

Figure 89 : Fissure dans l'âme de la pièce de pont

Vis à vis des contraintes, il convient de vérifier la condition suivante :

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2} \leq \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$$

Avec,

$$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \cdot \phi_2 \cdot \Delta\sigma_{Ed}$$

$\Delta\sigma_{Ed}$: variation maximale de contrainte normale

γ_{Ff} , γ_{Mf} , $\Delta\sigma_c$, λ et ϕ_2 sont les mêmes grandeurs que ceux définis dans la section précédente.

Ainsi, on a :

$$\Delta\sigma_c = 112 \text{ [MPa]}$$

$$\Delta\sigma_{Ed} = 41,4 \text{ [MPa]}$$

$$\gamma_{Mf} = 1,35$$

$$\gamma_{Ff} = 1$$

$$\phi_2 = 1$$

$$\lambda = 1,334$$

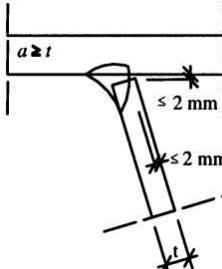
$$\Rightarrow \Delta\sigma_{E,2} = 55,23 \text{ [MPa]}$$

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2} = 55,23 \text{ [MPa]} < \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}} = 82,96 \text{ [MPa]} : \text{La résistance à la fissure de la pièce de pont est assurée.}$$

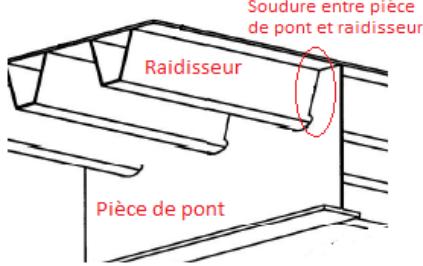
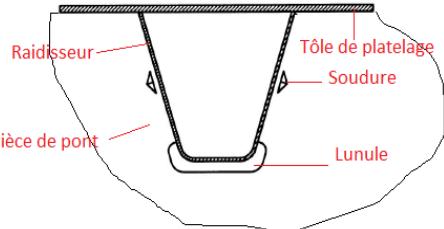
IV. 3. Vérifications des soudures entre les éléments de la dalle orthotrope

Les assemblages des éléments de la dalle sont assurés par des soudures. Les vérifications se réfèreront aux normes Eurocode. Ils prennent compte soit, de la somme des effets de la contrainte locale et de la flexion générale de la poutre soit de la contrainte locale seulement, soit de la flexion générale uniquement. Nous avons établi le tableau suivant pour ces vérifications :

