

Mémoire pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN INGÉNIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

INGENIEUR ZiE - Option : GENIE CIVIL

PATHOLOGIE, EVALUATION ET REPARATION DE PONTS EN BETON ARME

**ETUDE DE CAS : OUVRAGES SUR LE TRONÇON ATAKPAME – KARA
DE LA ROUTE NATIONALE N°1 AU TOGO**

Présenté et soutenu publiquement le 08 Juin 2011 par

TANKEU NDANGA Tatiana Sylviane

Superviseurs :

M. Paul Kossi AKOUNONA

Directeur Général

M. TIDJANI-SERPOS Rafiou Ayila

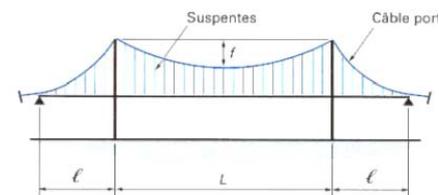
Directeur des Etudes Techniques

DECO – Ingénieurs Conseils

Dr. Raffaele VINAÏ

Responsable UTER ISM

Enseignant permanent au ZiE



Jury d'évaluation :

Président : Dr GUEYE Ismaïla

Membres : Dr Raffaele VINAÏ

M. REYNAUD

DEDICACE

You are the First and the Last
You are the Alpha and the Omega
You are the Beginning and the End
You are my Salvation, my Freedom

The One, worthy of all the Praises

You are the Name above all names
You are the Lamb that was slain
You are the Author of love
You are the First and the Last

REMERCIEMENTS

« *La fin d'une chose valant mieux que son commencement* », nous tenons à exprimer ici notre reconnaissance à toutes ces personnes qui, de près comme de loin, ont contribué au bon déroulement de notre formation et à la création du produit final que représente ce mémoire de fin d'études.

Notre gratitude s'adresse particulièrement à :

- M. **Paul Kossi AKOUKONA**, Directeur Général du Cabinet DECO – Ingénieurs Conseils, qui a proposé le thème de mémoire, pour m'avoir accueilli au sein de sa structure ;
- M. **Rafiou Ayila TIDJANI-SERPOS**, Directeur des Etudes Techniques à DECO et Maître de stage, pour m'avoir fourni tous les documents et données disponibles et nécessaires pour l'étude ; pour sa disponibilité, ses conseils et le suivi qu'il m'a accordé durant mes travaux ;
- M. **Raffaele VINAÏ**, Enseignant au ZiE et Tuteur pédagogique, pour son assistance à travers les remarques, suggestions et orientations reçues tout au long de la rédaction de ce mémoire ;

Nous remercions également :

- M. **Idrissou NABILOU**, M. **Adalgice NADJO**, M. **Ismail AROUNA**, et dans la même lancée toutes les personnes présentes à DECO durant notre période de stage pour l'accueil chaleureux, le cadre de travail agréable, l'harmonie et les encouragements perpétuels dont ils ont été les auteurs ;
- M. **Ismaila GUEYE** et avec lui toute **l'équipe pédagogique du ZiE**, plus particulièrement le département Infrastructures et Sciences des Matériaux pour tous les outils mis à notre disposition durant la formation ces deux dernières années, qui nous ont aidé à relever les défis rencontrés en phase terminale ;

Enfin, notre reconnaissance à :

- Nos parents, frères et sœurs des familles **CHIMI, NDANGA** et **TANKEU**;
- Les familles **OUANDAOGO** et **AMISSAH** pour avoir été pour nous des foyers d'accueil à Ouagadougou et à Lomé ;
- Nos frères **Gaël NDANGA** et **Eliane NDANGA** qui m'ont précédé sur cette voie : Merci pour le soutien moral et spirituel indéfectible ;
- Nos compagnons de route et frères d'armes : **Armelle, David, François, Guy alain** et **Michel**, qui nous ont aidé à aller au-delà des limites pour donner en tous temps le meilleur de nous ;
- Nos frères et sœurs de la grande famille de Christ, et plus particulièrement de la **CPE-ZiE** ;
- L'ensemble des étudiants du ZiE et particulièrement la **3^{ème} promotion de Master**, avec lesquels nous avons passé deux belles années pleines d'harmonie, d'ambiance et de paix au sein de l'Institut.

Remerciements

Par : **TANKEU NDANGA**
Tatiana Sylviane

3^{ème} promotion Master d'Ingénierie option Génie Civil

Projet soutenu le **08 Juin**
2011



Auteur : **Tatiana Sylviane TANKEU NDANGA**

Encadreur interne : **M. Raffaele VINAÏ**

Encadreur externe : **M. TIDJANI-SERPOS**
Rafiou Ayila (DECO – Ingénieurs Conseils)

Thème : Pathologie, évaluation et réparation de ponts en béton armé

Etude du cas : Ouvrages sur le tronçon Atakpamé – Kara de la route nationale n°1 au Togo.

RESUME

Afin d'assurer le maintien d'une liaison routière permanente entre le Togo (port de Lomé) et les pays de l'arrière-pays (Burkina Faso, Niger et Mali), le Gouvernement Togolais grâce à l'appui de l'UEMOA, a initié le projet de réhabilitation de tous les ouvrages de franchissement du tronçon de route Atakpamé-Blitta-Sokodé-Kara, situé sur la nationale n°1 au Togo.

Les études menées dans le cadre de ce mémoire de fin d'études et durant la phase de l'APS pour le projet, devraient permettre la mise à niveau de la sécurité et de la fiabilité structurale des ouvrages de type pont recensés.

Pour atteindre cet objectif, une étude a été réalisée concernant les différentes pathologies affectant les ponts en béton armé, mais aussi les voies et moyens nécessaires pour l'évaluation et la réparation des ouvrages affectés. Les résultats de ce travail ont aidé non seulement pour la réalisation du diagnostic et la vérification de l'état structurel des ouvrages recensés sur le tronçon de route Atakpamé-Kara, mais aussi pour la proposition de solutions de réparation les mieux adaptées aux désordres observés.

Sur les 54 ponts examinés, l'inspection visuelle détaillée a démontré, que les défauts apparents sur les parements des ouvrages représentent environ 90% des anomalies observées. Le fonctionnement structurel n'est cependant pas à remettre en cause ; mis à part le cas d'un des ouvrages sur le tronçon Blitta-Sokodé qui se trouve dans un état de désintégration généralisée. Des interventions spécifiques visant notamment le remplacement d'un bon nombre d'équipements et le renforcement des fondations permettront de remettre en état tous les ouvrages examinés.

Mots clés :

Diagnostic ; désordres ; évaluation et réparation des ponts ; inspection visuelle détaillée ; pathologies des ponts en béton armé.

Résumé

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

Par : **TANKEU NDANGA**
Tatiana Sylviane

3^{ème} promotion Master d'Ingénierie option Génie Civil



Author : **Tatiana Sylviane TANKEU NDANGA**

Responsible Professor : **M. Raffaele VINAI**

External coach : **M. TIDJANI-SERPOS**
Rafiou Ayila (DECO – Ingénieurs Conseils)

Topic: Pathology, assessment and reparation of reinforced concrete bridges

Case of the bridges on the section Atakpamé-Kara on national road n°1 in Togo.

ABSTRACT

In fact to maintain a permanent road link between Togo (Lomé port) and the hinterland's countries (Burkina Faso, Niger and Mali), the Togolese Government with the support of the UEMOA, initiated the project of rehabilitation of all the bridges of the road section Atakpamé-Blitta-Sokodé-Kara, located on the national road n°1 in Togo.

Studies conducted in the framework of this dissertation study and during the APS phase for the project should enable the upgrade of security and reliability of structural bridge type structures identified.

To achieve this, a study was conducted on various diseases affecting the reinforced concrete bridges, but also the methods and equipment which are necessary for the evaluation and reparation of affected structures. The results of this work not only helped to develop the diagnosis and verification of the structural condition of the bridges listed on the stretch of road Atakpamé-Kara, but also for proposing solutions of reparation which are best suited to the disorders observed.

For the 54 bridges reviewed, the detailed visual inspection showed that defects on the bridge's faces represent about 90% of the disorders observed. In conclusion, the structural functioning is not compromise, apart the case of one bridge on the stretch Blitta-Sokodé which is in a generalized state of disintegration. Specific interventions including replacement of many bridge's equipment and the reinforcement of foundations, will restore all the bridges reviewed.

Keywords :

Diagnosis; disorders; assessment and repair of bridges; detailed visual inspection; pathology of reinforced concrete bridges.

Abstract

Projet soutenu le **08 Juin**
2011

Par : **TANKEU NDANGA**
Tatiana Sylviane

3^{ème} promotion Master d'Ingénierie option Génie Civil



SOMMAIRE

DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
RÉSUMÉ	iv
ABSTRACT	v
SOMMAIRE	1
LISTE DES TABLEAUX	3
LISTE DES ILLUSTRATIONS	4
SIGLES ET ABBREVIATIONS	5
INTRODUCTION	6
CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DE L’ETUDE	7
I.1. PRESENTATION DU CADRE DE L’ETUDE.....	7
I.2. PROBLEMATIQUE DE L’ETUDE.....	10
CHAPITRE II : GENERALITES SUR LA PATHOLOGIE DES OUVRAGES D’ART	13
II.1. ORIGINES DES DESORDRES.....	13
II.2. PRINCIPAUX DESORDRES RENCONTRES.....	15
CHAPITRE III : PRINCIPES POUR L’EVALUATION ET LA REPARATION DE PONTS EN BETON ARME	18
III.1. EVALUATION DES OUVRAGES.....	18
III.2. REPARATION OU RENFORCEMENT D’UN PONT EN BETON ARME.....	22
CHAPITRE IV : CAS DES OUVRAGES DU TRONCON DE ROUTE ATAKPAME-KARA SUR LA RN1 AU TOGO	24
IV.1. ETUDE DESCRIPTIVE.....	24
IV.2. DIAGNOSTIC DES OUVRAGES.....	25
IV.3. QUANTITATIF ET ESTIMATIF DES INTERVENTIONS.....	40
IV.4. ANALYSE DES RESULTATS.....	41
CONCLUSION GENERALE	44
RECOMMANDATIONS	45

BIBLIOGRAPHIE	46
WEBOGRAPHIE	46
ANNEXES	47

Sommaire

Par : **TANKEU NDANGA**
Tatiana Sylviane

3^{ème} promotion Master d'Ingénierie option Génie Civil

Projet soutenu le **08 Juin**
2011

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Sectionnement du projet en lots	9
Tableau 2 : Résumé des principaux instruments de mesure employés sur les ouvrages d'art.....	21
Tableau 3 : Principales méthodes de réparation/renforcement de ponts en béton armé	23
Tableau 4 : Récapitulatif des ouvrages de type pont sur le projet.....	24

Liste des tableaux

Par : TANKEU NDANGA
Tatiana Sylviane

3^{ème} promotion Master d'Ingénierie option Génie Civil

Projet soutenu le **08 Juin**
2011

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Situation suite à l'effondrement du pont d'Amakpapé.....	8
Figure 2 : Situation géographique du tronçon de route soumis à l'étude.....	10
Figure 3 : Dégradations sur la chaussée	26
Figure 4 : Défauts dus à un cheminement à travers le béton	27
Figure 5 : Défauts d'aspect n'affectant que l'esthétique	27
Figure 6 : Défauts affectant le béton d'enrobage des armatures.....	28
Figure 7 : Défaut de géométrie et traces de rouille sur ouvrages	29
Figure 8 : Dégradation des joints de chaussée.....	31
Figure 9 : Dispositifs de retenue.....	32
Figure 10 : Appareils d'appui	33
Figure 11 : Evacuation des eaux.....	34
Figure 12 : Etat des protections des ouvrages.....	35
Figure 13 : Végétation envahissante.....	37
Figure 14 : Dégradations sur l'ouvrage d'art n° 31	38

Liste des illustrations

SIGLES ET ABBREVIATIONS

A.P.D.	: Avant-Projet Détaillé
A.P.S.	: Avant-Projet Sommaire
D.A.O.	: Dossier d'Appel d'Offres
DE.CO.	: Design and COntrol
E.P.I.	: Equipement de Protection Individuelle
G.P.S.	: Global Positioning System
M.E.E.D.A.T	: Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
P.K.	: Point Kilométrique
R.N.	: Route Nationale
S.E.T.R.A.	: Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
U.E.M.O.A.	: Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine

Sigles et abréviations

Par : **TANKEU NDANGA**
Tatiana Sylviane

3^{ème} promotion Master d'Ingénierie option Génie Civil

Projet soutenu le **08 Juin**
2011

INTRODUCTION

Les ponts vieillissent, mais compte tenu de leur importance sociale, ils doivent être l'objet de soins particuliers pour qu'ils puissent assurer leurs fonctions pendant la durée de vie qui leur a été assignée. Ce sont en effet des ouvrages, qui, même s'ils ne présentent pas tous un aspect architectural, constituent des vecteurs économiques, de transports et de sécurité, construits dans le but d'assurer un service alliant haut niveau de qualité, sécurité et fiabilité.

Au vu du temps et des forts investissements consentis pour leur construction, la fermeture même temporaire, pour une opération d'entretien ou de réparation ou dans le cas plus grave la destruction de ces ouvrages, bouleverserait de façon sensible les activités des divers usagers, et dans un plus grand ensemble celle du pays tout entier.

Les ponts ne sont pas toujours en bon état, et il n'est pas aisé de diagnostiquer une pathologie, puis de prescrire le bon remède. Ainsi, depuis plusieurs années, la gestion du patrimoine suggère que l'on surveille, ausculte et évalue, de manière régulière, l'ensemble du parc d'ouvrage d'art. Le premier objectif est d'assurer la sécurité des utilisateurs. Ensuite la gestion du patrimoine doit permettre de respecter voire d'allonger la durée de vie des ouvrages.

Dans le cadre du projet de réhabilitation et de renforcement des ouvrages d'art du tronçon Atakpamé-Blitta-Sokodé-Kara long de 253 km sur la Route Nationale n°1 (RN1) au Togo, la révision des études techniques et des DAO confiée au Cabinet DECO, a conduit à un examen systématique de tous les ouvrages de type ponts recensés.

Le présent mémoire subdivisé en quatre chapitres se propose de présenter l'essentiel des travaux effectués relatifs aux ponts en béton armé dans le cadre de ce projet. Après une situation globale de la problématique de l'étude, deux chapitres plus théoriques donneront un aperçu de l'état de l'art concernant la gestion des ouvrages ; les principaux types de désordres affectant les ponts seront abordés en essayant de recouper causes et conséquences. Par la suite, nous nous intéresserons plus en détail aux méthodes et outils, à disposition, pour évaluer et gérer le parc d'ouvrages. Enfin, le dernier chapitre tiendra lieu de recueil des principaux résultats obtenus au terme de l'étude de cas menée sur les ouvrages soumis à notre examen.

Introduction

Projet soutenu le **08 Juin**
2011

Par : **TANKEU NDANGA**
Tatiana Sylviane

3^{ème} promotion Master d'Ingénierie option Génie Civil

CHAPITRE I . PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE

Les ouvrages d'art de type pont sont construits pour une durée de vie avoisinant la centaine d'années. Durant cette période et ce pour assurer leurs fonctions, ils doivent être maintenus dans un niveau de service acceptable permanent grâce aux différentes opérations d'entretien.

Cependant, soumis à l'action conjuguée des variations climatiques, du trafic (croissance et agression des essieux surchargés), et bien sûr du temps, ces ouvrages présentent des signes de fatigue - fissures et déformations - qui, amplifiés en cas d'absence d'interventions spécifiques donnent naissance à des désordres pouvant conduire à leur destruction.

C'est dans le but de parer à cette issue, qui s'avèrerait d'ailleurs catastrophique, qu'il a été confié au Consultant DECO, la revue des études en vue de la réhabilitation et du renforcement des ouvrages d'art du tronçon de route Atakpamé – Kara sur la Nationale n°1 au Togo.

I.1. PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE

I.1.1. Contexte général du projet

Agés de plus de vingt cinq ans (25), les ouvrages de franchissement situés sur la RN1 ont été construits dans les années 1970, pendant que celle-ci était l'objet de travaux d'aménagement devant lui permettre de répondre aux normes standard d'une route structurante. Depuis lors, mis à part les rares opérations d'entretien courant, ces ouvrages n'ont plus été l'objet de travaux.

Tandis que la question de l'entretien de ces infrastructures routières se posait de plus en plus, plusieurs d'entre elles, longtemps abandonnées sans maintenance ni réparation (probablement à cause du manque d'investissements adéquats), comme d'un commun accord, ont lâché l'une après l'autre : en tous, onze (11) ponts se sont écroulés lors des pluies diluviennes qui se sont abattues sur le Togo en Juillet 2008.

Le plus spectaculaire était de loin celui d'Amakpapé : situé à 70 Km environ de la ville de Lomé sur la RN1, sa destruction à la suite des inondations, a divisé le Togo en deux, empêchant de ce fait les échanges et toute communication entre le Nord et le Sud du pays ; ce qui a non seulement causé de nombreux désagréments dans le déplacement des populations togolaises et celles de la sous-région ouest africaine, mais cette situation a eu une forte incidence économique.

En effet, la RN1 représente le principal corridor d'accès et d'échanges interurbains sur le plan intérieur entre le Togo (port de Lomé) et les pays de l'hinterland notamment le Burkina Faso, le Niger et le Mali ; son importance dans l'économie nationale et sous régionale est évidente.



a) Vue d'ensemble de l'ouvrage effondré (circulation interrompue)



b) Voie ferrée (passage de fortune) empruntée par les usagers pour circuler

Figure 1 : Situation suite à l'effondrement du pont d'Amakpapé

A la suite de ces événements, le Gouvernement Togolais a dû prendre des mesures rapides et efficaces pour rétablir le trafic et remettre en état les ouvrages détruits. La conclusion faite qu' « il est plus facile et moins coûteux d'entretenir que de construire », cet épisode aura servi à déterminer la volonté du Gouvernement Togolais de réaliser des études sérieuses sur l'ensemble des ouvrages de franchissement du réseau routier national (en priorité sur la RN1), en vue de :

- Identifier ceux présentant des niveaux critiques ;
- Définir les solutions de renforcement et prévoir les financements à mobiliser.

I.1.2. Objectifs du projet

L'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) a entrepris un vaste programme de développement des infrastructures de transport en vue d'améliorer la compétitivité des économies des états membres de la sous-région en rendant les échanges inter-régionaux plus fluides. C'est dans ce cadre que le projet relatif aux « études techniques en vue de la réhabilitation et du renforcement des ouvrages d'art du tronçon Atakpamé-Blitta-Sokodé-Kara sur la RNI » a été initié.

Ce projet, qui prévoyait l'examen systématique de tous les ponts sur le tronçon sus indiqué, s'inscrit dans le Programme prioritaire du Gouvernement Togolais en matière d'infrastructures routières, dont les principaux objectifs visent à :

- Améliorer la praticabilité du tronçon par l'augmentation du niveau de service afin de maintenir une liaison routière permanente entre le Togo (port de Lomé) et les pays de l'hinterland (Burkina Faso, Niger et Mali) ;
- Diminuer le temps de parcours des personnes et des biens ;
- Augmenter le trafic routier ;
- Favoriser l'intégration régionale.

I.1.3. Localisation géographique du projet

L'étude couvre les régions des Plateaux, Centrale et de la Kara. La zone du projet est encadrée par les coordonnées géographiques suivantes :

- Latitude entre 7°32' et 9°32' Nord
- Longitude entre 0°58' et 01°14' Est.

L'ensemble du projet a été subdivisé en trois sections homogènes comme suit :

Tableau 1 : Sectionnement du projet en lots

Lot	Tronçon	Longueur (Km)
1	Atakpamé-Blitta	102,4
2	Blitta-Sokodé	81,7
3	Sokodé-Kara	68,8
Longueur totale (Km)		252,9

L'itinéraire en étude est présenté sur la carte ci-dessous :

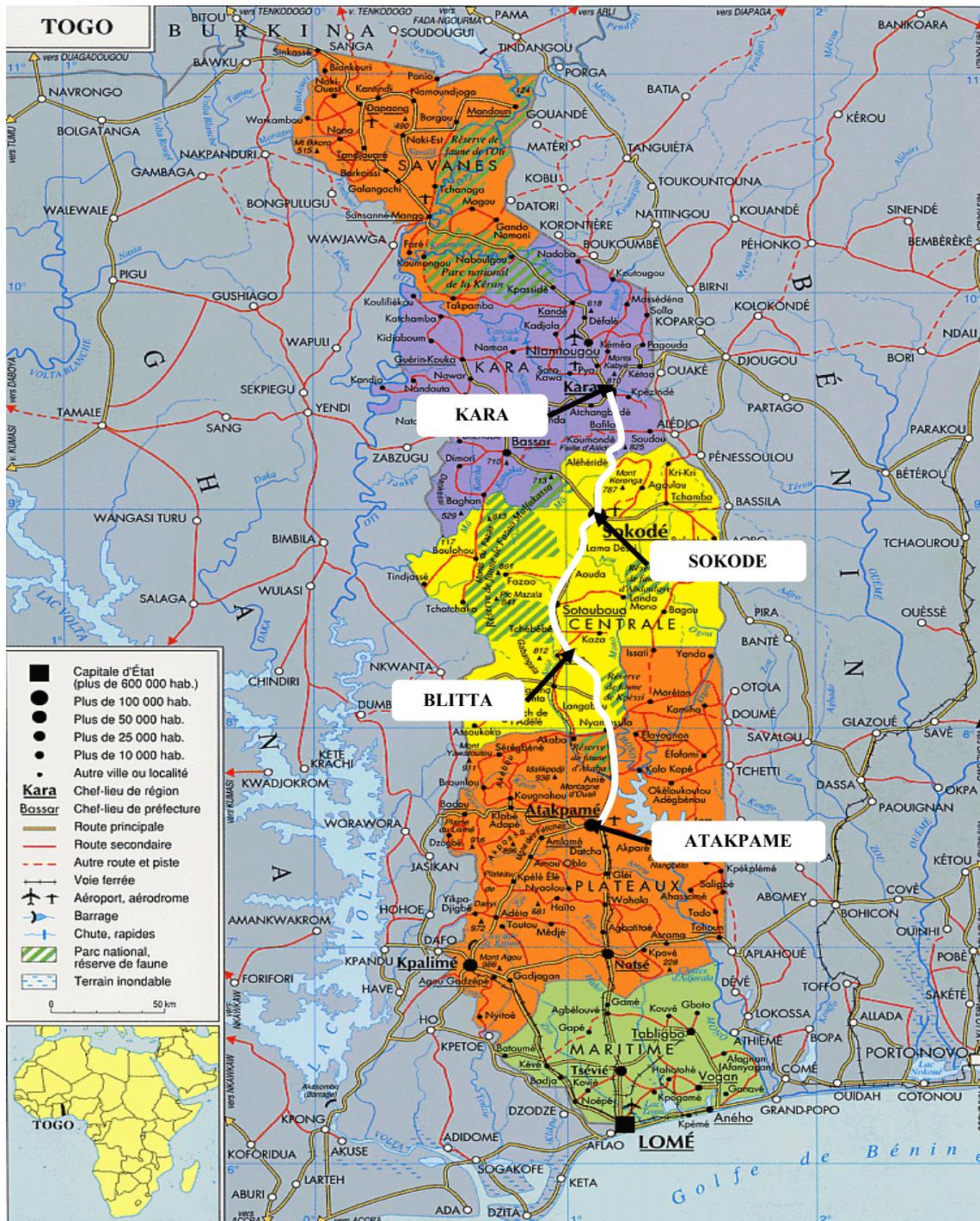


Figure 2 : Situation géographique du tronçon de route soumis à l'étude

1.2. PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE

Afin d'atteindre les objectifs définis plus haut pour ce projet, notre étude devra permettre la mise à niveau de la sécurité et de la fiabilité des ouvrages d'art de type pont rencontrés.

I.2.1. Objectifs spécifiques

- Effectuer un diagnostic détaillé des ouvrages d'art ;
- Proposer les meilleures solutions de réhabilitation sur les plans technique et fonctionnel ;
- Estimer le coût des travaux prévus.

I.2.2. Résultats attendus

Au terme de cette étude, les principaux résultats attendus sont les suivants :

- Le répertoire de l'ensemble des ouvrages d'art du tronçon d'étude, avec une description détaillée du niveau de dégradation ;
- Des propositions de solutions techniques possibles de remise en état ;
- Devis quantitatif et estimatif des interventions projetées.

L'obtention de ces résultats demande une connaissance de l'ensemble des pathologies des ouvrages d'art, et des moyens et outils disponibles pour les évaluer et les réparer. Dans cet ordre d'idées, il était aussi question pour nous de présenter un état de l'art en la matière de gestion des ouvrages d'art.

