

# Le viaduc de Plougastel

Autor(en): **Freyssinet, Eugène**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **55 (1929)**

Heft 23

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-42690>

## **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.

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN  
 ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES  
 ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Le Viaduc de Plougastel*, par M. EUGÈNE FREYSSINET, ingénieur. — *Etudes professionnelles, culture générale et imagination*, par M. le professeur D<sup>r</sup> MARCEL GROSSMANN, à Zurich. — *Concours d'idées pour l'étude des plans de construction d'un nouveau temple au Landeron* (suite et fin). — *L'«esprit nouveau» dans le béton armé*. — *Congrès international de mécanique technique, à Stockholm, du 24 au 29 août 1930*. — *Conférences de la S. I. A. et de l'A. E. I. L.* — BIBLIOGRAPHIE. — *Service de placement*.

### Le Viaduc de Plougastel<sup>1</sup>

par M. Eugène FREYSSINET, ingénieur.

Je me propose de donner quelques indications sur l'exécution qui s'achève actuellement d'un pont en B. A. (béton armé) à Plougastel, sur l'Elorn, au point où cette rivière débouche dans la rade de Brest. Elle offre en cet endroit une largeur de 650 mètres au niveau des pleines mers.

Les circonstances imposent une portée minima de 172 mètres, avec un tirant d'air de 36 mètres, au-dessus d'un chenal dans lequel aucun appui, même provisoire, ne peut être trouvé.

L'amplitude des marées atteint 8 mètres et la houle est parfois très forte à l'emplacement de l'ouvrage.

Le projet exécuté a été choisi après concours pour ses qualités d'économie et de résistance.

Quoique beaucoup meilleur marché qu'aucun des projets concurrents, il permet le passage simultané d'une route et d'une voie ferrée normale, alors que les autres projets permettaient le passage de la route seulement.

Une grande voûte étant indispensable pour le franchissement du chenal, j'ai jugé économique d'avoir recours pour le surplus de la traversée à deux arches identiques en raison du emploi du cintre.

L'ouvrage comprend donc trois voûtes en B. A. de 186,50 m d'axe en axe des piles. Elles supportent un tablier à deux étages, dont le plus bas reçoit une voie ferrée normale à voie unique et le plus élevé une route de 8 m de largeur.

Actuellement les voûtes sont terminées. On prévoit la mise en service au cours de 1930.

#### *Appui des voûtes et fondations.*

Les voûtes reposent sur deux culées et deux piles-culées de très faible hauteur.

Pour ces éléments l'exemple d'ouvrages récents donnait de très fortes raisons de redouter la décomposition des ciments par l'eau de la mer.

<sup>1</sup> Leçon faite au Cours théorique et pratique de béton armé, organisé par la Société suisse des ingénieurs et des architectes, à Lausanne, du 8 au 12 octobre dernier. (Voir *Bulletin technique* du 2 novembre 1929, page 255.)

Pour ce motif, dans toute la hauteur accessible aux marées, les ouvrages ont été exécutés en béton de ciment alumineux dit fondu. Le dosage choisi comporte 400 kg par mètre cube en œuvre, l'agrégat étant formé de 750 litres d'une quartzite concassée, trouvée sur place, très dure, 200 litres de sable constitué par le résidu du concassage des quartzites et 300 litres de sable de dune.

Pour réduire la dépense de ciment alumineux et pour diminuer l'échauffement des massifs pendant le durcissement, on a incorporé aux bétons environ 50 % de moellons de quartzite.

Les fondations des culées ont été faites par époussetage à 12 m. sous les hautes mers, à l'abri des batardeaux circulaires en béton armé, de 30 m de diamètre et 30 cm. d'épaisseur seulement.

Les piles fondées à 18 m sous les hautes mers ont été exécutées, jusqu'au niveau des basses mers avec un caisson flottant unique en B. A. utilisé pour l'une comme caisson-cloche et pour l'autre comme caisson perdu.

