

REPUBLIQUE ALGERIENE DEMOCRATIQUE POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID –TLEMCCEN

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

Projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Génie civil

Option : Voie et Ouvrage D'art

Thème :

Etude bibliographique sur la conception et la réalisation d'un pont

Présenté le 01 Decembre 2020 par :

SAAD ABDENNOUR

MENIRI DOUNIA

Devant le jury composé de :

Présidente : Mme Benachenhou K.

Examinatrice :Mme Ghezali S

Encadrant : Mr Benyelles

Année Universitaire 2019-2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Allah qui nous a procuré ce succès.

A travers ce modeste travail, nous tenons à remercier notre encadreur Mr : Benyelles.Z pour ses conseils précieux et pour toutes les recommandations et conseils qu'il nous a apportés durant la réalisation de ce projet.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent aussi à madame la présidente du jury Mme : Benachenhou .K et à Mme :Ghezali S., d'avoir bien accepté d'examiner et d'évaluer ce travail

Nous exprimons également notre gratitude à tous les professeurs et enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'études, sans omettre bien sur de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du ce mémoire

Dédicace

A NOS PARENTS

A NOS FRÈRES ET SŒURS

A NOS AMIS

A NOS COLLEQUES

Saad Abdennour Meniri Dounia

Résumé :

Pour réussir un projet, il est nécessaire d'appliquer des connaissances, des compétences, outils et techniques aux activités d'un projet afin de répondre à ses exigences.

Ce projet consiste à réaliser une étude managériale d'un ouvrage d'art (un pont), la conception (ses principaux acteurs et grandes étapes) et la réalisation (management et différentes phases de réalisation).

Mots-clés: ouvrage d'art, management, WBS, réalisation, conception.

Abstract:

To succeed in a project, it is necessary to know skills, tools and techniques

Related to the activities of a project in order to meet its requirement.

This project consists of carrying out managerial study of a bridge structure, the design (its main actors and major stages) and production, (management and different phase of realisation) .

Keywords: bridge, management, WBS, realisation, design.

الملخص

للنجاح في أي مشروع، من الضروري تطبيق المعرفة، المهارات و الأدوات و التقنيات التي تتدخل في أنشطة المشروع من أجل تلبية متطلباته.

في هذا المشروع سنقوم بأجراء دراسة إدارية لهيكل (الجسر) التصميم (الجهات الفاعلة الرئيسية و الراحل الرئيسية) ثم مراحل العمل لإنجاز هاد المشروع.

الكلمات المفتاحية عمل فني، إدارة، WBS، التحقيق و التصميم

Sommaire

1. Chapitre1 : Pourquoi un pont ?	12
1.1 L'utilité d'un pont	13
1.2 Naissance des ponts :	13
1.3 L'histoire de la construction des ponts :	14
1.4 Quels sont les matériaux utilisé pour construire un pont :	14
1.5 Les types des ponts :	14
1.5.1 Les ponts à câbles :	14
2. Chapitre2 : Faisabilité d'un pont	26
2.1 Définition de projet :	27
2.2 C'est quoi le management de projet :	27
2.3 Cycle de vie de projet :	28
2.4 Etude de faisabilité :	28
2.5 L'avant-projet :	29
3. Chapitre3 : Conception d'un pont :	31
3.1 Introduction :	32
3.2 Le dossier d'exécution :	32
3.3 Cahier de charge :	32
3.4 Annonces des soumissions (ou appel d'offre) :	33
3.5 Consultation des plies et choix de l'entreprise :	33
3.6 Préparation du chantier :	34
3.6.1 Préparation contractuel du chantier :	34
3.6.2 Préparation du chantier par l'entreprise :	35
3.7 Conclusion :	38
4. Chapitre4 : Réalisation d'un pont	39
4.1 Introduction	40
4.2 infrastructure :	40
4.2.1 La réalisation des fondations profondes (pieux forés) : La méthode connue d'exécution des pieux commencent par le forage, l'introduction des cages d'armatures, bétonnage et recépage (Figure N°26)	40
4.2.2 La réalisation des semelles :	41
4.2.3 Réalisation des appuis (piles et culée) :	42
4.3 superstructure :	43
4.4 Equipements :	45
4.5 Mise en service du projet :	47

4.6	Conclusion :	47
5.	Conclusion générale :	48

Listes des figures :

Figure 1 Naissance des ponts	13
Figure 2 Pont suspendu à Wuhan, capitale de la province chinoise du Hubei (centre)	15
Figure 3 Pont suspendu	15
Figure 4 Pont à haubans de Normandie en France.....	16
Figure 5 : Pont à haubans	17
Figure 6: Pont en arc	18
Figure 7 pont a poutre en béton armé	18
Figure 8 : Pont à voutes en maçonnerie	19
Figure 9: les éléments constitutifs des pots	21
Figure 10: triangle d'or du projet	27
Figure 11: un schéma des étapes d'un cycle de vie.....	28
Figure 12: la coordination entre les acteurs de projet.	34
Figure 13: un prototype d'un wbs (work breakdown structure).	36
Figure 14: Les documents à livrer entre les différents acteurs.....	37
Figure 15: exemple de la réalisation des fondations (pieux forés)	40
Figure 18: réalisation de semelle.....	41
Figure 16 : ferrillages des cages figure	41
Figure 17 : Des tubes d'auscultation soniques	41
Figure 19: pile pleine et pile évidée	42
Figure 21: coulage de la culée	43
Figure 20: ferrillage de la culé	43
Figure 22: appareil d'appuis	43
Figure 23 : pose d'une poutre préfabriqué	44
Figure 24: ferrillages des entretoises	44
Figure 25: coffrages des entretoises	44
Figure 26: mise en place de ferrillages d'hourdis	45
Figure 27: les joints de pose	45
Figure 28: les dispositifs de retenus ou glissière	46
Figure 29: les trottoirs	46
Figure 30: essai de chargement avec camion lourds	47

1.1.1.1.1.1

1.1.1.1.1.2

1.1.1.1.1.3

1.1.1.1.1.4

1.1.1.1.1.5

1.1.1.1.1.6

1.1.1.1.1.7

1.1.1.1.1.8

1.1.1.1.1.9

INTRODUCTION GENERALE :

D'une façon générale. Les ponts sont des constructions en élévation, qui permettent de franchir des obstacles naturels (vallée –cours d'eau...etc.), ou artificiels (route, voie ferrée...etc.), destinés à fournir des services à des usagers.

Les ponts ont donc une utilité publique indispensable. Leur réalisation fait partie de la famille des ouvrages d'art, et pour assurer leur performance une étude bien détaillée et indispensable, leur conception doit tenir compte des exigences fonctionnelles et naturelles permettant à l'ouvrage d'assurer sa fonction de franchissement.

L'histoire de la construction des ponts est directement liée aux matériaux disponibles à chaque époque, ainsi qu'à l'évolution des moyens de construction et L'accessibilité aux grands calculs permettent aux architectes de ne plus être limités dans leur conception et de les laisser libre cours à leur imagination.

La conception d'un pont doit obéir à un bon nombre d'exigences ; outre son pouvoir d'assurer des services d'usagers, doit impérativement répondre à des exigences vis-à-vis de son environnement.

L'objectif de ce travail est de faire une étude bibliographique sur la conception et la réalisation d'un pont et faire montrer tout les étapes et les démarches technique et administratives pour la réalisation d'un pont et le mettre en service, dans le premier chapitre on a fait une généralité sur les ponts, deuxièmement on parle des études de faisabilité et avant projet, puis dans le chapitre trois on cherche et clôture les étapes de conception et les documents administratifs et techniques entrant dans cette étape. Puis dans le dernier chapitre on a fait les étapes de réalisation d'un pont, et on termine par une conclusion générale.

1. Chapitre 1 : Pourquoi un pont ?

1.1 L'utilité d'un pont

Un pont est un ouvrage d'art conçu pour permettre le passage d'obstacles (cours d'eau, voies de communication, etc.). Le pont est peut également supporter des routes, des voies ferrées, des canaux (ponts-canaux) ou des pipelines (oléoducs, aqueducs, etc.). Les ponts temporaires peuvent également être composés de navires spécialisés (ponts de navires). Plus généralement, il spécifie le passage (matière, énergie, information) entre deux régions.

Par conséquent, le tablier du pont (la plate-forme qui forme le bas du pont) doit être large et long. Parfois, certains défis sont plus difficiles à surmonter que d'autres. Dans ce cas, le pont doit relier les deux rives du lac, du canyon ou de l'estuaire.

Ces ponts doivent être suffisamment solides pour supporter leur propre poids et la charge que vous allez transporter (personnes, voitures, camions, trains, etc.).

De plus, ces ponts doivent résister aux abus causés par la nature, tels que la pluie, le vent, les tremblements de terre, le gel et la fonte.

1.2 Naissance des ponts :

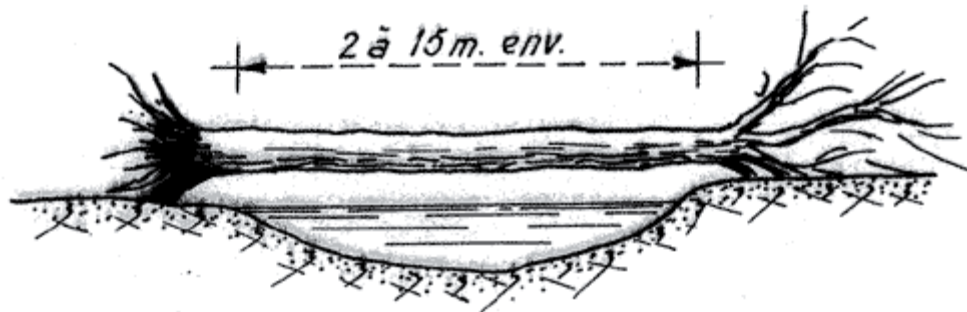


Figure 1 Naissance des ponts

Le jeu, en poursuivant ou en fuyant l'ennemi, nos ancêtres les plus éloignés ont dû traverser la rivière. Depuis des milliers d'années, ce problème n'a pas été résolu. Peu à peu, les gens ont pris connaissance de Ford et le sentier les menait, ce qui a élargi le terrain de chasse et la zone de rassemblement.

