

Nouveaux systèmes de construction en béton armé

Autor(en): **Considère, A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **29 (1903)**

Heft 18

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-23507>

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.

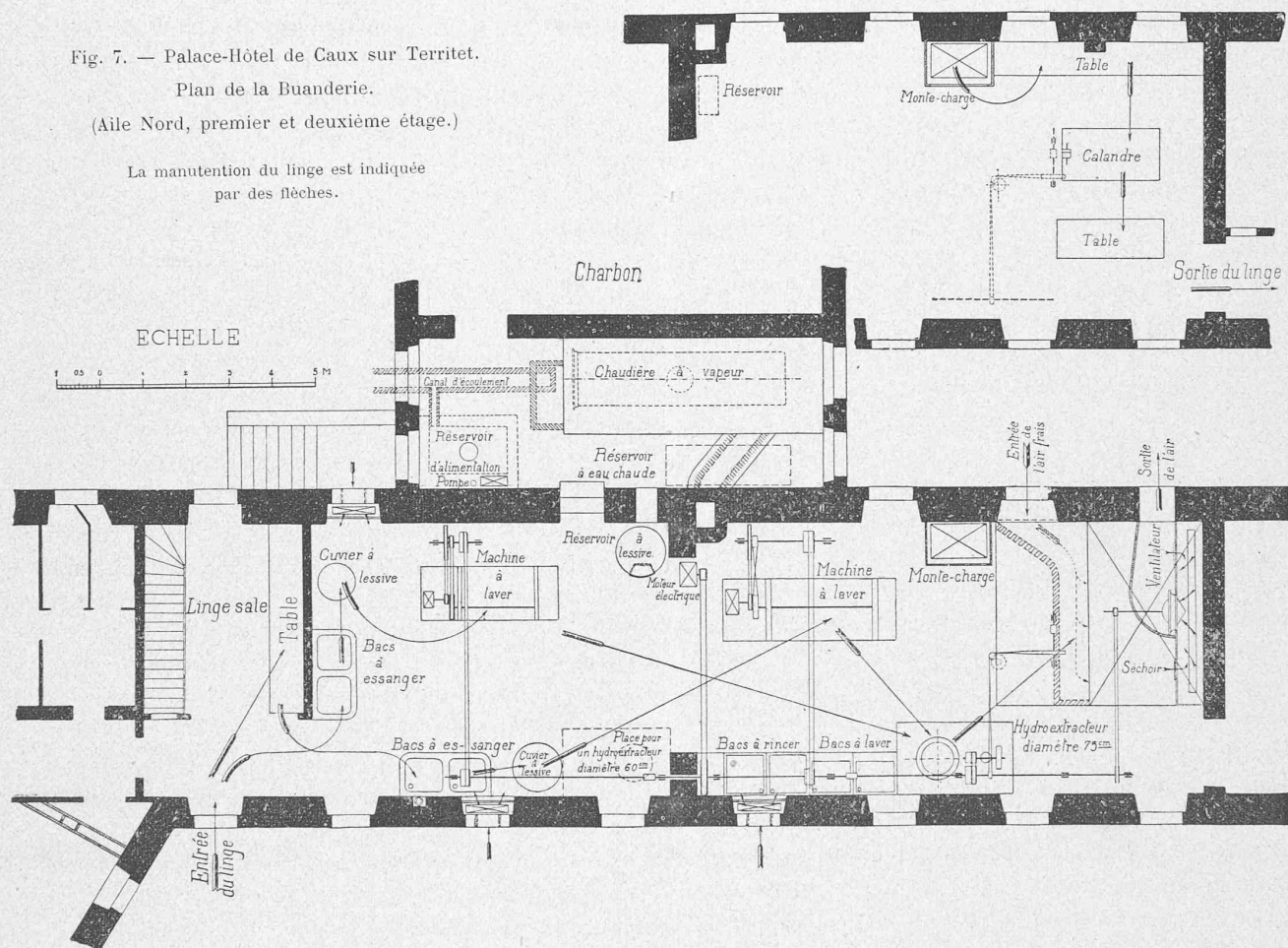
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

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.

Fig. 7. — Palace-Hôtel de Caux sur Territet.
Plan de la Buanderie.
(Aile Nord, premier et deuxième étage.)

