Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 45 (1919)
Heft: 16

Artikel: Note sur le calcul du coup de bélier dans les conduites sous pression
Autor: Carey, Ed.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-34911

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Dimensions et caractéristiques principales :

Longueur maximum	3 m.
Largeur maximum	2 m. 40
Moteur « Saurer » de	45 HP
Poids du tracteur en ordre de marche	5600 kg.
Vitesse pr 1000 tours/minute	4 km. à l'heure
Vitesse réduite	3 km. »

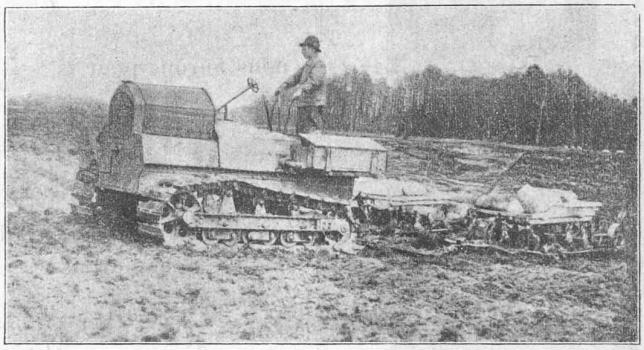
Marche avant et arrière.

Un seul homme suffit à la conduite du tracteur.

Un dispositif *ad hoc* permet d'actionner par courroies toute une série de machines, telles que batteuses, concasseuses, hache-paille, moulins, pompes, scieries, etc.

Caractérisé surtout par sa souplesse de virage : c'est le tracteur idéal pour la mise en valeur des terres fraîchement améliorées, coupées de fossés.

Il est capable de la remorque, avec facilité, de charrues de 3 et 4 socs. Malheureusement jusqu'ici, toutes les charrues se sont montrées trop légères, peu appropriées aux difficultés de défrichement rencontrées en terrains marécageux. Les meilleures charrues indigènes, tout comme les charrues américaines récemment importées, les plus fortes et les plus solides se sont montrées encore trop légères pour de tels travaux.



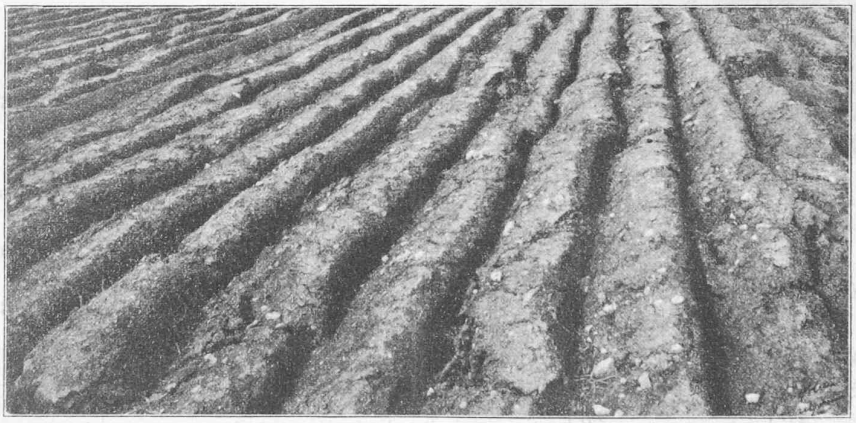


Fig. 2. — Labourage et hersage des marais communaux de Trelex au moyen du tracteur *Scheuchzer*.

Ces faits ont conduit à ouvrir un concours de charrues reversibles bisocs pour tracteurs, dont on trouvera plus loin le règlement.

Les expériences rappelées, les résultats acquis montrent la place que peut et doit prendre notre industrie suisse des machines dans le domaine de la motoculture du défrichement et de la mise en valeur des terrains.

Concours de charrues reversibles bisocs pour tracteurs.

Afin de permettre l'emploi du labourage mécanique même sur des parcelles de moyenne grandeur, la Fédération des Sociétés d'agriculture de la Suisse romande organise avec les autres sociétés générales d'agriculture de la Suisse, et sous les auspices de la Division de l'Agriculture, du Département fédéral de l'économie publique et de l'Union suisse des paysans, un concours international pour la construction d'une charrue pour tracteurs, à deux socs au moins, système tourne-oreille, réversible ou à balance, versant la terre du même côté, permettant de revenir sur le sillon et de labourer le champ à plat, sans ados ni sillon.

