

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Ecole Nationale Polytechnique**



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
**ECOLE NATIONALE  
POLYTECHNIQUE**



**Laboratoire Génie Sismique et  
Dynamique des Structures**

**Département Génie Civil**

**Laboratoire Génie Sismique et Dynamique des Structures**

## **Mémoire de Master**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Civil**

### **Thème**

**Application de la méthode de Guyon Massonnet  
pour la répartition transversale des efforts dans  
un pont à poutres multiples**

**Réalisé par :**

Achour MENASRI

**Encadré par :**

Mme D.CHERID

Mme H.MOHABEDDINE

### **Composition du Jury :**

Président	Mme. R.KETTAB .....	Pr ENP
Rapporteur	Mme. D.CHERID.....	MAA ENP
	Mme. H.MOHABEDDINE.....	MAA ENP
Examineur	M. M.DEMIDEM.....	MAA ENP
	M. S.LEKHAL.....	MAA ENP

**ENP 2016**

Ecole Nationale Polytechnique 10, Rue des frères OUDDEK Hassen Badi

BP 182 16200 El-Harrach, Alger, ALGERIE.

Tel : 023 82 85 35 / Fax : 023 82 85 29



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Ecole Nationale Polytechnique**



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
**ECOLE NATIONALE  
POLYTECHNIQUE**



**Laboratoire Génie Sismique et  
Dynamique des Structures**

**Département Génie Civil**

**Laboratoire Génie Sismique et Dynamique des Structures**

## **Mémoire de Master**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Génie Civil**

### **Thème**

**Application de la méthode de Guyon Massonnet  
pour la répartition transversale des efforts dans  
un pont à poutres multiples**

**Réalisé par :**

Achour MENASRI

**Encadré par :**

Mme D.CHERID

Mme H.MOHABEDDINE

**Composition du Jury :**

Président	Mme. R.KETTAB .....	Pr ENP
Rapporteur	Mme. D.CHERID.....	MAA ENP
	Mme. H.MOHABEDDINE.....	MAA ENP
Examineur	M. M.DEMIDEM.....	MAA ENP
	M. S.LEKHAL.....	MAA ENP

**ENP 2016**

Ecole Nationale Polytechnique 10, Rue des frères OUDDEK Hassen Badi

BP 182 16200 El-Harrach, Alger, ALGERIE.

Tel : 023 82 85 35 / Fax : 023 82 85 29

*Je rends grâce à Dieu,*

*et dédie particulièrement ce modeste travail:*

*À mon père. Il a assuré avec loyauté tout mon cursus.*

*À ma mère, pour son soutien maternel inconditionnel.*

*À mes frères et sœurs, ils m'ont épaulé en tout temps.*

*À celle qui a l'exaltante mission de partager mes joies et peines.*

*À mon frère et binôme Aghiles et à toute la famille BEGRICHE.*

*À mon frère Tahar et à toute la famille ABBAS.*

*À mon frère Chafik et à toute la famille BENSEHILA*

*À mes amis de la promotion 2012 de l'EPSTT, que dieu les accueille en son vaste paradis.*

*À toute la promotion 2013/2016 de l'ENP.*

*À tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.*

*Alger, le 15/10/2016*

*Achour MENASRI*

# Remerciements

J'exprime mes sincères remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, de par leurs actes ou leurs conseils, ont contribué à la réalisation de ce projet.

En particulier, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à :

- Mes encadreurs, **Mme. D. CHERID** et **Mme. H. MOHABBEDDINE**, enseignantes au département Génie Civil de l'**Ecole Nationale Polytechnique**, pour leur constante disponibilité et leurs conseils avisés.
- Mon frère et binôme **Aghiles BEGRICHE**, pour son soutien et pour sa participation à la réalisation de ce travail.
- Monsieur **Kamel BIREM**, ingénieur à l'**E.N.G.O.A**, pour son confiance
- Monsieur **Nadjib ZOURGUI**, Chercheur au **C.G.S (Centre de Recherche en Génie Parasismique)** et spécialisé en ouvrage d'art, qui m'a fait profiter de sa vaste expérience dans les Ouvrages d'Art.
- Monsieur **Lounas HAMADACHE**, Chercheur au **C.D.L (Laboratoire de développement de la construction LAFARGE)**.
- Monsieur **Wissem BENAÏSSA**, Ingénieur à **COSIDER Tunnel**, pour son soutien.
- Membres du jury.
- Tout le corps professoral de l'Ecole Nationale Polytechnique. Mes aptitudes résident dans la qualité des enseignements que vous nous avez prodigués.
- Ma famille pour m'avoir encouragée et soutenu tout au long de mon parcours.

*Je vous réitère ma profonde gratitude.*

*MENASRI Achour*

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو التوزيع العرضي للقوات المحسوبة في الاتجاه الطولي (لحظات الانحناء وقوى القص) في جسر متعدد الركائز.

الطريقة المستخدمة هي Guyon Massonnet، المرتكزة على حساب معامل التوزيع العرضي. في نهاية هذا العمل سنتحصل على القوات الموزعة في كل انحاء الجسر.

### كلمات البحث

معامل التوزيع، عامل الدعم، عامل اللف، جسر متعدد الركائز.

## Summary

The aim of this work is to distribute the transverse forces calculated in the longitudinal direction (bending moments and shear forces) in a multi deck beams.

The method used is that of Guyon Massonnet, based on the calculation of the transverse distribution coefficient.

At the end of this work, we will found the distributed forces in each parts of structure.

### Keywords

Distribution coefficient, bracing parameter, torsion parameter, multi deck beams.

## Résumé

Le but de ce travail est de répartir transversalement les efforts calculés dans le sens longitudinal (moments fléchissant et efforts tranchants) dans un pont à poutres multiples. La méthode utilisée est celle de Guyon Massonnet, qui se base sur le calcul du coefficient de répartition transversale.

A la fin de ce travail, on arrive à déterminer la répartition des efforts dans les différentes parties de la structure.

### Mots clés

Coefficient de répartition, paramètre d'entretoisement, paramètre de torsion, pont à poutres multiples.

# Tables des matières

Liste des tableaux.....	7
Liste des figures .....	8
Introduction Générale .....	10
I-Présentation du projet .....	11
I-1-Données relatives à l'ouvrage à projeter .....	11
I-1-1-Situation de l'ouvrage.....	11
I-1-2-Tracé en plan .....	12
I-1-3-Profil en travers.....	13
II-Calcul des paramètres adimensionnels .....	15
II-1-Calcul de paramètre d'entretoisement $\Theta$ .....	15
II-1-1-Calcul de l'inertie moyenne de la poutre.....	15
II-1-2-Calcul de l'inertie moyenne de l'entretoise.....	16
II-1-3-Calcul de la largeur active du pont .....	16
II-2-Calcul de paramètre de torsion $\alpha$ .....	17
II-2-1-Calcul de l'inertie de torsion de la poutre .....	17
II-2-1-a-Calcul de la section simplifiée.....	17
II-2-2-Calcul de $\alpha$ .....	18
II-3-Abscisses des fibres étudiées .....	19
III-Répartition transversale des moments fléchissant .....	19
III-1-Calcul de coefficient de répartition $K$ .....	19
III-2-Dessin des lignes d'influence de coefficient $K_{0,2}$ pour chaque poutre .....	21
III-2-1-Ligne d'influence de la poutre I.....	22
III-2-2-Ligne d'influence de la poutre II.....	22
III-2-3-Ligne d'influence de la poutre III .....	23
III-2-4-Ligne d'influence de la poutre IV .....	24
III-3-Coefficient de répartition transversale pour chaque chargement .....	24
III-3-1-Cas de charges localisées .....	24
III-3-1-a-Charge $B_c$ .....	25
III-3-1-b-Charge $B_t$ .....	25
III-3-1-c-Charge $B_r$ .....	25
III-3-2-Cas de charge uniformément réparties dans les sens transversal .....	25
III-3-2-a-Charges $A_L$ .....	26

III-3-2-b-Charge Mc120 .....	26
III-3-2-c-Charge D240 .....	26
III-4-répartition des moments fléchissant .....	27
IV-Répartition transversale des efforts tranchants.....	27
IV-1-Détermination de $\varepsilon\alpha$ et $\varepsilon'\alpha$ .....	27
IV-2-Dessin des lignes d'influence de coefficient $\xi'_{0.2}$ pour chaque poutre .....	30
IV-2-1-Ligne d'influence de $\xi'_{0.2}$ pour la poutre I .....	31
IV-2-2-Ligne d'influence de $\xi'_{0.2}$ pour la poutre II .....	31
IV-2-3-Ligne d'influence de $\xi'_{0.2}$ pour la poutre III.....	32
IV-2-4-Ligne d'influence de $\xi'_{0.2}$ pour la poutre IV.....	32
IV-3-Dessin des lignes d'influence de coefficient $\xi_{0.2}$ pour chaque poutre.....	33
IV-3-1-Ligne d'influence de $\xi_{0.2}$ pour la poutre I.....	34
IV-3-2-Ligne d'influence de $\xi_{0.2}$ pour la poutre II .....	34
IV-3-3-Ligne d'influence de $\xi_{0.2}$ pour la poutre III .....	35
IV-3-4-Ligne d'influence de $\xi_{0.2}$ pour la poutre IV .....	36
IV-4-Coefficient de répartition transversale pour chaque chargement .....	36
IV-4-1-Section sur appui.....	37
IV-4-1-a-Charges AL.....	37
IV-4-1-b-Charge Bc .....	37
IV-4-1-d-Charge Br .....	38
IV-4-1-e-Charge Mc120 .....	38
IV-4-1-f-Charge D240 .....	38
IV-4-2-Section courante.....	39
IV-4-2-a-Charges AL.....	39
IV-4-2-b-Charge Bc .....	39
IV-4-2-c-Charge Bt.....	39
IV-4-2-d-Charge Br .....	40
IV-4-2-e-Charge Mc120 .....	40
IV-4-2-f-Charge D240 .....	40
IV-5-Répartition des efforts tranchants.....	41
V-Combinaison des charges : selon le RPOA .....	42
Conclusion générale.....	43
Références bibliographiques .....	44
Annexes .....	45



## Liste des tableaux

Tableau II-1: les valeurs de $K_{b/h}$ .....	17
Tableau II-2 : abscisses des fibres étudiées .....	19
Tableau III-1 : Les valeurs de coefficient $K_0$ pour $\Theta=0.62$ .....	20
Tableau III-2 : Les valeurs de coefficient $K_1$ pour $\Theta=0.62$ .....	20
Tableau III-3 : Les valeurs de coefficient $K_{0,2}$ pour $\Theta=0.62$ .....	21
Tableau III-4 : Les valeurs de coefficient $K_{0,2}$ ( $\Theta=0.62$ ) pour les poutres .....	21
Tableau III-5 : Les valeurs de coefficient $K_{0,2}$ ( $\Theta=0.62$ ) pour la poutre I.....	22
Tableau III-6 : Les valeurs de coefficient $K_{0,2}$ ( $\Theta=0.62$ ) pour la poutre II .....	22
Tableau III-7 : Les valeurs de coefficient $K_{0,2}$ ( $\Theta=0.62$ ) pour la poutre III.....	23
Tableau III-8 : Les valeurs de coefficient $K_{0,2}$ ( $\Theta=0.62$ ) pour la poutre IV .....	24
Tableau III-9 : K pour la charge Bc .....	25
Tableau III-10 : K pour la charge Bt.....	25
Tableau III-11 : K pour la charge Br.....	25
Tableau III-12 : K pour la charge Al.....	26
Tableau III-13 : K pour la charge Mc120 .....	26
Tableau III-14 : K pour la charge D240.....	26
Tableau III-15 : Tableau des moments à $L/2$ .....	27
Tableau III-16 : Tableau des moments à $L/4$ .....	27
Tableau IV-1 : Les valeurs de coefficient $\xi_0$ pour $\Theta=0.62$ .....	28
Tableau IV-2 : Les valeurs de coefficient $\xi_1$ pour $\Theta=0.62$ .....	29
Tableau IV-3 : Les valeurs de coefficient $\xi'_1$ pour $\Theta=0.62$ .....	29
Tableau IV-4 : Les valeurs de coefficient $\xi_{0,2}$ pour $\Theta=0.62$ (section courante) .....	29
Tableau IV-5 : Les valeurs de coefficient $\xi'_{0,2}$ pour $\Theta=0.62$ (section sur appuis) .....	30
Tableau IV-6 : Les valeurs de coefficient $\xi'_{0,2}$ ( $\Theta=0.62$ ; section sur appui) pour les poutres .....	30
Tableau IV-7 : $\xi'_{0,2}$ pour la poutre I.....	31
Tableau IV-8 : $\xi'_{0,2}$ pour la poutre II.....	31
Tableau IV-9 : $\xi'_{0,2}$ pour la poutre III.....	32
Tableau IV-10 : $\xi'_{0,2}$ pour la poutre IV .....	33
Tableau IV-11 : Les valeurs de coefficient $\xi_{0,2}$ ( $\Theta=0.62$ ; section courante) pour les poutres .....	34
Tableau IV-12 : $\xi_{0,2}$ pour la poutre I.....	34
Tableau IV-13 : $\xi_{0,2}$ pour la poutre II .....	35
Tableau IV-14 : $\xi_{0,2}$ pour la poutre III.....	35
Tableau IV-15 : $\xi_{0,2}$ pour la poutre IV .....	36
Tableau IV-16 : $\xi'$ pour la charge Al .....	37
Tableau IV-17 : $\xi'$ pour la charge Bc .....	37
Tableau IV-18 : $\xi'$ pour la charge Bt.....	38
Tableau IV-19 : $\xi'$ pour la charge Br .....	38
Tableau IV-20 : $\xi'$ pour la charge Mc120 .....	38
Tableau IV-21 : $\xi'$ pour la charge D240.....	38
Tableau IV-22 : $\xi$ pour la charge Al.....	39
Tableau IV-23: $\xi$ pour la charge Bc .....	39
Tableau IV-24 : $\xi$ pour la charge Bt.....	39
Tableau IV-25 : $\xi$ pour la charge Br.....	40

Tableau IV-26 : $\xi$ pour la charge Mc120 .....	40
Tableau IV-27 : $\xi$ pour la charge D240.....	40
Tableau IV-28 : Efforts tranchants à X=0 (efforts max de chaque poutre pour chaque chargement) ..	41
Tableau IV-29 : Efforts tranchants à L/4 (efforts max de chaque poutre pour chaque chargement) ....	41
Tableau V-1 : Effort tranchant max sous combinaison de charge (KN).....	42
Tableau V-2 : Moment max sous combinaison de charge (KN.m).....	42
Tableau A-1 : Valeurs de coefficient $K_0$ pour $\theta=0,60$ .....	45
Tableau A-2 : Valeurs de coefficient $K_0$ pour $\theta=0,65$ .....	45
Tableau A-3 : Valeurs de coefficient $K_1$ pour $\theta=0,60$ .....	45
Tableau A-4 : Valeurs de coefficient $K_1$ pour $\theta=0,65$ .....	46
Tableau A-5 : Valeurs de coefficient $\xi_0$ pour $\theta=0,60$ .....	46
Tableau A-6 : Valeurs de coefficient $\xi_0$ pour $\theta=0,70$ .....	46
Tableau A-7 : Valeurs de coefficient $\xi_1$ pour $\theta=0,60$ .....	47
Tableau A-8 : Valeurs de coefficient $\xi_1$ pour $\theta=0,70$ .....	47
Tableau A-9 : Valeurs de coefficient $\xi'_1$ pour $\theta=0,60$ .....	47
Tableau A-10 : Valeurs de coefficient $\xi'_1$ pour $\theta=0,70$ .....	48