La manutention du linge est indiquée par des flèches.



comporte un plafond à voussures et pénétrations, colonnes et pilastres engagés, motifs de couronnement des baies; style 18^{me} siècle et décoration peinte. Une scène provisoire, installée dans le fond de la salle, lui enlève momentanément de son caractère et de ses proportions. Une scène définitive et bien agencée ne tardera pas à être édifiée.

La salle à manger est dans le style du 18^{me} siècle, avec plafond à caissons supporté en partie par des colonnes.

Le restaurant est de style moderne.

Au 4^{me} étage, d'autres locaux publics, tels que le salon Louis XVI, en bleu, la salle de correspondance, en jaune, les salles de billards, le bar et le grand promenoir, entièrement boisé en pitchpin, méritent d'être mentionnés.

Nouveaux systèmes de construction en béton armé.

(Suite et fin)¹.

Type de frettage. — On a vu plus haut que les frettes doivent être rapprochées les unes des autres pour produire tous leurs effets au point de vue du coefficient d'élasticité et de la résistance au flambement. Il est d'ailleurs évident qu'elles doivent être fermées de manière à ne pas s'ouvrir sous l'effort de la pression intérieure et que l'action exercée sur le béton par leurs assemblages ne doit pas ajouter une importante fatigue supplémentaire à l'effort principal de compression, surtout dans la région périphérique où rien n'empêche le béton d'éclater à l'extérieur.

Il semble que ces conditions ne peuvent être remplies convenablement que par l'emploi de fils ou barres de métal de grande longueur, enroulés en hélice dans le béton, à la profondeur nécessaire pour être à l'abri de l'action des agents extérieurs.

¹ Voir N° du 10 septembre 1903, page 227.

Pour assurer la continuité du frettage, il suffit que les dernières spires de chaque barre se recouvrent et que leurs extrémités soient repliées dans le noyau fretté suivant des diamètres. L'expérience a prouvé que, par ce procédé si simple, on obtient une résistance absolument égale à celle des sections courantes.

Il va de soi qu'on peut varier la disposition des spires, les enrouler suivant un seul ou deux cylindres, dans le même sens ou en sens opposés, et les former d'un seul ou de plusieurs fils parallèles dont les extrémités sont arrêtées dans des sections différentes.

Les spires seront nécessairement façonnées et mises en place avant le bétonnage. L'ingénieur ou le chef d'atelier pourra, d'un coup-d'œil, les vérifier toutes et on sera sûr, par conséquent, d'avoir, quelle que soit la qualité du béton, le minimum considérable de résistance que forment les deux derniers des éléments énumérés dans le paragraphe intitulé « règles de calculs ».

Il importe d'ajouter que le coût de la façon des spires hélicoïdales est minime. L'expérience a prouvé que, pour les enrouler, il suffit d'un treuil ordinaire dont le tambour a été remplacé par un cylindre de longueur et de diamètre convenables. On a fabriqué des hélices formées d'acier rond de 9, 10 et 25 millimètres de diamètre et la dépense a varié de 1 fr. à 50 cent. les 100 kg.

Nature des matériaux. — Dans les pièces travaillant par flexion, on emploie généralement un béton maigre renfermant environ 300 kg. de ciment par mètre cube mis en œuvre, et cette pratique paraît justifiée par la crainte des fissures dans les parties soumises à des allongements, par l'inutilité d'augmenter la résistance du béton tendu sur laquelle on ne compte pas dans les calculs et, enfin, par ce fait que la diminution des épaisseurs, corrélatrice de l'augmentation du dosage, réduit le bras de levier du couple résistant de flexion.

Aucune de ces raisons d'écarter les dosages plus riches ne subsiste pour le béton comprimé et on est conduit à y employer 450 à 700 kg. de ciment par mètre cube afin de relever la limite d'élasticité, qui exerce une grande influence sur la résistance au flambement des pièces lorsqu'elles n'ont pas été soumises à une épreuve préalable.

