Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 59 (1933)
Heft: 19

Artikel: Simplification de la détermination des efforts dans le cône
Autor: Sarrasin, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-45676

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: 09.12.2025

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

59e année 16 septembre 1933 N° 19

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Rédaction : H. Demierre et J. Peitrequin, ingénieurs.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Simplification de la détermination des efforts dans le cône*, par M. A. Sarrasin, ingénieur, à Bruxelles. — *Concours d'architecture pour un temple, à Renens* (suite et fin). — Chronique : *Le gros problème des adjudications : un projet de la Fédéra-vaudoise des entrepreneurs. Un beau don à l'Ecole d'Ingénieurs de Lausanne.* — Sociétés : *Société suisse des ingénieurs et des architectes. Rapport de gestion* (suite et fin). — *Ecole d'ingénieurs de Lausanne.* — Bibliographie.

Simplification de la détermination des efforts dans le cône,

par M. A. SARRASIN, ingénieur, à Bruxelles [1].

Le long calcul d'un tronc de cône encastré élastiquement à ses deux extrémités (cas fréquent dans les réservoirs, toitures, etc.) peut être simplifié.

Nous partons de la théorie du cône développée par le Dr *Fr. Dubois*, dans son ouvrage « Ueber die Festigkeit der Kegelschale » (Orell Füssli, éditeur, Zurich).

L'effort normal dans le sens des génératrices T_1, l'effort annulaire T_2, le moment fléchissant dans les génératrices G_1 et le moment fléchissant dans la section annulaire G_2, ainsi que l'inclinaison U de la tangente à la ligne élastique des génératrices et le déplacement radial d sont exprimés au moyen de fonctions J et de leurs dérivées auxquelles s'ajoute un dernier terme provenant des intégrales particulières des équations différentielles du cône. Ce dernier terme varie suivant chaque cas de charge ; nous lui donnons l'indice p.

La valeur des différents efforts, moments fléchissants et déformations est, d'après M. Dubois :

$$1)\left\{\begin{aligned}
T_1 &= \frac{h_2}{x}(C_1J_1 + C_2J_2 + C_3J_3 + C_4J_4) + T_{1p}\\
T_2 &= h^2(C_1J_1' + C_2J_2' + C_3J_3' + C_4J_4') + T_{2p}\\
G_1 &= -\frac{h^3}{2\sqrt{3}}(C_2J_1' - C_1J_2' + C_4J_3' - C_3J_4') + G_{1p}\\
G_2 &= \frac{-h^3}{x.2\sqrt{3}}(C_2J_1 - C_1J_2 + C_4J_3 - C_3J_4) + G_{2p}\\
E.U &= 2\sqrt{3}(C_2J_1 - C_1J_2 + C_4J_3 - C_3J_4) + E.U_p\\
E.d &= h.x\cos a\,(C_1J_1' + C_2J_2' + C_3J_3' + C_4J_4') + E.d_p
\end{aligned}\right.$$

Les fonctions J sont données par les formules suivantes :

$$2)\left\{\begin{aligned}
J_1 &\cong +\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\pi\sqrt{2lx}}}\left[\cos\left(\sqrt{2lx}-\frac{\pi}{8}\right) - \right.\\
&\quad -1.325\frac{1}{\sqrt{2lx}}\cos\left(\sqrt{2lx}-\frac{3\pi}{8}\right) +\\
&\quad \left. +0.41\frac{1}{2lx}\cos\left(\sqrt{2lx}-\frac{5\pi}{8}\right)\right]e^{+\sqrt{2lx}}\\
J_2 &\cong -\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\pi\sqrt{2lx}}}\left[\sin\left(\sqrt{2lx}-\frac{\pi}{8}\right) - \right.\\
&\quad -1.325\frac{1}{\sqrt{2lx}}\sin\left(\sqrt{2lx}-\frac{3\pi}{8}\right) +\\
&\quad \left. +0,41\frac{1}{2lx}\sin\left(\sqrt{2lx}-\frac{5\pi}{8}\right)\right]e^{+\sqrt{2lx}}\\
J_3 &\cong +\pi\sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\pi\sqrt{2lx}}}\left[\cos\left(\sqrt{2lx}-\frac{7\pi}{8}\right) + \right.\\
&\quad +1,325\frac{1}{\sqrt{2lx}}\cos\left(\sqrt{2lx}-\frac{5\pi}{8}\right) +\\
&\quad \left. +0.41\frac{1}{2lx}\cos\left(\sqrt{2lx}-\frac{3\pi}{8}\right)\right]e^{-\sqrt{2lx}}\\
J_4 &\cong +\pi\sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\pi\sqrt{2lx}}}\left[\sin\left(\sqrt{2lx}-\frac{7\pi}{8}\right) + \right.\\
&\quad +1.325\frac{1}{\sqrt{2lx}}\sin\left(\sqrt{2lx}-\frac{5\pi}{8}\right) +\\
&\quad \left. +0.41\frac{1}{2lx}\sin\left(\sqrt{2lx}-\frac{3\pi}{8}\right)\right]e^{-\sqrt{2lx}}
\end{aligned}\right.$$

h représente l'épaisseur constante du cône, x la distance du sommet du cône au point considéré, E le module d'élasticité, C_1, C_2, C_3, C_4 sont des constantes à déterminer d'après les conditions aux limites x_2 et x_1, a est l'angle formé par les génératrices du cône avec l'horizontale. Pour simplifier les formules, nous avons admis, avec une exactitude suffisante, que la réciproque de la constante de Poisson était nulle.

$$l = 2\sqrt{3}\cdot\frac{tg\,a}{h}$$

Nous posons aussi qu'un effort normal positif est une

[1] 84, rue de la Loi.

traction, qu'un moment positif crée une traction à l'intérieur du cône, qu'un effort horizontal positif est dirigé de l'intérieur à l'extérieur, qu'une inclinaison de la tangente positive diminue l'angle d'ouverture du cône et qu'un déplacement radial positif correspond à un agrandissement du rayon. Une réaction R positive est celle dont la composante dans la direction de la génératrice donne pour T_1 une traction.

