Ecole Normale Supérieure de Cachan
Département de Génie Mécanique
Analyse de l'existant de génie civil

Déviation de la Baconière en Mayenne

Bertin Morgan (FR)
Mout Marco (NL)

Cachan, le 8 juin 2009

Table des matières

I Introduction au projet de la déviation de la Baconnière **3**

1 Présentation du lieu et des caractéristiques techniques **3**

2 Définition du projet **3**

II Choix des ouvrages **5**

3 Passage supérieur **5**

4 Passage inférieur **5**

III Le passage supérieur **6**

5 présentation technique **6**
5.1 Nature de l'ouvrage et hypothéses . . . 6
5.2 Le tablier . . . 7
5.2.1 Généralités . . . 7
5.2.2 Matériaux et principes . . . 8
5.2.3 Les appareils d'apuis . . . 8
5.2.4 Les joints de dilatation . . . 9
5.3 Nature du sol . . . 9
5.3.1 Caractéristiques de notre sol . . . 9
5.3.2 Principe . . . 9
5.4 Les culées . . . 10
5.4.1 Généralités . . . 10
5.4.2 Les différents composants d'une culée . . . 10
5.4.3 La culée dans notre projet . . . 10
5.5 Les fondations . . . 11
5.6 La pile . . . 11

6 Etude mécanique du pont **12**
6.1 Le tablier en fonctionement . . . 12
6.1.1 Hypothèses de notre étude . . . 12
6.1.2 Mise en place du modèle du béton en pré-contrainte . . . 12
6.1.3 Calcul . . . 14
6.2 Analyse des résultats . . . 18

Première partie

Introduction au projet de la déviation de la Baconnière

1 Présentation du lieu et des caractéristiques techniques

Notre projet porte sur l'étude de la déviation de la Baconière, sur l'axe Laval-Ernée. Le projet se situe dans le département de la Mayenne, il est constitué de cinq ouvrages d'arts. Le conseil général a décidé de diminuer le trafic à l'intérieur du village en le contournant grâce à une route 2x2 voies. Lors des travaux il n'a pas été nécessaire d'interrompre le trafic sur la route habituelle traversant le village. Les premiers travaux réalisés ont été ceux qui ont permis de garder la circulation d'avant projet en activité ce qui à permis aussi une plus grande liberté de conception et de construction.

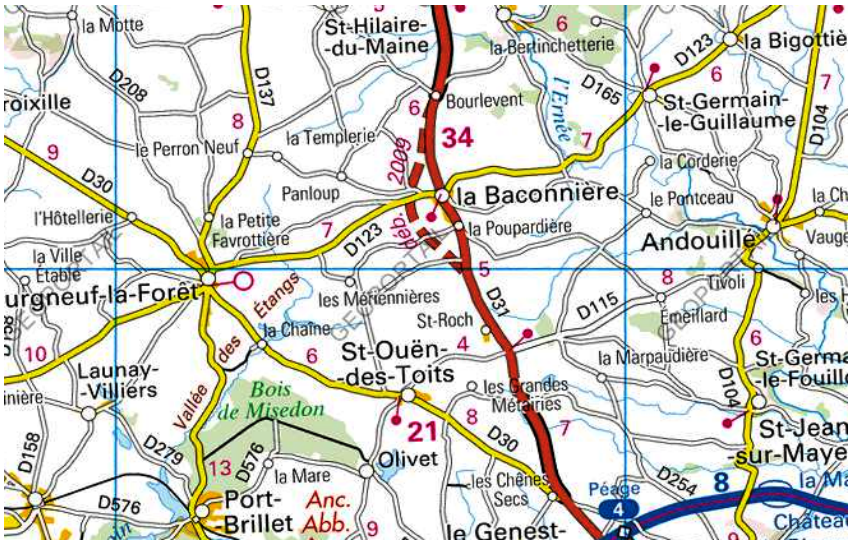

Fig. 1 – Zone géographique étudiée

2 Définition du projet

Nous allons donc réaliser dans ce projet une analyse de ces ouvrages grâce aux connaissances acquises lors des bureaux d'études, aux cours magistraux et à nos connaissances personnelles. Nous analyserons donc les différents choix techniques mis en place par les ingénieurs lors de la réalisations du passage supérieur du projet "déviation de la baconière en Mayenne". Nous avons réussi à obtenir des plans à la DDE de la Mayenne de cet ouvrage ainsi que d'un passage inférieur situé en amont de l'ouvrage présenté que nous ajouterons à la fin car il fait partie intégrante de la conception de la déviation. Nous avons aussi pu aller sur le chantier du passage supérieur et du passage inférieur pour prendre quelques clichés qui pourrons appuyer nos remarques.

