



**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ «ABBES LAGHROUR» DE KHENCHELA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE**



Département de Génie Civil

N° de série :.....

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master (L.M.D)

Spécialité : Voies et ouvrages d'art

**La méthodologie d'étude et de conception d'un
pont courant en béton armé: Cas d'étude d'un
ouvrage d'art sur Oued Bouhegal -Khenchela.**

Réalisé par : -Sid Athmane

Membres de jury :

Dr. Mehamdia Ali Président

Dr. Baazouzi Messaoud Examineur

Dirigé par :Dr.TABET Mohamed

Date de soutenance le : 21/06/2023

Sommaire

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

I. Introduction	3
I. Objectifs	3
II. Contexte bibliographique	3
II. Conception en générale.....	4
III. La conception des ponts selon la philosophie de CALGARO	5
IV. PA77 et PA78.....	8
V. Conception selon l'AASHTO USA.....	14
VI. Conception des facteurs de charge et de résistance (LRFD) pour les structures de ponts routiers	14
a. Philosophie de conception LRFD	14
VII. Définition des ponts courants.....	17
VIII.....Différents types de ponts courants routiers, autoroutiers et ferroviaires Français	17
IX. - Les PI-CF et PI-PO :.....	18
X. -Les POD :.....	18
XI. - Les PSI-DA et PSI-DP :	19
XII. Les autres ponts types :.....	19
XIII. - PSI-DN :.....	19
XIV. - PSI-BA :.....	20
XV. - PR-AD :.....	21
XVI. - VI-PP :.....	21
XVII. - PSI-OM :.....	22
XVIII. - PS-BQ :.....	22
XIX. - PSI-DE :.....	22
XX. Différents types de ponts courants routiers, autoroutiers et ferroviaires USA.....	23
Conclusion	25
Chapitre II : Critères de conception de la variante réaliser	
I .Introduction	25
1. Caractéristiques principales de l'ouvrage réaliser.....	25

2. Décisions constructives	26
3. Synthèse sur l'étude des fondation	26
II. Implantation.....	27
II.1. Définition et type de l'ouvrage.....	27
II.2. Nécessité de la réalisation de l'ouvrage.....	28
III.Surcharges d'exploitation	29
III.1 Surcharge A(l)	31
III.2 Surcharge Bc.....	31
III.3 Surcharges Mc120	31
III.4- Modélisation de la structure.....	31
III.5-Etude de la dalle :	32
III.6- Calcul des sollicitations:	32
VI .Ferrailage des éléments principaux.....	34
VI .1FERAILLAGE DES POUTRES	34
Conclusion	36

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

Introduction	37
Généralité sur la composition d'un pont	38
I. Définition d'un pont	38
I.1. Terminologie.....	38
II. Différentes parties d'un pont.....	39
II.1. La superstructure	39
A. Le tablier	39
B. Les poutres	39
II.2. L'infrastructure.....	40
A. Les appuis.....	40
B. Les piles	54
C. Les culées.....	54
III. La procédure ou la méthodologie de conception MCP proposé.....	54
VI. Calcul hydraulique du Oued Boughegal.....	56
VI.1 Calcul du bassin versant d Oued Boughegal	56
VI.1.1 Caracteristiques des bassins versants.....	59
VI.1.2 Tempts de concentration	59

VI.1.3 Calcul hydrologique.....	59
VI.1.4 DIMENTIONNEMENT DES OUVRAGES	59
VI.1.5 Calcul PHE.....	59
Conclusion	60

Chapitre VI Etude et vérification de la variante réaliser selon la méthode MCP

Introduction	61
Prédimensionnement.....	61
La modélisation.....	63
Les charges et surcharges	65
a) La charge G.....	65
b) La charge Al	65
c) La charge trottoir.....	66
d) Les charges roulantes	66
e) La charge roulante Bc sur la premier voie.....	66
f) La charge roulante Bc sur la deuxième voie.....	67
g) La charge roulante Bc sur la troisième voie	67
h) La charge roulante Bc sur la quatrième voie	68
i) La charge roulante Mc120 sur la première voie	68
j) La charge roulante Mc120 sur la deuxième voie	69
k) La charge roulante Br sur la première, deuxième, troisième et quatrième voie	69
a) La charge roulante D240 sur la première et deuxième voie	70
Les charges sismiques.....	70
Les combinaisons.....	71

Chapitre V Résultats, comparaison et discussion

I. Résultats de la modélisation et calcul	73
I .1 Moment fléchissant et effort tranchant.....	73
I .2 Déplacement et flèches des poutre.....	73
I .3 Réaction total des appuis élastique et encastrement	74
I .4 Réaction résiduelle des appuis élastique et encastrement	74
I .5 Déplacement modales	75
I .6 Résultats modale du séisme dans la direction XX/YY/ZZ du séisme	75
Mode 1	76
Mode 2	77

Mode 3	77
Mode 4	77
I .7 Les lignes d'influences	78
I .7 .1 Ligne d'influence Bc	78
I .7 Cartographie de la dalle et des voiles de la culée	80
II. Ferrailage des poutres, de la dalle, et des voiles de la culé	84
II. 1 Le ferrailage de la poutre	84
II. 1 .1Le ferrailage fait par l'étude réaliser	84
II. 1 .2Le ferrailage de la poutre fait par notre approche	85
II. 2 Le ferrailage de la dalle et des voiles de la culés	86
II. 2 .1Le ferrailage de la dalle et des voiles de la culés fait par l'étude réaliser	86
II. 2 .2Le ferrailage de la dalle et des voiles de la culés fait par notre approche	86
II. 2 .2 .1 La dalle.....	86
II. 2 .2 .1 Les voiles de la culés	89
Conclusion	90
Référence	31

Liste des figures

Figure 1 : Domaine d'emploi des principaux types d'ouvrages d'art courants	6
Figure 2: Ponts en béton armé ou précontraint	6
Figure 3 :Elément de dimensionnement des OA courant	7
Figure 1: Page de garde du dossier pilote PA77 et PA78.....	9
Figure 2 : Résultats des calculs pour des travée et porté standardisé.....	10
Figure 3: Des directives pour une application pratique du dossier PA78.....	11
Figure 4:Détaille quantitatif sur l'épaisseur du tablier et volume du béton en fonction de la portée.....	12
Figure 5:Détaille quantitatif sur tonnage de l'acier et surface de coffrage en fonction de la portée.....	13
Figure 6:Les lignes d'influence du moment fléchissant et effort tranchant pour une charge ponctuelle.	13
Figure 7: Évolution des spécifications de conception AASHTO. [1]	15
Figure 8: Organigramme de conception AASHTO. [1]	16
Figure 9: PI-CF et PI-PO.....	18
Figure 10: POD. [2]	18
Figure 11: PSI-DA et PSI-DP. [2]	19
Figure 12: PSI-DN. [2].....	20
Figure 13: PSI-BA. [2].....	21
Figure 14: PR-AD. [2].....	21
Figure 15: VI-PP. [2].....	21
Figure 16: PSI-OM. [2]	22
Figure 17: PS-BQ. [2]	22
Figure 18: PSI-DE. [2]	22
Figure 19 : Portée et longueur du pont[3].....	23
Figure 20:Critères de dimensionnement de l'épaisseur du tablier[3].....	24
Figure 25:Les différents types de poutres en béton armé [3].....	25
Figure 23: Localisation du projet réaliser sur le Oued Bouhegal.....	27
Figure 24 : Coupe longitudinale de l'ouvrage réaliser	28
Figure 25: Coupe transversale de l'ouvrage réaliser	28
Figure 26: La géologie de la région de Khenchela.....	29
Figure 27: La géologie de la région de Khenchela.....	32
Figure I.34 : Différentes parties d'un pont	39
Figure 27: La géologie de la région de Khenchela.....	39
Figure 28: La géologie de la région de Khenchela.....	39
Figure 29 : La manœuvre de la pose des poutre sur le pont.	40
Figure 30:Roulement de ligne.....	41
Figure 31 : Roulement à rouleaux. (A) Rouleau unique. (B) Rouleaux multiples. (C) Roulement à rouleaux avec engrenage arrangement.....	42
Figure 32 :Roulement à rouleaux et roulement à broches. (Photo de Lin.).....	42
Figure 34: Palier de pivot.....	44
Figure 35 :Roulement de culbuteur.	44
Figure 36 : Appui pendulaire (Tachibana, 2000).	44
Figure 37 : Appui en élastomère.	45
Figure 38 : Propriétés d'un caoutchouc unitaire et d'un caoutchouc stratifié (Toma et al., 2005). (Une unité caoutchouc. (B) Caoutchouc en couches.....	46
Figure 39 : Appui en caoutchouc soumis à une force horizontale.....	47
Figure 32 : Image réel d'un élastomère	48
Figure 41 : Propriétés mécaniques Elastomère adopté.	54
Figure 42 : Données métrologique de la Willaya de Khenchela.	56
Figure 43 : Bassin versant d Oued Bouhegual.	57

<i>Figure 44 : Le lit de Oued Bouhegual principale et les cheminement secondaire.</i>	58
<i>Figure 45 : Le levé topographique du Oued.</i>	60
<i>Figure 46 : Élément de dimensionnement des OA courant</i>	61
<i>Figure 47 : Schéma explicatif de la modélisation d'un pont intégralement</i>	63
<i>Figure 48 : Modélisation des appuis élastomère comme appui élastique et un encastrement dans l'ancrage au sol</i>	64
<i>Figure 49 : L'introduction de la charge roulante est automatique le long d'une voie prédéfinie.</i>	66
<i>Figure 50 : Spectre horizontale pour S3, pont stratégique.</i>	70
<i>Figure 51 : Spectre vertical pour S3, pont stratégique.</i>	71

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les épaisseur minimal des différents types de tablier[3]	24
Tableau 2 : Les caractéristique démentielle des types de poutre en BA selon AASHTOO[3].....	25
Tableau 3: Propriétés mécaniques des appareils d'appuis.....	27
Tableau 4: Dimension de l'ouvrage réaliser	29
Tableau 5 : type des ponts suivant la destination des voies supportées	38
Tableau 6: type des appuis	49
Tableau 7: Propriétés mécaniques Elastomère	50
Tableau 8: Propriétés mécaniques Elastomère	52
<i>Tableau 9 : Les dimensions du pont.</i>	62
<i>Tableau 10 : Les combinaisons générer pour le calcul.</i>	71
<i>Tableau 11 : Résultats de l'analyse modale(sismique)</i>	76

Dédicace

Je dédie ce fruit de mon travail à mes très chère parents ;

Qui sont toujours faire l'encouragement de poursuivre mes études ;

A mon épouse et mes enfants qui sont le fruit de mon cœur ;

A mon encadreur Dr. TABET Mohamed qui m'a donnée l'encouragement de finir ce mémoire.

Ainsi tous qui m'aident de près ou de loin.

Remerciement

A l'occasion de ce mémoire que je viens d'achever, je tien avant d'entamer sa lecture a remercier tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à sa réalisation et en particulier mon encadreur Dr. TABET Mohamed qui m'a soutenu durant tout l'année de l'étude, Je n'oublieriez pas également mon épouse et mes enfants qui m'ont aidés dans les moments les plus difficiles.

Cependant le plus grand mérite revient à tous qui m'ont appris quelque chose « notamment les enseignants du département de génie civil que je remercie infiniment et dont je n'oublierais jamais la bonté et la générosité qui les caractérisent. C'est avec un immense plaisir que je dédie ce Modeste 'mémoire ' à toute la famille de l'institut de Génie civil de Khenchela, encore une fois, je remercie tout le monde, et je demande a tous ceux qui ont contribué à ma réussite de m'excuser si d'aventure j'ai fauté Merci. Et j'espère qu'il sera du gout de tout un chacun.

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

I. Introduction

La nécessité oblige l'état à suivre le développement socioéconomique ainsi le développement urbain qui lui est obligé à suivre, de cet effet les infrastructures des travaux publics aussi subissent par la suite des élargissements de la voie, de nouveaux ouvrages d'art ainsi qu'une éventuelle renforcement ou remplacement d'un pont comme le cas du Oued Boughegal sur la RN31 de la Willaya de Khenchela vers M'hmel.

L'ouvrage d'art réalisé sur le Oued Boughegal qui le sujet de notre mémoire est un pont à poutre en béton armé d'une seule travée, mais un aperçu général sur l'ouvrage incite des questions que nous essaierons de répondre le long de ce travail, parmi eux, pourquoi ce choix de cette variante ? est-ce que l'étude de l'ouvrage a pris en considération la nature du terrain inondant ?

Ses questions nous amènent à examiner l'étude faite par l'entreprise d'étude et de réalisation SERO-Est en plus de détails.

Nous allons par la suite voir la méthodologie adoptée par le bureau d'étude pour ; choisir la variante adéquate, l'hypothèse et moyen de calcul, et à la fin les dimensionnements proposés et les dispositions constructives qu'ils ont choisies.

De ce fait nous allons faire une étude bibliographique sur le comment de conceptions des ponts, par comparaison entre la méthodologie en France pour la raison de son influence sur notre manière d'étudier le domaine BTPH, et comment la conception des ponts est faite aux Etats des unis.

I. Objectifs

Parmi les principaux objectifs qu'on vise à atteindre de cette étude de se faire ressortir aux points suivants :

- Etude bibliographique initiale sur la méthodologie de conception d'un pont (Ex. en France et USA).
- Les facteurs qui dictent l'analyse des différentes variantes d'ouvrages proposés ;
- Etude technique de dimensionnement structural de la variante retenue ;
- Estimation des matériaux de masse du projet ;

II. Contexte bibliographique

Au cours des dernières décennies, des progrès significatifs ont été réalisés dans la manière dont l'analyse technique des ponts peut être effectuée.

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

Les praticiens de l'ingénierie d'aujourd'hui, à l'aide d'une technologie informatique en constante évolution, sont capables de résoudre des problèmes d'ingénierie d'une grande complexité et de produire des conceptions/évaluations plus raffinées et plus fiables que par le passé.

La conception des ponts dans le milieu européen dirigé par la France a un aspect plus analytique et descriptif, or la l'approche des autres pays guidé par l'influence de l'expansion économique les pousse pour une intégration de solutions techniques pour réaliser et construire des ouvrages de manière fiable, moins cher et sécuritaire.

Cependant, une grande partie n'est définie dans les spécifications et réglementation en vigueur, d'où la conception est employée de manière vague et parfois ambiguë lors l'ingénieur traite l'étude d'un ouvrage donné.

L'équipe d'analyse américains de AASHTO ont déterminé que les ingénieurs ont besoin d'outils et de protocoles avancés pour mieux évaluer et assurer la sécurité et la facilité d'entretien des ponts (Hida et al, 2010).

Mais malheureusement de nombreux ingénieurs de ponts semblent privilégier une philosophie générale consistant à garder les analyses aussi simples que possible pour minimiser les erreurs ou pour rester fidèles aux pratiques d'ingénierie acceptées et éprouvées. [1]

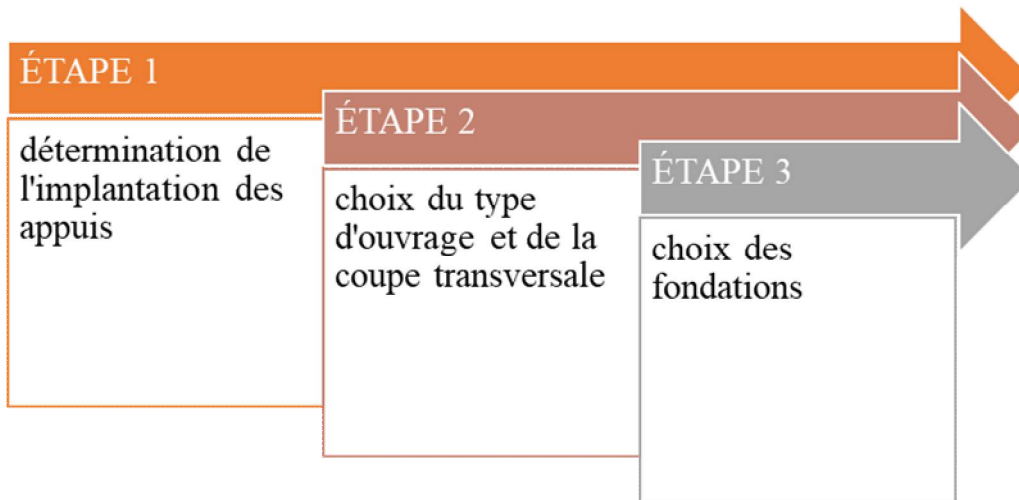
Cela masque souvent les facteurs déterminants et entrave le développement de nouvelles innovations de ponts en général.

Les types de structures complexes, tels que les ponts à haubans, suspendus ou en arc ne sont pas spécifiquement traités.

La méthodologie de conception des ponts varie d'un pays à un autre est L'Algérie n'est pas l'exception, l'étude bibliographique qu'on a fait nous donnera un aperçu sur l'origine de la méthode adoptée par nos ingénieurs dans les bureaux d'étude.

II. Conception en générale

La conception en général des ponts peut s'effectuer selon une démarche en trois étapes selon le degré de précision on aura une conception générale et une conception en détail, chacune d'elles étant suivie d'un tri en intégrant successivement un grand nombre de paramètres de dimensionnement, et vue que nous avons pris la France et les USA comme deux références pour notre étude on va examiner les travaux de CALGARO, et la réglementation de l'AASHTO.



III. La conception des ponts selon la philosophie de CALGARO

La conception d'un pont résulte, le plus souvent, d'une démarche itérative dont l'objectif est l'optimisation technique et économique de l'ouvrage de franchissement projeté vis-à-vis de l'ensemble des contraintes naturelles et fonctionnelles imposées, tout en intégrant un certain nombre d'exigences de qualité architecturale ou paysagère.

L'étude d'un projet est conduite par un ingénieur expérimenté et imaginatif, possédant une bonne connaissance des divers types d'ouvrages, de leur prédimensionnement et de leurs sujétions d'exécution, et capable d'une hardiesse réfléchie dans la recherche de solutions à la fois économiques et originales lorsque se posent des problèmes de complexité inhabituelle.

Le SETRA a mis au point des DOSSIERS PILOTES d'éléments types standardisés qui permettent de dimensionner la totalité des ouvrages dans les moindres détails (fondations, appuis, tabliers, équipements...). Les ponts types sont des structures simples, faciles à entretenir, pouvant être réalisées par des entreprises d'importance moyenne.

CALGARO a résumé le choix du type de pont à étudier selon leurs portée par les tableaux suivants :

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

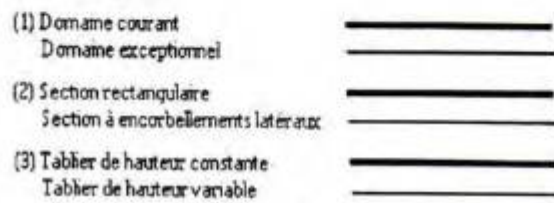
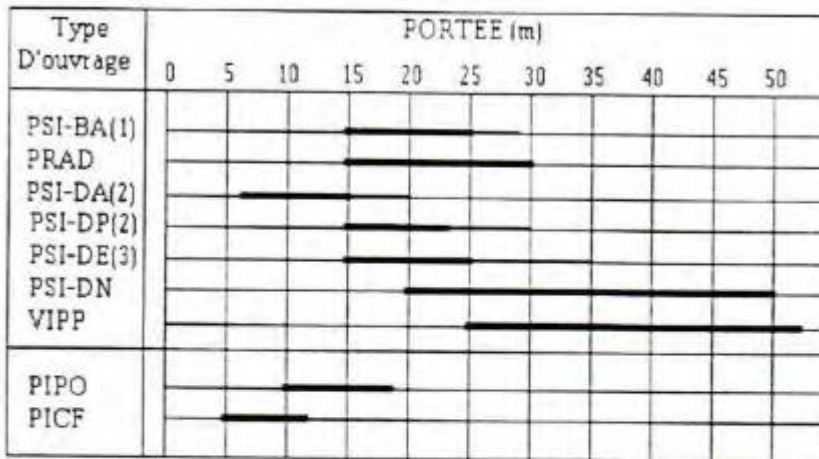


Figure 1 : Domaine d'emploi des principaux types d'ouvrages d'art courants

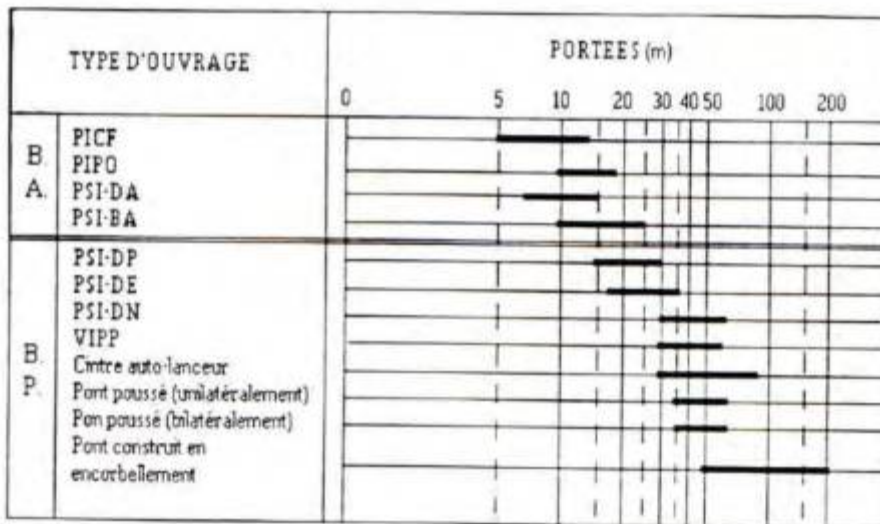


Figure 2: Ponts en béton armé ou précontraint

Ainsi CALGARO a résumé comment calculer les élancement pour chaque types de ponts dans le tableau suivants :

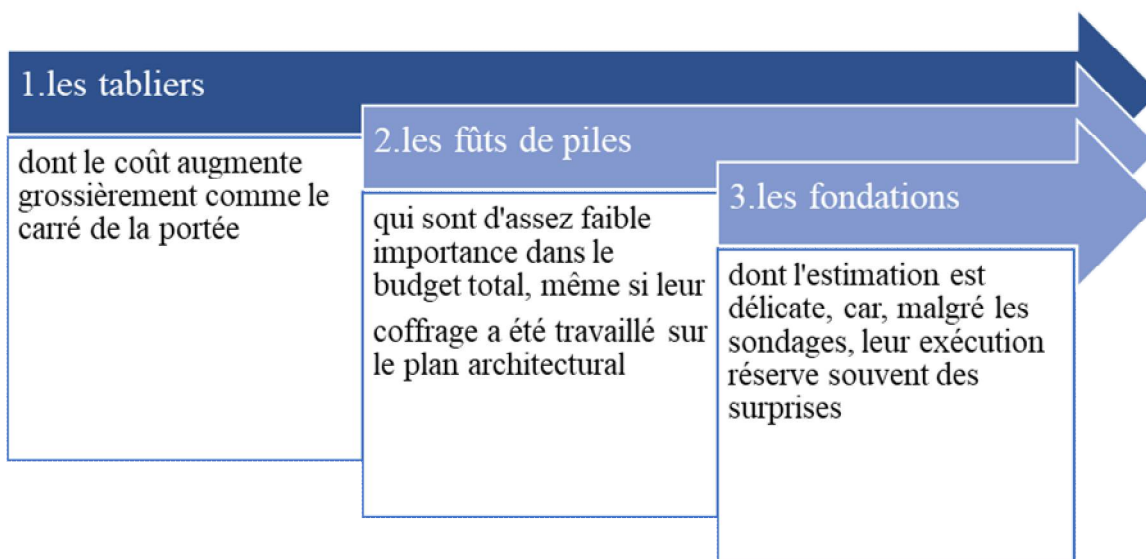
TYPE	ÉLANCEMENTS
PSI-BA	1/15 A 1/17
PRAD	1/20
PSI-DA	Travée indépendante : 1/22
	Tablier à deux travées : 1/23
	Tablier à trois travées et plus : 1/28
PSI-DP	Travée indépendante : 1/25
	Tablier à deux travées : 1/28
	Tablier à trois travées et plus :
	☛ 1/33 de la travée centrale, ou
☛ 1/38 de la travée de rive.	
PSI-DE	Travée indépendante : 1/22
	Tablier à deux travées d'épaisseur constante : 1/25
	Tablier à deux travées d'épaisseur variable :
ET	☛ 1/20 sur appui
	☛ 1/30 en travée
PSI-DN	Tablier à trois travées ou plus d'épaisseur constante : 1/30
	☛ 1/24 sur appui
	☛ 1/42 en travée
TYPE	ÉPAISSEURS
PIPO	Lorsque l'ouverture passe de 8 m à 20 m :
	☛ Traverse : 0,35 à 0,66 m
	☛ Piedroits : 0,35 à 0,66 m
PICF	Lorsque l'ouverture passe de 5 m à 12 m :
	☛ Traverse supérieure : 0,30 à 0,40 m
	☛ Traverse inférieure : 0,30 A 0,45 m
	☛ Piedroits : 0,30 à 0,36 m

Figure 3 :Elément de dimensionnement des OA courant

Comme nous l'avons déjà dit, il est assez rare que la prise en considération des différentes contraintes naturelles et fonctionnelles conduise à une solution unique pour un franchissement donné.

Il conviendra donc, la plupart du temps, d'envisager plusieurs solutions au niveau de l'étude préliminaire, avec une précision plus ou moins grande selon leur degré de complexité, afin de comparer de façon aussi fiable que possible les coûts des plus séduisantes d'entre elles.

En fait, un ouvrage comprend trois parties principales :



Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

L'énorme travail qu'a fait CALGARO et al dans son ouvrages « conception des ponts » a été influencé par le dossier pilote qui ont été développer durant les 70s comme par ex. le dossier pilote Pont a poutre 77 noté PA77 et sa version suivante PA78 qu'on va évoqué par la suite le plan de travail dans chaque dossier.

IV. PA77 et PA78

Le dossier PSI.BA 77, élaborer par le S.E.T.R.A , il tient compte le calcul et les programmes de surcharges des ouvrages en béton armé. Il offre à l'éventuel utilisateur, un document contenant les éléments indispensables sur les constructions en béton armé et les moyens d'utiliser et d'exploiter convenablement la note de calcul du programme PSI. BA.

Le dossier PSI.BA comporte 5 parties :

- pièce no I : Objet du Programme PSI.BA (présente pièce).
- pièce no II : Principe du dimensionnement.
- pièce no III: Bordereau des données.
- pièce no IV : Analyse et exercices de calculs.
- pièce no V : Etablissement des plans d'exécution à partir de la note de calcul.

