Les coups de bélier d'ouverture brusque dans les conduites à caractéristiques linéairement variables

Autor(en): **Favre, Henri**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **71 (1945)**

Heft 19

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-54104

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

71e année 15 septembre 1945 N° 19

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 13.50 francs
Etranger : 16 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 11 francs
Etranger : 13.50 francs

Prix du numéro :
75 centimes

Pour les abonnements s'adresser à la librairie F. Rouge & Cie, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitaux, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg :* MM. L. Hertling, architecte ; P. Joye, professeur ; *Vaud :* MM. F. Chenaux, ingénieur ; E. Elskes, ingénieur ; E. Jost, architecte ; A. Paris, ingénieur ; Ch. Thévenaz, architecte ; *Genève :* MM. L. Archinard, ingénieur ; E. Martin, architecte ; E. Odier, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur ; A. Méan, ingénieur ; *Valais :* M. J. Dubuis, ingénieur ; A. de Kalbermatten, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur, Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Publicité :
TARIF DES ANNONCES
Le millimètre (larg. 47 mm.) 20 cts.
Tarif spécial pour fractions de pages.
En plus 20 % de majoration de guerre
Rabais pour annonces répétées.

ANNONCES-SUISSES S.A.
5, rue Centrale
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitaux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

SOMMAIRE. — *Les coups de bélier d'ouverture brusque dans les conduites à caractéristiques linéairement variables* (suite et fin), par Henry Favre, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale, Zurich. — *Concours d'idées pour types de bâtiments agricoles.* — Les congrès : *Assemblées générales de l'Union des Centrales suisses d'électricité et de l'Association suisse des électriciens à Zurich.* — *Société suisse des ingénieurs et des architectes : Communiqué N° 3 du service de presse de la Société suisse des ingénieurs et des architectes et de la Société suisse des entrepreneurs relatif à la construction en temps de guerre.* — Nécrologie : *Jean Jaccottet, ingénieur.* — Bibliographie. — Communiqué. — Carnet des concours. — Service de placement.

Les coups de bélier d'ouverture brusque dans les conduites à caractéristiques linéairement variables,

par Henry FAVRE,
professeur à l'Ecole polytechnique fédérale, Zurich.

(Suite et fin.) [1]

§ 2. Etude systématique du coup de bélier d'ouverture brusque. Dépressions et surpressions à l'extrémité aval de la conduite.

On peut envisager deux types de manœuvres d'ouverture brusque : 1° *l'augmentation brusque de l'ouverture,* la conduite étant déjà en service (fig. 6), 2° *l'ouverture brusque* proprement dite, la conduite n'étant pas en service (fig. 7 et 8). Dans ce dernier cas, c'est en ouvrant complètement l'obturateur, depuis sa position de fermeture, que la discontinuité de la fonction η sera la plus grande et nous désignerons le régime varié correspondant sous le nom de *coup de bélier d'ouverture brusque totale* (fig. 8). Ce cas extrême n'est toutefois pas distinct d'une manœuvre *d'ouverture brusque partielle* (fig. 7). En effet, si nous convenons de désigner par $\eta = 1$ la valeur de l'ouverture relative à la fin d'une manœuvre partielle et par ρ_o la valeur de $\frac{a_o v_o}{2g\, y_o}$ relative au régime permanent correspondant à cette ouverture, toute ouverture partielle pourra être considérée comme totale. On embrassera donc tous les coups de bélier d'ouverture brusque en choisissant $\eta = 0$ pour $t < 0$, $\eta = 1$ pour $t > 0$ et en faisant varier σ et ρ_o entre des limites convenables.

C'est ce que nous avons fait dans l'étude systématique qui suit. Notre travail a consisté à examiner 84 ouvertures brusques réparties dans le domaine des conduites et des manœuvres entrant pratiquement en ligne de compte. Cette étude n'a donc pas abordé la question des manœuvres d'augmentation brusque de l'ouverture (fig. 6). L'examen de ces dernières aurait en effet dépassé le cadre de cette étude. Nous ne pensons d'ailleurs pas que ces manœuvres soient plus dangereuses que les ouvertures brusques proprement dites. Mais ce serait là un point qui mériterait d'être étudié plus à fond.

Nous avons envisagé les six groupes de conduites caractérisés par

$$\sigma = 0 \quad 0{,}2 \quad 0{,}4 \quad 0{,}6 \quad 0{,}8 \quad 1{,}0.$$

Pour chacun d'eux, nous avons calculé les variations de pression à l'extrémité aval, produites par une ouverture brusque totale, pour les quatorze valeurs suivantes de la caractéristique ρ_o :

$$\rho_o = 0{,}05 \quad 0{,}1 \quad 0{,}2 \quad 0{,}3 \quad 0{,}4 \quad 0{,}5 \quad 0{,}6 \quad 0{,}8 \quad 1{,}0 \quad 1{,}25 \quad 1{,}5 \quad 2{,}0 \quad 2{,}5 \quad 3{,}0.$$

Les $6 \times 14 = 84$ calculs ont été faits en appliquant les formules (10), (11) et (12) comme nous l'avons indiqué à la fin du paragraphe précédent. Afin d'obtenir une bonne exactitude et de réduire les opérations au minimum de temps, les calculs ont été faits à l'aide d'une

[1] Voir *Bulletin technique* du 1er septembre 1945, p. 249 à 252.

machine Madas. Il n'est évidemment pas possible de publier les 84 diagrammes indiquant les variations de la surpression relative $\xi = \zeta^2 - 1$ en fonction du temps, obtenues de cette manière. Nous nous contentons de donner les diagrammes :

$\rho_o = 0{,}05 \quad 0{,}1 \quad 0{,}2 \quad 0{,}4 \quad 0{,}8 \quad 1{,}25 \quad 2{,}0 \quad 3{,}0$

relatifs aux conduites

$\sigma = 0 \quad 0{,}2 \quad 0{,}6 \quad 1{,}0$ (fig. 9 à 12).

Ces quatre groupes de conduites sont les plus intéressants des six. Rappelons en effet que σ caractérise la variation, le long de l'axe, des grandeurs D, a du profil en travers, dont le rôle dans ce phénomène ressort des formules (5), (6) et (7).

Les conduites $\sigma = 0$ correspondent au cas du *diamètre et de l'épaisseur constants* [1].

$\sigma = 0{,}2$ représente un groupe de conduites à caractéristiques *faiblement variables* le long de l'axe (exemple : $D_A = 1{,}30$ m, $D_o = 1{,}15$ m, $a_m = 1000$ m/sec, $a_o = 1060$ m/sec) ;

$\sigma = 0{,}6$, un groupe à caractéristiques *moyennement variables* (exemple : $D_A = 1{,}40$ m, $D_o = 1{,}00$ m, $a_m = 1035$ m/sec, $a_o = 1175$ m/sec) ;

$\sigma = 1{,}0$, des conduites à caractéristiques *fortement variables* (exemple : $D_A = 1{,}45$ m, $D_o = 0{,}95$ m, $a_m = 1080$ m/sec, $a_o = 1380$ m/sec).

