Etudes expérimentales sur des constructions en béton armé

Autor(en): **Guidi, Camille**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **53 (1927)**

Heft 17

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-41077

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

53e année 27 août 1927 N° 17

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr 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 : *Etudes expérimentales sur des constructions en béton armé*, par le professeur Camille Guidi, ingénieur. Traduction de M. A. Paris, ingénieur-conseil, professeur à l'Université de Lausanne (suite). — *Le problème des carburants dans les pays dépourvus de pétrole*, par J. de Seze, ingénieur des Ponts et Chaussées (suite). — *Le colorimètre trichromatique de Guild.* — *L'électrification du réseau d'Orléans.* — *IIme Congrès de chauffage industriel.* — Sociétés : *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes.* — Bibliographie. — *Service de placement.*

Etudes expérimentales sur des constructions en béton armé

par le Professeur Camille GUIDI, ingénieur.
Traduction de M. A. PARIS, ingénieur-conseil, professeur à l'Université de Lausanne.

(Suite.)[1]

Barrage.

Lorsqu'il s'agit de fermer une gorge étroite, creusée entre des parois rocheuses, techniciens et praticiens s'accordent à considérer le barrage arqué comme la solution idéale. En effet, ce type d'ouvrage n'a pas les inconvénients des barrages par gravité, dont la masse considérable n'a d'autre but que d'assurer par son poids la stabilité de l'ouvrage, sans qu'on soit au clair sur son régime statique intérieur. Ni la pénétration de l'eau dans la maçonnerie, avec les sous-pressions qui en résultent, ni les variations de température ne peuvent provoquer la destruction d'un barrage arqué, comme c'est souvent le cas des ouvrages massifs. Ce fait témoigne de la supériorité des barrages arqués.

Leur forme rationnelle permet d'y réduire la maçonnerie au minimum, en utilisant les résistances disponibles ; les variations de température y sont sans inconvénients, quand la forme en est logiquement conçue, et particulièrement quand la courbure suffit à empêcher que des déformations relativement graves provoquent des solutions de continuité.

Nous ne connaissons pas toutefois, à l'heure qu'il est, le régime intérieur exact de ces ouvrages. Certains ingénieurs se contentent même de la solution simpliste consistant à diviser arbitrairement le rideau voûté en anneaux, et à supposer que la courbe de pression y coïncide avec l'axe géométrique. La sollicitation intérieure de la voûte diffère beaucoup, en réalité, de cette conception ; elle est celle d'une plaque courbe, encastrée sur son contour, sauf à la crête ; cette plaque supporte une pression hydrostatique en même temps que des variations de température. Mais la complexité du problème s'est opposée jusqu'ici à la solution satisfaisante d'une théorie vraiment rigoureuse [1].

Il y a donc un grand intérêt à rechercher dans l'expérience une sanction des méthodes de calcul forcément approximatives auxquelles nous sommes obligés de recourir.

Les Américains s'y sont résolus comme on sait, en construisant en Californie une digue en arc à seule fin d'expérience. L'auteur de ces lignes a, dans le même but, fait édifier, dans l'enceinte de l'Exposition internationale d'Edilité, une construction fonctionnant comme barrage arqué ; l'étude des déformations de cet arc a permis de conclure à la loi de répartition théorique des poussées, et aux sollicitations effectives du barrage arqué.

La figure 7 donne une idée de cette construction. La voûte cylindrique verticale en béton de ciment, de 16 cm. d'épaisseur constante, a une hauteur de 5 m. ; l'axe géométrique de sa directrice semi-circulaire horizontale a un rayon de 269 cm. Les naissances en sont encastrées dans deux pilastres robustes, reliés entre eux par trois fortes traverses. Une seconde voûte, parallèle à la première, et extérieure, s'appuie sur ces deux pilastres ; elle a 20 cm. d'épaisseur et 388 cm. de rayon. Toutes ces pièces annexes sont fortement armées ; un diaphragme assure en outre l'imperméabilité de la voûte extérieure. Celle-ci se terminait en haut par une dalle

[1] Voir *Bulletin technique* du 16 juillet 1927, page 180.

[1] La loi de répartition des poussées peut en principe être élucidée par décomposition du barrage voûté en deux systèmes d'éléments orthogonaux ; les éléments verticaux, consoles, seront encastrés sur leur base ; les éléments horizontaux, arcs, le seront à leurs deux naissances. Ceci admis, nous posons la condition d'égalité des déformations en chaque point de croisement d'une console et d'un arc, et conditionnons ainsi la loi de répartition cherchée ; nous pouvons même faire alors abstraction du gonflement transversal (facteur de Poisson). Le degré nécessaire d'exactitude demande néanmoins une quantité telle d'éléments contigus des deux groupes, que le nombre des équations solidaires s'oppose à une résolution pratique, même au cas où la symétrie le réduit de moitié, ce que nous admettrons.

