Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 19/20 (1892)
Heft: 16

Artikel: Formules donnant la résistance des pilots
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-17401

Formules donnant la résistance des pilots.

L'aide-mémoire de l'Ingénieur, publié par la société la „Hütte", donne deux formules pour le calcul des charges que l'on peut faire supporter aux pieux de fondation: l'une est de Brix et l'autre de Redtenbacher. Celle de Brix se retrouve depuis une dizaine d'années dans la plupart des calendriers techniques qui se publient en langue allemande.

Bien que cette formule ne tienne pas compte de la compressibilité du bois, elle donne des résultats qui ne sont dans aucun rapport avec ceux de la formule de Redtenbacher.

Nous désignerons par

Q le poids du mouton, en *kg*.
q „ „ du pilot, „ „
q_1 „ „ du faux pieu, en *kg*.
$n = \frac{q}{Q}$ et $n_1 = \frac{q+q_1}{Q}$.
h la hauteur de chute du mouton, en *mm*.
e l'enfoncement du pieu au dernier coup de mouton, en *mm*.
a la section du pilot, en mm^2.
l la longueur du pilot, en *mm*; $\frac{l}{aE} = \delta$.
E le module d'élasticité du bois, par rapport au $mm^2 = 1200$.
R la plus grande charge que le pieu peut supporter sans s'enfoncer davantage, soit charge qui correspond au maximum des réactions du terrain.

Admettons le cas d'un mouton de 500 *kg*, 3 *m* de levée, un pilot du poids de 200 *kg* (longueur 5 *m*, section 70000 mm^2, diamètre environ 30 *cm*) et 10 *mm* d'enfoncement produit par le dernier coup de mouton.

D'après la formule de Brix on trouve:

$$R = \frac{h}{e} \cdot \frac{q\,Q^2}{(q+Q)^2} = \frac{3000 \cdot 200 \cdot 500^2}{10\,(200+500)^2} = 30\,600 \ kg$$

et d'après Redtenbacher, faisant $R = a\,R_1$,

$$a\,R_1 = a\left[-\frac{e\,E}{l} + \sqrt{\frac{2\,E}{a\,l} \cdot \frac{h\,Q^2}{q+Q} + \left(\frac{e\,E}{l}\right)^2}\,\right] =$$

$$= 70000\left[-\frac{10 \cdot 1200}{5000} + \sqrt{\frac{2 \cdot 1200}{70000 \cdot 5000} \cdot \frac{3000 \cdot 500^2}{200+500} + \left(\frac{10 \cdot 1200}{5000}\right)^2}\,\right]$$

$$= 1{,}22 \cdot 70000 = 85\,400 \ kg.$$

La formule de Redtenbacher tient compte de la compressibilité du bois et devrait, par conséquent, donner une charge inférieure, tandis que celle que nous venons de trouver est 2,76 fois plus grande que d'après Brix.

Il y a là évidemment une anomalie et il n'est pas difficile de prouver que c'est la formule de Brix qui est en défaut.

Lorsqu'il y a choc entre deux corps complètement dépourvus d'élasticité dont l'un représente la quantité de mouvement $M\,V$ et l'autre, de la masse m, est au repos, leur vitesse commune après le choc sera

$$u = \frac{M\,V}{m+M}$$

et leur puissance vive

$$(m+M)\,\frac{u^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{M^2\,V^2}{m+M}$$

M étant la masse du mouton, m celle du pieu et $V^2 = 2\,gh$, on aura

$$e\,R = \frac{h\,Q^2}{q+Q} \text{ ou } R = \frac{h}{e} \cdot \frac{Q^2}{q+Q} = \frac{h\,Q}{e\,(1+n)} \quad . \quad (1)$$

si l'on s'est servi d'un faux-pieu, son poids est à ajouter à celui du pilot et il vient

$$R = \frac{h}{e} \cdot \frac{Q^2}{q+q_1+Q} = \frac{h\,Q}{e\,(1+n_1)} \quad . \; . \; . \quad (2)$$

