

ENQUÊTE

SUR LES

CABLES D'EXTRACTION

EMPLOYÉS DANS LES MINES DE HOUILLE DE BELGIQUE EN 1901

ANALYSE DES RÉSULTATS

PAR

L. DENOEL,

Ingénieur au Corps des Mines, à Bruxelles

Secrétaire-adjoint de la Commission de revision des règlements miniers

[62267(493)]

A la demande de la Commission instituée par l'arrêté ministériel du 4 décembre 1897 pour la revision du règlement général de police sur les mines, il a été procédé, dans les charbonnages de Belgique, à une enquête sur les conditions de sécurité de l'emploi des câbles servant à l'extraction et à la translation du personnel. Des questionnaires relatifs, les uns aux câbles en textiles, les autres aux câbles métalliques, ont été adressés à cette fin à tous les exploitants de mines. Ils portaient notamment sur les points suivants :

Profondeur des puits et des étages d'extraction ; forme et dimensions des câbles ; charge de rupture à la traction des câbles neufs ; essais effectués sur les bouts coupés des câbles en service ; mode d'attache de la patte du câble ; épissures ; charge maximum en service (exhaure ou extraction) et pendant la translation des ouvriers ; garantie donnée par le fabricant ; durée et travail des câbles.

On a distingué entre les câbles servant normalement à la descente et à la remonte du personnel et ceux par lesquels les ouvriers ne sont qu'exceptionnellement appelés à circuler, par exemple en cas d'accident à la machine principale d'extraction ou pour la visite et l'entretien des puits (y compris ceux d'exhaure et d'aérage) et des engins qu'ils renferment.

Les renseignements recueillis se rapportent à 316 sièges d'extraction, dont 265 ont des câbles en aloès et 52 des câbles métalliques, et à 157 machines ou cabestans de secours, dont 16 seulement avec câbles en aloès (1).

Le présent travail a pour but de mettre en lumière les résultats les plus intéressants de cette enquête.

A. — CABLES EN ALOÈS.

I. — *Essais des câbles.*

Quatorze charbonnages ont fourni les résultats d'essais de résistance à la traction opérés sur des bouts de câbles, mais la plupart se rapportent soit à des câbles de remploi, soit à des câbles ayant atteint ou même dépassé le terme de la garantie de travail ou de durée donnée par le fabricant. D'ordinaire, on ne vérifie pas au banc d'épreuves la charge de rupture des câbles neufs ; les cordiers garantissent pour celle-ci 650 kilog. par centimètre carré à la patte et 600 kilog. à l'enlevage. Un charbonnage a cependant renseigné, d'après la déclaration du fabricant, des charges de rupture totales correspondant à 789 et 650 kilog. par centimètre carré ; un autre, qui pratique des essais sur les pattes coupées périodiquement, indique comme charges de rupture des premières pattes de différents câbles, malheu-

(1) Voir en annexe les tableaux qui résument les résultats de l'enquête.

reusement sans y ajouter le temps de fonctionnement, les chiffres de 781, 678, 676, 600 et 620 kilog. par centimètre carré.

Quelques exploitants du pays de Liège ont renseigné, d'après les essais effectués sur des bouts de 1 mètre de longueur, la résistance des fils de caret qui composent le câble. Calculée d'après cette donnée, la résistance par centimètre carré de la section apparente du câble est très variable ; on constate des différences de 30 à 50 p. c. pour des câbles fournis par le même fabricant et même entre la patte et l'enlèvement d'un même câble. Les chiffres extrêmes indiqués sont de 770 et 1350 kilog. par centimètre carré. Il est donc difficile d'apprécier de cette façon la résistance effective d'un câble, surtout si l'on tient compte en outre des différences également considérables pouvant résulter du plus ou moins de soin apporté dans la fabrication (1). En comptant, après câblage, sur une réduction de 30 p. c. sur la somme des résistances des fils de carets, on trouve pour la charge de rupture moyenne des câbles renseignés comme examinés par le procédé en question, le chiffre de 850 kilog. par centimètre carré, et l'on sait que pour un câble en aloès de bonne qualité on peut atteindre 900 kilog. par centimètre carré.

Quant aux essais effectués sur des bouts coupés à la patte après un certain temps de service, soit à l'occasion d'un déplacement, soit dans d'autres circonstances, ils ont donné les résultats consignés dans le tableau suivant :

(1) A défaut d'essais directs sur un bout coupé à la patte, l'essai à la rupture des fils de carets constitue néanmoins un moyen d'investigation très recommandable de l'état de conservation des câbles, signalé par M. l'ingénieur STASSART dans son rapport sur *l'Exploitation à grande profondeur en Belgique*, présenté au Congrès des Mines et de Métallurgie, à Paris, en 1900.

	CHARGE DE RUPTURE en kg. par cm ²	DURÉE DU SERVICE à la date du coupage	TRAVAIL EFFECTUÉ en milliards de kilogram.	OBSERVATIONS
n ^o 1	{ 541 470	» »	60 71	
n ^o 2	424	»	92	mis hors service
n ^o 3	600	»	115	
n ^o 4	{ 570 460	» »	câble neuf 103	
n ^o 5	{ 471 360	39 mois 44 »		mis hors service
n ^o 6	{ 439 347	39 » 44 »		mis hors service
n ^o 7	{ 515 454	33 » 42 »		
n ^o 8	{ 740 560	31 » 42 »		
n ^o 9	520	30 »	117	hors de service (prise d'essai à l'enlèvement)
n ^o 9bis	558	Id.	»	
n ^o 10	422	Id.		
n ^o 11	413	36 mois		mis hors service
n ^o 12	360	44 »		Id.
n ^o 13	470	42 »		Id.
(1) 15	550	24 »		
(1) 16	446	32 »		
(1) 17	550	»	110	

Il a été fourni en outre les résultats d'essais sur les câbles de 14 puits d'extraction, mais sans indication de la

(1) Ces trois derniers exemples sont empruntés au rapport déjà cité de M. Stas-sart, sur l'exploitation à grande profondeur.

durée ou du service effectué, de sorte que ces chiffres sont peu instructifs. Les charges de rupture indiquées sont comprises entre 400 et 600 kilog. par centimètre carré, à l'exception de deux qui descendent respectivement à 380 et 326 kilog., cette dernière pour un câble mis hors service. Pour deux autres câbles, dans ce dernier cas, on a indiqué 427 et 460 kilog.

II. — *Coëfficients de sécurité des câbles.*

Les coëfficients de sécurité ont été déterminés pour les plus grandes charges que les câbles sont appelés à supporter en service courant et pendant la translation du personnel. Sauf quelques cas assez rares où l'exhaure se fait au moyen de cages ou de caisses spéciales de grandes dimensions, l'effort maximum de traction sur le câble correspond au poids d'une cage complètement chargée de pierres. Il est bien supérieur à l'effort normal pendant l'extraction du charbon; il n'y a d'exceptions que pour quelques charbonnages où il est de règle de faire des chargements mixtes dont la plus grande partie en charbon, ou de ne mettre dans les cages qu'un nombre de wagonnets de déblais inférieur au nombre normal. On sait aussi que, par suite de la faible puissance des couches exploitées dans nos mines, l'enlèvement des stériles intervient journellement et pour une fraction très notable dans le travail imposé aux engins d'extraction. C'est un point qu'il ne faut pas perdre de vue, lorsqu'on veut apprécier les conditions de sécurité de l'emploi des câbles.

Les charges (en pierres ou eau) qui ont donc servi de base au calcul des coëfficients de sécurité, sont naturellement très variables d'après les circonstances locales et l'intensité de l'extraction. On constate cependant que celles de 4 à 6 tonnes (y compris le poids de la cage et des wagonnets) sont de beaucoup les plus fréquentes, du moins

jusqu'à la profondeur de 600 mètres; pour les puits plus profonds, on emploie, au contraire, plus souvent des charges de 6 à 10 tonnes. Le maximum indiqué est de 10,060 kilog. (cage à 6 wagonnets, puits de 660 mètres, bassin de Liège).

Le coefficient de sécurité, relatif à la translation du personnel, a été calculé d'après le nombre maximum de personnes qui peuvent prendre place dans les cages, chacune étant comptée pour 70 kilog.

Comme il a été dit plus haut, la charge de rupture des câbles à l'époque du placement n'est, sauf rares exceptions, indiquée que pour quelques câbles de remploi. Il a donc fallu adopter un coefficient moyen pour la résistance de l'aloès à l'état neuf. On estime assez généralement qu'en garantissant 600 et 650 kilog., les cordiers restent, par prudence en-dessous de la réalité, et les quelques résultats d'essais cités plus haut le prouvent suffisamment, puisque ces chiffres ont été atteints par des câbles ayant déjà effectué un travail notable. Nous avons admis, d'après différents auteurs, le coefficient moyen de 700 kilog par centimètre carré; pour les câbles de remploi dont la résistance n'a pas été vérifiée, nous avons réduit la résistance à 500 kilog. par centimètre carré.

Presque tous les câbles étant à section diminuée, le calcul du coefficient de sécurité a été effectué pour la section à la patte et pour celle de l'enlevage, en tenant compte du poids total du câble supposé déroulé jusqu'au fond du puits. Les câbles à tension constante sont l'exception; pour le plus grand nombre, la section dangereuse, sous la charge maxima d'extraction, est à la patte (il en est ainsi notamment pour les câbles profilés d'après la méthode de M. Vertongen); pour les autres, elle est à l'enlevage. Si l'on considère la charge pendant la translation du personnel, on voit alors que, dans la presque totalité des cas, par suite de la prépondérance du poids du câble, c'est

l'enlevage qui constitue la partie la plus fatiguée. Le plus petit des coefficients calculés pour les deux extrémités d'un câble figure seul dans les tableaux I à IV qui résument les résultats de l'enquête. Dans ces tableaux, chaque numéro d'ordre correspond à un puits d'extraction et par conséquent à deux câbles identiques ; on n'a pas tenu compte des différences, assez faibles d'ailleurs (5 à 6 %), qui ont été indiquées dans quelques charbonnages entre les deux câbles d'une même machine d'extraction et provenant soit de ce que l'on a voulu corriger les effets du double sens d'enroulement en donnant à la corde de la bobine basse des dimensions un peu plus fortes qu'à l'autre, soit de ce que les deux cordes ont été fournies par des fabricants différents. Dans ces cas, comme dans celui, très rare aussi, de cordes boiteuses, on n'a retenu que le câble ayant les coefficients de sécurité les moins élevés.

Parmi les nombreux facteurs dont dépend le choix du coefficient de sécurité des câbles de mines, la profondeur des puits joue souvent le rôle principal. Pour mettre cette influence en évidence, on a classé les puits en quatre catégories d'après les profondeurs, ce qui conduit au résultat suivant :

PROFONDEURS	COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ RELATIFS					
	A LA CHARGE MAXIMA			A LA TRANSLATION DU PERSONNEL		
	Minimum	Moyen	Maximum	Minimum	Moyen	Maximum
0 à 400 mètres	5,5	9,0	13,0	7,7	13,5	17,8
400 à 600 »	4,6	7,9	11,0	6,3	11,0	14,8
600 à 800 »	5,4	7,1	9,5	6,6	9,5	12,5
800 mètres et plus	5,5	6,8	9,2	6,9	8,5	10,0

Il convient de remarquer qu'on n'a pas tenu compte, dans le calcul des moyennes pour les profondeurs de 400 mètres, des coefficients, au nombre d'une dizaine, dépassant de plus d'un tiers les moyennes de tous les puits de ce groupe. Ces chiffres se rapportent à des puits de faible extraction et ils sont tellement exagérés que, même sans suspecter aucune erreur, on doit les écarter comme aberrants.

La comparaison des quatre groupes d'après les moyennes et les maximums fait nettement ressortir la manière dont le coefficient de sécurité des câbles diminue en même temps que la profondeur augmente.