Considérons maintenant un tronc de cône, dont l'axe est vertical, avec des charges extérieures quelconques symétriques par rapport à l'axe. Pour maintenir le cône en équilibre, il est nécessaire que nous ayons en x_2 ou en x_1 une réaction verticale R_2 ou R_1. D'autre part, le cône étant encastré élastiquement à ses extrémités, nous aurons en plus de R_2 ou R_1 un moment X et un effort horizontal Y en x_2, un moment Z et un effort horizontal S en x_1. (Fig. 1.)

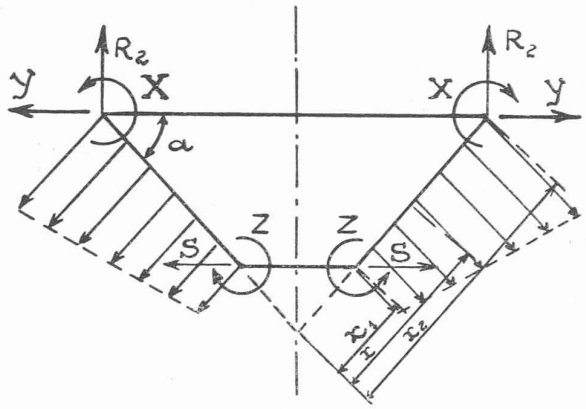

Fig. 1.

Les grandeurs de X, Y, Z et S doivent être telles que les rotations et les déplacements radiaux en x_2 et x_1 soient les mêmes pour le tronc de cône et pour les éléments auxquels il est lié. Nous devons donc, d'après la méthode usuelle, faire les opérations suivantes : *a*) calculer les déformations et les efforts dans le cône et les éléments auxquels il est lié, en supposant les liaisons hyperstatiques supprimées ; *b*) déterminer, pour le cône et les éléments auxquels il est joint, l'influence sur les déformations et les efforts d'un moment X, d'un effort horizontal Y, d'un moment Z et d'un effort horizontal S; *c*) ajouter aux déformations du cas *a*) les déformations provenant de X, Y, Z et S, exprimer par 4 équations que les déformations du cône sont les mêmes que celles des éléments auxquels il est lié. La résolution des 4 équations donnera la valeur de X, Y, Z et S. *d*) ajouter aux efforts obtenus dans le cas *a*), les efforts provenant de X, Y, Z et S.

La simplification que nous proposons consiste à ajouter, en x_2 et en x_1, à la réaction verticale du cône dans le cas *a*), des efforts horizontaux et des moments fléchissants tels que les constantes des intégrales générales soient nulles pour le cas de charge considéré.

Il suffit pour cela de faire agir en x_2 un effort horizontal H_2 et un moment M_2, en x_1 un effort horizontal H_1 et un moment M_1 de valeurs suivantes :

$$H_2 = \frac{T_{1p(x_2)} - R_2 \sin a}{\cos a}\,; \qquad H_1 = -\frac{T_{1p(x_1)} - R_1 \sin a}{\cos a}\,;$$

$$M_2 = G_{1p(x_2)}\,; \qquad M_1 = G_{1p(x_1)}$$

On voit tout de suite que pour ces valeurs $T_1 = T_{1p}$ et $G_1 = G_{1p}$ soit en x_2 soit en x_1. Nous transformons alors les 4 premières équations des formules 1) en 4 équations dont le premier membre contient seules les constantes C_1, C_2, C_3, C_4 avec des coefficients différents de *o* et dont le second membre est nul ; les constantes sont donc nulles.

Pour passer au cas réel (cas *d*), il faut ajouter l'influence sur le tronc de cône, non plus des moments et efforts réels X, Y, Z et S, mais celle de la différence entre les moments et efforts réels et les moments et efforts dont l'influence est déjà comptée. Cette influence de $X - M_2$, $Z - M_1$, $Y - H_2$, $S - H_1$ peut aussi se représenter par des formules, ce qui simplifie le calcul du cas *b*).

Si nous appelons C_{1x}, C_{2x}, C_{3x} et C_{4x} les constantes de l'intégrale générale obtenues pour le cas où seul un moment $X = 1$ agit par unité de longueur en x_2 sur le tronc de cône ; C_{1y}, C_{2y}, C_{3y} et C_{4y}, les mêmes constantes pour le cas $Y = 1$ en x_2 ; C_{1z}, C_{2z}, C_{3z} et C_{4z} ces constantes pour le cas $Z = 1$ en x_1 ; C_{1s}, C_{2s}, C_{3s} et C_{4s}, ces constantes pour le cas $S = 1$ en x_1, nous aurons, pour les constantes de l'intégrale générale pour le cas réel, les valeurs suivantes :

$$3)\quad \begin{cases} C_1 = C_{1x}(X-M_2) + C_{1y}(Y-H_2) + C_{1z}(Z-M_1) + C_{1s}(S-H_1) \\ C_2 = C_{2x}(X-M_2) + C_{2y}(Y-H_2) + C_{2z}(Z-M_1) + C_{2s}(S-H_1) \\ C_3 = C_{3x}(X-M_2) + C_{3y}(Y-H_2) + C_{3z}(Z-M_1) + C_{3s}(S-H_1) \\ C_4 = C_{4x}(X-M_2) + C_{4y}(Y-H_2) + C_{4z}(Z-M_1) + C_{4s}(S-H_1) \end{cases}$$

Les valeurs C_{1x}, C_{1y}, C_{1z} et C_{1s} proviennent des équations fournies par les conditions aux limites dans les quatre cas de charge $X = 1$, $Y = 1$, $Z = 1$ et $S = 1$. (Les équations différentielles n'ont pas de second membre. Il n'y a donc pas d'intégrales particulières).