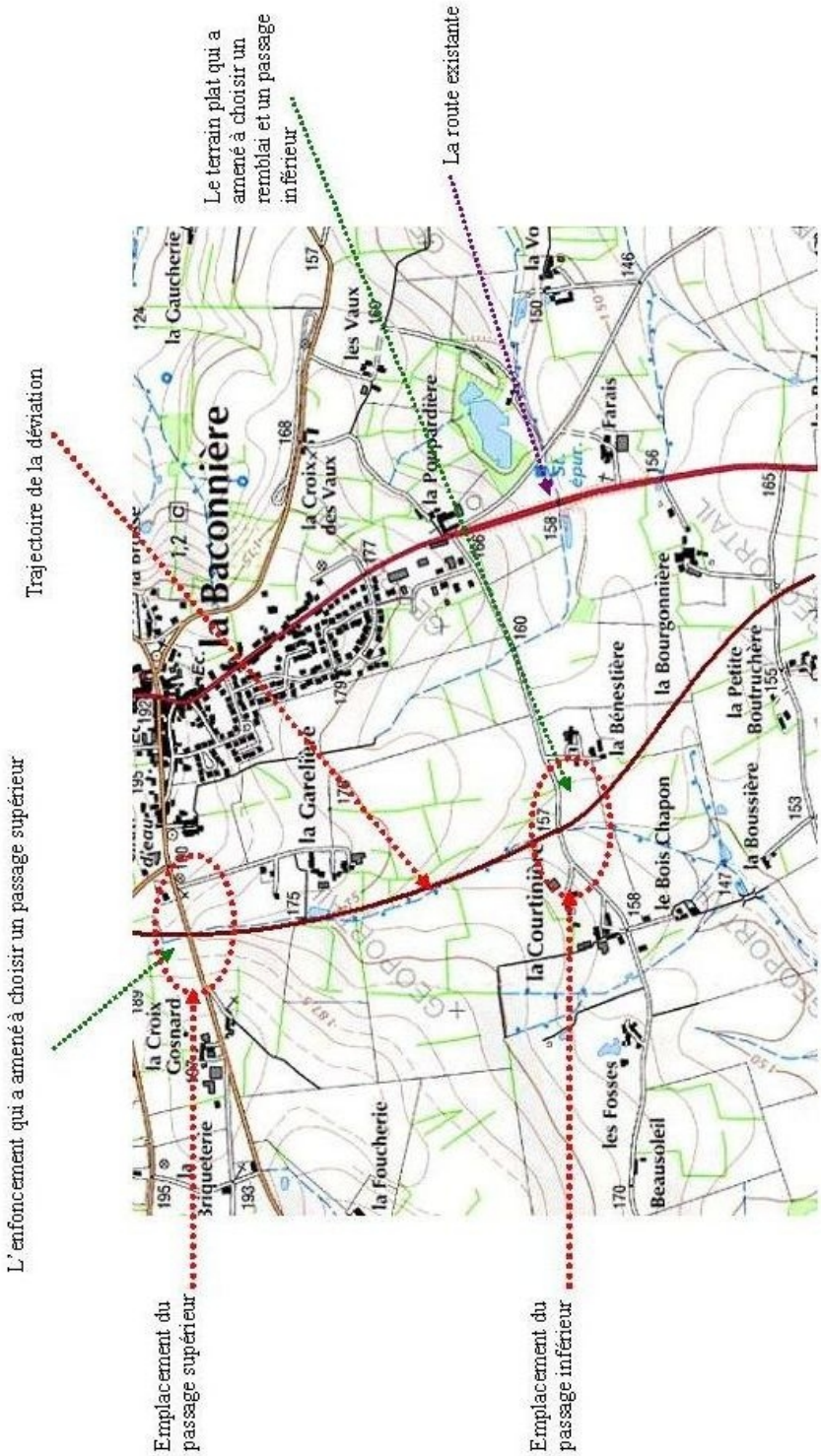

FIG. 2 – plan d'ensemble

Deuxième partie

Choix des ouvrages

La situation topographique du premier ouvrage d'art a amené les ingénieurs à réaliser un passage inférieur pour la RD540 entre le giratoire et St hilaire du Maine.
De la même manière la situation topographique du second ouvrage a amené les ingénieurs à choisir un passage supérieur pour la RD165 et la RD115.

3 Passage supérieur

Le choix du passage supérieur : la déviation passe dans une petite vallée sur le trajet d'une route existante. Il a donc été choisi de construire un pont pour permettre le franchissement de la déviation par la route existante.

FIG. 3 – Passage supérieur

4 Passage inférieur

Le choix du passage inférieur. L'altitude du sol à ce niveau était un petit peu trop bas pour que la route soit construite dessus, il a fallu faire des remblais. Ainsi le choix d'un passage inférieur sous ce remblais a été retenu. Pour réaliser le remblais il a été choisi de déplacer la terre enlevée dans la partie suivante de la déviation qui comprend un pont dans une petite vallée. Il n'a donc pas été nécessaire de faire venir de la terre d'une carrière se situant loin du chantier.

FIG. 4 – Passage supérieur

Nous avons donc choisi d'étudier pour notre projet le passage supérieur.

Troisième partie

Le passage supérieur

5 présentation technique

5.1 Nature de l'ouvrage et hypothéses

Le Passage supérieur qui permet de franchir la déviation de la Baconière est un pont de classe 1, c'est à dire qu'il possède une chaussée supérieur à 7 mètre. En effet le pont étant constitué en plus d'une voie pour la circulation automobile, d'une voie piétonne, sa chaussée est de 11.65 mètres. De plus nous avons connaissance de la largeur des voies, nous pourrons déterminer les charges réparties $A_1(L)$ et $A_2(L)$ qui permettent de définir certaines caractéristiques techniques. La distance à franchir par l'ouvrage est de 48.90 mètres qui est aussi la longueur su tablier.

Le pont est de type béton précontraint. Nous pouvons donc présenter les différents avantages à utiliser un béton précontraint.

Ce béton offre une excellente résistance à la fissuration et il n'y a pas de corrosion des aciers. De surcroît sa mise en oeuvre est rapide et des économies de béton ont été observées. De plus le béton précontraint est plus rigide que le béton armé ainsi les poutrelles se déforment peu. En outre, la compression initiale introduite grâce à la précontrainte dans la partie inférieure des poutres s'oppose aux tractions engendrées par les charges s'exerçant sur le pont. Les limites habituelles d'un plancher en béton précontraint sont plus élevées qu'un plancher en béton armé.

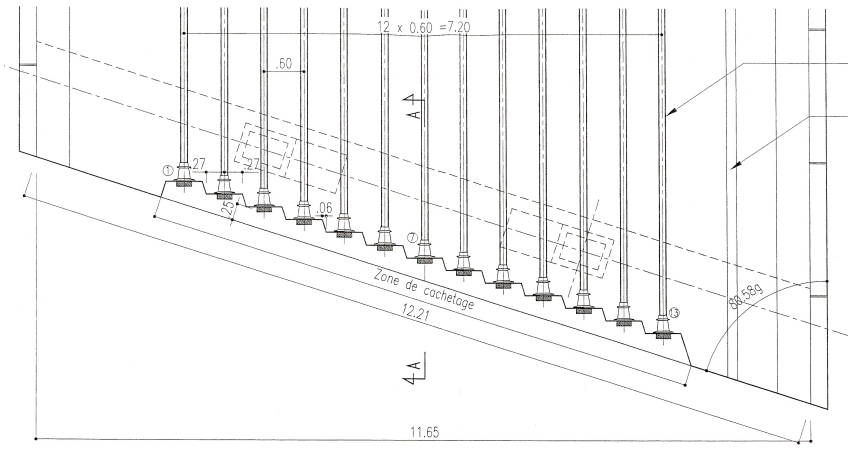

FIG. 5 – cables de précontraines dans le tablier

La précontrainte permet d'augmenter encore la résistance des pièces en béton, et d'allonger la portée des éléments porteurs. Il existe deux méthodes de précontraintes. La première méthode dite par armature adhérente, pour laquelle les barres d'acier sont mises en tension dans le coffrage avant de couler. Lorsque le béton est suffisamment sec, les efforts sur les barres sont relâchés. Une grande tension intérieure règne dans la pièce de béton. La deuxième méthode, appelée précontrainte par post-tension consiste à passer les barres d'acier dans des gaines qui traversent la pièce en béton, et à les mettre en tension après le séchage du béton, au moyen d'ancrages posés à leurs extrémités. Cette méthode est réservée aux pièces fabriquées sur le chantier.

