

# La détermination de la charge de rupture des câbles d'extraction

Note sur la relation entre les résultats d'essais de traction sur éprouvettes  
et les coefficients de perte au câblage

par Y. VERWILST,  
Directeur Général de l'A.I.B.

## RESUME

Des essais effectués par l'A.I.B. sur des câbles neufs et usagés, de divers types de construction, il ressort que la différence entre les charges de rupture totalisée et effective (perte au câblage) peut varier entre 0 et 43,5 % pour les câbles ronds et 0 à 27 % pour les câbles plats.

La dispersion est très importante. L'article énumère les causes de dispersion et indique comment on peut en éliminer certains facteurs.

Mais une rupture ne se commande pas. Elle se produit, tantôt en pleine éprouvette, tantôt aux amarres, sans que l'on puisse conclure que la perte au câblage sera plus petite dans l'un ou l'autre cas. Dès lors, les ruptures aux amarres peuvent être prises en considération au même titre que les ruptures en pleine éprouvette pour la détermination de la charge de rupture effective, obtenue au banc d'épreuve, que les éprouvettes soient prises directement dans les coins de serrage ou munies de culots à leurs extrémités.

Les résultats obtenus sont d'une grande importance pour la détermination de la section métallique des câbles, section qui exerce une grande influence sur le problème de la commande des câbles et, par le fait même, de l'extraction.

Si l'on se basait uniquement sur la charge de rupture effective, on arriverait à un diamètre de câble inutilement exagéré car le constructeur devrait se prémunir contre tout aléa en tablant sur la perte au câblage la plus forte trouvée aux essais.

Seules, des règles conventionnelles logiques permettent de ramener le diamètre des câbles à des valeurs acceptables : c'est la voie dans laquelle l'Allemagne, la France et la Belgique se sont engagées.

Les essais comparatifs entre la charge de rupture effective et la charge de rupture calculée, qui ont été faits à l'A.I.B., ont conduit aux deux constatations primordiales suivantes :

- 1) La comparaison doit se faire, non pas sur des résultats obtenus sur éprouvettes prélevées sur câbles neufs, mais bien sur des éprouvettes prélevées sur câbles usagés, encore en bon état, possédant encore leur coefficient de sécurité réglementaire.
- 2) C'est la perte au câblage la plus petite qui doit être choisie pour un type donné de câble.

Cependant, pour tenir compte de certains facteurs, il est préférable d'utiliser des pertes au câblage moyennes pour chaque type de câble. Ces pertes au câblage moyennes sont données dans un tableau.

Une autre conclusion de la critique des résultats est qu'il n'y a pas lieu de faire la distinction entre câbles neufs et usagés, pour l'application des pertes au câblage moyennes.

## SAMENVATTING

Uit de beproevingen die door de A.I.B. uitgevoerd werden op nieuwe en gebruikte staaldraadkabels van verschillende typen van constructie, valt af te leiden dat het kabelingsverlies, zijnde het verschil tussen de getotaliseerde en de effectieve breuklasten, van 0 tot 43,5 % kan variëren voor de ronde kabels en van 0 tot 27 % voor de platte kabels.

Deze spreiding is zeer belangrijk. De oorzaken van die spreiding worden aangehaald, evenals de wijze waarop men zekere factoren kan uitschakelen.

Maar een breuk laat zich niet bevelen. Nu eens doet ze zich voor in het volle proefstuk, nu eens aan de inklemmingpunten, zonder dat men er uit kan afleiden dat het kabelingsverlies kleiner zou zijn in het

ene of het andere geval. Daaruit volgt dat voor de bepaling van de effectieve breuklast door middel van de proefbank, de breuken aan de inklempingspunten in aanmerking mogen genomen worden ten zelfde titel als de breuken in het volle proefstuk, hetzij dat het proefstuk rechtstreeks in de klemmen gevat wordt of hetzij dat de uiteinden ervan voorzien worden van aangegoten koppen.

De verkregen resultaten zijn van groot belang voor de bepaling van de metaaldoorsnede van de kabels, doorsnede die bepalend is bij de bestelling van een kabel.

Indien men zich uitsluitend zou steunen op de effectieve breuklast, zou men tot een onnodig overdreven kabeldiameter komen, want de fabrikant zou zich moeten beveiligen tegen de mogelijkheid van ontoereikende beproevingsuitslagen door zijn berekeningen op het grootste kabelingsverlies, dat uit de proeven gebleken is, te steunen.

Alleen een logische conventionele regel zal toelaten de kabeldiameters binnen aanvaardbare grenzen te houden. Het is deze weg die door Duitsland, Frankrijk en België werd ingegaan.

De vergelijkende proeven betreffende de effectieve breuklast en de berekende breuklast, uitgevoerd door de A.I.B., leidden tot de volgende primordiale vaststellingen :

- 1) De vergelijkende proeven dienen uitgevoerd op stalen genomen uit gebruikte kabels, die nog in goede staat zijn en nog de reglementaire veiligheidscoëfficiënt vertonen en niet op stalen genomen op nieuwe, ongebruikte kabels.
- 2) Het is het kleinste kabelingsverlies dat moet genomen worden voor een bepaald kabeltype.

Nochtans, om rekening te houden met zekere factoren, verdient het aanbeveling de gemiddelde kabelingsverliezen voor ieder type van kabel te nemen. Deze gemiddelde kabelingsverliezen worden weergegeven in een bijgevoegde lijst.

Als verdere gevolgtrekking uit de resultaten der vergelijkende proeven dient aangestipt dat er, voor wat de kabelingsverliezen betreft, geen onderscheid dient gemaakt tussen nieuwe of gebruikte staaldraadkabels.

1. — Une récente circulaire interprétative du Directeur Général de l'Administration des Mines de Belgique sur les essais des câbles d'extraction apporte des directives sur la façon de déterminer la charge de rupture des câbles d'extraction et leur coefficient de sécurité, dont il est question à l'article 22 de l'Arrêté Royal du 10 décembre 1910 sur les voies d'accès, les puits et la circulation du personnel dans les puits.

Cet article spécifie que « tout câble, avant sa mise en fonctionnement, devra subir un essai à la traction » et que « la tension du câble sous la charge maximum d'extraction ne dépassera point  $1/6^{\text{me}}$  de la charge de rupture pour les câbles végétaux et  $1/8^{\text{me}}$  pour les câbles métalliques »; la circulaire en question du Directeur Général des Mines a pour but de donner des directives sur la façon dont la charge de rupture doit être déterminée.

Elle précise que, pour éviter toute contestation lors de la détermination du coefficient de sécurité d'un câble, la charge de rupture R sera déterminée par application de la formule

$$R = F (1 - P)$$

dans laquelle F est égal à la somme des charges de rupture des fils d'une section et P la perte au câblage établie par l'organe visiteur, à la suite d'essais de traction ayant provoqué la rupture dans la partie médiane de l'éprouvette.

Elle spécifie également que la détermination de la charge de rupture d'un câble neuf par essais sur fils ne doit pas faire écarter tout essai direct sur

éprouvette entière et que ce dernier essai peut toujours être exigé avant mise en service.

2. — Quand on parle de sa charge de rupture, on peut définir pour un câble une charge de rupture expérimentale, mais aussi plusieurs charges de rupture obtenues par différentes voies de calcul.

Les appellations utilisées pour ces différentes charges de rupture sont données au Tableau II « Appellations utilisées pour les différentes charges de rupture obtenues lors des essais de câbles », dont nous utilisons les termes de la colonne « A.I.B. » dans la suite de la présente note.

On voit par ce tableau que l'on peut caractériser la résistance d'un câble de cinq manières différentes et que chacune d'elles donnera un résultat différent.

3. — Il paraîtrait logique d'obtenir la résistance d'un câble en essayant à la rupture une éprouvette entière prélevée à l'une de ses extrémités. Les résultats que l'on obtient par cette méthode pour les câbles neufs sont cependant a priori incertains quant à la charge de rupture que l'on doit obtenir pour satisfaire à l'article 22 du Règlement, qui exige un coefficient de sécurité de 8 au placement pour les câbles d'extraction.

4. — C'est ce que montre le Tableau I donnant les résultats d'essais obtenus sur des câbles ayant été essayés sur le banc d'épreuves de l'Association des Industriels de Belgique. Il s'agit de câbles ronds neufs et de câbles ronds usagés, de divers types de composition.

TABLEAU I.

Essais de câbles effectués sur le banc d'épreuve de 800 t de l'A.I.B.