Ce caisson qui avait reçu la forme exacte des massifs à réaliser, a été arrêté à une cote fixée d'avance ; le terrain solide a été atteint en augmentant la hauteur de la chambre de travail par des reprises en sous-œuvre successives en béton armé, conduites de manière à élargir progressivement la surface d'appui du caisson sur le sol, au fur et à mesure de la descente ; de manière à réduire les efforts unitaires imposés au sol et à permettre l'arrêt de la fondation à une profondeur modérée quelle que fût la nature du rocher rencontré.

#### *Voûtes.*

Les voûtes ont 9 m 50 de largeur et une hauteur variable voisine de 5 m sur leur plus grande longueur. Elles sont formées de 4 cloisons verticales reliant deux hourdis d'intrados et d'extrados. Les épaisseurs de ces éléments augmentent vers les appuis, jusqu'à avoir près d'un mètre. Dans la partie centrale, la section totale du béton est d'environ le quart de l'aire comprise dans le contour extérieur de l'arc.

L'alvéole centrale est privée au voisinage de la clef de son hourdis d'extrados pour permettre le passage de la voie ferrée entre les alvéoles latérales.

La forme de la fibre moyenne de la voûte est exactement celle d'un funiculaire des poids permanents.

Pour des raisons d'aspect et d'économie, on a espacé de 16 m d'axe en axe les appuis du tablier et le funiculaire a une forme nettement polygonale. Pour conserver un bon aspect, j'ai fait varier la loi des hauteurs de l'arc de manière à obtenir un intrados continu, l'extrados polygonal se raccorde par des surfaces gauches à une courbe continue sur les faces vues.

Les calculs sont ceux d'un arc encastré de 180 m de portée et de 33 m 60 de flèche à section variable.

On s'est attaché à déterminer le mieux possible les actions secondaires ou locales dues aux formes des évidements et à assurer une répartition effective des charges entre les différents éléments de l'arc. L'armature n'est utile qu'au point de vue des actions secondaires. La proportion d'acier employée est très faible, environ 23 kg par mètre cube.

Postérieurement au décintrement, un réglage des tensions internes dans l'arc a été réalisé selon la méthode

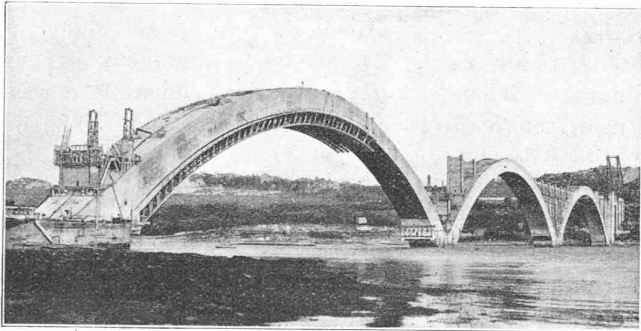


Fig. 1. — Le pont de Plougastel, en construction.

que j'ai décrite dans le *Génie civil* des 30 juillet, 6 et 13 août 1921, pour la première et seconde voûte, et le sera bientôt pour la troisième.

A cet effet, les arcs sont coupés dans le plan de clef par un joint sans épaisseur, à cheval sur ce joint des niches sont ménagées pour 28 vérins qui permettront d'allonger la fibre moyenne de l'arc et de compenser les raccourcissements élastiques et permanents de la fibre moyenne.

Les ouvertures du joint de clef atteignent à l'intrados 28 mm et 34 mm à l'extrados, pour la première voûte, dont le béton, exécuté en été, a un module d'élasticité très élevé de l'ordre de  $5,5 \times 10^7$ . La deuxième voûte paraît avoir un module un peu plus faible  $4 \times 10^7$  seulement; elle a été exécutée à l'entrée de l'hiver. Les ouvertures du joint de clef ont atteint respectivement 40 et 48 mm.

Les voûtes sont partout comprimées dans le sens longitudinal.

La contrainte maxima due à leur poids propre atteint  $32 \text{ kg/cm}^2$ .

Celle due au poids du tablier atteint  $10 \text{ kg/cm}^2$ .

Celle due aux surcharges des règlements français des routes, et des chemins de fer, ne dépasse nulle part  $20 \text{ kg/cm}^2$ .

