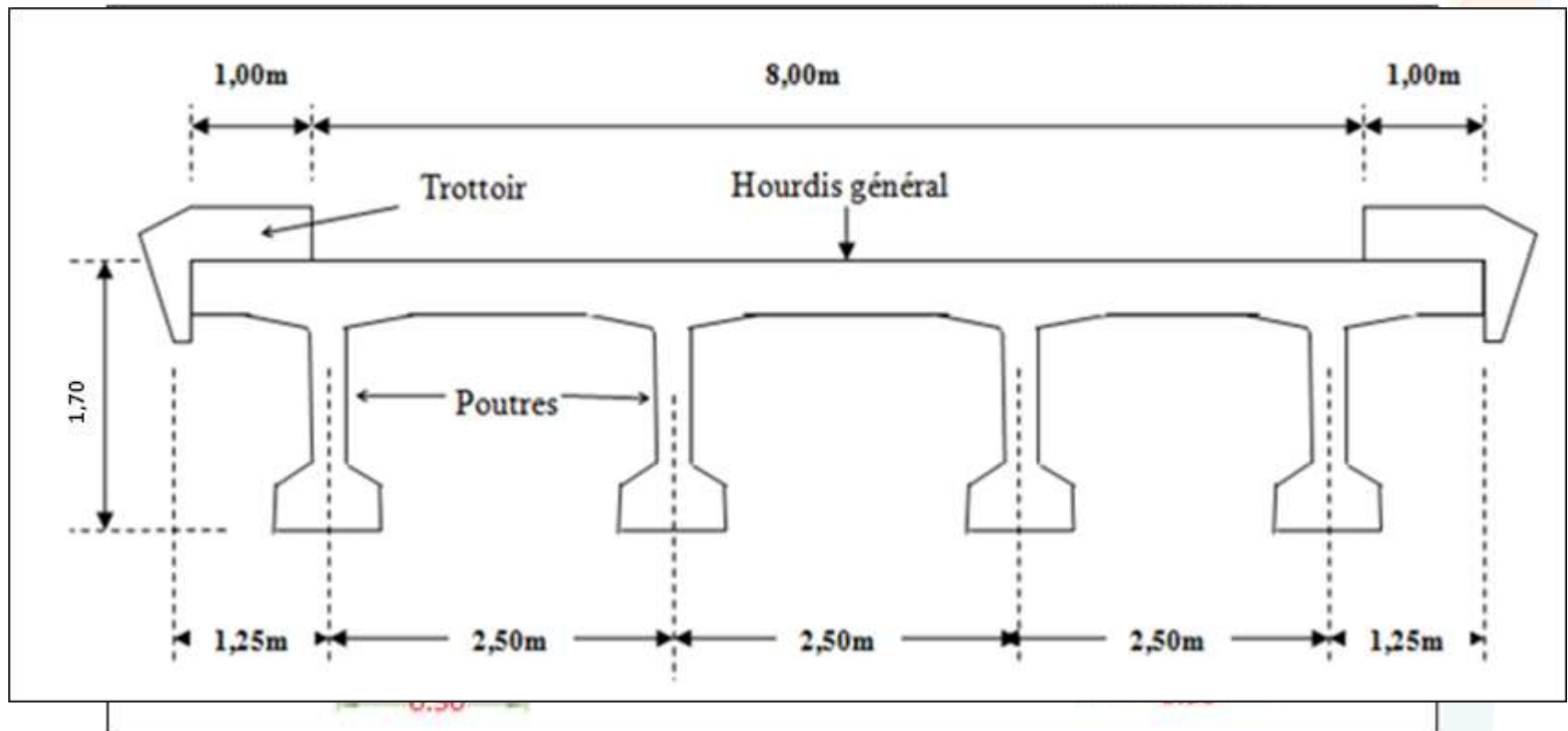
Etude d'avant-projet

Pré dimensionnement du Tablier



La variante PSIBA

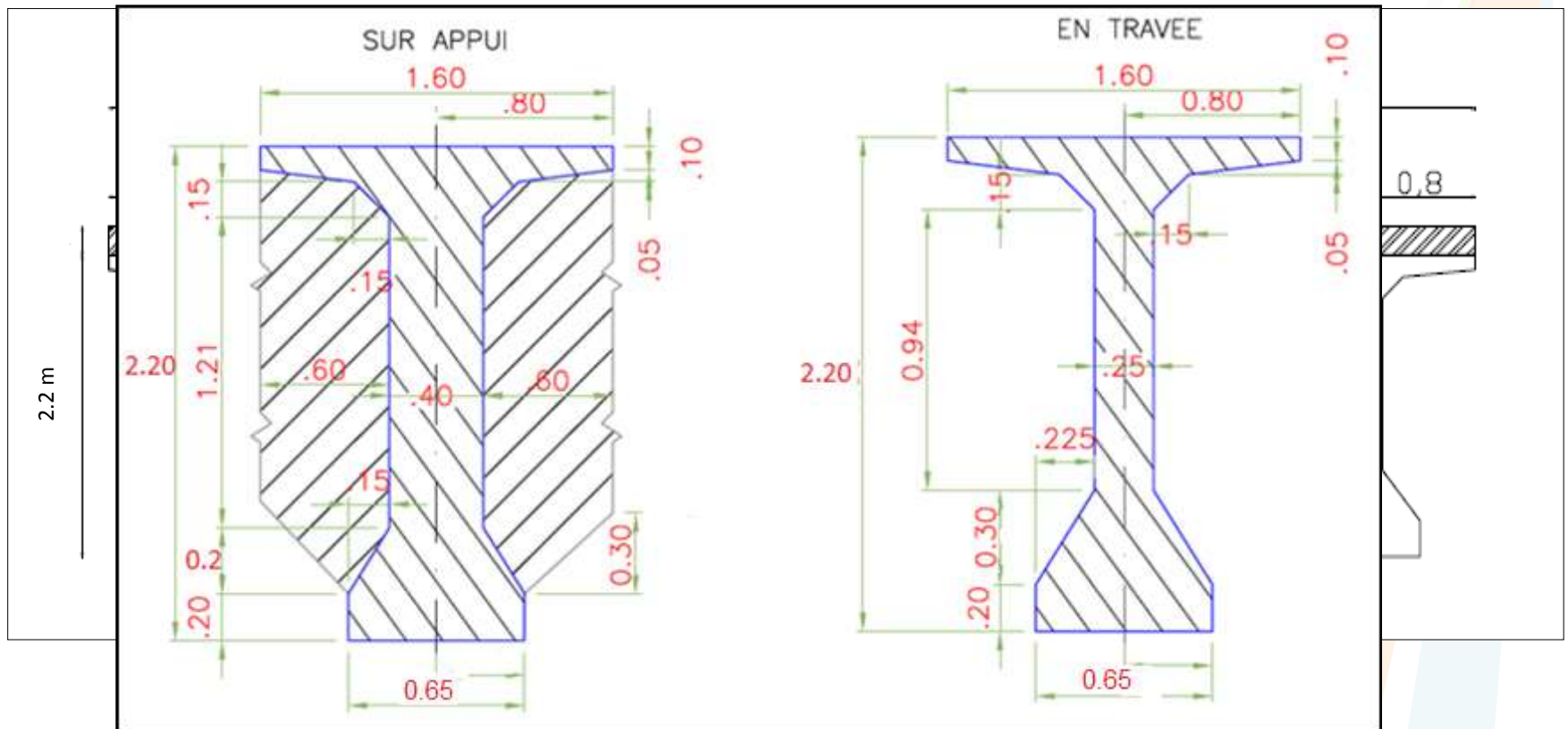
coupe transversale des poutres :





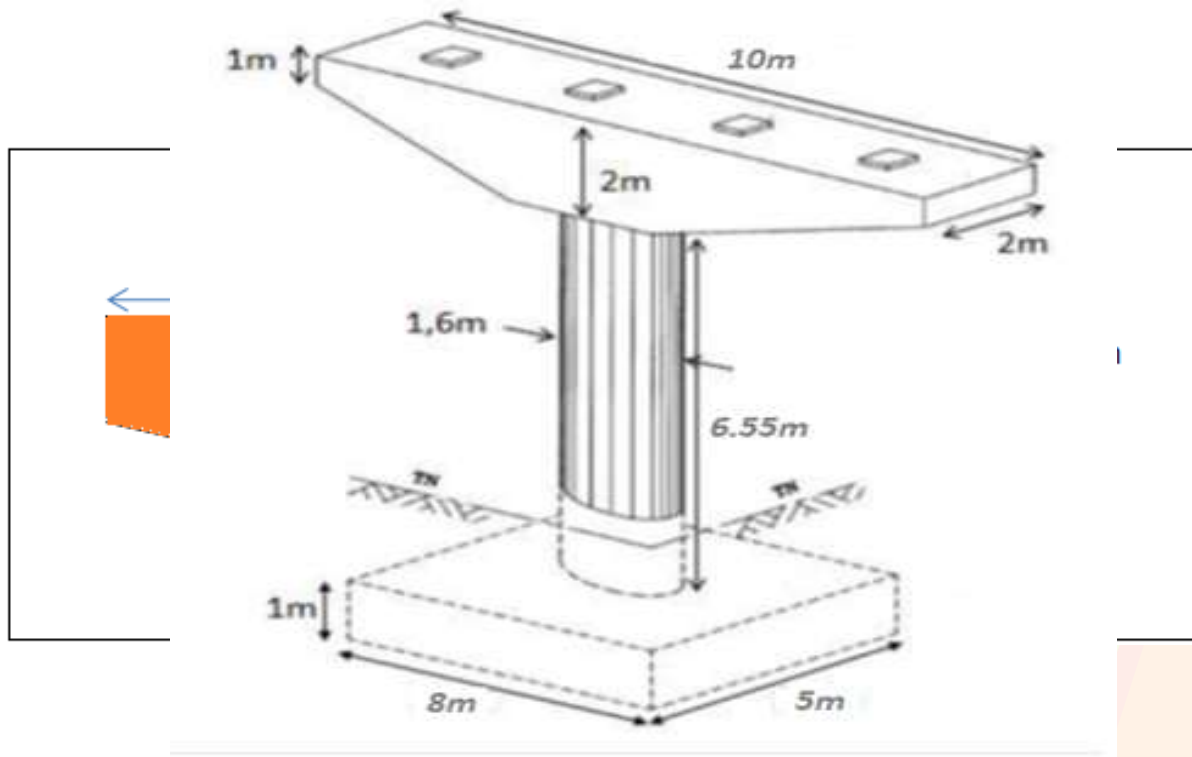
La variante VIPP

Coupe Transversale du Tablier :





