



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : GENIE CIVIL ET ARCHITECTURE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

MEMOIRE DE LICENCE (VOA)

Présenté par :

Djellikhi Mostafa Ayman

Moulay Ali Radouan

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Travaux Publics

OPTION : Voies et Ouvrages d'Art

Thème

**Modélisation Numérique d'un Pont Mixte en Utilisant le
Programme EF CSIBridge 23**

Soutenu le : 03/06/2024

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Mr Mr. T. Nouioua	Pr	Président
Mr Dr. A. Annane	MCB	Examineur
Mr Dr Attia Bachiri	MCA	Encadreur

Année Universitaire 2023-2024

REMERCIEMENTS

Tout d'abord remercier Dieu, Clément et Miséricordieux pour nous donner force et courage Pour mener à bien ce travail humble. Je suis particulièrement heureux d'exprimer mon cœur profond.

Nous tenons à remercier **Dr. Attia Bachiri** de m'avoir encadré, et également monsieur **Mr. T. Nouioua** chargé de cours « Projet de fin étude ». Nous tenons également à remercier **Dr. A. Annane** membre du jury d'avoir accepté l'évaluation de ce modeste travail ainsi que tous les enseignants du Département de génie civil (structure, matériaux GC et travaux publics).

A tous nos amis. Merci également à toutes les personnes A contribué de près ou de loin à atteindre cet objectif
Mémoire.

DEDICACES

Tous les mots ne pourraient exprimer la gratitude de, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Nous dédions cette thèse à : Nos parents, pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs tendresse, leurs soutiens et leurs prières tous au long de nos études, Nos chers frères et sœurs, pour leurs appuis, leurs encouragements permanents, et leurs soutiens moraux.

A toute nos familles, amis et connaissances pour leurs soutiens tout au long de nos parcours universitaire, Merci d'être toujours là pour nous.

Djellikhi Mostafa Ayman

DEDICACES

Tout d'abord, je remercie Dieu qui m'a aidé à terminer ce travail.

Je dédie ce travail à :

Mes chers parents mohammed et mamou qui m'a guidé
Dans les moments les plus difficiles de ce long voyage.

Mes chers frères

Ma grande famille.

Tous mes amis

Moulay Ali Radouan

ملخص

تتعلق هذه الأطروحة بدراسة جسر مختلط من الصلب والخرسانة. يهدف هذا المشروع إلى ربط واد بوزيدي بالطريق الوطنية رقم 5، عابرا الطريق السيار شرق-غرب، قسم البويرة-الحد الشرقي لولاية البويرة. الهدف من هذه الأطروحة هو تصميم جسر يلبي المعايير (الاقتصادية، التقنية، البيئية، الخ). اعتمادًا على المتطلبات المختلفة (الأحمال الدائمة، والأحمال الناتجة عن حركة المرور والحمل الزائد للمعدات، والأحمال العرضية). تم إجراء معالجة النمذجة والتحليل الرقمي باستخدام برنامج **CSI** الكلمات المفتاحية: الجسر، الجسر المركب، الفولاذ، الخرسانة، العارضة، النمذجة

RESUME

Ce mémoire concerne l'étude d'un pont mixte acier béton. Ce projet a pour objet de relier OUED BOUZIDI à RN5, franchissant l'autoroute Est-ouest, tronçon BOUIRA-limite Est de la wilaya de BOUIRA. L'objectif de ce mémoire est la conception d'un pont qui répond aux critères (économiques, techniques, environnementales...). Suivant les différentes sollicitations à s'avoir (les actions permanentes, les actions dues aux surcharges de circulation et l'équipement.). Une modélisation et analyse numérique a été réalisé grâce au logiciel **CSIBridge V24**

Mots clés : Pont, pont mixte, acier, béton, poutre, modélisation.

SUMMARY

This dissertation concerns the study of a mixed steel-concrete bridge. This project aims to connect OUED BOUZIDI to RN5, crossing the East-West highway, section BOUIRA-eastern limit of the wilaya of BOUIRA. The objective of this dissertation is the design of a bridge that meets the criteria (economic, technical, environmental, etc.). Depending on the different requests to be had (permanent actions, actions due to traffic overloads and equipment). A digital modeling and analysis was carried out using the **CSIBridge** software

Key words: Bridge, composite bridge, steel, concrete, beam, modeling.

SOMMAIRE

Introduction Générale	1
Chapitre I Généralités sur les ponts mixtes	
I Le pont mixte	2
I.1 La définition d'un pont mixte :	2
I.2 Définitions et différentes parties d'un pont :.....	2
I.2.1 Composition de l'infrastructure :.....	2
I.2.2 Composition de la superstructure :.....	3
I.3 Présentation des ponts mixtes :	4
I.4 Les types de pont mixte :	4
I.4.1 Pont à poutres mixtes:	4
I.4.2 Pont à poutres en treillis	5
I.4.3 Pont mixte arc-poutre :.....	6
I.4.4 Pont Mixte Haubané :.....	7
I.4.5 Pont mixte à poutres-caissons	8
I.5 Conception :.....	9
I.5.1 Programme de charges :.....	9
I.5.1.1 Présentation de l'ouvrage	9:
I.5.1.2 Caractéristiques géométriques :.....	9
I.5.1.3 Caractéristiques géotechniques :.....	10
I.5.1.4 Choix du type d'ouvrage :.....	10
I.6 La Variante Envisagée (Pont Mixte En Bipoutre)	10
I.6.1 Les inconvénients et les avantages pour chaque type de variante :.....	11
I.6.1.1 Les avantages :.....	11
I.6.1.2 Les inconvénients :.....	11
I.7 Morphologie des ponts métalliques.....	11
I.8 La morphologie des ponts mixtes à caisson	13
Chapitre II Pré dimensionnement des éléments structuraux	
II Introduction	15
II. 1 Pré dimensionnement du tablier	15
II.1.1 Largeur de tablier	15
II.1.2 Longueur des travées	15
II.1.3 La Dalle	15

II.1.4 Poutre principale	16
II.5 Entretoise	18
Chapitre III Calcul des charges et surcharges	
III Introduction	20
III.1 Détermination des charges permanentes (G).....	20
III.1.1 Calcul des charges permanentes	20
III.1.2 Calcul des charges permanentes infrastructure.....	20
III.1.3 Calcul des charges permanentes infrastructure superstructures.....	20.
III.2 Détermination des surcharges	21
III.2.1 Système de charge A	22
III.2.2 Système de charge B	23
III.2.3 La charge militaire M_{c120}	24
III. 2.4 La charge exceptionnelle D240	24
Chapitre IV Modélisation numérique du pont	
IV Introduction	25
IV.1 Définition de l'axe du pont et les voies.....	25
IV.1.1 l'axe du pont.....	25
IV.1.2 les voies	25
IV.2 Les composantes du tablier	25
IV.3 Infrastructure.....	28
IV.3.1 Les culée.....	28
IV.3.2 La pile	29
IV.4 Détermination des charges roulante	29
IV.4.1 La charge A(l).....	29
IV.4.2 La charge Bc	30
IV.4.3 La charge Mc120	30
IV. 4.4 La charge D240	30
IV.5. Affectation des travées	30
IV.6 Le modèle à l'état final	31
Chapitre V Résultats et Discussions	
V Introduction	32
V.1 Analyse modale	32
Conclusion générale	37

Liste de figure

Figure I.1 : Structure générale d'un pont	2
Figure I.2: Exemple d'une poutre mixte	4
Figure I.3 : Exemple Pont à poutres mixtes	4
Figure I.4: Exemple Pont à poutres en treillis (Pont Mixte Treillis)	5
Figure I.5: Exemple Pont mixte arc-poutre	6
Figure I.6 : Exemple Pont Mixte Haubané	7
Figure I.7: Exemple Pont mixte à poutres-caissons	8
Figure I.8: Poutre PRS à l'atelier	11
Figure I.9: Files de goujons soudés sur la semelle supérieure d'une poutre	12
Figure I.10 : Ossature à entretoises.	13
Figure I.11 : Caisson mixte	13
Figure I.12: Cadre de raidissage d'un caisson	14
Figure II.1: Coupe transversale d'ouvrage a entretoise	15
Figure II.2: Les paramètres du PRS	16
Figure II.3: Coupe transversale de l'entretoise	18
Figure II.4: Coupe transversale de tablier	19
Figure III.1 : les équipements du tablier	20
Figure III.2 : disposition des camions du système Bc	24
Figure III.3 : Véhicule MC120	24
Figure III.4 : Convoi type D240	24
Figure IV.1 : entrée l'axe du pont et les voies.....	25
Figure IV.2 : les voies	25
Figure IV.3 : entrée grader	26
Figure IV.4 : entrée la chevêtre.....	26
Figure IV5 : Entrée la fut	27
Figure IV6 : Entrée la Tablier	27
Figure IV7 : Entrée d'appui A2	28

Figure IV8 : Entrée La culée	28
Figure IV.9 : entrée la pile et d'apui A1	29
Figure IV.10 :Clarificatoin de La charge A(l)	29
Figure IV.11 :Clarificatoin de La charge Bc	30
Figure IV.12 :Clarificatoin de La charge Mc120	30
Figure IV.13 :Clarificatoin de La charge D240	30
Figure IV.14 : Affectation des travées	31
Figure IV.15: Le modèle à l'état final	31
Figure IV.16: le dessin que le moment max Min (M3) pour ELU D240	33
Figure IV.17: le dessin que le moment max Min (M3) pour ELU MC120	33
Figure IV.18: le dessin que le moment max Min (M3) pour ELU A(L).....	34
Figure IV.19 : le dessin que le moment max Min (M3) pour ELU BC	34
Figure IV.20 : le dessin que le Cisaillement vertical (V2) max min pour ELU A(L)	34
Figure IV.21: le dessin que le Cisaillement vertical (V2) max min pour ELU MC120	35
Figure IV.22: le dessin que le Cisaillement vertical (V2) max min pour ELU D240	35
Figure IV.23: le dessin que le Cisaillement vertical (V2) max min pour ELU BC	36

Liste de tableau

Tableau II.1: Détermination de l'épaisseur en fonction de la largeur de tablier	15
Tableau II.2: Pourcentage d'aciers passifs.....	16
Tableau II.3: les largeurs des semelles	17
Tableau III.1 : Les charges des éléments non porteurs.....	21
Tableau III.2 classes d'un pont route.....	22
Tableau V.1: Les 12 modes propres premiers de déformation	32

I Introduction générale

Les ouvrages d'art sont parmi les constructions importantes fréquemment utilisées dans la vie humaine. Dans le cadre du développement économique, l'Algérie a connu une augmentation considérable du nombre de véhicules, cette augmentation a engendré une insuffisance du réseau routier à satisfaire pour les embouteillages. Pour y remédier et pour une adaptation parfaite ; elle a fait élargir le réseau routier en construisant des routes, des autoroutes, trémies et des ponts. La durée des travaux Lors de la construction de nouveaux ouvrages d'art ainsi que lors de travaux de rénovation ou de remplacement de ponts existants, influence considérablement non seulement les coûts en ajoutant les nuisances générées par le chantier (bruit, pollution, embouteillages, déviations de trafic).

Il est donc intéressant de projeter des ouvrages permettant une durée de construction aussi courte que possible. Les ponts mixtes acier – béton répondent très bien à ce besoin. La conception d'un pont à de nombreux paramètres liés au site, au pays à l'urbanisme et elle doit satisfaire un certain nombre d'exigences. On distingue les exigences fonctionnelles et dimensionnelles (la vois portée, profil en travers, profil en long,...) et les exigences naturelles qui sont l'ensemble des éléments de son environnement aussi que la nature du sol qui influent sur sa conception.

Ce projet a pour objet de relier OUED BOUZIDI à RN5, franchissant l'autoroute Est-ouest, tronçon BOUIRA-limite Est de la wilaya de BOUIRA. Pour y parvenir, nous avons d'abord lancé une étude détaillée d'un pont mixte de 46m à deux travées symétriques de 23m mètres de long.

Dans notre travail, nous commençons par le chapitre I qui contient une revue sur les ponts métalliques et mixtes, le deuxième chapitre est consacré à présenter notre projet et ses caractéristiques, puis dans le chapitre III on présente le pré dimensionnement des éléments et les composants du pont, ainsi que calculer les différentes charges et surcharges appliquées à ce pont dans le chapitre VI, et on se termine par l'exposition des différents résultats dans le chapitre V. Ce pont a été modélisé à l'aide du logiciel CSIBridge version 21.

Chapitre I

Généralités sur les ponts mixtes

I I Le pont mixte

I.1 La définition d'un pont mixte :

On appelle pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une autre voie de circulation terrestre, fluviale ou maritime. Toutefois, cette définition est imprécise dans la mesure où elle ne fait apparaître aucune notion de dimension, de forme ou de nature d'ouvrage. Par convention, nous appellerons pont tout ouvrage, quelle que soit sa dimension, construit in situ.

La conception est la phase la plus difficile dans l'élaboration d'un projet. Pour les ponts, c'est elle qui permet de fixer la nature et le type d'ouvrage le plus économique capable de satisfaire le mieux possible à toutes les conditions imposées.