Hypothèses liées aux conditions climatiques.

Les charges dûes aux différentes conditions climlatiques peuvent être considérées comme négligeables, mis à part les effets de la dilatation thermique dûs au rayonement solaire. En effet la taille modeste de notre ouvrage ne sera pas sollicitée de manière conséquente par le vent ou la pluie. Même si nous pouvons remarquer un certain effort de conception pour ce qui est de la forme inférieure du tablier qui doit sa forme plus à un aspect esthétique que pratique.

FIG. 6 – effets climatiques

Nous étudierons le ponts en foncionement normal, c'est à dire que les charges qui lui seront appliquées seront seulement celles d'une exploitation normale, sans chargement exceptionnel et sans charges accidentelles.

Dans le reste du projet, les hypothèses retenues ici restent vérifées.

5.2 Le tablier

5.2.1 Généralités

Le tablier est la partie de l'ouvrage qui désigne la Plate-forme qui constitue le plancher d'un pont. C'est donc dessus que rouleront ou marcheront les utilisateurs de cet ouvrage d'art. La longueur du tablier est de 48.90 mètres et sa largeur est de 11.65 mètres. Il comporte 2 types de voies, 1 piste cyclable et 2 voies pour les utilisateurs de véhicules à moteurs. Les deux voies sont séparées par une barrière de protection. Cette barrière de protection est un massif béton auquel il a été ajouté un garde corps. Le tablier possède un coeur en béton précontraint, dont le principe a été décrit précédemment. Le pont a été conçu pour permettre la continuité des communications en eau et en éléctricité, ainsi on peut remarquer sur le schéma des espaces reservés pour le passage de cables éléctriques situés sous le massif en béton de gauche. On remarque ainsi trois passages réservés à France Telecom. Sur la face supérieure du tablier, il y a une couche d'isolation de 3 cm et un revêtement de 6 cm tandis que sous le tablier il a été mis en place une coque préfabriquée en béton blanc améliorant l'esthétisme de l'ouvrage. C'est un pont à deux travées, mesurant respectivment 25.70 mètres et 23.20 mètres qui repose sur une pile centrale. Le tablier repose en trois endroits sur des appareils d'appuis. Il est incliné selon une pente de 3.76 pourcents, ainsi il a été choisi de mettre des caniveaux sur le revêtement qui emmène l'eau directement à l'extrémitité du pont plutôt que de créer des goutières à l'intérieur du tablier. Enfin le tablier est simplement posé sur

FIG. 7 – Garde corps pieton

son support, il n'est en aucun endroit encastré avec un élément extérieur qui rendrait nul sa mobilité en cet endroit.

5.2.2 Matériaux et principes

Les matériaux utilisés sont le béton et l'acier, en effet le tablier est en béton précontraint, c'est à dire qu'il n'y a pas de contacts directs entre les cables d'acier et le béton à l'intérieur de la structure comme dans le cas du béton armé. Le principe de la construction en béton précontraint utilisé pour notre ouvrage est le suivant :

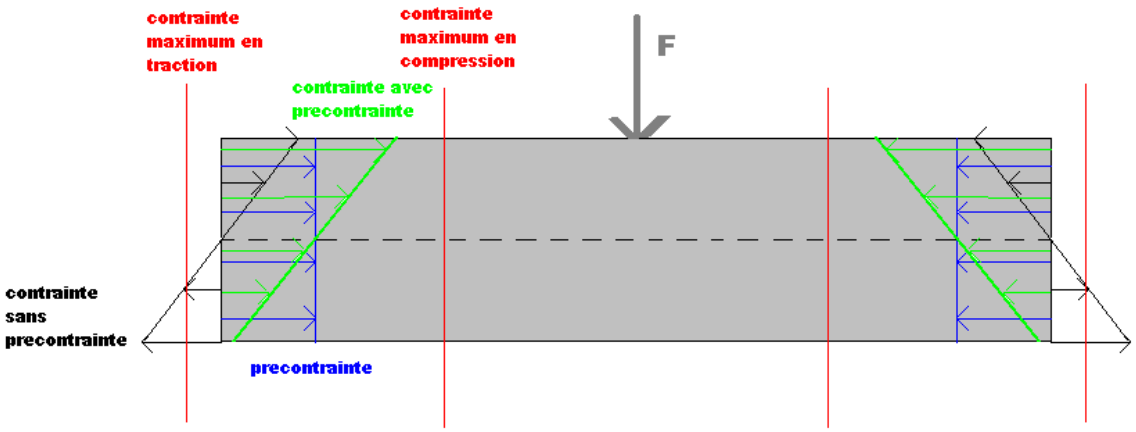

FIG. 8 – Tablier pré-contraint

Des cables en aciers traversent le tablier dans le sens de la longueur, à l'une des extrémités, les cables sont encastrés au béton tandis qu'à l'autre extrémité un sytème permet de tendre les cables et ainsi de contraindre le béton en compréssion. La métaphore qui permettrait d'imaginer le résultat est celle de prendre plusieurs livres les mettre bout à bout et ne comprimer que les éxtrémités, les livres du milieux tiennent, c'est le même principe qui est utilisé ici. Le principe de cablage de l'ouvrage est disponible en annexe. On remarque ainsi 13 câbles 19T15 Sup situés dans une zone prénomée "Zone de cachetage" qui mesure 12.21 mètres

Ce principe, utilisé pour les ouvrages de fanchissement de faibles longueurs permet à moindre de coût d'arriver à des portées importantes, 80 à 100 mètres.