Nommons Q la pression hydrostatique exercée contre chaque élément, représenté par le croisement d'une console et d'un arc. Soit X la fraction de cette poussée que supporte la console ; l'arc en gardera $Q - X$ pour sa part. Désignons par Q_1, Q_2, etc., les pressions hydrostatiques exercées sur les éléments se superposant de haut en bas ; soient X', X'', etc., les parts correspondantes de pression supportées par les éléments superposés de la console adjacente au plan vertical de symétrie ; puis Y', Y'', etc., ceux de la seconde console ; puis Z', Z'', etc., ceux de la troisième ; et ainsi de suite. Nommons η les déplacements unitaires (par unité de force) des éléments considérés comme console, et donnons-leur, en exposants romains, les numéros d'ordre de la console, à partir du plan de symétrie ; les déplacements δ des mêmes éléments, pris comme arcs, auront le numéro de l'anneau, en commençant par la crête. Soit

armée couvrant l'intervalle, et obturant l'interstice sur la voûte intérieure par un simple joint à lame flexible. L'eau introduite entre les deux voûtes soumettait l'arc intérieur à la pression hydrostatique, le faisant fonctionner comme digue ; on pouvait même augmenter la pression sans que la dalle supérieure provoquât dans la voûte expérimentale des tensions, parce que cette dalle était reliée à la fondation par plusieurs tirants.

Comme je l'écrivais déjà dans la première édition de mon opuscule sur la « Statique des digues pour lacs artificiels », un barrage arqué se comporte comme une plaque courbe posée dans les conditions déjà exposées ; la pression hydrostatique sur l'un quelconque de ses anneaux, au lieu d'être uniforme, doit donc varier de la clef aux naissances. Les présentes expériences ont précisément pour but de déduire, des déformations observées, la loi de distribution des charges.

On a mesuré les déplacements radiaux de l'intrados aux trois niveaux de 0,75 m, 1,75 m et 2,75 m sur la base, et ceci sur la verticale médiane et dans les plans verticaux à 18°, 45° et 72° à compter dudit plan axial.

Selon figure 8, les petits appareils de mesure se composent de deux règles en bois superposées. La règle supérieure se fixe à la paroi du barrage au point étudié ; elle est tenue élastiquement à un poteau vertical en béton P_1 (fig. 7), placé dans l'axe de la voûte. La règle inférieure est attachée au même point du poteau, et tenue élastiquement à la voûte. Un troisième bois, oblique et fixé au poteau, assure l'horizontalité de la réglette inférieure, et

$\eta_{m,n}$ le déplacement de l'élément m sous l'influence d'une force unitaire en n, et une signification analogue donnée au symbole $\delta_{m,n}$; nous aurons alors, en vertu du théorème de Maxwell

$$\eta^{II}_{2,3} = \eta^{II}_{3,2} \; ; \; \delta^{II}_{2,3} = \delta^{II}_{3,2} \cdots$$

et nous pourrons écrire

$$X'\eta^{I}_{1,1} + X''\eta^{I}_{1,2} + X'''\eta^{I}_{1,3} + \ldots = (Q_1 - X')\,\delta^{I}_{1,1} + (Q_1 - Y')\,\delta^{I}_{1,2} + (Q_1 - Z')\,\delta^{I}_{1,3} + \ldots$$

. . . . . .

Il en résulte pour la première console

$$X'(\eta^{I}_{1,1} + \delta^{I}_{1,1}) + X''\eta^{I}_{1,2} + X'''\eta^{I}_{1,3} + \ldots + Y'\delta^{I}_{1,2} + Z'\delta^{I}_{1,3} + \ldots = Q_1(\delta^{I}_{1,1} + \delta^{I}_{1,2} + \delta^{I}_{1,3} + \ldots)$$

$$X'\eta^{I}_{2,1} + X''(\eta^{I}_{2,2} + \delta^{II}_{1,1}) + X'''\eta^{I}_{2,3} + \ldots + Y''\delta^{II}_{1,2} + Z''\delta^{II}_{1,3} + \ldots = Q_2(\delta^{II}_{1,1} + \delta^{II}_{1,2} + \delta^{II}_{1,3} + \ldots)$$

$$X'\eta^{I}_{3,1} + X''\eta^{I}_{3,2} + X'''(\eta^{I}_{3,3} + \delta^{III}_{1,1}) + \ldots + Y'''\delta^{III}_{1,2} + Z'''\delta^{III}_{1,3} + \ldots = Q_3(\delta^{III}_{1,1} + \delta^{III}_{1,2} + \delta^{III}_{1,3} + \ldots)$$

. . . . . .

pour la seconde console

$$Y'(\eta^{II}_{1,1} + \delta^{I}_{2,2}) + Y''\eta^{II}_{1,2} + Y'''\eta^{II}_{1,3} + \ldots + X'\delta^{I}_{2,1} + Z'\delta^{I}_{2,3} + \ldots = Q_1(\delta^{I}_{2,1} + \delta^{I}_{2,2} + \delta^{I}_{2,3} + \ldots)$$

$$Y'\eta^{II}_{2,1} + Y''(\eta^{II}_{2,2} + \delta^{II}_{2,2}) + Y'''\eta^{II}_{2,3} + \ldots + X''\delta^{II}_{2,1} + Z''\delta^{II}_{2,3} + \ldots = Q_2(\delta^{II}_{2,1} + \delta^{II}_{2,2} + \delta^{II}_{2,3} + \ldots)$$

$$Y'\eta^{II}_{3,1} + Y''\eta^{II}_{3,2} + Y'''(\eta^{II}_{3,3} + \delta^{III}_{2,2}) + \ldots + X'''\delta^{III}_{2,1} + Z'''\delta^{III}_{2,3} + \ldots = Q_3(\delta^{III}_{2,1} + \delta^{III}_{2,2} + \delta^{III}_{2,3} + \ldots)$$