Les fatigues parasites dues aux variations linéaires sont limitées par l'opération de réglage des voûtes à moins de  $15 \text{ kg/cm}^2$ .

La fatigue maximum totale est inférieure à  $75 \text{ kg/cm}^2$ .

Or, les bétons employés pour les arcs dosés en moyenne à  $425 \text{ kg/m}^3$  de béton en œuvre, de ciment portland ordinaire de la marque « Demarle-Lonquëty » (Société des Ciments français) avec un agrégat formé de quatre parties de quartzite concassée, une de sable résidu et une de sable de dune, donnent des résistances qui, d'après de très nombreux essais, atteindront largement  $500 \text{ kg/cm}^2$  à la mise en service de l'ouvrage et probablement  $600$  ou  $700 \text{ kg/cm}^2$ .

Il y aura donc un rapport d'environ 8 entre la contrainte de rupture du béton et celles auxquelles il sera soumis dans l'ouvrage. C'est un taux de sécurité exceptionnelle élevé et qui est loin d'être atteint dans les ouvrages métalliques du même ordre.

Les voûtes sont coulées au moyen de grues à câble électriques, d'un système nouveau, construites par nous-mêmes, de 690 m de portée.

En général, dans ces engins, les mouvements sont commandés d'une extrémité par une série de câbles actionnés par des treuils fixés; dans l'exécution de divers ouvrages j'avais reconnu que le rendement de ces appareils appliqués à l'exécution de B. A. est mauvais et décroît très vite quand la distance du point de commande au lieu d'utilisation des matériaux dépasse certaines limites. Pour ce motif, j'ai voulu que les treuils fussent commandés d'une cabine solidaire du chariot, à la vue et à portée de voix du chantier.

Divers spécialistes, Français, Allemands et Italiens consultés ont déclaré ce programme irréalisable dans les conditions de portée et de hauteur imposées. J'ai alors construit moi-même mon transporteur.

Il se compose de deux outils identiques roulant chacun sur câble de 690 m de portée entre piliers d'appuis; le câble pèse 12 kg au mètre, supporte à la rupture 210 tonnes, et se trouve soumis par l'action d'un contre-poids à une tension permanente de 60 tonnes, à 76 m au-dessus des basses mers. La flèche dans ces conditions est d'environ 10 m.

Les pylônes sont en bois, ils ont 55 m de hauteur, les câbles, à leur point d'amarrage, sont supportés par des articulations très mobiles en tous sens et rendus rigides par une charpente sur quatre mètres de longueur, de telle sorte que les moments dus à la raideur des articulations ne leur imposent en aucun cas une fatigue de flexion supérieure à 5 kg.

Sur ce câble roule un chariot porté par huit galets, actionné par un moteur électrique. Il se meut par touage sur un câble de 13 mm à âme de cuivre, il reçoit du courant continu à 240 volts par le câble porteur qui est isolé et le renvoie à la berge par le câble toueur soigneusement mis à la terre. Le treuil a une puissance maxima de 4000 kg; un même moteur de 15 ch actionne ce treuil. Le

câble toueur des deux appareils est sans fin et peut être transformé en câble moteur actionné de la berge au moteur ou à bras en cas de panne des appareils.

Ces outils déclarés irréalisables par les spécialistes les plus réputés ont admirablement fonctionné, ils ont transporté plus de trente mille m<sup>3</sup> de matériaux divers et réalisé toutes les manipulations de coffrage et d'armature. Leur précision et leur rapidité de manœuvre même par grand vent sont extraordinaires, et on a pu les utiliser au sauvetage d'hommes en péril sur une fondation, par tempête telle qu'aucune embarcation ne pouvait tenir la mer.

Je n'hésiterais pas, actuellement, à construire des transporteurs de ce type pour une portée double, et pour de très grandes puissances; on pourrait sans inconvénient atteindre des vitesses de l'ordre de 100 km à l'heure.

