INTER NATIONAL

© SOGEA SATOM

CONCEPTION ET CONSTRUCTION DU PONT DE DIMBALA EN GUINÉE ÉQUATORIALE

AUTEURS : NICOLAS METGE, RESPONSABLE DU PÔLE CONCEPTION ET MAÎTRISE D'ŒUVRE, ISC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE) -DAVID BERTHIER, DIRECTEUR GÉNÉRAL, ISC (VINCI CONSTRUCTION FRANCE) - FRANCK CASTELEYN, DIRECTEUR GÉNÉRAL, SOGEA SATOM GUINÉE ÉQUATORIALE (VINCI CONSTRUCTION)

LES TRAVAUX DU PONT DE DIMBALA SE SONT ACHEVÉS AU COURS DE L'ÉTÉ 2014. ASSURANT LA CONTINUITÉ DU CONTOURNEMENT DE LA VILLE DE MONGOMO EN GUINÉE ÉQUATORIALE ET SITUÉ À MOINS DE 200 M DE LA FRONTIÈRE AVEC LE GABON, L'OUVRAGE CONSTITUE UNE VÉRITABLE PORTE D'ENTRÉE EN GUINÉE ÉQUATORIALE, MONGOMO DEVENANT UN CARREFOUR IMPORTANT DU RÉSEAU ROUTIER INTER RÉGIONAL, AU CŒUR DE LA ZONE CEMAC.

CONTEXTE DU PROJET

Le pont de Dimbala s'inscrit dans un projet plus global de réalisation du contournement de la ville de Mongomo en Guinée Équatoriale, ville frontalière avec le Gabon. Le chantier a été confié à Sogea Satom, filiale africaine du groupe Vinci et présente depuis plus de vingt ans en Guinée Équatoriale. À l'est de la ville, la route doit franchir une brèche d'environ 120 m. Sogea Satom a alors fait appel à Ingénierie des Structures et des Chantiers (ISC), filiale de Vinci Construction France, pour la conception de l'ouvrage puis les études techniques d'exécution tant en structure qu'en méthodes.

CONCEPTION ARCHITECTURALE ET TECHNIQUE

Le projet concerne le franchissement d'une rivière et de la route frontalière menant au Gabon.

Transversalement, le tablier supporte 4 voies de circulation routière avec un terre-plein central et deux trottoirs latéraux. Il fait 23 m de largeur totale.

La solution qui a été retenue est la réalisation d'un bipoutre droit à deux travées égales de 58,25 m de portée soit une longueur totale de l'ouvrage de 116,5 m. C'est la distance minimale pour franchir la rivière et la route tout en réalisant des culées simples et discrètes sur talus. L'ouvrage présente une pente unique longitudinale de 3,07 %. (figure 2). L'appui central et les deux travées soulignent les deux franchissements, d'un côté la rivière, de l'autre la route. La variation de hauteur du tablier permet de marquer le point central et affine les lignes de fuite vers les culées. Un sentiment de légèreté et de finesse se dégage du pont. La transparence est forte, la traversée semble facile, les forces bien équilibrées sur cette « balance ». De par sa couleur rouge, le pont ressort du paysage et se distingue sur le fond uniforme vert de la végétation (figure 3).

1- Le pont de Dimbala en cours en chantier.

1- Dimbala Bridge during the works.

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

LES FONDATIONS

Les piles et les culées sont fondées sur des pieux forés tubés de diamètre 70 cm, d'environ 10 m de longueur pour la pile P1 et 18 m de longueur pour les culées C0 et C2. Ceux-ci

2

© ISC

permettent d'atteindre le substratum rocheux. On trouve 8 pieux sous chaque culée. Pour les piles, chaque fût possède sa propre semelle de 1,5 m qui permet de répartir la charge sur les 12 pieux qui constituent la fondation.

PILES ET CULÉES

La pile centrale est divisée en deux fûts parfaitement indépendants pour donner de la transparence à l'ouvrage. Chaque fût supporte donc une des deux poutres principales du tablier par l'intermédiaire d'un appareil d'appui à pot. Il s'agit des points fixes de l'ouvrage. Les fûts ont une hauteur d'environ 6,8 m. D'une forme de base en losange de 2,20 m par 3,30 m, ils sont amputés au niveau de deux arêtes pour donner un effet arborescent à chaque pile. Celles-ci rappellent alors le symbole de l'arbre ceiba, symbole de la Guinée Équatoriale et présent sur le drapeau national. Les culées sont de conception classique. Elles sont constituées d'un sommier d'appui de 1 m d'épaisseur. Elles comportent un mur garde-grève de 30 cm d'épaisseur et une dalle de transition de 6,5 m de longueur et des dalles de frottement. Les murs en retour et les murs-caches présentent un parement nervuré horizontalement.