I.2.3. Méthodologie

En tenant compte de tous les aspects de l'étude, la démarche méthodologique adoptée est la suivante :

a. Recherche documentaire

Elle a consisté à la recherche de documents et de textes centrés sur la thématique de la maintenance et de la réparation des ponts en béton armé. Cette recherche s'est soldée par l'obtention d'ouvrages exposant les défauts apparents des ouvrages en béton armé, les moyens d'évaluation des ponts et les réglementations en termes d'entretien et de surveillance des ouvrages d'art.

b. Collecte des données

Il s'agissait de regrouper toutes les données disponibles liées au projet. Ainsi, nous avons obtenu :

- Le mémoire technique d'APS des études préalablement menées sur les mêmes ouvrages en 2008 ;
- L'ensemble des résultats obtenus lors de la mission d'inspection des ouvrages. Il s'agit essentiellement d'images photographiques, de données de localisation géographique (GPS) et de caractéristiques géométriques des ouvrages avec une première description des dégradations.

L'exploitation de ces données et des éléments tirés de la documentation disponible a permis la réalisation des études proprement dites.

c. Réalisation des travaux

En fonction des objectifs spécifiques fixés et des résultats attendus au terme de cette étude définis plus haut, les travaux menés ont essentiellement consisté en :

- La création d'un aide-mémoire en matière de gestion des ponts : origine et classification des différentes dégradations, méthodes et moyens d'évaluation et procédés de réparation ;
- L'identification des images photographiques récupérées sur le terrain : dénomination, affectation aux ouvrages correspondants ;
- L'identification des dégradations présentes sur les ouvrages recensés ;
- La proposition de solutions de réparation/réhabilitation adéquates ;
- L'estimation quantitative et financière des travaux projetés.

Tous ces points seront tour à tour détaillés dans ce qui suit pour permettre la compréhension de la thématique de notre étude, et tout son intérêt.

CHAPITRE II . GENERALITES SUR LA PATHOLOGIE DES OUVRAGES D'ART

Dès leur mise en service, les ouvrages de tous types entrent dans un processus de vieillissement qui durera toute leur vie. Les ponts, en particulier, peuvent connaître des désordres de gravité très variable dont les causes sont multiples. Ces désordres, qui apparaissent au niveau des matériaux et de la structure, ont des conséquences sur la stabilité et la longévité de l'ouvrage. Connaître l'origine de ces désordres permettra dès lors de mieux concevoir et construire les ouvrages, mais aussi de trouver des solutions adéquates pour les réparer.

Nous proposons ici les origines probables des principaux désordres suivis d'une classification des plus fréquemment observés pour faciliter l'exposé dans le chapitre suivant, des méthodes permettant de les caractériser et de les traiter au mieux.

II.1. ORIGINES DES DESORDRES

Les actions variables (du trafic et climatiques) et/ou accidentelles sont en grande partie responsables de la dégradation des ouvrages, mis à part les défauts aux moments de la conception et de la construction qui peuvent aussi être des causes d'apparition des désordres.

II.1.1. Erreurs de conception

Les erreurs les plus fréquentes concernent le poids propre de la structure : masse volumique du béton et poids des équipements sous-estimée, erreurs de métrés et « oubli » du poids de certaines pièces.

Au cours de la vie d'un ouvrage, le poids de certains équipements peut évoluer de façon significative. Dans le cas d'un pont routier par exemple, la couche de roulement de la chaussée peut être rechargée. Egalement, nous pouvons noter la non-prise en compte des risques de corrosion dans la conception : absence de chape d'étanchéité, évacuation des eaux mal conçue provoquant des ruissellements sur les poutres, joints de chaussée laissant l'eau ruisseler sous le tablier.

II.1.2. Erreurs d'exécution

D'une façon générale, les erreurs d'exécution sont dues à une insuffisance des documents d'exécution, entraînant des improvisations aux conséquences souvent graves, ou bien à des failles dans l'organisation ou le contrôle de la qualité, ou encore au non-respect de certaines règles de l'art. De nombreux désordres sont dus à des plans de ferrailage incomplets ou « illisibles » parce que l'on a voulu mettre l'ensemble de l'information nécessaire à l'exécution sur un seul dessin ou parce qu'une partie d'ouvrage a été représentée à l'échelle d'un timbre-poste.

Dans les cas courants, c'est la qualité de mise en œuvre des différents matériaux qui est principalement en cause. Sur le chantier, le béton peut être d'une qualité médiocre pour de multiples raisons : irrégularité de fabrication sur chantier, délais de transport non contrôlés depuis une centrale de béton prêt à l'emploi, reprises de bétonnage mal exécutées, mise en œuvre dans des coffrages mal nettoyés, ségrégation due à une hauteur de chute trop importante, etc.

II.1.3. Actions dues au trafic

Les ponts servent de support au trafic qui est l'une des causes majeures de leur vieillissement, tant par ses effets extrêmes que par ses effets répétitifs (fatigue). Le mode de transport ainsi que ses caractéristiques n'ont cessé de se modifier avec le temps : en effet, la vitesse des véhicules a augmenté. Face à cet état de chose, une inquiétude majeure se pose pour les anciens ouvrages dont les notes de calcul n'existent plus. Il est donc parfois difficile de savoir s'ils ont été dimensionnés pour supporter le trafic auquel ils sont soumis.

II.1.4. Actions dues au climat

Une fois construits, les ponts font partie intégrante du paysage et sont de ce fait soumis aux aléas de l'environnement qui les entoure. Trois facteurs essentiels sont à considérer : **la température, l'eau et le vent.**

a. La température

L'action de la température sur les matériaux est généralement bien connue : lorsque la température est élevée, elle est, par exemple, une des causes de la fissuration du béton en cours de durcissement du fait de son séchage naturel (fissuration due au retrait de dessiccation). À l'opposé, un bétonnage par temps froid, sans précautions particulières, engendre un risque de gel de l'eau du béton qui le détériore par expansion. Egalement, la forte augmentation de la vitesse d'hydratation du ciment crée des écarts de température entre le cœur des pièces coulées et leur surface, et accroît le risque de fissuration lors du refroidissement. L'acier est également sensible à la température : lorsque l'on fait varier la température d'une éprouvette d'acier soumise à un effort de traction, on constate une variation parallèle de ses caractéristiques de ductilité.

b. L'eau

L'eau est également une source de désordres pour les ouvrages. Pour les structures en béton, c'est l'infiltration de l'eau dans le matériau qui est néfaste (phénomène de gel/dégel, corrosion des armatures). Son action mécanique se manifeste également sur les structures à travers les phénomènes d'affouillement et d'abrasion. Ces phénomènes peuvent être dus à l'action des courants hydrauliques et à la présence d'obstacles dans le lit des cours d'eau qui sont à l'origine de l'érosion des protections des appuis et de

désordres dans les fondations. La présence de corps flottants comme les arbustes déracinés est à l'origine de chocs sur les parements des ouvrages.

c. Le vent

Son action sur les structures se manifeste de nombreuses manières : cela va de l'effet de dessiccation du béton frais en surface à la pression dynamique appliquée aux structures responsable de la fatigue et à leur mise en mouvement éventuelle.

II.1.5. Actions accidentelles

Nous comptons ici les crues, les séismes, les chocs de véhicules et les incendies. Les coefficients de sécurité étant déterminés de manière probabiliste, le risque absolu et la répétition fréquente ne sont pas considérés. L'ouvrage, quel qu'il soit, subira donc des agressions extérieures et sa durée de vie en sera influencée.

II.2. PRINCIPAUX DESORDRES RENCONTRES

Les ponts en béton armé étant constitués essentiellement de deux matériaux : le béton et l'acier (armatures), nous examinerons ici tour à tour les désordres auxquels ils peuvent être exposés.

Certains désordres, « apparents » sont des conséquences directes des phénomènes extérieurs auxquels la structure est soumise ; C'est notamment le cas de la corrosion des armatures et de l'éclatement du béton. En revanche, d'autres phénomènes comme l'alcali-réaction ne sont imputables qu'au matériau lui-même. En effet, l'interaction entre les granulats siliceux et les alcalins de la pâte de ciment provoque un gonflement du béton en présence d'eau.

II.2.1. Altérations du béton

Le béton subit de nombreuses agressions physiques, physico-chimiques et chimiques dont l'intensité est liée à la vitesse de pénétration de l'eau dans son système capillaire. Ses qualités s'altèrent lorsque les agents extérieurs réagissent avec les hydrates du ciment en formant des composés expansifs ou solubles.

a. Dégradation d'origine physique ou mécanique

Les divers processus d'érosion et d'abrasion sont observables au niveau des appuis des ponts du fait du courant et des chocs de corps flottants contre les parois. Les symptômes les plus courants sont :

→ L'écaillage de la surface

L'exposition à certains phénomènes climatiques comme le vent, un écoulement (ruissellement, suintement) peut provoquer la détérioration des parements de l'ouvrage. Cela se traduit par la disparition de la pâte de ciment. Des « **nids de cailloux** » apparaissent, laissant les granulats vulnérables aux

agressions extérieures. De tels défauts dans les parements n'ont donc pas d'influence directe sur le comportement structurel de l'ouvrage.

→ Le gonflement de la surface

Sur toute ou une partie, il est accompagné généralement d'une fissuration en réseau. L'intensité des dégradations dépend, évidemment, de la plus ou moins grande porosité du béton et de son degré de saturation.

b. Dégradation d'origine physico-chimique

Le retrait provoque souvent une fissuration du béton, orientée ou multidirectionnelle. Certaines fissures peuvent apparaître une ou deux heures après le bétonnage, provoquées par le tassement du béton frais dans les coffrages et le ressuage qui l'accompagne, ou par une sédimentation du béton résultant d'un défaut de compacité, et reproduisent souvent le tracé de la nappe supérieure de ferrailage.

D'autres fissures apparaissent juste après le décoffrage en formant un maillage de quelques décimètres de côté. Enfin, des fissures peuvent apparaître plusieurs jours ou plusieurs mois après le décoffrage. Ces fissures sont créées par le retrait de dessiccation, encore appelé retrait à long terme, dû au départ de l'eau en excès dans le béton.

c. Dégradation chimique

Elle se produit à plusieurs niveaux, mais nous ne citerons que les plus rencontrés :

→ Action du dioxyde de carbone

Le béton, presque toujours en contact avec l'air ambiant, est soumis à l'action du dioxyde de carbone. Il réagit avec la majorité des hydrates du ciment et cette réaction porte le nom de **carbonatation**. Elle ne se produit que si cet acide peut pénétrer dans les pores du béton, c'est-à-dire si ces derniers ne sont pas totalement obturés. Lorsqu'elle parvient au voisinage des armatures en acier, la carbonatation supprime toute réserve d'alcalinité au niveau des aciers, qui peuvent alors amorcer leur processus de **corrosion**.

→ L'alcali-réaction

Les mécanismes des alcali-réactions au sein des structures résultent, dans leur principe, d'une réaction entre la phase liquide interstitielle contenant des alcalins en quantité importante, et les particules réactives contenues dans les granulats (silice amorphe ou cryptocristalline) ; la chaux et l'humidité créent un environnement propice. La fissuration en réseau est le désordre le plus fréquemment rencontré : **faïençage** avec des mailles de petites dimensions (20 à 50 mm) et une profondeur de fissures assez faible (quelques centimètres), ou réseau de fissures de dimensions plus grandes (30 à 40 cm) et de profondeur plus importante (supérieure à 10 cm).

■ Fissuration

Il est important d'examiner ce désordre en particulier. La fissuration est sûrement le désordre le plus facilement observable et le plus caractéristique. Pour le béton armé, c'est est un phénomène normal. Il faut néanmoins la contrôler et veiller à ce qu'elle n'atteigne pas des proportions dangereuses pour la stabilité de la structure. En effet, le problème de la fissuration, n'est pas son existence, mais son évolution. Le plus souvent, la fissuration traduit un état de contrainte anormal, de traction, de cisaillement (...), dépassant la limite de rupture du matériau (récapitulatif en **annexe 1**). Les principales caractéristiques des fissures sont :

- L'âge, difficile à estimer dans la plupart des cas ;
- Le tracé, souvent révélateur de leur origine ;
- L'ouverture, mesurable à l'aide d'appareils spécialisés ;
- La profondeur, permettant de distinguer les fissures *traversantes*, *aveugles* ou de *surface* ;
- L'activité et/ou l'évolution, permettant de distinguer les fissures *inertes* des fissures *actives*.

II.2.2. Corrosion de l'acier

En plus de son vieillissement à l'intérieur du béton sous l'action d'agents tels l'eau ou de réactifs chimiques, l'acier se corrode, c'est-à-dire se transforme en oxydes, sulfures, carbonates, etc., ou en une autre forme plus stable par rapport au milieu environnant. Cela entraîne une dégradation de ses propriétés et la baisse de sa résistance.

L'**annexe 2** dresse un aperçu plus global (classification suivant l'indice de gravité) des défauts apparents observés sur les ouvrages en béton armé.

II.2.3. Cas particulier des équipements

Les équipements des ponts contribuent largement à assurer le niveau de service requis, permettant aux usagers de franchir un obstacle sans autres risques que ceux liés à leur propre comportement. Seulement, ces équipements subissent aussi l'effet du temps : ils vieillissent, s'usent ou se détériorent.

Une attention particulière doit être portée aux désordres affectant les appareils d'appui (liés soit à un mauvais choix au moment du projet, soit à un manque d'entretien) et les joints de chaussée (détérioration du fait des sollicitations dynamiques répétées du trafic) car ils peuvent trahir/induire des disfonctionnements structuraux.

Un même ouvrage peut être soumis à plusieurs types de désordres qui auront des origines et des faciès différents. L'expert, auscultant un ouvrage « malade », recensera tout d'abord les désordres puis cherchera les causes de ces pathologies afin de mettre en place le plan de réparation adéquat.

CHAPITRE III . PRINCIPES POUR L’EVALUATION ET LA REPARATION DE PONTS EN BETON ARME

III.1. EVALUATION DES OUVRAGES

L’évaluation d’un ouvrage existant consiste à en apprécier l’état physique et mécanique. En d’autres termes, elle consiste à caractériser son état général, ses différents éléments et les matériaux constitutifs de manière qualitative et/ou quantitative. Elle est nécessaire lorsqu’il est envisagé de modifier ses conditions d’exploitation ou de remédier à certains désordres révélateurs d’une pathologie naissante ou avancée : elle sert donc de bilan de santé pour son gestionnaire. En règle générale, l’évaluation d’un pont comporte deux phases successives : le **diagnostic préliminaire** et le **recalcul**.

Le diagnostic préliminaire débouche sur l’élaboration d’un programme d’investigations qui seront nécessaires à l’aboutissement d’un diagnostic précis et à une évaluation quantitative fiable de la *sécurité structurale*. Il permettra aussi l’élaboration du projet de réparation ou de renforcement. Ces investigations permettent d’entreprendre, en deuxième phase, le recalcul proprement dit de l’ouvrage, qui est un élément essentiel de l’évaluation de sa *fiabilité structurale*.

Les deux principaux objectifs du recalcul sont les suivants :

- Une estimation aussi précise que possible de l’état de contrainte probable de la structure, compte tenu, le cas échéant, des désordres constatés ;
- Une évaluation des marges de sécurité vis-à-vis du dépassement de certains états limites irréversibles ou de rupture.

Vu la complexité de cette phase, qui exige plein de calculs et qui ne saurait être figée puisqu’elle dépend des caractéristiques de chaque ouvrage, nous allons dans ce qui suit, nous attarder sur le diagnostic préliminaire des ponts.

Les différentes investigations menées dans le cadre du diagnostic préliminaire, peuvent comprendre :

- Une actualisation des dimensions et des dessins de l’ouvrage ;
- Un certain nombre d’essais, effectués et interprétés par un laboratoire ou une entreprise spécialisée ;
- Une évaluation aussi précise que possible des propriétés des matériaux.

Mais elles consistent surtout aux opérations d’inspection et d’auscultation dont le but est de détecter les risques d’affaiblissement des matériaux et de la structure avant que la stabilité de l’ouvrage ne soit mise en cause.

III.1.1. Le recensement des désordres

L'inspection des ouvrages permet le recensement des désordres. On distingue entre autres :

→ L'inspection détaillée périodique

Effectuée à des intervalles de temps régulier et planifié (généralement tous les 6 ans) par des spécialistes, elle a pour but de vérifier l'état général de l'ouvrage et de repérer l'ensemble des petits désordres que possède l'ouvrage.

→ La surveillance renforcée

Elle est mise en place lorsque le type de désordres ou leurs étendues peuvent avoir des conséquences sur la stabilité de l'ouvrage. Un suivi attentif est décidé afin de prévenir l'évolution anormale de ces désordres et d'explicitier les causes de la détérioration accélérée de l'ouvrage.

→ La haute surveillance

Instaurée uniquement pour des ouvrages défectueux qui pourraient avoir des conséquences à court terme sur la sécurité physique des usagers ou de tiers.

La procédure pour inspecter un pont est relativement simple d'application :

Tout commence par la visite de l'ouvrage : l'agent, en charge de l'évaluation, va relever l'ensemble des désordres apparents à l'aide d'un cadre de procès verbal de visite. Pour cela, il doit s'aider du catalogue de défauts et désordres. Il en existe un pour chaque type d'ouvrages (pont béton armé, pont précontraint, ponts métalliques, murs de soutènement...). Ce dernier répertorie les désordres et défauts connus et les classe selon leur effet sur la résistance structurelle de l'ouvrage. Il tente dans la mesure du possible de renseigner l'observateur sur les causes des désordres recensés.

La mise en œuvre peut être décomposée en plusieurs étapes :

- Structuration du patrimoine en type d'ouvrages à évaluer ;
- Classification des ouvrages (suivant le matériau principal constitutif) ;
- Évaluation des différentes parties constitutives de l'ouvrage ;
- Classement final de l'état de l'ouvrage par attribution d'une note d'évaluation globale de l'état de l'ouvrage.

Des méthodes pour la gestion (incluant l'inspection) des ouvrages ont été développées dans plusieurs pays notamment en France par le MEEDDAT avec l'appui du SETRA. Elles ont pour objectif de connaître, gérer et pérenniser le patrimoine. L'**annexe 3**¹ présente les plus utilisées.

¹Source : http://www.piles.setra.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/plaquette_V2_05_09_08_cle6c3562-1.pdf

III.1.2. L'auscultation des ouvrages

L'auscultation définit l'ensemble des examens et mesures spécifiques faisant le plus souvent appel à des techniques élaborées, destinées à approfondir la connaissance réelle d'un ouvrage. Elle vient en complément de l'inspection visuelle détaillée des ouvrages et permet d'apprécier la qualité des matériaux en place et de caractériser le mode de fonctionnement actuel de la structure.

Les techniques d'auscultation diffèrent suivant la nature des désordres constatés, mais les choix sont guidés par l'idée que l'on peut se faire des causes probables de la pathologie constatée. L'évaluation des matériaux s'appuie à la fois sur des études et analyses de prélèvements et sur des méthodes physiques d'examen en place. Les moyens permettant de caractériser le fonctionnement de la structure sont aussi très variés.

a. Etudes et analyses de prélèvements

Les échantillons, pour ne pas aggraver l'endommagement potentiel de l'ouvrage, sont prélevés dans les zones moins vitales en nombre et en taille réduits. Les mesures et analyses effectuées sur ces prélèvements en laboratoire portent sur les **paramètres mécaniques** des matériaux, mais aussi **physiques** comme *la densité, la porosité et la teneur en eau*. Les résultats obtenus se doivent d'être corrigés pour tenir compte de l'effet d'échelle liée à la taille des échantillons, mais ils servent surtout de référence. En effet, ils ne sont pas forcément représentatifs de l'ouvrage et doivent être complétés avec les examens réalisés sur les matériaux en place.

b. Examen du matériau en place

Il est assez rare que l'on procède à l'examen en place de l'acier d'un pont. Pour le béton par contre, plusieurs méthodes sont possibles à savoir : la **méthode sonique**, la **radiographie** ou **gammagraphie**, la **radioscopie** et l'emploi d'un **scléromètre**.

Cette dernière méthode, de loin la plus simple de toutes, permet d'apprécier la dureté superficielle d'un parement en béton. Cet instrument est constitué d'une masselotte guidée dans un tube que l'on projette à l'aide d'un ressort taré sur une enclume dont l'extrémité est en contact avec le béton. La mesure du rebondissement de la masselotte permet, d'estimer la résistance en compression du béton examiné.

■ L'étude des fissures

Comme mentionné plus haut, le relevé détaillé de la fissuration, ainsi que le suivi de son évolution dans le temps, constitue un élément de diagnostic très important. La fissuration du béton est en effet la manifestation extérieure du mode de fonctionnement de la structure et traduit assez clairement ce fonctionnement, à la condition d'être correctement interprétée. D'une manière générale, deux appareils sont employés :

→ Le fissuromètre

Il permet de déterminer l'ouverture d'une fissure à un moment donné. Sous la forme d'une règle transparente, il mesure le plus souvent l'ouverture au dixième de millimètre.

→ L'extensomètre LVDT

Il est souvent intéressant de suivre l'évolution d'une fissure sur un intervalle de temps plus ou moins long. L'extensomètre LVDT (Linear Variable Differential Transformer) est un capteur électrique/électronique que l'on encastre de part et d'autre de la fissure et qui indique de manière quantitative l'ouverture ou la fermeture de la fissure. Ce type de capteur peut également servir en zone non-fissurée, et dans cette configuration, à mesurer la déformation du matériau.

c. Etude du fonctionnement de la structure

Le suivi d'un ouvrage comporte la vérification périodique de ses déformations éventuelles sous charges permanentes, en les comparant, lorsque cela est possible, à un état de référence déterminé immédiatement avant sa mise en service. Pour ce faire, on peut opérer un **nivellement topographique**. Il existe d'autres appareils pour ausculter les ouvrages ; nous en présentons un résumé comme suit :

Tableau 2 : Résumé des principaux instruments de mesure employés sur les ouvrages d'art

Désordres	Instruments	Caractéristiques
Fissures	Fissuromètre	- Mesure manuelle - Permet de repérer toutes les fissures
	Extensomètre	Mesure automatisée et locale
Déplacements/ Déformations	Tachéomètre	Nécessité de 3 références fixes et indépendantes de l'ouvrage
	Fil INVAR	- Mesure de flèche - Résultats très précis
	Accéléromètre	- Intéressant si associé à une autre instrumentation (fissuration) - Permet de mesurer l'oscillation du tablier
	Inclinomètre	Mesure des angles
	Jauges d'extensométrie	Permet de remonter aux contraintes dans le matériau

Note

À la fin de l'évaluation, une pré-étude technico-économique des différentes solutions envisageables permet au gestionnaire des ouvrages de prendre une décision soit de remplacement total ou partiel, soit de réparation ou de renforcement, voire de maintien en l'état avec mesures particulières d'exploitation et de surveillance.

III.2. REPARATION OU RENFORCEMENT D'UN PONT EN BETON ARME

Suivant l'importance et les causes des désordres affectant un pont en béton armé, le projet de réparation et/ou de renforcement repose, en général, sur la mise en œuvre d'une combinaison de plusieurs techniques (auxquelles s'ajoute, dans les cas extrêmes, la solution de la démolition-reconstruction) que l'on peut ranger dans l'une des cinq catégories suivantes:

- Les traitements de surface : ragréages et injection des fissures ;
- La protection du béton et des armatures ;
- La régénération des matériaux ;
- L'ajout de forces (ou de déformations) ;
- L'ajout de matière.

Selon l'usage courant, « le traitement de surface » est la technique la plus répandue de part sa simplicité permettant notamment de remédier rapidement aux défauts apparents sur les ouvrages ; dans cette même catégorie, nous pouvons classer les méthodes de « protection du béton ». Cependant, la réparation/renforcement de la structure d'un pont en béton armé fait appel le plus souvent à « l'ajout de matière » et plus rarement à « l'ajout de forces ». Quant aux techniques de « régénération des matériaux », seules des expériences en laboratoire ont été menées et l'on ne compte pas encore beaucoup de cas d'application pratique

Le **tableau 3** qui suit, donne une description de chaque technique avec quelques détails concernant le champ d'application et le principe.

Conclusion

Nous notons qu'il existe un grand nombre de techniques d'évaluation et de réparation des ouvrages d'art, dont la complexité d'exécution évolue dans le même sens que la précision et la pertinence des résultats obtenus, mais aussi avec le coût. Il conviendra donc au gestionnaire/propriétaire des ouvrages d'effectuer une bonne classification du patrimoine et de définir ensuite les niveaux d'interventions en fonction de l'importance de chaque ouvrage.

D'autre part, la réparation des désordres peut avoir un coût non négligeable sur la durée de vie de l'ouvrage. Leur détection en amont permet de réduire ces coûts en nécessitant des réparations moins contraignantes, elle permet également de mieux planifier la maintenance sur l'ensemble du patrimoine. En effet, l'expérience montre qu'il est préférable d'un point de vue financier, pour le maître d'ouvrage, et structurel, pour l'ouvrage, de favoriser une maintenance préventive plutôt que curative.

Dans le chapitre suivant, nous allons appliquer toutes les notions déjà abordées plus haut au cas pratique des ouvrages du tronçon de route Atakpamé-Kara de la RN1 au Togo.