1. *Conduites* $\sigma = 0$ (fig. 9). Comme le montrent les diagrammes, ces coups de bélier sont caractérisés par le fait que, pendant chaque phase, la pression reste constante à l'extrémité aval de la conduite. Dans la première phase ($0 < t < 1$), la surpression ξ est toujours négative (dépression) et croît rapidement en valeur absolue avec le nombre ρ_o. Pour de petites valeurs de ce nombre, la surpression est positive dans la seconde phase ($1 < t < 2$, phase de contre-coup), ce qui n'est plus le cas lorsque ρ_o dépasse une certaine limite, où ξ devient nettement négatif dans cette phase.

Pour $\rho_o = 0{,}05$, le diagramme est une courbe formée de créneaux dont la hauteur décroît légèrement. Le phénomène est analogue à celui de la fermeture brusque totale, où il n'y a pas de décroissance. A mesure que ρ_o croît, l'amplitude des oscillations diminue plus rapidement. On ne peut presque plus parler d'une oscillation pour $\rho_o = 0{,}8$ et plus du tout pour 1,25. On peut donc dire que pour de petites valeurs du nombre ρ_o, les courbes ont le caractère d'une oscillation périodique, dont la constante d'amortissement croîtrait avec ce nombre, tandis que lorsque ρ_o dépasse une certaine valeur, le phénomène ressemble à un mouvement apériodique. Comme la dépression de la première phase croît en valeur absolue avec ρ_o, on voit que, plus la dépression d'ouverture est grande, plus l'amplitude des oscillations décroît rapidement.

[1] Comme nous l'avons remarqué dans notre mémoire de la *R. G. H.* on peut cependant imaginer des conduites $\sigma = 0$ où D et a varient le long de l'axe. Mais de telles conduites ne se rencontrent pas dans la pratique.

A la figure 13, nous avons indiqué par différentes courbes les valeurs des surpressions des cinq premières phases du phénomène, en fonction de ρ_o. Ces courbes ont été déduites des 14 diagrammes pour $\sigma = 0$. Elles résument les résultats obtenus et montrent clairement ce qui suit.

a) C'est toujours dans la première phase $0 < t < 1$ que la dépression la plus forte a lieu. La valeur absolue de cette dépression croît avec ρ_o et tend asymptotiquement vers 1.

b) Pour $0 < \rho_o < 0{,}75$, il y a dans la seconde phase un contre-coup de surpression. Celui-ci passe par un maximum ($\xi = 0{,}228$) pour $\rho_o = 0{,}28$ environ.

c) Pour $\rho_o > 0{,}75$, il n'y a plus de surpressions sensibles produites par le coup de bélier, seulement des dépressions.

2. *Conduites* $\sigma = 0{,}2$ (fig. 10). Pendant *chaque phase*, la pression ne reste pas constante à l'extrémité aval de la conduite, comme le montrent les diagrammes. C'est ce qui distingue nettement ce groupe de celui où $\sigma = 0$ (fig. 9). Nous ferons la même remarque en décrivant les groupes $\sigma = 0{,}6$ et 1,0. *La variation de la pression pendant une phase est donc la conséquence de la variation des caractéristiques le long de l'axe*, puisqu'elle provient de σ.

Une autre remarque importante est la suivante. Pour $\sigma = 0{,}2$, ce n'est pas nécessairement le coup direct ($0 < t < 1$) qui donne la plus grande dépression et, lorsqu'il y a des surpressions, leur maximum n'a pas toujours lieu dans la seconde phase. Ce caractère, que nous retrouverons dans les autres diagrammes ($\sigma = 0{,}6$ et 1,0) est également une conséquence directe de la variation des caractéristiques le long de l'axe.

A la figure 14, nous avons indiqué par des courbes les valeurs des surpressions ξ au début des différentes phases, en fonction de ρ_o. Ces courbes sont déduites des 14 diagrammes relatifs au cas $\sigma = 0{,}2$. Elles résument les résultats et montrent que :

a) Ce n'est pas toujours dans la première phase que la dépression la plus forte est atteinte. Pour $0 < \rho_o < 0{,}085$, c'est au début de la cinquième phase ($t = 4 + 0$) que ξ passe par sa plus petite valeur, pour $0{,}085 < \rho_o < 0{,}15$ c'est au début de la troisième ($t = 2 + 0$) et pour $\rho_o > 0{,}15$ au début de la première ($t = 0 + 0$). Remarquons que si $0 < \rho_o < 0{,}15$, les dépressions sont, en valeur absolue, plus grandes que lorsque $\sigma = 0$. Ceci est encore une conséquence de la variation des caractéristiques. Si $\rho_o > 0{,}15$, la dépression est la même que lorsque $\sigma = 0$.

b) Pour $0 < \rho_o < 1{,}35$, des surpressions sensibles se produisent, dont les maxima ont lieu aux époques suivantes :

$0 < \rho_o < 0{,}06$: au début de la sixième phase ($t = 5 + 0$),
$0{,}06 < \rho_o < 0{,}11$: » » quatrième » ($t = 3 + 0$),
$0{,}11 < \rho_o < 0{,}97$: » » deuxième » ($t = 1 + 0$),
$0{,}97 < \rho_o < 1{,}35$: » » troisième » ($t = 2 + 0$).

Le plus grand de ces maxima est $\xi = 0{,}355$, pour $\rho_o = 0{,}34$ environ. Il a lieu au début de la deuxième phase.

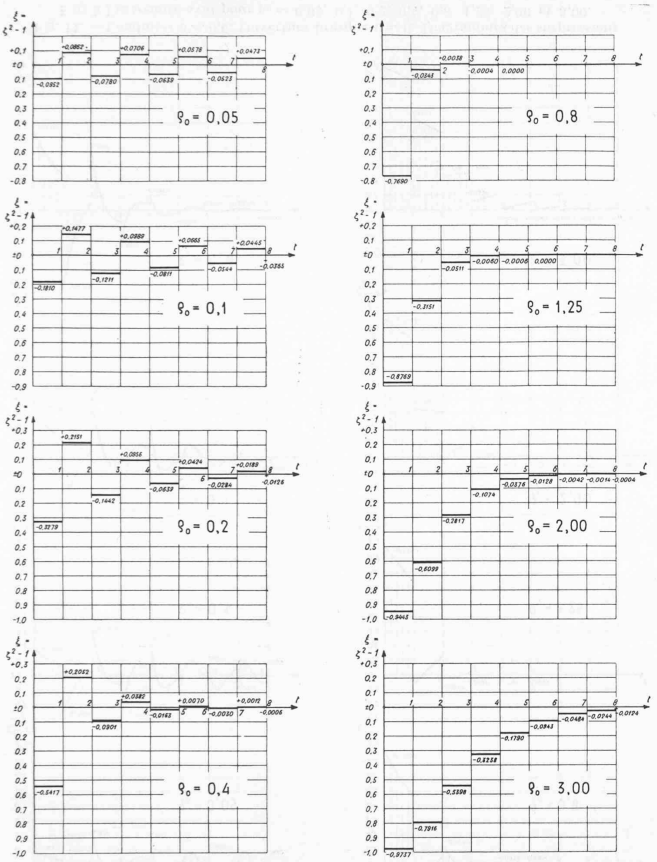

Fig. 9. — Conduite $\sigma = 0$. Ouverture brusque $\theta = 0$. Diagrammes des surpressions $\xi(t)$ à l'extrêmité aval pour $\rho_o = 0{,}05$, 0,1, 0,2, 0,4, 0.8, 1,25, 2,00 et 3,00.