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

L'organigramme de conception et basé sur les travaux de CALGARO et le calcul sur le dossier PA77 comme la figure le montre :

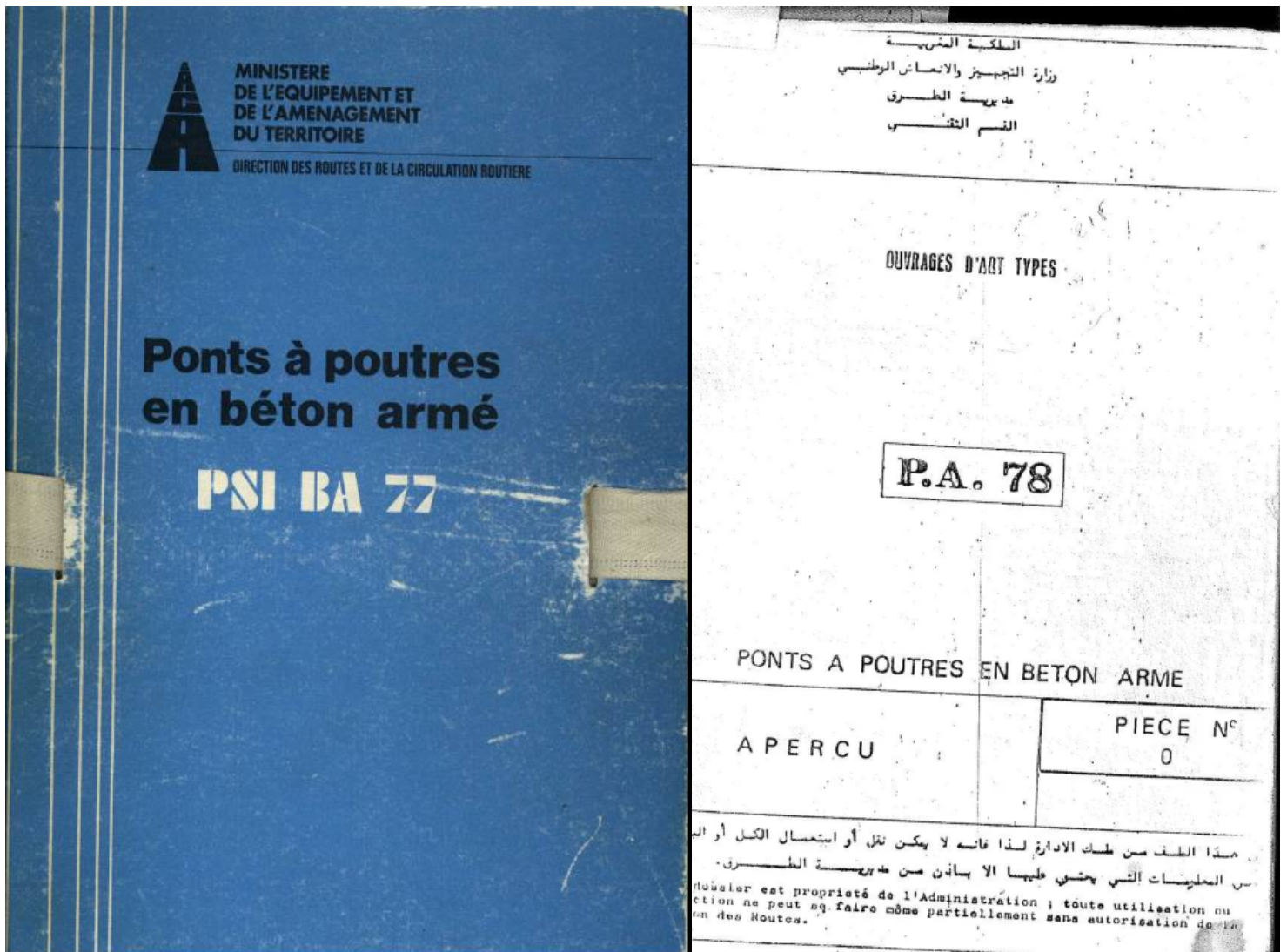


Figure 1: Page de garde du dossier pilote PA77 et PA78

Méthode d'utilisation du dossier

- Consignes générales avant utilisation du dossier
- Domaine d'utilisation du dossier
- Consignes générales avant exécution des travaux

Composition du dossier

- Méthode d'utilisation du dossier
- Pour une application pratique du dossier
- Pour connaître les hypothèses
- Pour connaître les résultats des calculs
- Possibilités d'extrapolation' du dossier

Notice générale

- Définition géométriques des ouvrages (devis quantitative)
- Règlements appliqués et définitions des charges
- Règlements appliqués
- Définition des charges
- Caractéristiques des matériaux
- Béton
- Aciers passifs
- Néoprène

De sort en suivant le dossier on aura un résultat pour des travée et porté standardisé pour la version améliorer du PA78 comme la figure le montre :

III - NOTES DE CALCULS ELECTRONIQUES

III. 1	-	Portée 15 m	-	Plate-forme 6 m
III. 2	-	Portée 15 m	-	Plate-forme 10 m
III. 3	-	Portée 20 m	-	Plate-forme 6 m
III. 4	-	Portée 20 m	-	Plate-forme 10 m
III. 5	-	Portée 25 m	-	Plate-forme 6 m
III. 6	-	Portée 25 m	-	Plate-forme 10 m
III. 7	-	Portée 30 m	-	Plate-forme 6 m
III. 8	-	Portée 30 m	-	Plate-forme 10 m
III. 9	-	Portée 20 m	-	Plate-forme 9 m

Figure 2 : Résultats des calculs pour des travée et porté standardisé

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

Le dossier pilote dans des directives pour une application pratique comme la figure le montre :

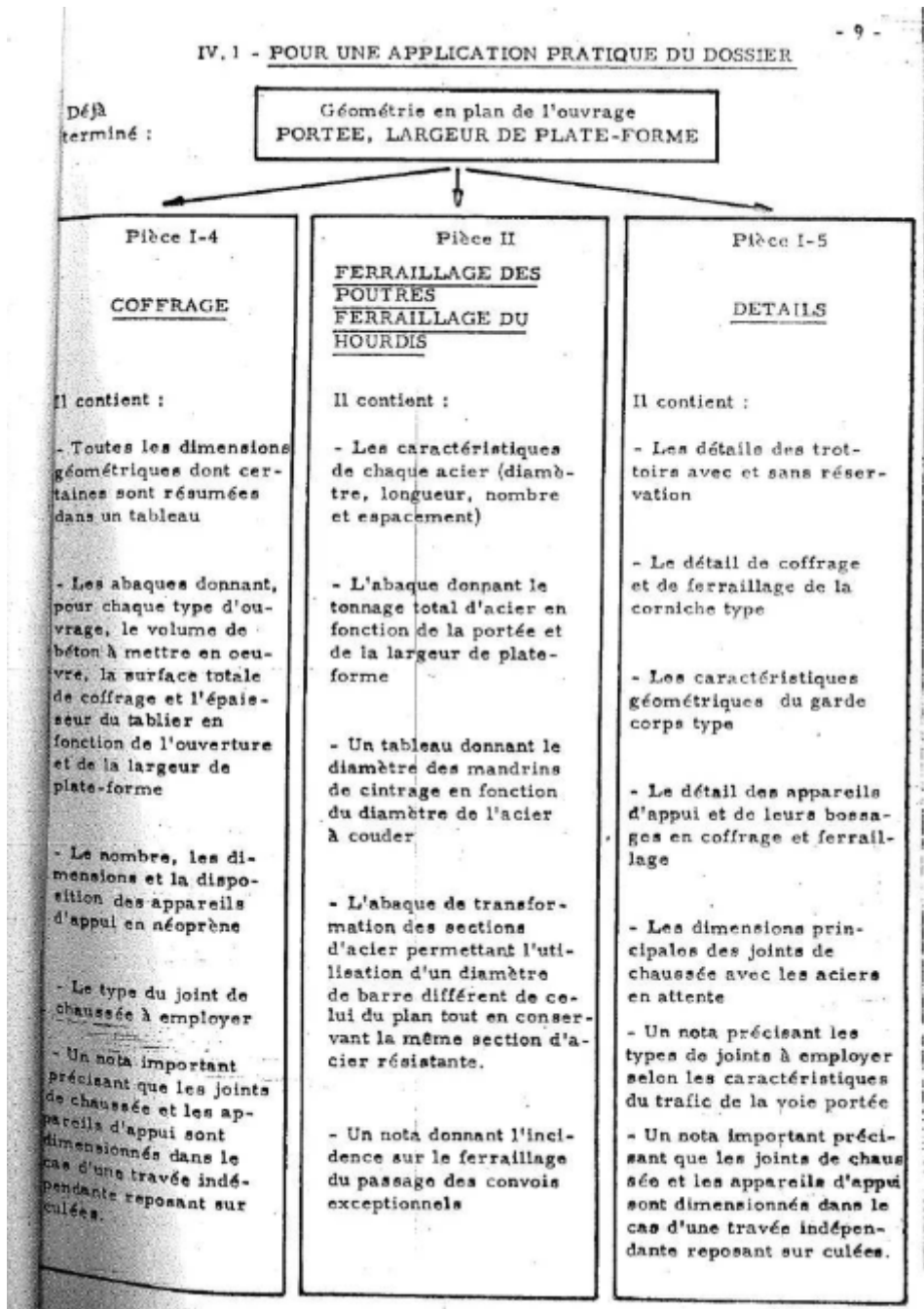


Figure 3: Des directives pour une application pratique du dossier PA78.

La notice de calcul général que l'ingénieur doit suivre pour un traitement régulier est comme suit :

DEFINITIONS GEOMETRIQUES DES OUVRAGES

- (Devis quantitatifs)

REGLEMENTS APPLIQUES ET DEFINITIONS DES CHARGES

- Règlements appliqués
- Définition des charges

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

- Béton
- Acier
- Néoprène

CALCULS DES OUVRAGES

- Principes et hypothèses du calcul électronique
- Résultats fournis
- Chargements envisagé
- Calculs complémentaires

POINTS PARTICULIERS

- Piles et culées.
- Appareils d'appui
- Joints de chaussée
- Consignes de réalisation.

Le dossier est finalisé par des abaques pour un calcul quantitatif que peut générer l'ouvrage choisit en termes d'épaisseur du tablier, volume du béton, surface du coffrage et tonnage d'acier en fonction de l'élancement de la travée, comme les figures le montre :

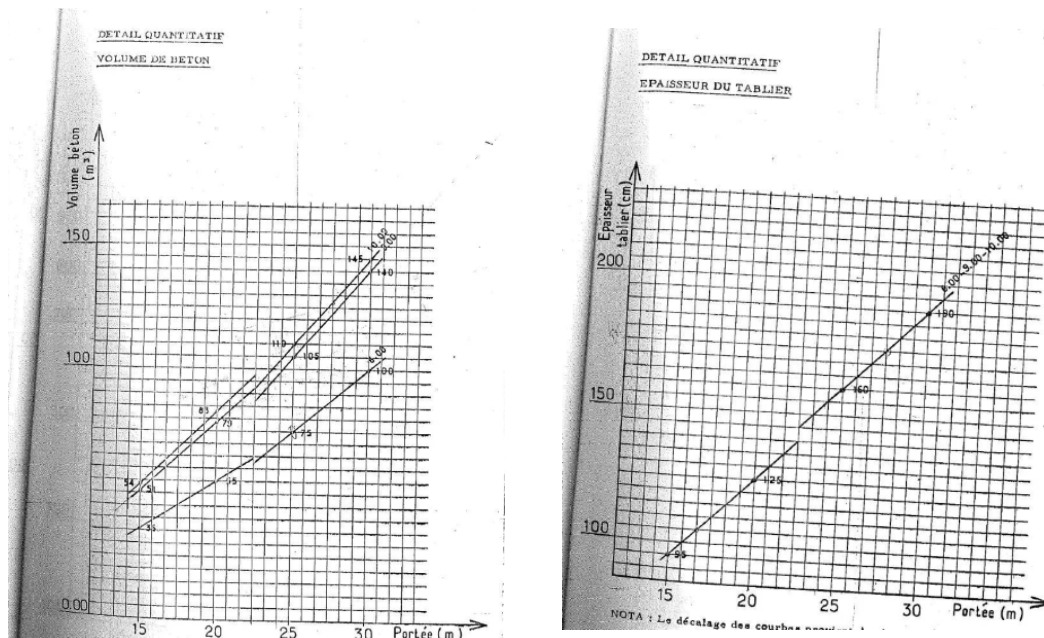


Figure 4: Détaille quantitative sur l'épaisseur du tablier et volume du béton en fonction de la portée.

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

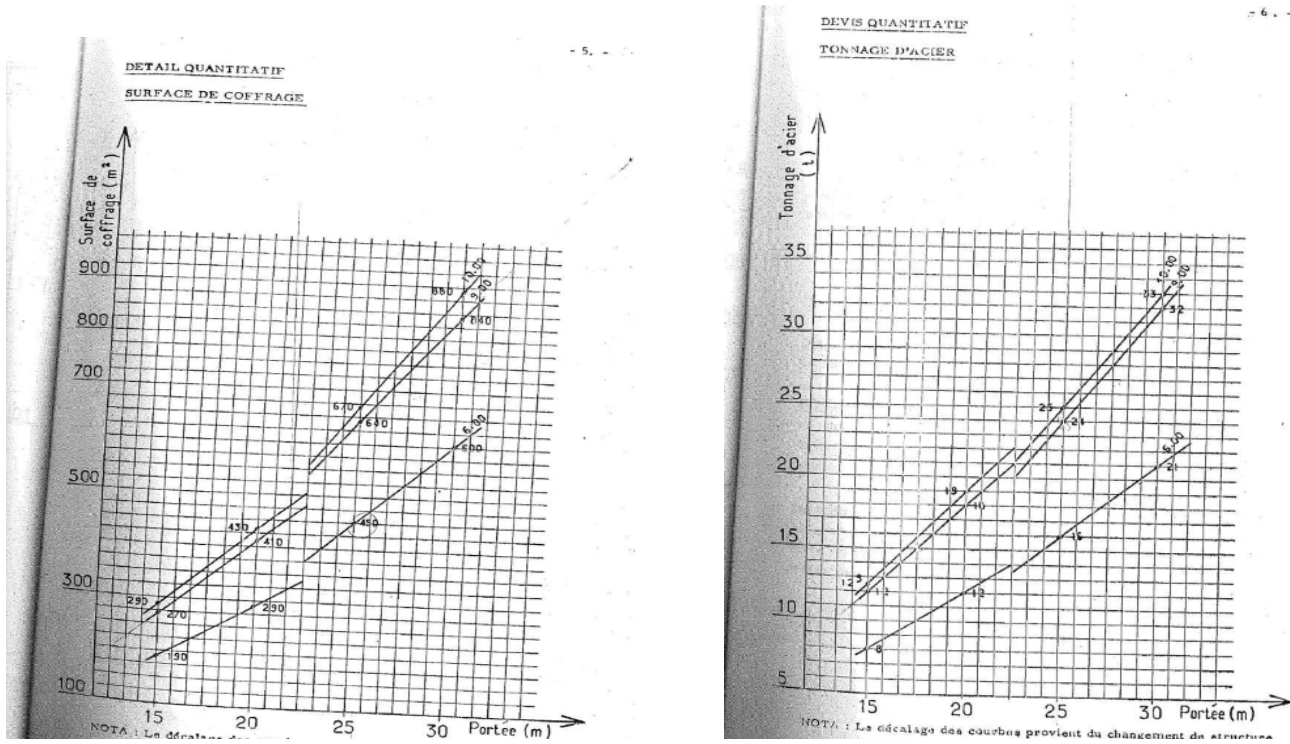


Figure 5: Détail quantitatif sur tonnage de l'acier et surface de coffrage en fonction de la portée.

Le dossier est clôturé par des abaques des lignes d'influences pour chaque scénario de chargement le long de la portée de l'ouvrages comme le montre la figure :

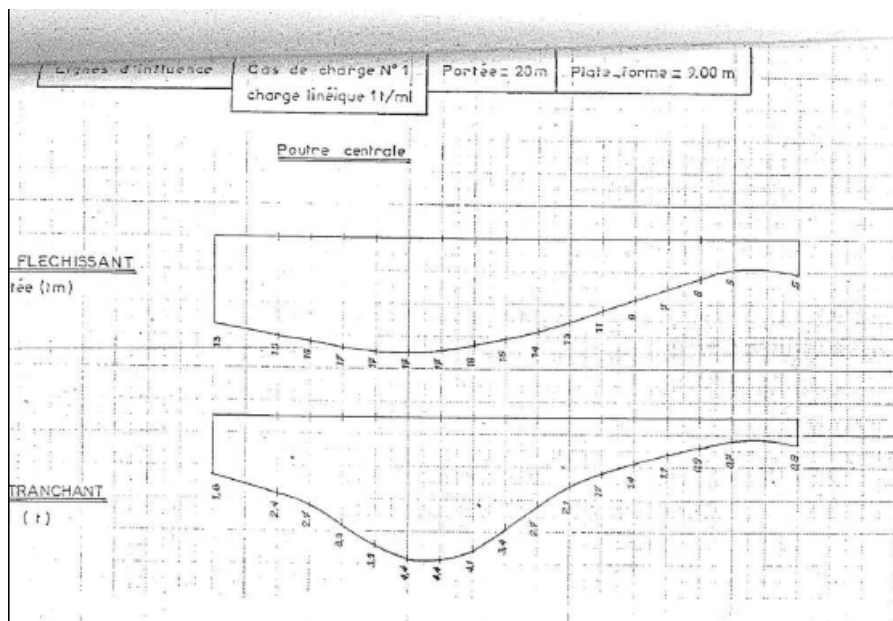


Figure 6: Les lignes d'influence du moment fléchissant et effort tranchant pour une charge ponctuelle.

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

Une observation principale lors de la lecture des dossiers PA77/78 ; le calcul du pont courant en béton armé est divisé en :

- Calcul Longitudinal
- Calcul transversale
- Ligne d'influence

V. Conception selon l'AASHTO USA

Les spécifications de conception de pont selon la philosophie américaine (AASHTO LRFD) actuelles présentent une approche basée sur la fiabilité de la conception de pont et incluent des formules pour divers aspects de la répartition de la charge et de la conception de l'état limite avec un conservatisme intégré pour envelopper les limites d'applicabilité et prendre en compte tous les paramètres pertinents.

Dans le même temps, la complexité perçue des dispositions de l'AASHTO encourage les concepteurs à se concentrer sur le développement et l'utilisation d'outils de calcul automatisés complexes pour exécuter les vérifications de code nécessaires plutôt que d'effectuer une modélisation structurelle significative pour mieux comprendre le comportement et traiter les états limites qui sont évalués. [1]

Les spécifications de conception de pont AASHTO LRFD (AASHTO LRFD) (AASHTO, 2014) permettent de nombreux types d'analyse différents, mais ne fournissent généralement que des conseils détaillés sur l'application de méthodes *approximatives*. [1]

VI. Conception des facteurs de charge et de résistance (LRFD) pour les structures de ponts routiers

a. Philosophie de conception LRFD

Les méthodes de conception et de construction des ponts ont considérablement progressé en Amérique et ont contribué à faire progresser les transports, le commerce et l'économie du pays, ainsi que le bien-être de ses habitants.

Aux États-Unis, les ponts sont conçus conformément aux spécifications publiées par l'American Association of State Highway et Transportation Bureau (AASHTO). [1]

Ces spécifications sont intitulées AASHTO LRFD Spécifications sur la conception des ponts (ci-après dénommées AASHTO LRFD) et fournissent les normes minimales pour la conception des ponts routiers conformément au Code of Fédéral Régulations.

Selon la politique de la Fédéral Highway Administration (FHWA), tous les ponts conçus après 2007 devaient être conçus selon la méthode de conception du facteur de charge et de résistance (LRFD). [1]

La philosophie de conception LRFD tient compte de la variabilité de la résistance et des charges, elle atteint des niveaux de sécurité relativement uniformes au sein de la superstructure et de la sous-structure (à l'exclusion des fondations) et de leurs différents membres, et elle est basée sur une

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

évaluation des risques fondée sur la théorie de la fiabilité, au contraire à la philosophie française où le facteur résistance, économie domine l'aspect de conception. [1]

Elle est basée sur la sécurité dans toute conception technique est supposée lorsque les exigences imposées aux composants et aux matériaux sont inférieures à ce qui est fourni, de sorte que l'équation de base suivante est satisfaite :

$$\text{Demande} < \text{Offre}$$

Une autre façon d'énoncer ce même principe en ce qui concerne l'ingénierie structurelle est que l'effet des charges doit être inférieur à la résistance des matériaux, de sorte que l'exigence suivante soit satisfaite :

$$\text{Charge} < \text{Résistance}$$

Pour la conception des ponts, le côté gauche de l'inégalité représentant les charges change constamment en raison des surcharges et d'autres charges environnementales.

Dans certaines circonstances, en raison de la détérioration de la structure au fil du temps, le côté droit de l'inégalité représentant la résistance peut également changer. Ces incertitudes tout au long de la vie de l'ouvrage sont très difficiles à prévoir mais doivent être prises en compte.

Donc la philosophie de la LRFD est passée sur une hiérarchie d'évolution basée sur :

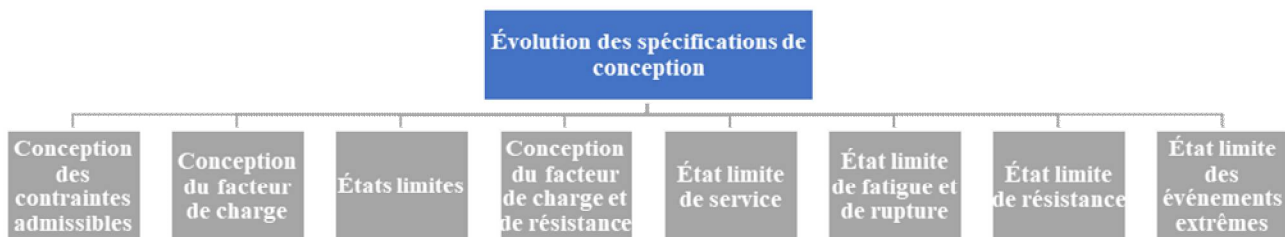


Figure 7: Évolution des spécifications de conception AASHTO. [1]

La méthodologie de conception adoptée par la suite en AASHTO est résumée par la suite dans le document technique NHI N° 130081 comme l'illustre l'organigramme suivant comme exemple :

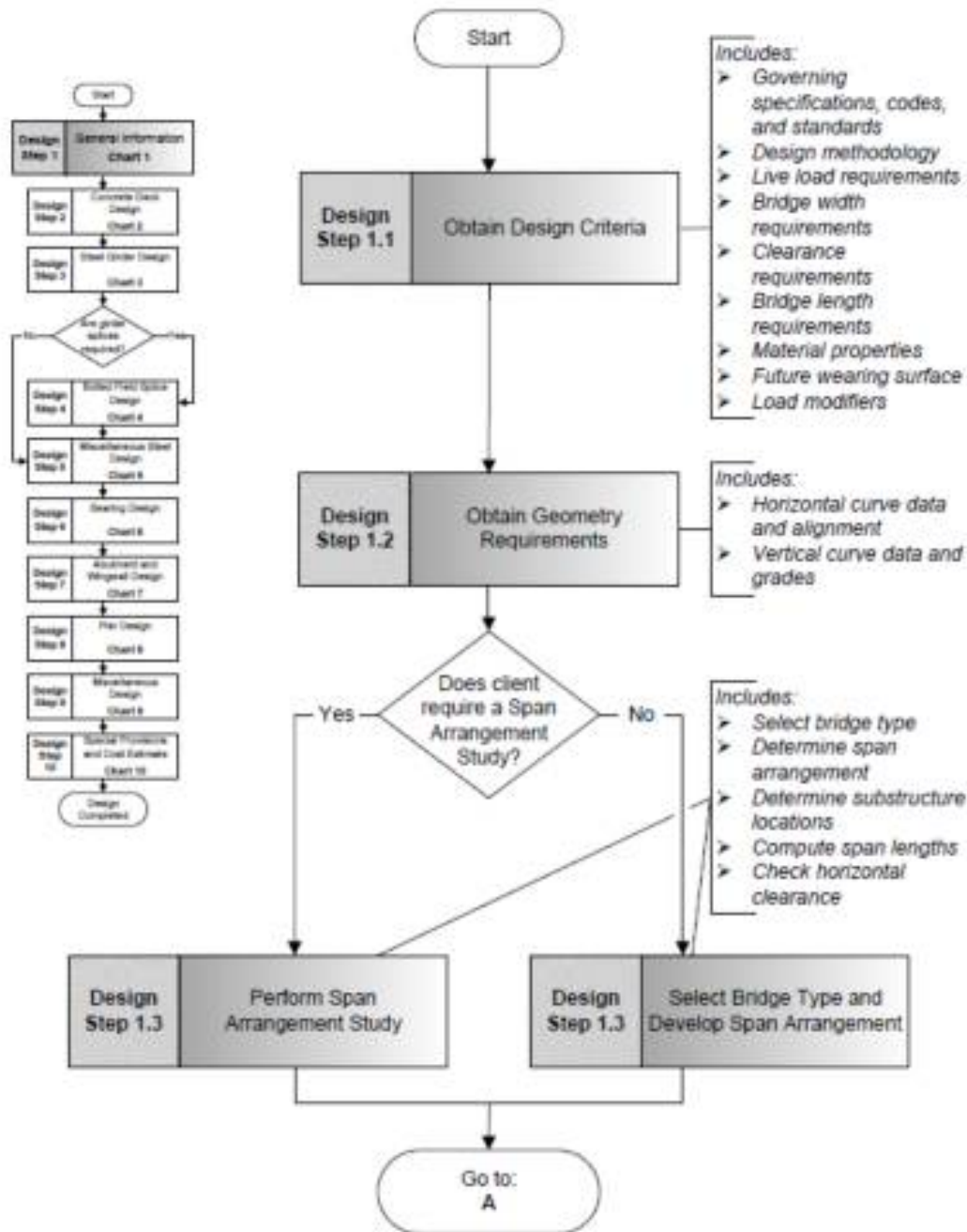


Figure 8: Organigramme de conception AASHTO. [1]

Donc on peut conclure que la différence entre l'approche française et américaine est dans l'introduction des méthode de calcul approximative à l'aide des logiciel de modélisation et de calcul qui se base sur la méthode des éléments finis, en revanche l'approche française se focalise sur des calcul analytiques en RDM sur la base d'hypothèses défavorable.

VII. Définition des ponts courants

Les PONTS COURANTS désignent la majorité des ouvrages d'art aussi bien en surface totale de tablier, qu'en nombre. Ils représentent de l'ordre de 75 % en nombre du patrimoine d'ouvrages et plus de 50 % en surface. Leur définition se déduit généralement par complémentarité de celle des ouvrages d'art non courants.

Les OA considérés comme ouvrages non courants :

- les ponts possédant au moins une travée de 40 m de portée,
- les ponts de longueur totale supérieure à 100 m,
- les ponts dont la surface totale du tablier dépasse 1 200 m²
- Les ponts mobiles,
- les ponts canaux,

et les ouvrages se caractérisant par des difficultés particulières de dimensionnement, de conception ou de réalisation, relevant de techniques de construction ou de procédés innovants, présentant des géométries complexes (biais important, courbure prononcée...), nécessitant des travaux de fondations spéciaux, des études particulières (effets dynamiques), des phasages d'exécution complexes (contrainte d'exploitation, maintien de la circulation...), ayant un fonctionnement structurel complexe ou répondant à des contraintes architecturales spécifiques.

VIII. Différents types de ponts courants routiers, autoroutiers et ferroviaires Français

La normalisation française définit cinq catégories de ponts routier répartie comme suit [2]:

- 1) Ponts types de SETRA
- 2) Différents types de ponts routiers et autoroutiers
- 3) Différents types de ponts ferroviaires
- 4) Passerelles piétons
- 5) Passages à faune

Les Ponts types du SETRA sont classés en 12 familles d'ouvrages :

IX. - Les PI-CF et PI-PO :

Passage Inférieur en Cadre Fermé ; Passage Inférieur en Portique Ouvert ;

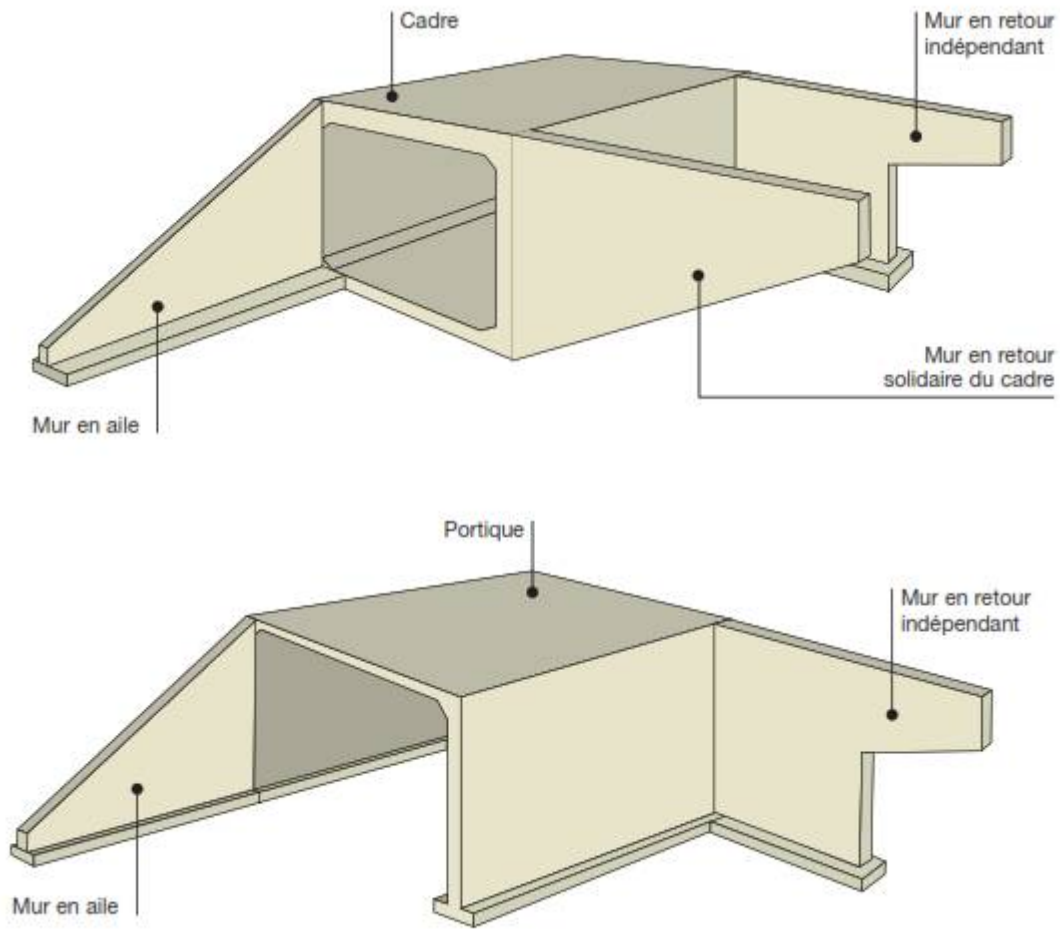


Figure 9: PI-CF et PI-PO.

X. -Les POD :

Portique Ouvert Double ;

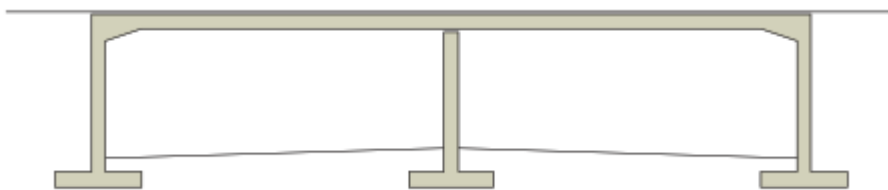


Figure 10: POD. [2]

XI. - Les PSI-DA et PSI-DP :

Passage Supérieur ou Inférieur en Dalle Armée ; Passage Supérieur ou Inférieur en Dalle Précontrainte.