La forme du tablier est aussi remarquable, en effet elle n'est pas tout à fait identique aux ouvrages de franchissements actuels, le tablier possède une forme otpimisée qui permet d'économiser de la matière là où elle serait inutile, comme par exemple sur les parties latérales. Le tablier possède ainsi en coupe transversale une forme circulaire de rayon 19.62 mètres en sa partie inférieure.

5.2.3 Les appareils d'apuis

Le tablier ne peut bien sûr pas directement reposer sur le sol, ou sur la pile, il doit être posé sur des appareils adaptés aux charges et aux déplacements du tablier. Ces appareils sont appelés "appareils d'appuis". Suivant les charges appliquées et les déplacements autorisés, ils peuvent avoir des formes trés variées : axe fixe, axe roulant, plaques glissantes ou plus modernes appuis en néoprène frettés (sandwish de caoutchouc et de tôle d'acier), c'est le cas de notre ouvrage. L'appui mobile absorbe les variations linéaires différentielles de l'ouvrage dûes aux variations de températures. On observe les appuis en néoprène frettés en tête de pile et sous le tablier.

FIG. 9 – Appareil d'appui

5.2.4 Les joints de dilatation

Le tablier s'allonge et se raccourcit en fonction de la tem-
pérature. L'acier comme le béton ont des coefficients de dilatation thermiques voisins, soit $10^-5m.K^-1$. Selon le type ils s'appellent joint à plaque, à peigne... Les joints de dilatations sont extrèmements importants dans un ouvrage, en effet la dilatation thermique impose des déplacements importants aux vues de la taille de notre ouvrage (de l'ordre de plusieurs centimètres). Il y a deux joints sur notre ouvrage, ils sont situés sur les extrémités du pont, ils permettent de compenser les effets de la dilatation du pont lors des varitations de températures.

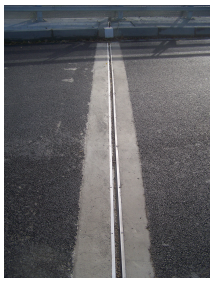

FIG. 10 – Joint de dilatation

5.3 Nature du sol

5.3.1 Caractéristiques de notre sol

Altitude	Nature de la roche
192.30	Limon brun peu consistant
191.20	limon argileux légèrment sableux
190.00	limon argileux légèrement sableux acre-gris clair à cailloux schisteux
188.70	Schiste argileux et grés caillouteux brun trés altérés
187.20	Schiste et grés très altérés
186.20	Argile schisteuse beige à grise gorgée d'eau
184.30	Grés plus où moins altérés
182.50	Schiste argileux noir altéré en tête

5.3.2 Principe

Il est important de réaliser une étude des sols en amont des travaux, on n'est jamais à l'abris d'une surprise de taille qui pourrait ralentir de manière importante les travaux. Par exemple, tomber sur une couche de roche très dure nécéssiterait des engins de démolition spéciaux, où sur une conduite de gaz ou d'eau oubliée... L'étude est réalisée par un géotechnicien, c'est une personne qui est chargée de l'étude du sol au niveau mécanique. Il va conseiller le maître d'oeuvre dans le choix des fondations. Cela pourra influencer la conception de l'ouvrage. Son travail repose sur l'exploitation des données d'une campagne de reconnaissance du sol (sondages, forages, essais d'identification des sols,...).

L'étude géotechnique d'un sol, préalablement à l'étude des fondations d'un ouvrage de génie civil, passe par les phases suivantes :

- Reconnaissance du terrain
- Prospection géophysique
- Prélèvement des échantillons
- Essais in situ
- Essais en laboratoires

Une fois que l'étude des sols à été effectuée la réalisation des plans de l'ouvrage peut commencer.

5.4 Les culées

5.4.1 Généralités

Les culées sont des éléments de transition permettant de relier l'ouvrage à son environnement. Cet ouvrage est généralement complexe car il est à la fois pile d'extrémitée et doit remplir d'autres fonctions comme : le soutien des terres permettant d'accéder au pont (murs en retour), support du joint de dilatation du tablier et de la dalle de transition. Les plans des culées sont disponibles dans les annexes.

5.4.2 Les différents composants d'une culée

Comme dit précedemment une culée est un élément essentiel dans la réalisation d'un ouvrage de franchissement. Voici les différents composants d'une culée :

- Sommier
- Mur garde grève
- Dalle de transition
- Corbeau
- Piedroit
- Contrefort
- Semelle
- Un élément d'évacuation des eaux de pluie se situant derrière le piedroit
- Différents éléments esthétiques (parrement en pierre local, bardage bois dans notre étude)

5.4.3 La culée dans notre projet

La culée qui existe sur cette ouvrage est une culée construite en béton armé, elle est disposée à une altitude de 184.900 mètres pour l'une et 183.700 pour l'autre. Elles sont inclinées comme le reste du pont d'un angle de 80.58 gradient par rapport à la perpendiculaire à la voie de contournement. On peut aussi remarquer sur le plan que les ingénieurs ont prévu l'évacuation des eaux de pluie grâce à un tuyau en plastique situé en bas de la culée qui permet à l'eau de sortir et de ne pas rester derrière le piedroit. Il y a aussi une cuvette d'évacuation des eaux au niveau des appareils d'appuis ou il à été créé une pente de 1 pourcent permettant l'évacuation des eaux de pluie venant du joint de dilatation. Dans cette même logique, tous les lieux où l'eau avait une chance de stagner ont été supprimés par des parties inclinées obligeant l'eau à s'évacuer d'elle même. On remarquera aussi que les ingénieurs ont réalisé les parements avec des pierres locales.