Un jour, une personne a trouvé un arbre des deux côtés de la rivière et est passé devant l'arbre: c'était sans aucun doute le premier pont de l'histoire.

Au Néolithique, vers le cinquième siècle avant J.-C., l'homme sapiens quittent les grottes pour vivre dans de véritables habitations, rassemblées dans des villages sur la terre ferme, ou au contraire construites sur pilotis au bord du lac. Ces villes lacustres sont reliées au continent par des passerelles brutes constituées de poteaux assemblés à partir de poteaux végétaux ou de boyaux de bœuf ou d'agneau frais, qui rétréciront après séchage pour assurer la robustesse des composants.

À la fin du troisième millénaire, avec l'avènement de l'âge du bronze, les outils se sont améliorés et diversifiés. La voûte en arc pyramidal est originaire d'Égypte. La voiture Ford impliquée peut avoir démarré pendant cette période.

Le vrai coffre-fort est beaucoup plus tardif. Selon Diodorus Siculus et Strabon, il a été inventé par Démocrite d'Abdera au 5^{ème} siècle (avant JC), mais les Étrusques ont peut-être eu cette idée avant.

En résumé :

Le pont en bois peut être apparu au néolithique. • Les ponts en pierre, les dalles simples et les voûtes voûtées posées sur des pierres dressées sont des bâtiments modernes de l'âge du bronze. • Depuis le III^e siècle avant JC, la Grèce n'a utilisé que de véritables voûtes.

1.3 L'histoire de la construction des ponts :

L'histoire de la construction du pont est plus importante que tous les matériaux qui composent le pont. Les œuvres originales sont réalisées à partir de matériaux naturels tels que le bois, la vigne et les pierres. En collaboration avec des vignes, nous avons construit des ponts suspendus; des ponts avec des poutres en pierre-jettent une simple dalle de pierre entre deux supports-arcs; des ponts à poutres en bois-une série de troncs d'arbres entre deux supports-plus Des grilles de plus en plus complexes fonctionnent en poutres ou en arcs. La passerelle dans l'Himalaya est même un exemple de construction en porte-à-faux continue, avec des troncs d'arbres encastrés dans une base en pierre sèche et de plus en plus de lacunes en saillie. Il existe également un exemple de pont en ruban s'étendant entre deux rives.

1.4 Quels sont les matériaux utilisés pour construire un pont :

Ici, nous présenterons les principales caractéristiques des matériaux utilisés dans la construction des ponts suspendus aujourd'hui.

Acier. ...

Béton: ...

Béton armé: ...

Béton traité: ...

Autres matériaux: ...

Élasticité du matériau...

1.5 Les types des ponts :

1.5.1 Les ponts à câbles :

Consiste les types de pont suivants :

Les ponts suspendus.

Les ponts à haubans (ou haubanés)

1.5.1.1 Les ponts suspendus :

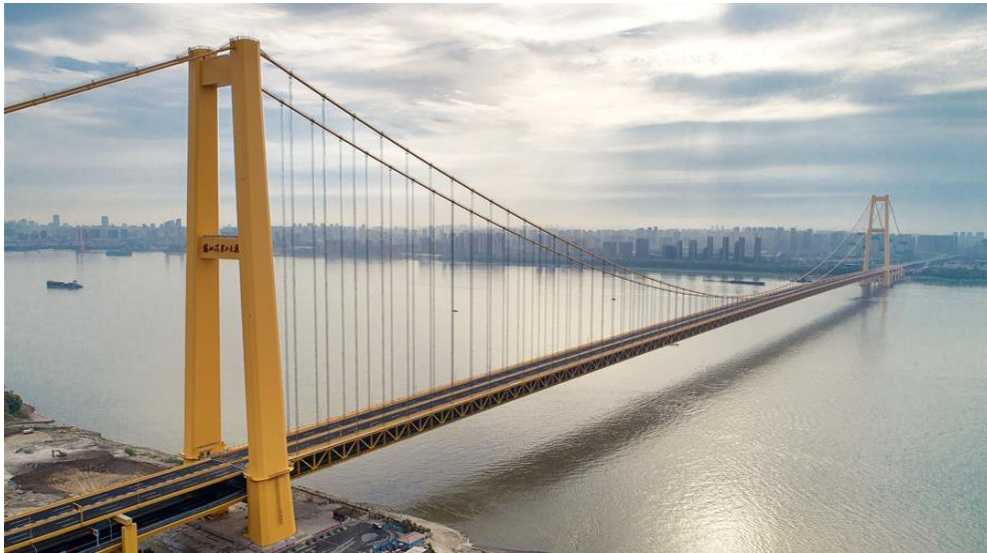


Figure 2 Pont suspendu à Wuhan, capitale de la province chinoise du Hubei (centre)

1.5.1.1.1 Principe général

Maintenir le poids du tablier par deux câbles porteurs principaux continus solidement ancrés sur massif d'ancrage (rocheux)

Réactions de tablier dont transmises aux câbles porteurs par l'intermédiaire du suspendus

Les câbles métalliques principaux passent au sommet des pylônes qui se trouvent sur l'extrémité des ponts

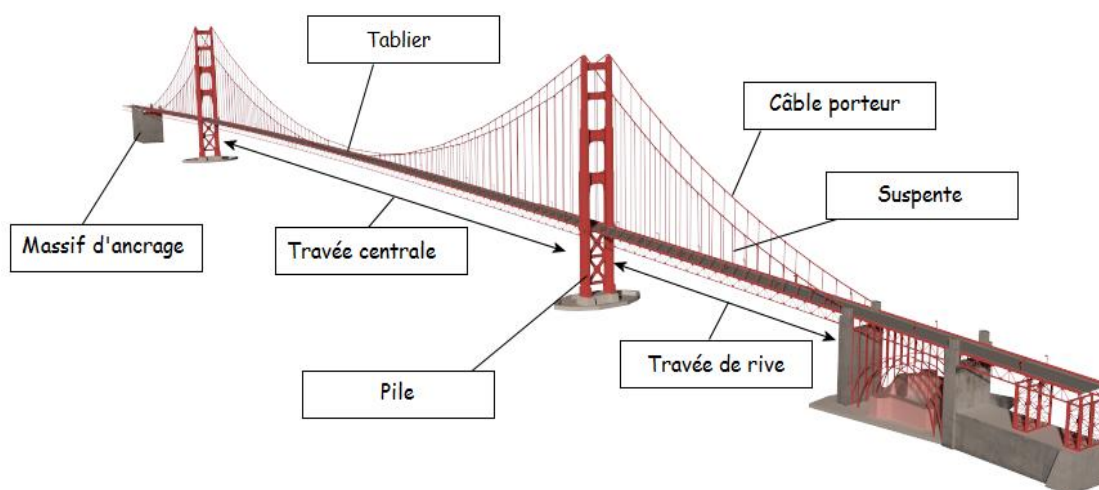


Figure 3 Pont suspendu

1.5.1.1.2 Avantages et inconvénients :

Avantages :

Permet de franchir des grandes portées comparativement aux ponts classiques

Faciliter la réalisation

Bon aspect esthétique

Stabilité satisfaisante (tassement différentiel, effet du vent ...)

Inconvénients :

Nécessité d'avoir un sol rocheux aux extrémités (ne s'adopte pas à tous sites)

Remplacement des câbles principaux (nécessite l'interruption de trafic)

1.5.1.2 Ponts à haubans :



Figure 4 Pont à haubans de Normandie en France

1.5.1.2.1 Principe général :

Consiste à reprendre les réactions du tablier par des câbles métalliques (haubans) inclinés qui reportent les charges sur les pylônes qui sont constitués de deux parties :

Partie au-dessus de tablier (mat)

Partie sous tablier (pile)

Leur forme est entrée variée selon les diverses conceptions (figure)

Pré-dimensionnement des haubans :

L'étude des ponts en général nécessite un traitement à l'aide de logiciel contenu des hyperstaticités importantes, pour cela un pré-dimensionnement est nécessaire.

1.5.1.2.2 Leurs formes :

Leurs formes sont entrées varier selon leurs diverses conceptions :

Harpes (haubans parallèles)

Eventail

Semi-harpe ou semi-éventail

Asymétrique

1.5.1.2.3 Les haubans :

Ce sont des câbles métalliques constitués des torons (nombre de câbles de 20 à 60)

Composantes des ponts à haubans :

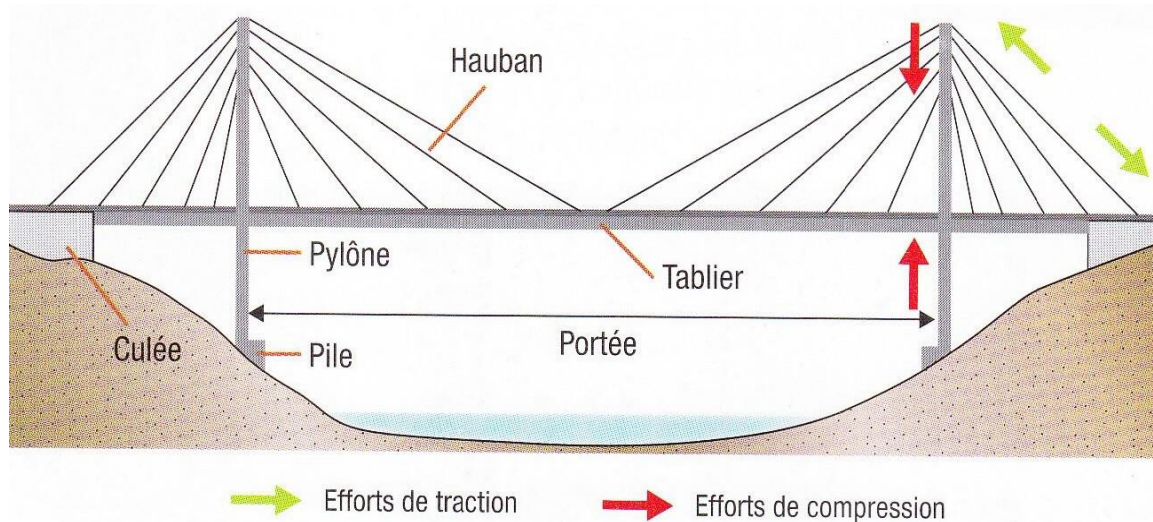


Figure 5 : Pont à haubans

Les pylônes (piles et mats)

Les haubans métalliques

Le tablier : généralement en forme de caissons (métalliques, en béton armé ou précontraint (préfabriqué ou coulé sur place)

1.5.1.2.4 Avantages et inconvénients :

Avantage :

Grande portée à franchir (200m à 350m)

Esthétique très bonne

S'adopte à tous sites

Facilité dans l'entretien

Inconvénients :

Sensible aux effets des vents et aux vibrations causées par la circulation

Performance de réalisation et l'étude.