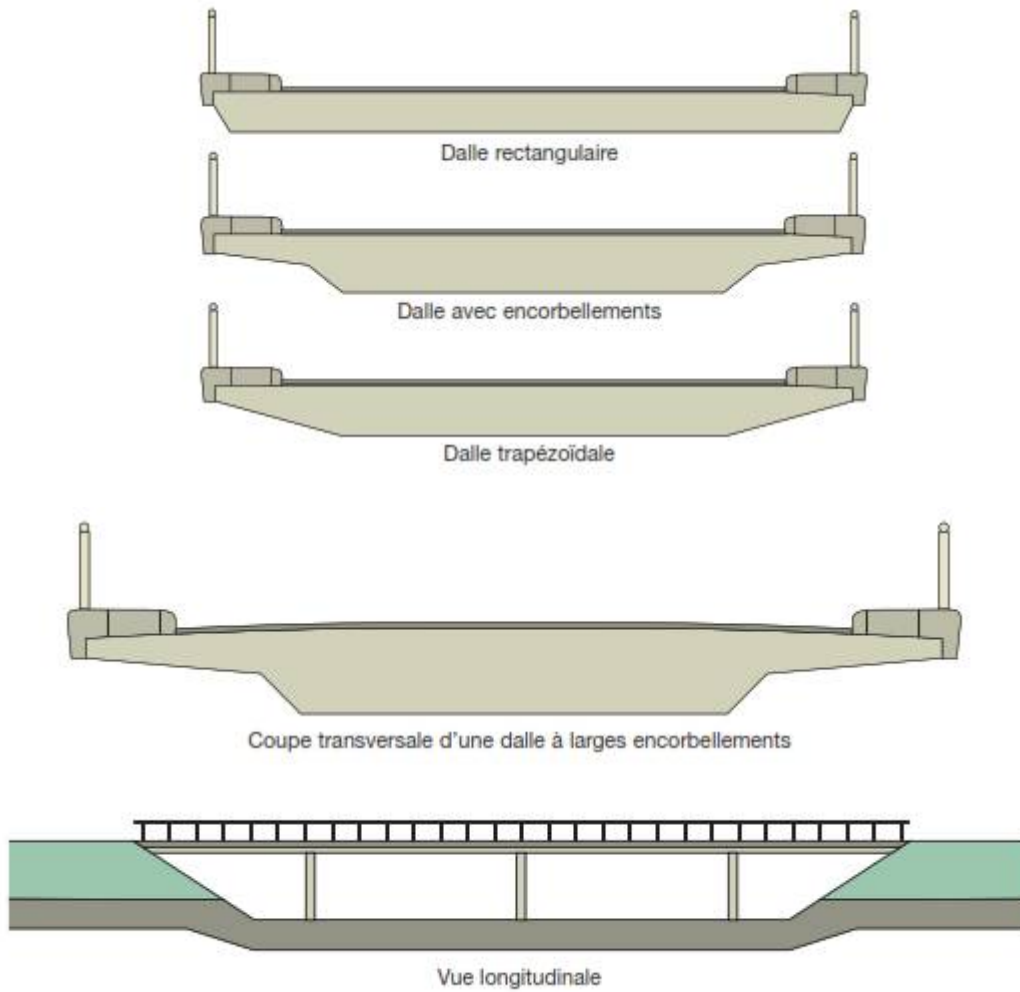


Figure 11: PSI-DA et PSI-DP. [2]

XII. Les autres ponts types :

XIII. - PSI-DN :

Passage Supérieur ou Inférieur en Dalle Nervurée ;

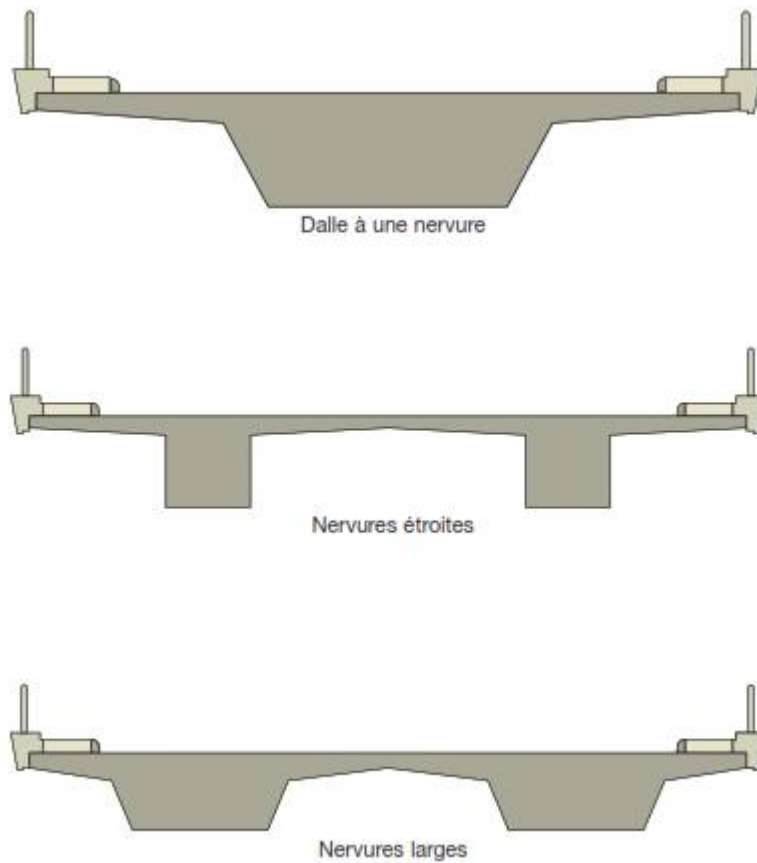
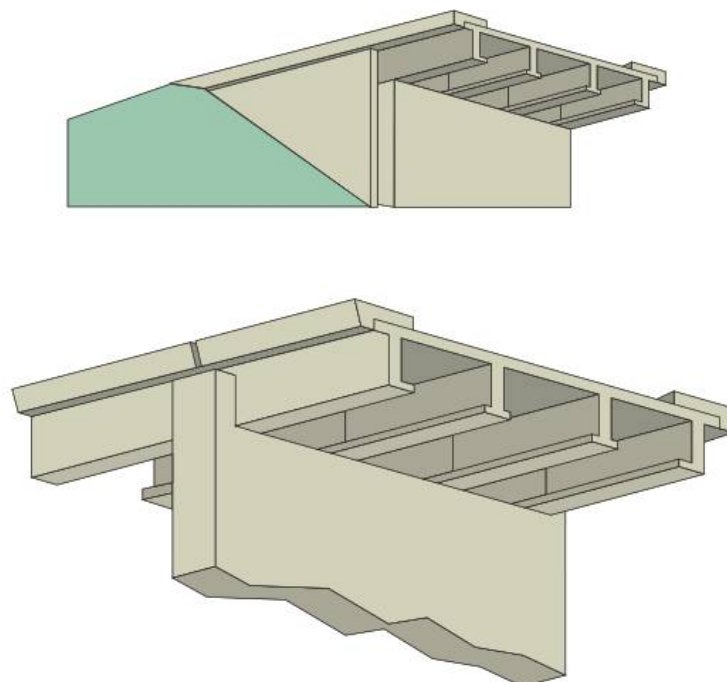


Figure 12: PSI-DN. [2]

XIV. - PSI-BA :

Passage Supérieur ou Inférieur à Poutres en Béton Armé ;



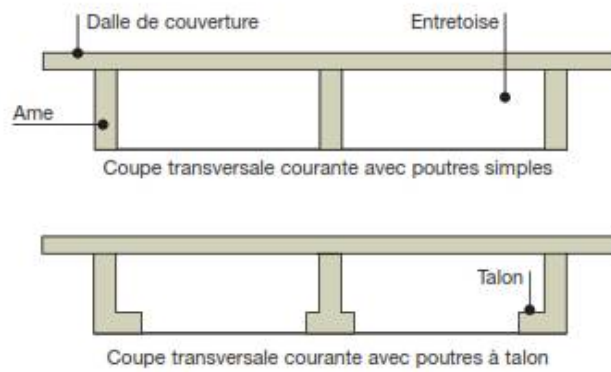


Figure 13: PSI-BA. [2]

XV. - PR-AD :

Poutres Précontraintes par Adhérence ;

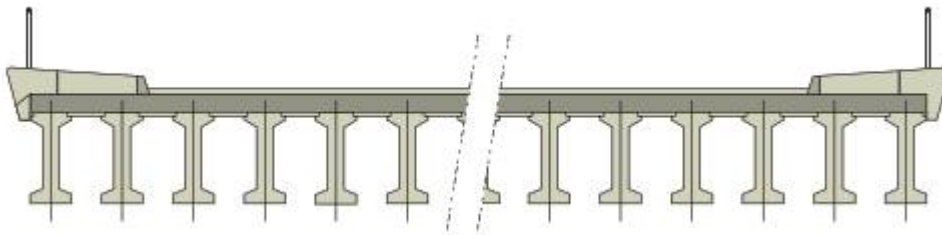


Figure 14: PR-AD. [2]

XVI. - VI-PP :

Viaducs à travées Indépendantes à Poutres Précontraintes ;

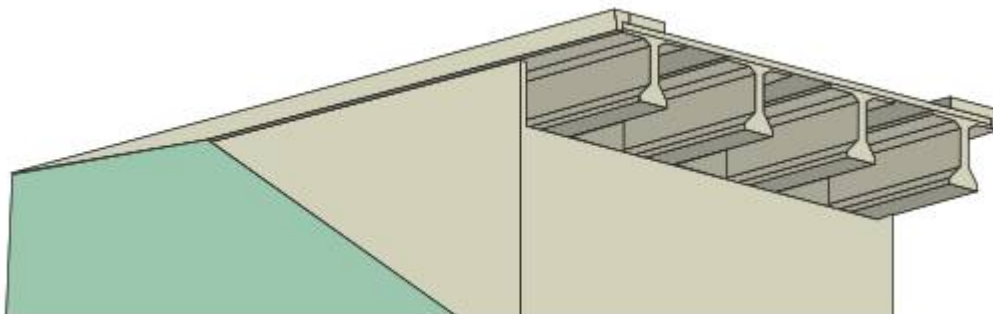


Figure 15: VI-PP. [2]

XVII. - PSI-OM :

Passage Supérieur ou Inférieur à Ossature Mixte ;

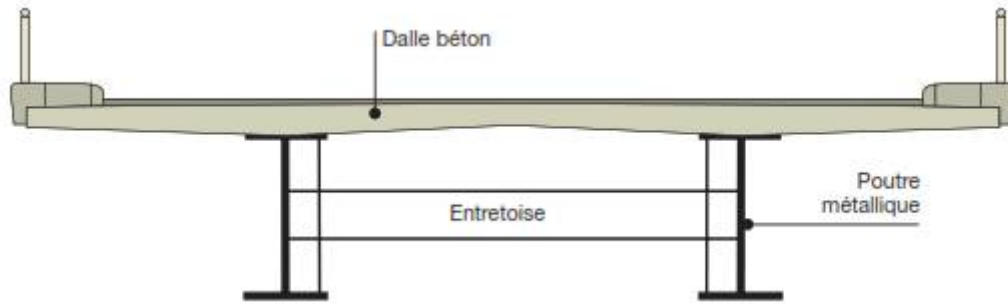


Figure 16: PSI-OM. [2]

XVIII. - PS-BQ :

Passage Supérieur à Béquilles ;

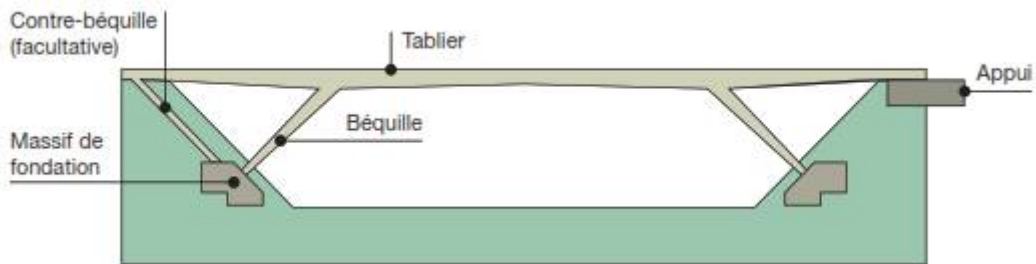


Figure 17: PS-BQ. [2]

XIX. - PSI-DE :

Passage Supérieur ou Inférieur en Dalle Elégie.



Figure 18: PSI-DE. [2]

XX. Différents types de ponts courants routiers, autoroutiers et ferroviaires USA

Les spécifications de conception de pont AASHTO LRFD sont utilisées pour l'évaluation, la conception et la réhabilitation des ponts. LRFD ou Load and Resistance Factor Design se rapportent au niveau de sécurité de la superstructure et de la sous-structure.

Le niveau de sécurité varie en fonction du type d'élément, de la longueur de la portée et de la disposition. Il existe une telle variabilité puisque les charges de conception et leur utilisation n'ont pas été chiffrées pour entraîner un effet de force avec un niveau de sécurité similaire pour tous les types de travées et de barres. [3]

La longueur du pont se rapporte cependant à la longueur totale de la portée totale du pont.

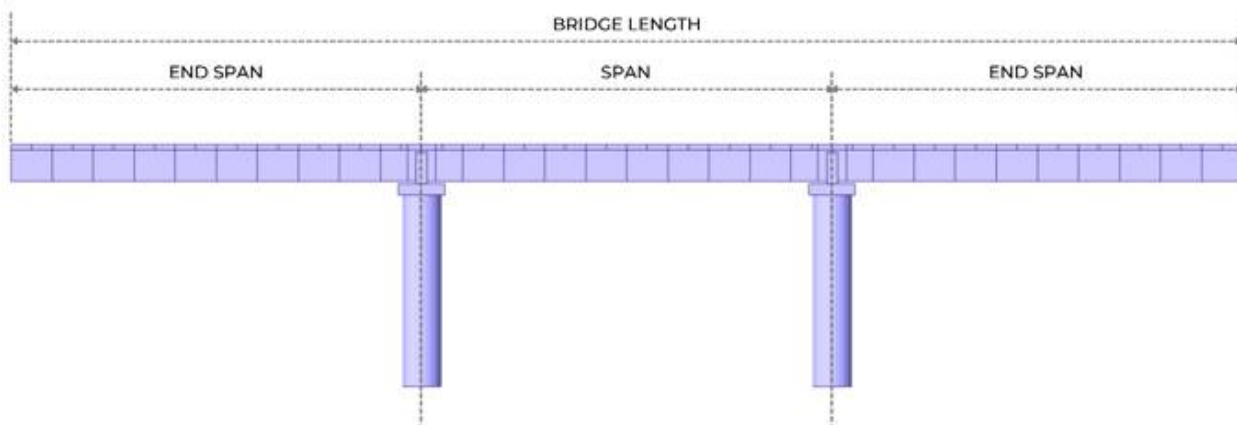


Figure 19 : Portée et longueur du pont[3]

Le facteur de sécurité dans la conception d'un pont est simplement lorsque l'exigence sur la section et les matériaux est inférieure à celle de ce qui est fourni. Par conséquent, lorsqu'une charge ou une combinaison de charges atteint la résistance de la section ou du matériau, une défaillance est susceptible de se produire.

La détérioration des surfaces d'usure causée par les déformations des charges de service affaiblit la durabilité et la facilité d'entretien du pont. Selon AASHTO LRFD, en l'absence d'autres critères, diverses limites de flèche peuvent être envisagées pour les ponts en béton, en acier et/ou en aluminium. Ces limites de déviation sont conformes à AASHTO LRFD 2.5.2.6.2

Critères de déviation. Il est indiqué que la limite de flèche est plus grande pour les charges de véhicules et/ou de piétons pour les bras en porte-à-faux par rapport à la limite générale ou habituelle. [3]

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

- Vehicular load, general Span/800,
- Vehicular and pedestrian loads Span/1000,
- Vehicular load on cantilever arms
Span/300, and
- Vehicular and pedestrian loads on cantilever arms
Span/375.

Figure 20: Critères de dimensionnement de l'épaisseur du tablier[3]

Tableau 1 : Les épaisseur minimal des différents types de tablier[3]

Superstructure		Minimum Depth (Including Deck)	
		Simple Spans	Continuous Spans
		When variable depth members are used, values may be adjusted to account for changes in relative stiffness of positive and negative moment sections	
Material	Type	Simple Spans	Continuous Spans
Reinforced Concrete	Slabs with main reinforcement parallel to traffic	$\frac{1.2 S + 10}{30}$	$\frac{S + 10}{30} \geq 0.54 \text{ ft.}$
	T-Beams	$0.070L$	$0.065L$
	Box Beams	$0.060L$	$0.055L$
	Pedestrian Structure Beams	$0.035L$	$0.033L$
Prestressed Concrete	Slabs	$0.030L \geq 6.5 \text{ in.}$	$0.027L \geq 6.5 \text{ in.}$
	CIP Box Beams	$0.045L$	$0.040L$
	Precast I-Beams	$0.045L$	$0.040L$
	Pedestrian Structure Beams	$0.033L$	$0.030L$
	Adjacent Box Beams	$0.030L$	$0.025L$
Steel	Overall Depth of Composite I-Beam	$0.040L$	$0.032L$
	Depth of I-Beam Portion of Composite I-Beam	$0.033L$	$0.027L$
	Trusses	$0.100L$	$0.100L$

De ce fait l'AASHTO a catégoriser les type de poutre pour les ponts courants en béton armé on six type comme suit :

Type	D1	D2	D3	D4	D5	D6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
I	28	4	0	3	5	5	12	16	6	3	0	5
II	36	6	0	3	6	6	12	18	6	3	0	6
III	45	7	0	4.5	7.5	7	16	22	7	4.5	0	7.5
IV	54	8	0	6	9	8	20	26	8	6	0	9
V	63	5	3	4	10	8	42	28	8	4	13	10
VI	72	5	3	4	10	8	42	28	8	4	13	10

Tableau 2 : Les caractéristique démentielle des types de poutre en BA selon AASHTOO[3]

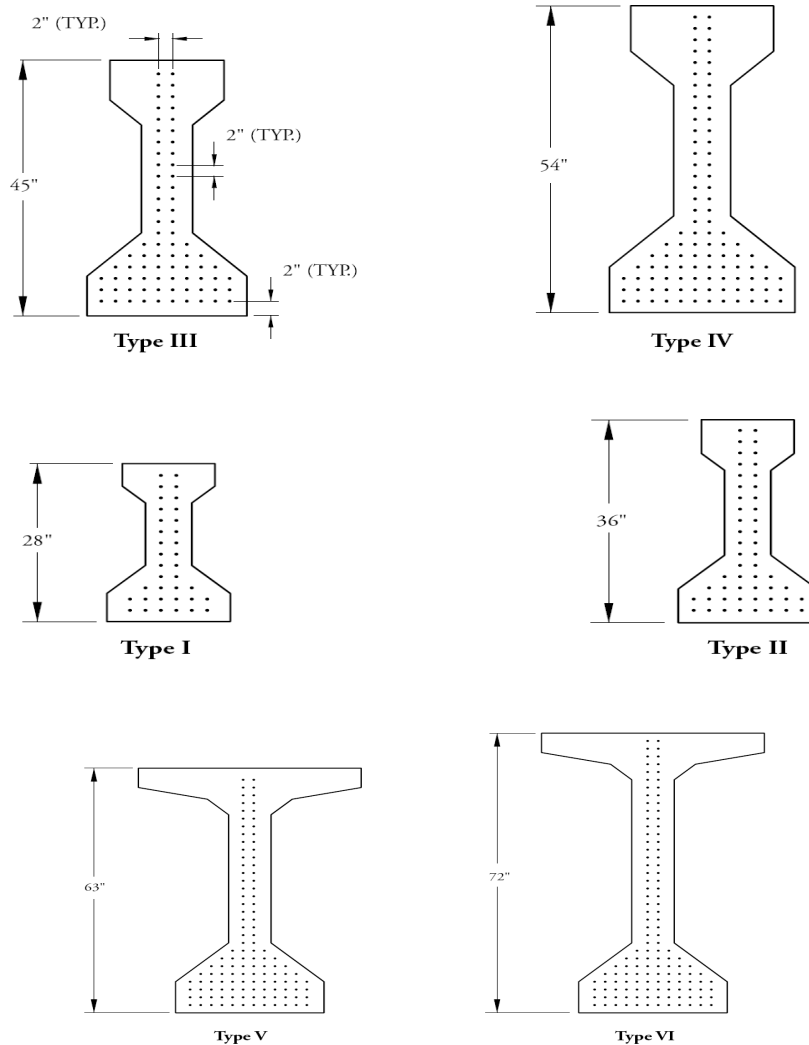


Figure 21: Les différents types de poutres en béton armé [3]

Conclusion

L'implantation de tous les données nécessaire dans un logiciel de simulation comme ETABS, SAP, ou dans notre cas l'utilisation d'un logiciel adéquat pour notre environnement qui influencer par l'enseignement français mis aussi par l'approximation américaine qui permettra à l'ingénieur un

Chapitre I Etude bibliographique sur la méthodologie de conception des ponts

calcul rapide et efficace mais approximative devant l'approche analytique de la méthode française qui est très grossier en terme de simplification et surdimensionnement.

Chapitre II : Critères de conception de la variante réaliser

I. Introduction

Le franchissement d'un obstacle naturel ou artificiel (dépression, cours d'eau, voie de communication, vallée, ravin, canyon) en passant par-dessus doit vérifier quelques critères parmi eux :

1- Principalement par le relief

a- Effet de l'allure de la brèche à connecter affecte et conditionne nos choix pour le type de ponts à réaliser, ou un Oued diffère d'un chemin routier ou ferroviaire.

b- L'ouverture et la profondeur de la brèche affecte directement sur nos choix :



2- Préférence du maître d'ouvrage.

Ce qui suit et la méthodologie adoptée par le bureau d'étude et l'entreprise de réalisation SERO-Est, ou on observe clairement l'aspect analytique adopté du dossier pilote PA77 de SETRA avec une tentative de modélisation à l'aide de SAP mais sans résultat.

Concernant la variante en Béton Armé " Etude et réalisation d'un pont sur Oued BOUGHAGUEL. Sa Portée est composée de un (01) travée de 16m de long ; avec l'axe en plan est inscrit dans un alignement droit ; et en toit de l'ouvrage il y a de 3.5% voies de circulation ; aussi pour les appuis nous avons le biais entre l'axe de l'ouvrage et la ligne d'appuis est égal de 100grades.

1. Caractéristiques principales de l'ouvrage réaliser

- ❖ Ouvrage en Béton Armé
- ❖ Dalle routière en béton armé
- ❖ 7 Poutres principales pour chaque tablier d'une longueur ($l = 16$ m)
- ❖ Les supports (deux culées) sont des éléments monolithiques en Béton Armé).
- ❖ La largeur du tablier est de 10.40

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

- ❖ Deux trottoirs de 1,50 m pour chacun.

La construction est vérifiée d'après les exigences et les recommandations données par le BAEL 91 (B.A) ainsi que le fascicule 61 titre II pour les surcharges routières.

Les surcharges considérées pour sa réalisation sont :

- ❖ Surcharge A(l).
- ❖ Surcharge B_c.
- ❖ Surcharge militaire M_{c120}.
- ❖ Convoi exceptionnel D.
- ❖ Surcharge sur les trottoirs : 450 kg/m²

Le revêtement de la chaussée est en béton bitumineux avec une épaisseur de 7 cm surmonté d'une chape d'étanchéité d'une épaisseur de 2 cm.

Sur les parties extérieures des trottoirs, un garde corps est prévu.

2. Décisions constructives

Il s'agit d'une construction de un travée de 16 m de longueur. Le schéma statique représente des poutres isostatiques sur des appareils d'appuis en néoprène. Le tablier est composé de sept (7) poutres principales en Béton Armé, d'entre axe de 1,50 m, d'une longueur de 16.00m, la dalle d'une épaisseur de 25 cm sera coulée sur coffrage perdu. La pente transversale de 3,5 % sur toute la longueur de l'ouvrage.

Les culées sont du type « culée mur » exécuté sur place en béton armé dosé à 350 kg/m³

Le mur frontal est d'hauteur de 6.00 m dans les deux cotés ; et qui seront fondés sur une semelle rectangulaire de dimension (4.50x10.90x1.00) m.

Au-dessous des fondations culées on a prévu une couche de béton de propreté d'une épaisseur de 20cm et qui déborde de 20cm de chaque coté de la semelle.

Les remblais derrière les culées sont exécutés avec un matériau convenable d'angle de frottement interne $\varphi = 35^\circ$ (grave graduée) en couche de 30 à 35 cm bien compacté. La stabilité des remblais d'accès de chaque coté de l'ouvrage sera assurée par des murs en retour et éventuellement un mur en aile en guise d'un ouvrage de protection des remblais contre la crête.

Les appareils d'appuis sont en néoprène de dimension (300x350x50) mm.

3. Synthèse sur l'étude des fondations

Le site prévu pour la réalisation d'un ouvrage d'art sur oued BOUGHEGUEL au niveau de l'RN32.W. Khenchela .est constitué d'un socle marneux .couvert par les argiles vaseuse graveleuse.

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

Laboratoire a recommandé des fondations superficielles type massifs ancrées à 5.00m avec un taux de travail limité à 3.00 bars.

Notre sol n'est pas agressif justifiant l'utilisation d'un ciment ordinaire pour les fondations.

Tableau 3: Propriétés mécaniques des appareils d'appuis

Direction	K_1 (KN/m)	K_2 (KN/m)	K_{eff} (KN/m)	Q (KN)	F_{rend} (KN)	C
Longitudinal et Latéral	1634	163.4	357.65	15.50		85.33

II. Implantation

L'ouvrage est implanté sur oued BOUGHEGUEL au niveau de l'RN32.W. Khenchela.

Cette présente étude est élaborée en phase projet d'exécution suite à l'accord donné par la D. T.P de la wilaya de KHENCHELA.

L'ouvrage est réalisé par S.E.R.O – EST



Figure 22: Localisation du projet réalisé sur le Oued Boughegal

II.1. Définition et type de l'ouvrage

L'ouvrage est un pont à poutre sous chaussée, constitué des poutres identiques coulées in situ sur un coffrage perdu, ces poutres, de longueur 16.00m et de porté 24.00 m, sont solidarises entre elles par un hourdis et par des entretoises d'about. Le tablier est formé par une chaussée avec un largeur routable $L_r = 8.00m$ et deux trottoirs de largeur 1.50m chacun.

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

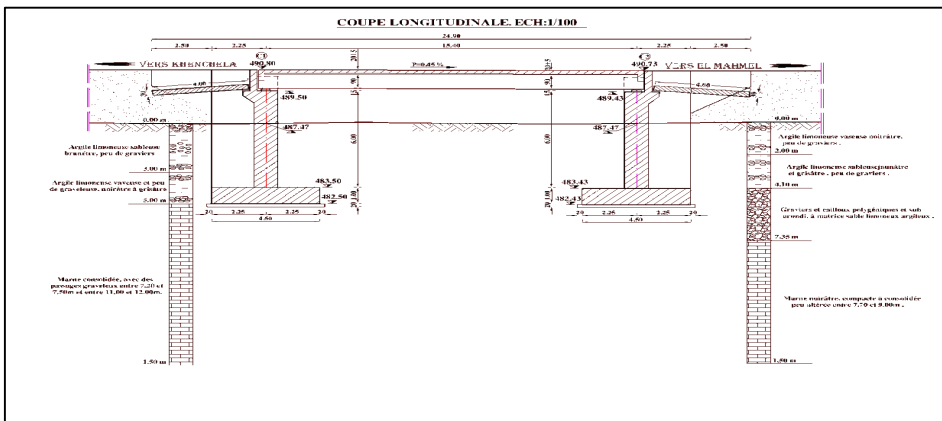


Figure 24 : Coupe longitudinale de l'ouvrage réalisé

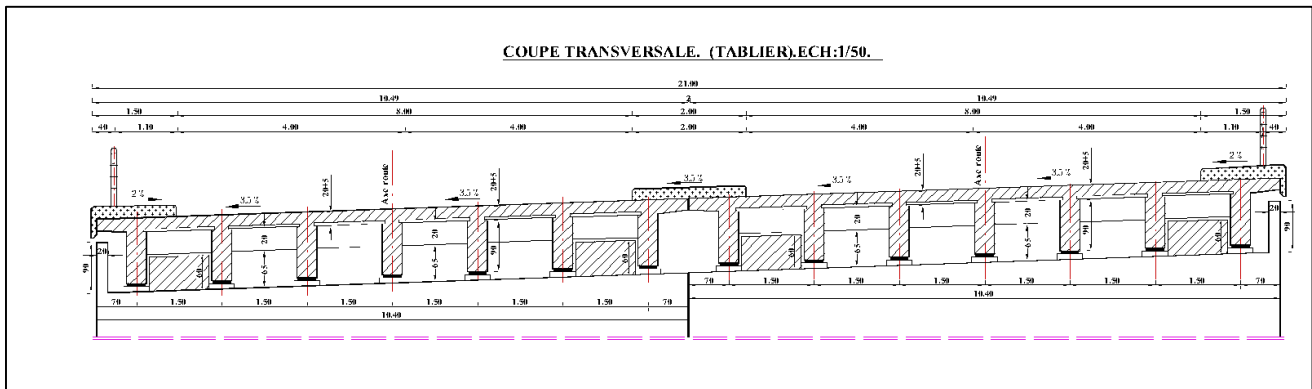


Figure 25: Coupe transversale de l'ouvrage réalisé

II.2. Nécessité de la réalisation de l'ouvrage

Le développement sociodémographique de la région (El M'hmel) oblige les autorités à prendre en considération le renforcement routier du trafic croissant, à cet effet un élargissement de la voie (RN..) implique l'implantation d'un nouveau ouvrage d'art.

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

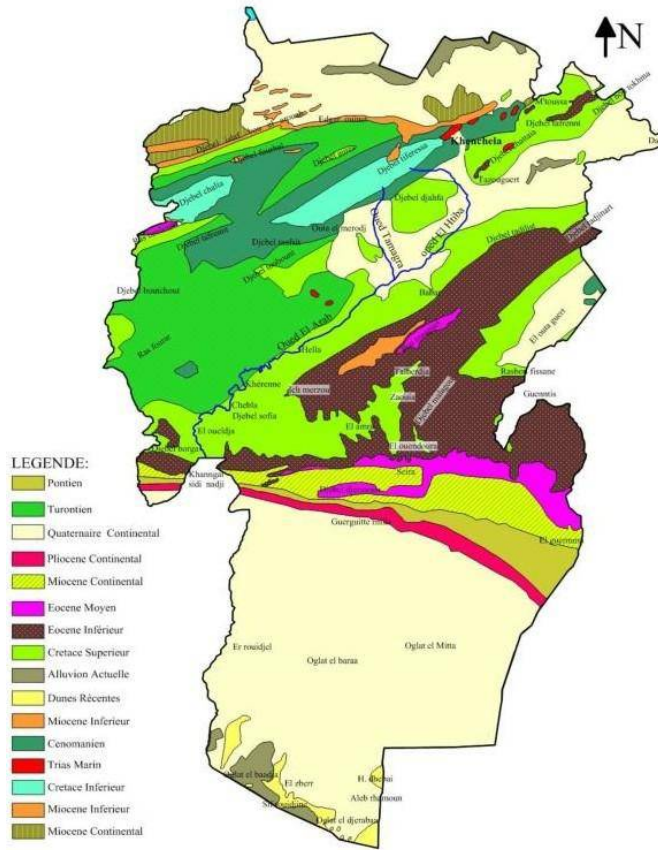


Figure 26: La géologie de la région de Khenchela.

III. Surcharges d'exploitation

Tableau 4: Dimension de l'ouvrage réaliser

PREDIMENSIONNEMENT	
larg pont	10.500
Dalle	10.400
nbr poutres	7
Long poutre	18
larg de la chaussée	8

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

DESIGNATION	B (m)	H (m)	PV (t/ml)
Poutre 18 m	0.350	0.900	0.788
Dalle	1.500	0.250	0.938
Rev + Chap	1.500	0.090	0.297
Trot			0.875

Poutre 20 m	int	rive
poind propre	0.788	0.788
hourdis	0.938	0.906
Rev + Chap	28.512	0.000
Trot	0.000	0.875
Somme	1.725	2.569
Somme Total	276.237	

Entretoises	B	H	PV (t/ml)
poind propre	0.250	0.400	0.250
somme			2.338

Poid total du tablier	280.912
------------------------------	---------

Largeur de la chaussée (m)	8
nbr voies chargées	2
L (m) =	18
v0 =	3.5
v =	4

Classe	1
a₁=	1
a₂=	0.875

III.1 Surcharge A(l)

Pont de première classe : a₁ = 1 ; a₂ = 0.875

La largeur chargeable L_c = 08.00m

D'ou A=1.43 ×1.00×0. 875= 1.251 t/m² Cette valeur tient compte de la majoration pour effets dynamiques.

III.2 Surcharge Bc

- Poids total d'un camion = 30t, bc = 1,10

Le coefficient de majoration dynamique :

$$\delta=1+\frac{0.4}{1+0.2L}+\frac{0.6}{1+4\frac{G}{S}}$$

Avec L=16.00m G=280.912t.S=132t ⇒ δ = 1.15

III.3 Surcharges Mc120

- Poids total = 110t

Le coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1,14$$

$$P = 110 \times 1.14 = 125.45 \text{ t}$$

$$P = \frac{125.45}{2 \times 6.1} = 10.283 \text{ t/ml.}$$

P=10.283 t/ml

III.4- Modélisation de la structure

Les surcharges sont disposées de façon à obtenir des sollicitations maximales dans les différentes sections à dimensionner. Le calcul des sollicitations est effectué par le programme en éléments finis utilisé par le bureau d'étude est SAP 2000 VERSION 10.