Il ne sera peut être pas inutile, aujourd'hui que les questions relatives à la sécurité des ouvriers sont débattues par beaucoup de personnes même non initiées à l'art des mines, de rappeler l'explication de ce fait en apparence paradoxal. Nous citerons à ce sujet, M. G. Vertongen (*Revue universelle des mines*, t. LIV, n° 1 : *Etude théorique et pratique sur l'emploi des câbles en aloès*) :

Le choix des coefficients de sécurité est souvent une question d'opportunité ; mais, d'une façon générale, nous pouvons dire qu'on est assez tenté de les faire décroître avec la profondeur et l'importance de la charge à élever. Ceci s'explique d'ailleurs en ce sens, qu'étant donnée la production d'une mine, si l'on élève une charge plus forte, on aura un nombre d'ascensions moindre à faire ; or, à grande profondeur, l'ascension prenant plus de temps, on sera très naturellement amené à augmenter la charge à élever. En réalité, c'est donc parce qu'on présume une fatigue moindre des câbles qu'on adopte à grande profondeur, ou pour de fortes charges, des tensions plus grandes, c'est-à-dire des coefficients de sécurité moindres.

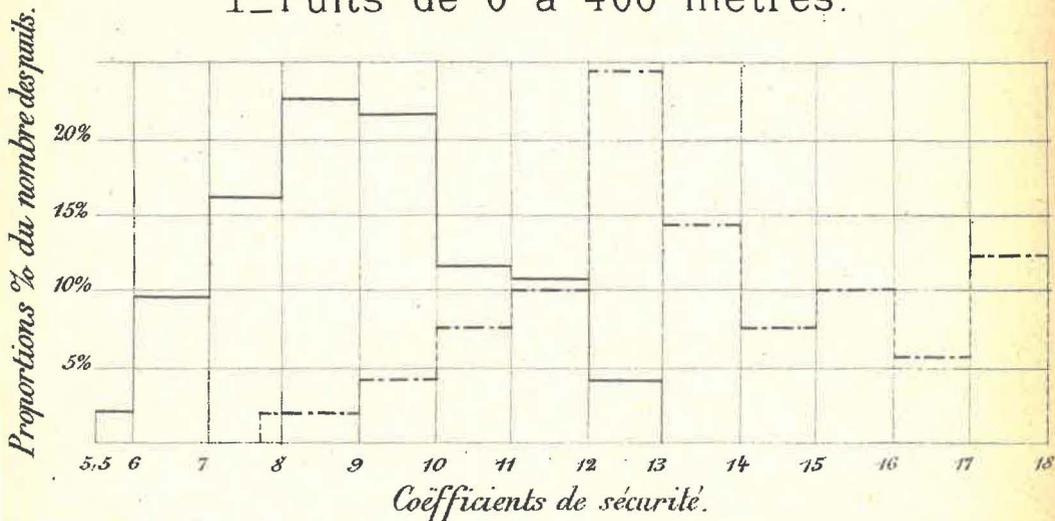
Pourtant, il y a encore d'autres considérations qui interviennent quand il s'agit de l'extraction à grande profondeur.

1° A grande profondeur, on peut donner une longueur très grande à la patte à section uniforme ; on obtient ainsi une sécurité plus grande dans le voisinage de la cage, tout en plaçant la section la plus fatiguée à l'abri de tout choc.

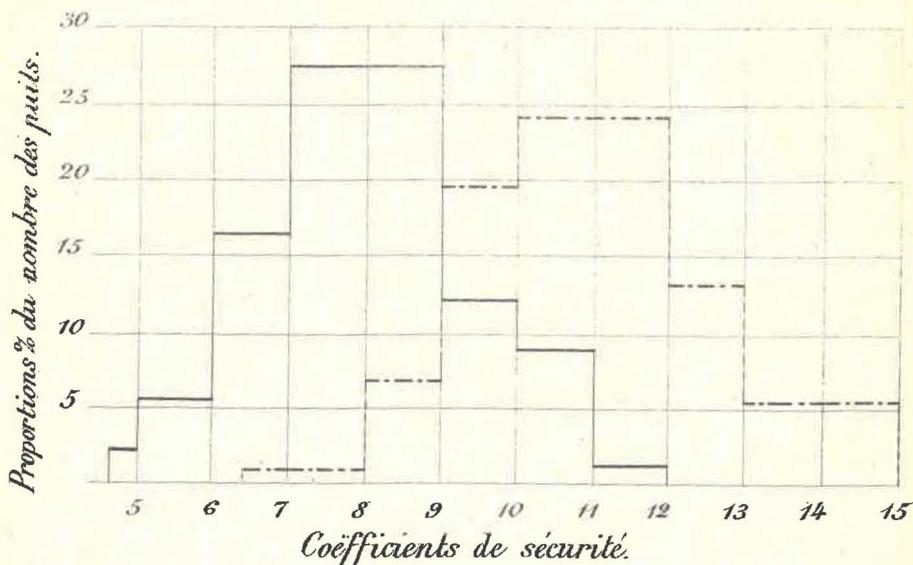
2° A grande profondeur, l'acquisition des câbles devient une dépense importante, qu'on réduit notablement en adoptant un coefficient de sécurité un peu moindre.

----- Diagramme des coefficients relatifs à la translation du personnel.

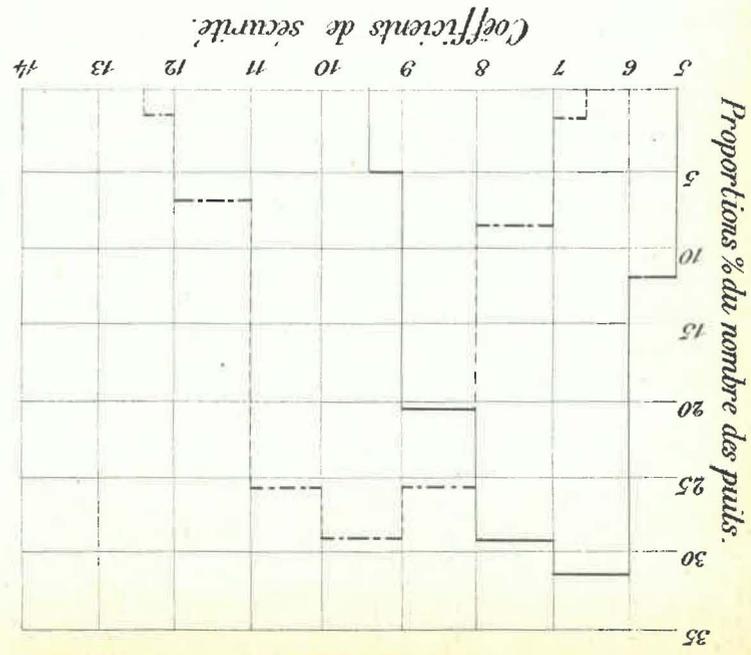
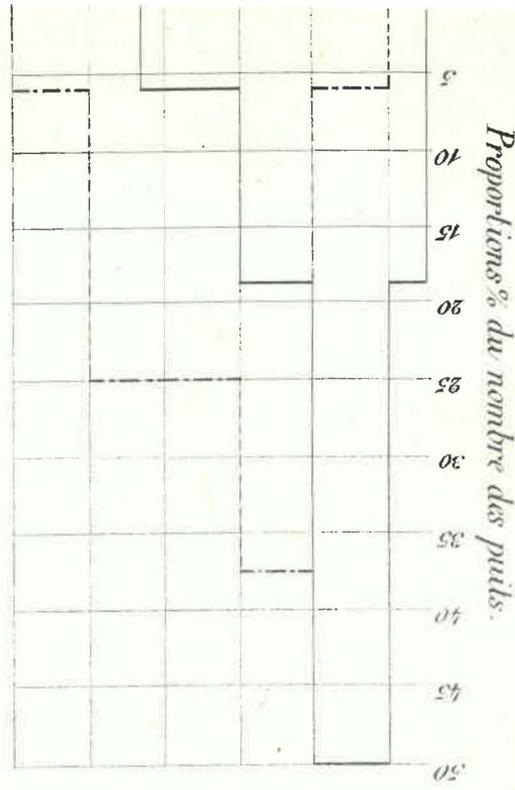
I_Puits de 0 à 400 mètres.



II_Puits de 400 à 600 mètres.



IV - Puits de 800 mètres et plus



III - Puits de 600 à 800 mètres.

3° A grande profondeur, la régularisation du moment effectif de la résistance laisserait à désirer si l'on ne se contentait pas de coefficients de sécurité très raisonnables, réduits même à la limite extrême.

4° La profondeur-limite (au-delà de laquelle il n'est plus possible de satisfaire à la double condition de loger la réserve du câble et d'avoir le même moment effectif au début et à la fin de l'ascension) est d'autant plus grande que le coefficient de sécurité est moindre.

5° A trait simple, le moment de résistance maximum est sensiblement réduit par l'adoption d'un coefficient de sécurité moindre.

6° Plus le coefficient de sécurité est petit, plus la visite des câbles doit se faire fréquemment et minutieusement et seule, une installation à grande profondeur peut donner sur l'acquisition des câbles et les autres dépenses de premier établissement, une économie suffisante pour couvrir les frais de surveillance et justifier les risques plus grands qui en résultent.

Les deux tableaux ci-après et les diagrammes qui en sont la traduction graphique montrent comment se répartissent les divers sièges d'extraction d'après les coefficients de sécurité adoptés pour les câbles.

COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	NOMBRE DE SIÈGES D'EXTRACTION				
	de moins de 400 m.	de 400 à 600 m.	de 600 à 800 m.	de 800 m. et plus	TOTAL
entre 4 et 5		2			2
» 5 » 6	2	5	7	3	17
» 6 » 7	9	15	19	8	51
» 7 » 8	15	25	17	3	60
» 8 » 9	21	25	12	1	59
» 9 » 10	20	11	3	1	35
» 10 » 11	11	8			19
» 11 » 12	10	1			11
» 12 » 13	4				4
> 13	7				7

COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ relatifs à la translation du personnel	NOMBRE DE SIÈGES D'EXTRACTION				
	de moins de 400 m.	de 400 à 600 m.	de 600 à 800 m.	de 800 m. et plus	TOTAL
entre 6 et 7		1	1	1	3
» 7 » 8	1	1	5	6	13
» 8 » 9	1	6	15	4	26
» 9 » 10	4	18	17	4	43
» 10 » 11	7	22	15	1	45
» 11 » 12	9	22	4		35
» 12 » 13	22	12	1		35
» 13 » 14	13	5			18
» 14 » 15	7	5			12
» 15 » 16	9				9
» 16 » 17	5				5
» 17 » 18	11				11
> 18	10				10

Il est intéressant de constater que dans chaque groupe de puits, le plus grand nombre de coefficients de sécurité trouvés sont concentrés au voisinage de la moyenne. Les câbles ayant des coefficients voisins du minimum sont en infime proportion ; il faut noter, d'ailleurs, que ces faibles coefficients correspondent souvent à des câbles de remploi qui, après avoir effectué toute ou partie de leur garantie, sont déplacés et achèvent leur service sur des puits de moindre profondeur ou de moindre extraction, et qui se trouvent donc ainsi dans de meilleures conditions au point de vue de la sécurité que s'ils étaient maintenus en service sur le même puits.

Dans son étude déjà citée sur l'emploi des câbles en aloès, M. Vertongen indique pour les tensions par centimètre carré à adopter dans le calcul des dimensions des câbles, les chiffres suivants :

Profondeur	moins de 400 m.	400 à 600 m.	600 à 800 m.	800 à 1000 m.	plus de 1000 m.
Tension par cm ²	60 à 75 k.	75 à 80 k.	80 à 90 k.	90 à 102k.	102 k.

En nous basant sur une résistance moyenne de 700 kilog. par centimètre carré, point de départ de nos calculs, et sur les coefficients moyens indiqués plus haut, nous trouvons que l'on fait travailler les câbles respectivement à raison de 77, 88, 98 et 103 kilog. par centimètre carré, tensions légèrement supérieures à celles recommandées par M. Vertongen. Dans quelques cas, la charge de travail atteint 140 kilog., chiffre évidemment abusif.

Signalons aussi, à titre de comparaison, que le règlement-type français exige un coefficient de sécurité égal à 7, les règlements allemands (Dortmund, Clausthal), un coefficient de 6, avec la relation $P = 942G$ (P , poids de la

charge ; G , poids du mètre courant de câble), ce qui équivaut à prescrire une tension maximum de 90 kilog. par centimètre carré.

Si nous examinons plus spécialement les conditions dans lesquelles s'opère la translation du personnel, nous trouvons en général des coefficients de sécurité assez élevés et descendant rarement en dessous de 8. Cela dépend non seulement du coefficient admis pour l'extraction, mais aussi du rapport entre le poids d'une cage complètement chargée de personnel et la charge maxima. Ce rapport, que nous désignerons par α , varie dans de très larges limites : de 0,34 à 0,85 ; il a une certaine tendance à augmenter avec la profondeur des puits, ainsi que le montre le tableau suivant.

