

Rotation: mode d'exécution original du pont de Ben-Ahin

Autor(en): **Cremer, Jean-Marie**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht**

Band (Jahr): **13 (1988)**

PDF erstellt am: **21.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-13113>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

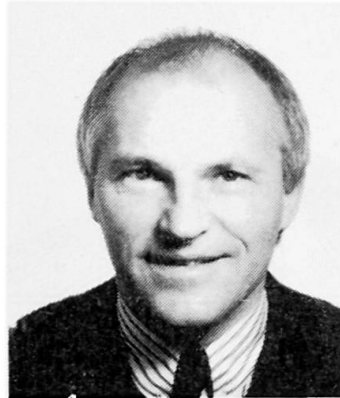
Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Rotation: Mode d'exécution original du pont de Ben-Ahin

Drehung: Einzigartige Bauweise der Ben-Ahin Brücke

Rotation: Original Mode of Erection of the Ben-Ahin Bridge

Jean-Marie CREMER
Ingénieur Civil
Bureau d'Etudes Greisch
Liège, Belgique



J. M. Cremer, né en 1945, a obtenu son diplôme d'ingénieur civil des constructions à l'ULG, Liège en 1968. Pendant 4 ans, il dirige des chantiers de génie civil. En 1973, il entre au bureau Greisch où il est actuellement responsable des études des ouvrages d'art.

RÉSUMÉ

Le pont de Ben-Ahin par son mode d'exécution tout à fait original, la rotation, fait figure d'ouvrage d'avant-garde. A notre connaissance, jamais un pont de poids aussi élevé (16000 T.) et de portée aussi grande n'a été mis en place par ce système. Les avantages de ce mode d'exécution sont un gain de temps et de coût grâce à la construction complète de l'ouvrage sur la terre ferme et l'absence de nuisance pour le trafic fluvial pendant les travaux.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Ben-Ahin Brücke stellt wegen ihrer einzigartigen Bauweise, der Drehung, ein zukunftsweisendes Bauwerk dar. Unseres Wissens wurde noch nie eine so schwere Brücke (16000 T.) mit einer solchen Tragweite durch diese Methode über einen Fluss gespannt. Die Vorteile dieser Bauweise sind Zeit- und Kostensparnis, da das Bauwerk vollständig auf dem Festland fertiggestellt wird und der Schiffsverkehr während den Arbeiten nicht unterbrochen wird.

SUMMARY

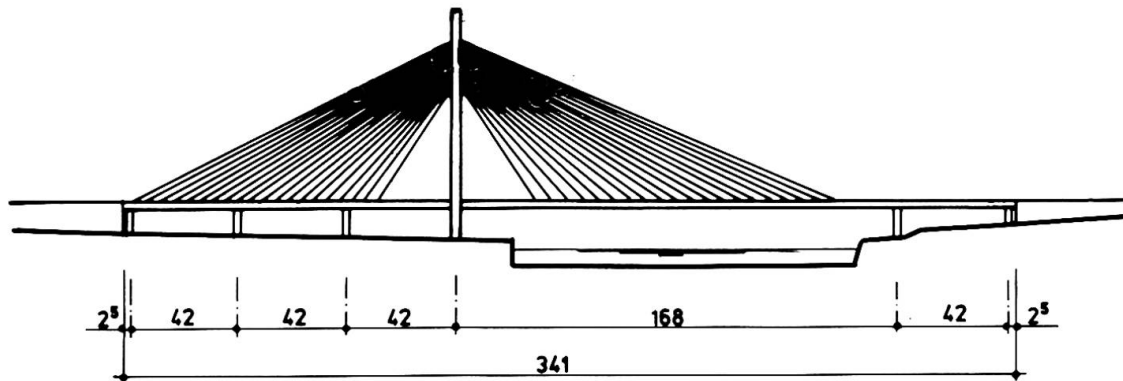
Due to its quite original mode of erection, rotation, the Ben-Ahin bridge is an outstanding work. To the author's knowledge, it is the first time that such a heavy bridge (16000 T.) with such a large span was rotated by about 70 degrees across a river. This mode of erection permits time and cost savings because the whole structure can be built on dry land. In addition, the river traffic is not interrupted during the construction works.