## Liste des figures

Figure I-1 : Axes principaux du Réseau Autoroutier Algérien.....	11
Figure I-2 : Situation du projet (image satellitaire).....	12
Figure I-3 : Visualisation de la brèche en 3D (image satellitaire). ....	12
Figure I-4 : Tracé en plan de la voie.....	13
Figure I-5 : Profil en travers des chaussées.....	13
Figure I-6 : Image 3D du viaduc.....	14
Figure I-7 : Caractéristiques géométriques transversales du tablier étudié.....	14
Figure II-1 : Répartition des sections d'une poutre. ....	15
Figure II-2 : Section simplifiée .....	18
Figure II-3 : Abscisses des poutres actives et des poutres réelles.....	19
Figure III-1 : Ligne d'influence de K pour la poutre N° I.....	22
Figure III-2 : Ligne d'influence de K pour la poutre N° II.....	23
Figure III-3 : Ligne d'influence de K pour la poutre N° III .....	23
Figure III-4 : Ligne d'influence de K pour la poutre N° IV .....	24
Figure IV-1 : ligne d'influence de $\xi'_{0.2}$ pour la poutre I.....	31
Figure IV-2 : Ligne d'influence de $\xi'_{0.2}$ pour la poutre II.....	32
Figure IV-3 : ligne d'influence de $\xi'_{0.2}$ pour la poutre III.....	32
Figure IV-4 : ligne d'influence de $\xi'_{0.2}$ pour la poutre IV.....	33
Figure IV-5 : ligne d'influence de $\xi_{0.2}$ pour la poutre I.....	34
Figure IV-6 : ligne d'influence de $\xi_{0.2}$ pour la poutre II.....	35
Figure IV-7 : ligne d'influence de $\xi_{0.2}$ pour la poutre III .....	35
Figure IV-8 : ligne d'influence de $\xi_{0.2}$ pour la poutre IV .....	36
Figure B-1 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $K_{Al}$ , 4 voies chargées (poutre N°IV) .....	48
Figure B-2 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $K_{Bc}$ (poutre N°IV) .....	48
Figure B-3 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $K_{Bt}$ (poutre N°IV).....	49

Figure B-4 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $K_{Br}$ (poutre N°IV).....	49
Figure B-5 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $K_{Mc120}$ (poutre N°IV).....	49
Figure B-6 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $K_{D240}$ (poutre N°IV).....	50
Figure B-7 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $\xi_{Al}$ (poutre N°IV).....	50
Figure B-8 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $\xi_{Bc}$ (poutre N°IV).....	50
Figure B-9 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $\xi_{Bt}$ (poutre N°IV).....	50
Figure B-10 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $\xi_{Br}$ (poutre N°IV).....	51
Figure B-11 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $\xi_{Mc120}$ (poutre N°IV).....	51
Figure B-12 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de $\xi_{D240}$ (poutre N°IV).....	51
Figure B-13 : Dimensions des sections de poutre.....	51
Figure C-1 : Disposition longitudinale et Transversale des camions $B_C$ .....	52
Figure C-2 : Caractéristiques du Chargement Bt (RCPR).....	52
Figure C-3 : Système de charge Br (RCPR).....	52
Figure C-4 : Caractéristiques du chargement Mc120 (RCPR).....	53
Figure C-5 : Caractéristique d'un convoi D240 (RCPR).....	53

## Introduction Générale

Pour un pont à poutres, tel est notre cas (Viaduc V5 présentée ci-dessous), Les sollicitations longitudinales ont été calculées en considérant notre structure comme un élément poutre ; mais pour raison de bien armé notre construction, il faut savoir comment ces efforts se répartissent dans le sens transversale, et cela pour déterminer les sections dangereuses (les plus sollicitées) transversalement.

La question de la répartition transversale des charges entre les éléments porteurs longitudinaux des ponts a déjà donné lieu à des très nombreuses études, en particulier lorsqu'il s'agit de profils transversaux ouverts raidis par des entretoises. Ces structures sont alors traitées soit comme des grilles, soit comme des dalles orthotropes ; le résultat du calcul est alors d'autant plus proche que le nombre de poutres est grand.

### Nombreuses méthodes de calcul

- 1<sup>er</sup> cas : Poutres sans entretoise -> section déformable (fonctionnement différent des méthodes classiques de RDM pour les poutres) → Guyon Massonnet
- 2<sup>ème</sup> cas : Entretoises -> rigidité -> section indéformable → COURBON

Nous nous situons dans le premier cas (section déformable), Lorsque la rigidité torsionnelle des éléments d'un pont ne peut être négligée, la section transversale du pont est considérée comme étant déformable. C'est alors qu'on utilise la méthode de Guyon-Massonnet (développée originalement en 1946 et mise sous forme de tableaux numériques par Massonnet en 1954).

### Hypothèse :

Lorsque le rapport des rigidités de l'entretoise est supérieur ou égale à 0.3, nous devons tenir compte de la valeur exacte de cette rigidité. la méthode de Guyon Massonnet est d'autant plus appréciée lorsqu'il s'agit de pont à poutres multiples ou nous tenons compte de l'effet de la résistance du pont à la torsion.

### Principe :

La méthode de calcul consiste à substituer au pont réel un pont à structure continue qui a une même rigidité moyenne à la flexion et à la torsion que l'ouvrage réel.

### Objectif :

Ce travail vise à déterminer les efforts transitant dans un grillage de poutres soumis à un chargement quelconque, ponctuel ou répartie.

## I-Présentation du projet

S'inscrivant dans le cadre du schéma directeur National du Ministère des travaux Publics, développé par l'Agence Nationale des Autoroutes (A.N.A), la pénétrante reliant Tizi-Ouzou à l'autoroute Est-Ouest au niveau de Djabahia sur 48 km, traverse une zone à relief accidenté ; fait qui rend nécessaire la réalisation d'ouvrages d'arts, soit 10 000 mètres de viaducs (23 viaducs), et 1620 mètres de tunnel (2 tunnels bitubes).



Figure I-1 : Axes principaux du Réseau Autoroutier Algérien.

C'est au PK 15+500 en partant de Tizi-Ouzou, que se situe l'ouvrage à concevoir, au niveau d'une brèche de 127,5 mètres linéaire, portant une liaison répondant aux caractéristiques autoroutières avec une vitesse de référence de 110 km/h, constitué de deux chaussées à trois voies séparées par un terre-plein central.

### I-1-Données relatives à l'ouvrage à projeter

#### I-1-1-Situation de l'ouvrage

Le site appelé à recevoir l'ouvrage V5 fait partie du lot tronçon 4.2 entre le PK\* 15+441 et le PK15+569 vers l'Autoroute EST-Ouest.

\*PK: Point Kilométrique.

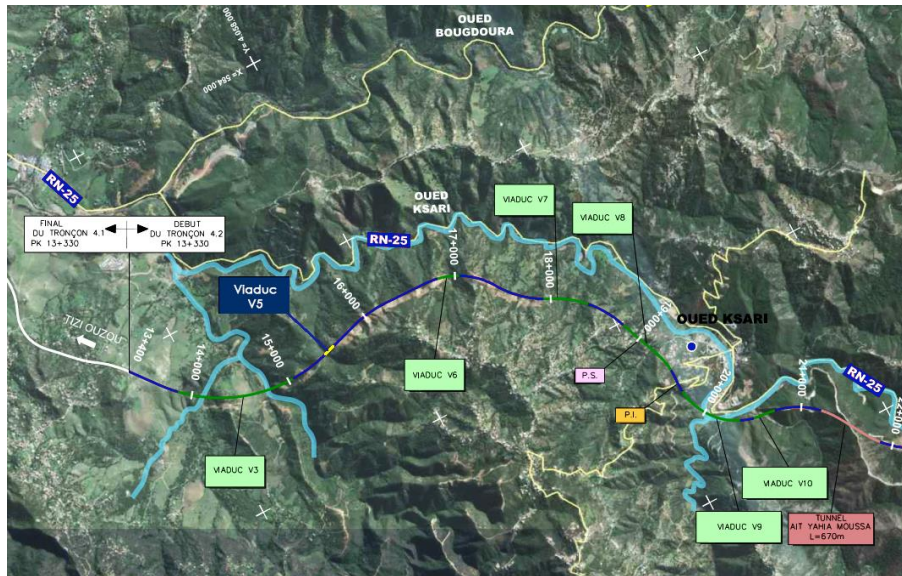


Figure I-2 : Situation du projet (image satellitaire).



Figure I-3 : Visualisation de la brèche en 3D (image satellitaire).

### I-1-2-Tracé en plan

Le tracé de la chaussée portée par l'ouvrage, en plan, est droit de longueur totale de 116m et d'une largeur de  $2 \times 13,00\text{m}$  comportant un T.P.C\* de 0,70m.

\*T.P.C: Terre Plein Central

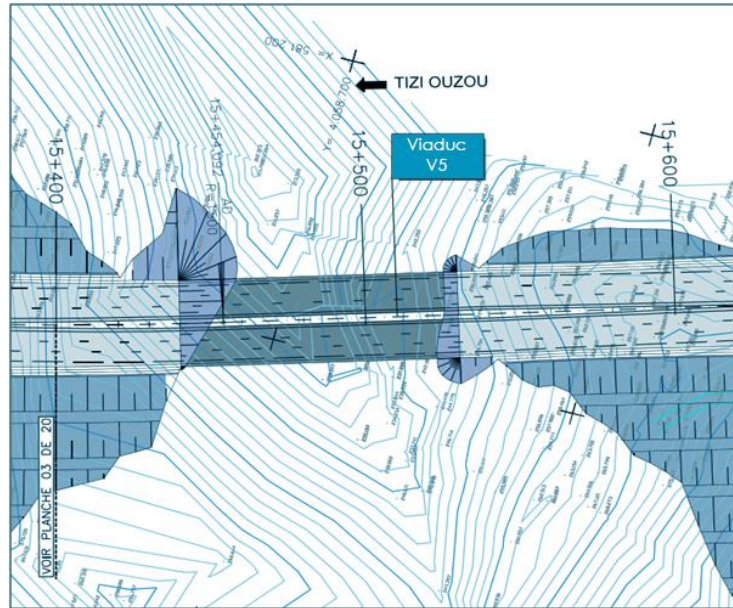


Figure I-4 : Tracé en plan de la voie.

### I-1-3-Profil en travers

Il représente la coupe transversale de notre voie de passage, qui doit être définie lors de l'A.P.S\*. Il permet de définir les largeurs roulables et les trottoirs (si présent). Dans notre cas l'ouvrage est constitué d'une chaussée bidirectionnelle comportant les caractéristiques suivantes :

- 2×trois voies de **3,5 m**.
- une sur-largeur de **1 m** sur les extrêmes de gauche.
- une sur-largeur de **1,5 m** sur les extrêmes de droite.
- Un double dévers de **2,5%** vers l'extérieur pour chaque chaussée.

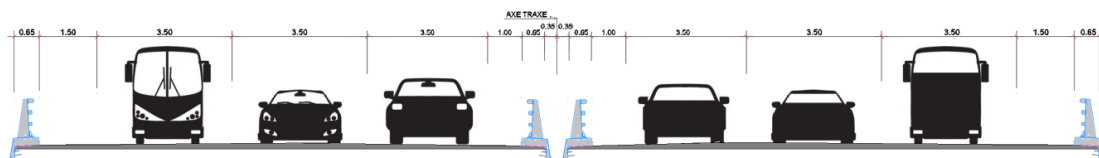


Figure I-5 : Profil en travers des chaussées.

\*A.P.S: Avant-Projet Sommaire.

La figure suivante est une illustration en 3D du pont à concevoir réalisée par le logiciel 3D Max

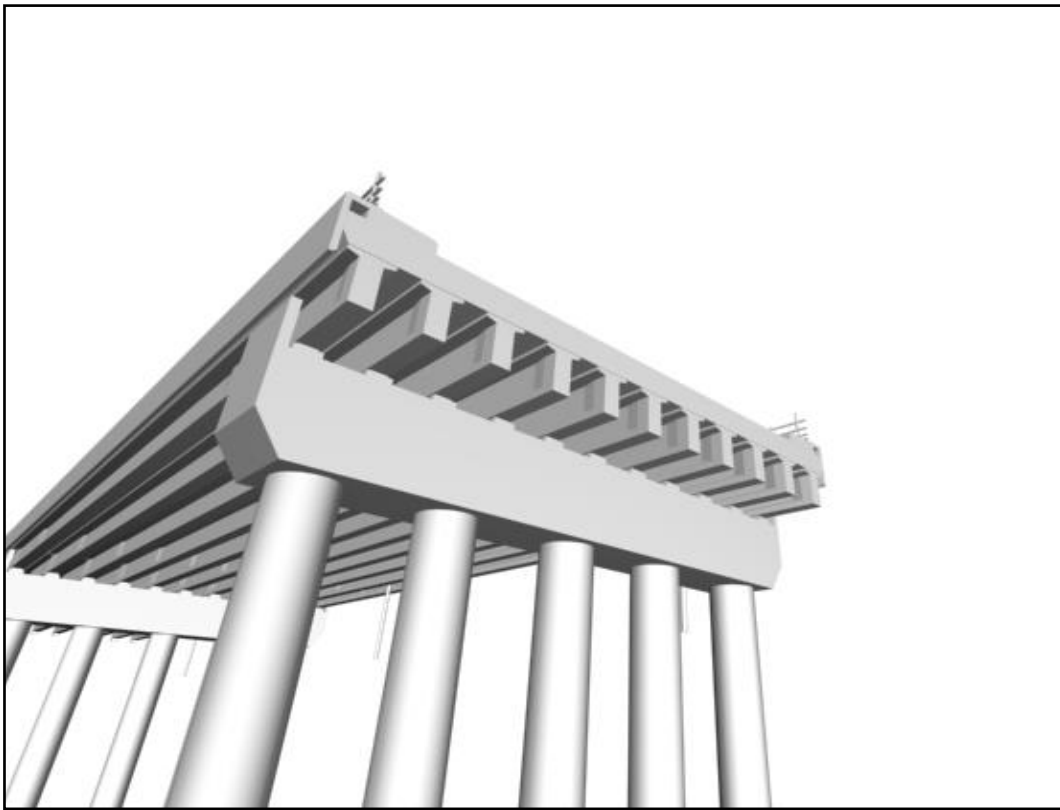


Figure I-6 : Image 3D du viaduc

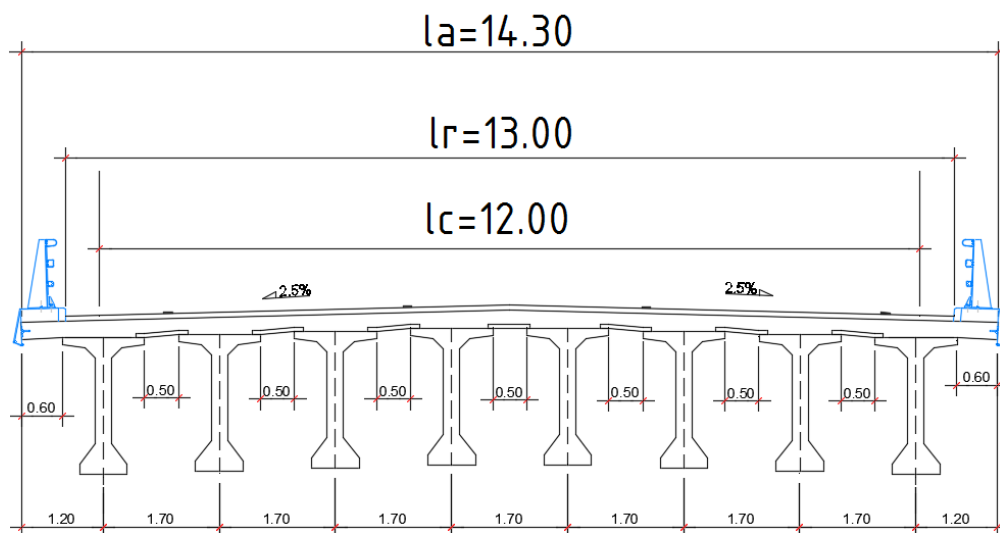


Figure I-7 : Caractéristiques géométriques transversales du tablier étudié.



## II-Calcul des paramètres adimensionnels

Le comportement du pont est défini par deux paramètres (paramètre d'entretoisement et le paramètre de torsion) (réf : ALEXANDRE, S)

### II-1-Calcul de paramètre d'entretoisement $\Theta$

Le paramètre d'entretoisement est donné par la formule suivante :

$$\theta = \frac{b}{L} \sqrt[4]{\frac{\rho_P}{\rho_E}}$$

Avec :

$\rho_P = \frac{E \times I_P}{b_0}$  est la rigidité flexionnelle par unité de longueur des poutres ; avec  $b_0 = 1.7m$

$b_0$  : l'entraxe des poutres longitudinales

$\rho_E = \frac{E \times I_E}{l_0}$  est la rigidité flexionnelle par unité de longueur des entretoises; avec

$l_0 = 1m$  : Une bande de 1 m de largeur

- $I_P$  est l'inertie moyenne de la poutre.
- $I_E$  est l'inertie moyenne de l'entretoise.
- $2b$  est la largeur active pour Guyon Massonnet.
- $L$  est la longueur de la poutre.
- $E$  module de Young

#### II-1-1-Calcul de l'inertie moyenne de la poutre

La poutre comprend trois sections avec inerties différentes, pour cela le calcul se fera en deux itérations.