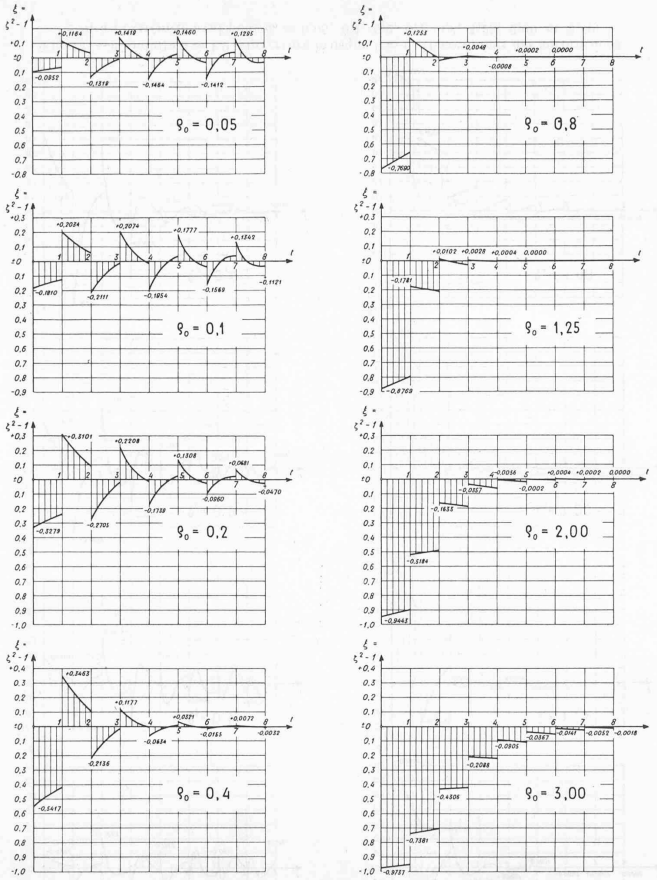

Fig. 10. — Conduite $\sigma = 0{,}2$. Ouverture brusque $\theta = 0$. Diagrammes des surpressions $\xi(t)$ à l'extrêmité aval pour $\rho_o = 0{,}05$, 0,1, 0,2, 0,4, 0,8, 1,25, 2,00 et 3,00.

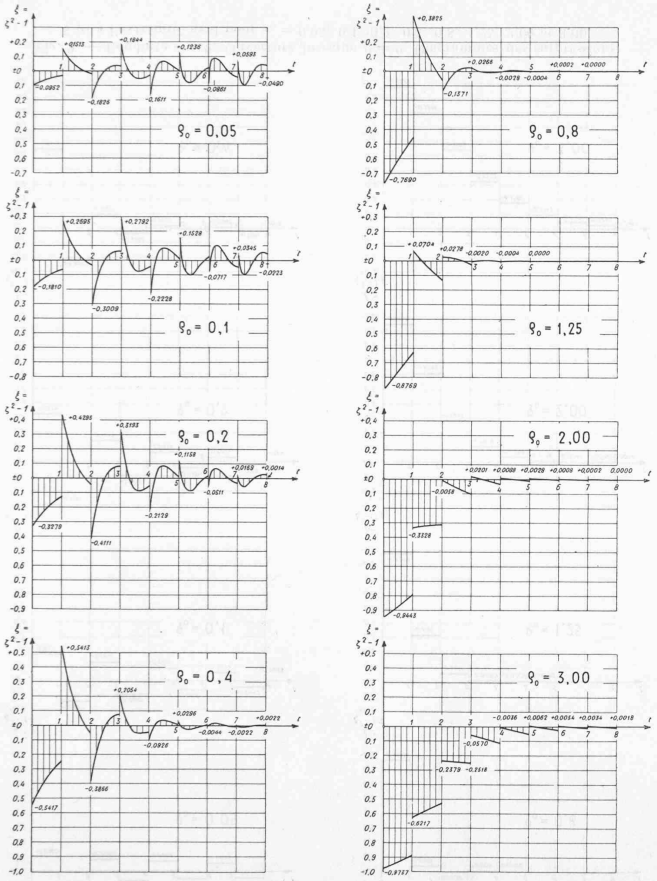

Fig. 11. — Conduites $\sigma = 0{,}6$. Ouverture brusque $\theta = 0$. Diagrammes des surpressions $\xi\ (t)$ à l'extrêmité aval pour $\rho_o = 0{,}05,\ 0{,}1,\ 0{,}2,\ 0{,}4,\ 0{,}8,\ 1{,}25,\ 2{,}00$ et $3{,}00$.

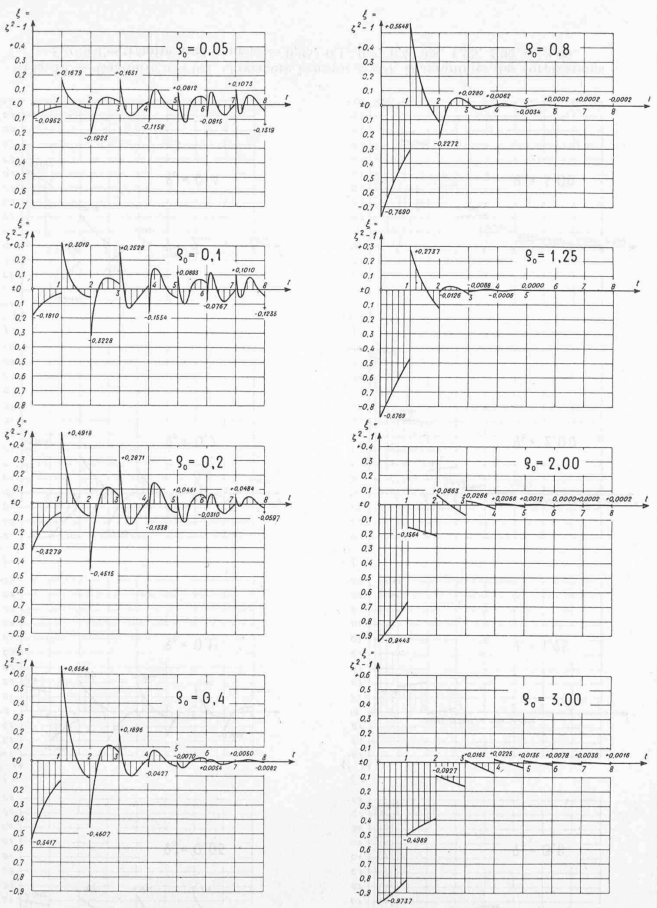

Fig. 12. — Conduite $\sigma = 1{,}0$. Ouverture brusque $\theta = 0$. Diagrammes des surpressions $\xi\ (t)$ à l'extrêmité aval pour $\rho_o = 0{,}05,\ 0{,}1,\ 0{,}2,\ 0{,}4,\ 0{,}8,\ 1{,}25,\ 2{,}00$ et $3{,}00$.