VALEUR DU RAPPORT α	NOMBRE DE PUIITS				TOTAL
	de moins de 400 m.	de 400 à 600 m.	de 600 à 800 m.	de 800 et plus	
0,34 à 0,45	5	6	2		13
0,45 » 0,60	63	50	28	7	148
0,60 » 0,75	30	34	25	8	97
> 0,75	1	2	3	1	7

Dans la très grande majorité des cas, la valeur du rapport en question est donc voisine de 0,50 ; les valeurs supérieures à 0,75 sont tout à fait exceptionnelles et correspondent généralement, de même que d'ailleurs les plus élevés parmi les autres chiffres, au cas où les hommes prennent place dans les wagonnets.

La réduction de la charge du câble, — il est oiseux de le faire remarquer, — ne permet pas d'apprécier exactement dans quelle mesure se trouve diminuée la fatigue des câbles

pendant la translation des hommes comparativement au service courant. Ce n'est que par exception que, dans les deux hypothèses, la section dangereuse du câble se trouve à la patte, et, presque toujours, il y a lieu de considérer l'influence du poids du câble. En cherchant le rapport β des tensions imposées au câble dans les sections les plus fatiguées, d'une part pendant la translation du personnel, d'autre part pendant l'extraction des matériaux, nous trouvons des valeurs bien plus élevées que pour le rapport α , et qui se répartissent comme suit :

VALEUR DE β	NOMBRE DE PUIITS				TOTAL
	de moins de 400 m.	de 400 à 600 m.	de 600 à 800 m.	de 800 et plus	
0,45 à 0,60	22	8	1	»	31
0,60 » 0,75	60	38	27	4	129
0,75 » 0,85	13	41	23	9	86
0,85 » 0,92	4	5	7	3	19

Pour les chiffres inférieurs à 0,60, il y a souvent coïncidence entre les rapports α et β . Lorsque ce dernier atteint plus de 0,85, le coefficient de sécurité a en général des valeurs assez élevées (de 9 à 12), mais, dans quelques cas, il est compris entre 7 et 8, et la réduction du nombre d'ouvriers admis dans la cage ou la diminution du poids mort que procurerait la suppression des wagonnets pour la translation des hommes, ne pourrait être qu'avantageuse au point de vue de la sécurité.

III. — *Épissures.*

Parmi les 530 câbles sur lesquels a porté l'enquête, 103 sont renseignés comme ayant été épissés. On n'a pas

compté les épissures restant constamment enroulées sur les bobines, mais seulement celles de la partie travaillante des cordes. 66 câbles n'ont qu'une épissure, 21 en ont 2, 7 en ont 3, 4 en ont 4 et 1 en a jusque 5.

Dans 60 % des cas, les épissures ont été faites à la suite d'accidents survenus au cours de l'extraction ou bien de la détérioration ou de l'usure prononcée de certaines parties du câble; la cause la plus fréquente est ensuite la nécessité d'allonger le câble lorsque, par suite des coupages opérés successivement à la patte, il n'y a plus une réserve suffisante sur les bobines ou lorsqu'on approfondit les puits d'extraction.

Certaines de ces épissures sont renouvelées au bout de 4 à 6 mois; on en signale cependant un assez grand nombre aussi qui ont travaillé de 8 à 12 mois et, exceptionnellement 16 à 20 mois.

IV. — *Durée et travail des câbles.*

Les renseignements concernant ces deux points se rapportent aux câbles mis hors service qui ont précédé immédiatement les câbles actuels et qui travaillaient dans les mêmes conditions que ces derniers.

D'après leur durée et le coefficient de sécurité admis pour la charge maxima d'extraction, on peut les grouper comme suit :

COEFFICIENT DE SÉCURITÉ	DURÉE DES CABLES						
	12 à 18 mois	18 à 24 mois	24 à 30 mois	30 à 36 mois	36 à 42 mois	42 à 48 mois	plus de 48 mois
en-dessous de 6	3	3	9	1	—	1	—
de 6 à 7	1	6	23	9	4		
» 7 » 8	—	3	30	15	3	7	4
» 8 » 9	—	—	15	23	7	3	7
» 9 » 10	—	—	8	8	3	4	7
» 10 » 11	—	1	4	2	3	1	4
» 11 » 12	—	—	1	—	1	1	4
> 12		1		2	2	—	3
	4	14	90	60	23	17	29

La durée moyenne de la vie des câbles est donc de 2 à 3 ans, quelques-uns ont atteint exceptionnellement 5 ou 6 ans. En général, les durées supérieures à 48 mois ne sont réalisées que dans les puits de moins de 400 mètres de profondeur et on n'en constate qu'un seul exemple au-delà de 600 mètres.

Il résulte aussi de ce tableau, que les conditions d'emploi les plus favorables correspondent aux coefficients de sécurité de 8 à 11 et que l'avantage des coefficients plus élevés est peu sensible, probablement parce que ces derniers sont imposés par des circonstances particulières.

Les renseignements relatifs au travail effectué par les câbles n'ont pas le même caractère de généralité que ceux concernant la durée, un certain nombre de charbonnages seulement tenant compte des quantités extraites par câble.

Nous rappellerons cependant, en les groupant d'après la même base que ci-dessus, les résultats obtenus.

COEFFICIENTS de SÉCURITÉ	<i>Travail effectué en milliards de kilogrammètres</i>					
	25 à 50	50 à 75	75 à 100	100 à 150	150 à 200	200 à 250
En-dessous de 6	1	3	2	5	1	»
6 à 7	»	3	9	11	1	1
7 à 8	2	6	6	7	3	»
8 à 9	4	4	8	14	»	»
9 à 10	5	4	1	2	1	»
10 à 11	1	4	1	»	1	»
> 11	2	»	»	»	»	»
	15	24	27	39	7	1

Sauf trois exceptions, les effets utiles de plus de 100 milliards de kilogrammètres ne sont réalisés que dans des puits de plus de 400 mètres de profondeur et les puits de 400 à 600 mètres n'interviennent que pour un tiers du nombre des cas. Cette coïncidence des grandes profondeurs et des effets utiles élevés est un fait généralement constaté par les statistiques de ce genre ; il s'explique facilement : à charge égale à enlever, le nombre de kilogrammètres effectués augmente notablement avec la profondeur, tandis que la fatigue imposée au câble dépend principalement des chocs aux manœuvres, de la déviation du puits, etc.

Comme c'est aussi aux grandes profondeurs que l'on emploie de préférence des coefficients de sécurité voisins de 6, l'avantage des coefficients élevés ressort d'une façon moins manifeste de la considération de l'effet utile que de celle de la durée.

Dans un très grand nombre de cas, le service accompli par les câbles dépasse, et parfois notablement, la garantie donnée par le fournisseur. A l'expiration de celle-ci et

périodiquement dans la suite, un certain nombre de charbonnages font procéder à des essais de résistance sur des bouts prélevés à la patte pour se rendre compte de l'état de conservation du câble. Il est inutile d'insister sur l'utilité de cette pratique.

Les quelques chiffres cités au commencement de la présente note montrent avec quelle rapidité la résistance à la traction du câble diminue lorsque son existence se prolonge au-delà d'une certaine limite; on en déduit aussi que le coefficient de sécurité descend parfois jusque 3,6 sous la charge d'extraction et jusque 5 sous la charge de personnel, quoique dans la plupart des cas cités, le coefficient minimum soit encore de 5 et même de 6 au moment de la mise hors service. La résistance en ce moment n'est plus alors que de 0,55 et 0,60 de la résistance à l'état neuf; mais cette conclusion tirée d'un nombre de constatations très restreint ne doit pas être généralisée.

B. — CABLES MÉTALLIQUES.

I. — *Nature et matériaux des câbles.*

Les câbles métalliques, en usage principalement dans le bassin de Charleroi, se répartissent comme suit :

Câbles ronds en acier s'enroulant sur tambours,	20
» » sur poulie Koepe	2
Câbles plats en fer au bois	2
» en acier	76

Parmi les câbles ronds il existe un câble à torons plats.

Les fils le plus employés sont ceux de 1,8 et 2 ^m/_m de diamètre; on descend cependant dans deux cas à 1,5 ^m/_m, tandis que dans deux autres on a admis des diamètres de 2,3 et 2,8 ^m/_m.

Les machines à tambour sont, pour la plupart, placées sur des puits peu profonds et de faible extraction. Il en est

autrement pour les machines à bobines et à câbles plats qui, contrairement à ce qui a lieu dans les pays voisins, continuent à être préférés en Belgique.

Ces câbles sont, en général, formés de 8 aussières de 4 torons de 7 à 13 fils. Un seul puits, de 940 mètres de profondeur, a des câbles à 10 aussières; quatre autres, de profondeur de moins de 300 mètres, ont des câbles à 6 aussières. Le fil employé a 2^{m/m} de diamètre; il n'y a d'exceptions que pour deux puits où on a adopté du fil de 1,25 et 1,8^{m/m}.

Les câbles ronds sont tous à section constante; 12 des câbles plats sont à section décroissante et formés de 3 ou 4 mises, chacune différant de la suivante d'un fil par toron.

L'acier employé pour la fabrication est caractérisé par une résistance de 120 à 140 kilog. par millimètre carré, 2 % d'allongement à la rupture (cette donnée est rarement spécifiée), 11 à 18 flexions d'une amplitude de 180° sur une incurvation de 5^{m/m} de rayon, 20 à 40 torsions de 360 sur un fil de 0^m15 de longueur entre les mâchoires.

Ces données sont généralement garanties lors de la livraison, quelquefois aussi on y ajoute la charge de rupture totale du câble fabriqué; quelques charbonnages seulement procèdent à des essais sur les fils qui constituent le câble.

II. — *Coëfficients de sécurité des câbles.*

Lorsque la charge de rupture totale n'a pas été indiquée, on a admis qu'elle est égale, pour les câbles neufs, aux 7/8, et, pour les câbles de remploi, aux 7/10 de la résistance du nombre total des fils, calculée d'après leur diamètre et la qualité du métal.

Vu le nombre assez restreint des puits, on n'a fait, d'après les profondeurs, que trois catégories, ce qui conduit aux résultats indiqués aux tableaux annexés n° V à VII.

On constate ici, comparativement aux câbles en aloès, plus d'uniformité dans les charges d'extraction; sauf pour quelques puits de moins de 400 mètres desservis par machines à tambours, les charges ne descendent guère en dessous de 4,000 kilog.; celles de 8 à 10 tonnes sont les plus fréquentes et on atteint jusque 14,800 kilog. avec des cages à 12 étages.

L'influence de la profondeur sur le coefficient de sécurité ressort du tableau suivant :

PROFONDEUR DES PUIITS	COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ RELATIFS					
	<i>à la charge maxima</i>			<i>à la translation du personnel</i>		
	Minimum	Moyen	Maximum	Minimum	Moyen	Maximum
Moins de 400 m.	7.4	10.6	13.9	11.2	15.7	19.7
400 à 800 m.	5.0	7.7	11.8	6.7	10.7	14.5
Plus de 800 m.	5.0	6.0	7.3	6.5	7.8	8.6

Comme il a été dit précédemment, les chiffres s'écartant de plus d'un tiers de la moyenne ne sont pas intervenus dans le calcul de celle-ci.

D'après les coefficients de sécurité, adoptés pour les câbles, les divers sièges d'extraction sont répartis comme suit :

COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ sous la charge maxima	NOMBRE DE FUTS			
	Moins de 400 m.	400 à 800 m.	Plus de 800 m.	Total
5 à 6	»	2	4	6
6 » 7	»	4	8	12
7 » 8	1	5	1	7
8 » 9	1	3	»	4
9 » 10	7	2	»	9
10 » 11	1	1	»	2
11 » 12	3	1	»	4
> 12	7	»	»	7

COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ relatifs à la translation du personnel	NOMBRE DE PUITES			
	Moins de 400 m	400 à 800 m.	Plus de 800 m.	Total
6 à 7	»	1	1	2
7 » 8	»	»	6	6
8 » 9	»	3	6	9
9 » 10	»	3	»	3
10 » 11	»	3	»	3
11 » 13	1	4	»	5
13 » 15	5	4	»	9
15 » 17	8	»	»	8
> 17	6	»	»	6

Comme on le voit, les différences d'un groupe à l'autre sont plus nettement tranchées que pour les câbles en aloès, et on n'observe pas non plus la même symétrie par

rapport à la moyenne dans les chiffres d'une même colonne.