Le béton fretté pouvant supporter, sans altération, des raccourcissements considérables, les armatures longitudinales qu'il renferme travaillent, avant l'écrasement, à des pressions supérieures à leur limite d'élasticité quelque élevée qu'elle soit. Comme d'ailleurs le métal noyé dans le béton n'est exposé à aucun choc, ni écrasement, pouvant y développer la fragilité, on a intérêt à former les armatures longitudinales du béton fretté d'acier aussi résistant que le permettent les nécessités de l'usinage.

Au contraire, l'allongement des frettes étant retardé par le retrait de prise du béton et ne se produisant qu'en

vertu du gonflement latéral qui n'est guère que le tiers du raccourcissement longitudinal, il s'en faut de beaucoup que la limite d'élasticité du métal y soit atteinte dans la phase de déformation modérée qui présente un intérêt pratique. On peut, en conséquence, former les spires du métal dont l'emploi est le plus économique et le plus facile. Le choix se portera sur le fer ou l'acier de qualité courante, suivant les prix de ces deux métaux.

En général, le pourcentage de métal sera compris entre 0,01 et 0,02 pour les armatures longitudinales; il sera de 0,02 à 0,03 pour le frettage.

Prix de revient. — Il semble que le prix de revient doit être sensiblement le même pour des pièces de béton armé ou de béton fretté qui renferment les mêmes quantités des mêmes matières, si l'on emploie, pour ces dernières, les procédés usuels de fabrication sans recourir aux perfectionnements qui ont pour but d'obtenir le maximum de qualité. Or il résulte de ce qui précède que, formées des mêmes éléments, les pièces frettées auront plus de résistance que les pièces armées et, qu'en outre, la supériorité énorme de leur ductilité permettra de leur appliquer des coefficients de sécurité moins forts.

La comparaison précise de la somme de tous les éléments qui forment les prix de revient des constructions frettées et des ouvrages métalliques serait bien délicate parce qu'on n'a pas encore de bases certaines pour évaluer exactement les frais de montage, échafaudage, etc., qu'entraîneront les premières. En revanche, il est facile de mettre en regard du coût total des constructions métalliques, la dépense que l'emploi du béton fretté entraînera, en matières et en main-d'œuvre directe de fabrication.

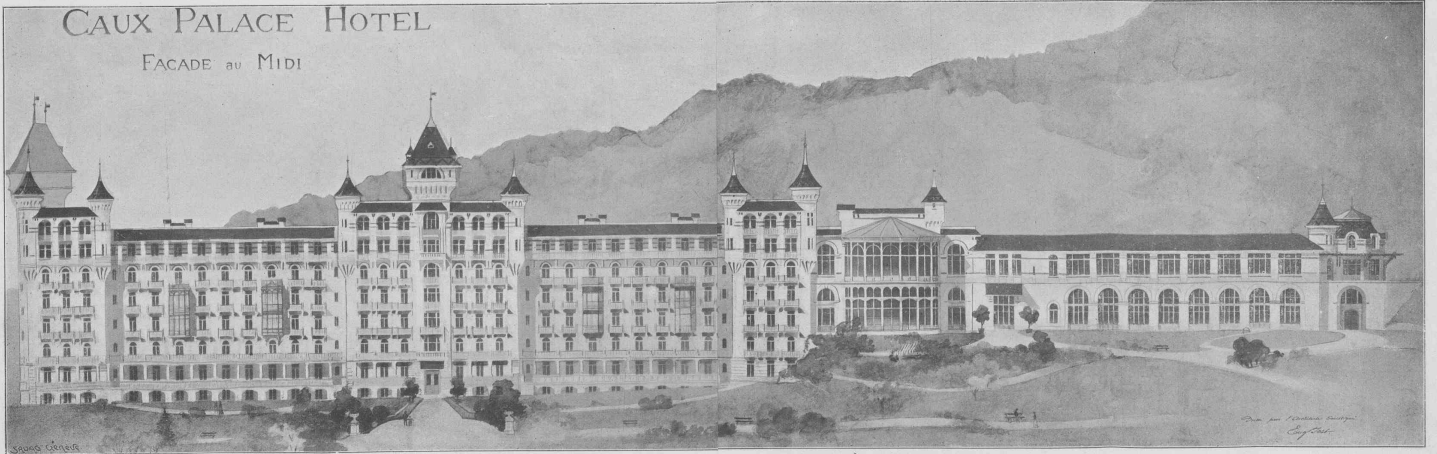
La dépense en matières par mètre cube comprendra 1 m³ 20 de sable et gravier valant 6 à 12 fr.; 450 à 700 kg. de ciment valant 30 à 45 fr.; 0 m³ 03 à 0 m³ 06 de métal pesant 23 à 46 kg. et coûtant, façon comprise, 46 à 100 fr. La dépense en matières pourra donc varier de 82 à 157 fr. La fabrication et le pilonnage du béton coûteront 13 à 23 fr. et porteront la dépense de 95 à 180 fr. Quoique ces prix limites soient largement comptés, on les a portés à 100 et 200 fr.