Essai n° et millésime	Ø câ. mm	Ø fil mm	Charge de rupture		P. C. % (1)	R. U. en kg/mm <sup>2</sup> (2)	Rupture
			Totalisée en kg	Effective en kg			
Composition : 12 + 6 = 18 torons de (9 + 9 + 1 fils)							
2725 de 51	61	3,05	328.660	256.000	22,1	usagé	
555 de 52	65	3,1	350.580	268.000	23,8	»	
931 de 52	65	3,1	379.220	286.000	24,0	»	
932 de 52	62	3,1	362.470	296.000	18,0	»	
933 de 52	63	3,1	365.720	289.000	20,7	»	
934 de 52	62	3,1	377.500	277.000	26,5	»	
935 de 52	62	3,1	368.210	291.250	20,5	»	
936 de 52	63	3,1	366.030	294.500	19,8	»	
2571 de 54	62,5	3,08	373.760	242.500	34,6	194	6 torons rompus à l'amarre
3562 de 54	66	3,15	372.840	265.000	28,8	usagé	Rupture de fils à 250 t 6 torons de la couche ext. rompus à l'amarre - cou- che int. romp. en pleine épreuve
3632 de 54	62	2,96	366.138	260.000	28,7	208	Rupture à l'amar. - couche int. en pleine épreuve
3944 de 54	62	2,95	352.450	216.000	38,5	usagé	Couche ext. rupt. à l'a- marre - Couche int. en pleine épreuve
3946 de 54	62	2,95	342.860	220.000	35,5	»	Rupt. à l'amarre
3948 de 54	62	2,95	332.910	236.500	28,5	»	Rupt. à l'amarre
3950 de 54	62	2,95	351.800	224.000	36,4	»	Rupt. à l'amarre
3952 de 54	62	2,95	340.810	237.000	30,2	»	Couche ext. : 3 t. romp. à l'amarre couche int. : 9 t. en pleine épreuve
3954 de 54	62	2,95	345.130	237.500	31,2	»	Rupt. à l'amarre
4084 de 54	58	2,92	280.120	209.000	25,4	»	Rupt. en pleine épreuve.
4086 de 54	58	2,92	279.870	212.000	25,8	»	
4088 de 54	58	2,92	276.000	215.000	22,0	»	Rupt. en pleine épreuve.
4090 de 54	58	2,92	235.570	209.000	11,3	»	Couche ext. : 6 t. romp. à l'amarre. - 2 <sup>e</sup> couche en pleine épreuve
1303 de 55	64,8	3,1	382.815	240.000	37,0	196	Rupt. à l'amarre
2087 de 55	64,8	3,1	392.990	252.000	35,5	199	3 t. rompus à l'amarre
1922 de 55	62	2,96	380.880	251.000	34	215	2 t. rompus à l'amarre
2107 de 55	65	3,04	362.250	256.000	29	usagé	
2109 de 55	65	3,04	347.400	289.000	16,9	»	
2111 de 55	65	3,1	348.715	281.000	19,0	»	
2113 de 55	65	3,1	347.100	291.000	15,7	»	
2110 de 55	63,8	3,04	369.810	253.000	31	190/200	3 t. rompus à l'amarre
2130 de 55	62	2,9	311.280	245.000	21	180/190	5 t. rompus à l'amarre
2207 de 55	58,5	2,75	291.840	252.000	13	usagé	7 t. couche ext. et toute la couche int. romp. à l'amarre
2209 de 55	58,5	2,75	280.545	249.000	11,3	»	Entièrement romp. à l'amar.
2211 de 55	61,5	3,08	334.310	310.000	7	»	8 t. couche ext. + toute la couche int. romp. à l'am.
2213 de 55	65,4	3,08	357.330	311.000	13	»	6 t. couche ext. + toute la couch. int. romp. à l'am.

(1) P. C. = Perte au câblage.

(2) R. U. = Rupture unitaire. — Lorsqu'un nombre est inscrit dans cette colonne, il indique la charge de rupture unitaire obtenue sur les fils constitutifs. Cette résistance ne se calcule que pour les câbles neufs. Lorsqu'il est indiqué « usagé », l'essai a été essayé sur un câble en service ou déposé.

Essai n° et millésime	Ø câ. mm	Ø fil mm	Charge de rupture		P. C. % (1)	R. U. en kg/mm <sup>2</sup> (2)	Rupture
			Totalisée en kg	Effective en kg			
2416 de 55	63	3,07	363.930	230.000	36,8	»	2 t. rompus à l'amarre et 2 t. rompus à 10 cm de l'amarre.
2418 de 55	63	3,07	363.930	238.000	34,2	»	Mise sous charge à 150 t, reprise 0,20 m de chaque côté. 2 t. rompus à l'amar- re, 1 t. romp. en pl. éprouv.
2797 de 55	60	3,02	327.500	260.000	20,4	»	4 t. couche ext. rompus à l'amarre.
2799 de 55	60	3,02	325.920	252.500	22	»	6 t. couche ext. rompus à l'amarre.
2815 de 50	61	2,95	300.855	217.500	27,6	»	
2752 de 50	48	2,5	183.404	133.000	27	»	
784 de 55	43,8	2,24	150.522	121.500	19	192,5	4 t. et l'âme, romp. en pleine éprouv.
1767 de 52	65	3,07	373.020	287.000	23	204	
2484 de 52	63	3,07	373.600	254.000	32,3	201	Couche extér. rompue à l'amarre. Couche int. + l'âme romp. en pl. éprouv.

Composition : 12 + 6 = 18 torons de (12 + 12 + 6 + 1 ou  
10 + 10 + 6 + 1 fils)

3846 de 55	60	2,3	304.760	220.500	27,6	usagé	
3847 de 51	60	2,3	258.580	227.000	12,1	»	
3849 de 51	57	2,3	230.690	229.000	0,8	»	
3850 de 56	57	2,3	237.840	238.500	0	»	
3851 de 51	60	2,3	288.620	227.000	21,3	»	
3852 de 51	60	2,3	245.570	244.000	0,7	»	
3852 de 51	58	2,3	262.570	233.000	11,3	»	
3854 de 51	59	2,3	304.860	222.000	27,1	»	
262 de 52	60	2,4	303.490	263.000	13	»	
2658 de 51	56	2,45	286.390	212.000	26	209	Rupt. des premiers fils à 195 t.

Composition : 12 + 6 = 18 torons de (12 + 6 + 6 + 6 + 1  
ou 10 + 5 + 5 + 5 + 1 fils)

202 de 54	66,7	2,50	376.320	296.000	21,3	190	
1846 de 55	65,3	2,80	371.370	290.000	21,9	190/200	4 t. rompus à l'amarre
1848 de 55	65,6	2,80	371.400	289.000	22,1	190/198	5 t. couche ext. rompus à l'amarre

Composition : 11 + 6 = 17 torons de (9 + 9 + 1 fils)

225 de 52	61	3,06	317.035	231.000	27,1	usagé	
2730 de 55	61	3,09	339.710	272.500	19,8	»	

Composition : 11 + 6 = 17 torons de (10 + 10 + 6 + 1 fils)

1492 de 54	60	2,82	322.410	251.000	22,1	196	
2671 de 55	60	2,82	233.332	236.000	0	usagé	En pleine éprouvette
2673 de 55	60	2,82	238.410	239.000	0	»	A l'amarre
2675 de 55	60	2,82	236.133	237.000	0	»	A l'amarre
2677 de 55	60	2,82	285.160	239.000	16,1	»	En pleine éprouvette
2679 de 55	60	2,82	315.485	240.000	23,8	»	A l'am. et en pl. éprouv.

Composition : 11 + 6 = 17 torons de (9 + 5 + 5 fils)

2047 de 55	56	2,84	232.327	187.000	19,6		
------------	----	------	---------	---------	------	--	--

Essai n° et millésime	Ø câ. mm	Ø fil mm	Charge de rupture		P. C. % (1)	R. U. en kg/mm <sup>2</sup> (2)	Rupture
			Totalisée en kg	Effective en kg			
Composition : 17 + 11 + 6 = 34 torons de 7 fils							
1216 de 54	62	3	335.370	265.000	21	usagé	
1218 de 54	62	3	334.390	253.000	24,3	»	
1220 de 54	62	3	344.410	278.500	19,1	»	
1222 de 54	62	3	328.110	251.000	25,5	»	
1224 de 54	62	3	335.680	258.000	25,2	»	
1226 de 54	62	3	341.080	266.500	21,9	»	
2167 de 54	65	3,1	347.983	217.500	57,5	»	Rupture à l'amarre
2169 de 54	65	3,1	358.547	223.000	57,7	»	Rupture à l'amarre
2171 de 54	67	3,1	361.817	204.500	45,5	»	Rupture à l'amarre
2638 de 54	64	3,1	390.644	300.000	25,2	213	1 t. rompu à l'amarre
2640 de 54	64	3,1	384.138	284.000	26	209	8 t. rompus à l'amarre
3958 de 54	64	3,07	355.236	281.000	20,9	190	Rupture à l'amarre
4115 de 54	64,5	3,1	388.507	299.000	25		Rupture à l'amarre
1089 de 55	50	1,4	56.266	37.500	33,4	146	8 t. couche ext. et autres couches romp en pl. épr.
2332 de 55	66	3,1	393.403	301.000	25,5	216	7 t. couche ext. rompus à l'amarre
Composition : 17 + 11 + 6 = 34 torons de (8 + 8 + 1 fils)							
380 de 50	72	2,85	487.830	358.000	26,6	196	
2721 de 54	68	2,83	530.450	410.000	22,8	217	Rupture à l'amarre
Composition : 18 + 12 + 6 = 36 torons de 7 fils							
1680 de 51	68	3,1	412.840	244.500	40,7	213	Rupture de fils à partir de 200 t.
Composition : (8 + 5) et (8 + 4) torons							
2669 de 54	70	2,53	368.170	243.000	34	usagé	Rupture en pleine éprouv.
3979 de 54	78	2,95	509.320	408.320	20	200	4 t. et la couche int. romp. l'amarre
Composition : 7 + 5 + 4 = 16 torons de (24 + 20 + 7 fils)							
12 de 54	56	—	255.860	201.000	21,5	usagé	Rupture en pleine éprouv.
788 de 55	56	2,48	248.810	215.500	12,7	184	3 t. rompus à l'amarre

Il ressort du tableau I que la « charge de rupture effective » (ligne 3 du tableau II) présente, par rapport à la « charge de rupture totalisée » (ligne 1 du tableau II), un écart en moins variant de 0 à un maximum de 43,5 %.