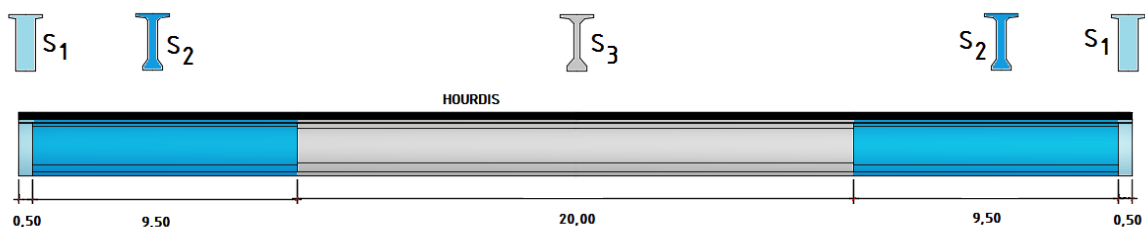


Figure II-1 : Répartition des sections d'une poutre.

### 1<sup>ère</sup> itération

$$I_{p1} = I_0 + \frac{8}{3\pi} \times (I_i - I_0); \text{ avec } I_i = 40412030.90 \text{ cm}^4 \text{ et } I_0 = 51705402.19 \text{ cm}^4$$

$$\text{Donc } I_{p1} = 42119291 \text{ cm}^4$$

### 2<sup>ème</sup> itération

$$I_p = I_{p1} + \frac{8}{3\pi} \times (I_m - I_{p1}); \text{ avec } I_m = 38323577.07 \text{ cm}^4$$

$$\text{Donc, } I_p = 38897389 \text{ cm}^4$$

## II-1-2-Calcul de l'inertie moyenne de l'entretoise

Notre pont ne comporte pas d'entretoise, ce qui amène à calculer l'inertie d'une bande de 1m de l'hourdis, puisque c'est l'hourdis qui va jouer le rôle d'entretoise.

$$I_E = I_D = \frac{100 \times 25^3}{12} = 130208.33 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \text{la rigidité flexionnelle par unité de longueur des poutres } \rho_P &= \frac{E \times I_p}{b_0} \\ &= 228808.170E \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{la rigidité flexionnelle par unité de longueur des entretoises } \rho_E &= \frac{E \times I_E}{l_0} \\ &= 1302.083E \end{aligned}$$

## II-1-3-Calcul de la largeur active du pont

Le pont est constitué de 8 poutres espacées de 1.7m,

$$2b = n \times b_0 = 8 \times 1.7 = 13.6 \text{ m avec } \begin{cases} n: \text{ le nombre de poutres} \\ b_0: \text{ l'entraxe entre poutres} \end{cases}$$

Le paramètre d'entretoisement est donc :

$$\theta = \frac{b}{L} \sqrt{\frac{\rho_P}{\rho_E}} = \frac{6.8}{40} \sqrt{\frac{228808.17E}{1302.0833E}}$$

$$\theta = 0.62$$

## II-2-Calcul de paramètre de torsion $\alpha$

Le paramètre de torsion est donné par

$$\alpha = \frac{\gamma_P + \gamma_E}{2\sqrt{\rho_P \rho_E}}$$

Avec

$\gamma_P = \frac{G \times \Gamma_P}{b_0}$  est la rigidité torsionnelle par unité de longueur des poutres;

avec  $b_0 = 1.7m$

$\gamma_E = \frac{G \times \Gamma_E}{l_0}$  est la rigidité torsionnelle par unité de longueur des entretoises;

avec  $l_0 = 1m$

- $\Gamma_P$  inertie de torsion de la poutre
- $\Gamma_E$  Inertie de torsion de l'entretoise
- $G$  module de cisaillement avec  $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$   $\nu$ : coefficient de poisson

### II-2-1-Calcul de l'inertie de torsion de la poutre

L'inertie de torsion d'un rectangle de longueur  $b$  et de hauteur  $h$  est

$$\Gamma = K_{b/h} \times b \times h^3$$

$K$  : coefficient prenant les valeurs suivantes en fonction du rapport  $b/h$  ;

Tableau II-1 : les valeurs de  $K_{b/h}$

b/h	1	1.2	1.5	1.75	2	2.25	2.5	3	4	5	10	>10
<b>K</b>	0.141	0.166	0.196	0.213	0.229	0.24	0.248	0.263	0.291	0.292	0.312	0.333

Pour l'âme des poutres,  $K$  est calculé avec une hauteur double de la hauteur réelle.

Pour l'hourdis la valeur de  $\Gamma$  à retenir n'est que la moitié de celle donnée par la formule générale

**Remarque :** pour pouvoir calculer l'inertie de torsion de la poutre, nous devons transformer la section de la poutre médiane à une section simplifiée composée d'ensemble de rectangle.

#### II-2-1-a-Calcul de la section simplifiée

La section de la table de compression est  $S=1740cm^2$

Soit  $b=120cm$  donc  $h=14.5cm$

La section du talon est  $S=1380\text{cm}^2$

Soit  $b=70\text{cm}$  donc  $h=19.71\text{cm}$

La section de l'âme est  $S=4560\text{cm}^2$

Soit  $b=165.79\text{cm}$  donc  $h=27.5\text{cm}$

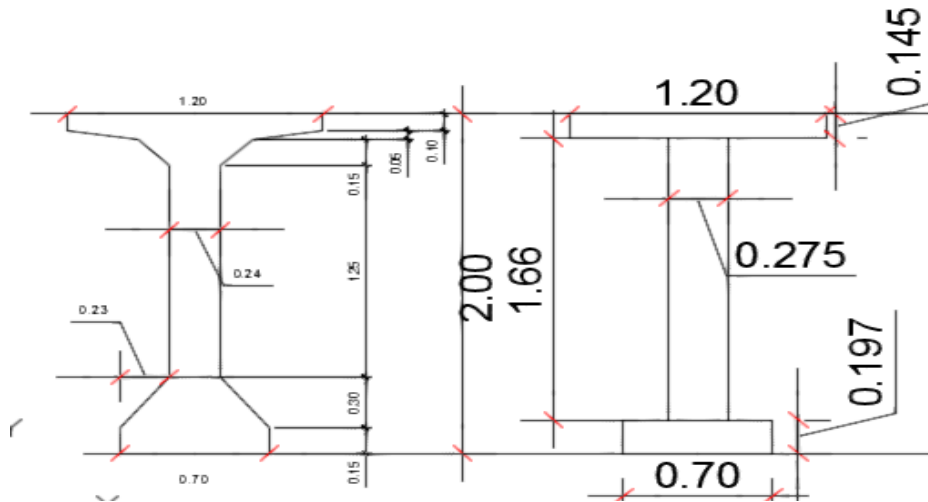


Figure II-2 : Section simplifiée

$$\Gamma_P = \frac{1}{3} [(70 \times 19.71^3) + (165.79 \times 27.5^3) + (120 \times 14.5^3) + \frac{1}{2} (170 \times 25^3)]$$

$$\Gamma_P = 1892621.806\text{cm}^4$$

$$\Gamma_E = 2 \times I_E = 260416.66\text{cm}^4$$

## II-2-2-Calcul de $\alpha$

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}, \text{ le coefficient de poisson etant null donc } G = \frac{E}{2}$$

$$\text{la rigidité torsionnelle par unité de longueur des poutres } \gamma_P = \frac{G \times \Gamma_P}{b_0}$$

$$= 5566.5347E$$

$$\text{la rigidité torsionnelle par unité de longueur des entretoises } \gamma_E = \frac{G \times \Gamma_E}{l_0}$$

$$= 1302.083E$$

Le paramètre de torsion est donc :

$$\alpha = \frac{\gamma_P + \gamma_E}{2\sqrt{\rho_P \rho_E}} = \frac{5566,5347E + 1302.083E}{2E\sqrt{1302.083 \times 228808.17}}$$

$$\alpha = 0.2$$

## II-3-Abscisses des fibres étudiées

Les abscisses sont comptées à partir de l'axe de la poutraison, cinq fibres théoriques sont définies dans la méthode de Guyon Massonnet avec les excentricités ( $e=0$  ;  $e=b/4$  ;  $e=b/2$  ;  $e=3b/4$  ;  $e=b$ )

Puis on place les différentes sections dans leurs positions actives :

Tableau II-2 : abscisses des fibres étudiées

poutres	Positions/axe( $e=0$ ) [m]	Positions actives
<b>I</b>	0.85	$b/8$
<b>II</b>	2.55	$3b/8$
<b>III</b>	4.25	$5b/8$
<b>IV</b>	5.95	$7b/8$

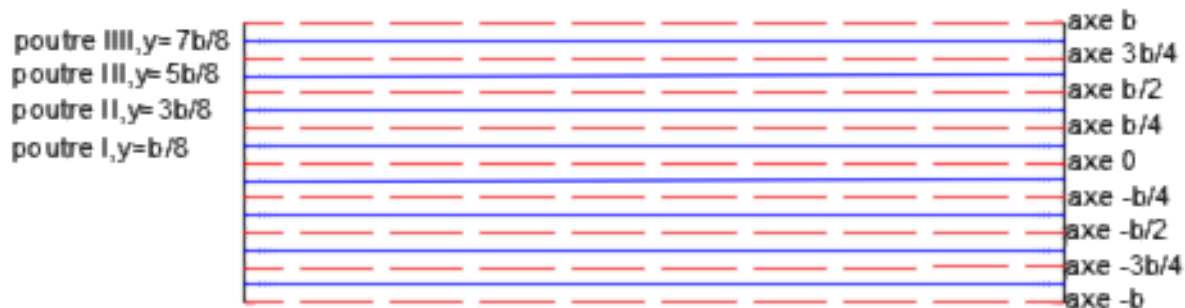


Figure II-3 : abscisses des poutres actives et des poutres réelles

## III-Répartition transversale des moments fléchissant

La répartition des moments fléchissant commence par le calcul de coefficient de répartition transversale K (réf : ALEXANDRE, S)

### III-1-Calcul de coefficient de répartition K

Le coefficient de répartition pour  $\alpha$  quelconque (dans notre cas  $\alpha=0.2$ ), l'interpolation n'est pas linéaire. Il est donné par la formule suivante :

$$\theta = 0.62 \rightarrow 0.1 \leq \theta \leq 1 \rightarrow K_{\alpha} = K_0 + (K_1 - K_0)\alpha^{(1-e^{\theta_0})} \text{ avec } \theta_0 = \frac{0.065 - \theta}{0.663}$$

K est un coefficient déterminé par les tableaux de Guyon Massonnet, il dépend de :

- La valeur de paramètre de torsion  $\alpha$
- La valeur de paramètre d'entretoisement  $\theta$
- L'excentricité de la charge  $e$
- L'ordonnée de la poutre considérée

Et il dépend aussi des coefficients  $K_1$  et  $K_0$ , qui sont donnés par les tables de Guyon Massonnet en fonction de  $\theta$ ,  $e$  et  $y$

$$\text{Pour } \alpha = 0 \rightarrow K_0$$

$$\text{Pour } \alpha = 1 \rightarrow K_1$$

Pour trouver les valeurs de  $K_0$  pour  $\theta = 0.62$ , on procède à une interpolation linéaire par rapport à  $\theta$ .

$$\text{Nous avons } \theta = 0.62 \rightarrow 0.60 \leq \theta \leq 0.65$$

La formule d'interpolation est :

$$K_0(\theta = 0,62) = 0,2 \times [K_0(\theta = 0,65) - K_0(\theta = 0,60)] + K_0(\theta = 0,60)$$

**Tableau III-1 : Les valeurs de coefficient  $K_0$  pour  $\Theta=0.62$**

$\frac{e}{y}$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,27186	0,667	1,04778	1,3638	1,50572	1,3638	1,04778	0,667	0,27186
b/4	-0,21772	0,1942	0,6077	1,0125	1,3638	1,55994	1,49838	1,29322	1,0501
b/2	-0,52274	-0,1645	0,20598	0,6077	1,04778	1,49838	1,88434	2,07332	2,20336
3b/4	-0,73612	-0,46048	-0,1645	0,1942	0,667	1,29322	2,07332	2,93312	3,75564
b	-0,92204	-0,74812	-0,52274	-0,21772	0,27186	1,0501	2,20336	3,75564	5,60232

Même chose pour  $K_1$ , on fait une interpolation linéaire par rapport à  $\theta$

La formule d'interpolation est :

$$K_1(\theta = 0,62) = 0,2 \times [K_1(\theta = 0,65) - K_1(\theta = 0,60)] + K_1(\theta = 0,60)$$

**Tableau III-2 : Les valeurs de coefficient  $K_1$  pour  $\Theta=0.62$**

$\frac{e}{y}$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,77208	0,87386	0,99836	1,13162	1,20508	1,13162	0,99836	0,87386	0,7722
b/4	0,55908	0,65886	0,7876	0,95242	1,13162	1,25438	1,23306	1,15304	1,07344
b/2	0,41386	0,50394	0,62324	0,7876	0,99836	1,23306	1,422	1,47784	1,48136
3b/4	0,31612	0,39618	0,50394	0,65886	0,87386	1,15304	1,47784	1,7878	2,00278
b	0,24446	0,31612	0,41386	0,55908	0,77208	1,07344	1,48136	2,00278	2,6124

Après avoir trouvée les valeurs des coefficients  $K_0$  et  $K_1$  pour  $\Theta=0.62$ , on procède à une interpolation non linéaire suivant  $\alpha$  pour calculer les valeurs de coefficient  $K_{0,2}$  ;

$$K_\alpha = K_0 + (K_1 - K_0)\alpha(1 - e^{\theta_0}) \text{ avec } \theta_0 = \frac{0.065 - \theta}{0.663}$$

$$K_\alpha = K_0 + 0.4(K_1 - K_0)$$

**Tableau III-3 : Les valeurs de coefficient  $K_{0,2}$  pour  $\Theta=0.62$**

e y	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,471948	0,749744	1,028012	1,270928	1,385464	1,270928	1,028012	0,749744	0,471996
b/4	0,093	0,380064	0,67966	0,988468	1,270928	1,437716	1,392252	1,237148	1,059436
b/2	-0,1481	0,102876	0,372884	0,67966	1,028012	1,392252	1,699404	1,835128	1,91456
3b/4	-0,315224	-0,117816	0,102876	0,380064	0,749744	1,237148	1,835128	2,474992	3,054496
b	-0,45544	-0,322424	-0,1481	0,093	0,471948	1,059436	1,91456	3,054496	4,406352

### III-2-Dessin des lignes d'influence de coefficient $K_{0,2}$ pour chaque poutre

Pour le calcul des valeurs de  $K_{0,2}$  pour chaque poutre, on fait une interpolation linéaire suivant y :

Nous obtiendrons ainsi :

$$\text{poutre I ; } K\left(\frac{b}{8}\right) = 0.5 \left[ K(0) + K\left(\frac{b}{4}\right) \right] ; \text{ poutre II ; } K\left(\frac{3b}{8}\right) = 0.5 \left[ K\left(\frac{b}{4}\right) + K\left(\frac{b}{2}\right) \right]$$

$$\text{poutre III ; } K\left(\frac{5b}{8}\right) = 0.5 \left[ K\left(\frac{b}{2}\right) + K\left(\frac{3b}{4}\right) \right] ; \text{ poutre IV ; } K\left(\frac{7b}{8}\right) = 0.5 \left[ K\left(\frac{3b}{4}\right) + K(b) \right]$$

**Tableau III-4 : Les valeurs de coefficient  $K_{0,2}$  ( $\Theta=0.62$ ) pour les poutres**

	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
POUTRE I	0,282474	0,564904	0,853836	1,129698	1,328196	1,354322	1,210132	0,993446	0,765716
POUTRE II	-0,02755	0,24147	0,526272	0,834064	1,14947	1,414984	1,545828	1,536138	1,486998
POUTRE III	-0,231662	-0,00747	0,23788	0,529862	0,888878	1,3147	1,767266	2,15506	2,484528
POUTRE IV	-0,385332	-0,22012	-0,022612	0,236532	0,610846	1,148292	1,874844	2,764744	3,730424

### III-2-1-Ligne d'influence de la poutre I

Les valeurs trouvées de K sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de K.