Coupe transversale de la pile





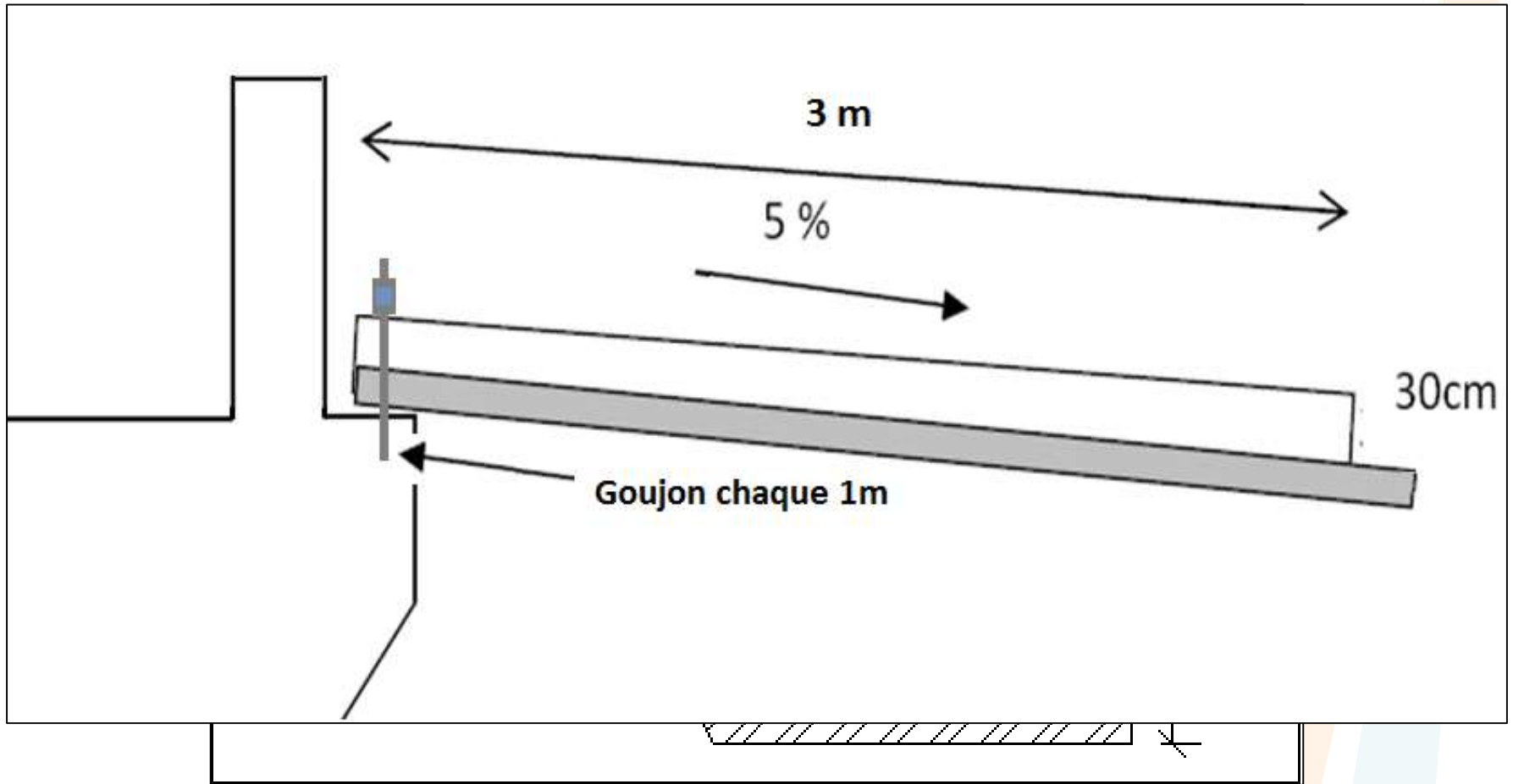
Etude d'avant-projet

Pré dimensionnement des Culées



Mur en retour

vêtre –culée)



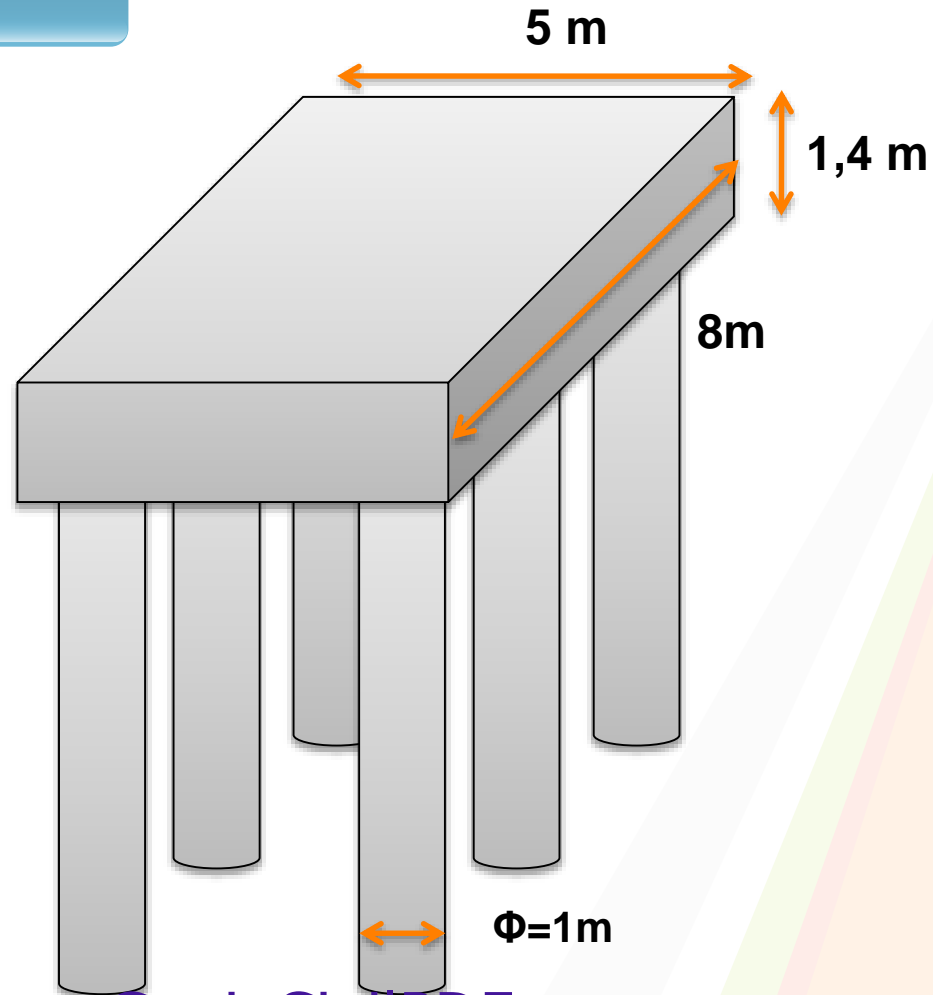


Etude d'avant-projet



Prédimensionnement des Fondations

Fondation Profonde





Etude d'avant-projet

Avant-métré



PSIBA

15 400 426DHs

VIPP

15 096 850DHs

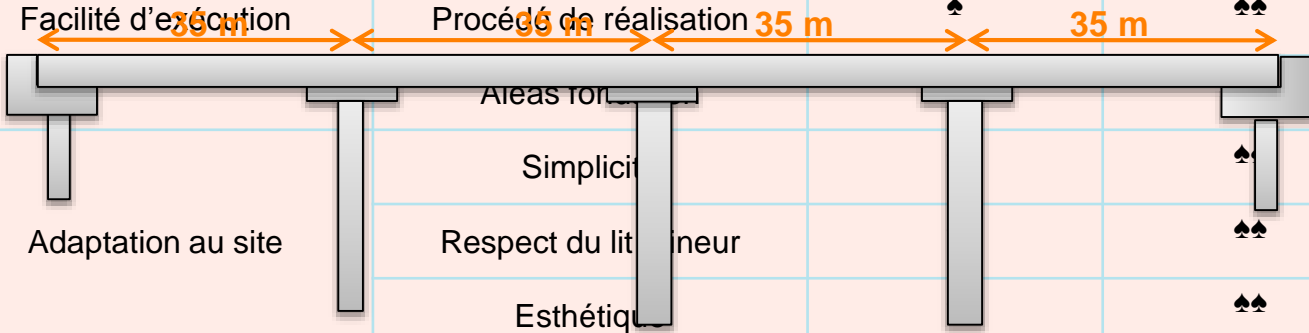


Choix de la variante

Critères de choix:

Variantes proposées		PSI-BA	VIPP
Coût	Estimation(en Dh)	15 400 426DHs	15 096 850DHs
	Coût/m ² (en Dh)	9800	10920
Facilité d'exécution	Accès aux appuis	♠	♠♠
	Procédé de réalisation	♠	♠♠
Adaptation au site	Areas ton		♠
	Simplicité		♠♠
	Respect du lit mineur		♠♠
	Esthétique		♠♠
Délai d'exécution		♠♠	♠♠♠
Pérennité et entretien		♠♠♠	♠♠

**Pont à poutres en béton
précontraint à 4 travées**





Etude d'exécution



Etude des Poutres

Calcul des Sollicitations

- Charges permanentes
- Charges du trottoir
- Charge **A(I)** , avec :
 - $A(I) = \text{Max} [a_1(0,23+36/(L+12)) ; 0,4-(0,2L/1000)]$ en t/m²
- Convoi **B**
- Convoi **M_{C120}**



Etude d'exécution



Etude des Poutres

Le coefficient de répartition transversale (CRT)

Paramètre de torsion :

$$\alpha = 0,125$$

Paramètre d'entretoisement :

$$\theta = 0,564$$

On obtient les lignes d'influence transversales suivantes:

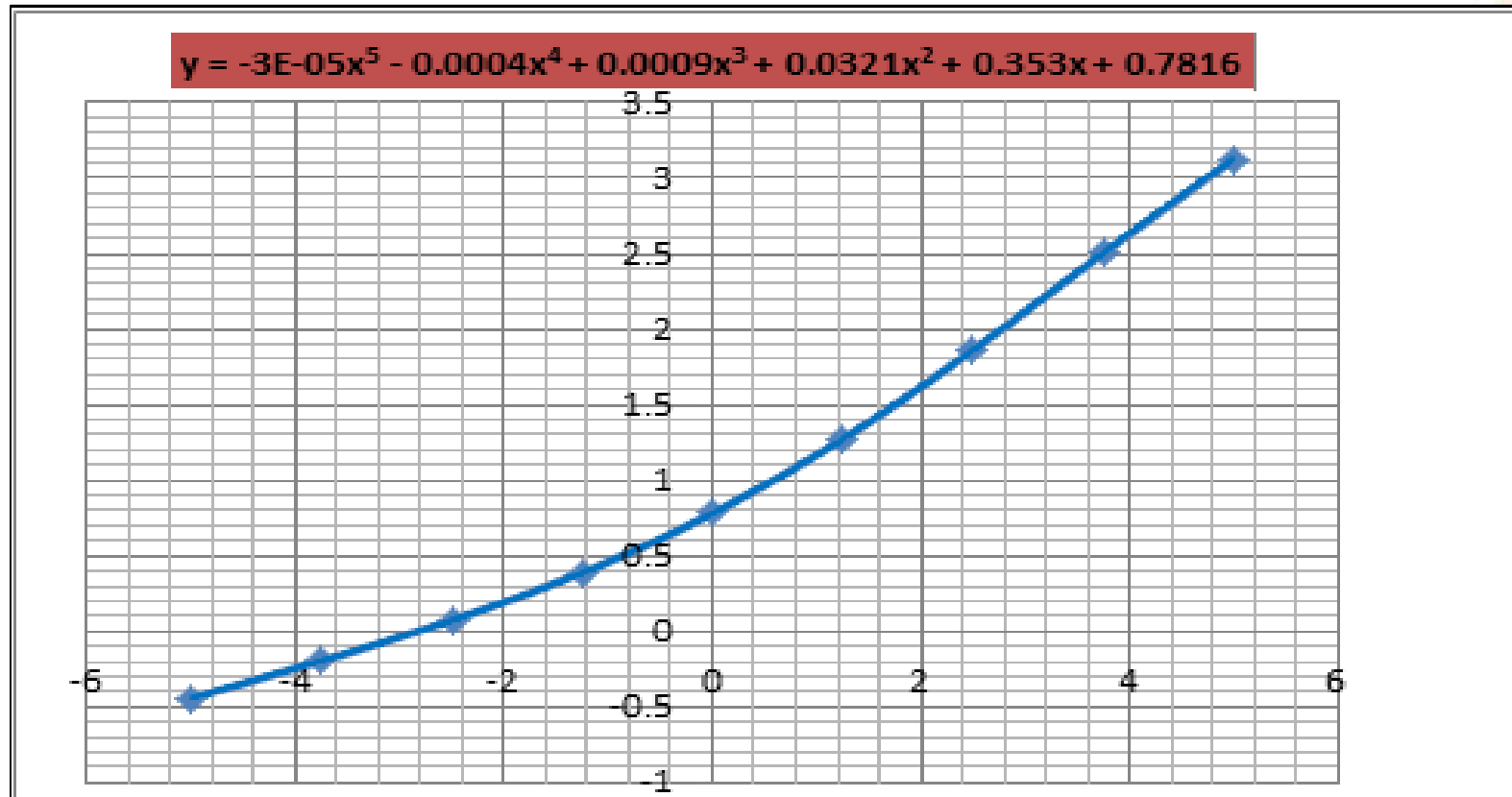


Etude d'exécution



Etude des Poutres

Le coefficient de répartition transversale (CRT)





Le coefficient de répartition transversale (CRT)

	Valeur du CRT		Cas le plus défavorable
	Poutre en $y=0,28b$	Poutre en $y=0,84b$	
Système A(l) 2 voies	1.059	0.932	2 Voies
1 trottoir	---	3	1 Trottoir
2 trottoirs	0.809	---	
Système B_t	1.227	1.260	2 Tandems
Système B_r	1.393	2.70	1 roue
Système B_c	1.290	1.468	2 fils
Système M_{C120}	1.251	1.623	1 char

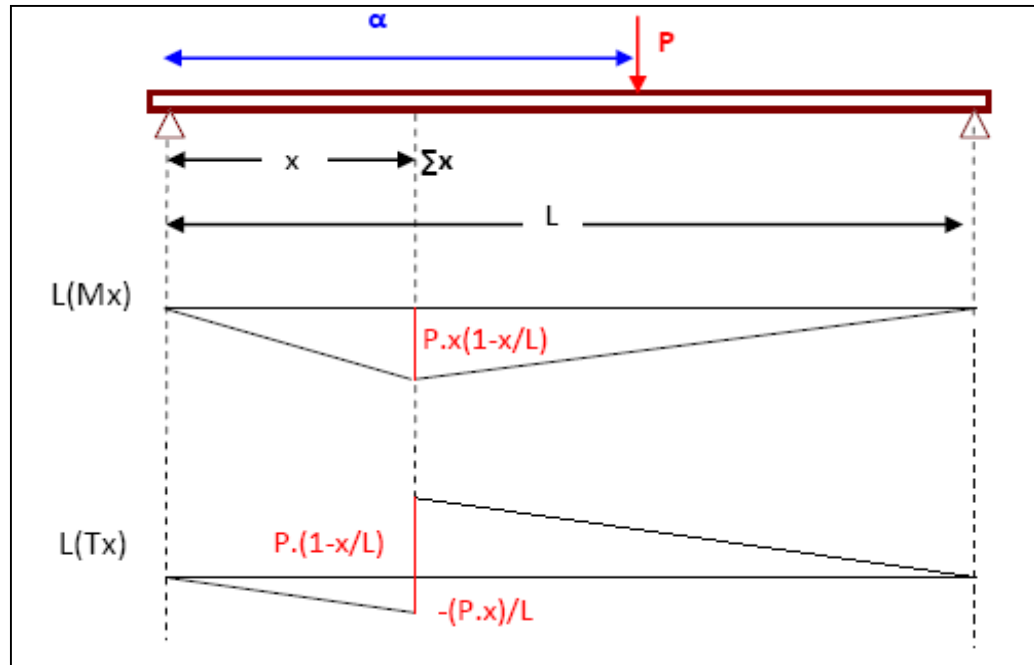


Etude d'exécution



Etude des Poutres

Les lignes d'influence



Sollicitations globales = CRT x Sollicitations moyennes
www.GenieCivilPDF.com



Etude d'exécution



Etude des Poutres

Les combinaisons de charge

	x/l	ELS		ELU	
		M(t.m)	T(t)	M(t.m)	T(t)
Poutre intermédiaire	0	0	142,22	0	191,44
	0.1	415,43	110,35	559,15	148,49
	0.2	751,73	86,97	1011,67	117,00
	0.3	1091,51	45,80	1469,26	61,48
	0.4	1160,04	40,29	1560,90	54,11
	0.5	1243,80	16,98	1673,32	22,72
Poutre de rive	0	0	143,26	0	192,73
	0.1	425,56	115,27	572,58	155,03
	0.2	771,55	91,28	1037,97	122,73
	0.3	1115,96	50,12	1501,64	67,25
	0.4	1194,24	43,44	1606,34	58,32
	0.5	1284,32	19,60	1727,19	26,21



Etude d'exécution

Etude des Poutres : La précontrainte



Hypothèses de calcul

Classe II

$$f_{c28} = 35 \text{ MPa}$$

Câbles à base de T15 classe 1770

Limite élastique : $f_{peg} = 1573 \text{ Mpa}$

Limite de rupture : $f_{prg} = 1770 \text{ Mpa}$

Diamètre de gaine : $\Phi_g = 71 \text{ mm}$

Les pertes instantanées : 10%

Les pertes différées : 20%

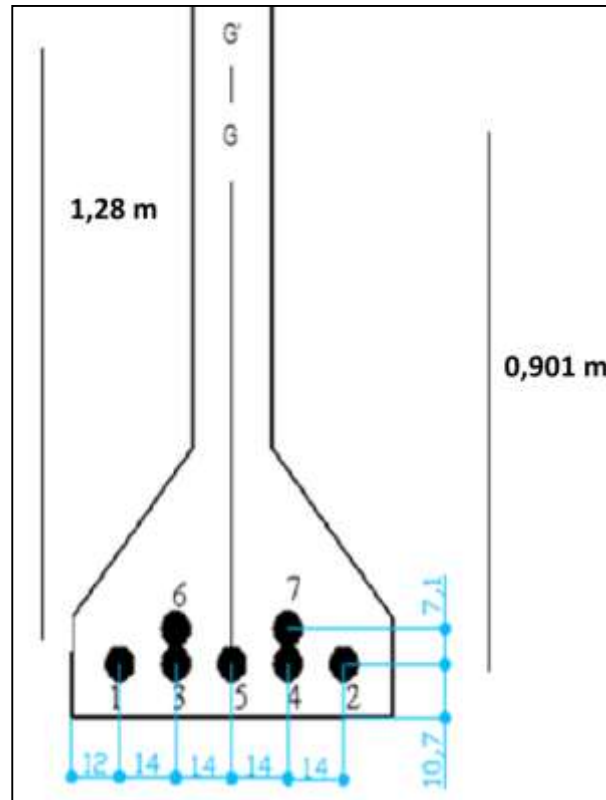


Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Excentricité



1^{ère} famille

2^{ème} famille

-0,901 m

1,28 m

www.GenieCivilPDF.com



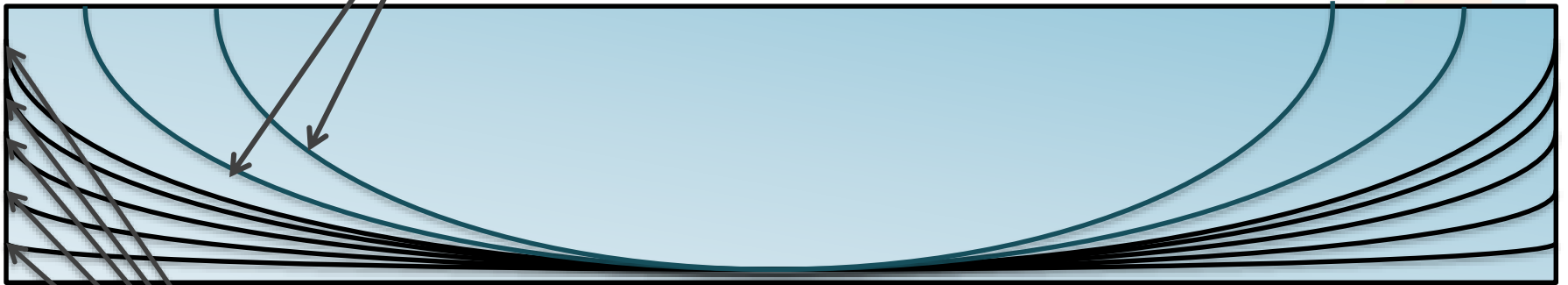
Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Disposition des câbles