La Confédération, l'Union suisse des paysans et les Sociétés générales d'agriculture consacrent à ce concours une somme de 5000 francs, à répartir entre les concurrents dont les charrues auront fourni les meilleurs résultats. Les épreuves auront lieu en octobre devant le jury qui a fonctionné pour les essais de tracteurs. Les charrues devront être livrées à fin septembre.

L'appréciation se fera sur les bases suivantes :

1° Qualité du labour ; 2° Facilité de réglage en profondeur et largeur ; 3° Facilité de renversement de la charrue ; 4° Brièveté de la chaintre ; 5° Force nécessaire ; 6° Construction générale.

Les inscriptions devront parvenir à M. Ed. Diserens, ingénieur rural, Lausanne, pour le 15 août 1919 au plus tard. Tous les renseignements nécessaires peuvent être demandés à la même adresse.

Note sur le calcul du coup de bélier dans les conduites sous pression

par Ed. Carey, ingénieur à Marseille.

(Suite.)[1]

Examinons maintenant le cas $r\varphi_n > 1$ et arrêtons la vanne à une vitesse supérieure à 4m, par exemple à $V_n = 4{,}50$, nous aurons la courbe tracée sur la figure 13 qui ne comporte pas d'ondes négatives. Par contre, si, dans cette chute moyenne, l'arrêt de la vanne se

[1] Voir *Bulletin technique* 1919, p. 153.

MOTOCULTURE

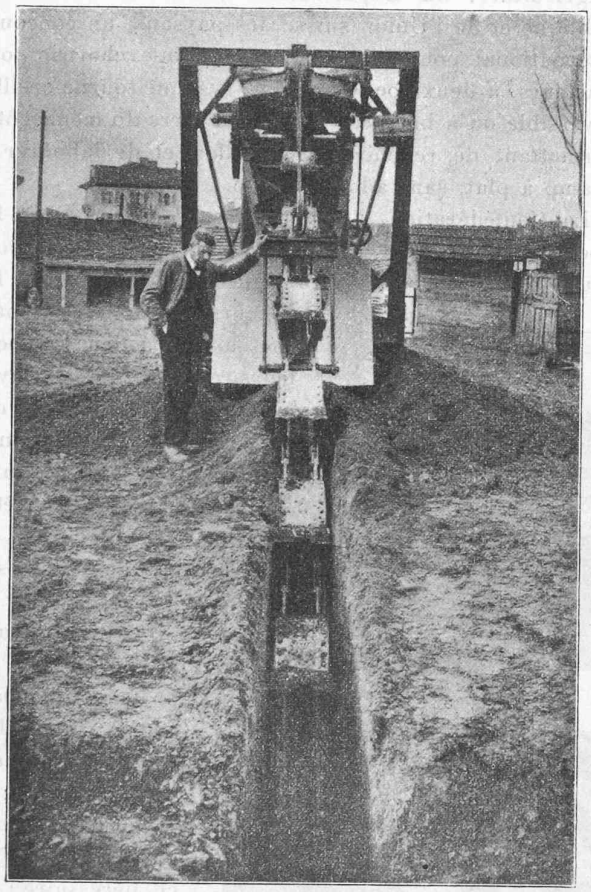


Fig. 3. — Le tracteur *Scheuchzer* fonctionnant comme autodraineuse.

fait à une vitesse inférieure à $v_n = 4{,}00$ nous retombons dans le cas des hautes chutes et nous aurons des ondes positives et négatives après l'arrêt de la vanne.

Les cas particuliers de fermeture partielle, avec l'arrêt de la vanne à $v_n = \frac{2gy_0}{a}$ et à $v_n > \frac{2gy_0}{a}$ étaient intéressants à relever.