On a admis que les pressions respectives qui pourraient être imposées aux pièces ainsi fabriquées varieraient de 60 à 120 kg. par centimètre carré et on a calculé que des pièces en fer rivé, coûtant le prix minimum de 30 fr. par 100 kg., qui pourraient supporter la même pression qu'un mètre cube de béton fretté, coûteraient de 234 à 468 fr.

En résumé, le coût en matières et en main-d'œuvre de fabrication directe des pièces de béton fretté seraient environ les $\frac{100}{234}$ du coût total des pièces de fer rivé capables de supporter les mêmes pressions. Dans chaque cas

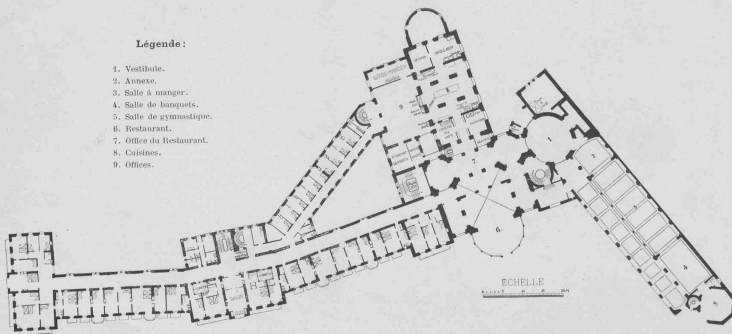
CAUX PALACE HOTEL

FACADE AU MIDI



Légende :

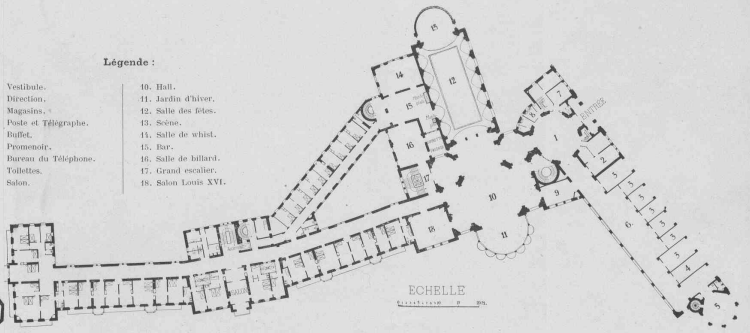
- 1. Vestibule.
- 2. Annexe.
- 3. Salle à manger.
- 4. Salle de banquets.
- 5. Salle de gymnastique.
- 6. Restaurant.
- 7. Office du Restaurant.
- 8. Cuisines.
- 9. Offices.



PLAN DU 2^{ME} ETAGE

Légende :

- 10. Hall.
 - 11. Jardin d'hiver.
 - 12. Salle des fêtes.
 - 13. Scène.
 - 14. Salle de whist.
 - 15. Bar.
 - 16. Salle de billard.
 - 17. Grand escalier.
 - 18. Salon Louis XVI.
- Vestibule.
Direction.
Magasin.
Poste et Télégraphe.
Buffet.
Promenoir.
Bureau du Téléphone.
Toilettes.
Salon.



PLAN DU 4^{ME} ETAGE

PALACE-HOTEL DE X SUR TERRITET, VAUD

ARCHITECTE : M. JOST, A LAUSANNE

Seite / page

leer / vide /
blank

on devra examiner si la marge disponible de $\frac{134}{234}$ sera suffisante pour couvrir les dépenses de boisage, de montage, les frais généraux, le bénéfice de l'entrepreneur et la majoration de résistance qui est nécessaire aux constructions en béton en raison de leur poids mort plus élevé que celui des constructions métalliques.