1.5.1.3 Les pont en arc :

Un pont en arc est une sorte de pont, c'est-à-dire une structure qui peut traverser des bas-fonds ou des obstacles (voies navigables, voies de communication, vallées, ravins, canyons), dont la partie inférieure est courbe. Dans ces ponts, toutes les charges permanentes ou temporaires imposées au pont sont absorbées dans l'arc de compression et transmises au remblai et à l'appui sur la culée

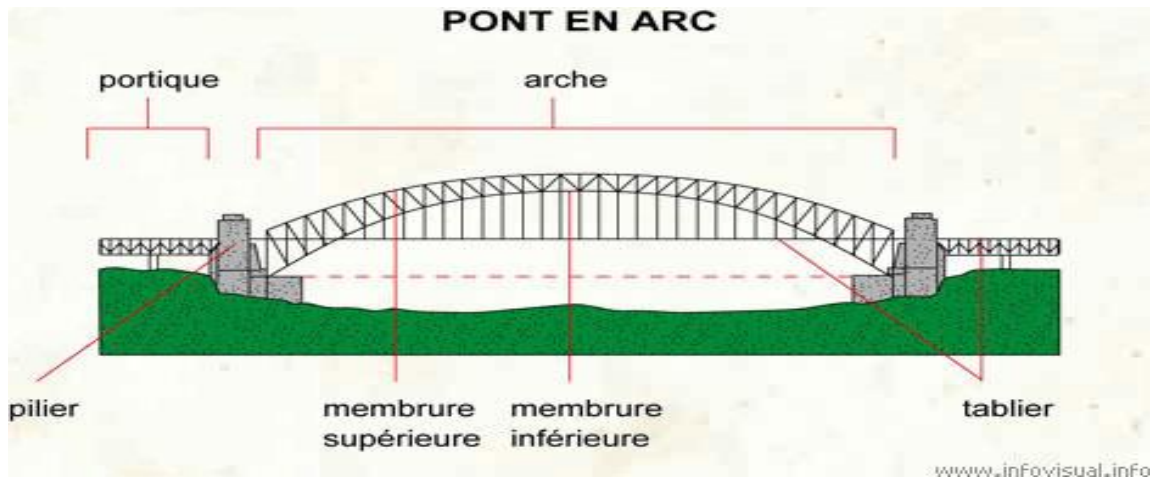


Figure 6: Pont en arc

1.5.1.4 Les ponts à poutres

Un pont à poutres fait référence à un pont dont le tablier est soutenu par une ou plusieurs poutres en bois, en acier ou en béton précontraint. Le pont de poutres n'exerce qu'une force de réaction verticale sur ses supports médians ou d'extrémité, et la force générée dans la structure est principalement une force de flexion. Il y a deux conditions pour distinguer les poutres: la forme ou le matériau, et l'intersection des deux permet de déterminer un grand nombre de poutres. Il existe quatre types de poutres: poutre à âme pleine, poutre caisson, poutre en treillis et corde d'arc. Le matériau de la poutre peut être du métal, du béton armé, du béton précontraint, du bois ou des matériaux composites récemment utilisés.

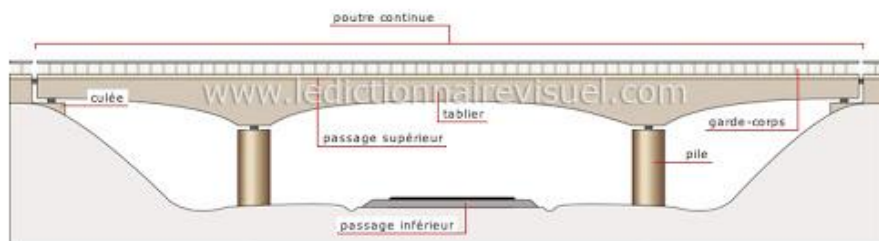


Figure 7 pont à poutre en béton armé

1.5.1.5 Les ponts à voutes en maçonnerie :

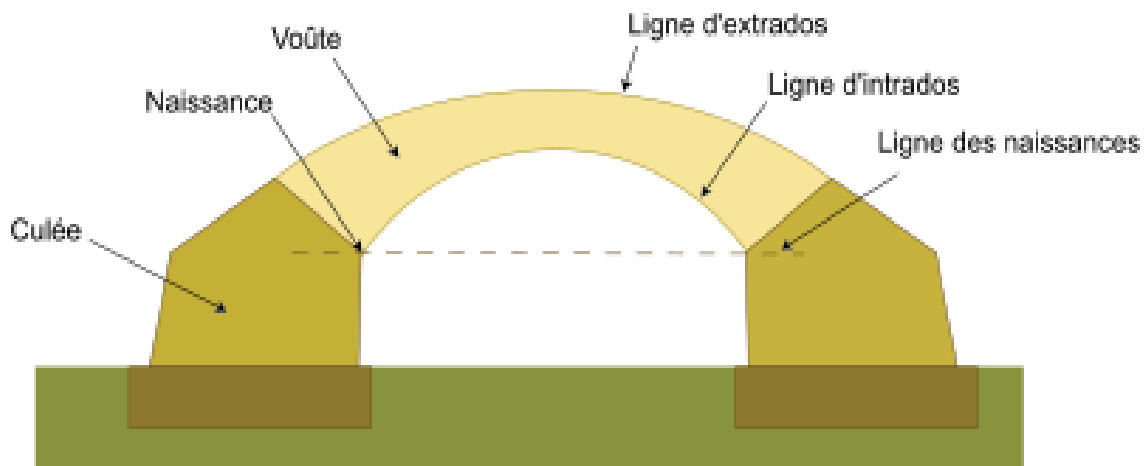
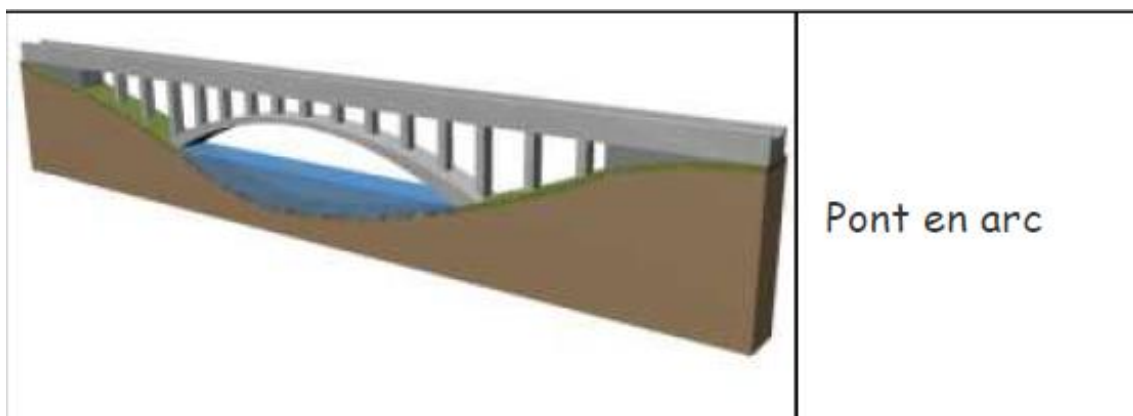
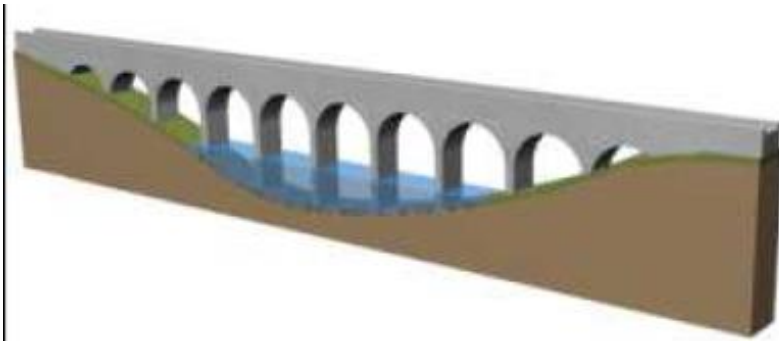


Figure 8 : Pont à voutes en maçonnerie

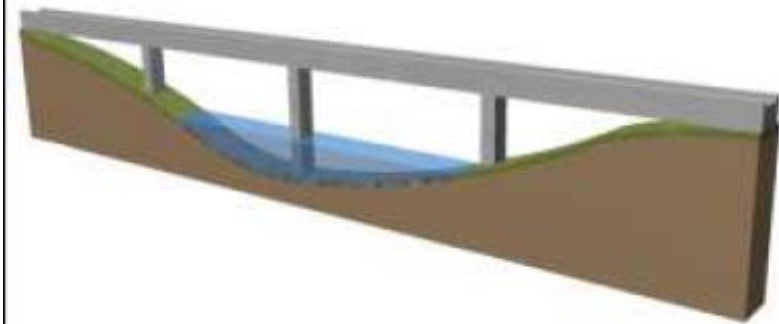
Les ponts en arc en maçonnerie sont généralement appelés ponts en maçonnerie ou ponts en pierre ou ponts en arc. Le vingtième siècle, Les ponts en maçonnerie constituent une particularité de la famille des ponts en arc, caractérisée en ce que la force de réaction sur la culée a tendance à les séparer. Le matériau constituant la voûte est une pierre, pour la pression, mais difficilement pliable, tandis que l'autre série de matériau d'arc (bois, béton, béton armé, béton précontraint, métal, composite) présente une certaine stabilité. Flexible, peut être plié, permettant une plus grande portée.