Tableau III-5 : Les valeurs de coefficient  $K_{0,2}$  ( $\Theta=0.62$ ) pour la poutre I

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE I</b>	0,282474	0,564904	0,853836	1,129698	1,328196	1,354322	1,210132	0,993446	0,765716
<b>arrondies</b>	0,28	0,56	0,85	1,13	1,33	1,35	1,21	0,99	0,77

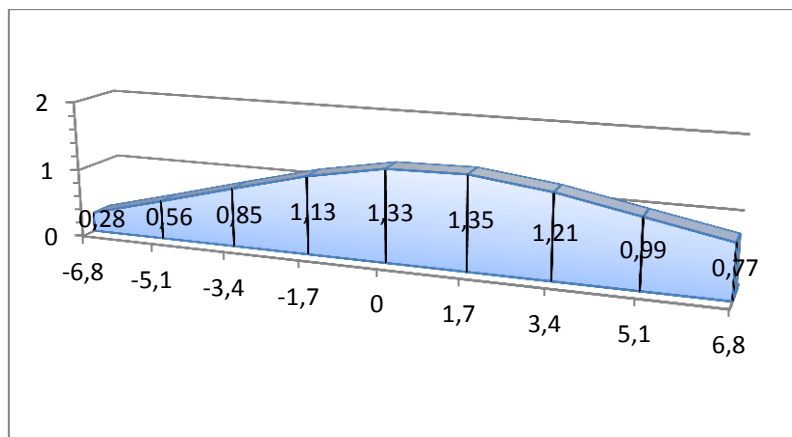


Figure III-1 : Ligne d'influence de K pour la poutre N° I

### III-2-2-Ligne d'influence de la poutre II

Les valeurs trouvées de K sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de k.

Tableau III-6 : Les valeurs de coefficient  $K_{0,2}$  ( $\Theta=0.62$ ) pour la poutre II

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE II</b>	-0,02755	0,24147	0,526272	0,834064	1,14947	1,414984	1,545828	1,536138	1,486998
<b>arrondies</b>	-0,03	0,24	0,53	0,83	1,15	1,41	1,55	1,54	1,49



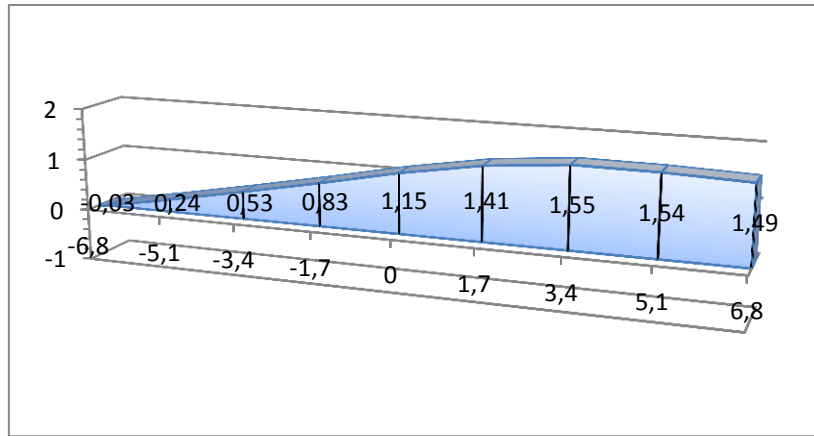


Figure III-2 : Ligne d'influence de K pour la poutre N° II

### III-2-3-Ligne d'influence de la poutre III

Les valeurs trouvées de K sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de K.

Tableau III-7: Les valeurs de coefficient  $K_{0,2}$  ( $\Theta=0.62$ ) pour la poutre III

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE III</b>	-0,231662	-0,00747	0,23788	0,529862	0,888878	1,3147	1,767266	2,15506	2,484528
<b>arrondies</b>	-0,23	-0,01	0,24	0,53	0,89	1,31	1,77	2,16	2,48

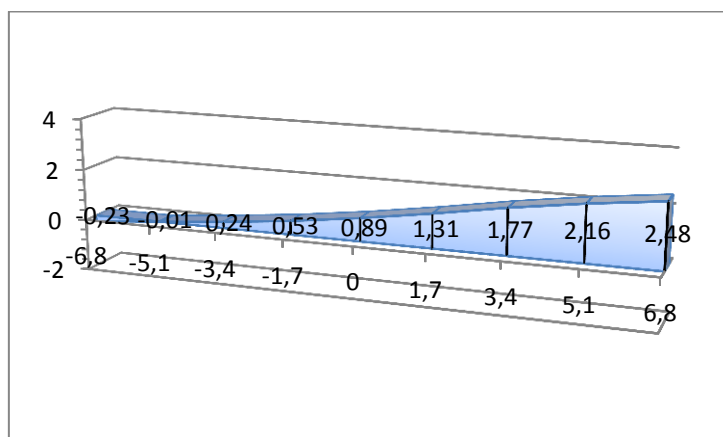


Figure III-3 : Ligne d'influence de K pour la poutre N° III

### III-2-4-Ligne d'influence de la poutre IV

Les valeurs trouvées de K sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de K.

Tableau III-8: Les valeurs de coefficient  $K_{0,2}$  ( $\Theta=0.62$ ) pour la poutre IV

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE III</b>	-0,385332	-0,22012	-0,022612	0,236532	0,610846	1,148292	1,874844	2,764744	3,730424
<b>arrondies</b>	-0,39	-0,22	-0,02	0,24	0,61	1,15	1,87	2,76	3,73

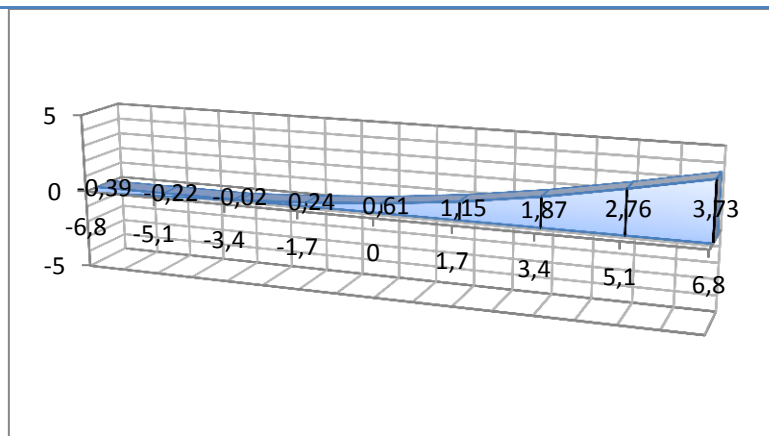


Figure III-4 : Ligne d'influence de K pour la poutre N° IV

### III-3-Coefficient de répartition transversale pour chaque chargement

Cette étape consiste à positionner les charges dans les positions les plus défavorables par rapport aux lignes d'influences, afin de calculer le coefficient de répartition pour chaque chargement.

#### III-3-1-Cas de charges localisées

On calcule des ordonnées  $K_i$  de la ligne d'influence de  $K_{0,2}$  sous chaque charge, le coefficient  $K_{0,2}$  sera obtenu par la formule suivante :

$$K_{\alpha} = \frac{\sum_i P_i K_i}{\sum_i P_i}$$

Dans le sens transversal, les  $P_i$  ont même valeur, la formule devient :

$$K_{\alpha} = \frac{\sum_i K_i}{m} ; \text{ avec } \begin{cases} m : \text{nombre de files de roues} \\ K_i : \text{la valeur de K dans la } i^{\text{ème}} \end{cases}$$

Le calcul ordonnées  $Y_i$  est fait à l'aide de logiciel AUTOCAD 2016.(voir annexes)

### III-3-1-a-Charge Bc

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge Bc

**Tableau III-9: K pour la charge Bc**

		Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
4voies chargées	K1	0.83	1.51	2.33	3.27
	K2	1.15	1.54	1.91	2.18
	K3	1.21	1.55	1.79	1.92
	K4	1.34	1.38	1.26	1.09
	K5	1.35	1.30	1.14	0.93
	K6	1.2	0.96	0.68	0.39
	K7	1.13	0.87	0.57	0.28
	K8	0.87	0.51	0.23	-0.032
	<b>K(Bc)</b>	<b>1.14</b>	<b>1.2</b>	<b>1.24</b>	<b>1.25</b>

### III-3-1-b-Charge Bt

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge Bt

**Tableau III-10: K pour la charge Bt**

		Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
2 voies chargées	K1	1.18	1.51	2.33	3.27
	K2	1.338	1.55	1.91	2.18
	K3	1.35	1.52	1.66	1.67
	K4	1.17	1.3	1.14	0.93
	<b>K(Bt)</b>	<b>1.26</b>	<b>1.47</b>	<b>1.76</b>	<b>2.01</b>

### III-3-1-c-Charge Br

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge Br

**Tableau III-11: K pour la charge Br**

	Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
<b>K<sub>(Br)</sub></b>	<b>1.35</b>	<b>1.55</b>	<b>2.33</b>	<b>3.27</b>

### III-3-2-Cas de charge uniformément réparties dans les sens transversal

On calcul les aires des lignes d'influences de  $K_{0,2}$  sur la largeur chargée, on aura :

$$K_{\alpha} = \frac{\Delta}{l}$$

Avec,  $\Delta$  : aire d'influence et  $l$  : largeur chargée

Le calcul des aires d'influences est fait à l'aide de logiciel AUTOCAD 2016.(voir annexes)

### III-3-2-a-Charges AL (qui est une charge répartie sur toute la largeur chargeable du pont)

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge  $A_L$

**Tableau III-12: K pour la charge AL**

4 voies chargées			
	Surface chargée	Longueur chargée	$K(AL)$
Poutre I	12.575	12	<b>1.05</b>
Poutre II	12.34	12	<b>1.03</b>
Poutre III	11.91	12	<b>1</b>
Poutre IV	11.18	12	<b>0.93</b>

### III-3-2-b-Charge Mc120

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge  $M_{C120}$

**Tableau III-13 : K pour la charge Mc120**

1 voie chargée			
	Surface chargée	Longueur chargée	$K_{(Mc120)}$
Poutre I	2.53	2	<b>1.27</b>
Poutre II	2.98	2	<b>1.49</b>
Poutre III	3.68	2	<b>1.84</b>
Poutre IV	4.35	2	<b>2.175</b>

### III-3-2-c-Charge D240

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge  $D_{240}$

**Tableau III-14: K pour la charge D240**

1 voie chargée			
	Surface chargée	Longueur chargée	$K_{(D240)}$
Poutre I	4.21	3.2	<b>1.36</b>
Poutre II	4.92	3.2	<b>1.54</b>
Poutre III	6.37	3.2	<b>1.99</b>
Poutre IV	7.7	3.2	<b>2.40</b>

### III-4-répartition des moments fléchissant

Après calcul de coefficient de répartition pour chaque chargement, on multiplie ce coefficient par les moments fléchissant trouvés dans le sens longitudinal.

Tableau III-15: Tableau des moments à L/2

Charges et surcharges		Moment fléchissant Max/poutre (KN.m)	Poutre I		Poutre II		Poutre III		Poutre IV	
			K	M (KN.m)	K	M (KN.m)	K	M (KN.m)	K	M (KN.m)
Charges permanentes		7368,83	1	7368,83	1	7368,83	1	7368,83	1	7368,83
Système de Charge AL	4 voies chargées	2421,7275	1.05	2542,81	1.03	2494,38	1	2421,73	0,93	2252,21
Système de charge B	B <sub>c</sub> 4 files	1920,3125	1.14	2189,16	1.2	2304,38	1,24	2381,19	1,25	2400,39
	B <sub>i</sub> 2 tandems	976,615	1.26	1230,53	1.47	1435,63	1,76	1718,84	2,01	1963
	B <sub>r</sub>	130,74	1.35	176,49	1.55	202,645	2,33	304,62	3,27	427,51
Charges militaires	Mc120	1343,9525	1.27	1706,82	1.49	2002,49	1,84	2472,87	2,175	2923,10
Convois exceptionnels	D240	2302,5	1.36	3131,4	1.54	3545,85	1,99	4581,98	2,4	5526

Tableau III-16 : Tableau des moments à L/4

Charges et surcharges		Moment à ((L/4)) /poutre (KN.m)	Poutre I		Poutre II		Poutre III		Poutre IV	
			K	M (KN.m)	K	M (KN.m)	K	M (KN.m)	K	M (KN.m)
Charges permanentes		5528.066	1	5528.066	1	5528.066	1	5528.066	1	5528.066
Système de Charge AL	4 voies chargées	2421.747	1.05	2542.83	1.03	2494.4	1	2421.747	0,93	2252.22
Système de charge B	B <sub>c</sub> 4 files	1491.786	1.14	1700.64	1.2	1790.14	1,24	1849.81	1,25	1864.73
	B <sub>i</sub> 2 tandems	740.7495	1.26	933.34	1.47	1088.9	1,76	1303.72	2,01	1488.9
	B <sub>r</sub>	98.0344	1.35	132.35	1.55	151.95	2,33	228.42	3,27	320.57
Charges militaires	Mc120	1006.215	1.27	1277.89	1.49	1499.26	1,84	1851.44	2,175	2188.52
Convois exceptionnels	D240	1726.5155	1.36	2348.06	1.54	2658.83	1,99	3435.76	2,4	4143.64

### IV-Répartition transversale des efforts tranchants

La répartition des efforts tranchants se fait de la même manière que pour les moments fléchissant, en calculant le coefficient de répartition transversale, les valeurs de ce dernier se diffèrent entre la section sur appuis et la section courante.

#### IV-1-Détermination de $\epsilon_\alpha$ et $\epsilon'_\alpha$

Pour  $\alpha$  quelconque (dans notre cas  $\alpha=0.2$ ), l'interpolation n'est pas linéaire. Elle est donnée par les relations suivantes ;

**En section sur appui :**  $\varepsilon'_\alpha = \varepsilon_0 + (\varepsilon'_1 - \varepsilon_0) \times \alpha$

**En section courante :**  $\varepsilon_\alpha = \varepsilon_0 + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) \times \alpha$  si  $|Y| + |e| \leq \frac{3b}{4}$

$$\varepsilon_\alpha = \varepsilon_0 + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) \times \sqrt{\alpha} \quad \text{Si } |Y| + |e| > \frac{3b}{4}$$

$\xi$  est un coefficient déterminée à partir des tableaux de Guyon Massonnet (**voir annexe**), il dépend de

- La valeur de paramètre de torsion  $\alpha$
- La valeur de paramètre d'entretoisement  $\theta$
- L'excentricité de la charge  $e$
- L'ordonnée de la poutre considérée

Il dépend aussi de  $\varepsilon_0$  et  $\varepsilon_1$  qui sont donnés par les tables de Guyon Massonnet en fonction de  $e$  et  $y$ , pour des valeurs de  $\theta$  allons de 0.3 à 1.1 (**voir annexe**)

Pour trouver les valeurs de  $\varepsilon_0$  dans le cas où  $\theta = 0.62$ , On procède à une interpolation linéaire par rapport à  $\theta$  entre les valeurs de  $y$  données dans les tableaux de Guyon-Massonnet.

Nous avons  $\theta = 0.62 \rightarrow 0.60 \leq \theta \leq 0.70$

**Tableau IV-1: Les valeurs de coefficient  $\xi_0$  pour  $\Theta=0.62$**

Y	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,043307	0,106106	0,16669	0,217087	0,239782	0,217087	0,16669	0,106106	0,043307
b/4	-0,03444	0,030908	0,096568	0,16099	0,217087	0,248487	0,239409	0,20576	0,166882
b/2	-0,68363	-0,02576	0,032678	0,096568	0,16669	0,238609	0,298229	0,329982	0,352457
3b/4	-0,11716	-0,07326	-0,02616	0,030908	0,106106	0,20576	0,329982	0,466887	0,597687
b	-0,147	-0,11716	-0,08301	-0,03444	0,043307	0,144511	0,350297	0,595707	0,892496

De même, pour trouver les valeurs de  $\varepsilon_1$  dans le cas où  $\theta = 0.62$ , On procède à une interpolation linéaire par rapport à  $\theta$  entre les valeurs de  $y$  données dans les tableaux de Guyon-Massonnet.

