

Les installations d'extraction à multicâbles sur poulies et tambours à adhérence

par J. VERWILST,

I.C.M., A.I.Br., Ingénieur à l'A.I.B., Léopoldville.

SAMENVATTING

De kwestie der meervoudige kabels maakt meer en meer de aandacht gaande van de ontginners. Er bestaan reeds een vijftigtal ophaalinrichtingen met meervoudige kabels, die met voldoening functioneren : in Duitsland (Mijn Hannover II) en in de ijzermijnen van Zweden. Andere dergelijke installaties zijn voorzien of in uitvoering in Canada, U.S.A. en Zuid-Afrika.

Het stelsel met meervoudige kabels lost op elegante wijze het vraagstuk op van de extractie van zware ladingen op grote diepte, maar het is vooral onder oogpunt van de verhoging der veiligheid dat het de grootste aandacht verdient.

Deze verhoging van veiligheid dient onder verscheidene oogpunten te worden beschouwd; niet enkel onder oogpunt van het feit dat twee of vier kabels een veiliger bedrijf verzekeren dan een enkele kabel, maar eveneens en misschien vooral, omdat het stelsel van de meervoudige kabels zal toelaten het gebruik van draden van te hoge weerstand te vermijden, waartoe men dikwijls genoodzaakt is zijn toevlucht te nemen om een enige kabel te kunnen verwezenlijken die aan de gegeven vereisten van de extractie beantwoordt, en omdat men daardoor in zekere gevallen bepaalde ingewikkelde kabelvlechtelingen kan vervangen door voordeliger, eenvoudiger en veiliger constructies.

In onderstaande bijdrage worden de verschillende voordelen opgesomd en besproken met verwijzing naar de lijst der bestaande inrichtingen, die reeds gedurende meerdere jaren in bedrijf zijn.

RESUME

La question des câbles multiples retient de plus en plus l'attention des exploitants.

Il y a déjà une cinquantaine d'installations d'extraction à câbles multiples dans le monde qui fonctionnent de façon très convenable : en Allemagne (Mine Hannover II) et dans les mines de fer du nord de la Suède. D'autres installations sont en montage ou sont prévues (Canada, U.S.A., Afrique du Sud).

Le système d'extraction à câbles multiples résout de façon élégante le problème de l'extraction des grosses charges à grande profondeur, mais c'est surtout au point de vue augmentation de la sécurité qu'il mérite d'être considéré avec la plus grande attention.

Cette augmentation de la sécurité doit être considérée à plusieurs titres différents, non seulement celle qui est due au fait que deux ou quatre câbles présentent beaucoup plus de sécurité qu'un seul, mais également, et peut-être même surtout, parce que les câbles multiples permettront d'éviter les fils de trop haute résistance unitaire qu'il sera parfois nécessaire de prendre pour pouvoir réaliser un câble unique répondant aux conditions voulues pour l'extraction, et dans certains cas d'éviter des constructions de câble présentant moins d'avantages que d'autres constructions plus simples.

Dans l'article ci-dessous, les différents avantages de ce système sont énumérés et discutés avec référence à la liste d'installations existantes qui fonctionnent depuis déjà plusieurs années.

0. GENERALITES.

On peut dire que l'application du principe de la poulie d'entraînement pour câble d'extraction a apporté un progrès considérable dans l'exploitation des mines.

L'origine de cette découverte est due à un Liégeois nommé Lemielle, d'après ce qu'en dit Habets dans son cours d'exploitation des mines (tome I, p. 549), et elle a été appliquée dès 1858 à Montrambert et décrite dans la *Revue Universelle des Mines* en 1862.

Il semble que le système Koepe, comme on l'appelle généralement, dans sa forme primitive (à un câble), ait donné actuellement le maximum de ce que l'on pouvait en attendre et qu'il ne permet plus de satisfaire à toutes les exigences les plus modernes de l'extraction de grosses charges à grande profondeur. De plus, le système Koepe (monocâble) présente des inconvénients dont les plus graves sont celui de la chute des deux cages dans le puits en cas de rupture du câble et celui de l'obligation de l'exploitation à un seul niveau principal d'extraction par machine.

Les charges utiles élevées d'extraction de plus en plus nécessaires pour permettre une exploitation rentable, conduisent pour un câble unique à des diamètres de câbles qui deviennent incompatibles avec les dimensions qu'il faut donner aux installations (diamètre des poulies, molettes, gorges des poulies, etc.) ou qui nécessitent des résistances unitaires trop élevées pour le fil d'acier, ou bien qui conduisent à une construction du câble où le pourcentage de perte dit « perte au câblage », de plus en plus élevé, constitue un obstacle croissant à l'élévation de la charge de rupture. De plus, il existera toujours des craintes de glissement dangereux.

L'utilisation du principe des câbles multiples vient heureusement à point pour trouver une solution à ces difficultés et pour permettre de progresser dans le domaine de l'extraction. Mais, dès à présent, il semble que, si l'utilisation de la poulie Koepe à un câble a constitué un progrès considérable dans l'extraction, l'application des câbles multiples peut être considérée comme devant amener un progrès encore beaucoup plus important.

1. — AVANTAGES.

Les avantages certains des câbles multiples sont les suivants :

1.0. — Sécurité quasi certaine contre la chute des cages.