Même à de très grandes vitesses il est inutile de relever les charges au chariot pour les transporter, comme on le fait dans les transporteurs à câbles ordinaires, les conducteurs arrivent à éviter toute oscillation des charges par une manœuvre convenable du toueur et du frein.

Le cintre est une voûte en bois, très analogue à celle d'Orly que vous venez de voir. Elle comprend un intrados et un extrados distants de 2,50 m environ, reliés par des treillis formés de simples planches.

Les madriers d'extrados, jointifs, forment une voûte de bois continu de 10 m de largeur et 0 m 21 d'épaisseur, à l'intrados, il y a 16 poutres de 2 madriers correspondant à 8 fermes distinctes.

Les abouts des madriers sont arrêtés à 0,03 l'un de l'autre, l'intervalle est plein de mortier riche bien tassé. On fait ainsi un joint incompressible et rigoureusement ajusté.

L'indéformabilité de l'extrados aux effets de torsion dus au vent est assurée par le clouage de deux couches continues en planches de 18 mm d'épaisseur établies suivant les deux systèmes de parallèles faisant un angle de 45° avec l'axe.

Un contreventement à claire-voie de même système, relie les fermes à l'intrados. L'ensemble forme un tube fermé très rigide particulièrement vis-à-vis des efforts de torsion.

Aucun assemblage de charpente, aucun boulon, n'ont été employés, tous les assemblages résultent de juxtapositions et de clouages. Les pointes ont de 16 à 35 cm de longueur et 10 mm de diamètre.

On en a employé 8 tonnes.

Ce cintre a été construit à terre, en profitant d'une forme favorable de la berge. On a formé des pièces continues droites de deux épaisseurs de madriers, de 160 m de long que l'on a montées sur des chevalets haubanés, disposés suivant la forme de l'intrados.

Sous leur poids les pièces ont pris leur forme.

Le cintre terminé a été transporté à sa position de travail pour la première arche.

A cet effet, on a exécuté en porte à faux, des amorces d'arcs s'étendant à 16 m de l'axe des appuis, ces éléments

ont été exécutés par tranches successives à l'aide de coffrages suspendus aux tranches précédemment exécutées.

Je ne puis entrer dans le détail des dispositions prises pour régulariser les efforts dans ces consoles et y éviter la formation de fissures ou de fatigues ultérieurement gênantes dans les arcs, d'une manière générale on a eu recours à la mise en charge artificielle et préalable d'éléments provisoires convenablement disposés.

Sur les consoles ainsi créées, on a établi un système de vérins hydrauliques capables, par un jeu de cales, d'agir sur une traverse en B. A. de laquelle pend une élingue formée de groupes de fils de 13 mm en acier.

Ces élingues se terminent à leur partie inférieure par un bloc de béton fortement armé de  $50 \times 55 \times 0,80$  dont la surface inférieure forme un point d'appui pour la suspension du cintre.

Les élingues traversent l'arc de haut en bas dans des puits ménagés dans les amorces. Il y en a deux par re-

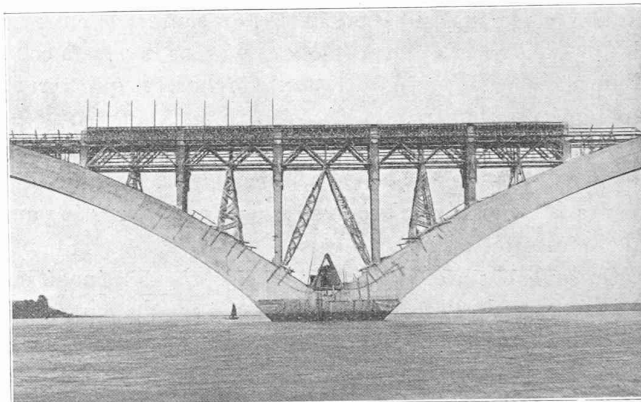


Fig. 2. — Pont de Plougastel : échafaudage du tablier.

tombée. D'autre part, le cintre est terminé à ses extrémités par une structure en B. A. fortement armée laquelle peut être accrochée aux élingues par un verrou constitué par deux pièces superposées en cœur de chêne ayant chacune  $0,50 \times 50$  de section, soit au total 1 m de hauteur.

