

Les ponts en Béton Armé

PBA 1

1. Généralités :

Le béton armé permet par sa grande souplesse d'utilisation, une variété très étendue dans les formes réalisées. Le fait que les ouvrages en béton armé sont plus lourds que les ponts métalliques peut être considéré comme un avantage car ils sont moins sensibles aux effets dynamiques, mais leurs fondations sont alors souvent plus douteuses. Toutefois, ils sont particulièrement sensibles d'abord lors de leur mise en œuvre aux conditions atmosphériques (pluie, température) ensuite durant leur vie à l'action des milieux agressifs (eau, chlorures, zone de marée).

2. Pont à poutres sous chaussée :

Ces ouvrages sont constitués par

- un hourdis supportant directement la chaussée.
- des nervures associées à l'hourdis et appelées poutres principales.
- des entretoises solidaires des poutres et de l'hourdis.

Ce type d'ouvrages est intéressant par les travées indépendantes, parce qu'elles ne sont soumises qu'à des moments positifs : la partie supérieure du tablier est comprimée et la poutre inférieure est tendue tout le long de la travée, ce fait évite les complications du coffrage et du ferrillage*. Ces ouvrages sont réalisés pour des portées jusqu'à 25-30 m avec 40m.

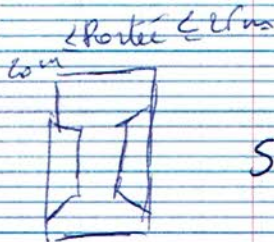
La forme des poutres dépend de la portée de la travée :

* Pour les faibles portées allant jusqu'à une quinzaine de mètres, les poutres sont rectangulaires. Les entretoises intermédiaires sont à éviter.

* Pour des portées plus importantes ($L \geq 15,0$ m), les dimensions de tous les éléments sont réduites au minimum. La dalle doit être aussi mince que possible. Il est plus économique de prolonger la dalle en encastrement sous le trottoir.

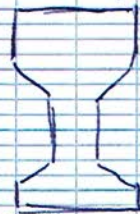
* En plus en cas de dégâts, les poutres sont (faisceaux d'une file par exemple, les poutres sont remplacées indépendamment (ce n'est pas le cas des ponts à poutres associées où tout l'ouvrage peut être endommagé).

PB2



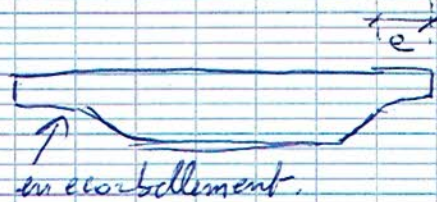
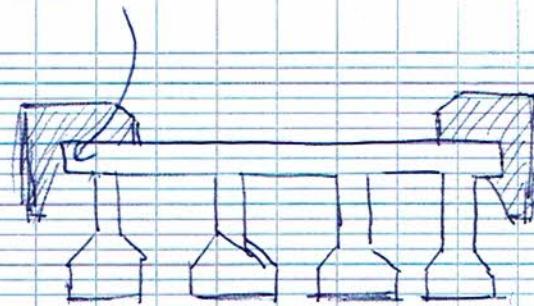
Section d'about
(T_{max})

Portée $\leq 20m$



Section médiane
(M_{max})

Dalle en encorbellement



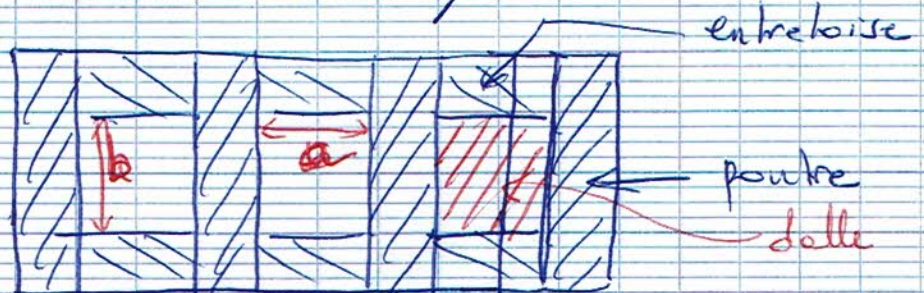
Pontons avec épaissemment aux abouts

Dimensionnement de poutres isostatiques

hauteur (1) Dalles : Les dalles se calculent en flexion simple. On ne tient pas compte des efforts introduits dans la dalle sous l'effet de la flexion d'ensemble de l'ouvrage.