Du fait de la présence de plusieurs câbles dont la rupture simultanée est beaucoup moins à craindre et augmente dans une mesure sensible la sécurité de l'installation. A ce sujet, on possède l'expérience des ascenseurs et monte-charge dont on ne peut citer aucune chute de cage pour les installations à câbles multiples.

Depuis l'installation en 1938, dans les mines de Suède, du premier tambour à câbles multiples, et dont le nombre d'installations à l'heure actuelle dépasse la cinquantaine, on n'a pas d'exemple de chute de cage dans le puits pour ce genre d'installation.

1.1. — Réalisation possible de tous les programmes d'extraction, aussi ambitieux qu'ils puissent être pour notre époque.

On peut imaginer l'extraction avec autant de câbles qu'on veut. On pense actuellement à 10 ou 12 câbles. Il n'y a, a priori, que les dimensions

en largeur qui puissent en limiter le nombre. Il n'y a donc pratiquement pas de limite pour le poids de la charge à soulever ainsi que pour la profondeur d'extraction, pour autant que celle-ci ne soit pas telle que la charge de rupture du câble soit dépassée par son propre poids.

1.2. — Sécurité contre le glissement.

Dans aucune installation à câbles multiples, on n'est parvenu à provoquer le glissement. C'est une des raisons pour lesquelles, dans la plupart des installations suédoises, l'angle embrassé est égal à 180°. Nous reviendrons sur cette question plus loin. Les treuils d'extraction sont au sommet de la tour d'extraction et la poulie de déflexion est supprimée.

1.3. — Diminution de la pression spécifique.

La pression spécifique du câble sur la gorge de poulie est exprimée par la formule

$$\frac{(T_1 + T_2) \text{ statique}}{D d}$$

Cette formule devient pour les installations multicâbles

$$\frac{(T_1 + T_2) \text{ statique}}{n D d}$$

On voit immédiatement que, à section égale totale de métal, plus le nombre de câbles augmente, plus la pression spécifique diminue.

D'autre part, à condition que les valeurs minima des rapports

$$\frac{\text{Diamètre du tambour}}{\text{Diamètre du fil}} \quad \text{et} \quad \frac{\text{Diamètre du tambour}}{\text{Diamètre du câble}}$$

soient respectées, c'est la pression spécifique qui conditionnera le diamètre du treuil d'extraction.

Plus le nombre de câbles sera élevé, plus les dimensions de ce treuil pourront être réduites.

1.4. — Suppression de la torsion.

Les câbles seront câblés alternativement dans un sens et dans l'autre. Comme leur nombre sera toujours pair, les couples de torsion seront annulés. Il en résultera un très grand avantage par rapport aux installations à câble unique où l'absence absolue de giration ne peut jamais être réalisée.

1.5. — Simplification des installations.

Le diamètre du tambour du treuil conditionne tout le restant de la machinerie. Le diamètre de la poulie Koepe dans les dernières machines d'extraction installées paraît être la limite supérieure compatible avec la bonne stabilité de l'installation. Pour toutes les installations existantes ou envisagées à multicâbles, le diamètre du treuil ne dépasse pas 4 m. On imagine instan-

tanément la réduction permise pour toute la machinerie par rapport à un diamètre de poulie Koepe de 8 m, par exemple.

On s'aperçoit aussi immédiatement que la diminution du diamètre du treuil entraîne, ou rend possible, du fait de l'augmentation de la sécurité contre le glissement dans les installations à multicâbles, la suppression de la poulie de déflexion pour les installations montées sur tours, ce qui entraîne une augmentation de la durée de vie des câbles par la suppression de flexions alternées et des vibrations consécutives dans le câble; on s'aperçoit aussi que cette suppression diminue la hauteur de la tour (toutes choses égales par ailleurs) de 6 m au minimum, si nous nous référons aux dimensions des installations existantes.

Enfin, la diminution de tous les poids entraînera une plus grande légèreté dans la construction, le tout se traduisant par une diminution du prix des installations.

Ces installations semblent indiquées pour succéder avantageusement aux anciennes machines d'extraction à câbles plats où les câbles sont lourds, encombrants et coûteux.

Cette plus grande maniabilité, la plus grande légèreté des installations, seront particulièrement à apprécier dans tous les cas où les conditions de manutention et de transport poseront des problèmes spéciaux. Ce sera le cas notamment lors de la création ou du renouvellement d'installations en pays éloigné du lieu d'origine où bien souvent les moyens de manutention seront réduits, si pas rudimentaires (pays neufs, colonies).

1.6. — Câbles et attaches.

Les câbles seront beaucoup plus maniables, plus faciles à placer et à enlever. À sections de métal égales, la résistance totale des multicâbles sera plus grande, car la perte au câblage d'un petit câble est plus petite que celle d'un gros câble. Les câbles se vendant au poids, leur prix ne sera pas plus élevé. Les attaches sont plus simples et plus légères et le contrôle en service est plus facile et plus efficace.

2. — DESCRIPTION DE QUELQUES INSTALLATIONS.

Le système des câbles multiples a été introduit en Suède en 1938.

À l'heure actuelle, il existe une quarantaine d'installations qui fonctionnent dans ce pays avec la plus entière satisfaction, et cette technique semble se généraliser dans le monde entier. La preuve la plus convaincante nous en sera fournie par les décisions du National Coal Board dont il sera fait mention ci-dessous.

2.0. — Machines d'extraction à adhérence en Suède. — Construction.