Cette opération fait appel aux connaissances de l'ingénieur et de son expérience, et ne peut être automatisée à cause de la variété et la complexité des problèmes à résoudre, et l'évolution incessante des types d'ouvrage. Il est donc nécessaire d'être au courant de toutes les variations des prix et du changement dans tous les domaines (nouvelles méthodes exécution, nouvelles formes d'ouvrages, nouveaux matériaux).

Pour aborder la phase de conception, il faut connaître l'ensemble des contraintes liées au site, au pays, la brèche...etc. Ces données sont classées en :

- Les données naturelles.
- Les données fonctionnelles

I.2 Définitions et différentes parties d'un pont :

- Un pont se compose de quatre parties : les fondations, les appuis, le tablier et les superstructures.

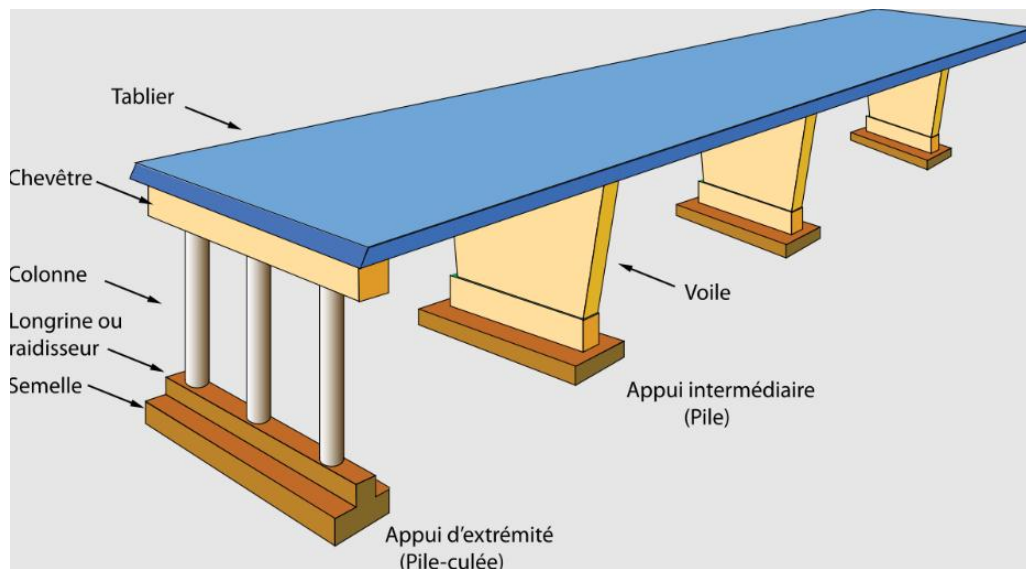


Figure I-1: Structure générale d'un pont

I.2.1 Composition de l'infrastructure :

2.1.1 Les fondations :

On a trois types des fondations :

- Des fondations superficielles (semelles et radiers)
- Des fondations semi-profondes (puits)
- Des fondations profondes (pieux)

***Les appuis :** Il existe deux types d'appuis: les appuis de rive ou culées (culées noyées ou culées massives) et les appuis intermédiaires ou piles (piles constituées de colonnes ou piles constituées de voiles). Les piles et les culées dépendent de deux éléments qu'elles unissent: le sol et le tablier. Elles doivent : donc être conçues au mieux, en tenant compte de ces facteurs. En plus de leur rôle de support des extrémités des ouvrages d'art, les culées doivent souvent soutenir les terres des ouvrages d'accès. Selon la nature des sols, le niveau d'appui sera proche de la surface (fondations superficielles) ou à grande profondeur (fondations profondes). [2]

I.2.2 Composition de la superstructure :

A. Le Tablier :

- **Dalle :** La dalle ou hourdis sert d'élément de couverture; c'est elle qui reçoit la couche de roulement de la chaussée et les surcharges des véhicules. Outre celui de couverture, le rôle de la dalle est de reporter les charges permanentes et les surcharges sur les poutres, les longerons et les entretoises. [1]
- **Entretoises :** Les entretoises sont perpendiculaires aux poutres qu'elles relient entre elles (sauf dans les ponts biais où elles sont parallèles aux appuis). Elles ont un double rôle: celui de contreventement transversal s'opposant au déversement des poutres et celui de solidarisation, en répartissant les surcharges et le poids propre sur les poutres.[1]
- **Poutres principales :** Les efforts dus au poids propre (de la dalle, et des entretoises) et aux surcharges sont transmis aux poutres qui les reportent sur les appuis. On distingue les **poutres latérales** ou poutre de rive ou, encore, poutres principales et les **poutres sous chaussée**, poutres sensiblement identiques, réparties de façon uniforme sous le tablier.[1]
- **Les accessoires de la superstructure :** Ils sont constitués par tous les éléments du tablier qui n'interviennent pas dans la résistance mécanique de l'ouvrage. C'est du poids mort qu'il faut supporter en permanence. Ce sont :
 - La chaussée
 - Les trottoirs
 - Les dispositifs de sécurité (garde-corps, glissières et barrières de sécurité)
 - Les corniches
 - Les joints de chaussée

I.3 Présentation des ponts mixtes :

Un tablier mixte est constitué par l'association d'un squelette métallique et d'une dalle en béton armé par l'intermédiaire de connecteur empêchant le glissement et le soulèvement de la dalle par rapport au squelette. [1]

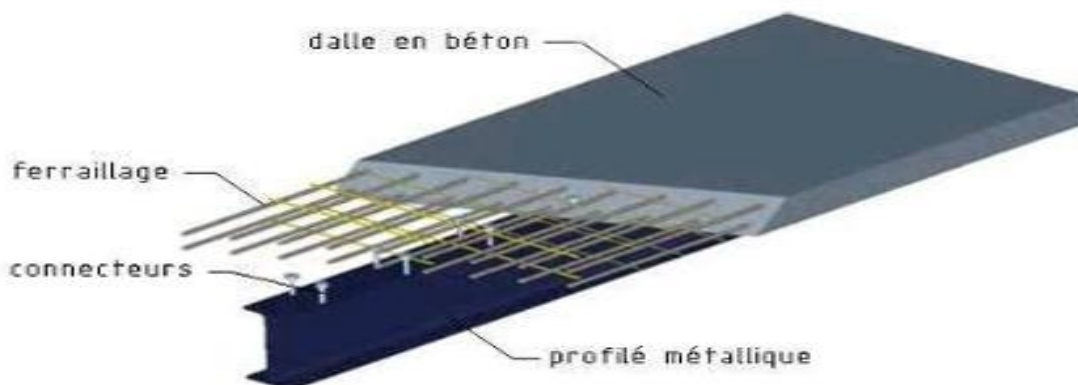


Figure I-2: Exemple d'une poutre mixte

I.4 Les types de pont mixte :

I.4.1 Pont à poutres mixtes:



Figure I-3 : Exemple Pont à poutres mixtes

Un pont à poutres mixtes, également appelé pont à poutres composites, est un type de structure de pont qui utilise à la fois des poutres en acier et en béton pour supporter la charge. Dans cette configuration, les poutres en acier et en béton travaillent en synergie pour résister aux charges et les transférer aux piles de soutien. Généralement, les poutres en acier sont positionnées en haut de la section de la poutre, tandis que le béton est utilisé pour former une dalle sur le dessus de la poutre

en acier. Les poutres en acier fournissent la résistance à la traction, tandis que le béton offre la résistance à la compression nécessaire.

L'utilisation de poutres mixtes présente plusieurs avantages. Les poutres en acier permettent une construction légère et économique, tandis que le béton offre une excellente résistance à la compression. En combinant ces deux matériaux, les avantages de chacun sont exploités tout en minimisant leurs inconvénients.

Les ponts à poutres mixtes sont largement utilisés dans la construction de ponts routiers et ferroviaires en raison de leur résistance structurelle élevée, de leur durabilité et de leur capacité à supporter des charges importantes. Ils peuvent également être conçus pour s'adapter à différentes portées et conditions géométriques, ce qui les rend polyvalents pour diverses applications. En somme, un pont à poutres mixtes est une structure de pont qui combine des poutres en acier et en béton pour offrir une résistance et une capacité de charge optimales .[4]

I.4.2 Pont à poutres en treillis



Figure I-4: Exemple Pont à poutres en treillis (Pont Mixte Treillis)

.Un pont à poutres en treillis est un ouvrage d'art dont la structure repose sur des poutres métalliques ou en acier disposées en treillis. Ce type de pont est spécialement conçu pour résister aux charges résultant du trafic et des forces externes. Son nom vient de la configuration de sa structure porteuse, composée de poutres droites reliées entre elles par des éléments diagonaux en treillis. Ces poutres, généralement fabriquées en acier ou en métal, sont dimensionnées pour supporter les charges verticales et horizontales du pont. Les avantages des poutres en treillis sont multiples dans la construction de ponts. Leur légèreté par rapport à leur résistance facilite leur transport et leur installation sur le site. De plus, la structure en treillis permet une répartition efficace des charges sur toute la structure, ce qui contribue à sa stabilité et à sa durabilité. Les ponts à poutres en treillis sont fréquemment utilisés pour franchir de grandes portées, telles que des rivières, des vallées ou des autoroutes, en raison de

leur aspect esthétique et de leur capacité à supporter des charges importantes. Cependant, leur construction requiert une expertise technique et une conception précise afin d'assurer leur solidité et leur sécurité. En somme, un pont à poutres en treillis est un ouvrage dont la structure repose sur des poutres métalliques disposées en treillis, offrant une solution efficace pour traverser de grandes portées tout en garantissant résistance et stabilité. pour traverser de [2]

I.4.3 Pont mixte arc-poutre :



Figure I-5: Exemple Pont mixte arc-poutre

Un pont mixte arc-poutre fusionne les caractéristiques distinctives des ponts en arc et des ponts en poutre. Ce type de pont utilise à la fois des éléments en arc et des éléments en poutre pour soutenir les charges et fournir la résistance structurelle requise. Habituellement, l'arc assume la charge verticale tandis que les poutres supportent les charges horizontales, ce qui assure une répartition efficace des charges et une robustesse face aux contraintes. Ces ponts sont fréquemment choisis pour traverser de grandes distances tout en maintenant une structure à la fois solide et esthétiquement plaisante, ce qui en fait une option populaire pour les ponts routiers, ferroviaires, piétonniers et les passerelles. La conception d'un pont mixte arc-poutre implique une analyse minutieuse des charges, de la géométrie et des contraintes afin de déterminer la forme optimale de l'arc et des poutres, ainsi que les connexions entre ces éléments.

Les matériaux utilisés peuvent varier, incluant le béton armé, l'acier, voire le bois, en fonction des besoins spécifiques du projet. Bien que ces ponts offrent de nombreux avantages tels qu'une grande résistance structurelle, une répartition efficace des charges, une durabilité accrue et une esthétique attrayante, leur conception et leur construction peuvent être plus coûteuses en raison de leur complexité.

En résumé, un pont mixte arc-poutre combine les éléments d'un pont en arc et d'un pont en poutre pour créer une structure robuste, durable et esthétiquement agréable pour franchir de longues distances. [1]

I.4.4 Pont Mixte Haubané :



Figure I-6: Exemple Pont Mixte Haubané

Le pont mixte haubané représente une fusion innovante entre les concepts du pont mixte et du pont haubané, combinant ainsi les atouts distinctifs de ces deux types de structures pour créer une construction robuste et esthétique. Dans un pont mixte, la principale poutre du tablier est constituée d'une synergie de matériaux, généralement de l'acier et du béton. Cette association permet de capitaliser sur les propriétés de résistance à la traction de l'acier et de résistance à la compression du béton. Les poutres en acier supportent les forces de traction tandis que le béton résiste à la compression.

Quant au pont haubané, il repose sur l'utilisation de câbles diagonaux, les haubans, qui soutiennent la poutre principale du pont. Ces câbles, fixés à des points spécifiques sur la poutre, s'étendent vers le haut et vers l'extérieur pour rejoindre des pylônes ou des tours de suspension. Les haubans transfèrent ainsi les charges du pont aux pylônes, réduisant ainsi la quantité de matériaux nécessaires pour supporter la structure et créant une esthétique plaisante. Dans un pont mixte haubané, les avantages des deux concepts sont combinés. La poutre principale, élaborée avec une combinaison d'acier et de béton, optimise ainsi les propriétés de résistance de matériaux. Les câbles haubans viennent ensuite soutenir cette poutre et transférer les charges aux pylônes. Cette synergie permet de réaliser une structure à la fois solide et légère, offrant une esthétique élégante et aérienne.

Ces ponts sont souvent choisis dans des projets d'ingénierie nécessitant des portées importantes et des exigences esthétiques élevées. Leur conception permet de créer des

ouvrages élancés et transparents, devenant ainsi des repères emblématiques dans le paysage urbain.[1]

I.4.5 Pont mixte à poutres-caissons



Figure I-7: Exemple Pont mixte à poutres-caissons

Un pont mixte à poutres-caissons est une structure combinant deux éléments principaux : les poutres et les caissons. Ces ponts sont souvent utilisés pour les traversées routières ou ferroviaires de longues portées.