II. NOUVEAU TYPE DE MEMBRURE TENDUE

On vient de voir que le béton fretté semble permettre de réaliser des progrès importants dans la construction des pièces comprimées et, notamment, des arcs dans lesquels le béton fretté ordinaire a déjà reçu de très importantes applications. Mais il arrive souvent que la disposition des lieux force à établir des ouvrages qui ne produisent pas de poussée et qui comportent, par suite, des poutres travaillant par flexion. Or, on sait que le type de poutre pleine habituellement employé ne permet pas de franchir des portées de plus de 15 à 20 m. sans dépense excessive. La solution sera donnée par les poutres à treillis, et on est déjà entré dans cette voie, mais on a été empêché d'aborder les grandes portées par la difficulté suivante :

On ne peut pas compter sur la résistance du béton à la traction ou, du moins, par prudence, on doit donner aux armatures tendues la résistance nécessaire pour porter toute la charge à elles seules. Avec les pourcentages de métal employés jusqu'à ce jour on est, en conséquence, obligé de donner au béton de fortes sections qui exagèrent le poids mort dans les grands ouvrages. Si l'on augmentait de beaucoup le pourcentage du métal, il serait à craindre que la faible quantité de béton enrobant les armatures ne se brisât lorsque la charge venant à agir sur la construction tendrait à redresser les barres tendues et à les mettre rigoureusement dans la direction des efforts qu'elles devraient supporter.

Pour remédier à cet inconvénient et permettre l'augmentation, en quelque sorte indéfinie du pourcentage du métal, j'ai eu et réalisé l'idée de tendre très fortement les barres qui arment les membrures tendues avant de couler le béton qui doit les enrober. Le seul moyen de réaliser pratiquement des tensions voisines de celles que les barres en question doivent supporter dans la construction mise en charge m'a paru consister dans l'utilisation du poids même de la construction ainsi que des ponts de service et des cintres employés pour l'établir. Ce résultat a été atteint facilement dans le pont qui vient d'être construit à Paris, en prenant les dispositions suivantes :

Les maîtresses-poutres sont formées chacune d'un arc ADB dont les extrémités sont réunies par une membrure tendue ACB. Ces deux pièces principales sont reliées par un treillis. Toutes ces pièces sont en béton (fig. 2).

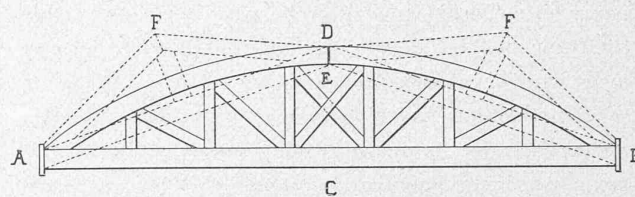


Fig. 2.

La membrure comprimée ADB est fortement frettée et la membrure tendue ACB a pour armatures 37 barres rondes d'acier qui traversent des plaques d'acier moulé A et B, contre lesquelles s'appuient leurs têtes fabriquées comme celles des boulons. Ce sont ces pièces A et B qui reçoivent et transmettent à la membrure tendue la poussée de l'arc comprimé.

Pour donner aux tirants qui arment la membrure ACB une tension préalable suffisante, on a fait butter contre des pièces en bois reliées aux plaques A et B les extrémités inférieures des deux demi-cintres AFE et EFB, sur lesquels on a fait reposer toute la construction et, en outre, une surcharge de rails.

On a bétonné d'abord les pièces du treillis, puis l'arc comprimé, les entretoises de contreventement et les pièces de pont. Sous la poussée des demi-cintres, les armatures de la pièce ACB ont pris une tension de 7 à 8 kg. par millimètre carré et se sont parfaitement dressées suivant la direction des efforts définitifs qu'elles devaient supporter. C'est alors seulement qu'entre ces barres absolument rigides on a coulé très facilement le mortier riche et assez fluide qui devait les enrober et les entourer. Il s'avancit très facilement dans le sens longitudinal en remplissant les intervalles qui séparaient les tirants métalliques.

Ce mortier ne subira jamais que des efforts et des allongements tout à fait insignifiants et on ne voit pas de raison pour qu'il subisse la moindre altération.