Les lignes ci-dessous sont extraites de l'article de E.S. Little et C.M. Barrett « Observations on Friction Hoists », paru dans le numéro de janvier 1954 du *Canadian Mining Journal*.

« L'adoption de l'extraction par câbles multiples en Suède a eu comme conséquence une diminution importante du diamètre des tambours. Le rapport diamètre tambour/diamètre câble a rarement une valeur inférieure à 80 quoique, dans les installations avec machine au sommet du chevalement, on accepte parfois une valeur un peu moindre pour éviter l'emploi de poulies de déviation. Les tambours sont de construction entièrement soudée, en tôle et en profilés d'acier. Le corps cylindrique du tambour est soudé à des rayons constitués de profils laminés en acier et qui sont soudés à leur tour au moyeu en acier moulé. Le moyeu du tambour est emmanché à chaud sur l'arbre. Les extrémités de la table du tambour sont tournées et polies pour servir de jantes de frein. Les paliers sont à rouleaux et les roulements à rouleaux sont maintenus dans leur logement par un étrier, ce qui permet d'enlever le couvercle pour visiter et graisser sans aucune difficulté. Le jeu d'engrenages taillés avec précision, compris entre le moteur et la poulie d'entraînement, est enfermé dans un carter de construction rigide et est pourvu d'un graissage automatique. L'arbre primaire est relié à l'arbre du moteur par un accouplement élastique. Tous les roulements sont à rouleaux. La boîte d'engrenages est montée sur ressorts pour lui permettre de suivre la flexion de l'arbre du tambour et aussi pour tenir compte d'erreurs d'alignement qui pourraient exister. Ces ressorts interviennent en outre pour atténuer les pointes de charges dues au démarrage et au freinage, et spécialement celles dues au freinage d'urgence. L'appui ou le siège du câble est généralement constitué par des lamelles en cuir de vache. Des expériences effectuées pendant un temps assez long ont démontré que le cuir présentait le coefficient de frottement le plus élevé et était en même temps le plus résistant à l'usure. On utilise néanmoins parfois d'autres matériaux tels que des lamelles de courroies en caoutchouc, des bloquets en bois, des garnitures de frein, et des garnitures en aluminium. Les sièges des câbles sont maintenus en place par des bloquets en chêne, boulonnés au tambour au moyen de boulons à tête plate. »

2.1. — Suède - Canada - Etats-Unis (fig. 1, 2, 3 et 4).

Nous donnons ci-après les caractéristiques des installations existant en Suède, au Canada et aux Etats-Unis.

Le tableau ci-après nous a été communiqué par la Société ASEA qui en est le constructeur. Il y a 26 treuils d'extraction qui fonctionnaient en 1953 — 31 treuils d'extraction sont en cours de montage et seront terminés en 1954, ou en 1955 — pour cages ou pour skips, soit en tout 57 treuils à câbles multiples en Suède équipant 41 installations.

Parmi tous ces treuils, il y en a

- 18 à 2 câbles;
- 3 à 3 câbles;
- 36 à 4 câbles.

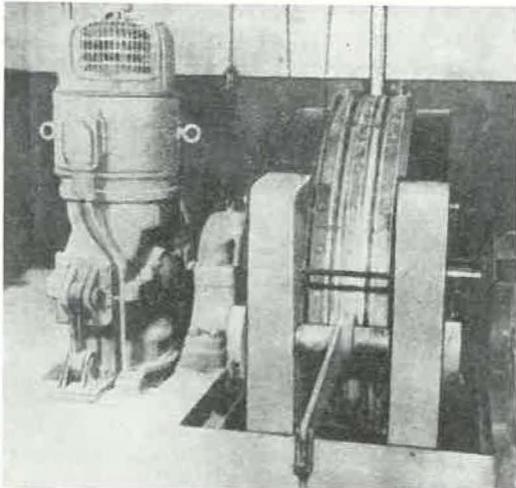


Fig. 1. — Installation n° 3 du tableau.

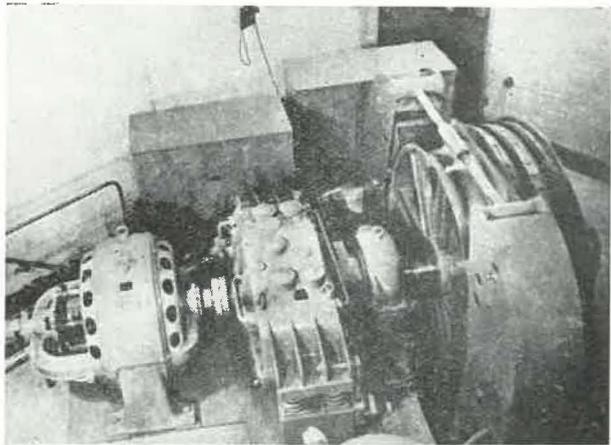


Fig. 3. — Installation n° 6 du tableau.

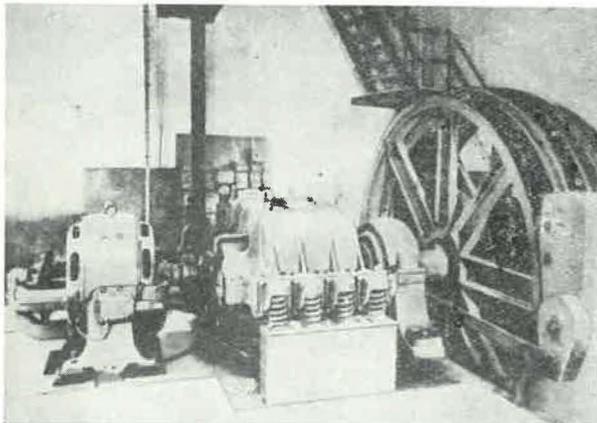


Fig. 2. — Installation n° 4 du tableau.