En tenant compte de la compressibilité du bois, il faut ajouter à l'enfoncement e une quantité $e_1 = \frac{l\,R}{a\,E}$ et l'équation (1) donnera

$$R = \frac{h}{e + \frac{l\,R}{a\,E}} \cdot \frac{Q^2}{q+Q} \text{ ou, faisant } \frac{l}{a\,E} = \delta,$$

$$R = -\frac{a\,e\,E}{2\,l} + \sqrt{\frac{a\,E}{l} \cdot \frac{h\,Q^2}{q+Q} + \left(\frac{a\,e\,E}{2\,l}\right)^2} = -\frac{e}{2\,\delta} +$$

$$+ \sqrt{\frac{h\,Q}{\delta\,(1+n)} + \frac{e^2}{4\,\delta^2}} = \frac{1}{\delta}\left(-\frac{e}{2} + \sqrt{\frac{\delta\,h\,Q}{1+n} + \frac{e^2}{4}}\right) \quad (3)$$

Redtenbacher a dû admettre que la réaction du terrain agit uniformément sur toute la longueur du pilot, cas dans lequel la résultante de cette réaction s'applique au milieu de la longueur du pilot.

On aura alors

$$e_1 = \frac{R\,l}{2\,a\,E} \text{ et } R = \frac{h}{e + \frac{R\,l}{2\,a\,E}} \cdot \frac{Q^2}{q+Q}$$

équation dont la transformation donne

$$R = -\frac{a\,e\,E}{l} + \sqrt{\frac{2\,a\,E}{l} \cdot \frac{h\,Q^2}{q+Q} + \left(\frac{a\,e\,E}{l}\right)^2} = -\frac{e}{\delta} +$$

$$+ \sqrt{\frac{2\,h\,Q}{\delta\,(1+n)} + \frac{e^2}{\delta^2}} = \frac{1}{\delta}\left(-e + \sqrt{\frac{2\,\delta\,h\,Q}{1+n} + e^2}\right) \quad (4)$$

La formule (4) correspond à celle de Redtenbacher en faisant $R = a\,R_1$.

L'application de la réaction du terrain à mi-hauteur du pieu ne paraît pas entièrement justifiée: on se sert généralement de pieux de fondation dans des terrains compressibles, afin d'atteindre plus économiquement des couches offrant des réactions plus grandes, et seulement dans un terrain absolument homogène les réactions seraient réparties sur toute la longueur du pilot, encore faudrait-il tenir compte de la réaction directe qu'il rencontrera toujours à son extrémité inférieure. — La formule de Redtenbacher donne ainsi des valeurs plus fortes que l'équation (3). En nous servant des données admises ci-dessus la formule (4) donne comme précédemment 85 400 *kg*, tandis que d'après (3) il vient

$$R = 16\,800\left(-\frac{10}{2} + \sqrt{\frac{3000 \cdot 500}{16800 \cdot 1{,}4} + \frac{10^2}{2}}\right) = 74\,300 \ kg$$

Lorsqu'un pilot est battu jusqu'au refus, e sera égal à zéro et l'on aura

$$\frac{l\,R^2}{a\,E} = \frac{h\,Q^2}{q+Q} \text{ ou}$$

$$R = \sqrt{\frac{a\,E}{l} \cdot \frac{h\,Q^2}{q+Q}} = \sqrt{\frac{h\,Q}{\delta\,(1+n)}} \quad . \; . \quad (5)$$

et, en admettant, d'après Redtenbacher, $e_1 = \frac{l\,R}{2\,a\,E} = \frac{\delta\,R}{2}$

$$R = \sqrt{\frac{2\,a\,E}{l} \cdot \frac{h\,Q^2}{q+Q}} = \sqrt{\frac{2\,h\,Q}{\delta\,(1+n)}} \quad . \; . \quad (6)$$

L'application des valeurs numériques précédentes donne

pour la formule (5) $R = \sqrt{\frac{3000 \cdot 500 \cdot 16800}{1{,}4}} = 134\,000 \ kg$

et pour la formule (6) $R = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000 \cdot 500 \cdot 16800}{1{,}4}} = 189\,700 \ kg.$

Ces formules permettent de se rendre compte de l'effet qui se produit lorsque le refus d'un pilot est obtenu et du danger qu'il y a de donner au mouton trop de chute.