1.5.1.6 Un résumé de différents types de pont :

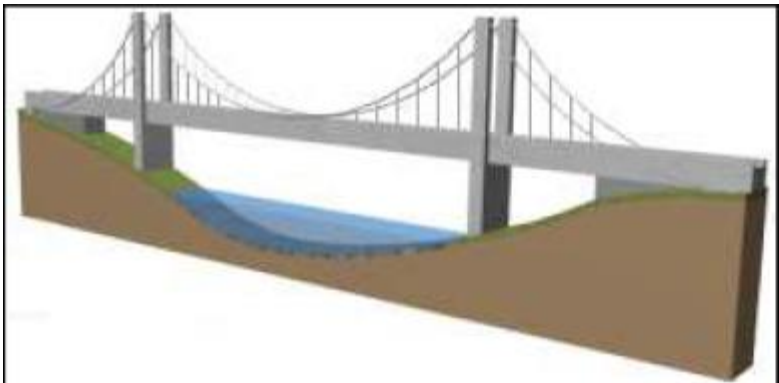




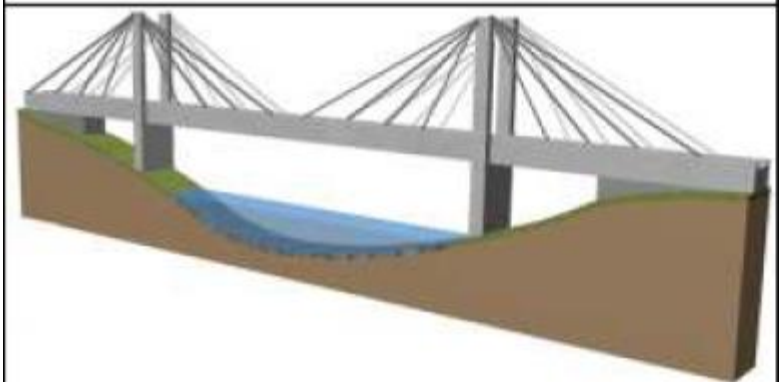
Pont à voûtes



Pont à poutres








Pont suspendu



Pont à haubans

1.5.1.7 La résistances aux efforts :

poutres		Résistance à la flexion
Pont suspendu		Résistance à la compression, à la flexion et à la traction
Pont à haubans		Résistance à la compression, à la flexion et à la traction
Pont en arc		Résistance à la compression et à la flexion
Pont à voûtes		Résistance à la compression

1.5.1.8 Les éléments constitutifs des ponts :

Le pont est constitué de deux grandes parties qui sont : (la superstructure et l'infrastructure).

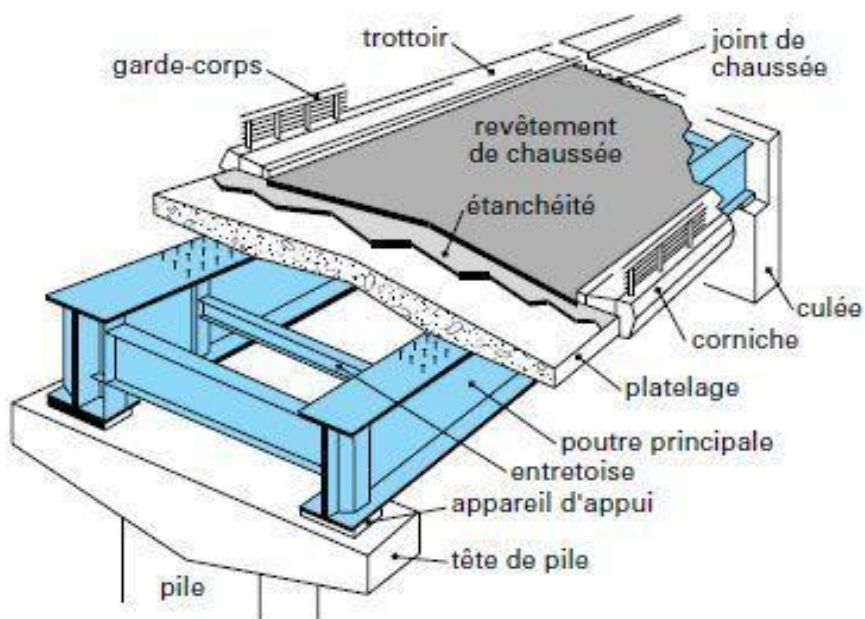


Figure 9:les éléments constitutifs des pots

La superstructure : est constituée de :

Le tablier :

Il s'agit de la partie de la structure qui supporte la route (ou la voie ferrée) au-dessus de la violation à franchir. Dans un pont à poutres, les gens distinguent la traverse de la poutre sous l'allée. Dans les deuxcas, les dalles, les cloisons et parfois les poutres sont toutes associées à des poutres pour former un tablier.

La dalle :

Des plaques ou des dalles sont utilisées comme éléments de toit. C'est pour cette raison que la route s'use et que le véhicule se surcharge. Outre le toit, la dalle a pour fonction de transmettre des charges et surcharges permanentes sur les poutres, les longerons et les entretoises.

Entretoises :

Le but de l'entretoise du milieu est de maintenir les poutres ensemble. Ils ont rapporté les effets des charges sur différentes poutres. Ils doivent être rigides et la hauteur doit être la même que la hauteur de la poutre (rigidité). Ce sont des filets complets, mais dans la plupart des cas, ils sont triangulés car la force qui les tire est très faible et le toit repose sur les poutres à de très petits intervalles. Entre le support et l'entretoise du milieu, nous plaçons les autres entretoises uniformément à une distance de 7 à 10 m. La société de soutien répartit la force de réaction de soutien entre les différents faisceaux et transmet la force générée par le vent à l'équipement de soutien.

Longeron :

Les longerons principalement utilisés dans les ponts métalliques sont disposés parallèlement à l'axe longitudinal de la structure et relient différents joints les uns aux autres.

Les poutres principales :

C'est l'organisation de base qui soutient le travail. La poutre transfère la charge permanente et la force de la surcharge au support. Ils sont parallèles à l'axe longitudinal du pont.

Les poutres latérales :

Ils sont également appelés poutres de bord, poutres principales ou encore poutres principales. Dans ce type de structure, la charge est supportée par deux poutres parallèles à l'axe longitudinal de la chaussée et situées au bord de l'extrémité du tablier.

Poutres sous chaussée :

Pour des raisons esthétiques, afin de donner de la visibilité ou de garder le gabarit au-dessus de la fente, la hauteur de la poutre doit être appliquée. Puis nous nous sommes tournés vers le pont à poutres sous la chaussée. Ce type de structure comprend un certain nombre de poutres sensiblement identiques réparties uniformément sous le tablier

Contreventement :

Le support est constitué de poutres horizontales entre les poutres latérales, conçues pour assurer la stabilité du pont sous le vent.

La chaussée :

Il est surchargé et peut être du béton ou d'autres matériaux. Deux pentes opposées vers le trottoir et des tuyaux de drainage à travers le trottoir assurent le drainage des eaux pluviales.

Profil en travers :

Pour les ponts droits, le profil normal est tel qu'il se compose de deux pentes opposées de 2% à 3%, reliées par un arc parabolique, d'une largeur de 0,5 à 5 de part et d'autre de l'axe. m. Pour les ponts courbes, une pente de 2% doit être prévue

Profil à long :

Sa pente ne dépassera pas 4% et pas moins de 1% pour permettre à l'eau de s'écouler normalement.

Le revêtement :

Le revêtement comprend essentiellement une couche imperméable et une couche résistante à l'usure. (une couche d'étanchéité et une couche de roulement)

couche d'étanchéité en béton :

Le béton est un matériau poreux, et même s'il se comprime bien, il ne sera jamais complètement étanche. Afin de protéger les barres d'acier, une couche imperméable doit être posée sur l'ensemble du toit en béton. Le sceau peut être : Matériau de base d'asphalte coulé naturel ou synthétique utilisant de la résine la synthèse ; Revêtement d'asphalte avec des panneaux préfabriqués ; Passe à haute vitesse (MHC).

Couche de roulement :

Dans la partie actuelle de la structure, le processus d'usure doit avoir une bonne solidité (confort) et de bonnes propriétés antidérapantes. Le processus d'habillage traditionnel n'est pas étanche, il est donc nécessaire d'étudier des mesures constructives pour éviter les coupures d'eau entre le processus d'habillage et l'étanchéité elle-même (eau de pluie, pente, etc.)

Les trottoirs :

C'est l'espace transversal de la section transversale, marqué de manière appropriée par l'élévation par rapport à la hauteur de la voie des véhicules, et sa fonction principale est de supporter le trottoir.

Elle est limitée par des marches ou des contraintes en termes de trafic, et restreinte par de grands corps (ou des barrières de sécurité qui assureront également des fonctions de sécurité des piétons) en termes de déplacements à vide.