Dans le premier chapitre, nous n'avons pas donné les formules permettant de calculer le coup de bélier maximum pour des fermetures partielles. Nous voyons,

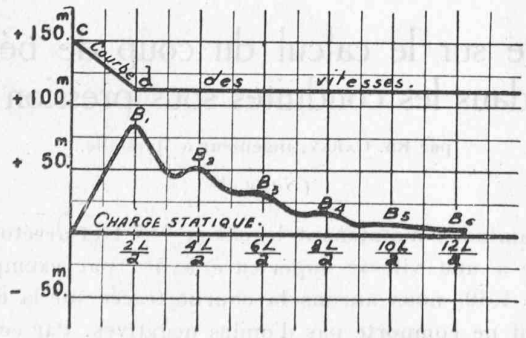


Fig. 13. — Fermeture partielle *cd* de $v = 6^m$ à $V_f = 4^m{,}50$, en $\frac{2L}{a}$ sec. — $\frac{aV_f}{2gy_0} > 1$ (Basses chutes).

d'après ce qui précède, que le maximum reste le même, dans les hautes chutes, si le mouvement est arrêté après la première période $\frac{2L}{a}$, puisque c'est à ce moment qu'il se produit. Dans les basses chutes le maximum a lieu au moment de l'arrêt de la vanne.

Du reste, nous pouvons avoir la formule donnant le coup de bélier maximum pour le cas des hautes chutes, en remplaçant dans la formule (6), V par $V - V_f$ et T par t, correspondant à la durée de fermeture $V - V_f$ soit :

$$t = \frac{V - V_f}{V} T$$

nous aurons pour $t > \frac{2L}{a}$:

$$B_m = \frac{2L}{gt}(V - V_f) \frac{1}{1 + \frac{aV}{2gy_0} - \frac{L(V - V_f)}{g\,y_0 t}} \quad \text{pour } \frac{av_0}{2gy_0} < 1$$

En faisant de même dans la formule (7) des basses chutes, nous aurons :

$$B_m = \frac{2L}{gt}(V - V_f) \frac{1}{2\left(1 - \frac{L(V - V_f)}{2\,gty_0}\right)} \quad \text{pour } \frac{av_0}{2gy_0} > 1.$$

D) OUVERTURE A PARTIR DE LA VANNE FERMÉE

Les formules générales donnent pour la valeur du coup de bélier d'ouverture, dans la première période :

$$B_1 = -\frac{a}{g}\frac{v_1}{1 + rv_1} \text{ en posant } r = \frac{a}{2gy_0};$$

pendant la deuxième période, le coup de bélier sera :

$$B_2 = \frac{a}{g}\frac{v_1 - v_2}{1 + rv_2} - B_1 \frac{1 - rv_1}{1 + rv_2}$$

et ainsi de suite jusqu'à l'arrêt du mouvement d'ouverture de la vanne. Si l'arrêt de la vanne a lieu à la fin de la n^e période, nous aurons pour la période suivante :

$$v_{n+1} = v_n$$

et

$$B_{n+1} = -B_n \frac{1 - rv_n}{1 + rv_n}$$

puis

$$B_{n+2} = -B_{n+1} \frac{1 - rv_n}{1 + rv_n}$$

et ainsi de suite.

Ces formules sont les mêmes que celles que nous avons trouvées pour les fermetures partielles et conduisent à des résultats semblables. La valeur maximum de B_{n+1} sera obtenue pour l'arrêt de la vanne à la fin de la première période.

Suivant l'importance de rv_n au moment de l'arrêt de la vanne, la courbe du coup de bélier qui est restée négative, pendant toute la durée de l'ouverture, présentera, après l'arrêt de la vanne, trois formes distinctes :

1° Si $rv_n < 1$, la courbe sera une série d'oscillations positives et négatives qui s'atténueront lentement si rv_n

est très petit et très rapidement si $r\varphi_n$ est voisin de l'unité.

2° Si $r\varphi_n = 1$, la valeur du coup de bélier B_{n+1} est nulle et la courbe ne présente aucune oscillation, le coup de bélier étant complètement amorti au temps $\frac{2L}{a}$ qui suit l'arrêt de la vanne.

3° Si $r\varphi_n > 1$, les valeurs B_{n+1} et suivantes restent négatives ; il n'y a pas d'ondes positives et le coup de bélier s'amortit rapidement si $r\varphi_n$ est voisin de 1 et très lentement si $r\varphi_n$ est grand.