Tableau IV-2 : Les valeurs de coefficient  $\xi_1$  pour  $\Theta=0.62$

$\frac{e}{y}$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,063666	0,095493	0,140463	0,212871	0,332195	0,212867	0,140463	0,095493	0,063656
b/4	0,043673	0,064245	0,093198	0,139475	0,216251	0,338076	0,221761	0,149801	0,098971
b/2	0,034133	0,048427	0,068401	0,099861	0,150249	0,23043	0,35705	0,240406	0,158193
3b/4	0,032731	0,044188	0,060016	0,084318	0,121838	0,178074	0,26413	0,371601	0,255822
b	0,039117	0,0505	0,06601	0,089046	0,122845	0,170701	0,235569	0,318612	0,415845

Tableau IV-3 : Les valeurs de coefficient  $\xi'_1$  pour  $\Theta=0.62$

$\frac{e}{y}$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,004487	0,051964	0,12207	0,245546	0,472466	0,245586	0,12207	0,051964	0,004647
b/4	0,001495	0,023612	0,061059	0,12738	0,249953	0,476406	0,24728	0,116251	0,027239
b/2	0,002257	0,016477	0,037573	0,074385	0,141641	0,26462	0,487749	0,245685	0,080818
3b/4	0,01496	0,025177	0,039742	0,063758	0,104655	0,174425	0,293133	0,494704	0,193031
b	0,039117	0,0505	0,06601	0,089046	0,122845	0,170704	0,235569	0,318612	0,415845

Après avoir trouvée les valeurs des coefficients  $\xi_0$ ,  $\xi_1$  et  $\xi'_1$  pour  $\Theta=0.62$ , on procède à une interpolation non linéaire suivant  $\alpha$  pour calculer les valeurs des coefficient  $\xi'_{0.2}$  et  $\xi_{0.2}$ ;

**En section sur appui :**  $\varepsilon'_{0.2} = \varepsilon_0 + (\varepsilon'_1 - \varepsilon_0) \times 0.2$

**En section courante :**  $\varepsilon_{0.2} = \varepsilon_0 + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) \times 0.2$  si  $|Y| + |e| \leq \frac{3b}{4}$

$$\varepsilon_{0.2} = \varepsilon_0 + (\varepsilon_1 - \varepsilon_0) \times \sqrt{0.2} \quad \text{si } |Y| + |e| > \frac{3b}{4}$$

Tableau IV-4 : Les valeurs de coefficient  $\xi_{0.2}$  pour  $\Theta=0.62$  (section courante)

$\frac{e}{y}$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,052408	0,103983	0,161445	0,216244	0,258265	0,216243	0,161445	0,103983	0,052403
b/4	0,000475	0,04581	0,095894	0,156687	0,21692	0,266405	0,235879	0,180746	0,136526
b/2	-0,36279	0,007404	0,048646	0,097227	0,163402	0,236973	0,324522	0,289941	0,265621
3b/4	-0,05016	-0,02076	0,012363	0,054782	0,109252	0,193384	0,300546	0,424294	0,444873
b	-0,06381	-0,04222	-0,0164	0,020756	0,078861	0,156218	0,299014	0,471846	0,679433

Tableau IV-5 : Les valeurs de coefficient  $\xi'_{0,2}$  pour  $\Theta=0.62$  (section sur appuis)

$\frac{e}{y}$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,035543	0,095278	0,157766	0,222779	0,286319	0,222787	0,157766	0,095278	0,035575
b/4	-0,02726	0,029449	0,089466	0,154268	0,22366	0,294071	0,240983	0,187858	0,138953
b/2	-0,54645	-0,01731	0,033657	0,092131	0,16168	0,243811	0,336133	0,313123	0,298129
3b/4	-0,09074	-0,05357	-0,01298	0,037478	0,105816	0,199493	0,322612	0,472451	0,516756
b	-0,10978	-0,08363	-0,05321	-0,00975	0,059215	0,14975	0,327351	0,540288	0,797166

## IV-2-Dessin des lignes d'influence de coefficient $\xi'_{0,2}$ pour chaque poutre

Pour le calcul des valeurs de  $\xi'_{0,2}$  pour chaque poutre, on fait une interpolation suivant y,

Nous obtiendrons ainsi :

$$\text{poutre I ; } \varepsilon' \left( \frac{b}{8} \right) = 0.5 \left[ \varepsilon'(0) + \varepsilon' \left( \frac{b}{4} \right) \right]$$

$$\text{poutre II ; } \varepsilon' \left( \frac{3b}{8} \right) = 0.5 \left[ \varepsilon' \left( \frac{b}{4} \right) + \varepsilon' \left( \frac{b}{2} \right) \right]$$

$$\text{poutre III ; } \varepsilon' \left( \frac{5b}{8} \right) = 0.5 \left[ \varepsilon' \left( \frac{b}{2} \right) + \varepsilon' \left( \frac{3b}{4} \right) \right]$$

$$\text{poutre IV ; } \varepsilon' \left( \frac{7b}{8} \right) = 0.5 \left[ \varepsilon' \left( \frac{3b}{4} \right) + \varepsilon'(b) \right]$$

Tableau IV-6 : Les valeurs de coefficient  $\xi'_{0,2}$  ( $\Theta=0.62$  ; section sur appui) pour les poutres

	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
POUTRE I	0,00414386	0,06236324	0,12361628	0,188523	0,25498934	0,25842854	0,199375	0,141568	0,087264
POUTRE II	-0,28685474	0,00607	0,06156172	0,1232	0,1926701	0,26894092	0,288558	0,25049	0,218541
POUTRE III	-0,31859544	-0,0354414	0,01034058	0,064805	0,13374808	0,22165208	0,329373	0,392787	0,407442
POUTRE IV	-0,10025856	-0,0686014	-0,0330929	0,013866	0,08251534	0,17462131	0,324982	0,506369	0,656961



### IV-2-1-Ligne d'influence de $\xi'_{0,2}$ pour la poutre I

Les valeurs trouvées de  $\xi'$  sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de  $\xi$ .

Tableau IV-7 :  $\xi'_{0,2}$  pour la poutre I

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE I</b>	0,00414386	0,06236324	0,12361628	0,188523	0,25498934	0,25842854	0,199375	0,141568	0,087264
<b>arrondies</b>	0	0,06	0,12	0,19	0,25	0,26	0,2	0,14	0,09

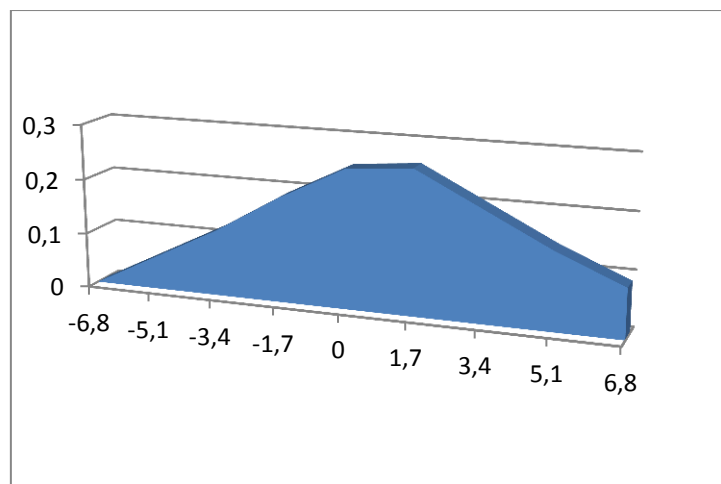


Figure IV-1 : ligne d'influence de  $\xi'_{0,2}$  pour la poutre I

### IV-2-2-Ligne d'influence de $\xi'_{0,2}$ pour la poutre II

Les valeurs trouvées de  $\xi'$  sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de  $\xi$

Tableau IV-8 :  $\xi'_{0,2}$  pour la poutre II

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE II</b>	-0,2868547	0,00607	0,06156172	0,1232	0,1926701	0,26894092	0,288558	0,25049	0,218541
<b>arrondies</b>	-0,29	0,01	0,06	0,12	0,19	0,27	0,29	0,25	0,22

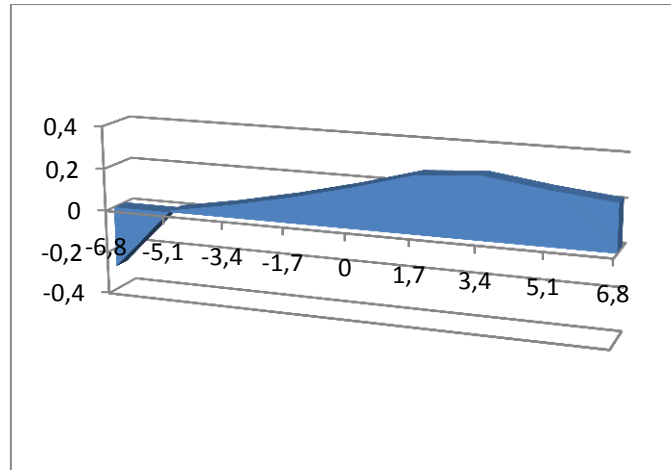


Figure IV-2 : Ligne d'influence de  $\xi'_{0,2}$  pour la poutre II

### IV-2-3-Ligne d'influence de $\xi'_{0,2}$ pour la poutre III

Les valeurs trouvées de  $\xi'$  sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de  $\xi$

Tableau IV-9 :  $\xi'_{0,2}$  pour la poutre III

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE III</b>	-0,3185954	-0,0354414	0,01034058	0,064805	0,13374808	0,22165208	0,329373	0,392787	0,407442
<b>arrondies</b>	-0,32	-0,04	0,01	0,06	0,13	0,22	0,33	0,39	0,41

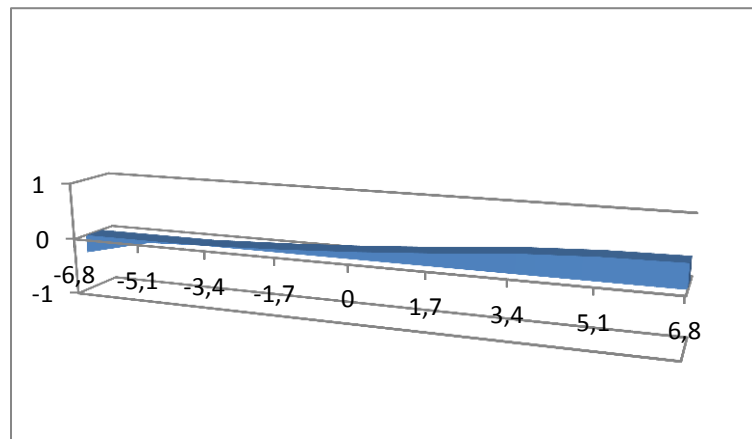


Figure IV-3 : ligne d'influence de  $\xi'_{0,2}$  pour la poutre III

### IV-2-4-Ligne d'influence de $\xi'_{0,2}$ pour la poutre IV

Les valeurs trouvées de  $\xi'$  sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de  $\xi$

Tableau IV-10 :  $\xi'_{0,2}$  pour la poutre IV

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE IV</b>	-0,1002585	-0,0686014	-0,0330929	0,013866	0,08251534	0,17462131	0,324982	0,506369	0,656961
<b>arrondies</b>	-0,1	-0,07	-0,03	0,01	0,08	0,17	0,32	0,51	0,66

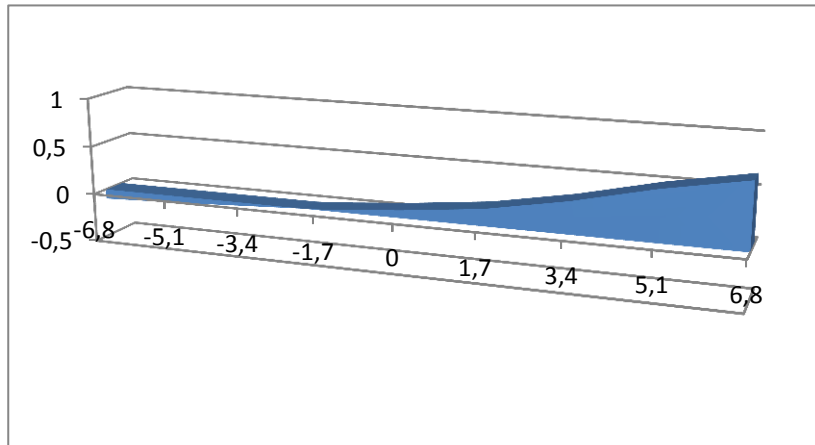


Figure IV-4 : ligne d'influence de  $\xi'_{0,2}$  pour la poutre IV

### IV-3-Dessin des lignes d'influence de coefficient $\xi_{0,2}$ pour chaque poutre

Pour le calcul des valeurs de de  $\xi_{0,2}$  pour chaque poutre, on fait une interpolation suivant y,

Nous obtiendrons ainsi :

$$\text{poutre I ; } \varepsilon\left(\frac{b}{8}\right) = 0.5\left[\varepsilon(0) + \varepsilon\left(\frac{b}{4}\right)\right]$$

$$\text{poutre II ; } \varepsilon\left(\frac{3b}{8}\right) = 0.5\left[\varepsilon\left(\frac{b}{4}\right) + \varepsilon\left(\frac{b}{2}\right)\right]$$

$$\text{poutre III ; } \varepsilon\left(\frac{5b}{8}\right) = 0.5\left[\varepsilon\left(\frac{b}{2}\right) + \varepsilon\left(\frac{3b}{4}\right)\right]$$

$$\text{poutre IV ; } \varepsilon\left(\frac{7b}{8}\right) = 0.5\left[\varepsilon\left(\frac{3b}{4}\right) + \varepsilon(b)\right]$$

Tableau IV-11 : Les valeurs de coefficient  $\xi_{0,2}$  ( $\Theta=0.62$  ; section courante) pour les poutres

	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
POUTRE I	0,026441297	0,0748966	0,12866948	0,186465	0,23759218	0,24132366	0,198662	0,142365	0,094465
POUTRE II	-0,181157918	0,026607075	0,07227016	0,126957	0,19016078	0,25168898	0,280201	0,235344	0,201073
POUTRE III	-0,206475161	-0,00667861	0,03050466	0,076005	0,13632722	0,21517887	0,312534	0,357118	0,355247
POUTRE IV	-0,056983939	-0,03148910	-0,0020187	0,037769	0,09405657	0,17480126	0,29978	0,44807	0,562153

### IV-3-1-Ligne d'influence de $\xi_{0,2}$ pour la poutre I

Les valeurs trouvées de  $\xi$  sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de  $\xi$ .

Tableau IV-12 :  $\xi_{0,2}$  pour la poutre I

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
POUTRE I	0,026441297	0,0748966	0,12866948	0,186465	0,23759218	0,24132366	0,198662	0,142365	0,094465
arrondies	0,03	0,07	0,13	0,19	0,24	0,24	0,2	0,14	0,09

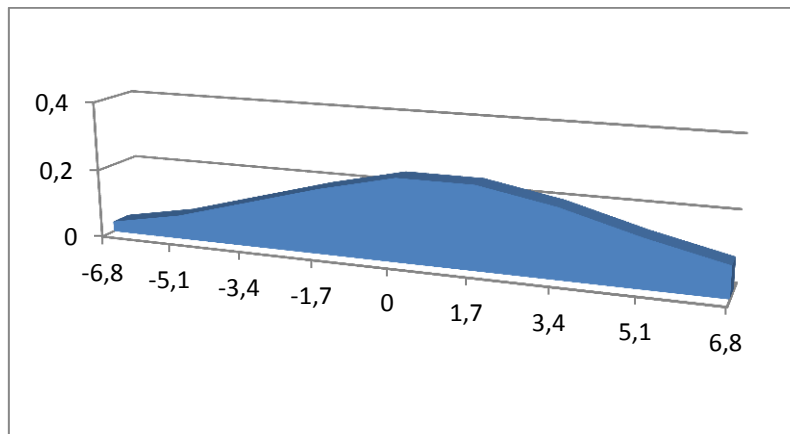


Figure IV-5 : ligne d'influence de  $\xi_{0,2}$  pour la poutre I

### IV-3-2-Ligne d'influence de $\xi_{0,2}$ pour la poutre II

Les valeurs trouvées de  $\xi$  sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de  $\xi$

Tableau IV-13 :  $\xi_{0,2}$  pour la poutre II

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE II</b>	-0,18115791	0,026607075	0,07227016	0,126957	0,19016078	0,25168898	0,280201	0,235344	0,201073
<b>arrondies</b>	-0,18	0,03	0,07	0,13	0,19	0,25	0,28	0,24	0,2

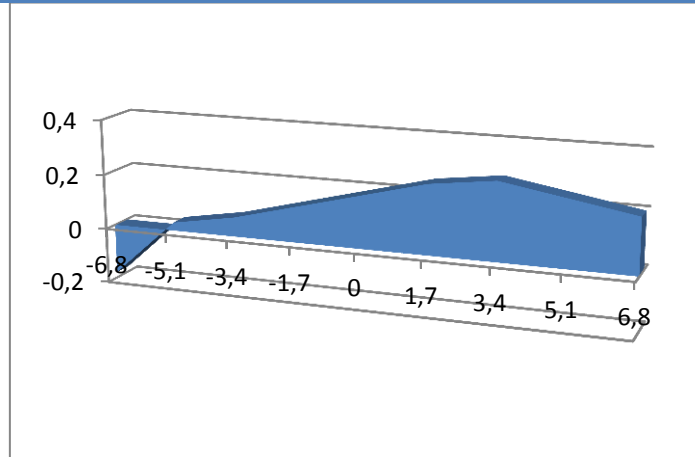


Figure IV-6 : ligne d'influence de  $\xi_{0,2}$  pour la poutre II

### IV-3-3-Ligne d'influence de $\xi_{0,2}$ pour la poutre III

Les valeurs trouvées de  $\xi$  sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de  $\xi$