. . . . . .

puis, pour la troisième console

$$Z'(\eta^{III}_{1,1} + \delta^{I}_{3,3}) + Z''\eta^{III}_{1,2} + Z'''\eta^{III}_{1,3} + \ldots + X'\delta^{I}_{3,1} + Y'\delta^{I}_{3,2} + \ldots = Q_1(\delta^{I}_{3,1} + \delta^{I}_{3,2} + \delta^{I}_{3,3} + \ldots)$$

$$Z'\eta^{III}_{2,1} + Z''(\eta^{III}_{2,2} + \delta^{II}_{3,3}) + Z'''\eta^{III}_{2,3} + \ldots + X''\delta^{II}_{3,1} + Y''\delta^{II}_{3,2} + \ldots = Q_2(\delta^{II}_{3,1} + \delta^{II}_{3,2} + \delta^{II}_{3,3} + \ldots)$$

$$Z'\eta^{III}_{3,1} + Z''\eta^{III}_{3,2} + Z'''(\eta^{III}_{3,3} + \delta^{III}_{3,3}) + \ldots + X'''\delta^{III}_{3,1} + Y'''\delta^{III}_{3,2} + \ldots = Q_3(\delta^{III}_{3,1} + \delta^{III}_{3,2} + \delta^{III}_{3,3} + \ldots)$$

. . . . . .

etc.

Le calcul analytique ou graphique des coefficients η et δ ne présente pas de difficulté ; il permettrait en principe celui de toutes les inconnues X, Y, Z, etc., qui caractérisent les sollicitations extérieures des consoles et des arcs, et mettrait en mesure d'évaluer les tensions intérieures maxima, poids propre compris. Mais la résolution d'un si grand nombre d'équations avec autant d'inconnues n'est pas réalisable, encore que la forme naturelle en V des gorges en réduise sensiblement le nombre.

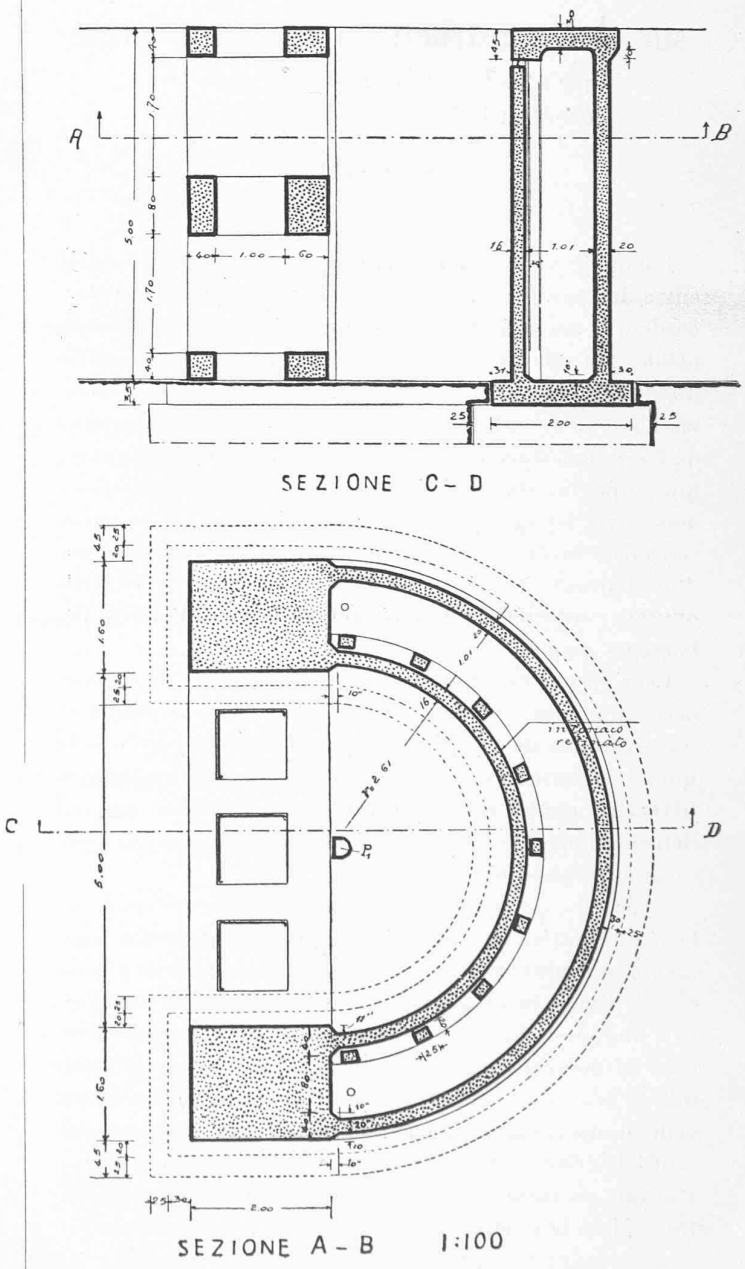

Fig. 7.

par conséquent celle de la supérieure. Les deux règles étaient en effet solidarisées, sur un court secteur de recouvrement, par deux liens élastiques pinçant une roulette d'acier. Cette roulette, de 1,4 mm de diamètre, portait une aiguille en aluminium soigneusement équilibrée, et dont la pointe suivait un cadran gradué. Un déplacement radial du point de contact de l'intrados faisait tourner la roulette, indiquant sur le cadran le déplacement amplifié 150 fois. La figure 9 représente l'agencement des 21 points de mesure.