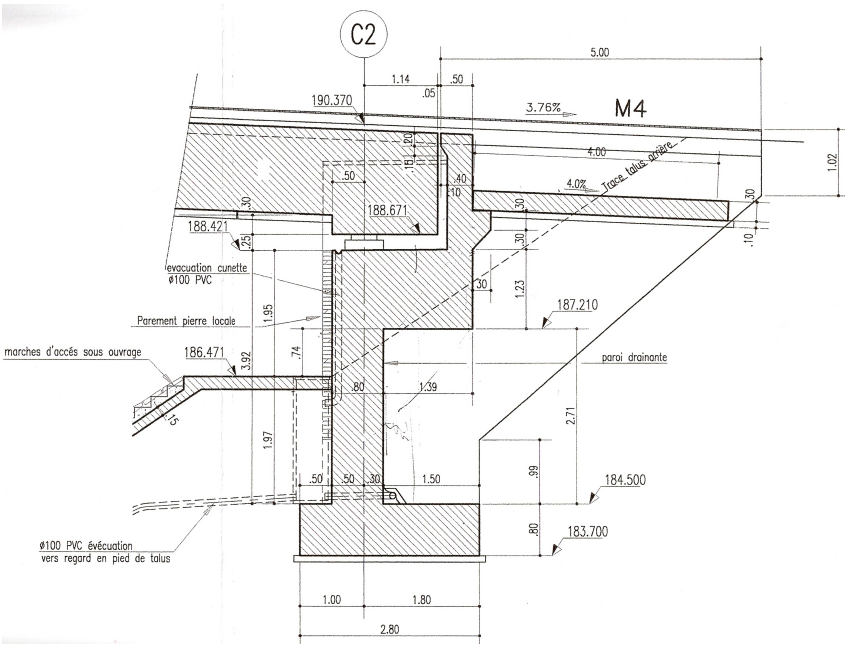

FIG. 11 – Schéma d'une culée

5.5 Les fondations

Elles ont pour objet de répartir les charges dans le sol. Elles sont de nature trés diverses suivant la nature et l'intensité des charges à répartir au sol et bien sûr suivant les caractéristiques mécaniques du sol en place. On remarque que dans notre projet la solution de semelle a été retenue pour transmettre les charges, ce choix est sûrement dû aux "faibles" charges à transmettre, mais aussi à la nature du sol qui est suceptible de reprendre les charges sans avoir à utiliser des fondations en profondeur telles que les pieux ou barrettes.

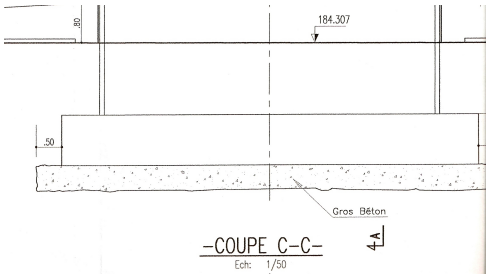

FIG. 12 – Fondation de la pile

5.6 La pile

Les piles sont des organes verticaux, qui amènent les charges permanentes (poids propre) et d'exploitation (véhicules, entretien, vent, neige, piétons...) au niveau du sol. Les solicitations sont principalement des compressions centrées. La pile se termine dans notre projet par deux appareils d'appui permettant au tablier de s'appuyer dessus. La pile de notre ouvrage est en béton armé, elle dépasse de 5 mètres du sol et s'enfonce en profondeur de 2 mètres 53. La pile repose sur un massif en béton "gros béton" de 50 cm d'épaisseur.

FIG. 13 – Pile photographie

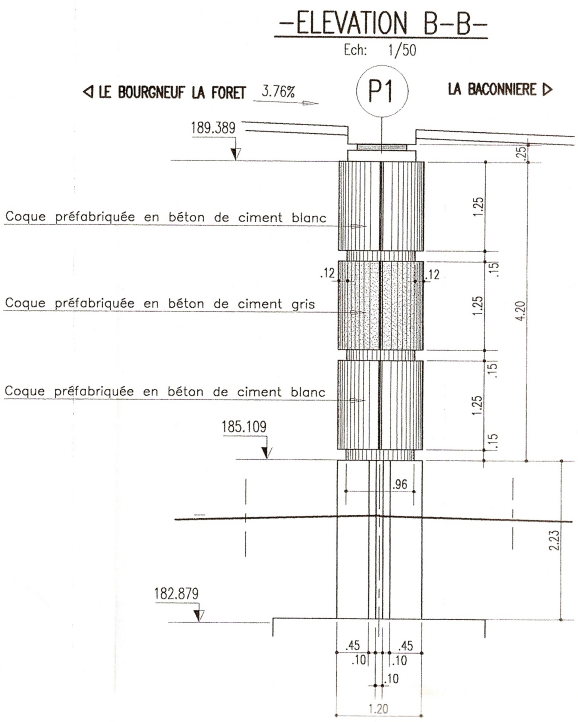

FIG. 14 – Pile plan

6 Etude mécanique du pont

6.1 Le tablier en fonctionement

On cherche à savoir si le tablier est correctement dimenssioné pour les charges réparties de références qui lui sont appliquées.

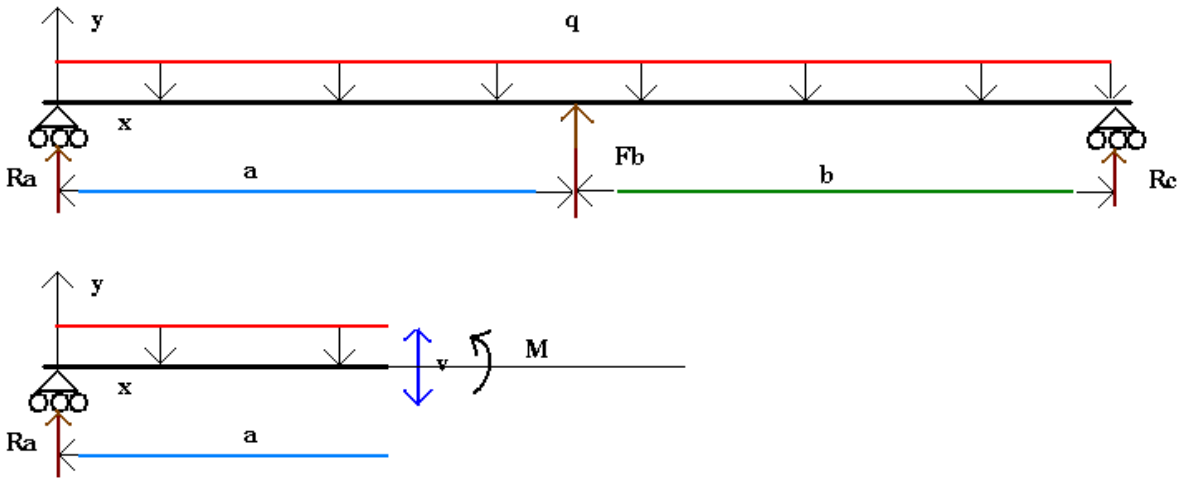

FIG. 15 – Schématisation des effets d'un trafic sur l'ouvrage

6.1.1 Hypothèses de notre étude

Hypothèse sur le tablier.