Les poutres, horizontales, soutiennent la charge de la structure et la transfèrent aux piliers ou aux fondations. Les caissons, quant à eux, prennent souvent place sous les poutres, étant des boîtes creuses qui apportent rigidité et résistance aux forces de flexion.

Dans ce type de pont, les poutres et les caissons agissent en tandem pour supporter les charges et résister aux forces exercées. Les poutres absorbent la charge verticale et la transmettent aux caissons, qui à leur tour résistent aux forces de flexion.

Les caissons peuvent être conçus en acier ou en béton précontraint, tandis que les poutres peuvent être en acier ou en béton armé. L'utilisation de ces matériaux combinés exploite les avantages respectifs de chacun : la résistance à la traction de l'acier et la résistance à la compression du béton.

Les ponts mixtes à poutres-caissons offrent divers avantages. Ils permettent des portées importantes tout en minimisant le poids de la structure, tout en offrant une grande souplesse de conception pour répondre à des exigences spécifiques telles que des contraintes géologiques ou architecturales. Cependant, la conception et la construction de tels ponts peuvent être complexes et exigent une expertise technique.

Des études approfondies sont nécessaires pour analyser les charges, les contraintes et les déformations afin de garantir la sécurité et la durabilité de la structure.

En somme, un pont mixte à poutres-caissons combine des poutres et des caissons pour supporter les charges et résister aux forces, offrant des avantages en termes de portées importantes et de flexibilité de conception, mais nécessitant une expertise technique pour sa réalisation. [2]

I.5 Conception :

I.5.1 Programme de charges :

Les ponts doivent être calculés pour supporter les charges réglementaires définies dans le titre II du fascicule 61

I.5.1.1 Présentation de l'ouvrage :

Ce projet a pour objet de relier OUED BOUZIDI à RN5, franchissant l'autoroute Est-ouest, tronçon BOUIRA-limite Est de la wilaya de BOUIRA, section : BOUIRA –EL ADJIBA, du PK201+000 au PK227+000. C'est un ouvrage biais $\beta = 94,50\text{gr}$, sa longueur est de 46m à deux travées symétriques de 23m, ce choix est dicté par l'existence de la terre pleine centrale de l'autoroute.

I.5.1.2 Caractéristiques géométriques :

A) Profil en long :

Le profil en long est la ligne située sur l'axe de l'ouvrage, définissant en élévation le tracé en plan, il doit être défini en tenant compte de nombreux paramètres liés aux contraintes fonctionnelles de l'obstacle franchit ou aux contraintes naturelles, en général il convient d'éviter les ouvrages plats et horizontaux : Le profil en long l'ouvrage présente une pente longitudinale de $I = 0,5\%$ avec une longueur de 46 m.

- **Implantation des appuis :**

L'implantation de l'appui tient compte des données fonctionnelles, d'économique et d'aspect général, alors que le choix de leur forme résulte essentiellement de considération esthétique. Par conséquent la

Définition de la travure qui en résulte c'est-à-dire, le nombre et la longueur des travées ainsi que la répartition de ces derniers constituent une étape important dans la conception d'un ouvrage, puisque le choix du type d'ouvrage en dépend, pour une large part.

Selon notre profil en long et les contraintes existantes sur le site on peut prendre en considération le gabarit à respecter :

- 5,25m gabarit vertical sur l'autoroute.

B) Tracé en plan :

Vu que l'axe de l'ouvrage forme un angle de $94,50\text{gr}$ avec l'axe des culées, do Figure 10: Ossature à entretoises.

nc sa structure géométrique sera alors biais.

C) Profil en travers :

Le profil en travers donne les caractéristiques suivantes :

- Largeur du tablier y compris les deux trottoirs de 1,00m chacun est de 8m.
- Largeur roulable : 6,00m \Rightarrow pont du 2^{er} classe selon **fascicule 61**
- Largeur chargeable : 6,00m \Rightarrow 02 voies de circulation.
- Dévers : 2,5% en toit

I.5.1.3 Caractéristiques géotechniques :

L'étude géotechnique est réalisée par CTTP, et d'après le rapport géotechnique :

Les essais in situ et les essais de laboratoire montrent que le sol est constitué des successions de marne et d'alluvions sur toute la profondeur des sondages.

Au vu de la lithologie du site et des résultats des essais in-situ, les fondations de l'ouvrage seront superficielles, ancrées dans la couche de marne à 2,5m par rapport à la cote terrain naturel. A cette profondeur d'ancrage, la contrainte admissible est de 2,5 bars.

I.5.1.4 Choix du type d'ouvrage :

L'objectif est de déterminer, du point de vue technique et économique, le type d'ouvrage capable de satisfaire le mieux possible à toutes les conditions imposées et les contraintes existantes. Pour cela, il faut connaître cet ensemble de contraintes et condition pour pouvoir envisager des solutions qui apparaissent à première vue comme les meilleures et qui feront l'objet d'une étude plus approfondie pour aboutir à la meilleure solution techniquement et économiquement. Cette opération fait appel à l'expérience et les connaissances de l'ingénieur

L'acier résiste bien à la traction et à la compression, les ponts métalliques ont beaucoup évolués au cours de ces deux siècles, et c'est dû aux différentes faveurs qui ont rendu cette évolution possible :

- Le progrès sidérurgique : la fonte, le fer ont été remplacés par de l'acier.
- Les progrès dans les techniques d'assemblage.
- Les progrès dans les techniques de fabrication.
- L'affinement des calculs grâce à la meilleure connaissance de la RDM.

Avec les ponts métalliques on peut atteindre des portées de 20 m (pont mixte) jusqu'à 2000 m (pont suspendus).

I.6 La Variante Envisagée (Pont Mixte En Bipoutre)

Le béton assure le rôle de table de compression. Les efforts de traction sont repris par le profilé métallique, la garantie du non-glissement entre le hourdis et la semelle supérieure au profilé est assurée par des connecteurs (petits éléments métalliques soudés sur la semelle supérieure de profilé) les connecteurs sont dimensionnés pour reprendre la totalité des efforts de glissement, la dalle ainsi liée à l'ossature de manière

à intervertir dans la flexion générale. On obtient ainsi un pont mixte dans lequel la dalle est considérée comme participante à la résistance d'ensemble. [2]

I.6.1 Les inconvénients et les avantages pour chaque type de variante :

I.6.1.1 Les avantages :

- Légèreté par rapport aux tabliers des autres types de ponts qui va rendre le transport aisé, on raison du poids peu élevé qui permet de transporter loin en particulier à l'exécution.
- Rapidité et simplicité de mise en œuvre.
- Le peu d'échafaudage nécessaire.
- Simplicité d'usinage des poutres à âmes pleines.
- Le coût de la main d'oeuvre est optimal que dans les procédés concurrents (B.P).
- Des possibilités d'extension et de réparation.
- pour des ouvrages délicats de réaliser sur place (manque d'ouvrier spécialisé, de béton de qualité)

Un pont mixte peut être intéressant notamment par :

- Réduction du nombre de fondations.
- Préfabrication par grands éléments.
- pour de grandes portées la solution devient compétitive

I.6.1.2 Les inconvénients :

- La résistance et la stabilité de la structure en place doivent être vérifiées à tous les stades importants du montage ainsi qu'un contrôle strict sur le chantier.
- En construction mixte les phénomènes de retrait et de fluage. Influençant notablement la répartition des efforts intérieurs, on opte pour les bétons qui ont un retrait et un fluage minimum.
- Le problème majeur des ponts métallique et mixte est la maintenance contre la corrosion et le phénomène de fatigue dans les assemblages.
- Le risque de flambement des pièces comprimées, et le risque du renversement ou le voilement lors du montage ainsi qu'en service.
- Les sollicitations climatiques la différence de température entre le béton et l'acier surtout lorsque les poutres ne sont pas encore protégées par le tablier en béton.
- Une surveillance avec visite périodique.

I.7 Morphologie des ponts métalliques

Dans le cas des ouvrages à poutres, la charpente métallique est constituée de poutres principales en acier, de hauteur constante ou variable, elles-mêmes obtenues par assemblage de tôles par soudure. On obtient des profilés reconstitués soudés (PRS), par opposition aux profilés standards réalisés par laminage.



Figure I-8: Poutre PRS à l'atelier

Ces poutres comportent une âme (tôle mince quasi verticale de 16 mm à 28 mm d'épaisseur) et deux semelles supérieures et inférieure dont l'épaisseur peut atteindre 150 mm. Leurs dimensions varient le long de l'ouvrage pour s'adapter aux efforts que subira le tablier.

Des connecteurs métalliques (goujons ou cornières) sont soudés sur la semelle supérieure en vue d'assurer la liaison entre la dalle et la charpente. Cette connexion est indispensable pour empêcher tout glissement ou soulèvement de la dalle par rapport aux poutres métalliques et garantir ainsi la participation effective du hourdis. [5]



Figure I-9: Files de goujons soudés sur la semelle supérieure d'une poutre

Les poutres principales sont reliées entre elles transversalement. Dans le cas d'un ouvrage mixte bipoutre, les poutres sont liaisonnées soit par des entretoises, non connectées à la dalle et espacées de 8 m environ), soit par des pièces de pont, connectées à la dalle et espacées de 4 m environ. Ces éléments sont des profilés en I (PRS ou profilés standards).

La reprise des efforts horizontaux transversaux en construction (vent) nécessite de réaliser un contreventement partiel ou général par des croix de Saint-André horizontales (barres ou cornières). Ce contreventement est laissé en place jusqu'à l'achèvement de la dalle. En service, le contreventement horizontal est assuré par la dalle elle-même. [5]

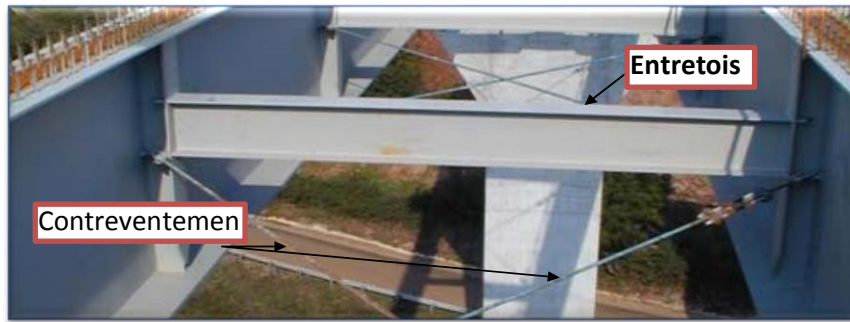


Figure I-10: Ossature à entretoises.

I.8 La morphologie des ponts mixtes à caisson

La morphologie des structures en forme de **caisson** est assez différente. On a recours à ce type de structure lorsqu'il est nécessaire de résister à des effets de torsion, de réaliser des ouvrages plus minces ou de plus grande portée. La forme du caisson est par ailleurs séduisante sur plan architectural. La charpente métallique est alors constituée d'une tôle de fond, de deux âmes, généralement inclinées, et de deux semelles supérieures connectées à la dalle. Une tôle supérieure peut également être prévue pour constituer un caisson métallique fermé. L'ensemble est raidi transversalement par la réalisation de cadres ou de diaphragmes (dans le cas des diaphragmes, on prévoit un trou d'homme permettant une circulation dans le caisson et l'accès à l'ouvrage depuis les abouts).

Un raidissage important renforce la tôle de fond de caisson fortement comprimée au voisinage des appuis, mais également en zone courante dans le cas d'ouvrages lancés. On rencontre différentes formes de raidisseurs en simple plat, en té ou en auget.[2]



Figure I-11: Caisson mixte



Figure I-12: Cadre de raidissage d'un caisson

Chapitre II

Prédimensionnement des éléments structuraux

II Introduction

Avant toute étude ou conception d'un ouvrage du génie civil, il est indispensable de définir les différents matériaux à utiliser, en précisant leurs caractéristiques mentionnées sur les règlements appropriés. Dans le calcul de ponts à poutre dalle, comme c'est le cas pour notre ouvrage, les principaux matériaux utilisés sont le béton, l'acier et les câbles précontraints définis par les règles BAEL 91 modifiées 99 et le BPEL

II.1 Pré dimensionnement du tablier

II.1.1 Largeur de tablier

Le tablier composé de 2 voies de 6m et 2 trottoirs de 1m de largeur chacun, la largeur totale de tablier est 8m.

II.1.2 Longueur des travées

Le tablier est composé de deux travées de 23 m.

II.1.3 La Dalle

Nous indiquons ci-dessous un ordre de grandeur de l'épaisseur de la dalle et du pourcentage d'aciers passifs longitudinaux.