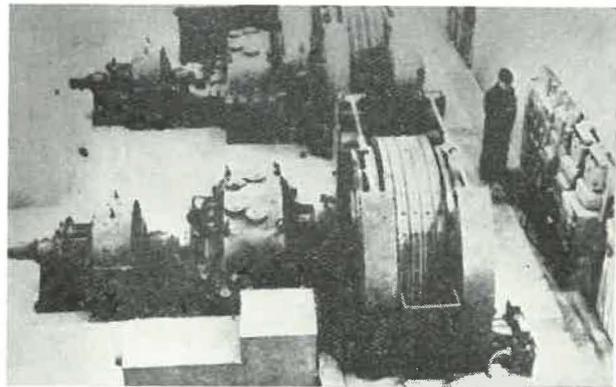


Fig. 4. — Installation n° 7 du tableau.

On remarquera le nombre prépondérant d'installations à quatre câbles. Comme on le verra pour les installations prévues en Angleterre, Afrique du Sud et France, ce sont les installations à quatre câbles qui sont le plus en faveur. L'installation de la mine Hannover II en Allemagne est aussi à quatre câbles.

Les diamètres des câbles employés vont de 12,5 à 35 mm, ces derniers utilisés à quatre câbles pour une charge de service de 22 t.

On parle, pour la mine de Kiruna, des caractéristiques suivantes :

- Cage : 30 t;
- Chariots : 33 t;
- Charge utile : 60 t;

soit 123 t sur 12 câbles de 30 mm de diamètre, mais de plus amples détails nous manquent.

La majeure partie de ces installations sont en système Ward Léonard, les autres en triphasé, les puissances allant de 40 à 1 500 CV pour les moteurs. Nous verrons que, pour les installations prévues par le National Coal Board, il sera utilisé des moteurs allant jusque 3 000 CV.

Les vitesses ne dépassent pas 16 à 18 m à la seconde.

Les profondeurs ne dépassent pas 650 à 700 m en Suède, mais l'installation prévue pour la

« Cleveland Cliffs Iron Co, Michigan » aura une profondeur d'extraction de 1 200 m (n° 34 du tableau).

Comme particularité, signalons que, pour les installations n°s 11 et 12 du tableau, l'extraction se fait avec des berlines de 7 700 lbs. Ces installations n°s 11 et 12 sont à une cage et un contrepoids. Dans ce système, la cage peut être beaucoup plus grande que dans le système ordinaire à deux cages ou deux skips.

Sur les 57 treuils dont fait mention le tableau ci-dessus, il y en a 45 à une cage (ou un skip) et contrepoids, et 12 à deux cages (ou skips).

Il y a 34 treuils avec extraction par skip et 23 avec extraction par cage.

A remarquer sur le tableau ci-après les huit treuils de Luossavaara-Kirunavaara au delà du cercle arctique, avec lesquels on compte extraire 12 millions de tonnes de minerai de fer par an à partir de 1955.

Presque toutes les installations dont il est question ci-dessus sont montées sur tour en béton avec ascenseur pour se rendre dans la salle des machines d'extraction.

La plupart de ces installations sont à câble d'équilibre plat en acier galvanisé, un petit nombre étant équipé de câbles d'équilibre ronds antigiratoires à couches multiples de torons ronds.

Le type d'attache est généralement celui utilisé en Allemagne (système DEMAG ou G.H.H.)

