

LE PONT HENRI KONAN BÉDIÉ À ABIDJAN, CÔTE D'IVOIRE

**Jean-Yves BROSSETTE, Christian CREMONA, Gérard KILIDJIAN,
Dominique MICHEL, Thibault PERINI**
Bouygues T.P., Guyancourt, France

Introduction

Le troisième pont d'Abidjan [1], dénommé pont Henri Konan Bédié, est un viaduc de 1,5 km surplombant la lagune Ebrié. Il fait partie de l'autoroute à péage qui relie les parties nord et sud d'Abidjan sur une longueur de 6,5 km. Il permet de relier deux quartiers très urbanisés d'Abidjan et a pour vocation de transporter 10 000 véhicules/jour tout en offrant une circulation douce aux piétons et cycles (Fig.1).



Fig.1. Le pont Henri Konan Bédié ©photothèque BYTP

L'ouvrage est constitué de 60 caissons précontraints préfabriqués de 50 mètres de longueur et de 1000 tonnes. Chaque travée est constituée de deux caissons attelés reposant sur un chevêtre unique supporté par deux pieux de 2 mètres de diamètre et 80 mètres de longueurs fondés dans des sables compacts. Cette configuration du chevêtre permet de rigidifier la structure et de répartir les efforts lors de chocs latéraux (Fig.2).

D'un montant de 192 M€, la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre étaient respectivement assurées par la Socoprime et le Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement (BNETD). La conception et la réalisation ont été attribuées à Bouygues Travaux Publics avec pour sous-traitance Trevi SPA pour les fondations, Sarens pour le ripage et la pose des caissons.

L'article décrit les éléments clés de la construction de cet ouvrage, en insistant sur les enjeux géotechniques et la fabrication des éléments préfabriqués ainsi que leur pose sur site. Il est la compilation de plusieurs articles écrits par les auteurs dans la revue « Travaux » [1-3].

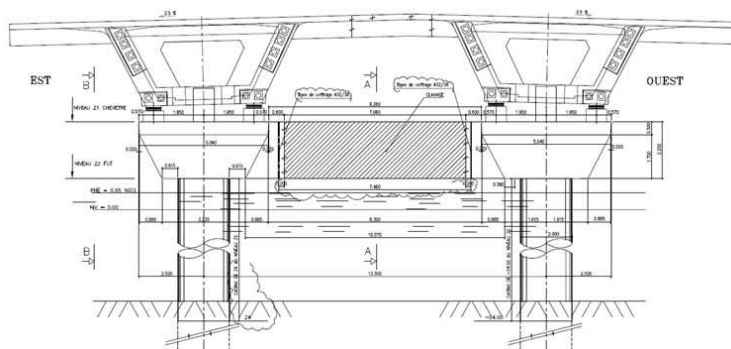


Fig.2. Coupe des pieux et du tablier ©photothèque BYTP

Les conditions géotechniques

La lagune Ebrié s'étend sur plus de 100 km le long du littoral ivoirien. Le système lagunaire possède deux points d'échange avec l'océan Atlantique : d'une part à l'Est, par le biais d'une embouchure naturelle, située au niveau de Grand Bassam où se jette le fleuve Comoé et, d'autre part, à l'Ouest, grâce à la connexion artificielle du canal de Vridi. Ces connexions assurent un échange régulier entre les eaux salées de l'océan et les eaux douces des fleuves et des rivières. La sédimentation y est permanente et les courants peuvent atteindre des vitesses supérieures à 1 m/s. Au droit du projet, le tirant d'eau atteint en moyenne 5 m.

Les premières campagnes de sol, effectuées entre 1997 et 1998, ont permis de bâtir le profil géotechnique de la Fig.3a [2].