Si nous limitons la valeur du coup de bélier à $\frac{\gamma_0}{2}$ il faudra que $r\varphi_1$ soit $\leqq \frac{1}{3}$ et les cas particuliers 2 et 3 ne pourront pas se produire pour l'arrêt de la vanne avant la fin de la troisième période, car ce n'est qu'à

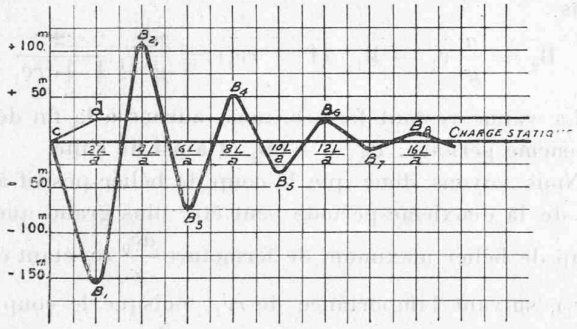


Fig. 14. — Ouverture de *cd* de $\varphi_0 = 0^m$ à $V_f = 1^m,50$ en $\frac{2L}{a}$ sec. avec arrêt de la vanne à la fin de la première période.

la fin de cette période que $r\varphi_n$ pourra être au plus égal à 1.

Nous donnons, comme exemple, la courbe d'un coup de bélier d'ouverture de haute chute avec $rV_f < 1$, pour une ouverture à partir de la vanne fermée ; la figure 14 donne la courbe pour l'arrêt de la vanne à la fin de la première période ; elle montre l'importance du coup de bélier positif maximum consécutif à une ouverture, et la figure 15 donne la courbe pour l'arrêt de la

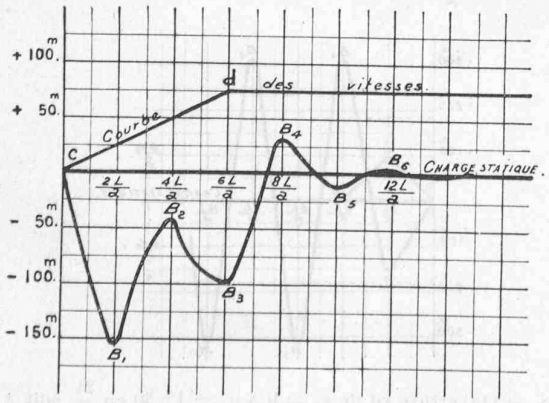


Fig. 15. — Ouverture *cd* de $\varphi_0 = 0$ à $V_f = 4^m,50$ en 6 sec.

$$\frac{aV_f}{2g\gamma_0} < 1 \text{ (Hautes chutes).}$$

vanne à $V_f = 4^m,50$, à la fin de la troisième période. Ces courbes sont établies avec les données suivantes :

$$L = 1200^m \quad \gamma_0 = 510 \quad a = 1200 \quad V_f = 4^m,50$$
$$T = 6 \text{ sec.} \quad \theta = 2 \text{ sec.} \quad \varphi_0 - \varphi_1 = 1,50 \quad r = 0,12$$

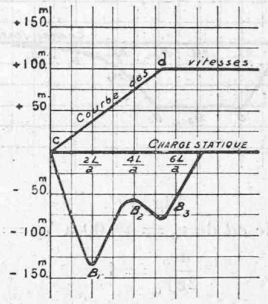


Fig. 16. — Ouverture *cd* de $\varphi_0 = 0^m$ à $V_f = 4^m$ en 5,33 sec.

$$\frac{aV_f}{2g\gamma_0} = 1.$$

Le maximum de la dépression au temps $\frac{2L}{a}$ peut se calculer directement avec les formules 9 et 10.

Comme exemple de moyenne ou basse chute prenons :

$$L = 1200^m \quad \gamma_0 = 245^m \quad a = 1200 \quad V_f = 7^m,50$$
$$T = 10 \text{ sec.} \quad r = 0,25$$

et arrêtons la vanne à $r\varphi_n = 1$, soit à la vitesse $\varphi = 4^m$, nous aurons la courbe de la fig. 16.

Enfin, avec les mêmes données, l'ouverture poussée

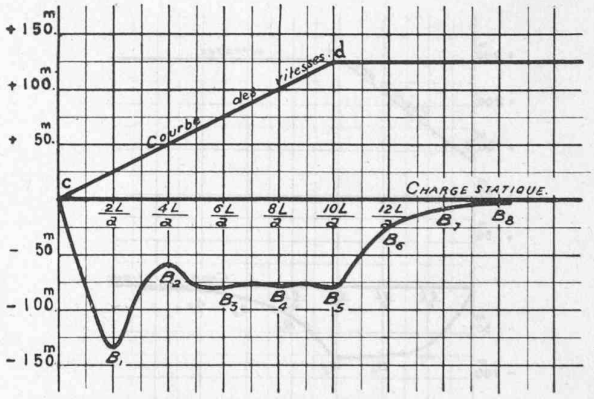


Fig. 17. — Ouverture *cd* de $\varphi_0 = 0$ à $V_f = 7^m,50$ en 10 sec.

$$\frac{a\varphi_0}{2g\gamma_0} > 1 \text{ (Basses chutes).}$$

jusqu'à $V_f = 7,70$ donnera la courbe de la fig. 17 pour laquelle $r\varphi_n > 1$.