Rien n'empêche d'augmenter presque indéfiniment le pourcentage du métal et il semble qu'on peut réaliser ainsi des membrures aussi légères que celles d'acier rivé. En voici les raisons.

Les barres employées comme tirants ne présentent aucune section réduite ni dangereuse, tandis que les pièces rivées sont percées de trous de rivets qui en diminuent la section et qui, en outre, réduisent la résistance du métal restant, si les trous ne sont pas percés ou agrandis à la mèche.

La crainte des altérations produites par l'usinage conduit généralement à employer dans les constructions rivées l'acier extra-doux ayant, au plus, 40 à 45 kg. de résistance et 25 kg. de limite d'élasticité. Au contraire, dans le type de construction que je propose, on peut former les tirants d'aciers plus résistants, d'abord parce qu'ils ne doivent subir qu'un simple refoulement de tête, et ensuite

parce qu'ils seront tous essayés sous une charge supérieure au double de celle qu'ils auront à subir effectivement dans la construction, ainsi qu'on va l'expliquer.

Pour donner exactement aux barres en question la même longueur, le moyen le plus simple est de leur donner d'abord une longueur inférieure de 2 à 3 % à celle qu'elles doivent avoir définitivement, et de les étirer, l'une après l'autre, jusqu'à ce que leurs têtes viennent buter contre des arrêts fixes. Cet étirage présente d'ailleurs deux avantages importants. D'une part, il met à l'épreuve la résistance de chaque barre et de ses têtes sous une charge très élevée; d'autre part, il élève la limite d'élasticité de l'acier de 25 à 30 % et même plus si on le veut. Or il est évident que c'est à la limite d'élasticité qu'on doit proportionner les efforts imposés aux métaux.

Pour les très grandes ouvertures on pourrait, à la rigueur, assembler des barres bout à bout et les étirer ensuite, mais le mieux sera, sans doute, d'employer des barres continues et il semble qu'on pourra le faire presque toujours car, sans modifier son outillage actuel, comme elle le ferait certainement au besoin, l'industrie métallurgique peut déjà fournir des ronds de 24 mm. de diamètre, avec une longueur de 60 m., et des ronds plus petits en longueurs beaucoup plus grandes. Or, on ne rencontre aucune difficulté pour augmenter le nombre des tirants en en diminuant le diamètre, et l'emploi des barres de 18 à 24 mm. permet de fabriquer des membrures de grande résistance.

Au moyen des deux types de membrures comprimées et tendues dont il vient d'être question, on peut réaliser des poutres de formes très variées. Celle qui est représentée dans la figure 2 a été combinée de telle sorte que sous la charge permanente la tension fut uniforme dans toute la longueur des membrures horizontales et que, dans le treillis, les efforts fussent nuls. Les tirants des membrures tendues produisent ainsi le maximum d'effet utile et les efforts sont toujours très réduits dans le treillis des poutres à grande portée, ce qui facilite singulièrement l'exécution des assemblages.

On ne peut entrer ici dans de longs détails sur la question des assemblages. On se bornera aux deux observations suivantes :

Il n'y a aucune difficulté pour les assemblages des barres de treillis ni des contreventements avec les membrures comprimées, car le frottement considérable qui se développe dans ces membrures à l'abri du frettage, suffirait à fixer complètement une barre engagée dans le béton comprimé, alors même qu'il n'y aurait aucune adhérence du béton au métal et qu'on ne recourerait pas l'extrémité de cette barre, comme on le fera par surcroît de précaution.

Dans les membrures tendues on ne doit pas compter sur le secours du frottement, mais, en revanche, le fais-

ceau serré des armatures tendues donne le moyen facile d'arrêter les armatures des barres de treillis. Il suffit, pour écarter tout danger, d'entourer les membrures tendues de spirales beaucoup plus faibles que celles des membrures comprimées, dans les sections courantes, et d'en diminuer le pas autour des assemblages.

