

Note II relative au coup de bélier et à son influence sur le réglage automatique des turbines

Autor(en): **Jaeger, Charles**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **103/104 (1934)**

Heft 7

PDF erstellt am: **20.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-83162>

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.

Die oben geschilderte Tragkonstruktion mit den internen Tragrippen der Umfassungsmauern versprach den Vorteil einer einwandfreien Ableitung allfälliger, trotz der Isolation eindringender, kleiner Sickerwassermengen. Dann waren die Nischen durch Einspannen von Blindmauerwerk zwischen den Rippen sehr leicht an die Bedürfnisse der Ventilationseinrichtungen zur Leitung von Warm- und Kaltluft anzupassen und sie liessen sich auch als Kabelschächte verwenden. Ausserdem konnte durch diese Anordnung die Bildung von Schwitzwasser an den Innenmauern des Maschinenraumes vermieden werden, was beim Fehlen einer isolierenden Luftschicht zwischen Aussen- und Innenwand eines von Wasser umspülten Gebäudes ganz unmöglich wäre. Die Stirnmauern des Gebäudes, wo durch die Raumanordnung eine natürliche Absteifung der Wände entstand, erhielten ein inneres Blindmauerwerk aus Zementsteinen, das einen Luftisolierraum von 10 cm Breite erzeugt, der besonders belüftet und entwässert wird.

Trotz aller dieser, gegenüber sonstigen bekannten Ausführungen auch sehr weitgehenden Durchbildung der die Isolation stützenden Konstruktionen, konnte eine vollständige Wasserdichtigkeit ohne nachträgliche Zementinjektionen der innerhalb der Isolation liegenden Betonwand nicht ganz erzielt werden. Erst mit diesen Nachinjektionen wurde dann die, schon wegen des aggressiven Wassers absolut notwendige, vollständige Dichtung der Mauern erreicht.

Es drängt sich deshalb die Frage auf, welche Massnahmen denn, gestützt auf die Erfahrungen an den Seen und anderwärts, ergriffen werden müssen, um eine vor allen Zufälligkeiten sichere Isolationsmethode auszubilden. Ganz allgemein ist eben doch zu sagen, dass ausser anderen theoretisch möglichen Gründen, grundsätzlich bei allen diesen Konstruktionen die fehlerfreie Ausführung an zu viele praktische Voraussetzungen und vor allen Dingen an die absolute Zuverlässigkeit des ausführenden und des Ueberwachungs-Personals gebunden ist, sodass Defekte in der Isolation erfahrungsgemäss trotzdem möglich sind. Sobald aber solche, wenn auch nur lokale Defekte vorliegen, ist eine nachträgliche, vollständige Dichtung immer sehr schwierig und auch kostspielig, da man an die Isolation selbst nicht herankommen kann ohne zu riskieren, dass diese durch den Aussenwasserdruck und durch das zu ihrem Abdecken notwendige Wegspitzen der Betonstützkonstruktion aufgebläht und damit unter Umständen

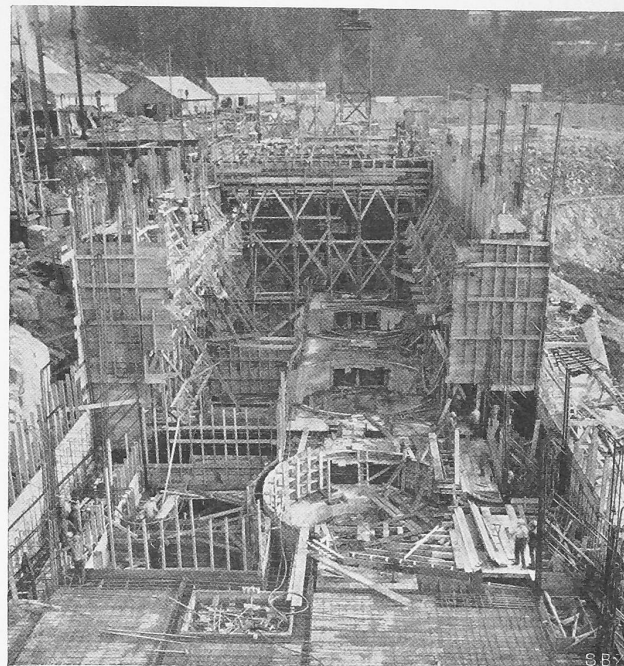


Abb. 39. Blick in die Baugrube des Maschinenhauses.