Câbles de deuxième famille



Câbles de première famille

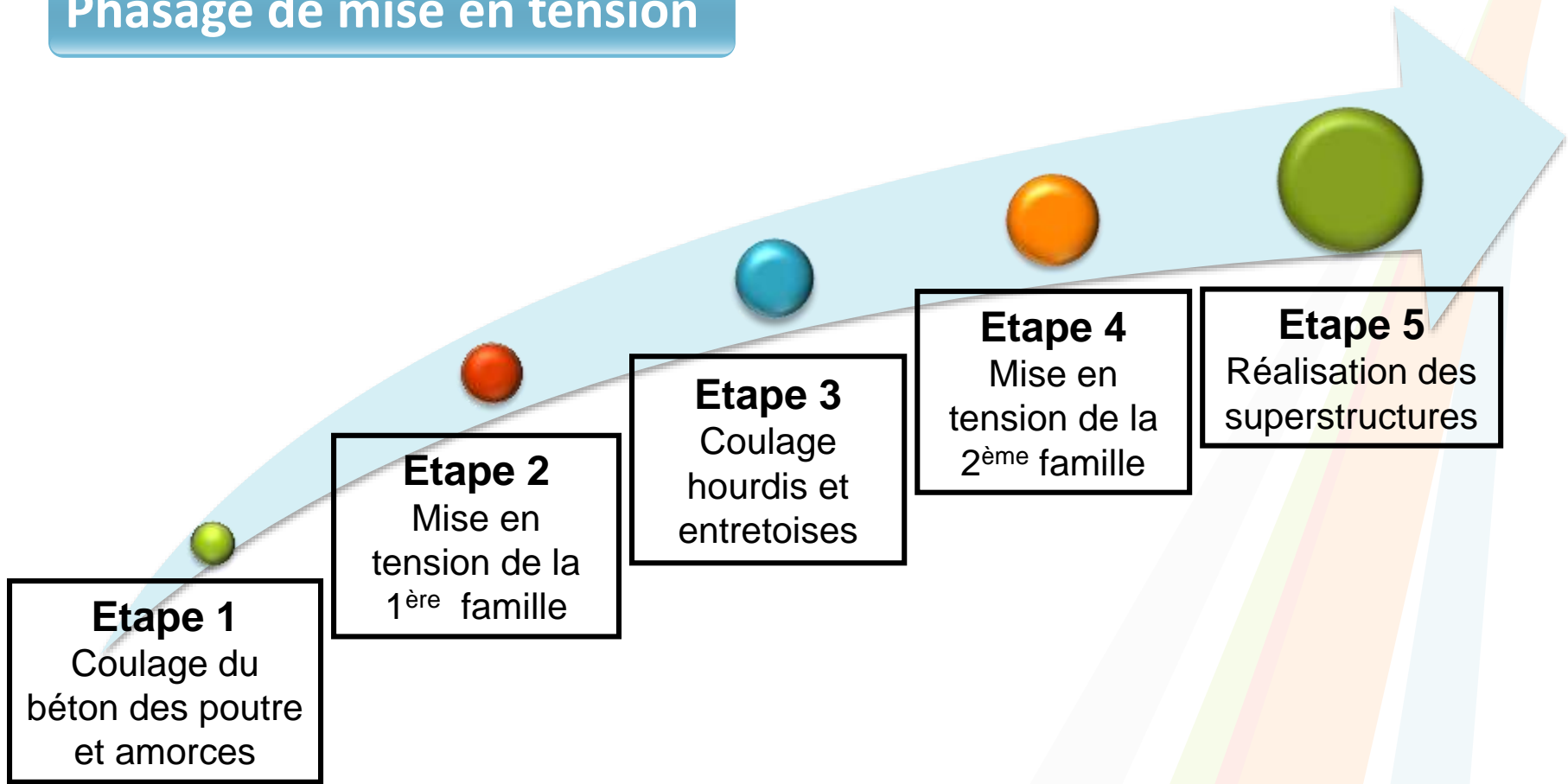


Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Phasage de mise en tension

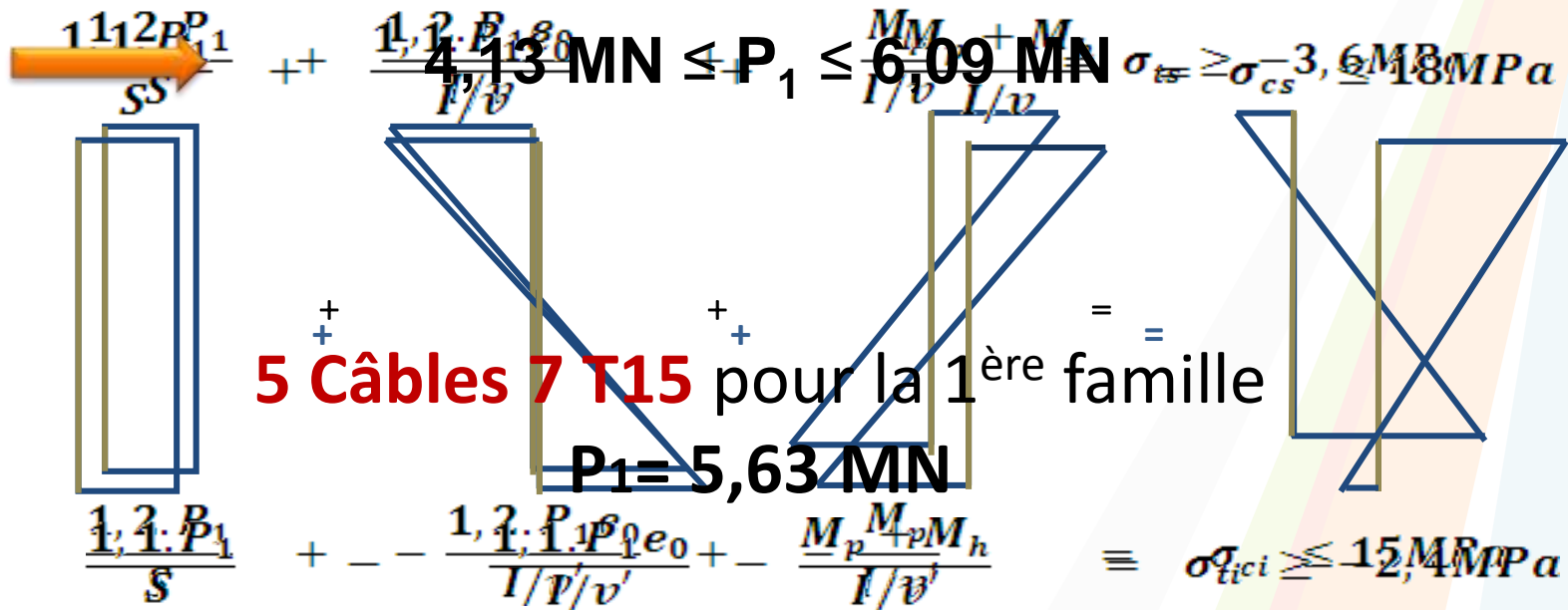




Calcul de la précontrainte

La 1^{ère} famille

Avant la mise en tension de la 2^{ème} famille et après la mise en tension sous le poids propre seule de la poutre : bétonnage de l'hourdis





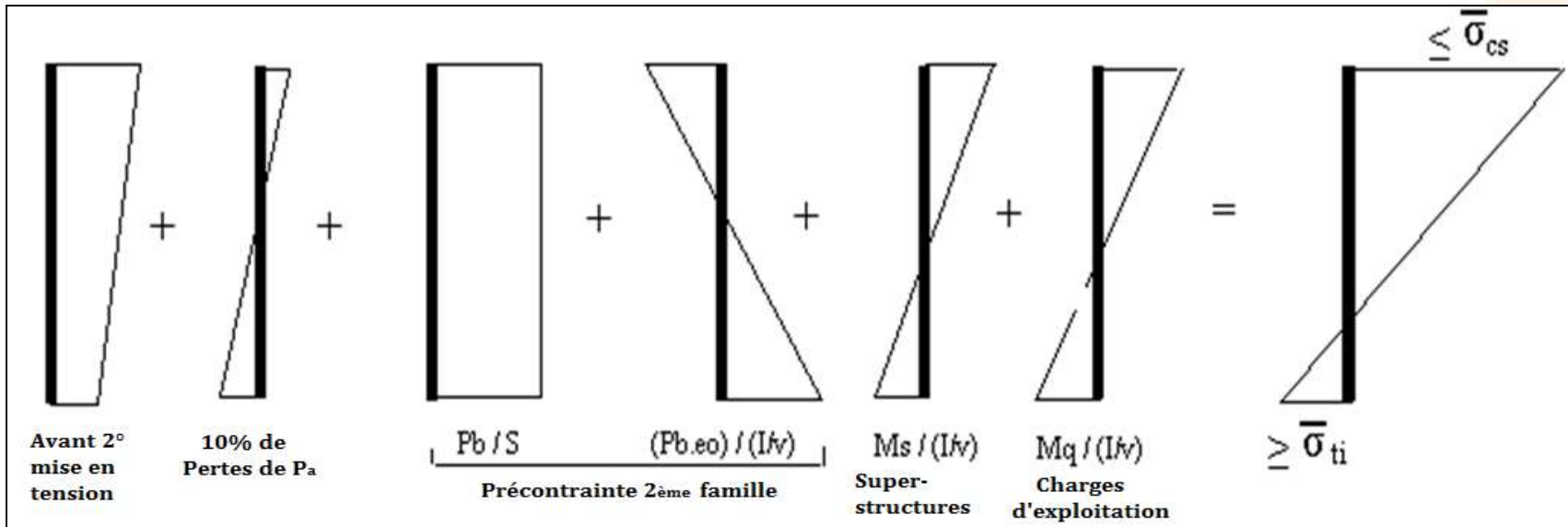
Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Calcul de la précontrainte

La 2^{ème} famille



$$P_2 \geq 2,24 \text{ MN}$$

2 Câbles 7 T15 pour la 2^{ème} famille

($P_2 = 2,25 \text{ MN}$ et $A_p = 2100 \text{ mm}^2$)

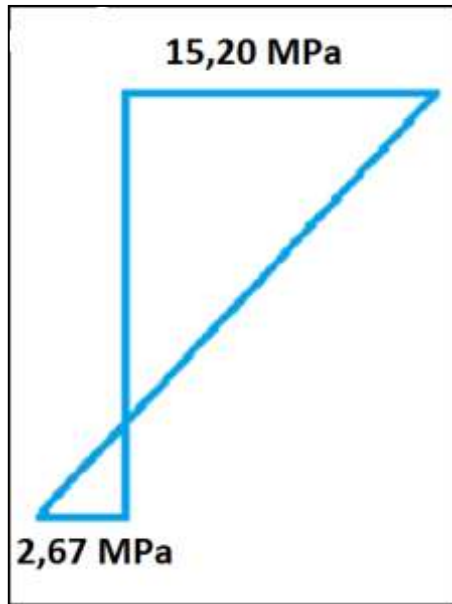


Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Diagramme des contraintes finales



La traction admissible < 2.7 MPa



6HA14

Armatures de peau : 28,4 cm²



28HA10



Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Vérification à l'ELU

$$F_p = A_p \times \sigma_3 = 10.555 \text{ MN} > F_b \\ = 9,28 \text{ MN}$$

L'effet de précontrainte n'est donc pas neutralisé.