L'expérience montre que les dispersions sont moindres pour les câbles plats pour lesquels elles varient de 0 à 27 % maximum.

5. — Quelle est la raison de cette dispersion si considérable pour les résultats d'essai sur éprouvettes entières de câbles et quelle est l'incidence que cette dispersion peut provoquer dans la fabrication et la mise en service des câbles ?

Les facteurs de dispersion principaux pour un même type de construction de câble proviennent :

- a) de la fabrication (exécution en corderie);
- b) du mode de commettage et de toronnage (Croix, Lang, Seale, Warrington, âme métallique ou en textile, etc.);
- c) de la résistance du fil d'acier employé;
- d) du diamètre des fils;
- e) des précautions plus ou moins suffisantes prises lors du prélèvement de l'éprouvette et du ligaturage des extrémités;
- f) de la façon dont l'éprouvette pour essai a été manutentionnée pendant l'expédition;
- g) de la façon plus ou moins homogène dont travailleront, au cours de l'essai, les divers éléments dont est composée l'éprouvette;

TABLEAU II. — Appellations utilisées pour les différentes charges de rupture obtenues lors des essais de câbles.

	A.I.B.	France	Angleterre	Allemagne	Remarques
1	Charge de rupture totalisée R tot.	Résistance totalisée expérimentale		Ermittelte Bruchbelastung	Somme des charges de rupture effectives des différents fils.
2	Charge de rupture calculée R cal.	Résistance totalisée expérimentale, perte déduite			Comme (1) mais en faisant intervenir un coefficient de perte au câblage ou de perte au commettage. Ce coefficient de perte au câblage est égal, en %, à : $\frac{R \text{ tot.} - R \text{ eff.}}{R \text{ tot.}} \times 100$
3	Charge de rupture effective R eff.	Charge de rupture expérimentale	Actual breaking load	Wirkliche Bruchbelastung	Déterminée par essai sur bout entier.
4	Charge de rupture théorique R th.	Résistance totalisée théorique	Aggregate breaking load	Rechnerische Bruchbelastung	Produit de la section portante (= nombre de fils × section des fils) par la résistance unitaire spécifiée pour les fils composant le câble.
5		Résistance totalisée théorique, perte déduite	Estimated actual breaking load		Nombre obtenu en diminuant la résistance totalisée théorique (4) de la perte au commettage admise.

Les appellations néerlandaises pouvant prêter à confusion, nous ne les avons pas notées. En effet, l'expression « berekende breekbelaasting » correspond à la charge de rupture théorique (aggregate breaking load). On remarquera que c'est la traduction littérale de ce que nous avons appelé « Charge de rupture calculée », qui est obtenue à partir de la charge de rupture totalisée, affectée de la perte au câblage.

h) des conditions de l'essai et du banc d'épreuves utilisé : de l'amarrage par coins de serrage simples ou différentiels, plats ou ronds, et des fourrures intercalées entre les coins et le câble, ou bien de l'amarrage par extrémités culottées de l'éprouvette et, dans ce cas, de l'exécution des culots coulés et du métal servant au culottage.

Peut-on, dans une certaine mesure, éliminer ou réduire ces facteurs de dispersion ? Pour certains de ces facteurs, la réponse peut être affirmative, comme il ressort de l'examen des statistiques d'essais.

L'expérience montre que l'élimination complète de la dispersion est impossible, car une rupture ne se commande pas. Elle peut se produire en pleine

éprouvette ou partie ou en tout dans les amarres, aussi bien avec amarrage direct par coins différentiels qu'avec éprouvettes culottées. Mais cette dispersion joue, tantôt en faveur d'un système et tantôt en faveur de l'autre, ce qui fait que l'on ne peut pas préconiser l'utilisation des coins différentiels pour l'amarrage des câbles à essayer plutôt que le culottage des bouts.

Il ressort, en effet, de la statistique des essais que la perte au câblage est plus petite ou plus grande avec une rupture en pleine éprouvette qu'avec une rupture aux amarres. Les tableaux III, IV et V en font foi.

TABLEAU III. — Câbles ronds.

Composition	Ø câble	Rupture	Perte au câblage
18 torons de (8 + 8 + 1) fils	57,3	6 torons rompus à l'amarre	11,3 %
id.	id.	pleine éprouvette	25,4 %
id.	id.	pleine éprouvette	22,0 %
18 torons de (9 + 9 + 1) fils	62,5	entièrement rompu à l'amarre	13,0 %
id.	id.	entièrement rompu à l'amarre	11,3 %
18 torons de (9 + 9 + 1) fils	65,4	8 torons couche extérieure + toute la couche intérieure rompus à l'amarre	7,0 %
18 torons de (9 + 9 + 1) fils	65,—	6 torons couche extérieure + toute la couche intérieure rompus à l'amarre	13,0 %
id.	id.	2 torons rompus à l'amarre + 2 tor. en pl. éprouv.	36,8 %
id.	id.	2 torons rompus à l'amarre + 1 tor. en pl. éprouv.	38,0 %
18 torons de (9 + 9 + 1) fils	62,—	4 torons rompus à l'amarre	20,4 %
id.	id.	6 torons rompus à l'amarre	22,0 %
18 torons de (8 + 8 + 1) fils	43,8	pleine éprouvette	19,0 %
34 torons (17 + 11 + 6) d. 7 f.	64,—	1 toron rompu à l'amarre	23,2 %
id.	64,—	8 torons rompus à l'amarre	26,0 %
id.	63,5	Rupture à l'amarre	20,9 %
id.	64,5	Rupture à l'amarre	23,0 %
id.	30,—	8 torons couches extérieures à l'amarre, les autres couches en pleine éprouvette	33,4 %
id.	66,—	7 torons rompus à l'amarre	23,5 %
17 torons de (10 + 10 + 6 + 1) fils	60,—	Pleine éprouvette	0
id.	id.	Amarre	0
id.	id.	Amarre	0
id.	id.	Pleine éprouvette	16,2 %
id.	id.	Pleine éprouvette	23,8 %
17 torons de (10 + 10 + 6 + 1) fils	59,—	Pleine éprouvette	23,0 %
id.	id.	Rupture à l'amarre	20,9 %
id.	id.	Rupture à l'amarre	16,8 %
id.	id.	Pleine éprouvette	22,7 %
id.	id.	Rupture à l'amarre	12,7 %

TABLEAU IV. — Câbles clos.

Câbles clos	Ø	Perte au câblage	Rupture
usagé	40 mm	6 %	pleine éprouvette
neuf	42 mm	25 %	amarre
neuf	45 mm	10 %	pleine éprouvette
usagé	48 mm	16,7 %	amarre
neuf	50 mm	9 %	amarre
neuf	50 mm	13 %	amarre
neuf	41 mm	8 %	amarre
usagé	41 mm	17,4 %	pleine éprouvette

Remarque : Tous les essais signalés ci-dessus ont été obtenus par amarrage entre coins de serrage différentiels sur le banc d'épreuves de 800 t de l'A.I.B.

TABLEAU I.  
Essais de câbles effectués sur le banc d'épreuve de 800 t de l'A.I.B.