La structure est modélisée comme suit :

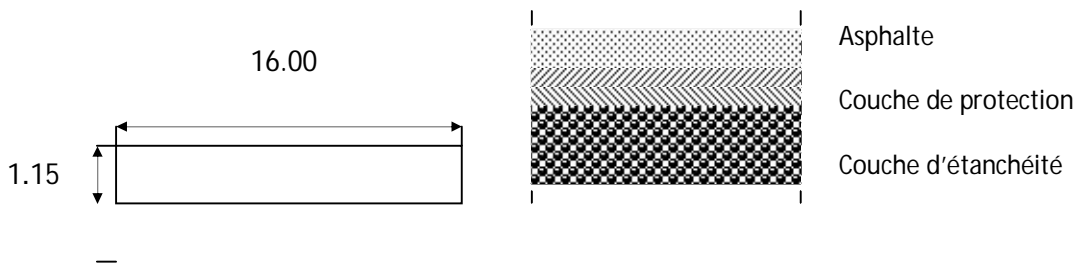
- ✦ Poutres : Membre
- ✦ Dalle : Elément

Mais les résultats de tel modélisation est absente.

III.5-Etude de la dalle :

L'hourdis utilisé pour le pont sert de couverture c'est à dire il reçoit la couche de roulement de la chaussée (asphalte couche de protection, couche d'étanchéité...) et les surcharges des véhicules ainsi on peut dire que son rôle consiste à répartir les charges permanentes et les surcharges sur les poutres.

La dalle a une épaisseur de 25 cm recouverte d'une couche d'étanchéité ; couche de protection et d'une couche d'asphalte, cette dalle repose sur 7 poutres d'entre axe 1,5 m est sur des entretoises d'about.



III.6- Calcul des sollicitations:

Les charges permanentes sont les charges de la dalle et des éléments de trottoirs.

On détermine la charge permanente pour 1 m² du tablier.

Figure 27: La géologie de la région de Khenchela.

Charge				
Dalle	0,25	2,5	0,625	
Couche de protection	0,01	2,5	0,025	
Couche d'étanchéité	0,01	2,2	0,022	
Asphalte	0,07	2,2	0,154	$\Sigma G=0,826 \text{ t/m}^2$

Donc la charge permanente $G=0,826 \text{ t/m}^2$

$L_x = 1,15 \text{ m}$: portée entre axe des poutres.

$L_y = 16,00 \text{ m}$: portée entre axe des entretoises.

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

$E_d = 0,25\text{m}$: épaisseur de la dalle.

$E_r = 0,09\text{ m}$: épaisseur du revêtement.

Les moments sont calculés en utilisant les abaques de M.PIGEAUD pour les charges uniformément réparties sur un rectangle concentrique.

Ces abaques permettent la détermination des moments fléchissant maximaux des plaques rectangulaires (de la dalle) simplement appuyées sur leur pourtour suivant la petite et la grande portée.

Principe de calcul :

Les dimensions de la dalle sont : l_x et l_y .

l_x : petite portée perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage.

l_y : grande portée parallèle à l'axe de l'ouvrage.

A partir de ρ et ρ'

$$\rho = \frac{l_x}{l_y} \quad \text{et} \quad \rho' = \frac{1}{\rho}$$

on les rapporte sur l'abaque pour déterminer les valeurs de M_1 et M_2

$$M_1(\rho) \quad \text{et} \quad M_2\left(\rho' = \frac{1}{\rho}\right).$$

Pour une bande de largeur de 1 m ont pour valeur :

Dans le sens de l_x \longrightarrow $M(x) = (M_1 + 0,15M_2)P$.

Dans le sens de l_y \longrightarrow $M(y) = (M_2 + 0,15M_1)P$.

0,15 : coefficient de poisson.

P : charge total répartie sur la plaque : $P = G \times l_x \times l_y$

VI .Ferrailage des éléments principaux

Le ferrailage des éléments constructifs tel que les poutres a été à l'aide du logiciel Socotec, ce qui montre la non régularité et justification dans l'approche d'acquisition des données comme moment et effort puis un ferrailage direct.

VI .1FERAILLAGE DES POUTRES

VI .1.1 Poutre a vide-phase de construction

VI .1.1.1 A 1/4 de la travée

$$M_{ser} \text{ (t.m)} = 34.110$$

$$Mult \text{ (t.m)} = 46.049$$

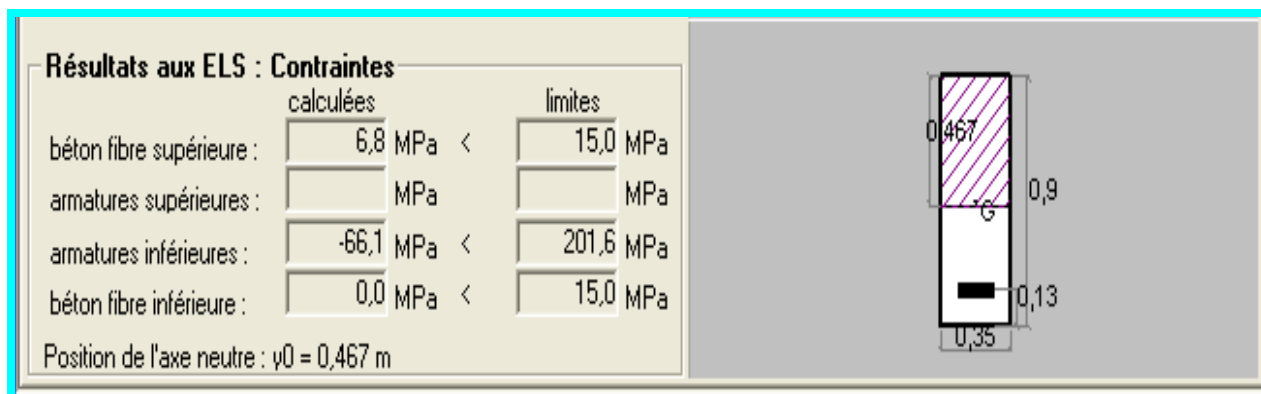
VI .1.1.2 /A 1/2 de la travée

$$M_{ser} \text{ (t.m)} = 45.480$$

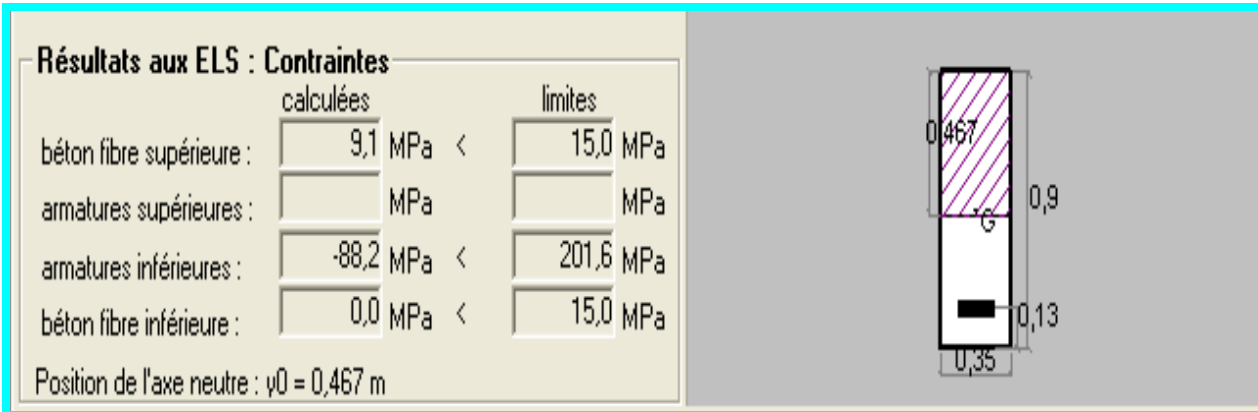
$$Mult \text{ (t.m)} = 61.398$$

VI .1.2 Vérification des contraintes à l'E.L.S

A 1/4 de la travée



A 1/2 de la travée



VI .1.3 Poutre chargée-phase d'exploitation

VI .1.3.1 /A 1/4 de la travée

$M_{ser} \text{ (t.m)} = 93.807$

$M_{ult} \text{ (t.m)} = 125.6445$

VI .1.3.1 /A 1/2 de la travée

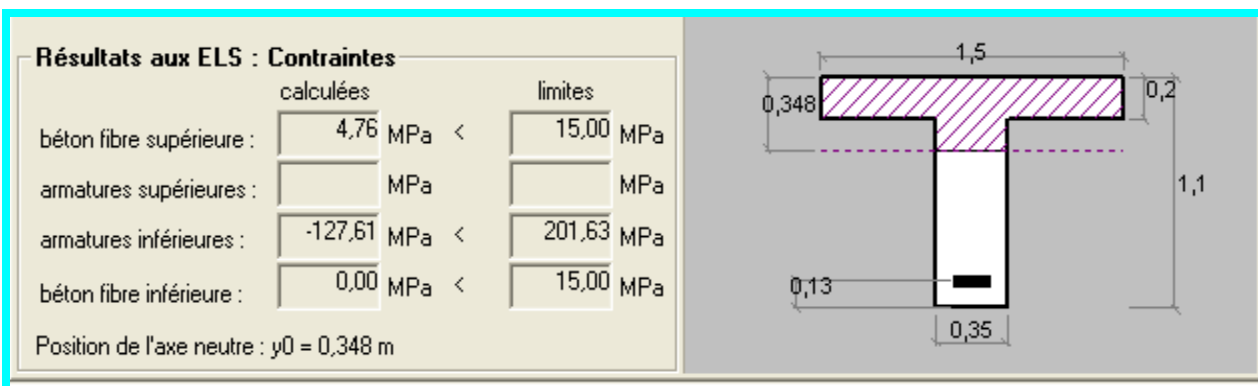
$M_{ser} \text{ (t.m)} = 125.076$

$M_{ult} \text{ (t.m)} = 167.526$

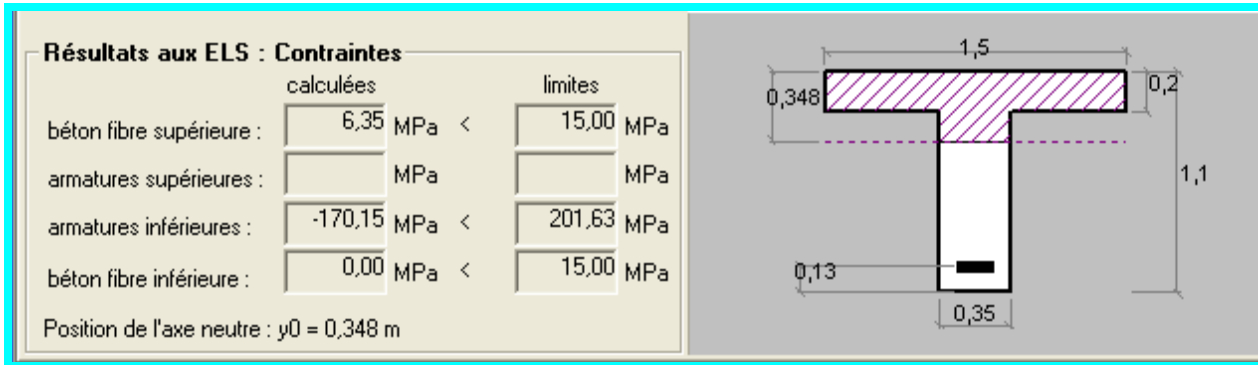
VI .1.4 Vérification des contraintes à l'E.L.S

$A_{ad} \text{ (cm}^2\text{)} = 96,48 \dots \dots \dots 12T32$

A1/4 de la travée



A 1/2 de la travée



VI.1.5 VERIFICATION DE L'EFFORT TRANCHANT

L'effort tranchant maximal

$$V_{\max} = V_u = 1.35 \cdot V_g + 1.6 \cdot V_q = 31.344$$

• L'effort tranchant réduit

$$V_{u0}(\text{kn}) = V_u = 313.44$$

• Contrainte tangente conventionnelle

$$t_{u0}(\text{MPa}) = \frac{V_{u0}}{b_0 d} = 1.054$$

Conclusion

On peut constater clairement que l'étude de pont avec lac conception et les données choisit manque beaucoup :

1. de un une étude préalable du relief du terrain d'Oued par un calcul hydraulique et hydraulique manque,
2. de deux l'étude ne montre aucune tentative pour un présélection entre des variante en terme de choix technique et constructif, or l'offre économique qui suit est totalement absent dans l'aspect des quantités quantitatifs comme évoqué dans le Chapitre I si on suit le dossier pilote PA78.
3. La modélisation est totalement absente à l'aide de logiciel.

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

Introduction

Les spécifications de conception de ponts régissant notre pays et la profession dans son ensemble n'ont pas encore pleinement exploité les capacités des différentes méthodes de conception dans le monde notamment la méthodologie française et américaine comme nous avons vu dans le chapitre I.

L'étude général de professionnels de la conception technique et d'outils analytiques.

L'approche de la modélisation structurelle plus détaillée et sophistiquée implique généralement une analyse par éléments finis (MEF) informatisée.

La capacité d'effectuer la MEF fait partie des compétences de la plupart des ingénieurs aujourd'hui, et les outils logiciels sont largement disponibles pour la plupart des sociétés d'ingénierie.

Cependant, la conception est employée de manière vague et parfois ambiguë dans les dispositions des réglementations.

Cependant, notre approche, est un couplage entre l'école française et celle américaine, a un coût pour notre pays et peut ne pas favoriser l'utilisation la plus efficace de ressources qui nous sont limitées.

Notre procédure de conception d'un pont à poutres en béton d'une portée suit les étapes suivantes :

Généralement les procédures à prendre en considération durant la conception d'un pont à poutres en béton suit les étapes suivantes :

- 1) Déterminez les conditions et les exigences du site pour le pont, y compris la longueur de la travée, la largeur et la hauteur libre.
- 2) Sélectionnez les matériaux appropriés pour le tablier du pont et les poutres en fonction des conditions du site et des exigences de charge.
- 3) Calculez les charges qui seront placées sur le pont, y compris les charges permanentes (poids des composants du pont) et les surcharges (trafic).
- 4) Déterminer la résistance et la rigidité requises des composants du pont en fonction des calculs de charge.
- 5) Concevoir le tablier du pont pour supporter les charges de trafic et fournir un drainage adéquat.
- 6) Concevoir les poutres pour supporter le tablier et transférer les charges aux culées ou aux piliers.
- 7) Déterminer l'espacement approprié des poutres en fonction des exigences de charge.
- 8) Concevez des culées ou des piliers pour supporter les poutres et transférer les charges aux fondations.
- 9) Assurez-vous que tous les composants sont conçus pour répondre aux normes de sécurité et aux codes du bâtiment locaux.
- 10) Préparer des dessins détaillés et des spécifications pour la construction du pont.

- 11) Examinez la conception avec un ingénieur en structure ou un autre professionnel qualifié avant le début de la construction.
- 12) Surveiller le processus de construction pour s'assurer que les spécifications de conception sont suivies correctement.
- 13) Mener des inspections après l'achèvement de la construction pour s'assurer que le pont peut être utilisé en toute sécurité par la circulation.

Cependant, avant d'entamer une de ses étapes en doit d'abord avoir des connaissances de base sur la composition d'un pont.

Généralité sur la composition d'un pont

I. Définition d'un pont

On appelle pont tout ouvrage permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle naturel ou une voie de circulation terrestre, fluviale ou maritime.

Toute fois, 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 quelque soit sa dimension, construit in situ.

I.1. Terminologie

De façon générale, un pont est un ouvrage en élévation, construit in situ, permettant à une voie de circulation de franchir un obstacle.

La désignation du pont s'adapte à son utilisation :

Tableau 5 : type des ponts suivant la destination des voies supportées

Passage de	Désignation du pont
Une route	Pont - Route
Une voie piétonne	Passerelle
Une voie ferrée pont	Pont – Rail
Un Canal	Pont Canal
Eau d'adduction	Aqueduc

On distingue en outre les différents types d'ouvrages suivants :

- ponceau ou dalot : pont de petites dimensions (quelques mètres) .
- viaducs : ouvrage généralement de grande hauteur, ou à nombreuses travées comme les ouvrages d'accès aux grands ponts ; terme plutôt réservé aux franchissements en site terrestre.
- passerelle: ouvrage destine aux piétons, exceptionnellement aux canalisations.

II. Différentes parties d'un pont

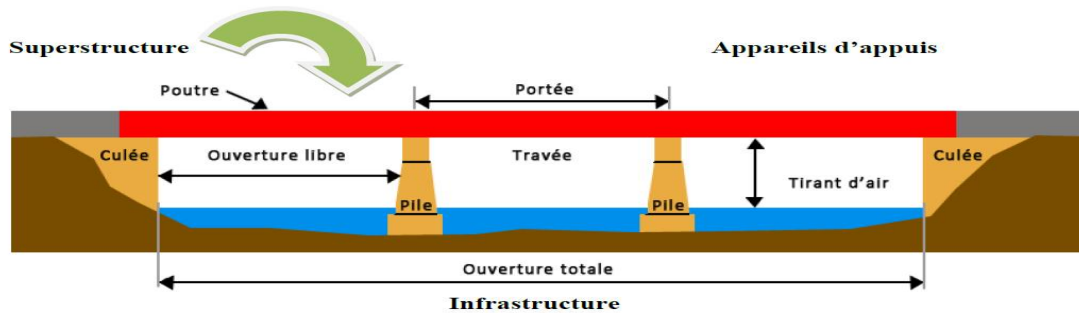


Figure 27: La géologie de la région de Khenchela.

II.1. La superstructure

A. Le tablier

c'est l'élément sur lequel repose la voie de circulation. Il comporte essentiellement des dalles. Le tablier comporte aussi des équipements nécessaires à son utilisation : les gardes corps, les dispositifs de retenue, les trottoirs, les corniches, etc.

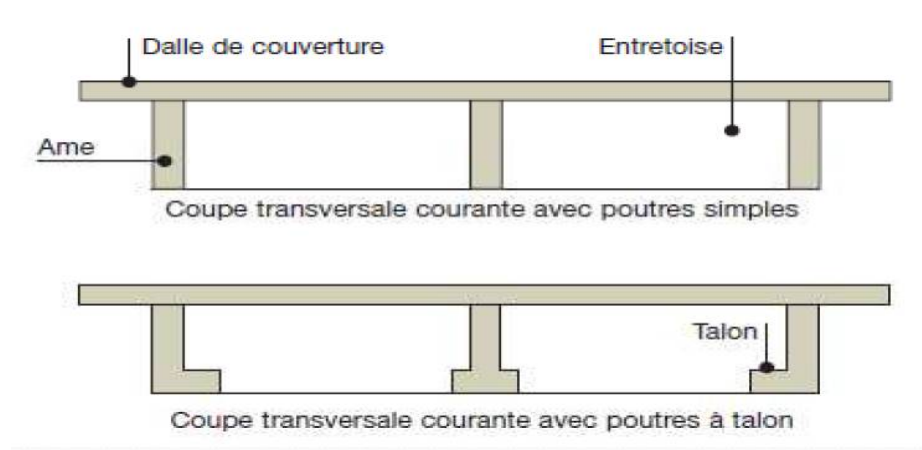


Figure 28: La géologie de la région de Khenchela.

B. Les poutres

Les poutres peuvent être en bois, en acier, en béton armé, ou en béton précontraint ; dans le cas d'un pont à poutre le tablier est porté par plusieurs poutres.



Figure 29 : La manœuvre de la pose des poutre sur le pont.

II.2. L'infrastructure

A. Les appuis

Ils transmettent au sol les actions provenant du tablier. Ils sont généralement en béton armé.

II.A.1 Classification des appuis de pont selon aux degrés de liberté

Fondamentalement, les roulements peuvent être classés en fonction du degré de liberté, ou matériel de fabrication.

Il existe six degrés de liberté indépendants possibles sur un appui, composé de trois composantes de translation et de trois angles de rotation.

Un roulement peut permettre un mouvement dans l'un de ces six degrés de liberté ou en aucun. Lors de la conception structurelle des poutres du pont, chaque point d'appui est idéalisé de manière spécifique par l'ingénieur concepteur. Le roulement doit remplir cette hypothèse (Indian Railway Institute of Civil Engineers, 2006).

Mais fondamentalement, les roulements peuvent être classés dans les trois types suivants :

- (1) palier fixe ou palier articulé, qui permet la rotation, mais pas d'autres formes de mouvement;
- (2) roulement mobile tel qu'un roulement à rouleaux, qui permet le mouvement dans un sens et la rotation, mais pas le mouvement dans d'autres directions; ou (3) roulement mobile omnidirectionnel, tel que le Roulement de culbuteur. Un autre type de palier mécanique est le palier fixe, qui permet la rotation, mais pas d'autres formes de mouvement.

II.A.2 Classification des appuis de pont selon les matériaux

Il existe deux types d'appui de pont selon les matériaux : appui métallique et roulement en caoutchouc.

II.A.2.1 Palier métallique

Les roulements métalliques ont été largement utilisés au début, et différents types des roulements métalliques ont été développés selon les exigences de conception par compte tenu de la durabilité et de l'entretien.

II.A.2.2 Roulement de ligne

L'image d'un relèvement de ligne est illustrée à la Fig. 12.2. La prise de contact la ligne entre la plaque supérieure et la surface ronde inférieure offre une rotation capacité ainsi que le glissement. Ce type de roulement est principalement utilisé dans les ponts de courte portée.

II.A.2.3 Roulement plan

Les roulements plans sont le type simple de roulements généralement constitués d'un faible polymère de friction, polytétrafluoréthylène, glissant contre une plaque métallique.

Ils ne s'adaptent pas au mouvement de rotation dans le sens longitudinal ou directions transversales et ne résiste qu'aux charges dans la direction verticale.

II.A.2.4 Roulement à rouleaux

Les roulements à rouleaux sont des roulements mobiles, qui permettent une mouvement et maintenir un faible frottement en utilisant des rouleaux simples ou multiples, pour palier articulé ou paliers sphériques. Il existe plusieurs types de rouleaux roulements, tels que le rouleau simple, le rouleau multiple et le roulement à rouleaux avec engrenages, comme illustré à la Fig. 12.3. Une image d'un roulement à rouleaux est montrée dans Figure 12.4.

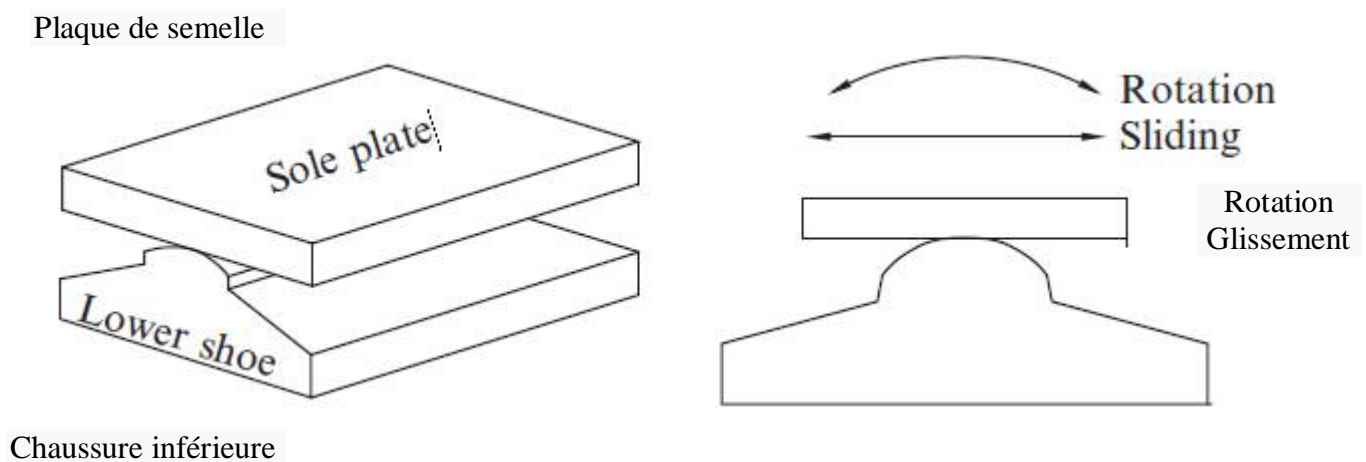


Figure 30: Roulement de ligne.

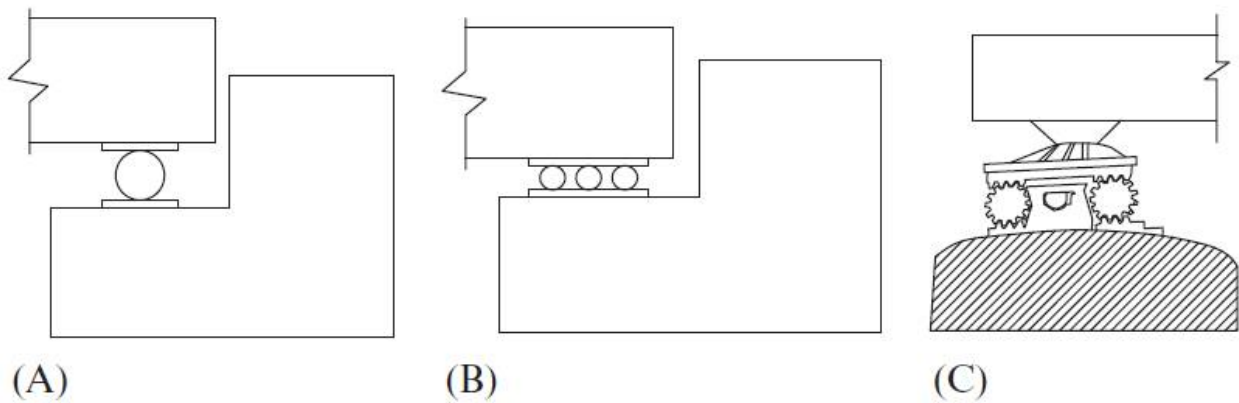


Figure 31 : Roulement à rouleaux. (A) Rouleau unique. (B) Rouleaux multiples. (C) Roulement à rouleaux avec engrenage arrangement.



Figure 32 :Roulement à rouleaux et roulement à broches. (Photo de Lin.)

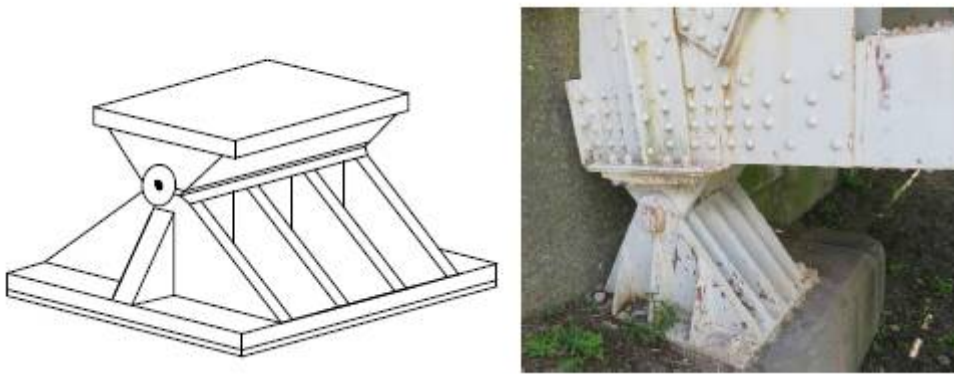


Figure 33 :Palier de goupille. (Photos par Lin.)

II.A.2.5 Palier à goupille

Un palier à goupille est également appelé palier à charnière, où une goupille en acier est inséré entre les chaussures supérieures et inférieures permettant la rotation mais pas mouvements de translation. L'image d'un roulement à broches est montrée dans Figure 12.5. En général, des capuchons sont nécessaires aux deux extrémités de la goupille pour garder la goupille de glisser des sièges et de résister aux charges de soulèvement si nécessaire.

La plaque supérieure est reliée à la semelle à l'aide de boulons ou soudage.

II.A.2.6 Roulement de pivot

Les roulements de pivot, comme illustré à la Fig. 12.6, sont des roulements fixes avec un concave chaussure supérieure et une chaussure inférieure convexe. Ils peuvent tourner dans toutes les directions

et sont généralement utilisés dans les ponts en treillis, les ponts suspendus et les courbes des ponts. Lorsqu'il est combiné avec des éléments coulissants, le mouvement peut être fourni.

1.1.6.roulement à bascule

Un roulement à bascule, comme illustré à la Fig. 12.7, a une grande variété de types de palier de dilatation. Il se compose généralement d'une broche en haut qui accueille rotations, et une surface incurvée en bas qui accueille les mouvements de translation. En général, les roulements de culbuteur sont principalement utilisé dans les ponts en acier.

II.A.2.7 Palier pendulaire

Les appuis pendulaires sont principalement utilisés pour les ponts à haubans, pour résister aux forces de réaction négatives (ou ascendantes). Une barre oculaire est utilisée pour la superstructure et sous-structure par connexion articulée aux deux extrémités, comme indiqué dans

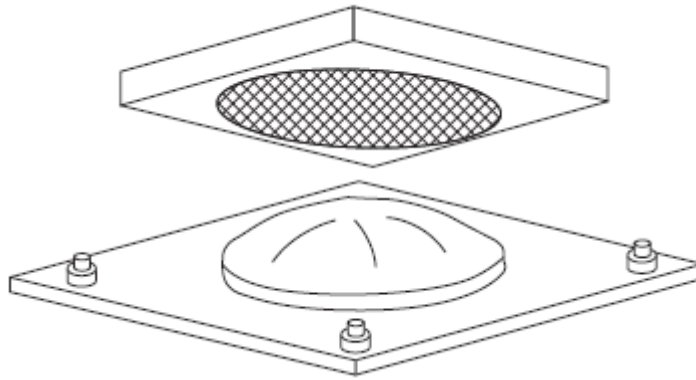


Figure 34: Palier de pivot.

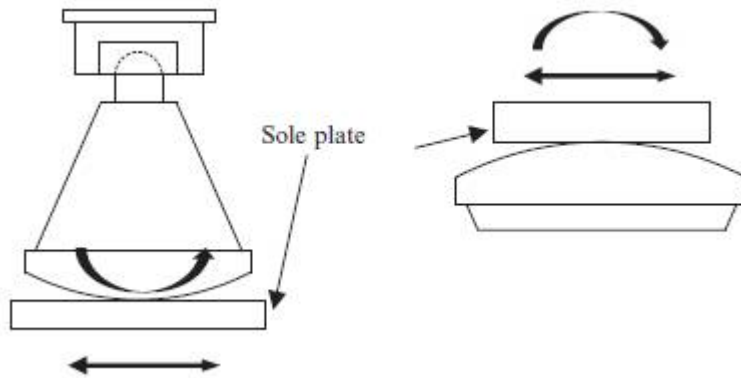


Figure 35 :Roulement de culbuteur.

