

# De la stabilité des chambres d'équilibre et des systèmes de chambres d'équilibre

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **121/122 (1943)**

Heft 25

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-53230>

## **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.

wären, wie sie hoffentlich nach Kriegsende sein werden. Feuer, Störung der Radioverbindung oder irrtümliche Auffassung einer Radiomeldung spielten nirgends eine Rolle, was für einen hohen Stand der Verkehrsüberwachung und ihrer Hilfsmittel spricht.

In Abb. 16 sind die tatsächlich geflogenen im Verhältnis zu den fahrplanmässig geplanten Flugkilometern in den USA für die letzten 16 Jahre aufgetragen, indem nicht nur die Sicherheit, sondern auch die Regelmässigkeit eines Verkehrs eine bedeutende Rolle spielt. Die Unterschiede sind zum grossen Teil durch die mehr oder weniger grosse Häufigkeit von schlechtem Flugwetter bedingt. Abb. 17 zeigt für das Jahr 1942 die Regelmässigkeit für die einzelnen Monate, woraus ersehen werden kann, dass die Ausfälle in den Wintermonaten bis zu 18 % ausmachen können, während die Sommermonate nur solche in der Grössenordnung von 2 % und weniger zeigen.

Welche Verbesserungen sind für die Zukunft zu erwarten? Die grösste Verbesserungsmöglichkeit liegt sicher in den Blindlandanlagen, indem europäische Piloten bereits vor diesem Krieg grosse Übung in der Verwendung des Lorentz-Systems hatten. Durch die Anwendung von Blindlandanlagen können in Zukunft bis zu 75 % der früher verzeichneten Unfälle vermieden werden, sowie  $\frac{3}{4}$  der bisher aus Gründen von schlechtem Wetter usw. erfolgten Streichungen von Kursen wegfallen, sodass dadurch allein 50 % der im Winter entstandenen Ausfälle nicht mehr eintreten würden. Im weiteren machen die verschiedenen Enteisungsvorrichtungen grosse Fortschritte, sodass es zwar nicht möglich sein wird, bei schlimmsten Vereisungstendenzen zu fliegen, jedoch den Anteil der Ausfälle aus diesen Gründen stark

Prozentuale Verteilung der Ausgaben für den Nachkriegs-Flugverkehr

Flugpersonal . . . . .	12,3 %	
Brennstoff . . . . .	11,9	
Schmieröl . . . . .	0,5	
Bruch einschl. Versicherungs-Prämien . . . . .	1,4	
Verschiedenes . . . . .	1,9	
<b>Flugausgaben . . . . .</b>	<b>28,0</b>	<b>28,0 %</b>
Wetterwarte und Laufjungen . . . . .	0,7 %	
Radiooperateure auf Boden . . . . .	1,8	
Verkäufer von Flugscheinen auf Flugplatz . . . . .	3,7	
Bodenpersonal ohne Werkstätte . . . . .	4,1	
Teleph., Telegr., Zubringerdienst, Gebäudemiete . . . . .	8,9	
<b>Bodenausgaben . . . . .</b>	<b>19,2</b>	<b>19,2 %</b>
Instandhaltung der Zellen (Löhne, Material) . . . . .	3,2 %	
Instandhaltung der Triebwerke . . . . .	4,4	
Instandhaltung der Instrumente . . . . .	0,2	
Instandhaltung der Propeller . . . . .	0,1	
Instandhaltung der Radiogeräte . . . . .	0,6	
<b>Instandhaltung des Fluggerätes . . . . .</b>	<b>8,5</b>	<b>8,5 %</b>
Instandhaltung des Bodenfunks . . . . .	0,3 %	
Instandhaltung der Gebäude . . . . .	1,0	
<b>Instandhaltung der Bodenanlagen . . . . .</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3 %</b>
Ueberwachungspersonal, Bureaumieten . . . . .	5,0 %	
Lebensmittel und Stewards . . . . .	5,0	
Betreuung von Fluggästen f. unterbrochene Flüge . . . . .	0,4	
Fluggast-Versicherung . . . . .	3,3	
<b>Passagierdienst . . . . .</b>	<b>13,7</b>	<b>13,7 %</b>
Verkaufsleiter . . . . .	1,5 %	
Verkaufspersonal für Flugbureau (i. Stadt usw.) . . . . .	3,0	
Ermässigungen . . . . .	0,5	
Verschiedene Verkaufskosten . . . . .	4,9	
<b>Verkaufskosten . . . . .</b>	<b>9,9</b>	<b>9,9 %</b>
Zeitungsanzeigen . . . . .	1,0 %	
Fahrpläne und Rundschreiben . . . . .	0,2	
Uebrigere Reklameausgaben . . . . .	1,1	
<b>Reklame . . . . .</b>	<b>2,3</b>	<b>2,3 %</b>
Gehälter von Bureaupersonal . . . . .	2,6 %	
Allgemeine Steuern . . . . .	2,1	
Verschiedene Verwaltungskosten . . . . .	3,7	
<b>Verwaltungskosten . . . . .</b>	<b>8,4</b>	<b>8,4 %</b>
Abschreibungen Zelle . . . . .	5,0 %	
Abschreibungen Triebwerk, Propeller, Radio . . . . .	2,4	
Abschreibungen Bodenfunk, Werkzeuge, Gebäude . . . . .	1,3	
<b>Abschreibungen . . . . .</b>	<b>8,7</b>	<b>8,7 %</b>
		<b>100 %</b>

zurückzudrängen. Alles in allem genommen dürften die Ausfälle nach dem Krieg auf 50 bis 75 % der jetzigen zurückgehen, sodass in den USA und in Westeuropa mit einer Regelmässigkeit von 97 % im Winter und über 99 % im Sommer gerechnet werden kann.