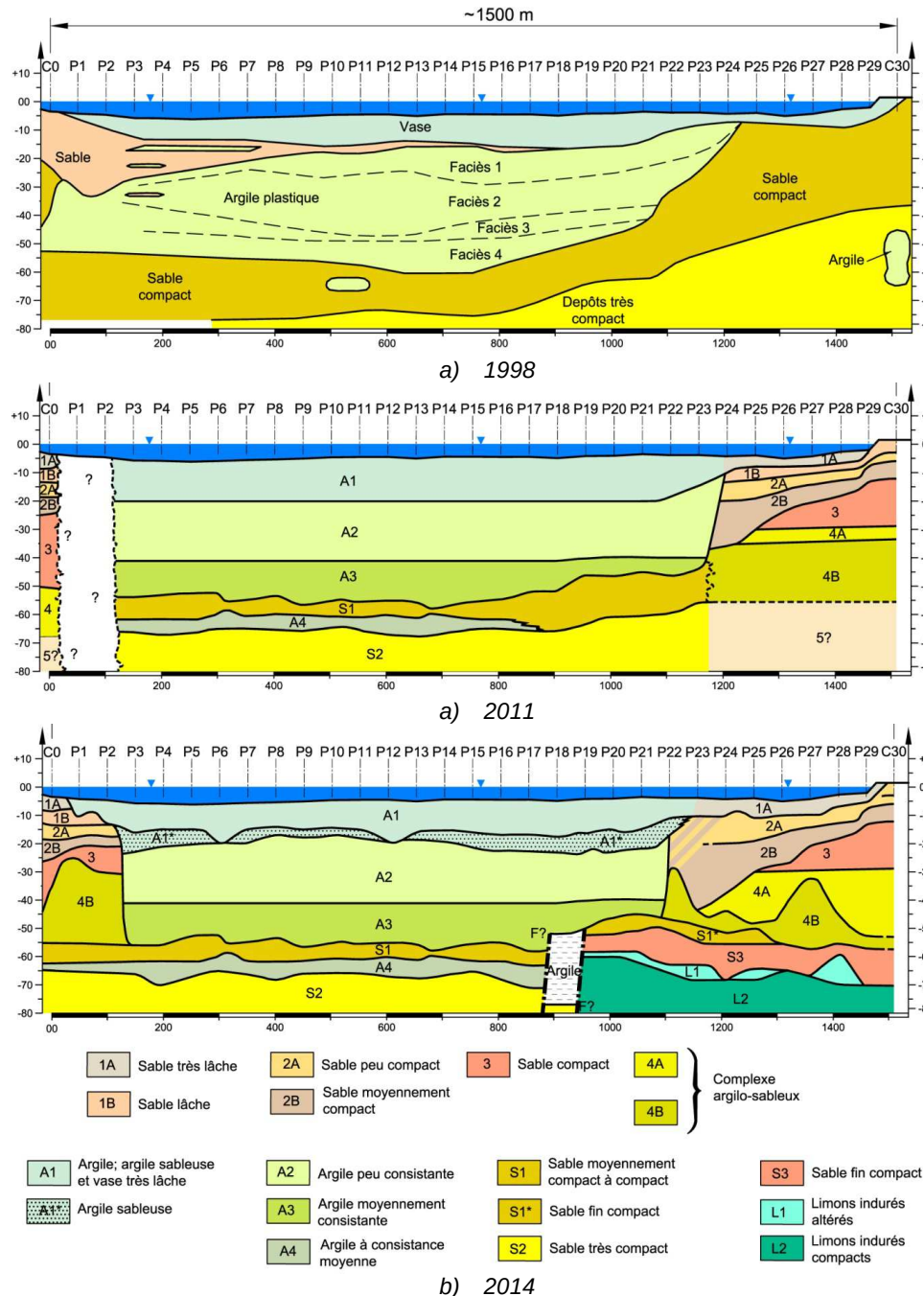


Fig.3. Profils géologiques ©photothèque BYTP

En partie centrale, concernant plus de 2/3 des appuis, la stratigraphie suivante avait été déduite :

- 10 mètres de vase présentant une consistance nulle ou quasi nulle ;
- 40 mètres d'argile dont la compacité augmentait avec la profondeur ;
- au-delà des sables moyens à grossiers de bonne compacité au sein desquels avaient été reconnues des poches d'argile, d'épaisseur métrique, de compacité médiocre.

Dans la partie Sud de l'ouvrage, il avait été mis en évidence une remontée des sables compacts. Dans la partie Nord, les sondages avaient reconnu une alternance de sable et d'argile sur des épaisseurs plurimétriques.

En 2011, une nouvelle campagne de reconnaissances avait été lancée afin d'affiner la stratigraphie sous l'ouvrage, d'identifier les transitions géologiques « brutales », de caractériser la lentille d'argile détectée dans la couche d'ancrage des pieux (au droit de 2 sondages S6/S7), et de confirmer les caractéristiques mécaniques retenues dans les différentes formations, notamment dans la couche d'ancrage des pieux constituée par l'horizon des sables compacts. Cette campagne a ainsi permis de réactualiser le profil géotechnique (Fig.3b, pour la zone couvrant les piles P3 à P15).