Essai n° et millésime	Ø câ. mm	Ø fil mm	Charge de rupture		P. C. % (1)	R. U. en kg/mm <sup>2</sup> (2)	Rupture
			Totalisée en kg	Effective en kg			
Composition : 12 + 6 = 18 torons de (9 + 9 + 1 fils)							
2725 de 51	61	3,05	328.660	256.000	22,1	usagé	
555 de 52	65	3,1	350.580	268.000	23,8	»	
931 de 52	65	3,1	379.220	286.000	24,0	»	
932 de 52	62	3,1	362.470	296.000	18,0	»	
933 de 52	63	3,1	365.720	289.000	20,7	»	
934 de 52	62	3,1	377.500	277.000	26,5	»	
935 de 52	62	3,1	368.210	291.250	20,5	»	
936 de 52	63	3,1	366.030	294.500	19,8	»	
2571 de 54	62,5	3,08	373.760	242.500	34,6	194	6 torons rompus à l'amarre
3562 de 54	66	3,15	372.840	265.000	28,8	usagé	Rupture de fils à 250 t 6 torons de la couche ext. rompus à l'amarre - cou- che int. romp. en pleine éprouvette
3632 de 54	62	2,96	366.138	260.000	28,7	208	Rupture à l'amar. - couche int. en pleine éprouvette
3944 de 54	62	2,95	352.450	216.000	38,5	usagé	Couche ext. rupt. à l'a- marre - Couche int. en pleine éprouvette
3946 de 54	62	2,95	342.860	220.000	35,5	»	Rupt. à l'amarre
3948 de 54	62	2,95	332.910	236.500	28,5	»	Rupt. à l'amarre
3950 de 54	62	2,95	351.800	224.000	36,4	»	Rupt. à l'amarre
3952 de 54	62	2,95	340.810	237.000	30,2	»	Couche ext. : 3 t. romp. à l'amarre couche int. : 9 t. en pleine éprouvette
3954 de 54	62	2,95	345.130	237.500	31,2	»	Rupt. à l'amarre
4084 de 54	58	2,92	280.120	209.000	25,4	»	Rupt. en pleine éprouv.
4086 de 54	58	2,92	279.870	212.000	23,8	»	
4088 de 54	58	2,92	276.000	215.000	22,0	»	Rupt. en pleine éprouv.
4090 de 54	58	2,92	235.570	209.000	11,3	»	Couche ext. : 6 t. romp. à l'amarre. - 2 <sup>e</sup> couche en pleine éprouvette
1303 de 55	64,8	3,1	382.815	240.000	37,0	196	Rupt. à l'amarre
2087 de 55	64,8	3,1	392.990	252.000	35,5	199	3 t. rompus à l'amarre
1922 de 55	62	2,96	380.880	251.000	34	215	2 t. rompus à l'amarre
2107 de 55	65	3,04	362.250	256.000	29	usagé	
2109 de 55	65	3,04	347.400	289.000	16,9	»	
2111 de 55	65	3,1	348.715	281.000	19,0	»	
2113 de 55	65	3,1	347.100	291.000	15,7	»	
2110 de 55	63,8	3,04	369.810	253.000	31	190/200	3 t. rompus à l'amarre
2130 de 55	62	2,9	311.280	245.000	21	180/190	5 t. rompus à l'amarre
2207 de 55	58,5	2,75	291.840	252.000	13	usagé	7 t. couche ext. et toute la couche int. romp. à l'amarre
2209 de 55	58,5	2,75	280.545	249.000	11,3	»	Entièrement romp. à l'amar.
2211 de 55	61,5	3,08	334.310	310.000	7	»	8 t. couche ext. + toute la couche int. romp. à l'am.
2213 de 55	65,4	3,08	357.330	311.000	13	»	6 t. couche ext. + toute la couch. int. romp. à l'am.

(1) P. C. = Perte au câblage.

(2) R. U. = Rupture unitaire. — Lorsqu'un nombre est inscrit dans cette colonne, il indique la charge de rupture unitaire obtenue sur les fils constitutifs. Cette résistance ne se calcule que pour les câbles neufs. Lorsqu'il est indiqué « usagé », l'essai a été essayé sur un câble en service ou déposé.

Essai n° et millésime	Ø câ. mm	Ø fil mm	Charge de rupture		P. C. % (1)	R. U. en kg/mm <sup>2</sup> (2)	Rupture
			Totalisée en kg	Effective en kg			
2416 de 55	63	3,07	363.930	230.000	36,8	»	2 t. rompus à l'amarre et 2 t. rompus à 10 cm de l'amarre.
2418 de 55	63	3,07	363.930	238.000	34,2	»	Mise sous charge à 150 t, reprise 0,20 m de chaque côté. 2 t. rompus à l'amar- re, 1 t. romp. en pl. éprouv.
2797 de 55	60	3,02	327.500	260.000	20,4	»	4 t. couche ext. rompus à l'amarre.
2799 de 55	60	3,02	325.920	252.500	22	»	6 t. couche ext. rompus à l'amarre.
2815 de 50	61	2,95	300.855	217.500	27,6	»	
2752 de 50	48	2,5	183.404	133.000	27	»	
784 de 55	43,8	2,24	150.522	121.500	19	192,5	4 t. et l'âme, romp. en pleine éprouv.
1767 de 52	65	3,07	373.020	287.000	23	204	
2484 de 52	63	3,07	375.600	254.000	32,3	201	Couche extér. rompue à l'amarre. Couche int. + l'âme romp. en pl. éprouv.

Composition : 12 + 6 = 18 torons de (12 + 12 + 6 + 1 ou  
10 + 10 + 6 + 1 fils)

3846 de 55	60	2,3	304.760	220.500	27,6	usagé	
3847 de 51	60	2,3	258.580	227.000	12,1	»	
3849 de 51	57	2,3	230.690	220.000	0,8	»	
3850 de 50	57	2,3	237.840	238.500	0	»	
3851 de 51	60	2,3	288.620	227.000	21,3	»	
3852 de 51	60	2,3	245.570	244.000	0,7	»	
3852 de 51	58	2,3	262.570	233.000	11,3	»	
3854 de 51	59	2,3	304.860	222.000	27,1	»	
262 de 52	60	2,4	303.490	263.000	13	»	
2658 de 51	56	2,45	286.390	212.000	26	209	Rupt. des premiers fils à 195 t.

Composition : 12 + 6 = 18 torons de (12 + 6 + 6 + 6 + 1  
ou 10 + 3 + 3 + 3 + 1 fils)

202 de 54	66,7	2,50	376.320	296.000	21,3	190	
1846 de 55	65,3	2,80	371.370	290.000	21,9	190/200	4 t. rompus à l'amarre
1848 de 55	65,6	2,80	371.400	289.000	22,1	190/198	5 t. couche ext. rompus à l'amarre

Composition : 11 + 6 = 17 torons de (9 + 9 + 1 fils)

225 de 52	61	3,06	317.035	231.000	27,1	usagé	
2730 de 55	61	3,09	339.710	272.500	19,8	»	

Composition : 11 + 6 = 17 torons de (10 + 10 + 6 + 1 fils)

1492 de 54	60	2,82	322.410	251.000	22,1	196	
2671 de 55	60	2,82	233.332	236.000	0	usagé	En pleine éprouvette
2673 de 55	60	2,82	238.410	239.000	0	»	A l'amarre
2675 de 55	60	2,82	236.135	237.000	0	»	A l'amarre
2677 de 55	60	2,82	285.160	239.000	16,1	»	En pleine éprouvette
2679 de 55	60	2,82	315.485	240.000	23,8	»	A l'am. et en pl. éprouv.

Composition : 11 + 6 = 17 torons de (9 + 3 + 3 fils)

2047 de 55	56	2,84	232.327	187.000	19,6		
------------	----	------	---------	---------	------	--	--

TABLEAU V. — Câbles clos porteurs de blondins. — Essais effectués sur le banc d'épreuves de 800 t de l'A.I.B.

N° de l'essai	Ø mm	Désignation et longueur de l'éprouvette	Amarrage	Résistance totalisée kg	Résistance effective kg	Perte au câblage %	Remarques
1	72	Câble I bout de 3 m	Serrage dans les mordaches	560.905	437.000	22	Rupt. à l'amarre (s. culots)
2	72	Câble II 4 m entre mordaches	Serrage dans les mordaches entre les bouts culottés aux extrémités	560.405	414.500	27	Rupture à l'amarre
3	60		Serrage dans les mordaches	354.240	305.500	13	Rupture aux amarres
4	76,5		Culots cylindriques en zinc	625.270	481.000	23	Rupt. 15 cm d'un des culots
5	73	Câble III env. 3 m entre culots	Culots cylindriques en zinc	570.000	473.000	17	Rupt. de fils à l'intérieur d'un des culots
6	73	Câble II 2,77 m entre culots	Têtes culottées coulées alliage 83 % plomb 17 % antimoine	578.225	432.000	25	Rupture principale à env. 5 cm d'un des culots
7	73	Câble IV 2,64 m entre culots	Têtes culottées coulées alliage 83 % plomb 17 % antimoine	564.195	423.000	25	Rupt. princ. à l'un des cul.
8	72	Câble I env. 3 m entre culots	Culots en zinc	560.905	470.000	17	Rupt. à 17 cm d'un d. cul.
9	73	Câble II env. 3 m entre culots	Culots en zinc	578.225	458.000	20	Rupt. à 14 cm d'un d. cul.
10	73	Câble IV env. 3 m entre culots	Culots en zinc	564.195	485.000	14	Rupt. en pleine éprouvette

La plus petite perte au câblage (13 %) a été obtenue avec une rupture dans les amarres et pour une éprouvette amarrée par serrage dans les coins différentiels. C'est ainsi que nous avons été amenés à considérer que nous pouvions accepter une rupture dans les amarres, aussi bien qu'une rupture en pleine éprouvette, pour la détermination de la charge de rupture effective d'un câble obtenu au banc d'épreuves et que l'amarrage par coins différentiels donne des résultats au moins aussi bons que l'amarrage par bouts culottés. On remarquera aussi la supériorité des résultats obtenus avec les culots en zinc par rapport aux culots en plomb-antimoine, qui coûtent beaucoup plus cher.