Der Erfolg dieser Entwicklung wird nicht nur von den technischen Sachverständigen abhängen, sondern zu einem nicht geringen Teil von den Regierungen der beteiligten Völker, die damit beweisen können, ob sie wirklich zum Wohl ihrer Völker zu regieren wissen oder nicht.

De la stabilité des chambres d'équilibre et des systèmes de chambres d'équilibre

Par CHARLES JAEGER, Dr. ès sc. techn., Privat-docent à l'E. P. F., Collaborateur du Laboratoire de recherches hydrauliques E. P. F. à Zurich (Suite de la page 300)

3. Influence du rendement des groupes électro-mécaniques et des pertes de charge dans les conduites forcées

Nous avons dit que Frank dessine des diagrammes  $w = w(z)$  ou, en valeurs relatives  $y = y(x)$ . Il s'est servi, à cet effet, de la méthode de Braun. On arrive d'ailleurs — ainsi que nous l'avons vu — aux mêmes résultats en utilisant une méthode dérivée de celle de Schoklitsch.

Dans l'une et l'autre méthode, on doit ajouter aux courbes et diagrammes ordinaires, l'hyperbole qui représente la condition de réglage à puissance constante:

$$Q = \frac{C}{H + z} = \frac{Q_0 H_0}{H + z} \dots \dots \dots (2)$$

Nous avons supposé, pour écrire cette condition, que  $\eta$ , coefficient total du rendement (conduites forcées et machines), est constant. Or cette hypothèse est certainement inexacte. Il importe maintenant de la contrôler et au besoin de la corriger.

Calame et Gaden ont montré<sup>24)</sup>, en partant de la fonction connue  $\eta = \eta(N)$  qui, reportée en fonction de  $N$ , possède en général un maximum), que la stabilité de la chambre se trouve accrue dans tout le domaine où  $d\eta/dN$  est positif, et au contraire menacée dans le domaine où  $d\eta/dN$  est négatif.

Si l'on entend par  $\eta$  le rendement total du système à l'aval de la chambre d'équilibre, y compris le rendement des conduites forcées, le cas  $d\eta/dN < 0$  peut se présenter facilement. Plus le débit augmente, plus le rendement des conduites diminue, ce qui est une circonstance certainement défavorable à la stabilité. Nous proposerons donc, en première approximation, de négliger les variations de rendement des turbines et des installations électriques et de ne considérer que la seule influence des pertes de charge dans les conduites forcées, dont on sait qu'elle est défavorable.

On peut alors procéder comme suit: en définissant le rendement  $\eta_c$  des conduites en fonction de la perte de charge  $P^* Q^2$  dans ces mêmes conduites forcées, on trouve:

$$\eta_c Q (H + z) = Q (H + z - P^* Q^2) = Q_0 (H - P w_0^2 - P^* Q_0^2) = C^* \quad (24)$$

Dans les calculs graphiques, qu'ils soient effectués en partant des méthodes de Braun ou en partant de celles de Schoklitsch, on substituera cette équation (24) à l'hyperbole équivalente que représente l'équation (2).

4. De quelques résultats et exemples de calcul (fig. 6)

Pour fixer les idées, nous reproduisons sur la fig. 6 pour une même chambre d'équilibre caractérisée par  $F = 18,9 \text{ m}^2$  et une galerie de mise en charge caractérisée par  $f = 17,25 \text{ m}^2$ ,  $L = 5900 \text{ m}$  et  $P = 1,115$ , les courbes d'oscillations  $z = z(t)$  calculées pour:

- 1) le cas de réglage à débit constant . . . . .  $Q_0 = 40 \text{ m}^3/\text{sec}$
- 2) le cas de réglage à puissance constante avec  $H = 74 \text{ m}$ ,  $\eta_c = 1$ ,  $Q_0 = 40 \text{ m}^3/\text{sec}$
- 3) le cas de réglage à puissance constante avec  $H = 200 \text{ m}$ ,  $\eta_c = 1$ ,  $Q_0 = 40 \text{ m}^3/\text{sec}$
- 4) le cas de réglage à puissance constante avec  $H = 245 \text{ m}$  (limite de stabilité)  $\eta_c = 1$ ,  $Q_0 = 40 \text{ m}^3/\text{sec}$
- 5) le cas de réglage à puissance constante avec  $H = 490 \text{ m}$ ,  $\eta_c = 1$ ,  $Q_0 = 40 \text{ m}^3/\text{sec}$
- 6) le cas de réglage à puissance constante avec  $H = 245 \text{ m}$ ,  $\eta_c = \eta_c(P^* Q^2)$ ,  $Q_0 = 40 \text{ m}^3/\text{sec}$

Dans tous les cas, l'ouverture fut supposée avoir lieu à partir d'une vitesse initiale  $w_0 = 0,20 \text{ m/sec}$ , correspondant à un débit de  $3,45 \text{ m}^3/\text{sec}$ . En valeurs relatives, on a pour tous les cas  $m = 0,0862$  et  $\varepsilon = 82,1$ . Quant à  $\beta$  on trouve pour

$H = 74$	200	245	490 m
$\beta = 0,081$	0,03	0,024	0,012

<sup>24)</sup> Calame et Gaden: De la stabilité des installations hydrauliques. «Schweiz. Bauzeitung», 30 juillet et 6 août 1922.