Tableau 83 : Vérifications des soudures entre éléments de la dalle orthotrope

| Description de l'assemblage | Exigences de la norme | Résultats de calcul | Conclusion |
|---|---|--|---|
| <p>Soudure entre tôle de platelage et raidisseur</p>  <p>La soudure entre tôle de platelage et raidisseur est une soudure bout à bout à pénétration partielle.</p>  <p>Détail d'assemblage entre tôle de platelage et raidisseur</p> | $F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$ <p>Avec, $F_{w,Ed}$: Valeur de calcul de l'effort exercé dans la soudure par unité de longueur ;</p> $F_{w,Ed} = F_{w,Ed}(II) + F_{w,Ed}(III)$ $F_{w,Ed}(II \text{ ou } III) = \frac{M_{Ed}(II \text{ ou } III)}{a_r/2}$ <p>M_{Ed} (II ou III) : moment fléchissant maximal, respectivement, de la flexion générale de la poutre</p> <p>a_r : largeur supérieure de l'auget</p> <p>$F_{w,Rd}$: Résistance de calcul de la soudure par unité de longueur.</p> $F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a$ <p>$f_{vw,d}$ est la résistance de calcul au cisaillement de la soudure ;</p> $a \geq t_{stiff}$: gorge de la soudure ; <p>$t_{stiff} = 6$ [mm] : épaisseur du raidisseur.</p> | M_{Ed} (II) = 223,413 [kN.m/m] <p>M_{Ed} (II) = 3,27 [kN.m/m]</p> $a_r = 0,300$ [m] <p>$F_{w,Ed} = 1\,511,22$ [kN/m] = 1 511,22 [N/mm]</p> $a = 8$ [mm] <p>$f_{vw,d} = 261,73$ [N/mm²]</p> <p>$F_{w,Rd} = 2\,093,85$ [N/mm]</p> | $F_{w,Ed} < F_{w,Rd}$: La soudure entre tôle de platelage et auget résiste aux sollicitations de l'ouvrage |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | $f_{vw,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_2}$ <p>$f_u = 510[\text{N/mm}^2]$: résistance nominale ultime à la traction de la pièce assemblée la plus faible ;</p> <p>$\beta_w = 0,9$: facteur de corrélation donné par figure de l'annexeIX.A</p> <p>$\gamma_2 = 1,25$: coefficient partiel pour la résistance à la rupture des sections transversales en traction.</p> | | |
| Joint soudé de la tôle de plafelage sans latte-support métallique | <p>$0,75 \cdot f_{yk} < \sigma_{Ed} \leq 0,90 \cdot f_{yk}$</p> <p>$\sigma_{Ed}$: Contrainte de traction appliquée (somme de $\sigma_{Ed}(II)$ contrainte de flexion flexion transversale de la dalle (SystèmeII) et de $\sigma_{Ed}(III)$ contrainte de flexion locale;</p> <p>$f_{yk}= 355[\text{N/mm}^2]$: limite d'élasticité de la tôle.)</p> | $\sigma_{Ed}(II) = 26,50[\text{N/mm}^2]$ $\sigma_{Ed}(III) = 99,96 [\text{N/mm}^2]$ $\sigma_{Ed} = 126,46 [\text{N/mm}^2]$ $0,75 \cdot f_{yk} = 266,25[\text{N/mm}^2]$ | La condition est vérifiée, le joint soudé de la tôle de plafelage ne risque pas de rompre. |

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>Le joint de la tôle de platelage est assuré par des soudures en V avec reprise envers.</p> | | <p>0,90. f_{yk}= 319,5[N/mm²]</p> | |
| <p>Assemblage par soudure entre de l'âme de la pièce de pont et raidisseurs</p>  | <p>$F_{w,Ed} \leq 2 \cdot F_{w,Rd}$</p> <p>Avec, $F_{w,Ed}$: Valeur de calcul de l'effort exercé dans la soudure par unité de longueur;</p> <p>$F_{w,Rd}$: Résistance de calcul de la soudure par unité de longueur.</p> <p>Puisqu'on a deux soudure d'angle, la résistance de la soudure est $2F_{w,Rd}$.</p> $F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a$ <p>$f_{vw,d}$ est la résistance de calcul au cisaillement de la soudure ;</p> <p>$a = 8[\text{mm}]$: gorge de la soudure.</p> $f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_2} / \sqrt{3}$ | <p>$F_{w,Ed} = 203,2 + 55$ [kN/m] =258,2[kN/m] =258,2[N/mm]</p> <p>$f_{vw,d} =$ 261,73[N/mm²] $2 \cdot F_{w,Rd} = 4$ 187,71[N/mm]</p> | <p>$F_{w,Ed}$ < $2 \cdot F_{w,Rd}$</p> <p>La soudure entre pièce de pont répond à la capacité de résistance attendu.</p> |
| <p>Il convient de disposer de lunules au niveau de la partie inférieure du raidisseur.</p>  | <p>$f_u = 510[\text{N/mm}^2]$: résistance nominale ultime à la traction de la pièce assemblée la plus faible ;</p> | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>La soudure entre raidisseur et âme de la pièce de pont est une soudure d'angle, au niveau du bord des lunules, on disposera un retournement de soudure sans entaille.</p> | <p>$\beta_w = 0,9$: facteur de corrélation (annexe IX.A)</p> <p>$\gamma_2 = 1,25$: coefficient partiel pour la résistance à la rupture des sections transversales en traction.</p> | | |
| <p>Assemblage entre tôle de platelage et âmes des poutres principales</p> <p>L'assemblage entre la poutre principale et la tôle de platelage est assuré par des soudures d'angles entre l'âme de la poutre principale et la tôle.</p> | <p>$F_{w,Ed} \leq 2F_{w,Rd}$</p> <p>Avec, $F_{w,Ed}$: Valeur de calcul de l'effort exercé dans la soudure par unité de longueur ;</p> $F_{w,Ed} = \frac{M_{Ed}}{L/2}$ <p>M_{Ed} est le moment maximal de flexion général L est la portée de la pièce de pont ;</p> <p>$F_{w,Rd}$: Résistance de calcul de la soudure par unité de longueur. Puisqu'on a deux soudure d'angle, la résistance de la soudure est $2F_{w,Rd}$.</p> $F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a$ <p>$f_{vw,d}$ est la résistance de calcul au cisaillement de la soudure ;</p> | <p>$M_{Ed} = 223,413$ [kN.m/m]</p> <p>$L = 8,500$[m]</p> <p>$F_{w,Ed} = 52,57$ [N/mm]</p> <p>$f_{vw,d} =$ 261,73[N/mm²]</p> <p>$2 \cdot F_{w,Rd} =$ 7 328,49[N/mm]</p> | <p>$F_{w,Ed}$ $< 2F_{w,Rd}$</p> <p>La résistance de la soudure entre tôle de platelage et âme de poutre principale est vérifiée.</p> |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | <p>a = 14 [mm] : gorge de la soudure.</p> $f_{vw,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_2}$ <p>$f_u = 510[\text{N/mm}^2]$: résistance nominale ultime à la traction de la pièce assemblée la plus faible ;</p> <p>$\beta_w = 0,9$: facteur de corrélation donné par l'annexe IX.A</p> <p>$\gamma_2 = 1,25$: coefficient partiel pour la résistance à la rupture des sections transversales en traction.</p> | | |
|--|--|--|--|