2- Photomontage de l'ouvrage définitif.

3- Coupe longitudinale.

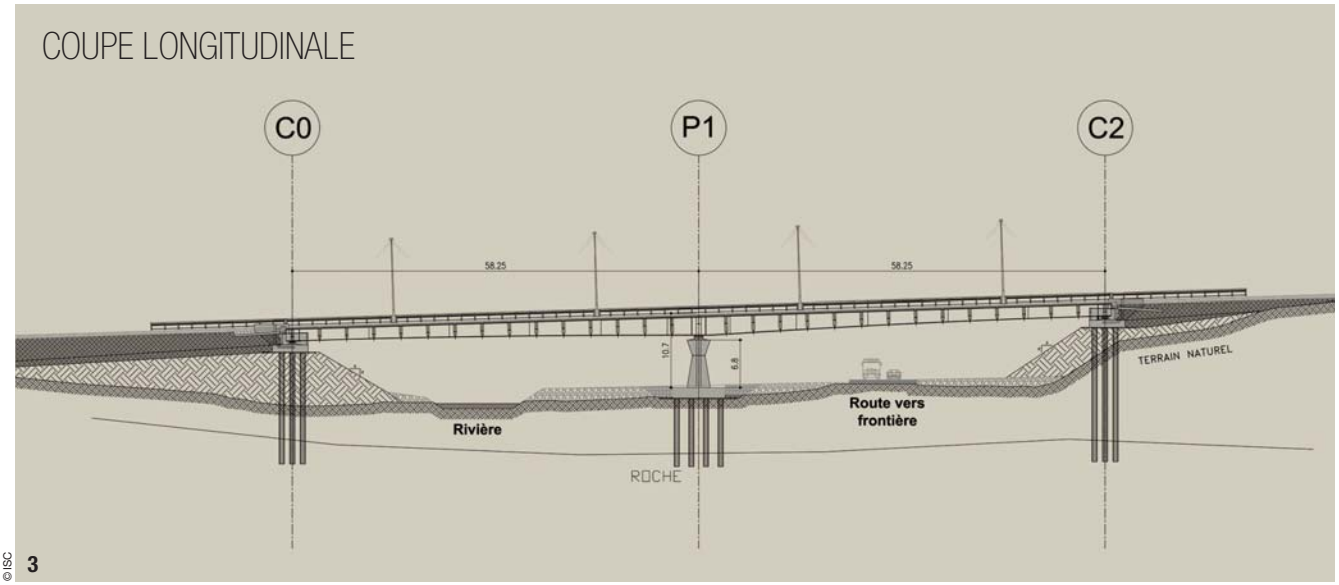
2- Photomontage of the final structure.

3- Longitudinal section.

LA CHARPENTE MÉTALLIQUE

La charpente métallique a été calculée à l'Eurocode. Elle est constituée de deux PRS de hauteur variable qui supportent le hourdis. Celui-ci est raidi transversalement par des pièces de ponts. Les PRS ont une hauteur de 1,7 m au niveau des culées pour atteindre progressivement leur hauteur maximale de 2,7 m au niveau de la pile. La semelle supérieure a une largeur constante de 1 350 mm et la semelle inférieure une largeur constante de 1 500 mm. Les épaisseurs de tôle varient de 50 mm jusqu'à 110 mm. L'acier est principalement de nuance S355 sauf pour certains tronçons de PRS sur appui dont les tôles sont en S460. Des goujons Nelson assurent la connexion avec le hourdis en béton armé. La quantité d'acier de charpente s'élève à 625 t (figure 4).

Le choix des assemblages s'est porté sur les assemblages soudés. La charpente étant fabriquée en France, cela permet de s'affranchir des risques d'erreurs géométriques sur les pièces boulonnées nécessitant des envois d'urgence par avion et des aléas incompatibles avec le planning. ▷



3

© ISC

© SOGEA SATOM

LE HOURDIS

La dalle du tablier est réalisée à partir de prédalles participantes de 12 cm d'épaisseur sur lesquelles un hourdis de 13 cm est coulé en place pour obtenir une hauteur totale de 25 cm.