Cette position surélevée est généralement utilisée pour le passage structurel des services publics ou des canaux de concession.

Le trottoir peut être modifié pour permettre la cohabitation comme support de la piste cyclable.

Le revêtement :

Cela dépend du but et du type de structure. S'il n'y a pas d'alvéoles sur le trottoir, il peut être vu à travers du béton stérile recouvert d'asphalte (dans les villes) ou non pavé (dans les pays ouverts) ou simplement rempli de sable.

Pour les trottoirs avec des ponceaux préfabriqués, sans revêtement.

Les bordures de trottoirs :

Les bords des trottoirs sont généralement en béton (dans les zones urbaines, des bords de granit plus résistants sont parfois utilisés) et leurs dimensions ont été normalisées. Leur hauteur varie de 20 à 30 Cm, leur poids varie de 0,56 à 1,65 KN / m, et leur surface est inclinée de 1/20. La limite est projetée de 16 m à 20 m.

Les canalisations :

Les compagnies de gaz, d'eau et d'électricité peuvent demander à passer par des tuyaux et des câbles à travers les ponts. Par conséquent, nous avons une galerie visitable sous le trottoir pour les accueillir. Ensuite, l'unité doit être fournie en créant des compartiments sous la dalle, car certains tuyaux (comme les tuyaux de gaz et les câbles) ne peuvent pas être placés côte à côte.

Les garde-corps :

Leur objectif principal est de protéger les piétons. Ils doivent être faits de matériaux non fragiles; on utilise généralement de l'acier doux ou des alliages légers. La hauteur minimale est égale à:

$H_{min} = \text{valeur minimale (1,20 m; } 0,95 \text{ m} + 0,005H \# 177; 0,05 \text{ m)}$.

H = la hauteur du trottoir au-dessus du sol ou de l'eau, en mètres.

L'espace doit être aussi haut que 0,60 m au-dessus du trottoir, et l'espace doit être suffisamment petit pour empêcher un cylindre d'un diamètre de plus de 5 cm de pénétrer pour assurer la sécurité des jeunes enfants.

Les différentes parties du garde-corps sont:

Les accoudoirs sont toujours lisses (pas sales);

Un ou plusieurs sous-rails (en option selon le type de garde-corps); La colonne principale est scellée dans le tablier;

Barre ou colonne auxiliaire (en option).

Canalisation d'eau :

Les eaux pluviales sont évacuées du pont par des dispositifs de drainage (ouvertures, orifices, tuyaux, etc.) du trottoir (tuyaux en plastique, métal, amiante-ciment).

Les corniches :

La corniche a essentiellement un effet esthétique. En plus de cette fonction, il doit également être utilisé comme cutter pour éviter que l'eau de pluie ne coule sur la finition. Les corniches en béton peuvent être coulées ou préfabriquées sur place.

L'infrastructure :

L'infrastructure est constituée de :

Les piles et les culées :

Les piliers et culées dépendent des deux éléments qu'ils combinent:

sol

tablier

Par conséquent, en tenant compte de ces facteurs, concevez-les de la meilleure façon, ce qui se traduit par une résistance mécanique, une stabilité et une apparence.

En plus de son rôle de support de l'extrémité de l'ouvrage, la culée doit souvent soutenir le sol de la structure canal et effectuer les recherches correspondantes.

Les appareils d'appui :

Sous l'influence des écarts de température, ou en cas de surcharge, le tablier se déplace par rapport au pilier et à la culée. Il faut donc insérer des dispositifs qui permettent ces mouvements entre eux: ce sont des roulements.

Ces appuis peuvent être fixes ou mobiles; selon que la structure est en béton armé ou en béton précontraint, en poutres préfabriquées (par exemple, les consoles en néoprène) ou coulées en place (âme Freyssinet) ou en métal (équilibreurs ou joints sphériques, etc.), il sera différent.

Le sommier :

Il s'agit d'une structure de maçonnerie au-dessus du support, des arcs ou des poutres reposant sur le support pour transmettre et répartir la charge du tablier sur les piliers et culées. Il agit comme une ceinture ou une poutre à chaîne dans la construction du pont.

La dalle de transition :

Il s'agit d'une dalle en béton armé, située sous le tunnel à l'entrée du pont, et soutenue à l'arrière de la culée et du remblai du pont. Sa fonction est d'éviter la différence de hauteur qui peut se produire entre la route actuelle et le pont en cas de tassement de remblai. Si un tel tassement se produit, il remplacera la différence soudaine de niveau d'eau par une pente légèrement augmentée.

2. Chapitre2 : Faisabilité d'un pont

2.1 Définition de projet :

Selon la norme ISO 10006:2003, un projet est un processus unique, qui consiste en un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées, comportant des dates de début et de fin, entreprises dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences spécifiques telles que les contraintes de délais, de coûts et de ressources.

2.2 C'est quoi le management de projet :

Ce sont tous les outils, techniques et méthodes qui permettent au chef de projet et à son équipe de conduire et coordonner les différentes tâches réalisées dans le cadre du projet.

Il réunit la gestion de projet et la gestion de projet.

La gestion de projet: est un ensemble d'outils de gestion nécessaires à la conduite d'un projet en termes d'efficacité technique, de qualité, de maîtrise des coûts et de rapidité. Nous sommes en méthodologie.

La direction projet: vise à fixer des objectifs et à fournir des ressources adaptées à la taille du projet pour sa mise en œuvre optimale. Ces objectifs sont stratégiques, politiques, organisationnels et humains.

Le projet a un début et une fin. La gestion de projet regroupe toutes les méthodes d'organisation utilisées pour exécuter le projet.

La qualité et le succès du projet dépendent de la capacité à répondre ou à dépasser les attentes des clients et de la haute direction en termes de coût (budget), de temps (plan) et de performance (contenu).

Grâce à la gestion de l'équipe projet, la direction de projet peut optimiser les conditions de réussite du projet, contrôler le financement et prévoir les risques et les conséquences de l'ensemble du processus de mise en œuvre.

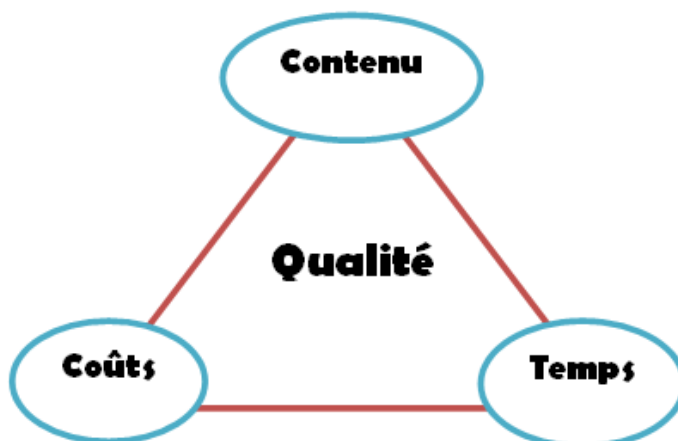


Figure 10: triangle d'or du projet

2.3 Cycle de vie de projet :

Le cycle de vie du projet est défini par l'organisation qui abrite le projet. Il facilite la préparation initiale du projet en définissant par défaut les phases de son déroulement. Il matérialise l'élaboration progressive du produit ou service au cours du déroulement du projet. Il structure les grands moments de rencontre entre le commanditaire et l'équipe de réalisation du projet.

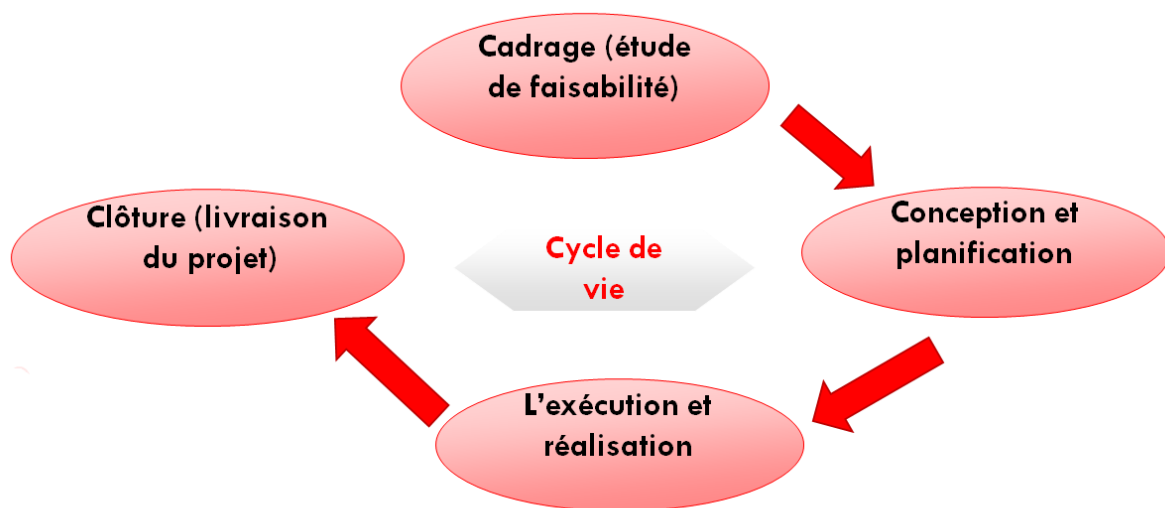


Figure 11: un schéma des étapes d'un cycle de vie

2.4 Etude de faisabilité :

Quelle que soit l'origine de l'idée, avant de se lancer dans une mise en œuvre spécifique (phase de développement), la faisabilité de nouveaux projets dans l'entreprise doit être vérifiée. Cela ne signifie pas que les entreprises doivent limiter leurs activités au cœur de métier. Cependant, si vous vous en écarterez, vous devez connaître les difficultés auxquelles elle peut faire face.