6. — La question la plus importante sur le plan pratique est de pouvoir déterminer, lors de la commande d'un câble, la section métallique qui lui permettra de satisfaire aux conditions relatives aux coefficients de sécurité de l'art. 22 du Règlement précité.

Lorsqu'un usager commande un câble d'extraction, le seul élément dont il dispose est la charge maximum de service qu'il s'est imposée et qui comprend le poids présumé du câble suspendu dans le puits. Cette charge maximum, multipliée par le coefficient de sécurité prescrit, caractérisera la charge de rupture minimum du câble à garantir par le fournisseur pour répondre à la réglementation belge.

Le problème pour le fabricant, sera de donner à son câble la section portante de métal suffisante en fonction de la charge unitaire de rupture choisie pour répondre à cette exigence. S'il est exigé, avant la mise en service, un essai sur éprouvette entière, le fabricant doit, en raison de l'incertitude quant au résultat de l'essai, prendre une « charge de rupture théorique » (ligne 4 du tableau II) supérieure de 43 % à la « charge de rupture effective » stipulée à la commande, s'il ne veut pas courir le risque d'obtenir, lors des essais de réception, une « charge de rupture effective » (ligne 3 du tableau II) inférieure à la charge de rupture stipulée à la commande, et de se voir refuser le câble. Dans la pratique courante et dans les cas où la réception spécifie une « charge effective » donnée, la « charge de rupture théorique » est généralement choisie de 30 % supérieure à la charge de rupture effective.

En conséquence, le fabricant est amené à prendre des fils à résistance très élevée ou bien augmenter la section portante. Comme, dans un grand nombre de câbles utilisés pour l'extraction en Belgique, on utilise déjà les résistances unitaires maxima, sa seule ressource consistera à prendre une section portante au moins égale à 143 % de celle correspondant à la « charge de rupture effective » (ligne 3 du tableau II), c'est-à-dire qu'il devra alourdir considérablement le câble et augmenter son diamètre, choses qui sont la plupart du temps incompatibles avec les installations existantes et qui sont d'ailleurs tout à fait inutiles, voire même nuisibles. Cette voie serait d'ailleurs sans issue, car plus un câble est important, plus s'accroît la différence entre « charge de rupture effective » et « charge de rupture totalisée » pour les câbles neufs.

7. — On est sorti conventionnellement de ce dilemme en Allemagne en déduisant la charge de rupture du câble de la « Ermittelte Bruchbelastung » (ligne 1 du tableau II), ce qui permet au fabricant de calculer la composition de son câble avec une approximation suffisante pour affronter les essais de réception. Ces essais se font donc suivant des directives précises contenues, pour le Oberbergamt Dortmund, dans le « Bergpolizeiverordnung für die Seilfahrt », paragr. 16 et 17 (Verlag Hermann Bellman, Dortmund). Ces spécifications sont complétées, pour les câbles en général, par la DIN 6890 - Drahtseile, Technische Lieferbedingungen, Werkstoffprüfung, paragr. 25, qui spécifie ce qui suit :

La charge de rupture effective peut être inférieure à la charge de rupture théorique :

- de 20 % maximum pour les câbles à 6 torons avec un nombre de fils maximum de 222 en câblage Croix ou Lang;
- de 25 % maximum pour les mêmes câbles avec un nombre de fils supérieur à 222, pour les câbles à 8 torons, et pour tous les câbles dont les fils ont même longueur de pas de commettage dans les torons (Seale) et pour lesquels la résistance des fils est inférieure ou égale à 180 kg/mm<sup>2</sup>.

Pour tous les câbles dont les fils ont une résistance supérieure à 180 kg/mm<sup>2</sup>, ainsi que pour les câbles d'autres compositions les charges de rupture à garantir seront à convenir spécialement.

8. — 8.1. — En France, le projet de norme M 81-901 mis en application par les « Charbonnages de France » pour les besoins de l'industrie houillère, stipule au chapitre VII « Perte au Commettage » :

1° Perte au commettage expérimentale. — Pour un câble existant matériellement, c'est la différence entre la résistance totalisée expérimentale et la charge de rupture expérimentale (1). Cette perte au commettage s'exprime en % de la résistance totalisée expérimentale.

2° Perte au commettage admise. — C'est la valeur de la perte définie ci-dessus que l'on admet pour un type de câble donné, pour prévoir par le calcul, avant que le câble soit réalisé, sa charge de rupture expérimentale à partir de sa résistance totalisée théorique. Cette perte au commettage s'exprime en % de la résistance totalisée théorique.

Le tableau VI donne les valeurs admises pour les câbles d'extraction normalisés.

TABLEAU VI

Câbles à 6 torons de 19 fils	13 %
Câbles à 6 torons de 37 fils	15 %
Câbles à 8 torons de 19 fils (âme centrale mixte)	16 %
Câbles à 8 torons de 37 fils (âme centrale mixte)	18 %
Câbles Nuflex à 17 torons de 7 ou 19 fils	16 %
Câbles Nuflex à 34 torons de 7 ou 12 fils	18 %
Câbles Nuflex à 34 torons Seale Lay de 17 ou 19 fils	20 %
Câbles à 6 torons triangulaires	14 %

8.2. — Tout récemment, l'instruction I.G./H.S.M. n° 104 pour l'application du décret n° 51-508 du 4 mai 1951, modifié par le décret du 10 mai 1955, contient, sous l'art. 109, les considérations suivantes :

(1) Cette différence, à laquelle l'usage a donné le nom de « perte », provient en particulier du fait que les fils sont inclinés sur l'axe du câble et ne travaillent pas à la traction selon leur axe. Mais elle provient également des erreurs d'expérience provoquées par le glissement des fils dans les torons et des torons dans le tronçon du câble au moment de l'essai, erreurs qui s'ajoutent et diminuent la valeur de la charge de rupture expérimentale.

« Art. 109. § 1<sup>er</sup>. — La charge de rupture à la traction de tout câble destiné à la circulation du poste doit, lors de sa réception, être :

» Soit constatée par un essai portant sur un tronçon de câble entier dont on mesure aussi l'allongement avant rupture;

» Soit, pour les câbles métalliques, déterminée à partir des essais de traction sur fils que prescrit l'alinéa suivant.

» Quel que soit le mode d'établissement de la charge de rupture d'un câble métallique, tous les fils d'une même section doivent avoir été soumis à des essais appropriés, notamment de traction, de flexion et de torsion. Tous ces essais sont renouvelés à titre comparatif sur un certain nombre de fils avant la mise en service du câble si celle-ci a lieu plus de deux ans après la réception. »

Quant aux pertes au câblage, elles sont estimées à 12 % pour les câbles clos, 15 % pour les câbles à une couche de torons et 20 % pour les câbles à couches multiples de torons.

L'instruction ajoute cependant (paragraphe 6 du commentaire sur l'art. 109) :

« L'usager, cependant, est libre d'opter pour la valeur particulière qu'il a obtenue, à l'encontre des valeurs types, quel que soit leur bien fondé. S'il s'y arrête, il améliorera son estimation en la réajustant à l'occasion du premier coupage et l'affranchissant ainsi de l'erreur de non-tassement. »

9. — Grâce à la circulaire du 14 mai 1917 du Directeur Général des Mines de Belgique, rappelée le 8 avril 1941 par sa circulaire n° 13 F/5411 (voir pp. 108 à 110 de la Police des Mines — onzième édition — 1947), des essais comparatifs entre la « charge de rupture effective » (ligne 2 — tableau II) ont été faits à l'A.I.B. en quantité suffisante pour permettre d'en tirer des enseignements du plus haut intérêt, qui ont conduit aux deux constatations principales suivantes :

1°) *La comparaison entre « charge de rupture effective » et « charge de rupture calculée » pour la recherche du coefficient le plus convenable de la « perte au câblage » doit se faire, non sur les résultats d'essais obtenus sur éprouvettes prélevées sur câbles neufs, mais sur les résultats d'essais obtenus sur éprouvettes prélevées sur câbles usagés lorsqu'il s'agit, bien entendu, de câbles usagés encore en bon état, ayant encore le coefficient de sécurité réglementaire, et dont tous les éléments qui les composent participent de façon égale à la charge.*

Les facteurs de dispersion de d) à g), pour les résultats d'essais signalés ci-dessus, sont en effet fortement atténués pour les câbles ayant fonctionné pendant un temps de service suffisant.