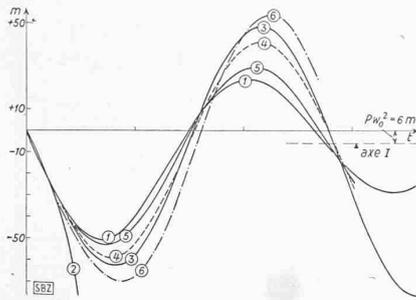


Fig. 6. Chambre d'équilibre cylindrique.

Ouverture brusque de  $Q^* = 3,45 \text{ m}^3/\text{sec}$  à  $Q_0 = 40 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $m = 0,086$ )

$L = 5900 \text{ m}$ ,  $f = 17,25 \text{ m}^2$ ,  $F = 18,9 \text{ m}^2$ ,  $Pw_0^2 = 6 \text{ m}$

$\epsilon = 82,1$   $n^* = 1 + 0,48 \frac{Z_x}{H_0} = 1,109$  pour  $H_0 = 239 \text{ m}$

- Courbe 1:  $Q = \text{const.}$ ; Courbe 2 à 6:  $N = \text{const.}$
- Courbe 2:  $H = 74$ ,  $\beta = 0,081$ ,  $n = 0,28 n^*$  (effondrement)
- Courbe 3:  $H = 200$ ,  $\beta = 0,030$ ,  $n = 0,81 n^*$  osc. entretenues
- Courbe 4:  $H = 245$ ,  $\beta = 0,024$ ,  $n = n^*$  osc. stables
- Courbe 5:  $H = 490$ ,  $\beta = 0,012$ ,  $n = 2 n$  osc. amorties
- Courbe 6:  $H = 245$ ,  $\beta = 0,024$ ,  $n = n^*$  osc. entretenues,  $\eta = \text{var.}$

On constate (fig. 6) que le couple de valeurs  $\epsilon = 82,1$  et  $\beta = \beta_{Th} = 0,024$ , qui satisfait bien à la condition de Thoma et, à l'approximation désirée, à la formule (22) (fig. 4) correspond à la limite de stabilité. L'oscillation est entretenue pour le cas  $\beta = 0,03$  ( $H = 200 \text{ m}$ ), amortie pour le cas  $\beta = 0,012$  ( $H = 490 \text{ m}$ ) et apériodique pour  $\beta = 0,081$  ( $H = 74 \text{ m}$ ), le niveau d'eau tombant alors au dessous de toute limite et la chambre d'équilibre se vidant brusquement. Ces quelques calculs directs confirment bien les résultats généraux de la fig. 4. Mais, on observe également que, si l'on tient compte des pertes de charge  $P^*Q^2$  dans les conduites forcées ( $\eta_c$  variable), une oscillation qui devrait être stable ( $\beta = 0,024$ ,  $H = 245 \text{ m}$ ) devient entretenue (courbe (6)).

Précisons que nous avons admis  $P^*Q_0^2 = 13 \text{ m}$  et  $P^* = 0,00813$ , ce qui correspondrait à une conduite forcée assez longue, de  $1000 \text{ m}$  environ et de  $2,70 \text{ m}$  de diamètre, avec un coefficient de rugosité  $k = 80$  (Strickler).

Des deux questions que nous nous étions posées, la première est donc résolue pour le cas de la chambre cylindrique. Le coefficient  $n^*$  qui précise les conditions qui rendent instable une chambre cylindrique, est donné par l'équation (20), ou peut être déduit de la courbe équivalente de Frank pour  $\epsilon > 20$ , à condition de négliger l'influence des pertes de charge dans les conduites forcées. Pour  $\epsilon < 20$ , la puissance de l'usine est limitée par la condition  $\beta < \beta_{lim}$ .

Quant à la seconde question: «Quelle valeur donner à  $n$  pour que les oscillations soient suffisamment amorties», elle restera sans réponse générale. Force sera de l'examiner de cas en cas en traçant graphiquement un diagramme  $w = w(z)$  dont on déduit  $z = z(t)$ .

III. SYSTEMES DE CHAMBRES D'EQUILIBRE (fig. 7)

1. Mise en équation du problème

Dans le cas où la hauteur de chute est relativement faible et le débit relativement élevé, la chambre unique en forme de puits vertical ne sera souvent point la solution à retenir. C'est donc précisément lorsque le problème de la stabilité de la chambre devient en soi-même difficile à résoudre qu'on adoptera des types de chambres plus complexes. Chambres à puits multiples, chambres étranglées, chambres différentielles, etc. La théorie de la chambre à puits unique que nous venons d'esquisser, nous servira de guide au cours de l'étude plus difficile des types de chambres complexes.

Prendre un à un tous les types spéciaux de chambres et les étudier chacun pour soi serait un travail considérable qui dépasserait par trop largement le cadre de cette étude. Pour fixer les idées et les méthodes d'investigation possibles, nous nous bornerons à l'examen d'un système de deux chambres cylindriques, sans étranglement, dont l'une se trouve à l'amont, l'autre à l'aval des turbines, qui sont du type Francis à réaction (fig. 7). Cette solution interviendra dans certains cas où la galerie de fuite des turbines débouche dans un lac à niveau variable.