MACHINES D'EXTRACTION A CABLES MULTIPLES INSTALLEES C

Nos	Client	Année de livraison	Nom du puits	Nombre de treuils	Type d'installation	Diam. poutre/m			Profondeur d'extract./m
						Câbles			
						nombre	∅ mm		
1.	Bolidens Gruv AB, Boliden	1958	Laver	1	1 cage	0,94	5	12,7	505
2.	Bolidens Gruv AB, Boliden	1958	Laver	1	1 skip	1,96	2	34,9	505
3.	Sandvikens Jernverks AB, Sandviken	1945	Bodas	1	1 cage	1,80	2	19,1	579
4.	Sandvikens Jernverks AB, Sandviken	1945	Bodas	1	1 skip	3,20	2	31,7	579
5.	Tuolluvaara Gruv AB, Kiruna	1947	Tuolluvaara	1	1 cage	0,99	2	14,3	201
6.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Kiruna	1948	Luossavaara	2	1 cage	2,—	2	25,4	201
7.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Kiruna	1951	Shaftarea 1	2	1 cage	2,41	4	28,6	457
8.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Kiruna	1952	Shaftarea 1	2	1 skip	2,51	4	28,6	457
9.	Dannemora Gruv AB, Dannemora	1952	Dressing Plant	1	1 skip	3,—	2	34,9	1 006
10.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Kiruna	1954-56	Central Shaft	8	1 skip	5,25	4	34,9	457
11.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Kiruna	1954	Central Shaft	1	1 cage	2,41	4	28,6	457
12.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Kiruna	1953	S 2 - 4	3	1 cage	2,41	4	28,6	457
13.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Kiruna	1954	Luossavaara	2	1 skip	2,41	4	28,6	448
14.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Malmberget	1954	Freja	1	1 skip	2,41	4	28,6	596
15.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Malmberget	1954	Freja	1	1 skip	2,41	4	28,6	596
16.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Malmberget	1954	Kapten Shaft	2	1 skip	2,41	4	28,6	503
17.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Malmberget	1954	Kapten Shaft	1	1 cage	2,—	4	25,4	503
18.	Luossavaara-Kiirunavaara AB, Malmberget	1953	Vitalfors	2	1 cage	2,—	4	19,1	396
19.	Bolidens Gruv AB, Boliden	1953	Laisvall	1	2 skips	2,—	4	22,2	274
20.	Bolidens Gruv AB, Boliden	1953	Dressing Plant	1	1 skip	1,96	2	25,4	140
21.	Bolidens Gruv AB, Boliden	1953	Renstrom	1	2 skips	2,26	2	28,6	1 006
				(skips basculants)					
22.	Bolidens Gruv AB, Boliden	1953	Ravliden	1	2 skips	2,26	2	25,4	610
23.	Bolidens Gruv AB, Boliden	1953	Renstrom	1	1 cage	1,96	2	22,2	1 006
24.	Bolidens Gruv AB, Boliden	1953	Ravliden	1	1 cage	1,96	2	22,2	610
25.	Bastkarns Gruf AB,	1953	Silverhojden	1	1 skip	2,—	3	22,2	503
26.	Svenska Kullagerfabriken, Hofors	1953	Vingesbacke	1	1 cage	2,26	2	28,6	1 006
27.	Svenska Kullagerfabriken, Hofors	1953	Vingesbacke	1	2 skips	2,26	2	22,2	1 006
28.	Trafic AB Grangesberg-Oxelosund	1954	Grangesberg	1	1 cage	1,24	3	15,9	100
29.	Outokumpu Oy, Outokumpu, Finland	1954	Keratti	1	2 skips	3,—	2	31,7	396
30.	Outokumpu Oy, Outokumpu, Finland	1954	Keratti	1	2 cages	3,—	2	31,7	396
31.	Surahammars Bruks AB, Surahammar	1954	Kallmora	1	2 skips	2,—	4	25,4	396
32.	Outokumpu Oy, Outokumpu, Finland	1955	Vihanti	1	2 skips	3,—	2	31,7	1 006
33.	Bolidens Gruv AB, Boliden	1955	Dressing Plant	1	2 skips				
34.	Cleveland-Cliffs Iron Co. Ishpeming, Michigan, U.S.A.	1954	« C » Shaft	1	1 cage	2,26	2	28,6	503
35.	Cleveland-Cliffs Iron Co. Ishpeming, Michigan, U.S.A.	1954	« C » Shaft	2	1 skip	3,—	4	28,6	1 200
36.	Stora Kopparbergs Bergslags AB, Falun	1955	Bergslags Shaft	1	2 skips	2,11	4	22,2	1 006
37.	Stora Kopparbergs Bergslags AB, Falun	1955	Bergslags Shaft	1	1 skip	2,—	3	22,2	1 006
38.	Stora Kopparbergs Bergslags AB, Falun	1955	Bergslags Shaft	1	1 cage	2,—	3	22,2	1 006
39.	Falconbridge Nickel Mines Ltd., Ontario	1955		1	2 skips	3,—	4	31,7	1 280
40.	Falconbridge Nickel Mines Ltd., Ontario	1955		1	1 cage	3,—	4	28,6	1 280
41.	AB, Statsgruvor, Haksberg	1955	Ickorbotten	1	2 skips	2,—	4	19,1	701