Aux profondeurs moyennes et aux grandes profondeurs, pour lesquelles surtout la question présente de l'intérêt, les coefficients dominants sont ceux de 6 à 7 pour la charge d'extraction, de 7 à 9 pour la translation du personnel.

Les coefficients les plus élevés appartiennent la plupart à des câbles à section décroissante. La proportion de coefficients inférieurs à 6 en service d'extraction atteint ici 20 %; mais, dans un des cas, il s'agit de câbles en fer placés sur un puits d'aérage et ne faisant qu'une petite extraction de 40 à 50 tonnes par jour; dans les autres cas, grâce à la grande différence entre le poids de la cage complètement chargée d'ouvriers et la charge maxima, on obtient encore des coefficients supérieurs à 7, pendant la translation du personnel.

Tous ces coefficients se rapportent à l'enlevage; nous avons affaire, en effet, à des câbles uniformes ou faiblement décroissants, et, comme leur poids est le plus souvent égal ou même supérieur à celui des charges, on peut compter à la patte sur des coefficients de sécurité doubles de ceux qui sont indiqués aux tableaux.

On reste cependant encore en dessous des prescriptions des règlements étrangers.

Le projet de règlement type français dit, en effet, que les câbles métalliques ne pourront jamais travailler à une charge supérieure à 1/10 de la résistance totale à l'état neuf.

Les règlements allemands prennent pour base la charge de rupture calculée d'après la résistance des fils qui constituent le câble en excluant ceux dont la résistance est de 20 % inférieure à la moyenne ou qui ne résisteraient pas aux épreuves de flexion imposées. D'après cela, le règlement du district de Dortmund et celui de Clausthal exigent

une charge de rupture égale au moins à six fois la charge maximum; celui du district de Breslau prescrit un coefficient de sécurité de 6 pour l'extraction des produits, de 9 pour la translation du personnel. La charge de rupture doit être vérifiée par des essais périodiques, et lorsque les chiffres prescrits ne sont plus atteints, les câbles ne peuvent plus servir à la translation du personnel.

En admettant, d'après des renseignements fournis par des constructeurs, que la déperdition de résistance des câbles métalliques est ordinairement de $1/4$ à la mise hors service, et nous rappelant que nous n'avons compté que sur les $7/8$ de la résistance du nombre total des fils, nous voyons que ces prescriptions des règlements allemands équivalent à exiger, des câbles à l'état neuf, des coefficients de sécurité de 7 pour la charge d'extraction, de 10,5 pour la translation des hommes.

Le règlement de l'Administration des mines de Vienne est plus modéré; il demande, pour la charge maxima des câbles neufs, $1/7$ de la résistance totale des fils, et, pour la translation du personnel, une réduction de la tension maximum à 0,85; ce qui équivaut à un coefficient de 8,2. Ces chiffres sont plus voisins de ceux révélés par l'enquête faite dans les charbonnages belges.

Il convient d'ajouter que, dans tous les bassins houillers auxquels se rapportent ces règlements, on n'atteint généralement pas d'aussi grandes profondeurs qu'en Belgique et qu'on emploie de préférence les câbles ronds dont le poids par mètre courant n'est que les $8/10$ du poids d'un câble plat de même résistance, ce qui permet l'application de coefficients de sécurité plus élevés.

Les tableaux suivants indiquent les valeurs adoptées pour les rapports que nous avons désignés plus haut par les lettres α et β : 1° entre la charge maxima d'extraction et le poids d'une cage complètement chargée de personnel,

chaque homme étant compté pour 70 kilog. ; 2° entre les tensions dans les parties les plus fatiguées du câble qui se trouvent ici à l'enlevage dans tous les cas.

VALEURS DE α	NOMBRE DE PUIITS			
	Moins de 400 m.	400 à 800 m.	Plus de 800 m.	Total
Moins de 0.45	3	1	»	4
0.45 à 0.60	10	11	10	31
0.60 . 0.75	6	6	3	15
> 0.75.	1	»	»	1
VALEURS DE β	—	—	—	—
0.50 à 0.60	3	»	»	3
0.60 » 0.75	15	10	2	27
0.75 » 0.85	2	7	10	19
> 0.85	»	1	1	2

La réduction de la charge du câble, pendant la translation des hommes, est donc généralement assez forte même aux grandes profondeurs. Cette mesure de précaution, de même que la réduction de la vitesse en marche, s'impose d'ailleurs avec les câbles métalliques plus encore qu'avec les câbles en aloès; il est reconnu que c'est au voisinage de la patte que les premiers fatiguent le plus, notamment par suite des vibrations qui se font inévitablement sentir.

Nous signalerons ici qu'en Allemagne l'Administration des mines exige que le poids des hommes, à raison de 75 kilog. par tête, ne dépasse pas 50 % du poids de la charge complète de wagonnets de charbon. Nous avons fait intervenir, en outre, dans le calcul de α , le poids de la cage, ce qui conduit naturellement à des valeurs plus fortes.

III. — *Fatigue à l'enroulement.*

Le rapport du diamètre minimum des bobines, des tambours ou des molettes au diamètre du fil a des valeurs qui varient comme suit :

	NOMBRE DE PUIITS		
	Avec câbles plats	Avec câbles ronds	Total
Moins de 750	1	4	5
750 à 1,000	4	2	6
1,000 » 1,250.	10	3	13
1,250 » 1,500.	13	3	16
1,500 » 2,000.	10	»	10
Plus de 2,000.	»	2	2

Les chiffres les plus bas sont de 550 pour un câble rond avec du fil de 2 ^m/_m et de 600 pour un câble plat avec du fil de 1 ^m/_m 1/4 seulement. On recommande généralement le rapport 1500 pour ne pas fatiguer les câbles, mais il n'est atteint que dans le 1/4 environ des installations. On rencontre le plus souvent les rapports de 1000 à 1500 ; dans les puits à très grandes profondeurs, où la question de la régularisation du travail de la machine d'extraction devrait, semble-t-il, conduire aux diamètres d'enroulement les plus petits, on ne descend pas en-dessous de 1,000. A plus forte raison devrait-on arriver au même résultat dans les puits de moins de 800 mètres de profondeur.

Le règlement autrichien exige le chiffre de 1,300 mais il admet 1,100 comme limite extrême et, dans ce cas, le coefficient de sécurité du câble doit être de 9 au lieu de 7. Cette dernière condition serait le plus souvent réalisée

dans les puits pour lesquels les tambours ont de faibles rayons et notamment dans ceux de moins de 400 mètres de profondeur. Dans plusieurs de ceux-ci, d'ailleurs, les machines à tambours ne constituent qu'une solution provisoire du problème de l'extraction.

Quant au rapport du diamètre d'enroulement au diamètre du câble, on voit que, sauf dans deux cas, où il descend à 31 et à 44, il n'est jamais inférieur à 50, et qu'il dépasse généralement de beaucoup ce chiffre, en dessous duquel il est recommandé de ne pas descendre.

IV. — *Épissures.*

Deux des câbles actuellement en service portent des épissures, l'un parce qu'il a été allongé, étant devenu trop court à la suite de nombreux coupages de patte, l'autre parce qu'on a remplacé une partie détériorée à l'enlevage. Ce sont des câbles plats; la date de ces réparations n'a pas été indiquée.

M. Stassart (*loc. cit.*) signale qu'un câble métallique a fonctionné pendant sept mois avec une épissure à 400 mètres de la patte, et que, lors du retrait, on n'a pas constaté que cette section eût plus souffert que les autres.

V. — *Durée et travail des câbles.*

Les câbles métalliques ont une durée bien moindre que les câbles en aloès; elle dépasse rarement deux ans. Les câbles plats en fer qui ont précédé les derniers qui subsistent encore ont duré six ans. On a déjà fait remarquer qu'il s'agit, dans ce cas, d'un puits d'aérage par lequel on ne fait qu'une très petite extraction et qui sert principalement de puits de service. Quelques câbles en acier placés dans des conditions analogues et très largement calculés ont atteint aussi des durées de quatre à cinq ans. On a même signalé neuf ans pour un câble rond.

Les tableaux suivants indiquent, d'après leur durée et le travail effectué, comment se répartissent les câbles en acier.

COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ	Nombre de câbles ayant eu une durée de :					
	6 à 12 mois	12 à 18 mois	18 à 24 mois	24 à 30 mois	30 à 36 mois	plus de 36 mois
En-dessous de 6.	»	8	2	»	»	»
6 à 7	»	7	9	2	»	»
7 » 8	2	»	2	6	»	»
8 » 10	2	4	6	»	1	6
> 10.	»	3	7	4	1	2
En { câbles plats	»	18	24	12	»	2
tout { câbles ronds	4	4	2	»	2	6

COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ	Travail effectué en milliards de kilogrammètres					
	25 à 50	50 à 75	75 à 100	100 à 150	150 à 200	plus de 200
En-dessous de 6.	»	6	»	2	»	»
6 à 7.	»	2	6	»	»	2
7 » 8.	2	2	»	1	1	»
9 » 10	2	»	»	»	2	»
> 10.	»	»	»	»	1	»
En { câbles plats	4	10	6	3	1	»
tout { câbles ronds	»	»	»	»	3	2

Il en résulte que, même à ne considérer que le point de vue économique, il convient de ne pas descendre en dessous de 6 pour le coefficient de sécurité. On peut dire aussi que, dans bien des cas, la petitesse des rayons d'enroulement paraît être la cause du peu d'effet utile de certains câbles.

Quoique n'embrassant qu'un nombre assez restreint de puits, cette statistique montre que l'on obtient chez nous de bien meilleurs résultats des câbles plats en acier que dans les autres bassins houillers. D'après la statistique du district de Dortmund pour 1899 et 1900, sur 89 câbles de cette espèce :

43 soit près de 50 % ont eu une durée de moins de 200 jours,
 33 ou 37 % » » de 200 à 400 jours,
 8 ou 9 % » » de 400 à 600 jours et
 4 seulement ont atteint plus de 600 jours (1).

Dans les mines du bassin de Brûx (Autriche), d'après une statistique embrassant les câbles mis hors service pendant les années 1894 à 1900 (2), sur 12 câbles plats en acier, 10 ont eu une durée de moins de 200 jours, et 2 une durée de 200 à 400 jours.

En Belgique, nous trouvons, pour les câbles de cette espèce, une durée d'au moins 12 mois ou 360 jours, et la proportion de ceux qui ont été en service de 600 à 900 jours est de 40 %, 4 % ayant eu une durée encore plus longue.

Ces résultats sont comparables à ceux que donnent les câbles ronds en acier; nous déduisons, en effet, des deux statistiques que nous venons de citer, que ces câbles se répartissent comme suit, d'après leur durée :

	Westphalie.	District de Brûx.
Moins de 200 jours	15,9 %	6,9 %
200 à 400 jours	23,7 »	24,0 »
400 à 600 »	27,7 »	21,1 »
600 à 800 »	18,2 »	17,4 »
800 à 1000 »	8,2 »	10,9 »
1000 à 1200 »	4,3 »	6,9 »
Au-delà de 1200	2,1 »	12,7 »

(1) *Glückauf*, Essen, n° 31, 1901.

(2) *Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen*, n° 34, 1901.