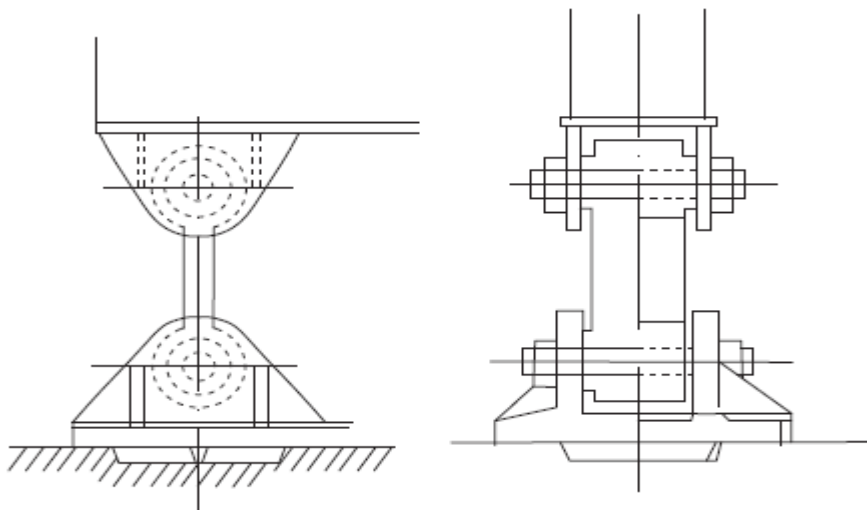


Figure 36 : Appui pendulaire (Tachibana, 2000).

Figure 12.8. Le mouvement longitudinal est permis par l'inclinaison de les barres oculaires, et il n'y a pas de résistance dans le sens transversal. Ainsi, ce type de roulements doit être utilisé avec

d'autres types de roulements capables de résister aux forces de réaction horizontales (Toma et al., 2005).

II.A.2.8 Roulement en caoutchouc

II.A.2.8.1 Élastomère

Les appuis en élastomère (Fig. 12.9) permettent au tablier de translater et tourner et résister à une certaine quantité de charges dans le sens longitudinal, transversal, et les directions verticales. En général, ils sont très flexibles en cisaillement mais très rigide contre le changement volumétrique. Des plaques d'acier (ou parfois fibre de verre) sont généralement utilisés pour renforcer le coussin en couches alternées pour

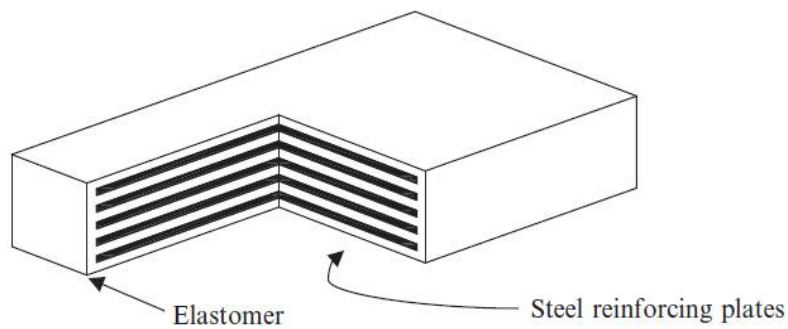


Figure 37 : Appui en élastomère.

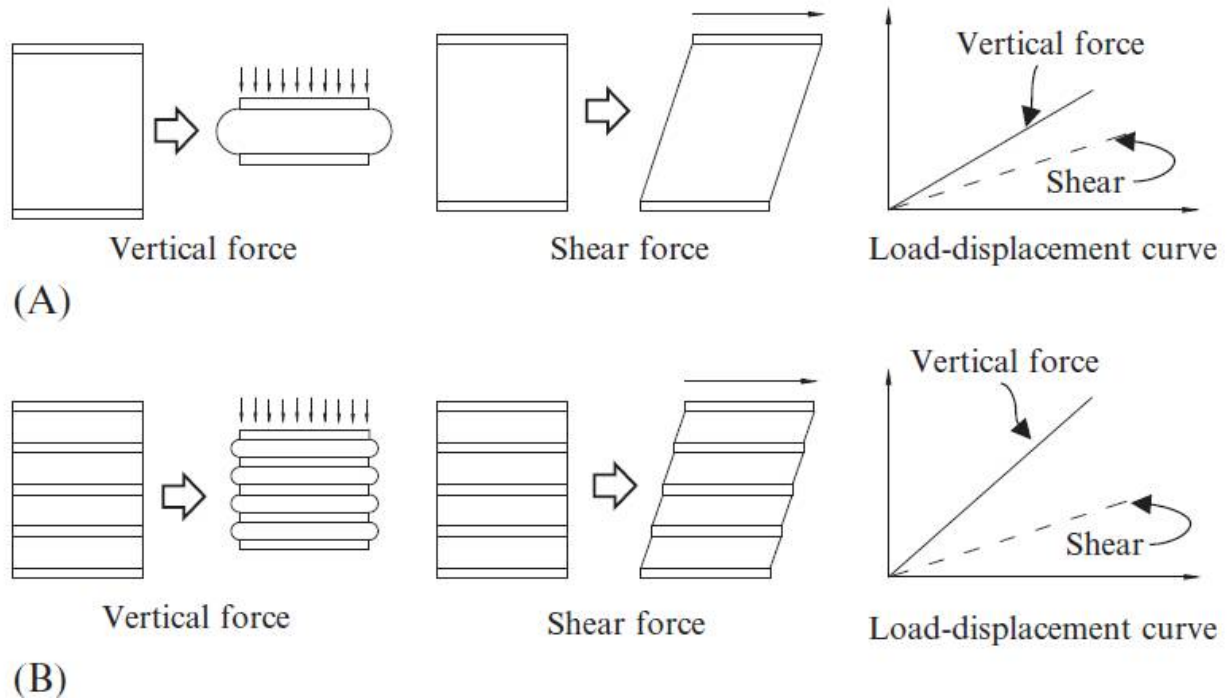


Figure 38 : Propriétés d'un caoutchouc unitaire et d'un caoutchouc stratifié (Toma et al., 2005).

(Une unité caoutchouc. (B) Caoutchouc en couches.

l'empêcher de "gonfler" sous une charge élevée, ce qui lui permet de résister à des charges plus élevées compression verticale.

La différence entre un caoutchouc unitaire et un stratifié le caoutchouc est illustré à la Fig. 12.10, indiquant que l'utilisation de plaques d'acier dans les caoutchoucs stratifiés peut supprimer la verticale du caoutchouc mais affecter peu sur la déformation en cisaillement (Toma et al., 2005).

Lors d'un tremblement de terre, la flexibilité absorbe l'énergie sismique horizontale et convient parfaitement pour résister aux actions sismiques. Au Japon, les roulements en caoutchouc élastomère ont été plus largement utilisés depuis le tremblement de terre de Kobe en 1995.

L'équation suivante peut être utilisée pour déterminer la rigidité de roulement en caoutchouc dans le sens vertical :

$$K_c = \frac{(3 + 6.5S^2)GS_s}{\sum t_e} \quad (12.1)$$

$$S = \frac{A_s}{\{2(a + b)\}} \quad (12.2)$$

où G est le module de cisaillement du caoutchouc, A_s est la section transversale de la plaque d'acier ($a \times b$), t_e est l'épaisseur de chaque couche de caoutchouc, a est la longueur de la plaque d'acier, et b est la largeur de la plaque d'acier.

Pour déterminer la rigidité du roulement en caoutchouc dans le sens horizontal (Fig. 12.11), l'équation suivante peut être utilisée

:

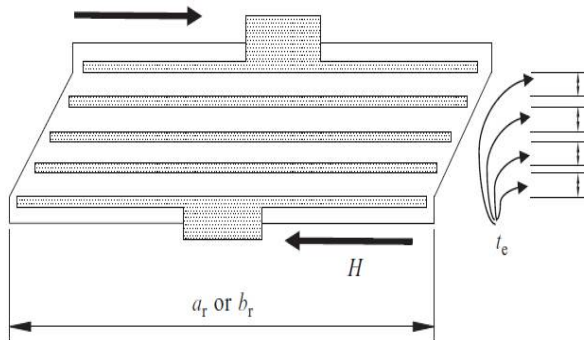


Figure 39 : Appui en caoutchouc soumis à une force horizontale.

$$K_r = \frac{GA_r}{\sum t_e} \quad (12.3)$$

où A_r est la section transversale du coussinet en caoutchouc ($a_r \times b_r$). Lorsqu'il est soumis à la force de réaction maximale R_{\max} et à la force déformation horizontale δ , la contrainte de compression maximale est déterminée comme (Fig. 12.12):

$$\sigma_{\max} = \frac{R_{\max}}{\{b(a - \delta)\}}$$

II.A.2.8 .2 Palier à pot

Les appuis à pot ont une garniture cylindrique en élastomère confinée avec un pot, et ils conviennent aux charges, déplacements et rotations élevés.

Les composants spéciaux, tels que les assemblages boulonnés (goujons de cisaillement) sont généralement

utilisé pour connecter le roulement lui-même avec la superstructure du pont ou structure.



Figure 40 : Image réel d'un élastomère .

II.A.2.8 .3 Palier d'isolation sismique

Appuis en caoutchouc à amortissement élevé entre les superstructures et les sous-structures du pont sont utilisés pour augmenter la période et l'amortissement de l'original système de structure, en réduisant la rigidité de cisaillement de l'appui. Par conséquent, pour atteindre l'objectif de réduction de l'énergie fournie à la superstructure et l'exigence de résistance anticipée aux chocs. Le caoutchouc du pont le roulement d'isolation des chocs n'est pas seulement de fournir la charge et de supporter le déformation mais aussi pour établir une bonne isolation sismique et améliorer la performance sismique des structures du pont pendant la phase de service.

Au Japon, une révision et une amélioration importantes ont été menées sur le spécification de conception du pont après le tremblement de terre de Kobe en 1995. Avant ça tremblement de terre, 80% des ponts utilisaient des appuis métalliques, alors que seulement 20% ont utilisé le roulement en caoutchouc. Cependant, après le séisme, les 80% des nouveaux ponts ont commencé à utiliser l'appui en caoutchouc, et seulement 20 % des les nouveaux ponts utilisent l'appui métallique. C'est parce que les roulements métalliques font ne pas avoir de capacité de déformation supplémentaire au-delà de la résistance ultime.

Cependant, l'efficacité d'une telle méthode de conception doit encore être approfondie enquêtes (Tachibana, 2000).

II.A.2 Considérations relatives à la conception des roulements

Le choix du roulement doit être fait en fonction de la taille du pont, amplitude de la prévision (vers le haut ou vers le bas) verticale et horizontale charges, mouvements de translation et de rotation, etc. De plus, les mouvements de la structure du pont permise par les appuis sont en

relation avec un allocation pré-réglée intégrée dans la structure du pont pour s'adapter à l'allongement fourni par joint de dilatation. D'autres facteurs, tels que le coût du cycle de vie (coût initial, coût d'inspection et de maintenance), environnement (corrosion/ plage de température), remplacement ou réinitialisation facile, etc., doivent également être pris en compte considération.

II.A.3 Description générale d'un appuis en caoutchouc

Les appuis de types B ou C sont des appuis ponctuels en élastomère renforcés par des frettes d'acier adhésives par vulcanisation avec marquage CE EN 1337-3.





Cet assemblage spécial permet aux appuis type B et C de transmettre l'intégralité des forces verticales amenées par une superstructure. Les mouvements de translation et les rotations de la structure sont compensés par la déformation de l'élastomère avec de faibles restrictions.

Ce type d'appareil d'appui convient parfaitement pour assurer le soutien des ponts et constructions similaires soumis à des charges dynamiques.

II.A.3.1 Caractéristiques des appuis

a) Configurations possibles

Tableau 6: type des appuis

Appui type B	Les appareils d'appui type B sont complètement enrobés d'élastomère et renforcés avec au moins deux frettes en acier. Ces appareils d'appui sont adaptés aux fortes pressions et permetts dans une certaine mesure des déformations sous compression, distorsion et rotation.	
Appui type C	Les appareils d'appuis type sont conçus de manière identique au type B avec l'ajout de frettes externes sur les faces inférieures et supérieures. Ces appuis sont choisis pour sécuriser l'appuis contre le cheminement à travers plusieurs dispositifs possibles : ✓ Taquets d'arrêt ✓ Ancrages ✓ Tôles striées	 
Appui type B/C	La conception des appareils d'appui type B/C est la même que celle du type B à laquelle on ajoute une frette externe en acier en sous face.	

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

	<p>Ces appuis sont choisis lorsqu'il est nécessaire de sécuriser l'appuis contre le cheminement par l'intermédiaire de taquets d'arrêts, ce dispositif va interdire uniquement le glissement sans empêcher ni gêner les déformations (compression, distorsion et rotation).</p>	
--	---	--

Les appareils d'appui type B et C sont conçus conformément à la norme EN 1337-3 et possèdent la certification et le marquage CE. La norme EN 1337-3 définit les exigences des propriétés physiques et mécaniques de l'élastomère et des frettes internes constituant les appareils d'appui type B et C.

b) Elastomère

L'élastomère est composée de chloroprène (CR) ou de caoutchouc naturel (NR) qui permettent d'assurer la protection contre les actions environnementales, les conditions météorologiques et en particulier contre la concentration d'ozone et les rayons ultraviolets. Les propriétés physiques et mécaniques répondent aux exigences de la norme EN 1337-3 :

Tableau 7: Propriétés mécaniques Elastomère

Propriétés	Exigence
Module d'élasticité transversal G (Mpa)	0.9
Résistance à la traction (Mpa)	≥ 16
Allongement à la rupture	$\geq 425 \%$
Résistance à l'ozone	Pas de fissure
Coefficient de frottement	0.05 à 0.010

c) Frettes internes en acier

Des plaques d'acier sont utilisées comme couches de renforts intermédiaires de l'élastomère. Elles sont protégées contre la corrosion et assurent l'endurance de l'appui. La nuance d'acier utilisée est S 235. Leur épaisseur est au minimum de 2 mm.

d) Frettes externes en acier

Les frettes externes pour les appuis type C et B/C sont constituées d'une nuance d'acier S235. Pour les appareils d'appui en élastomère type C dont l'épaisseur des feuillets internes est inférieure ou égale à 8 mm, l'épaisseur minimale des frettes extérieures est de 15 mm. Pour les feuillets plus épais, l'épaisseur minimale est de 18 mm.

e) Flexibilité

La flexibilité du système de production offre les avantages suivants :

- L'élastomère standard des appuis avec module de cisaillement de 0,9 MPa pour le CR et le NR.
- Toutes les épaisseurs de feuillets d'élastomère autorisées selon la norme DIN EN 1337-3 (5 à 25 mm) sont possibles.
- Possibilité d'utilisation de demi-feuillets extérieurs pour augmenter les performances de l'appui
- Des aciers de renforts avec limite d'élasticité plus élevé pour réduire les dimensions d'appuis sont possibles.

II.A.4 Dimensionnement des appuis

a) Critères de vérification

Les appareils d'appui type B et C certifiés CE (EN1337-3), sont conçus pour des réactions d'appui limitées à 12 MN. Cette valeur correspond à des dimensions approximatives de 700x700mm. Nos appuis peuvent être fabriqués dans toutes les largeurs et longueurs comprises entre 100 et 1000mm avec une épaisseur totale maximal de 400mm. Les règles de base de calcul des appuis type B et C, définies dans la norme EN 1337-3, sont basées sur la vérification des critères suivants :

Déformation de calcul maximale :

L'appui doit vérifier l'inégalité suivant $\epsilon_{t,d} = K_L(\epsilon_{c,d} + \epsilon_{q,d} + \epsilon_{a,d}) \leq 7$

- $\epsilon_{c,d}$: Déformation de calcul due aux charges de compression
- $\epsilon_{q,d}$: Distorsion de calcul due aux mouvements en translation
- $\epsilon_{t,d}$: Déformation de calcul maximale
- K_L : Coefficient de charge normalisé

Contraintes en traction maximales dans les frettes

Critères de stabilité : rotation, flambement et glissement

b) Eléments de dimensionnement

Nous pouvons vérifier l'ensemble des critères si, conformément au guide du SETRA 2007 – Appareils d'appui en élastomère fretté, les informations suivantes nous sont fournies :

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

Informations générales sur la structure : surface utile pour les appuis, blocage des directions, variation de température

Charges verticales maximale, minimale et permanentes ainsi que les forces horizontales à l'ELU sous les différentes combinaisons de charges de l'Annexe A2 de NF EN 1990 (Eurocode 0)

Tableau 8: Propriétés mécaniques Elastomère

Charges (Annexe A2 de NF EN 1990)	Notation	Charge (KN)		
		Z	X	Y
Charges permanentes (Def)	G_{sup}			
Charges permanentes (Fav)	G_{inf}			
Retrait	S			
Fluage	C			
Précontrainte	P			
Charges de trafic	UDL			
	TS			
	q			
Forces horizontales (freinage)	gr2			
Essieu unique	gr1b			
Forces dues aux piétons	gr3			
Chargement par une foule	gr4			
Véhicules spéciaux	grs			
Force de vent caractéristique	FW_k			
Force de vent (trafic)	FW^{**}			

Déplacements et rotations dans les directions longitudinales et transversales sous les différentes combinaisons de charges de l'Annexe A2 de NF EN 1990 (Eurocode 0)

$1,35 G_{sup} + G_{inf} + P + S + C$	+ 1,35 (UDL _k + TS _k + q _{norme}) + 1,5 min(FW [*] ; 0,6 FW _k)	1
	+ 1,35 (UDL _k + TS _k + q _{norme}) + 1,5 (0,6 T _k)	2
	+ 1,35 gr1b	3
	+ 1,35 gr2	4 ⁽¹⁾
	+ 1,35 (gr3 ou gr4) + 1,5 (0,6 T _k)	5
	+ 1,35 gr5	6
	+ 1,5 FW _k	7
	+ 1,5 T _k + 1,35 (0,4 UDL _k + 0,75 TS _k + 0,4 q _{norme})	8

c) Pré dimensionnement

Les tableaux suivant référencent les dimensions standards pour les appareils d'appui de type B selon la norme EN 1337-3 avec les distorsions et charges admissibles associées. Ces tableaux permettent de pré dimensionner les appuis à mettre en place.

Dans les tableaux :

a : largeur en plan de l'appareil d'appui (mm)

b : longueur en plan de l'appareil d'appui (mm)

a' : largeur en plan d'une frette interne en acier (mm)

b' : largeur en plan d'une frette interne en acier (mm)

T_b : hauteur totale de l'appareil d'appui (mm)

n_i : nombre de feuillets d'élastomère internes

t_i : épaisseur d'un feuillet d'élastomère (mm)

n_s : nombre de frettes internes en acier

t_s : épaisseur d'une frette interne en acier (mm)

t_{i, sup} : t_{i, inf} : text : épaisseur du feuillet externe en élastomère

t_{i, sup} : t_{i, inf} : text : épaisseur du feuillet externe en élastomère text = t_{i, sup} = t_{i, inf} = 2,5 mm

e : enrobage latérale des frettes interne en acier e= 5 mm

T_e : épaisseur totale d'élastomère (mm) : $T_e = T_b - (t_{i, sup} + t_{i, inf})$

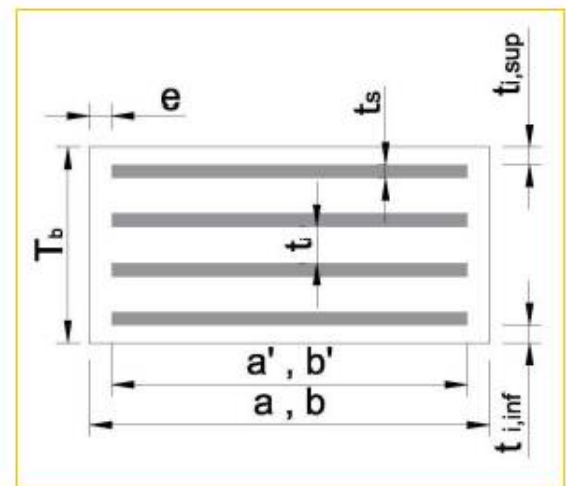
F_{z min} : valeur minimale de la charge verticale (charges permanentes) pour laquelle l'appui ne chemine pas. En dessous de ces valeurs il faut utiliser un appui type C (kN)

F_z : charge verticale admissible (kN)

v_{xy,d} : résultante des déplacements horizontaux résistants dans les directions latérales et longitudinales (mm) :

v_{xy,d} varie pour pouvoir appréhender différentes repartitions des distorsions (dues aux charges de compression, aux mouvements en translation et à la rotation angulaire) (mm)

α_{ab} : résultante des rotations admissibles, suivant les directions latérale et longitudinale (rad)



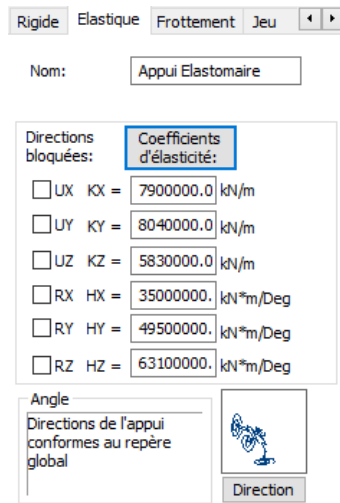


Figure 41 : Propriétés mécaniques Elastomère adopté.

B. Les piles

La pile d'un pont est un appui intermédiaire supportant le tablier de l'ouvrage, elles comportent au minimum 2 parties :

superstructure ou fût, reposant éventuellement sur une nervure.

- La fondation.

C. Les culées

Appuis d'extrémité qui assurent le soutènement du remblai d'accès à l'ouvrage ; elles comportent 4 parties :

- une fondation.
- un mur de front, sur lequel s'appuie le tablier et qui assure la stabilité du remblai d'accès.
- un mur de tête, qui assure le soutènement des remblais latéralement.
- une partie supérieure (chevêtre) sur laquelle s'appuie le tablier.

III. La procédure ou la méthodologie de conception MCP proposé

Après que nous montrer auparavant dans le chapitre I et II qu'une approche ou méthode de conception est primordiale et que les bureaux d'étude généralement son toujours sur la base de conception ancienne de l'école française qui se base sur une méthode analytique, répétitives et a

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

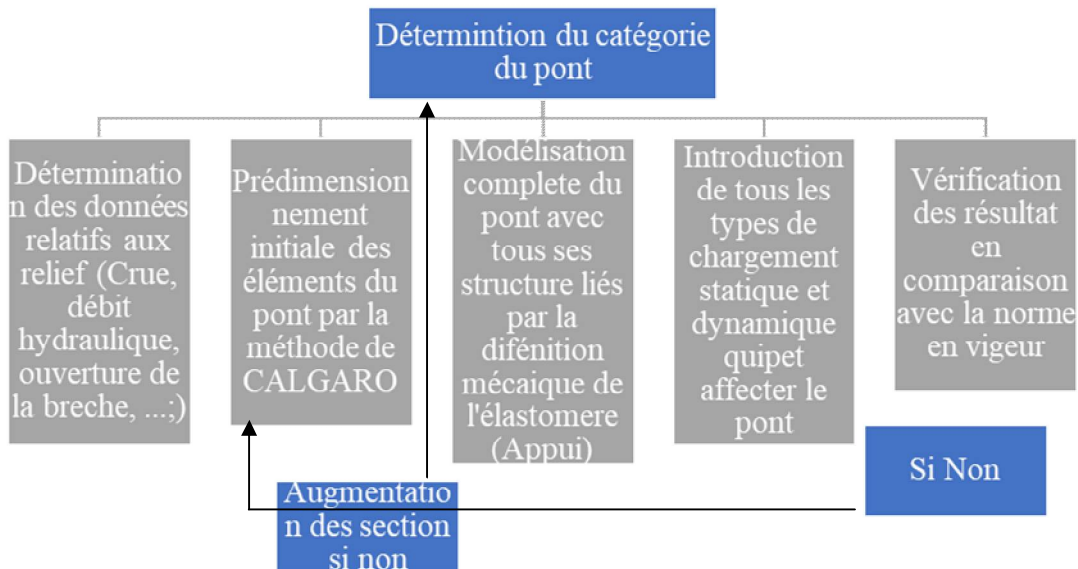
caractère entreprise pour la reproduction de résultats et mesure de construction identiques sous une fourchette de quantités des matériaux quantitatifs contrôlé.

Notre méthode de conception est un couplage entre l'héritage français et la modernisation américaine.

L'organigramme de notre méthodologie de conception s'applique sur les ponts courant principalement mais peut être modifiable pour d'autres types de pont en se basant sur le RPOA, car l'effet sismique sur le pont ne peut être négligeable avec le mouvement terrestre qui subit le monde ou dernièrement un séisme de 5 à l'échelle de Richter, qui est directement dans l'alignement du sud de la Willaya de Khenchela.

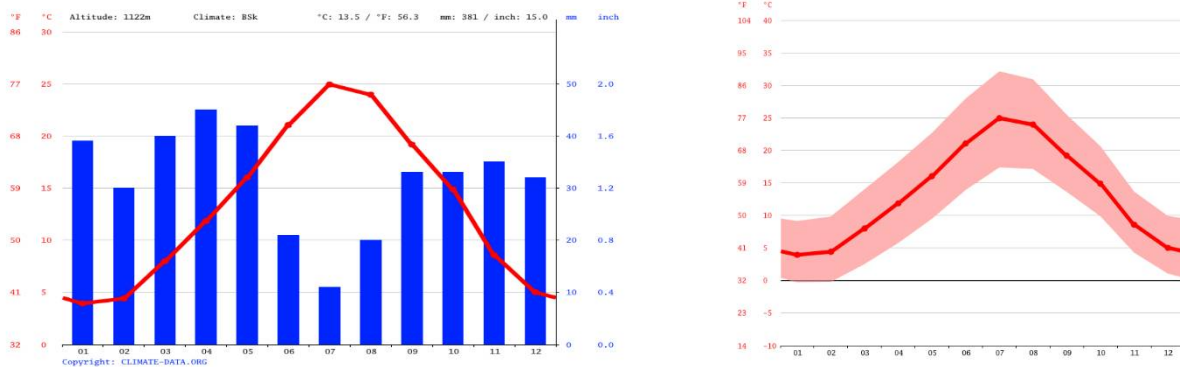


Notre méthodologie se résume comme suit :



VI. Calcul hydraulique du Oued Boughegal

Le calcul hydraulique est indispensable pour la conception d'un pont surtout celui franchissant un Oued, pour cela on aura besoin des données météorologique pour calculer le taux de débit de la crue sentinelle.



	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Avg. Temperature °C (°F)	3.9 °C (39.1) °F	4.4 °C (39.9) °F	8 °C (46.4) °F	11.8 °C (53.3) °F	16 °C (60.8) °F	21.1 °C (69.9) °F	24.9 °C (76.9) °F	24 °C (75.1) °F	19.2 °C (66.5) °F	14.9 °C (58.8) °F	8.6 °C (47.4) °F	5 °C (41) °F
Min. Temperature °C (°F)	-0.3 °C (31.5) °F	-0.2 °C (31.6) °F	2.5 °C (36.5) °F	5.8 °C (42.4) °F	9.5 °C (49.1) °F	13.9 °C (57) °F	17.4 °C (63.3) °F	17.1 °C (62.8) °F	13.6 °C (56.5) °F	9.9 °C (49.7) °F	4.3 °C (39.7) °F	1.1 °C (33.9) °F
Max. Temperature °C (°F)	9.1 °C (48.4) °F	9.8 °C (49.7) °F	14 °C (57.2) °F	18.2 °C (64.8) °F	22.7 °C (72.8) °F	28 °C (82.3) °F	32.1 °C (89.9) °F	30.9 °C (87.7) °F	25.5 °C (77.8) °F	20.6 °C (69.1) °F	13.7 °C (56.6) °F	9.9 °C (49.9) °F
Precipitation / Rainfall mm (in)	39 (1)	30 (1)	40 (1)	45 (1)	42 (1)	21 (0)	11 (0)	20 (0)	33 (1)	33 (1)	35 (1)	32 (1)
Humidity(%)	71%	66%	59%	54%	50%	41%	33%	37%	52%	58%	68%	72%
Rainy days (d)	6	5	6	6	6	4	2	4	5	4	4	5
avg. Sun hours (hours)	6.0	6.8	8.4	9.7	11.1	12.5	12.7	11.9	10.1	8.4	6.7	5.8

Figure 42 : Données météorologique de la Willaya de Khenchela.

VI.1 Calcul du bassin versant d Oued Boughegal

A l'aide de google earth on a pu calculer la surface, périmètre et pente du Oued Boughegal, les résultat sont comme suit :

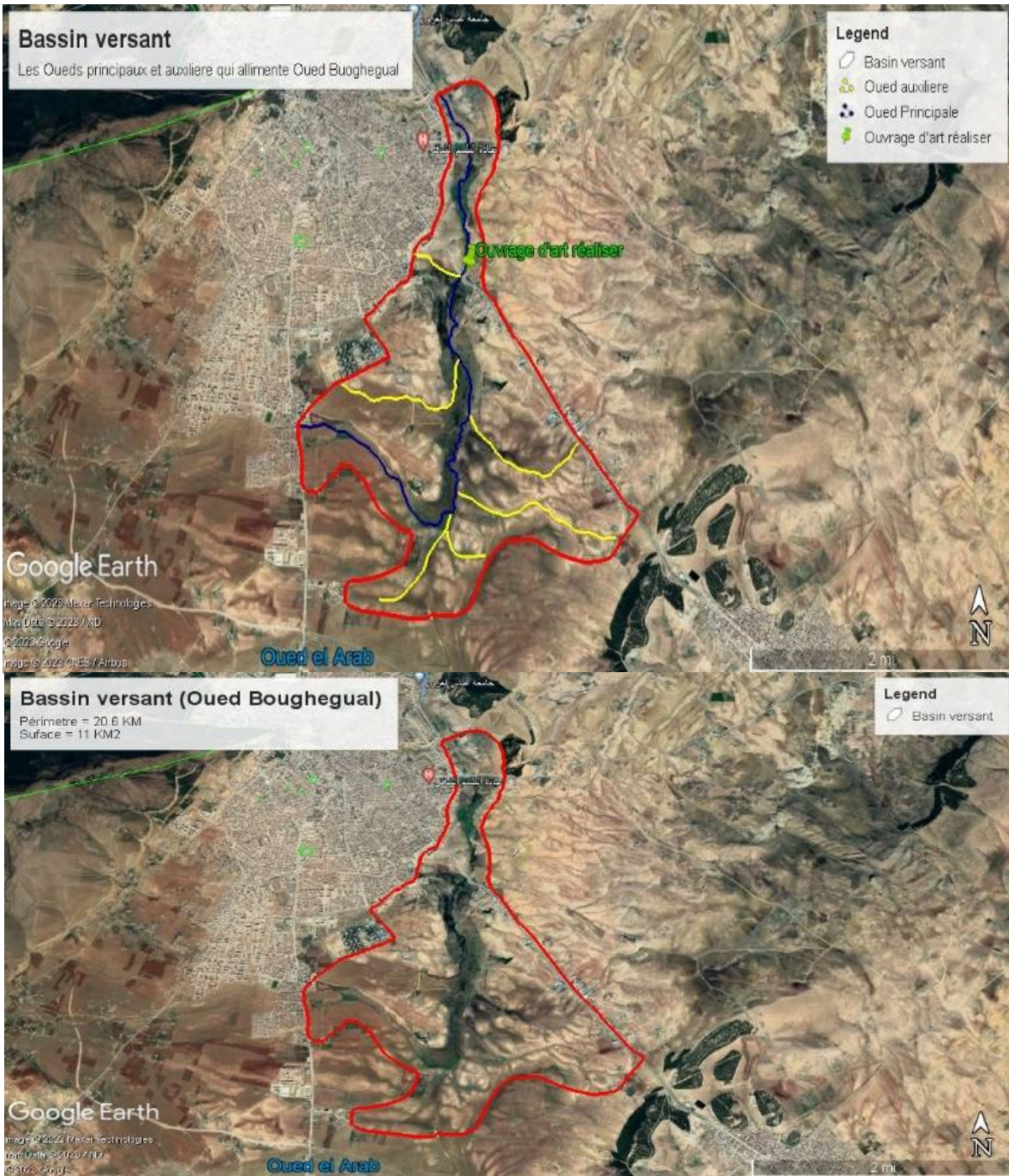


Figure 43 : Bassin versant d Oued Boughegal.