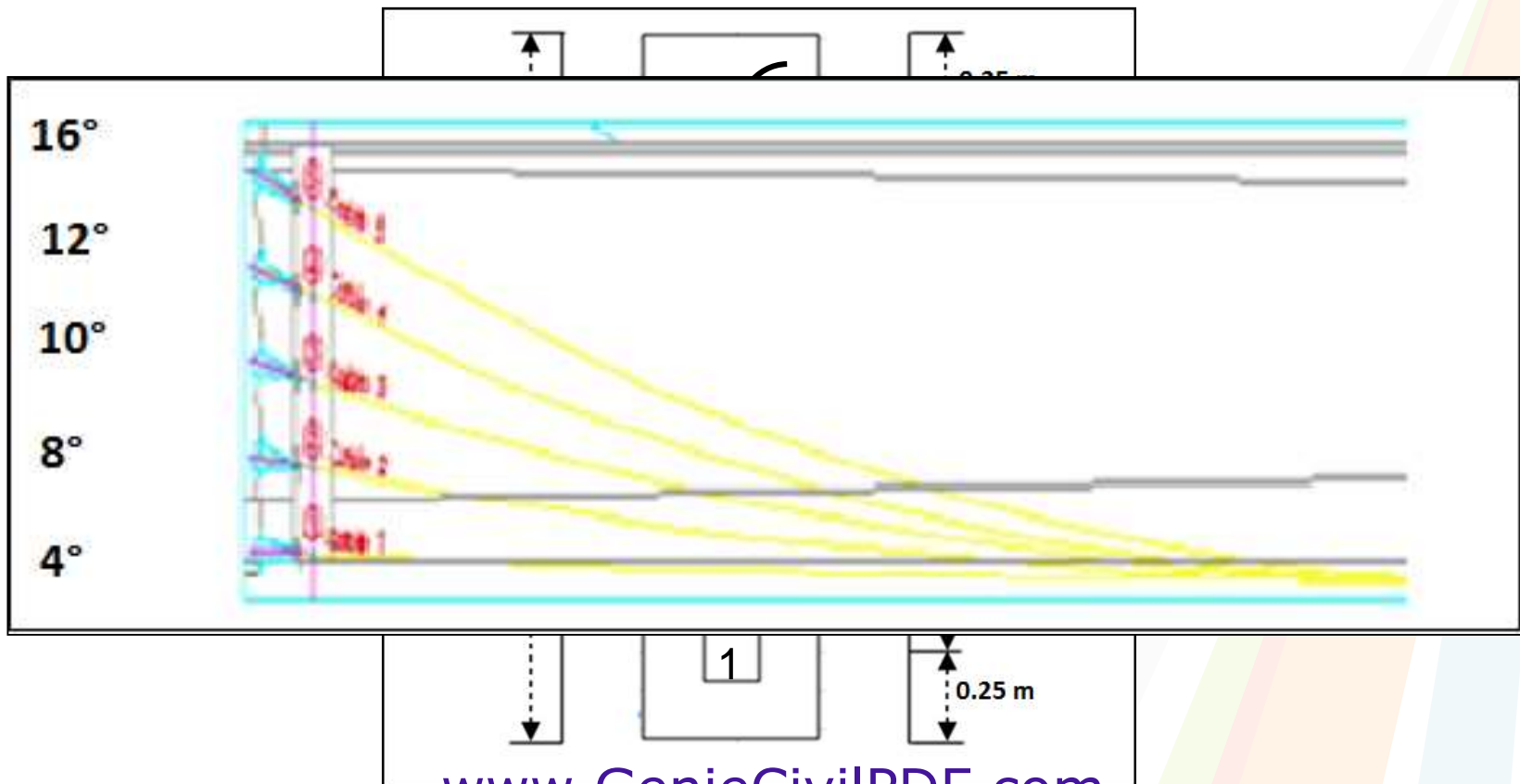
Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Relevage des câbles

Tracé des câbles





Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Calcul des abouts des poutres

Frettage de surface

Nature	Section min (cm ²)	Répartition
A_s	1,35	Près de la surface d'about
A_e	5,07	Sur 0,4 m à partir de l'about
A_c	20,28	Sur 2/3 de $h = 1,4$ m



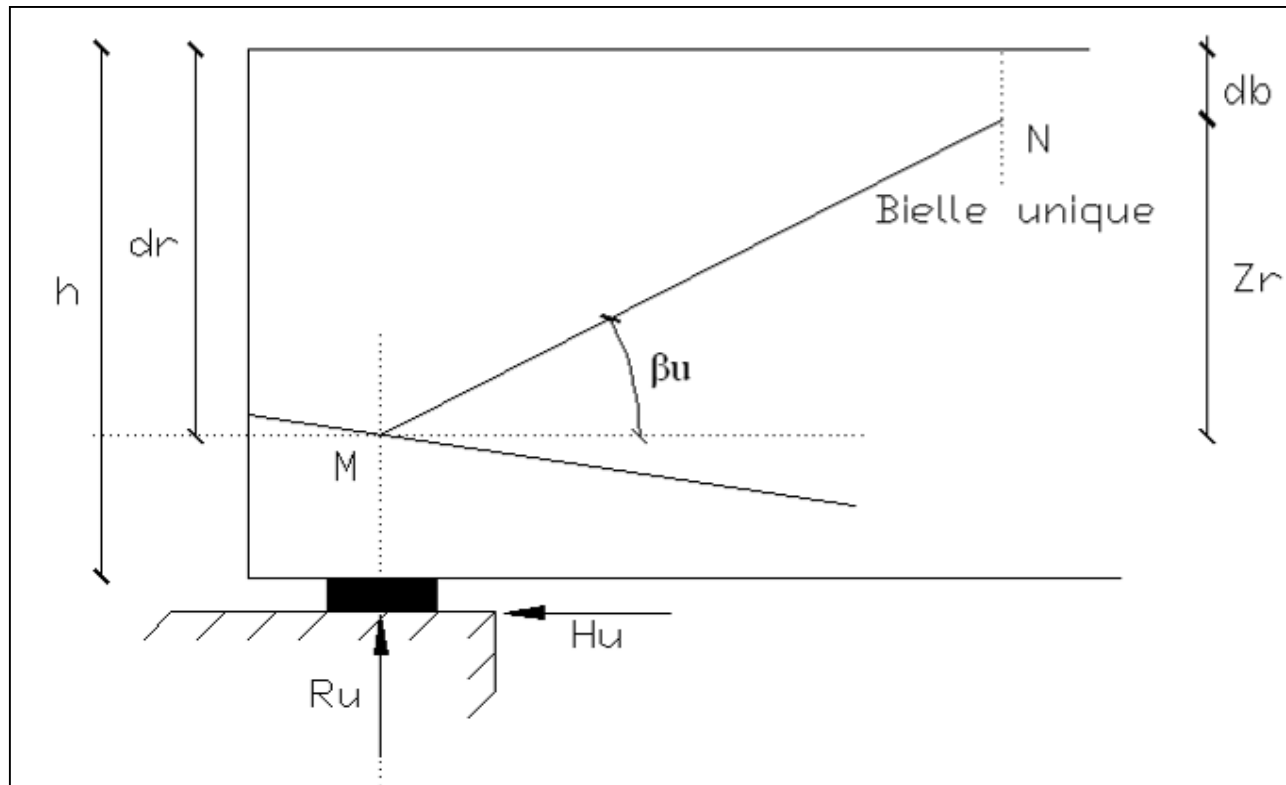


Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Justification de la bielle d'about



Rang=3 et une section de 7,18 pour l'effort tranchant.

www.GenieCivilPDF.com



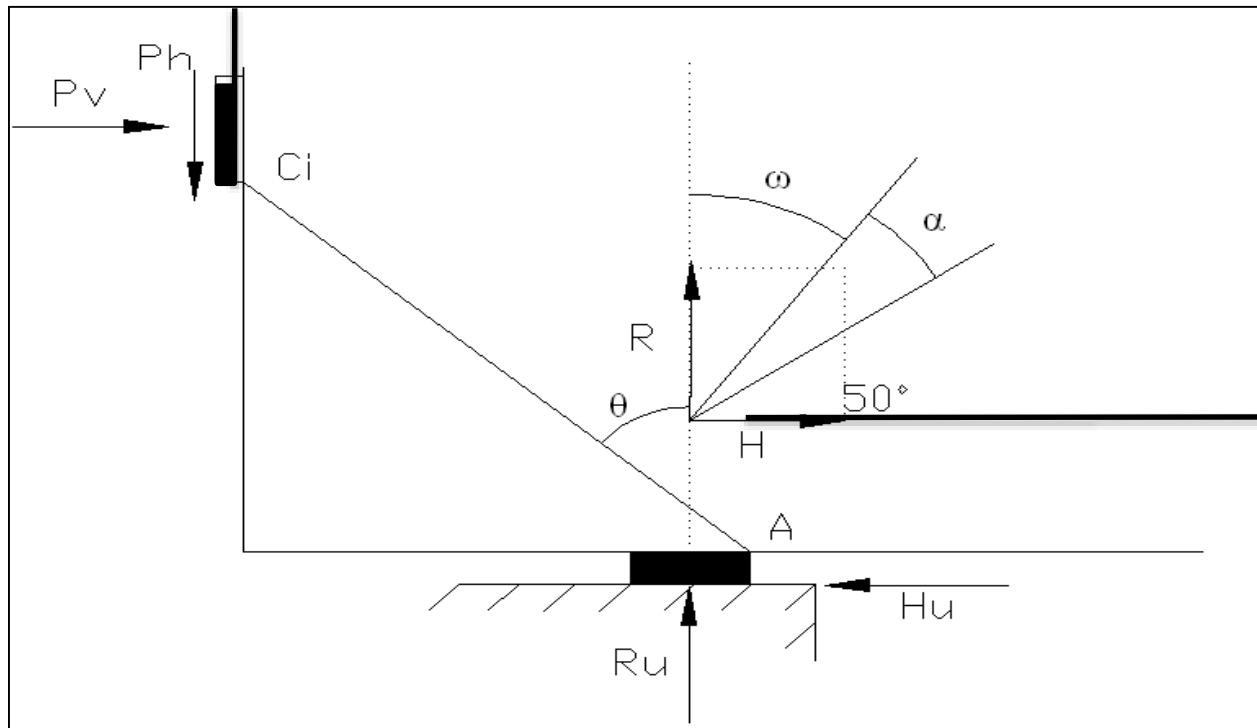
Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Equilibre du coin inférieur

Réaction près de l'arrête → Risque de fendage du coin du béton



$A_s = 7,18 \text{ cm}^2$

www.GenieCivilDF.com



Etude d'exécution



Etude des Poutres : La précontrainte

Pertes de précontrainte

Pertes instantanées

- Pertes par frottement
- Pertes par recul d'ancrage
- Pertes dues à la non simultanéité des mise en tension des câbles.