- Le module de young du tablier est égal en compression
- Poutre de section droite rectangulaire (Longeur x 1m x 11,65m)
- Hypothèse des petites déformations
- Chargement reparti (le poids propre de l'ouvrage et un chargement valant A)

Hypothèse sur la précontrainte.

- L'acier possède une élongation d'origine dû à la précontrainte et valant e_p
- Fraction volumique d'acier=

Autres hypothèses.

La limite d'élongation du tablier que l'on se fixe est :
- Le béton ne travail plus en compression
0u
- L'acier a atteint son domaine de plasticité

6.1.2 Mise en place du modèle du béton en pré-contrainte

Le tablier est en béton précontraint, on peut donc proposer le modèle réhologique suivant pour une précontrainte où les câbles en acier sont contraints et coulés dans le béton en relachant aprés séchage la contrainte dans les câbles.

Modèle rhéologique

On à donc les équations suivantes :

Pour la déformation

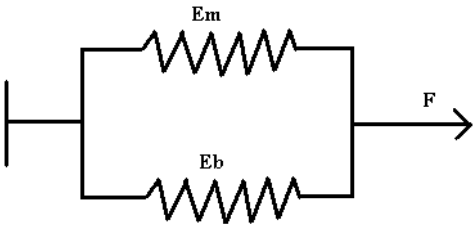

FIG. 16 – Modèle rhéologique

$$\epsilon = \epsilon_{bton} = \epsilon_{acier} - \epsilon_{prcontrainte}$$

$$\epsilon_{bton} = \epsilon$$

$$\epsilon_{acier} = \epsilon + \epsilon_{prcontrainte}$$

Pour σ

$$\sigma = \epsilon \cdot E_{bton} \cdot (1 - f) + E_{acier} \cdot f \cdot (\epsilon + \epsilon_{prcontrainte})$$

Donc en traction :

$$E_{total} = E_{btontrac} \cdot (1 - f) + E_{acier} \cdot f \approx 8,4GPa$$

et en compression :

$$E_{total} = E_{btoncomp} \cdot (1 - f) + E_{acier} \cdot f \approx 34,7GPa$$

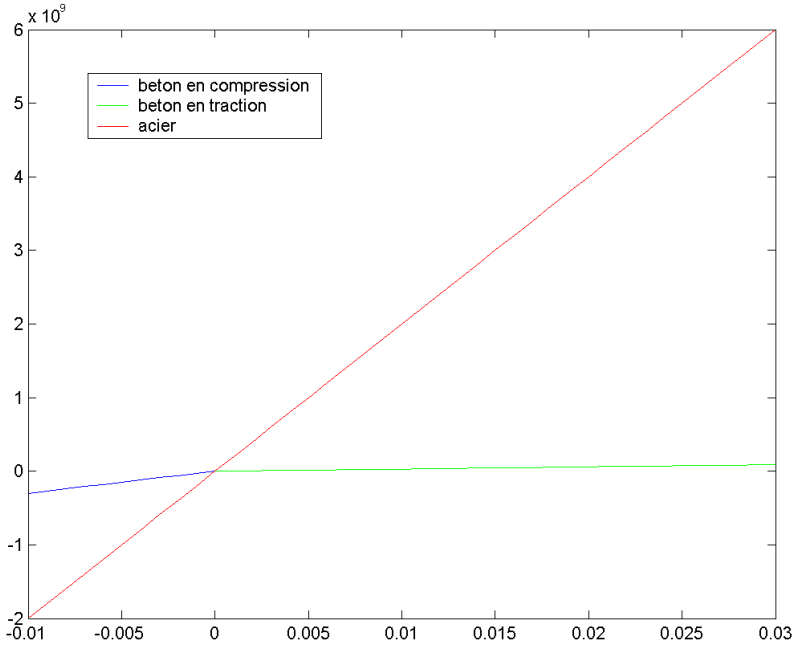

FIG. 17 – Comportement du tablier en précontrainte

A cause de la précontrainte, le béton sera sollicité en compression et l'acier sera sollicité en traction, le module de young du tablier sera donc un module de compression, donc $E = E_{comp}$. Si le béton quitte son domaine de sollicitation en compression (Si $\epsilon > \epsilon_{bp}$) le module de young du tablier sera un module de young de traction. Pour avoir un module constant il faut avoir $E = E_{comp}$. L'autre façon que le module peut évoluer et quand l'acier quitte son domaine d'élasticité, by marco. $\epsilon_{acier} = \epsilon + \epsilon_{prcont} > 0.02$. Dans le graph "déformations maximales" la ligne rouge présente les maximums d'élongations du tablier en