$$4)\quad \begin{cases} C_{1x} = \dfrac{2\sqrt{3}}{h^3}\,\dfrac{K_1K_1' + K_2K_2')\,[K_1'(K_4L_3 - K_3L_4) + K_3'(K_3L_2 - K_2L_3) + K_4'(K_4L_2 - K_2L_4)]}{D} \\[2ex] C_{2x} = \dfrac{2\sqrt{3}}{h^3}\,\dfrac{(K_1K_1' + K_2K_2')\,[K_2'(K_4L_3 - K_3L_4) + K_3'(K_1L_3 - K_3L_1) + K_4'(K_1L_4 - K_4L_1)]}{D} \\[2ex] C_{3x} = \dfrac{2\sqrt{3}}{h^3}\,\dfrac{(K_1K_1' + K_2K_2')\,[K_1'(K_1L_4 - K_4L_1) + K_2'(K_2L_4 - K_4L_2) + K_3'(K_2L_1 - K_1L_2)]}{D} \end{cases}$$

$$
4)\quad \left\{
\begin{aligned}
C_{4x} &= \frac{2\sqrt{3}}{h^3}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[K_1'(K_3L_1-K_1L_3)+K_2'(K_3L_2-K_2L_3)+K_4'(K_2L_1-K_1L_2)\right]}{D}\\
C_{1y} &= \frac{x_2\cos a}{h^2}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[K_2(K_3'L_4'-K_4'L_3')+K_3(K_3'L_1'-K_1'L_3')+K_4(K_4'L_1'-K_1'L_4')\right]}{D}\\
C_{2y} &= -\frac{x_2\cos a}{h^2}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[K_1(K_3'L_4'-K_4'L_3'+K_3(K_2'L_3'-K_3'L_2')+K_4(K_2'L_4'-K_4'L_2')\right]}{D}\\
C_{3y} &= \frac{x_2\cos a}{h^2}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[K_1(K_1'L_3'-K_3'L_1')+K_2(K_2'L_3'-K_3'L_1')+K_4(K_1'L_2'-K_2'L_1')\right]}{D}\\
C_{4y} &= -\frac{x_2\cos a}{h^2}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[K_1(K_4'L_1'-K_1'L_4')+K_2(K_4'L_2'-K_2'L_4')+K_3(K_1'L_2'-K_2'L_1')\right]}{D}\\
C_{1z} &= -\frac{2\sqrt{3}}{h^3}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[L_1'(K_4L_3-K_3L_4)+L_3'(K_3L_2-K_2L_3)+L_4'(K_4L_2-K_2L_4)\right]}{D}\\
C_{2z} &= -\frac{2\sqrt{3}}{h^3}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[L_2'(K_4L_3-K_3L_4)+L_3'(K_1L_3-K_3L_1)+L_4'(K_1L_4-K_4L_1)\right]}{D}\\
C_{3z} &= -\frac{2\sqrt{3}}{h^3}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[L_1'(K_1L_4-K_4L_1)+L_2'(K_2L_4-K_4L_2)+L_3'(K_2L_1-K_1L_2)\right]}{D}\\
C_{4z} &= -\frac{2\sqrt{3}}{h^3}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[L_1'(K_3L_1-K_1L_3)+L_2'(K_3L_2-K_2L_3)+L_4'(K_2L_1-K_1L_2)\right]}{D}\\
C_{1s} &= +\frac{x_1\cos a}{h^2}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[L_2(K_3'L_4'-K_4'L_3')+L_3(K_3'L_1'-K_1'L_3')+L_4(K_4'L_1'-K_1'L_4')\right]}{D}\\
C_{2s} &= -\frac{x_1\cos a}{h^2}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[L_1(K_3'L_4'-K_4'L_3')+L_3(K_2'L_3'-K_3'L_2')+L_4(K_2'L_4'-K_4'L_2')\right]}{D}\\
C_{3s} &= +\frac{x_1\cos a}{h^2}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[L_1(K_1'L_3'-K_3'L_1')+L_2(K_2'L_3'-K_3'L_2')+L_4(K_1'L_2'-K_2'L_1')\right]}{D}\\
C_{4s} &= -\frac{x_1\cos a}{h^2}\,\frac{(K_1K_1'+K_2K_2')\left[L_1(K_4'L_1'-K_1'L_4')+L_2(K_4'L_2'-K_2'L_4')+L_3(K_1'L_2'-K_2'L_1')\right]}{D}
\end{aligned}
\right.
$$

où K_1, K_2, K_3, K_4 et K_1', K_2', K_3', K_4' sont les valeurs de J_1, J_2, J_3, J_4, J_1', J_2', J_3', J_4' pour $x = x_1$.

L_1, L_2, L_3, L_4 et L_1', L_2', L_3', L_4' sont les valeurs de J_1, J_2, J_3, J_4, J_1', J_2', J_3', J_4' pour $x = x_2$.

$$
\begin{aligned}
D=&\left[K_1'(K_1L_3-K_3L_1)+K_2'(K_2L_3-K_3L_2)+K_4'(K_1L_2-K_2L_1)\right]\times\\
&\times\left[K_1(K_1'L_3'-K_3'L_1')+K_2(K_2'L_3'-K_3'L_2')+K_4(K_1'L_2'-K_2'L_1')\right]+\\
&+\left[K_1'(K_4L_1-K_1L_4)+K_2'(K_4L_2-K_2L_4)+K_3'(K_1L_2-K_2L_1)\right]\times\\
&\times\left[K_1(K_4'L_1'-K_1'L_4')+K_2(K_4'L_2'-K_2'L_4')+K_3(K_1'L_2'-K_2'L_1')\right].
\end{aligned}
$$

Pour le cône entier, ces expressions se simplifient beaucoup : En effet, C_3 et C_4 sont toujours nuls et

$$
4\text{ bis})\quad \left\{
\begin{aligned}
C_{1x} &= \frac{2\sqrt{3}}{h^3}\left(\frac{L_2}{L_1L_1'+L_2L_2'}\right)\\
C_{2x} &= -\frac{2\sqrt{3}}{h^3}\left(\frac{L_1}{L_1L_1'+L_2L_2'}\right)\\
C_{1y} &= +\frac{x_2\cos a}{h^2}\left(\frac{L_1'}{L_1L_1'+L_2L_2'}\right)\\
C_{2y} &= +\frac{x_2\cos a}{h_2}\left(\frac{L_2'}{L_1L_1'+L_2L_2'}\right)
\end{aligned}
\right.
$$

Les formules 3) et 4), avec les valeurs des fonctions J et de leurs dérivées prises dans les tables figurant dans l'ouvrage de M. Dubois[1] ou calculées au moyen des formules 2) nous permettent de calculer le premier terme du second membre des formules 1), dès que M_2, H_2, M_1 et H_1 sont connus et que l'égalité des déformations en x_2 et x_1 nous aura déterminé X, Y, Z *et* S.[2]

Nous allons donner, en même temps que les valeurs des intégrales particulières dans les formules 1), la valeur de M_2, H_2, M_1 et H_1 pour quelques cas de charge fréquents.