ganz zerstört wird. Eine ideale Lösung wäre wohl die, wenn grundsätzlich die Isolation überhaupt nur aussen, vielleicht in Form eines absolut dichten, wetter- und wasserbeständigen Anstriches aufgebracht werden und dieser Anstrich in verschiedenen, haltbaren Farben geliefert werden könnte. Damit wären die konstruktiven wie die ausführungstechnischen Schwierigkeiten viel leichter zu überwinden; ausserdem hätte diese Lösung den gewaltigen Vorteil, dass der wasserabweisende Anstrich immer wieder unterhalten und allenfalls ausgebessert werden könnte, soweit wenigstens ein Absenken des Wasserspiegels möglich ist. Möge diese Anregung von den Beherrschern der schwarzen Kunst im Reiche des Bitumen und des Kautschuk als Einladung angesehen werden, diesen Idealanstrich bald zu erfinden; sie würden damit sich und dem projektierenden Techniker einen grossen Dienst erweisen. (Schluss folgt.)

Note II relative au coup de bélier et à son influence sur le réglage automatique des turbines.

Par CHARLES JAEGER, Ing. dipl. E.P.F., Dr. ès sc. techn.

(Suite et fin de la page 66.)

Cas spéciaux. Le problème du réglage des turbines tel que nous venons de l'exposer, suppose une turbine unique, ou encore un groupe de turbines synchronisées, alimentées par une seule conduite. Mais on peut envisager d'autres cas.

Il se peut qu'une seule et même conduite alimente plusieurs turbines, accouplées à des génératrices branchées sur des réseaux différents. On pourra vérifier l'influence de la mise en marche d'une unité sur le réglage des autres turbines.

Parfois encore, chaque turbine, ou chaque groupe de turbines, sera alimenté par une conduite indépendante, plusieurs conduites se réunissant à l'amont, en un point de bifurcation, en une seule conduite. Chaque turbine est supposée indépendante. On trouvera, dans notre "Théorie générale", des équations qui pourront servir de point de départ à l'étude de ce problème.¹³⁾

Ces cas, trop complexes pour pouvoir faire l'objet d'un exposé systématique, ne rentrent plus dans le cadre d'une étude générale. Il nous suffit de les signaler.

Chambres d'équilibre.

Généralités. L'analyse des divers problèmes soulevés par le réglage des turbines, l'étude de "l'abaque général" d'Allievi et, plus encore, les calculs pratiques nous conduisent à constater, à la suite d'Allievi, que plus une conduite est longue, plus le réglage automatique sera difficile à réaliser. En maint cas, il serait irréalisable sans l'emploi de dispositifs spéciaux, dont les plus courants sont les *orifices compensateurs synchrones* et, d'une façon générale, les divers types de *chambres d'équilibre*. Sans reprendre toutes les remarques faites par Allievi, nous passons immédiatement à l'étude générale de l'influence des chambres d'équilibre.

Allievi consacre un chapitre entier de son étude sur le réglage des turbines au "tube piézométrique d'extrémité", et un second chapitre aux "chambres d'air", étudiant les propriétés des unes et des autres. Or, le "tube piézométrique" peut être considéré comme une chambre d'équilibre prismatique située immédiatement en amont des organes de fermeture, cas particulier, d'application d'ailleurs assez rare. On sait, en effet, que la masse d'eau contenue dans une chambre d'équilibre est soumise à des "oscil-

¹³⁾ Charles Jaeger, "Théorie générale", pages 87 et suivantes.

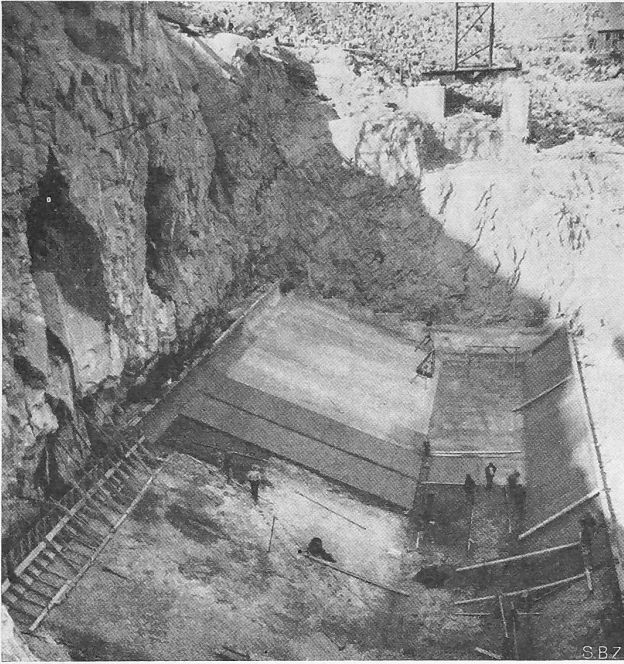


Abb. 38. Abdichtung der Maschinenhaus-Fundamentsohle.