Tableau 3 : Principales méthodes de réparation/renforcement de ponts en béton armé

Famille	Principe	Différentes techniques et procédés
Traitements de surface	Comme le nom l'indique, il s'agit du traitement de la surface des parements des ouvrages. Cela s'applique surtout pour les défauts apparents (facilement visibles à l'œil).	→ <u>Ragréage</u> L'opération consiste à mettre un enduit de finition sur une surface maçonnée dans le but de l'aplanir. Elle convient pour résoudre les défauts tels les nids de cailloux, l'écaillage ou encore l'épaufrure légère.
		→ <u>Injection des fissures</u> On distingue le traitement de surface (destiné à rétablir l'étanchéité de surface d'une structure et d'éviter/stopper la corrosion) ; on peut citer : le calfeutrement, le pontage et l'imprégnation . Le traitement dans la masse (injection en profondeur d'un produit liquide qui, après durcissement, a des caractéristiques mécaniques voisines de celles du matériau environnant).
Protection du béton et des armatures	Elle consiste en l'application de produits pour protéger le béton lorsque l'enrobage des aciers est trop poreux ou d'épaisseur insuffisante, et pour l'acier il s'agit de stopper le processus de corrosion déjà entamé.	→ <u>Pour le béton</u> Il conviendra d'employer des produits tels : les <i>hydrofuges de surface</i> , les <i>minéralisateurs</i> , les <i>peintures</i> , les <i>revêtements minces</i> à base de liant hydraulique modifié, les <i>revêtements plastiques épais</i> , les <i>produits d'imprégnation</i> inhibiteurs de corrosion, ...
		→ <u>Pour les armatures</u> La protection cathodique consiste à abaisser en tout point de l'armature le potentiel (potentiel de structure) de ce métal jusqu'à une valeur dite potentiel de protection, qui est telle que la vitesse de corrosion de l'acier devient négligeable.
Régénération des matériaux	Il s'agit du renouvellement ou de la reconstitution du matériau (béton/acier) affaibli ou altéré. On distingue essentiellement : l'extraction des chlorures et la ré-alkalinisation du béton . Le principe est basé sur la différence de potentiel des matériaux au passage d'une tension électrique constante extérieure appliquée. Ces procédés bien qu'ils permettent de renforcer la passivation des aciers (insensibilité à la corrosion), sont relativement coûteux et ne sauraient apporter une solution définitive.	
Ajout de forces et de déformations	Il s'agit d'ajouter une précontrainte additionnelle (généralement extérieure) à des ouvrages pour augmenter leur capacité portante ou prolonger leur durée d'exploitation. Cette technique consiste à mettre en œuvre une précontrainte (câbles, barres ou monotorons) dans un ouvrage pour en améliorer la résistance d'ensemble vis-à-vis de la flexion et/ou de l'effort tranchant.	
Ajout de matière	Elle consiste essentiellement à augmenter la section résistante d'une structure soit par ajout de béton soit par ajout d'armatures.	→ <u>Pour l'ajout de béton</u> On distingue essentiellement la technique par projection (qui nécessite une mise en œuvre par couches minces successives de 2 à 5 cm) et la technique de coulage/injection (qui nécessite la confection d'un coffrage et qui permet des épaisseurs minimales de mise en œuvre de l'ordre de 5 à 7 cm).
		→ <u>Pour l'ajout d'armatures</u> Cette technique consiste, après repiquage du béton existant (et éventuellement élimination du béton dégradé), à disposer des aciers passifs et à les solidariser à la structure par du béton projeté ou du béton (voire du mortier) coulé en place. Ces aciers sont reliés à la structure à l'aide d'aciers de couture dimensionnés par application de la « règle des coutures ».

CHAPITRE IV . CAS DES OUVRAGES DU TRONCON DE ROUTE ATAKPAME-KARA SUR LA RN1 AU TOGO

IV.1. ETUDE DESCRIPTIVE

Une campagne de diagnostic systématique de tous les ouvrages (buses, dalots et ponts) a été organisée par le Consultant sous la conduite du chef de mission adjoint, Ingénieur civil. Elle a duré environ deux semaines sur le terrain et a permis de faire l'état des lieux des dégradations sur chaque ouvrage existant. Le tableau ci-dessous donne la situation des ouvrages de type pont sur chaque lot et pour l'ensemble du projet :

Tableau 4 : Récapitulatif des ouvrages de type pont sur le projet

Type d'ouvrage	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Total
Ponts cadre	-	15	8	23
Ponts dalles	22	3	-	25
Ponts à poutres en béton armé	1	-	4	5
Ponts mixtes (acier-béton)	-	-	1	1
Total	23	17	13	54

Pour effectuer l'inventaire et le diagnostic détaillé des ouvrages, la démarche méthodologique adoptée est la suivante :

- Repérage et localisation de chaque ouvrage (coordonnées GPS) ;
- Prise des caractéristiques géométriques de l'ouvrage (longueur du tablier, largeur roulable, nombre d'ouvertures,...) ;
- Inspection visuelle et relevé des dégradations avec capture de détails et d'images photographiques ;

Chaque ouvrage a fait l'objet d'un examen minutieux. La description et le diagnostic spécifique à chaque ouvrage est présenté dans les tableaux de l'**annexe 4**. Ces tableaux comportent une brève description des ouvrages, le relevé des dégradations observées lors de l'inspection visuelle (images à l'appui) et les travaux de réhabilitation envisagés. D'une manière générale, les principales dégradations notées sont :

- L'effondrement des gardes corps et les glissières de sécurité déformées ;
- La dégradation des joints de chaussée ;
- Des déformations et anomalies localisées sur les éléments de structure (fissures, épaufrure,...) ;
- Les appareils d'appuis usés, inappropriés et l'absence de bossage de vérinage sur les têtes d'appui ;
- L'effondrement du à un affouillement des protections des berges en gabions ;

- L'ensablement du lit du cours d'eau et l'encombrement par la végétation (herbes et arbustes) ;
- Les descentes d'eau bouchées et enherbées ;
- Les gargouilles obstruées et non fonctionnelles ;
- Le ravinement des talus et la destruction des protections en perré maçonnés.

A chacune de ces dégradations, des solutions adéquates ont été retenues. Il s'agit notamment :

- Démolition et reconstruction du support de garde corps et remplacement de garde corps ;
- Désherbage, débroussaillage et abattage d'arbustes dans le lit (sur les berges en amont et aval) ;
- Fourniture et mise en œuvre de gabions pour reconstruction des protections de berges et en pied de remblais contre culées;
- Reconstruction de remblais contre parties d'ouvrages (culées, piédroits, murs en aile, etc.) ;
- Reconstruction des protections en perrés maçonnés de parties d'ouvrages (culées, piédroits, murs en aile) ;
- Reconstruction de la protection des fondations des appuis (piles intermédiaires et culées) ;
- Ouverture et recalibrage de lit (en amont et en aval) ;
- Réfection des descentes d'eau et des gargouilles ;
- Décapage de revêtement et couches de chaussée ;
- Fourniture et mise en place de glissière de sécurité et de balises de signalisation d'ouvrages.

IV.2. DIAGNOSTIC DES OUVRAGES

En plus des résultats de l'annexe 4, il sera question pour nous de présenter ici une description détaillée des dégradations relevées sur les ouvrages tout en essayant de recouper les causes et les évolutions probables, et les solutions proposées pour les réparer. Pour ce faire, nous procéderons par type d'éléments constitutifs des ponts.

IV.2.1. Chaussée

Lors du diagnostic, en plus des dégradations présentées sur les photos ci-dessous, nous avons constaté l'absence de la chape d'étanchéité. Il est vrai cependant qu'une épaisseur adéquate du revêtement en béton bitumineux peut permettre de remplir les mêmes rôles que la chape.

Les dégradations principalement rencontrées sont les **fissures** (Fig. 3a) avec un début de faïençage, et les **nids de poule** (Fig. 3b). Comme interventions, nous préconisons :

→ Nids de poule

Bouchage provisoire éventuel par enrobé à froid et définitif par béton bitumineux à chaud ;

→ Fissures / faïençage

Surveiller leur évolution et refaire le revêtement.

Nous avons supposé que le revêtement sera entièrement repris sur les ouvrages, et nous recommandons d'ailleurs à cet effet qu'une attention particulière soit accordée à la mise en œuvre et au contrôle de l'étanchéité des tabliers.

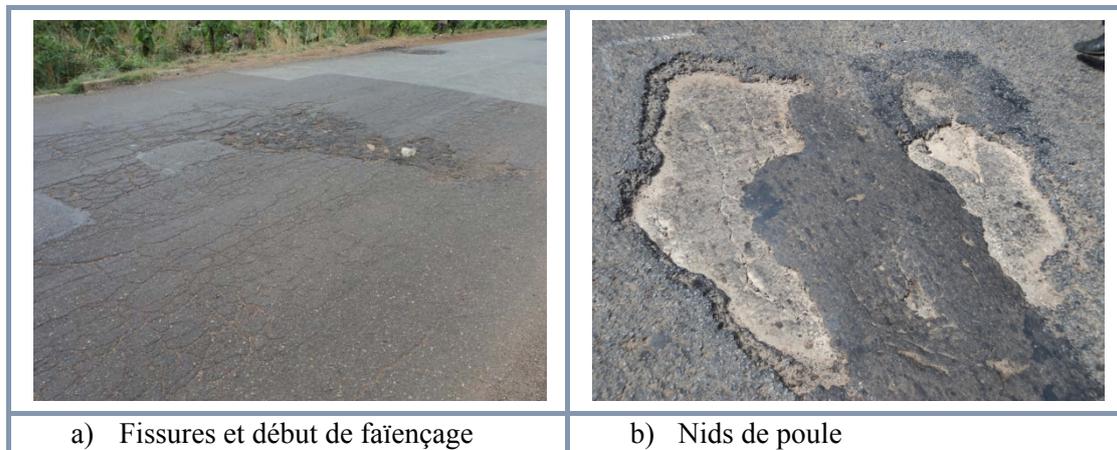


Figure 3 : Dégradations sur la chaussée

IV.2.2. Eléments de structure en béton

La durabilité du béton est en grande partie fonction de la qualité des matériaux constitutifs, de la conception de la structure, de la mise en œuvre et des conditions d'exploitation. Les facteurs influençant cette durabilité sont de deux ordres :

■ Facteurs propres au matériau béton armé

Nous distinguons ainsi la porosité, la fissuration, la corrosion des armatures et la réaction éventuelle alcali-granulats.

■ Facteurs externes

Il peut s'agir soit du vieillissement du béton (carbonatation), soit de l'environnement agressif.

a. Dégradations / causes

→ Défauts dus à un cheminement à travers le béton

Il s'agit ici de *stalactites* (Fig. 4a) et de *traces d'efflorescence* (Fig. 4b) observées sous le tablier des ponts et sur les parois des appuis. Ce sont des formations blanchâtres sous forme d'aiguille et de tâches qui sont dues à un problème de porosité du béton et de suintement. Une autre cause probable de l'apparition des *stalactites* peut être la mauvaise étanchéité de l'ouvrage, ce qui s'expliquerait d'ailleurs par l'absence de chape notée plus haut. L'eau en s'infiltrant dans le béton dissout la chaux du ciment qui ressort sous la forme de coulis de *stalactites*.

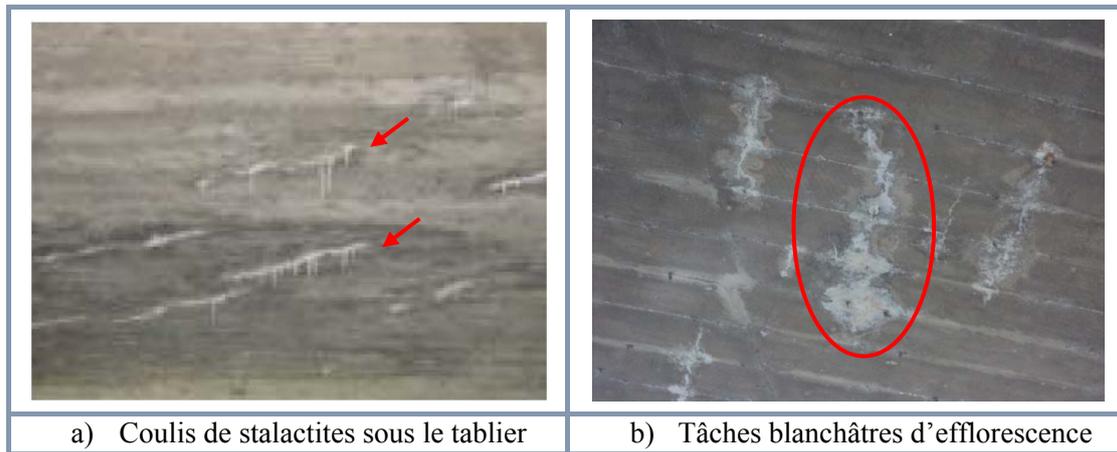


Figure 4 : Défauts dus à un cheminement à travers le béton

→ Défauts d'aspect n'affectant que l'esthétique

Comme intitulé, ce sont des défauts qui n'affectent en rien le bon fonctionnement de l'ouvrage. Il peut s'agir des défauts d'exécution comme les *variations de teinte*, le *ressuage* (Fig. 5a), ou encore de défauts liés à l'exploitation et à l'environnement comme les *salissures* (présence des nids d'abeilles, Fig. 5b).

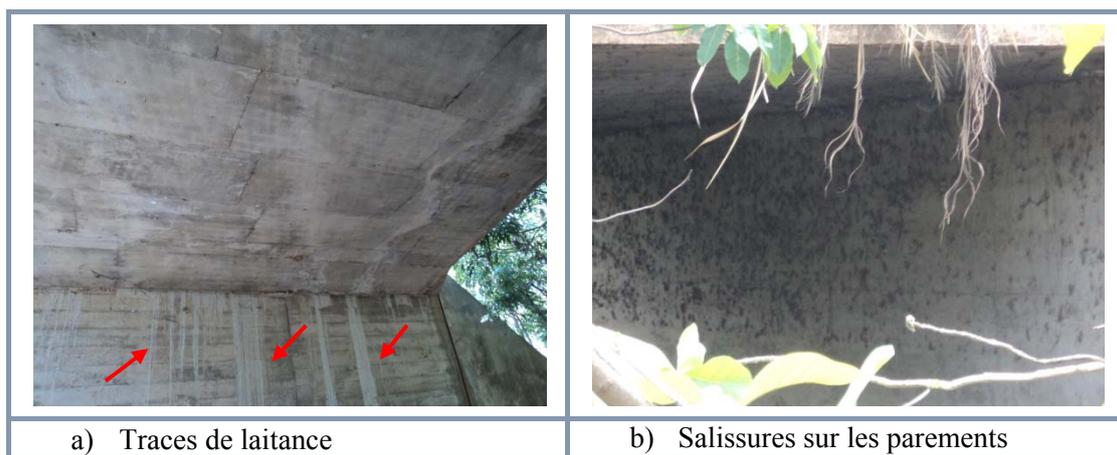


Figure 5 : Défauts d'aspect n'affectant que l'esthétique

→ Défauts affectant le béton d'enrobage des armatures

Qu'il s'agisse d'un état d'avancement avec ou sans armatures apparentes, nous avons noté entre autres :

- Des *écaillages* (Fig. 6a et 6b)

Ils sont caractérisés par le décollement progressif de la fine couche de mortier durci de la surface des parements, laissant ainsi à nue les agrégats. Si ce défaut n'est pas réparé et surveillé à terme, il peut avoir pour conséquence le dénudement des aciers et la désintégration du béton avec perte des granulats.

○ Des **épaufures** (Fig. 6c)

Tout comme les dégradations observées sur les chaussées routières bitumées, il s'agit ici de fragments détachés de la masse du béton. Rencontrés le long du tracé des armatures pour la plupart des ouvrages, ils ont pour causes probables l'action du climat et la pression/expansion à l'intérieur de la masse du béton.



Figure 6 : Défauts affectant le béton d'enrobage des armatures

○ Des **nids de cailloux** (Fig. 6d)

Nous avons localisé en certains endroits, des gravillons apparents avec vide et absence de fines entre les granulats : Il s’agit de nids de cailloux. Ils peuvent être dus à un défaut de porosité du béton causé par un manque de compacité et d’homogénéité dans la masse du béton au moment de la construction.

○ Et des **fissures superficielles** directionnelles (Fig. 6e, 6f)

Qu’elles soient verticales, horizontales ou obliques, elles sont présentes sur l’ensemble des éléments (tablier, piles/culées, piédroits,...). Fines et de faible profondeur, courtes et rapprochées, parfois longues, allant jusqu’à former un maillage par endroits (faïençage), elles sont probablement dues soit à une dessiccation rapide avant la fin de prise du béton, soit à une compression excessive.

Leur évolution doit être surveillée avec attention car elles peuvent être à l’origine des défauts signalés plus haut : écaillage, nids de cailloux, épaufrure, arrachements, désintégration du béton...

→ Autres défauts constatés

Par endroits sur certains ouvrages, nous avons rencontré des **aciers dénudés** et en état de corrosion. Des **traces de rouille** ont également été constatées sur certains parements, ce qui pourrait déjà signaler une corrosion des aciers à l’intérieur du béton, due probablement à une infiltration d’eau qui serait possible à travers les fissures notées plus haut. De plus, des **défauts de géométrie** ont été observés au niveau de la jonction entre certains éléments (par exemple entre les piédroits et les murs en aile). Nous avons observé un éclatement du béton avec mise à nu des aciers. Ce phénomène peut avoir pour cause la poussée des terres derrière les murs en aile, ou tout simplement un défaut de construction.

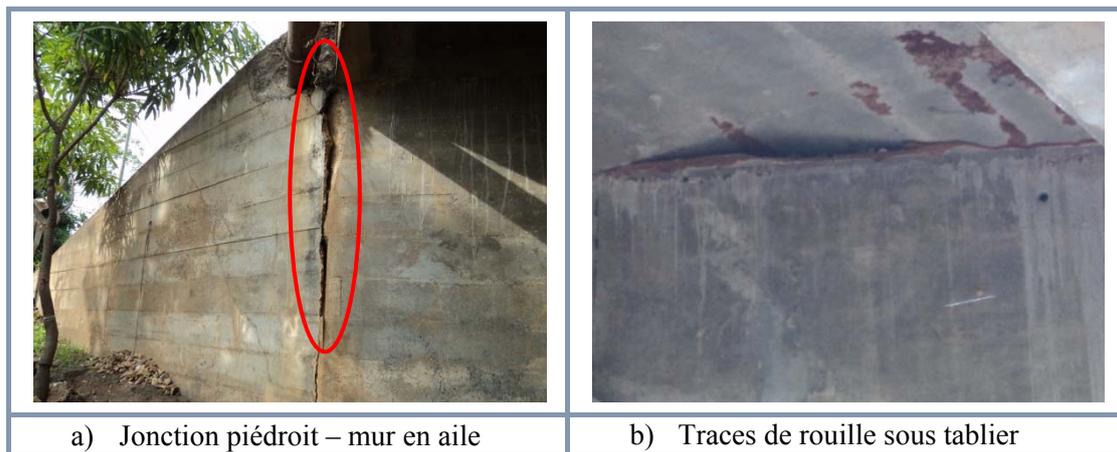


Figure 7 : *Défaut de géométrie et traces de rouille sur ouvrages*

b. Réparations nécessaires

Pour parer à une éventuelle évolution des défauts ci-dessus recensés, il conviendra de procéder aux actions suivantes :

→ Défauts dus à un cheminement à travers le béton

On pourrait procéder au nettoyage de la surface et à la mise en place d'une peinture. Mais le plus urgent serait de traiter le défaut à l'origine de ces traces, à savoir le problème d'étanchéité du tablier.

→ Défauts d'aspect n'affectant que l'esthétique

On pourrait ici résoudre les problèmes par la mise en place d'une peinture sur les parements des ouvrages, bien sûr si l'aspect esthétique prévaut, ce qui ne nous a pas semblé être le cas tout au long des études menées.

→ Défauts affectant le béton d'enrobage des armatures

Il conviendra ici d'une façon générale de procéder à l'application d'un mortier à base de liant hydraulique. En présence de dégradations profondes avec mise à nu des aciers, il faudra reconstituer la pièce à l'aide ou non d'un coffrage. L'opération consistera donc au rebouchage des trous et cavités présentes sur les parements des ouvrages.

Pour le cas particulier des fissures, le *calfeutrage* (obturation des interstices) à l'aide d'un mortier de ciment peut être opéré. Cependant, il serait plus prudent d'appliquer un revêtement (enduit superficiel à base de mortier de ciment) qui ne résisterait à l'apparition de nouvelles fissures, afin de posséder la possibilité de surveiller l'ouvrage.

IV.2.2. Equipements

On désigne par « *équipements* » l'ensemble des dispositifs de nature, de conception et de fonctionnement très divers, dont le but est de rendre un tablier de pont apte à remplir sa fonction, notamment vis-à-vis des usagers. Ces dispositifs ne sont pas liés définitivement à l'ouvrage et remplissent un certain nombre de fonctions :

■ Sécurité des personnes et de la circulation

Ce sont les bordures de trottoirs et les dispositifs de retenue (garde-corps, glissières et barrières) ;

■ Protection et maintien de la pérennité de la structure

Ce sont en particulier l'évacuation des eaux, les perrés et surtout l'étanchéité ;

■ Permettre un fonctionnement correct de la structure

Ce sont les appareils d'appui et les joints de chaussée ;

■ Rendre la circulation confortable

Participent à cette fonction la chaussée, les dalles de transition, les joints de chaussée et les corniches.

a. Dégradations recensées

Elles sont notées sur chaque équipement comme il suit :

→ Joints de chaussée

Leur fonction première est de permettre les mouvements relatifs (dilatation) entre le tablier et ses appuis ou deux éléments de structure et d'assurer la continuité de la surface de roulement.



Figure 8 : Dégradation des joints de chaussée

Les photographies ci-dessus faites au niveau des joints (probablement des profilés métalliques de type cornières) de certains ouvrages montrent bien le processus de détérioration qu'ils subissent sous l'action du trafic sans cesse croissant sur ce tronçon. Dans cet état, ils constituent des zones de faiblesse et d'infiltration des eaux sous le tablier à l'origine de certains des défauts du béton précédemment examinés.

→ Dispositifs de retenue

Nous distinguons essentiellement :

○ Les **garde-corps métalliques**

Ils ont essentiellement pour objet la protection des piétons. Ils sont fixés sur les *corniches* généralement préfabriquées qui jouent aussi un rôle esthétique et parfois servent à l'évacuation des eaux.

○ Les **balises et glissières de sécurité**

Elles ont pour but de retenir les véhicules et leur éviter la chute sur l'obstacle franchit, elles sont donc fixées à la structure de façon à pouvoir résister aux chocs.

Sur le tronçon soumis à notre étude, nombreux sont les ouvrages sur lesquels nous avons constaté l'effondrement/absence et le début de corrosion des garde-corps (*Fig. 9a et 9b*). Et même pour ceux qui semblaient en bon état de fonctionnement, la fragilité apparente de la zone d'ancrage aux corniches laisse supposer une détérioration différée.



Figure 9 : Dispositifs de retenue

D’ailleurs que sur les corniches (*Fig. 9c et 9d*), nous avons relevé en certains endroits des fissures, des traces de chocs des véhicules mettant en évidence les aciers (côté chaussée), et un début d’épaufrure (côté extérieur).

Pour les barrières (*Fig. 9e*) et les glissières de sécurité (*Fig. 9f*), le constat est le même que pour les garde-corps. Nous notons en plus ***l’absence de signalisation*** à l’entrée et à la sortie des ouvrages : avec la présence de la végétation abondante et les dispositifs de sécurité en mauvais état, elle s’avère pourtant plus que nécessaire (surtout pour la circulation de nuit).

→ Appareils d’appui

Les appareils d’appui interviennent directement dans le fonctionnement de la structure. Placés entre le tablier et les appuis, leur rôle est de transmettre les actions verticales dues à la charge permanente et aux charges d’exploitation (charges routières) et de permettre les mouvements de rotation (effets des charges d’exploitation et des déformations différées du béton).