* * *

Au lieu de $R = \frac{h\,Q^2}{e\,(q+Q)}$

Brix fait $R = \frac{h\,q\,Q^2}{e\,(q+Q)^2}$

(Pour la suite: Voyez pag. 112)

Bezeichnung	Betriebssystem: Turbine		Betriebssystem: Electr. Kraftübertragung			Betriebssystem:		
	Lausanne-Ouchy	Lausanne-Gare	Bürgenstock-Bahn	Salvatore-Bahn	Stanserhorn-Bahn Im Bau	Giessbach-Bahn	Territet-Glion	Gütsch-Bahn
Betriebseröffnung	16. März 1877	5. Dec. 1879	7. Juli 1888	27. März 1890	(1. Juni 1893)	21. Juli 1879	19. Aug. 1883	22. Aug. 1884
Betriebslänge, schief gemessen . . . *m*	1463	314	940	1633	I. Sect. (1610) II. „ (1070) III. „ (1240)	333	630	160
Höhendifferenz zw. den Endstationen [1]) . . . *m*	101	31,85	436	601,60	I. Sect. (277) II. „ (500) III. „ (616)	90	298,3	75
Steigungen der Bahn . . %	3—11,6	0—11,6	32—58	17—60	I. Sect. (10–27) II. „ (40–62) III. „ (40–62)	24—32	40—57	51—53
Mittlere Steigung . . . . %	6,9	10,0	52,8	40	I. Sect. (17,6) II. „ (55) III. „ (57)	28,2	54	52,8
Curvenradien d. Ausweichg. *m*	400	keine	170	keine Ausweichung	I. Sect. 120 II. u. III. Sect. 150	120	500 u. 1000	keine
Curvenradien ausserhalb d. Ausweichung . . . . *m*	keine	120	320	300 u. 400	I. Sect. 400 II. „ (250 u. 400) III. „ (200)	keine	keine	keine
Länge der Ausweichung, schief gemessen . . . *m*	143	keine	172	keine Ausweichung	I. Sect. 73 II. u. III. Sect. (90)	62	130,24	keine
Kronenbreite auf Schwellenhöhe . . . . . . *m*	4,00 unt. Theil 5,50 ob. Theil	3,70	1,50	1,50	I. Sect. 2,00 II. u. III Sect. 1,50	3,50	2,40 u. 2,50	3,30
Länge der geraden Bahnstrecken . . . . . . %	90,2	90,5	78	82,56	I. Sect. 94,5 II. „ (78) III. „ (83,8)	82	79,57	100
Länge der Tunnel . . . *m*	112 u. 253	253	keine	keine	I. Sect. keine II. „ 15 III. „ (86)	keine	keine	keine
Länge der eisern. Brücken [2]) *m*	keine	keine	keine	30,6 u. 97,2	keine	174	keine	keine
System des Unterbaues . .	Schotter	Schotter	Steinpflaster	Mörtelmauer	I. Sect. Schotter II., III. Sect. Mörtelm.	Schotter	Mörtelmauer	Beton
Geleissystem	4-schienig	2-schienig [3])	2-schienig	2-schienig [3])	2-schienig	2-schienig	4-schienig	4-schienig
Spurweite . . . . . . *m*	1,435	1,435	1	1	1	1	1	1
Zahnstangensystem . . .	keine	Riggenbach	Abt	Abt	keine	Riggenbach	Riggenbach	Riggenbach
Schienenhöhe . . . . . *mm*	129	127	115	90	125	86	83	82
Gewicht der Schienen das *m* *kg*	33	33	22	17,5	20	18	17,5	17,5
Länge der Zahnstangen . . *m*	keine	3,00	2,88	2,04	keine	3,00	3,00	3,00
Länge der Schwellen . . *m*	2,6 i. unt. Theil 3,8 i. ob. Theil	2,60	1,50	1,50	I. Sect. 1,65 II. u. III. Sect. 1,50	1,60	2,50	3,70
Schwellenmaterial	Eichenholz	Eichenholz	Flusseisen	Flusseisen	Flusseisen	Eichenholz	Bessemerstahl	Nadelholz
Gewicht des Oberbaues complet das *m* [4]) . . . . *kg*	180 *kg* unten 180 *kg* oben	165	96	86	I. Sect. 63 II. u. III. Sect. 67	110	217	322
Anzahl ausgewechselt. Cabel	6	6	1 [5])	keine	—	keine	keine [7])	keine
Bruchfestigkeit des Cabels . *t*	62,5	38,00	46,25	53,5	I. Sect. (25,00) II. „ — III. „ —	23,5	56,75	37
Specif. Bruchfestigk. p. *mm*² *kg*	174,5	132,4	142,7	155,2	—	114	158,5	122
Grösste norm. Seilbelastung *kg*	6300	3800	4500	5400	—	3300	6400	3600
Cabelgewicht das *m* . . . *kg*	3,43	2,84	3,05	3,41	—	2,00	3,75	2,79