lations de masse" et que la chambre doit remplir des conditions bien définies, afin que ces oscillations soient stables.

En pratique, une chambre d'équilibre située immédiatement en amont des organes de fermeture sera rarement prismatique. On adoptera, au contraire, plutôt une chambre avec col d'entrée, avec partie inférieure tubulaire, ou encore, une chambre avec étranglement. Souvent encore, il sera préférable, au point de vue constructif, de placer la chambre, non pas au droit des organes de fermeture, mais en un point quelconque de la conduite d'amenée, de préférence à un coude saillant, que nous savons être particulièrement sensible. En ce cas, nous aurons à l'amont de la chambre une "galerie de mise en charge" et, à l'aval, une "conduite forcée".

Traitant le problème sous son aspect général, nous étudierons, d'une part, le cas d'une chambre d'équilibre de type quelconque, branchée en un point quelconque d'une conduite, d'autre part, le cas d'une chambre située immédiatement en amont de la turbine, et appelée "chambre d'extrémité". Tube piézométrique et chambre d'air ne sont que des cas particuliers du problème tel que nous le posons.

La chambre se trouve au haut de la conduite forcée. Considérons (Fig. 2) une conduite OAC, débouchant en C d'un bassin d'alimentation très grand, et sur laquelle nous avons branché en A une chambre d'équilibre. Si la conduite ne possédait pas de chambre, le réglage de la turbine serait fonction de la longueur totale AC. D'après notre "Théorie générale", la présence d'une chambre d'équilibre en A nous autorise à substituer la conduite OA, en général beaucoup plus courte, à la conduite OAC, à seule condition de tenir compte de la réflexion imparfaite des ondes de surcharge en A.

Cette remarque met en pleine lumière l'importance capitale d'une chambre d'équilibre, même imparfaite, en vue du réglage des turbines.

Nous avons montré, en outre, dans notre "Théorie générale", que toute chambre d'équilibre peut être définie par une "courbe de réaction", donnant les valeurs limites α_m en fonction du temps de fermeture τ . Pour fixer les idées, le lecteur est prié de se reporter à la figure 41 de notre ouvrage¹⁴⁾, figure qui donne les courbes de réaction de diverses chambres étudiées au cours du volume.¹⁵⁾ Nous voyons que, pour les divers types de chambres étudiés, α_m varie entre 0,8 et 1.

On trouvera dans notre "Théorie générale" les indications indispensables au calcul de α_m ¹⁶⁾. Connaissant α_m , nous calculerons ζ_{*m} au moyen de l'équation (12). Nous ramenons ainsi le problème général des chambres d'équilibre au cas d'une conduite avec discontinuité, cas traité au chapitre III de cette note.

Reprenons à nouveau le type de conduite qui sert de base à nos comparaisons numériques. Supposons la section des conduites constante et soit $\Theta = 5 Q_*$ comme précédemment. Par contre, ces conduites sont sensées déboucher, non d'un bassin infini, mais d'une chambre d'équilibre. Sans rien préciser quant au type de chambre d'équilibre que nous envisageons, nous supposons à priori que dans l'un des cas $\alpha_m = 0,8$ et, dans l'autre cas, $\alpha_m = 0,9$. Le cas $\alpha_m \equiv 1$ est celui, déjà étudié par Allievi, d'un bassin infini.