Nous aurons maintenant à considérer à l'amont et à l'aval des turbines deux chambres de sections  $F_1$  et  $F_2$  et leurs oscil-

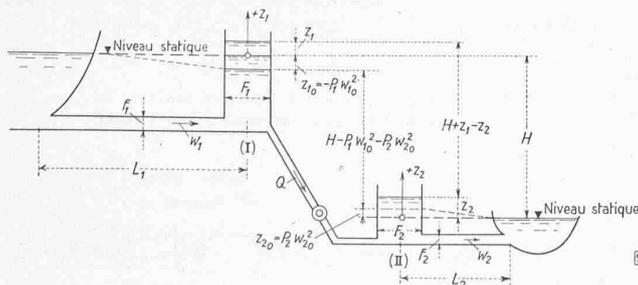


Fig. 7. Système de deux chambres d'équilibre

lations  $z_1$  et  $z_2$  au dessus du niveau statique dans les lacs amont et aval. Nous aurons, en outre, à définir des grandeurs  $L_1, f_1, w_1, P_1 w_1^2$  et  $z_{1,0} = -P_1 w_{1,0}^2$  dans le système amont et  $L_2, f_2, w_2, P_2 w_2^2$  et  $z_{2,0} = +P_2 w_{2,0}^2$  dans le système aval (voir fig. 7). Nous pouvons écrire deux équations de continuité:

$$w_1 f_1 = F_1 \frac{dz_1}{dt} + Q \quad (z_1 > 0 \text{ vers le haut}) \quad (25)$$

$$Q = F_2 \frac{dz_2}{dt} + w_2 f_2 \quad (z_2 > 0 \text{ vers le haut}) \quad (26)$$

pour les systèmes amont et aval; puis deux équations dynamiques:

$$\frac{L_1}{g} \frac{dw_1}{dt} + z_1 + P_1 w_1^2 = 0 \quad (27)$$

$$\frac{L_2}{g} \frac{dw_2}{dt} - z_2 + P_2 w_2^2 = 0 \quad (28)$$

pour les mêmes systèmes. Nous traiterons le problème en supposant que le réglage s'effectue à puissance constante, avec  $\eta = \text{const.}$  d'où:

$$C = Q_0 (H - P_1 w_{1,0}^2 - P_2 w_{2,0}^2) = Q (H + z_1 - z_2) \quad (29)$$

En dérivant cette dernière équation, on obtient

$$\frac{dQ}{dt} = - \frac{C}{(H + z_1 - z_2)^2} \left( \frac{dz_1}{dt} - \frac{dz_2}{dt} \right)$$

que l'on peut introduire dans l'expression de  $dw_1/dt$  et de  $dw_2/dt$ .

Un calcul de substitution nous donne une première équation différentielle en  $z_1$  qui se rapporte à l'oscillation dans la chambre amont:

$$\frac{d^2 z_1}{dt^2} + \frac{g P_1 F_1}{f_1 L_1} \left( \frac{dz_1}{dt} \right)^2 + \frac{dz_1}{dt} \left[ \frac{2 g P_1 C}{f_1 L_1 (H + z_1 - z_2)} - \frac{C}{F_1 (H + z_1 - z_2)^2} \left( 1 - \frac{dz_2}{dt} \frac{dt}{dz_1} \right) \right] + \frac{g f_1}{L_1 F_1} z_1 + \frac{g P_1 C^2}{f_1 F_1 L_1 (H + z_1 - z_2)^2} = 0 \quad (30)$$

équation qui contient en outre  $z_2$  et  $dz_2/dt$ .

On trouve l'axe autour duquel se fait l'oscillation, en posant que pour  $t = \infty$  l'état de régime est atteint:  $z_1 = z_{1,0} = -P_1 w_{1,0}^2$ ,  $dz_1/dt = 0$  et  $d^2 z_1/dt^2 = 0$ ; d'où:

$$z_{1,0} = - \frac{P_1 C^2}{f_1^2 (H + z_1 - z_2)^2} \quad (31)$$

Pour la chambre inférieure, les équations seront analogues. Posons  $z_1 = z_{1,0} + s_1$  et  $z_2 = z_{2,0} + s_2$  et constatons que

$$\frac{dz_1}{dt} = \frac{ds_1}{dt}, \quad \frac{d^2 z_1}{dt^2} = \frac{d^2 s_1}{dt^2} \quad \text{et} \quad \frac{dz_2}{dt} = \frac{ds_2}{dt}$$

En nous limitant à l'examen du seul cas d'oscillations de très faible amplitude, nous pouvons écrire, au lieu de (30), l'équation différentielle des petites oscillations dans la chambre amont:

$$\frac{d^2 s_1}{dt^2} + \frac{ds_1}{dt} \left[ \frac{2 g P_1 C}{f_1 L_1 (H + z_{1,0} - z_{2,0})} - \frac{C}{F_1 (H + z_{1,0} - z_{2,0})^2} \left( 1 - \frac{ds_2}{dt} \frac{dt}{ds_1} \right) \right] + s_1 \frac{g f_1}{L_1 F_1} \times \left[ 1 - \frac{P_1 C^2}{f_1^2 (H + z_{1,0} - z_{2,0})^2} \frac{2(1 - s_2 s_1)}{(H + z_{1,0} - z_{2,0})} \right] = 0 \quad (32)$$