1° Charge d'eau atteignant p tonnes : m² au sommet du cône.

Cône tenu le long de la directrice en x_2, pointe dirigée vers le bas. (Fig. 2 et 3.)

$$R_2 = +p\cos a\,\frac{(x_2^2-x_1^2)}{2x_2} - \frac{\sin a\cos a}{3}\,\frac{(x_2^3-x_1^3)}{x_2}\;;\quad H_2 = \sim\frac{R_2}{\operatorname{tg} a}$$

$$M_2 = \frac{ph^2}{24\operatorname{tg}^2 a}\left(3-\frac{x_1^2}{x_2^2}\right) - \frac{\cos a\,.\,h^2}{9\operatorname{tg} a}\left(4x_2-\frac{x_1^3}{4x_2^2}\right)\;;\quad H_1 = \sim 0$$

[1] Un extrait de ces tables sera annexé aux tirés à part de la présente notice qui seront mis en vente en librairie. *Réd.*

[2] Les efforts et déformations sous $X = 1$, $Y = 1$, $Z = 1$ et $S = 1$ sont donnés directement par les mêmes équations 1, 3 et 4 puisqu'il n'y a pas d'intégrales particulières pour ces 4 cas de charge.

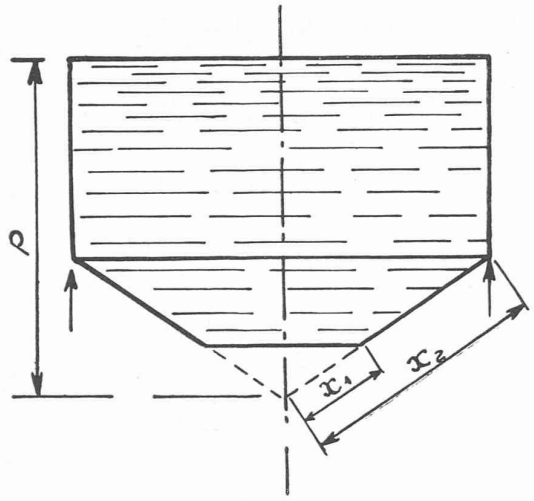

Fig. 2.

$$M_1 = \frac{ph^2}{12\,\mathrm{tg}^2\,a} - \frac{5\cos a\,.\,h^2 x_1}{12\,\mathrm{tg}\,a}$$

$$T_{1p} = \frac{p}{2\,\mathrm{tg}\,a}\left(x - \frac{x_1^2}{x}\right) - \frac{\cos a}{3}\left(x^2 - \frac{x_1^3}{x}\right)$$

$$T_{2p} = \frac{px}{\mathrm{tg}\,a} - \cos a x^2$$

$$G_{1p} = \frac{ph^2}{24\,\mathrm{tg}^2\,a}\left(3 - \frac{x_1^2}{x^2}\right) + \frac{h^2\cos a.x_1^3}{36\,\mathrm{tg}\,a.x^2} - \frac{4h^2\cos a.x}{9\,\mathrm{tg}\,a}$$

$$G_{2p} = \frac{ph^2}{24\,\mathrm{tg}^2\,a}\left(\frac{x_1^2}{x^2} + 3\right) - \frac{h^2\cos a.x_1^3}{36\,\mathrm{tg}\,a.x^2} - \frac{2h^2\cos a.x}{9\,\mathrm{tg}\,a}$$

Déformations en x_2 :

$$EU_p = \frac{-p}{2h\,\mathrm{tg}^2\,a}\left(\frac{x_1^2}{x_2} + 3x_2\right) + \frac{\cos a}{3h\,\mathrm{tg}\,a}\left(8x_2^2 + \frac{x_1^3}{x_2}\right)$$

$$Ed_p = \frac{p\cos a x_2^2}{h\,\mathrm{tg}\,a} - \frac{\cos^2 a}{h}x_2^3$$

Déformations en x_1 :

$$EU_p = \frac{-2p}{h\,\mathrm{tg}^2\,a}x_1 + \frac{3\cos a}{h\,\mathrm{tg}\,a}x_1^2$$

$$Ed_p = \frac{p\cos a}{h\,\mathrm{tg}\,a}x_1^2 - \frac{\cos^2 a}{h}x_1^3$$

2° *Même cas, pointe du cône dirigée vers le haut.* (Fig. 4.)

Il suffit d'introduire p avec un signe négatif dans les formules du cas précédent.

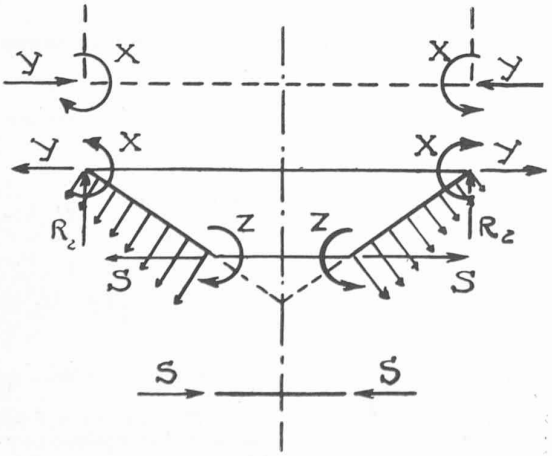

Fig. 3.