Les sondages de 1998 et 2011 s'accordent relativement bien dans les niveaux argileux, mais dans les sables, il a été nécessaire de réévaluer à la baisse la pression limite de référence fixée initialement à 3,8 MPa.. Par ailleurs, la reconnaissance systématique par sondages destructifs a révélé la présence d'une couche continue de 5 m d'épaisseur moyenne, intercalée dans les sables entre -60 et -65 NGCI. Cette couche d'argile a été caractérisée par des sondages pressiométriques qui ont révélé une valeur moyenne de 0,7 MPa.

Une coupe de sol a enfin été réalisée par le chantier en 2014 lors de l'exécution de chaque pieu foré. Ces coupes ont permis de réactualiser le profil géotechnique et mieux comprendre la géologie complexe du site (Fig.3c).

L'ensemble de ces études conséquences ont permis de valider [2] :

- les niveaux d'ancrage des fondations ;
- la technique d'exécution des pieux par pieux forés à la boue, de 2 m de diamètre avec injection en pointe de pieu ;
- la substitution des lentilles argileuses par la technique du Jet Grouting.

Les fondations

Composé de 2 x 30 caissons isostatiques préfabriqués de 50 m de long, l'ouvrage est fondé sur 62 pieux de 2 m de diamètre forés à la boue, chaque double caisson étant porté par un chevêtre unique reposant sur deux pieux. Les pieux les plus longs font 84 m et sont fondés dans les sables compacts. Chaque pieu est tubé en tête sur une longueur variant de 17 à 32 m (Fig.4).



Fig.4. Réalisation des pieux ©photothèque BYTP

Le tubage, d'une épaisseur de 12 mm, permet de maintenir le sol dans les sables vasards du fond de la lagune mais également de tenir le béton sur une hauteur d'eau d'environ 5 m. Ceci permet de s'affranchir de la réalisation longue et coûteuse d'un batardeau qui impacterait le fond de la lagune. Un bétonnage de pieu nécessite entre 200 et 250 m³ de béton C40/50 (Fig.5). Le calcul des pieux a été réalisé de sorte qu'ils travaillaient en frottement mais surtout en pointe. C'est pour cette raison que chaque pieu a été injecté en pointe afin d'augmenter les caractéristiques mécaniques du sol et ainsi atteindre les coefficients retenus dans leur dimensionnement. Ces travaux de fondations profondes se sont déroulés de juin 2013 à février 2014.

Il est à noter que, préalablement à la réalisation des pieux définitifs de l'ouvrage, un pieu d'essai a été réalisé à terre à proximité immédiate de la culée C0 afin de confirmer l'efficacité de l'injection en pointe sur sa capacité portante. Contrairement aux essais de chargement classiques qui demandent des lests importants pour simuler la charge de l'ouvrage, une cellule Osterberg® a été utilisée. Le principe consiste à placer en pied de pieu un vérin qui permet de simuler une charge équivalente. Les jauges de contrainte et les capteurs de déplacement placés tout le long du pieu permettent un enregistrement en continu du chargement.



Fig.5. Injection du fond d'un pieu ©photothèque BYTP



Fig.6. Coffrage d'un chevêtre ©photothèque BYTP

Le chevêtre

Le chevêtre unique posé sur les deux pieux est réalisé en deux phases. La première consiste à réaliser les têtes de pile sur chaque pieu à l'aide d'un coffrage métallique posé sur une plateforme elle-même fixée sur le chemisage métallique du pieu. L'entretoise qui relie les têtes de pile est ensuite réalisée à l'aide d'un autre coffrage métallique lui-même suspendu aux têtes de pile, permettant de ne pas sur-dimensionner inutilement les plateformes de travail en transférant l'ensemble du poids de l'entretoise (coffrage, béton, armatures) sur les têtes de pile préalablement bétonnées (Fig.6) [3].

Les ferraillages des têtes de pile et de l'entretoise étaient préfabriqués à terre dans un gabarit. Les trois éléments étaient transférés par les barges de servitude. Leur pose définitive était faite à l'aide d'une grue treillis de capacité 110 t bréelée sur un ponton positionné entre deux piles. Cela permettait un travail en parallèle sur deux piles avec un cycle d'une pile terminée toutes les semaines (Fig.7).



Fig.7. Tête de pile ©photothèque BYTP

Les caissons

Les 60 caissons furent fabriqués sur deux lignes de préfabrication indépendantes (banc Est et banc Ouest-Fig.8). La réalisation des caissons se fait en 3 étapes (Fig.9).