2. Méthodes d'investigation à envisager

On peut étudier l'équation (32) de diverses façons: Une première méthode consisterait à écrire (32) sous la forme:

$$\frac{d^2 s_1}{dt^2} + 2\lambda \frac{ds_1}{dt} + \omega^2 s_1 = f_1(t) \quad (33)$$

où  $\lambda$  et  $\omega^2$  ne renferment que des termes constants et où  $f_1(t)$  est une fonction de  $s_2$  et de  $ds_2/dt$ . Faisons une hypothèse simple au sujet de celle-ci. Si  $s_2$  est une fonction du type  $s_2 = Z_2 \max \times \sin 2\pi t/T_2$  et  $ds_2/dt$  contient  $\cos 2\pi t/T_2$ , on peut résoudre (33), qui se ramène à l'équation des oscillations entretenues. On voit alors qu'il y a danger grave de résonance, dès que  $T_1 = T_2$ ; ce résultat est à retenir. Mais on voit immédiatement que l'hypo-

thèse  $s_2 = Z_{2max} \sin 2\pi t/T_2$  n'est qu'approximative. Il faut que  $s_1$  et  $s_2$  soient amortis; donc  $s_2$  doit être une fonction de la forme

$$s_2 = Z_{2max} e^{-\delta_2 t} \sin 2\pi t/T_2$$

ce qui complique les calculs.

Mieux vaudrait, après avoir reconnu, comme premier résultat à retenir que  $T_1$  doit être différent de  $T_2$ , écrire que l'on a:

$$\frac{d^2 s_1}{dt^2} + a_1 \frac{ds_1}{dt} + b_1 s_1 = c_1 \frac{ds_2}{dt} + d_1 s_2 \quad (34)$$

où  $a_1, b_1, c_1, d_1$  sont constants.

Pour des raisons de symétrie, qui apparaissent déjà dans les équations (25), (26), (27) et (28), on peut intervertir les indices et écrire pour la chambre aval:

$$\frac{d^2 s_2}{dt^2} + a_2 \frac{ds_2}{dt} + b_2 s_2 = c_2 \frac{ds_1}{dt} + d_2 s_1 \quad (35)$$

En différenciant deux fois, on obtient une équation linéaire du quatrième ordre à coefficients constants que l'on sait résoudre et discuter. En particulier, on peut reconnaître si les oscillations sont amorties ou non. Le calcul est sans difficultés, mais laborieux; nous renonçons à le développer ici.

Il est tout aussi commode d'effectuer un calcul graphique qui tienne compte, non seulement des petites oscillations, mais d'oscillations d'amplitude finie et permette de vérifier directement la stabilité des grandes oscillations. On utilisera à cet effet de préférence, pour ce calcul graphique, les principes de la méthode de Schoklitsch, qui se laissent appliquer sans trop de difficultés au cas de deux chambres avec réglage à puissance constante — éventuellement en tenant compte des pertes de charge dans les conduites forcées.

Le contrôle de la stabilité d'un système de chambres par la méthode graphique est, dans tous les cas, indispensable. Mais il suppose qu'on ait déjà choisi les dimensions à donner aux deux chambres. Or pour cela, il faudrait pouvoir disposer d'une formule relativement simple, analogue à la formule (20). Comme il s'agit uniquement d'une estimation des dimensions à admettre, pour le système de chambres, nous simplifierons les calculs et utiliserons la méthode estimative de Schüller et Karas.

3. Application de la «méthode estimative» de Schüller-Karas

L'idée que nous poursuivrons est d'appliquer aux systèmes de chambres le procédé de calcul de Schüller-Karas, compte tenu, bien entendu, des faiblesses que présente ce procédé.

a) Condition  $\varphi_m(t) > 0$ . La condition  $\varphi(t) > 0$  nous donne d'après l'équation (32):

$$\varphi(t) = \frac{2g P_1 C}{f_1 L_1 (H + z_{1,0} - z_{2,0})} - \frac{C}{F_1 (H + z_{1,0} - z_{2,0})^2} \left(1 - \frac{ds_2}{dt} \frac{dt}{ds_1}\right) > 0 \quad (36)$$

Au début d'une manœuvre d'ouverture, au temps  $t=0$ , on a  $w_1 f_1 \cong w_2 f_2$  et par le fait (équations (25) et (26)):

$$F_1 \frac{dz_1}{dt} + F_2 \frac{dz_2}{dt} = F_1 \frac{ds_1}{dt} + F_2 \frac{ds_2}{dt} = 0$$

d'où:

$$\frac{ds_2}{dt} \frac{dt}{ds_1} = - \frac{F_1}{F_2}$$

et, en procédant comme pour le cas de la chambre simple:

$$F_1 > \frac{f_1 L_1 (1 + F_1/F_2)}{2g P_1 (H - P_1 w_{1,0}^2 - P_2 w_{2,0}^2)} = F^*_{Th1} (1 + F_1/F_2) \quad (37)$$

en posant  $F^*_{Th1} = f_1 L_1 / 2g P_1 (H - P_1 w_{1,0}^2 - P_2 w_{2,0}^2)$

Mais nous avons déjà été rendus attentifs au fait qu'il ne suffit pas de savoir ce qui se passe au temps  $t=0$  et qu'il faut poursuivre le calcul en faisant varier  $t$ .