2°) *C'est la plus petite perte au câblage (c'est-à-dire le pourcentage de perte le plus faible) qui doit être choisie pour un type donné de câble puisque, pour un même type de câble provenant d'une même fabrication, voire même des éprouvettes provenant d'un seul câble et prélevées l'une à la suite de l'autre, comme le montrent les résultats des essais des câbles de 72 et 73 mm de diamètre du tableau*

V, on obtient une perte au câblage tantôt élevée tantôt faible.

La charge de rupture effective la plus élevée (donnant donc la perte au câblage la plus faible) devrait en effet toujours pouvoir être obtenue si les circonstances optima de l'essai pouvaient être reproduites.

Il faut cependant toujours tenir compte de l'incidence des facteurs a), b), c) et d), car il est difficile d'établir de façon expérimentale la perte au câblage pour chaque câble à essayer (en fonction de sa composition, de son genre de commettage Croix, Lang, Seale ou Warrington, de la résistance des fils et de leurs différents diamètres dans le câble, ainsi que de la longueur de leur pas de commettage dans le toron et de la longueur du pas de câblage des torons dans le câble, et d'un grand nombre d'autres facteurs dépendant de la construction et variant souvent d'un câble à un autre pour un même type de fabrication).

10. — Il est donc préférable d'utiliser des pertes au câblage moyennes pour chaque type de câble comme le donne le tableau VII.

Il faut exclure les pertes « négatives » que l'on constate parfois dans des câbles fortement usagés et qui proviennent généralement du fait que la charge de rupture totalisée est influencée par le nombre plus ou moins grand de fils brisés qui y sont comptés pour 0, alors que, comme un fil brisé reprend sa résistance dans l'ensemble à une distance d'environ deux pas de câblage à partir de la rupture, ils peuvent encore intervenir dans la charge de rupture effective.

Lors de l'essai fil par fil d'un tel câble, la charge obtenue est celle de la section la plus faible du fil, tenant compte de l'indentation, de l'usure, de la corrosion, etc... Par la totalisation de ces résultats, on obtient ainsi la somme des sections les plus faibles se trouvant dans le câble et non pas la section entière la moins résistante où se produit la rupture au banc d'épreuves.

De toute façon, cette méthode conduit à une sécurité absolue supérieure à celle obtenue par la méthode allemande qui utilise la méthode de la « charge de rupture totalisée ».

Il n'est donc pas fait de distinction entre câbles neufs et câbles usagés en bon état, pour l'affectation d'un coefficient de perte au câblage pour la détermination de la « charge de rupture calculée ». Les essais sur câbles déposés devant se faire sur éprouvette entière et aussi sur fils séparés, leur perte au câblage est facile à déterminer dans chaque cas particulier, la comparaison de leurs résultats d'essai de traction (« charge de rupture effective » et « charge de rupture calculée ») ne devant servir à la correction éventuelle du Tableau VII des pertes au câblage que pour les câbles dont le coefficient de sécurité après dépose est supérieur au coefficient limite inférieur, prévu à l'art. 22 du Règlement sur la Police des Mines (ou aux coefficients de sécurité prévus aux dérogations).

11. — Les « coefficients de perte au câblage » donnés par le tableau VII de l'A.I.B., qui ont été trouvés expérimentalement par les essais relevés au

TABLEAU VII  
Tableaux des pertes au câblage des câbles.

Câbles plats.	
Composition	Pertes au câblage
	%
4 × 4 × 6	6
6 × 4 × 5	6
6 × 4 × 6	6
6 × 4 × 7	6
6 × 4 × 8	6
6 × 4 × 9	6
6 × 4 × 10	6
6 × 4 × 11	6
6 × 4 × 12	6
6 × 4 × 13	6
8 × 4 × 5	6
8 × 4 × 6	6
8 × 4 × 7	6
8 × 4 × 8	6
8 × 4 × 9	6
8 × 4 × 10	6
8 × 4 × 11	7
8 × 4 × 12	7
8 × 4 × 13	7
8 × 4 × 14	7
8 × 4 × (9 + 5 + 3)	7
10 × 4 × 5	8
10 × 4 × 6	8
10 × 4 × 7	8
10 × 4 × 8	8
10 × 4 × 9	8
10 × 4 × 10	8
10 × 4 × 11	8
10 × 4 × 16	9

Câbles clos	
jusque 40 mm de Ø	8
de 41 à 50 mm de Ø	10
de 50 à 77 mm de Ø	13

Câbles ronds à 6 torons

Composition	Pertes au câblage
	%
6 × 3	5
6 × 5	5
6 × 6	5
6 × 7	5
6 × 9	5
6 × 12	5
6 × 14	5
6 × 19	8
6 × 24	10
6 × 27	10
6 × 30	10
6 × 37	12
6 × 61	14
8 × 61	16

Câbles Nuflex

Composition	Pertes au câblage
	%
17 et 18 torons	10
17 et 18 torons Seale et Warrington	11
34 torons	19
55 torons	19
câbles ronds à couches de torons plats	7,5

Câbles grellins

6 × 6 × 7	15
6 × 6 × 19	25
6 × 6 × 37	30
7 × 6 × 19	25
7 × 7 × 37	30

Tableau I et ramenés conventionnellement à un seul nombre pour un type de câble déterminé, neuf ou usagé en bon état, sont utilisés pour la confection des certificats d'épreuves de l'A.I.B. suivant les instructions de la circulaire n° 95-114.1/1 du 2 septembre 1955 du Directeur Général des Mines de Belgique, (5<sup>e</sup> alinéa a).

Les usagers et les fabricants ont donc toutes les indications utiles pour la détermination de la composition de leurs câbles d'extraction et les agents réceptionnaires pour procéder aux essais de réception.

12. — Si la méthode de calcul pour la détermination de la charge de rupture des câbles d'extraction, indiquée par la circulaire du 2 septembre 1955 du Directeur Général des Mines de Belgique, est donnée par la formule  $R = F(1 - P)$ , dans la-

quelle R est la charge de rupture calculée, F la charge de rupture totalisée, et P la perte au câblage choisie, cette méthode n'est cependant donnée que pour « écarter toute contestation » et elle n'exclut pas — au contraire — les essais sur éprouvettes entières.

On aura remarqué, en effet, sur le tableau, que certains câbles neufs donnent, pour des éprouvettes prélevées sur câbles neufs, des « pertes au câblage » notablement inférieures à celles trouvées pour la plupart des câbles neufs. C'est une indication que le facteur de dispersion a) peut être réduit sensiblement par les soins et la méthode apportés au cours de fabrication.

On s'en apercevra donc par les résultats de l'essai sur éprouvette entière, essai qui permettra également

de constater si la « perte au câblage » n'est pas excessive.

On remarquera également ce qui est spécifié à l'alinéa 7 de la circulaire du 2 septembre 1955 du Directeur Général des Mines :

« Tout câble qui accusera une « perte au câblage » supérieure à 20 % ne pourra être utilisé à la translation du personnel que sous certaines conditions ».

En pratique, il conviendra donc d'opérer les deux essais donnant, l'un la « charge de rupture effective » et l'autre, la « charge de rupture calculée ».

13. La charge de rupture effective devra pouvoir être déterminée au banc d'épreuve suivant les indications de l'usager ou du fournisseur, par amarrage direct entre coins de serrage ou par amarrage dans les têtes de la machine d'essai par l'intermédiaire de bouts culottés par coulée de métal (zinc ou mélange suivant spécifications précises).

L'A.I.B. est munie de l'équipement nécessaire pour procéder à ces différents genres d'amarrages sur son banc d'épreuves de 800 t.

Les essais de réception comprendront les déter-

minations de la « charge de rupture calculée » et de la « charge de rupture effective » faisant l'objet chacune d'un « certificat d'épreuve » et, faute de spécification particulière, la « charge de rupture effective » sera déterminée par amarrage direct entre coins de serrage.

Il est à noter que le câble, au cours de cette épreuve, est protégé du contact direct avec les coins de serrage par des fourrures en cuivre recuit (ou en aluminium, suivant le cas) pour les câbles ronds et par des fourrures en bois pour les câbles plats et que, dans la série des essais faisant l'objet du Tableau V, c'est l'essai n° 3 avec amarrage direct par coins de serrage qui a donné la « perte au câblage » la plus petite.

L'A.I.B. continue ses expériences sur la détermination de la charge de rupture des câbles d'extraction et ses statistiques sur cette question s'enrichissent sans cesse. Il serait désirable que des échanges d'information du même genre que celles publiées ci-dessus puissent se faire entre stations d'essai spécialisées dans ces essais, pour le plus grand bien de la sécurité dans l'utilisation des câbles d'extraction.