Sicherheitsgrad des Cabels	9,9	10	10,2	9,9	—	7,1	8,87	10,3
Construction des Cabels .	Kreuzschlag	Kreuzschlag	Kreuzschlag	Kreuzschlag	Kreuzschlag	Kreuzschlag	Kreuzschlag	Kreuzschlag
Durchmesser des Cabels . *mm*	28,6	29	30	32	—	23,5	34,5	30
Jährlich. durchsch. Parcours *km*	22165	13524	2820	9798	—	(1188)	4030	1258
Anzahl Fahrt. i. Jahresdrchsch.	15150	43070	3000	6000	—	(3600)	6050	7860
Durchm. d. Umleitungsrolle *mm*	6000	4700	4000	4000	4000	3000	3600	2740
Material des Rollenkranzes	Hagbuche	Hagbuche	Buchenholz	Buchenholz	Buchenholz	Nussbaumholz	Nussbaumholz	Nussbaum
Abnutzung d. Kranz. im Jahresdrchsch. *mm*	keine Abnutzg.	keine Abnutzg.	12	15	—	3	21	5
Durchm. d. gross. Seilrollen *mm*	3000	3000	3000	2000	3000	480 u. 200	950	keine
Material des Rollenkranzes	Leder	Leder	Buchenholz	Buchenholz	Buchenholz	Gusseisen	Eschenholz	—
Abnutzung d. Kranz. im Jahresdrchsch. *mm*	4	2	14	25	—	12	72	—
Durchmesser d. Curvenrollen *mm*	250 [9])	250 [9])	600	600	600	480	360	keine
Durchmesser d. kl. Tragrollen *mm*	300	300	160	200	300	240	240	240
Material der Rollenkränze .	Kautschuk	Kautschuk	Gusseisen	Buchenholz	Buchenholz	Gusseisen	Lgercomp. u. Gusseis.	Composition
Abstand der Curvenrollen . *m*	9,70	8,30	14	12—13	—	7, 9 u. 13	9	keine
Abstand der Tragrollen . *m*	15,60	15	14—16	12—14	—	14	15	15
Ablenkungswink. b. d. gr. Seilroll., horiz. °	—	—	2°	2°	0°	11°, 14′	9°	0
do. do. vertical °	—	—	40°	40°	15°	0	0	0
System der Wagen . . .	geschl., 2-achs.	geschl., 2-achs.	offen, 2-achsig	offen, 2-achsig	offen, 2-achsig	off., 3-achs. [10])	offen, 2-achsig	offen, 2-achsig
Sitzplätze der Wagen . .	40	20 Sitzplätze 20 Stehplätze	28	32	32	40	30	12 Sitzplätze 12 Stehplätze
Tara per Wagen . . . . *kg*	6850 AB 6000 B	6000	4300	4500	(4500)	6500	8000	4300
Bruttogewicht per Wagen . *kg*	9650 AB [11]) 8800 B	8800	6300	7000	(7000)	12850	12000	7100
Radstand . . . . *m*	3,20	2,70	3,60	3,25 3,45	—	6,200	4,50	3,10
Tara per Platz . . . . *kg*	171,2 AB 150 B	150	154	140	(266)	162,5	266	178
Erforderl. Wassermenge f. eine Leerfahrt *kg*	—	—	—	—	—	1500	1500	600
Zuläss. Fahrgeschwindigkeit Sekm.	4	3	1,13	1,00	I. Sect. (2,00) II. u. III. Sect. (1,00)	1,04	1,20	1,13
Bremsen	Spindel- u. automat. Schlittenbremse	Spindel- u. automat. Fallbremse	Hebel- u. automat. Fallbremse	Hebel- u. automat. Fallbremse	Hebel- u. automat. Schienenbremse	Spindel- u. automat. Fallbremse	2 Spindelbremsen [12]) u. automat. Fallbremsen	Spindel- u. automat. Fallbremse
Anlagekosten im Ganzen . Fr.	3385959		346000	586622	(1500000)	150000 [13])	470491 [13])	86000
Anlagekosten das *km* . . Fr.	1881088		368644	355313	(380324)	434782	740930	518109
Betriebsausgab. im Jahresdurchsch. } seit	108315		10100	32000	—	2500	32880	11004
Reisende im Jahresdurchschnitt } Eröffnung	423650	148750	26172	35000	—	16000	85000	97520
Fahrtaxe für Berg-, Thal- und Retourfahrt . . . Fr.	0,25-0,25-0,40	0,10-0,10-0,20	I. Cl.: 1,50–1–2,50 II. Cl.: 1–0,50–1,50	3—2—4	—	1,00-1,00-1,00	1—0,75—1,50	0,30-0,30-0,50
Betriebscoefficient [15]) . . .	66,76		35,8	58,2	—	14,7	47,5	45,9
Anzahl d. Bahnpers. incl. Chef	20	4	7	7	—	2	10	5

