

# Contribution à l'étude des arcs en béton et des cintres de grande portée

Autor(en): **Société des constructions Edmond Coignet**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **3 (1948)**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-4019>

## **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.

## IId5

### **Contribution à l'étude des arcs en béton et des cintres de grande portée**

### **Beitrag zum Studium von Betonbogen und von weitgespannten Lehrgerüsten**

### **A contribution to the study of concrete arches and large-span centerings**

SOCIÉTÉ CONSTRUCTIONS EDMOND COIGNET

Paris

Différents ouvrages ont été réalisés en France ces dernières années comportant l'exécution d'arcs de grande portée en béton, ce qui a permis d'utiliser avec amélioration les procédés modernes concernant la construction des arcs eux-mêmes, ainsi que la constitution et le montage des grands cintres correspondants sans appui intermédiaire. Nous examinons ici deux de ces ouvrages, le pont de Saint-Hilaire - Saint-Nazaire et le pont de Savoie à Bellegarde.

#### Pont de Saint-Hilaire - Saint-Nazaire

##### Caractéristiques de l'ouvrage

Ce pont qui franchit l'Isère entre les villages de Saint-Hilaire (Isère) et de Saint-Nazaire-en-Royans (Drôme) à 30 mètres au-dessus de cette rivière remplace un pont suspendu détruit au moment de l'invasion. Cet ouvrage comporte :

1° Un arc en béton de 108 mètres de portée théorique et de 25 mètres de flèche;

2° Une superstructure sur arc comprenant sur chaque rein cinq piles de hauteur variable (1 à 17 m), supportant 6 voûtes en plein cintre de 5 mètres d'ouverture. La largeur du pont est de 7 mètres (chaussée de 5<sup>m</sup>50 et deux trottoirs de 0<sup>m</sup>75);

3° Deux ouvrages de jonction, un sur chaque rive, comportant chacun une grosse pile reposant sur culée nouvelle et une voûte en plein cintre de 7 mètres d'ouverture raccordant l'ouvrage nouveau avec les viaducs d'accès qui avaient subsisté et ne furent qu'élargis.

#### Constitution de l'arc

L'arc est en béton non armé de section rectangulaire pleine; sa largeur est constante (5<sup>m</sup>70). C'est un arc encastré; il s'appuie, à chaque rive, sur une retombée prolongeant, en porte à faux sur la rivière, un massif culée en béton qui repose lui-même sur le rocher compact et dont les fondations furent exécutées au moyen d'un caisson à air comprimé. Le béton est au dosage de 350 kg de ciment; le revêtement des faces latérales a été particulièrement soigné par l'emploi de plaquettes préfabriquées en béton travaillé en surface.

La fibre moyenne de l'arc a été établie de façon à épouser le tracé du polygone funiculaire des charges permanentes totales de la demi-charge routière uniformément répartie. L'épaisseur de l'arc varie de 3<sup>m</sup>00 aux naissances à 1<sup>m</sup>80 à la clé; cette variation de section correspondant fidèlement à la variation de l'effort normal.

#### Système de construction

La principale difficulté de réalisation de tels ouvrages consiste dans l'exécution du cintre, dont la conception peut avoir une influence sur les dispositions mêmes de l'ouvrage. En raison de la présence d'une rivière à fortes crues, il a été prévu un cintre retroussé d'une seule portée, placé sous l'arc à construire et n'ayant donc aucun appui intermédiaire. Étant donné l'importance de l'arc en béton, celui-ci a été réalisé en trois rouleaux, le cintre étant capable de supporter le premier rouleau, puis en liaison avec ce dernier de supporter le deuxième rouleau. L'ensemble des premier et deuxième rouleaux était alors suffisamment résistant pour porter le troisième rouleau.

Bien entendu chacun des rouleaux a été exécuté par voussoirs de manière à permettre la répartition judicieuse des charges sur le cintre et de façon à annuler une partie du retrait.