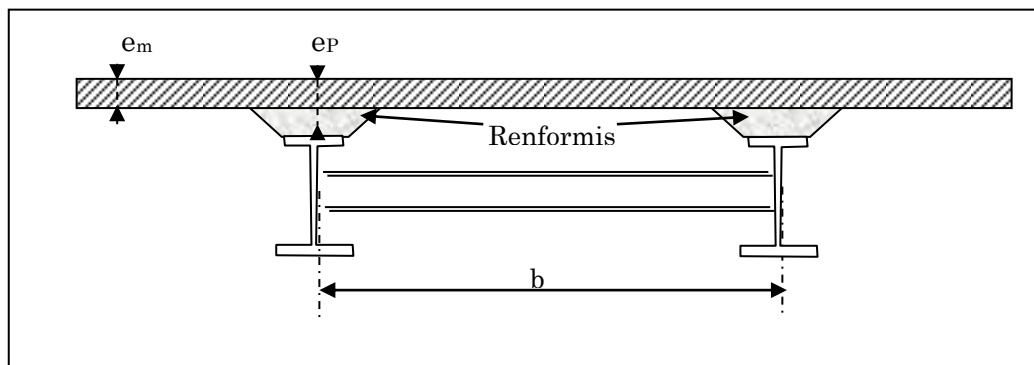


Figure II-1: Coupe transversale d'ouvrage à entretoise

1. Epaisseur de la Dalle

Tableau II.1: Détermination de l'épaisseur en fonction de la largeur de tablier

B	e_m (cm)	e_p (cm)	Epaisseur constante
5m	24	28	25
6,00m	25	30	27

Les valeurs ne sont données qu'à titre indicatif pour servir de base à un pré dimensionnement, les facteurs qui interviennent dans le choix d'une épaisseur sont en effet nombreux

- largeur des encorbellements.
- présence de trottoirs ou de superstructures lourdes (corniche, caniveaux...)
- nature de charge (militaire, lourds...)

2. Pourcentage d'aciers passifs

Tableau II.2: Pourcentage d'aciers passifs

	Nappe supérieure	Nappe inférieur
M < 0	2 /3 de 1%	1/3 de 1%
M > 0	2/3 de 0,5%	1/3 de 0 ,5%

Les pourcentages indiqués pour les zones de moment négatif correspondent aux valeurs minimales fixées par le règlement de calcul des ponts mixtes, les pourcentages indiqués pour les zones de moment positif sont des ordres de grandeur donnée à titre indicatif . [1]

II.1.4 Poutre principale

L'élancement de la poutre selon le document SETRA est de :

1- Elancement de poutres

$$\frac{L}{28} \leq h_w \leq \frac{L}{22}$$

on a L= 23 m alors $0,82 \leq h_w \leq 1,04$

Donc : $h_w = 1.00 \text{ m}$

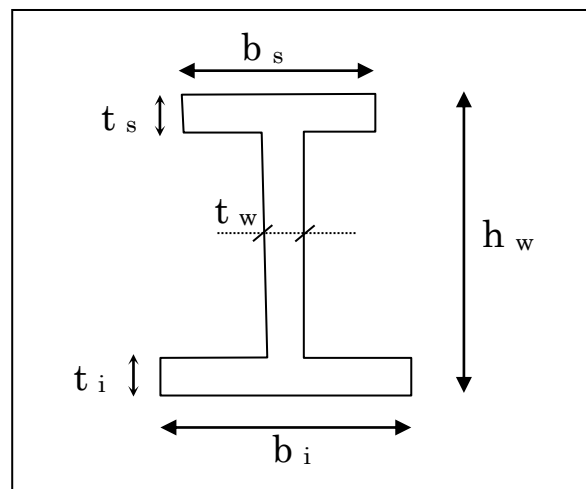


Figure II-2: Les paramètres du PRS

2- Ame

L'épaisseur de l'âme dépend :

- De l'usinage (difficultés d'usinage si l'âme est trop mince).
- Des phénomènes de voilement (nombre de raidisseurs).
- De l'esthétique (déformations des âmes au niveau des raidisseurs visibles de l'extérieur).

Ces conditions conduisent à une épaisseur minimale de l'âme :

$$t_w \geq 0,005h_w$$

$$\frac{V}{h_w \times t_w} \leq 100 N/mm^2 \text{ en état limite de service}$$

Pour les âmes raidies longitudinalement

$$t_w \geq 12mm$$

3- Semelle

Les semelles sont déterminées par les efforts au lancement, au bétonnage et en l'exploitation par des conditions :

- de résistance.
- d'instabilité.

Les conditions d'usinage et de voilement local conduisant en général à :

- $400 \leq b \leq 1300$
- $b/t \leq 30$ pour l'acier de E36 au E355 (fascicule 61)

A titre indicatif, pour un ouvrage continue, d'élançement courant et de largeur moyenne

10m, le tableau suivant donne **les largeurs des semelles** en fonctions de la plus grande portée.

Tableau II.3: les largeurs des semelles

Portée	Largeur de la semelle supérieure b_s	Largeur de la semelle inférieure b_i
< 30	400	500
30 à 50	500	500 – 700
50 à 70	600	800
70 à 85	700	900
85 à 100	800	1000

II.1.5 Entretoise

1- L'espacement

6 à 10m ; soit 7,66m.

2- Ame

Hauteur: $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15}$ de portée; soit 0,4 m

Epaisseur : 10 à 12 mm ; soit 10mm

3- Membrures

Largeur : 220 à 300 mm (pour déversement lors du bétonnage) ;
soit

300mm

Epaisseur : environ 20 mm

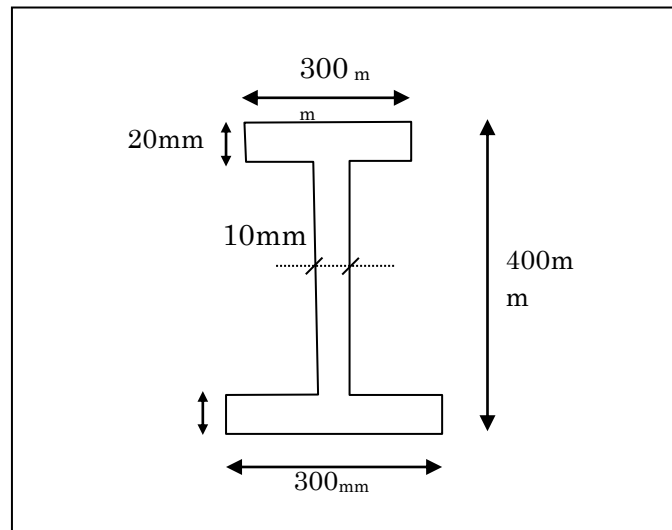


Figure II-3: Coupe transversale de l'entretoise

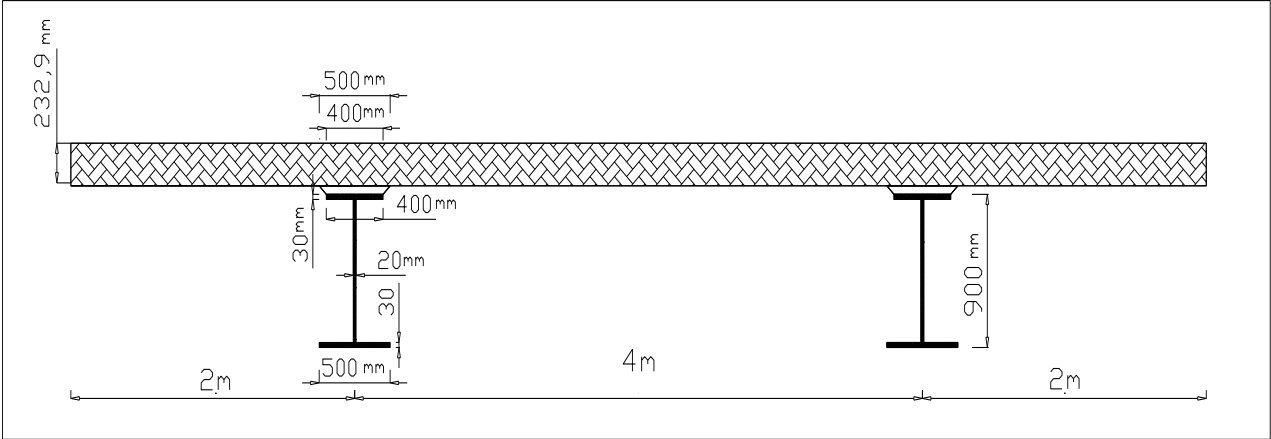


Figure II-4: Coupe transversale de tablier

Chapitre III

Calcul des charges et surcharges

III Introduction

L'objectif de ce chapitre est le calcul des charges et surcharges appliquées au tablier afin de déterminer les efforts auxquels ce dernier sera soumis. Nous commencerons par le poids propre du tablier, les surcharges réglementaires auxquelles sera soumis le pont ainsi que leur disposition sur le tablier. [5]

III.1 Détermination des charges permanentes (G)

Les charges permanentes comprennent le poids propre de la structure porteuse, les éléments non porteurs et les installations fixes. [1]

III.1.1 Calcul des charges permanentes

Le poids des différents éléments est évalué à partir de leurs dimensions et de leur densité qui est égale à $\rho_B = 2,5 \text{ t/ml}$ pour les bétons ordinaires. Les charges permanentes comprennent :

- Les actions dues au poids propre de la dalle ;
- Les actions dues aux poids des différents équipements.

III.1.2 Calcul des charges permanentes infrastructure

✓ Poids de la poutre

$$P_t = (S) \cdot v_s = 0.089 \cdot 23 \cdot 78.5 = 160.68 \text{ kN}$$

Donc le poids des deux poutres est :

$$P_T = P_t \cdot 2 = 160.68 \cdot 2 = 321.38 \text{ kN} = 32.138 \text{ t}$$

✓ Poids de la dalle

$$P_D = e \cdot l \cdot L \cdot v_s = 0.25 \cdot 8 \cdot 23 \cdot 25 = 1104 \text{ kN} = 110.4 \text{ t}$$

✓ Poids d'entretoise

$$P_{\text{entretoise}} = 4 \cdot 7.66 \cdot 0.0156 = 0.48 \text{ t}$$

✓ Poids total de la dalle

$$P_{TD} = \frac{110.4 + 32.138 + 0.48}{23} = 6.22 \text{ t/ml}$$

Donc : $C_P = 6.22 \text{ t/ml}$.

III.1.3 Calcul des charges permanentes infrastructure superstructures

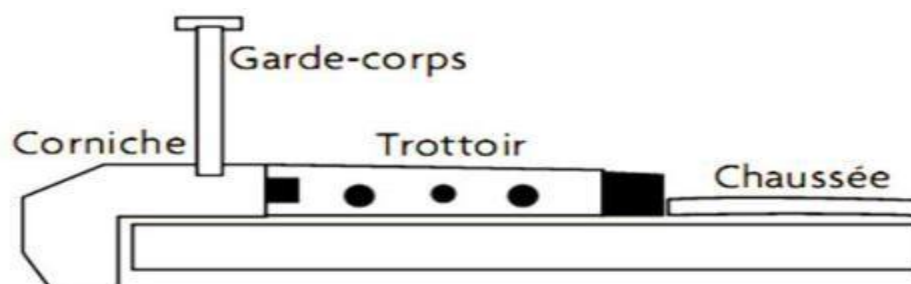


Figure III.1 : les équipements du tablier

✓ Les trottoirs

Pour un seul trottoir :

$$P_{tr} = l_{tr} \cdot q_{tr}$$

P_{tr} = surcharge du trottoir $L_{tr} = l_{tr1} + l_{tr2}$ et $L_{tr1} = L_{tr2}$

$$P_{tr} = 1.5 \cdot 2 \cdot 1.125 = 3.37 \text{ KN/ml} = 0.337 \text{ t/ml}$$

✓ **Les corniches**

Pour une seule corniche : $P_c = 1.125 \text{ t/m}$

Pour deux corniches : $p_c = 1.125 \cdot 2 = 2.25 \text{ t/m}$

✓ **Le revêtement**

$$P_{rev} = 8 \cdot 0.08 \cdot 2.2 = 1.40 \text{ t/ml}$$

✓ **L'étanchéité**

$$P_{et} = 0.03 \cdot 2.2 \cdot 11 = 0.726 \text{ t/ml}$$

✓ **Les gardes corps**

Pour un garde-corps on a : $P_{gc} = 0.1 \text{ t/ml}$

Pour deux gardes corps on a : $P_{gc} = 0.1 \cdot 2 = 0.2 \text{ t/ml}$

Tableau III.1 : Les charges des éléments non porteurs.

La superstructure	La charge (t/ml)
Trottoirs	0.337
Corniches	2.25
Revêtement	1.40
Etanchéité	0.726
Gardes corps	0.2
CCP= ΣP	4.906

$$Q_t = c_{cp} + c_p = 6.22 + 4.906 = 11.17 \text{ t} = 111.7 \text{ KN/ml}$$

III.2 Détermination des surcharges

La surcharge opérationnelle est divisée en surcharge mobile et surcharge opérationnelle.

trottoir. La surcharge en mouvement est causée par le poids des véhicules et la circulation.