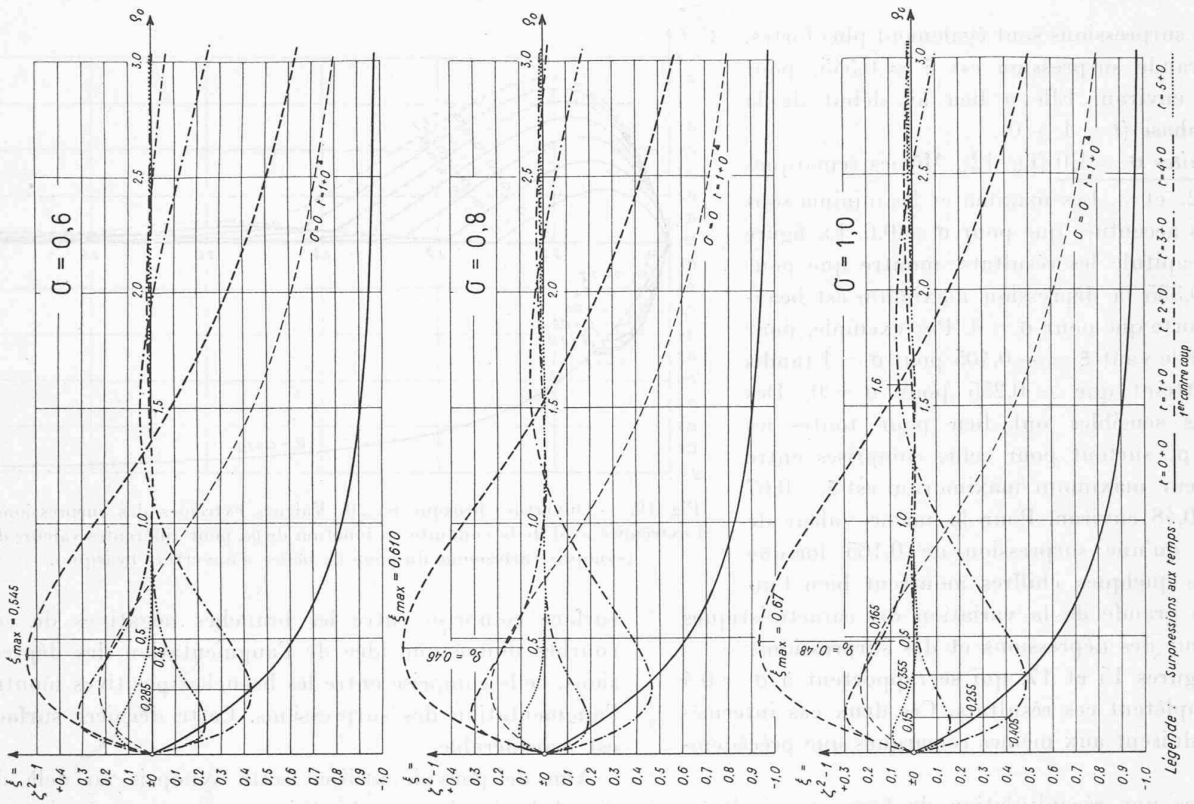

Fig. 16, 17 et 18. — Conduite σ = 0,6, 0,8 et 1,0. Ouverture brusque θ = 0. Diagrammes des surpressions au début de chaque phase en fonction de la caractéristique ρ_o.

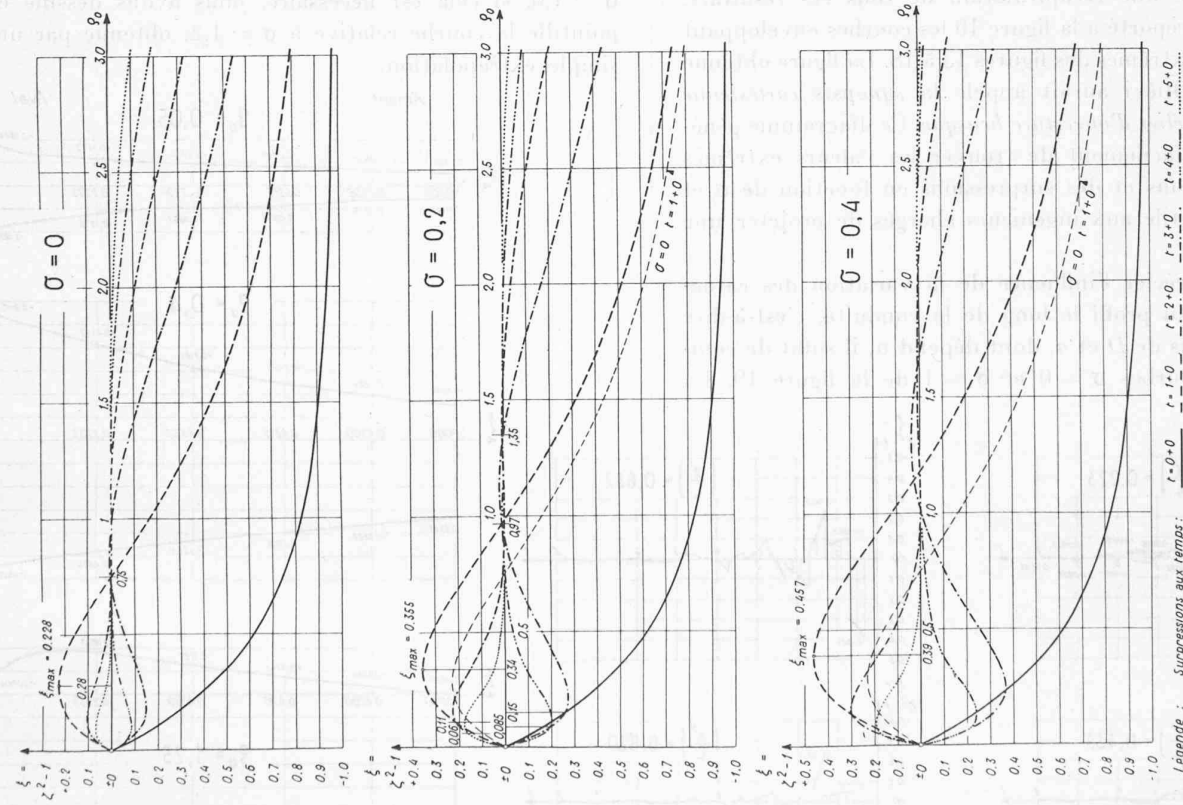

Fig. 13, 14 et 15. — Conduite σ = 0, 0,2 et 0,4. Ouverture brusque θ = 0. Diagrammes des surpressions au début de chaque phase en fonction de la caractéristique ρ_o.

c) Pour $\rho_o > 1{,}35$, il n'y a plus de surpressions sensibles produites par le coup de bélier, seulement des dépressions.