On constate tout d'abord qu'il est impossible de maintenir la condition de Schüller  $\varphi(t) > 0$ , en faisant varier  $t$ . Les calculs montrent que si cette condition devait réellement être satisfaite, aucun système de chambres tel que celui de la fig. 7 ne saurait être stable, résultat peu vraisemblable. Nous poserons donc:

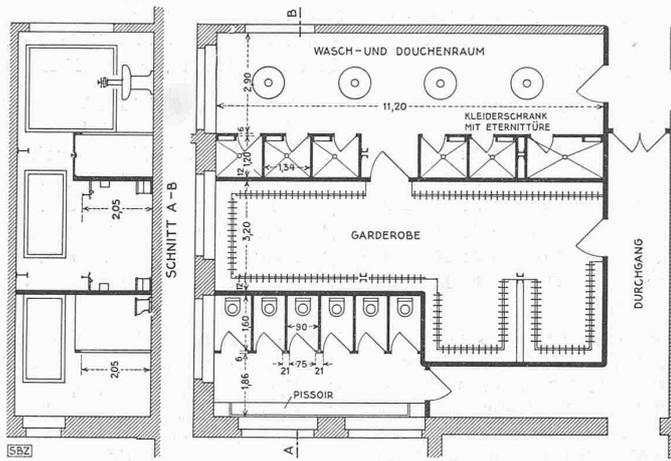


Abb. 1. Einbau einer Garderobe mit Douchen und WC in einem vorhandenen Bau, 1 : 200

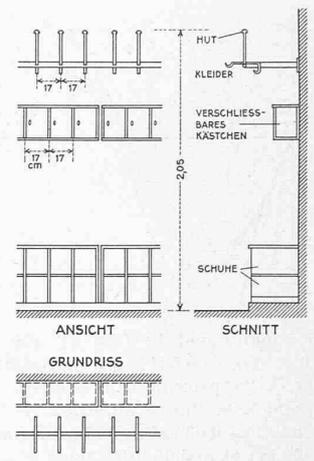


Abb. 2. Einzelheiten der Ausstattung, 1 : 50

$$\int_0^t \varphi(t) \left(\frac{ds_1}{dt}\right)^2 dt = \varphi_m(t) \int_0^t \left(\frac{ds_1}{dt}\right)^2 dt > 0 \quad (13b)$$

ou encore en partant de l'équation (36)

$$\varphi_m(t) = A - \frac{B}{F_1} (1 + \lambda_m(t) F_1/F_2) > 0$$

en supposant que  $\varphi_m(t)$  puisse être mis sous cette forme, A et B étant des constantes que l'on tire de l'équation (36). On en déduit que:

$$F_1 > \frac{B}{A - \frac{B}{F_2} \lambda_m(t)}$$

et, pour autant que  $\lambda_m(t)$  est positif, que la valeur maximum de  $\lambda_m(t)$  donne la valeur maximum de  $F_1$ . Il suffira donc, pour être sûr du résultat, de chercher le maximum de  $\lambda_m(t)$ , à condition bien entendu que pareille fonction existe.

En suivant cette méthode, on peut écrire successivement en partant de (13b) et de (36):

$$\varphi_m(t) \int_0^t \left(\frac{ds_1}{dt}\right)^2 dt = \left[ A - \frac{B}{F_1} \left(1 + \lambda_m(t) \frac{F_1}{F_2}\right) \right] \int_0^t \left(\frac{ds_1}{dt}\right)^2 dt$$

$$\varphi_m(t) \int_0^t \left(\frac{ds_1}{dt}\right)^2 dt = \int_0^t \left[ A - \frac{B}{F_1} \left(1 - \frac{ds_2}{dt} \frac{dt}{ds_1}\right) \right] \left(\frac{ds_1}{dt}\right)^2 dt$$

d'où en égalant les deux expressions de  $\varphi_m(t)$ :

$$\frac{F_1}{F_2} \lambda_m(t) = - \frac{\int_0^t \frac{ds_1}{dt} \frac{ds_2}{dt} dt}{\int_0^t \left(\frac{ds_1}{dt}\right)^2 dt} \quad (38)$$

Posons, de façon approchée, pour le cas où l'on est à la limite de stabilité:

$$s_1 = Z_{1max} \sin 2\pi t/T_1 \quad \frac{ds_1}{dt} = \frac{Q_0}{F_1} \cos 2\pi t/T_1$$

$$s_2 = -Z_{2max} \sin 2\pi t/T_2 \quad \frac{ds_2}{dt} = -\frac{Q_0}{F_2} \cos 2\pi t/T_2$$

$$m_1 = 2\pi t/T_1 \quad m_2 = 2\pi t/T_2$$

On calcule alors:

$$\lambda_m(t) = \frac{\int_0^t \cos m_1 t \cos m_2 t dt}{\int_0^t \cos^2 m_1 t dt} = \frac{\frac{\sin(m_1 - m_2)t}{2(m_1 - m_2)} + \frac{\sin(m_1 + m_2)t}{2(m_1 + m_2)}}{\frac{1}{m_1} \left(\frac{1}{4} \sin 2m_1 t + \frac{1}{2} m_1 t\right)} \quad (39)$$