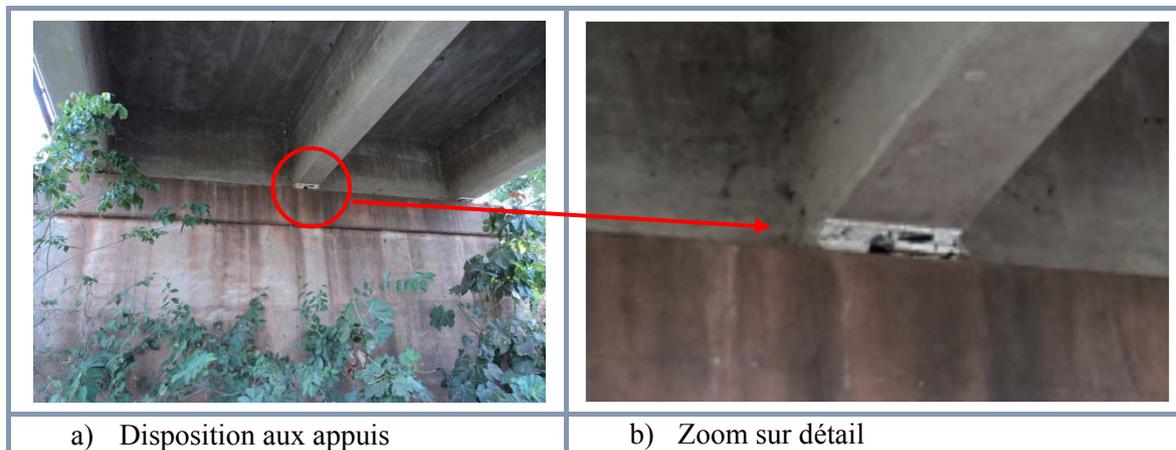


Figure 10 : Appareils d'appui

A cause des difficultés d’accès, un diagnostic détaillé de leur état n’a pas pu être réalisé. Il semblerait cependant qu’ils soient réalisés soit à partir de plaques en élastomère frettées, soit directement de bossages en béton armé.

D’une façon générale, nous avons noté un début de détérioration et l’inexistence de bossages de verinage en tête des appuis et sous les tabliers pour la quasi totalité des ouvrages.

→ Evacuation des eaux

Le bon fonctionnement du système d’évacuation des eaux mis en place et constitué par des ***gargouilles*** est indispensable (en plus de la qualité de l’étanchéité du tablier) pour assurer la pérennité de l’ouvrage. Constitués de tubes en PVC, et disposés tous les 3m environ (en fonction de la longueur totale de l’ouvrage), ceux rencontrés sur les ponts étaient :

- Soit **obstruées** par la terre accumulée dans les fils d'eau sur la chaussée ou le revêtement d'un ressurlage antérieur (Fig. 11a);
- Soit **trop courtes** sous le tablier, provoquant ainsi l'écoulement de l'eau et l'écaillage du béton. (Fig. 11b).

Les **descentes d'eau** quant à elles, qui servent à l'évacuation des eaux le long des talus sont pour la plupart enherbées, mais aussi fissurées par endroits (Fig. 11c). Enfin, les **barbacanes** (Fig. 11d) localisées sur les piédroits de certains ouvrages ne semblent pas être fonctionnels ; du moins si ce n'est pas le cas, l'absence de tuyauterie observée pourrait à la longue provoquer l'écaillage du béton (du fait du suintement des eaux) et plus tard la corrosion et le dénudement des aciers.

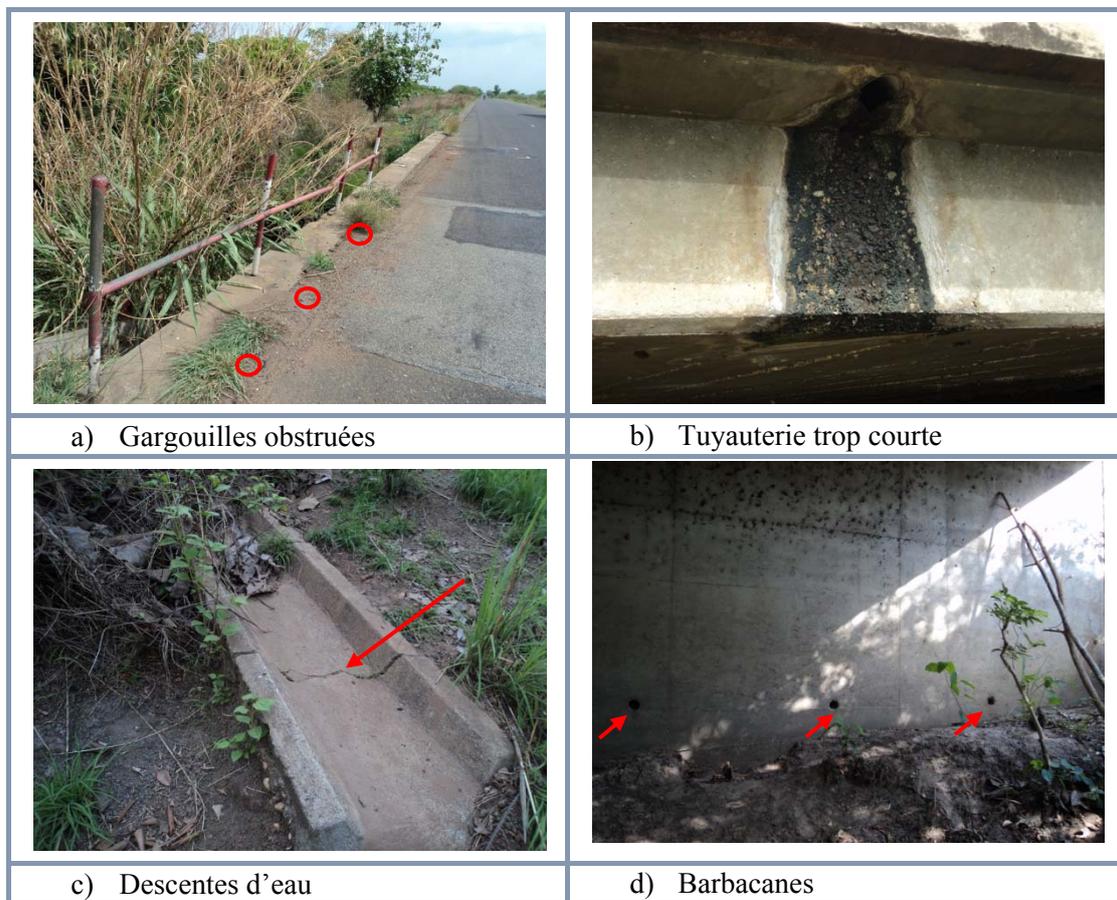


Figure 11 : Evacuation des eaux

→ Protection des berges des cours d'eau et des talus

Qu'il s'agisse ici des **perrés maçonnés** pour les talus, des **gabions** pour les berges du lit des cours d'eau ou encore de **gros béton** pour les fondations (semelles), ces dispositifs ont pour but d'assurer la pérennité de l'ouvrage.

Sur les ouvrages que nous avons visités, la dégradation des ces éléments s'est avéré être la plus grave. Les photographies suivantes révèlent essentiellement :

- L'**affouillement** autour des semelles des appuis et destruction des protections (Fig. 12a) ;
- L'**érosion** progressive des pieds des remblais de protection de certains appuis (Fig. 12b) ;
- Les **fissures** sur les protections des talus en perrés maçonnés dues à la présence d'arbustes (Fig. 12c) provoquant ainsi cassure et effondrement à long terme ; Le **ravinement** et l'**effondrement** des talus non protégés (Fig. 12d) ;
- L'**instabilité** (Fig. 12f) et l'effondrement des murs en gabions qui peut être due à la poussée des terres.



Figure 12 : Etat des protections des ouvrages

b. Travaux de réhabilitation nécessaires

→ Joints de chaussée

Le diagnostic n'ayant pas révélé qu'ils soient réellement endommagés, il suffira juste après le nettoyage, de mettre en place une couche d'accrochage pour fermer les joints et un revêtement en béton bitumineux du tablier le rendra étanche.

→ Dispositifs de retenue

Il conviendra juste de remplacer les dispositifs endommagés, d'appliquer une couche de peinture sur ceux en début de corrosion (après nettoyage préalable bien évidemment). Pour les corniches, il sera question de compléter la structure à l'aide d'un mortier de ciment et le cas échéant refaire les supports de garde-corps. La mise en place de la signalisation spécifique à l'entrée de chaque ouvrage dans les deux sens de circulation servira à informer les usagers.

→ Appareils d'appui

Le remplacement des appareils d'appui d'un ouvrage nécessite le vérinage du tablier de l'ouvrage ; lequel ne peut se faire qu' « à vide » ou « partiellement vide ». Compte tenu de l'importance du tronçon en étude, une telle opération est difficilement envisageable. Outre ce fait, l'absence des bossages de vérinage en tête des appuis et sous les tabliers, relevée plus haut constitue un autre handicap pour cette opération. Pour ce faire, nous recommandons que les ouvrages soient le sujet d'inspections périodiques en ce qui concernent les conséquences du fonctionnement des appuis actuels et que des mesures appropriées soient prises en temps opportun (en fonction de l'incidence que cela aura sur le fonctionnement de l'ouvrage).

→ Evacuation des eaux

Les travaux consisteront essentiellement au débouchage des gargouilles et à la mise en place de tuyaux plus longs qui devront descendre jusqu'au niveau inférieur des structures. Il faudra aussi veiller au curage des fils d'eau sur la chaussée et les descentes d'eau. Si les fissures constatées sur ces dernières sont de nature à empêcher la canalisation et le transport des eaux pluviales, il conviendra de les remplacer tout simplement.

→ Protection des berges des cours d'eau et des talus

Il s'agira de refaire entièrement les perrés sur les talus où ils sont absents et endommagés (cassures, effondrement), de même pour les protections des berges en gabions et celles des semelles en gros béton. En cas de fissures, on procédera à leur colmatage grâce au mortier de ciment, mais on veillera aussi à ôter la végétation envahissante.

IV.2.3. Végétation

La végétation a des racines qui pénètrent dans les fissures et les joints. En grossissant, elles provoquent des éclatements de béton ou de pierres et la dislocation des parements (relevée plus haut sur les talus en perrés).

a. Constats

Sur le tablier, elle prend naissance dans les endroits encombrés de salissures et obstrue les gargouilles. Elle peut créer des rideaux d'arbres dans le lit des cours d'eau, conservant l'ouvrage en permanence dans l'ombre et entretenant ainsi l'humidité. Elle réduit également le passage de l'eau dans les lits, et favorise l'accumulation et le stockage des boues.

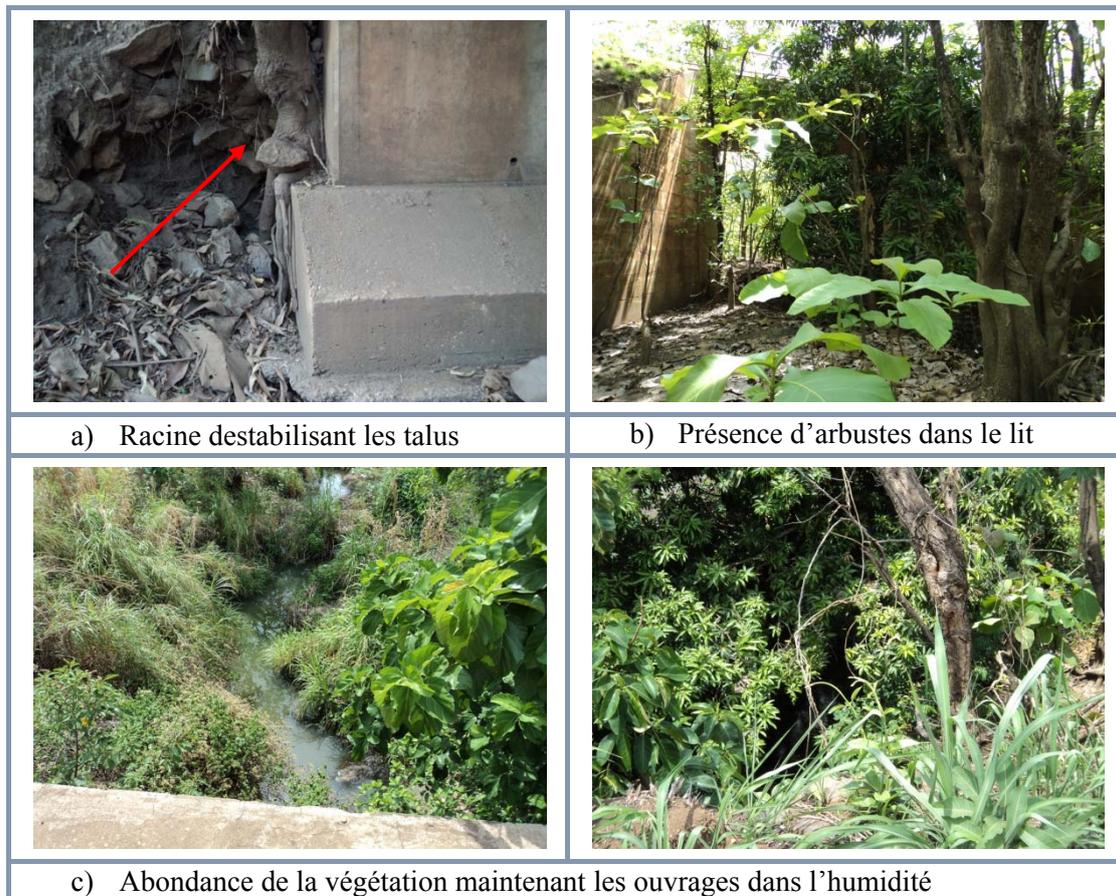


Figure 13 : Végétation envahissante

b. Interventions nécessaires

On veillera à débroussailler et à abattre les arbustes présents dans le lit des cours d'eau et sur les talus. Il faudra également procéder à un recalibrage (curage et désensablage par endroits) des cours d'eau de façon à augmenter leur ouverture.

IV.2.4. Pont cadre (OA n°31) au PK 21+044 sur le lot 2

Le cas de cet ouvrage est particulier, parce qu’il représente de très loin, celui sur lesquels les dégradations sur la structure en béton armé ont été observés avec la grande ampleur.

Il s’agit d’un pont cadre ouvert (de type portique) qui a été sérieusement endommagé par le feu et pour lequel nous recommandons une reconstruction totale.

Les images ci-dessous illustrent l’état de l’ouvrage où les armatures sont apparentes.



Figure 14 : Dégradations sur l'ouvrage d'art n° 31

Les défauts précédemment examinés ont été recensés sur cet ouvrage, mais de façon plus prononcée allant jusqu’à la **désintégration généralisée** (pelade du mortier de ciment sur les parements) (Fig. 14a).

Même s'il demeure vrai que le béton est un matériau incombustible, exposé à une certaine température il se produit une réduction de ses caractéristiques. Des essais réalisés en laboratoire ont démontré qu'au-delà de 600°C, il perd 30 à 40% de sa résistance et l'acier entre 70 et 80%. La tenue au feu des pièces en béton armé (dalles pleines et poteaux) est estimée à **4h** pour des épaisseurs au-delà de **25cm**.

Dans le cas de notre ouvrage, nous ne pouvons attester de la durée de l'incendie, et encore moins de la température atteinte, mais au vu des dégâts observés, nous proposons l'explication suivante :

■ 1^{ère} étape : l'incendie a fragilisé la structure

Avec la température de fusion, les aciers enrobés dans le béton ont perdu une partie de leur résistance à la traction notamment pour le tablier ; ce qui expliquerait le départ du béton d'enrobage des armatures observé sur la *figure 14b*. L'épaufrure représentée sur la *figure 14c* peut être due à un éclatement localisé du béton (nous avons déjà parlé des problèmes possibles de porosité dans le béton et de l'existence de pressions interstitielles).

■ 2^{ème} étape : l'action de l'environnement agressif

Par la suite, la corrosion atmosphérique (air chargé d'humidité) a très bien pu causer la désintégration généralisée de l'ouvrage. Ainsi, nous observons : écaillage - nids de poule - épaufrures prononcées - aciers dénudés et corrodés. C'est une évolution tout à fait normale qui conduira à terme à la ruine de l'ouvrage avec l'apparition des fissures. Pour le tablier, les défauts d'étanchéité du revêtement déjà relevés ont vite fait de provoquer la corrosion des aciers dénudés lors de l'incendie.

Pour aider à la reconstruction de cet ouvrage, nous avons produit une note de calcul. (Voir **annexe 6**).

Conclusion partielle

En dehors des dégradations observées et du cas particulier de l'ouvrage ci-dessus examiné, les ouvrages recensés sont dans un état « **acceptable** » du point de vue fonctionnement mécanique. Ainsi, nous proposons le maintien de la totalité des ouvrages sous réserve que les interventions spécifiques identifiées après diagnostic soient opérées dans le but de rétablir leur fonctionnalité.

IV.3. QUANTITATIF ET ESTIMATIF DES INTERVENTIONS

Il est question pour nous de quantifier ici les matériaux qui seront employés pour les travaux de réhabilitation envisagés sur les ouvrages étudiés. Les détails des quantités pour chaque ouvrage sont contenus dans l'**annexe 5**. Cette estimation a été effectuée en suivant le plan du quantitatif tel que présenté dans le tableau récapitulatif ci-dessous :

N° Prix	DESIGNATION	U	Qtités	Prix Unitaires	Montants H.T
Poste 400	Assainissement et drainage				
404	Bétons				
404.1	Béton dosé à 150 kg/m3	m3	15	80 000	1 200 000
404.2	Béton dosé à 350 kg/m3	m3	953	150 000	142 982 700
405	Aciers	kg	6 920	1 200	8 304 000
406	Fourniture et pose de bordures T2	ml	2 670	11 000	29 370 000
407	Fourniture et pose de descentes d'eau	ml	1 663	25 000	41 575 000
408	Perrés maçonnés				
408.1	Dépose de perrés existants	m ²	2 695	6 000	16 167 000
408.2	Fourniture et mise en ouvre de perrés maçonnés	m ²	10 778	25 000	269 450 000
409	Gabions et Enrochement				
409.1	Dépose de gabions	m3	13	15 000	189 675
409.2	Fourniture et pose de gabions	m3	843	55 000	46 365 000
409.3	Enrochement	m3	51	45 000	2 295 000
410	Calibrage et rectification de lit de cours d'eau	m ²	7 820	25 000	195 500 000
411	Fourniture et pose de gargouille en pvc	u	188	19 000	3 572 000
412	Pont cadre 6,00 x 5,00 au PK 20+844 à reconstruire				
412.1	Dégagement et exécution de la déviation	Fft	1	45 500 000	45 500 000
412.2	Démolition d'ouvrage existant	Fft	1	5 400 000	5 400 000
412.3	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3	m3	6,68	80 000	534 239
412.4	Béton armé dosé à 350 kg/m3	m3	178	160 000	28 409 568
412.5	Remblai latéritique pour bloc technique et travaux d'ouvrage	m3	358	8 000	2 867 200
412.6	Fourniture et mise en œuvre de perrés maçonnés	m ²	112	25 000	2 800 000
412.7	Fourniture et pose de descentes d'eau	ml	44	25 000	1 100 000
412.8	Fourniture et pose de garde corps métalliques types S8	ml	14	65 000	910 000
412.9	Fourniture et pose de gargouille en pvc	u	8	19 000	152 000
Poste 500	Signalisation - divers				
504	Plots de signalisation pour ouvrages	u	320	50 000	16 000 000
MONTANT TOTAL HT					860 643 382
TVA (18%)					154 915 808

L'ouvrage à reconstruire quant à lui s'élève à une valeur de **quatre vingt sept millions six cent soixante treize mille francs CFA** (87 673 000 FCFA).

Ce qui nous ramène à un coût moyen de réparation d'environ **dix sept millions cinq cent sept mille trois cent francs FCFA** par ouvrage (17 507 286 FCFA).

IV.4. ANALYSE DES RESULTATS

Il s'agira pour nous de juger ici de la pertinence des études menées et des résultats obtenus. Cette comparaison se fera à partir de la méthodologie développée dans les chapitres 2 et 3, et aura pour but principal de faire ressortir les limites des travaux menés dans le cadre de cette étude.

IV.4.1. Analyse critique des travaux

a. Consistance des opérations d'évaluation des ouvrages

Le diagnostic que nous avons posé pour les différents ouvrages et les solutions de réhabilitation qui ont été proposées ensuite sont essentiellement le résultat de la visite d'inspection qui a été menée dans le cadre de ce projet. Le diagnostic visuel est une étape nécessaire mais pas suffisante : il ne permet pas à lui seul de juger de l'état d'un ouvrage. Pour ce faire, comme spécifié dans le chapitre 3, les essais d'auscultation (parfois destructifs) sont indispensables pour se faire une idée de la résistance mécanique des structures.

On pourrait cependant comprendre la « légèreté » des travaux menés dans le cadre de ce projet qui se situait en phase d'APS. En effet, le temps aura constitué le facteur limitant. Avec celui alloué par le maître d'ouvrage au Consultant chargé de mener les études, la mission d'inspection des ouvrages a du être planifiée sur deux semaine. Avec 54 ponts à diagnostiquer, il n'était pas possible de passer plus de 30 à 45 minutes sur un même ouvrage ; raison pour laquelle les opérations se sont limitées au relevé visuel des dégradations, les essais nécessitant en moyenne 60 à 90 minutes pour une bonne exécution.

b. Réserves sur les résultats obtenus

Partant de ce constat, il serait tout à fait normal d'émettre des réserves sur les résultats obtenus durant nos travaux. En effet, les défauts relevés sur les ouvrages inspectés (âgés de plus de 30 ans en moyenne), peuvent constituer le « bout de l'iceberg », le signe de dégradations encore plus graves :

- Les **traces de rouille** observées sur les parements peuvent révéler une corrosion des aciers à l'intérieur du béton ; cette corrosion serait alarmante si elle réduit la section des aciers de 20% ;
- Les **fissures** identifiées comme étant superficielles cacheraient en fait la présence de cavités dans la masse du béton ; elles constitueraient dans ce cas des canaux ouverts au passage de l'eau à l'origine de la corrosion des aciers et du béton également (coulis de stalactites et traces d'efflorescence) ;

Il va s'en dire que les interventions de réhabilitation proposés et l'estimatif des travaux issus de notre étude doivent être confirmés/infirmés à l'issue d'études plus approfondies (menées dans le cadre de l'APD) que nous recommandons vivement d'ailleurs.

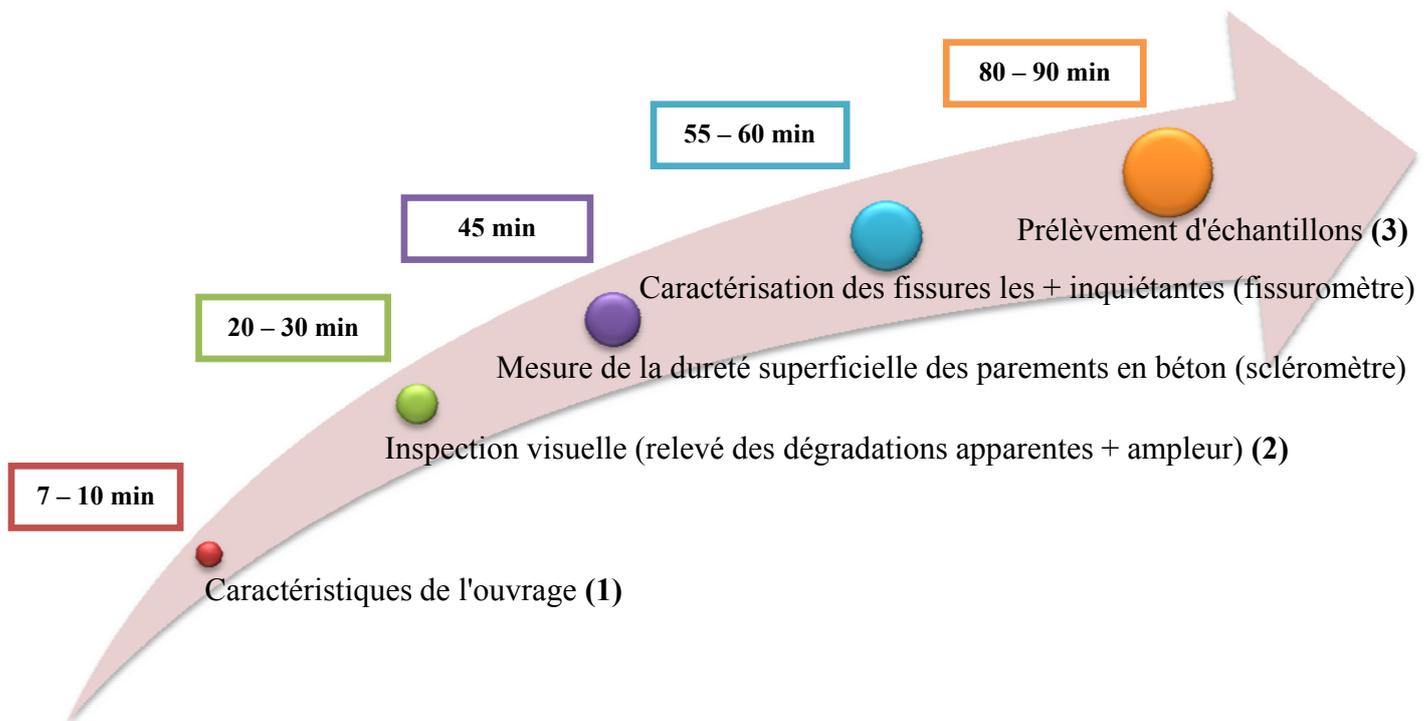
IV.4.2. Propositions

L'objectif visé n'est pas la prescription d'une procédure ou d'une démarche méthodologique, car elles sont déjà disponibles dans la réglementation en termes de surveillance et d'évaluation des ouvrages d'art. Nous voulons simplement attirer l'attention du Consultant DECO chargé des études, sur un certain nombre d'aspects qui lui permettrait à l'avenir en fonction des contraintes, d'améliorer à notre avis, ses travaux. Il aura été prouvé qu'une bonne préparation permet d'obtenir de bons résultats.