En ce qui concerne le travail effectué, la comparaison entre les câbles les plus employés dans chacun des trois bassins s'établit par les chiffres du tableau suivant :

Travail effectué en milliards de kilogrammètres	Westphalie		Bassin de Brûx		Belgique	
	Câbles en acier		Câbles en acier		Câbles plats	
	ronds	plats	ronds	plats	en acier	en aloès
	o/o	o/o	o/o	o/o	o/o	o/o
moins de 25	23,4	37,3	65,45	100	»	»
25 à 50	14,4	32,9	12,00	»	16,6	13,3
50 » 75	18,0	14,3	12,36	»	41,7	21,2
75 » 100	16,4	»	4,73	»	25,0	23,9
100 » 150	14,0	1,1	3,64	»	12,5	34,5
150 » 200	5,0	3,3	0,73	»	4,2	6,2
> 200	8,8	»	1,09	»	»	0,9

En comparant ces résultats, il faut tenir compte naturellement de la diversité des circonstances locales. C'est ainsi que M. Stadler von Wolfersgrün, l'auteur de la statistique du district de Brûx, fait remarquer que, dans les mines de lignite de Bohême, la profondeur des puits ne dépasse 300 mètres, qu'elle est même, dans la moitié des cas, inférieure à 100 mètres, et que les charges d'extraction sont petites (2 ou 3 wagonnets par cage). Dans ces conditions, on ne peut arriver à des chiffres bien élevés pour le travail en kilogrammètres et ainsi s'explique que les résultats obtenus soient bien moins avantageux que ceux des mines allemandes. En Belgique, les conditions locales doivent exercer leur influence en sens contraire, car les câbles plats en acier dont le travail est renseigné sont presque tous placés sur des puits de grande profondeur; le petit nombre des

observations engage aussi à ne conclure qu'avec une certaine réserve. On est cependant tenté d'attribuer la supériorité évidente des câbles métalliques plats employés en Belgique soit à une fabrication plus soignée, soit à une surveillance plus attentive.

Ne perdons pas de vue que, chez nous comme en Allemagne et en Autriche, le record, comme effet utile, est détenu par des câbles ronds, ceux du tambour spiraloïde de Cockerill, qui ont atteint plus de 350 milliards de kilogrammètres, et ensuite par ceux à torons plats de la machine Koepe du charbonnage de Forte-Taille, à Montigny-le-Tilleul, et ceux du puits n° 1 du siège n° 5 de Bascoup (tambour cylindrique de 6 mètres de diamètre), qui ont effectué, en moyenne, un travail utile de 160 milliards de kilogrammètres.

Nous avons fait figurer, dans la dernière colonne du tableau, les nombres proportionnels de câbles en aloès ayant effectué un taux de travail déterminé; ces chiffres proviennent d'un nombre relativement grand d'observations; il n'y a pas non plus, sauf pour les puits de plus de 800 mètres qui sont en petit nombre, de bien grandes différences dans les profondeurs des exploitations en Westphalie et en Belgique; on est donc fondé à s'en servir comme point de comparaison entre l'aloès et le métal. Nous avons déjà constaté, au point de vue de la durée, l'infériorité de ce dernier; on voit en outre que des effets utiles élevés de 100 à 150 et de 150 à 200 sont atteints aussi aisément avec l'aloès qu'avec les câbles ronds en acier. Nous ne parlerons pas du cas tout-à-fait anormal d'un câble d'aloès ayant effectué plus de 200 milliards de kilogrammètres, mais dans des circonstances telles qu'il constitue un véritable abus.

Un dernier point à signaler pour terminer ce chapitre, c'est que les câbles métalliques dépassent très rarement la

garantie donnée comme tonnage ou comme durée par le fabricant; dans la plupart des charbonnages, ils sont remplacés, par principe, à l'expiration de cette garantie.

L'enquête n'a rien révélé quant à la déperdition de la résistance des câbles après certain temps de fonctionnement. Il n'a été mentionné aucune épreuve à la traction sur les bouts de patte des câbles en service ou sur les éléments constitutifs de ceux-ci. Ces essais sont d'ailleurs rarement pratiqués dans nos charbonnages.

C. — CÂBLES NE SERVANT QU'ACCIDENTELLEMENT A LA
TRANSLATION DES OUVRIERS.

Nous diviserons ces câbles en deux catégories. Les premiers servent exclusivement à la translation du personnel en cas d'accident à la machine d'extraction ou à la visite des puits, des guidonnages et des engins d'exhaure; ils ne fonctionnent donc que très exceptionnellement et ils travaillent à leur maximum lors de la translation des hommes. L'appareil de translation est le plus ordinairement un cuffat guidé ou non, ou une petite cage à un étage. Les hommes descendent souvent en même temps que des matériaux; les poids des charges à enlever sont cependant généralement faibles; il est rare que l'on dépasse 1,000 kilogrammes pour le poids d'une cage ou d'un cuffat complètement chargé. Dans certains puits d'exhaure, lors de la descente de pièces de pompe, elles atteignent jusque 6,000 et 7,500 kilogrammes, mais ce sont des chiffres tout exceptionnels.

Les câbles de la seconde catégorie sont ceux des cabestans ou machines de secours qui sont destinés, non seulement au sauvetage du personnel, mais à un service accessoire d'extraction ou d'exhaure. Le plus fréquemment on les emploie à extraire les déblais provenant des enfoncements de puits ou des travaux de préparation d'un nouvel

étage, ou pour venir en aide à la machine d'extraction en ramenant une partie des produits d'un étage à un autre; il y a aussi quelques treuils placés sur des puits intérieurs.

Dans le tableau VIII on trouvera les renseignements concernant les quelques câbles en aloès des deux catégories. Le seul point qui présente quelque intérêt est le coefficient de sécurité qui est assez élevé et qui ne descend que dans un seul cas en-dessus de 9 pour la translation des hommes.

En ce qui concerne les câbles métalliques, à cause de leur grand nombre, on les a répartis entre les tableaux IX et X, XI et XII, qui concernent respectivement chacune des deux catégories, à leur tour divisées en deux parties embrassant l'une les puits de moins de 600 mètres, et l'autre les puits plus profonds.

I. — *Forme et matériaux des câbles.*

La forme dominante est de beaucoup le câble rond à section uniforme. Il y a une dizaine de câbles décroissants. On rencontre une grande variété dans les diamètres des fils employés qui vont de 0.8 à 2.2 m/m . Parmi les câbles plats, il y en a quatre en fer, tous les autres sont en acier. Tous les câbles ronds sont aussi en aciers. La résistance varie de 80 kilogrammes à 180 kilogrammes par millimètre carré. Le métal le plus employé est celui de 120 à 130 kilogrammes par millimètre carré; trois ou quatre câbles seulement sont en acier de plus de 150 kilogrammes de résistance à la traction. Cette donnée est ordinairement seule renseignée pour les cordes de cabestans; il est rare qu'on spécifie la résistance du fil à la flexion et à la torsion. Dans un assez grand nombre de cas, le constructeur a garanti la charge de rupture totale. Pour une vingtaine de câbles dont la qualité du métal n'a pas été renseignée, on a admis, pour le calcul du coefficient

de sécurité, une résistance de 80 kilogrammes par millimètre carré pour les fils d'acier, de 40 kilogrammes pour les fils de fer.

Quant à la durée ou au travail minimum, ils n'ont pu être indiqués que dans peu de cas, les câbles dont il s'agit ne fonctionnant qu'à des intervalles très irréguliers et généralement les fournisseurs ne s'engageant, pour la même raison, à aucune garantie.

II. — Coefficients de sécurité.

Pour les câbles travaillant à leur charge maximum pendant le transport des hommes, on a trouvé pour le coefficient de sécurité :

	Moyen.	Minimum.
Profondeurs de moins de 600 mètres.	12.5	7.3
Id. de plus de 600 mètres .	10.0	5.7

Pour les deux groupes réunis, le nombre de puits se répartit comme suit, d'après les coefficients de sécurité :

Coefficient < 7	6 puits.
de 7 à 9	16 id.
9 à 12	20 id.
12 à 15	18 id.
> 15	19 id.

Quant aux câbles affectés à des services accessoires, ils ont donné les résultats suivants :

PROFONDEUR	COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ			
	Sous la charge maxima		Pendant la translation des hommes	
	Moyen	Minimum	Moyen	Minimum
moins de 600 m.	11,0	5,0	14,0	7,0
plus de 600 m.	8,8	6,4	11,4	7,6

Les divers puits se répartissent d'après les coefficients de sécurité ainsi que l'indique le tableau ci-après :

COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ sous la charge maxima	NOMBRE DE PUIITS		
	de moins de 600 m.	de plus de 600 m.	TOTAL
5 à 7	4	5	9
7 » 8	2	2	4
8 » 10	3	14	17
10 » 12	8	3	11
12 » 15	5	2	7
> 15	13		13
<i>Pendant la translation du personnel</i>			
7 à 9	2	3	5
9 » 12	2	16	18
12 » 15	5	5	10
15 » 18	8	2	10
> 18	18		18

Sauf pour de très grandes profondeurs, les coefficients de sécurité les plus bas sont hypothétiques et correspondent aux câbles dont on n'a pas indiqué la charge de rupture. Il est probable que cette dernière atteint une valeur plus grande que celle que nous avons admise. En général donc, on peut dire que le coefficient de sécurité de ces câbles n'est pas inférieur à 7 pour la charge la plus lourde, ou à 9 pour la translation des hommes.

La réduction de la charge du câble, comparativement à la charge maxima, varie beaucoup plus que dans les puits

d'extraction ; le rapport a atteint plus souvent une valeur voisine de l'unité ; remarquons toutefois que dans les puits de 600 mètres, il est rare qu'il dépasse 0,60.

III. — *Fatigue à l'enroulement.*

D'après la grandeur du diamètre d'enroulement sur les tambours ou les molettes et poulies de renvoi, on peut résumer ainsi les renseignements recueillis.

TABLEAUX IX et X TABLEAUX XI et XII

Valeur du rapport D/d	TABLEAUX IX et X			TABLEAUX XI et XII		
	ronds	plats	Total	ronds	plats	Total
moins de 500	19	3	22	14	4	18
500 à 750	25	8	33	13	8	21
750 » 1000	8	4	12	8	3	11
1000 » 1250	3	4	7	3	4	7
> 1250	3	4	7		4	4

Au point de vue de la fatigue à l'enroulement, les câbles de cabestans se trouvent donc pour la plupart dans de très mauvaises conditions, car les rapports supérieurs à 1,000 sont l'exception, plus encore pour les tambours que pour les bobines. On atteint des valeurs inférieures à 300 et ce avec des fils de 1^m/_m de diamètre et moins, ce qui prouve que l'on ne peut améliorer la situation sans modifier le cabestan. Dans beaucoup de cas cependant où l'on emploie des fils de 2,0 et 2,2 millimètres on pourrait arriver à des conditions plus satisfaisantes au point de vue de la fatigue à l'enroulement sans descendre aux limites où il y aurait lieu de craindre une usure ou une oxydation trop rapide.

Cette dernière cause de détérioration ne doit pas être

négligée, particulièrement pour des câbles qui ne travaillent que par intermittences. Que cette considération ait dominé dans la fabrication des cordes sur celle de la raideur, ou inversement, on doit conclure, au point de vue de la sécurité, que des visites minutieuses et le changement fréquent des points qui subissent la plus grande fatigue sont des précautions aussi nécessaires que pour les câbles constamment en service.

Bruxelles, octobre 1901.

ANNEXES

A. — Câbles en aloès.

TABLEAU I.

Puits d'une profondeur de moins de 400 mètres.

Arrondissement	Puits		COEFFICIENT <i>de sécurité des câbles</i>		Rapport de la charge de la partie du câble pendant la transla- tion du personnel à la charge maxima.	GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE EFFECTIVE		Travail effectué en milliards de kilogrammètres
	No d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel		Mois	Tonnes	Mois		
1er	1	160	9.6	14.6	0.58	24		36	26	
	2	240	8.8	13.0	0.54	24		28 à 29	127	
	3	300	8.9	12.3	0.70	24		30		
	4	308	7.2	9.3	0.70 (w)		170,000	43 à 51	80	
	5	356	9.3	13.0	0.59 (w)	24		»		
	6	370	11.4	12.3	0.68		remploi	»		
	7	386	10.9	12.5	0.76 (w)	15 et 20		18 et 20		
2e	8	196	11.5	17.0	0.51		remploi	30	24	
	9	208	6.0	11.3	0.52		120,000	32 à 48	31	
	10	239	10.3	14.2	0.60		125,000	26	39	
	11	247	7.5	16.0	0.46	30	175,000			
	12	250	7.1	12.7	0.56	24	175,000	28		
	13	250	8.8	13.0	0.56	24		»		
	14	254	9.4	17.8	0.50	30		49	51	
	15	266	10.2	13.8	0.60	24		51	52	
	16	317	7.9	15.4	0.46	24	175,000	26		
	17	318	5.5	10.9	0.50	30	175,000	24		
	18	323	6.2	12.0	0.51	24		»		
	19	327	9.1	12.6	0.58		290,000	55 à 65	160	
	20	336	9.2	13.3	0.60		250,000	»		
	21	346	10.3 (1)	12.4	0.67	30		36		
	22	360	12.3	14.5	0.66	24		»		
	23	366	8.1	17.4	0.40	24		24		
	24	372	9.1	11.5	0.59	12		24		
	25	394	8.3	11.5	0.65	24		51	112	
3e	26	82	7.0	12.1	0.56		remploi	36		
	27	172	10.4	16.2	0.60	26 et 27		72		
	28	192	9.7	15.6	0.47	24		44		

(w) indique que les hommes se placent dans des wagonnets.