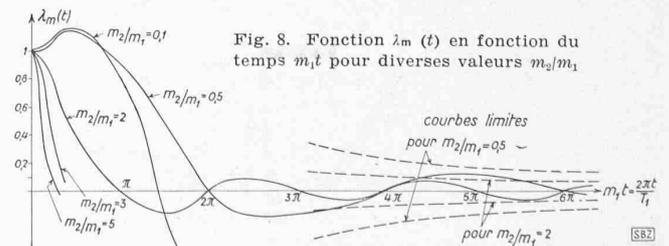


Fig. 8. Fonction  $\lambda_m(t)$  en fonction du temps  $m_1 t$  pour diverses valeurs  $m_2/m_1$

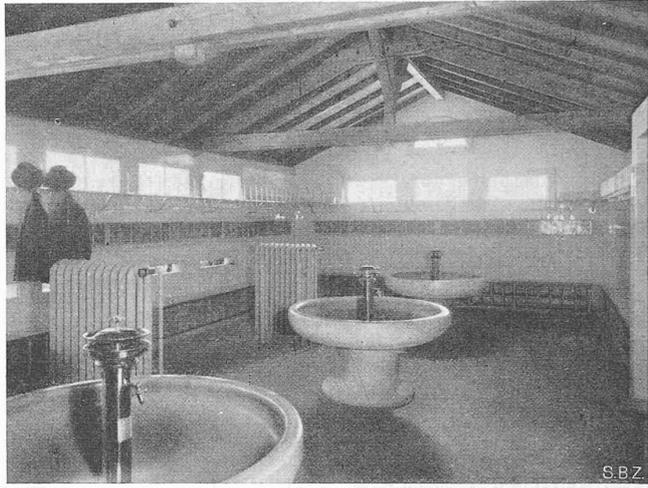
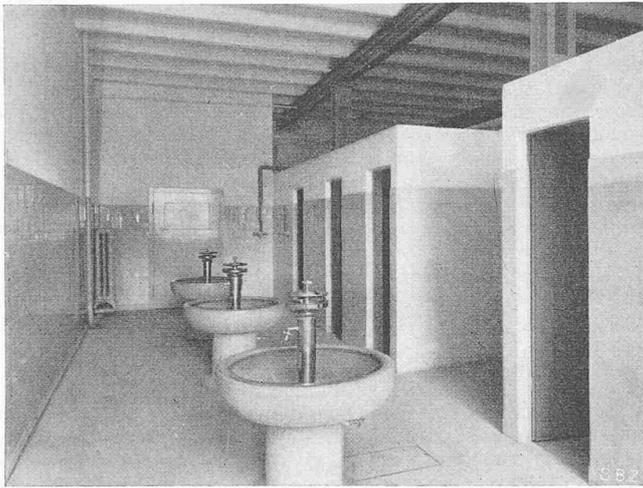


Abb. 3. Wasch- und Duschraum gemäss Abb. 1

Abb. 4. Neu erstelltes Waschraum- und Garderobe-Gebäude

$\lambda_m(t)$  et, par le fait  $\varphi_m(t)$ , existent donc;  $\lambda_m(t)$  est une fonction qui dépend de  $t$  et du rapport  $T_2/T_1 = m_1/m_2$ . Nous avons vu que le cas  $T_1 = T_2$ , c'est-à-dire  $m_1 = m_2$ , doit être exclu. On peut tracer les courbes  $\lambda_m(t)$  en fonction de  $t$ , en prenant  $m_1/m_2$  comme paramètre, et chercher leur maximum. On constate (fig. 8) qu'à l'origine,  $t = 0$ , toutes les courbes passent par l'ordonnée 1, c'est-à-dire que  $\lambda_m(t)_{t=0} = 1$ . Pour  $t$  assez grand, les extremums de  $\lambda_m(t)$  restent certainement inférieurs à une valeur limite

$$\lambda_m(t)_{\text{lim}} = \pm \frac{(m_1 + m_2) + |m_1 - m_2|}{|m_1 - m_2| (m_1 + m_2) t}$$

On vérifie alors que, pour  $m_2/m_1 > 1$  le maximum de  $\lambda_m(t)$  est  $\lambda_m(t) = 1$ , et que pour  $m_2/m_1 < 1$ , on a  $\lambda(t)_{\text{max}} = 1,15$ . La fig. 8 montre quelle est l'allure des courbes  $\lambda_m(t)$  correspondant à  $m_2/m_1 = 0,5$  et 2, en fonction de  $t$ . En pratique, on peut recommander l'emploi de la formule

$$F_1 \geq \frac{f_1 L_1 [1 + \lambda(t)_{\text{max}} F_1/F_2]}{2g P_1 (H - P_1 w_{1,0}^2 - P_2 w_{2,0}^2)} \dots (40)$$

que nous pouvons encore écrire, en définissant:

$$F^*_{\text{Th}_1} = \frac{f_1 L_1}{2g P_1 (H - P_1 w_{1,0}^2 - P_2 w_{2,0}^2)}$$

$$F_1 \geq F^*_{\text{Th}_1} \frac{1}{1 - \frac{f_1 L_1 \lambda(t)_{\text{max}}}{2g P_1 F_2 (H - P_1 w_{1,0}^2 - P_2 w_{2,0}^2)}} \dots (41)$$

où  $\lambda(t)_{\text{max}}$  diffère peu de l'unité. Nous avons vérifié par des calculs graphiques effectués de proche en proche, que l'application de la formule (40), pour  $\lambda(t)_{\text{max}} \cong 1$ , donne de bons résultats dans le cas de grandes oscillations également.