Tableau IV-14 :  $\xi_{0,2}$  pour la poutre III

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE III</b>	-0,2064751	-0,0066786	0,03050466	0,076005	0,13632722	0,21517887	0,312534	0,357118	0,355247
<b>arrondies</b>	-0,21	-0,01	0,03	0,08	0,14	0,22	0,31	0,36	0,36

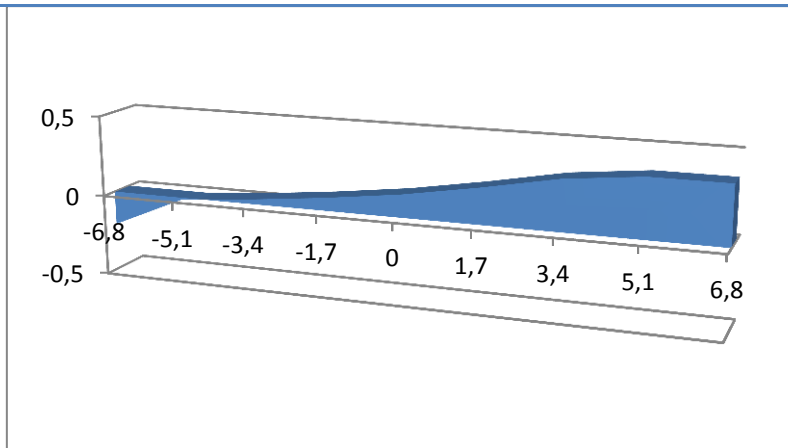


Figure IV-7 : ligne d'influence de  $\xi_{0,2}$  pour la poutre III

### IV-3-4-Ligne d'influence de $\xi_{0,2}$ pour la poutre IV

Les valeurs trouvées de  $\xi$  sont arrondies à 2 chiffres après la virgule pour qu'on puisse tracer la courbe de  $\xi$

Tableau IV-15 :  $\xi_{0,2}$  pour la poutre IV

e	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
<b>POUTRE IV</b>	-0,0569839	-0,0314891	-0,0020187	0,037769	0,09405657	0,17480126	0,29978	0,44807	0,562153
<b>arrondies</b>	-0,06	-0,03	0	0,04	0,09	0,17	0,3	0,45	0,56

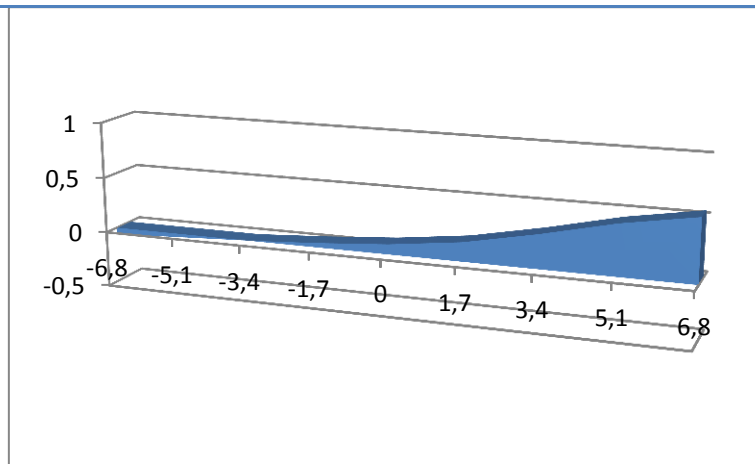


Figure IV-8 : ligne d'influence de  $\xi_{0,2}$  pour la poutre IV

### IV-4-Coefficient de répartition transversale pour chaque chargement

Après le dessin des lignes d'influences pour le coefficient de répartition, on positionne les surcharges dans les positions les plus défavorables par rapport aux lignes d'influences.

#### Cas de charges localisées

On calcule des ordonnées  $\xi_i$  de la ligne d'influence de  $\xi_{0,2}$  sous chaque charge, le coefficient  $\xi_{0,2}$  sera obtenu par la formule suivante,

$$\epsilon_{\alpha} = \frac{\sum_i P_i \xi_i}{\sum_i P_i} \text{ avec } \begin{cases} P_i: \text{ la charge dans la } i^{\text{ème}} \text{ position} \\ \xi_i: \text{ l'ordonnée de la } i^{\text{ème}} \text{ position} \end{cases}$$

Dans le sens transversal, les  $P_i$  ont même valeur, la formule devient,

$$\epsilon_{\alpha} = \frac{\sum_i \xi_i}{m} ; \text{ avec } m : \text{ nombre de files de roues.}$$

## Cas de charge uniformément réparties dans les sens transversal

On calcule les aires des lignes d'influence de  $\xi_{0.2}$  sur la largeur chargée, on aura :

$$\epsilon_{\alpha} = \frac{\Delta}{l}$$

Avec,  $\Delta$  : aire d'influence et  $l$  : largeur chargée

Le calcul des aires d'influences et les ordonnées  $Y_i$  est fait à l'aide de logiciel AUTOCAD 2016.

### IV-4-1-Section sur appui

#### IV-4-1-a-Charges AL

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge  $A_L$ .

Tableau IV-16 :  $\xi'$  pour la charge AL

4 voies chargées			
	Surface chargée	Longueur chargée	$\xi'(AL)$
Poutre I	2.058	12	<b>0.17</b>
Poutre II	2.015	12	<b>0.17</b>
Poutre III	1.84	12	<b>0.153</b>
Poutre IV	1.77	12	<b>0.147</b>

#### IV-4-1-b-Charge Bc

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge Bc

Tableau IV-17 :  $\xi'$  pour la charge Bc

		Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
4voies chargées	$\xi'1$	0.15	0.06	0.007	-0.001
	$\xi'2$	0.19	0.13	0.07	0.04
	$\xi'3$	0.21	0.15	0.09	0.06
	$\xi'4$	0.25	0.24	0.18	0.14
	$\xi'5$	0.26	0.26	0.21	0.16
	$\xi'6$	0.19	0.29	0.33	0.31
	$\xi'7$	0.18	0.27	0.35	0.35
	$\xi'8$	0.11	0.22	0.4	0.51
	$\xi'$ (Bc)	<b>0.193</b>	<b>0.203</b>	<b>0.205</b>	<b>0.196</b>

#### IV-4-1-c-Charge Bt

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge Bt.

Tableau IV-18 :  $\xi'$  pour la charge Bt

		Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
2 voies chargées	$\xi'1$	0.2	0.21	0.18	0.14
	$\xi'2$	0.25	0.28	0.3	0.25
	$\xi'3$	0.26	0.29	0.35	0.35
	$\xi'4$	0.19	0.24	0.4	0.51
	$\xi'$ (Bt)	<b>0.225</b>	<b>0.255</b>	<b>0.308</b>	<b>0.313</b>

#### IV-4-1-d-Charge Br

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge Br.

Tableau IV-19 :  $\xi'$  pour la charge Br

	Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
$\xi'$ (Br)	<b>0.26</b>	<b>0.29</b>	<b>0.4</b>	<b>0.51</b>

#### IV-4-1-e-Charge Mc120

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge  $M_{C120}$

Tableau IV-20 :  $\xi'$  pour la charge Mc120

	1 voie chargée		
	Surface chargée	Longueur chargée	$\xi'$ (Mc120)
Poutre I	0.46	2	<b>0.23</b>
Poutre II	0.51	2	<b>0.255</b>
Poutre III	0.65	2	<b>0.325</b>
Poutre IV	0.80	2	<b>0.4</b>

#### IV-4-1-f-Charge D240

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge  $D_{240}$ .

Tableau IV-21 :  $\xi'$  pour la charge D240

	1 voie chargée		
	Surface chargée	Longueur chargée	$\xi'$ (D240)
Poutre I	0.78	3.2	<b>0.244</b>
Poutre II	0.88	3.2	<b>0.275</b>
Poutre III	1.15	3.2	<b>0.36</b>
Poutre IV	1.23	3.2	<b>0.384</b>



## IV-4-2-Section courante

Le calcul se fait de la même manière que la section sur appuis.

### IV-4-2-a-Charges AL

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge  $A_L$ .

Tableau IV-22 :  $\xi$  pour la charge AL

	4 voies chargées		
	Surface chargée	Longueur chargée	$\xi$ (AL)
Poutre I	2.05	12	<b>0.171</b>
Poutre II	2.01	12	<b>0.175</b>
Poutre III	1.9	12	<b>0.158</b>
Poutre IV	1.73	12	<b>0.144</b>

### IV-4-2-b-Charge Bc

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge Bc.

Tableau IV-23 :  $\xi$  pour la charge Bc

		Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
4voies chargées	$\xi_1$	0.12	0.06	0.03	-0.03
	$\xi_2$	0.2	0.14	0.09	0.02
	$\xi_3$	0.21	0.15	0.1	0.04
	$\xi_4$	0.24	0.23	0.19	0.13
	$\xi_5$	0.24	0.24	0.21	0.16
	$\xi_6$	0.19	0.28	0.31	0.33
	$\xi_7$	0.18	0.26	0.33	0.39
	$\xi_8$	0.11	0.22	0.36	0.59
	$\xi$ (Bc)	<b>0.186</b>	<b>0.198</b>	<b>0.203</b>	<b>0.204</b>

### IV-4-2-c-Charge Bt

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge Bt.

Tableau IV-24 :  $\xi$  pour la charge Bt

		Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
2 voies chargées	$\xi_1$	0.18	0.2	0.18	0.13
	$\xi_2$	0.24	0.26	0.29	0.28
	$\xi_3$	0.24	0.28	0.33	0.34
	$\xi_4$	0.21	0.23	0.36	0.59
	$\xi$ (Bt)	<b>0.218</b>	<b>0.243</b>	<b>0.29</b>	<b>0.335</b>

#### IV-4-2-d-Charge Br

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge Br

Tableau IV-25 :  $\xi$  pour la charge Br

	Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
$\xi_{(Br)}$	<b>0.24</b>	<b>0.28</b>	<b>0.36</b>	<b>0.59</b>

#### IV-4-2-e-Charge Mc120

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge  $M_{C120}$

Tableau IV-26 :  $\xi$  pour la charge Mc120

	1 voie chargée		
	Surface chargée	Longueur chargée	$\xi_{(Mc120)}$
Poutre I	0.44	2	<b>0.22</b>
Poutre II	0.49	2	<b>0.245</b>
Poutre III	0.61	2	<b>0.305</b>
Poutre IV	0.76	2	<b>0.38</b>

#### IV-4-2-f-Charge D240

Le tableau suivant représente les valeurs de coefficient de répartition pour la surcharge  $D_{240}$ .

Tableau IV-27 :  $\xi$  pour la charge D240

	1 voie chargée		
	Surface chargée	Longueur chargée	$\xi_{(D240)}$
Poutre I	0.74	3.2	<b>0.231</b>
Poutre II	0.84	3.2	<b>0.263</b>
Poutre III	1.06	3.2	<b>0.33</b>
Poutre IV	1.34	3.2	<b>0.42</b>

## IV-5-Répartition des efforts tranchants

Les efforts tranchants répartis s'obtiennent en multipliant le coefficient de répartition par les efforts calculés dans le sens longitudinal.

**Tableau IV-28 : Efforts tranchants à X=0 (efforts max de chaque poutre pour chaque chargement)**

Charges et surcharges		Effort tranchant Max	Poutre I		Poutre II		Poutre III		Poutre IV	
			$\xi$	T (KN)	$\xi$	T (KN)	$\xi$	T (KN)	$\xi$	T (KN)
<b>Charges permanentes</b>		736,883	<b>1</b>	736,883	<b>1</b>	736,883	<b>1</b>	736,883	<b>1</b>	736,883
<b>Système de Charge AL</b>	4 voies chargées	1937.382	<b>0.17</b>	329.35	<b>0.17</b>	329.35	<b>0.153</b>	296.52	<b>0.147</b>	284.79
<b>Système de charge B</b>	B <sub>c</sub> 4 files	1698.64	<b>0.193</b>	327.83	<b>0.203</b>	344.82	<b>0.205</b>	348.22	<b>0.196</b>	332.93
	B <sub>t</sub> 2 tandems	794.68	<b>0.225</b>	178.8	<b>0.255</b>	202.64	<b>0.308</b>	244.76	<b>0.313</b>	248.73
	B <sub>r</sub>	104.6	<b>0.26</b>	27.2	<b>0.29</b>	30.33	<b>0.4</b>	41.84	<b>0.51</b>	53.346
<b>Charges militaires</b>	Mc120	1110.415	<b>0.23</b>	255.4	<b>0.255</b>	283.16	<b>0.325</b>	360.88	<b>0.4</b>	444.17
<b>Convois exceptionnels</b>	D240	1842	<b>0.244</b>	449.448	<b>0.275</b>	506.55	<b>0.36</b>	663.12	<b>0.384</b>	707.33

**Tableau IV-29 : Efforts tranchants à L/4 (efforts max de chaque poutre pour chaque chargement)**

Charges et surcharges		Effort tranchant Max	Poutre I		Poutre II		Poutre III		Poutre IV	
			$\xi$	T (KN)	$\xi$	T (KN)	$\xi$	T (KN)	$\xi$	T (KN)
<b>Charges permanentes</b>		452,34175	<b>1</b>	452,3417	<b>1</b>	452,3417	<b>1</b>	452,3417	<b>1</b>	452,3417
<b>Système de Charge AL</b>	4 voies chargées	438.56	<b>0.171</b>	74,96	<b>0,175</b>	76,72	<b>0,158</b>	69,28	<b>0,144</b>	63,15
<b>Système de charge B</b>	B <sub>c</sub> 4 files	1007.84	<b>0.186</b>	187,44	<b>0,198</b>	199,52	<b>0,203</b>	204,56	<b>0,204</b>	205,52
	B <sub>t</sub> 2 tandems	552.1836	<b>0.218</b>	120,32	<b>0,241</b>	133,04	<b>0,290</b>	160,08	<b>0,335</b>	184,96
	B <sub>r</sub>	75.8133	<b>0.240</b>	18,16	<b>0,280</b>	21,2	<b>0,360</b>	27,28	<b>0,590</b>	44,72
<b>Charges militaires</b>	Mc120	755.09	<b>0.220</b>	166,08	<b>0,245</b>	184,96	<b>0,305</b>	230,24	<b>0,380</b>	286,88
<b>Convois exceptionnels</b>	D240	1182.00	<b>0.231</b>	273,04	<b>0,263</b>	310,88	<b>0,330</b>	390	<b>0,420</b>	496,4

## V-Combinaison des charges : selon le RPOA

Il reste à trouver la combinaison de charge la plus défavorable, selon laquelle l'étude sera faite.

Tableau V-1 : Effort tranchant max sous combinaison de charge (KN)

		Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
<b>ELS</b>	G+1.2A(L)	786.29	786.29	781.35	779.6
	G+1.2Bc	786.06	788.61	789.12	786.82
	G+Mc120	768.81	772.28	782	792.4
	G+D240	793.06	800.2	819.77	1444.213
<b>ELU</b>	1.35G+1.6A(L)	1060.66	1060.66	1054.08	1051.75
	1.35G+1.6Bc	1060.36	1063.76	1064.44	1061.38
	1.35G+1.35Mc120	1037.9	1042.57	1055.7	1069.75
	1.35G+1.35D240	1070.64	1080.27	1106.7	1949.69

Tableau V-2 : Moment max sous combinaison de charge (KN.m)

		Poutre I	Poutre II	Poutre III	Poutre IV
<b>ELS</b>	G+1.2A(L)	10420.202	10362.086	10274.906	10071.482
	G+1.2Bc	9995.822	10134.086	10226.258	10249.298
	G+Mc120	9075.65	9371.32	9841.7	10292
	G+D240	10500.23	10914.68	11950.81	12894.83
<b>ELU</b>	1.35G+1.6A(L)	14016.416	13938.93	13822.689	13551.456
	1.35G+1.6Bc	13450.576	13634.93	13757.824	13788.544
	1.35G+1.35Mc120	12252.127	12651.282	13286.295	13894.106
	1.35G+1.35D240	14175.31	14734.82	16133.594	17408.02

## Conclusion

La poutre la plus chargée selon les combinaisons de charge ci- dessus est la poutre N° IV, et les moments max et les efforts tranchants max sont les suivant :

### A ELS :

Moment max à  $X=L/2 \rightarrow G+D240 \rightarrow 12894.83 \text{ KN.m}$

Effort tranchant à  $X=0 \rightarrow G+D240 \rightarrow 1444.213 \text{ KN}$

### A ELU :

Moment max à  $X=L/2 \rightarrow 1.35(G+D240) \rightarrow 17408.02 \text{ KN.m}$

Effort tranchant à  $X=0 \rightarrow 1.35(G+D240) \rightarrow 1949.69 \text{ KN}$

## Conclusion générale

Ce mémoire représente l'une des méthodes analytique de répartition transversale des efforts dans un pont à poutres multiples, basé sur la considération d'un grillage continue de poutres et d'entretoises.