Le hourdis intègre les longrines latérales de l'ouvrage, supports des candélabres et des garde-corps ainsi que le terre-plein central (figure 5).

LES SUPERSTRUCTURES

Une étanchéité de 3 cm est disposée sur l'ouvrage ainsi qu'un revêtement en béton bitumineux d'environ 8 cm dans la zone circulée. Des GBA sont disposées de part et d'autres des voies afin de contenir le trafic. Le profil transversal en toit permet la récupération des eaux du pont via des corniches caniveaux qui rapportent l'eau jusqu'à la culée et servent à l'habillage des rives de l'ouvrage.

4- Vue de la charpente en cours de montage.

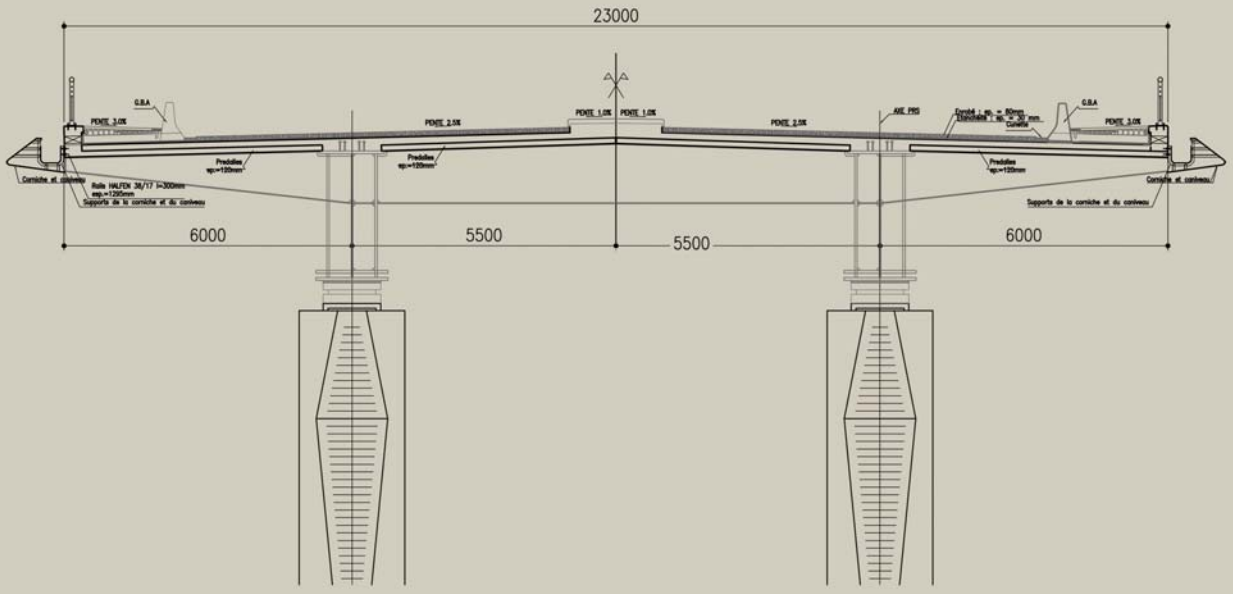
5- Coupe transversale sur pile.

4- View of the structure during erection.

5- Cross section on pier.

La forme permet de refléter le soleil et de former une bande claire en rive en soulignant l'horizontale. Les garde-corps sont en acier laqué. Formés de lisses horizontales et d'une tôle en métal perforé, les garde-corps se veulent discrets et transparents pour laisser passer le regard du promeneur ou des conducteurs. Huit réverbères disposés tous les 29 m sur chaque rive de l'ouvrage éclairent la route la nuit (figure 6).

COUPE TRANSVERSALE SUR PILE



© ISC

LA CONSTRUCTION DE L'OUVRAGE

ORGANISATION ET ENCADREMENT DU CHANTIER

Sur le projet de contournement, les équipes de Sogea Satom sont organisées par cœur de métier : terrassements, chaussées, assainissement, bordures, préfabrication, mécanique, carrière et bien sûr ouvrages d'art. L'encadrement est principalement constitué d'expatriés mais la main d'œuvre qualifiée est équato-guinéenne. Pour la charpente métallique, suite à une consultation internationale, Baudin Châteauneuf s'est vu confier la fabrication et la mise en œuvre des éléments de structure. La charpente a été fabriquée en France. Le montage, l'assemblage, les soudures et la peinture ont été réalisés par du personnel détaché sur place le temps du chantier.