## ESSAIS SUR CABLES D'EXTRACTION

### Détermination de la charge de rupture effective.

Le laboratoire du banc d'épreuves pour câbles de mines de l'A.I.B. vient de perfectionner son installation pour la réalisation des essais de câbles ronds sur bouts culottés aux deux extrémités.

Les essais pour la détermination de la *charge de rupture effective* (1) pourront donc se faire couramment, soit par la méthode usuelle par amarrage par coins différentiels, soit par amarrage direct des bouts culottés.

Ci-dessous la description de ces installations :

#### 1. — Amarrage par coins différentiels (fig. 1).

1.1. Le dispositif pour l'essai des câbles ronds comprend quatre paires de coins qui se logent dans les cavités correspondantes des têtes d'amarrage. Chaque paire comprend un coin extérieur et un coin intérieur. La face active des coins intérieurs a une inclinaison plus faible que celle des coins extérieurs. De ce fait, quand la machine exerce un effort de traction, les coins intérieurs sont entraînés dans une mesure beaucoup plus grande que les coins extérieurs qui glissent très peu dans la tête d'amarrage de la machine et les coins intérieurs glissant dans les coins extérieurs, serrent énergiquement le câble à essayer.

Pour la réalisation de l'essai, on insère, entre les surfaces des coins intérieurs et la surface du câble, des fourrures à griffe sur lesquelles on place des lamelles en matière tendre, par exemple : cuivre rouge recuit ou aluminium. On avance le long du câble les coins intérieurs en même temps que ces lamelles dans lesquelles le câble s'incruste sans se détériorer.

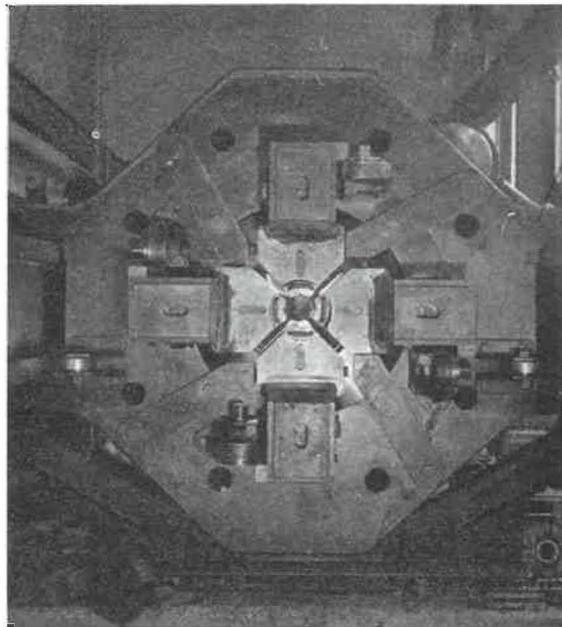


Fig. 1. — Coins avec garniture de fourrures dentelées pour câbles ronds.

1.2. Pour essayer des câbles plats en acier ou en aloès, on se sert de deux paires de coins seulement, et l'on serre les extrémités de ces câbles dans les coins de la machine, en interposant entre ces coins et le câble deux plateaux dont la face dorsale opposée au câble est bombée pour assurer un serrage bien correct de ce dernier, même s'il présente des inégalités d'épaisseur. La suppression des deux paires de coins latéraux laisse un vide considérable

(1) Voir tableau II.



Fig. 2. — Rupture d'un câble rond en pleine éprouvette (amarrage par coins différentiels).

dans la tête d'amarrage de la machine, ce qui permet de saisir des câbles de très grande largeur, jusque 50 cm.

Les coins pour câbles plats ont une grande inclinaison afin de leur permettre d'avancer notablement dans la tête de la machine (fig. 3).

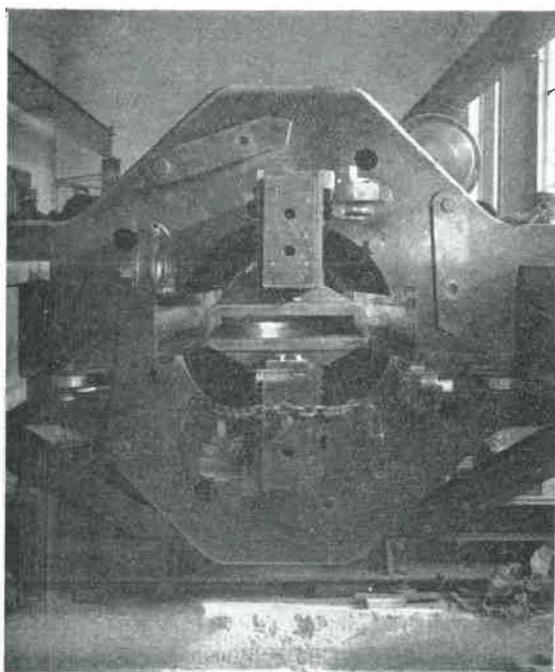


Fig. 3. — Montage pour l'essai de câbles plats.

## 2. — Amarrage par bouts culottés.

On peut également essayer les câbles ronds en munissant leurs extrémités de culots d'alliages à basse température de fusion, suivant le procédé ci-après :

### 2.1. Pièces d'amarrage.

Ces pièces sont composées de 4 paires de fourrures coniques; celle-ci se logent dans les cavités des coins pour câbles ronds.

L'inclinaison intérieure des fourrures est de 6°. Extérieurement elles forment, par groupes de 4 pièces, un cylindre d'un diamètre de 200 mm environ, les saillies épousant les vides intérieurs des coins.

Au montage, cet ensemble est serré entre les coins, comme pour le montage ordinaire d'un câble rond (fig. 4).

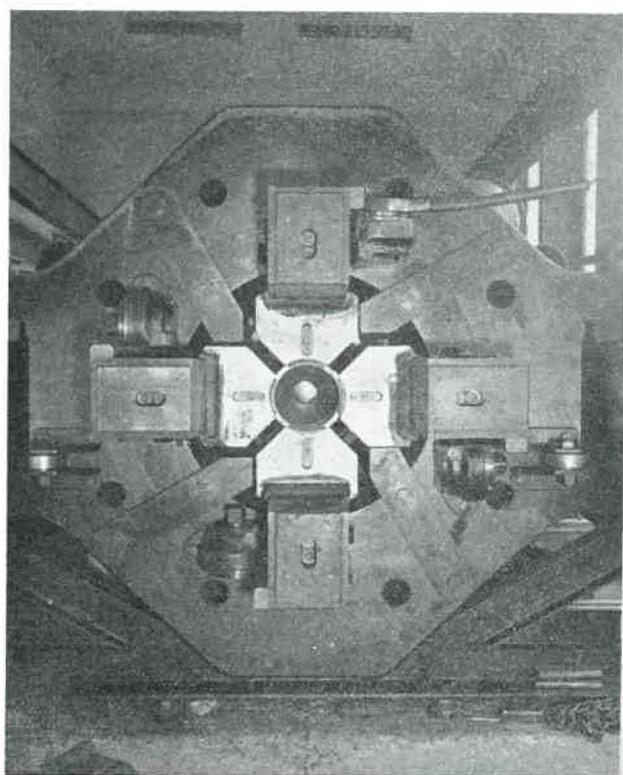


Fig. 4. — Vue des coins avec leur garniture de fourrures coniques montées sur la machine.

Lors de la mise en charge, le culot de l'éprouvette vient occuper la chambre conique que forment ces fourrures.

### 2.2. Confection des culots.

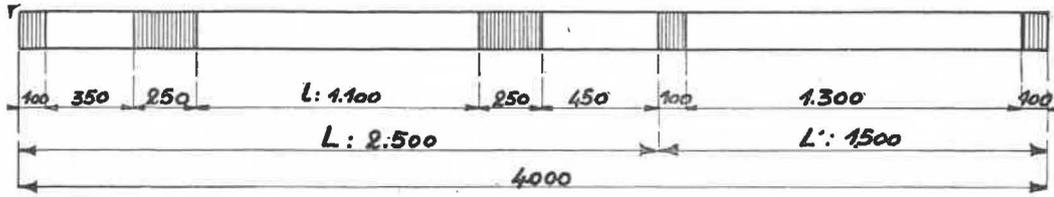
#### 2.2.1. Nature du métal coulé.

D'une façon générale, il est fait usage d'une grande diversité d'alliages pour la confection des culots.