■ La connaissance préalable du projet

Elle inclut la prise en compte des exigences du maître d'ouvrage (délais), les résultats des études précédentes du même ordre menées dans le cadre du projet en question, mais également la collecte de toutes les notes relatives aux ouvrages à étudier : plans de conception et d'exécution ou plans de recollement.

Le facteur temps ayant représenté la plus grande contrainte dans le cadre de notre étude, cette démarche préalable permettra d'organiser la mission d'inspection des ouvrages et de définir les activités clés. De ce fait, aussi en fonction du nombre d'ouvrages et du matériel nécessaire à disposition, les niveaux d'interventions pourront être définis comme suit:



(1) Si l'on ne dispose pas au départ d'informations sur les ouvrages, cette activité devra être menée avec le plus grand soin ;

- (2) Il s'agira de relever les défauts apparents et de les quantifier ;
- (3) Il faudra au moins 03 échantillons par ouvrage (principe de carottage) ; Au-delà de cette phase, si l'on dispose de plus de temps et en fonction des équipements disponibles (matériel électrique et électromagnétique), on pourra envisager la réalisation d'essais plus approfondies.

■ Désordres à surveiller sur les ouvrages

Après les travaux que nous avons menés dans le cadre de cette étude, il ressort également que lors des missions d'inspection des **ouvrages de type ponts en béton armé**, les zones particulières à surveiller sont les suivantes :

a. Sur le tablier

- Chaussée sur l'ouvrage et ses accès : présence de flaches, bourrelets, faïençage, profil en long ;
- Caniveaux – bordures : propreté, état, continuité du fil d'eau aux extrémités du tablier ;
- Joint de chaussée : état du revêtement au droit du joint, propreté, bruits anormaux sous passage, éléments manquants, fermeture/ouverture anormale ;
- Garde-corps et dispositifs de retenue : verticalité et alignement tant en plan qu'en profil en long, manque d'élément, état de la protection anticorrosion, état des scellements des montants ;
- Trottoirs : état du revêtement de trottoir, présence de végétation.

b. Sous le tablier

- L'état des perrés : déformations (déversement), désordres du parement (fissures, dégradations de joints...)
- Évacuation des eaux de pluies : gargouilles, drains, descentes d'eau, barbacanes ;
- Sommiers des piles et des culées et les appareils d'appui : propreté, état du mur garde-grève, désagrégation du sommier, déformations importantes des appareils d'appui en élastomère, présence de végétations parasites ;
- Continuité de l'étanchéité au droit des joints de chaussée ;
- Appuis : traces de chocs, état des dispositifs de protection, état des berges et présence éventuelle d'affouillement, désordres du parement, défaut d'aplomb (de géométrie);
- Intrados du tablier : traces de chocs, stalactites, tâches d'efflorescence, fissures, écaillage, nids de cailloux, épaufrure ou éclats du béton et apparition d'armatures corrodées ou non, défaut de la protection anticorrosion dans le cas de tabliers mixtes.

■ Matériels

C'est un autre aspect très important qui garantit la réussite des opérations à mener sur les ouvrages. En plus des appareils de mesure nécessaires pour l'identification et pour définir l'ampleur des dégâts sur les ouvrages (scléromètre, fissuromètre, ...), il faudrait également penser aux moyens d'accès aux ouvrages ; pour cela, il faut prévoir en plus des EPI pour les agents, du matériel de débroussaillage manuel (machettes, pelles, pioches), mais également des échelles, des brosses métalliques,...

CONCLUSION GENERALE

Les ponts ont pour finalité de permettre la circulation des biens et des personnes. Suite à leur construction, ils doivent être maintenus dans un bon état structurel et fonctionnel. Pour ce faire, ces ouvrages sont généralement l'objet d'opérations de surveillance et d'entretien organisées, s'inscrivant en droite ligne dans la gestion plutôt curative que préventive du patrimoine.

Dans le cadre de cette étude, il a été question pour nous après examen, de fournir des solutions devant aider à la mise à niveau de la sécurité et de la fiabilité des ouvrages d'art de type pont recensés sur le tronçon de route Atakpamé-Kara de la RN1 au Togo.

Comprendre le projet en le situant dans son contexte socio-économique, nous aura permis de dégager les objectifs devant être atteints au terme de notre étude, mais aussi les résultats. La méthodologie adoptée par la suite devait aider au bon déroulement de l'étude. Puisque effectuer un diagnostic de tous les ouvrages de type pont et proposer des solutions de réhabilitation constituait l'essentiel du travail à faire, nous avons jugé nécessaire avant tout d'approfondir nos connaissances sur les pathologies des ponts en béton armé et les différents méthodes et moyens pour mener les opérations d'évaluation et de réparation sur ceux-ci. Cette phase aura abouti à la mise sur pied d'un aide mémoire très utile pour la suite.

L'inspection visuelle détaillée réalisée sur les ponts de l'axe soumis à notre étude nous permet de conclure que ceux-ci ne sont pas l'objet d'une surveillance permanente, qui permettrait notamment de détecter à temps les dysfonctionnements et de prendre des mesures correctives :

- L'ensablement des lits des cours d'eau et la présence de la végétation envahissante, la défaillance du système d'évacuation des eaux, etc... prouvent que la plupart des ouvrages manquent d'entretien courant ;
- Les désordres observés au niveau des fondations et des protections des remblais autour des appuis, des berges et des talus confirment l'absence d'entretien périodique spécifique.

Cependant, mis à part l'ouvrage n°31 localisé au PK 21+044 sur le lot 2 dont l'état de désintégration généralisée laisse proposer une reconstruction totale, la quasi-totalité des ouvrages examinés présente encore de bonnes capacités pour fonctionner normalement, à condition que les travaux et interventions préconisées d'une valeur d'environ ***un milliard quinze millions cinq cent cinquante neuf mille deux cent francs CFA (1 015 559 191 FCFA)*** soient exécutés dans les plus brefs délais.

Mais il est important que des études approfondies visant l'examen des propriétés mécaniques des matériaux constitutifs des ouvrages soient menées pour confirmer les résultats de nos travaux, car le but visé, à terme, est celui de rendre un niveau de fonctionnalité et de résistance mécanique acceptable à tous les ponts de l'axe routier sur lequel se trouve la liaison Atakpamé-Blitta-Sokodé-Kara.

Conclusion générale

RECOMMANDATIONS

Au final, on s'aperçoit que l'ensemble du travail mené pour la gestion des ouvrages d'art est multidisciplinaire : elle fait aussi bien intervenir le gestionnaire (maître d'ouvrage) qui souhaite pérenniser ses biens, et l'inspecteur (bureau d'étude ou entreprise) chargé de repérer et de quantifier les désordres. Toutes ces démarches vont donc dans le même sens : déceler au plus tôt les désordres et leurs causes afin de favoriser la petite maintenance aux grosses réparations mais également et surtout de minimiser les risques pour la structure et les utilisateurs.

Afin d'aider à l'atteinte de cet idéal, nous recommandons s'adressent :

■ Au maître d'ouvrage

Afin de connaître l'évolution d'un ouvrage et l'apparition des désordres, il est nécessaire de connaître son état à la réception. Le maître d'ouvrage veillera à ce qu'une évaluation « point zéro » soit effectuée. Elle servira de point de référence pour les auscultations et la surveillance future de l'ouvrage ; Dans le même ordre d'idées, il est important de créer un répertoire pour tous les ouvrages afin de disposer de tous les plans techniques de conception et d'exécution, qui serviront par la suite à mener des investigations pertinentes et à définir l'état des ouvrages.

Pour le projet sur lequel nous avons travaillé, après des études complémentaires plus approfondies menées dans le cadre de l'APD, nous recommandons, compte tenu de l'importance pour l'économie du Togo et de la sous région de l'axe routier sur lequel se trouve la liaison Atakpamé-Blitta-Sokodé-Kara, que les travaux de réhabilitation des ponts soient réalisés dès que possible ; la priorité étant donnée d'une part à l'ouvrage n°31 à reconstruire, et d'autre part au renforcement des fondations. Une programmation menée avec soin permettra non seulement d'assurer la sécurité des ouvriers, mais aussi la fluidité des biens et des personnes pendant l'exécution des travaux.

■ Aux entreprises et bureaux d'études techniques

Même s'il a été démontré que la plupart des désordres recensés sur les ouvrages naissent durant la phase d'exploitation, il est néanmoins important de souligner que la rigueur apportée lors de la conception et de la construction éviterait bien des complications au moment de l'entretien et donc de la réparation des désordres (voir le problème posé par l'absence des bossages de vérinage).

Au terme de notre étude, nous recommandons un contrôle plus strict pendant la mise en œuvre des ouvrages avec un accent particulier sur : la réalisation des dispositifs d'étanchéité (chape sur tablier, gargouilles et descentes d'eau), le choix des appareils d'appui et leur mise en œuvre (toujours prévoir des dispositifs pour leur entretien), le dosage du béton (volume et qualité de l'eau, enrobage des armatures, dimensions des granulats) et sa mise en œuvre (vibration, compactage,...).

Recommandations

BIBLIOGRAPHIE

1. **BRAUN Matthieu** Gestion préventive des ouvrages d'art par instrumentation [Mémoire] - Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Strasbourg, Juin 2010 - 75 p..
2. **CALGARO Jean-Armand et Lacroix Roger** Pathologies et évaluation des ponts existants [Article] - Techniques de l'ingénieur, Traité Construction - 30 p..
3. **CALGARO Jean-Armand et Lacroix Roger** Projet de renforcement ou de réparation d'un pont [Article] - Techniques de l'ingénieur, Traité Construction - 20 p..
4. **CPC** Cahier des Prescriptions Communes "Conception, Calcul et Epreuve des Ouvrages d'Arts", Bulletin Officiel du Ministère de l'Équipement et du Logement et du Ministère des Transports, Fascicule 61 [Livre], 1971 - Vol. Titre II.
5. **HEMA Bakary** Cours de conception des ponts – Ouagadougou, 2iE, 2010.
6. **Ministère de l'équipement / SETRA - LCPC** Défauts apparents des ouvrages d'art en béton [Livre], 1975 - 67p..
7. **Ministère de l'équipement, du transport et du logement / Direction des routes** Entretien des ouvrages d'art – Guide à l'usage des subdivisions [Livre], Janvier 2000 - 205p..
8. **Ministère de l'équipement, du transport et du logement / Direction des routes** Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art, Fascicule 2 : Généralités sur la surveillance [Livre], 19 octobre 1979 - 67p..
9. **MONGI Ben Ouézdou** Cours d'ouvrages d'art : Dimensionnement [Livre]. - Tunis : Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Juin 2003 - Vol. Tome 2. - 162 p..
10. **SETRA** Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, Ponts-cadres et portiques, guide de conception [Livre], Centre des techniques d'ouvrages d'art, décembre 1992 - 109 p..
11. **TIDJANI-SERPOS Rafiou Ayila** Conception d'un logiciel pour le calcul de tabliers de pont à poutres multiples : cas des ponts en béton armé, à travées indépendantes, à tablier déformable et sans entretoises intermédiaires [Mémoire] – Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs (ENSI) de Lomé, Septembre 2009 – 118p..

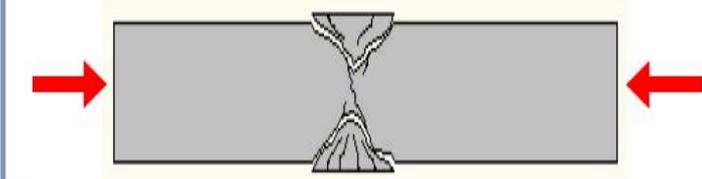
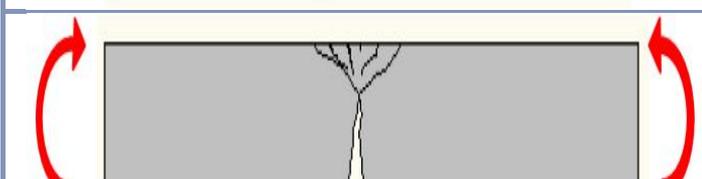
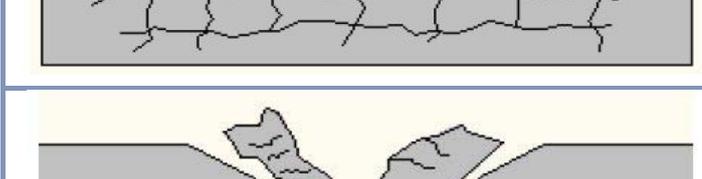
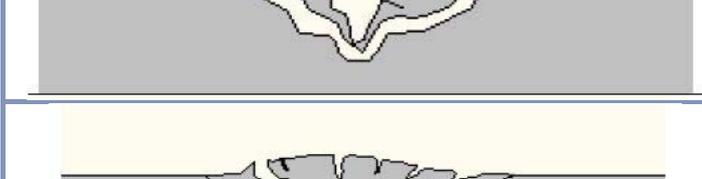
WEBOGRAPHIE

1. Internet SETRA [En ligne]. - 05 Avril 2011. - <http://www.setra.equipement.gouv.fr/>.
2. LE STRRES [En ligne]. - 23 Mars 2011. - <http://www.strres.org/>

ANNEXES

ANNEXE 1 : Fissures les plus courantes dans le béton.....	48
ANNEXE 2 : Classification des défauts apparents sur les ouvrages en BA par indice de gravité	49
ANNEXE 3 : Méthodes de gestion des ouvrages d’art développées par le MEEDDAT en France	51
ANNEXE 4 : Diagnostic des ouvrages d’art.....	52
ANNEXE 5 : Quantitatif des solutions de réparation des ouvrages	70
ANNEXE 6 : Note de calcul ouvrage d’art n°31 au pk 20 + 844	73

ANNEXE 1 : FISSURES LES PLUS COURANTES DANS LE BETON

Types de fissures	Causes probables
	Fissures dues à un chargement en compression, très rare
	Fissures dues à un chargement en traction
	Fissures dues à un chargement en flexion
	Fissures dues à un chargement en cisaillement
	Fissures d'origine thermique
	Faïençage du parement : → Dessiccation du béton → Alkali-réaction → ...
	Fissure et éclatement dus au phénomène de gel/dégel
	Fissure et éclatement dus à la corrosion des aciers

ANNEXE 2 : CLASSIFICATION DES DEFAUTS APPARENTS SUR LES OUVRAGES EN BA PAR INDICE DE GRAVITE

Indice de gravité	B	C	DA/DB
	Défauts à priori sans conséquence importante autre qu'esthétique	Défauts qui indiquent que l'évolution risque de se faire anormalement	Défauts qui signalent une évolution : DA – début de l'évolution DB – évolution avancée
	Défauts de parement Différence de teinte à grande et à petite échelles Salissures Fuite de laitance Défauts géométrique du parement à grande et à petite échelle	Alignement général de l'ouvrage défectueux à la construction Carbonatation Faïençage Fissures courtes Fissures reproduisant le ferrailage Fissures diagonales Fissure longitudinale ou verticale Fissure transversale ou horizontale Manque de recouvrement des armatures par le béton Nids de cailloux Porosité Poussiérage Ségrégation Fissures apparues à la construction	Aciers dénudés Affouillement de fondations (début) Basculement (début) Corrosion des aciers et du béton Déformation légère Ecaillage / Efflorescence / Epaufre Fissure de désintégration Fissures diagonales Fissure longitudinale ou verticale Fissure transversale ou horizontale Gonflement Nids de cailloux Rouille / Stalactites / Suintement Tassement (début) Usure Fissures ayant évolué depuis la construction ou apparues dans le temps

Indice de gravité	E	F
	Défauts qui traduisent une modification du comportement de toute ou une partie de la structure	Défauts qui traduisent la proximité d'un état limite de service de tout ou une partie de l'ouvrage et nécessitant une restriction de l'usage de l'ouvrage ou une mise hors service
	Aciers dénudés très gravement Affouillement des fondations Basculement important Cassure Corrosion des aciers très prononcée Déformation importante Fers non adhérents Fissure diagonale Fissure longitudinale ou verticale Fissure transversale ou horizontale Flèche permanente anormale Tassement important	Basculement très important Cassure Déformation très importante Désintégration généralisée Fissure diagonale Fissure longitudinale ou verticale Fissure transversale ou horizontale Flèche permanente excessive Rupture Tassement très important

ANNEXE 3 : METHODES DE GESTION DES OUVRAGES D'ART DEVELOPPEES PAR LE MEEDDAT EN FRANCE

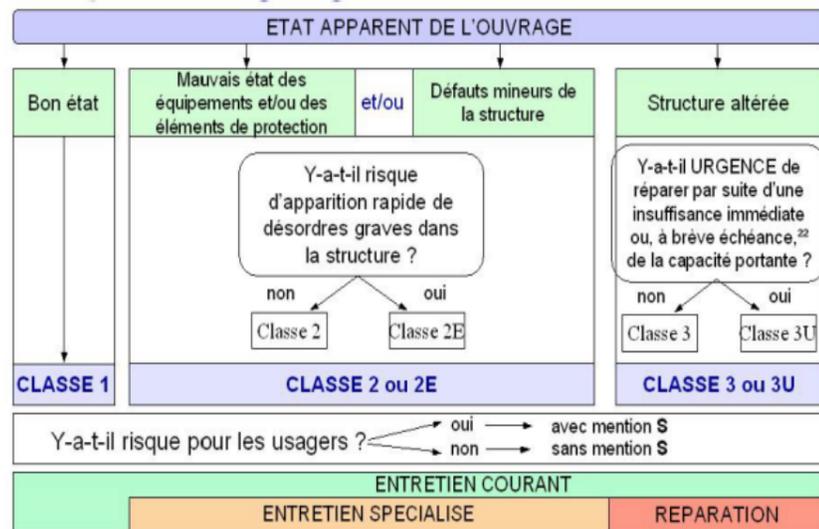
Ces méthodes ont pour but de répondre aux attentes spécifiques de différentes catégories de maître d'ouvrages : mettre en place une politique de gestion globale et décider des actions nécessaires à la maintenance de leur patrimoine tout en veillant à optimiser leurs politiques budgétaires.

IQOA Image Qualité des Ouvrages d'Art

Une méthode fiable et codifiée...

Elle permet au gestionnaire d'un parc d'ouvrages d'inventorier et de classer ses ouvrages selon une typologie établie à l'avance. Il peut ensuite évaluer l'état de ce patrimoine par un système de cotation reflétant l'état apparent de chaque ouvrage. Cette évaluation qui consiste à attribuer une classe d'état à chaque ouvrage, ne prend en compte que les aspects techniques (défauts, désordres affectant éventuellement l'ouvrage).

Sa mise en œuvre peut être décomposée en plusieurs étapes :



En bref...

La méthode IQOA permet de disposer d'un inventaire complet des ouvrages. Elle fournit un indicateur de l'état du patrimoine par le biais d'une évaluation technique de l'ouvrage menée à partir de catalogues de désordres et de procès verbaux à renseigner. Le suivi de l'évolution de cet indicateur par rapport à une précédente classification permet de définir une politique budgétaire rationnelle. Largement appliquée au domaine des ouvrages d'art, cette méthode est considérée comme très fiable du fait d'une codification initiée par l'ITSEOA (Instruction Technique pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art).

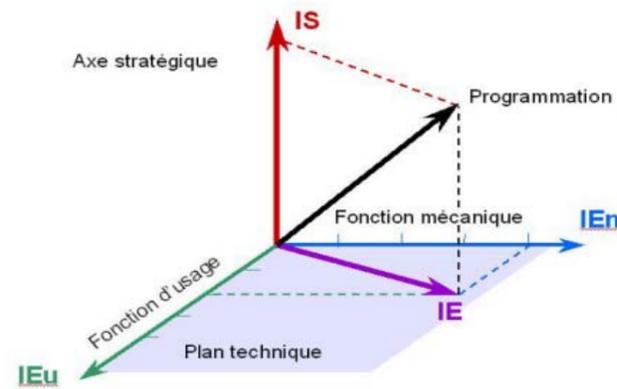
VSC Visites Simplifiées Comparées

Associant gestion technique et stratégique....

Le gestionnaire peut établir une base de données exhaustive de son patrimoine, la tenir régulièrement à jour et évaluer chaque ouvrage par attribution de deux indices : un **indice d'état (IE)** et un **indice stratégique (IS)**.

L'indice d'état (IE) traduit l'état global de l'ouvrage selon deux composantes :

- Un **indice d'état mécanique (IEm)**. Il découle d'observations visuelles révélatrices ou indicatrices de désordres significatifs d'un défaut de fonctionnement structurel,
- Un **indice d'état d'usage (IEu)**. Il évalue la capacité de l'ouvrage à assurer sa fonction d'usage, notamment en termes de sécurité, de confort des usagers mais aussi de respect des normes.



L'indice stratégique (IS), reflète l'importance de l'ouvrage au sein du patrimoine sur la base de critères tels que les enjeux politiques et financiers, les impacts sur la vie quotidienne, etc.

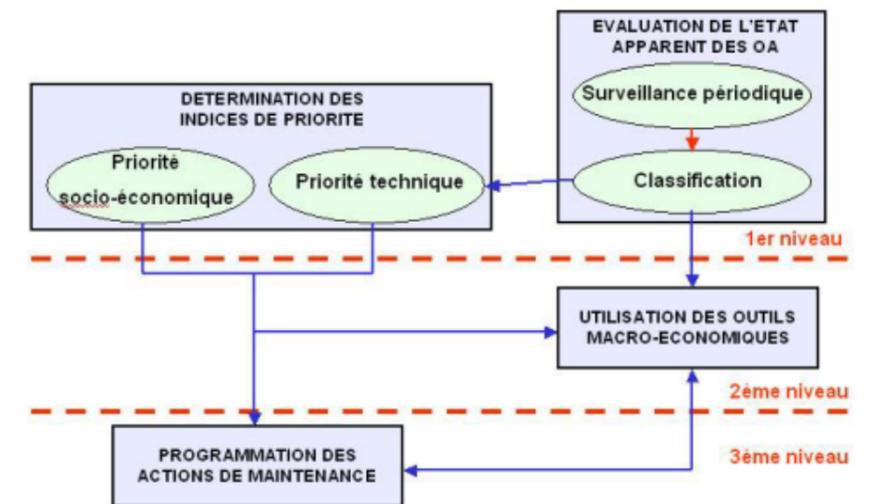
En bref...

La méthode VSC fait la synthèse de trois analyses indépendantes : une expertise technique adaptée au patrimoine étudié, un examen avisé de ses fonctions d'usage, une approche stratégique de la place des ouvrages dans le patrimoine. Elle permet d'acquérir une vision synthétique et d'ensemble des caractéristiques et de l'état des ouvrages, de faire remonter les problèmes de sécurité publique et aboutit à une programmation optimisée de la maintenance du patrimoine.

MD Méthode Départementale

Une méthode globale, adaptée aux besoins des départements....

La méthode MD, initiée pour intégrer les diverses contraintes et caractéristiques des départements, se doit d'être une méthode globale, fiable, simple d'utilisation pour alléger le travail du gestionnaire, mais suffisamment souple pour s'adapter à ses spécificités. Elle couvre les différents aspects de la gestion des ouvrages : outre la surveillance des ouvrages et l'évaluation de leur état, elle intègre leur importance technique et socio-économique, propose une aide à la programmation des actions de maintenance et fournit le principe d'outils macro-économiques d'aide à la définition d'une politique budgétaire.



Incluant les priorités techniques et socio-économiques....

Pour aider le maître d'ouvrage et le gestionnaire à élaborer la programmation des actions de maintenance du patrimoine, cette méthode considère deux indices :

- L'**indice de priorité socio-économique (ISE)** : il reflète les intérêts stratégique, politique, économique, socioculturel que présente chaque ouvrage pour la collectivité,
- L'**indice de priorité technique (IT)** : attribué par un ingénieur spécialisé en pathologie d'ouvrages, il permet d'établir un ordre de priorité de réparation pour les ouvrages nécessitant des interventions à court ou moyen terme.