CHAPITRE XI : INFRASTRUCTURE

Nous nous baserons sur la norme EN1997 pour l'étude des infrastructures. Mais comme l'application de cette norme sur la fondation des ouvrages ne peut se faire qu'en s'appuyant sur des Annexes Nationales, qui ne sont pas encore publiées, nous adoptons comme complément de la norme les règles de la fascicule 62 Titre V du CCTG. Nous appliquerons ces règles selon les indications du SETRA (Service d'études techniques des routes et autoroutes).

I. Efforts

I. 1. Transmission des efforts verticaux

I. 1. 1. Descente de charge

On suit l'organigramme suivante pour la descente des charges.

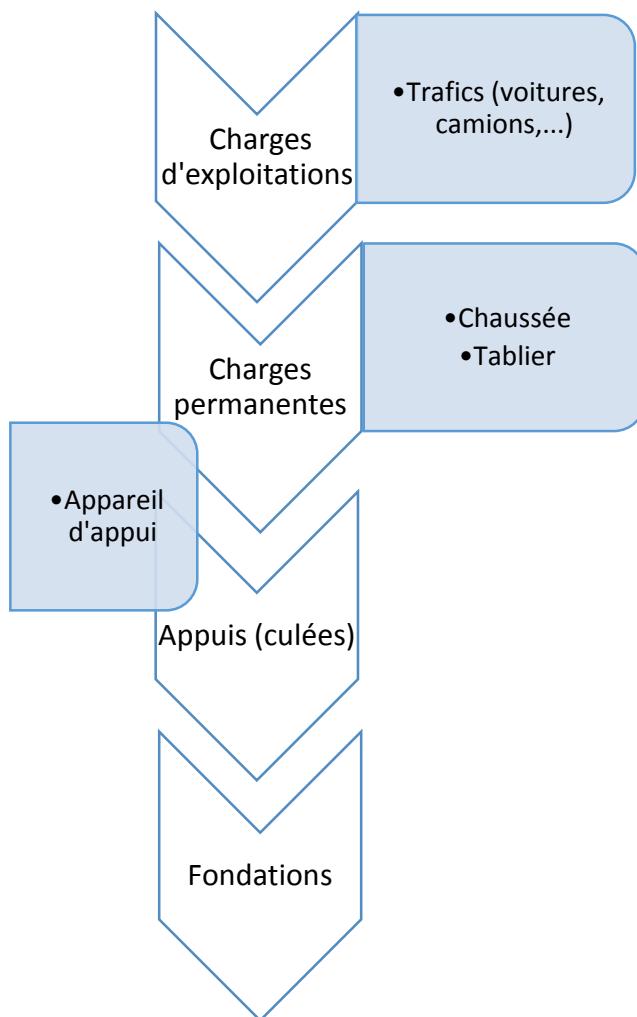


Figure 90 : Descente des charges

I. 1. 1.1. Pour pieux sous culée

Tableau 84 : Descente de charge pour culée (à l'ELU)