III. OBSERVATIONS GÉNÉRALES

L'objection que l'on oppose le plus souvent à l'emploi du béton armé est la suivante : Ce nouveau genre de construction présente évidemment des avantages multiples et importants, mais il a le défaut capital de faire dépendre absolument la résistance des soins apportés à l'exécution. Si celle-ci est défectueuse, la construction peut périr, soit par écrasement du béton comprimé, soit par insuffisance de l'adhérence du béton au métal. L'expérience prouve que cette objection n'a pas la valeur qu'on pourrait lui attribuer, car les accidents sont bien rares dans les innombrables constructions en béton armé qu'on exécute de tous les côtés. La principale cause de sécurité réside dans ce fait que la résistance du béton augmente pendant plusieurs mois après l'exécution des épreuves, et aussi dans cet autre que si, en général, les constructions armées sont assez strictement calculées au point de vue des armatures tendues, qui ne peut guère donner de mécomptes sérieux, elles présentent, au contraire, une grande marge de sécurité en ce qui concerne la résistance à l'écrasement du béton et au glissement des armatures.

Toutefois on doit reconnaître que l'objection faite au béton armé n'est pas absolument sans fondement, mais elle ne s'applique au type de construction dont il vient d'être question que dans une mesure presque négligeable, ainsi qu'il est facile de s'en convaincre.

La résistance des pièces frettées resterait considérable quand même le béton serait de la plus mauvaise qualité que l'on put exécuter. On citera comme preuve un prisme dosé à 400 kg. de ciment par mètre cube de mortier, ce qui équivaut à un béton dosé à moins de 300 kg. Après huit jours de prise, il a donné une résistance de 342 kg. par centimètre carré alors que la résistance propre du béton n'était encore que de 40 kg.

La fixation des extrémités des spires hélicoïdales formant le frettage est assurée par le simple frottement que produit la pression à l'abri du frettage, et il est impossible que ce frottement fasse défaut.

L'adhérence du béton au métal n'est donc pas nécessaire pour assurer la résistance des pièces frettées.

Quant aux membrures tendues, il est évident qu'elles présentent une sécurité exceptionnelle puisque les nombreuses barres rondes qui produisent la totalité de leur résistance, sont toutes étirées sous une pression considérable après l'achèvement des têtes.

En conséquence, il semble que la résistance des constructions armées du type nouveau ne dépend pas plus et dépend peut-être moins de l'exécution que celle des constructions métalliques.

A. CONSIDÈRE,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées en France.

L'arc élastique sans articulation

par C. GUIDI, professeur.

(Extrait de *Memorie della R. Acc. delle Scienze di Torino*,
Seria II, Tom. LII.)

Traduit de l'italien par A. PARIS, ingénieur.

(Suite)¹.

14. — Réaction produite à la culée gauche par une force extérieure parallèle à l'axe x' . Au moyen des polygones p_2 et p_4 (fig. 8) et d'un polygone p_6 (fig. 11) reliant des forces parallèles à l'axe x' , proportionnelles aux moments $w x$ et agissant aux nœuds correspondants de la construction, on peut déterminer les paramètres de la réaction de la culée gauche, produite par une force $1 \text{ sec } \varepsilon$ parallèle à l'axe x' et appliquée à l'un quelconque des nœuds de la travée.

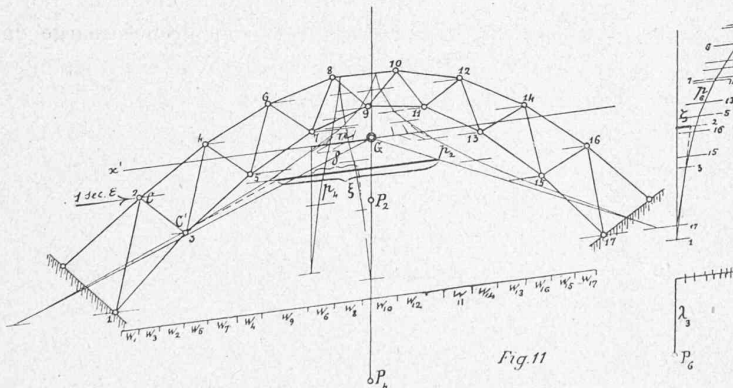


Fig. 11

Soit, en effet, η l'ordonnée d'un nœud quelconque de la construction, comptée dès la ligne d'action de la force $1 \text{ sec } \varepsilon$ considérée, agissant de gauche à droite. Nous avons :