3. *Conduites* $\sigma = 0{,}6$ (fig. 11). Ce cas donne lieu aux mêmes remarques que le précédent. Les maxima et les minima sont toutefois plus accentués et n'ont plus nécessairement lieu au début ou à la fin des phases. La courbure des arcs constituant les diagrammes est en général beaucoup plus forte que pour $\sigma = 0{,}2$.

La figure 16 récapitule les résultats. Elle montre que pour $0 < \rho_o < 0{,}285$, la dépression maximum est, en valeur absolue, sensiblement plus grande que pour

$\sigma = 0$. Les surpressions sont également plus fortes. La plus grande surpression est $\xi = 0{,}545$, pour $\rho_o = 0{,}43$ environ. Elle a lieu au début de la deuxième phase ($t = 1 + 0$).

4. *Conduites* $\sigma = 1{,}0$ (fig. 12). Mêmes remarques que pour 2. et 3. Les maxima et les minima sont encore plus accentués que pour $\sigma = 0{,}6$. La figure 18, qui récapitule les résultats, montre que pour $0 < \rho_o < 0{,}335$ la dépression maximum est beaucoup plus forte que pour $\sigma = 0$. Par exemple, pour $\rho_o = 0{,}15$, elle vaut $\xi = -0{,}405$ pour $\sigma = 1$ tandis qu'elle n'atteint que $-0{,}255$ pour $\sigma = 0$. Des surpressions sensibles ont lieu pour toutes les valeurs de ρ_o, surtout pour celles comprises entre 0 et 1,6. Leur maximum maximorum est $\xi = 0{,}67$ pour $\rho_o = 0{,}48$ environ. Pour la même valeur de ρ_o, on n'a qu'une surpression de 0,165 lorsque $\sigma = 0$! Ces quelques chiffres montrent bien l'influence très grande de la variation des caractéristiques sur la valeur des dépressions et des surpressions.

5. Les figures 15 et 17, qui se rapportent à $\sigma = 0{,}4$ et 0,8, complètent ces résultats. Ces deux cas intermédiaires conduisent aux mêmes remarques que précédemment.

Pour faire une récapitulation de tous ces résultats, nous avons reporté à la figure 19 les courbes enveloppant les valeurs extrêmes des figures 13 à 18. La figure obtenue est ce qu'Alliévi aurait appelé la *synopsis cartésienne du coup de bélier d'ouverture brusque*. Ce diagramme général permet facilement de trouver les valeurs extrêmes des dépressions et des surpressions en fonction de σ et ρ_o. Il sera utile aux ingénieurs chargés de projeter une conduite.

Pour apprécier l'influence de la variation des caractéristiques du profil le long de la conduite, c'est-à-dire les variations de D et a, dont dépend σ, il suffit de comparer les courbes $\sigma = 0$ et $\sigma = 1$ de la figure 19. La surface comprise entre les branches négatives de ces courbes donne une idée de l'augmentation des dépressions, celle comprise entre les branches positives montre l'augmentation des surpressions. Cette dernière surface est considérable.

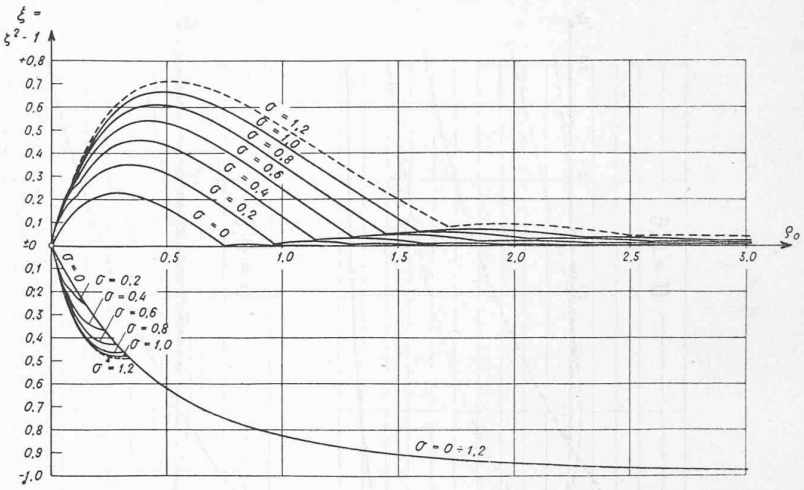

Fig. 19. — Ouverture brusque $\theta = 0$. Valeurs extrêmes des surpressions à l'extrêmité aval de la conduite en fonction de ρ_o, pour différentes valeurs de σ (synopsis cartésienne du coup de bélier d'ouverture brusque).

Afin de pouvoir utiliser cette synopsis au delà de $\sigma = 1{,}0$, si cela est nécessaire, nous avons dessiné en pointillé la courbe relative à $\sigma = 1{,}2$, obtenue par une simple extrapolation.

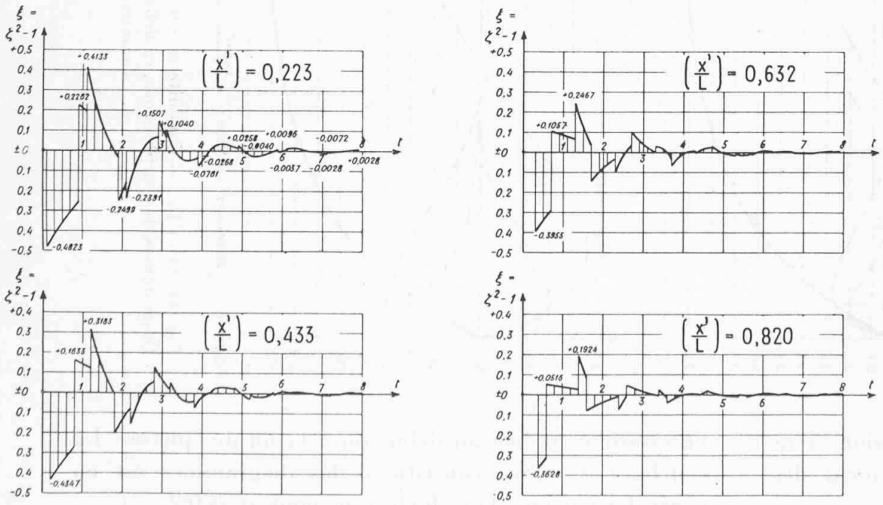

Fig. 20. — Conduite $\sigma = 0{,}6$. ($\nu = 0{,}135$, $\mu = 0{,}400$) Ouverture brusque $\theta = 0$. Diagrammes des surpressions $\xi(t)$ aux profils $\frac{x'}{L} = 0{,}223$, 0,433, 0,632 et 0,820 pour $\rho_o = 0{,}4$.