(1) Câble uniforme.

Arrondissement	Puits		COEFFICIENT <i>de sécurité des câbles</i>		Rapport de la charge de la patte du câble pendant la transla- tion du personnel à la charge maxima.	GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE EFFECTIVE		Travail effectué en milliards de kilogrammètres
	N° d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel		Mois	Tonnes	Mois		
3 ^e	29	194	7.4	13.4	0.53	30	165,000	28	75	
	30	207	9.3	11.5	0.65		emploi	8	6	
	31	210	7.7	11.9	0.59	26		27		
	32	276	6.2	13.7	0.46	30	180,000	27	65	
	33	370	11.1	15.0	0.63	24	150,000	27	40	
	34	376	6.2	12.8	0.47	30	175,000	26	73	
	35	380	6.6	7.7	0.74		emploi	32	106 (1)	
	36	387	8.0	10.0	0.73	30 à 36	175,000	28	75	
4 ^e	37	140	12.5	27.6	0.46	25		26		
	38	161	5.8	9.7	0.55		emploi	18		
	39	200	7.1	9.6	0.67	24		»		
	40	212	13.6	17.0	0.69	24		30		
	41	222	8.2	13.6	0.50	24		36		
	42	255	8.4	12.4	0.54	30		30		
	43	265	8.4	13.4	0.50	24		28	44	
	44	277	9.3	14.0	0.50	24		24		
	45	280	6.9	10.2	0.47	24		24		
	46	292	8.7	11.9	0.60	24		28		
	47	350	8.0	11.4	0.61	24		31	76	
5 ^e	48	158	10.1	17.1	0.47	24 et 26		26		
	49	274	6.0	8.0	0.64	26		24		
	50	348	9.3	12.3	0.51	24		»		
	51	350	7.4	9.0	0.69	24		30		
6 ^e	52	140	13.2 (2)	21.0	0.50	»		»		
	53	180	21.0	30.0	0.46	30		»		
	54	195	11.0	16.0	0.38	30		48 à 60		
	55	198	10.8	15.0	0.48	30		»		
	56	210	9.0	13.8	0.65	30		30	36	
	57	250	9.3	16.8	0.41	»		91		

(1) Dont 43 sur un autre puits.

(2) Câble uniforme

Arrondissement	Puits		COEFFICIENT <i>de sécurité des câbles</i>		Rapport de la charge de la patte du câble pendant la transla- tion du personnel à la charge maxima.	GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE EFFECTIVE		Travail effectué en milliards de kilogrammètres
	No d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel		Mois	Tonnes	Mois		
6 ^e	58	255	12.8	19.8	0.47	24		36		
	59	268	7.7	13.0	0.56	»		46		
	60	272	7.2	10.5	0.56	30		25 à 32		
	61	287	10.8	15.1	0.57	24		33		
	62	304	8.5	12.5	0.51	30		25 et 52		
	63	388	9.0	12.0	0.51	36		68		
7 ^e	64	390	8.0	10.9	0.55	»		»		
	65	60	14.5	29.0	0.47	30		15		
	66	66	10.8	17.0	0.60	30		47	12	
	67	106	10.5	17.5	0.51	30		»		
	68	147	11.1	19.0	0.46	30		72		
	69	150	11.5	23.0	0.39	24		»		
	70	170	8.8	12.0	0.57	36		60		
	71	194	11.1	17.4	0.51	30		48		
	72	214	14.3	19.3	0.60	30		36		
	73	230	9.5	14.5	0.57	36		»		
	74	233	7.5	13.2	0.50	36		60	57	
	75	245	9.0	13.4	0.50	24		»		
	76	254	8.6	11.6	0.71	»		72		
	77	300	12.4	15.5	0.65	30		58	47	
	78	304	7.7	12.5	0.61	24		36		
	79	312	9.5	15.0	0.45	30		72		
	80	315	9.0	12.2	0.54	30		48		
	81	345	8.1	10.4	0.66	24		»		
	82	360	6.4	10.6	0.60	30		»		
	83	368	8.0	12.5	0.50	30		30 à 40		
84	383	7.5	11.0	0.50	18		27	40		
85	389	6.8	12.0	0.55	24		36			
86	393	8.9	12.0	0.55	26 à 30		36			
8 ^e	87	117	13.0	28.2	0.46	»		»		
	88	160	7.7	16.0	0.43	36		48	43	
	89	188	17.6	23.7	0.60	30		48		

Arrondissement	Puits		COEFFICIENT <i>de sécurité des câbles</i>		Rapport de la charge de la patte du câble pendant la transla- tion du personnel à la charge maxima.	GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE	Travail effectué en milliards de kilogrammètres
	No d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel		par le fabricant		EFFECTIVE	
						Mois	Tonnes	Mois	
8 ^e	90	230	8.8	14.0	0.47	36		48	70
	91	240	9.0	12.9	0.57	36		38	
	92	242	9.0	17.0	0.53	»		74	
	93	250	11.4	17.5	0.48	30		36	
	94	260	10.9	15.4	0.52	36		72	
	95	280	9.2	13.5	0.49	36		48 à 60	
	96	290	8.2	13.4	0.50	24		36 à 45	
	97	313	11.2	15.5	0.54	24		48	
	98	320	8.7	14.0	0.52	24		35	
	99	328	13.0	17.7	0.60	30		48	

A. — TABLEAU II.

Puits d'une profondeur de 400 à 600 mètres.

Arrondissement	Puits		COEFFICIENT <i>de sécurité des câbles</i>		Rapport de la charge de la poutre du câble pendant la translation du personnel à la charge maxima	GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE	Travail effectué en milliards de kilogrammètres
	No d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel		Mois Tonnes		EFFECTIVE	
						Mois	Tonnes	Mois	
1er	1	400	9.1	11.9	0.60 (w)	30	175,000	30	50
	2	410	9.1	11.9	0.60 (w)	30	175,000	30	35
	3	446	10.1	13.3	0.55	»	»	29	67
	4	474	10.2	14.2	0.50	24	130,000	»	»
	5	528	7.3	11.5	0.55	24	175,000	25	77
	6	540	8.7	11.6	0.70 (w)	»	170,000	30	86
	7	550	10.6	12.7	0.64	36	175,000	»	»
	8	550	8.2	11.3	0.55	24	175,000	25 à 27	77
	9	560	6.6	9.3	0.61 (w)	»	»	30	90
	10	575	8.2	10.5	0.60 (w)	30	160,000	27 à 31	85
2e	11	400	7.7	11.3	0.43	30	»	30	»
	12	400	5.6	10.6	0.48	30	175,000	29	70
	13	419	8.0	10.5	0.72 (w)	30	175,000	39	68
	14	420	8.5	13.3	0.53	30	»	30	122
	15	430	7.1	11.3	0.53	24	»	24	»
	16	460	8.8	12.1	0.65	24	»	32	104
	17	465	8.8	12.0	0.65	24	»	46	133
	18	470	8.5	14.1	0.52	30	»	30	116
	19	470	6.7	14.8	0.45	30	»	30	88
	20	504	8.0	9.7	0.72 (w)	30	175,000	»	84
	21	512	7.8	9.5	0.67 (w)	»	»	26	86
	22	515	5.4	9.0	0.50	24	200,000	24	135
	23	537	5.5	10.4	0.47	26	175,000	»	»
	24	540	8.5	11.4	0.53	30	»	30	116
	25	545	9.6	11.3	0.65	24	»	44	57
	26	550	8.7	10.7	0.67	24	»	24	»
	27	566	7.0	8.7	0.59	12	»	»	»

(w) Indique que les hommes se placent dans les wagonnets.

Arrondissement	Puits		COEFFICIENT <i>de sécurité des câbles</i>		Rapport de charge de la patte du câble pendant la transla- tion du personnel à la charge maxima.	GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE EFFECTIVE		Travail effectué en milliards de kilogrammètres	
	No d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel		Mois	Tonnes	Mois			
2 ^e	28	576	6.5	8.9	0.50	18		18			
	29	582	7.7	9.2	0.68 (w)	»		21		100	
	30	582	7.7	9.2	0.68 (w)	»		26 à 29		102	
	31	583	7.4	10.2	0.62		260,000	30		157	
	32	596	7.0	11.5	0.64		220,000	49 à 56		135	
	33	597 ⁵	6.9	8.7	0.56	»	18		18		
	34	400	8.5	13.1	0.52	24 et 30		30		38	
3 ^e	35	414	6.7	10.4	0.43	24		24			
	36	442	6.0	10.3	0.57	24	175,000	24		84	
	37	460	10.1	13.1	0.63	24	150,000	32 à 35		72	
	38	460	9.7	12.0	0.63		id.	30		69	
	39	490	5.0	8.0	0.49		»	»			
	40	500	5.8	10.4	0.48	30 à 36	175,000	remployés			
	41	530	6.0	8.0	0.59	12	remploi	»			
	42	545	9.2	11.4	0.61	22 à 24	150,000	29		85	
	43	555	6.8	9.7	0.49	30	225,000	»			
	44	590	8.7	10.9	0.59	24		26 et 30			
	45	595	4.9	7.6	0.64	18	175,000	18 et 19		95	
	4 ^e	46	400	11.0	14.5	0.71	24		24		
47		400	7.1	10.9	0.52	24		30			
48		400	8.0	14.0	0.50	30		30		34	
49		423	8.8	10.2	0.72	30		28			
50		425	8.0	10.9	0.58	24		24			
51		445	7.2	9.3	0.52	24		24			
52		465	6.6	9.2	0.50	24		24			
53		515	9.0	11.2	0.60	24		24			
54		525	6.9	10.2	0.45	24		24			
55		532	7.7	9.9	0.70	24		25			
56		558	9.3	12.6	0.56	24		24			
57		587	10.1	12.6	0.55	24		24		82	
5 ^e	58	475	7.0	9.5	0.53	24		24 à 30			
	59	490	7.0	11.4	0.55	24		24 à 30			

Arrondissement	Puits		COEFFICIENT <i>de sécurité des câbles</i>		Rapport de la charge de la partie du câble pendant la transla- tion du personnel à la charge maxima.	GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE EFFECTIVE		Travail effectué en milliards de kilogrammètres
	Nos d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel		Mois	Tonnes	Mois		
5 ^e	60	540	7.0	10.8	0.55	24		24		
6 ^e	61	402	7.4	12.9	0.50	24		24	47	
	62	408	8.6	12.7	0.41	30		»		
	63	409	6.6	11.7	0.47	30		24		
	64	424	8.1	10.8	0.50	30		27		
	65	425	8.4	11.6	0.52	30		43	128	
	66	438	6.4	10.8	0.57	24		36		
	67	450	6.6	9.0	0.50	30		26		
	68	450	9.0	11.2	0.61	»		»		
	69	480	7.1	11.3	0.52	24		27		
	70	487	10.0	13.0	0.51	30 et 36		»	180	
	71	490	8.4	11.0	0.58	30		57		
	72	560	7.4	10.2	0.46	30		30		
	73	572	7.0	8.5	0.60	24		34		
	74	582	7.3	9.0	0.61	»		32		
7 ^e	75	400	9.6	12.4	0.53	36		44		
	76	410	7.2	9.2	0.62	24		24		
	77	430	8.0	9.1	0.76	24		42		
	78	441	9.9	10.8	0.84	30		38	45	
	79	500	4.6	8.3	0.48	remploi		28		
	80	510	10.8	12.0	0.57	24		48		
	81	510	9.0	12.0	0.55	24		48		
	82	510	7.5	11.5	0.36	24		30		
	83	510	6.6	10.2	0.36	24		36		
	84	560	7.4	9.0	0.62	24		24		
8 ^e	85	420	8.6	11.1	0.57	36		36	28	
	86	427	8.8	11.5	0.54	48	150,000	56		
	87	440	8.6	10.9	0.60	30		30	66	
	88	500	10.4	12.8	0.60	30		36 et 39		
	89	520	8.1	10.7	0.60	30		30	69	
	90	540	7.6	11.0	0.53	24		36		
	91	580	6.8	9.9	0.43	30		27 et 34		
	92	580	7.0	9.6	0.62	36		50 à 68		

A. — TABLEAU III.

Puits d'une profondeur de 600 à 800 mètres.