Nous résumons nos calculs comme suit:

	cas $\alpha_m = 0,8$				cas $\alpha_m = 0,9$			
	1	3	5	7	1	3	5	7
Q_*	1	3	5	7	1	3	5	7
Θ	5	15	25	35	5	15	25	35
ζ_{*m}	1,196	1,385	1,545	1,688	1,169	1,245	1,332	1,442
ζ_{*m}^2	1,431	1,92	2,385	2,85	1,365	1,55	1,774	2,082
ζ_{*m}^3	1,713	2,658	3,684	4,815	1,596	1,93	2,362	3,00
p	2,105	1,357	0,933	0,689	2,518	2,415	1,837	1,313
$\int w dt$	3,418	12,51	23,18	34,6	3,33	11,3	20,7	31,38

Reportons à nouveau ces résultats sur la figure 4, courbes 4 et 5, et comparons les au cas d'Allievi (courbe 2). L'influence d'une chambre d'équilibre, se substituant à un bassin infini, est très nette. Il n'en reste pas moins vrai qu'une chambre, branchée sur le secteur aval d'une longue conduite, garde tout son intérêt.

Nous pourrions généraliser "l'abaque d'Allievi" et prendre comme variables indépendantes ζ_{*m}^2 , Q_* et α_m , ce qui nous permettrait de calculer Θ , K' , j et π , après avoir défini K' d'une manière analogue à K . Nous renonçons à le faire, afin de ne pas induire le lecteur en erreur sur la valeur absolue des chiffres ainsi obtenus. En réalité, un calcul direct, compte tenu des pertes de charge, sera souvent indispensable. L'abaque aurait donc surtout une valeur relative de comparaison entre diverses solutions possibles.

Nous soulignons cependant l'intérêt de la méthode de calcul approximatif exposée ici. Elle est applicable à toute chambre d'équilibre, quelle qu'elle soit, dès qu'on sait exprimer de façon correcte la valeur limite α_m .

Chambre au droit des organes de fermeture ou "chambre d'extrémité". Nous avons montré¹⁷⁾, à la suite d'autres auteurs, que le phénomène du coup de bélier dans une chambre de section constante, située au droit des organes de fermeture ("tube piézométrique d'extrémité" d'Allievi) est régi par les équations:

$$[139] \quad \left. \begin{aligned} (\zeta_1^2 - 1) \left(1 + \frac{Q_{II}}{Q_I} \right) &= 2 Q_{II} (\eta_0 \zeta_0 - \eta_1 \zeta_1) \\ (\zeta_1^2 - 1) \left(1 - \frac{Q_{II}}{Q_I} \right) + (\zeta_2^2 - 1) \left(1 + \frac{Q_{II}}{Q_I} \right) &= 2 Q_{II} (\eta_1 \zeta_1 - \eta_2 \zeta_2) \\ (\zeta_2^2 - 1) \left(1 - \frac{Q_{II}}{Q_I} \right) + (\zeta_3^2 - 1) \left(1 + \frac{Q_{II}}{Q_I} \right) &= 2 Q_{II} (\eta_2 \zeta_2 - \eta_3 \zeta_3) \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

dans lesquelles Q_I est la caractéristique de la conduite, et Q_{II} celle de la chambre.

¹⁴⁾ Charles Jaeger. "Théorie générale"; fig. 41, page 181.

¹⁵⁾ I. c. IIe partie pages 171 à 260.

¹⁶⁾ I. c. pages 231 à 248. ¹⁷⁾ I. c. page 170.

On montre que la charge limite est donnée par l'équation:

$$\zeta_m^2 - \frac{Q_{II}}{\Theta_{II}} \zeta_m - 1 = 0, \quad \dots \quad (18)$$

pendant la première phase de la conduite. Dans cette équation, Θ_{II} représente le temps de fermeture relatif, compté en battements de la chambre d'équilibre. L'équation (18) est identique comme forme à l'équation (10). La chambre prismatique substitue donc sa propre charge limite à celle de la conduite: elle est, par le fait, très efficace. Dans le cas où l'on ne se trouverait pas dans la première phase de la conduite, la charge limite est donnée par:

$$\zeta_m = \frac{Q_{II}}{2\Theta_{II}} + \sqrt{\frac{Q_{II}^2}{4\Theta_{II}^2} + 1 + \frac{Q_{II}}{Q_I} A} \quad \dots \quad (19)$$

A étant un polynôme dont le calcul, assez compliqué, est exposé dans notre „Théorie générale“. A est en général négatif, et nous négligerons ce cas dans la suite.