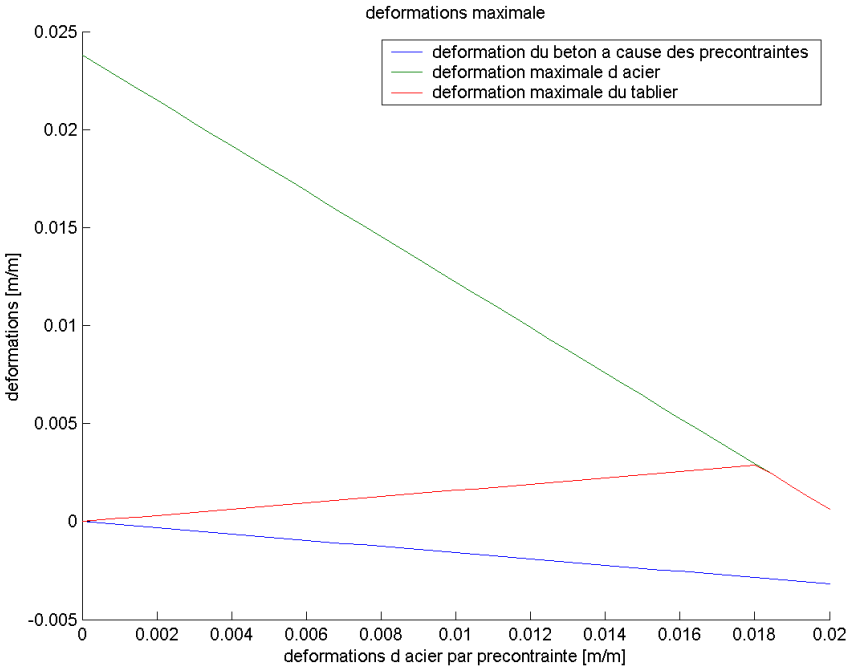

FIG. 18 – Déformations maximales

fonction de la déformation d'acier par précontrainte. La valeur de déformation maximale du tablier est atteinte en $0.018m/m$. Dans le reste du sujet on conservera cette valeur. On prend donc comme limite , $\epsilon < \epsilon_{prcontraintrebton} = \epsilon_{pb}$

$$E = E_{btcomprssion} \cdot (1 - f) + E_{acier} \cdot f$$

Calcul de ϵ_{pb}

$$\sigma = \epsilon_d \cdot E_{bc} \cdot (1 - f) + E_m \cdot f \cdot \epsilon_m = 0]$$

$$\epsilon \cdot E_{bc} \cdot (1 - f) +_m \cdot f \cdot (\epsilon + \epsilon_{prcontrainte}) = 0$$

$$\epsilon_{pb} = \frac{-\epsilon \cdot E_m}{_{bc} \cdot (1 - f) + E_m . f}$$

Avec $f \approx 0.0263$

6.1.3 Calcul

La charge répartie est définie par la relation suivante :

$$E \cdot I \cdot \frac{d^4 u}{dx^4} = -q(x)$$

Ainsi en intégrant, on obtient les différentes relations suivantes :

$$E \cdot I \cdot \frac{d^3 u}{dx^3} = v(x)$$

$$E \cdot I \cdot \frac{d^2 u}{dx^2} = M(x)$$

Et ainsi

$$E \cdot I \cdot u = \int \int M(x) dx^2$$

Pour $x \in 0..a$:

$$M(x) = R_1 \cdot x - \frac{qx^2}{2}$$

$$V(x) = R_1 - \frac{qx}{2}$$

$$E \cdot I \cdot v = \frac{1}{6} \cdot R_a \cdot x^3 - \frac{1}{12} \cdot \frac{qx^4}{2} + C_1 \cdot x + C_2$$

Où M est le moment fléchissant et V la charge de cisaillement.
Conditions limites :
$v(0) = 0$ on obtient donc $C_2 = 0$

Pour $x \in a..b$:

$$M(x) = R_a \cdot x + F_b \cdot (x - a) - \frac{qx^2}{2}$$

$$V(x) = R_1 + F_b - \frac{qx}{2}$$

$$E \cdot I \cdot v = \frac{1}{6} \cdot R_a \cdot x^3 + \frac{1}{6\,b} \cdot (x^3 - 3ax^2) - \frac{1}{12} \cdot \frac{qx^4}{2} + C_3 x + C_4$$

Où M est le moment fléchissant et V la charge de cisaillement.
Conditions limites :
$v(a + b) = 0 = v(a)$

On obtient donc un système de 6 équations à 6 inconnues :

$$\frac{1}{6} \cdot R_a \cdot a^3 - \frac{1}{12} \cdot \frac{qx^4}{2} + C_1 \cdot a = 0 \tag{1}$$

$$-\frac{1}{2} F_b a^2 + C_3 = C_1 \tag{2}$$

$$16 R_a L^3 + 16 F_b \cdot (L^3 - 3aL^2) - \frac{1}{24} q L^4 + C_3 L + C_4 = 0 \tag{3}$$

$$\frac{1}{6} R_a a^3 - \frac{1}{3} F_b a^3 - \frac{1}{24} q a^4 + C_3 a + C_4 = 0 \tag{4}$$

$$-qL + R_a + F_b + R_c = 0 \tag{5}$$

$$R_a L + F_b \cdot (L - a) - \frac{qL^2}{2} = 0 \tag{6}$$

D'où le système à résoudre suivant :

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{6}a^3 & 0 & 0 & a & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2}a^2 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ \frac{1}{6}L^3 & \frac{1}{6} \cdot (L^3 - 3aL^2) & 0 & 0 & L & 1 \\ \frac{1}{6}a^3 & -\frac{1}{3}a^3 & 0 & 0 & a & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ L & L - a & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R_a \\ F_b \\ R_c \\ C_1 \\ C_3 \\ C_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{24} q a^4 \\ 0 \\ \frac{1}{24} q L^4 \\ \frac{1}{24} q a^4 \\ qL \\ q\frac{l^2}{2} \end{pmatrix}$$

On effectu la résolution de ce système avec Matlab,

$$\begin{pmatrix} R_a = 4,2.10^6 N \\ F_b = 5,2.10^6 N \\ R_c = 4,0.10^6 N \\ C_1 = -2,7.10^8 \\ C_3 = 8,2.10^8 \\ C_4 = 1,5.10^9 \end{pmatrix}$$

Avec ces résultats on peut donc maintenant calculer le momment fléchissant et la charge de cisaillement sur chaques parties du tablier.