Arrondissement	Puits		COEFFICIENT <i>de sécurité des câbles</i>		Rapport de la charge de la patte du câble pendant la transla- tion du personnel à la charge maxima.	GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE	Travail effectué en milliards de kilogrammètres
	Nos d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel		Mois Tonnes		EFFECTIVE	
								Mois	
1 ^{er}	1	600	8.0	11.8	0.71 (w)	30	160,000	30	120
	2	626	9.5	11.2	0.68 (w)		id.	30	133
	3	601	7.0	9.8	0.60 (w)		id.	27	90
	4	604	8.5	10.1	0.65 (w)		id.	34	88
	5	615	8.7	10.7	0.64 (w)		170,000	»	
	6	624	8.6	10.5	0.64 (w)		170,000	»	
	7	633	9.6	11.4	0.85 (w)	24	150,000	36	
	8	680	5.4	9.5	0.57 (w)	30	175,000	28	110
	9	683	8.6	10.3	0.60 (w)		id.	30	72
	10	695	8.6	10.8	0.54 (w)		id.	30	51
	11	700	6.3	9.3	0.52	30	175,000	25 et 30	93
	12	708	7.7	8.4	0.83 (w)		160 et 175,000	18 et 20	132
	13	710	7.3	9.3	0.58	24	175,000	24	
	14	728	8.7	10.0	0.74 (w)	24	150,000	28	111
	15	750	6.1	10.0	0.48	24	150,000	23	139
	16	760	7.9	9.7	0.54	30		39	61
	17	762	7.9	9.7	0.54	30		31	72
	18	775	6.2	9.3	0.55	24	175,000	24	
	19	770	7.2	9.4	0.50		»	33	77
	20	780	7.2	9.4	0.50		»	»	
	21	781	9.8	10.9	0.73 (w)	24	150,000	29	125
	22	794	7.7	9.0	0.61 (w)	30	160,000	»	128
2 ^e	23	600	7.2	11.1	0.63		180,000	40 à 47	170
	24	600	8.9	12.5	0.41	24		24	
	25	610	8.0	11.7	0.60		200,000	43 à 58	116
	26	620	7.5	8.9	0.67 (w)	18		22	94
	27	650	8.0	9.4	0.68 (w)		»	30	106

(w) Indique que les hommes se placent dans les wagonnets.

Arrondissement	Puits		COEFFICIENT <i>de sécurité des câbles</i>		Rapport de la charge de la patte du câble pendant la transla- tion du personnel à la charge maxima.	GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE EFFECTIVE		Travail effectué en milliards de kilogrammètres
	Nos d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel		Mois	Tonnes	Mois		
2 ^e	28	651	6,4	8.7	0.70 (w)	30	175,000	14 et 24	91	
	29	656	7.2	8.3	0.72 (w)		id.	25 et 29	105	
	30	685	6.5	10.0	0.53	18		18		
	31	680	6.3	8.6	0.61	24		24		
	32	685	7.0	10.5	0.48		»	32		
	33	708	6.4	8.4	0.70 (w)	30		25	130	
	34	706	6.0	8.7	0.60	24	150,000	29		
	35	704	8.0	10.5	0.46	24	160,000	24		
	36	714	6.1	10.0	0.44	18		20 à 25	60	
3 ^e	37	625	6.4	9.1	0.48	30	225,000	25	144	
	38	648	6.1	8.0	0.60	24	175,000	22	78	
	39	685	6.2	9.0	0.65		»	24	114	
	40	650	8.2	10.8	0.72	30	175,000	32	110	
	41	728	7.0	8.8	0.59	24		24		
	42	750	5.5	6.6	0.62	24	175,000	18	126	
	43	765	6.6	8.0	0.67	36	160,000	30	130	
	44	790	6.0	7.2	0.59	24		24	55	
4 ^e	45	643	5.9	8.0	0.61	24	150,000	24		
	46	650	5.4	7.0	0.63	24	135,000	24	90	
	47	700	5.4	7.3	0.56	24	150,000	24	105	
	48	728	6.1	8.2	0.52	24		24 et 26		
	49	735	6.0	7.9	0.52	22		20 à 26		
	50	734	5.6	9.0	0.59	24		24 et 33		
	51	796	6.3	8.0	0.55	24	150,000	30	112	
6 ^e	52	600	7.2	10.6	0.45	30		43		
	53	620	6.4	8.7	0.48	30		32 à 35		
	54	626	7.1	9.4	0.48	30 et 36		33 à 36		
7 ^e	55	600	5.3	7.4	0.47	30		45	133	
	56	618	6.4	8.8	0.58	24		36	88	
	57	670	7.0	9.6	0.48	24		36	69	
8 ^e	58	615	7.0	9.5	0.49	36		48		

A. — TABLEAU IV.

Puits d'une profondeur de 800 mètres et plus.

Arrondissement	Puits		COEFFICIENT <i>de sécurité des câbles</i>		Rapport de la charge de la partie du câble pendant la transla- tion du personnel à la charge maxima.	GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE	Travail effectué en milliards de kilogrammètres
	Nos d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel				EFFECTIVE	
						Mois	Tonnes	Mois	
1 ^{er}	1	800	9.2	10.0	0.82 (w)	24	150,000	29 à 31	128
	2	815	6.4	7.6	0.61 (w)		id.	30	90
	3	850	6.0	8.8	0.54	30	175,000	30	127
	4	852	6.1	9.0	0.48	24	175,000	27	150
	5	864	7.7	8.9	0.61 (w)	30	160,000	30	108
	6	865	7.6	9.0	0.61	24	175,000	24	
	7	910	6.8	7.7	0.66	24		»	228
	8	916	7.2	8.7	0.53	24		»	188
	9	1010	6.5	9.5	0.52	24 et 30	175,000	29 et 34	96
	10	1150	8.6	9.4	0.72 (w)	30	175,000	34 et 46	
3 ^e	11	800	5.8	7.8	0.49	30	225,000	29	172
	12	806	6.3	7.5	0.69	36	160,000	28	131
	13	815	6.4	7.8	0.67		id.	36 et 41	114
	14	830	6.4	7.7	0.70		id.	34	112
	15	890	5.5	6.9	0.57	24		24	65
4 ^e	16	800	5.5	8.5	0.55	24		24	

(w) Indique que les hommes se placent dans les wagonnets.

B. — Câbles métalliques.

TABLEAU V.

Puits d'une profondeur de moins de 400 mètres.

Arrondissement	Puits		Câble	Coefficient de sécurité		Rapport entre la charge de la patte du câble pendant la translation des ouvriers et la charge maxima.	RAPPORT entre le diamètre minimum d'enroulement et le diamètre		GARANTIE donnée par le fabricant		DURÉE effective		Travail effectué en milliards de kilogrammètres
	No d'ordre	Profondeur		sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	pendant la translation du personnel		du fil	du câble	Mois	Tonnes	Mois		
												Mois	
5 ^e	1	85	rond	9.3	15.3	0.58	700	78	—	—	—	—	—
4 ^e	2	97	id.	15.0	22.8	0.56	666	44	12	—	—	—	—
	3	153	plat	12.4	19.5	0.56	1,000		12	—	—	18	—
8 ^e	4	162	id.	13.9	19.2	0.64	1,540		24	—	—	24	—
5 ^e	5	165	rond	9.5	13.5	0.64	550	51				6 à 12	—
7 ^e	6	170	»	12.5	25.4	0.34	1,111	74	12	—	—	17	—
5 ^e	7	170	»	10.2	19.7	0.44	2,162	143		»	—	72	—
6 ^e	8	177	»	8.0	11.2	0.67	1,000	69		—	—	16	—
8 ^e	9	178	»	7.4	14.3	0.44	666	60		»	—	6	—
1 ^{er}	10	189	plat	12.8	15.5	0.77	1,000		24	—	—	—	—
4 ^e	11	189	rond	9.0	13.2	0.61	900	31		—	—	4 à 5 ans	—
	12	200	»	9.9	13.8	0.62	1,435	58	30	—	—	30	—
2 ^e	13	220	plat	12.3	18.2	0.57	1,000		12	—	—	24	—
4 ^e	14	244	rond	9.0	14.0	0.55	2,143	136		350,000	—	50 et 58	151 174
	15	255	plat	9.1	15.1	0.47	600		18	—	—	18	—
	16	267	»	11.3	15.7	0.58	750	60	20	—	—	18	—
	17	294	»	9.8	15.0	0.52	1,250		22	—	—	21	26
	18	295	»	12.8	16.6	0.65	1,500		12	—	—	—	—
	19	300	rond	11.3	16.9	0.53	1,300	77	30	—	—	30	166
	20	321	plat	11.0	16.0	0.52	820			—	—	—	—

B. — TABLEAU VI.

Puits d'une profondeur de 400 à 800 mètres.

Arrondissement	Puits		Câble	Coefficient de sécurité			RAPPORT		GARANTIE		DURÉE		Travail effectué en milliers de kilogrammètres
	No d'ordre	Profondeur		sous la charge maxima d'extraction ou d'exhause		pendant la translation du personnel	entre le diamètre minimum d'enroulement et le diamètre		donnée par le fabricant		effective		
							du fil	du câble	Mois	Tonnes	Mois		
4e	1	410	plat	7.9	11.2	0.56	1,500		24	100,000	24		25
	2	417	»	11.8	14.5	0.67	750		12		20		
2e	3	450	»	7.5	10.6	0.57	888						
4e	4	495	»	10.0	13.3	0.57	1,500		18		16 à 18		
2e	5	530	»	7.1	9.2	0.65	1,437			135 et 170,000	24		128 150
3e	6	555	décrt	5.0(fer)	6.7	0.52	1,140				72		
4e	7	580	plat	6.2	8.7	0.56	1,520		24		24		
8e	8	580	rond	6.3	10.2	0.41	1,250	51	18	250,000	18 à 21		338 378
4e	9	587	pl. d.	9.0	11.0	0.66	1,500		20		20		
	10	587	plat	8.2	11.2	0.52	750		17		17		
	11	600	»	7.6	11.3	0.56	1,110		24				
	12	628	rond	8.1	13.6	0.46	866	59		—	—		
	13	650	plat	5.8	8.1	0.55	1,280		20		20		
	14	667	»	6.0	9.6	0.62	1,200			remploi			
	15	685	»	7.1	9.3	0.56	1,250		24	100,000	24		68
	16	700	»	6.3	8.2	0.59	1,060		20				
2e	17	708	»	9.0	10.2	0.71 (w)	666		24		44		
3e	18	765	pl. d.	8.8	12.1	0.68	1,000		48				
	19	790	plat	6.0	—	—	1,250		17		17		57

B. — TABLEAU VII.

Puits de plus de 800 mètres.

Arrondissement	Puits		Câble	Coefficient de sécurité		Rapport entre la charge de la palle du câble pendant la translation des ouvriers et la charge maxima.	RAPPORT entre le diamètre minimum d'enroulement et le diamètre du fil	GARANTIE donnée par le fabricant	DURÉE effective	Travail effectué en milliers de kilogrammètres		
	No d'ordre	Profondeur		sous la charge maxima d'extraction ou d'exhausse	pendant la translation du personnel						Mois Tonnes	
4e	1	800	plat	6.2	8.4	0.50	1,250	20 et 18	15	96		
	2	824	»	6.5	8.5	0.56	1,000	remploi	18			
	3	832	»	6.2	8.0	0.56	1,200				20	
	4	836	décrét	7.3	8.6	0.66	1,500	20	20			
	5	860	»	6.0	7.5	0.60	1,300	18 et 24	16			
3e	6	887	»	6.2	8.1	0.48	1,470	16	16 à 18	78		
	7	912	décrét	5.0	7.6	0.48	1,400	16	15		132	
	8	940	»	6.0	7.8	0.56	1,750	22	22			
4e	9	940	»	6.2	7.2	0.66	1,500	15	15			
3e	10	965	»	6.0	8.0	0.48	1,800	18	18 à 20	85		
	11	983	»	5.7	7.5	0.47	1,250	15	15		70	
	12	986	»	5.6	7.2	0.54	1,250	15	15			50
	13	1025	»	5.0	6.5	0.53	1,340	16	16		51	

C. — TABLEAU VIII

Câbles en aloès des cabestans et machines auxiliaires.