Dans le cas où la chambre d'équilibre n'est pas prismatique, mais présente des discontinuités, nous définirons, au droit de la première discontinuité, une fonction δ_i , analogue à α_i et que l'on calcule par des méthodes semblables. En prenant comme unité de temps les battements dans le col de la chambre, nous avons établi l'équation générale:

$$[155] \quad \delta_i (\zeta_i^2 - 1) \left(1 - \frac{Q_{II}}{Q_I}\right) + (\zeta_{i+1}^2 - 1) \left(1 + \frac{Q_{II}}{Q_I}\right) = 2Q_{II} [\delta_i \eta_i \zeta_i - \eta_{i+1} \zeta_{i+1} + (1 - \delta_i)], \quad \dots \quad (20)$$

valable pour un mouvement s'amorçant à partir du régime normal.

En faisant $i = 0$, $\zeta_0 = 1$ et $\eta_0 = 1$, on trouve que la première des équations (20) est identique à la première des équations (17).

Nous avons montré, qu'à la limite, la surcharge $B_m = \zeta_m^2 - 1$ est donnée par:

$$[159] \quad B_m = \frac{2Q_{II} \left(\frac{\delta_{m-1}}{\Theta} + 1 - \delta_{m-1} \right)}{\delta_{m-1} + 1 + \frac{Q_{II}}{Q_I} (1 - \delta_{m-1}) - Q_{II} \frac{\delta_{m-1}}{\Theta}} \quad (21)$$

δ_{m-1} étant la limite de δ_i pour $m = \Theta - 1$, et Θ le temps de la fermeture relative, mesuré en battements dans le col de la chambre. Le problème est donc résolu dès qu'on sait calculer δ_i et δ_m .¹⁸⁾

Puisque nous savons calculer ζ_{*m}^2 dans tous les cas, il est inutile, pour ce qui va suivre, de préciser le type de chambre que nous envisageons, étant bien entendu que le temps relatif est mesuré en battements de la chambre si celle-ci est prismatique, et en battements du col, si la chambre est de section variable.

Dans ces conditions, en désignant par j_{II} le rythme piézométrique au cours duquel la puissance de la veine liquide sortant de l'orifice reprend sa valeur de régime $w_0 = 1$ et en procédant comme plus haut, on trouve:

$$j_{II} = \frac{\zeta_{*m}^2 - 1}{\zeta_{*m}^2} \Theta_{II}, \quad \dots \quad (22)$$

équation analogue à (13).

Pour calculer l'énergie totale débitée pendant une fermeture, nous assimilons à nouveau la courbe des ζ_{*i}^2 à une parabole de degré p' analogue à la parabole (14). L'intégration s'effectue comme précédemment et l'on obtient:

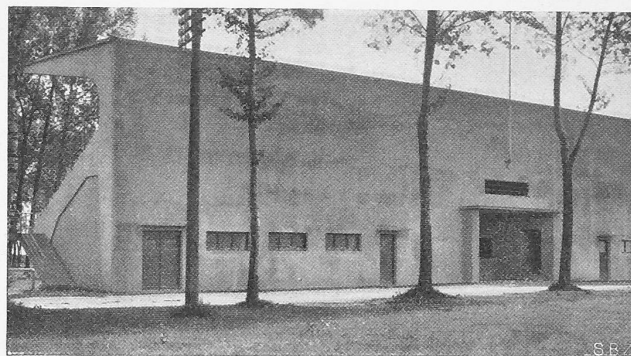
$$e = \int w dt = \frac{p' \zeta_{*m}^2 + 2}{p' + 2} \frac{\Theta_{II}}{2} \quad \dots \quad (23)$$

En différentiant l'équation de la parabole et en se souvenant que Θ_{II} remplace Θ , on obtient:

$$\left(\frac{d\zeta}{dt} \right)_0 = \frac{\zeta_{*m}^2 - 1}{3} \frac{p'}{\Theta_{II}}.$$

En différentiant la première des équations (20), valable aussi bien pour une chambre prismatique que pour une chambre à section variable, et en posant $t = 0$, $\zeta_{*0} = 1$ et $\eta_1 = 1$, on trouve:

¹⁸⁾ Voir: Charles Jaeger. „Théorie générale“, pages 231 et suivantes.