Six thermomètres, noyés dans la voûte expérimentée, en indiquaient la température le long des génératrices à 45° dès les naissances, et aux niveaux de 1 m, 2,20 m et 3,35 m dès la base ; un dispositif spécial garantissait que la température lue était bien celle de la maçonnerie. D'autres thermomètres notaient la température de l'eau intérieure et celle de l'air ambiant.

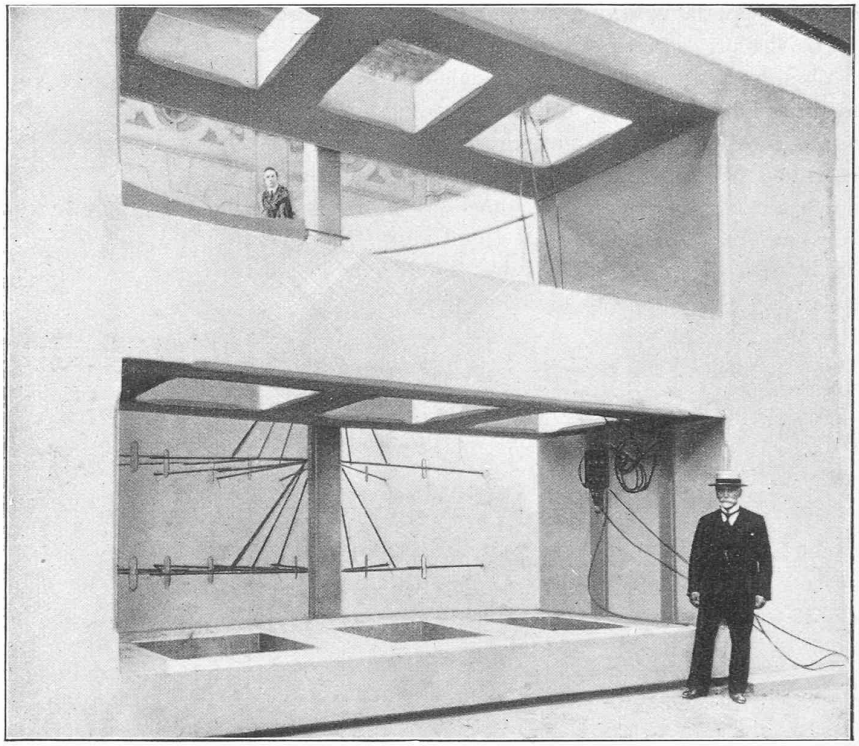

Fig. 9.

Nous reportons ici les résultats moyens de deux essais concordants, obtenus en *comprimant à une atmosphère et demie l'eau* du réservoir. Ces opérations eurent lieu le 29 juillet 1926, à 8 h., et assez rapidement pour qu'on n'ait pas pu constater de variation sensible de température. Dans le tableau VI on a réduit les déplacements à ceux produits par une surpression hydrostatique d'une atmosphère sur le réservoir déjà plein et par conséquent indépendamment de toute différence de niveau.

Tableau VI.

Niveau m.	Déplacements radiaux en millimètres sous une atmosphère des points répondant aux angles de 72°	45°	18°	0°	18°	45°	72° dès le plan vertical de symétrie	REMARQUES
0,75	0,16	0,18	0,10	0,08	0,10	0,17	0,16	Déformations
1,75	0,21	0,26	0,12	0,08	0,11	0,24	0,23	permanentes
2,75	0,22	0,26	0,11	0,06	0,09	0,23	0,21	nulles

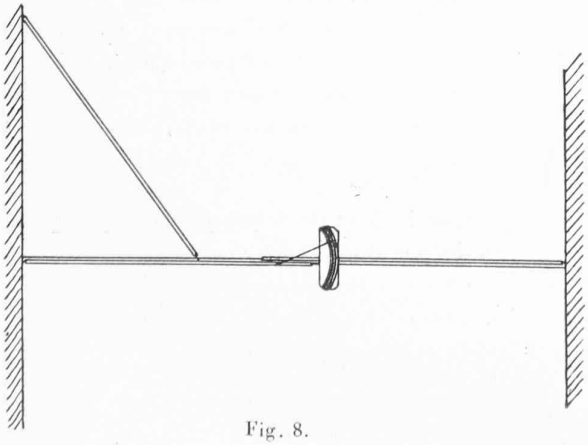

Fig. 8.