Arrondissement	Puits		Coefficient de sécurité des câbles		Rapport de la charge de la patte du câble pendant la translation du personnel à la charge maxima	DURÉE DES CABLES	
	No d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima d'extraction ou d'exhaure	Pendant la translation du personnel		Garantie	Effective
6 ^e	1	170	5.7	9.0	0.52	emploi, 24 mois	—
4 ^e	2	234	6.1	12.0	0.30	3 ans	3 ans
	3	267	8.3	12.0	0.48	2 ans	4 à 6 ans
6 ^e	4	309	11.0	12.4	0.78	—	5 à 6 ans
7 ^e	5	105	—	13.7	1.00	—	—
	6	188	—	20.0	—	—	4 ans
	7	300	—	13.3	—	—	—
4 ^e	8	328	—	12.3	—	—	—
2 ^e	9	350	—	9.0	—	—	—
6 ^e	10	360	—	9.0	—	emploi	—
2 ^e	11	516	—	9.3	—	—	—
	12	630	—	10.6	—	—	—
	13	636	—	15.0	—	4 ans	—
	14	650	—	9.1	—	—	—
	15	706	—	12.3	—	—	—
	16	830	—	6.9	—	emploi	—

C. — TABLEAU IX

Câbles servant aux visites et aux réparations dans les puits
et au sauvetage.

Profondeur de moins de 600 mètres.

Arrondissement	PUITS		COEFFICIENT DE SÉCURITÉ	Rapport du diamètre minimum d'enroulement au diamètre du fil	DIAMÈTRE DU FIL
	N ^o d'ordre	Profondeur			
Câbles ronds					
5 ^e	1	40	37.0	900	20
7 ^e	2	65	9.5	1,363	22
6 ^e	3	80	<i>10.5</i>	370	10
1 ^e	4	189	10.5	500	12
3 ^e	5	194	19.0	500	18
4 ^e	6	195	32.0	533	15
4 ^e	7	218	25.0	357	14
7 ^e	8	223	14.1	1,175	16
4 ^e	9	242	17.0	600	20
5 ^e	10	260	30.0	350	20
»	11	274	19.7	714	14
3 ^e	12	276	17.0	200	20
1 ^e	13	280	9.4	703	16
»	14	300	15.2	444	18
»	15	300	16.6	733	15
7 ^e	16	315	<i>16.3</i>	267	15
1 ^e	17	330	12.4	380	20
»	18	364	11.8	410	20
»	19	366	13.4	666	15
»	20	372	<i>17.6</i>	160	16
3 ^e	21	400	<i>14.4</i>	533	15
4 ^e	22	465	16.0	2,000	15

La charge maximum correspond à la translation des hommes.

Les chiffres en italique sont hypothétiques, la charge de rupture n'ayant pas été renseignée.

Arrondissement	PUITS		COEFFICIENT DE SÉCURITÉ	Rapport du diamètre minimum d'enroulement au diamètre du fil	DIAMÈTRE DU FIL
	Nos d'ordre	Profondeur			
1 ^e	23	480	—	1,000	12
3 ^e	24	500	12.2	400	20
2 ^e	25	504	9.0	654	11
»	26	515	7.2	857	14
1 ^e	27	540	8.5	600	20
5 ^e	28	540	16.0	689	9
1 ^e	29	550	—	420	20
2 ^e	30	550	14.0	800	15
1 ^e	31	575	8.4	441	17
4 ^e	32	587	12.5	250	20
Câbles plats					
4 ^e	33	280	<i>9.4</i>	438	16
»	34	300	<i>12.5</i>	375	16
3 ^e	35	300	13.3	522	23
1 ^e	36	307	8.4	380	20
3 ^e	37	380	10.7	536	14
2 ^e	38	400	15.7	688	16
1 ^e	39	407	7.7	920	20
8 ^e	40	420	16.6	1220	15
6 ^e	41	480	<i>12.5</i>	1133	15
3 ^e	42	500	10.7	536	14
6 ^e	43	523	7.3	1258	12
2 ^e	44	566	19.2	1500	18
2 ^e	45 (1)	266	10.8	500	12
1 ^e	46 (1)	464	10.0	773	22
»	47 (1)	572	9.0	909	22

Les chiffres en italique sont hypothétiques, la charge de rupture n'ayant pas été renseignée.

(1) Les 3 derniers sont des câbles en fer.

C — TABLEAU X

Câbles servant aux visites et réparations dans les puits
et au sauvetage.

Profondeurs de plus de 600 mètres.

Arrondissement	PUITS		COEFFICIENT DE SÉCURITÉ	Rapport du diamètre minimum d'enroulement au diamètre du fil	DIAMÈTRE DU FIL
	N ^o d'ordre	Profondeur			
Câbles ronds					
1 ^e	1	616	7.4	800	15
»	2	616	8.5	600	20
6 ^e	3	640	7.5	333	15
3 ^e	4	650	13.0	500	20
2 ^e	5	656	8.0	654	11
»	6	685	11.3	570	14
»	7	685	13.6	970	20
»	8	698	10.8	490	20
1 ^e	9	708	12.4 ^(*)	600	20
4 ^e	10	728	11.1	500	20
»	11	734	10.0	1,600	12
1 ^e	12	765	7.2	600	20
»	13	792	13.9	444	18
»	14	794	17.0	615	13
3 ^e	15	800	10.0	1,000	20
1 ^e	16	815	13.0*	432	18
4 ^e	17	824	6.3*	500	20
1 ^e	18	864	14.8	290	20
3 ^e	19	887	7.5	760	20
1 ^e	20	910	5.7*	562	16
»	21	916	5.7*	625	16
4 ^e	22	940	6.0*	600	20

La charge maximum correspond à la translation des hommes.

Les chiffres en italique sont hypothétiques, la charge de rupture n'ayant pas été renseignée.

(*) Câbles décroissants.

Arrondissement	PUITS		COEFFICIENT DE SÉCURITÉ	Rapport du diamètre minimum d'enroulement au diamètre du fil	DIAMÈTRE DU FIL
	No d'ordre	Profondeur			
3 ^e	23	983	<i>6.6</i>	933	15
	24	986	<i>7.6</i>	933	15
	25	1,025	<i>7.0</i>	650	20
2 ^e	26	1,150	<i>6.8*</i>	350	20
Câbles plats					
2 ^e	27	600	<i>12.9*</i>	1,250	16
»	28	600	<i>8.0</i>	555	18
1 ^e	29	670	<i>16.2</i>	533	18
»	30	708	<i>10.7</i>	1,111	18
2 ^e	31	740	<i>7.3</i>	555	18
1 ^e	32	792	<i>12.0*</i>	1,611	18
4 ^e	33	800	<i>9.5</i>	904	18
»	34	960	<i>10.5*</i>	1,050	20

Les chiffres en italique sont hypothétiques, la charge de rupture n'ayant pas été renseignée.

(*) Câbles décroissants.

C. — TABLEAU XI

Câbles de cabestans et machines auxiliaires

Profondeurs moindres que 600 mètres.

Arrondissement	PUITS		Coëfficient de sécurité du câble		Rapport de la charge de la patte du câble pendant la translation des hommes à la charge maxima	Diamètre du fil en dixièmes de m/m	Rapport du diamètre des tambours ou molettes au diamètre du fil
	No d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima	pendant la translation des hommes			
Câbles ronds							
5 ^e	1	40	15.5	33.3	0.43	8	700
»	2	60	18.0	36.0	0.36	16	780
7 ^e	3	90	15.2	20.8	0.69	12	833
»	4	110	14.8	20.0	0.69	12	1166
3 ^e	5	110	6.6	12.0	0.50	25	920
5 ^e	6	110	10.0	15.3	0.57	10	1000
6 ^e	7	114	21.0	25.0	0.73	15	400
1 ^e	8	114	20.0	25.0	0.70	12	320
4 ^e	9	115	33.0	34.0	0.95	14	357
»	10	200	22.0	31.0	0.53	20	450
3 ^e	11	267	10.0	12.0	0.62	12	292
1 ^e	12	291	9.0	14.6	0.46	20	400
3 ^e	13	295	16.5	21.4	0.60	20	750
5 ^e	14	295	8.3	10.6	0.59	7,5	266
7 ^e	15	312	7.0	20.0	0.20	15	866
4 ^e	16	354	16.7	20.8	0.53	20	350
7 ^e	17	408	7.2	9.8	0.76	20	400
4 ^e	18	445	18.2	23.5	0.30	20	500
1 ^e	19	480	9.3	12.4	0.50	20	600
6 ^e	20	487	5.0	7.0	0.72	10	500
4 ^e	21	532	11.0	16.0	0.40	20	700
2 ^e	22	546	10.4	12.6	0.64	16	437
4 ^e	23	580	26.0	27.0	0.95	14	430

Arrondissement	Puits		Coefficient de sécurité du câble		Rapport de la charge de la patte du câble pendant la translation des hommes à la charge maxima.	Diamètre du fil en dixièmes de m/m	Rapport du diamètre des tambours ou molettes au diamètre du fil.
	N° d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima	pendant la translation des hommes			
Câbles plats							
6 ^e	24	216	5.7	18.0	0.16	9	1830
3 ⁿ	25	260	13.8	18.0	0.65	20	1500
1 ^r	26	291	11.4	22.0	0.28	16	1100
»	27	350	12.1	24.0	0.23	20	350
4 ⁿ	28	350	23.2	25.8	0.50	20	620
»	29	365	11.0	27.0	0.10	20	1500
3 ^e	30	400	17.0	18.6	0.76	20	1000
»	31	442	11.8	14.8	0.50	20	1150
1 ^r	32	480	13.2	15.0	0.74	18	833
»	33	495	11.0	17.6	0.28	18	690
»	34	550	12.4	15.5	0.40	16	500
3 ^e	35 ⁽¹⁾	410	6.0	7.6	0.60	20	1000

(1) Câble en fer.

C. — TABLEAU XII

Câbles de cabestans et machines auxiliaires

Profondeurs plus grandes que 600 mètres

Arrondissement	Puits		Coefficient de sécurité du câble		Rapport de la charge de la patte du câble pendant la translation des hommes à la charge maxima.	Diamètre du fil en dixièmes de m/m	Rapport du diamètre des tambours ou molettes au diamètre du fil.
	N ^o d'ordre	Profondeur	sous la charge maxima	pendant la translation des hommes			
Câbles ronds							
3 ^e	1	625	11.0	13.3	0.50	20	1000
1 ^e	2	640	9.1	12.8	0.40	13	615
3 ^e	3	700	8.0	11.2	0.45	20	950
1 ^e	4	728	10.0 (*)	13.4	0.44	20	600
1 ^e	5	762	8.2 (*)	9.0	0.80	16	812
»	6	777	6.8	9.5	0.43	16	806
»	7	780	9.1 (*)	11.7	0.40	20	600
»	8	781	6.5 (*)	11.1	0.33	20	600
3 ^e	9	790	8.2	11.5	0.40	13	538
4 ^e	10	790	8.4	9.6	0.68	15	693
»	11	796	8.6 (*)	11.4	0.49	20	500
1 ^{er}	12	800	7.3 (*)	11.7	0.38	20	600
»	13	806	8.6	11.5	0.40	13	461
»	14	830	8.3 (*)	11.2	0.43	22	454
»	15	880	8.0 (*)	11.0	0.43	22	454
Câbles plats							
4 ^e	16	600	6.9	15.1	0.04	20	700
1 ^e	17	626	11.2	13.6	0.40	16	500
1 ^e	18	750	8.0	9.1	0.54	22	273
3 ^e	19	730	12.7*	14.3	0.30	18	416
1 ^e	20	765	9.3	10.3	0.50	18	888
2 ^e	21	773	8.2	10.1	0.36	16	562
1 ^e	22	775	13.1	16.5	0.50	18	666
3 ^e	23	793	7.0 (*)	8.5	0.60	20	725
4 ^e	24	835	6.4 (*)	7.6	0.58	20	1250
1 ^e	25	850	8.4	11.7	0.28	20	420
4 ^e	26	950	6.5	7.7	0.60	16	970

(*) Câbles décroissants.