#### Disposition des rouleaux de l'arc

En général, les arcs sont découpés en rouleaux parallèles et à peu près homothétiques. Il n'a pas été possible ici d'adopter cette solution simple. En effet, la fibre moyenne de l'arc correspond, comme nous l'avons dit précédemment, à la courbe des pressions des charges permanentes totales augmentées de la demi-surcharge routière, mais non pas à celle de la seule charge dudit arc; ces courbes des pressions sont assez différentes dans les deux cas, à cause de la présence des piles en maçonnerie, de hauteur très variable, dont les charges importantes ont été prises en compte dans le tracé de l'arc. Or, cet arc, étant mince, sa courbe des pressions, sous son seul poids propre, s'écarterait assez de sa fibre moyenne pour donner des



Fig. 1. Pont de Saint-Hilaire-Saint-Nazaire.

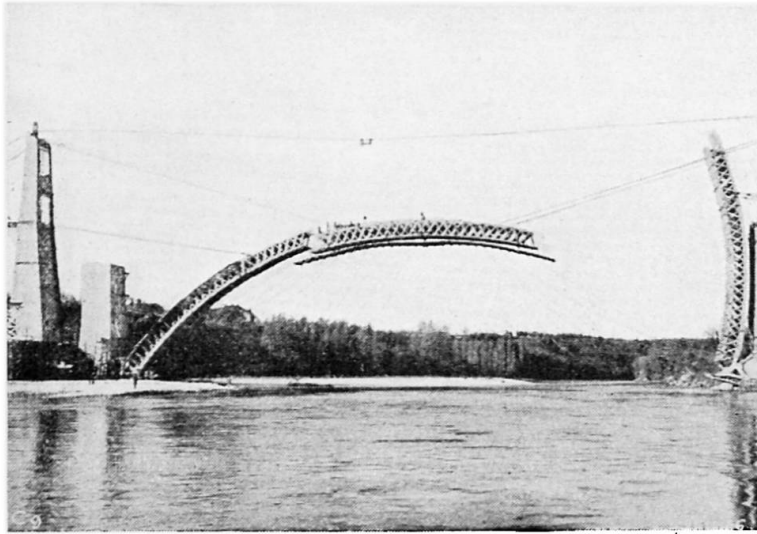
tensions importantes inacceptables lorsque le cintre ne le supporterait plus; il en serait à fortiori, de même pour des rouleaux parallèles encore plus minces. Il a donc fallu donner une forme spéciale à ces rouleaux, en faisant varier leur inertie de façon que les fibres moyennes s'écartent le moins possible des courbes de pression dans chacune des phases de construction, et édifier en même temps que le troisième rouleau une partie des piles.

#### Conception du cintre

Le cintre en sapin du commerce est un arc encastré aux naissances; il a  $103^m60$  de portée et  $25^m00$  de flèche. Il est constitué de 11 fermes arquées de hauteur constante ( $2^m70$ ) écartées de  $0^m57$  d'axe en axe et composées chacune d'une membrure basse et d'une membrure haute, réunies entre elles par des treillis en croix de Saint-André. L'ensemble est contreventé horizontalement et transversalement.

Les membrures sont formées de madriers cintrés à plat suivant le gabarit de l'arc et cloués les uns sur les autres, à la fois pour maintenir la courbure et pour s'opposer au glissement; les joints d'about entre madriers régulièrement décalés étaient bourrés au mortier de ciment. La section transversale composée de 3 à 5 madriers ainsi solidarisés est équivalente à une pièce de même section constituée d'un seul bois.

Les treillis verticaux en croix de Saint-André résistant aux efforts tranchants, sont réalisés par un double rang de planches de 4 cm d'épaisseur clouées de chaque côté des membrures sur leurs tranches.



**Fig. 2.** Montage du cintre du pont de Saint-Hilaire - Saint-Nazaire.

Des contreventements transversaux en madriers sont disposés tous les 10 mètres environ.

Enfin, deux contreventements horizontaux sont constitués, l'un sous les membrures inférieures par des traverses et diagonales en planches de 4 cm, l'autre par le couchis cloué en deux couches orthogonales disposées diagonalement aux membrures.