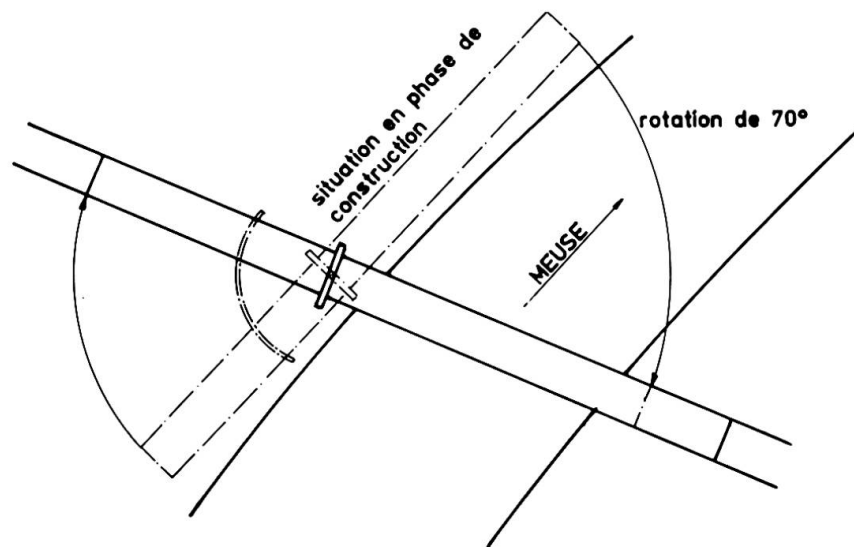
1. DESCRIPTION GENERALE

L'ouvrage qui franchit la Meuse à environ 2 kilomètres en amont de la ville de Huy permettra de relier dans des conditions favorables la ville de Huy au réseau d'autoroutes belges en évitant le centre de la ville souvent encombré. C'est un pont haubané à un seul pylône avec une nappe centrale de 40 haubans (20 de chaque côté du pylône) supportant un tablier en béton partiellement précontraint.

La longueur totale du pont est de 341 m. Il se compose d'un fléau d'équilibrage de 128,5 m reposant sur 3 appuis en rive gauche, d'un fléau de 168 m au-dessus de la Meuse et d'une travée de 42 m en rive droite prolongée par un porte-à-faux de 2,5 m.



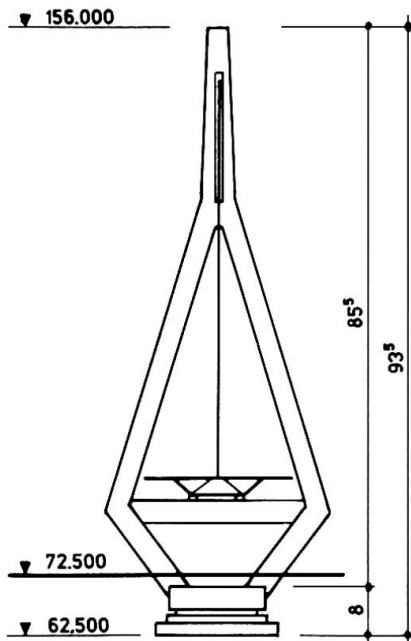
L'ensemble des 2 fléaux soit 296,5 m de long a été construit sur la rive gauche de la Meuse, parallèlement à la berge, sur cintre complet. Après montage et réglage des haubans, l'ensemble a subi une rotation de 70° autour de l'axe du pylône qui a amené l'ouvrage en position définitive et réalisé la continuité avec la travée de 42 m construite en rive droite.



Ce procédé de mise en place a déjà été utilisé notamment en France pour des ouvrages plus petits (de l'ordre de 4000 to). A Ben-Ahin les charges déplacées sont supérieures à 16000 to.