L'ouvrage du tablier est supporté par un réseau de poutres et d'entretoises qui le découpent en dalles de côté a et b . (a et b sont respectivement les distances entre nus de deux poutres et de 2 entretoises voisines).

$a < b$



L'épaisseur de la dalle peut être fixée en fonction de l'espacement des poutres. Mais cette valeur peut être modifiée au minimum tout en faisant travailler le matériau au maximum et en respectant les conditions de ferrailages.

a (m)	2,0	2,5	3,0	3,5
épaisseur h_t (cm)	16	18	20	22

Le calcul de la dalle prend en compte les charges et surcharges qui peuvent être appliquées au maximum sur la dalle, tout en respectant le coefficient de majoration dynamique propre à la dalle $\rightarrow S$

* en encorbellement : en saillies sur un mur soutenu par des corbeaux

$$S = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \cdot L} + \frac{0,6}{1 + 4 \cdot \frac{P}{S}}$$

PBA3

L, P, S de la dalle.

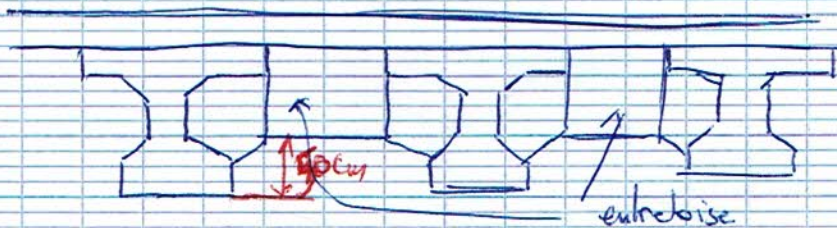
* Le calcul des sollicitations (M, T) de la dalle se fera par la théorie des plaques, les abaques de pigeaud, la méthode de Restal ou les abaques de Pücher.

(2) Les entretoises $\rightarrow$ A la fin $\rightarrow$ Après poutres

Les entretoises de ponts en B.A. doivent être aussi raides et aussi rigides que possible en les supposant comme une poutre continue sur les appuis poutres.

Elles sont calculées simplement comme des poutres en T. La largeur b de la table de compression à prendre en compte dans les calculs est :

$\min \left(\text{Entraxe entretoises} / 2 ; \text{Entraxe (poutre de rive)} / 6 \right)$



Les entretoises sont réalisées en deux parties :

- 1 - la première partie consiste à faire une amorce d'entretoise coulée en même temps et que les poutres. Elle est donc préfabriquée.
- 2 - La seconde partie relie les amorces des poutres adjacentes par un béton coulé en place.

Les entretoises ont une épaisseur minimale de 25 à 30 cm.

SETRA : Service d'Etudes techniques des routes et auto routes
 ↳ Service d'Etudes sur les transports, les routes et leurs aménagements.

POUTRES

ESPACEMENT DES POUTRES

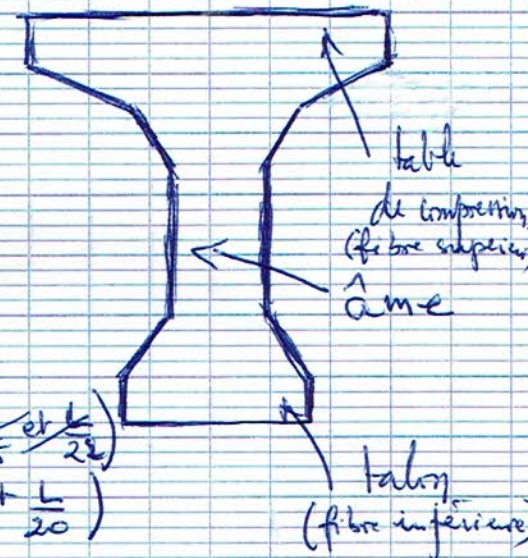
- "E": L'espacement des poutres varie dans la pratique entre 2,5 et 3,50 mètres
 $2,5 \leq E \leq 3,5 \text{ m}$ (Cas exceptionnel 4 m).
- "E" $\nearrow \Rightarrow$ hourdis $\nearrow \Rightarrow$ poids $\nearrow \Rightarrow$ précontrainte $\nearrow$
 $\Rightarrow$ poids unitaire de poutre $\nearrow$.
- les poutres de rive sont positionnées le plus près possible des bords.

Profil des poutres

La forme des poutres est généralement en double T. La matière (les aciers) est concentrée dans les deux fibres extrêmes qui constituent la table de compression supérieure d'une part, et le talon inférieur d'autre part.