Les pièces (poutres et hourdis qui joue le rôle d'entretoise) de l'ouvrage étudié résistent à la torsion, donc la méthode applicable et celle de Guyon Massonnet, cette dernière se base sur le calcul de coefficient de répartition transversal, puis en multipliant se coefficient par les valeurs des efforts (moments fléchissant et efforts tranchants) calculés dans le sens longitudinal, on aboutit aux valeurs les plus représentatives des efforts dans n'importe section du viaduc.

Ce mémoire représente une longue durée de réflexion et de travail acharné, ce qui m'a permis d'acquérir énormément de connaissances théoriques, et d'approfondir celles acquises auparavant. Il m'a accordé la chance de maitriser la méthode de Guyon Massonnet, régissant les principes de calcul et de répartition des efforts dans un pont à poutres multiples.

## Références bibliographiques

A.MENASRI,A.BEGRICHE (2016). Conception et étude de Viaduc V5 sur la pénétrante reliant la ville de TIZI-OUZOU à l'autoroute Est-Ouest au PK 15+500. Projet de fin d'étude. 200 P. ENP, HARRACHE-ALGER .

ALEXANDRE, S. (2013)..Ecriture d'un logiciel de calcul de dalles iso ou orthotropes suivant la méthode de Guyon-Massonnet. projet de fin d'étude. 153 P. INSA STRASBOURG.

COENDOZ, G. R. (1971). Contribution à l'étude du comportement statique des ponts à deux poutres-caissons. projet de fin d'étude . 182 P. Ecole Nationale Fédérale de LAUSSANE .

Ch.MASSONNET.(1962).Complement à la méthode de calcul des ponts à poutres multiples.Annales N°169.Institut technique du batiment et des travaux publics.

D.CHERID.(2016). Méthode de guyon massonnet. Cours pont. Département Génie Civil.Ecole Nationale Polytechnique. ALGER.

Ministere des Travaux Publics . (2009). Règles definissant les charges à appliquer pour le calcul et les épreuves des ponts routes . ALGER.

Ministere des Travaux Publics. (2008). Règles parasismiques applicables au domaine des ouvrages d'art. ALGER

# Annexe A

**Tableau A-1 : Valeurs de coefficient  $K_0$  pour  $\theta=0,60$**

$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,3347	0,6968	1,0447	1,3316	1,4594	1,3316	1,0447	0,6968	0,3347
b/4	-0,1808	0,2154	0,6119	0,9977	1,3316	1,5237	1,4853	1,3177	1,1155
b/2	-0,5241	-0,1615	0,2117	0,6119	1,0447	1,4853	1,8775	2,0778	2,2358
3b/4	-0,7808	-0,4806	-0,1615	0,2154	0,6968	1,3177	2,0778	2,9106	3,7122
b	-1,0112	-0,7808	-0,5241	-0,1808	0,3347	1,1155	2,2358	3,7122	5,448

**Tableau A-2 : Valeurs de coefficient  $K_0$  pour  $\theta=0,65$**

$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,1776	0,6223	1,0524	1,4121	1,5752	1,4121	1,0524	0,6223	0,1776
b/4	-0,2731	0,1624	0,6014	1,0347	1,4121	1,6143	1,518	1,2565	0,952
b/2	-0,5207	-0,169	0,1974	0,6014	1,0524	1,518	1,8946	2,0666	2,1547
3b/4	-0,6691	-0,4303	-0,169	0,1624	0,6223	1,2565	2,0666	2,9669	3,8208
b	-0,7883	-0,6991	-0,5207	-0,2731	0,1776	0,952	2,1547	3,8208	5,8338

**Tableau A-3 : Valeurs de coefficient  $K_1$  pour  $\theta=0,60$**

$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,7878	0,8839	0,9996	1,1215	1,1878	1,1215	0,9996	0,8839	0,7878
b/4	0,5792	0,6761	0,7992	0,9545	1,1215	1,2361	1,2207	1,151	1,0792
b/2	0,4349	0,5243	0,641	0,7992	0,9996	1,2207	1,3994	1,4582	1,4686
3b/4	0,3362	0,4171	0,5243	0,6761	0,8839	1,151	1,4582	1,7518	1,9607
b	0,2627	0,3362	0,4349	0,5792	0,7878	1,0792	1,4686	1,9607	2,5312

**Tableau A-4 : Valeurs de coefficient  $K_1$  pour  $\theta=0,65$**

$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,7485	0,8588	0,9965	1,1468	1,231	1,1468	0,9965	0,8588	0,7488
b/4	0,5289	0,633	0,7702	0,9493	1,1468	1,2818	1,2516	1,1561	1,0648
b/2	0,3823	0,4734	0,5966	0,7702	0,9965	1,2516	1,4559	1,5073	1,5005
3b/4	0,286	0,3648	0,4734	0,633	0,8588	1,1561	1,5073	1,8418	2,0659
b	0,2171	0,286	0,3823	0,5289	0,7485	1,0648	1,5005	2,0659	2,7342

**Tableau A-5 : Valeurs de coefficient  $\xi_0$  pour  $\theta=0,60$**

$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,053273	0,110892	0,166266	0,211923	0,232267	0,211923	0,166266	0,110892	0,053273
b/4	-0,028775	0,034280	0,097385	0,158782	0,211923	0,242499	0,237398	0,209717	0,177532
b/2	-0,834190	-0,025706	0,033695	0,097385	0,166266	0,236398	0,295626	0,330694	0,358533
3b/4	-0,124271	-0,076482	-0,025706	0,034280	0,110892	0,209717	0,330694	0,463234	0,590810
b	-0,160945	-0,124271	-0,083419	-0,028775	0,053273	0,177532	0,355833	0,590810	0,867082

**Tableau A-6 : Valeurs de coefficient  $\xi_0$  pour  $\theta=0,70$**

$y \backslash e$	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b
0	0,003445	0,086962	0,168387	0,237741	0,269843	0,237741	0,168387	0,086962	0,003445
b/4	-0,057117	0,017421	0,093301	0,169821	0,237741	0,272438	0,247454	0,189931	0,124281
b/2	-0,081398	-0,025953	0,028611	0,093301	0,168387	0,247454	0,308641	0,327134	0,328151
3b/4	-0,088723	-0,060380	-0,027953	0,017421	0,086962	0,189931	0,327134	0,481501	0,625196
b	-0,091241	-0,088723	-0,081398	-0,057117	0,003445	0,012428	0,328151	0,615296	0,994153



**Tableau A-7 : Valeurs de coefficient  $\xi_1$  pour  $\theta=0,60$**

y \ e										
	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,065993	0,097788	0,141877	0,21139	0,323698	0,21139	0,141877	0,097788	0,065993	
b/4	0,046025	0,066917	0,095808	0,141086	0,213647	0,329512	0,22004	0,150797	0,100889	
b/2	0,036468	0,051183	0,071412	0,102696	0,151924	0,228848	0,347976	0,237877	0,158607	
3b/4	0,035161	0,047024	0,063164	0,087536	0,124567	0,17895	0,261303	0,378784	0,252203	
b	0,041807	0,053509	0,069216	0,092178	0,125387	0,171754	0,233737	0,31205	0,402849	

**Tableau A-8 : Valeurs de coefficient  $\xi_1$  pour  $\theta=0,70$**

y \ e										
	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,054359	0,086312	0,134809	0,218797	0,366184	0,218777	0,134809	0,086312	0,054309	
b/4	0,034267	0,053558	0,082757	0,133033	0,226669	0,37233	0,228643	0,145818	0,0913	
b/2	0,024795	0,037405	0,056356	0,088521	0,14355	0,236759	0,393346	0,25052	0,156538	
3b/4	0,023009	0,032845	0,047423	0,071447	0,110923	0,174571	0,275437	0,34287	0,270296	
b	0,028355	0,038465	0,053188	0,076518	0,112677	0,16649	0,242899	0,344859	0,467831	

**Tableau A-9 : Valeurs de coefficient  $\xi'_1$  pour  $\theta=0,60$**

y \ e										
	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	0,006599	0,0549	0,124666	0,244293	0,458352	0,244293	0,124666	0,0549	0,006799	
b/4	-0,000127	0,026232	0,064416	0,130258	0,248805	0,462287	0,245802	0,118515	0,030022	
b/2	0,003721	0,018814	0,040809	0,078191	0,144759	0,263418	0,473231	0,243675	0,083478	
3b/4	0,016812	0,027666	0,042886	0,06747	0,108458	0,176856	0,290526	0,478756	0,192356	
b	0,041807	0,053509	0,069216	0,092178	0,125387	0,171757	0,233737	0,31205	0,402849	

Tableau A-10 : Valeurs de coefficient  $\xi'_1$  pour  $\theta=0,70$

y	e									
	-b	-3b/4	-b/2	-b/4	0	b/4	b/2	3b/4	b	
0	-0,003959	0,040219	0,111688	0,250559	0,52892	0,250759	0,111688	0,040219	-0,003959	
b/4	0,007984	0,013131	0,04763	0,115869	0,254543	0,53288	0,253194	0,107196	0,016109	
b/2	-0,003597	0,007129	0,024628	0,059159	0,12917	0,269426	0,545821	0,253727	0,070178	
3b/4	0,007553	0,015221	0,027165	0,048909	0,089442	0,164702	0,303561	0,558494	0,195732	
b	0,028355	0,038465	0,053188	0,076518	0,112677	0,16649	0,242899	0,344859	0,467831	

## Annexe B

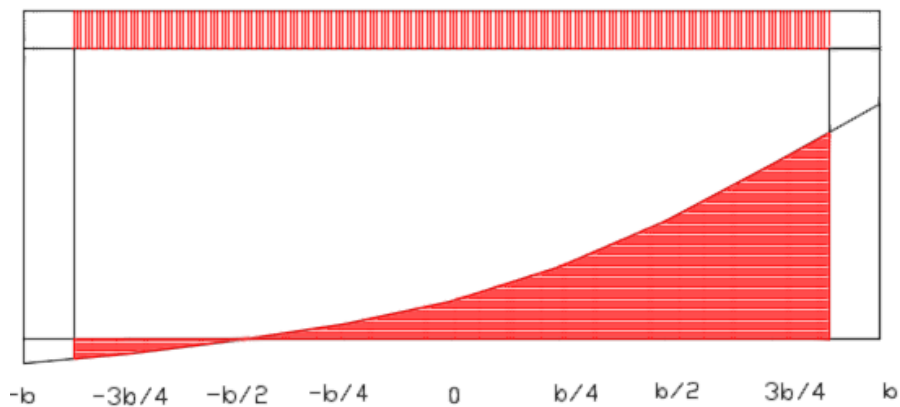


Figure B-1 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $K_{AL}$  , 4 voies chargées (poutre N°IV)

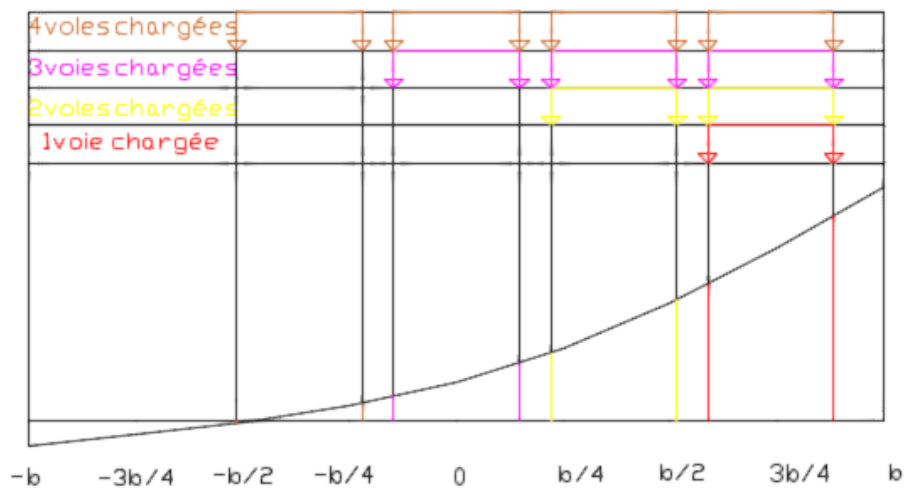


Figure B-2 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $K_{Bc}$  (poutre N°IV)

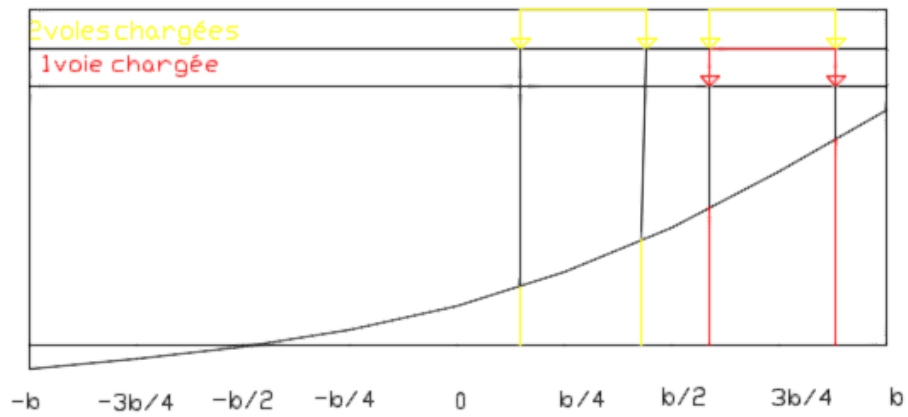


Figure B-3 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $K_{B_i}$  (poutre N°IV)

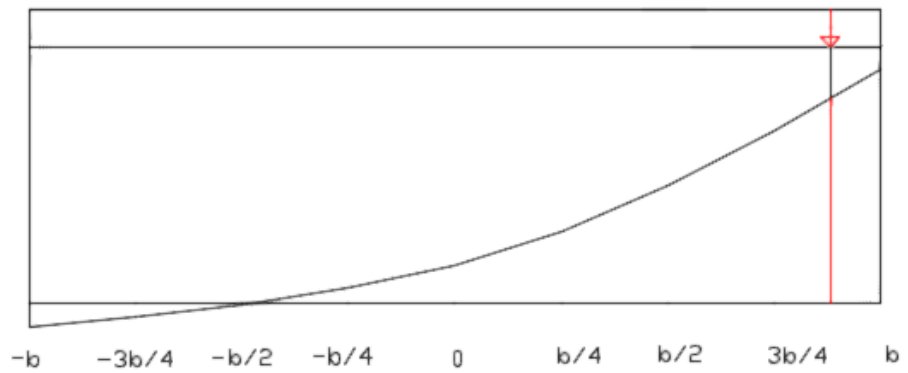


Figure B-4 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $K_{B_r}$  (poutre N°IV)

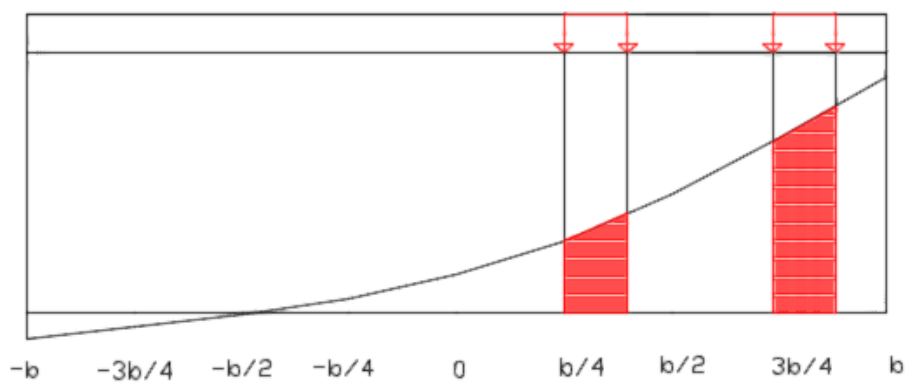


Figure B-5 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $K_{M_{c120}}$  (poutre N°IV)