Ces exemples donnent les courbes types des coups de bélier d'ouverture à partir de la vanne fermée.

E) OUVERTURE A PARTIR D'UNE OUVERTURE PRÉEXISTANTE

Les courbes des coups de bélier produits dans ces conditions sont semblables aux précédentes, mais d'autant moins accentuées que la vitesse φ_0 préexistante est plus grande.

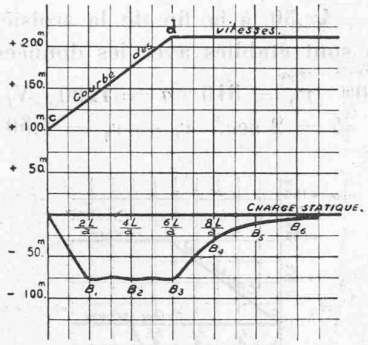


Fig. 17*.
Ouverture partielle *cd* de $v_0 = 4^m,00$ à $V_f = 8^m,50$ en 6 sec.
$$\frac{av_0}{2gy_0} = 1.$$

Deux cas sont intéressants : 1° la courbe obtenue à partir d'une ouverture préexistante $v_0 = \frac{2gy_0}{a}$; le maximum de dépression est encore atteint au temps $\frac{2L}{a}$, mais reste constant jusqu'à la fin du mouvement d'ouverture (fig. 17*), et 2° l'ouverture à partir de $\frac{av_0}{2gy_0} > 1$; la courbe descend graduellement pour atteindre son maximum (formule 13) à la fin de l'ouverture (fig. 17**).

Après la fermeture de la vanne, nous retrouvons les trois cas décrits ci-dessus, suivant que rv_n est $> <$ ou

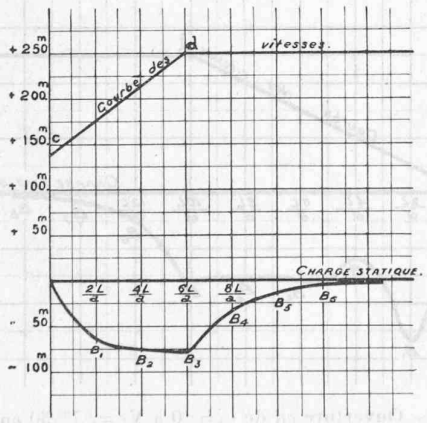


Fig. 17**.
Ouverture partielle *cd* de $v_0 = 5^m,50$ à $V_f = 10^m,00$ en 6 sec.
$$\frac{av_0}{2gy_0} > 1.$$

égal à 1. Les cas 2 et 3 pourront se produire déjà dans la première période si rv_0 est assez grand pour que rv_1 soit égal ou > 1.

F) OUVERTURE IMMÉDIATEMENT SUIVIE D'UNE FERMETURE OU MANŒUVRE INVERSE

Sans revenir sur les phénomènes de résonances, heureusement rares, décrits au premier chapitre, nous devons envisager deux cas qui peuvent se produire dans le fonctionnement des usines ; ils correspondent, du reste, aux premières périodes des résonances.

1er Cas. — *Ouverture de la vanne pendant la première période, puis fermeture pendant la période suivante.*

Nous partirons de la vanne complètement fermée pour revenir à cette position à la fin de la deuxième période ; le mouvement de la vanne est supposé linéaire et effectué avec la vitesse $\frac{V}{T}$.

A la fin de la première période, à l'arrêt du mouvement d'ouverture, le coup de bélier est :

$$B_1 = -\frac{a}{g}\,\frac{v_1}{1 + rv_1}$$

la deuxième période est consacrée à la fermeture complète de la vanne et à la fin de cette période nous aurons :

$$B_2 = \frac{a}{g}\,v_1 - B_1\,(1 - rv_1) = \frac{a}{g}\,v_1\,\frac{2}{1 + rv_1}$$

La vanne restant fermée, nous aurons à la fin de la troisième période : $B_3 = -B_2$ et ainsi de suite.