2. DESCRIPTION DES DIFFERENTS ELEMENTS DE LA STRUCTURE

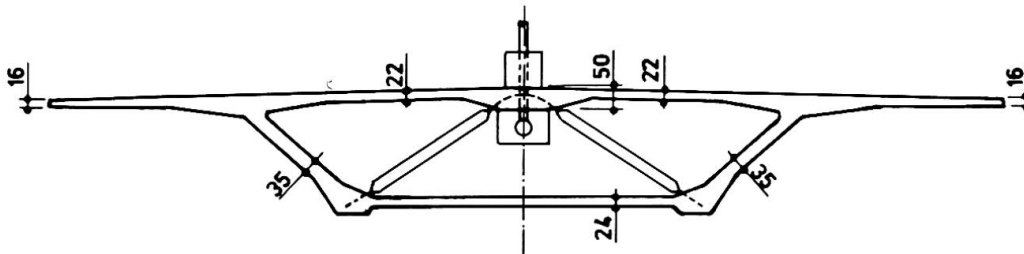
2.1. Pylône



Il a une hauteur totale de 93,5 m. Il a une forme d'Y renversé avec les jambes inférieures retroussées et encastrées dans une semelle unique. Au niveau de la cassure des jambes, une traverse horizontale reprend les efforts de poussée au vide. Elle est précontrainte par 42 câbles 19T15 soit un effort d'environ 12000 to. Elle sert également de point d'appui pour le tablier. Dans la tête du pylône se trouve une cage métallique de 20 m de haut et 70 cm de large où sont ancrés les haubans.

2.2. Tablier

C'est un caisson en béton de 21,8 m de large et de 2,9 m de haut avec 2 âmes inclinées, des encorbellements de 4,5 m et un fond de caisson de 8,7 m de large. A l'intérieur, des bracons en béton ou des tirants métalliques liaisonnent le centre de la dalle de plattelage au bas des âmes.



La forme intérieure de la coupe transversale permet de définir deux sections différentes: une section légère (11 m²) qui existe sur la plus grande partie de l'ouvrage (250 m) et une section lourde (16 m²) qui existe sur environ 100 m du fléau d'équilibrage en rive gauche.

La longueur des fléaux en rotation étant dissymétrique (168 m d'un côté et 126 m de l'autre), cette différence de section était nécessaire pour équilibrer en partie les charges.

Pour égaliser parfaitement les masses en rotation de part et d'autre du pylône le fléau le plus court a été lesté sur appuis.

Ce lest est également nécessaire en service pour éviter le soulèvement des appuis sous l'effet des surcharges sur la travée en Meuse.

2.3. Haubans

Au nombre de 40, ils constituent une nappe centrale de type semi-harpe. Ils sont composés de torons à fils parallèles. Le nombre de torons dans un hauban varie de 47 à 73.



Ils sont attachés au pylône par l'intermédiaire d'une boîte métallique logée dans la tête de celui-ci et solidarisés au béton au moyen de goujons connecteurs.

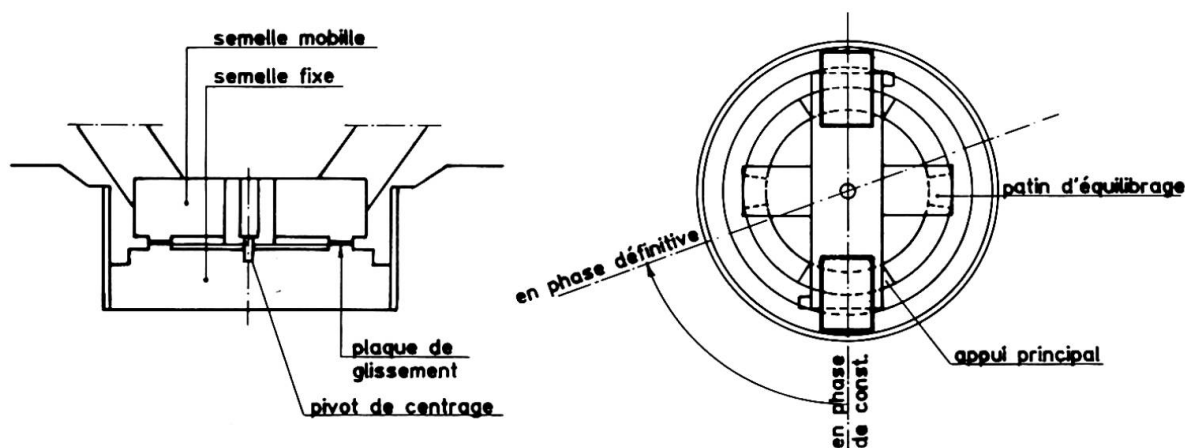
Ils viennent s'ancrer dans le tablier au moyen de bossages en béton dans lesquels sont noyés une plaque d'appui et un tube métallique.