| Origines des efforts | Valeurs en [kN] |
|---|-----------------|
| Réactions maximales au droit de la culée | 1 497,96 |
| Sollicitations d'un appareil d'appui | |
| Masse des appareils d'appui | 428 |
| Poids total de la culée | 1 342,7 |
| Sollicitations en tête de semelle de liaison | 2 519,68 |
| Poids total de la semelle de liaison | 2 886,84 |
| Sollicitation à la base de la semelle | 5 406,62 |

I. 1. 1.2. Pour pieux sous socle d'ancre

Les sollicitations des pieux sous ancrage sont transmis par l'arc. Ce sont les efforts aux naissances de l'arc obtenues dans la détermination des sollicitations de ce dernier.

Tableau 85 : Descente de charge au droit de l'ancre de l'arc (valeurs défavorables)

| Origine de l'effort | Effort vertical [kN] | |
|---|----------------------|------------|
| Sollicitation en tête d'ancre | ELS | 2 x 224,84 |
| | ELU | 2 x 317,75 |
| Poids total de l'ancre | 2 026 | |
| Sollicitations en tête de semelle de liaison | ELS | 2475,68 |
| | ELU | 3674,5 |
| Poids total de la semelle | 2 138 | |
| | ELS | 4 613,68 |

| | | |
|---|------------|----------------|
| Sollicitations à la base de la semelle | ELU | 6 881,5 |
|---|------------|----------------|

I. 2. Transmission des efforts horizontaux

I. 2. 1. Efforts transversaux

Ils sont généralement dus au vent.

Comme nous avons des culées enterrées, l'effet du vent sur celles-ci n'est pas à considérer. Par contre, sur les appareils d'appui, cela peut entraîner un déplacement horizontal auquel ils devront y résister. D'après les calculs de sollicitation, le vent exerce une force de 1603,2kN à la tête des culées.

Pour l'ancrage de l'arc il faut les considérer dans la direction la plus défavorable qui est la direction x. Le long de l'arc, le vent exerce une intensité de 6,68 [kN/m].

I. 2. 2. Efforts longitudinaux

Ils sont générés par le freinage des véhicules qui se transmet par frottement sur la chaussée. Sur l'ancrage de l'arc, ils sont représentés par la poussée horizontale de l'arc.

La force de freinage est : $Q_{lk} = 900$ [kN]

La poussée à la naissance de l'arc est, - à l'ELU : $Q = 15\ 125,33$ [kN] ;
 - A l'ELS : $Q = 11\ 182$ [kN].

II. Les appareils d'appuis

II. 1. Prédimensionnement

Les appareils d'appuis sont placés entre le tablier et l'appui. Ils ont pour fonction de transmettre les charges verticales du tablier aux appuis, mais aussi de permettre les mouvements de rotation et les petites déformations horizontales. Pour les ponts métalliques, ils sont conçus spécialement, en acier. Du fait des phénomènes de dilatation et de retrait de l'acier, dû à la variation de température, non négligeables, il faut prévoir une certaine liberté de mouvement de dilatation et de rotation au pont grâce aux appareils d'appui adéquats. Il sera plus convenable d'opter pour les appareils d'appuis à balancier à rotule axiale.

II. 1. 1. Description

Les appareils d'appuis à balancier à rotule axiale sont généralement composés de trois pièces : un balancier supérieur, un balancier inférieur et une rotule, comme illustrée dans la figure ci-dessous.

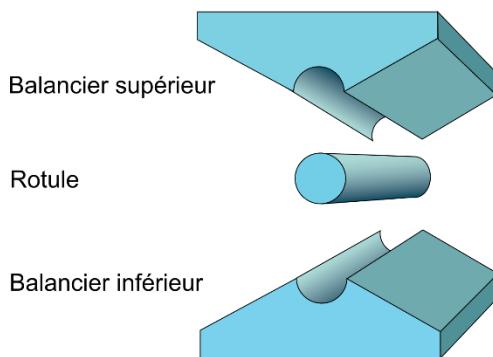


Figure 91 : Les constituants d'un appareil d'appuis à rotule axiale

Ce type d'appareil d'appui est combiné avec une plaque d'appui qui est une plaque en acier moulé, comportant des rebords latéraux guidant les rouleaux sur le sabot et s'opposant à toute déplacement latéral de la charpente.