ANNEXE 4 : DIAGNOSTIC DES OUVRAGES D'ART

LOT 1 : ATAKPAME – BLITTA									
N°	PK	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problèmes et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA1	0+029	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à trois travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 6 m de haut, 5m de large et 50 cm d'épaisseur Les culées sont également des voiles remblayées 	16,40	6,70	3	<ul style="list-style-type: none"> Gardes corps métalliques en mauvais état Le lit du cours d'eau est recouvert de végétation, de déchets et d'ordures de toutes sortes en amont et aval Dégradation des protections en gabions des berges Fissures sur protection des culées en perré maçonnées. 		<ul style="list-style-type: none"> Réparation des gardes corps des deux côtés Désherbage du lit en amont (6mx75x2) en aval du lit sur une surface de : (20m x 4m) x 4 Reprise des protections en gabions en amont et en aval du lit sur une surface de : (20mx4m) x4 Réfection des perrés au droit des fissures. 	Bon
OA2	17+425	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à trois travées Deux piles intermédiaires en voiles rectangulaire BA d'environ 5.5 m de haut 6 m de large et 50 cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont également des voiles remblayées 	19,45	7,70	3	<ul style="list-style-type: none"> Les gabions de protection des berges du cours d'eau sont effondrés Les gardes corps sont détruits des deux côtés de l'ouvrage Gargouilles défectueuses (traces noirâtres d'écoulement sur les bords du tablier) Les descentes d'eau obstruées et enherbées Le lit du cours d'eau est recouvert de végétation en amont et en aval Couvre joint dégradé 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Reprise des descentes d'eau Prévoir des tubes PVC dans les gargouilles Désherbage et entretien sur 300m2 Recalibrage du lit sur 75m en amont et 75m en aval Réfection des protections en amont et en aval des gabions (récupération partielle des gabions existants) Reprise du couvre joint 	Bon
OA3	20+291	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à trois travées Deux piles intermédiaires en voiles rectangulaire BA d'environ 6 m de haut 7m de large et 50 cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles 	22,40	7,15	3	<ul style="list-style-type: none"> Les gabions de protection des berges du cours d'eau sont effondrés Défaut d'étanchéité de l'ouvrage Les perrés de protection des berges du cours d'eau sont effondrés (cassures) Les gardes corps sont détruits 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Reprise des descentes d'eau et des protections en perrés maçonnés Prévoir des tubes PVC dans les gargouilles Désherbage et entretien sur 300m2 Recalibrage du lit sur 75m en 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 1 : ATAKPAME – BLITTA									
N°	PK	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problèmes et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
		<ul style="list-style-type: none"> Les culées sont également des voiles remblayées 				<ul style="list-style-type: none"> des deux côtés de l'ouvrage Les descentes d'eau obstruées et enherbées Le lit du cours d'eau est recouvert de végétation en amont et en aval Couvre joint dégradé 		<ul style="list-style-type: none"> amont et 75m en aval Réfection des protections en amont et en aval des gabions (récupération partielle des gabions existants) Reprise du couvre joint 	
OA4	20+922	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à trois travées Deux piles intermédiaires en voiles rectangulaire BA d'environ 5.20 m de haut 5 m de large et 50 cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont également des voiles remblayées 	16,40	7,15	3	<ul style="list-style-type: none"> Les gabions de protection des berges du cours d'eau sont effondrés Les gardes corps sont détruits des deux côtés de l'ouvrage Les descentes d'eau obstruées et enherbées Le lit du cours d'eau est recouvert de végétation en amont et en aval Fissures sur protection des culées en perré maçonnées. Couvre joint dégradé 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Reprise des descentes d'eau Prévoir des tubes PVC dans les gargouilles Désherbage et entretien sur 300m2 Recalibrage du lit sur 75m en amont et 75m en aval Réfection des protections en amont et en aval des gabions (récupération partielle des gabions existants) Traitement des fissures sur protection des culées en perré maçonnées Reprise du couvre joint 	Bon
OA5	22+814	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à travée unique de 6.40 m Les appuis sont composés de deux culés BA non remblayées d'environ 4.20m de haut et 7.15m de large Tablier en dalle BA d'épaisseur moyenne 50cm 	6,40	7,15	1	<ul style="list-style-type: none"> Les gardes corps sont détruits d'un côté (gauche) de l'ouvrage Les descentes d'eau obstruées et enherbées et affouillée au pied Le lit du cours d'eau est recouvert de végétation en amont et en aval Epaufrement du bord extérieur de la corniche Gargouilles enherbées, non fonctionnelles Fissures sur protection des culées en perré maçonnées. Couvre joint dégradé 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Reprise des descentes d'eau Prévoir des tubes PVC dans les gargouilles Désherbage et entretien sur 300m2 Recalibrage du lit sur 75m en amont et 75m en aval Traitement des fissures sur protection des culées en perré maçonnées Reprise du couvre joint Ragréage du bord extérieur de la corniche 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 1 : ATAKPAME – BLITTA									
N°	PK	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problèmes et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA6 (sur Anié)	25+918	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées (une travée principale et deux travées de rive) Les piles sont composées d'une rangée de trois fûts cylindriques de 1m de diamètre environ relié par un chevêtre Le tablier est composé de 3 poutres continus BA (entretoises + pièces de pont) et d'une dalle BA 	56,90	7,20	3	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps en partie endommagés Prélèvement de sable dans le lit Fissure verticale sur pile (côté Blitta) sur 1^{er} fût à gauche Fissure longitudinale sur culée Fissure longitudinale sur protection des culées en perrés Renversement de la protection en gabions du talus Sud-Ouest Épaufrure de la poutre (au niveau de l'appareil d'appui sur culée) Lit ensablé 		<ul style="list-style-type: none"> Réparation des gardes corps Recalibrage du lit et protection des berges Remise en place de la protection en gabions du talus Sud-Ouest Réfection des perrés au droit de la fissure 	Bon
OA7	39+082	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à travée unique de 5.80m Les appuis sont composés de deux culés BA non remblayées d'environ 4.00m de haut et 7.20m de large Tablier en dalle BA d'épaisseur moyenne 50cm 	6,40	7,20	1	<ul style="list-style-type: none"> Gardes corps en mauvais état Dégradation avancée de la protection des talus en perrés Descentes d'eau détruites Gargouilles enherbées et obstruées Présence de végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Reprendre et prolonger les gardes corps Faire des perrés des talus et des descentes d'eau Curer et Prévoir des tubes PVC dans les gargouilles Ouverture et débroussaillage du lit 	Bon
OA8	43+262	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 5m de haut, 7.20m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont des voiles 	16,40	7,10	3	<ul style="list-style-type: none"> Gardes corps en mauvais état Descentes d'eau détruites Destruction des protections en perrés maçonnés Gargouilles obstruées Présence d'arbres dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Débroussaillage du lit en amont et en aval Réfection des perrés sur les talus Reconstruction des descentes d'eau Déboucher et prévoir des tubes PVC dans les gargouilles 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 1 : ATAKPAME – BLITTA									
N°	PK	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problèmes et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA9	43+493	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à travée unique de 5.50m Les appuis sont composés de deux culées BA non remblayées d'environ 4.00m de haut et 7.30m de large Tablier en dalle BA d'épaisseur moyenne 50cm 	6,30	7,30	1	<ul style="list-style-type: none"> Absence de garde-corps Descentes d'eau détruites Gargouilles obstruées Présence de végétation dans le lit Epaufrement du bord extérieur de la corniche 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Ouverture et débroussaillage du lit Réfection des descentes d'eau Curer et Prévoir des tubes PVC dans les gargouilles Ragrée du bord extérieur de la corniche 	Bon
OA10	46+920	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 4.5m de haut, 7.10m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont en voiles identiques aux piles et sont remblayées 	22,80	7,10	3	<ul style="list-style-type: none"> Gardes corps en mauvais état Descentes d'eau détruites Destruction des protections en perré maçonnés Couvre joints dégradés Lit envahi par la végétation arbustive Gargouilles non fonctionnelles 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Reprise des couvre joints Débroussaillage des abords du lit en amont et en aval et abattage d'arbres Réfection des protections des talus en perrés maçonnés et des descentes d'eau Pose de gabions de protection au pied des talus Prévoir des tubes PVC dans les gargouilles 	Bon
OA11	49+316	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 6m de haut, 7.20m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont en voiles identiques aux piles et sont remblayées 	16,40	7,20	3	<ul style="list-style-type: none"> Gardes corps en mauvais état Destruction des protections en perrés maçonné Descente d'eau détruite Berges érodés Gargouilles enherbées et obstruées Epaufrement du bord extérieur de la corniche Végétation présente dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Débroussaillage des abords du lit en amont et en aval et abattage des arbres Réfection des protections en perrés maçonnés et des descentes d'eau Protéger les berges par murs en gabions Ragrée du bord extérieur de la corniche Prévoir des tubes PVC dans les gargouilles 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 1 : ATAKPAME – BLITTA									
N°	PK	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problèmes et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA12	53+523	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 6m de haut, 7.15m de large et 50cm d'épaisseur Les piles identiques aux culées reposent sur des fondations superficielles 	28,40	7,15	3	<ul style="list-style-type: none"> Protection des culées en perrés maçonnés réhabilitée ; néanmoins, fissure longitudinale sur la protection de la culée Nord-Est en perrés maçonnés Gargouilles enherbées et obstruées Présence de végétation (lit) 		<ul style="list-style-type: none"> Mettre des tubes PVC dans des gargouilles Débroussaillage et abattage d'arbres Réfection des perrés au droit de la fissure 	Bon
OA13	67+388	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 4m de haut, 7.15m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont en voiles identiques aux piles et sont remblayées 	16,45	7,15	3	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps en mauvais état Destruction des protections des talus en perrés maçonnés Descente d'eau détruite Gargouilles enherbées et obstruées Présence de végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Mettre des tubes PVC dans les gargouilles Débroussaillage et abattage des arbres Reconstruction de la protection en perrés des talus des berges Réfection des descentes d'eau. 	Bon
OA14	71+886	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 6.5m de haut, 7.15m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont en voiles identiques aux piles et sont remblayées 	22,60	7,15	3	<ul style="list-style-type: none"> Protections en perrés maçonnés réhabilités mais défaut de compactage et début d'affaissement Gargouilles enherbées et obstruées Présence de végétation dans le lit Le lit en aval est très ensablé Légères fissures horizontales et obliques sur la murette de la culée Nord-Est 		<ul style="list-style-type: none"> Mettre des tubes PVC dans les gargouilles Débroussaillage et abattage des arbres Reprise et réfection de la protection des talus des berges en amont et en aval (perré et gabions) Ouverture et recalibrage du lit 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 1 : ATAKPAME – BLITTA									
N°	PK	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problèmes et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA15	78+079	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 5m de haut, 7.10m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont en voiles identiques aux piles et sont remblayées 	16,45	7,10	3	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps en mauvais état Destruction des protections en perrés maçonnés Absence de protection en gabions pour les berges du lit Gargouilles obstruées Couvre joint dégradé 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Réfection des protections en perré maçonnés Reprise des couvre joints Réalisation des protections en gabions pour les berges Mettre des tubes PVC dans les gargouilles 	Bon
OA16	79+835	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 4m de haut, 7.10m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont en voiles identiques aux piles et sont remblayées 	16,40	7,10	3	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps en mauvais état Destruction des protections en perrés Prélèvement de sable dans le lit et destruction + perte de stabilité des berges Ecaillage du béton au niveau des piles Gargouilles obstruées Couvre joint dégradé Présence de végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Recalibrage du lit et sensibilisation des populations Reprise des couvre joints Mettre les tubes PVC dans les gargouilles Débroussaillage et abattage d'arbres Reprise et réfection de la protection des talus des berges en perrés en amont et en aval 	Bon
OA17	80+442	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 5m de haut, 7.10m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont en voiles identiques aux piles et sont remblayées 	19,65	7,10	3	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps en mauvais état Destruction des protections en perrés maçonnés Ecaillage du béton au niveau des piles Gargouilles obstruées Présence de végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Mettre des tubes PVC dans les gargouilles Débroussaillage et abattage d'arbres Reprise et réfection de la protection des talus des berges en perrés en amont et en aval 	Bon
OA18	85+187	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires 	16,45	7,15	3	<ul style="list-style-type: none"> Fissuration de la dalle et au niveau des culées Gargouilles obstruées 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des deux gardes corps Mettre des tuyaux PVC dans 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 1 : ATAKPAME – BLITTA									
N°	PK	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problèmes et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
		<ul style="list-style-type: none"> en voile rectangulaire BA d'environ 4m de haut, 6m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont en voiles et remblayées 				<ul style="list-style-type: none"> Présence de végétation dans le lit Aciers dénudés sur pile Garde-corps effondrés 		<ul style="list-style-type: none"> las gargouille Débroussaillage et abattage d'arbres Traitement des fissures et protection des aciers 	
OA19	86+283	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à travée unique de 6.40m Les appuis sont composés de deux culés BA non remblayés d'environ 4.00m de haut et 7.150m de large Tablier en dalle BA d'épaisseur moyenne 50cm 	6,40	7,10	1	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps en mauvais état Descentes d'eau détruites Affouillement des protections en perrés et du remblai autour des culées Aciers dénudés sur pile Gargouilles obstruées Présence de végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise de garde-corps Mettre les tuyaux PVC dans les gargouilles Réfection du remblai, perré autour des culées et des descentes d'eau Ouverture et débroussaillages du lit Traitement des fissures et protection des aciers 	Bon
OA20	87+218	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 6m de haut, 7.15m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont en voiles identiques aux piles et sont remblayées Ouvrage en biais à l'entrée d'une courbe 	19,70	7,15	3	<ul style="list-style-type: none"> Descentes d'eau enherbées Départ des protections des berges en gabions Affouillement des protections en perrés et du remblai autour des culées (sol érodé sous semelle de culée) Garde-corps en mauvais état. Gargouilles obstruées Présence de végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des gardes corps Mettre des tuyaux PVC dans les gargouilles Désherbage et abattage et abattage d'arbres Réfection du remblai, perré autour des culées et des descentes d'eau ; Protections de gabions de berges 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 1 : ATAKPAME – BLITTA									
N°	PK	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problèmes et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA21	88+846	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à travée unique de 6.35m Les appuis sont composés de deux culés BA non remblayés d'environ 4.00m de haut et 7.15m de large Tablier en dalle BA d'épaisseur moyenne 50cm 	6,35	7,15	1	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps en mauvais état Trace de stalactite sous dalle La dalle semble être déplacée vers la gauche Gargouilles obstruées Fissures superficielles sur la protection en perrés des culées 		<ul style="list-style-type: none"> Reprise des garde-corps de part et d'autres Mettre tuyaux PVC dans les gargouilles Repositionnement de la dalle 	Bon
OA22	96+310	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à 3 travées Deux piles intermédiaires en voile rectangulaire BA d'environ 5m de haut, 7.2m de large et 50cm d'épaisseur Les piles reposent sur des fondations superficielles Les culées sont en voiles identiques aux piles et sont remblayées 	16,40	7,20	3	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps en mauvais état Trace de stalactite sous la dalle Affouillement au droit des semelles Fissure dans la dalle au droit des piles Gargouilles obstruées Présence de végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Désherbage et abattage d'arbres Reprise des gardes corps de part et d'autre Protections de gabions de berges au droit des semelles Mettre des tuyaux en PVC dans les gargouilles 	Bon
OA23	101+235	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en béton armé à travée unique de 6.45m Les appuis sont composés de deux culés BA non remblayés d'environ 5.5m de haut et 7.15m de large Tablier en dalle BA d'épaisseur moyenne 50cm 	6,45	7,15	1	<ul style="list-style-type: none"> Gardes corps complètement détruit Affouillement sous le mur en retour des culées Fissures transversales dans les descentes d'eau enherbées Présence de végétation dans le lit Gargouilles obstruées 		<ul style="list-style-type: none"> Désherbage et abattage d'arbres Reprise des garde-corps de part et d'autre Mettre des tuyaux en PVC dans les gargouilles Protections de gabions de berges au droit des culées Reconstruction des descentes d'eau 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 2 : BLITTA – SOKODE									
N°	Pk	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problème et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA24	4+608	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique Ouvrage biais à l'entrée d'une courbe 	10,90	7,15	1	<ul style="list-style-type: none"> Ravinement sur talus dus au passage piéton et aux eaux en provenance de la chaussée Traces de carbonatation Fissures longitudinales au droit du joint de chaussée Présence de végétation envahissante en amont et en aval du lit Lit envasé Garde-corps à réparer 		<ul style="list-style-type: none"> Reprofilage et recalibrage du lit Réfection de garde-corps Désensablage et curage de l'ouvrage Débroussaillage et abattage d'arbres Perrés autour des culées et descentes d'eau sur 400 ml de part et d'autre 	Bon
OA25	11+463	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique Ouvrage avec un léger biais 	16,05	7,10	1	<ul style="list-style-type: none"> Fissures transversales sur support de garde-corps Fissures longitudinales au droit du joint de chaussée Fissures obliques superficielles sur les culées et les ailes Présence de végétation dans le lit Ancien ouvrage d'art étrangle le lit vers le Nord 		<ul style="list-style-type: none"> Reprofilage et recalibrage du lit Désensablage et curage de l'ouvrage Débroussaillage et abattage d'arbres 	Bon
OA26	16+097	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique 	8,30	7,10	1	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps en mauvais état Les gargouilles sont verticales et sont percées dans le corps de dalle Arrachements du béton en pied des appuis Végétation arbustive dans le lit Défaillance de la jonction aile-piédroit en pied (éclatement du béton) / présence de fissures obliques dans la direction (35 cm) 		<ul style="list-style-type: none"> Reprofilage et recalibrage du lit Mettre des tuyaux PVC dans les gargouilles Ragréage + Traitement des fissures et des zones de faiblesse Réfection de garde-corps Débroussaillage et abattage d'arbres 	Bon
OA27	16+657	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une seule travée. Ouvrage possède un léger biais. Les piédroits semblent être fondés sur des semelles isolées. 	8,50	7,05	1	<ul style="list-style-type: none"> Gardes corps en mauvais état (côté droit) Les gargouilles sont verticales et sont percées dans le corps de dalle Fissures sur les ailes Descentes d'eau obstruées. Fissures transversales sur le support des garde-corps Végétation arbustive dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Reprofilage et recalibrage du lit Désensablage et curage de l'ouvrage Réfection de garde-corps Traitement des fissures Débroussaillage et abattage d'arbres 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 2 : BLITTA – SOKODE									
N°	Pk	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problème et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA28	17+705	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique 	13,00	7,10	1	<ul style="list-style-type: none"> Fissures sur les ailes et piédroits Fissures transversales sur le support des garde-corps Garde-corps à remplacer Eclatement du béton au droit du joint aile-piédroit Végétation arbustive dans le lit Descentes d'eau obstruées 		<ul style="list-style-type: none"> Réfection de garde-corps Traitement des fissures et des zones de faiblesse réfection des descentes d'eau Débroussaillage et abattage d'arbres 	Bon
OA29	18+755	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique 	6,60	7,05	1	<ul style="list-style-type: none"> Fissures sur les ailes et piédroits Végétation arbustive dans le lit Gargouilles obstruées Début de faïençage au pied des ailes 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage et abattage d'arbre Traitement des fissures et des zones de faiblesse Mettre des tuyaux PVC dans les gargouilles 	Bon
OA30	19+938	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique 	6,55	7,10	1	<ul style="list-style-type: none"> Gardes corps en mauvais état (côté gauche démolie) Fissures sur les ailes et piédroits Gargouilles obstruées Végétation arbustive dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Réfection des gardes corps Débroussaillage et abattage d'arbres Mettre des tuyaux en PVC dans les gargouilles Traitement des fissures 	Bon
OA31	20+844	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique 	6,70	7,05	1	<ul style="list-style-type: none"> Gardes corps complètement détruit sur le côté gauche dégradation du béton (aciers du lit inférieur du tablier visibles) Végétation arbustive dans le lit Ecaillage du béton sur toute la surface des ouvrages (sous-face du tablier et appuis) Nids de cailloux Aciers dénudés, corrosion 		<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage à reconstruire 	Mauvais