b) Condition  $\psi_m(t) > 0$ . Nous savons par l'étude de la chambre simple que le procédé estimatif de Schüller-Karas ne permet pas discuter utilement cette condition.

c) Etude de la chambre d'équilibre située à l'aval des turbines

On montre que l'on peut ramener les équations (26), (28) et (29) à la forme même de l'équation (32), dans laquelle on aurait interverti tous les indices «1» et «2». Nous aurons immédiatement les résultats finaux du calcul en intervertissant également ces indices dans les formules finales. C'est dire que nous aurons:

$$F_2 \geq \frac{f_2 L_2 (1 + \lambda(t)_{\text{max}} F_2/F_1)}{2g P_2 (H - P_1 w_{1,0}^2 - P_2 w_{2,0}^2)} = F^*_{\text{Th}_2} (1 + \lambda(t)_{\text{max}} F_2/F_1) \dots (42)$$

(A suivre)

### Eine raumsparende Fabrikgarderobe-Anlage der Oederlin & Cie. A.-G., Baden

Arch. E. SCHNEIDER, Ennetbaden

Das zwischen Landstrasse und Limmat gelegene Fabrikareal, das weitgehend für die Fabrikation ausgenutzt werden muss, lässt nur wenig Platz und Raum übrig für die Unterbringung von sanitären Einrichtungen. Als es sich darum handelte, umfangreiche, zeitgemässe Abort-, Wasch- und Garderobenanlagen zu schaffen, war die Aufgabe deshalb keine leichte, weil man sich in dem durch die Umstände gegebenen Rahmen halten musste.

Bei Abort- und Waschräumen kann naturgemäss unter gewisse Masse nicht gegangen werden. Anders liegt die Sache bei den Garderoben. Hier wurden bis heute fast ausschliesslich die üblichen Schränke verwendet, die den Arbeitern Gelegenheit bieten, ihre Kleider aufzuhängen und gewisse Gegenstände unter Abschluss aufzubewahren. Diese Schränke, bei denen wohl nur theoretisch eine Durchlüftung stattfindet, müssen zweifellos in einem gewissen Grad als unhygienisch bezeichnet werden, da verschmutzte und durchnässte Kleider keine Möglichkeit haben, auszudünsten oder zu trocknen. Ein weiterer Mangel, und dies ist der springende Punkt, ist die Platzbeanspruchung. Die Schränke haben eine Breite von 30 cm, sodass also für die Teilbelegschaft von rd. 300 Personen eine totale Länge von 90 m nötig wäre. Da aber nur eine solche von 50 m zur Verfügung stand, musste eine andere Lösung gefunden werden.

Da man auf Schränke aus den vorerwähnten Gründen gerne verzichtete, wurde eine offene Aufhängevorrichtung ausgeführt. Diese besteht pro Person aus je zwei hintereinander angeordneten Kleiderhaken und einem dünnen senkrechten Stab für den Hut, die in Abständen von 17 cm an einer mittels Konsolen gehaltenen Stange angebracht sind (Abb. 1 u. 2). Die herkömmlichen Schränke hatten auch den grossen Nachteil, weder eine Sitzgelegenheit noch eine Gelegenheit zum Aufstellen der Füsse beim Aus- und Anziehen der Schuhe zu bieten. Diesem Mangel wurde abgeholfen durch die Anordnung von Bänken mit je zwei übereinander angeordneten Fächern für Schuhe oder andere Gegenstände. Ferner wurden in bequemer Höhe Kästchen angebracht, die es jedem Arbeiter ermöglichen, Effekten, die er gesichert haben möchte, unter Verschluss aufzubewahren.

Als sehr wichtiger Faktor wurde die Durchlüftung der Räume angesehen, und dementsprechend wurden Vorrichtungen getroffen. In einer der beiden Garderoben (Abb. 4), die in einem eigens für diesen Zweck erstellten Gebäude untergebracht ist, war es möglich, über den Bänken Luftschlitze und auf der Dachfirst Dachreiter für die Ventilation anzuordnen, was sich ausserordentlich gut bewährte. Auch in der andern Garderobe, die in einem frühern Modellraum unterzubringen war (Abb. 1 und 3), wurde eine zweckmässige Lösung gefunden. Ueber die Waschräume ist kurz zu sagen, dass sie, wie auf den Abbildungen ersichtlich, mit Fontänen und Duschkabinen ausgestattet und zwecks Reinigungsmöglichkeit geplättelt sind.

### MITTEILUNGEN

**Die Brennstoffversorgung im Winter 1943/44** wurde von W. Schaper, Chef der Gruppe Kohle bei der Sektion für Kraft und Wärme, in einem Vortrag im Schosse des Schweiz. Kohlenhändlerverbandes behandelt. Die Bereitstellung der Brennstoffe, überwacht vom KIAA und aufgeteilt auf die Sektionen: für Holz, für Kraft und Wärme (Importen) und für Elektrizität und die Verteilung derselben nach den Gruppen Holz, übrige Brennstoffe, Elektrizität, bilden sehr schwierige Aufgaben, weil Zufuhr, Produktion und Nachfrage stark schwanken und weil gewisse Reserven für längere Kriegsdauer oder Nachkriegsschwierigkeiten notwendig sind. Wo Kohle auch Roh- und Betriebsstoff lebenswichtiger Industrien ist, müssen diese den Vorrang behalten, der Hausbrand entsprechend mehr eingeschränkt