Fig.8. Lignes de préfabrication ©photothèque BYTP

1^{ère} étape

Le ferrailage, découpé en 6 éléments (2 VSP et 4 parties courantes), est positionné sur le fond de moule. Les gaines de précontrainte préalablement positionnées dans le ferrailage sont également manchonnées. Les noyaux de coffrage de VSP sont mis en place chaque extrémité. Ensuite les joues de coffrage extérieur sont translatées d'un banc à l'autre pour être ensuite relevées à l'aide de vérins à grande course. Et enfin les joues du coffrage intérieur sont positionnées. Le bétonnage de 210 m³ peut alors se faire sur une durée d'environ 6h.

2^{ème} étape

24h après le bétonnage et ainsi la résistance de 25 MPa atteinte, le VSP est décoffré ainsi que les coffrages intérieurs des âmes. Le coffrage extérieur reste en place à la fois pour servir de coffrage d'intrados au hourdis supérieur et pour stabiliser les âmes. Les tables du coffrage intérieur sont mises en place et le ferrailage du hourdis supérieur suit la pose du coffrage. Le bétonnage de 160 m³ peut donc se faire sur une durée d'environ 5h.

3^{ème} étape

Les tables coffrantes du hourdis supérieur sont retirées par la trémie restée ouverte. Une fois l'ensemble retiré, un coffrage traditionnel est mis en place afin de combler définitivement cette trémie. Pendant ce temps, la précontrainte est mise en place et les dix câbles tendus. Les caissons sont ensuite ripés et posés sur leurs plots de stockage. Il ne reste plus qu'à bétonner les cachetages de précontrainte et le voussoir est terminé.

Le cycle complet aura duré 10 jours ouvrés.



Fig.9. Coffrage intérieur des caissons ©photothèque BYTP

La pose des caissons

Après avoir fait les dernières finitions sur les caissons positionnés sur les plots de stockage, le caisson est ripé transversalement sur la zone de translation centrale par glissement des patins en téflon. Il est ensuite translaté longitudinalement vers la barge de pose à l'aide de boggies. La barge est liaisonnée par deux vérins rotulés appuyés sur la poutre de couronnement du quai de chargement. Ils permettent de garantir l'alignement des rails entre la barge et le quai. Un jeu de ballastages et déballastages permet de garder la hauteur de la barge et son assiette pendant cette phase. Une fois chargé, il est vériné et positionné à sa future cote de pose augmentée de 50 cm afin d'échapper au tenon des chevêtres d'appui. Toutes les manœuvres se font avant le cycle de marée basse. La manœuvre de dévérinage se fait en profitant de la baisse de marée. Le positionnement fin est à ± 2 cm sur les appuis provisoires. Il n'y a plus alors de réglage en X-Y. Seul un réglage en Z peut se faire à l'aide de 4 vérins de 400 t afin d'enlever les appuis provisoires et de se positionner les appuis définitifs sur les bossages inférieurs. Il est maintenu en Z afin de pouvoir réaliser les bossages supérieurs. Ces derniers sont coulés à l'aide d'un mortier à retrait compensé par des événements positionnés dans le hourdis bas du VSP (Fig.10).



Fig.10. Pose d'un caisson ©photothèque BYTP

Conclusions

Le troisième pont d'Abidjan, ou pont Henri Kona-Bédié était l'un des plus vieux projets de travaux publics en Côte d'Ivoire. Sa construction a permis de soulager les deux ponts existants, Félix Houphouët Boigny et Charles De Gaulle, construits il y a plus de 30 ans, et d'améliorer les échanges entre les deux rives nord et sud de la lagune Ebrié.

Ce pont fait partie d'un projet global autoroutier sur près de 6,5 km de long. La construction du pont Henri Konan Bédié a été obtenue dans le cadre d'une concession de conception, construction, exploitation et maintenance du projet autoroutier pendant 30 ans.

Références

- [1]. Cherif S., Borel D., Gimenez S., Sacco F., 2013. 3rd bridge of Abidjan. *Travaux*, 900, 59-62.
- [2]. Simon B., Michel D., Perini T., Kilidjan G., 2014. The deep piles of the lagoon bridge at Abidjan. *Travaux*, 907, 72-79
- [3]. Brossette J-Y., 2015. 3rd bridge of Abidjan – A viaduct over the Ebrié lagoon. *Travaux*, 918, 64-68.