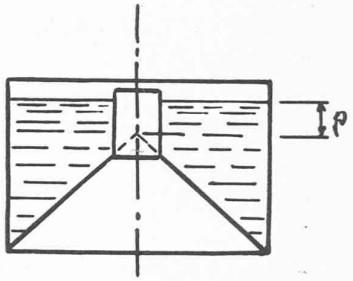

Fig. 4.

3° *Même cas, cône tenu le long de la directrice en* x_1, *pointe dirigée vers le bas.* (Fig. 5.)

On obtient l'expression des valeurs cherchées en permutant, dans les formules du cas 1, les indices 1 et 2 de R_1, R_2, H_1, H_2, M_1, M_2, x_1, x_2 (on ne permute pas les indices de T_1, T_2, G_1, G_2 car, pour ces quatre termes, les indices 1 et 2 n'indiquent pas que la valeur se rapporte aux points x_1 ou x_2 mais servent simplement à différencier des efforts et des moments fléchissants différents).

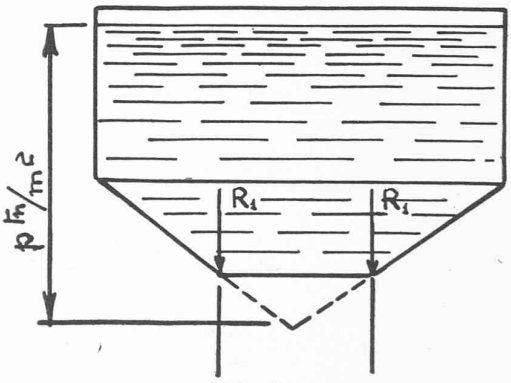

Fig. 5.

Par exemple, $M_2 = \dfrac{ph^2}{12\,\mathrm{tg}^2\,a} - \dfrac{5\cos a\,.\,h^2}{12\,\mathrm{tg}\,a}\cdot x^2$

4° *Poids propre* g *ou charge uniformément répartie ; cône tenu en* x_2, *la pointe vers le bas.* (Fig. 6.)

$$R_2 = \frac{g}{2}\left(\frac{x_2^2 - x_1^2}{x_2}\right)$$

$$M_2 = \frac{g\cos a\,.\,h^2}{24\sin^2 a}\left(3 - 4\sin^2 a - \frac{x_1^2}{x^2}\right); \qquad H_2 = \frac{R_2}{\mathrm{tg}\,a}$$

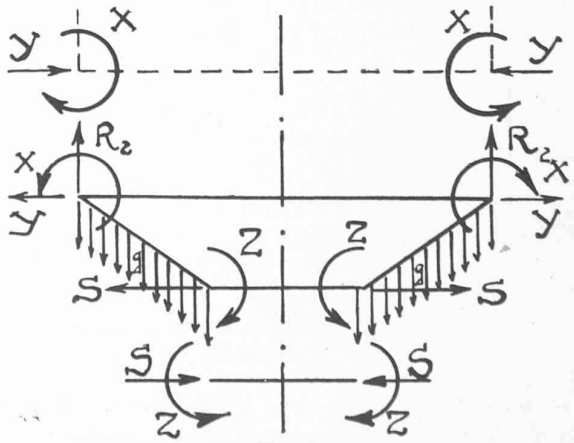

Fig. 6.

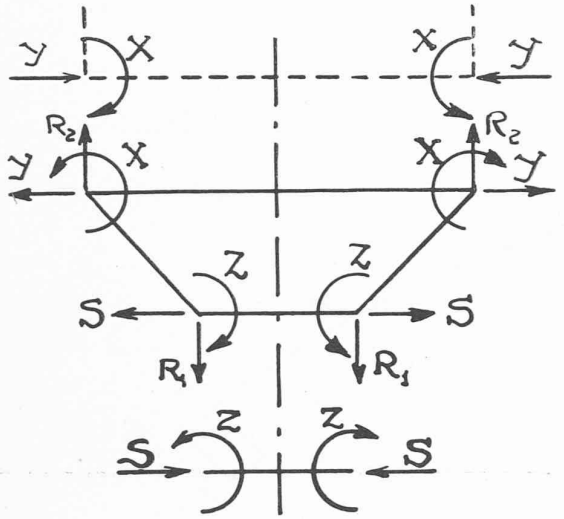

Fig. 7.

$$M_1 = \frac{g \cos a . h^2}{12 \sin^2 a} (1 - 2 \sin^2 a) ; \qquad H_1 = 0$$

$$T_{1p} = \frac{- g x_1^2}{2 \sin a} \cdot \frac{1}{x} + \frac{g}{2 \sin a} \cdot x ; \qquad T_{2p} = \frac{gx}{\sin a}$$

$$G_{1p} = \frac{gh^2 \cos a}{12} \left[\left(\frac{3 - \frac{x_1^2}{x_2}}{2 \sin^2 a} \right) - 2 \right] ;$$

$$G_{2p} = \frac{gh^2 \cos a}{12} \left[\left(\frac{3 + \frac{x_1^2}{x^2}}{2 \sin^2 a} \right) - 2 \right]$$

Déformations en x_2 :

$$EU_p = \frac{g \cos a}{h} \left[2 - \left(\frac{3 + \frac{x_1^2}{x_2^2}}{2 \sin^2 a} \right) \right] x_2 ; \qquad Edp = \frac{g x_2^2}{h \operatorname{tg} a}$$

Déformations en x_1 :

$$EU_p = - \frac{2 g x_1 \cos a}{h \operatorname{tg}^2 a} ; \qquad Edp = \frac{g x_1^2}{h \operatorname{tg} a}$$

5° *Même cas, pointe du cône dirigée vers le haut.*

Il faut, dans les formules du cas précédent, donner une valeur négative à g.