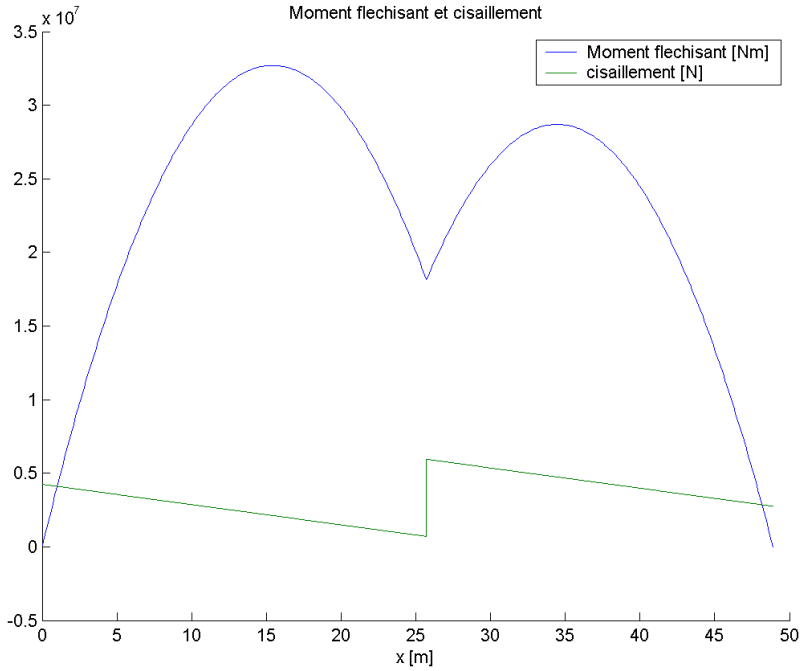

FIG. 19 – Moment fléchissant et cisaillement

Avec les résultats obtenus pour le moment et le cisaillement on peut calculer les contraintes dans le tablier. Le moment impose une contrainte σ_{xx} qui varie linéairement en fonction de l'ordonnée du tablier. On trouve donc la valeur maximal de σ_{xx} sur la hauteur du tablier qui vaut :

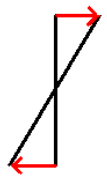

FIG. 20 – Contrainte du au moment fléchissant

$$\sigma_{xx} = \frac{1}{2}\frac{hM}{i}$$

La charge de cisaillement impose une contrainte σ_{zx} de forme parabolique où le maximum est atteint au centre du tablier.

FIG. 21 – Contrainte du au cisaillement

Pour simplifier le problème on assimile la contrainte à une constante sur toute la hauteur du tablier et valant le maximum de la contrainte. Cette hypothèse propose un scénario plus contraignant que dans la réalité, nous pouvons donc le prendre pour nos calculs.

FIG. 22 – modèle simplifié

$$\sigma_{zx} = \frac{V}{lh}$$

Cette crontainte n'a pas beaucoup d'importance dans les résultats.

6.2 Analyse des résultats

On fait l'hypothèse que la contrainte maximale admissible peut être calculée avec la contrainte de Von Mises. Le maximum de la contrainte de Von Mises est calculé dans le cas d'un chargement en traction simple. Dans la partie précedente nous avons trouvé que la contrainte maximale en traction vaut $99,4MPa$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{3}{2} \cdot tr(\sigma^D)^2}$$

On obtient le graphe suivant.

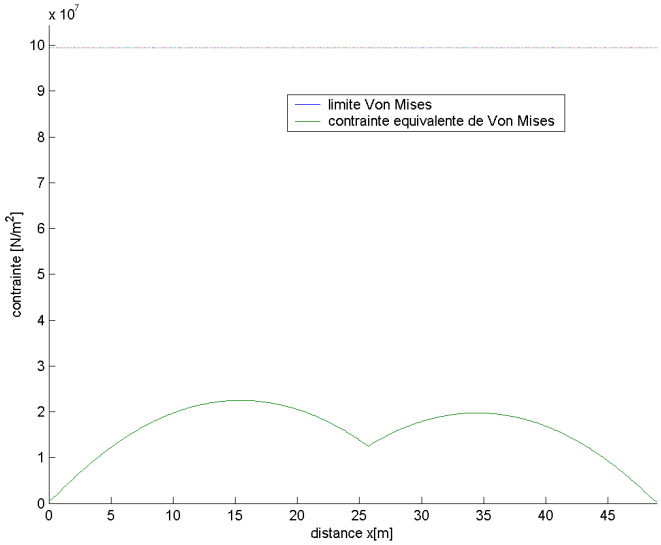

FIG. 23 – Contrainte de Von Mises

On peut donc conclure que le pont est correctement dimensionné. Schéma des deformations du pont.

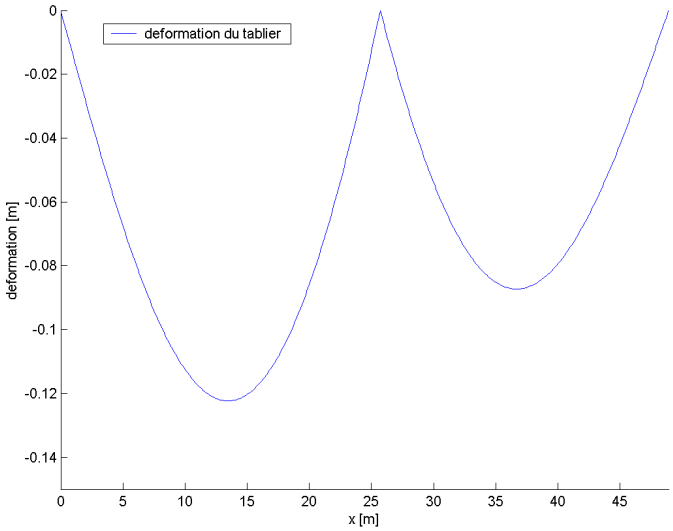

FIG. 24 – Déformations du pont

Table des figures

1 Zone géographique étudiée . . . 3
2 plan d'ensemble . . . 4
3 Passage supérieur . . . 5
4 Passage supérieur . . . 5
5 cables de précontraines dans le tablier . . . 6
6 effets climatiques . . . 7
7 Garde corps pieton . . . 7
8 Tablier pré-contraint . . . 8
9 Appareil d'appui . . . 8
10 Joint de dilatation . . . 9
11 Schéma d'une culée . . . 10
12 Fondation de la pile . . . 11
13 Pile photographie . . . 11
14 Pile plan . . . 11
15 Schématisation des effets d'un trafic sur l'ouvrage . . . 12
16 Modèle rhéologique . . . 13
17 Comportement du tablier en précontrainte . . . 13
18 Déformations maximales . . . 14
19 Moment fléchissant et cisaillement . . . 16
20 Contrainte du au moment fléchissant . . . 16
21 Contrainte du au cisaillement . . . 17
22 modèle simplifié . . . 17
23 Contrainte de Von Mises . . . 18
24 Déformations du pont . . . 18