L'étude de faisabilité comprend 05 étapes

2.4.1.1 Etude faisabilité technologique :

Une fois l'idée validée, il faut s'assurer que la technologie conçue peut être intégrée dans l'entreprise et dans quelles conditions (en utilisant la recherche, le développement, l'adaptation, le transfert, etc.) pour l'intégration. .

2.4.1.2 Etude de faisabilité commerciale :

Il s'agit de garantir que le marché de ce nouveau concept existe. Si personne n'est prêt à dépenser du temps, de l'énergie et de l'argent pour faire une idée, cela ne sert à rien, aussi brillante et innovante que soit l'idée.

2.4.1.3 Etude de faisabilité économique :

Vous devez vous assurer que le coût et le temps sont acceptables. Toutes les technologies ont des coûts. Par conséquent, il est nécessaire de comprendre les ressources financières qui feront du projet une réalité. L'estimation du temps que prendra le projet est également un facteur clé pour décider de démarrer ou d'abandonner.

2.4.1.4 Etude de faisabilité financière :

La recherche financière doit prendre des décisions en fonction de la rentabilité et des possibilités de financement du projet, donc :

- Évaluer le coût estimé du projet;
- Déterminer le risque financier du projet;
- Élaborer son plan de financement;
- Analyser son équilibre financier;
- Évaluer sa rentabilité;
- Identifier la source de financement (interne et / ou externe).

2.4.1.5 Etude de faisabilité environnementale :

Les questions environnementales doivent être prises en compte dans les projets d'aménagement du territoire.

Les études de faisabilité environnementale font partie du processus d'intégration des questions environnementales dès la conception du projet.

De cette manière, toutes les contraintes et enjeux du site du projet peuvent être déterminés, afin de déterminer dans quelles conditions ce dernier peut être développé ou non.

Selon le type de projet, nous considérerons les paramètres les plus stricts:

- environnement naturel,
- Réglementations d'urbanisme et servitudes,
- paysage,
- Environnement humain, etc.

En bref, une étude de faisabilité doit permettre à l'entrepreneur d'avoir une compréhension

2.5 L'avant-projet :

2.5.1.1 L'objective de l'étude d'avant projet sommaire (APS) est :

Prescrire la composition globale en plan et en quantité.

Apprécier l'espace intérieure et l'apparence de l'œuvre.

Proposer des règlements techniques qui peuvent être pris en compte.

Spécifier un calendrier de mise en œuvre et les découper si nécessaire-traités.

Etablir une estimation temporaire du cout temporaire du travail.

2.5.1.2 L'avant projet L'étude de l'avant projet définit (APD) vise à :

Déterminer la surface détaillée de tous les éléments du programme.

Déterminer la taille de l'ouvrage et ses dimensions dans le plan, la coupe et l'élévation aspect ;

Déterminer les principes de construction, les matériaux et les installations techniques.

Déterminer l'estimation finale du coût temporaire des travaux et la subdiviser séparé.

Autoriser le client à arrêter explicitement le programme.

Permettre de formuler un package de rémunération dans les conditions prévues selon le contrat de gestion de projet.

Pour la structure, la conception préliminaire et la recherche de conception finale peuvent être effectuées ; dans une phase d'apprentissage.

3. Chapitre3: Conception d'un pont :

3.1 Introduction :

Le dossier exécutif finalise le dossier "Avant-projet" avec réservation de tout requis par le pouvoir adjudicateur et examine les études plus en détail et faire des plans. Il s'agit d'une étude descriptive, explicative et justificative des dispositions techniques proposé, y compris la documentation technique des ouvrages ou ouvrages divisées en parties, et tranches

Il constitue l'étude descriptive, explicative et justificative des dispositions techniques proposées comprenant le dossier technique de l'ouvrage ou des ouvrages divisées en parties et tranches. Cette étude comprend :

3.2 Le dossier d'exécution :

3.2.1.1 Les documents écrits :

*/ Cahiers des prescriptions techniques.

*/devis descriptif global et par tranches.

*/devis quantitatif et estimatif global et par tranches avec tableau récapitulatif.

*/ Planning d'exécution des travaux tous corps d'Etat.

3.2.1.2 Les documents graphiques :

*/Plan architectural : la vue en plan du pont et les coupes transversales et longitudinales

*/ Levés topographiques du terrain : l'implantation de tous les points qui sont nécessaires pour les différentes tâches de la conception et la réalisation (études géotechniques forage des pieux, etc.).

Et tous les plans possibles pour chaque niveaux et cotes, comme tout d'autres documents entrants dans le cadre de ce projet, et nécessaire pour une meilleure compréhension de la conception de ce projet

3.2.1.3 Les documents annexes :

Les plans de détails de toutes les tranches avec note de calcul à l'appui.

Les plans voiries et réseaux divers avec les détails de raccordement aux réseaux extérieurs notamment : les plans du corps d'états secondaires et les procédés de mise en œuvre.

Les agréments ou avis techniques spécialisés

Ainsi que tout autre document, s'inscrivant dans le cadre de cette mission, sont nécessaire à une bonne appréciation de la conception du projet.

Le dossier d'exécution est soumis à l'accord du Maître d'Ouvrage suivant un planning établi pour ce projet, qui sert de base à la rédaction du cahier de charges destiné pour les soumissions des entreprises de réalisation.

3.3 Cahier de charge :

Le principe de cahier de charge d'ouvrage d'art et le même que celui de bâtiment mais le contenu change, il contient les exigences et les conditions exige par le maitre de l'ouvrage.

Les soumissionnaires doivent remplir leur cahier des charges en termes des prix unitaires et du cout (un devis quantitatif, un bordereau des prix unitaires) est également établit à l'attention des soumissionnaires.

En plus, le cahier des charges renferme également un cahier des clauses administratives et générales (CCAG), un cahier des prescriptions techniques (CPT) et un cahier des prescriptions spéciales (CPS).

Comme pour les bâtiments, le cahier des charges présente des imprimés à renseigner (Soumission, déclaration à souscrire etc...) ainsi que les critères arrêtés pour l'évaluation des offres et les conditions à remplir pour pouvoir soumissionner.

3.4 Annonces des soumissions (ou appel d'offre) :

Pour profiter d'un bon contrat de soumission le maitre d'ouvrageprocédera a des demandes de soumission au moyen d'appel d'offre a tous les entrepreneurs de façon générale.

Cet appel d'offre doit être publié au minimum dans deux journaux nationaux en arabe et en français et sur Bulletin Officiel des marchés de l'opérateur public «BOMOP».

3.5 Consultation des plies et choix de l'entreprise :

Tous les entrepreneurs qualifier on droit de participer a ce concours d'appel d'offre jusqu'au dernier jour du délai d'annonces, au jour« J» les plies seront consultes et évaluer par l'assistance du maitre de l'ouvrage

Pour terminer une commission faite par l'assistance dumaitre d'ouvrage choisir les bénéficiaires (un ou plus)suivent des critères technique (la pérennité de l'entreprise, la qualification, l'expérience..), économique (capital sociale de l'entreprise, l'entreprise qui estime le coût moi cher..) et parfois politique (soumission a une entreprise étranger dans le cadre de coopération entre les deux pays..). Et parfois un avis d'attribution est lancé dans les mêmes formes que pour l'appel à la concurrence.

Après le délai réglementaire «10 J» des recours, l'attribution du marché établie est définitif et le contrat et signé par les parties concernés. Ainsi que les autorités compétentes (approbation par la commission des marchés quand c'est obligatoire etc...).

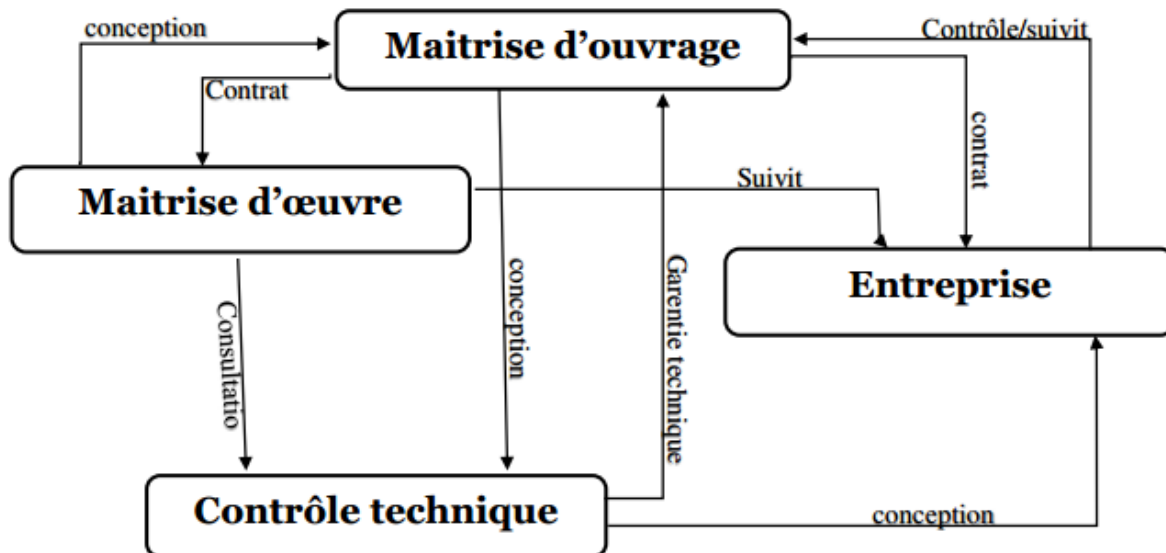


Figure 12: la coordination entre les acteurs de projet.

3.6 Préparation du chantier :

L'ordre de commencement des travaux est ensuite notifié à l'entreprise par un ordre de service (ODS).