Sur la chaussée. Les frais de fonctionnement sont pris en compte dans le calcul de cette redevance

Le travail est recommandé dans le chapitre 2 du tome 61. C'est :

- Système A ;
- Système B et son sous-système Bc
- Systèmes militaires ;

- Excellent système de flotte ;
- Trottoirs surchargés. [4]

III.2.1 Système de charge A

Système de charge A Ce système se compose de charges uniformément réparties d'intensités variables suivant la longueur surchargée et qui correspondent à une ou plusieurs files de véhicules à l'arrêt sur le pont. Elles représentent un embouteillage ou un stationnement, ou bien tout simplement une circulation continue à une vitesse à peu près uniforme d'un flot de véhicules composé de voitures légères et de poids lourds. Ainsi la chaussée du pont est soumise à une surcharge uniformément répartie dont l'intensité est égale au produit (variable avec la longueur surchargée (IS) par des coefficients définis dans la suite. Dans cette étude nous considérons que toute la travée est uniformément surchargée d'où les longueurs surchargées sont égales à 23m

- **Le nombre de voies (n) :** C'est la partie entière du quotient par 3 m de la largeur chargeable L_c en mètres $n = \frac{l_c}{3} = \frac{6}{3} = 2 \Rightarrow 2$ voies
- **Classe du ponts :** Les ponts routes sont rangés en 3 classes selon la largeur roulable et leur destination

La largeur d'une voie (v) c'est la largeur chargeable divisée par le nombre de voies.

$$\frac{l_c}{n} = v \Rightarrow \frac{6}{2} = 3 \text{ m}$$

Tableau III.2 classes d'un pont route.

Classe	Largeur roulable (L_r)
I	$L_r \geq 7\text{m}$
II	$5.5 < L_r < 7 \text{ m}$
III	$L_r \leq 5.5$

- **Le système de charge A(l) :**

Ponts de portée unitaire inférieure ou égale à 200 m. Les routes doivent supporter des charges uniformément réparties. [4]

$$A(l) = 2.3 + \frac{360}{12+23} = 12.58 \text{ KN/ m}^2$$

Application numérique :

$$A1(l) \text{ max} = 12.58 \text{ KN/m}^2$$

$$\alpha_2 = 3.5/4.1 = 0.85$$

$$\text{Donc } A2(l) = 0.85 \times 12.58 = 10.69 \text{ KN /ML}$$

III.2.2 Système de charge B

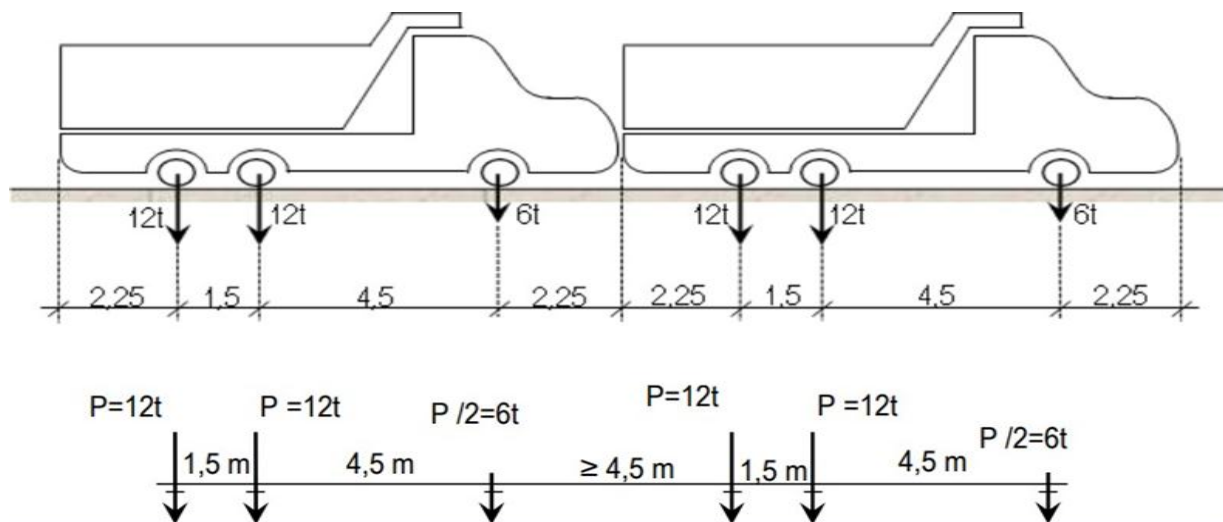
Les charges de type B sont composées de trois systèmes distincts :

- Le système Bc qui se compose de camions types ;
- Le système Bt qui se compose de groupes de 2 essieux (essieux-tandems) ;
- Le système Br qui se compose d'une roue isolée.[4]

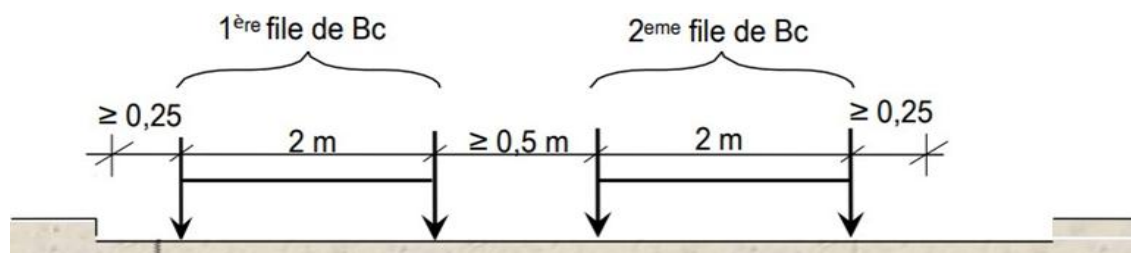
• Système Bc

Bc Chaque itinéraire comprend un camion typique ou jusqu'à deux camions, un nombre égal au nombre d'itinéraires. Le poids typique d'un camion du système BC est de 30 tonnes. Dans notre projet, nous disposons de 02 lignes de production composées de 02 camions. Les caractéristiques d'un système BC standard sont présentées dans la figure ci-dessous . [4]

-**Longitudinalement** : (masse relative à une file de camions et charge donnée par essieu) longitudinalement le nombre de camions par file est limité à



-**Transversalement** : On peut disposer transversalement sur la chaussée autant de files de camions Bc que la chaussée comporte de voies de circulation [4]



En plan :

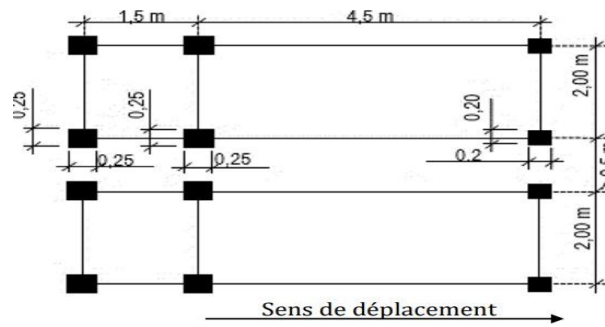


Figure III 2 : disposition des camions du système Bc

Le coefficient de majoration dynamique de ce système est donné par la formule.

$$\delta_{Bc} = 1 + \frac{0.4}{(1 + 0.2 \times L)} + \frac{0.6}{(1 + 4 \frac{G}{S})}$$

Du fait que les charges B sont mobiles, leurs valeurs statiques sont amplifiées par un coefficient majoration dynamique

$$\delta_{Bc} = 1 + \frac{0.4}{(1 + 0.2 \times 23)} + \frac{0.6}{(1 + 4 \frac{111.7}{1200})} = 1 + 0.03 + 0.43 = 1.46$$

III.2.3 La charge militaire M_{c120}

Mc120 Est un véhicule militaire du type chenilles. Il est conçu dans le fascicule 61 titre II comme suit :

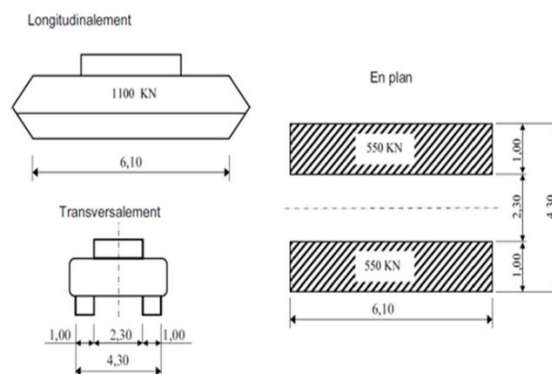


Figure III 3 : Véhicule MC120

III.2.4 La charge exceptionnelle D240

Il est conçu dans le fascicule 61 titre II comme suit :

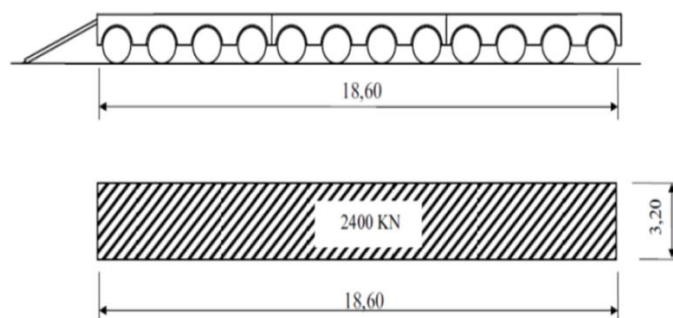


Figure III 4 : Convoi type D240

Chapitre IV
Modélisation
numérique du pont

IV Introduction

Ce chapitre montre les différentes étapes à suivre pour modéliser correctement le modèle numérique en utilisant la dernière version V21 du logiciel CSIBridge. L'interface graphique de ce logiciel permet de faciliter la tâche de modélisation grâce à une variété importante des icônes aidant l'utilisateur de façon très simple à manipuler et maîtriser les différentes étapes de modélisation, ce qui le rend unique et nettement supérieur aux autres programmes utilisés en modélisation numérique. Dans ce qui suit on donne une aperçue détaillée de ces étapes jusqu'à l'achèvement totale du modèle numérique.[4]

IV.1 Définition de l'axe du pont et les voies

IV.1.1 l'axe du pont

L'axe de pont commence par le point 0,00 m et se termine par le point 43m

Figure IV.1 : Entrées de l'axe du pont

IV.1.2 Les voies

On a deux voies ont une largeur unique de 3.3 m, comme le montré dans la figure suivante :