Nous voyons donc que le coup de bélier positif à la fin de la deuxième période peut être plus grand que le coup de bélier maximum de fermeture $\frac{av_0}{g}$ (v_0 étant égal à v_1), suivant l'importance de rv_1, puisque le coup de bélier est multiplié par le terme $\frac{2}{1 + rv_1}$ et nous pouvons dire :

si $rv_1 < 1$, le coup de bélier est plus grand que $\frac{av_0}{g}$ et tend à doubler cette valeur si rv_1 est très petit ;

si rv_1 est égal à 1, le coup de bélier reste le même ;

si rv_1 est > 1, le coup de bélier reste plus petit que $\frac{av_0}{g}$.

En remarquant que rv_1 doit être $< \frac{1}{2}$ pour que la valeur maximum du coup de bélier positif soit inférieure à y_0, il en résulte que le coup de bélier sera toujours supérieur à $\frac{av_0}{g}$ de $\frac{1}{3}$ au moins lorsque cette valeur sera

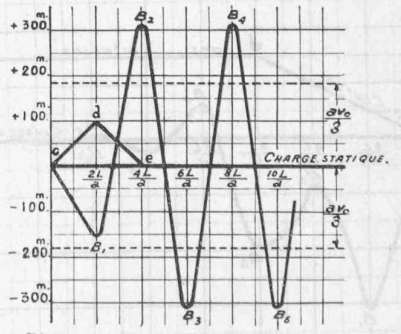
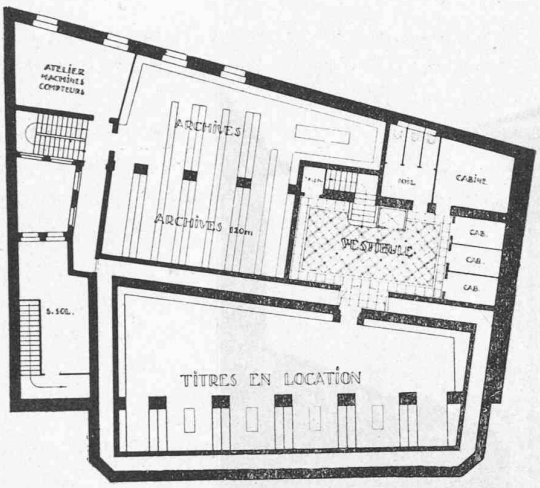
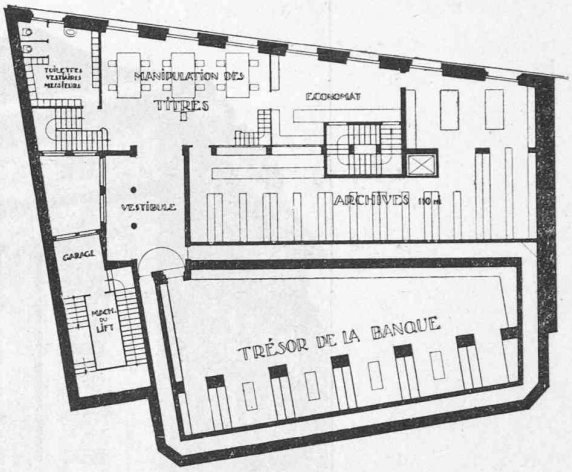


Fig. 18. — Ouverture *cd* de $v_0 = 0$ à $v_1 = 1^m,50$ en $\frac{2L}{a}$ soit 2 sec. immédiatement suivie d'une fermeture *de* de $v_1 = 1^m,50$ à $v_2 = 0$ en $\frac{2L}{a}$ soit 2 secondes.

CONCOURS POUR L'HOTEL DE L'UNION DE BANQUES, A LAUSANNE.