#### Montage du cintre

Un procédé maintenant classique consiste à construire verticalement sur chaque rive une moitié du cintre, puis à rabattre chacun de ces deux éléments jusqu'à leur jonction au milieu de la portée.

Ici le cintre a été mis en place en trois tronçons sensiblement de même développement. Deux tronçons ont été dressés verticalement sur chaque rive, adossés aux deux grosses piles sur culées, et reposant chacun sur une console en béton armé faisant provisoirement corps avec les culées. Le troisième tronçon a été monté à son emplacement définitif au milieu de la rivière, sur une passerelle très légère accrochée à des câbles reposant sur les pylônes de l'ancien pont suspendu.

Les deux tronçons latéraux, qui étaient munis à leur base, d'articulations provisoires réalisées par un axe en acier, furent rabattus au moyen de deux treuils et raccordés au tronçon central.

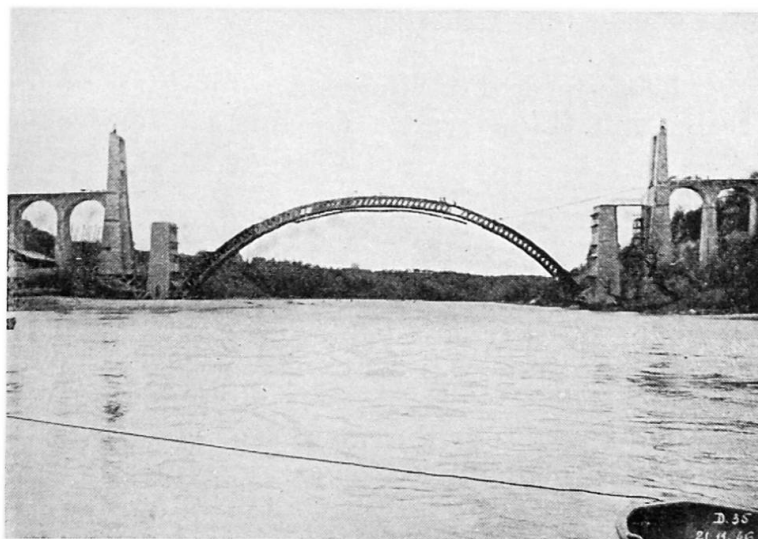
Celui-ci, une fois construit sur passerelle avait été préalablement suspendu aux câbles porteurs en six points seulement, de façon que son emplacement en niveau puisse être réglé, au dernier moment, à sa position exacte au moyen de tiges filetées et de boulons.

La conjonction des trois tronçons fut d'une exactitude presque absolue et l'opération de rabattement réalisée le 21 novembre 1946 ne dura que cinq heures.

(\*)

#### Exécution de l'arc. Décintrement

Après installation des coffrages verticaux sur le cintre, et la pose en



**Fig. 3.** Cintre après montage du pont de Saint-Hilaire - Saint-Nazaire.

faces vues, des plaquettes de parement préfabriquées, le premier rouleau fut coulé par voussoirs disposés symétriquement et dans un ordre déterminé par le calcul de manière à n'apporter à chaque instant dans l'arc que les moments fléchissants minima. Le deuxième rouleau fut exécuté en suivant la même méthode, puis le décintrement fut opéré dès que le béton du deuxième rouleau eut acquis une résistance suffisante. Un joint et des niches pour vérins avaient été ménagés à la clé.

L'arc fut d'abord mis en charge au moyen de 10 vérins disposés en deux lignes travaillant chacun à environ 125 tonnes; l'ouverture du joint de clé fut limité à 0,5 cm. On opéra ensuite une compensation par moment négatif contre l'action du retrait et de la température en augmentant la pression sur les vérins inférieurs de façon que leur poussée soit toujours dans un rapport déterminé avec celle des vérins supérieurs et jusqu'à une ouverture de joint de 4,5 cm. Cette compensation tenait compte de la confection ultérieure du troisième rouleau et de la superstructure. La poussée totale théorique calculée était de 1 250 tonnes; ce chiffre fut vérifié à l'ouverture du joint; la poussée totale constatée en fin de compensation a été de 1 600 tonnes; la différence donne l'importance des effets perturbateurs du cintre, qui ont d'ailleurs disparu après enlèvement de celui-ci. Il fut alors procédé au matage du joint de clé. Ces opérations furent effectuées le 8 mai 1947 en quelques heures.