La table de compression est généralement de faible épaisseur.

Le talon est plus massif puisqu'il doit permettre de loger les câbles et de précontrainte dans de bonnes conditions d'enrobage. La table de compression et le talon sont reliés par une âme verticale de faible épaisseur.



hauteur des poutres: (préfabriquées précontraintes par post-tension)

Portée élastiques entre 30 et 40 m

Eclairement $\frac{1}{17}$ (poutre + hourdis).

$$h_t \approx \frac{1}{17} (\text{poutre} + \text{hourdis})$$

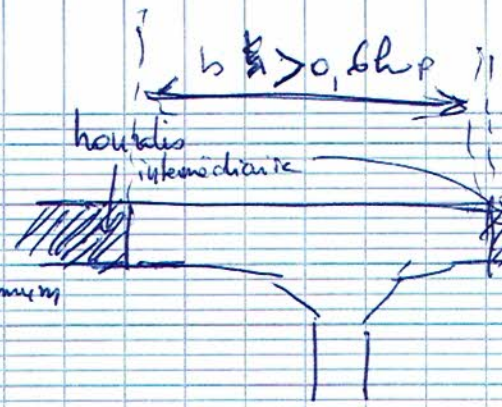
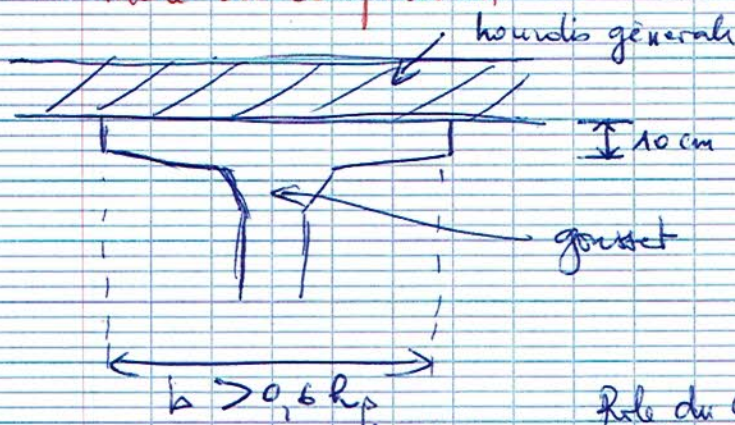
$$h_t (\text{poutre} + \text{hourdis}) \approx \frac{1}{17} \cdot L \quad \left(\text{entre } \frac{L}{15} \text{ et } \frac{L}{20} \right)$$

• table de compression

Remarque

- Dans le cas d'un hourdis général $\rightarrow$ la hauteur de la poutre = h_{tablier} épaisseur de l'hourdis.
- Dans le cas d'un hourdis intermédiaire $\rightarrow h_{\text{tablier}} = h_{\text{poutre}}$.
- Dans le cas $\frac{L}{20} \rightarrow h_p = \frac{L}{20} \Rightarrow$ largeur du talon $\nearrow$ précontrainte

* La table de compression



Largueur de la table de compression (préfa.)
 $0,6 h_p < b < 0,7 h_p$

* Ames

1. Dans le cas de coffrage en bois (Nombre de poutre < 40), l'épaisseur minimale avoisine 30 cm en zone courante.
2. Dans le cas d'un coffrage métallique (nombre de poutre > 40), l'épaisseur des âmes peut être réduite entre 20 et 22 cm.
3. Au voisinage des âmes les âmes sont dimensionnées pour résister à l'effort tranchant.

* talons

Le talon constitue la fibre inférieure de la structure. Il est dimensionné en flexion. Il doit permettre de loger les câbles de précontrainte dans de bonnes conditions d'enrobage et d'espacement.
 pour $f_{ctd} = 35 \text{ MPa}$ (pour le béton)

$$b_{\text{talon}} = \frac{l \cdot L^2}{h_t^2 K}$$

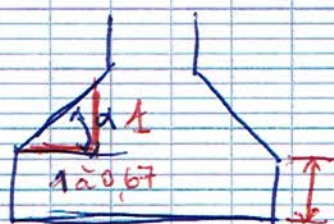
avec $1100 \leq K \leq 1300$

l : largeur du tablier

L : portée de la travée

h_t : hauteur totale du tablier.