LES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

La première étape du chantier consistait à réaliser la purge des terrains existants pour la réalisation de la plateforme de travail sous l'ouvrage.
Deux dalots, compatibles avec le régime hydraulique de la rivière, ont été installés sous la plate-forme. Un remblai de qualité a été réalisé afin de permettre par la suite aux grues mobiles de travailler et de poser les tronçons de charpente.

LA RÉALISATION DES PIEUX FORÉS TUBÉS

Les pieux sont des pieux forés tubés et ont été sous-traités à l'entreprise équato-guinéenne Horizon Construction. Le tubage provisoire sur la hauteur des terrains instables est retiré une fois le bétonnage du pieu réalisé. Cela permet d'ancrer les pieux sur un terrain dur, dans notre cas le substratum rocheux est situé entre 10 et 20 m de profondeur. Les tubes n'ont pas été vibrofoncés, ils ont été descendus avec leur propre poids au fur et à mesure du forage à la tarière et raboutés par longueurs de 6 mètres.

LA RÉALISATION DE LA PILE

La pile P1 est constituée de deux fûts appuyés sur des semelles indépendantes de hauteur 1,50 m et espacés de 5,50 m l'une de l'autre. Les semelles ont été réalisées au fond des fouilles dont les parois étaient talutées. Le coffrage de 6,80 m a été réalisé toute hauteur avec des panneaux modulaires disposés sous forme de parallélépipède. Des négatifs en bois ont été fabriqués sur chantier et positionnés dans le coffrage afin de réaliser les formes biseautées. Le bétonnage a été réalisé en plusieurs levées sur une seule journée avec un temps de séchage court et une pause du bétonnage de deux heures à mi-hauteur pour limiter la poussée sur les coffrages.

LA CHARPENTE MÉTALLIQUE AU CŒUR DU PROJET

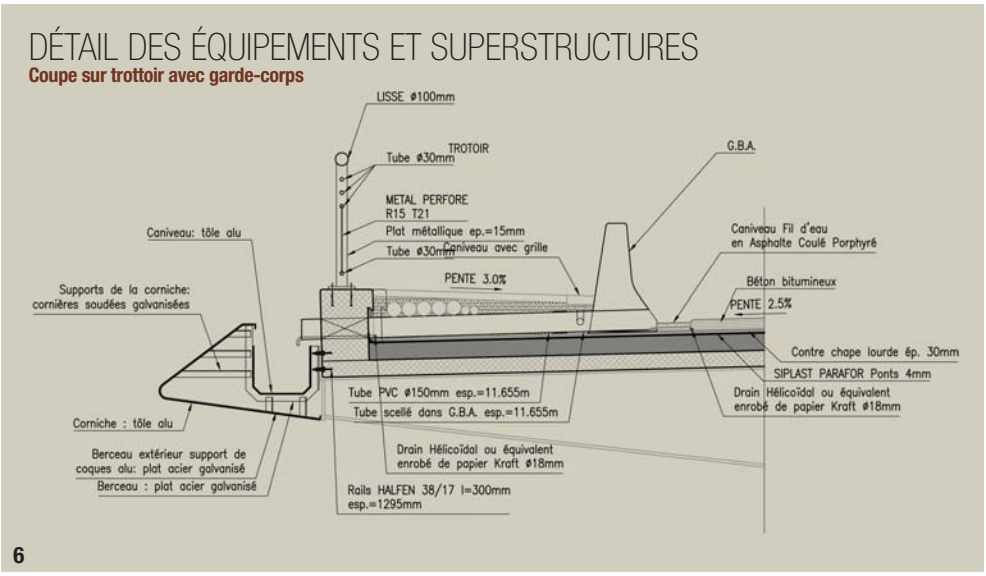
La hauteur peu importante et la possibilité d'accès à l'ensemble de l'ouvrage depuis le terrain naturel ont guidé le choix vers une pose par grutage de la charpente métallique. De plus, la variation de hauteur des poutres rendait l'opération de lançage peu aisée dans le contexte guinéen. Une étude détaillée du levage et du découpage de la charpente a été effectuée pour tenir compte de capacités limitées des grues présentes sur place (1 grue de 120 t et deux grues de 60 t).
Le transport par bateau étant incontournable, les tronçons de poutres ont été limités à 12 m de longueur afin de rentrer dans les gabarits standards des conteneurs et de permettre la pose des poutres principales avec les grues disponibles.