3. DESCRIPTIONS DES ELEMENTS SPECIAUX POUR LA ROTATION

3.1. Semelle du pylône

C'est l'élément essentiel de la rotation. En effet, pendant celle-ci, toute la masse de l'ouvrage est reportée en un point unique: le pylône.

La fondation a donc été particulièrement bien soignée. Elle est composée de 2 semelles: 1 fixe et 1 mobile.



La partie fixe de 18 m de diamètre et de 4,5 m d'épaisseur moyenne repose sur le rocher calcaire. Elle est surmontée d'une couronne qui sert de piste de glissement sur laquelle sont déposés des appuis en néoprène-teflon.

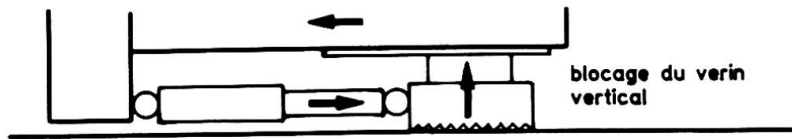
La partie mobile a une forme de croix: sur la branche principale viennent s'encaster les 2 jambes du pylône; l'autre sert à reprendre un moment longitudinal éventuel de déséquilibre pendant la rotation. Les extrémités de la croix sont garnies d'inox pour faciliter le glissement (le coefficient de frottement inox-teflon est de l'ordre de 5% au démarrage et 2% pendant la suite du mouvement) ce qui représente des efforts de frottement variant de 800 à 300 to.

Au centre, un tube en acier rempli de béton matérialise l'axe de rotation de l'ouvrage.

A l'extérieur de la couronne de glissement, sous les extrémités de la semelle mobile, se trouvent deux groupes de vérins diamétralement opposés. Ce sont eux qui fournissent l'effort moteur de rotation.

Chaque groupe est composé de vérins verticaux qui en se soulevant viennent se coincer entre la semelle fixe et la semelle mobile et de vérins horizontaux prenant appui sur une excroissance de la semelle mobile d'un côté et sur les vérins verticaux de l'autre. Le mouvement étant courbe, il a été nécessaire d'intercaler une rotule entre les deux types de vérins.

Ce système par vérins a été préféré à des câbles tendus pour éviter les mouvements brusques dus à la restitution d'énergie brutale lors de la mise en mouvement du système et du relâchement des câbles.



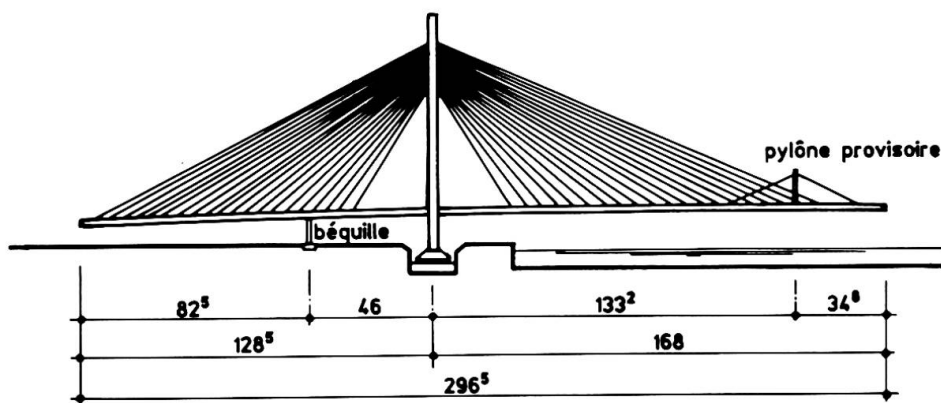
Chaque action des vérins provoque une rotation de 20 cm au niveau des poussées donc de 6 m au bout du fléau de 168 m. Une quarantaine de poussées ont été nécessaires pour effectuer la rotation complète de 70°. Celle-ci a été terminée en une seule journée.