Die eingeklammerten Zahlen

Wasserübergewicht								
Marzili-Bahn	Lugano-Bahnhof	Biel-Magglingen	Zürichberg-Bahn	Beatenberg-Bahn	Ecluse-Plan	Lauterbrunnen-Grütsch	Ragaz-Wartenstein Im Bau	Bemerkungen
18. Juli 1885	8. Novbr. 1886	1. Juni 1887	8. Jan. 1889	21. Juni 1889	25. Oct. 1890	14. Aug. 1891	(1. Juli 1892)	
106	244	1684	167	1695	384	1372	(790)	
31,20	56,84	443	33,38	556,1	108,68	671	(206)	1) Die Höhendifferenz bezieht sich von Mitte zu Mitte Wagen.
30,2	20—24	20—32	20—26	28—40	22—37	41—60	23,5—30,37	
30,2	23	27,26	22,43	34,58	26,8	55,4	(26,8)	
150	120	300	100	1000	500	1000	180	
keine	keine	keine	keine	400	keine	keine	250	
42,2	54,72	90	57	240	112	125,30	67	
2,18	2,40	3,5	3,50	4,00	1,700	2,40	1,50	
61,6	78,1	94,6	67,56	77,67	71,1	90	72,45	
keine	45, 22, 9, 12	keine	keine	67	80 und 86	keine	20 und 50	
88	keine	86, 44 u. 120	52,34	19,11	keine	100	keine	2) Brücken von über 10 *m* Spannweite.
eis. Brücke	Schotter	Schotter	Schotter	Schotter	Beton	Mörtelmauer	Mörtelmauer	
3-schienig	2-schienig	3-schienig	3-schienig	3-schienig	4-schienig	3-schienig	2-schienig	3) Ohne automatische Ausweichung.
0,75	1	1	1			1	1	
Riggenbach	Abt	Riggenbach	Abt	Riggenbach	Riggenbach	Riggenbach	Riggenbach	
98	115	98	110	98	90	100	92,5	
20	22,5	20	22,7	20	20	20	16	
2,88	3,00	3,00	2,88	3,60	3,00	3,00	3,00	
2,00 (Quertrg.)	1,80	2,80	2,80	2,80	1,70	2,30	1,40	
Schweisseisen	Flusseisen	Eichenholz	Flusseisen	Eichenholz	Flusseisen	Schweisseisen	Flusseisen	
210	94	192	296	233	220	285	100	4) Oberbaugewicht ohne Ausweichung.
2	2	keine	1	1 Zugscabel 1 Ballastcab.6)	keine	keine	—	Diese Cabelverhältnisse beziehen sich auf das gegenwärtig im Betriebe befindliche Cabel.
28,63	28,3	49,25	26,1	88,5	55	62	(27)	5) Das erste Cabel musste infolge eines Defectes ausgewechselt werden.
133	137	150	122,5	132,8	134,4	159,5	(120)	
1700	2100	7880	3000	10000	4000	7300	(2900)	
1,94	2,00	3,415	2,03	6,1	3,97	3,5	(2,6)	6) Als Ballastcabel wird gegenwärtig das alte Hauptcabel benutzt.
16,8	13,5	0,22	8,7	8,85	13,7	8,5	(9,3)	
Kreuzschlag	Kreuzschlag	Kreuzschlag	Kreuzschlag	Altes Machwerk	Kreuzschlag	Altes Machwerk	Altes Machwerk	
24	27	32	25,5	43,8	36,5	32,6	(27)	7) Das erste Cabel wurde am 25. Februar 1892 ausgewechselt.
5300	6100	4110	7932	4638	6520	3430	—	
50000	25000	2440	47500	2736	16500	2500	—	
3000	2800	3465	2800	4000	3600	3600	3500	
Leder	Buchenholz	Eschenholz	Leder	Eschenholz	Nussbaumholz	Nussbaumholz	Eschenholz	
2,00	5,5	20	2,7	35	26	—	—	