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

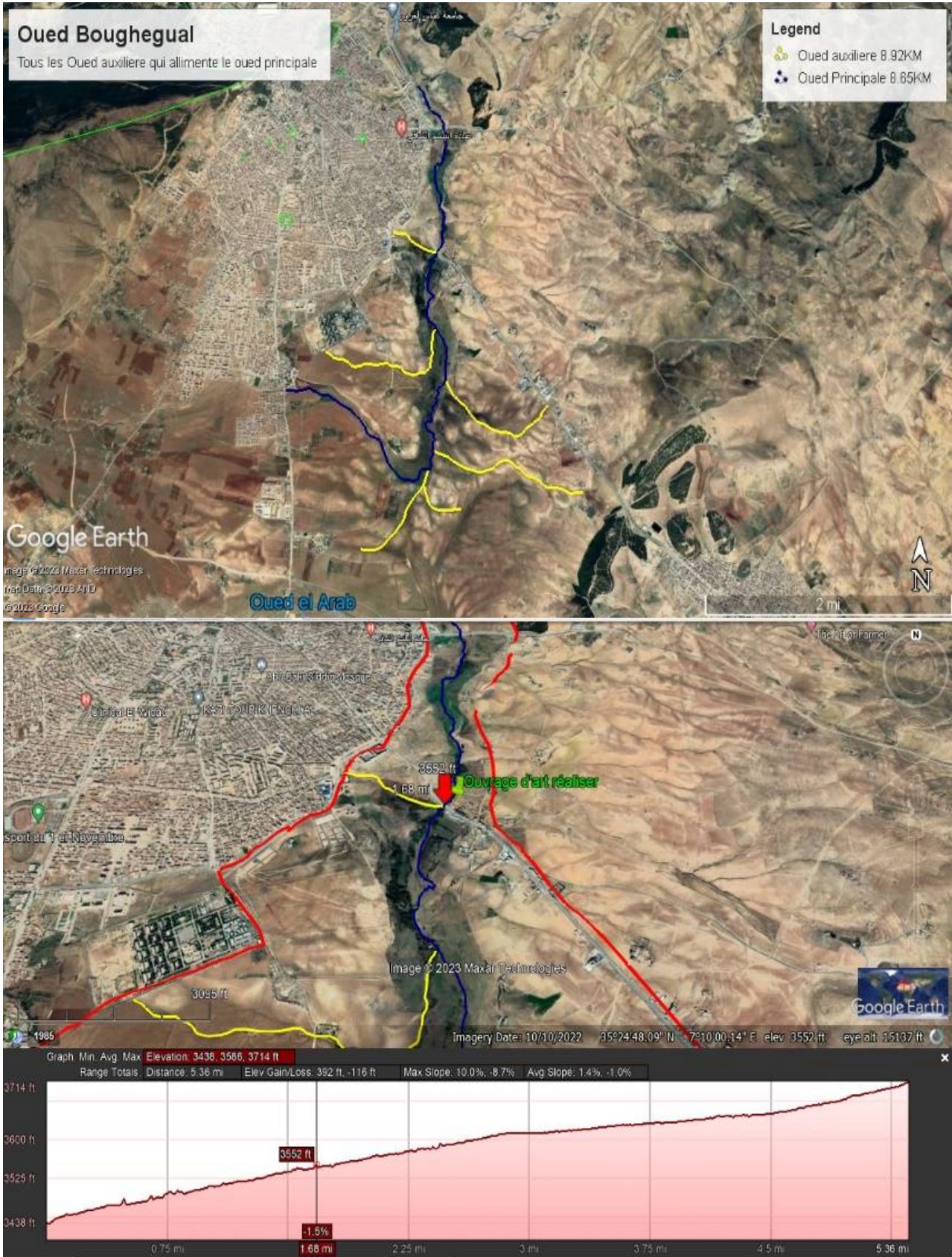


Figure 44 : Le lit de Oued Boughegal principale et les cheminement secondaire.

Chapitre III La méthodologie de conception d'un pont MCP proposé

VI.1.1 Caracteristiques des bassins versants

n° BV	Surface	Long	Cote max	Cote min	DZ	Pente	Cr
	Km ²	Km	m	m	m	m/m	
1	11.000	20.00	1132.03	1050.95	81.08	0.0041	0.400

VI.1.2 Tempts de concentration

n° BV	Surface	Long	Pente	Kirpich	Espagnole	Venture	Tc Moyenne
	Km ²	Km	m/m	Californienne			(mn)
1	11	20.00	0.0041	331.477	209.802	397.454	312.911

VI.1.3 Calcul hydrologique

N°	BV	Long	Pente	Q ₁₀ (MG)	Rationnelle		Q ₁₀ (HZ)	Q ₁₀ (FII)	Q ₁₀ (SOG)	Q ₁₀ (moy)
BV	km ²	km	m/m	m ³ /s	I(mm/h)	Q(m ³ /s)	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	11.000	20	0.00405385	18.68	9.74	11.90	29.14	50.09	18.12	25.59

VI.1.4 DIMENTIONNEMENT DES OUVRAGES

N° OH	Débit calculé m ³ /s	Pont			
		Nb	L	H	Débit Critique m ³ /s
1	25.59	1	16.00	24.00	2821.81

VI.1.5 Calcul PHE

N° du BV	Q Projet	larg, au fond	Larg, surface	PHE
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)
1	25.59	0.5	3.229	1.364

Et d'après le levé topographique on peut calcul l'ouverture du pont passant sur le Oued Boughegal sachant que le point d'entrée et de sortie du Oued est :

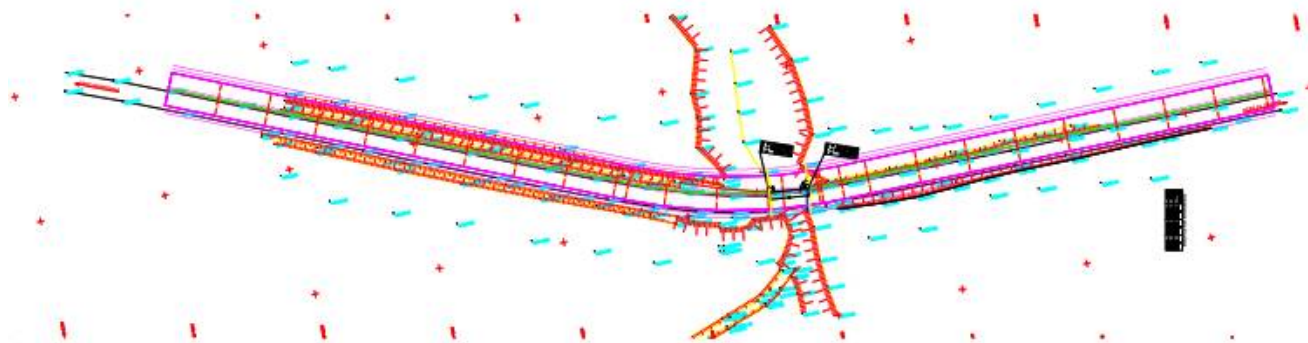


Figure 45 : Le levé topographique du Oued.

Conclusion

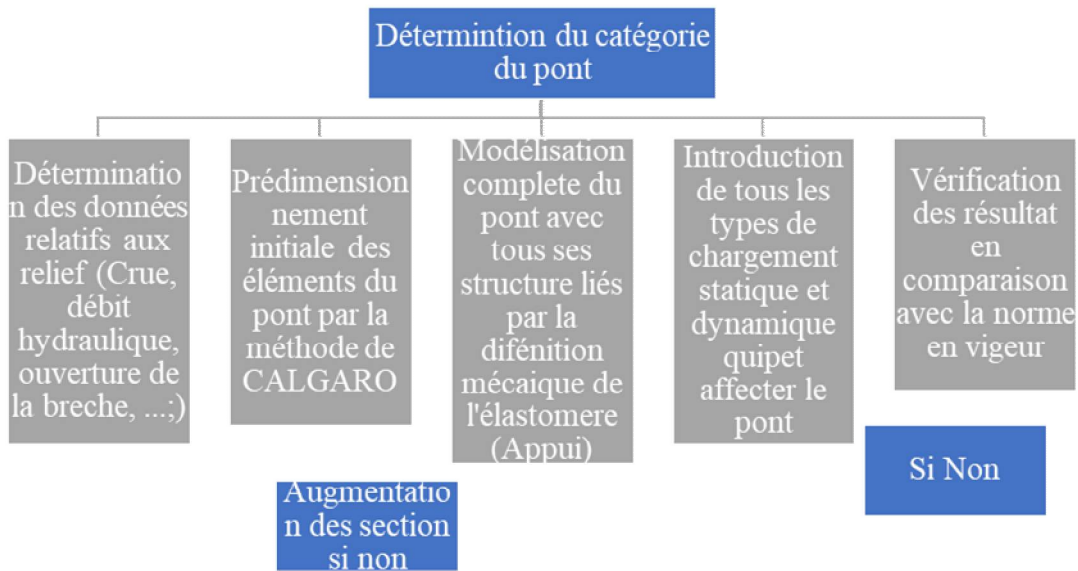
Le PHE calculer = 1.364 m qu'on va prendre 1.5m, plus 1.5m pondération additionnelle on cas de débris sur le Oued lors de la crue.

On comparant l'ouverture calculer et celle proposé dans l'étude faite par la SERO-Est on trouve que ils sont opté pour une ouverture de 2.06 m soit une différence de presque 1m.

Chapitre VI Etude et vérification de la variante réaliser selon la méthode MCP

Introduction

On applique l'organigramme proposé dans le chapitre III de la méthodologie de conception des ponts courants, par un prédimensionnement initial des éléments structurels (Poutre, dalle, voile...), on modélise ensuite la totalité de l'ossature du pont par une modélisation statique et dynamique ensuite pour voir l'effet sismique sur le pont car il ne peut être négligeable avec le mouvement terrestre qui subit le monde ou dernièrement un séisme de 5 à l'échelle de Richter, qui est directement dans l'alignement du sud de la Willaya de Khenchela.



Prédimensionnement

CALGARO a résumé comment calculer les élancements pour chaque type de ponts dans le tableau suivants :

Figure 46 : Elément de dimensionnement des OA courants

Chapitre VI Etude et vérification de la variante réaliser selon la méthode MCP

TYPE	ÉLANCEMENTS	
PSI-BA	1/15 A 1/17	
PRAD	1/20	
PSI-DA	Travée indépendante : 1/22	
	Tablier à deux travées : 1/23	
	Tablier à trois travées et plus : 1/28	
PSI-DP	Travée indépendante : 1/25	
	Tablier à deux travées : 1/28	
	Tablier à trois travées et plus : ☞ 1/33 de la travée centrale, ou ☞ 1/38 de la travée de rive.	
PSI-DE	Travée indépendante : 1/22	
	Tablier à deux travées d'épaisseur constante : 1/25	
	Tablier à deux travées d'épaisseur variable :	
ET	☞ 1/20 sur appui ☞ 1/30 en travée	
	Tablier à trois travées ou plus d'épaisseur constante : 1/30	
	PSI-DN	Tablier à trois travées ou plus d'épaisseur variable : ☞ 1/24 sur appui ☞ 1/42 en travée
TYPE	ÉPAISSEURS	
PIPO	Lorsque l'ouverture passe de 8 m à 20 m : ☞ Traverse : 0,35 à 0,66 m ☞ Piedroits : 0,35 à 0,66 m	
	PICF	Lorsque l'ouverture passe de 5 m à 12 m : ☞ Traverse supérieure : 0,30 à 0,40 m ☞ Traverse inférieure : 0,30 A 0,45 m ☞ Piedroits : 0,30 à 0,36 m

Donc le prédimensionnement sera comme suivant :

Tableau 9 : Les dimensions du pont.

PREDIMENSIONNEMENT	
Largeur du pont	10.500
Dalle	10.400
Nombre des poutres	7
Longeur de la poutre	16
largeur de la chaussée	8

Poutre 20 m	int	rive
poind propre	0.788	0.788
hourdis	0.938	0.906
Rev + Chap	28.512	0.000
Trot	0.000	0.875
Somme	1.725	2.569
Somme Total	276.237	

Largeur de la chaussée (m)	8
nbr voies chargées	2
L (m) =	18
v0 =	3.5
v =	4
Classe	1
a₁ =	1
a₂ =	0.875

La modélisation

Notre approche sera à l'aide du logiciel d'ingénieur Robot Structural Analysis de Autodesk, car il couple entre les normes françaises qui sont largement adopté en Algérie la puissance calcul approximatif des MEF.

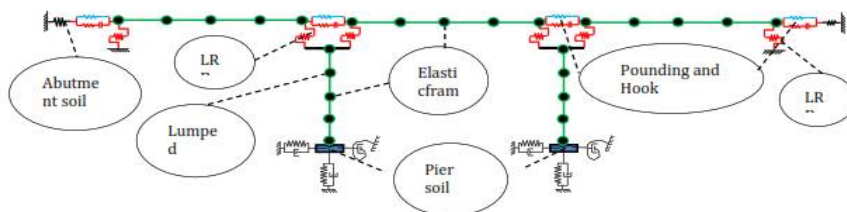


Figure 47 : Schéma explicatif de la modélisation d'un pont intégralement

Chapitre VI Etude et vérification de la variante réaliser selon la méthode MCP

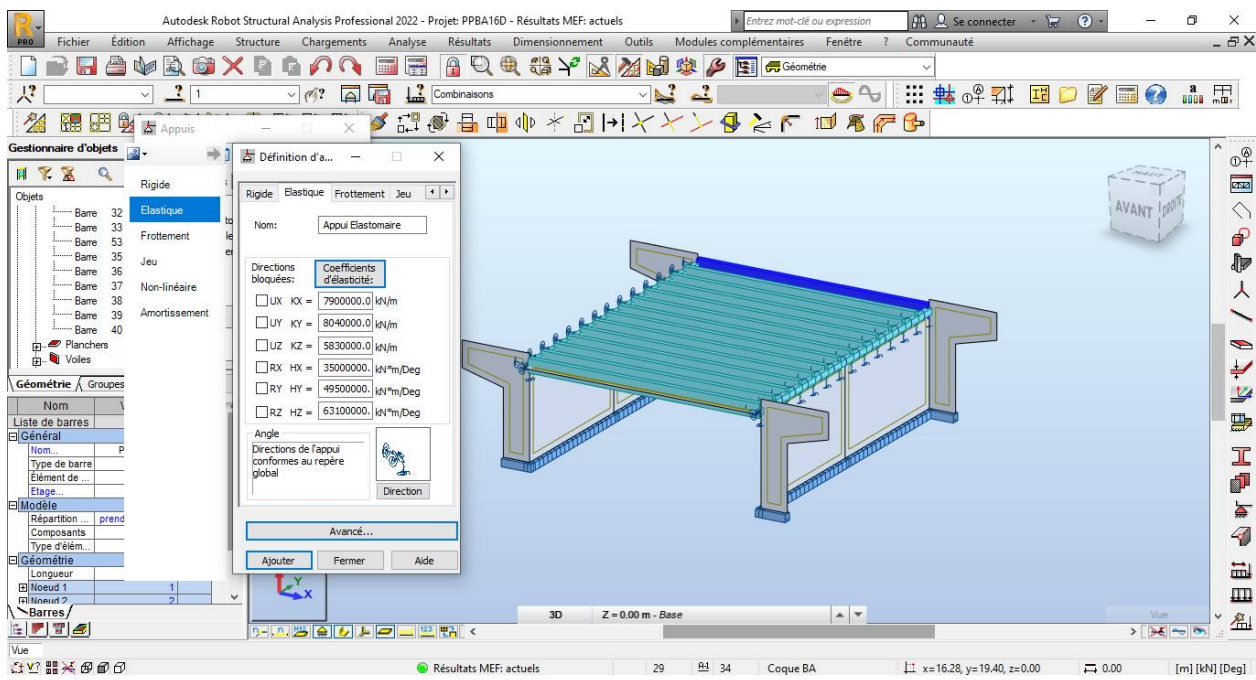
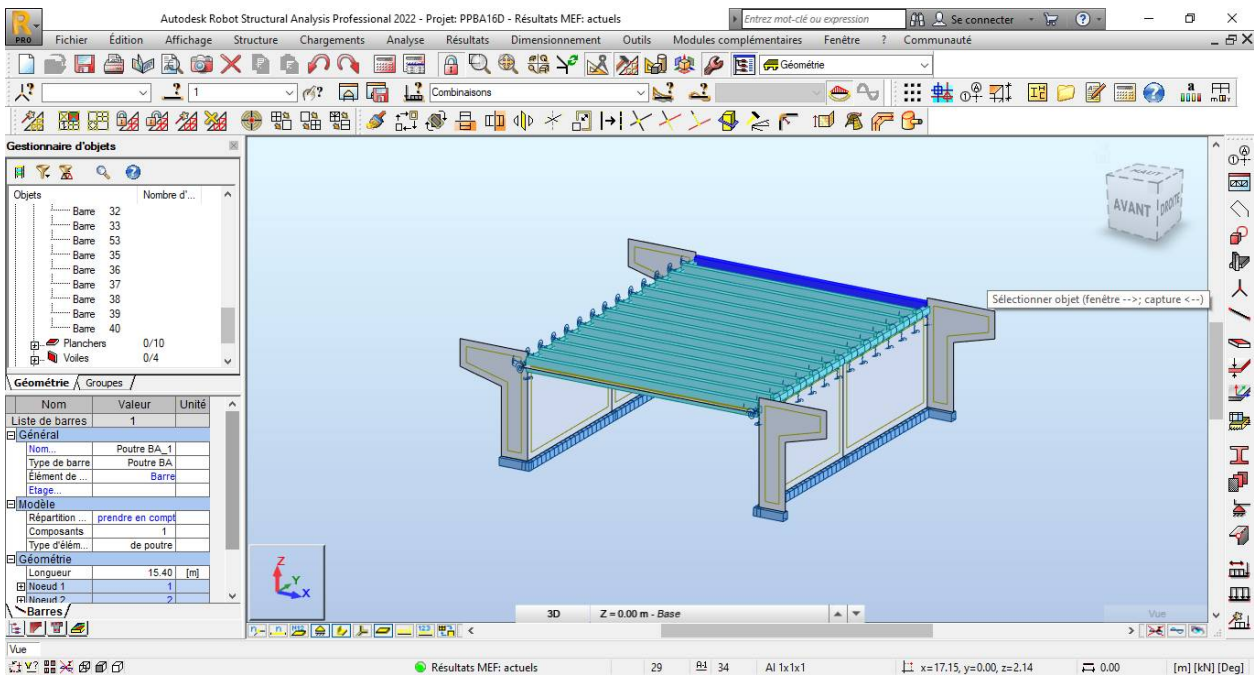
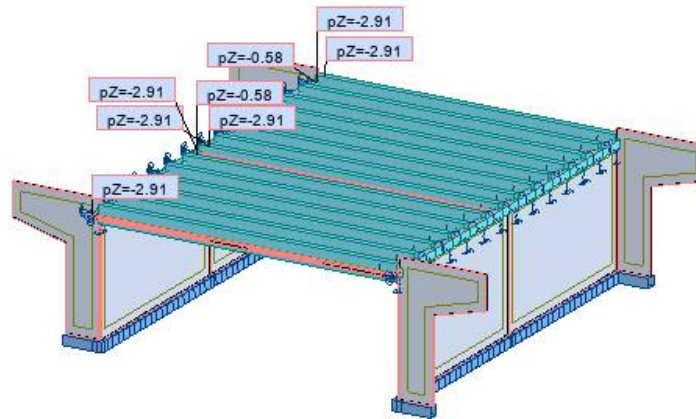


Figure 48 : Modélisation des appuis élastomère comme appui élastique et un encastrement dans l'ancrage au sol

Les charges et surcharges

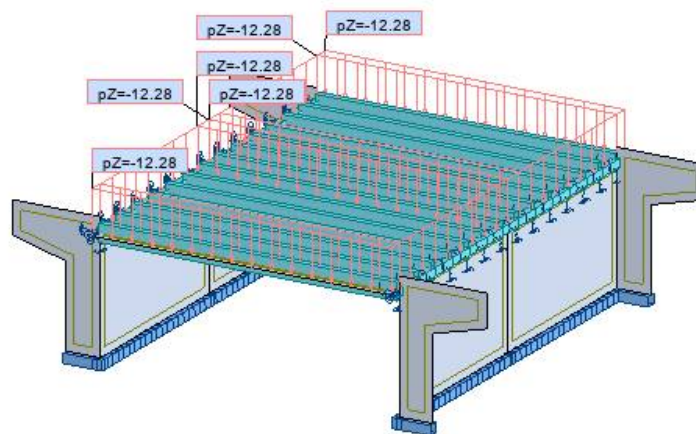
On se basant sur les charges et surcharges que le bureau d'étude a adopté pour validé nos soupçons vis-à-vis le surdimensionnement par la comparaison des résultats obtenue comme nous le virant par la suite.

a) La charge G



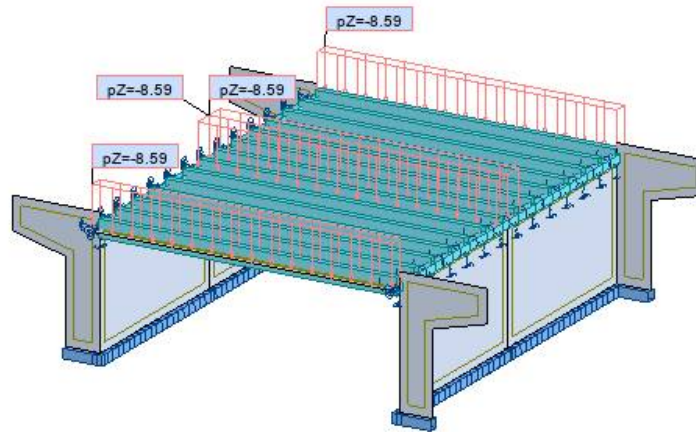
kPa
-PZ kG
Cas: 1 (G)

b) La charge AI



kPa
-PZ kG
Cas: 2 (AI)

c) La charge trottoir



Unité kPa
Cas: 114 (Tr)

d) Les charges roulantes

L'introduction des charges roulantes est automatique car le logiciel est disposé de cette fonctionnalité pour y remède aux problème d'un calcul répétitifs est exhaustif pour tous les cas de chargement roulantes comme le Bc, Br, Mc120, D240, ou un chargement rolat particulier comme les grues mobiles.

e) La charge roulante Bc sur la premier voie

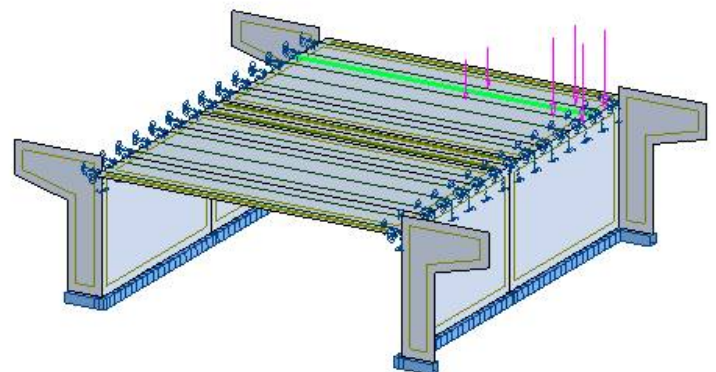
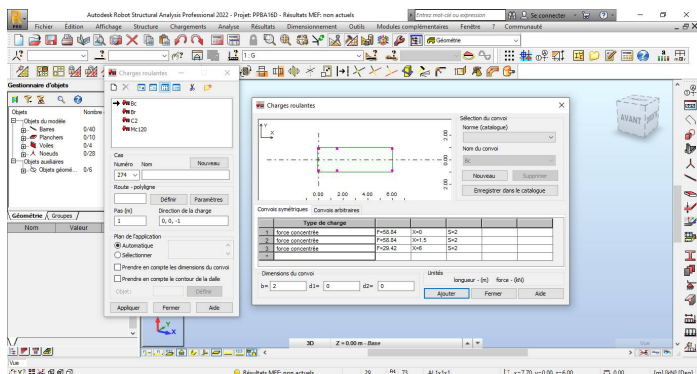
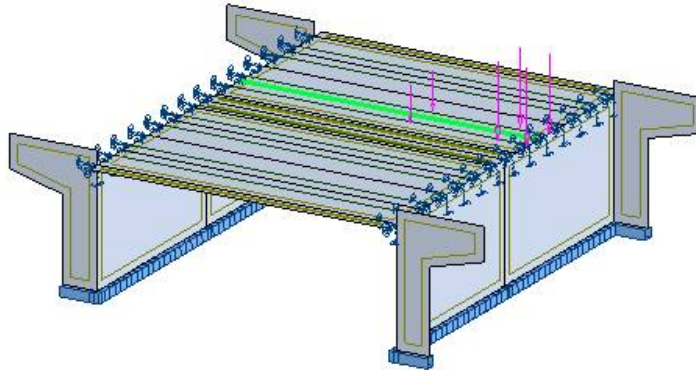


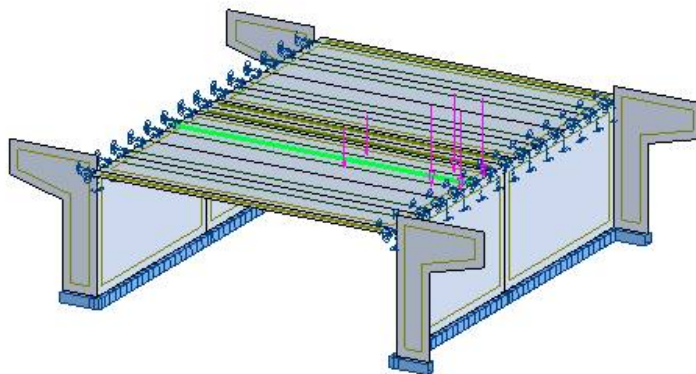
Figure 49 : L'introduction de la charge roulante est automatique le long d'une voie prédéfinie.

f) La charge roulante Bc sur la deuxième voie



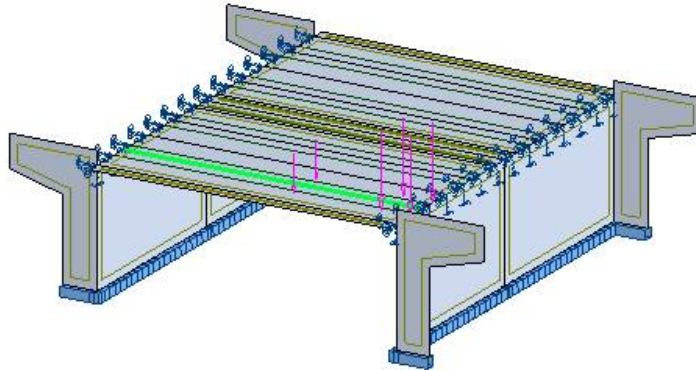
800 kN
Cas: 5 (Bc2) Composante 1/16

g) La charge roulante Bc sur la troisième voie



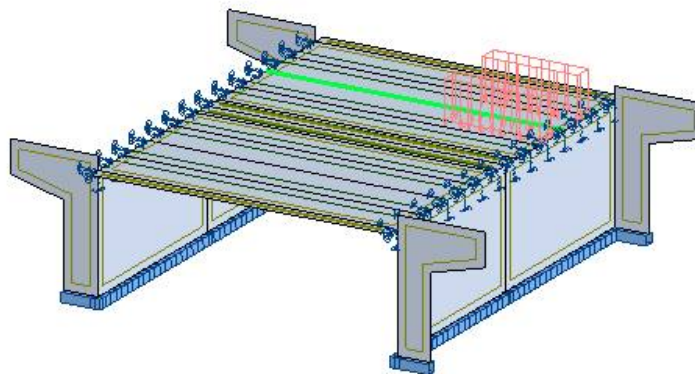
800 kN
Cas: 6 (Bc3) Composante 1/16

h) La charge roulante Bc sur la quatrième voie



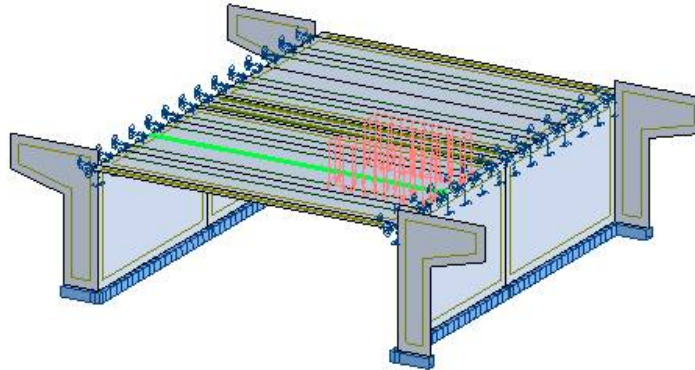
$\theta \Rightarrow$ kN
Cas: 7 (Bc4) Composante 1/16

i) La charge roulante Mc120 sur la première voie



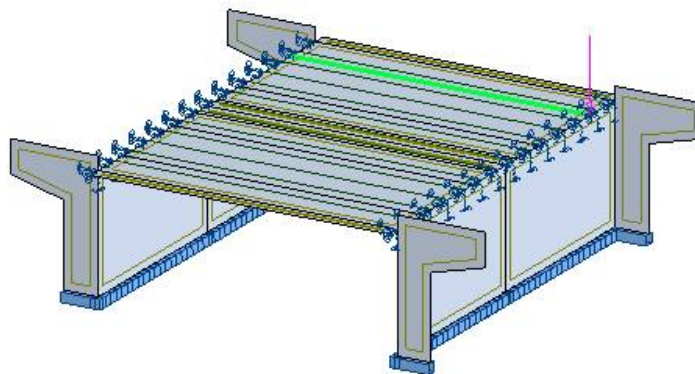
$\theta \Rightarrow$ kN
 $\sigma \Rightarrow$ kPa
Cas: 4 (Mc120a) Composante 1/16

j) La charge roulante Mc120 sur la deuxième voie



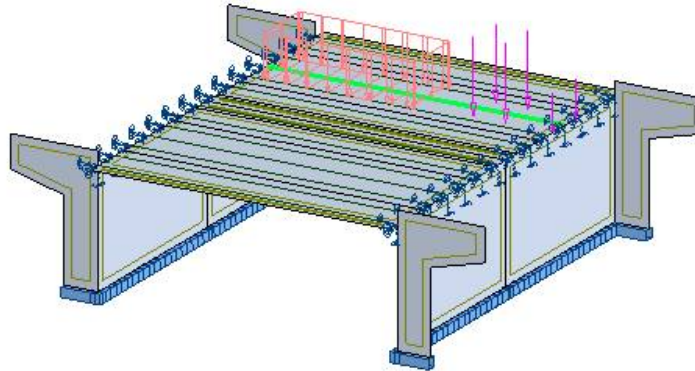
800 kN
800 kPa
Cas: 16 (Mc120b) Composante 1/16

k) La charge roulante Br sur la première, deuxième, troisième et quatrième voie



800 kN
Cas: 8 (Br1) Composante 1/16

a) La charge roulante D240 sur la première et deuxième voie



800 kN
400 kPa
Cas: 19 (E1) Composante 1/16

Les charges sismiques

La sollicitation sismique a été introduite comme des forces spectrales en suivant le RPOA on reconsidère la zone sismique de Khenchela comme une zone de moyenne sismicité pour l'argument qu'auna fait dans le chapitre précédent.