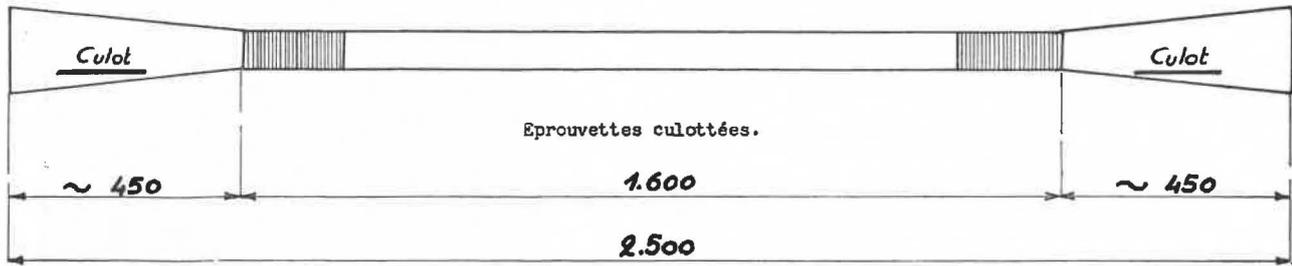
En ce qui concerne les câbles de mines et les câbles de transporteurs aériens, de téléferiques ou de télésièges, le zinc pur est le mieux indiqué, zinc de la qualité dite « zinc pur de première fusion » ou du zinc électrolytique.

#### 2.2.2. Effilochage des extrémités du câble et nettoyage des fils.

Avant son effilochage, l'éprouvette est solidement ligaturée à chacune de ses extrémités au moyen d'un fil d'acier recuit de 1 à 2 mm Ø suivant les dimen-



La distance (L) peut être augmentée et portée à 50 x le diamètre du câble, suivant les conventions acceptées entre parties.



**Légende :**

- $\underline{L}$  = éprouvette pour essai entier (bout culotté).
- $\underline{L'}$  = partie réservée aux essais sur fils.

Fig. 5. — Eprouvette pour essais entiers (bouts culottés) et sur fils.

sions du câble (fig. 5). On effiloche ensuite l'extrémité du câble, y compris les fils d'âme, sur une longueur au moins égale à 5 fois le diamètre du

câble (jusque contre la ligature). Les âmes ou intercalaires éventuels en textile sont coupés contre la ligature et supprimés.

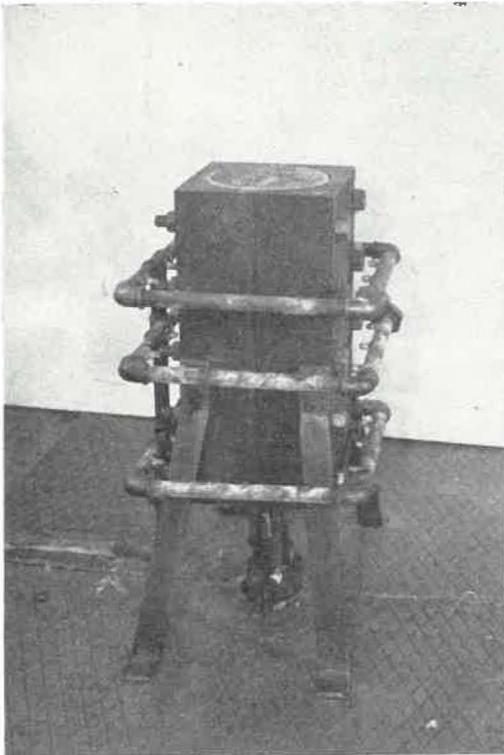


Fig. 6. — Moule avec dispositif de préchauffage.



Fig. 7. — Four de fusion.

Les fils sont convenablement dégraissés à l'essence ou au trichloréthylène.

### 2.2.3. Coulée du métal.

Pour effectuer la coulée dans les meilleures conditions voulues et à la température exacte voulue, il faut procéder préalablement au chauffage progressif du moule.

Celui-ci s'opère au moyen d'une rampe de chauffage à gaz (fig. 6). Ce procédé est particulièrement recommandable, car il permet un chauffage beaucoup plus régulier que celui assuré par un chalumeau par exemple. Cette opération est d'une grande importance car l'homogénéité de la coulée en dépend.

La température du moule est vérifiée à l'aide d'une baguette d'étain pour soudure, qui doit fondre au contact de l'intérieur du moule.

Le métal est chauffé dans un four de fusion (fig. 7) et la température en est vérifiée.

Lorsque les températures du moule et du bain de fusion sont reconnues adéquates on procède à la coulée dans le moule d'une façon assez lente.

L'opération est terminée lorsque le métal de coulée est entièrement solidifié (fig. 8).

On laisse ensuite refroidir le culot et on démoule lorsque la température le permet. On recommence l'opération à l'autre bout de l'éprouvette (fig. 9).

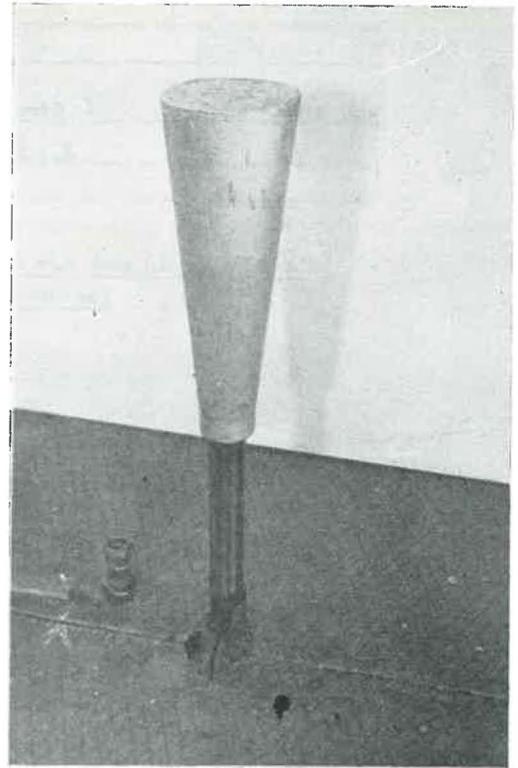


Fig. 8. — Culot terminé.



Fig. 9. — Epreuve préparée (câble clos).

Le culottage terminé, le câble est introduit dans la machine d'essai et les culots sont pris dans les fourrures coniques.

Le processus de l'essai est le même que celui décrit pour l'amarrage par coins différentiels. La seule différence consiste en l'utilisation de fourrures coniques au lieu de fourrures à griffes avec intercalation de lamelles.

### 2.2.4 Remarques.

— A la demande expresse des intéressés, le culottage peut être effectué au moyen d'un alliage spécial. Dans ce cas, un supplément de prix correspondant à la quantité d'alliage nécessaire, compte

tenu d'une perte d'alliage de 15 % par coulée, sera appliqué.

— Les câbles peuvent également être envoyés aux essais avec leurs bouts préalablement culottés par les soins de l'usager. Dans ce cas, le prix demandé pour l'essai correspond au prix demandé pour l'amarrage par coins différentiels, pour autant que les dimensions des culots soient les suivantes :

- Ø côté intérieur de l'éprouvette : 75 mm;
- Ø côté extérieur de l'éprouvette : 117 mm;
- Longueur du culot : 450 mm.

— L'A.I.B. invite les personnes intéressées à se rendre compte de la façon dont les essais sont effectués à l'A.I.B. en visitant ses laboratoires. Elles



Fig. 10. — Rupture de l'éprouvette de la figure 9.

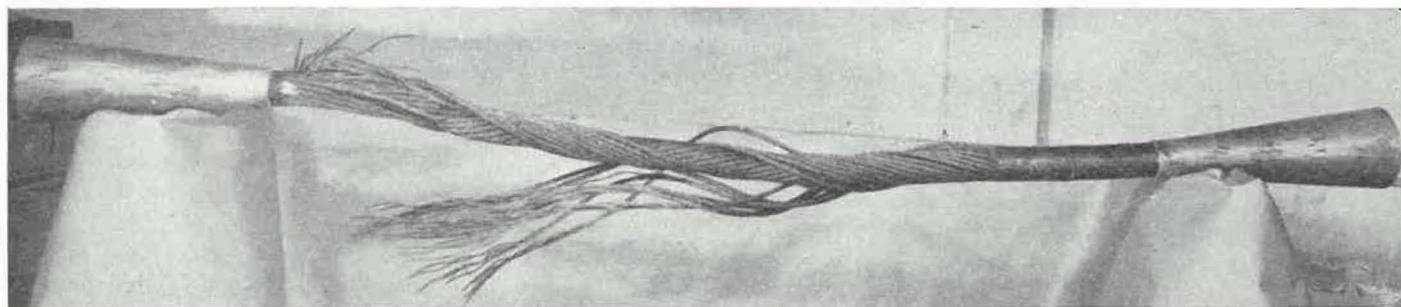


Fig. 11. — Rupture d'un câble Nuflex.

pourront en tout temps assister aux essais qui seront effectués sur les câbles qu'elles nous auront adressés.

### 3. Bibliographie.

— Le Contrôle et la sécurité des câbles d'extrac-

tion et de levage et des chaînes en Belgique. — Le nouveau banc d'épreuve de 800 t Amsler de l'A.I.B., par Y. Verwilt, *Revue Universelle des Mines*, numéro de mai 1940.

— 800-Ton hydraulic testing machine, revue *Engineering*, vol. 150, n° 3896 du 13 septembre 1940.