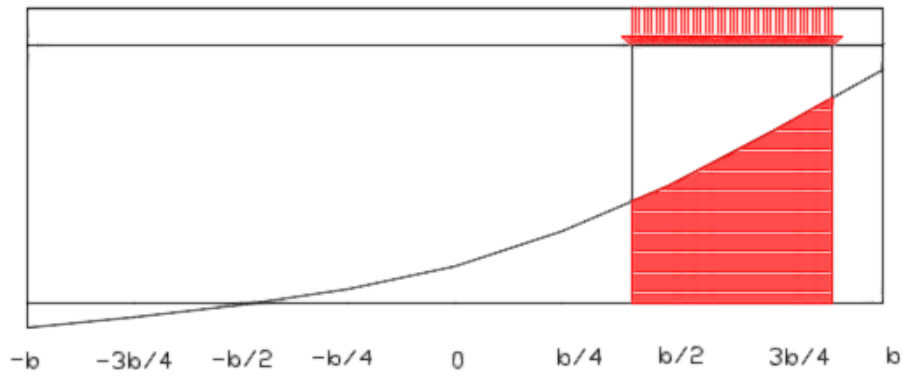


Figure B-6 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $K_{D240}$  (poutre N°IV)

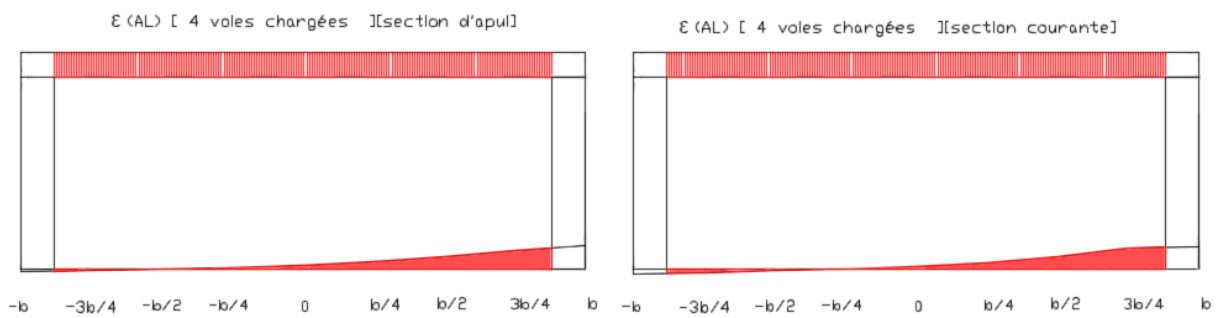


Figure B-7 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $\xi_{Al}$  (poutre N°IV)

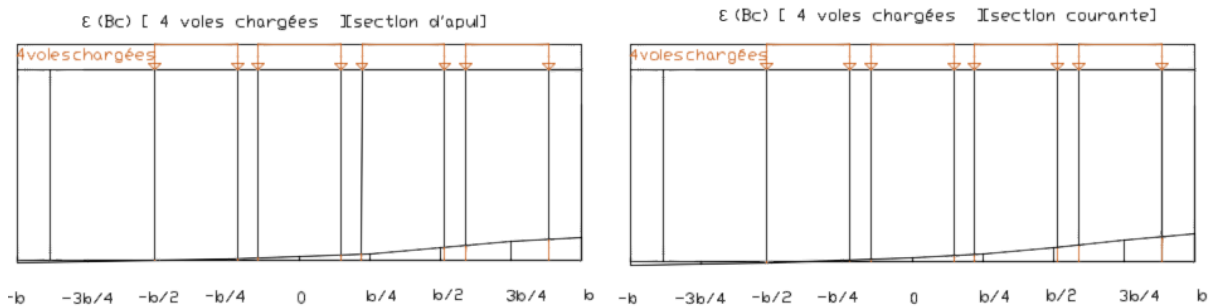


Figure B-8 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $\xi_{Bc}$  (poutre N°IV)

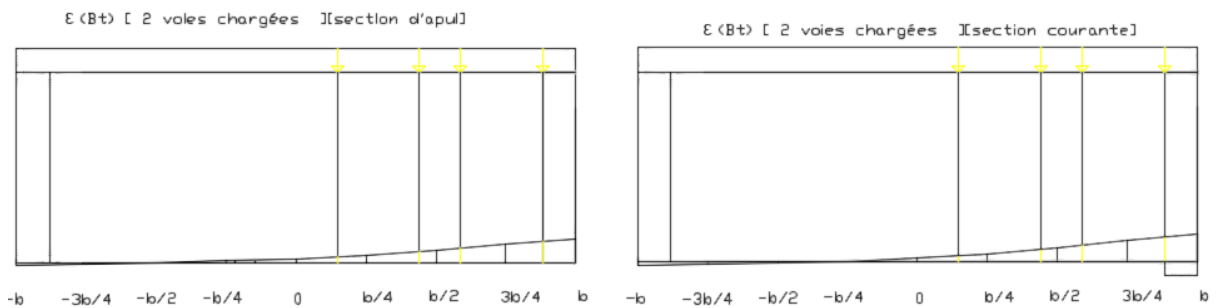


Figure B-9 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $\xi_{Bt}$  (poutre N°IV)

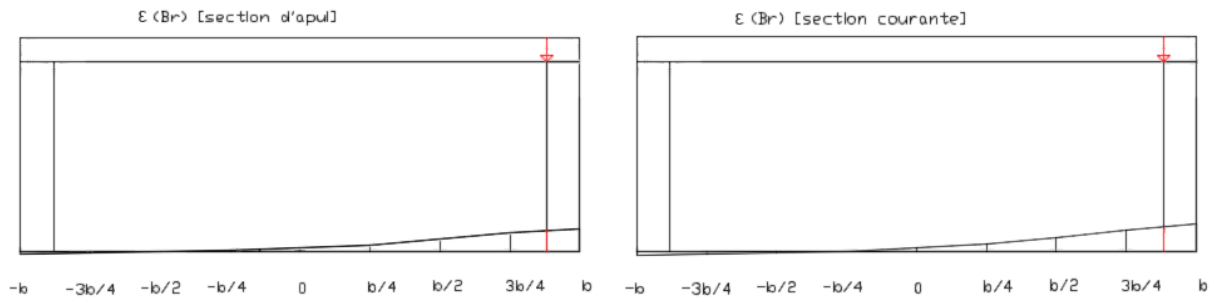


Figure B-10 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $\xi_{Br}$  (poutre N°IV)

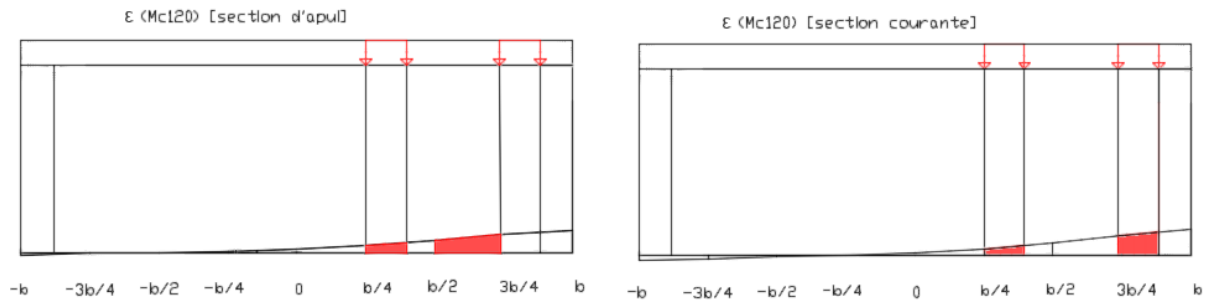


Figure B-11 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $\xi_{Mc120}$  (poutre N°IV)

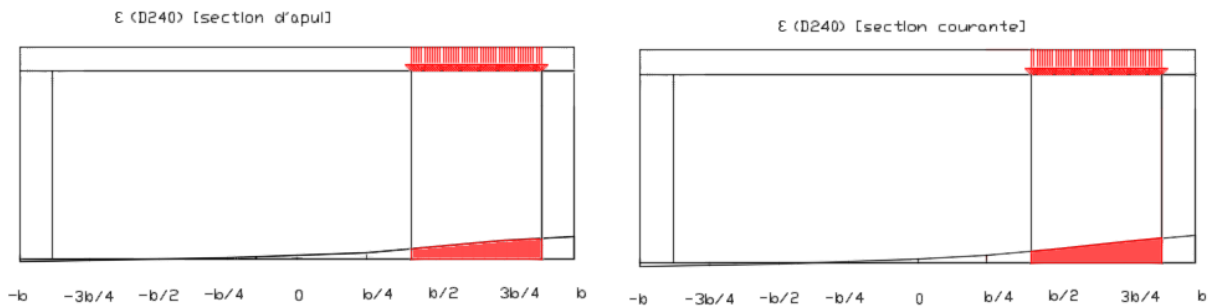


Figure B-12 : Schéma de chargement de la ligne d'influence de  $\xi_{D240}$  (poutre N°IV)

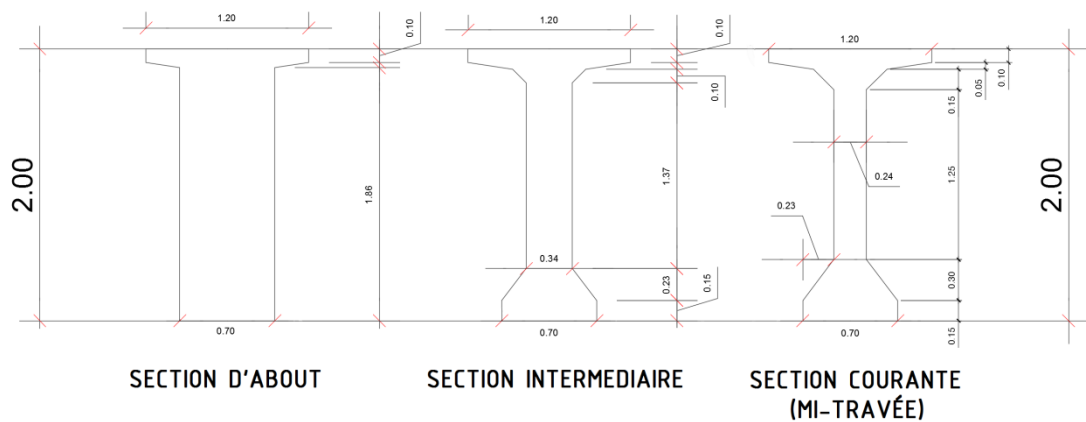


Figure B-13 : Dimensions des sections de poutre.

# Annexe C

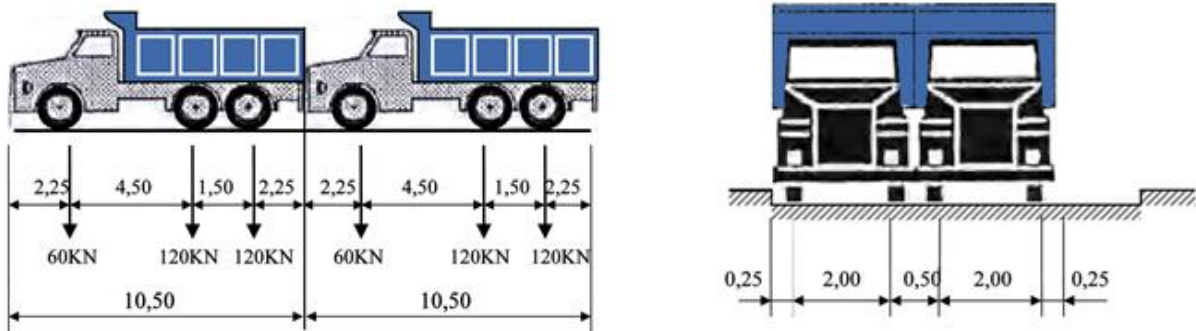


Figure C-1 : Disposition longitudinale et Transversale des camions B<sub>c</sub>

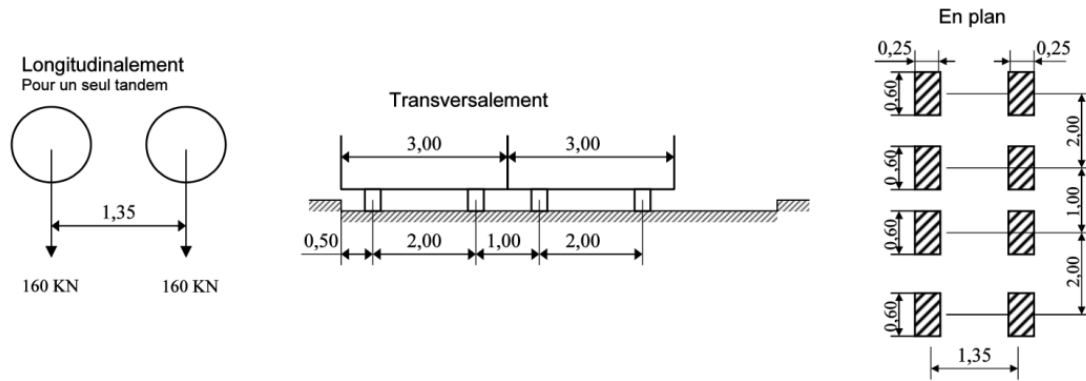


Figure C-2 : Caractéristiques du Chargement Bt (RCPR)

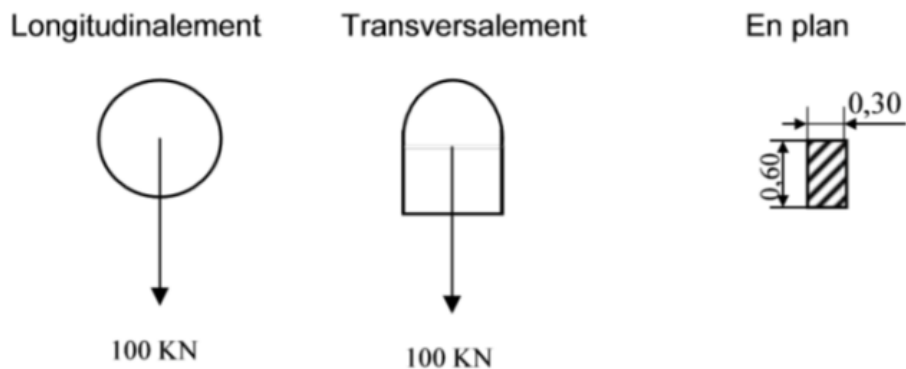


Figure C-3 : Système de charge Br (RCPR)

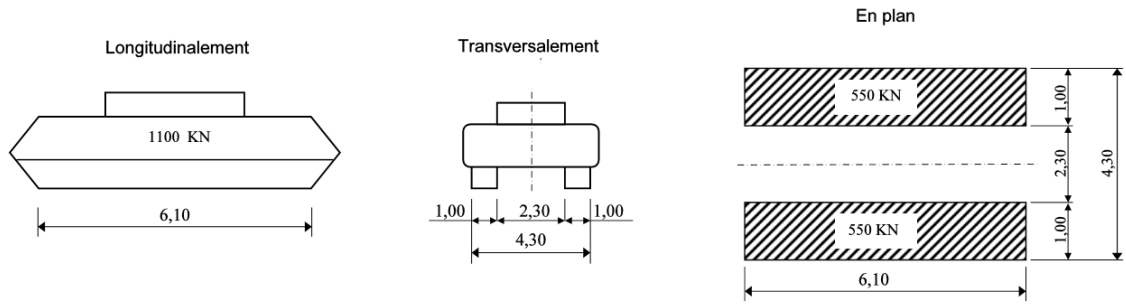


Figure C-4 : Caractéristiques du chargement Mc120 (RCPR)

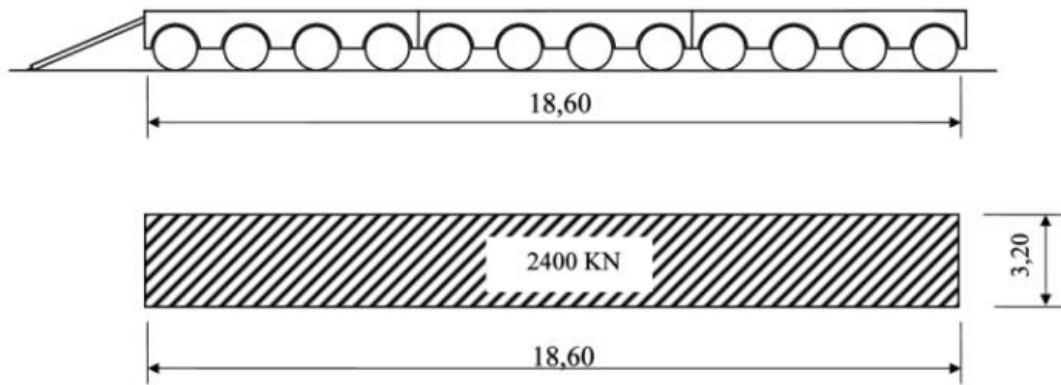


Figure C-5 : Caractéristiques d'un convoi D240 (RCPR)