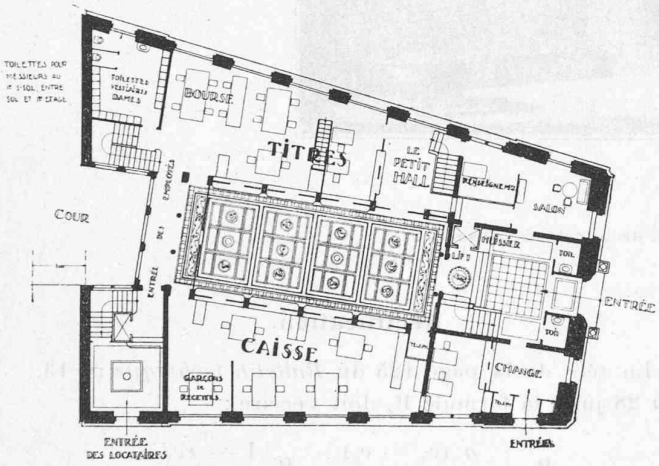


Plan du 2me sous-sol. — 1 : 800.

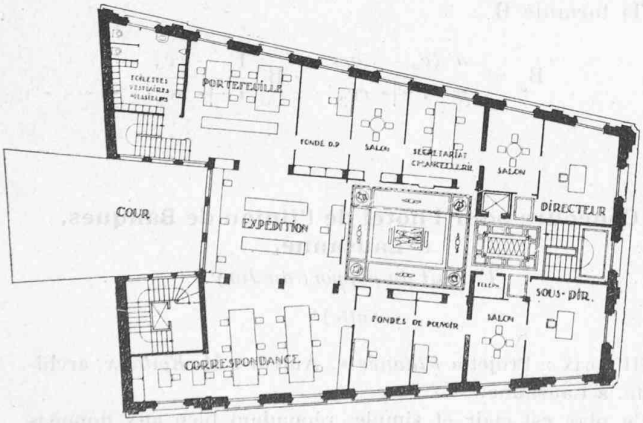


Plan du 1er sous-sol. — 1 : 800.

IIIme prix :
projet de M. *G. Epitaux*, architecte,
à Lausanne.



Plan du rez-chaussée. — 1 : 800.



Plan du 1er étage. — 1 : 800.

choisie inférieure à γ_0 et supérieure de 60 % au moins si elle est choisie inférieure à $\frac{\gamma_0}{2}$.

Dans nos exemples précédents avec

$$L = 1200 \quad \gamma_0 = 510 \quad a = 1200 \quad V = 6^m \quad T = 8 \text{ sec.}$$
$$v_0 - v_1 = 1^m,50 \quad \theta = 2 \text{ sec.} \quad r = 0.12$$

nous aurons pour une ouverture de zéro à 1,50 en 2 sec. suivie d'une fermeture de $1,^m50$ à zéro à la fin de la deuxième seconde (fig. 18) :

$$B_1 = -122,50 \; \frac{1,50}{1,18} = -155^m$$
$$B_2 = -122,50 \times 1,50 \; \frac{2}{1.18} = 312^m$$
$$B_3 = -312$$

Le coup de bélier maximum de fermeture : $\frac{av_0}{g}$ est $283^m,75$; nous trouvons maintenant 312^m (soit une augmentation de 70 %) par suite de cette simple manœuvre d'ouverture et de fermeture si facilement réalisée dans les usines.

Si la manœuvre d'ouverture et de fermeture commence à partir d'une ouverture préexistante, nous aurons à la fin de la première période, au moment de l'arrêt du mouvement d'ouverture :

$$B_1 = \frac{a}{g} \frac{v_0 - v_1}{1 + rv_1}$$

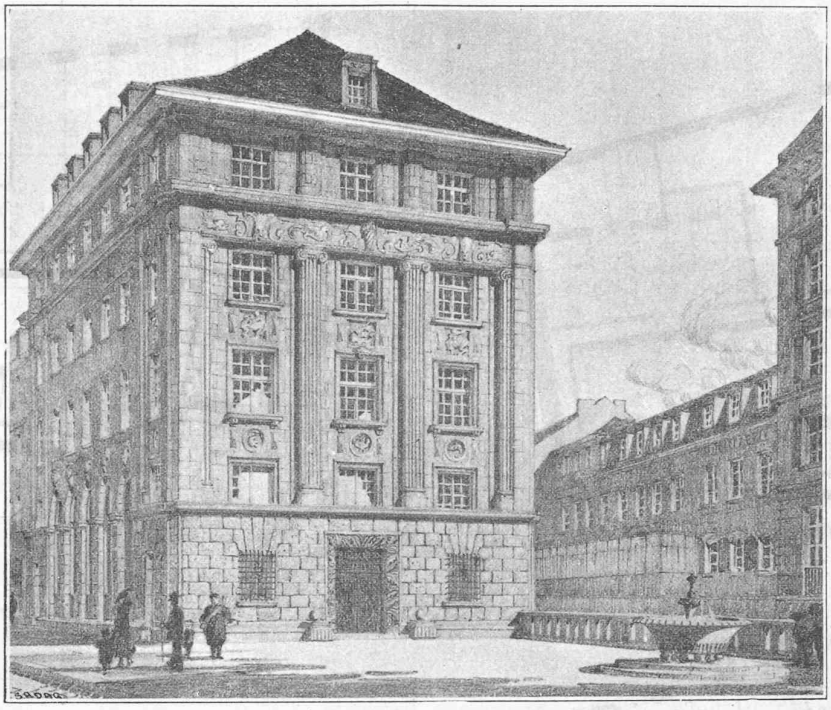
A la fin du mouvement de fermeture au bout de la deuxième période, la vitesse v_2 étant égale à v_0, nous aurons :