À partir de la date de notification de l'ODS concernant le début des travaux les dates d'achèvement sont conformes au contrat ou à l'accord avec mise en œuvre et calendrier d'avancement du contrat joint au contrat ou au contrat.

3.6.1 Préparation contractuel du chantier :

Le maître de l'ouvrage et le maître d'œuvre doivent dès la phase de programmation prendre toutes les décisions destinées à structurer l'organisation par contrat description générale de l'opération, la réalisation du projet et l'exécution du chantier.

Le maître d'ouvrage et à l'aide d'une équipe de préparation comprenant la maîtrise d'œuvre définit un programme de contrôle technique, et un prestataire chargé de la planification (ordonnancement, planification, coordination). Pour les chantiers clos et indépendants, il doit également mettre en place une mission de coordination SPS (sécurité et protection de la santé). Cette coordination établit notamment un plan général de coordination de la sécurité et de la protection de la santé.

Le maître d'œuvre développe le projet au niveau technique et décide de son attribution possible (organisation en groupes, pièces détachées ou entreprise générale, etc.). Fixe les pièces contractuelles nécessaires au bon déroulement du projet: documentation commerciale ou projet de contrat, calendrier de travail, cahier de clauses administratives spécifiques (CCAP), cahier de clauses techniques spéciales (CCTP), documentation technique, plans, listes de prix...

Les entrepreneurs attributaires des marchés organisent leurs chantiers en fonction des engagements définis dans les documents contractuels, en prenant en compte la

protection de la santé et de la sécurité des salariés (installations, organisation de l'exécution des travaux, modes opératoires, moyens et équipements appropriés...).

Tout se résume à la phase de l'avant-projet. C'est le moment où sont prises des options techniques de construction et de délais associés. En effet, la sécurité du site dépendra en partie sur la qualité de la préparation de ce projet par le maître d'œuvre.

3.6.2 Préparation du chantier par l'entreprise :

L'entreprise doit fournir un dossier de préparation de chantier pour le maître de l'ouvrage contenant les pièces suivantes :

- */ Planning personnel.
- */ Planning matériaux.
- */ Planning prévisionnel des travaux.
- */ Elaboration du WBS(work breakdown structure).
- */ Planning prévision des dépenses.
- */ Planning prévisionnel des recettes.

Installation du chantier :

Le chantier sera installé suivant un plan étudié par l'équipe de maître d'œuvre qui décide l'implantation des différents équipements et les personnes actives de ce projet (moyen de levage, équipes de ferrailles, pose des matériaux...)

Les marchés de travaux désignent les entrepreneurs chargés de la réalisation des installations ou équipements communs du chantier.

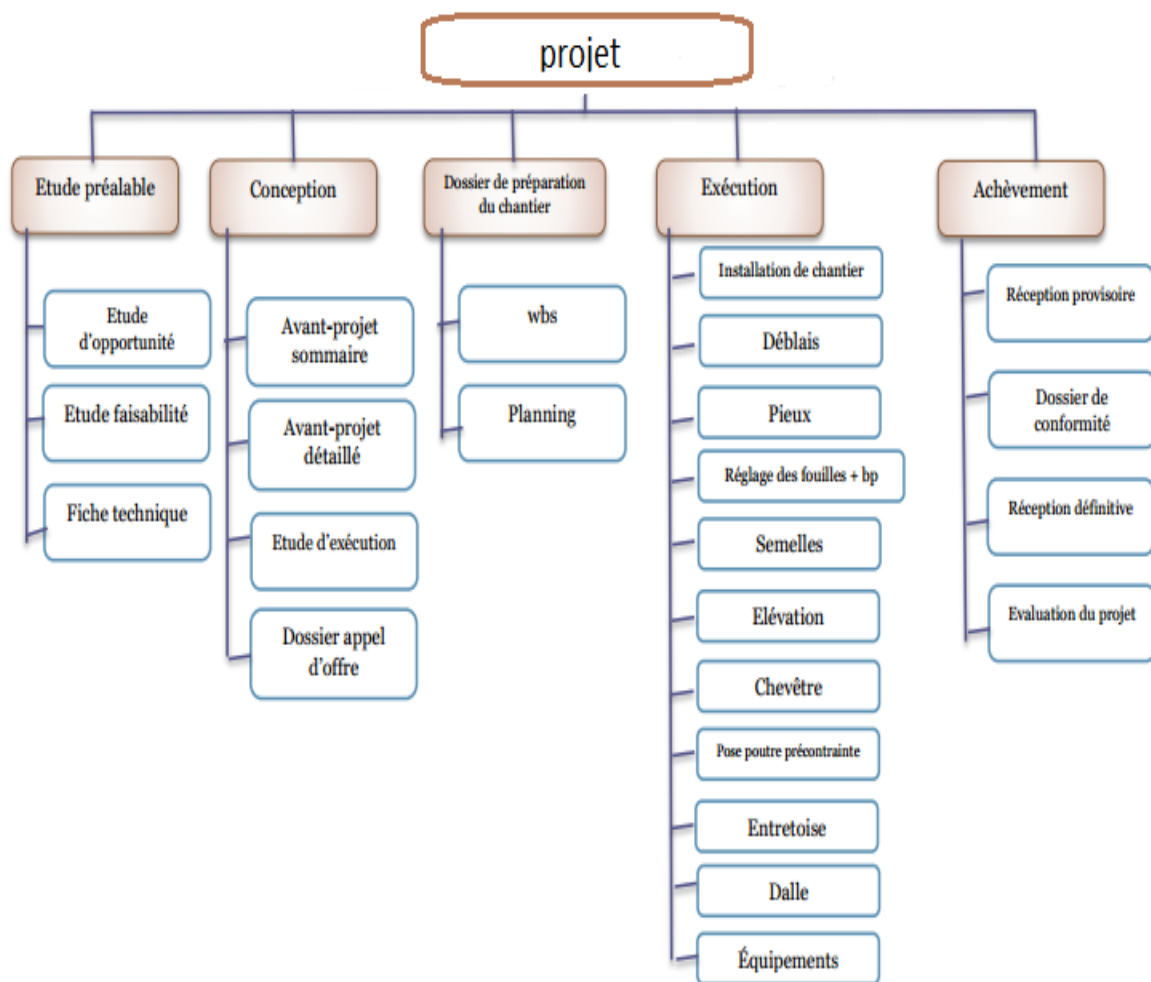


Figure 13: un prototype d'un wbs (work breakdown structure).

Phase	Lancement du projet	Maitrise d'œuvre	Réalisation des travaux	Achèvement et clôture
Étapes	1) Etude d'opportunité et faisabilité. 2) Accord du ministère. 3) Détermination des besoins. 4) Lancement de l'appel d'offre maîtrise d'œuvre. 5) Evaluation des offres et choix du maître d'œuvre.	1) Avant-projet. 2) Définition définitive du projet. 3) Lancement de l'appel d'offre réalisation des travaux. 4) Evaluation des offres et choix des entreprises. 5) Approbation des marchés	1) Lancement des travaux 2) Suivi des travaux. 3) Décomptes provisoires des travaux	1- Réception provisoire des travaux 2- Levé des réserves 3- Décompte général et définitif. 4- Réception définitif des travaux
Documents à livrer	1) Fiche technique. 2) Notification de l'opération. 3) Cahier De Charge. 4) Avis d'appel d'offre. 5) Convention avec le maître d'œuvre retenu.	1) Approbation de l'Esquisse 2) l' Avant-projet. 3) CDC et avis d'appel d'offre 4) Etablissement des conventions et marchés 5) Visas de comité des marché	1) ODS de commencement des travaux. 2) attachement, mises-en demeure, ODS d'arrêt. . . etc. 3) Factures et situations	1- PV de réception. 2- Attestation provisoire de bonne exécution. 3- Ordre de virement. 4- Attestation de bonne exécution.
Comités participants	1- Comité d'ouverture des plis 2- Comité d'évaluation des offres.	1- Comité de marché.	1- Trésorier	

Figure 14: Les documents à livrer entre les différents acteurs.

3.7 Conclusion :

Le projet doit être organisé de manière à ce que chaque partie prenante sache à quel rôle et correspond à chacune des autres parties prenantes pour éviter de dupliquer la tâche. Connaître exactement ses objectifs et les limites du domaine d'activité.

Cette transparence est une source de motivation pour toutes les parties prenantes: chacun se sent fortement impliqué dans le projet car chacun a un rôle.

4. Chapitre4: Réalisation d'un pont

4.1 Introduction

Après avoir terminé toutes les procédures étudiées et la conception en passe au verdict, la réalisation c'est une étape qui nécessite beaucoup de technologies et des ressources spécialisées. tenant compte de la qualité, la durée et toutes les exigences accordées précédemment entre le maître de l'ouvrage et l'entreprise de réalisation.

4.2 infrastructure :

4.2.1 La réalisation des fondations profondes (pieux forés) :

La méthode connue d'exécution des pieux commence par le forage, l'introduction des cages d'armatures, bétonnage et recépage (Figure N°26).

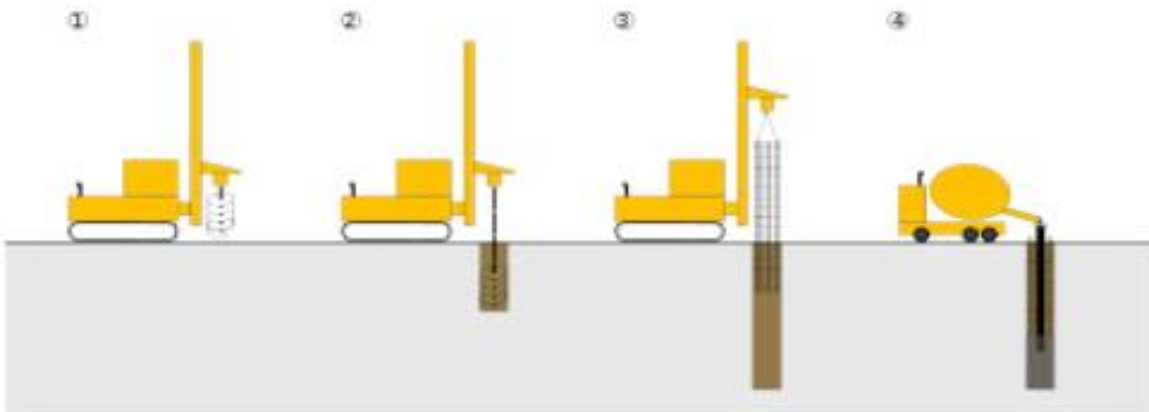


Figure 15: exemple de la réalisation des fondations (pieux forés)

Les étapes sont les suivantes :

Façonné la cage de ferrailage qui est constituée des aciers longitudinaux et des cercles, Des tubes d'auscultation soniques sont introduits et scellés dans la cage d'armature.