#### Enlèvement du cintre

Aussitôt après, le coulage du troisième rouleau fut entrepris, en même temps que la construction d'une partie des piles sur reins. Pendant la même période on procéda à l'enlèvement du cintre qui fut d'abord suspendu en quatre points de l'arc (constitué seulement des premier et deuxième rouleaux) puis coupé à la clé; on lui fit faire ensuite de chaque côté une rotation du même sens que le rabattement, afin de le dégager suffisamment pour enlever les couchis; les fermes furent alors découpées soigneusement en tronçons, par sciage au milieu d'un joint et expédiées sur un autre chantier où leur réemploi est prévu pour un ouvrage de même importance.

### Achèvement des travaux

Le reste de l'ouvrage ne comportait aucune difficulté particulière de réalisation. L'ouvrage a été mis en service en mars 1948.

### Mesures

Une maquette du premier rouleau de l'arc a été construite au Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics. Cette maquette réalisée en béton a été chargée par la tension de cordes à piano dont on mesurait la traction au moyen d'une valise Coyne. Les contraintes produites ont été mesurées au moyen de strains-gages. Dans l'ensemble les résultats des essais ont été comparables à ceux du calcul sauf quelques divergences aux reins dans des cas de chargements extrêmes.

Les contraintes de l'arc ont été mesurées par l'emploi de témoins Coyne noyés dans le béton.

Enfin des essais mécaniques ont été effectués pour déterminer la résistance des bois employés pour la construction du cintre, la résistance des assemblages par clouage et le meilleur système de clouage évitant la fissuration des bois.

## Pont de Savoie

### Caractéristique de l'ouvrage

Ce pont enjambe le Rhône à quelques kilomètres en amont du barrage de Génissiat, dans la petite ville de Bellegarde. Le tablier qui pendant la première partie de la construction était à environ 90 mètres au-dessus du niveau du Rhône n'est plus qu'à 30 mètres depuis que la mise en service de la retenue de Génissiat a relevé le niveau du fleuve. Cet ouvrage comporte :

1° Une grande arche de 80 mètres de portée et de 27 mètres de flèche, composée de deux arcs jumeaux en béton, surmontés chacun de piles et voûtelettes et réunis par un tablier en béton armé;