3.2. Béquille d'équilibrage

Celle-ci a été placée à 46 m du pylône en rive gauche. Elle est destinée à reprendre les éventuelles charges de déséquilibre pendant la rotation. Formée de profilés métalliques soudés, tirée par un treuil électrique, elle glisse sur une piste circulaire recouverte de teflon. Pour éviter de créer un trop grand moment de torsion dans le pylône, l'effort moteur de rotation est exercé simultanément au pylône et à la béquille. L'effort à la béquille est d'environ une quinzaine de tonnes.

3.3. Pylônes provisoires

La partie non haubanée du tablier de 22,5 m de long à droite du dernier hauban donnant par son poids propre un moment non acceptable dans le tablier, nous avons été obligé de placer deux petits pylônes provisoires de 12 m de haut au-dessus de chaque âme du caisson. Ces pylônes sont haubanés chacun par 2 câbles pouvant reprendre un effort de traction de 1200 to. Ils ont été démontés après rotation de l'ouvrage.



3.4. Haubans surtendus

Le réglage de rotation des haubans a été étudié pour être le plus proche possible du réglage de service et ainsi limiter au maximum les manipulations. Seuls les 3 haubans d'extrémité de chaque côté ont été surtendus pour la rotation à des efforts dépassant 1200 to., c'est-à-dire 75% de leur charge de rupture. Cela était nécessaire pour éviter des flèches de fléaux trop grandes et pour pouvoir passer en rive gauche au-dessus des installations du chemin de fer.



3.5. Point fixe

Pour solidariser le tablier aux jambes du pylône pendant la rotation et éviter ainsi un retard de mouvement d'un élément par rapport à l'autre, on a construit 4 excroissances à l'extrémité des porte-à-faux du tablier.

Entre chaque excroissance et la jambe du pylône est placé un vérin capable de reprendre un effort de 150 to.

Le moment de torsion autour du pylône pouvant être repris par ce système s'élève à environ 4000 tm.

4. ETUDES SPECIALES

L'étude dynamique de l'ensemble en rotation a donné tant horizontalement que verticalement des fréquences d'environ 0,20 Hertz pour les premiers modes de vibration. Une étude aérodynamique a montré que même à cette fréquence faible les risques d'instabilité étaient inexistantes.

La courbe de vitesse du déplacement des vérins a été étudiée pour être la plus douce possible et éviter les chocs en début et fin de course de ceux-ci. On a finalement retenu une courbe de vitesse sinusoïdale en fonction du temps.

Les vibrations verticales et horizontales des extrémités des fléaux enregistrées pendant la rotation n'ont pas dépassé 1 ou 2 cm ce qui est très faible relativement à la longueur de l'ouvrage.

5. OPERATION DE ROTATION

La présence du soleil et une température anormalement élevée en cette période de l'année (septembre) a quelque peu compliqué les opérations de décollement du tablier par rapport à ses appuis de construction. L'augmentation de température ambiante entraînant un allongement des haubans et un gradient thermique dans le tablier, a provoqué une courbure dans celui-ci faisant reposer les extrémités des deux fléaux sur leurs appuis de construction. Des réglages additionnels de haubans ont été nécessaires pour résoudre ce problème.

La force nécessaire aux vérins moteurs de rotation a été beaucoup plus faible que prévu: le frottement inox-teflon a atteint 4% au démarrage pour redescendre rapidement jusqu'à 1,5%.

Pendant la rotation, des capteurs ont été placés sur les vérins et la visualisation de leurs déplacements était faite sur un écran graphique de manière à déceler un éventuel retard d'un vérin par rapport à l'autre. Les déplacements des extrémités des deux fléaux étaient constamment enregistrés. Ceux-ci n'ont pas dépassé 1 à 2 cm et la vitesse de rotation prévue au départ a pu être augmentée.

6. AVANTAGES DU SYSTEME

La construction du tablier a pu s'effectuer sur terre ferme dans des conditions idéales ce qui a permis des rendements et des coûts réduits.

La construction du tablier a pu se faire à un rythme de 3 tronçons de 18 m par mois. Le pylône et le tablier ont été construits en même temps et la mise en place des haubans a duré 2 mois.

Pendant toute la durée du chantier, même pendant la rotation, il n'y a eu aucune entrave à la circulation automobile, fluviale ou ferroviaire.

Les études et la réalisation de cet ouvrage auront duré exactement deux ans, de décembre 85 à décembre 87, ce qui est un délai particulièrement court.