Après en fait le forage qui se fait grâce à une foreuse qui permet de faire des excavations du sol. Ensuite une étude géotechnique du sol et un nettoyage du fond du pieu est fait.

Ensuite on introduit la cage de ferrailage dans le trou et on passe au bétonnage de bas en haut.



Figure 16 : ferrailages des cagesfigure



Figure 17 : Des tubes d'auscultation soniques

4.2.2 La réalisation des semelles :

Après l'installation du pieu, il est nécessaire de réaliser l'ouverture pour l'excavation de la semelle, qui répartira la charge due à la superstructure sur le pieu et le pieu au sol.



Figure 18: réalisation de semelle

Habituellement, un nettoyage est nécessaire pour retirer la tête du pieu pour atteindre le niveau bas du fond avant que le pieu ne soit effectué. Cette opération est appelée nettoyage du pieu.

Après excavation et préparation du revêtement de semelle selon la taille choisie dans l'étude, une couche de béton propre d'une épaisseur de 10 à 15 cm est installée pour assurer la consolidation du béton et un renforcement facile.

Renforcez les semelles selon les plans de génie civil, puis formez le coffrage, et enfin coulez le béton seulement.

4.2.3 Réalisation des appuis (piles et culée) :

Pile :

La pile du pont est l'élément vertical central qui supporte la charge du tablier du pont et le transmet à la fondation, on a deux sort : pile pleine pile évidée

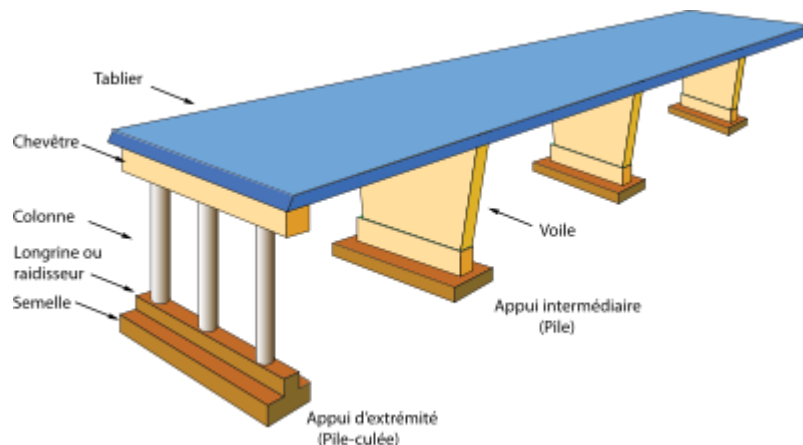


Figure 19: pile pleine et pile évidée

Les ferrillages sont préfabriqués dans l'atelier, sont transportés et stockés près des piles.

Afin d'assurer la sécurité pour les piles hautes il faut éviter l'élévation des ferrillages car on risque de blessures sur chantier par effet de vent.

Le ferrillage est installé par la grue et puis des ouvriers les attachent avec du fil ou en point de soudure.

Ensuite on passe au coffrage qui est sous forme de panneaux serrés entre eux lors de leur montage pour empêcher la sortie de la laitance, et donc éviter une éventuelle ségrégation du béton.

Enfin le coulage de béton en assurant un enrobage de 3 cm entre le ferrillage et le coffrage.

4.2.3.1 La culée :

La culée du pont est l'élément vertical à l'extrémité du pont supportant le bord. Chaque pont à deux culées par conséquent le nombre de piles est (0-infini).

Le ferrailage est fait sur place puis on fait un coffrage non vue qui irrécupérable est un coffrage des autre cotes après on fait le bétonnage.



Figure 20: ferrailage de la culée



Figure 21: coulage de la culée

4.2.3.2 La dalle de transition :

Après avoir mettre le remblai derrière culée on fait une dalle de transition on faisons un béton de propreté puis un coffrage et on colle le béton.

Enfin on fabrique les des d'appuis et on met des socles parasismiques.

4.3 superstructure :

4.3.1.1 installation des appareils d'appuis :

Après décoffres les des d'appuis en installe les appareils d'appuis, ces dernier joue le rôle d'amortissement des chocs transmise par les poutres vers l'infrastructure.



Figure 22: appareil d'appuis

4.3.1.2 pose de poutres préfabriquées :

Les poutres sont préfabriquées en béton précontrainte soit par l'entreprise qui réalise l'ouvrage où acheter d'une autre entreprise.

Cette étape est très délicate donc elle nécessite des ressources spécialises (grue ,brigade topographique...).



Figure 23 : pose d'une poutre préfabriquée

4.3.1.3 Collages des entretoises :

Sont coulés sur place avec un coffrage et ferrailles étudiés.



Figure 24: ferrailles des entretoises



Figure 25: coffrages des entretoises

4.3.1.4 pose des prés-dalles :

Sont des dalles préfabriquées posées entre les poutres pour supporter le ferrailage de l'hourdis.

hourdis :

Après avoir pose les prés-dalle en pose le ferrailage de l'hourdis puis coule le béton dutablier.

Figure 26:mise en place de ferrailages d'hourdis



4.4 Equipements :

Enfin la dernière étape de réalisation la pose de tous les équipements qui composent la couche de roulement :

Le revêtement des tabliers.

Les trottoirs

Les dispositifs de retenues

Les joints de chaussées

Les systèmes d'évacuation des eaux

Les corniches.

Autres équipements divers (l'éclairage, la signalisation).



Figure 27:les joints de pose



Figure 28: les dispositifs de retenus ou glissière



Figure 29: les trottoirs

Ces équipements ont plusieurs rôles :

La sécurité (bordures des trottoirs, dispositifs de retenues, grilles).

La protection et la maintenance des éléments structurales (étanchéité, évacuation des eaux).

Le bon fonctionnement de la structure (appareils d'appui et joints de chaussées).

Le confort de la chaussée (dalle de transition, joint de chaussée).

L'esthétique (corniche et garde-corps).

La possibilité de visite et d'entretien du pont (échelles, portes, passerelles).

4.5 Mise en service du projet :

Lorsque la réalisation du pont et finis la mission de l'entreprise n'est pas terminer, des essais sont exercé sur le pont, comme dans notre pays il y a un seule essai c'est de charger le pont avec des camions très lourds et chaque déformations et mesure par une brigade topographique puis comparé avec la flèche admissible du pont.



Figure 30:essai de chargement avec camion lourds

4.6 Conclusion :

La réalisation des projets doit suivre les taches dont on a parlé et consiste une bonne planification pour arrive au but souhaiter.

5. Conclusion générale :

Cette étude nous a permis d'avoir un aperçu sur le processus de conception et de réalisation d'un Pont .

La conception d'un pont résulte d'une démarche importante dont l'objectif est l'optimisation technique et économique de l'ouvrage vis-à-vis de l'ensemble des contraintes naturelles et fonctionnelles imposées. Un certain nombre d'exigences de durabilité et de qualité architecturales ou environnementales y sont intégrées, ainsi que les avancées technologiques en termes de matériaux, de méthodes de construction, de création et de moyens de calcul. De façon générale, la démarche de conception d'un pont comprend trois étapes ; le recueil des données fonctionnelles et naturelles, le choix d'une structure répondant aux exigences et l'étude détaillée de la solution retenue. Il revient à l'ingénieur de tirer le meilleur parti des matériaux et de limiter les aléas possibles lors de l'exécution.

Aussi dans la phase de construction et réalisation, les travaux peuvent être à la base d'une perturbation de la circulation des véhicules et des piétons qui augmente les risques d'accident liés aux déplacements des engins et véhicules du chantier. Tout comme sur les voies de déviation, qui seront encombrées ou inondées pendant les saisons des pluies. Les travaux peuvent provoquer éventuellement des déplacements de réseaux (électriques, téléphoniques et des conduites d'eau) ainsi que la destruction d'habitats et l'arrachage d'arbres sur les abords de l'ouvrage existant. La pollution sonore sera relativement important pendant les travaux. Des engins de terrassement, de transport, de décapage, de bitumage seront la source d'une gêne temporaire et locale pour les populations riveraines. Les poussières peuvent affecter les populations riveraines avec des risques de maladies respiratoires ect...

La Phase d'exploitation étant donné que les travaux prévus ne concernent que la reconstruction d'un ouvrage déjà existant, donc intégré dans son environnement naturel, le projet n'affectera pas les habitats naturels, la faune et la flore. Le projet n'a pas d'impact négatif sur les parcs naturels, des réserves de la biosphère ou des zones sensibles ou protégées. Milieu humain : Il ne comportera que des nuisances pour les populations riveraines se limitant à la pollution générée par un trafic graduellement plus élevé, à des risques d'accidents pour les piétons au regard de la traversée plus longue de la route et ect...

Nous espérons avoir atteint notre objectif qui était celui de réaliser un pont en béton armé afin d'harmoniser les trois impératifs du calcul d'un projet de construction à savoir la stabilité, l'économie e

t l'esthétique de l'ouvrage.