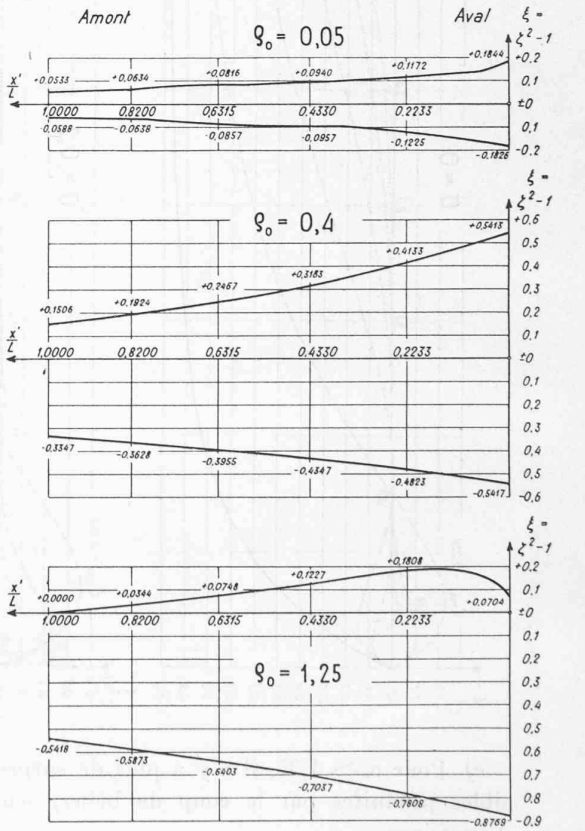

Fig. 21. — Conduite $\sigma = 0{,}6$ ($\nu = 0{,}135$, $\mu = 0{,}400$). Ouverture brusque $\theta = 0$. Valeurs extrêmes des surpressions le long de l'axe, pour $\rho_o = 0{,}05$, 0,4 et 1,25.

Remarque : Supposons une ouverture brusque et totale de l'obturateur d'une conduite pour laquelle $\sigma = 0{,}6$ et que ρ_o soit égal à 1,6 (valeur qui correspond à la marche normale). La figure 19 montre que ce coup d'ouverture brusque donnera à l'extrémité aval une dépression maximum de $-0{,}92$ et une surpression maximum de $+0{,}045$ seulement. Si, au lieu de s'ouvrir totalement, *l'obturateur s'ouvre seulement au quart*, ce qui correspond à $\eta = 1$ et $\rho_o = \frac{1{,}6}{4} = 0{,}4$, le diagramme montre que la dépression sera $-0{,}545$ et la surpression $+0{,}54$. *Une petite manœuvre d'ouverture* ($^1/_4$) *peut donc engendrer une surpression égale à douze fois celle d'une grande* ($^1/_1$), puisque $0{,}54 = 12 \times 0{,}045$! On saisit par cet exemple combien le phénomène est complexe et mérite une étude approfondie.

§ 3. Répartition, le long de la conduite, des coups de bélier produits par l'ouverture brusque de l'obturateur.

Cette répartition a été calculée à l'aide de la méthode indiquée au paragraphe 4 du chapitre premier de notre mémoire de la *R. G. H.*, pour $\nu = 0{,}135$, $\mu = 0{,}400$, $\sigma = 0{,}6$ et les trois manœuvres $\rho_o = 0{,}05$, 0,4 et 1,25.

La figure 20 donne, pour $\rho_o = 0{,}4$, les diagrammes des surpressions ξ en fonction du temps pour les profils $\frac{x'}{L} = 0{,}223$, 0,433, 0,632, et 0,820[1]. Ils montrent *qu'il y a deux discontinuités par phase* pour les profils intermédiaires.

[1] x' désigne l'abcisse du profil, mesurée le long de l'axe depuis l'obturateur (fig. 1). Le diagramme relatif à $\frac{x'}{L} = 0$ est donné à la figure 11, pour $\rho_o = 0{,}4$.

Dans la figure 21, nous avons reporté, en fonction de $\frac{x'}{L}$ et pour les trois manœuvres envisagées, les valeurs extrêmes des dépressions et des surpressions, ce qui nous a permis de tracer les courbes donnant la variation de ces valeurs extrêmes le long de l'axe. Il serait difficile de tirer des conclusions générales de ces résultats particuliers. Ils montrent cependant que *la répartition le long de l'axe n'est ni constante, ni linéaire*, et que *ce n'est pas toujours à l'extrémité aval que les surpressions sont les plus fortes* (voir le cas $\rho_o = 1{,}25$).

§ 4. Coups de bélier d'ouverture linéaire de durée très petite.

Nous avons fait cette étude pour $\sigma = 0{,}6$ et les trois valeurs $\rho_o = 0{,}05$, 0,4 et 1,25, en choisissant successivement la durée d'ouverture θ égale à $^1/_3$, $^2/_3$, 1, $1\,^1/_3$, $1\,^2/_3$ et 2. Les calculs ont été exécutés à l'aide de la formule (8), avec $n = 6$. Nous nous sommes contentés

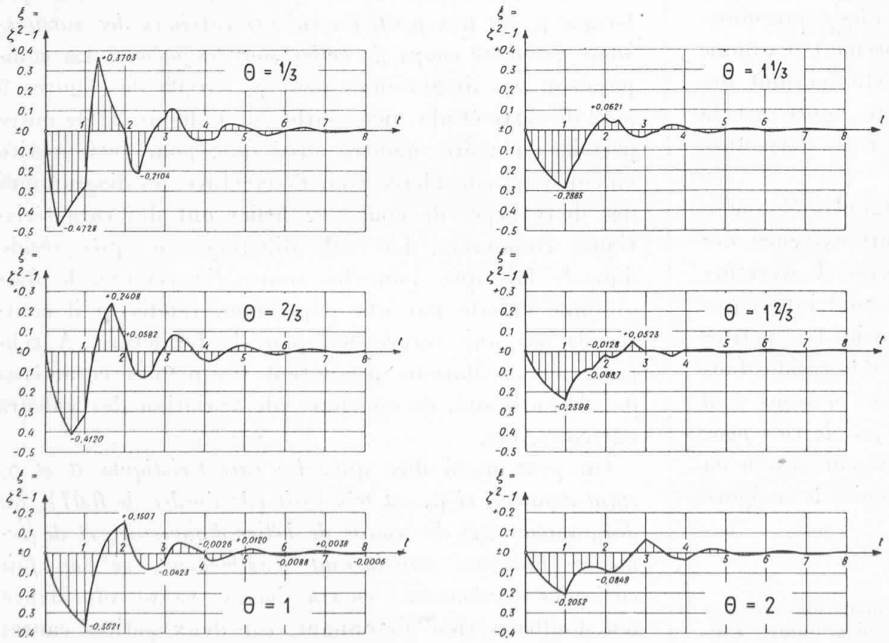

Fig. 22. — Conduites $\sigma = 0{,}6$. Ouverture linéaire $\rho_o = 0{,}4$. Diagrammes des surpressions à l'extrémité aval de la conduite pour $\theta = {}^1/_3$, $^2/_3$, 1, $1\,^1/_3$, $1\,^2/_3$, 2,