LA FABRICATION DE LA CHARPENTE

La fabrication de la charpente a été entièrement réalisée en France par Baudin Châteauneuf au sein de leur atelier à Châteauneuf-sur-Loire et acheminée depuis le port du Havre jusqu'à celui de Bata. ▷

6- Détail des équipements et superstructures.
7- Mise en œuvre des palées provisoires.
8- Mise en œuvre des tronçons de charpente à la grue de 120 t.

6- Detail of equipment and superstructure.
7- Placing temporary bents.
8- Installing structure sections with a 120-tonne crane.



© ISC 6

7
© SOGEA SATOM

8
© ISC

FIGURES 9 & 10 © ISC

© SOGEA SATOM

9- Soudure en cours sur l'ouvrage.

10- Préfabrication foraine des prédalles.

11- Prédalles en cours de pose.

9- Welding in progress on the bridge.

10- On-site prefabrication of precast formwork units.

11- Precast formwork units being placed.

Les poutres principales sont des poutres reconstituées soudées découpées par oxycoupage.
La peinture est appliquée en 3 couches dont deux sont réalisées en atelier sur l'ensemble de la charpente excepté au droit des joints transversaux d'assemblage. La couche de finition est appliquée sur site.

LE TRANSPORT DE LA CHARPENTE

Le transport des 22 tronçons de charpente dont la longueur maximale est de 11,90 m et de poids maximal égal à 30 t a été réalisé en 3 expéditions par 25 containers de type 40' ordinaires et 6 containers type « OOG » (open top out of gauge) pour les tronçons de PRS près de la pile dont la hauteur était supérieure au gabarit du container.
Parmi ces containers, deux ont été considérés en catégorie « convoi exceptionnel » de niveau 1 pour le transport routier en France.

ASSEMBLAGE ET MISE EN ŒUVRE DE LA CHARPENTE

Le nombre important de tronçons nécessite la mise en œuvre d'un nombre équivalent de palées provisoires. Ces palées sont des tubes de diamètre 610 mm posées sur des semelles d'épaisseur 40 cm et de section 2,50 m x 2,50 m. Elles permettent de supporter le poids de la charpente ainsi que le poids des prédalles, ces charges s'appliquant avant le décintrage de la charpente et le démontage des palées. Les fûts de palées sont au nombre de 20 et contreventés par groupe de 4 ou de 6 dans les 3 directions (figure 7).
Ces fûts sont constitués de morceaux indépendants de 2 m de hauteur boulonnés par platines, ce qui facilite le transport, l'assemblage et l'adaptabilité. Des éléments de 50 cm de hauteur sont posés en tête afin de faire un réglage plus fin de la hauteur avant de positionner les camarteaux sur la dernière platine. Des cales d'épaisseur sont ensuite disposées sur ces derniers pour régler précisément la hauteur de pose des poutres principales.
Des palées spécifiques ont aussi été conçues en demi-coquilles afin de pouvoir éventuellement servir de coffrage de poteaux (diamètre de 600 mm) dans un futur projet.
La pose des poutres principales a été exécutée avec une grue de 120 t facilitant les opérations de levage par rapport à l'utilisation des deux grues de 60 t simultanément (figure 8).
Une console d'appui est placée en tête de la poutre principale à poser qui s'appuie donc sur le PRS précédent et sur la palée suivante. Une fixation provisoire des tronçons est réalisée par des barrettes latérales de liaison.
Les pièces de pont sont provisoirement assemblées aux semelles des montants au moyen d'une cornière boulonnée avant leur soudage, ce qui permet de réaliser la pose depuis le platelage afin de ne pas travailler en hauteur. Les consoles et les pièces de pont sont réglées en hauteur via un système de tirants-butées soudés sur les semelles supérieures. Les tiges filetées permettent le réglage et les butées sont découpées une fois la pose finie.

LE PLATELAGE COMME PLATE-FORME DE TRAVAIL

Un platelage complet a été mis en œuvre sur une largeur de 25 m au droit des culées (débord de 1 m par rapport au pont) et 13 m en partie centrale. Le platelage est totalement dissocié des palées provisoires. Il permet aux équipes de poser et régler la charpente, de poser les prédalles, d'assurer la mise sur appareils définitifs au droit de la pile et d'appliquer la couche de finition de la peinture anticorrosion.
Il est constitué de planches appuyées sur trois niveaux de poutrelles afin de franchir des portées de 9 m et libérer les passages nécessaires aux engins.
Le poids d'acier est de 140 t pour les poutres et le bois des chevrons et planches représente environ 150 m^3.