800	1000	1465	1000	2000	1400	—8)	2000	8) An Stelle der Ablenkrollen sind oben die Geleisenden auf 40 *m* Länge auseinander gezogen.
Leder	Gusseisen	Eschenholz	Leder	Eschenholz	Nussbaumholz	Nussbaumholz	Eschenholz	
6	3	70	9,4	110	60	—	—	
360	420	450	120 9)	470	360	360	120 9)	
360	300	300	300	300	240	300	240	9) Rollen mit vertical gestellter Achse.
Gusseisen	Gusseisen	Stahlblech, Holz u. Gusseisen	Gusseisen	Gusseisen	Composition	Gusseisen	Gusseisen	
11	12	9	3,5—6,5	13,5—16,2	10	10 und 11	7 und 9	
14	15	12—15	5,5—7,5	10—18	9	12 und 14	12	
3° 30′	10°	8°	9° 20′	10° 30′	6° 22′	—	—	
15°	6°	12°	14° 32′	0	5° 40′	—	—	
geschl. 2-achs.	offen, 2-achsig	offen, 2-achsig	geschl. 2-achs.	geschl. 2-achs.	geschl. 2-achs.	geschl. 2-achs.	offen, 2-achsig	10) Wagenverhältnisse beziehen sich auf die neuen seit 1891 im Betriebe stehenden Wagen.
14	24 Sitzplätze 16 Stehplätze	40 Sitzplätze 10 Stehplätze	32	50	32	30 Sitzplätze 10 Stehplätze	16 Sitzplätze 12 Stehplätze	
3700	4800	9800	7300	8900	7800	8000	(5500)	
6500	9300	16300	11000	18000	12000	15500	(9000)	11) Zulässiges Bruttogewicht des Zuges = 44 *t*.
3,00	3,65	5,20	2,98	5,20	6,00	5,80	4,30	
264	120	196	228	178	244	200	(196)	
900	1200	3000	1,000	5000	1800	3600	(1000)	
1,04	1,20	2,07	1,43	1,76	1,04	1,00	(1,5)	
Spindel- u. automat. Fallbremse	Spindel- u. automat. Fallbremse	Spindel-, automat. Fallbremse und Centrifugalregulat.	Spindel- u. automat. Fallbremse	Spindel-, automat. Fallbremse und Centrifugalregulat.	Spindel-, autom. Fallbremse u. Centrifug.-bremse f. d. gr. Seilr.	Spindel-, automat. Fallbremse und Centrifugalbremse	Spindel- u. automat. Centrifugalbremse	12) Die neuen in Arbeit stehenden Wagen erhalten Spindel- und automatische Centrifugalbremsen.
70842	185311	450000	259348	670846	220000	834000	(225000)	13) Excl. Umbaukosten.
628163	747221	265800	1472857	393228	557000	604350	(281250)	
8646	15000	20552	28022	28000	18000	20000	—	14) Während der Hochsaison kostet die Bergfahrt 2. 50, Thalfahrt 1 und Retourfahrt 3 Fr.
163613	160000	42330	446955	32450	180000	42000	—	
0,10-0,10-0,20	I. Cl. 0,40-0,20-0,60 II. Cl. 0,20-0,10-0,30	1—1—1,50	0,10-0,10-0,20	1,50—0,70—2,00 14)	0,20-0,10-0,30	2,75-1,50-4,25	—	15) Verhältniss der Betriebsausgaben zu den Betriebsroheinnahmen.
73,24	68,1	70,75	64,21	55	82	68	—	
5	6	8	10	10	10	10	—	

sind approximativ.

E. Strub.

Il y a lieu de supposer que cette formule a été établie en admettant une certaine élasticité, qui existe en effet aussi bien pour le bois que pour la fonte.