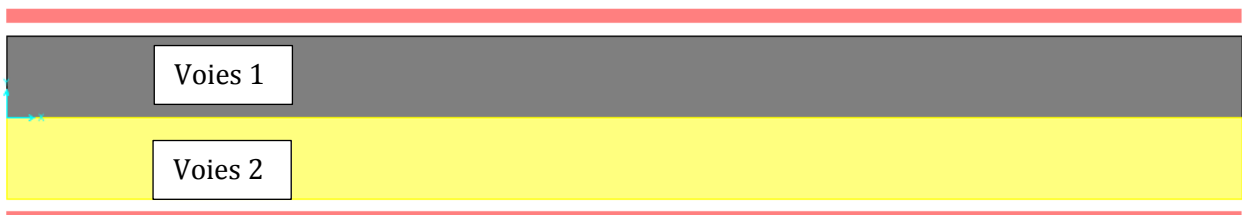


Figure IV.2 : Les entrées des voies

IV.2 Les composantes du tablier

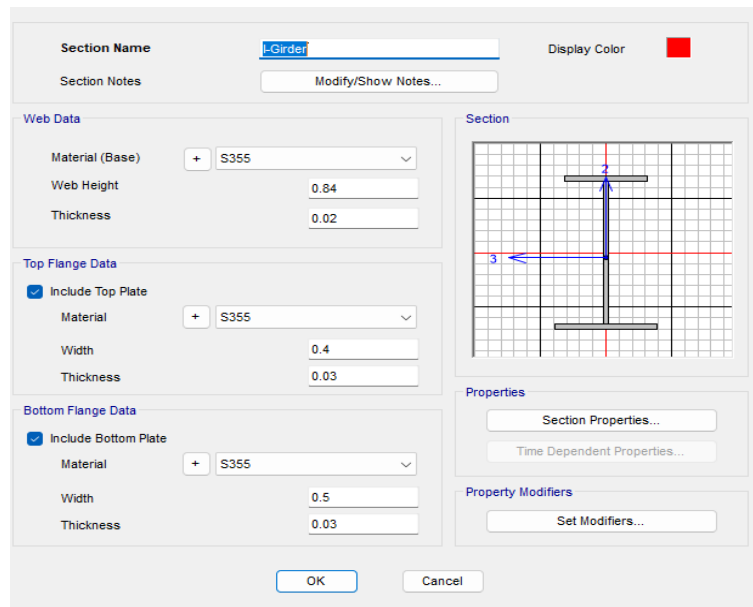


Figure IV.3 : Les dimensions de la poutre principale

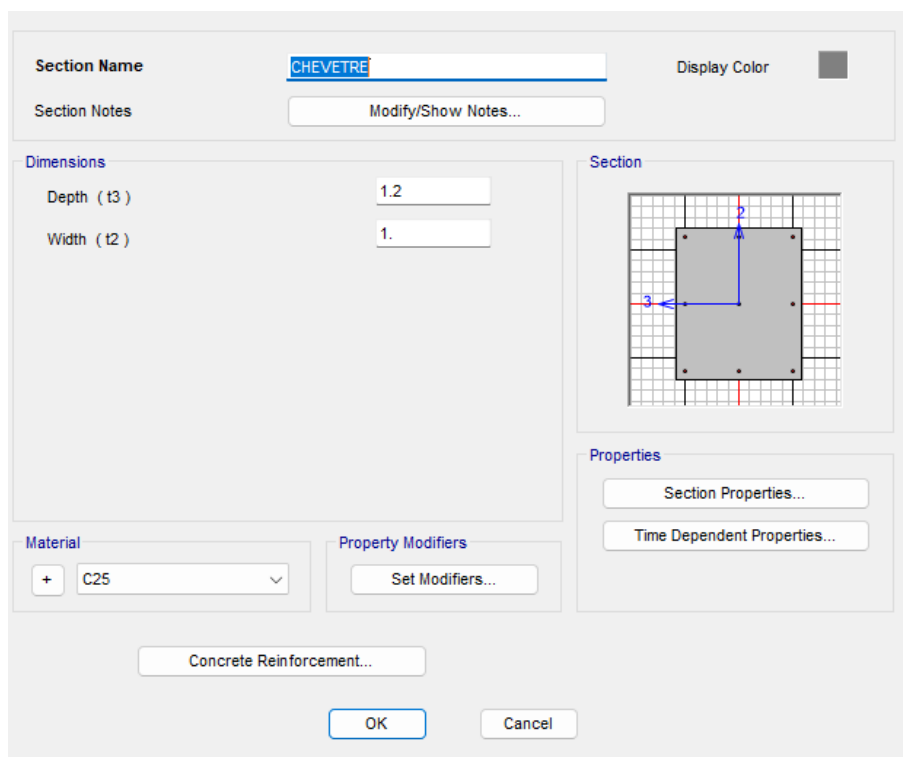


Figure IV.4 : Les dimensions de la chevêtre

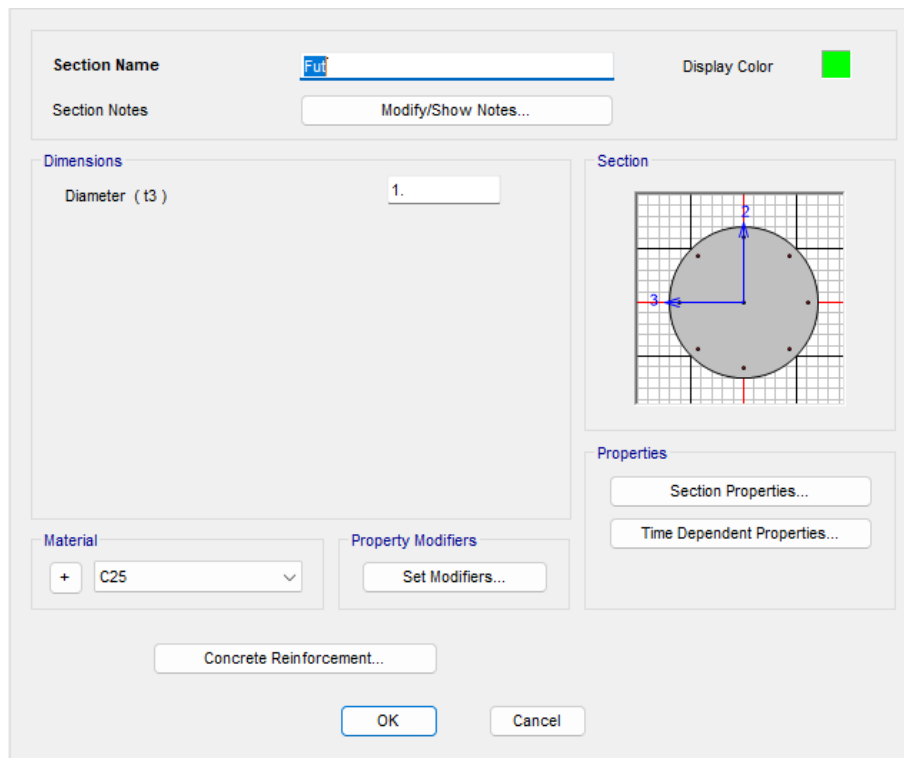


Figure IV5 : Les dimensions du fut

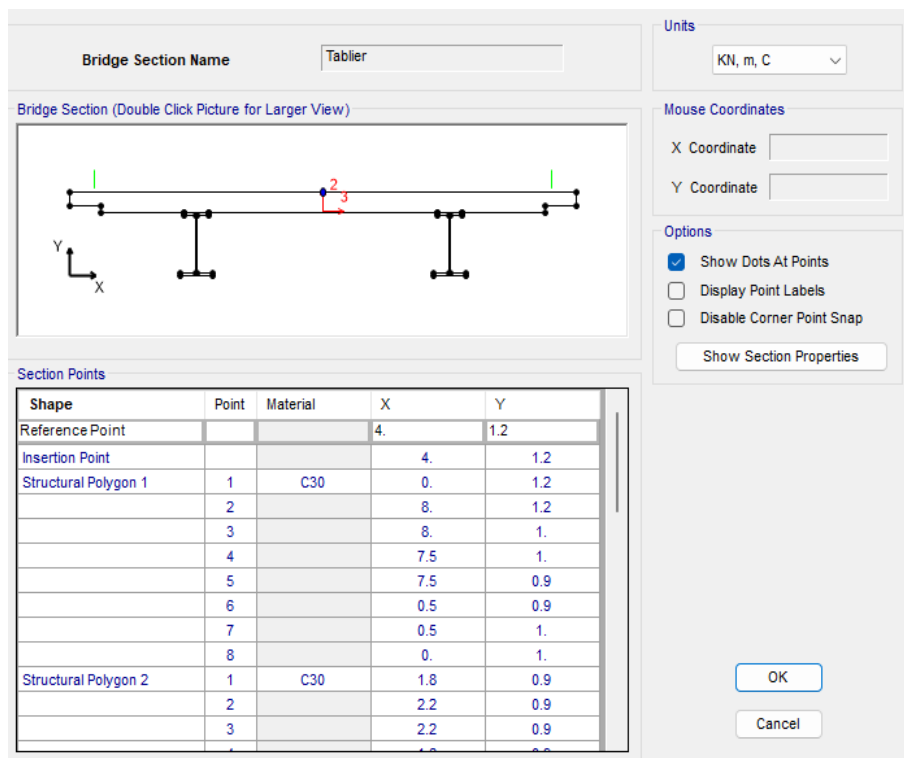


Figure IV6 : Les paramètres définissent le Tablier

DOF/Direction	Release Type	Stiffness
Translation Vertical (U1)	Fixed	
Translation Normal to Layout Line (U2)	Fixed	
Translation Along Layout Line (U3)	Free	
Rotation About Vertical (R1)	Free	
Rotation About Normal to Layout Line (R2)	Free	
Rotation About Layout Line (R3)	Free	

Figure IV7 : Entrée de l'appui simple nommé AP2

IV.3 Infrastructure

IV.3.1 Les culées

Start Abutment

Superstructure Assignment

- Support Name: Spane 1
- Abutment Direction (Bearing Angle): Default
- Daphragm Property: BDA1

Substructure Assignment

- None
- Abutment Property: Culée
- Bent Property

Substructure Location

- Elevation (Global Z): -1.12
- Horizontal Offset: 0.

Bearing Assignment

- Girder-by-Girder
- Bearing Property: AA1
- Restrainer Property at Bearing: None
- Elevation at Layout Line (Global Z): -1.05
- Rotation Angle from Bridge Default: 0.

Girder-by-Girder Overwrites

No Overwrites Exist

Figure IV8 : Les Entrées nécessaires pour la définition de la culée

IV.3.2 La pile

Figure IV.9 : Les Entrées nécessaires pour la définition de la pile

IV.4 Détermination des charges roulante

IV.4.1 La charge A(l)

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite		12.58	Lane Width		0.	One Point	
Leading Load	Infinite		12.58	Lane Width		0.	One Point	

Figure IV.10 : Définition de la charge A(l)

IV.4.2 La charge Bc

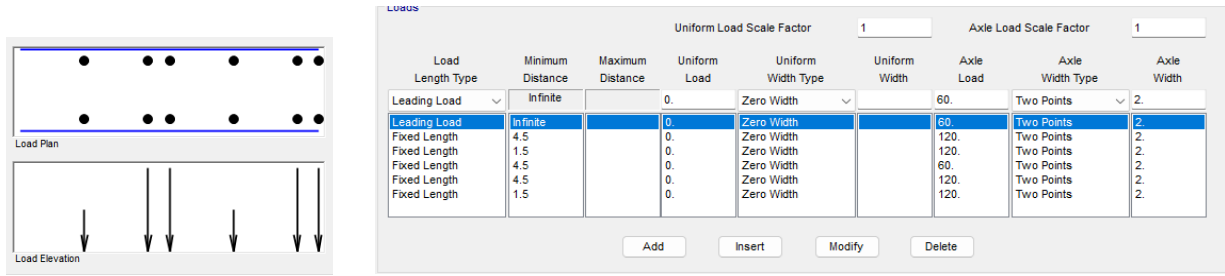


Figure IV.11 : Définition de la charge Bc

IV.4.3 La charge Mc120

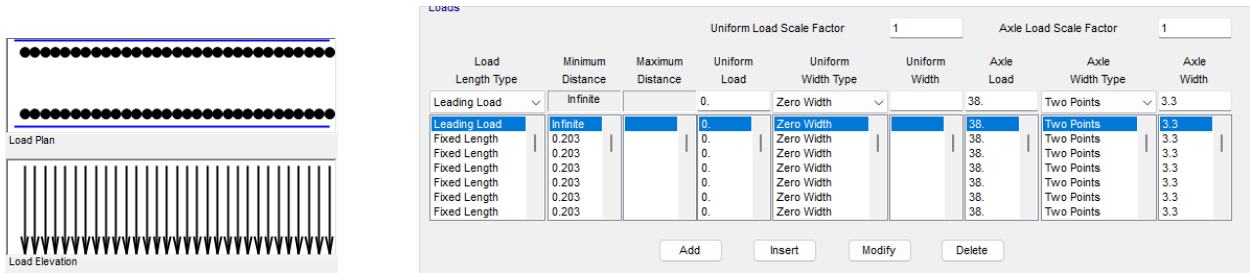


Figure IV.12 : Définition de la charge Mc120

IV.4.4 La charge D240

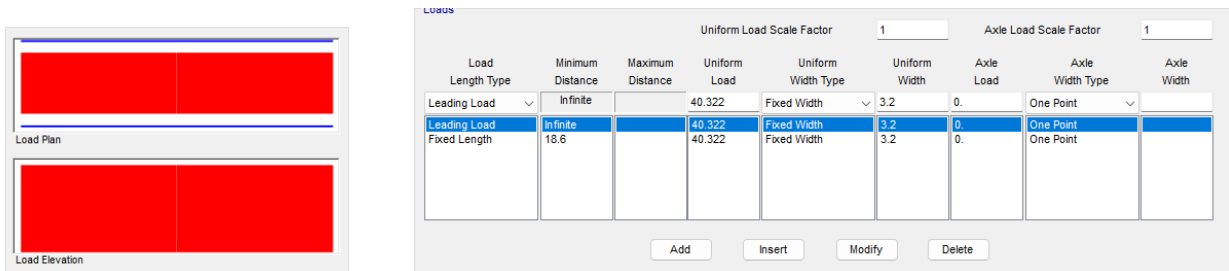


Figure IV.13 : Clarificatoin de La charge D240

IV.5 Affectation des travées

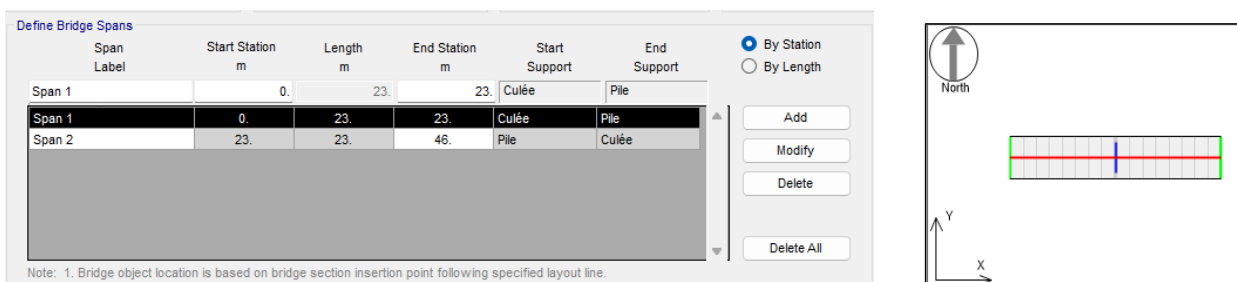


Figure IV.14 : Affectation des travées

IV.6 Le modèle à l'état final

Après la collection de toutes les données nécessaires des organes du pont, on a abouti le résultats montré dans les deux figures suivantes :