FIGURES 12 & 13 © SOGEA SATOM

Les poutres primaires sont appuyées sur 82 tours d'étaiement de capacité 6 t par pied (figure 9).

PRÉFABRICATION FORAINE DES PRÉDALLES

Le délai de réalisation court et fortement dépendant de la réalisation de la charpente nécessitait une adaptabilité de la réalisation du hourdis. Il a été décidé de préfabriquer des prédalles sur site afin de gagner du temps lors de la réalisation du hourdis et se passer d'un outil coffrant générateur de coûts et d'aléas supplémentaires. Elles sont coulées sur 4 bancs de préfabrication à raison de 2 par jour, permettant un séchage de 36 heures environ. Ces prédalles intègrent les longrines de rive, supports des garde-corps définitifs et des candélabres (figure 10). Elles sont au nombre de 128 au total, dont 4 dans le sens transversal, et mesurent 3,60 m de longueur.

Les prédalles centrales et latérales mesurent respectivement 4,90 et 5,40 m.

Une usine de ferraillage a été installée sur site afin de débiter, façonner et assembler selon les ouvrages l'ensemble du ferraillage. Les prédalles ont été mises en place avec une grue de 60 t après la mise sur appui provisoire de la charpente (figure 11).

12- Bétonnage du hourdis.

13- Peinture en cours de finalisation.

12- Deck section concreting.

13- Finalisation of painting.

LA RÉALISATION DU HOURDIS

Le hourdis est coulé en place par pianotage en 3 phases.

Le premier tronçon est coulé du côté de C0 sur une longueur de 40 m, le deuxième en symétrie du côté de C2 et enfin le dernier tronçon est coulé au droit de la pile P1 afin de limiter la fissuration sur appui.

Le béton est pompé depuis la plateforme en remblais au pied de l'ouvrage. Une rotation de 6 toupies est assurée entre la centrale à béton de la base technique de Sogea Satom située à environ 10 minutes et l'ouvrage (figure 12). □

RÉCAPITULATIF DES DONNÉES PRINCIPALES DE L'OUVRAGE

DÉLAI DE RÉALISATION DES TRAVAUX : 15 mois

CHARPENTE MÉTALLIQUE : 625 t

VOLUME TOTAL DE BÉTON : 1 450 m³

RATIO D'ACIER MOYEN DANS LE HOURDIS : 300 kg/m³

RATIO D'ACIER MOYEN DANS LES CULÉES : 150 kg/m³

RATIO D'ACIER MOYEN DANS LES PILES : 100 kg/m³

NOMBRE DE PRÉDALLES : 128 u

LES INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : État de Guinée Équatoriale - Geproyectos

ENTREPRISE PRINCIPALE : Sogea Satom Guinée Équatoriale

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE CONCEPTION TECHNIQUE ET ARCHITECTURALE : ISC (Ingénierie des Structures et des Chantiers)

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE ÉTUDE D'EXÉCUTION STRUCTURES ET MÉTHODES GÉNIE CIVIL : ISC

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE PIEUX FORÉS MOULÉS : Entreprise Horizon Construction

ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE TRAVAUX ET ÉTUDES CHARPENTE MÉTALLIQUE : Baudin Châteauneuf

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF DIMBALA BRIDGE IN EQUATORIAL GUINEA

N. METGE, ISC (VINCI) - D. BERTHIER, ISC (VINCI) - F. CASTELEYN, SOGEA SATOM (VINCI)

Dimbala Bridge, designed by ISC, *ensures continuity of the ring road around the city of Mongomo in Equatorial Guinea. Located 200 metres away from the border with Gabon, the bridge is a composite double girder of variable height with two equal 58.25-metre spans. The works were performed by Sogea Satom Guinée Équatoriale with the contribution of Baudin Chateauneuf for the structure. They will be completed in the summer of 2014.* □

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DE DIMBALA EN GUINEA ECUATORIAL

N. METGE, ISC (VINCI) - D. BERTHIER, ISC (VINCI) - F. CASTELEYN, SOGEA SATOM (VINCI)

Diseñado por ISC, *el puente de Dimbala asegura la continuidad de la circunvalación de la ciudad de Mongomo en Guinea Ecuatorial. Situada a 200 m de la frontera con Gabón, la estructura es una viga doble mixta de altura variable con dos luces iguales de 58,25 m. Las obras han sido realizadas por Sogea Satom Guinée Équatoriale con la participación de Baudin Chateauneuf para el armazón. Finalizarán en el verano de 2014.* □