Désignant par V la vitesse du pilot et par V_1 celle du mouton, après le choc, on a

$$V_1 = \frac{MV - mV\sqrt{\alpha}}{m+M} = \frac{(M - m\sqrt{\alpha})\,V}{m+M}$$

et
$$V = \frac{MV + MV\sqrt{\alpha}}{m+M} = \frac{MV(1+\sqrt{\alpha})}{m+M}$$

α est le rapport $\frac{h_1}{h}$ de la hauteur h de laquelle doit tomber un corps pour rebondir à la hauteur h_1. On peut admettre que pour un mouton qui tombe sur un pieu dont le refus n'est pas obtenu la valeur de α est si petite qu'elle peut être négligée et la puissance vive du pieu serait

$$\tfrac{1}{2}\, m\, V^2 = \tfrac{1}{2}\, m\, \frac{V^2 M^2}{(m+M)^2} = \frac{h\, Q^2\, q}{(q+Q)^2} = R\, e$$

$$\text{ou } R = \frac{h}{e} \cdot \frac{q\, Q^2}{(q+Q)^2} \quad . \quad . \quad \text{formule de Brix.}$$

Il est bien vrai, quelque petit que soit α, que la vitesse initiale du pilot, après le choc, sera plus grande que celle du mouton et que, si rien n'empêchait ces deux corps de garder leurs vitesses, ils ne se toucheraient jamais. Malheureusement pour la formule Brix, tel n'est pas le cas: le pilot rencontre une résistance qui l'empêche de fuir devant le mouton et, les deux ayant à peu près la même vitesse, le mouton est ralenti et arrêté en même temps que le pieu, même sans nouveau choc.

En ne négligeant pas la puissance vive que le mouton conserve après le choc, la formule estropiée de Brix se trouvera remplacée par la suivante:

$$e\,R = \tfrac{1}{2}\,(m V^2 + M V_1^{\,2}) = \frac{\tfrac{1}{2}\, m\, (M V + M V \sqrt{\alpha})^2}{(m+M)^2} + \frac{\tfrac{1}{2}\, M\, (M V - m V \sqrt{\alpha})^2}{(m+M)^2}$$

qui peut être mise sous la forme suivante:

$$e\,R = \frac{\tfrac{1}{2}\, M\, V^2}{(m+M)^2}\,[m\, M\, (1+\sqrt{\alpha})^2 + (M - m\sqrt{\alpha})^2]$$

et donne

$$e\,R = \frac{h\,Q}{(q+Q)^2}\,[q\,Q\,(1+\sqrt{\alpha})^2 + (Q - q\sqrt{\alpha})^2] \quad . \quad (7)$$

ou, remplaçant q par $n\;Q$

$$R = \frac{h\,Q}{e\,(1+n)^2}\,[n\,(1+\sqrt{\alpha})^2 + (1 - n\sqrt{\alpha})^2] \quad . \quad (8)$$

$\sqrt{\alpha}$ peut varier entre zéro, pour des corps complètement dépourvus d'élasticité, et l'unité, pour des corps d'une élasticité parfaite.

Dans le premier cas la formule (8) donne

$$R = \frac{h\,Q}{e\,(1+n)}$$

et dans le second

$$R = \frac{h\,Q}{e}$$

L'effet produit par le mouton augmente donc avec l'élasticité des corps, ce qui certainement n'est pas nouveau, mais ce qui prouve que, si l'on ne tient pas compte de la compression que subit le pilot sous l'influence du choc, la formule (1) donne le minimum de la valeur de R.

Le manque absolu de valeur de la formule de Brix ressort très clairement aussi des résultats que fournit son application et l'on a fait la curieuse découverte, que le mouton doit produire le maximum de son effet lorsque son poids est égal à celui-ci du pieu:

$$\frac{q\,Q^2}{(q+Q)^2} \text{ étant egal à } Q\,\frac{n}{(1+n)^2} = Q\,\frac{\frac{1}{n}}{\left(1+\frac{1}{n}\right)^2}$$

l'effet atteindrait bien le maximum lorsque $n = 1$ ou $q = Q$. On trouverait également que l'effet produit serait le même, que le pilot soit n fois plus lourd que le mouton ou qu'il ne pèse que la $n^{\text{ième}}$ partie de ce dernier.

Ainsi, d'après cette étrange formule, le principe d'après lequel la perte de puissance vive est d'autant plus faible que la masse du corps choquant est plus grande par rapport à celle du corps choqué, serait faux.