Température de l'air en contact avec la voûte . . 18°
Température de l'eau du réservoir . . . . . 22°
Température du béton de la voûte : moyenne de six valeurs (max. 20,1 et min. 19,7) . . . . . 19°,9

L'anneau médian de la voûte était le moins dépendant des influences de la base de fondation et de la dalle de couverture ; nous nous référons ici à ses déformations et pouvons adopter, à l'axe médian et aux angles de 18°, 45° et 72° sur cet axe, les déplacements radiaux de

(1) 0,08 0,11 0,25 0,22 mm.

Ces déplacements diffèrent sensiblement de ceux que subirait un arc supportant une pression uniforme, et qui atteindraient, comme nous allons le voir, les valeurs

(2) 0,594 0,544 0,322 0,070 mm.

La figure 10 représente par traits et points la déformation théorique sous une pression hydrostatique uniforme, par traits et doubles points la déformation effective de l'arc à 1,75 m du fondement, et par traits et traits la déformation, effective aussi, de l'arc à 0,75 m sur la base. Cette représentation met en évidence la grande différence qui existe entre la ligne élastique correspondant à la pression uniforme et celles observées expérimentalement ; l'aplatissement marqué à la retombée des lignes d'essai montre bien l'effet de l'encastrement sur les massifs de fondation.

Ces faits d'expérience confirment la présomption que la pression effectivement supportée par un anneau du barrage arqué varie sensiblement des naissances vers le plan médian de l'arc, infirmant ainsi les calculs qui

décomposent la voûte en anneaux, pour leur faire supporter des pressions uniformes.

L'analyse suivante justifie les valeurs (2). Le déplacement radial d'un point quelconque d'un anneau de la voûte, sous l'effet d'une poussée radiale uniforme, résulte en calcul de l'aire limitée par la ligne d'influence de ce déplacement. Considérons un anneau d'un centimètre de la digue ; sa section atteint 16×1 cm². Les formules 58, 59 et 41 de ma « Statique des digues pour lacs artificiels » (2e édition, 1926) deviennent ici

$$\mathfrak{M} = \frac{2r}{\pi}(1 - \sin\beta)P$$

$$H = \frac{P}{\theta}\left\{\frac{4}{\pi}(1-\sin\beta) + \left(1+\frac{h^2}{3r^2}\right)\left(\frac{\pi}{2}-\beta\right)\sin\beta - \left(1-\frac{h^2}{6r^2}\right)\cos\beta\right\}$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}\left(1+\frac{h^2}{3r^2}\right) - \frac{4}{\pi}.$$

Avec le centimètre comme unité, et les valeurs numériques

$$r = 269 \qquad h = 16 \text{ cm}$$

les formules précédentes deviennent

$$\frac{1}{\theta} = 3{,}33992 \tag{3}$$

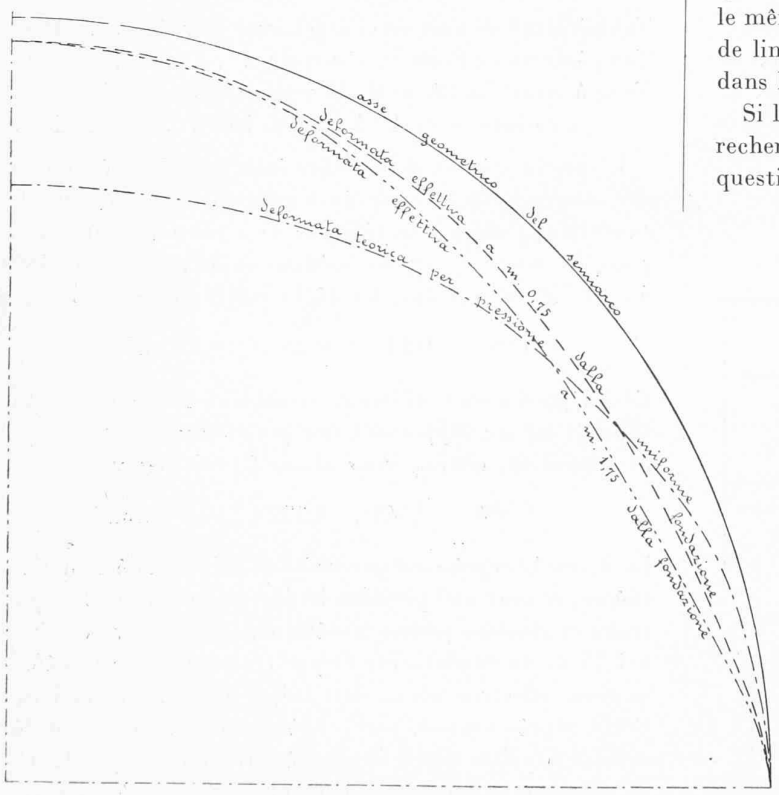

Fig. 10.
Echelle des longueurs 1 : 25. — Déplacements agrandis 40 fois.