COURS DE CONSTRUCTION FABRIQUEES PAR A.S.E.A., VASTERAS

se d'ex- action n/sec	Charge kg	Skip kg	Cage kg	Contrepoids kg	Couplage électrique	Puissance CV	Tours par minute tr/min	Tension V	Fréquence	Genre de commande	N° de la photo
5	1 000	—	1 820	2 410	W.L.	40	65	220	Courant Continu	PB	9
5	5 000	6 580	—	8 630	W.L.	165	600	500	Courant Continu	PB	2
5	860	—	1 820	2 410	W.L.	50	1 000	440	Courant Continu	PB	9
5/3	4 500	6 990	—	9 080	W.L.	135	750	440	Courant Continu	PB	3
2,5	900	—	770	1 270	W.L.	28	1 050	440	Courant Continu	PB	5
4	4 500	—	3 510	5 220	W.L.	185	750	440	Courant Continu	PB	8
5	8 630	—	7 500	11 800	W.L.	410	800	440	Courant Continu	PB	8
1,2/5,6	15 000	10 900	—	18 600	W.L.	680	750	510	Courant Continu	PB	3
1/6,8	4 720	8 630	—	10 440	3 PH	350	485	580	50	Main	
1,2/5,6	20 000	15 900	—	25 880	W.L.	1 150	750	600	Courant Continu	PB	3
5	8 630	—	6 500	9 530	W.L.	410	800	440	Courant Continu	PB	8
5	8 630	—	6 500	9 530	W.L.	410	800	440	Courant Continu	PB	8
5	7 500	6 350	—	10 000	W.L.	410	800	440	Courant Continu	PB	3
5	10 000	10 000	—	15 000	W.L.	545	650	440	Courant Continu	PB	12
10/5	10 000	10 000	—	15 000	W.L.	545	650	440	Courant Continu	PB	5
10/5	10 000	10 000	—	15 000	W.L.	545	650	440	Courant Continu	PB	2
4	6 130	—	6 350	10 000	W.L.	205	750	440	Courant Continu	PB	10
4	6 130	—	4 000	6 990	W.L.	205	750	440	Courant Continu	PB	10
6,1	5 450	8 170	—	—	W.L.	550	750	440	Courant Continu	PB	2
5	5 000	4 000	—	—	3 PH	210	750	580	50	PB	2
0/6,1	4 000	3 180	—	6 450	W.L.	435	750	440	Courant Continu	PB	2
10/6,1	4 000	6 130	—	—	W.L.	435	750	440	Courant Continu	PB	2
6,1	3 500	—	2 410	4 130	W.L.	220	750	220	Courant Continu	Main	
6,1	3 500	—	2 410	4 130	W.L.	220	750	220	Courant Continu	Main	
5	4 500	6 220	—	8 630	3 PH	210	750	580	50	PB	2
1,1/4,6	3 810	—	2 000	3 900	W.L.	145	600	500	Courant Continu	PB	12
1,1/6,6	3 000	4 180	—	—	W.L.	325	810	440	Courant Continu	PB	2
2	2 220	—	1 180	2 320	W.L.	50	1 080	250	Courant Continu	PB	2
7,1	5 450	5 900	—	—	3 PH	670	730	5 000	50	PB	2
7,1	5 450	—	5 900	—	3 PH	250	750	580	50	PB	2
5	4 000	5 900	—	—	3 PH	330	750	580	50	PB	5
4,2/7,1	5 000	5 900	—	—	3 PH	600	750	580	50	PB	2
11,2	4 000	3 180	—	—	3 PH	840	750	1 500	50	PB	2
10	6 810	—	5 900	9 310	W.L.	1 500	600	525	Courant Continu	PB	12
10	13 620	9 080	—	15 900	W.L.	1 500	600	525	Courant Continu	PB	6
6,3/8,1	5 900	5 450	—	—	3 PH	900	750	580	50	PB	2
5,2/8,1	2 500	6 350	—	7 720	W.L.	380	750	440	Courant Continu	PB	12
5,2/8,1	2 500	—	2 500	3 770	W.L.	380	750	440	Courant Continu	PB	12
11,4	7 720	8 630	—	—	W.L.	1 500	600	600	Courant Continu	PB	2
10,4	5 900	—	7 260	10 210	W.L.	665	750	600	Courant Continu	PB	15
4,6	5 000	5 680	—	—	3 PH	380	750	580	50	PB	2

La plupart des installations sont à « Push Buttons » et le chiffre qui suit l'indication « P B » au tableau indique le nombre de niveaux auxquels peuvent se faire les opérations.

Voici ce que dit à ce sujet l'article du *Canadian Mining Journal* dont il a été question ci-dessus :

2.1.0. — Conduite par boutons-poussoirs.

« Environ 75 % des treuils d'extraction en Suède sont commandés par boutons-poussoirs. Les installations à cages sont actionnées de l'intérieur des cages et celles à skips le sont aux recettes.

« La conduite par boutons à l'intérieur de la cage est semblable à celle utilisée dans un ascenseur d'immeuble à appartements sans liftier. La cage est appelée par un bouton à la recette et le sélecteur d'étage est situé à l'intérieur de la cage. Les verrouillages et enclenchements nécessaires sont prévus de telle sorte que le passager est entièrement maître de la cage depuis le moment où elle arrive à l'étage où il se trouve jusqu'au moment où il la libère à son arrivée à destination, soit en fermant la porte du puits, soit en appuyant sur le bouton de libération. S'il désire se réserver la cage à un certain niveau, il lui est possible de le faire en appuyant sur un bouton prévu à cet effet.

« On estime en Suède, qu'il serait impraticable de suspendre sous la cage un câble souple de commande quand la profondeur du puits dépasse 2 000 pieds (610 m). Dans ce cas, le passager, après être entré dans la cage, mettrait celle-ci en mouvement en actionnant un interrupteur situé près du boisage du puits.

« En cas d'arrêt d'urgence, la conduite de la machine d'extraction doit devenir manuelle et la cage doit être déplacée jusqu'à une recette avant qu'on puisse repasser à la conduite automatique. »

2.2. — Grande-Bretagne.

2.2.0. — National Coal Board.

Il n'existe pas encore d'installations en Grande-Bretagne, mais les projets ou les travaux sont en cours pour la transformation ou l'installation nouvelle de 70 installations d'extraction.

Le National Coal Board a en effet décidé d'abandonner progressivement les installations à tambour qui étaient généralisées en Angleterre et qui ont servi de modèle pour la reconstruction des mines en France après la guerre de 1914-1918 (Houillères dévastées du Nord de la France) et dont nous avons quelques exemplaires en Belgique, et de les remplacer, au fur et à mesure des possibilités et des transformations, par des installations à câbles multiples.

Les renseignements généraux que nous possédons sur les projets du National Coal Board sont donnés ci-après.

Le N.C.B. a l'intention d'installer des machines d'extraction Koepe à câbles multiples aux puits où une nouvelle installation d'extraction complète

est requise. Il ne serait probablement pas économique d'agir ainsi pour les puits où existent des chevalements et salles de machines pouvant être utilisés.