[Abb. 4. Rückseite des Tribünengebäudes auf dem Rennplatz Yverdon.

$$\left(\frac{d\zeta}{dt} \right)_0 = \frac{Q_{II}}{1 + Q_{II} + \frac{Q_{II}}{Q_I}} \frac{1}{\Theta_{II}} = \frac{Q_I}{1 + Q_I + \frac{Q_I}{Q_{II}}} \frac{1}{\Theta_{II}}.$$

En éliminant Θ_{II} , il vient enfin:

$$p' = \frac{3Q_I}{\left(1 + Q_I + \frac{Q_I}{Q_{II}}\right) (\zeta_{*m}^2 - 1)} \quad \dots \quad (24)$$

Connaissant e , on trouve l'énergie absolue E en multipliant e par $1000 Q_0 \gamma_0 \mu'$, expression dans laquelle μ' est la durée d'une oscillation dans la chambre, si elle est prismatique, ou dans le col, si elle est de section variable.

Chambre avec étranglement, située au droit des organes de fermeture. Nous n'avons pas à traiter ici de façon spéciale le cas d'une chambre à étranglement branchée en un point quelconque de la conduite: nous avons indiqué dans notre „Théorie générale“ une méthode permettant de calculer α_i en ce cas également.¹⁹⁾ Il rentre, par le fait, dans l'exposé général fait plus haut.

Dans le cas d'une chambre avec étranglement située directement en amont des turbines, le calcul point par point montre que l'allure de la courbe des surcharges est bien différente de ce qu'elle est avec les autres types de chambres d'équilibre. Il serait imprudent de vouloir maintenir ici la notion de valeurs limites dont nous avons fait largement usage au cours des chapitres précédents.

Nous nous en tirons cependant sans trop de difficultés, au moyen de calculs directs, toujours possibles. En supposant que la vitesse de l'eau à l'entrée de l'étranglement soit donnée par:

$$[166] \quad v_{IIi} = -\sqrt{2g\gamma_0} \sqrt{\zeta_i^2 - 1}, \quad \dots \quad (25)$$

on démontre que la surcharge relative, à un moment quelconque de la première phase, est donnée par la relation [169] de notre ouvrage, et que la valeur finale de B_1 est représentée par l'équation [168], si la fin de la fermeture tombe au cours de la première phase ($\eta_1 = 0$).

Si la fermeture totale de l'obturateur tombe, au contraire, dans une phase quelconque de la galerie en charge, la surcharge relative est donnée par l'équation de récurrence [170] du même volume, dans laquelle on donne à i les valeurs 0, 1, 2, 3, ..., i , se rapportant au battement de la galerie en charge.

Nous sommes donc toujours à même de tracer la courbe des ζ_{*i}^2 et, par le fait, de calculer w_i , e et E .

Chambres d'air. Pour être complet, il y aurait lieu que nous revenions ici à l'exposé d'Allievi²⁰⁾ et que nous reproduisions en détail l'important chapitre qu'il consacre aux chambres d'air, situées à l'extrémité inférieure de la conduite.

Cette étude devrait en outre être complétée par des recherches relatives à l'action des chambres d'air sur des

¹⁹⁾ Voir: Charles Jaeger. „Théorie générale“, page 257.

²⁰⁾ L. Allievi. Traduction Oguey, citée.

Voir aussi Oguey: Bulletin technique de la Suisse romande, 28 octobre 1933, et Foch: „Contribution à l'étude des coups de bélier dans des conduites munies d'un réservoir d'air“. Toulouse 1920.



Abb. 3. Vorderansicht der Zuschauer-Tribüne.



Abb. 5. Tribüne der Jury.

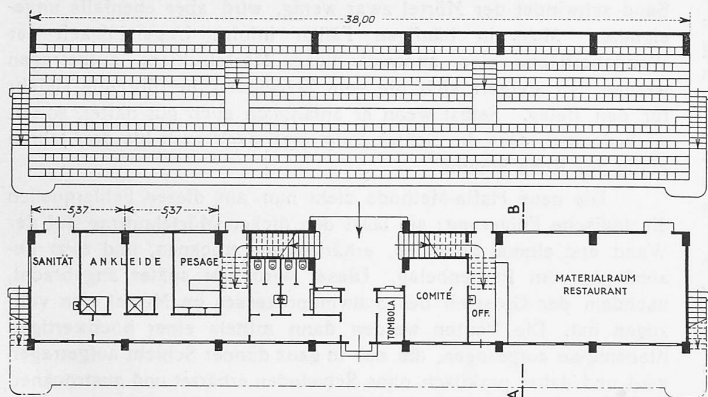
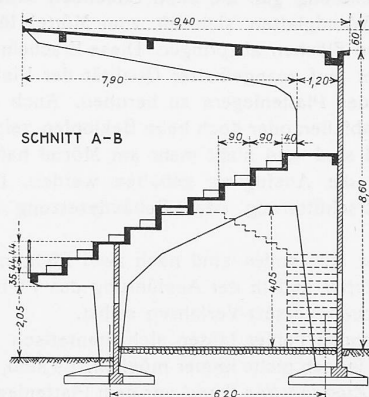