J'ai préféré le bois au métal par économie et aussi parce qu'il est plus déformable, un tel matelas de bois peut sans rompre subir des déformations de 20 cm et plus.

Sur la structure armée sont fixés des vérins agissant sur des câbles horizontaux, qui équilibrent la poussée du cintre pendant le transport et le levage.

Les choses ainsi préparées, on amène les bateaux sous les appuis du cintre; on les échoue sur des tins préparés à marée basse; on tend les câbles horizontaux, on cale ce cintre sur les bateaux, en le soulevant avec des vérins auxiliaires, puis on démolit les appuis de construction du cintre.

A marée haute, on fait flotter les bateaux, des treuils placés sur ceux-ci agissant sur des amorces fixées à des ancrages établis en divers points de la rivière permettant d'amener le cintre en place, on descend les élingues dans les puits, on met les verrous, on agit sur les vérins;

le cintre soulevé vient se coller contre l'intrados des amorces des arcs.

Il reste à régler, pour corriger l'effet :

1° d'une différence possible entre la situation et la dimension réelle des éléments par rapport aux cotes théoriques ;

2° des déformations à prévoir sous les charges.

Pour cela, le cintre amené en contact et bien appuyé contre les amorces d'arc par une tension supplémentaire des élingues de suspension, on relève sa cote de clef, et on la compare à la cote théorique majorée de la flèche élastique calculée du cintre considéré comme arc à deux articulations.

Si l'on trouve une différence en moins par exemple, l'on raccourcit le cintre en tendant les câbles horizontaux ce qui augmente sa flèche d'une part et permet de relever ses appuis d'autre part.

Ce réglage fait et le contact du cintre avec le bord de l'intrados des amorces bien assuré par une surtension de 80 tonnes donnée à chaque élingue en plus du poids du cintre, et par un coulis en ciment, on soumet le cintre à des moments aux appuis, égaux et de sens inverse à ceux d'un arc encastré soumis aux surcharges qui seront appliquées au cintre.

Ceci est réalisé automatiquement par la suppression de la tension des câbles horizontaux, la position des points de contact de l'arc avec le cintre a été réglée pour que le résultat soit ainsi obtenu.

On coule ensuite du béton entre le corbeau ménagé sur les amorces de l'arc et l'about en béton du cintre. Le bloc en béton ainsi coulé est divisé en éléments par des cloisons parallèles au plan de symétrie de l'arc, dont un certain nombre sont frettés fortement en vue du décintrement.

Deux jours après la fin du coulage, on procède au décintrement, ce délai suffit pour que la résistance des derniers bétons coulés atteigne 150 kg au cm<sup>2</sup>.

L'enlèvement du cintre s'obtient en démolissant les bétons coulés entre le cintre et les ressauts des piles.

On enlève d'abord les éléments non frettés, puis on ruine partiellement les poteaux frettés. En desserrant et en resserrant les élingues, on provoque de très petits mouvements du cintre qui en amènent le décollement progressif, accompagné d'un écrasement lent des appuis en béton fretté qui dissipe l'énergie de déformation emmagasinée dans le cintre.

Cette énergie est loin d'être négligeable, elle est de l'ordre de « 300 tonnes-mètres », et le décintrement est une des phases les plus délicates des opérations, bien qu'il ne présente absolument aucun risque grâce aux précautions prises. Aussitôt le décintrement fait, ce qui exige une journée, le cintre est nettoyé et remis en place. Le coulage de la première voûte étant terminé le 3 août, le décintrement s'est fait le 5 août et la mise en place de la première voûte le 7 août.

Il s'est écoulé quatre mois environ entre deux transports du cintre.

Le cube de bois employé au cintre est de 600 m<sup>3</sup>, soit 10 % du cube total du béton qu'il sert à mettre en œuvre ; la fatigue sous le poids propre du cintre est de 10 kg par cm<sup>2</sup> avec le poids de 10 rouleaux elle atteint 70 kg/cm<sup>2</sup> et 110 kg sous la charge totale de l'arc.