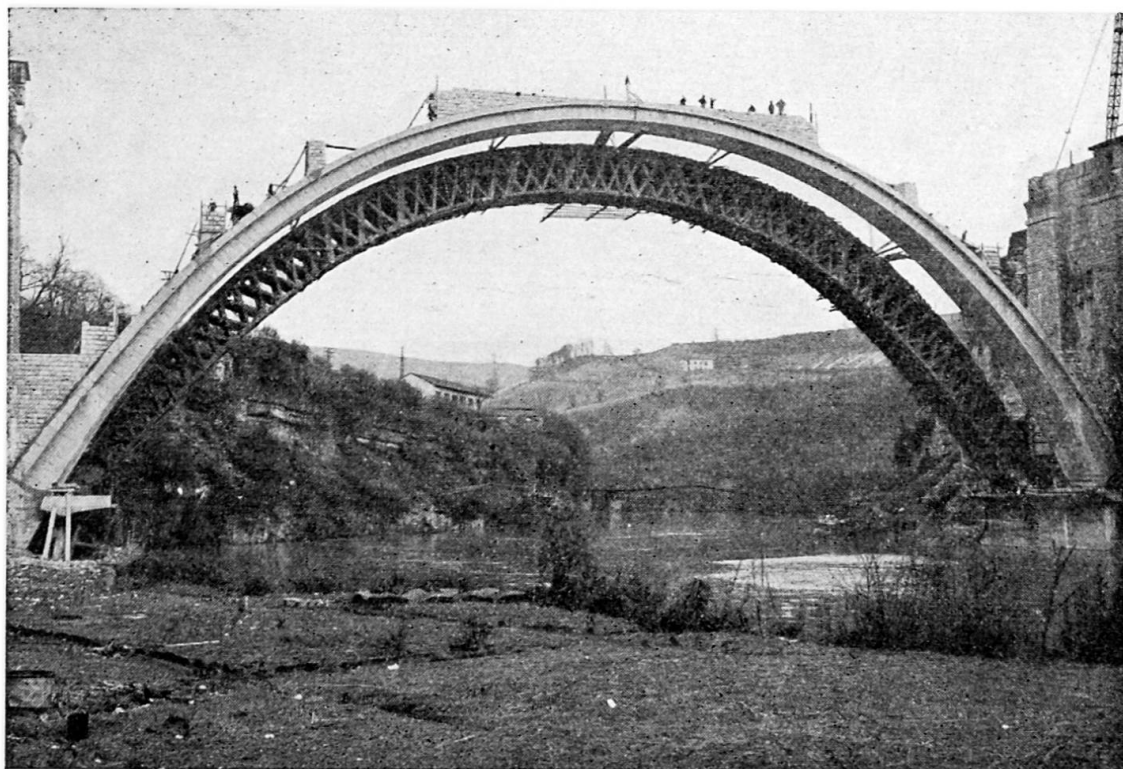
2° Une petite arche en maçonnerie en plein cintre de 24 mètres de portées sur la rive droite;

3° Entre les deux ouvrages ci-dessus et par conséquent sur la rive droite une grosse pile culée en maçonnerie.

### Constitution des arcs

Chacun des arcs est en béton non armé de section rectangulaire pleine, à largeur et épaisseur variable. Ce sont des arcs encastés qui s'appuient, sur chaque rive, sur une retombée prolongeant en porte à faux sur la rivière deux massifs de culée fondés sur rocher compact. Le béton est au dosage de 350 kg de ciment; comme dans l'ouvrage précédent les faces vues sont réalisées au moyen de plaques préfabriquées en béton travaillé en surface. La fibre moyenne des arcs a été établie de façon à épouser le tracé du polygone funiculaire des charges permanentes totales et de la demi-charge routière uniformément répartie.

La largeur de l'arc varie de 4<sup>m</sup>30 aux naissances à 3<sup>m</sup>00 à la clé, en même temps que son épaisseur varie de 2<sup>m</sup>70 aux naissances à 1<sup>m</sup>40 à la clé.



**Fig. 4.** Pont de Savoie en cours de construction.

Ces variations de sections correspondent sensiblement à la variation des efforts normaux.

#### Système de construction

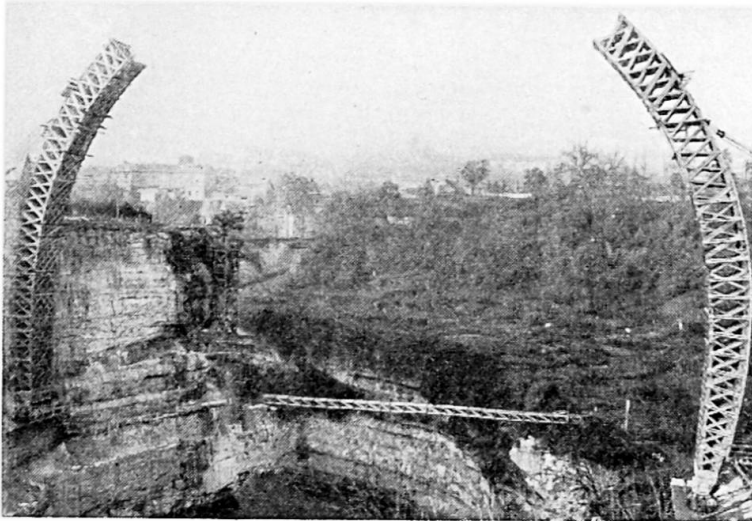
En raison de la profondeur de la gorge il ne pouvait être employé qu'un système de cintre retroussé franchissant le Rhône d'une seule portée; et d'autre part ce cintre a dû être établi pour supporter l'arc dans toute son épaisseur, car celle-ci était trop faible pour que l'arc puisse être découpé en plusieurs rouleaux. La confection du béton a été effectuée par voussoirs, de façon à répartir judicieusement les charges sur le cintre et à annuler une partie du retrait.