Il est difficile de donner une idée du nombre total d'installations en Grande-Bretagne qui entreront en ligne de compte mais, pour le moment, des projets sont en préparation pour au moins vingt installations.

La puissance des machines varie et pourra être comprise entre 500 CV et 3 000 CV. Il n'est pas à supposer que l'on aura besoin de beaucoup de machines de puissance supérieure à 3 000 CV. Les profondeurs d'extraction atteindront au maximum 1 200 yards (1 100 m) environ; la charge utile variera suivant les circonstances. Quelques installations avec skips d'une capacité de 20 t sont envisagées et deux des installations d'extraction par cage projetées auront une charge utile de 18 t. Pour l'extraction de ces fortes charges utiles, c'est le système à cage et à contrepoids qui devra être adopté.

Le diamètre du « tambour » d'entraînement sera compris entre 96 et 100 fois le diamètre du câble d'extraction. On se propose d'employer des câbles fonctionnant sur des gorges en bois d'orme et, dans la plupart des installations, quatre câbles seront utilisés. La distance entre les câbles sera approximativement égale à 10 fois le diamètre du câble. Les câbles d'équilibre seront probablement des câbles ronds de même poids équivalent que les câbles d'extraction.

Comme attaches de câbles, le type à coin sera probablement employé. Rien n'a encore été décidé concernant le type de dispositif à utiliser, mais il est probable que les installations-pilotes seront équipées de dispositifs semblables à ceux utilisés en Suède.

L'emploi de câbles multiples permet d'extraire de plus grandes charges utiles que dans le passé et ceci permet de prendre en considération l'emploi du système d'extraction à cage unique et à contrepoids. Il est difficile de poser une règle absolue pour décider dans quels cas c'est le système équilibré (système à deux cages) qui doit être adopté et dans quels cas c'est le système à cage unique et à contrepoids qui sera choisi. Les points suivants seront à considérer.

2.2.0.1. — Puits peu profonds.

Dans les puits peu profonds où les profondeurs et les charges sont telles que les conditions de glissement pourraient être dangereuses pour des machines Koepe à deux cages, l'adoption du système à cage unique et à contrepoids se révélera avantageuse, étant donné que le rapport de la charge utile à la charge totale suspendue est augmenté, ce qui assure une beaucoup plus grande marge de sécurité contre le glissement.

2.2.0.2. — Puits de faible diamètre.

Grâce au système à cage unique et à contrepoids, il devient fréquemment possible d'introduire l'extraction par berlines dans les puits dont le

diamètre est trop petit pour le passage de deux cages.

2.2.0.3. — *Extraction de charbon d'un seul niveau.*

A condition que la production puisse être manutentionnée par une seule machine d'extraction et que le puits ne soit pas trop peu profond ou que son diamètre ne soit pas trop petit, le système équilibré, c'est-à-dire celui à deux cages, sera généralement le plus économique.

Lorsque deux machines d'extraction se partagent le tonnage de charbon à extraire, le système à cage unique et à contrepoids avec file unique de berlines par palier dans la cage, pourra être préférable, parce que :

2.2.0.3.1. (1) une disposition plus économique des installations à la surface et au fond du puits peut être adoptée;

2.2.0.3.2. (2) le système à cage unique et à contrepoids est plus économique au point de vue de l'utilisation de l'espace disponible dans le puits et de la disposition des guides, et il est donc avantageux en ce qui concerne l'aérage.

2.2.0.4. — *Extraction de charbon à partir de plusieurs niveaux.*

Quand la production peut être extraite à l'aide d'une seule machine sans que les installations deviennent par trop importantes, le système à cage unique et à contrepoids sera plus économique et il sera possible de desservir n'importe quel nombre d'étages dans le puits.

Quand deux machines sont nécessaires pour extraire la production, deux alternatives pourraient être prises en considération :

2.2.0.4.1. (1) le système courant, c'est-à-dire deux cages pour chaque machine, la capacité de chaque machine d'extraction étant suffisante pour faire face à des fluctuations éventuelles de production entre étages. Ce système entraîne le fonctionnement « odd legging » (*) quand un troisième étage doit être desservi;

2.2.0.4.2. (2) le système à cage unique et à contrepoids, les deux machines d'extraction ayant la même capacité et étant étudiées pour extraire du niveau le plus bas.

L'alternative (2) doit généralement être préférée, sauf si les charges et les vitesses dépassent les limites pratiques, car elle est plus souple pour faire face à des fluctuations éventuelles de production entre étages — les machines d'extraction

pourraient donc avoir une capacité totale moindre que celle requise pour l'alternative (1). Elle est aussi plus économique au point de vue espace disponible, disposition des guides et aérage.

2.2.0.5. — *Puits de service.*

L'emploi d'une cage plus grande, qui est possible avec le système à cage unique et à contrepoids, facilite la translation du personnel et le transport de matériaux volumineux, de locomotives, etc. à chaque étage dans le puits et il se prête à l'introduction de l'extraction automatique avec commande dans la cage si nécessaire; pour cette raison, l'adoption de ce système devrait être envisagée pour tous les puits de service, quel que soit le nombre de niveaux à desservir.