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 2 : BLITTA – SOKODE									
N°	Pk	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problème et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA32	24+242	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage se situant à l'entrée de Sotouboua Ouvrage identique à OA 31 	6,00	8,40	1	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage sans garde-corps mais avec glissière de sécurité Ecaillage léger du béton Aciers dénudés Présence de la végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage, ouverture du lit et abattage d'arbres Traitement des zones de faiblesse Mettre des balises de sécurité aux quatre coins de l'ouvrage pour marquer sa présence 	Bon
OA33	26+534	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique 	8,20	7,00	1	<ul style="list-style-type: none"> Epaufure de béton au niveau de la jonction des murs en ailes avec les piédroits faisant apparaître des aciers Oxydation des aciers au niveau du piédroit Talus ravinés par passages piétons Présence de la végétation dans le lit Lit ensablé 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage et abattage d'arbres en amont et en aval Désensablement du lit Ragréage + Traitement des fissures et des zones de faiblesse Perrés autour des culées et descentes d'eau de part et d'autre 	Bon
OA34	27+573	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique 	7,00	8,50	1	<ul style="list-style-type: none"> Défaillance de jonction aile-piédroit (éclatement du béton) Ecaillage léger au pied des appuis Ouvrage sans garde-corps mais avec glissière de sécurité Présence de la végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage et abattage d'arbres Ragréage + Traitement des fissures et des zones de faiblesse Mettre des balises de sécurité aux quatre coins de l'ouvrage pour marquer sa présence 	Bon
OA35	30+103	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique Ouvrage avec un léger biais 	6,65	7,10	1	<ul style="list-style-type: none"> Fissures obliques sur les ailes Défaillance de jonction aile-piédroit (éclatement du béton) laissant apparaître les aciers Présence de la végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage, ouverture du lit et abattage d'arbres Ragréage + Traitement des fissures et des zones de faiblesse 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 2 : BLITTA – SOKODE									
N°	Pk	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problème et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA36	48+718	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage biais sur le cours d'eau Aou dans la localité d'Aouda Ouvrage à trois travées, deux piles intermédiaires composées de 3 fûts reliés par un chevêtre de 60cm d'épaisseur Le tablier est en dalle continue 	48,50	7,10	3	<ul style="list-style-type: none"> Dégradation des garde-corps par endroits Fissures transversales sur support de garde-corps Fissures longitudinales au droit du joint de chaussée Gargouilles obstruées Descentes d'eau enherbées 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage et abattage d'arbres Reprise des gardes corps Ragréage + Traitement des fissures et des zones de faiblesse Prolonger les gargouilles avec des tubes en PVC Curage des descentes d'eau et réfection de celles qui sont détruites 	Bon
OA37	67+187	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en BA à trois travées ; les 2 piles intermédiaires sont des voiles en BA appuyées sur des massifs de béton Les appareils d'appui sont des cales de béton de 5cm (ép.) 	24,90	7,05	3	<ul style="list-style-type: none"> Effondrement/ravinement des talus (pas de protection) Gargouilles obstruées Destruction des garde-corps Présence de la végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage, désensablage, ouverture du lit et abattage d'arbres Prolonger les gargouilles pour éviter l'écoulement de l'eau sur la dalle Refaire les garde-corps Protection des talus en perrés maçonnés 	Bon
OA38	67+866	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en BA à trois travées. Similaire à OA 37 	31,85	7,05	3	<ul style="list-style-type: none"> Fissures longitudinales au droit du joint de chaussée (début de détérioration du couvre-joint) Effondrement/ravinement des talus (pas de protection) Végétation envahissante dans le lit Gargouilles obstruées 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage, désensablage, ouverture du lit et abattage d'arbres Prolonger les gargouilles pour éviter l'écoulement de l'eau sur la dalle Réfection des couvre joints Protection des talus en perrés maçonnés 	Bon
OA39	71+462	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert en BA à une travée unique Ouvrage avec un léger biais 	7,90	7,00	1	<ul style="list-style-type: none"> Gardes corps détruits Affouillement en amont et à l'aval Fissures transversales sur les culées Végétation envahissante dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage, désensablage, ouverture du lit et abattage d'arbres Refaire les garde-corps Protection du radier de tête en amont et en aval par des gabions ou des enrochements 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 2 : BLITTA – SOKODE									
N°	Pk	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problème et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA40	72+960	• Ouvrage en cadre BA ouvert	10,00	7,05	1	<ul style="list-style-type: none"> Affouillement important aux pieds des culées Dégradation des remblais contre le mur en aile Gardes corps détruits Végétation envahissante dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage, désensablage, ouverture du lit et abattage d'arbres Protection du lit sous l'ouvrage et aux pieds des culées par des gabions ou des enrochements Reconstruction des remblais et leur protection par des gabions ou de l'enrochement ou des perrés maçonnés en amont et en aval Recalibrage du lit en amont et en aval Revoir les garde-corps 	Bon
OA41	77+334	• Ouvrage en cadre BA ouvert	8,20	6,15	1	<ul style="list-style-type: none"> Arrachement du béton à plusieurs endroits du piédroit constituant les culées Les gargouilles sont obstruées Nids de cailloux 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage et abattage d'arbres Curage des gargouilles et mise en place de tubes en PVC Recalibrage du lit Traitement des zones de faiblesse 	Bon
OA42	79+025	• Ouvrage identique au précédent	16,60	6,70	1	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps gauche détruit et droit déformé Ecaillage léger sur les piédroits constituant les culées Fissures verticales sur les ailes Fissures horizontales et obliques sur les culées Végétation présente dans le lit Fissures sur le côté droit de la jonction trottoir-tablier Gargouilles obstruées Talus à protéger 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage du lit et abattage d'arbres Curage des gargouilles Recalibrage du lit Traitement des fissures et des zones de faiblesse Reprise de garde-corps Mise en place des protections en perrés pour les talus 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 2 : BLITTA – SOKODE									
N°	Pk	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problème et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA43	80+912	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en cadre BA ouvert 	9,60	7,00	1	<ul style="list-style-type: none"> Ecaillage léger sur les piédroits constituant les culées Efflorescence sur les piédroits en pied Défaillance de la jonction aile-piédroit (éclatement du béton) / fissures obliques Fissures sur ailes côté droit Présence d'arbres dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage, désensablage, ouverture du lit et abattage d'arbres Ragréage et Traitement des fissures et des zones de faiblesse 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 3 : SOKODE – KARA									
N°	Pk	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problème et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA44	4+585	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage identique à OA 43 Ouvrage se situant à la sortie d'un virage en forte pente Ouvrage légèrement en biais 	17,10	7,00	1	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps détruit Gargouilles obstruées Défaillance de la jonction aile-piédroit (éclatement du béton) / fissures obliques Végétation encombrante dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage, désensablage et abattage d'arbres Reprise de garde-corps Ragrée et Traitement des fissures et des zones de faiblesse Curage des gargouilles et tubes en PVC 	Bon
OA45	5+689	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en cadre BA ouvert 	7,60	7,05	1	<ul style="list-style-type: none"> Défaillance de la jonction aile-culée (éclatement du béton) Végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage et abattage d'arbres Ragrée et traitement des fissures et des zones de faiblesse Recalibrage du lit en amont et en aval 	Bon
OA46	6+903	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en poutres à deux travées isostatiques Piles intermédiaires composées de trois fûts (D=80) reliés par un chevêtre de largeur 80cm et d'épaisseur 60 cm Tablier composé de trois poutres maîtresses reliées par une entretoise et des pièces de pont Appareils d'appui composés de cales en béton 	30,90	7,00	2	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps gauche détruit Dégradation de la protection des culées en perrés maçonnés Végétation dans le lit Effondrement des remblais derrière les culées 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage, désensablage, ouverture du lit et abattage d'arbres Reprise du garde-corps Reprise de la protection en perrés maçonnés des culées Protection des pieds des remblais contre les culées avec des gabions et reconstruction du remblai côté Kara ; le remblai côté Sokodé et sa protection étant encore en place. 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 3 : SOKODE – KARA									
N°	Pk	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problème et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA47	14+205	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage légèrement en biais Les appuis sont des culées remblayées Tablier composé de trois poutres en T à talon Appareils d'appui composés de cales en béton 	26,10	7,05	1	<ul style="list-style-type: none"> Arrachement de revêtement mettant à nu la dalle du tablier Végétation dans le lit Effondrement des remblais derrière les culées Garde-corps détruits D'importantes fissures de revêtement au niveau des joints de culées Dégradation d'une partie du garde-corps (côté droit) Gargouilles trop courtes qui projettent de l'eau contre les poutres de rive Dégradation des protections des pieds des talus en perrés au niveau des culées 		<ul style="list-style-type: none"> Mettre les tubes PVC pour les gargouilles Stabiliser les remblais aux pieds des culées par des gabions Reprise de la partie du garde-corps détruit Débroussaillage et abattage d'arbres Recalibrage du lit du cours d'eau 	Bon
OA48	15+427	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage en cadre BA ouvert 	10,65	7,10	1	<ul style="list-style-type: none"> Affouillement autour de la semelle du piédroit, côté Sokodé Fissures obliques sur les culées avec écaillage léger au pied Présence de végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage et abattage d'arbres Traitement des fissures et des zones de faiblesse Recalibrage du lit du cours d'eau Remblai et stabilisation par des gabions ou des enrochements autour des semelles 	Bon
OA49	18+203	<ul style="list-style-type: none"> Tablier composé d'une rangée de trois poutres en T à talon reliées par une entretoise et 2 pièces de pont. Pile intermédiaire composée de trois fûts 	47,00	7,00	2	<ul style="list-style-type: none"> Entrée occupée par les arbres et les arbustes Les gargouilles sont trop courtes et on note des salissures provoquées par l'écoulement des eaux Dégradation de la protection en perrés maçonnés faite autour des culées mettant à nu une partie de la fondation Poutres fissurées Salissures sous le tablier laissant penser à de la 		<ul style="list-style-type: none"> Réfection des gargouilles Reconstruction de la protection en perrés maçonnés autour de la fondation des culées et descentes d'eau sur talus Débroussaillage, désensablage, ouverture du lit et abattage d'arbres 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 3 : SOKODE – KARA									
N°	Pk	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problème et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
						<ul style="list-style-type: none"> rouille, signe d'une corrosion au niveau du joint de chaussée (défaut d'étanchéité) Ecaillage léger en pied des piles 			
OA50	25+13	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre ouvert légèrement biais 	9,50	7,60	1	<ul style="list-style-type: none"> Garde-corps sommairement détruits Traces de laitance sur les culées Léger déplacement des ailes (défaut de géométrie) Présence de végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage et abattage d'arbres Réfection des garde-corps 	Bon
OA51	27+334	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre fermé 	6,00	7,00	1	<ul style="list-style-type: none"> Baisse du fil d'eau sur une partie de la section du radier la mettant à nu Fissures obliques sur les ailes Présence de végétation dans le lit 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillage et abattage des arbres Protection de la sortie et de l'entrée de l'ouvrage par des gabions ou des enrochements 	Bon
OA52	31+429	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage cadre en BA 	9,55	7,10	1	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage obstrué Le lit amont comme en aval est très embroussaillé de sorte que l'eau est stagnante (pas d'écoulement) ; ce qui implique que l'ouvrage est rempli Les gargouilles sont trop courtes et obstruées 		<ul style="list-style-type: none"> Débroussaillages et abattage d'arbres Curage de l'ouvrage Débouchage et prolongement des gargouilles avec des tuyaux en PVC 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

LOT 3 : SOKODE – KARA									
N°	Pk	Description de l'ouvrage	Dimensions et ouvertures			Résultats du diagnostic : Problème et dégradations constatées	Illustrations	Interventions : Travaux projetés	Etat général de l'ouvrage
			Long Totale (m)	Largeur Roulable (m)	Nbre travées				
OA53	33+504	<ul style="list-style-type: none"> Il s'agit de l'ouvrage dans la faille d'ALEDJO Ouvrage mixte à trois travées : Dalle en BA sur 4 poutres en profilés métalliques. Les poutres sont reliées par des pièces de pont sur culées et sur piles. Les appuis sont des béquilles : chaque pile est composée de 4 profilés métalliques Les culées sont des massifs de béton 	39,55	7,00	3	<ul style="list-style-type: none"> Les gargouilles sont trop courtes Les joints de chaussées sont dégradés Corrosion observée en tête des béquilles Aciers dénudés sur le bord intérieur du support des garde-corps 		<ul style="list-style-type: none"> Procéder au remplacement des joints de chaussée Prolonger les gargouilles avec des tubes en PVC Reconstruction du support des garde-corps 	Bon
OA54 (sur KARA)	68+752	<ul style="list-style-type: none"> Ouvrage BA en 5 travées isostatiques Les 4 piles intermédiaires sont composées d'une rangée de 03 fût de 1.20m de diamètre environ reliées uniquement par des pièces de pont sur appuis. Les appareils d'appui composés de cales en béton 	128,90	7,00	5	<ul style="list-style-type: none"> Fissures diagonales multiples au voisinage des appuis sur poutres de rive Les joints de chaussée ne sont pas étanches et on note d'importantes infiltrations d'eau sur les appuis, notamment sur les chevêtres Ecaillage sur les piles et les semelles Fissures obliques sur les retombées de poutre Efflorescence en tête des piles 		<ul style="list-style-type: none"> Surveiller l'évolution des fissures sur poutres Procéder au remplacement des joints de type lourd ou semi lourd Traitement des zones de faiblesse 	Bon

Annexe 4 : Diagnostic des ouvrages d'art

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

ANNEXE 5 : QUANTITATIF DES SOLUTIONS DE REPARATION DES OUVRAGES

LOT 1 : ATAKPAME – BLITTA		OUVRAGES D'ART : QUANTITATIF DES AMENAGEMENTS													
		NUMERO DES PRIX													
N° Ouvrage	PK	Démolition (m ³)	Remblai d'ouvrage (m ³)	Béton 150 (m ³)	Béton 350 (m ³)	Aciers (kg)	Bordure T2 (ml)	Descente d'eau (m ²)	Perrés (m ²)	Gabions (m ³)	Enrochement (m ³)	Recalibrage (m ²)	Gargouille (u)	Plot (u)	Garde corps (ml)
OA 1	0,029						300	56	224	120		570	20	16	40
OA 2	17,425						160	28	180	240		300	22	16	40
OA 3	20,291						300	56	224	240		600	16	16	48
OA 4	20,922				0,8		140	24	168	240		600	20	16	34
OA 5	22,814				1		140	20	144			210	6	16	14
OA 6	25,918						500	120	400	240			16	16	
OA 7	39,082						140	30	120			210	24	16	14
OA 8	43,262						140	30	168	150		450	16	16	34
OA 9	43,393				0,8		140	30	120	120		210	14	16	14
OA 10	46,920						140	30	144	120		600	20	16	46
OA 11	49,316				0,8		300	56	168	240		560	28	16	34
OA 12	53,523		75					22				800	28	16	
OA 13	67,388						140	20	100	240		510	16	16	34
OA 14	71,886							24	62			690	22	16	
OA 15	78,079						140	24	168			500	16	16	34
OA 16	79,835						140	30	168			450	24	16	34
OA 17	80,442						140	30	168			600	20	16	40
OA 18	85,187				0,8		140	24	168			500	16	16	34
OA 19	86,283		24		0,8		140	20	100			210	6	16	14
OA 20	87,218		18				140	20	200	120		600	20	16	40
OA 21	88,846						140	20	100			210	6	16	14
OA 22	96,310						140	20	168	150		510	16	16	34
OA 23	101,235		25				140	28	196	120		210	6	16	14
TOTAL		0	142	0	5	0	3800	762	3742	2340	0	10100	398	368	610

Annexe 5 : Quantitatif des solutions de réparation des ouvrages

Projet soutenu le 08 Juin 2011

Par : TANKEU NDANGA
Tatiana Sylviane

3^{ème} promotion Master d'Ingénierie option Génie Civil

LOT 2 : BLITTA – SOKODE

OUVRAGES D'ART : QUANTITATIF DES AMENAGEMENTS

		NUMERO DES PRIX													
N° Ouvrage	PK	Démolition (m ³)	Remblai d'ouvrage (m ³)	Béton 150 (m ³)	Béton 350 (m ³)	Aciers (kg)	Bordure T2 (ml)	Descente d'eau (m ²)	Perrés (m ²)	Gabions (m ³)	Enrochement (m ³)	Recalibrage (m ²)	Gargouille (u)	Plot (u)	Garde corps (ml)
OA 24	4,608		25		7,2		1600	200	140			300	10	16	20
OA 25	11,463						320	72	324			480	14	16	32
OA 26	16,097						140	28	168			270	8	16	18
OA 27	16,657		50				320	100	400	50		270	8	16	18
OA 28	17,705		50				320	100	400	50		360	12	16	24
OA 29	18,755						140	20	100			240		16	
OA 30	19,938						140	20	100			210		16	14
OA 31	20,844	121,418	120	6,0709	121,418	14 570,16	140	28	168		51	210	8	16	14
OA 32	24,242						140	28	168			240		16	14
OA 33	26,534				9,6		140	28	280			240		16	14
OA 34	27,573						140	28	168			240		16	14
OA 35	30,103						140	26	168			180		16	
OA 36	48,718		120				480	156	760	120		1100	48	16	100
OA 37	67,187		50				320	100	400	50		720	24	16	50
OA 38	67,866		50				320	100	400	50		960	32	16	64
OA 39	71,462						140	26	204	120		240		16	16
OA 40	72,960		50				320	80	400	50		210		16	12
OA 41	77,334						140	26	204			270	8	16	18
OA 42	79,025						140	28	196			510	16	16	34
OA 43	80,912						140	28	144			300		16	
TOTAL		121,418	395	6,0709	138,218	14 570,16	5680	1222	5292	490	0	7550	188	320	462

Annexe 5 : Quantitatif des solutions de réparation des ouvrages

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

Par : **TANKEU NDANGA Tatiana Sylviane**

3^{ème} promotion Master d'Ingénierie option Génie Civil

LOT 3 : SOKODE – KARA

OUVRAGES D'ART : QUANTITATIF DES AMENAGEMENTS

		NUMERO DES PRIX													
N° Ouvrage	PK	Démolition (m ³)	Remblai d'ouvrage (m ³)	Béton 150 (m ³)	Béton 350 (m ³)	Aciers (kg)	Bordure T2 (ml)	Descente d'eau (m ²)	Perrés (m ²)	Gabions (m ³)	Enrochement (m ³)	Recalibrage (m ²)	Gargouille (u)	Plot (u)	Garde corps (ml)
OA 44	4,585						140	36	324			510	16	16	34
OA 45	5,689						140	24	120			300		16	
OA 46	6,903		50				140	36	256	60		900	30	16	
OA 47	14,205						140	30	240			700	26	16	
OA 48	15,427						140	24	128			300		16	
OA 49	18,203						300	72	324			900	46	16	
OA 50	25,130						140	28	196			300		16	
OA 51	27,334						140	24	128			180		16	
OA 52	31,429								64			300		16	
OA 53	33,504						400	104	484	150			38	16	
OA 54	68,752									120				16	
TOTAL		0	50	0	0	0	1680	378	2264	330	0	4390	156	176	34

Annexe 5 : Quantitatif des solutions de réparation des ouvrages

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

Par : **TANKEU NDANGA Tatiana Sylviane**

3^{ème} promotion Master d'Ingénierie option Génie Civil

ANNEXE 6 : NOTE DE CALCUL OUVRAGE D'ART N°31 AU PK 20 + 844

1. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Il s'agit d'un pont cadre ouvert (portique) dont les caractéristiques principales sont les suivantes :

- L'ouvrage est un pont droit à une seule ouverture de 5 m de haut et de 6 m de large;
- Le tablier de 9,5 m de largeur comprend deux (02) trottoirs pleins de 1,25 m chacun bordés par des garde-corps métalliques et une chaussée de 7 m à deux (02) voies. La pente d'écoulement des eaux est de 2% sur les trottoirs et de 3% sur la chaussée;
- L'étanchéité du tablier est assuré par un revêtement en béton bitumineux de 4 cm ;
- Tous les éléments de la structure (tablier et piédroits) ont une épaisseur de 0,40 m;
- Les fondations superficielles sous les piédroits sont constituées par des semelles continues ancrées à environ 1,50 m de profondeur.

2. HYPOTHESES ET BASES DE CALCUL

2.1 Hypothèses et Règlements de calcul

Les actions à prendre en compte dans le calcul des ponts sont définies par les textes réglementaires normatifs en particulier le titre 2 du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (CPC) «**Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'arts**».

Les sollicitations sont déterminées par la «**Méthode des rotations**» et le calcul du ferrailage se fera suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé de la méthode des états limites dites règles **B.A.E.L 91 modifié 99**.

2.2. Matériaux

Pour tous les éléments de structure, la fissuration est supposée préjudiciable.

a. Béton

- Béton B27
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 27$ MPa
- Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 2,22$ MPa
- Contrainte limite du béton : $\overline{\sigma}_{bc} = 0,6 \cdot f_{c28} = 0,6 \times 27 = 16,20$ MPa
- L'enrobage : $c = 3$ cm, car la fissuration est préjudiciable.

b. Acier

- Nuance : acier Haute Adhérence Fe E 400
- Limite d'élasticité $f_e = 400$ MPa
- Contrainte de calcul de l'acier : $\sigma_s = f_e / \gamma_s = 347,83$ MPa avec $\gamma_s = 1,15$
- Contrainte limite de l'acier : $\overline{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e ; \max(0,5f_e ; 110\sqrt{\eta \cdot f_{t28}}) \right\} 207,31$ MPa avec $\eta = 1,6$ (acier HA).

c. Caractéristiques du remblai

Il est indiqué que le remblai d'accès est constitué d'un graveleux latéritique de poids spécifique de **21 KN/m³** (sol compacté) et de coefficient de poussée des terres **k = 0,333**.

NB : Le tassement du sol support de l'ouvrage est considéré uniforme.

2.3. Charges

a. Charges permanentes

- Béton armé : 25 KN/m³
- Revêtement bitumineux : 22 KN/m³
- Trottoirs : 23 KN/ m³
- Garde-corps métalliques : 0,50 KN/ml
- Remblai latéritique : 21 KN/m³ (coefficient de poussée active : 0,333)

b. Surcharges routières

Selon le fascicule 61 titre II, les charges d'exploitation prises en compte pour notre ouvrage sont les systèmes A(l), Bc, Bt, Br, Mc120, Me120, les charges sur les trottoirs et les surcharges sur le remblai d'accès à l'ouvrage.

Par la suite, pour le calcul des sollicitations engendrées dans chaque élément de l'ouvrage, il sera question de considérer pour chacune de ces charges, la position qui donne les valeurs les plus défavorables (élevées).

❖ Système de charge A

D'après le fascicule 61 titre II article 1^{er} « Pour des longueurs chargées inférieures à 10 m le système B est à considérer comme prépondérant dans tous les cas ».

Ce système se compose de charges uniformément réparties d'intensités variables suivant la longueur surchargée et qui correspondent à une ou plusieurs files de véhicules à l'arrêt sur le pont. En général, la valeur de la charge du système A appliquée uniformément sur toute la largeur de la chaussée des voies considérées est donnée par la formule suivante :

$$A_L = a_2 \times \text{Sup} \left(a_1 \cdot \left(2,3 + \frac{360}{L + 12} \right); (3,92 - 0,002 L) \right) \text{ en KN/m}^2$$

Avec : **L** = Longueur chargée du pont ;

a₁ est fonction du nombre de voies et de la classe du pont ;

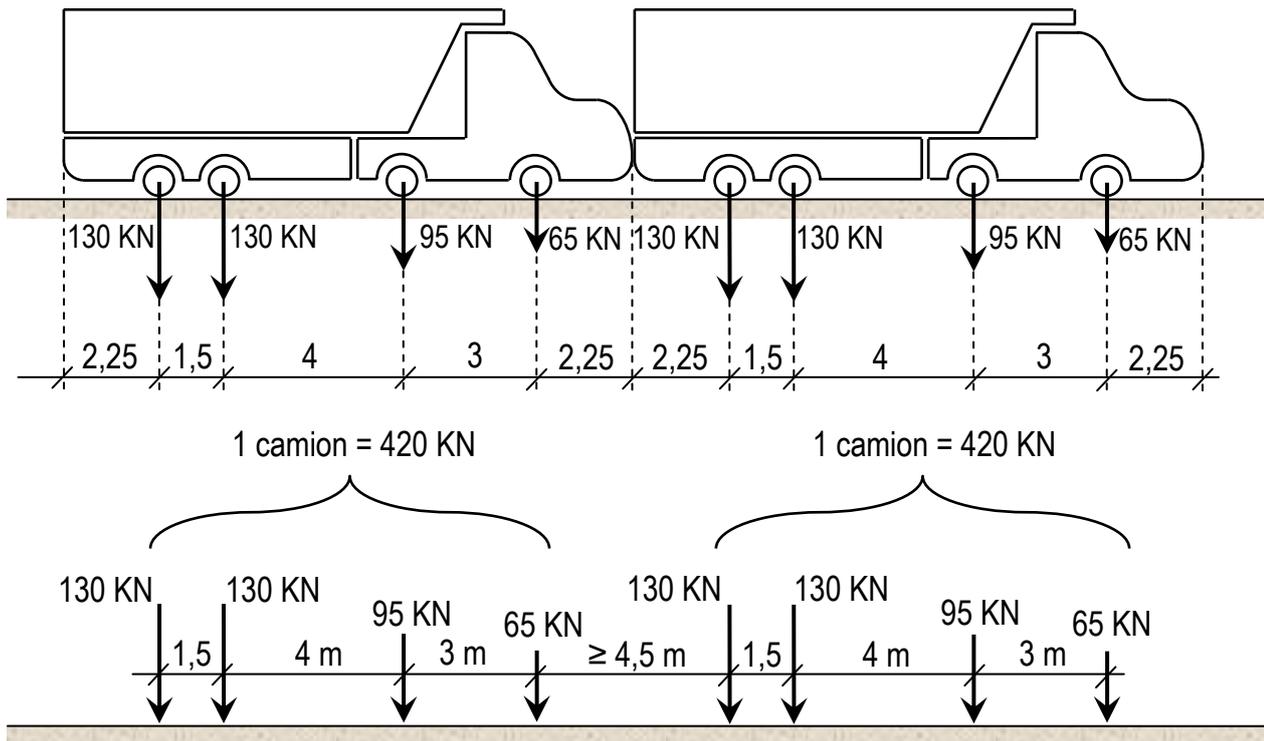
a₂ = V_0/V (avec V_0 fonction de la classe du pont et V = largeur roulable/nombre de voies) ;

❖ Système de charge B

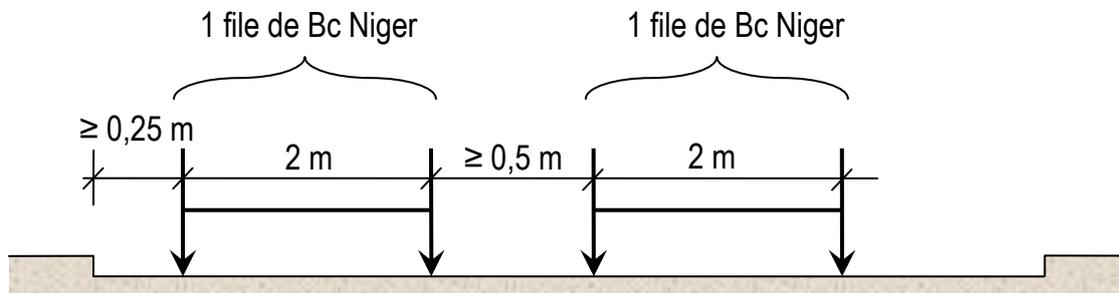
- Sous-système Bc (Camion type)

Le convoi Bc Niger composé d'un ou au maximum de deux (02) camions type par file, prend mieux en compte les charges développées par les camions roulant en surcharge. Ses caractéristiques sont les suivantes :

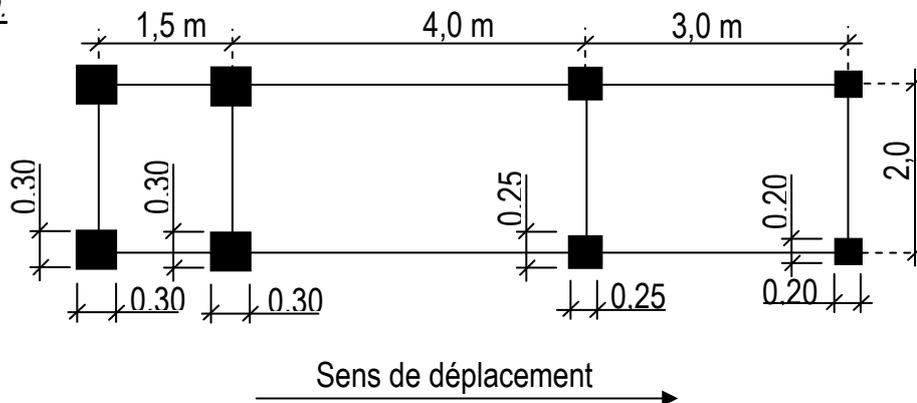
✓ Longitudinalement : (masse relative à une file de camions et charge donnée par un essieu)



✓ Transversalement.

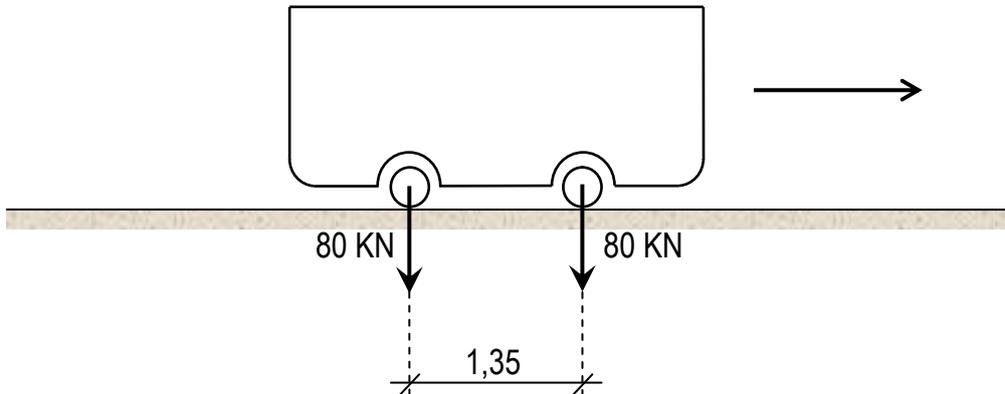


✓ En plan.