6° *Poids propre, cône tenu en x_1, pointe dirigée vers le bas.*

On obtient l'expression des valeurs cherchées en permutant, dans les formules du cas 4), les indices 1 et 2 de R_1, R_2, H_1, H_2, M_1, M_2, x_1, x_2. Par exemple,

$$T_{1p} = - \frac{g x_2^2}{2 \sin a} \frac{1}{x} + \frac{g}{2 \sin a} x$$

7° *Charge verticale R_2 tonne : m^1 le long de la directrice en x_2, cône tenu en x_1.* (Fig. 7.

$$R_1 = \frac{R_2 x_2}{x_1}$$

$$M_1 = + \frac{R_1 h^2}{12 \operatorname{tg} a \sin a . x_1} ; \qquad H_1 = - \frac{R_1}{\operatorname{tg} a}$$

$$M_2 = + \frac{R_2 h^2}{12 \operatorname{tg} a \sin a . x_2} ; \qquad H_2 = + \frac{R_2}{\operatorname{tg} a}$$

$$T_{1p} = \frac{R_2 x_2}{\sin a} \cdot \frac{1}{x} \qquad T_{2p} = 0$$

$$G_{1p} = \frac{h^2 R_2 x_2}{12 \operatorname{tg} a \sin a} \cdot \frac{1}{x^2} ; \qquad G_{2p} = - \frac{h^2 R_2 x_2}{12 \operatorname{tg} a \sin a} \cdot \frac{1}{x^2}$$

Déformations en x_2 :

$$EUp = \frac{R_2}{h \operatorname{tg} a \sin a} ; \qquad Edp = 0$$

Déformations en x_1 :

$$EUp = \frac{R_1}{h \operatorname{tg} a \sin a} ; \qquad Edp = 0$$

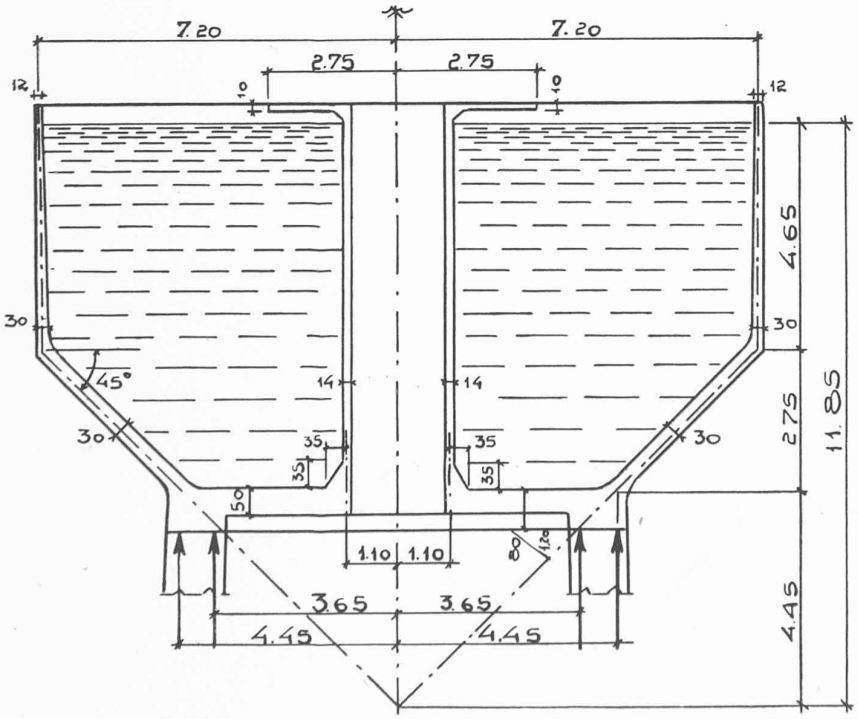

Fig. 8.

Pour illustrer le calcul du tronc de cône, nous allons donner le résultat que nous avons trouvé pour le château d'eau, d'une capacité de 1000 m³, exécuté, d'après nos plans, pour la société des Forges de Clabecq par l'entreprise J. et A. Devleminck à Hal (voir ci-contre, fig. 11).

La figure 8 montre, en coupe, les principales dimensions de la cuve. Le tronc de cône est encastré élastiquement, d'une part dans un cylindre, d'autre part dans une dalle circulaire percée, reliée elle-même élastiquement, le long du trou, à un cylindre intérieur qui permet l'accès sur le réservoir.

Aux figures 9 et 10, on trouvera le diagramme des efforts et des moments fléchissants dans le tronc de cône, en admettant que ce tronc de cône repose sur un cercle de 4,45 m de rayon, tandis que la dalle circulaire, percée, reposerait sur un cercle de 3,65 m de rayon et