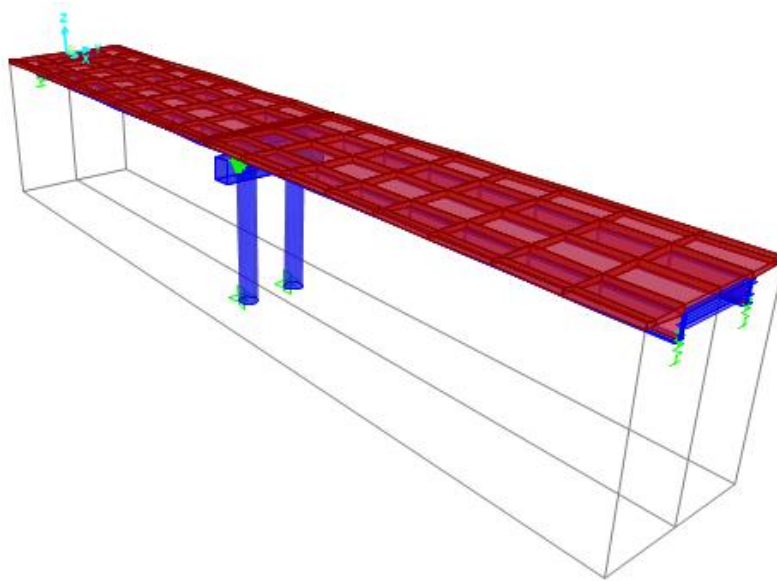


Figure IV.15: Le modèle à l'état final

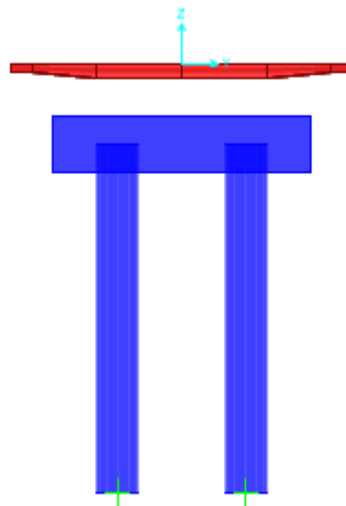


Figure IV.16: Coupe transversale de la pile

Chapitre V

Résultats et Discussions

V Introduction

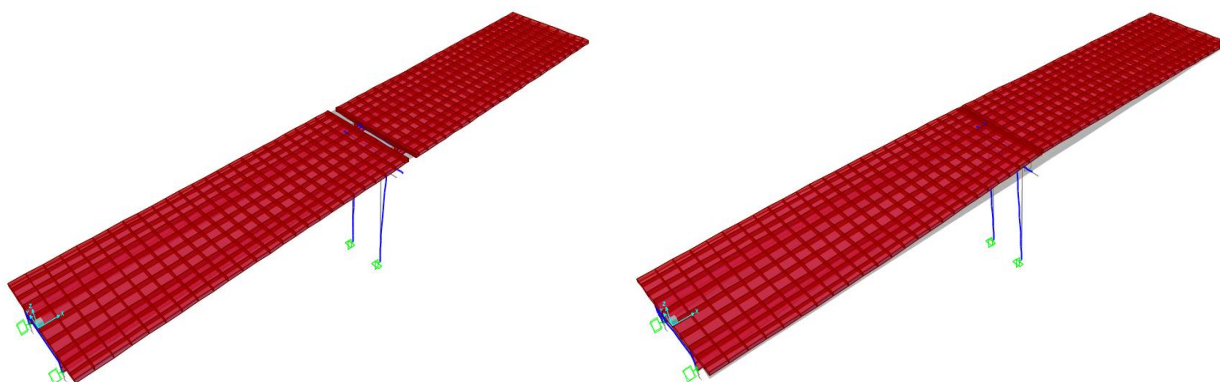
V.1 Analyse modale

L'analyse modale montre les différentes probabilités de déformation du pont au cours d'un chargement dynamique, dans le tableau suivant on donne les 12 premiers modes de vibrations. On note que les participations de masses des modes propres dominant sont illustrées en couleur bleu dans le tableau V.1, noté que le Règlement Parasismique Algérien [6] exige une participation de masse plus de 70% au moins pour présenter effectivement l'état de déformation.

Tableau V.1: Les 12 modes propres premiers de déformation

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
Output Case	Step Type	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.607	0.529	0.000	0.000	0.529	0.000	0.000
MODAL	Mode	2	0.314	0.000	0.887	0.000	0.529	0.887	0.000
MODAL	Mode	3	0.289	0.012	0.000	0.474	0.541	0.887	0.474
MODAL	Mode	4	0.284	0.006	0.000	0.214	0.546	0.887	0.688
MODAL	Mode	5	0.227	0.000	0.001	0.000	0.546	0.888	0.688
MODAL	Mode	6	0.213	0.000	0.000	0.000	0.546	0.888	0.688
MODAL	Mode	7	0.205	0.000	0.007	0.000	0.546	0.895	0.688
MODAL	Mode	8	0.153	0.000	0.056	0.000	0.546	0.952	0.688
MODAL	Mode	9	0.126	0.000	0.000	0.000	0.546	0.952	0.688
MODAL	Mode	10	0.116	0.000	0.000	0.000	0.546	0.952	0.688
MODAL	Mode	11	0.116	0.000	0.000	0.000	0.546	0.952	0.688
MODAL	Mode	12	0.111	0.000	0.001	0.000	0.546	0.953	0.688

La figure V.1 suivante montre les 04 premiers modes de vibrations à savoir 03 translations suivant les trois direction X, Y, Z respectivement, et un mode de torsion (Mode 06), ce sont les modes le plus dominants avec une participation de masse 53%, 89%, 48% pour les trois modes premiers.



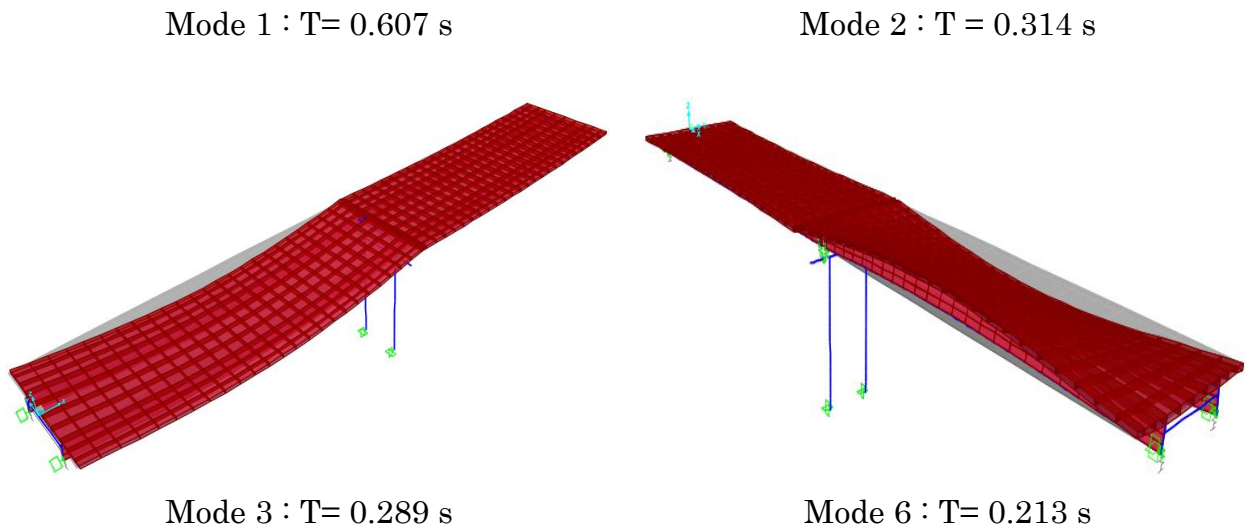


Figure V. 1 : les 04 premiers modes de vibrations

V.2 Analyse statique

L'analyse sous chargement statique, et sous charges roulantes sont nécessaire pour construire les diagrammes des éléments de réduction (M, N, T) afin de déterminer l'états le plus défavorable, permet ainsi de vérifier les éléments structuraux de pont vis-à-vis les différents phénomènes d'instabilité notamment le déversement et le voilement des poutres et entretoises métalliques et leurs résistances, les figures V.2 à V.9 montrent les résultats obtenus par le logiciel CSIBridge

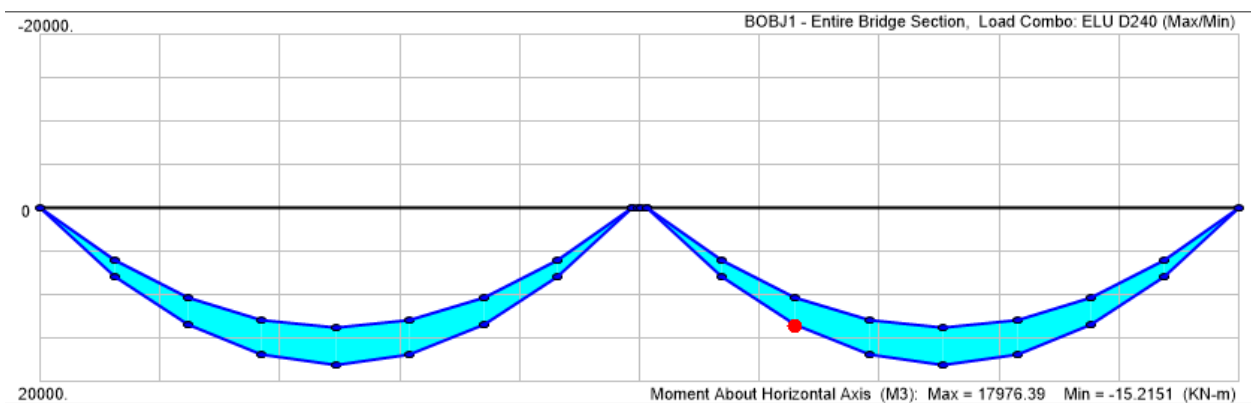


Figure V.2 : Le diagramme du moment Max et Min de (M3) pour ELU D240

On note sur cette figure que le moment Max et Min de (M3) est de 1797,39 kN.m . Et votre moment min est de $- 15.2151$ kN.m pour ELU D120

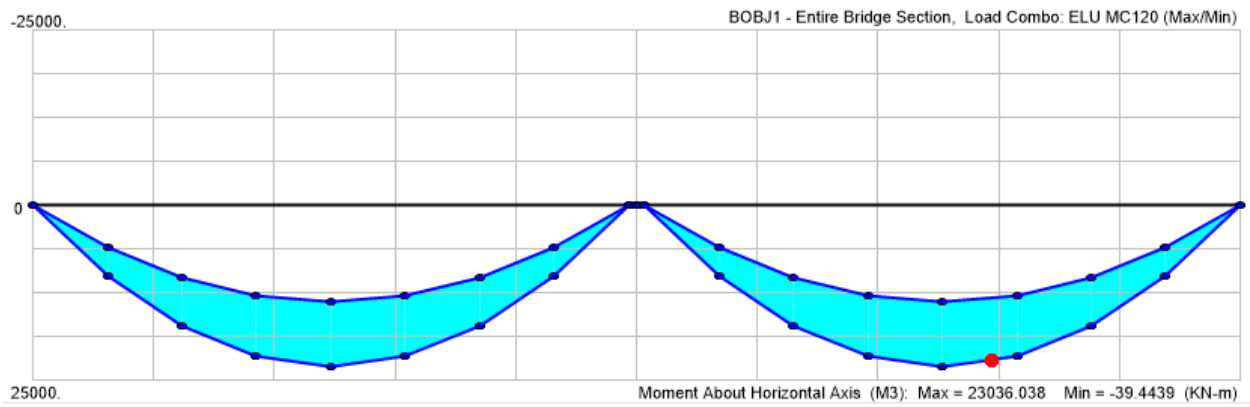


Figure V.3: Le diagramme du moment Max et Min de (M3) pour ELU MC120

On note sur cette figure que le moment max (M3) est de 23036.038 KN.m. Et votre moment min est de - 39.4439 KN.m pour ELU MC120