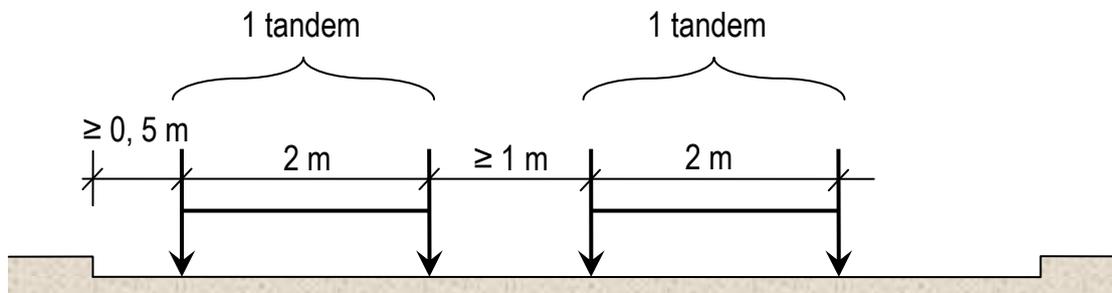


- Sous-système Bt (Essieu tandem)

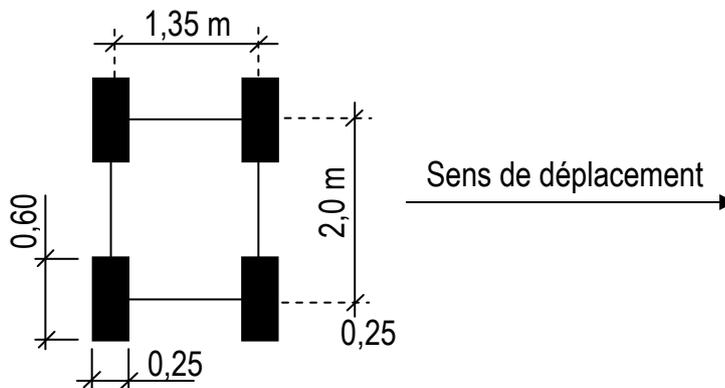
✓ Longitudinalement.



✓ Transversalement.

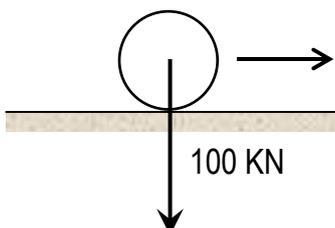


✓ En plan.

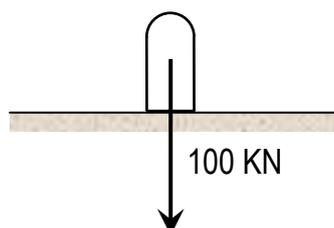


- Sous-système Br (Roue isolée)

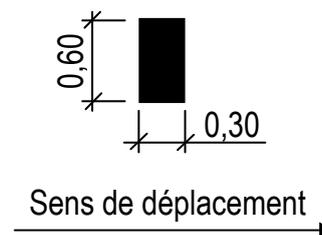
✓ Longitudinalement.



✓ Transversalement.



✓ En plan.



Annexe 6 : Note de calcul ouvrage d'art n°31

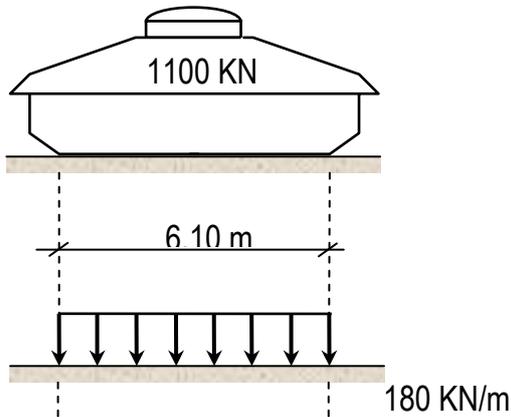
Projet soutenu le 08 Juin 2011

❖ **Système de charges militaires**

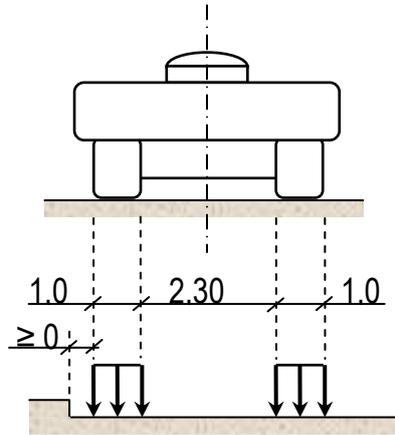
Seules les charges de la classe M120 seront considérées car étant plus défavorables que celles de la classe M80.

- Sous-système Mc120

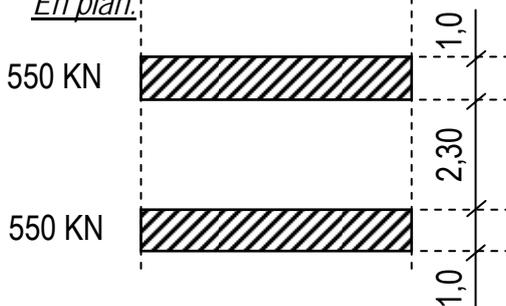
✓ Longitudinalement.



✓ Transversalement



✓ En plan.

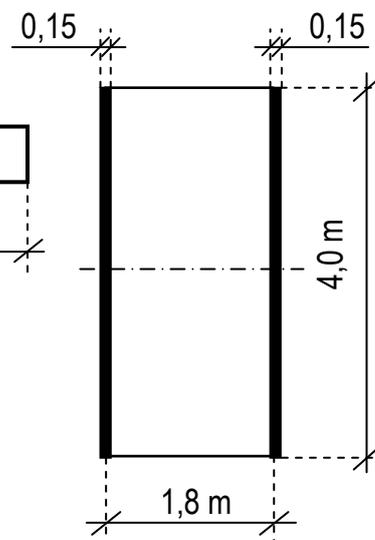
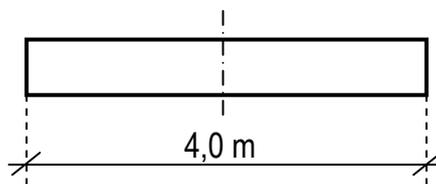
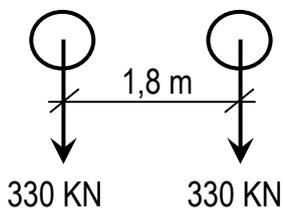


- Sous-système Me120

✓ Longitudinalement.

✓ Transversalement.

✓ En plan.



❖ Charges sur trottoirs

– Charges locales

Le système local destiné à la justification des éléments du tablier comprend une charge uniformément répartie d'intensité q_{Tr} telle que :

$$q_{Tr} = 4,5 \text{ KN/m}^2$$

Cette charge est placée pour produire l'effet le plus défavorable. Les effets de cette charge ne sont à prendre en compte que lorsqu'il s'agit d'état limite ultime.

– Charges générales

Le système général destiné à la justification des poutres principales, comprend une charge uniformément répartie d'intensité q_{Tr} telle que :

$$q_{Tr} = 1,5 \text{ KN/m}^2$$

Cette charge est à disposer sur les trottoirs bordant une chaussée.

❖ Charges sur remblais d'accès

En vue de la justification des éléments ou structures susceptibles d'être soumis à des efforts de la part des remblais d'accès au pont, on considère que ces remblais sont susceptibles de recevoir une charge de **10 KN/m²** répartie sur toute la largeur de la plate forme.

2.4. Principe et méthode de calcul des sollicitations

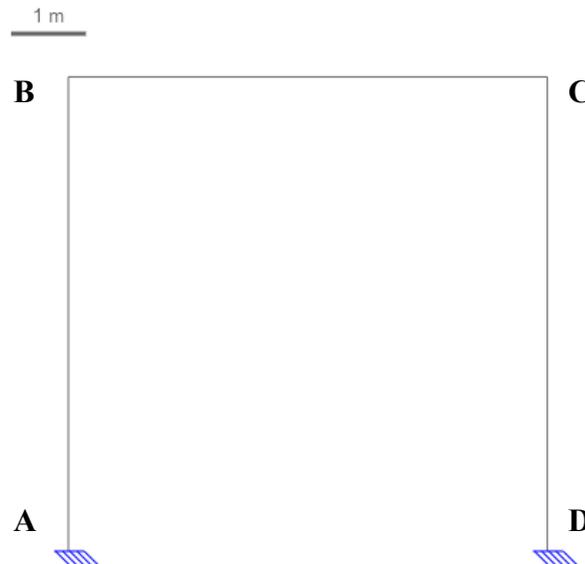
De manière générale, les études seront faites par bande d'un mètre d'élément de structure ($b = 1 \text{ m}$).

Pour le calcul des sollicitations dans les éléments de structure du cadre simple ouvert, nous considérerons les différents cas de charges : sous actions permanentes d'une part, et sous surcharge d'exploitation d'autre part. Pour chaque cas de charge, nous calculerons les moments fléchissant M aux nœuds A, B, C, D (voir schéma statique) ; les moments en mi-travée dans les éléments AB (piédroit gauche), BC (tablier), CD (piédroit droit); et les efforts normaux N dans les éléments AB (piédroit gauche), BC (tablier), CD (piédroit droit) ;

Après avoir déterminé sur le tablier de l'ouvrage, la position qui permet d'avoir les valeurs maximales du moment fléchissant pour chaque cas de charges, les sollicitations sont calculées dans les autres éléments de la structure. Les valeurs à prendre en compte pour la détermination des sections d'armatures relève des combinaisons suivantes :

3. EVALUATION DES SOLLICITATIONS

Le schéma statique est représenté par rapport à la ligne moyenne de chaque élément. Les dimensions de l'élément sont donc : *largeur * hauteur = 6,40 * 6,40*



3.1. Inventaire des charges

a. Charges permanentes

❖ Tablier

En se référant au profil type sur l'ouvrage la charge permanente défavorable sur le tablier est :

- Poids propre tablier : $25 \times 0,4 \times 1 \text{ ml} = 10 \text{ kN/ml}$
- Revêtement: $22 \times 0,04 \times 1 \text{ ml} = 0,88 \text{ kN/ml}$
- Trottoirs : $23 \times 0,1 \times 1,25 = 2,875 \text{ kN/ml}$
- Garde-corps: $0,5 \text{ kN/ml}$

❖ Piédroit

La charge permanente défavorable sur le piédroit sera prise égale à la plus grande réaction permanente et le poids propre du piédroit. Nous tiendrons également compte de la poussée des terres.

- Poids propre du piédroit : $25 \times 0,4 \times 6,4 = 64 \text{ kN/ml}$
- Poussée des terres à la base: $21 \times 6,4 \times 0,333 \times 1 \text{ ml} = 44,75 \text{ kN/ml}$

b. Charges d'exploitation

❖ Données diverses

La largeur roulable et la largeur chargeable sont identiques et égales à **7,00 m** ($L_R = L_C$); ainsi, on aura :

- La classe du pont : **première classe**
- Le nombre de voies : $n = E\left(\frac{L_C}{3}\right) = 2$
- Les coefficients b_t et b_c

Le coefficient b_c est fonction de la classe du pont et du nombre de files considérés ; ainsi, le pont étant de première classe et pouvant disposer au maximum deux files sur celui-ci, **$b_c = 1,10$** ;

Le coefficient b_t est fonction uniquement de la classe du pont ; ainsi, pour un pont de première classe, **$b_t = 1,00$** ;

❖ **Système de charge A**

La disposition longitudinale défavorable est obtenue lorsque toute la longueur du pont est chargée (situation d’embouteillage).

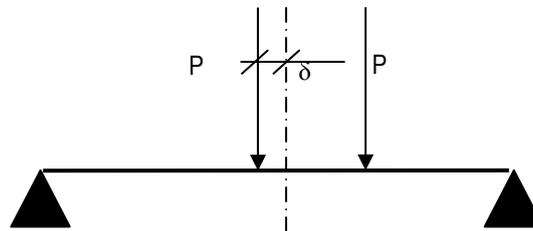
$$A_L = a_2 \times \text{Sup} \left(a_1 \cdot \left(2,3 + \frac{360}{L + 12} \right); (3,92 - 0,002 L) \right) \text{ en kN/m}^2$$

Avec : $L = 6,80 \text{ m}$, $a_1 = 1$ et $a_2 = 1$; nous obtenons par suite : $A_L = 21,45 \text{ kN/ml}$

❖ **Système de charge B**

– Sous-système Bc Niger

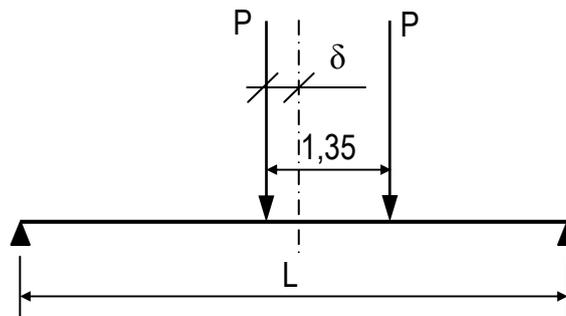
On peut disposer une file de deux camions au maximum par voie. Le pont ayant 6,80 m de long, on ne peut disposer en fin de compte qu’un seul camion par file. La disposition longitudinale qui donne les valeurs maximales du moment sur le tablier pour $2,56 < L \leq 8,06$ est la suivante :



Avec $P = 130 \text{ kN}$ et $\delta = 3/8 = 0,375 \text{ m}$.

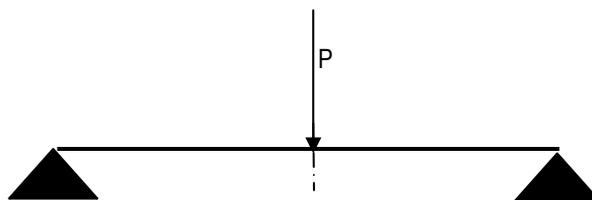
– Sous-système Bt

La valeur maximale du moment fléchissant est obtenue pour la position $\delta = 0,3375 \text{ m}$ avec $P = 160 \text{ kN}$ pour une file.



– Sous-système Br (Roue isolée)

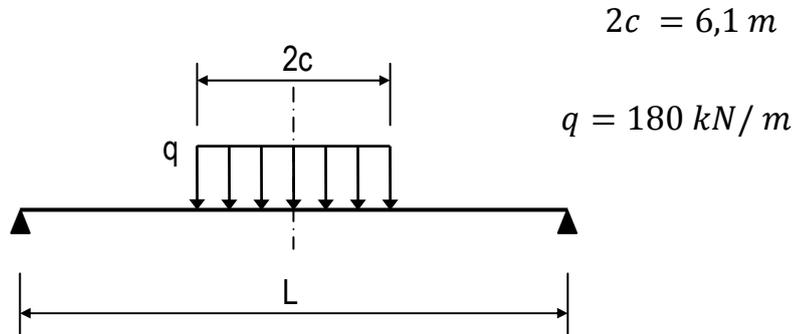
La valeur maximale du moment fléchissant est obtenue à la mi-portée et la position de la roue au centre de la travée avec $P = 100 \text{ kN}$.



❖ **Système de charges militaires**

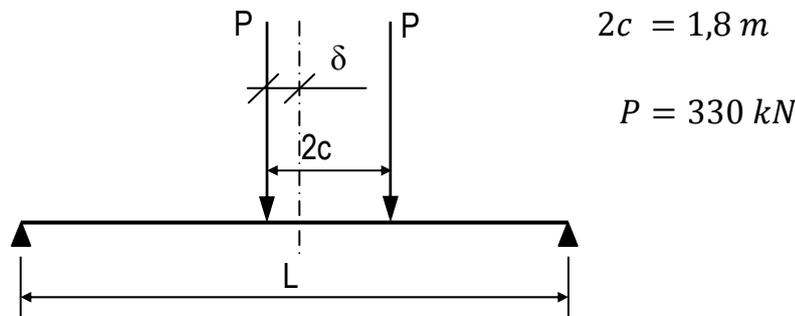
- Sous-système Mc120

La valeur maximale du moment fléchissant est obtenue à la mi-portée de la travée et pour un chargement symétrique.



- Sous-système Me120

La valeur maximale du moment fléchissant est obtenue pour la position $\delta = \frac{2c}{4} = 0,45\ m$:



❖ **Charges sur trottoirs**

Le système local pour une largeur de trottoirs de 1,25 m donne une charge uniformément répartie d'intensité $q_{Tr} = 5,625\ kN/ml$. Les valeurs maximales sont obtenues lorsque toute la longueur du pont, sur un seul trottoir est chargée.

❖ **Charges sur remblais d'accès**

Cette charge s'applique uniformément sur les pénétrations et la valeur de la contrainte :

$$\sigma = 3,33\ kN/ml$$

Les valeurs maximales des sollicitations sont obtenues lorsque les charges du remblai d'accès agissent sur les pénétrations de l'ouvrage simultanément; ce qui correspond à une situation de stationnement (embouteillage) au droit de l'ouvrage.

❖ **Les coefficients de majoration dynamique**

Les charges du système B et militaires sont multipliées par un coefficient de majoration pour les effets dynamiques.

- Charges du système B

Ce coefficient sera noté δ_B pour les charges du système B et applicable aux trois systèmes Bc, Bt et Br. Il est le même pour chaque élément du pont. Il est déterminé à partir de la formule suivante :

$$\delta_B = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \cdot L} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 \cdot G}{S}}$$

Où : $\left\{ \begin{array}{l} L : \text{Longueur de l'élément considéré (en m)} \\ G : \text{Poids propre de l'élément considéré} \\ S : \text{Charge B maximale susceptible d'être placée sur l'élément considéré} \\ \quad \text{(en tenant compte des coefficients bc et bt)} \end{array} \right.$

En application numérique, nous avons :

$L = 6,40 \text{ m};$

$G = 25 \times 0,40 \times 9,5 \times 6,40 = 608 \text{ kN}$

soit, $\delta_B = 1,349$

$S = \max(994; 640; 100) = 994 \text{ kN}$

- Charges militaires

De la même manière, pour $S = \max(1098; 660) = 1098 \text{ kN}$, nous avons : $\delta_M = 1,446$.

3.2. Calcul des sollicitations

Les combinaisons d'actions qui permettent d'obtenir les sollicitations maximales en vue de la détermination des sections d'aciers sont les suivantes :

$$\text{ELU : } 1,35 \times G + \max \left\{ 1,60 \max \begin{array}{l} A(l) \\ Bc \\ Bt \\ Br \end{array} ; 1,35 \max \begin{array}{l} Mc120 \\ Me120 \end{array} \right\} + 1,60 \times (\text{trottoir} + \text{remblai d'accès})$$

$$\text{ELS : } G + \max \left\{ 1,20 \max \begin{array}{l} A(l) \\ Bc \\ Bt \\ Br \end{array} ; \max \begin{array}{l} Mc120 \\ Me120 \end{array} \right\} + \text{trottoir} + 1,2 \times \text{remblai d'accès}$$

Les valeurs optimales de calcul obtenues pour chaque type de sollicitations sont récapitulées dans le tableau suivant :

Désignation	ELU		ELS	
	Moment (m.kN/ml)	Effort normal (kN/ml)	Moment (m.kN/ml)	Effort normal (kN/ml)
A	430	-1552	319,2	-1150
AB	-215,7	-1510	-160	-1119
B	-1235	-345,7	-916,4	-1087
BC	1567	-345,7	1163	-256,6
C	-1249	-1544	-926,8	-1145
CD	-229,7	-1587	-170,4	-1176
D	416,2	-1629	308,8	-1208

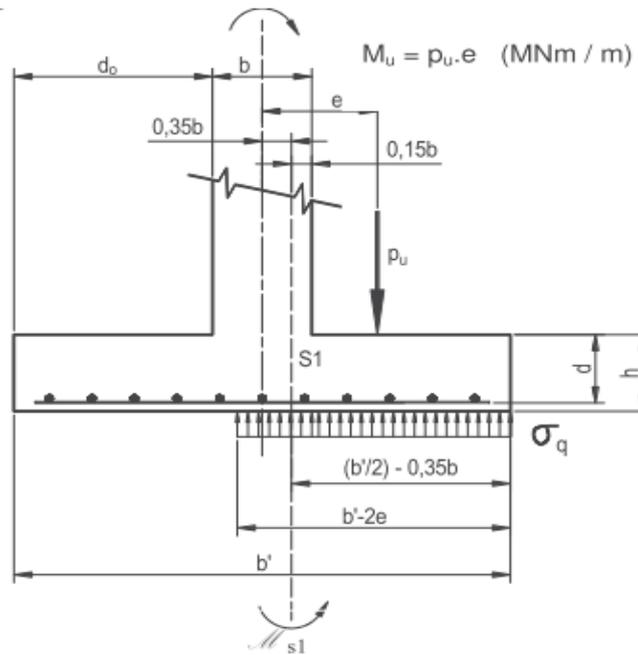
3.3. Calcul des armatures des différents éléments

a. Tablier et piédroits

Les calculs ont été effectués à l'aide de tableurs Excel suivant l'organigramme de dimensionnement des poutres en flexion simple/composée. En récapitulatif, les choix d'armatures sont les suivants :

Désignation	As calculé (cm ² /ml)	Choix	As retenu (cm ² /ml)	Disposition
Tablier	Appuis	27 HA14	46,18	3 lits esp = 12 cm
	Travée	18 HA14	30,78	2 lits esp = 12 cm
Piédroit	Travée	10 HA14	15,39	esp = 12cm

b. Semelle



Elle sera calculée comme une semelle continue sous mur soumise à un moment de flexion en tête. Les données pour le calcul sont les suivantes :

- Contrainte limite du sol : $Q_u = 0,3 \text{ MPa}$
- Résultante des forces verticales à l'état limite ultime (durée d'application supérieure à 24h) : $P_u = 1629 \text{ kN / m}$
- Moment de flexion sollicitant la base du mur à l'état limite ultime : $M_u = 430 \text{ m.kN/m}$
- Largeur du mur : $b = 0,40 \text{ m}$
- Fissuration de la semelle considérée comme préjudiciable.

Comme résultats, nous obtenons une semelle de dimensions :

Largeur b'	Débord d_0	Hauteur de la semelle h
2,50 m	1,05 m	0,60 m

Annexe 6 : Note de calcul ouvrage d'art n°31

Projet soutenu le **08 Juin 2011**

- Vérification de la portance du sol de fondation

La portance du sol de fondation est estimée à $Q_u/2 = 0,15 \text{ Mpa}$.

Poids propre exact de la semelle compte tenu de ses dimensions :

* $G_o = 25 \times 0,6 \times 2,5 = 37,5 \text{ kN/m} = 0,0375 \text{ MN/m}$ ($< 0,050 \text{ MN/m}$ estimés a priori pour déterminer la largeur b')

*Contrainte du sol : $\sigma = (P_u + 1,35 G_o) / (b' - 2e)$ avec $e = M_u / P_u$

Nous obtenons bien : $\sigma = 0,135 \text{ Mpa}$ (OK) !

- Sections d'armatures

Désignation	As calculé (cm ² /ml)	Choix	As retenu (cm ² /ml)	Disposition
Armatures principales	20,2	13 HA14	20,01	esp = 8,3 cm
Armatures de répartition	5,05	7 HA10	5,498	esp = 40 cm

3.4. Ouvrage de tête : mur en aile

Le mur en aile (voir coupe plus haut) dont la vérification de la stabilité au poinçonnement, au basculement eu au glissement a été satisfaisant, sera ferrailé comme suit :

Désignation	As calculé (cm ² /ml)	Choix
Rideau	4,149	9 HA8
Patin	2,74	5 HA8
Talon		

4. RECOMMANDATIONS (DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES)

Nous recommandons la mise en place d'un ouvrage de tête. Cela permettra de bien retenir les terres et empêchera le cours d'eau d'avoir un impact direct sur les matériaux de remblai et les fondations superficielles (phénomène d'affouillement). Nous proposons une protection du cours d'eau soit en gros béton soit en enrochements, soit en gabions.

L'évacuation des eaux sur le tablier sera assurée par des gouttières en PVC de diamètre 150 mm, qui seront disposées tous les deux (02) mètres.

Pour une meilleure résistance des appuis nous envisageons également de mettre :

- Des goussets sur les piédroits pour favoriser une bonne assise du tablier et lutter contre le cisaillement éventuel. Ils auront pour dimensions 0,30 x 0,30;

- Une dalle de transition entre l’ouvrage et la chaussée. Elle destinée à atténuer les effets des dénivellations se produisant entre la chaussée et l’ouvrage résultant d’un compactage sans doute imparfait du remblai proche des parois.

Sa longueur, comprise entre 3 m et 6 m, peut être donnée par la formule suivante :

$$L = \text{Min} [6 \text{ m} ; \text{Max} (3 \text{ m} ; 0,60 \times h_g)]$$

avec h_g : hauteur du mur en aile.

On trouve donc **une longueur de 3 m.**

Pour sa largeur, elle est égale à **9,5 m** et son épaisseur est en général prise égale à **20 cm.**