Une particularité du système de construction employé est qu'il n'a été utilisé qu'un seul cintre, qui a servi à exécuter d'abord le premier arc, puis ensuite, par ripage, le deuxième arc.

#### Conception du cintre

Le cintre en sapin du commerce est un arc articulé aux naissances; de 75<sup>m</sup>00 de portée et 25<sup>m</sup>00 de flèche, il est constitué de 7 fermes en bois arquées, de hauteur constante (sauf près des naissances), écartées de 0<sup>m</sup>57 d'axe en axe et composées chacune d'une membrure basse et d'une membrure haute, réunies entre elles par des treillis en croix de Saint-André. Cette charpente est constituée de la même manière que celle du pont de Saint-Hilaire qui vient d'être précédemment décrite.





**Fig. 5.** Montage du cintre du pont de Savoie.

### Montage du cintre

Le cintre a été mis en place en deux tronçons. Chacun d'eux a été dressé verticalement, sur chaque rive, adossé à la grosse pile culée rive droite et à la paroi rocheuse rive gauche, en reposant par l'intermédiaire de grosses poutres chevêtres en béton armé sur des plates-formes provisoires également en béton armé.

Les deux tronçons furent rabattus autour des articulations et raccordés au milieu. Ce rabattement fut d'une exactitude parfaite et l'opération réalisée le 25 septembre 1947 ne dura que deux heures.

### Exécution de l'arc

L'arc fut coulé par voussoirs disposés symétriquement dans l'ordre déterminé par le calcul, en ménageant une articulation provisoire aux naissances, un joint et des niches pour vérins à la clé.

### Décintrement

L'arc fut d'abord mis en charge au moyen de quatre vérins disposés en deux lignes, travaillant chacun à environ 100 tonnes; l'ouverture du joint de clé fut limitée à 35 mm; les joints de clé furent alors comblés par un matage provisoire en mortier de ciment.

Il se trouve qu'en raison des caractéristiques de l'arc aucune compensation n'était ensuite nécessaire pour combattre l'action du retrait ou des charges ultérieures. Mais une compensation très faible destinée à réduire les effets de la température devait être effectuée une fois supprimés les efforts résultant de l'adhérence du cintre. Ces efforts d'adhérence étaient très sensibles, puisque au moment de la mise en charge de l'arc la poussée totale constatée a été de 600 tonnes au lieu de 400 tonnes poussée totale théorique. On procéda, en conséquence, au décintrement en dégageant le cintre, par abaissement des chevêtres en béton armé sur lesquels il reposait.

Ces chevêtres, constitués d'une forte poutre en béton armé, avaient été construits de manière à être indépendants des plates-formes, sur lesquelles



**Fig. 6.** Vue du cintre du pont de Savoie.

ils s'appuyaient par l'intermédiaire d'une série de cales en chêne de 0<sup>m</sup>20 d'épaisseur. Les chevêtres étant posés sur vérins, les cales en chêne furent enlevées; les vérins, en s'abaissant, permirent la descente conjointe des chevêtres et du cintre qui se décolla sans aucune difficulté.

L'arc en béton étant devenu libre, fut à nouveau mis en charge au moyen de vérins et la poussée constatée fut bien cette fois celle résultant des calculs, soit 400 tonnes. Les articulations provisoires furent alors bloquées par matage au mortier de ciment; quelques jours après il était procédé à la légère compensation nécessaire et qui a conduit à une poussée totale de 225 tonnes sur la ligne supérieure des vérins et à une poussée totale de 170 tonnes sur la ligne inférieure. Il fut alors procédé au matage du joint de clé; cette dernière opération fut effectuée le 2 février 1948 pour l'arc aval.