b_t varie entre 0,60 et 0,90



0,10 m si $b_t = 0,60 \text{ m}$
 0,20 m si $b_t = 0,90 \text{ m}$

$\alpha = 45^\circ$
 $\beta = 56^\circ$

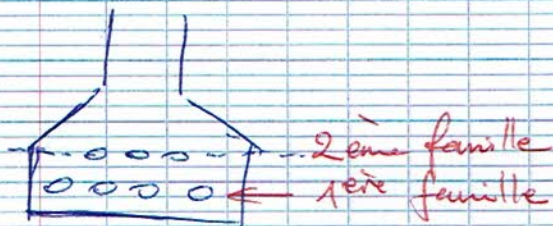
Nombre de poutres

Largeur du tablier (m)	$c+2b$			
	$< 6,00$	$6,0-9,0$	$9-11,0$	$11,0-14,00$
Nombre	2	3	4	5

• **Cablage des poutres** $N = \left(\frac{L_a}{E} \right) + 1$ // L_a : distance entre appuis de rive $\rightarrow$ transversale

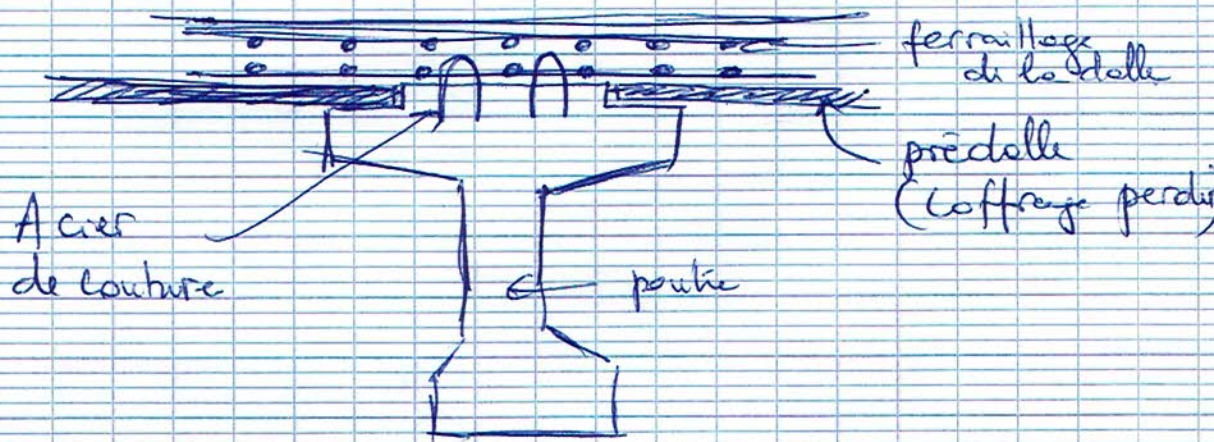
Le cablage longitudinal des poutres comporte deux familles de câbles :

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



Ferraillage des poutres:

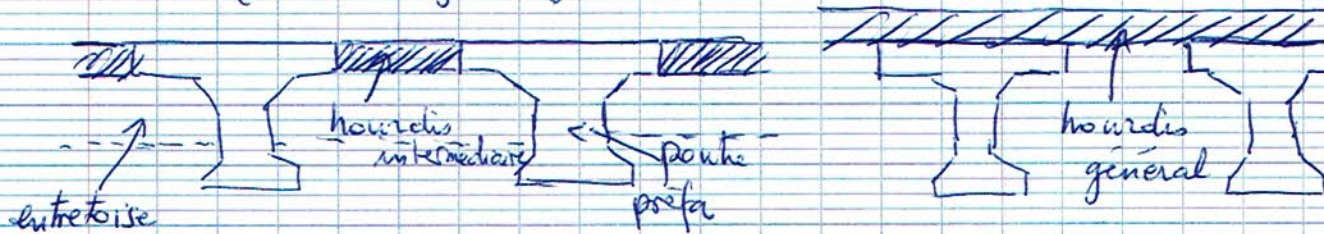
Le ferraillage transversal comporte des étriers d'âme, les cadres de tatons et les armatures de couture de l'âme sur la table de compression.



ENTRETOISES

hourdis

- 2/ L'hourdis peut être coulé entre les tables de compression des poutres (hourdis intermédiaire), ou par dessus des tables (hourdis général)



- 1/ Le rôle de l'hourdis est d'assurer la continuité de la surface du tablier.

- 3/ Épaisseur de l'hourdis

0,16 m	si	$E \leq 2,75 \text{ m}$	} E: espacement des poutres
0,18 m	si	$2,75 < E \leq 3,16$	
0,20 m	si	$E > 3,16 \text{ m}$	

- 4/ Dans le cas