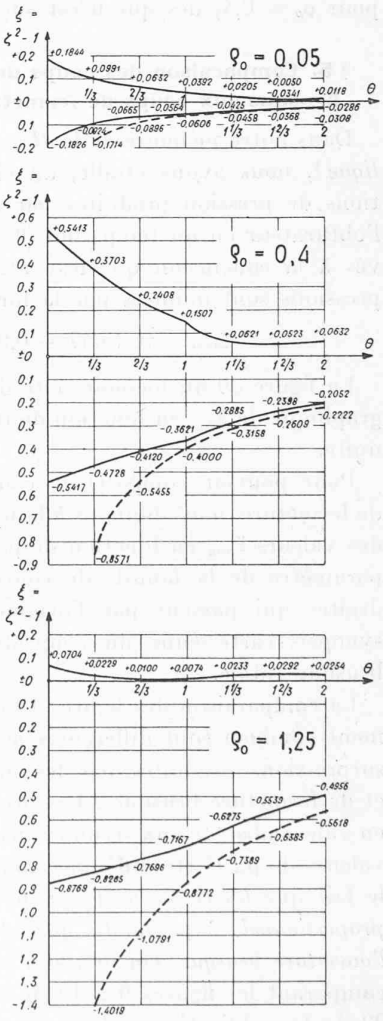

Fig. 23. — Conduites $\sigma = 0{,}6$. Ouverture linéaire. Valeurs extrêmes des surpressions à l'extrémité aval en fonction de la durée de la manœuvre θ, pour $\rho_o = 0{,}05$, 0,4 et 1,25 (traits continus).
Valeurs calculées en supposant la manœuvre lente (traits interrompus).

d'évaluer les surpressions à l'extrémité aval de la conduite.

La figure 22 donne le résultat du calcul pour $\rho_o = 0{,}4$. Si nous comparons la figure 11, $\rho_o = 0{,}4$ ($\theta = 0$) et les différents diagrammes de la figure 22 ($\theta \neq 0$), on voit immédiatement combien il est favorable que la manœuvre soit aussi lente que possible !

La figure 23 montre encore mieux cette diminution des valeurs extrêmes en fonction de θ pour les trois valeurs de ρ_o considérées. Dans cette figure nous avons aussi indiqué par des traits interrompus les valeurs de la dépression maximum donnée par les formules approchées (57) et (58) de notre mémoire de la *R. G. H.* (paragraphe 4 du chapitre II). *Ces formules ont été établies pour des manœuvres linéaires lentes* et *en supposant* ρ_o/θ *et* σ *petits par rapport à l'unité.* Quoique $\sigma = 0{,}6$ ne satisfasse pas à cette dernière condition, on voit que ces formules donnent ici de bonnes valeurs approchées de la dépression maximum pour $\rho_o = 0{,}05$ et même pour $\rho_o = 0{,}4$, dès que θ est supérieur à l'unité.

§ 5. Comparaison des coups de bélier d'ouverture brusque aux coups de fermeture brusque totale.

Dans notre mémoire de la *Revue générale de l'Hydraulique* [1], nous avons étudié, au chapitre III, les variations de pression produites par la fermeture totale de l'obturateur en un temps nul ($\theta = 0$). Nous étions arrivés à la conclusion que les valeurs extrêmes des surpressions sont données par la formule

$$\xi_{mm} = \pm (5{,}47 - 0{,}97\,\sigma).\,\rho_o.\ ^{2}$$

La figure 30 du mémoire cité donne la représentation graphique de ξ_{mm} en fonction de σ, en prenant ρ_o comme unité.

Pour pouvoir comparer le coup d'ouverture à celui de fermeture, nous donnons à la figure 24 les diagrammes des valeurs ξ_{mm} en fonction de ρ_o en prenant σ comme paramètre de la famille de courbes. Celles-ci sont des droites qui passent par l'origine. Cette figure est la synopsis cartésienne du coup de bélier de fermeture brusque totale.

La comparaison des figures 19 et 24 montre éloquemment combien sont différentes les valeurs extrêmes des surpressions produites par les manœuvres d'ouverture et de fermeture brusques. Les premières sont inférieures en valeur absolue aux secondes, sauf pour les très petites valeurs de ρ_o. Cette différence fondamentale réside dans le fait que *les coups de bélier de fermeture brusque sont proportionnels à* ρ_o, *tandis que ce n'est pas le cas pour l'ouverture brusque.* On arrive à la même conclusion en comparant les figures 9 à 12 de ce mémoire à la figure 22 de la publication citée.

[1] *Loc. cit.*

[2] Formule 62, *loc. cit.* ξ_{mm} désigne ici les valeurs extrêmes des courbes continues passant par les pointes des diagrammes $\xi(t)$. Ce sont donc des valeurs légèrement supérieures à ces pointes. Nous n'avons pas fait cette distinction dans la présente étude où nous avons considéré les valeurs des pointes elles-mêmes.

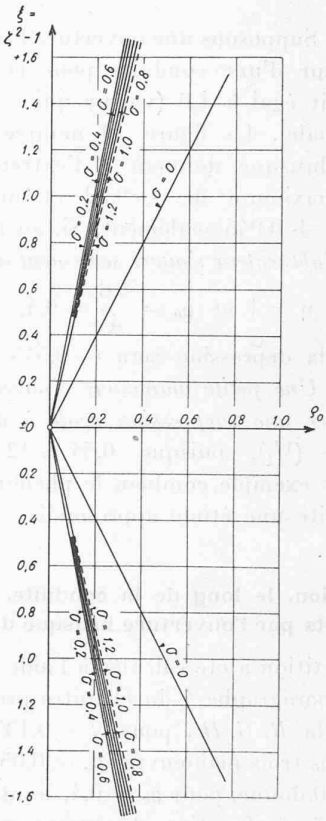

Fig. 24. — Fermeture brusque totale $\theta = 0$. Valeurs extrêmes des surpressions à l'extrémité aval de la conduite en fonction de ρ_o pour différentes valeurs de σ (synopsis cartésienne du coup de bélier de fermeture brusque totale).

Il est cependant un domaine où les deux types de coup de bélier présentent une analogie. C'est celui des très petites valeurs de ρ_o. On constate en effet que les droites de la synopsis de fermeture (fig. 24) coïncident sensiblement avec les tangentes à l'origine des courbes de la synopsis d'ouverture (fig. 19). Ceci signifie que *lorsque* ρ_o *est très petit, les valeurs extrêmes des surpressions des deux coups de bélier sont les mêmes.* La comparaison des diagrammes pour $\rho_o = 0{,}05$ des figures 9 à 12 de cette étude aux courbes de la figure 22 de notre premier mémoire montre aussi que, pour cette petite valeur de ρ_o considérée pour l'ouverture, les diagrammes des deux types de coups de bélier ont des caractéristiques communes. La seule différence marquée réside dans le fait que, pour les coups d'ouverture, le diagramme débute par une dépression, tandis qu'il commence par une surpression pour la fermeture. A cela près, les oscillations présentent les mêmes caractères de discontinuité, de courbure, de variation des valeurs extrêmes, etc.