12 %

Pertes différées

- Pertes dues au retrait du béton
- Pertes dues au fluage
- Pertes dues à la relaxation

16.30% → 25.34%
moyenne de 20 %

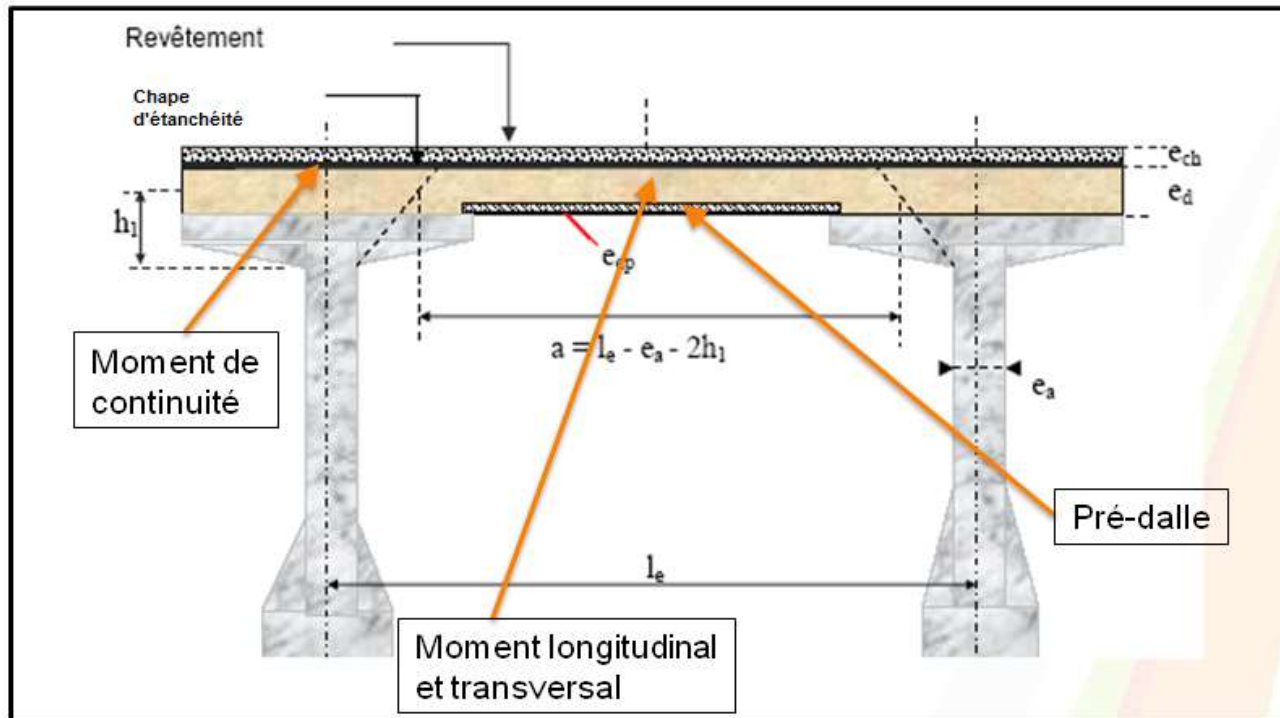


Etude d'exécution



Etude de l'hourdis

Caractéristiques





Etude d'exécution



Etude de l'hourdis

Abaques de THENOZ

Sollicitations dues à la flexion locales

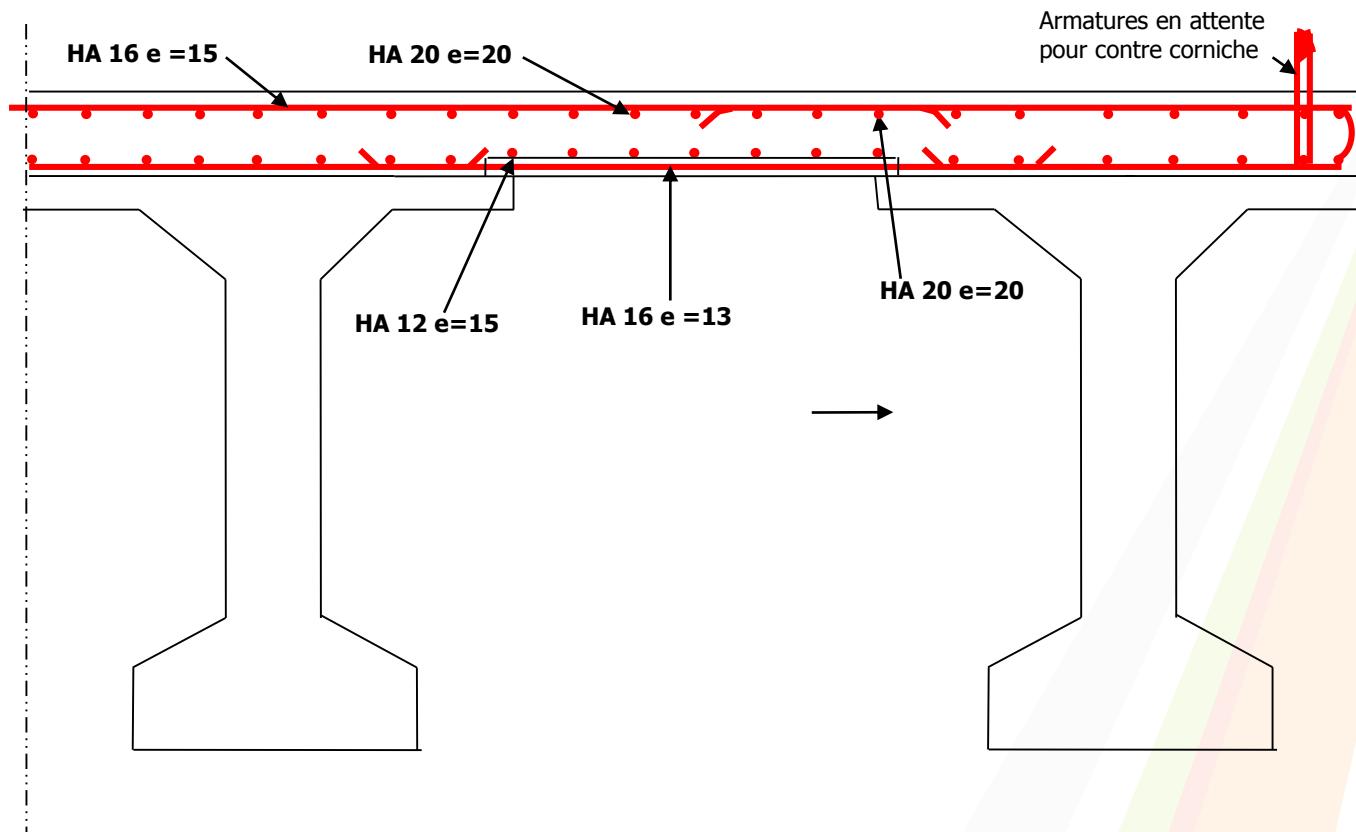
Type de ferrailage	A_s (cm ²)	Ferrailage adopté	Espacement
Mi-portée transversale : Transversalement	14,34	5HA 20	e = 20
Mi-portée transversale : Longitudinalement	7,42	5HA 14	e = 20
Encastrement des poutres	15,40	5HA 20	e = 20
Encastrement des entretoises	12,81	6HA 16	e = 15



Etude d'exécution



Etude de l'hourdis



Demi coupe transversale sur appuis du hourdis

www.GenieCivilPDF.com



Etude d'exécution



Calcul des entretoises

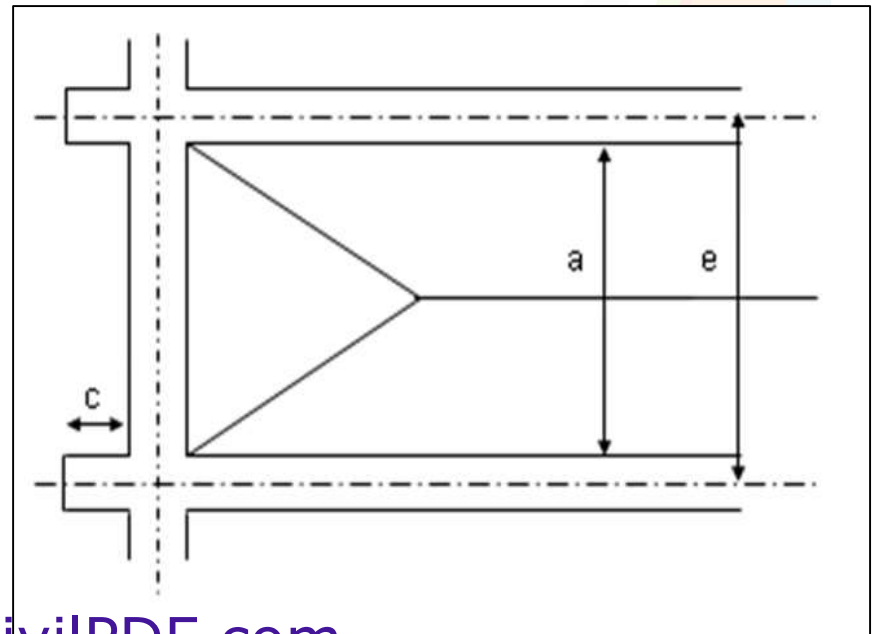
Cas de charges

Situation 1: Sous charge de service

Moment sur appui : poutre bi-encastée

Moment en travée : poutre isostatique

- Poids propre compté depuis les nus des poutres
- Une partie du poids du hourdis et de la chaussée
- Surcharges réglementaires B et M_{c120}