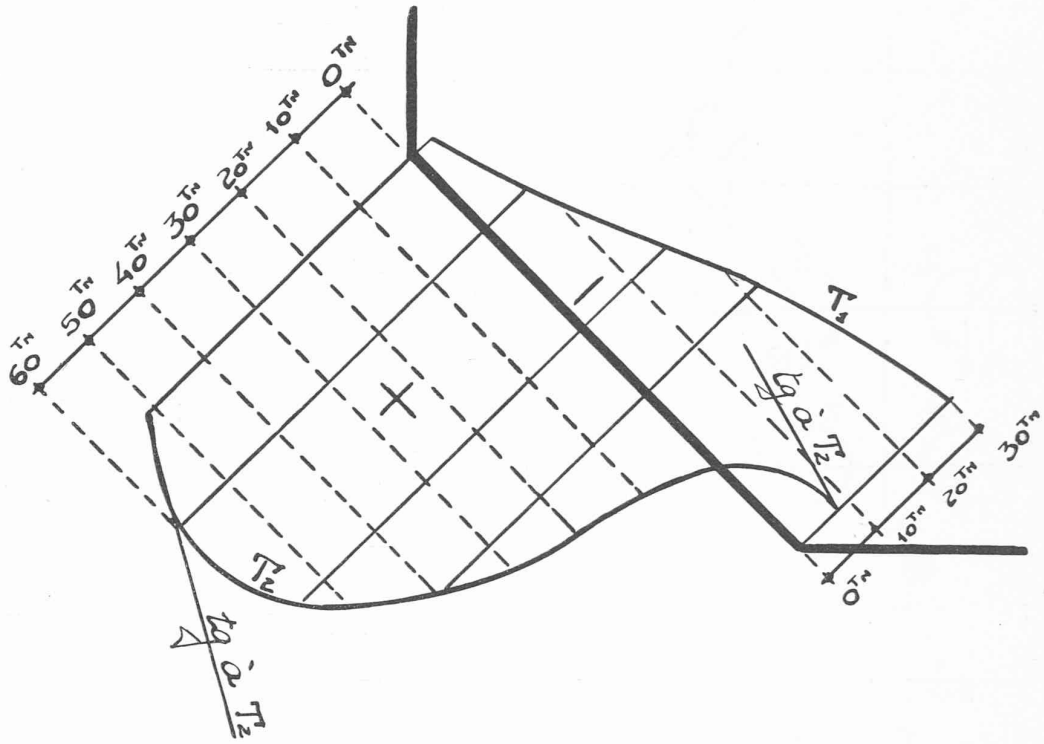

Fig. 9. — Diagrammes de T_1 et T_2. — Echelle : 1 cm = 10 T.

serait reliée par un porte à faux au tronc de cône.

D'autre part, comme le degré réel d'encastrement sur la poutre circulaire tenue par les colonnes est incertain, nous avons aussi calculé le tronc de cône dans le cas d'un encastrement parfait sur la poutre circulaire qui relie les colonnes, et nous avons disposé les armatures de manière que, dans l'une et l'autre hypothèse, les tensions du fer ne dépassent en aucun point 1200 kg/cm².

Du point de vue exécution, l nous semble intéressant de signaler que les joints de travail entre la dalle circulaire et le tronc de cône ou le cylindre intérieur, ainsi que le joint entre le tronc de cône et le cylindre extérieur, n'étaient pas horizontaux. Ils étaient orientés normalement aux efforts dans les sections des joints et des barres suffisantes, à 45° par rapport à la direction du joint, étaient prévues pour assurer une résistance parfaite du joint. D'autre part, on a eu soin d'avoir, pour le béton, une bonne composition granulométrique. Ces précau-

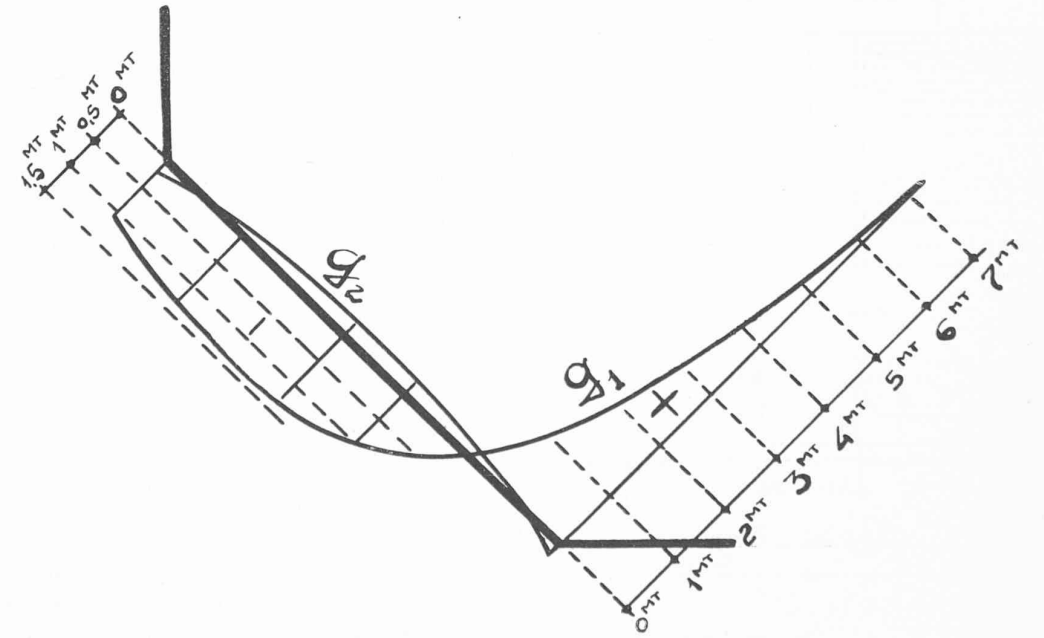

Fig. 10. — Diagrammes de g_1 et g_2. — Echelle : 1 cm = 1 m. t.

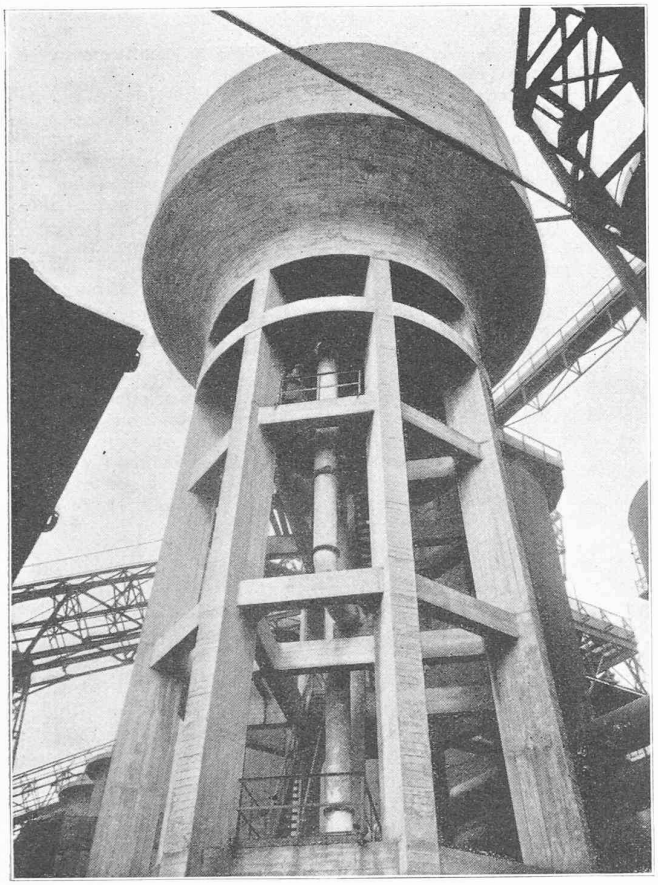

Fig. 11. — Château d'eau, d'une capacité de 1000 m³, de la Société des Forges de Clabecq.

tions, grâce à l'exécution irréprochable du travail, se sont révélées efficaces. En effet, le réservoir est parfaitement étanche sans le secours d'aucun enduit et sans utilisation d'hydrofuge dans le béton.