#### Ripage du cintre

Préalablement au ripage, le cintre fut muni de tirants constitués de câbles fixés par mouflage sur les chevêtres et la partie basse des fermes. Ces tirants étaient destinés à annuler la poussée du cintre de façon à n'obtenir que des réactions d'appui verticales, et en même temps, à dégager légèrement les chevêtres des culées pour permettre leur déplacement.

Les chevêtres ayant été placés sur une série de rouleaux en acier de 35 mm de diamètre, furent poussés au moyen de vérins agissant horizontalement, jusqu'à l'emplacement du deuxième arc à construire.

Pendant ce ripage toute tendance au renversement du cintre était contenue par des poutres métalliques fixées rigidement d'une part à l'arc exécuté, et d'autre part au moyen d'un dispositif à coulisseaux, sur le cintre en déplacement.

Le ripage de 8 mètres fut exécuté le 2 février 1948, en 24 heures de travail.

### Résumé

Ce mémoire traite de la construction des deux ponts en arc de grande portée en béton non armé : le pont de Saint-Hilaire - Saint-Nazaire sur l'Isère et le pont de Savoie à Bellegarde sur le Rhône.

L'arc du pont de Saint-Hilaire - Saint-Nazaire, de 108 mètres de portée a été coulé en trois rouleaux et par voussoirs : le cintre en bois cloué a été réalisé d'une seule portée et en trois tronçons, les deux tronçons latéraux ont été construits verticalement puis rabattus ultérieurement à leur emplacement définitif; le tronçon médian a été construit à son emplacement définitif sur une passerelle légère accrochée à des câbles.

Le pont de Savoie, de 80 mètres de portée comporte deux arcs jumeaux. Chaque arc a été coulé en un seul rouleau et par voussoirs; le cintre en bois cloué a été réalisé d'une seule portée et construit en deux tronçons édifiés verticalement, puis rabattus à leur emplacement définitif. Un seul cintre a été exécuté; posé sur chevêtre en béton armé, il a été ripé par roulage à l'emplacement du deuxième arc.

### Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt den Bauvorgang folgender weitgespannter, nicht armierter Bogenbrücken : Die Brücke von Saint-Hilaire - Saint-Nazaire über die Isère und die Savoie-Brücke über die Rhône in Bellegarde.

Der Bogen der Saint-Hilaire - Saint-Nazaire-Brücke von 108 m Spannweite wurde betoniert in 3 Ringen und in Lamellen; das Lehrgerüst in genagelter Holzkonstruktion wurde freitragend in drei Teilstücken ausgeführt, wobei die beiden seitlichen Teilstücke senkrecht aufgebaut und nachträglich in ihre endgültige Lage umgeklappt wurden; das mittlere Teilstück wurde am Verwendungsort auf einem leichten, an Kabeln aufgehängten, Montagegerüst erstellt.

Die Savoie-Brücke von 80 m Spannweite wurde als Zwillingsbogen ausgeführt. Jeder Bogen wurde nur in einem Ring mit Lamellen betoniert. Das Lehrgerüst in genagelter Holzkonstruktion wurde wie beim andern Gerüst, allerdings nur in 2 Teilstücken, ausgeführt.

### Summary

This report describes the constructional methods used for the following large-span, non-reinforced arched bridges : the Saint-Hilaire - Saint-Nazaire bridge over the Isère and the Savoy bridge over the Rhone at Bellegarde.

The arch of the Saint-Hilaire - Saint-Nazaire bridge, with a span of 108 m (354 ft), was concreted in 3 rings and in segments. The centering, a nailed wooden structure, was completed in three suspended parts, the two side-parts being built up perpendicularly and then lowered into their permanent position. The middle part was produced on the site of work, suspended by cables, and erected on a light truss frame.

The Savoy bridge, having a span of 80 m (262 ft), was built in the form of twin arches. Each arch was concreted in only one ring with segments. The centering, a nailed wooden structure, was made in the same manner as the above mentioned one, but in two parts.