Le RPOA dicte que pour un nouveau pont le calcul au séisme se fait par des spectre horizontal et vertical à l'état limite élastique.

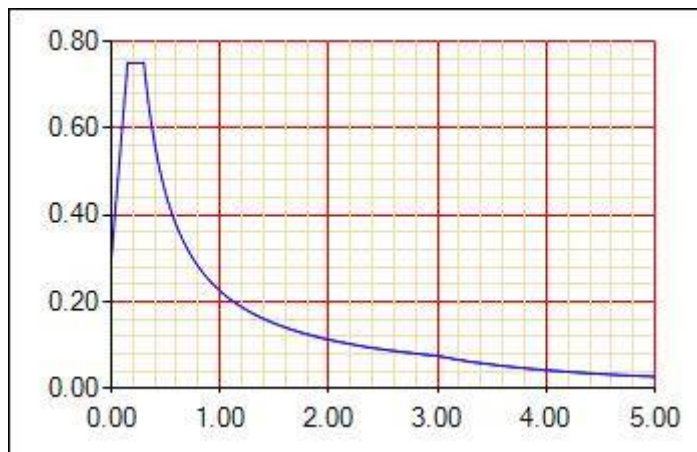


Figure 50 : Spectre horizontale pour S3, pont stratégique.

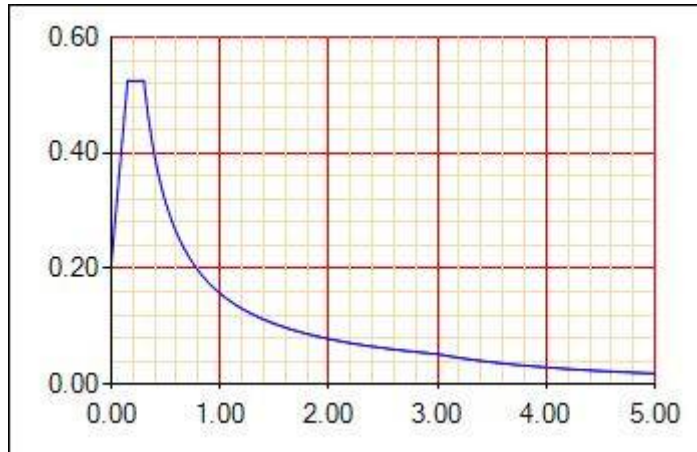


Figure 51 : Spectre vertical pour S3, pont stratégique.

Les combinaisons

Tous les combinaisons sont résumé dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Les combinaisons générer pour le calcul.

N°	Combinaisons
1	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times Mc120a$
2	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times Mc120b$
3	$1.35 \times G + 1.35 \times E1$
4	$1.35 \times G + 1.35 \times E2$
5	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times (Al+Tr)$
6	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times (Bc1+Tr)$
7	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times (Bc2+Tr)$
8	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times (Bc3+Tr)$
9	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times (Bc4+Tr)$
10	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times (Br1+Tr)$
11	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times (Br2+Tr)$
12	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times (Br3+Tr)$
13	$1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times (Br4+Tr)$
14	$1 \times G + 1 \times 1.20 \times (Al+Tr)$
15	$1 \times G + 1 \times 1.20 \times (Bc1+Tr)$
16	$1 \times G + 1 \times 1.20 \times (Bc2+Tr)$
17	$1 \times G + 1 \times 1.20 \times (Bc4+Tr)$
18	$1 \times G + 1 \times 1.20 \times (Br1+Tr)$
19	$1 \times G + 1 \times 1.20 \times (Br2+Tr)$
20	$1 \times G + 1 \times 1.20 \times (Br3+Tr)$

Chapitre VI Etude et vérification de la variante réaliser selon la méthode MCP

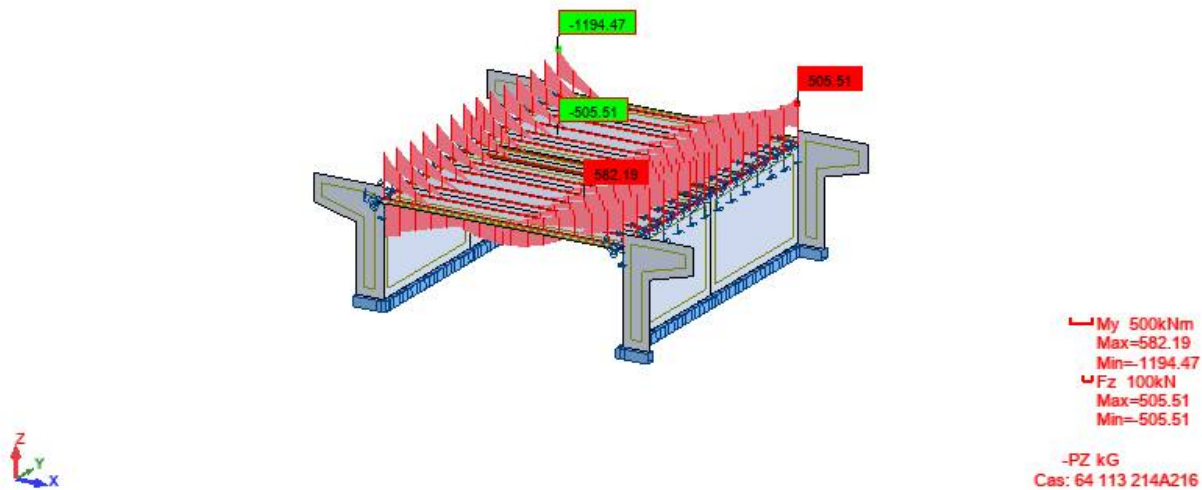
21	$1 \times G + 1 \times 1.20 \times (Br4 + Tr)$
22	$1 \times G + 1 \times 1.20 \times Mc120a$
23	$1 \times G + 1 \times 1.20 \times Mc120b$
24	$1 \times G + 1 \times E1$
25	$1 \times G + 1 \times E2$
26	$G + (Ex + 0.3Ey + 0.3Ez) + 0.2(AI + Tr)$
27	$G + (Ey + 0.3Ex + 0.3Ez) + 0.2(AI + Tr)$
28	$G + (Ez + 0.3Ex + 0.3Ey) + 0.2(AI + Tr)$
29	$G + (Ex + 0.3Ey + 0.3Ez) + 0.2(Bc + tr)$
30	$G + (Ey + 0.3Ex + 0.3Ez) + 0.2(Bc + Tr)$
31	$G + (Ez + 0.3Ex + 0.3Ey) + 0.2(Bc + Tr)$
32	$G + (Ex + 0.3Ey + 0.3Ez) + 0.2Mc120a$
33	$G + (Ex + 0.3Ey + 0.3Ez) + 0.2Mc120b$
34	$G + (Ey + 0.3Ex + 0.3Ez) + 0.2Mc120a$
35	$G + (Ex + 0.3Ey + 0.3Ez) + 0.2Mc120b$
36	$G + (Ez + 0.3Ex + 0.3Ey) + 0.2Mc120a$
37	$G + (Ez + 0.3Ex + 0.3Ey) + 0.2Mc120b$
38	$G + (Ex + 0.3Ey + 0.3Ez) + 0.2D240$
39	$G + (Ex + 0.3Ey + 0.3Ez) + 0.2D240$
40	$G + (Ey + 0.3Ex + 0.3Ez) + 0.2D240$
41	$G + (Ey + 0.3Ex + 0.3Ez) + 0.2D240$
42	$G + (Ez + 0.3Ex + 0.3Ey) + 0.2D240$
43	$G + (Ez + 0.3Ex + 0.3Ey) + 0.2D240$

Chapitre V Résultats, comparaison et discussion

I. Résultats de la modélisation et calcul

Dans ce chapitre on va faire une comparaison brève en termes de moment fléchissant, effort tranchant, déformation, déplacement et éventuellement le ferrailage, ainsi les réactions totales des appuis et les réactions résiduelles élastiques et encastrement, avec un aperçu sur les résultats modale du séisme dans la direction XX/YY/ZZ du séisme, avec un échantillon des lignes d'influences pour la poutre la plus sollicitée que peut le logiciel calculer sans avoir à résoudre aux abaques comme le cas du PA78.

I.1 Moment fléchissant et effort tranchant



Le moment fléchissant à titre d'exemple dans le calcul fait par le bureau d'étude SERO-Est est de :

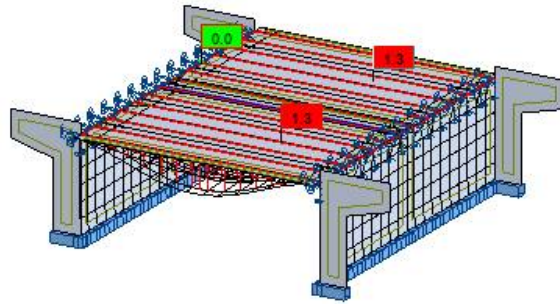
$$M_{ult} (t.m) = 46.049$$

Et pour notre cas est de :

$$M_{ELU} = 12 t.m$$

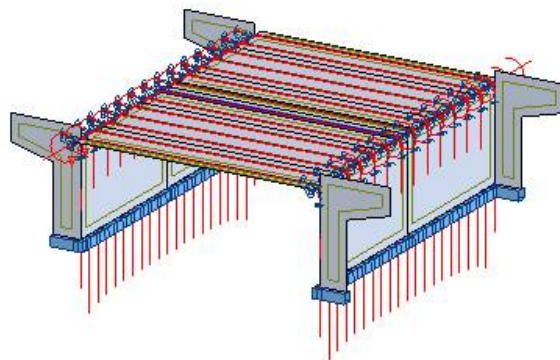
Une différence de plus de 70%, ce qui confirme notre soupçon dès le début sur le surdimensionnement.

I.2 Déplacement et flèches des poutres



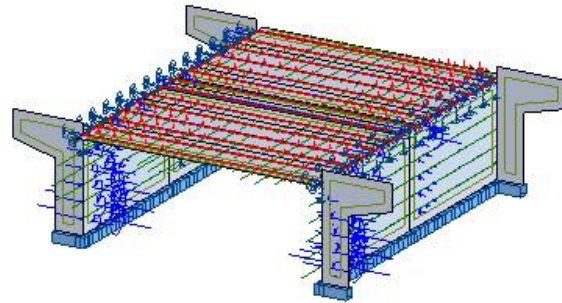
↳ Dép 0.5cm
Max=1.3
-PZ kG
Cas: 64 113 214A216

I.3 Réaction total des appuis élastique et encastrement



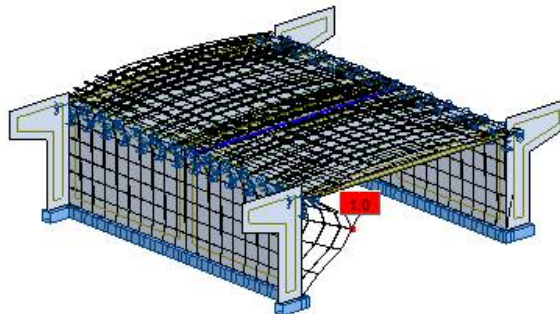
— RM kNm
— RF kN
-PZ kG
Cas: 64 113 214A216

I.4 Réaction résiduelle des appuis élastique et encastrement



RsM kNm
RsF kN
-PZ kG
Cas: 64 113 214A216

I.5 Déplacement modales



Fréquence: 48.83 (Hz)
Cas: 208 (Modale)

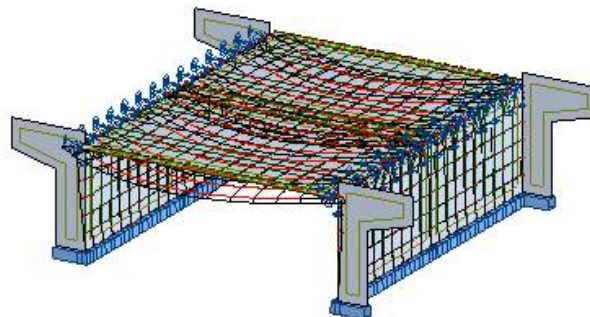
I.6 Résultats modale du séisme dans la direction XX/YY/ZZ du séisme

Comme les résultats montrent une symétrie dans le comportement du pont dans les deux directions horizontales on va montrer les résultats d'une direction, nous prenons le sens XX pour les quatre premiers modes, or l'effet du séisme dans le sens vertical est *nulle* parce que nous avons pris un encastrement pour le cas de l'encrage de l'ouvrage.

Tableau 11 : Résultats de l'analyse modale(sismique)

N°	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]	Tot.mas.U X [kg]
1	48.83	0.02	0.00	40.80	0.0	0.00	40.80	0.0	917565.30
2	71.49	0.01	89.18	40.80	0.0	89.18	0.00	0.0	917565.30
3	75.70	0.01	89.18	40.80	0.0	0.00	0.00	0.0	917565.30
4	75.80	0.01	90.13	40.80	0.0	0.94	0.00	0.0	917565.30
5	78.44	0.01	90.13	40.82	0.0	0.00	0.02	0.0	917565.30
6	80.46	0.01	90.13	40.90	0.0	0.00	0.08	0.0	917565.30
7	83.89	0.01	90.26	40.90	0.0	0.14	0.00	0.0	917565.30
8	86.18	0.01	90.26	40.90	0.0	0.00	0.00	0.0	917565.30
9	92.73	0.01	91.36	40.90	0.0	1.10	0.00	0.0	917565.30
10	93.74	0.01	91.44	40.90	0.0	0.08	0.00	0.0	917565.30

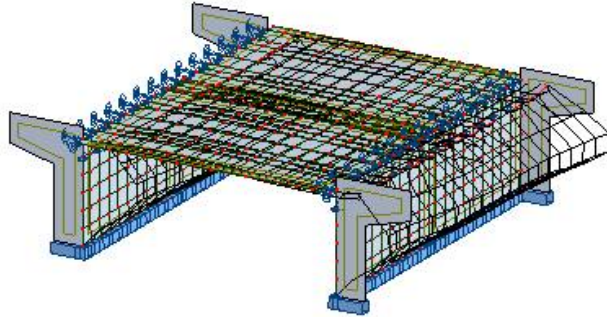
Mode 1



↳ Dép 1.e-009cm
Max=0.0

Cas: 209 (CSH X)

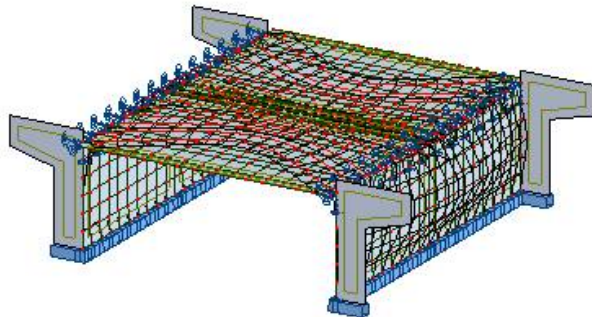
Mode 2



↳ Dép 5.e-005cm
Max=0.0

Cas: 209 (CSH X)

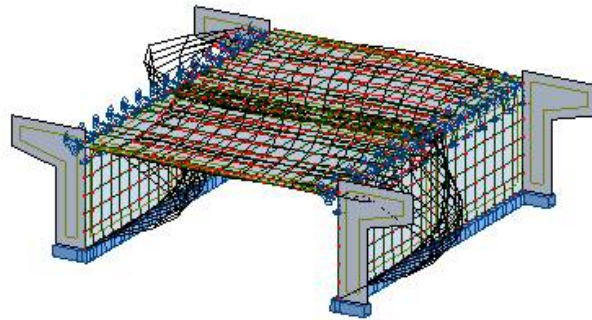
Mode 3



↳ Dép 1.e-009cm
Max=0.0

Cas: 209 (CSH X)

Mode 4

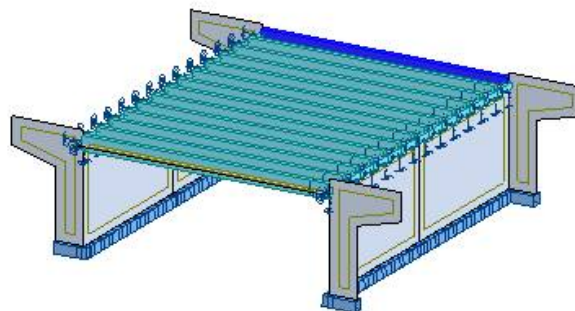


↳ Dép 5.e-006cm
Max=0.0

Cas: 209 (CSH X)

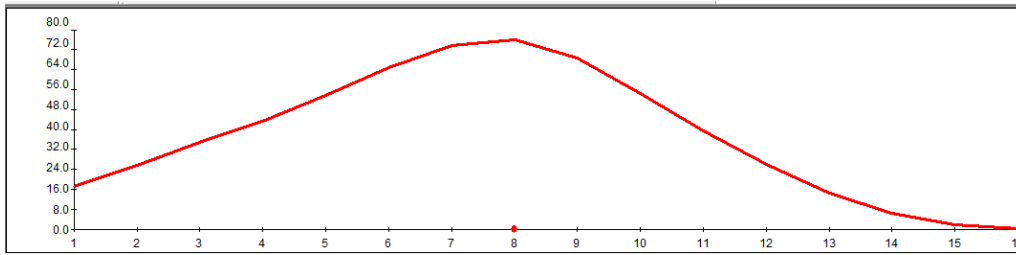
I.7 Les lignes d'influences

Nous prendre le cas le plus sollicité pour les cas des poutres ou on a trouvé le poutre N°1 coloré en blue est la plus sollicité, et on va voir les lignes d'influence pour un type de chargement roulants comme exemple on a modéliser.

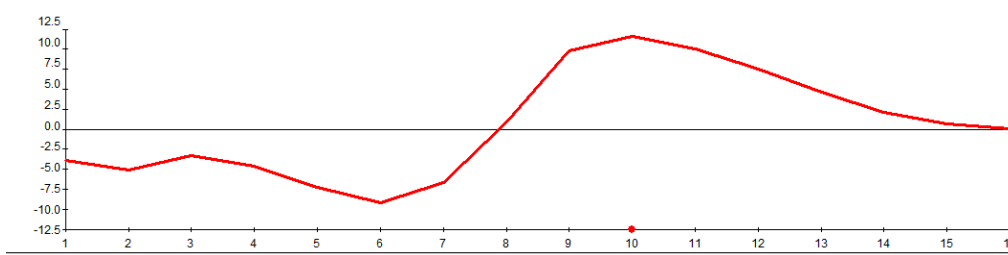


I.7.1 Ligne d'influence Bc

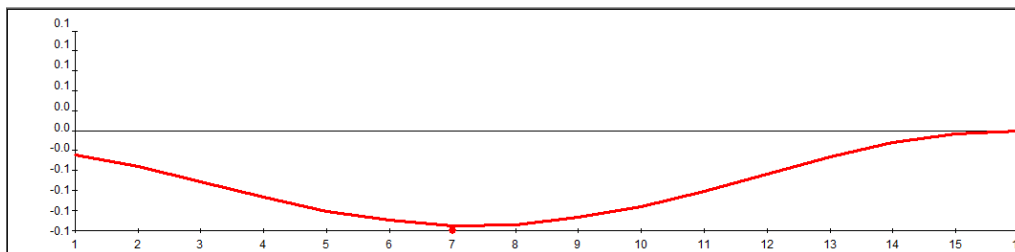
Moment fléchissant



Effort tranchant



Déplacement

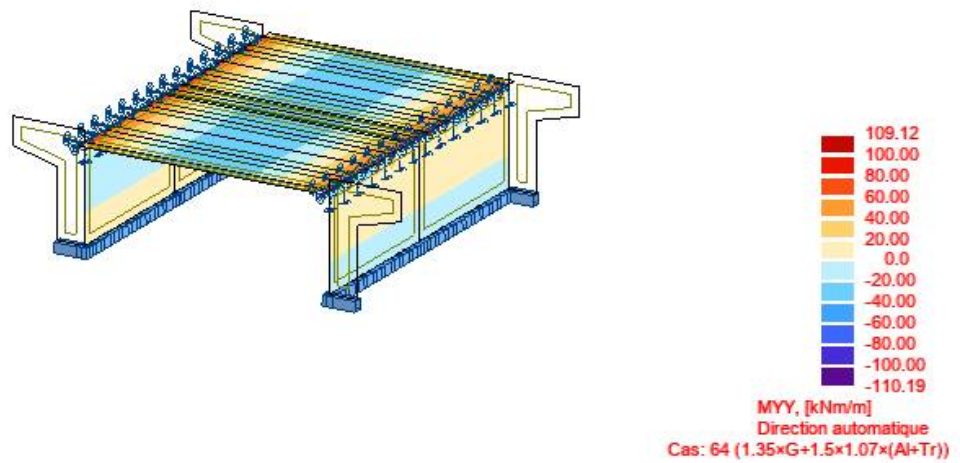


I.7 Cartographie de la dalle et des voiles de la culée

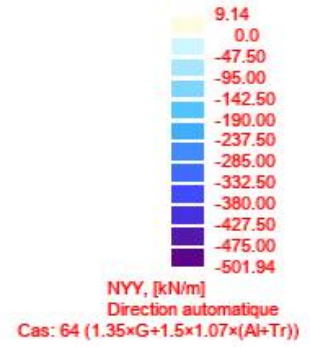
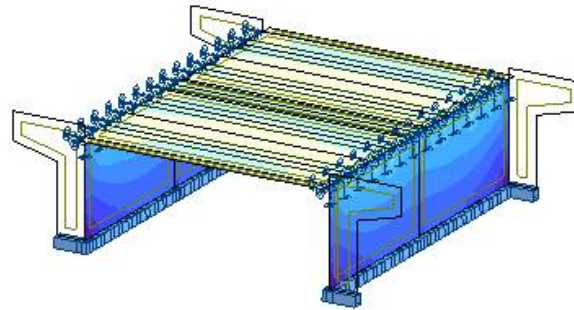
Les résultats affichés est pour un exemple (Poids propre G) et pour le cas le plus sollicité, avec un aperçu sur l'effet de la charge roulante.(Ex. Mc120)

Poids propre G

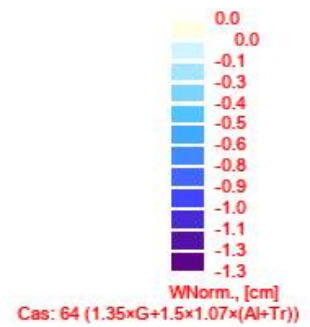
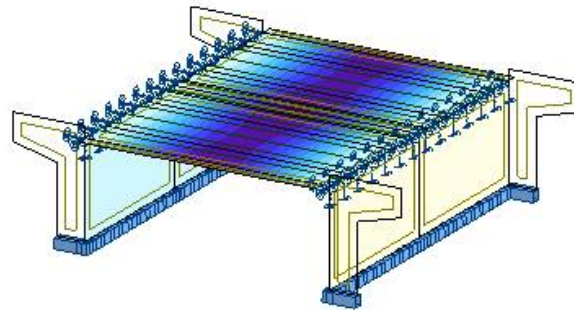
Moment fléchissant



Effort tranchant

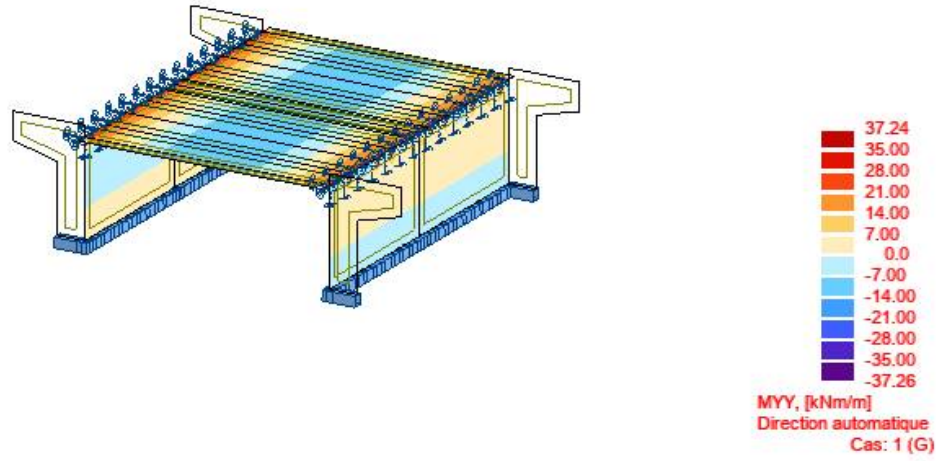


Déplacement

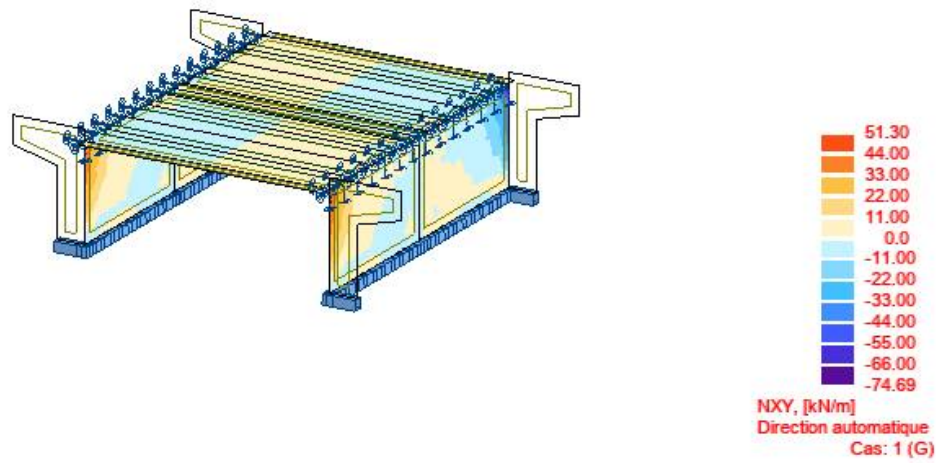


Le cas le plus défavorable ($1.35 \times G + 1.5 \times 1.07 \times (Al + Tr)$)