Il joue le rôle d'appareil d'appui fixe. Avec la rotule entre les deux balanciers, il peut effectuer une rotation, mais aussi un déplacement longitudinal assuré par un plan de glissement constitué des rouleaux multiples. Ces rouleaux sont de forme cylindrique, réunis entre eux par deux plats longitudinaux appelés bielles qui maintiennent leur écartement.

Les appareils d'appuis à balanciers sont ceux qui conviennent le plus aux ponts de longue portée. Ils sont fixés par scellement au ciment sur le bossage.

II. 1. 2. Sollicitation des appareils d'appui

Comme l'appareil d'appui choisi permet un déplacement horizontal et une rotation, on le calcule pour résister aux efforts verticaux, plus précisément aux actions P sur les culées.

La combinaison des actions permettant de déterminer les valeurs de calcul exercées sur les appareils d'appui, dans les situations de calcul durable, est donnée par l'EN1990, paragraphe 6.4.3.2, soit : $1,35 \cdot G + 1,35 \cdot (TS + UDL + q_{fk}) + 0,9 \cdot T_k$

La valeur de P la plus défavorable est :

$$P = 604,8 \text{ [kN]}$$

II. 1. 3. Dimensions des appareils d'appui

La contrainte unitaire r du métal est pratiquement limitée à $800[\text{kg/cm}^2]$

II. 1. 3.1. Balancier supérieur

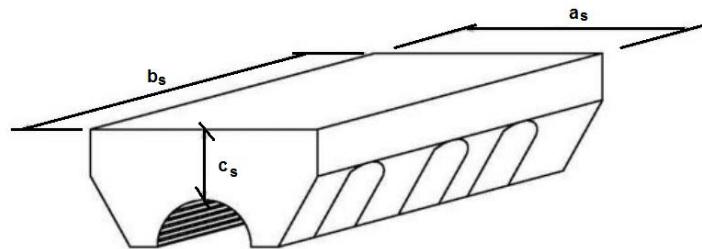


Figure 92: Balancier supérieur

Les dimensions du balancier supérieur sont :

a_s et b_s doivent être ajustés à la semelle inférieure, ainsi,

$$a_s = 110 \text{ [cm]}$$

$$b_s = 110 \text{ [cm]}$$

$$c_s = \sqrt{\frac{P \cdot a_s}{2 \cdot r \cdot b_s}}$$

Avec, r : la contrainte unitaire du métal, $r = 800 \text{ daN/cm}^2$

P : la réaction sur les culées, $P = 604,8 \text{ kN}$;

b_s : largeur du balancier, $b_s = 110 \text{ cm}$;

a_s : longueur du balancier, $a_s = 110 \text{ cm}$.

Après calcul, on a : $c_s = 6,15 \text{ cm}$

Nous allons prendre, $c_s = 7 \text{ cm}$

II. 1. 3.2. Balancier inférieur

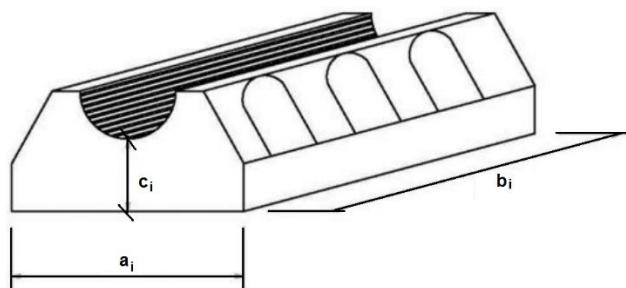


Figure 93 : Balancier inférieur

Les dimensions du balancier inférieur sont :

Par analogie avec le balancier supérieur, on a,

$$a_i = 110 \text{ cm}$$

$$b_i = 110 \text{ cm}$$

$$c_i = \sqrt{\frac{P \cdot a_i}{2 \cdot r \cdot b_i}} = 6,15 \text{ cm, nous prendrons aussi } 7 \text{ cm}$$