Légende: Asse geometrico del semiarco = axe géométrique du demi-arc.
Deformata effettiva a m. 0,75 dalla fondazione = déformation effective de l'arc à 0,75 m. de la fondation.
Deformata effettiva a m. 1,75 dalla fondazione = déformation effective de l'arc à 1,75 m. de la fondation.
Deformata teorica per pressione uniforme = déformation théorique sous une pression hydrostatique uniforme.

$$\mathfrak{M} = 171{,}251\,(1 - \sin\beta)P \tag{4}$$

$$H = \left\{4{,}252520\,(1-\sin\beta) + 3{,}343858\left(\frac{\pi}{2}-\beta\right)\sin\beta - 3{,}337951\cos\beta\right\}P \tag{5}$$

et conditionnellement l'établissement du tableau suivant :

Tableau VII.

β degrés	$\frac{M}{P}$ cm	$\frac{H}{P}$
0	171,251	0,91457
15	126,928	1,06054
18	118,331	1,06228
30	85,625	0,98634
45	50,158	0,74228
60	22,942	0,41702
72	8,381	0,17585

La ligne d'influence du déplacement radial du centre de gravité d'une section coïncide, suivant Maxwell, avec la ligne élastique de l'axe géométrique de l'arc sollicité par une force unitaire agissant sur cette section. Appliquons à l'arc deux forces radiales symétriques, faisant le même angle β avec le plan médian ; la symétrie permet de limiter l'examen au demi-arc, sollicité par la force H dans la section médiane et par la charge $P = 1$.

Si l'arc n'était ni circulaire ni constant d'épaisseur, on rechercherait graphiquement la ligne d'influence en question. La poussée H à la clef déterminée, selon indications de l'opuscule cité (2e édition, page 91), on tracera le polygone de pression. Un arc circulaire et d'épaisseur constante permet de procéder à volonté par l'épure ou le calcul, comme il est indiqué ci-après. La fig. 11, relative à la voûte expérimentée, représente ce polygone pour la charge unitaire P sous l'angle de 18°. Le calcul de ce demi-anneau est général et s'appliquerait aussi au cas d'un arc non circulaire et d'épaisseur variable.

Nous divisons le demi-anneau en dix segments égaux, de longueur $\Delta s = 42{,}254$ cm. ; la masse adjointe d'un segment vaut $\Delta s : J = 0{,}1238$, dans la supposition $E = 1$ et pour $J = 341{,}33$ cm⁴. On trace les axes des ellipses d'élasticité des segments et, tenant compte des efforts tranchants, on calcule les moments centrifuges

$$\Delta s \,.\, z \,.\, d : J$$

z étant le bras de levier de la résultante intéressée par rapport au centre de gravité de l'élément, et d la distance de l'antipôle de cette résultante par rapport à l'ellipse élémentaire jusqu'à la ligne de déplacement. Partant de l'appui, on considère comme lignes de déplacement les profils des sections inclinées à 72, 54, 45, 18

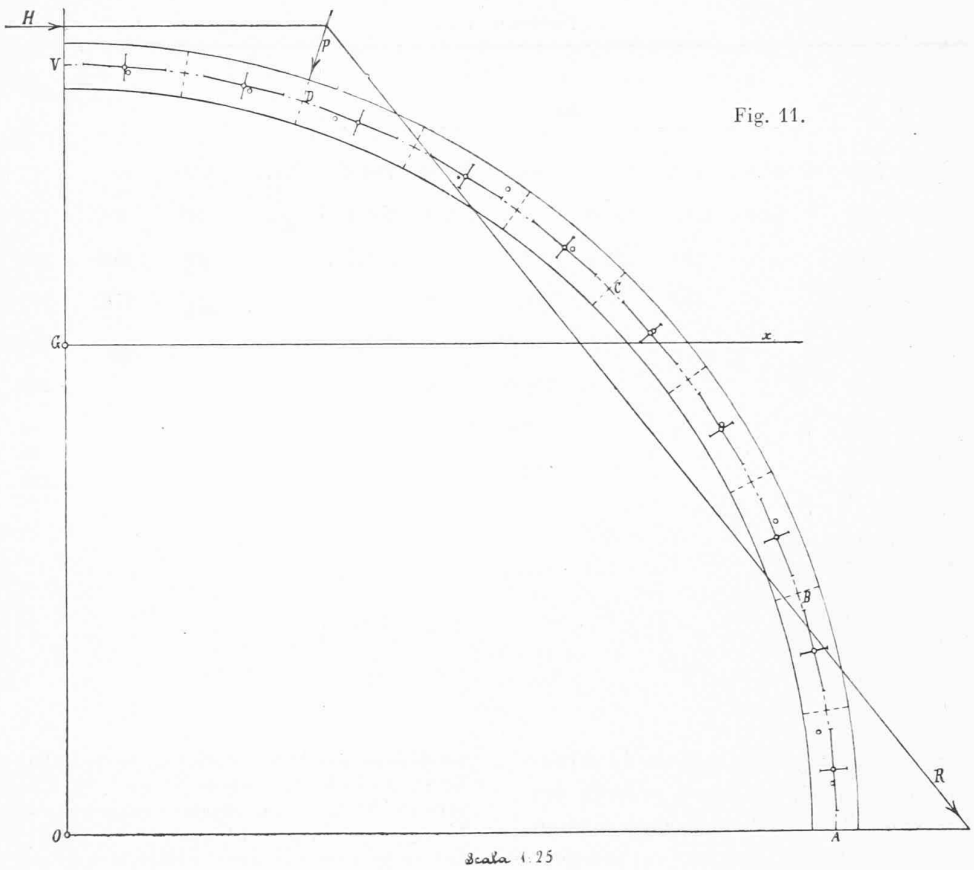

Fig. 11.