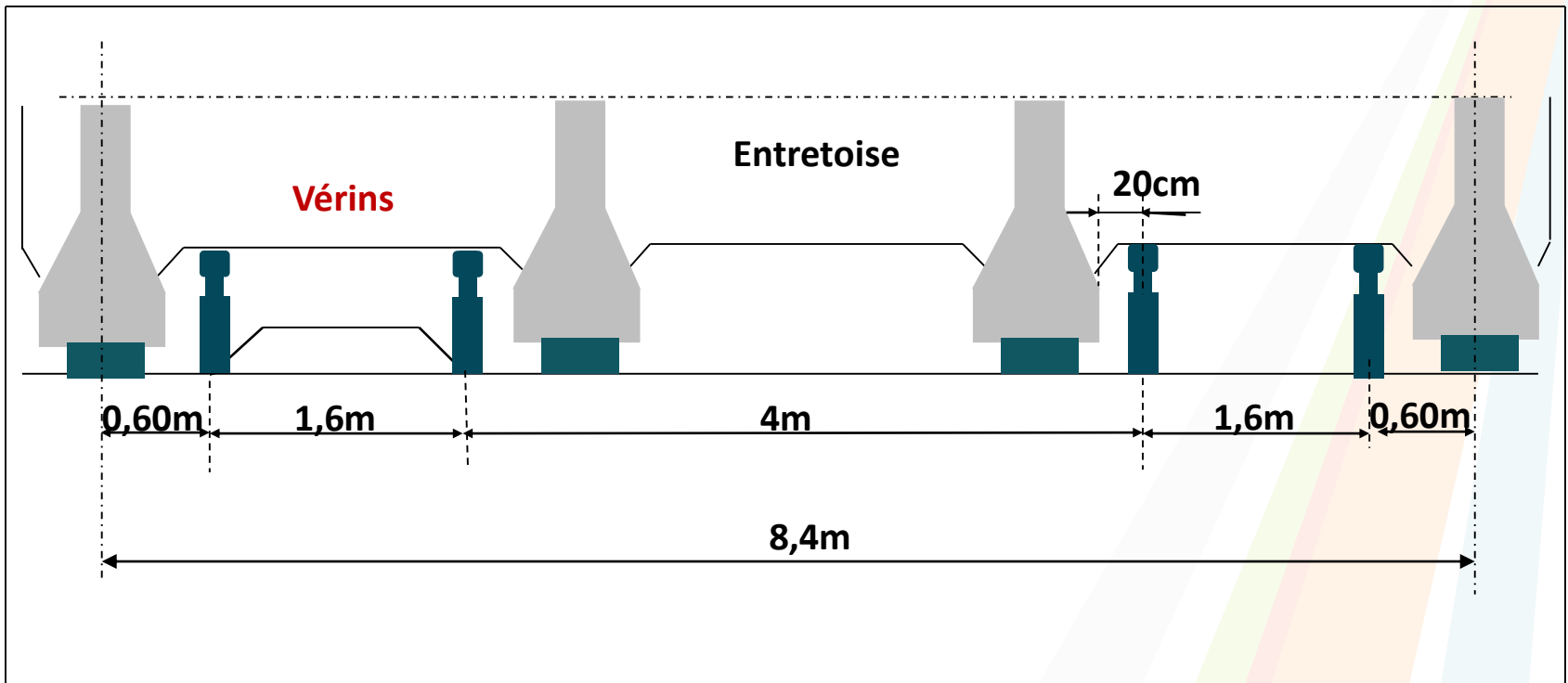
Etude d'exécution



Calcul des entretoises

Cas de charges

Situation 2: Sous charge de vérinage





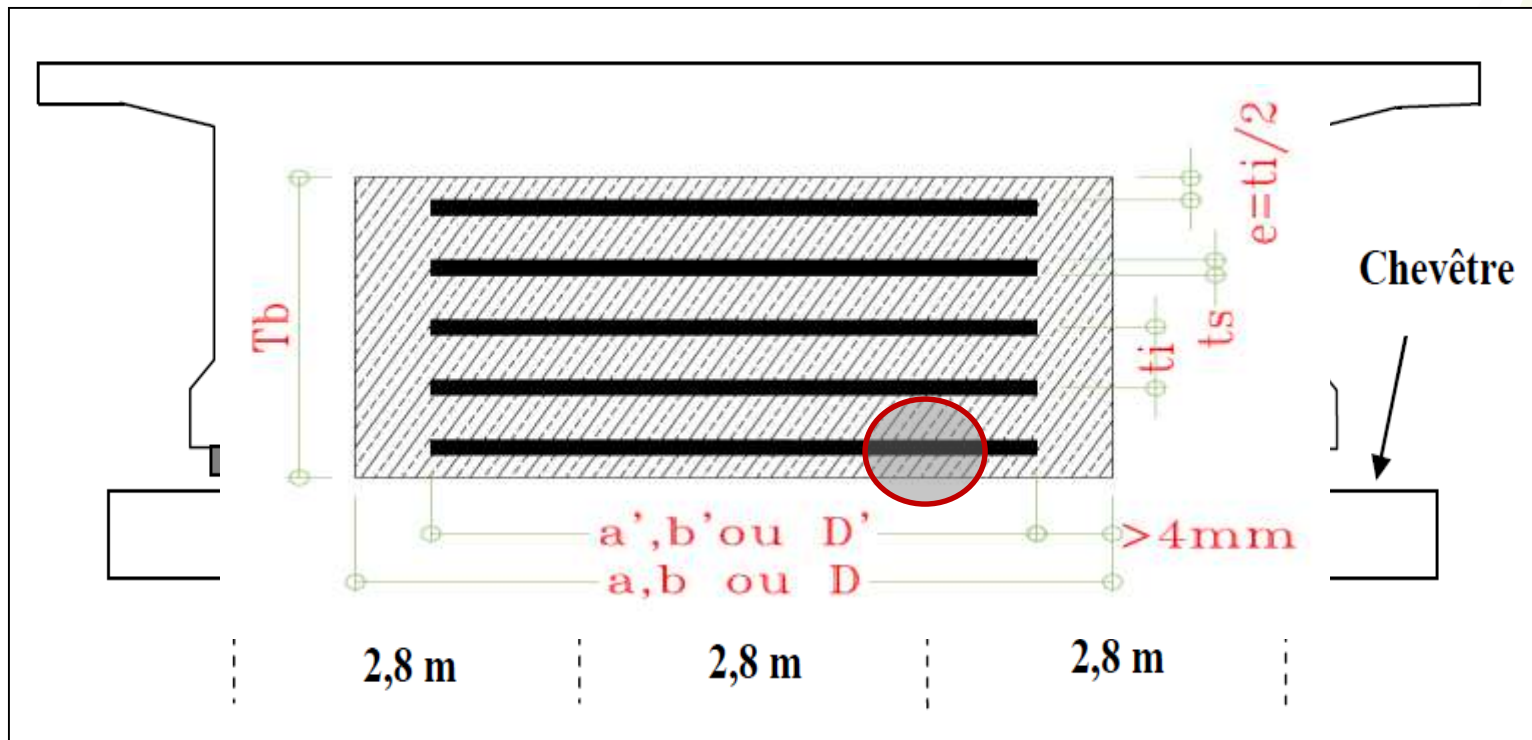
Etude d'exécution



Appareil d'appui

Appareil d'appui

Appareils d'appui en élastomère fretté





Etude d'exécution



Appareil d'appui

Pour les piles : 300 x 300 x 5(10+3)

Pour les culées : 300 x 350 x 5(10+3)



Vérification des appareils d'appui

- Résistance à la compression ($\sigma_m < 15 \text{ Mpa}$)
- Le non flambement ($\frac{P_c}{P_u} \geq 3$)
- Limitation de la distorsion ($\delta \leq \delta_{\text{critique}}$)
- Limite admissible de la contrainte de cisaillement
($\tau_N + \tau_H + \tau_\alpha < 5G$ et $\tau_{H1} < 0.5 G$)
- Condition sur l'épaisseur des frettes ($t_s = 3\text{mm}$)
- Condition du non glissement ($H < fN$)
- Condition du non cheminement ($\sigma_{m,\min} > 2 \text{ Mpa}$)
- Contrainte de non soulèvement sur les bords ($\tau_\alpha < \tau_N$)

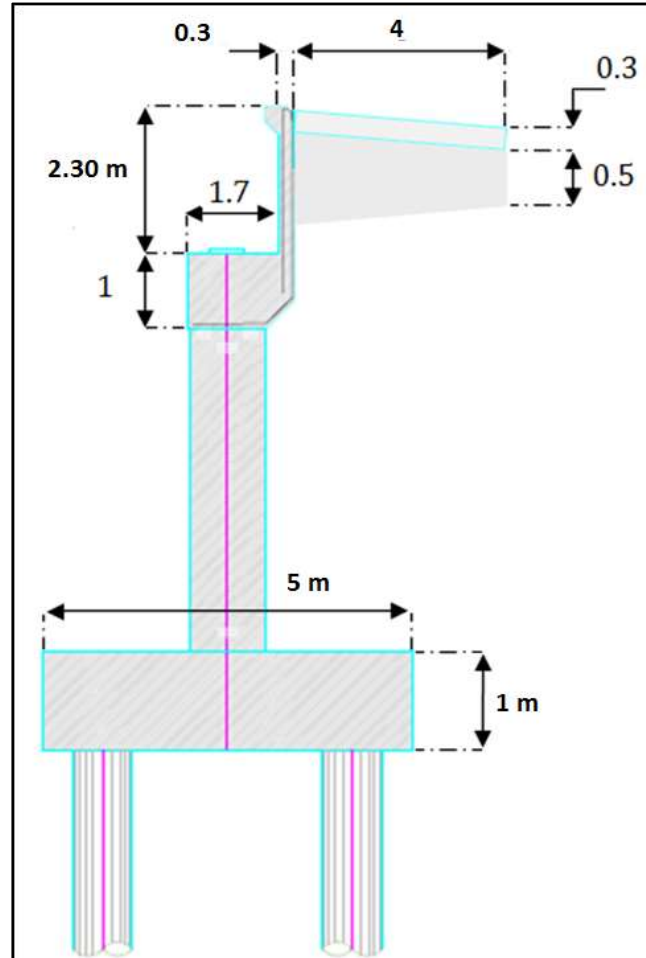


Etude d'exécution



Etude des Culées

Caractéristiques





Etude d'exécution



Etude des Culées

Calcul du chevêtre

Flexion(charges per. Et surcharges; vérinage)

Torsion (charges per. + freinage)

Dalle de transition

Poutre sur 2 appuis simples

Poids propre + remblai

Système $B_t \Leftrightarrow 2 P$; 5,5 t/ml; 1,35 m

Mur garde-grève

Efforts V : Négligés

Efforts H : Poussée des terres et de charge locale B_C



Etude d'exécution



Etude des Culées

Calcul des fûts

Sollicitations de calcul

Sollicitation de dimensionnement			
	N (t)	M (t.m)	H (t)
ELS	166,76	59.58	17,51
ELU	225	70	23,61



Ferrailage

Etude des culées:

- Inventaire des charges

- Sollicitations

- Mur g

- Corbe

- Dalle

- Mur en retour

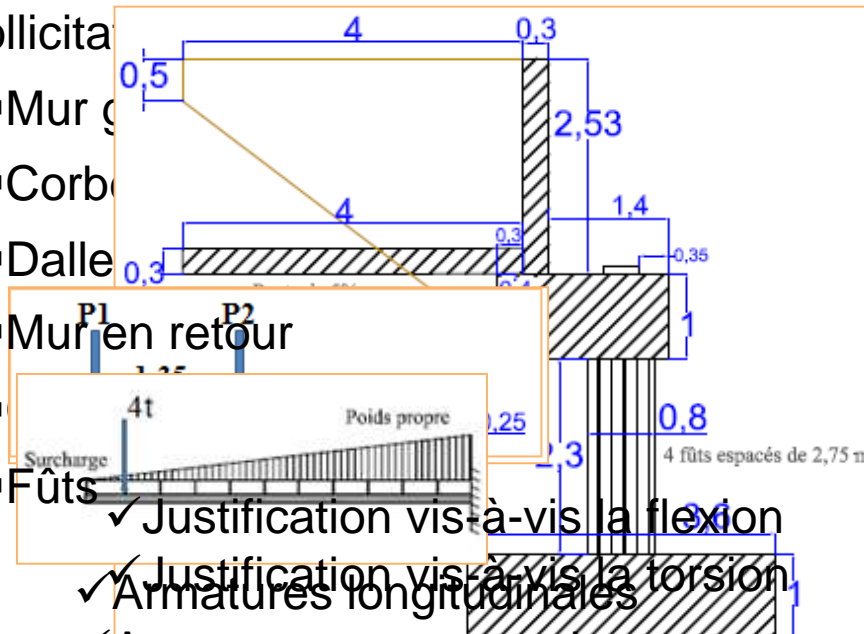
- Fûts

- ✓ Justification vis-à-vis la flexion

- ✓ Justification vis-à-vis la torsion

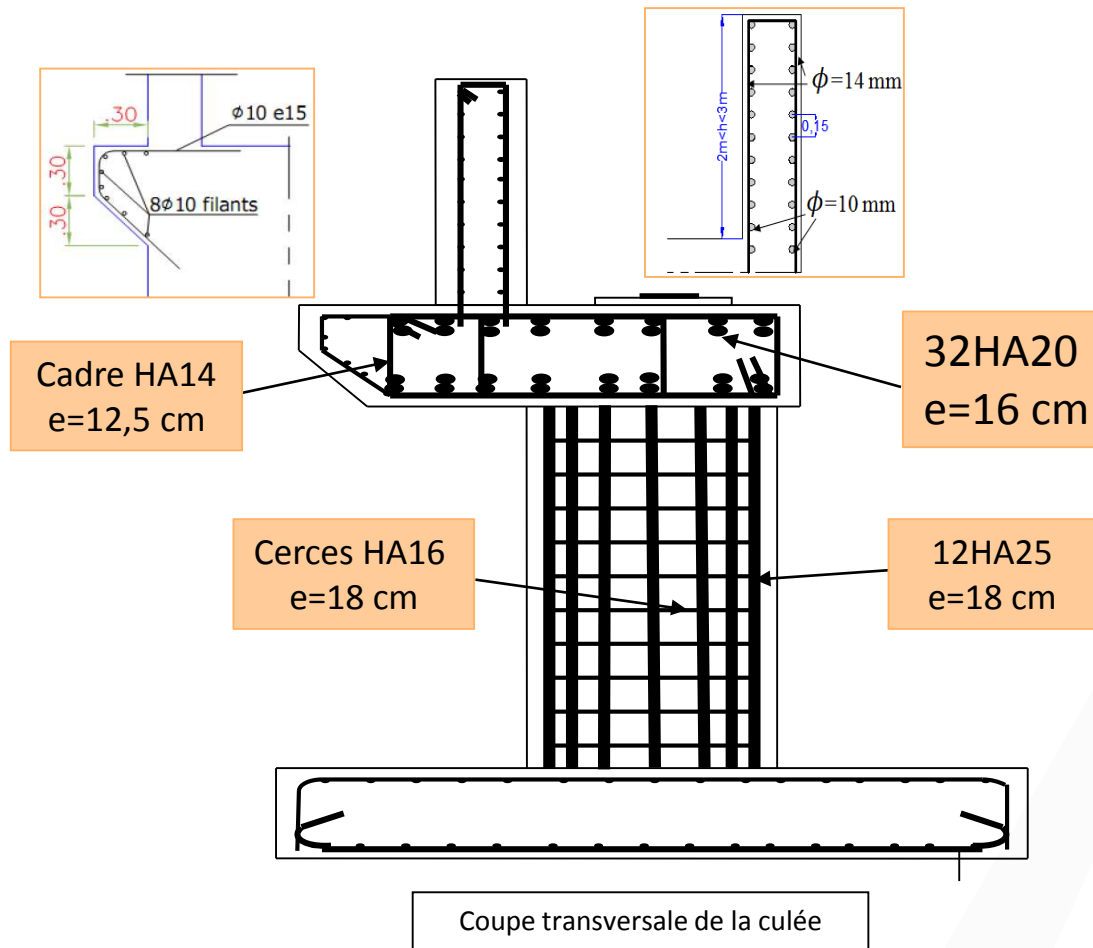
- ✓ Armatures longitudinales

- ✓ Armatures transversales





Ferrillage





Sollicitation du chevêtre

Chevêtre → Poids propre + vérinage
Armatures de flexion :

Flexion verticale:

EFFORT TRANCHANT [kN]

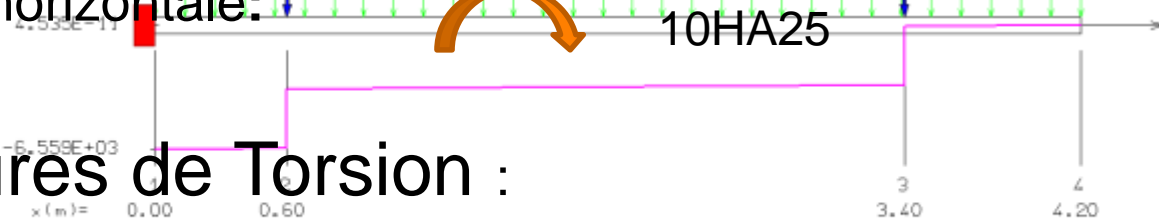


armatures sup 20HA32



armatures inf 10HA25

Flexion horizontale:



Armatures de Torsion :



9HA16

Armatures de cisaillement :



8HA16



Etude d'exécution



Etude des Piles

Calcul des fûts

Sollicitations de calcul

	Sollicitation de dimensionnement		
	N (t)	M (t.m)	H (t)
ELS	1316,08	374	34,66
ELU	1776,92	502,6	46,7

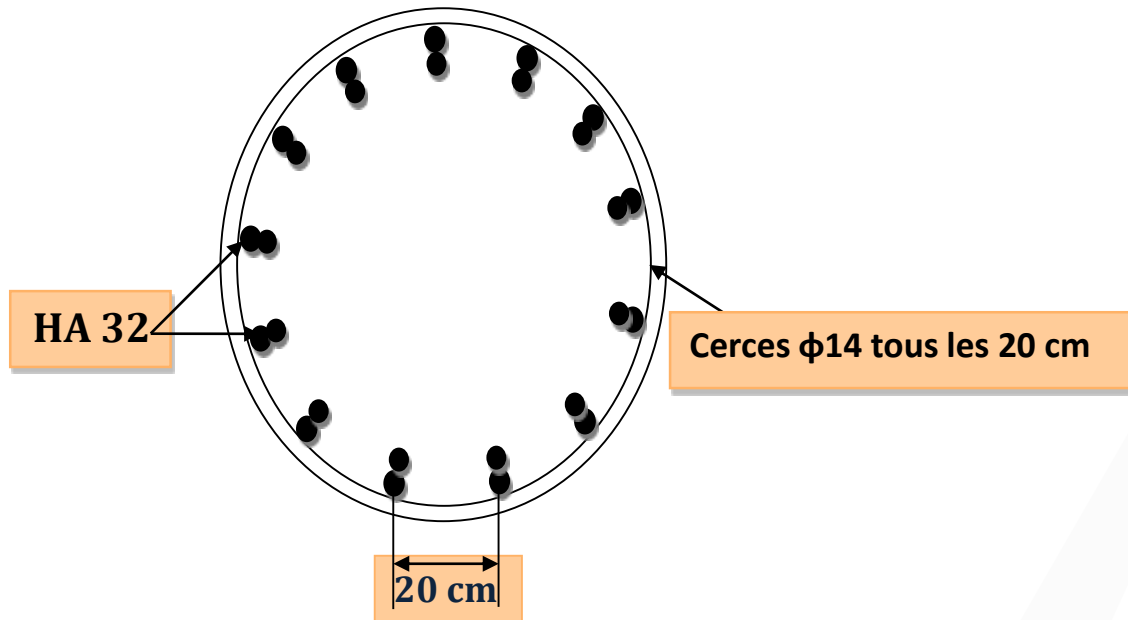


Etude d'exécution



Etude des Piles

Ferrailage du fût:





Fondations profondes

❖ Etude des fondations:

1-Etude des pieux :

Calcul de la charge limite de pointe Q_p :

Calcul de la charge limite de frottement latérale Q_s :

▪ Justifications fascicule 62: Q_{min} et Q_{max} :

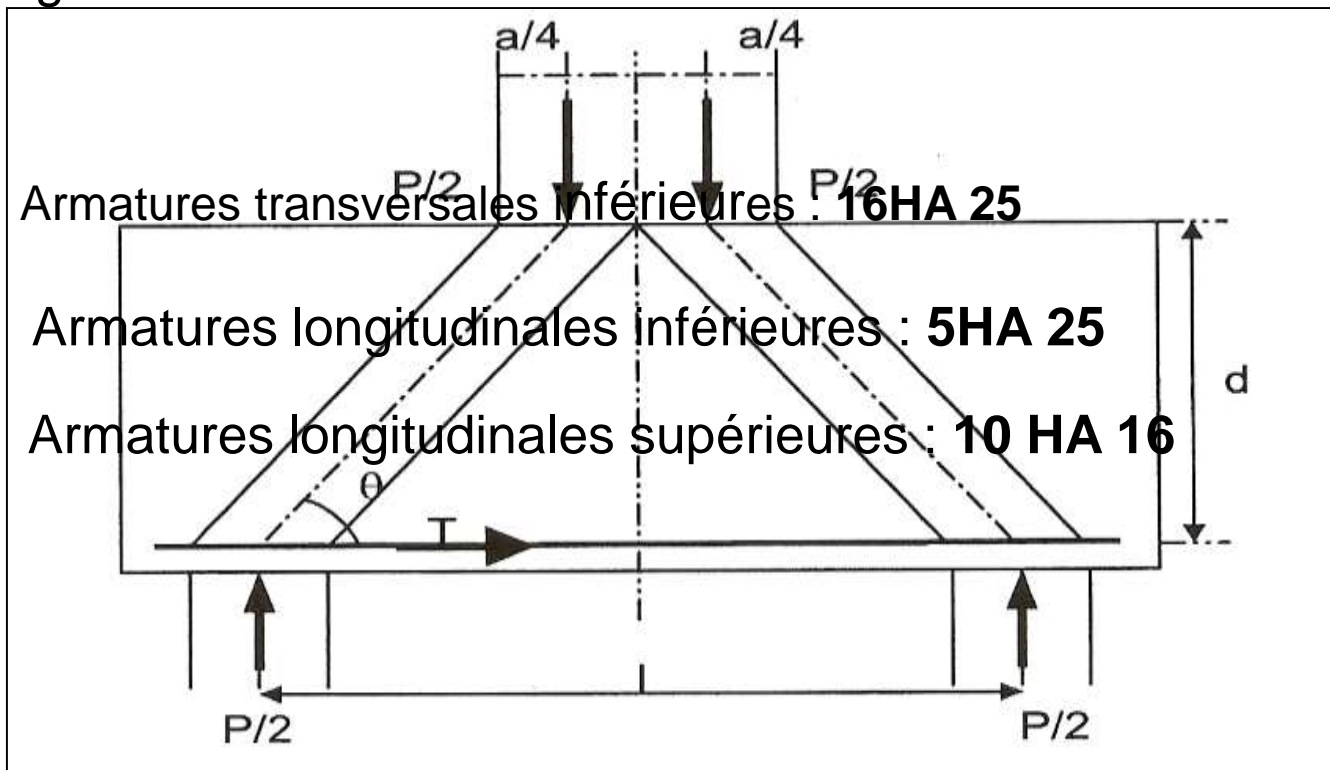
		Q_{min}	Q_{max}
Etats-limites ultimes	Combinaisons fondamentales	$\frac{-Q_{tu}}{1,40}$	$\frac{Q_u}{1,40}$
	Combinaisons accidentelles	$\frac{-Q_{tu}}{1,30}$	$\frac{Q_u}{1,20}$
Etats-limites de service	Combinaisons fondamentales	$\frac{-Q_{tc}}{1,4}$	$\frac{Q_c}{1,40}$
	Combinaisons accidentelles	0	$\frac{Q_c}{1,40}$



Fondations profondes

La semelle de liaison : La méthode des bielles

Ferraillage:



$$T = \frac{P/2}{\tan(\theta)} = P/2 \cdot \frac{\left(\frac{l}{2} - \frac{a}{4}\right)}{d}$$

$$A_s = \frac{\left(\frac{P}{2}\right) \cdot \left(\frac{l}{2} - \frac{a}{4}\right)}{\sigma_s \cdot d}$$



Conclusion



Merci de votre attention





Projet de Fin d'Etude



Présentation du Travail de Fin d'Etude pour
l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat de
l'EHTP Option : Infrastructures de Transport

Etude d'un Ouvrage d'Art sur Oued CHBIKA au Pk 1262 de la RN1

Présenté par :

M. Zouhir LABYAIRI

M. Mohamed LAMRABET

Membres du Jury :

 *M. Abderrafie YOUSSEFI*

 *M. Ali AZIZI*

 *Mme. Bouchra El AMMARI*

 *Mme .Houda TAIBI*

 *M. EL MESKAOUI*