Concours d'architecture pour un temple, à Renens.

(Suite et fin.)[1]

N° 11. *Cube 5256 m³.* Bon projet avec de très belles façades. Son exécution serait d'un coût trop élevé. La salle de paroisse est trop élevée et trop encombrée de colonnes.

Les escaliers de la galerie sont d'un effet désagréable.

N° 19. *Cube 4071 m³.* Ce projet a été retenu pour son plan condensé et bien étudié.

Les façades banales et pauvres n'ont pas les qualités du plan.

Troisième tour d'élimination :

Sont éliminés les projets N°s 13, 14, 30 et 41.

Quatrième tour d'élimination. Sont éliminés les projets N° 3, 10 et 28.

Le jury décide de primer les trois projets restants et de répartir la somme de 2000 fr. comme suit :

1er prix	N° 44	devise « Coquerico »	Prime Fr. 900.—
2e »	N° 11	» « Les Chevrons »	» » 700.—
3e »	N° 19	» « Roc »	» » 400.—

Il est procédé à l'ouverture des enveloppes.

Les noms des auteurs sont :

1er prix, N° 44 : M. *Paul Lavenex*, architecte, à Lausanne.

2e prix, projet N° 11 : M. *A. Schorp*, architecte, à Montreux.

3e prix, projet N° 19 : M. *Robert Capt*, architecte, à Pully.

[1] Voir *Bulletin technique* du 2 septembre 1933, page 221.

Le projet classé en premier rang est digne d'être exécuté, mais devra être remanié pour arriver à un coût inférieur.

Renens, le 6 juin 1933.

Le jury :

MM. E. Bron, G. Epitaux, Ch. Thévenaz, P.-E. Engelmann, E. Meylan.

CHRONIQUE

Le gros problème des adjudications : Un projet de la Fédération vaudoises des entrepreneurs.

Le problème de l'adjudication des travaux et des fournitures de l'Etat s'est posé partout à la fois, depuis quelques années, à la suite des nombreux abus constatés : travaux adjugés à des prix manifestement trop bas, gâchage des prix systématique de la part de quelques-uns, d'où difficulté fort grande d'obtenir de la besogne pour les maisons travaillant bien et à des conditions normales.

Ce problème, dans plusieurs cantons suisses, a déjà reçu des solutions. L'administration fédérale, de son côté, est dotée d'un règlement qui fonctionne généralement bien. Mais le projet de règlement concernant les adjudications dans le canton de Vaud nous paraît mériter une analyse particulière, parce qu'il intéresse d'abord quantité de nos lecteurs, parce qu'étant tout récent il a pu tenir compte des expériences faites ailleurs, parce qu'enfin il pose des principes de première importance.

Œuvre de la Fédération vaudoise des entrepreneurs, c'est-à-dire en tout premier lieu de MM. Charles Gilliéron, père et fils, le projet, dont il était question depuis longtemps et dont les intéressés attendent la réalisation avec impatience, est éclos ensuite d'une intervention au Grand Conseil de M. le député Henry Cottier (Lausanne), qui déposa une motion à ce propos le 24 août 1933.

On sait le rôle de plus en plus considérable que les associations professionnelles jouent dans la vie des nations civilisées, en Suisse comme ailleurs. On se demande même, dans certains milieux, si le moment n'est pas venu de les intégrer dans l'Etat, en les chargeant des tâches qu'elles sont mieux placées pour remplir que ce dernier, lequel reprendrait davantage sa position naturelle d'arbitre. Toutefois, plusieurs des groupements économiques et des associations professionnelles ont à lutter — c'est leur travail le plus ingrat — contre ceux qui refusent d'en faire partie, éludant ainsi certaines charges inévitables tout en profitant de l'effort commun.

Dans son projet, la Fédération vaudoise des entrepreneurs requiert l'intervention des associations professionnelles pour la fixation des prix de revient et d'adjudication. Et elle pose, en outre, en principe, dans le chapitre I, que les soumissionnaires qui se refusent à faire partie de l'association professionnelle cantonale seront purement et simplement exclus des concours. Il est évident que les « sauvages », c'est-à-dire les non-membres, de même que les partisans du libéralisme économique intégral, vont pousser de terribles clameurs. Et l'on se demande aussi quelle sera l'attitude de l'Etat qui est particulièrement bien placé pour connaître le fameux article de la Constitution fédérale garantissant la liberté du commerce. Il est vrai que cette liberté a déjà reçu tant d'accrocs !...

Nous ne voulons pas relever ici tous les détails, dont la mise au point paraît étudiée avec soin, des modes d'adjudication, de mise au concours et de soumissions.

A l'article 8, on fixe les délais de soumissions, qui doivent être suffisamment longs pour permettre un calcul soigné des prix (dix jours au minimum quand la valeur du travail ou des fournitures n'excède pas 20 000 fr. ; vingt jours au minimum pour une valeur supérieure). A l'article 13, on insiste pour que le délai d'adjudication, aussi court que possible, ne dépasse pas trois semaines. Plus loin, on stipule, non sans une discrète malice peut-être, qu'il est interdit à l'Administration d'engager avec des soumissionnaires des tractations portant sur des modifications de la soumission ou des prix.

Voici le texte complet de l'article 17, qui précise les cas d'exclusion de l'adjudication :