Abb. 1 Grundrisse 1:400; Abb. 2 Schnitt 1:200 der Zuschauer-Tribüne für die Pferderennen in Yverdon.



liegen an der Strasse auf der Rückseite des Gebäudes, da sich vor der Tribüne ein gedecktes Promenoir befindet (Abb. 2 und 3), wo wegen der zentralen Lage der Tribüne mit starkem Menschenandrang zu rechnen ist und daher ein reibungsloser Verkehr unmöglich wäre. Dieses Promenoir unter den auf Konsolen

conduites à caractéristiques multiples munies de chambres d'équilibre. Peut-être aurons nous un jour l'occasion de revenir sur cette question.

*

Conclusions. Nous avons gardé à notre exposé — pour lequel l'étude d'Allievi nous a servi de guide — une allure aussi générale que possible. Les valeurs numériques obtenues au cours des divers chapitres nous semblent justifier notre effort et montrer l'importance d'un calcul exact du coup de bélier, afin de déterminer son influence sur le réglage des turbines.

Tribüne für die Pferderennen in Yverdon.

Architekt H. DECOPPET, Yverdon.

Am 27. Dezember 1932 wurden die in Yverdon niedergelassenen Architekten zu einer Plankonkurrenz für den Neubau einer Zuschauertribüne eingeladen; am 21. März 1933 wurde mit den Aushubarbeiten begonnen und die fertige Tribüne knapp drei Monate später, am 18. Juni anlässlich der Pferderennen eingeweiht.

Die Grundrissdisposition des Erdgeschosses ist aus Abb. 1 ersichtlich. Der Materialraum dient am Renntag als Restaurant; das Office ist mit einem besondern Dienstengang, einer kleinen Speisekammer unter der Treppe und einem Schalter für direkte Bedienung des Publikums vor der Tribüne versehen. Die Räume für Publikum und Mitwirkende sind durch verschiedene Eingänge überall von einander getrennt, die Toiletteanlage jedoch durch einen gemeinsamen Korridor von beiden Seiten erreichbar. Sämtliche Zugänge, mit Ausnahme einer Türe zur Vorhalle,

frei auskragenden zwei vordersten Sitzreihen ergab sich aus der Programmbestimmung, wonach der Abstand des Gebäudes von der Piste mindestens 3,70 m betragen musste.

Die Tribüne bietet Sitzplätze für 560 Personen. Als Hauptzugänge dienen die beiden mittleren Treppen von der Eingangshalle aus, während die zwei Randtreppen den Verkehr während der Rennen erleichtern und zu einer raschen Entleerung der Tribüne beitragen.

Sämtliche tragenden Elemente wurden aus Eisenbeton konstruiert, und zwar in Anbetracht der kurzen Bauzeit mit Spezialzement von Holderbank; so konnte beispielsweise die Ausrüstung der 8 m frei auskragenden Konsol-Träger des Daches am 23. Tag nach dem Betonieren erfolgen. Mit Ausnahme der beiden Stirnseiten und der Eingangspartie, wo der Beton im Anschluss an das Füllmauerwerk einen Zementmörtelverputz erhielt, sind sämtliche Binder und Untersichten mit gehobelter Schalung hergestellt und unverputzt gelassen. Die Füllmauern bestehen aus 12 cm-Zementsteinen, beidseitig verputzt, die Trennwände im Innern aus 6 cm-Hohlsteinen. Da diese Räume bis an die Untersicht der Tribünenstufen reichen und somit die Unterzüge und Pfeiler überall sichtbar sind, wird auch hier der Eindruck vollständig durch das konstruktive Element beherrscht, so dass das ganze Bauwerk eine Gesamtwirkung von überzeugender Einheitlichkeit ausübt.

Gleichzeitig wurde die auf Abb. 5 dargestellte kleine Tribüne für die Jury gegenüber der grossen Tribüne errichtet.

Die Bauausführung hatte der Verfasser des Projektes, Horace Decoppet, dipl. Architekt und Unternehmer in Yverdon, übernommen, während Ing. F. Couchepin in Lausanne die Eisenbetonberechnungen lieferte. M. v. T.