Les flèches mesurées de cette voûte de bois ont été trouvées égales aux résultats du calcul en supposant  $E = 7 \times 10^8$ , soit 265 mm.

Aucune déformation permanente n'a pu être décelée.

La seconde mise en place du cintre a été faite malgré un très fort vent, sans la moindre difficulté en moins de trois heures. La troisième opération a demandé deux heures environs.

#### Conclusions.

Ce qui vient d'être exposé prouve amplement que la réalisation de voûtes de plus de 180 m de portée, sur un bras de mer exposé à de violentes tempêtes et dans lequel on ne peut prendre aucun appui en dehors des ouvrages définitifs, a pu se faire sans tour de force, en imposant à la matière des contraintes maxima très inférieures à celles jugées admissibles par l'unanimité des constructeurs.

Il en résulte cette première conséquence que l'écart de prix important, que le concours a fait ressortir entre les voûtes en B. A. et les charpentes métalliques, aurait pu être beaucoup plus élevé, si à l'exemple des constructeurs en charpente, nous nous étions limités au tablier route et contentés d'un coefficient de sécurité moins élevé.

Dans quelles limites de portée le B. A. peut-il concurrencer les charpentes métalliques.

Si l'on fait varier l'échelle d'une construction sans modifier le projet, on fait croître les fatigues dues au poids propre dans le même rapport que les dimensions linéaires.

Les fatigues parasites dues aux variations linéaires retrait et température, demeurent constantes.

Celles dues aux surcharges demeurant également constantes, si l'on maintient fixe la charge par mètre carré sur l'ouvrage.

Par conséquent, si nous doublons la portée des arcs de Plougastel, le calcul d'un tel arc nous donnera les contraintes ci-après :

Contrainte résultant du poids propre des arcs . . . . .	64 kg/cm <sup>2</sup>
Contrainte résultant du poids du tablier environ . . . . .	16 »
Contrainte résultant du poids des surcharges . . . . .	20 »
Contrainte résultant des variations linéaires. . . . .	15 »
Total	115 kg/cm <sup>2</sup>

Or, d'après le règlement français, une contrainte de 115 kg est licite pour des bétons résistants à 410 kg à 90 jours. Cette résistance est très largement réalisée par les bétons des arcs de l'Elorn, et il serait aisé de les améliorer encore très notablement.

Par ailleurs, les fatigues du cintre sous son poids propre

n'atteindraient que 20 kg par  $\text{cm}^2$  et il suffirait de doubler la proportion de la section de bois par rapport à la section des rouleaux de béton à supporter pour maintenir constante la fatigue sous la surcharge du béton.

Il est donc évident que la méthode de l'Elorn peut être étendue sans changement notable, à des portées de l'ordre de 400 mètres.

Mais dans ce qui précède, nous n'avons utilisé que la résistance du béton dépourvu d'armatures de compression et de fretage. C'est logique, tant que la résistance qu'il procure est moins coûteuse que celle de l'acier. Mais son prix augmente avec la portée et à partir d'une certaine limite, il est logique d'envisager les structures dans lesquelles l'acier joue le rôle principal.

Considérons une portée de 1800 m, et maintenant constant le rapport entre le poids propre des arcs, le poids du tablier et celui des surcharges, condition extrêmement dure et dont on s'affranchirait en pratique, le poids relatif des poutres principales augmentant toujours avec la portée.

Si la densité des arcs demeurait constante, le calcul conduirait dans ce cas à une contrainte unitaire de 635 kg par  $\text{cm}^2$ . Si la densité de l'arc s'amplifiait dans un rapport  $R$ , la contrainte unitaire serait  $R \times 635$ .

Il est aisé de réaliser des éléments en B. A. capables de subir des compressions égales à  $R \times 635$ .

Considérons des membrures d'arc formées de barres carrées soudées électriquement bout à bout, séparées dans le sens vertical et horizontal par des barres transversales permettant tout d'abord un effet de fretage puis la réalisation d'assemblages entre ces pièces et les autres éléments de la structure.