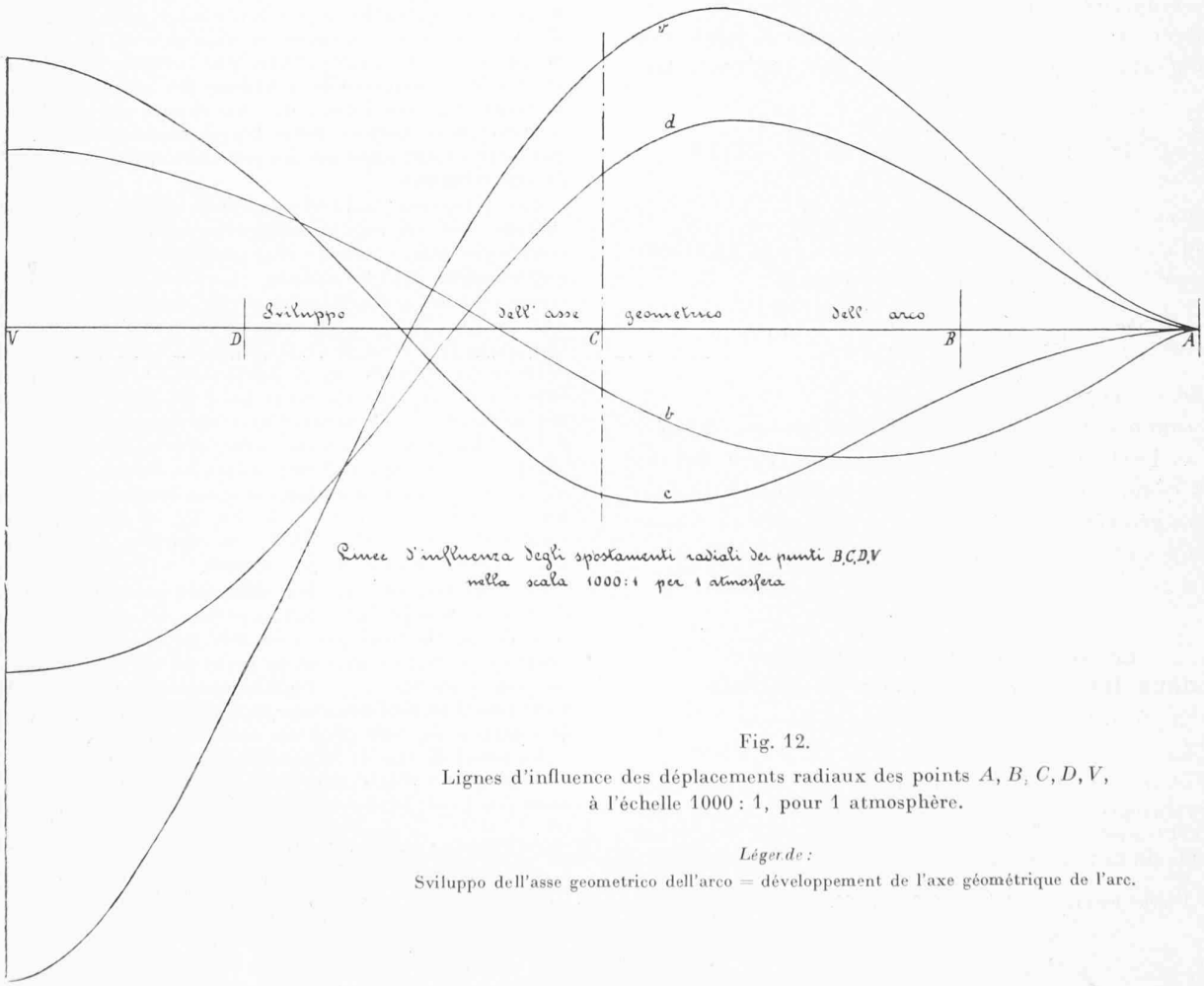

Fig. 12.

Lignes d'influence des déplacements radiaux des points A, B, C, D, V, à l'échelle 1000 : 1, pour 1 atmosphère.

Légende :

Sviluppo dell'asse geometrico dell'arco = développement de l'axe géométrique de l'arc.

Tableau VIII.