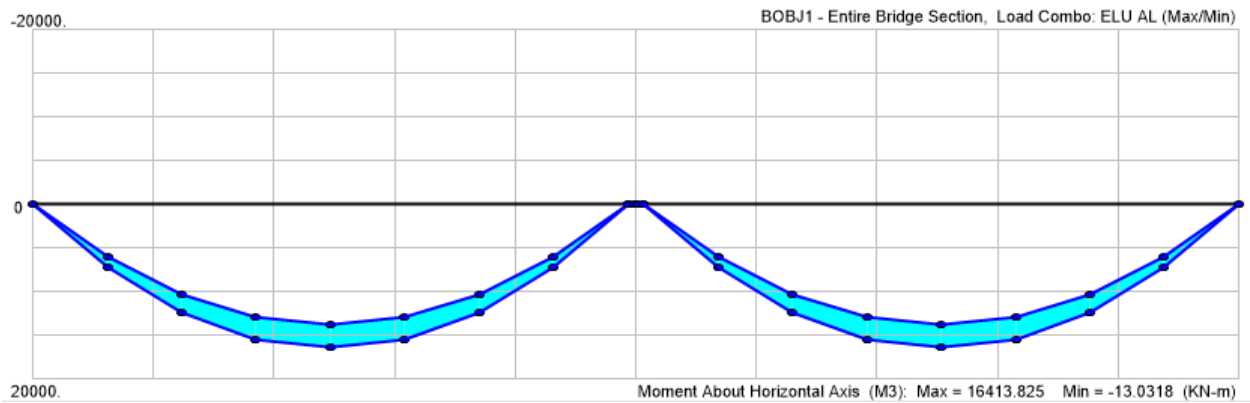


Figure V.4: Le diagramme du moment max Min (M3) pour ELU A(L)

On note sur cette figure que le moment max (M3) est de 16413.825 KN.m. Et votre moment min est de - 16413.825 KN.m pour ELU A(L)

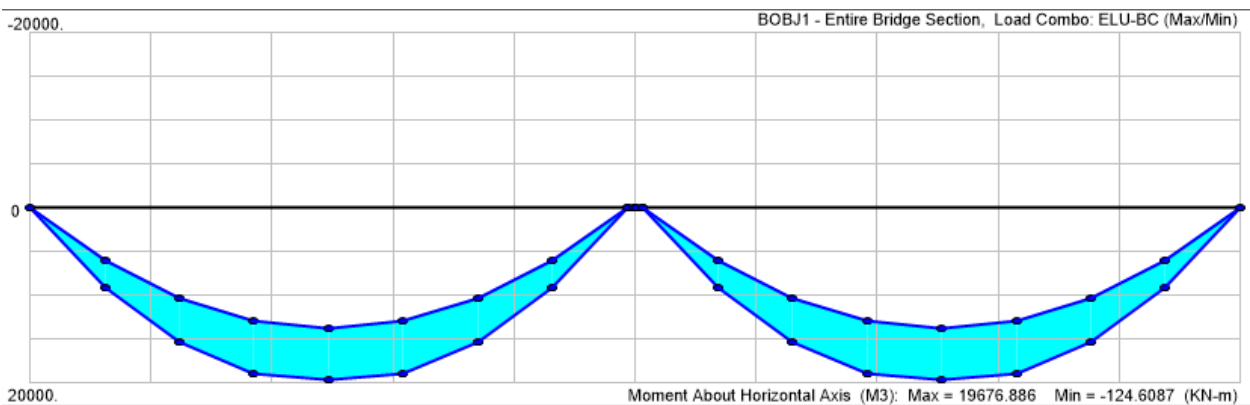


Figure V.5 : Le diagramme du moment Max et Min de (M3) pour ELU BC

On note sur cette figure que le moment max (M3) est de 19676,886 KN.m. Et votre moment min est de - 124.6087 KN.m pour ELU BC

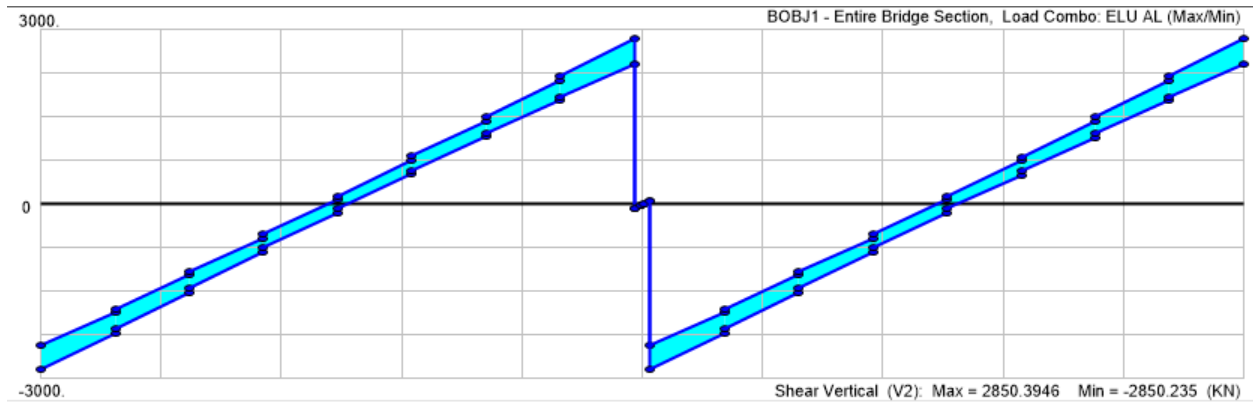


Figure V.6 : Le diagramme du Cisaillement vertical (V2) max et min pour ELU A(L)

On remarque sur cette figure que le Cisaillement vertical (V2) MAX est de 2850.3946 KN/m et la Cisaillement vertical (V2) Min est de -2850.235 KN/m pour ELU A(L)

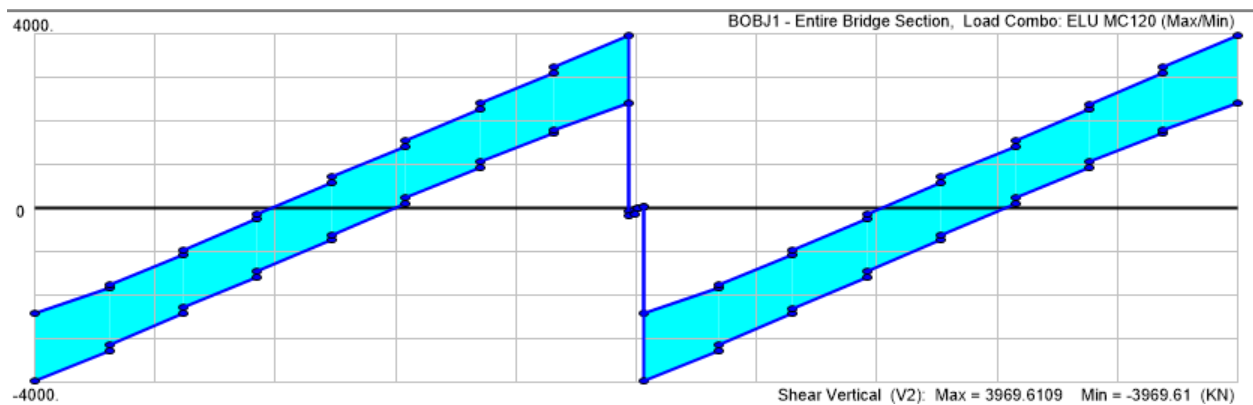


Figure V.7: Le diagramme du Cisaillement vertical (V2) max et min pour ELU MC120

On remarque sur cette figure que le Cisaillement vertical (V2) MAX est de 3969.61 KN/m et la Cisaillement vertical (V2) Min est de -3969.61 KN/m pour ELU MC120

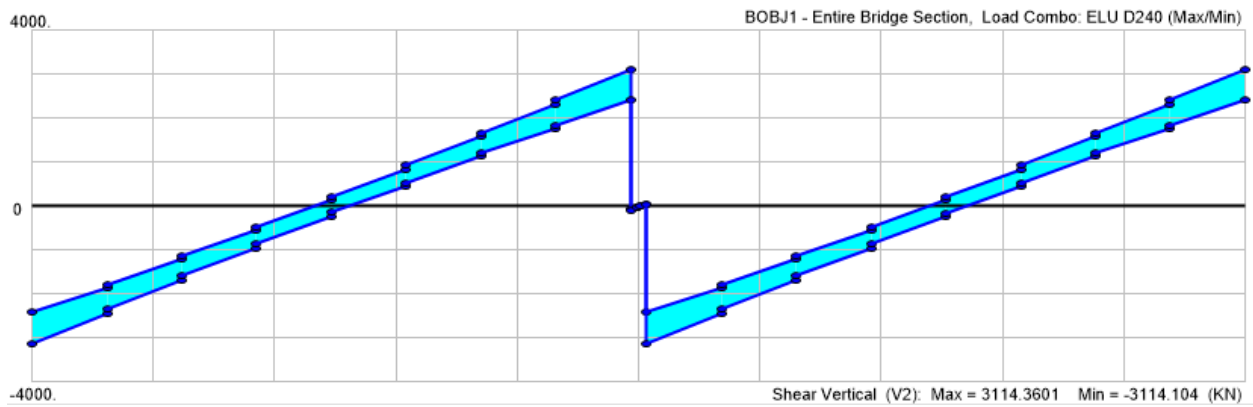


Figure V.8: Le diagramme du Cisaillement vertical (V2) max min pour ELU D240

On remarque sur cette figure que le Cisaillement vertical (V2) MAX est de 3114.36 KN/m et la Cisaillement vertical (V2) Min est de -3114.104 KN/m pour ELU D240

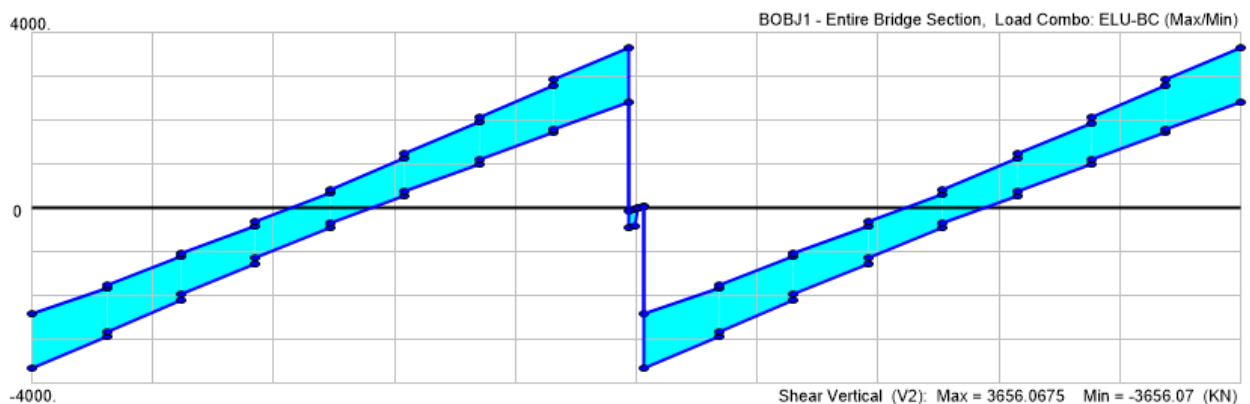


Figure V.9: Le diagramme du Cisaillement vertical (V2) max min pour ELU BC

On remarque sur cette figure que le Cisaillement vertical (V2) MAX est de 3656.067 KN/m et le Cisaillement vertical (V2) Min est de -3656.07 KN/m pour ELU BC.

En fin ces résultats importants permettent de vérifier les éléments structuraux de pont vis-à-vis les différents phénomènes d'instabilité notamment le déversement et le voilement des poutres et entretoises métalliques et leurs résistances. Noté que ces vérifications sont hors des objectives de ce mémoire de Licence et elles sont peut-être un sujet indépendant de Master.

Conclusion générale

Le projet de fin d'études est considéré comme une étape importante dans le parcours de formation de l'étudiant en licence, et la conception d'un pont mixte est un ensemble de démarches basées sur des règles, des principes et des méthodes particulières.

Le développement d'un projet de pont est une expérience riche dans cette voie, nécessitant une réflexion d'une part, et des connaissances approfondies dans le domaine de l'utilisation de différents types de structures d'autre part.

Les calculs pour les deux parties supérieure et infrastructure du pont ont été effectués par modélisation numérique en basant sur le logiciel CSIBridge version 21. Cela nous a permis de mieux comprendre les différentes étapes de la modélisation numérique basé sur la méthode des élément finis et les hypothèses prises en compte.

Nous avons suivi presque tous les calculs et étapes nécessaires pour concevoir un pont répondant aux normes requises tout en respectant pleinement les normes de sécurité.

Références

- [1] CALGARO J.-A.. « Projet et construction des ponts – Généralités, fondations, appuis, ouvrages courants ». Nouvelle édition – Presses des Ponts et Chaussées (2000).
- [2] CALGARO J.-A. et VIRLOGEUX., M. « **Projet et Construction des Ponts** ». Volume II « Analyse structurale des tabliers de ponts », Presses des Ponts et Chaussées (1989).
- [3] MAATIB F., « Conception et étude d'un pont dalle hyperstatique en béton précontraint », Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, ENSTP, Alger, 2004
- [4] Bachiri.,A.,« modélisation numérique des ponts » cours, Laghouat,2023
- [5] Wissem.,B. et Wassila.,D.,« Etude D'un Ouvrage D'art En Béton Précontraint», mémoire de master, Université Aboubekr Belkaid, 2013
- [6] RPOA 2008, “Les réglemets parasismique Algérien”, Ministère du travaux publics, Alger 2008.