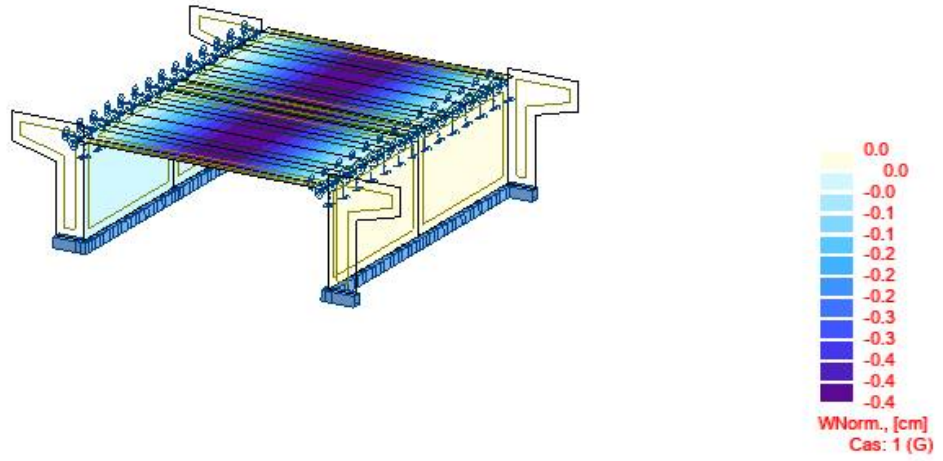
Moment fléchissant



Effort tranchant

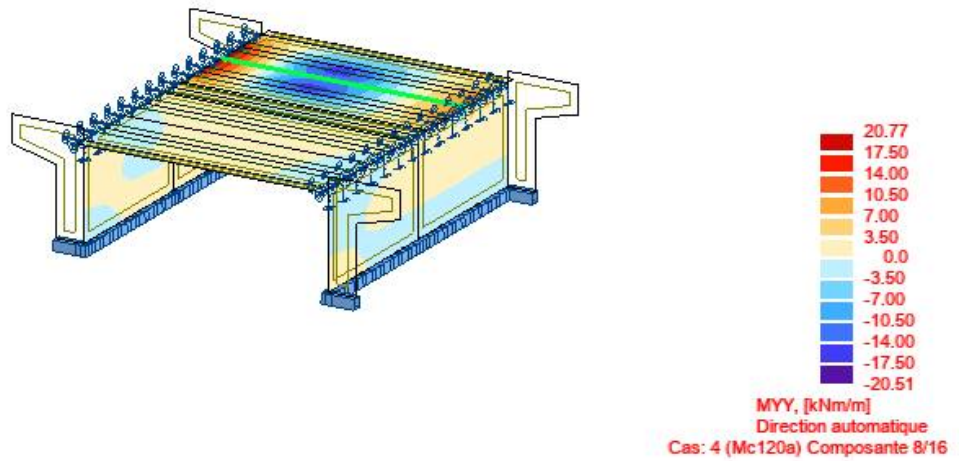


Déplacement

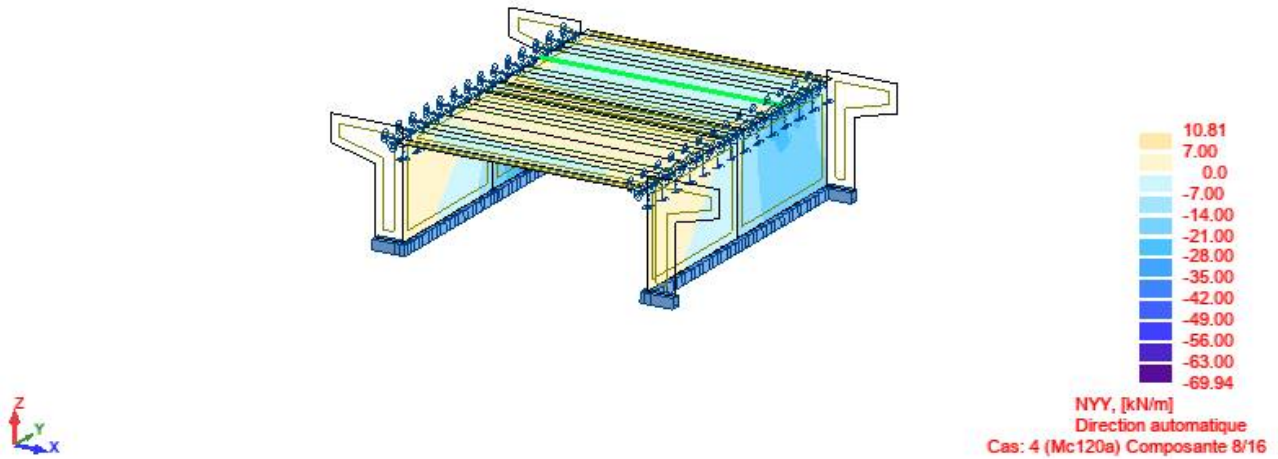


Mc120

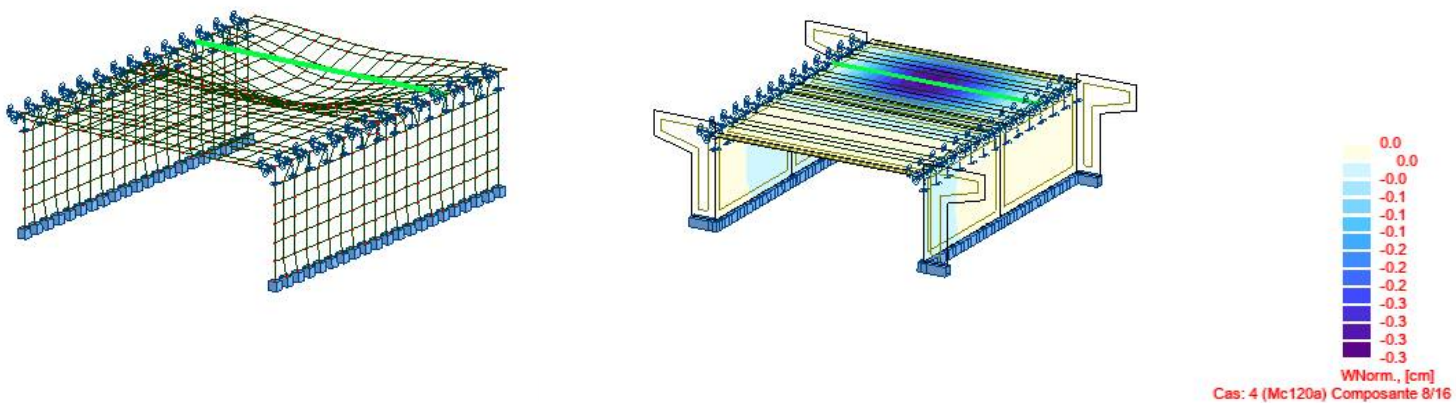
Moment fléchissant



Effort tranchant



Déplacement

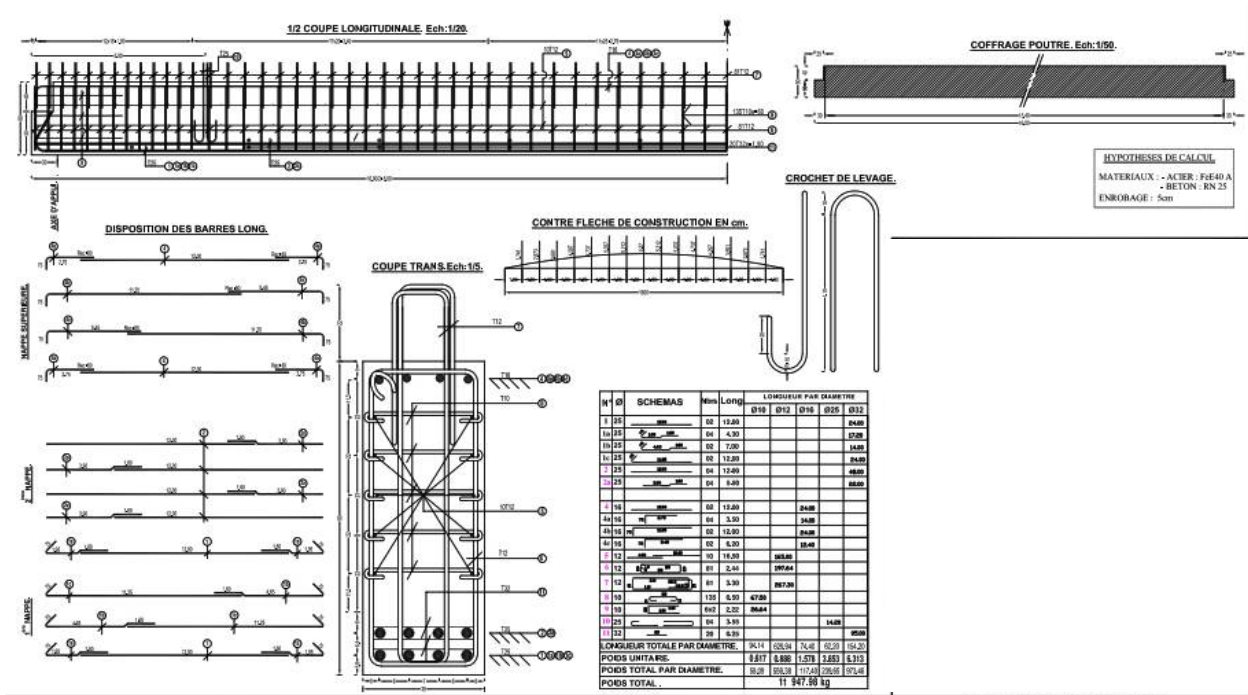


II. Ferrailage des poutres, de la dalle, et des voiles de la culé

II. 1 Le ferrailage de la poutre

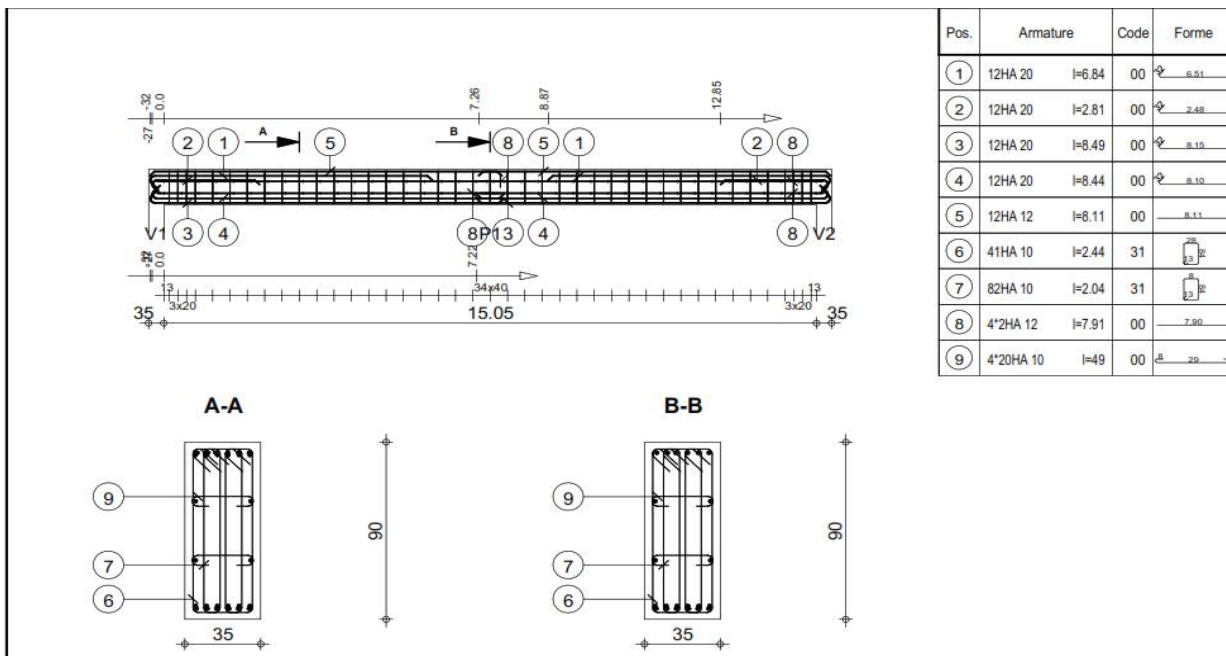
II. 1 .1Le ferrailage fait par l'étude réaliser

Le calcul du ferrailage est principalement par des $\Phi 32$ renforcement par des $\Phi 25$.



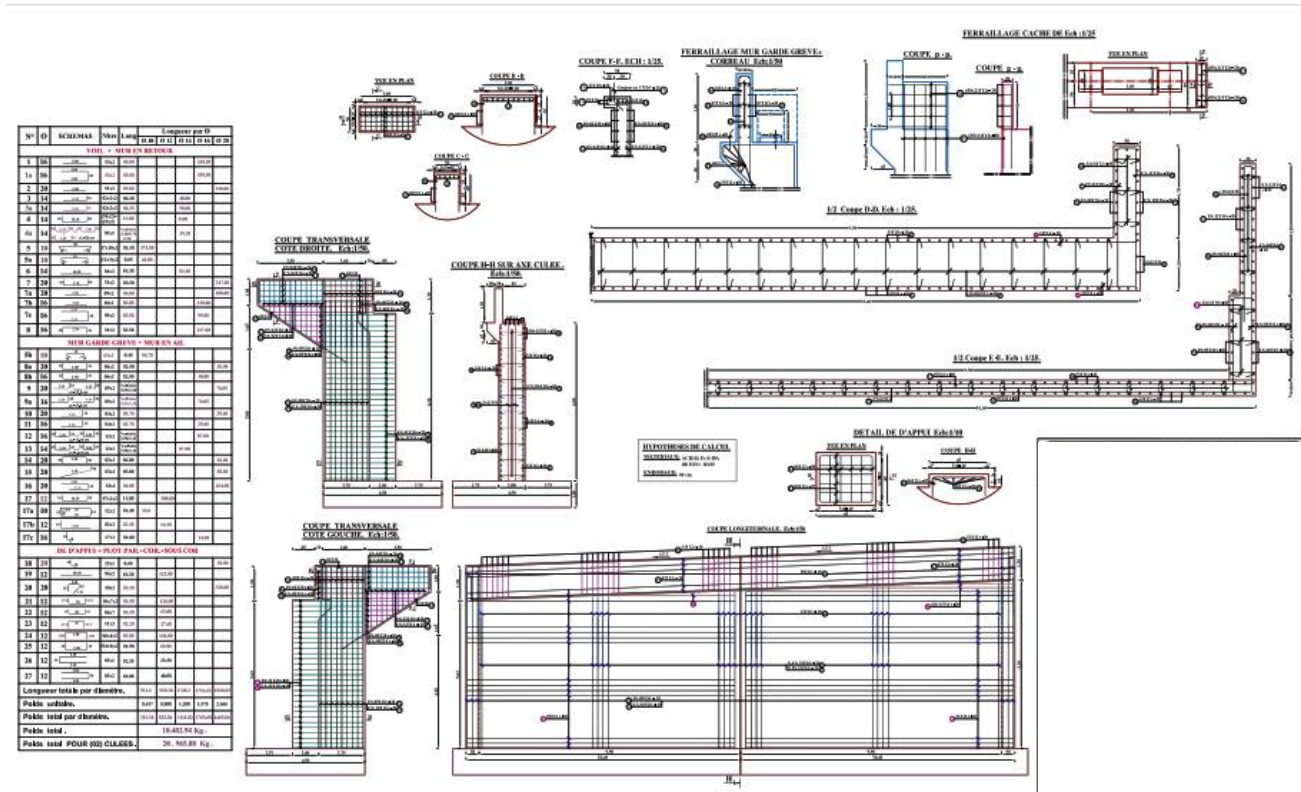
II. 1.2 Le ferrailage de la poutre fait par notre approche

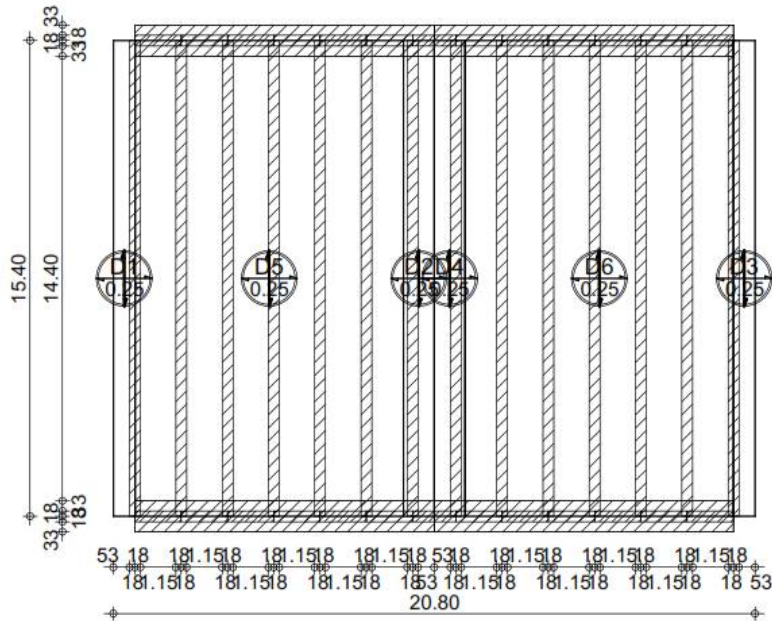
Le calcul du ferrailage suivant notre approche est principalement par des $\Phi 20$ renforcement par des $\Phi 16$.



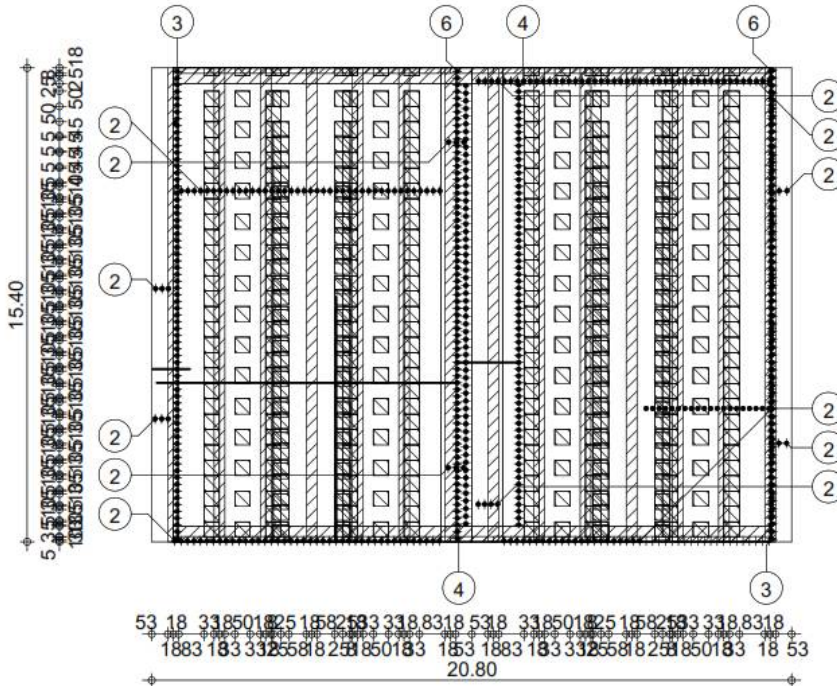
II. 2 Le ferrailage de la dalle et des voiles de la culés

II. 2 .1Le ferrailage de la dalle et des voiles de la culés fait par l'étude réaliser

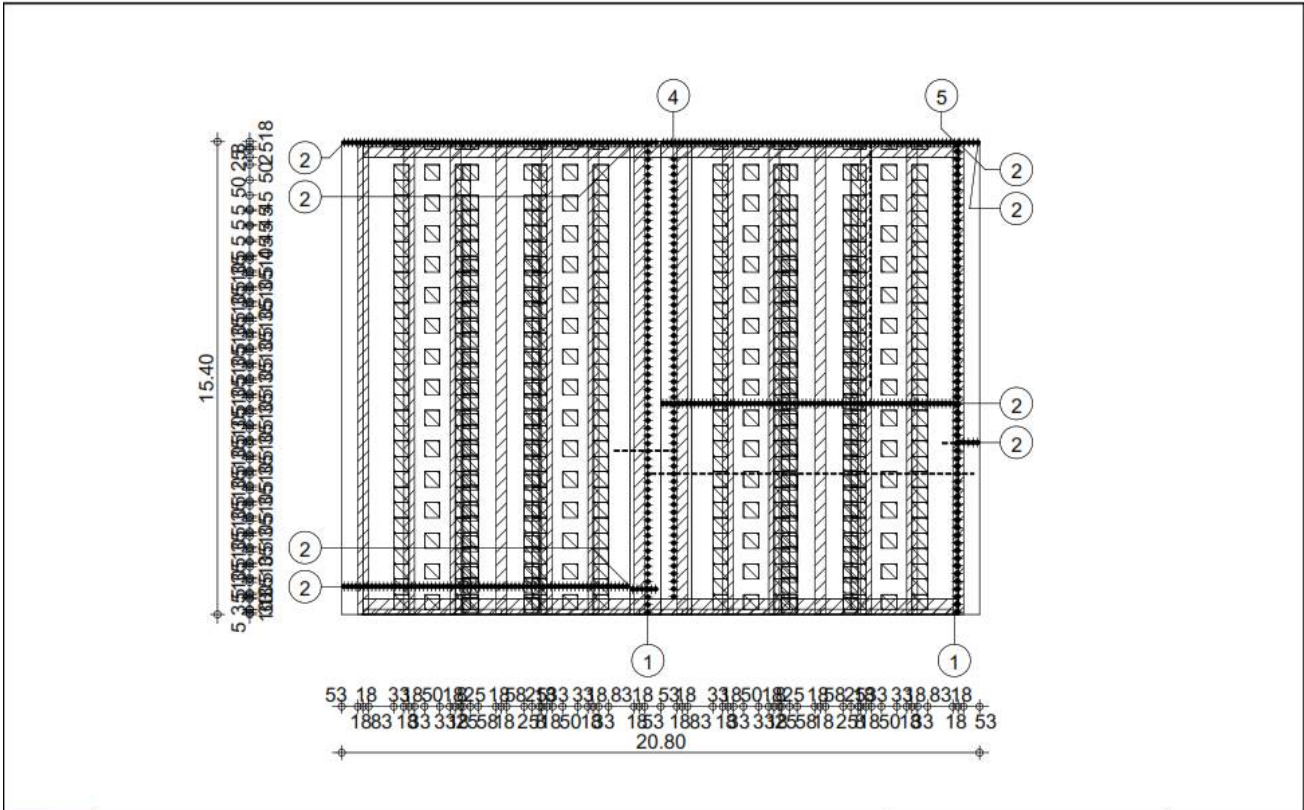




R PRO	Niveau	Niveau +6.00	Tél.	Fax	Béton : BETON = 80.1 m3	Enrobage supérieur = 3 cm
	Sujet:	PPBA16D	Elément: Dalle50...57		Surface du coffrage = 320 m2	inférieur = 3 cm
			Dessin: COFFRAGE DE LA DALLE		Echelle : 1/150	Date : 16/06/23
						Page 1/4



R PRO	Niveau	Niveau +6.00	Tél.	Fax	Béton : BETON = 80.1 m3	Enrobage supérieur = 3 cm
	Sujet:	PPBA16D	Elément: Dalle50...57		Ferrailage : HA 500 = 6510 kg	inférieur = 3 cm
			Dessin: FERRAILLAGE INFÉRIEUR		Echelle : 1/150	Date : 16/06/23
						Page 2/4



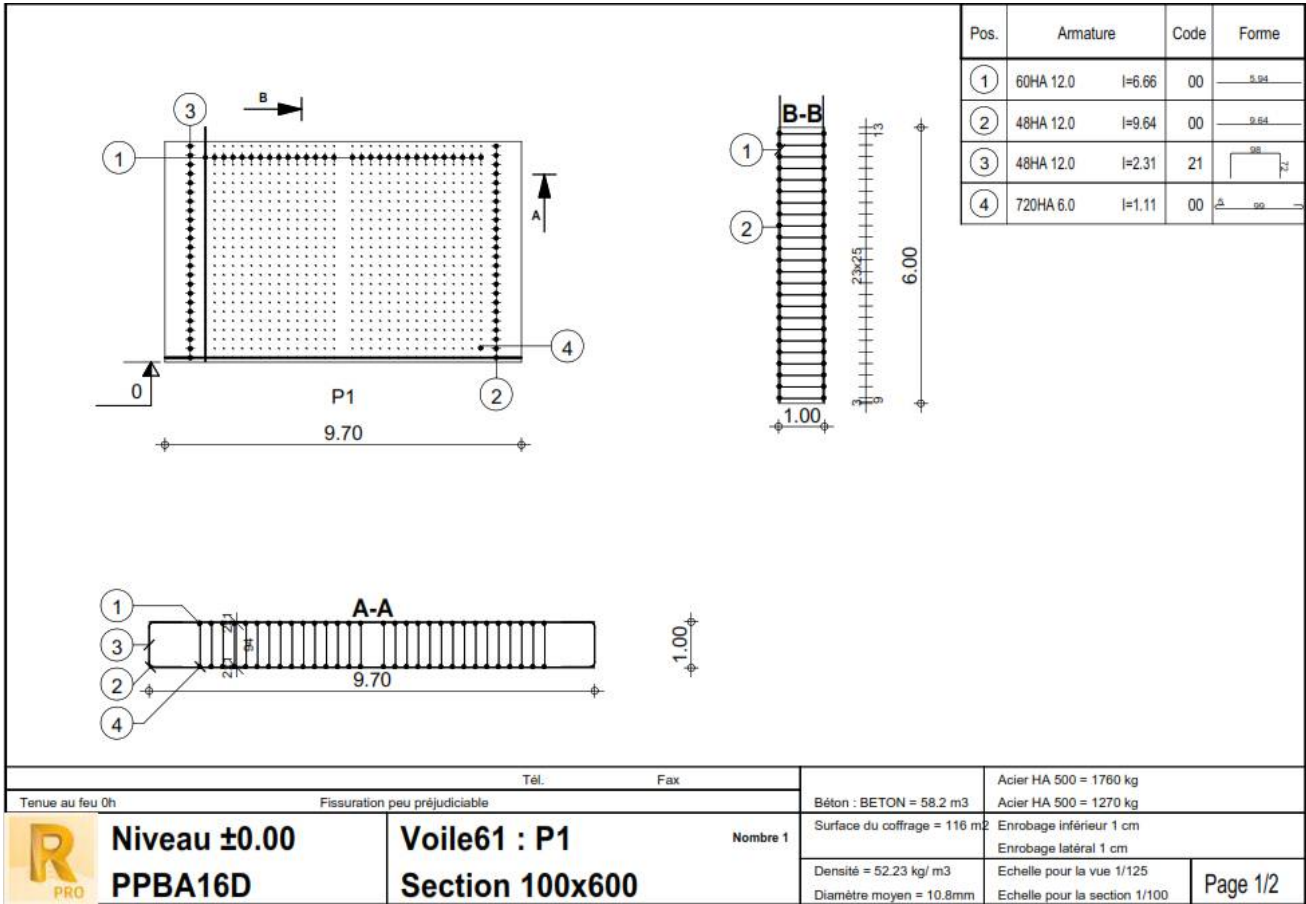
R PRO	Niveau	Niveau +6.00	Tél.	Fax	Béton : BETON = 80.1 m3	Enrobage supérieur = 3 cm
	Sujet:	PPBA16D	Elément: Dalle50...57		Ferrailage : HA 500 = 6510 kg	inférieur = 3 cm
			Dessin: FERRAILAGE SUPERIEUF		Echelle : 1/150	Date : 16/06/23
					Page 3/4	

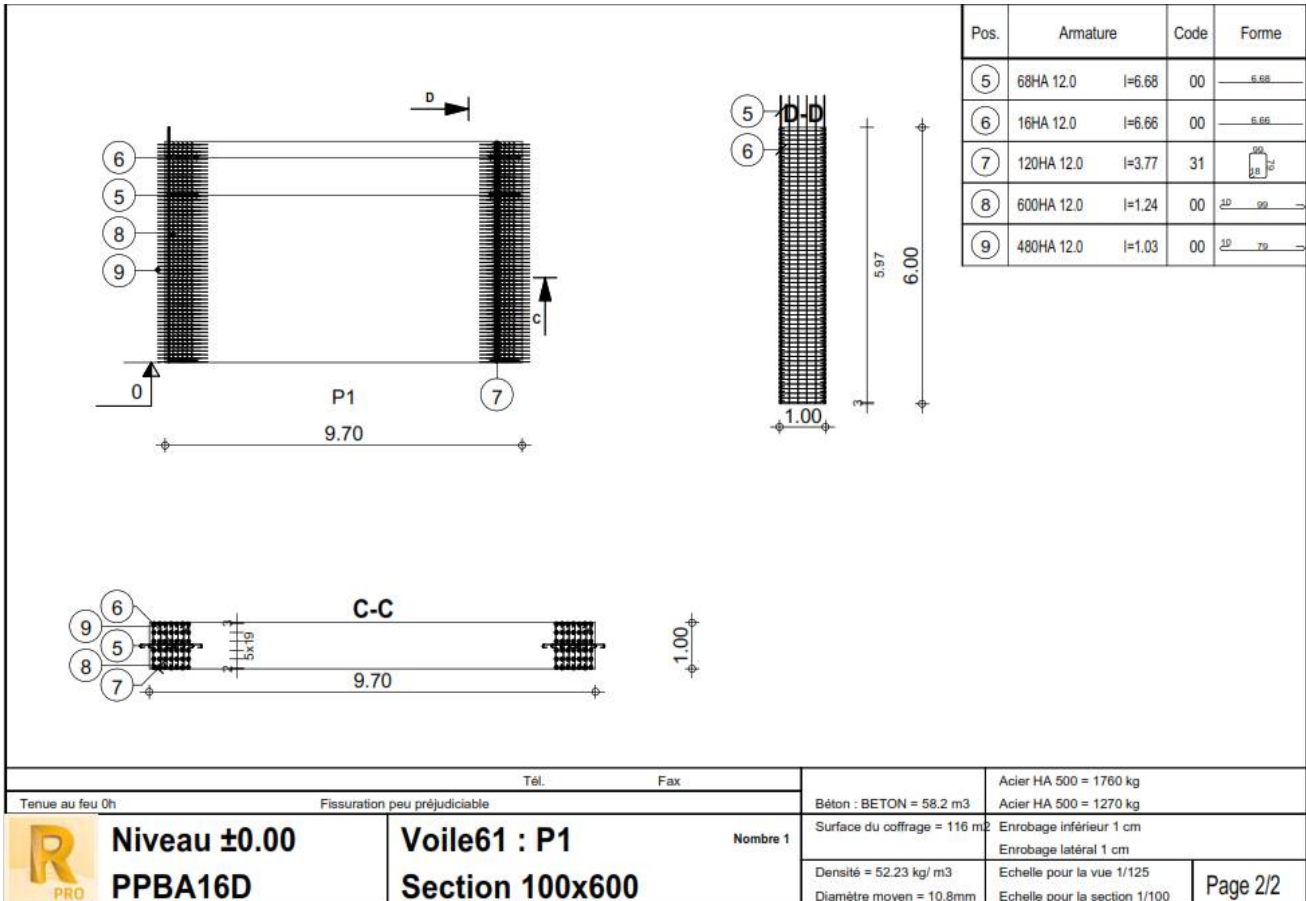
Pos.	Armature	Code	Forme
①	124HA 12.0	l=10.56	00
②	510HA 12.0	l=7.93	00
③	132HA 12.0	l=1.20	00
④	182HA 12.0	l=2.06	00
⑤	62HA 12.0	l=1.20	00
⑥	140HA 12.0	l=9.76	00

R PRO	Niveau	Niveau +6.00	Tél.	Fax	Béton : BETON = 80.1 m3	Enrobage supérieur = 3 cm
	Sujet:	PPBA16D	Elément: Dalle50...57		Ferrailage : HA 500 = 6510 kg	inférieur = 3 cm
			Dessin: NOMENCLATURE		Date : 16/06/23	Page 4/4

II. 2.2.1 Les voiles de la culés

Le calcul du ferrailage suivant notre approche est principalement par des $\Phi 12$ renforcement par des $\Phi 12$, au contraire aux résultats obtenue pour le pont réaliser, qui est ferrailé avec des $\Phi 20$ er renforcer par de $\Phi 16$,





Tél.		Fax	
Tenue au feu 0h	Fissuration peu préjudiciable	Béton : BETON = 58.2 m3	Acier HA 500 = 1760 kg Acier HA 500 = 1270 kg
	Niveau ±0.00 PPBA16D	Voile61 : P1 Section 100x600	Nombre 1 Surface du coffrage = 116 m2 Enrobage inférieur 1 cm Enrobage latéral 1 cm

Conclusion

L'utilisation préliminaire de notre méthode de conception montre que la nécessité pour que tel approche est primordiale, vue que le surdimensionnement, qui veut dire un cout non calculer d'un projet d'ouvrage d'art peut être de l'ordre de différence d'un 1 Milliard de centimes le minimum.

Référence

- [1] Grubb, M. A., Corven, J. A., Wilson, K. E., Bouscher, J. W., Hart, S. J., & Training, I. a. F. C. E. A. (2007). Load and Resistance Factor Design (LRFD) for Highway Bridge Superstructures-Concrete: Participant's Workbook.
- [2] BÉTONS ET OUVRAGES D'ART Tome 1 Les ponts courants en béton.
- [3] Team, M. (n.d.). Bridge Span According to AASHTO LRFD. Bridge Span According to AASHTO LRFD. <https://www.midasbridge.com/en/blog/bridgeinsight/bridge-span-according-to-aashto-lrfd>