Segments	z cm	$\frac{R}{P}\frac{\Delta s}{J}z$	d cm						$\frac{R}{P}\frac{\Delta s}{J}zd$					
1	24,4	3,66	67,4	144,2	177,6	249,5	261,6	268,0	247	528	650	913	957	981
									24					
2	3,7	0,56	43,0	121,7	157,0	236,8	252,0	263,1	**271**	68	88	133	141	147
3	—11,0	—1,65		58,0	98,6	202,7	228,3	248,0		—96	—163	—334	—377	—409
										—57				
4	—19,2	—2,88		19,8	61,8	174,6	204,6	229,2		**443**	—178	—503	—589	—660
											—67			
5	—21,2	—3,18			21,0	141,1	175,6	205,3			**330**	—449	—558	—653
6	—16,3	—2,45				106,0	143,6	177,3				—260	—352	—434
7	— 5,0	—0,75				79,6	119,6	155,0				— 60	— 90	—116
												25		
8	12,6	1,89				13,0	54,5	94,9				**—535**	103	179
		$\frac{H}{P}\frac{\Delta s}{J}z$												$\frac{H}{P}\frac{\Delta s}{J}zd$
													65	
9	21,2	2,79					23,2	65,4					**—700**	182
														43
10	14,6	1,92						22,5						**—740**

et 0 degrés sur le plan médian vertical ; la figure 12 reproduit les lignes d'influence des déplacements radiaux des sections inclinées à 72°, 45° 18° et 0° sur le plan médian vertical. Les centres de gravité des sections sont indiqués par les lettres B, C, D, V, et les lignes d'influence relatives par les minuscules correspondantes b, c, d, v.

Voici entre autres les calculs concernant la ligne d'influence d relative à la section d'angle $\beta = 18°$. On a dans ce cas

$$\frac{\mathfrak{M}}{P} = 118{,}331 \qquad \frac{H}{P} = 1{,}06228 \qquad \frac{\mathfrak{M}}{H} = 111{,}4\,.$$

Cette dernière valeur fixe la position de H.

Indiquant par R la résultante de H et de P, on trouve au dessin $R : P = 1{,}213$, et par conséquent

$$\frac{R}{P}\cdot\frac{\Delta s}{J} = 0{,}15017 \qquad \frac{H}{P}\cdot\frac{\Delta s}{J} = 0{,}13151\,.$$

Le tableau VIII en résulte.

Les sommes des colonnes du dernier groupe, divisées par $E = 150\,000$ kg/cm² et multipliées par 1000, ont été portées comme ordonnées de la ligne d'influence (fig. 12) sur l'axe géométrique développé du demi-arc, en correspondance avec les positions des six sections inclinées sus-dites. *(A suivre.)*

Le problème des carburants dans les pays dépourvus de pétrole

par T.-J. de SEZE, ingénieur des Ponts et Chaussées.

(Suite).[1]

Mais c'est surtout le *charbon de bois* qui convient bien pour les gazogènes mobiles. Il fournit en effet un gaz très pur et contenant peu de goudron ; il est vrai que le pouvoir calorifique du gaz mixte obtenu est particulièrement faible et ne dépasse pas 1100 calories au mètre cube car le gaz, à côté de 28 % d'oxyde de carbone et de 8 % d'hydrogène, renferme plus de 60 % de gaz inertes ; mais nous savons que cette infériorité est largement compensée par le fait que ce gaz a besoin de peu d'air pour brûler et que son taux de compression est élevé.

C'est pourquoi, en France, l'Office des Recherche scientifiques et industrielles et des Inventions, puis l'Office National des Combustibles Liquides, en liaison avec les Ministères de la guerre et de l'agriculture, ont poussé depuis plusieurs années les constructeurs à utiliser les gaz pauvres dans les moteurs d'automobiles ; ils ont obtenu du Parlement des dégrèvements fiscaux pour les possesseurs de véhicules à gazogène et ont organisé des concours entre les constructeurs de ces véhicules.

Les gazogènes, d'abord très lourds et très longs à mettre en marche, ont été rapidement perfectionnés. On est arrivé à construire, non seulement des appareils robustes et assez peu encombrants pour les camions, mais encore des gazogènes très légers pour les voitures de tourisme. Les concours de 1926 ont montré que les progrès ainsi réalisés s'accentuent encore : tant dans le circuit des routes pavées que dans le Rallye des carburants organisé par l'Automobile Club de France, les camions à gazogène Panhard, pour ne parler que de ceux-là, ont rivalisé victorieusement avec les camions à essence. L'un d'eux, chargé à 3,5 tonnes avec carrosserie bâchée, l'autre chargé à 4,5 tonnes, ont fait toutes les étapes à 35 kilomètres à l'heure de moyenne dans d'aussi bonnes conditions que les camionnettes à essence de 500 kg, et cela au prix d'une consommation de 40 à 45 kg de charbon de bois aux 100 km. pour le camion de 4,5 tonnes.

On peut donc dire que les véhicules à gazogène pour charbon de bois ont déjà fait leurs preuves ; les progrès qu'ils ont réalisés depuis trois ans sont tels qu'ils autorisent les plus grands espoirs, notamment au point de vue du prix de revient par tonne-kilomètre de marchandises transportées. Mais ce n'est pas là le seul avantage de l'alimentation au gaz pauvre de charbon de bois pour les automobiles.

Au point de vue de la conduite du moteur, la suppression du carburateur fait que les voitures obéissent immédiatement et avec beaucoup de souplesse à l'accélérateur ; en effet, comme le fait remarquer le commandant Doumenc, tandis que « le plus parfait des carburateurs ne corrige pas instantanément le trouble apporté dans le giclage de l'essence, par la variation de volume de gaz pompé par le piston, avec

[1] Voir *Bulletin technique* du 2 juillet 1927, p. 171.