$$B_2 = \frac{a}{g} \frac{v_1 - v_0}{1 + rv_0} - B_1 \frac{1 - rv_1}{1 + rv_0}$$

ou : $$B_2 = \frac{a}{g} (v_1 - v_0) \frac{2}{(1 + rv_0)(1 + rv_1)}$$

$v_1 - v_0$ étant la variation linéaire de vitesse pendant le temps $\frac{2L}{a}$, $\frac{a}{g}(v_1 - v_0)$ correspond à la valeur du coup de bélier maximum $\frac{av_0}{g}$ pour une fermeture en un

CONCOURS POUR L'HOTEL DE L'UNION DE BANQUES, A LAUSANNE.



Perspective.

IIIme prix : Projet de M. *G. Epitaux*, architecte, à Lausanne.

temps $\frac{2L}{a}$. Nous voyons donc que ce maximum est multiplié par le terme

$$\frac{2}{(1 + rv_0)(1 + rv_1)}$$

Si rv_0 est égal à 1, ce terme est $< \frac{1}{2}$ et le coup de bélier B_2 est $< \frac{av_0}{2g}$; par contre, si rv_0 est très petit ce terme devient > 1 et le coup de bélier B_2 est $> \frac{av_0}{g}$. Nous pouvons en conclure que la manœuvre d'ouverture et de fermeture pendant deux périodes successives, à partir d'une ouverture préexistante, ne produira une augmentation du coup de bélier $\frac{av_0}{g}$ que dans les hautes chutes, augmentation d'autant plus importante que la vitesse préexistante sera plus faible.

Si nous reprenons l'exemple précédent en commençant l'ouverture à partir de $v_0 = 1^m,50$, nous aurons : $v_1 = 3^m$ et :

$$B_1 = -122,50 \frac{1,50}{1 + 0,36} = -135^m$$

$$B_2 = 183,75 \frac{2}{(1,18)(1,36)} = 183,75 \times 1,245 = 229^m$$

L'augmentation est encore de 24,5 % sur la valeur de $\frac{av_0}{g} = 183,75$ du coup de bélier maximum de fermeture.

(A suivre).

Rectification.

En tête de la page 125 du *Bulletin technique* n° 13, du 28 juin, la formule B_2 doit s'écrire :

$$B_2 = \frac{a}{g} \frac{(v_1 - v_2)}{1 + rv_2} - B_1 \frac{1 - rv_1}{1 + rv_2}$$

et la formule B_3 :

$$B_3 = \frac{a}{g} \frac{(v_2 - v_3)}{1 + rv_3} - B_2 \frac{1 - rv_2}{1 + rv_3}$$

Concours pour l'hôtel de l'Union de Banques, à Lausanne.

Extrait du rapport du Jury.

(Suite) [1]

IIIe prix : Projet « *Finance* ». Auteur : M. *Epitaux*, architecte, à Lausanne.

Ce plan est clair et simple, répondant bien aux données du programme ; toutefois la solution pour l'entrée et l'escalier de la Direction n'est pas heureuse à beaucoup de points de vue. Le tambour d'entrée est trop petit et le lift est mal placé. Une entrée directe dans le hall des titres depuis ce vestibule devrait être possible.

La salle du conseil n'est pas admissible à l'entre-sol, étant donnée la mauvaise disposition des fenêtres.

[1] Voir *Bulletin technique* 1919, p. 138.