On peut aussi dire que, *les caractéristiques* σ *et* ρ_o *étant données, si* ρ_o *est très petit (de l'ordre de 0,01), les diagrammes* $\xi(t)$ *des coups de bélier d'ouverture et de fermeture brusques coïncideront sensiblement, si l'on fait varier les coordonnées* ξ *en sens inverse.* Cette coïncidence n'a d'ailleurs rien d'étonnant, car deux petites causes de même valeur absolue mais de signes contraires ne peuvent avoir que les mêmes conséquences, aux signes près.

Quant aux *variations de pression le long de l'axe*, la comparaison de la figure 21 de ce mémoire à la figure 32 de notre article de la *R. G. H.* montre ce qui suit. Pour $\rho_o = 0{,}05$, la répartition des valeurs extrêmes des surpressions dues à l'ouverture brusque (fig. 21, $\sigma = 0{,}6$, $\rho_o = 0{,}05$) présente une certaine analogie avec celle relative à la fermeture brusque (fig. 32 *R. G. H.*, $\sigma = 0{,}6$, $\rho_o = 0{,}15$). Ceci est normal puisque nous avons vu que les coups de bélier à l'extrémité aval offrent le même caractère pour de petites valeurs de ρ_o. Par contre il y a très peu de ressemblance entre les deux derniers diagrammes de la figure 21 ($\rho_o = 0{,}4$ et $1{,}25$) et le dernier de la figure 32 *R. G. H.*

Zurich, le 14 juillet 1945.

Concours d'idées pour types de bâtiments agricoles et hangars.

Extrait du rapport du Jury.

Le jury chargé d'examiner les projets présentés au concours d'idées pour types de bâtiments agricoles et hangars s'est réuni les 15, 18 et 25 juin 1945 à la Salle Jean Muret, rue Chaucrau, Lausanne.

Il était composé de MM. Bl. Petitpierre, ingénieur, chef du Service des améliorations foncières, président ; P. Chavan, directeur de l'Ecole cantonal d'agriculture de Marcelin sur Morges ; Ed. Virieux, architecte de l'Etat ; Fr. Panchaud, ingénieur, professeur à l'Ecole d'architecture de Lausanne ; Ch. Brugger, architecte, Lausanne ; G. Lerch, architecte, Lausanne ; Fr. Neuhaus, architecte, chef de l'Office des constructions agricoles de l'Union suisse des paysans, bureau de Lausanne ; suppléants : MM. H. Bally, ingénieur au Service des améliorations foncières, A. Lerch, architecte, Morges.

Le jury constate que vingt-deux concurrents ont déposé trente projets dans les délais prescrits.

Après avoir entendu une conférence de M. Charles Biermann, professeur de géographie à l'Université de Lausanne, sur l'étude statistique des « fermes vaudoises », et un exposé rapide de M. Ed. Virieux sur les mesures envisagées par l'Etat pour protéger l'aspect de nos campagnes, le jury procède à l'examen préalable des projets, puis à un premier tour éliminatoire, destiné à écarter dix projets, solutions comportant de graves défauts esthétiques, techniques ou constructifs.

Restent en présence : vingt projets, pour lesquels un examen méthodique et une critique détaillée sont décidés, sur la base des points suivants : architecture extérieure, aménagement intérieur, cube et coût, disposition constructive, implantation.

A la suite de cette analyse, tous les projets sont revus, même ceux éliminés au premier tour, conformément à l'article 33 des Principes de la S. I. A.

Puis le jury établit comme suit le classement définitif : *1er prix :* 1200 fr., projet « Tripartite » ; *2e prix :* 800 fr., projet « La Carrée ». Il désigne en outre cinq projets à proposer pour l'achat.

Ayant ainsi arrêté les conclusions de son rapport et signé le procès-verbal des décisions prises, le jury procède à l'ouverture des enveloppes, qui révèle comme suit les noms des lauréats :

1er prix : M. *Marc Piccard*, architecte, à Lausanne.

2e prix : M. *Henri Vautier*, ingénieur-constructeur, à Nyon [1].

LES CONGRÈS

Assemblées générales de l'Union des Centrales suisses d'électricité et de l'Association suisse des électriciens à Zürich, les 1, 2 et 3 septembre 1945.

Ces deux grands groupements, dont l'activité a toujours été étroitement liée, et qui jouent un rôle éminent dans notre économie électrique, ont tenu à Zurich, les 1er, 2 et 3 septembre, leurs assemblées générales, avec une nombreuse participation que l'on évalue à près de 1100 personnes.

Cette manifestation, organisée de façon parfaite par la commission d'administration commune aux deux associations, sous les auspices de la Ville de Zurich, du Service de l'Electricité de Zurich, des Entreprises électriques du canton de Zurich et des Forces motrices du Nord-Est suisse, a revêtu cette année un éclat particulier du fait du jubilé de l'Union des Centrales suisses d'Electricité qui fêtait son 50e anniversaire.

Le premier jour, cette association s'est réunie sous la présidence de M. *R.-A. Schmidt*, directeur de la S. A. l'Energie de l'Ouest suisse, à Lausanne. Après une courte partie administrative, s'ouvrit la fête du cinquantenaire de l'Union, par un discours de M. R. Briner, président du Conseil d'Etat. Le président, M. Schmidt, prit ensuite la parole pour donner un aperçu de l'activité de l'Union des Centrales suisses d'Electricité au cours des cinquante années écoulées. Cette époque fut marquée par les deux guerres mondiales 1914-1918 et 1939-1945, qui mirent fortement à l'épreuve l'Union et ses membres. Grâce à la prévoyance et aussi à l'initiative des centrales, l'électricité put remplir pour le bien du pays, dans la paix comme dans la tourmente, une tâche énorme, dont chacun a pu se rendre compte ces dernières années. M. le professeur P. Joye, président de l'Association suisse des Electriciens, remit ensuite à la jubilaire, née de son sang, comme cadeau d'anniversaire, l'œuvre du vieux maître de l'électrotechnique, le professeur W. Wyssling sur le développement des usines électriques suisses au cours des cinquante premières années de leur existence, ainsi que la brochure du Jubilé éditée par l'ASE comme numéro spécial du *Bulletin de l'ASE* [2]. Pour finir, M. O. Wettstein, ancien conseiller aux Etats, apporta les félicitations des associations amies.

A la soirée de fête, qui réunit les membres des deux associations avec la gracieuse participation des dames à la Maison des Congrès, M. le conseiller fédéral Celio apporta les salutations des autorités fédérales et présenta à la jubilaire les meilleurs vœux de succès pour son activité future. Il sou-

(Suite du texte page 271.)

[1] Ces deux projets sont reproduits aux pages 270 et 271 du présent numéro. (Réd.).

[2] Ce numéro spécial (17 *a*, du 1er septembre 1945) contient de très intéressants articles sur l'activité de l'U. C. S. pendant cinquante ans, une statistique complète sur la production et la consommation de l'énergie électrique pendant les années de guerre 1939-1945, sur l'aménagement des forces hydrauliques encore disponibles, sur les réseaux cantonaux et communaux, sur la question de l'unification des tarifs, sur l'exportation et l'importation d'énergie, etc., etc.