On peut réaliser parfaitement le remplissage des interstices entre les barres par vibrations de la masse, avec un mortier riche de sable fin et enrober le tout d'une enveloppe de même mortier bien accroché par les armatures transversales à l'ensemble.

On peut réaliser des dispositions dans lesquelles pour un volume de un mètre cube on aurait :

Pour les aciers longitudinaux (barres de $50 \times 50$ avec intervalles de 10 mm ou de $100 \times 100$ avec intervalles de 20 mm) 70 % du volume total . . . . .	5460 kg
Pour les aciers transversaux 3 % du volume total . . . . .	250 kg
Pour le béton, 2,7 % . . . . .	600 kg
	<u>6310 kg</u>

Ce qui donne  $R = 2,5$  environ et  $635 \times R = 1600$  kg par  $\text{cm}^2$  ; soit pour l'acier longitudinal supposé travaillant seul 2300 kg par  $\text{cm}^2$  ; le mortier de liaison étant soustrait par son retrait à toute participation importante aux fatigues permanentes.

C'est un taux élevé. Mais rien ne s'oppose à l'emploi dans de telles structures d'aciers durs à limite élastique très élevée, le métal n'ayant à subir aucune autre manipulation que des soudures électriques contrôlables une

à une et n'étant soumis qu'à des compressions. On disposerait encore dans ces conditions de coefficients de sécurité largement supérieurs à ceux de tout autre système de construction. La réalisation de telles structures comportant des pièces à grande section résistant bien au flambement, est possible par des procédés offrant une étroite parenté avec ceux employés à Plougastel.

La conclusion qui s'impose est donc que les voûtes de Plougastel qui réalisent à l'heure actuelle le record mondial de portée des voûtes en B. A. ne sont en vérité que de bien petites voûtes au regard de celles qui seront construites dans un proche avenir, et que les voûtes en béton armé, réalisées avec les ciments portland ordinaires, constituent dès à présent, grâce à la simplicité de leur exécution et au prix de revient peu élevé de l'unité de résistance dans les constructions, un outil de choix pour la réalisation des portées exceptionnelles capables de concurrencer efficacement tous les autres systèmes sans excepter les ponts suspendus, jusqu'aux portées limites autorisées par l'état actuel de la métallurgie.

## Etudes professionnelles, culture générale et imagination,

par M. le professeur Dr Marcel GROSSMANN,  
à Zurich.

*En traduisant, très librement, à l'intention des lecteurs de notre « Bulletin », l'article que M. le professeur Grossmann a écrit pour le volume<sup>1</sup> offert au professeur Stodola par ses anciens élèves, à l'occasion de son 70<sup>e</sup> anniversaire, nous sommes certain de les intéresser tous.*

*Les vues très justes de M. Grossmann sont précisément celles qui ont été préconisées à la récente Conférence du béton armé, à Lausanne, par MM. les professeurs Landry, dans son discours d'ouverture, et Caquot, à la fin de son très brillant exposé sur la résistance de la matière. Es.*

La construction des machines, c'est un fait connu, exerce une attraction puissante sur les jeunes hommes qui grandissent. Dès leur tendre enfance, toute machine les enchante, par ses formes nouvelles, son éclat métallique et ses mouvements cadencés. Et quand à cette séduction viennent s'ajouter chez l'adolescent l'habileté manuelle, la compréhension mathématique ou le goût de la physique, ou tous les trois à la fois, alors le choix de la vocation du jeune homme est tout indiqué.

Mais voilà, le nombre est grand de ceux qu'attire la technique des machines ; les possibilités d'y réussir et d'y passer maître deviennent de jour en jour plus rares.

*S'y distinguer* est le désir ardent de la plupart : s'y distinguer pour avancer, pour ne pas être dépassé, pour éviter d'être rebuté trop tôt.

<sup>1</sup> « Festschrift A. Stodola », herausgegeben zu seinem 70. Geburtstag, Zürich 1929.

L'article de M. Grossmann a paru aussi dans la « Schweiz. Bauzeitung », n° 2, du 13 juillet 1929.