$$19) \quad \mathfrak{M} = - \frac{\sum c^B M_o w}{\sum w} = - \frac{\sum c^B (-1 \cdot \eta \cdot w)}{\sum w} = \frac{1 \cdot \lambda_2}{\sum w} \xi,$$

où ξ représente le segment (à lire à l'échelle des longueurs, si λ_2 l'a été à celle de $\sum w$) déterminé sur $1 \text{ sec } \varepsilon$ entre le côté extrême de droite du polygone p_2 et le prolongement de celui qui précède la force w appliquée en C' , car les côtés à gauche de $C C'$ ne supportent aucun effort dès qu'on suppose l'arc libre à la culée gauche.

De même, si δ désigne le segment (à lire à l'échelle de n) déterminé sur $1 \text{ sec } \varepsilon$ entre le côté extrême de p_4 et le

prolongement de celui qui précède la force, proportionnelle à $w y$, appliquée en C' , on a :

$$20) \quad H_A = \frac{\sum c^B M_o w y}{\sum w y^2} = - \frac{\sum c^B (1 \cdot \eta \cdot w \cdot y)}{\sum w y^2} \\ = - \frac{1 \cdot \lambda_2 \cdot 1 \cdot \delta}{\lambda_2 \cdot 1 \cdot n} = - \frac{\delta}{n} 1.$$

Enfin, soit ζ le segment (à lire à l'échelle des forces) déterminé sur $1 \text{ sec } \varepsilon$ entre le côté extrême vertical du polygone p_6 et le prolongement de celui qui précède la force proportionnelle à $w x$ appliquée en C' , on a :

$$21) \quad A = \frac{\sum c^B M_o w x}{\sum w x^2} = - \frac{\sum c^B 1 \cdot \eta \cdot w \cdot x}{\sum w x^2} \\ = - \frac{1 \cdot \sum w \cdot \lambda_3 \cdot \zeta}{\sum w \cdot \lambda_3 \cdot 1} = - \zeta.$$

On peut éviter la construction du polygone p_6 si l'on remarque que

$$\sum c^B \eta \cdot w \cdot x = \sum c^B (y - y_c) w x = \sum c^B w x y - y_c \sum c^B w x.$$

Ces deux dernières sommes sont données par les polygones p_5 et p_1 (fig. 8).

15. — Ligne des pressions pour un système de forces parallèles à l'axe x' . De même que cela a été fait au N° 12 pour des forces verticales, on peut, pour le système de forces considéré, construire la ligne de pression sans déterminer d'abord la réaction R_A de la culée gauche (N° 14).

Toutefois, il faut déterminer d'abord la réaction H_A au moyen de la troisième des équations 14) ou de la 20). Supposons, pour fixer les idées, qu'une partie de l'extrados de l'arc représenté à la figure 12 soit sollicité en ses nœuds par des forces parallèles à l'axe x' . Ces forces pourraient représenter les composantes de l'action du vent sur un pan de toiture.

Supposons tracés le polygone des pressions et l'axe y , et donnée la direction de l'axe x' . Nous menons une parallèle à x' par un nœud quelconque (pôle d'une barre de membrure).

Nous nommerons ξ la projection horizontale du segment déterminé sur une telle parallèle entre le pôle et la résultante correspondante du polygone des pressions; et ξ' celle du segment compris entre la résultante et l'axe y , A conservant sa signification habituelle, nous avons

$$22) \quad M = - A \xi = A (\xi' - x)$$

et les équations 13) deviennent :

$$23) \quad \begin{cases} 0 = \sum w \xi = \sum w \xi' - \sum w x \\ 0 = \sum w \xi x = \sum w \xi' x - \sum w x^2 \\ 0 = \sum w \xi y = \sum w \xi' y - \sum w x y. \end{cases}$$

Si nous choisissons les axes x' et y comme de coutume, les équations 23) deviennent :

$$24) \quad 0 = \sum w \xi', \quad 0 = \sum w \xi' x - \sum w x^2, \quad 0 = \sum w \xi' y.$$

La 1^{re} équation 24) exprime que l'axe de gravité y l'est encore dans le système des poids w appliqués à l'intersec-

¹ Voir N° du 10 septembre 1903, page 231.