Le rapport entre le travail théorique qu'occasionne le lever du mouton et l'effet produit sur le pieu est donné par $\frac{e\,R}{h\,Q} = \frac{1}{1+n}$ et il sera d'autant plus favorable que n sera plus petit, c'est-à-dire que le poids du pieu faible par rapport à celui du mouton.

Il faut cependant rendre cette justice à Brix, qu'il a été conséquent: sa formule $R\,e = \frac{h\,q\,q_1^{\,2}\,Q^2}{(q+q_1)^2(q_1+Q)^2}$ qui s'applique au cas de l'interposition d'un faux-pieu, le prouve clairement. On retrouve les termes de cette formule de la même manière que ceux de la précédente: le mouton communique une certaine vitesse au faux-pieu qui, de son côté, en fait autant par rapport au pieu et, ensuite, mouton et faux-pieu laissent agir le pieu seul! — Il saute cependant aux yeux que cette formule a quelque chose d'invraisemblable: en diminuant le poids du faux pieu, on diminue aussi l'effet utile du mouton et, en supprimant le faux-pieu, l'effet du mouton est supprimé également!

La formule (2) indique l'influence du faux-pieu et, pour les formules (3), (4), (5) et (6), il n'y a qu'à remplacer n par n_1, et δ par δ_1, en faisant $\delta_1 = \frac{l+l_1}{a\,E}$, l_1 étant la longueur du faux-pieu donc le diamètre doit être égal à celui du pilot. La formule (3) p. e. deviendra

$$R = -\frac{a\,e\,E}{2\,(l+l_1)} + \sqrt{\frac{a\,E}{l+l_1} \cdot \frac{h\,Q^2}{q+q_1+Q} + \left[\frac{a\,e\,E}{2\,(l+l_1)}\right]^2} = \frac{1}{\delta_1}\left(-\frac{e}{2}\sqrt{\frac{\delta_1\,h\,Q}{1+n_1} + \frac{e^2}{4}}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Les valeurs de R données par les formules que nous venons d'établir doivent évidemment être diminuées en pratique par l'application d'un coëfficient de sûreté. Suivant l'importance des constructions, on admet que la charge maximum à laquelle résisterait un pieu doit être 4 à 8 fois plus grande que celle qu'il aura à supporter. Si nous appliquons les valeurs numériques précédentes on a, d'après la formule

(1) $$R = \frac{3000\,.\,500}{10\,.\,1{,}4} = 107\,100\ kg$$

(2) $$R = \frac{3000\,.\,500}{10\,.\,1{,}60} = 93\,700\ kg$$

(3) comme au-dessus $R = 74\,300\ kg$

(9) $$R = 12\,000\left(-5 + \sqrt{\frac{3000\,.\,500}{12\,000\,.\,1{,}6} + 25}\right) = 61\,800\ kg$$

En se servant des formules (3) et (9) le coëfficient 4 semble être d'une sécurité très-grande.

On cite souvent que, d'après Sgansin, l'enfoncement d'un pilot étant de 12 *mm* sous la tombée de 3,50 *m* d'un mouton de 625 *kg*, on peut avec sécurité le charger de 26 000 *kg*.

Admettant que le pilot ait 30 *cm* de diamètre, 6 *m* de longueur et qu'il pèse 250 *kg*, la formule (3) donnera

$$R = 14\,000\left(-6 + \sqrt{\frac{3500\,.\,625}{14000\,.\,1{,}4} + 36}\right) = 86\,100\ kg$$

et le coëfficient de sûreté serait, dans ce cas, $\frac{86100}{26000} = 3{,}31$.

La plupart des auteurs sont très-réservés au sujet des charges que l'on peut faire supporter aux pilots et, en général, on admet qu'il y a lieu d'obtenir le refus. De cette manière il n'est plus nécessaire de s'occuper de la réaction que rencontre le pilot et la charge peut être proportionnée à la résistance du bois.

Il arrive cependant, et même assez fréquemment, qu'il est plus avantageux de ne pas battre les pieux au refus complet et que ce refus souvent ne peut pas être obtenu. En pareil cas il faut bien pouvoir se rendre compte de la charge que peut supporter un pilot et l'étude à laquelle nous venons de soumettre cette question pourra rendre quelques services à cet effet. Il faut espérer aussi qu'elle fera enfin disparaître les fameuses formules de Brix.

Angora, en Février 1892.

Otto Ossent.