En plus de ces indications générales, quelques détails ont pu être obtenus pour les projets pour les installations suivantes (voir 2.2.1. à la p. 766) :

2.2.1. — *N.C.B. West-Midlands Division : voir p. 766.*

2.2.2. — *Cynheidre Colliery, Wales (fig. 5).*

Pour la mine de Cynheidre au sujet de laquelle nous avons reçu les caractéristiques, la disposition qui semble avoir été décidée est représentée schématiquement à la figure 5 : il y a deux machines, chacune à une cage et à un contrepoids (le nombre de câbles n'a pas encore été fixé; il sera de 8, 10 ou 12).

Les machines se trouvent à deux étages différents de la tour. On s'est efforcé d'utiliser au maximum la surface de la section transversale du puits (cages occupant la plus grande partie possible de l'espace disponible). Chaque cage est

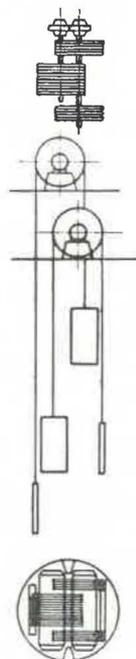


Fig. 5. — Installation projetée à deux machines superposées.

destinée à prendre deux grandes berlines (par étage ?) et peut éventuellement prendre une locomotive Diesel au lieu de deux berlines. Guides prévus : guides fixes, guidage aux coins des cages.

(*) Cette expression est intraduisible. Elle veut dire qu'une des deux cages pourra, dans ce cas, seule être utilisée, une des deux cages se trouvant à un niveau d'étage, la situation de l'autre ne correspondant à aucun niveau de chargement existant.

2.2.1. — N.C.B. West-Midlands Division. — Florence n° 1 Colliery.

Profondeur du puits	1 097 m			
Longueur du câble suspendu	1 158 m			
	Machine d'extraction			
	à 6 câbles		à 4 câbles	
Diamètre de la poulie d'entraînement	2,80 m		4,27 m	
Diamètre de la poulie de déviation	—		4,27 m	
Type de câble	clos		clos	
Diamètre du câble	25,4 mm	27,9 mm	31,7 mm	41,4 mm
Charge de rupture effective	55 t	66,5 t	86 t	145 t
<i>Charges statiques :</i>	Tons	Tons	Tons	Tons
Poids du skip	14.0	14.0	14.0	14.0
Poids du charbon	12.0	12.0	12.0	12.0
Poids du câble suspendu	24.4	29.6	25.2	44.3
Charge statique totale	50.4	55.6	51.2	70.3
Coefficients de sécurité statiques	6.5	7.2	6.7	8.1
<i>Charges dynamiques (a/g = 0,1) :</i>	Tons	Tons	Tons	Tons
Charge statique	50.4	55.6	51.2	70.3
Charge dynamique	5.1	5.6	5.2	7.1
Tension de traction simple totale	55.5	61.2	56.4	77.4
Coefficients de sécurité dynamiques	5.9	6.5	6.1	7.4
<i>Tension de fatigue :</i>				
Tension de traction pure	9.3	10.2	14.1	19.4
Tension de flexion	5.3	6.4	5.2	10.2
Tension totale	14.6	16.6	19.3	29.6
Rapport $\frac{\text{tension totale}}{\text{charge de rupture}}$ en %	26.6	24.8	22.5	20.4 (*)
Rapport $\frac{\text{Ø tambour ou poulie}}{\text{Ø câble}}$	90	82	134	104
Pression diamétrale sur la gorge, kg/cm ²	25.7	26.3	17.2	23.6
Arc de contact	180°	180°	210°	210°
Coefficient de frottement nécessaire pour éviter le glissement pendant la période d'accélération	0.152	0.143	0.128	0.107

(*) Il est inutile d'indiquer plus en détail comment ces pourcentages ont été obtenus. Prenant le cas de 26,6 % qui est celui de la machine d'extraction à 6 câbles clos de 25,4 mm de diamètre fonctionnant sur poulie de 2,80 m de diamètre, on a vu que la tension de traction simple totale était de 55,5 t pour l'ensemble des câbles, ce qui correspond à $\frac{55,5}{6} = 9,3$ t par câble.

La tension de flexion pour les câbles clos se calcule généralement en Angleterre au moyen de la formule $\sigma = \frac{Ed}{D}$ où E est le module d'élasticité qu'on prend égal à 6850 tonnes par pouce carré et $\frac{d}{D}$ le rapport des diamètres des fils extérieurs et de la poulie.

Si on admet que $d = 3$ mm on trouve : $\sigma = 6850 \times \frac{3}{2800} = 7,3$ tonnes par pouce carré.

Si une tension de cette valeur était uniforme sur toute la section du câble clos de 25,4 mm de diamètre, section qui est de 0,72 pouce carré environ, l'effort total correspondant serait de $7,3 \times 0,72 = 5,3$ t.

D'où tension totale dans l'acier = $9,3 + 5,3 = 14,6$ t.

La charge de rupture effective des câbles clos en question est de 55 t et on a donc :

$$\text{Rapport } \frac{\text{tension totale}}{\text{charge de rupture}} \text{ en } \% = \frac{14,6}{55} = 26,6 \%$$

Il est admis que, quand la valeur de ce rapport exprimée en % ne dépasse pas sensiblement 25, on peut s'attendre à obtenir une durée de service satisfaisante du câble.

Moises prévues à section aérodynamique. Avantage du système à contrepoids : on peut desservir simultanément plusieurs étages différents.

2.3. — Afrique du Sud.

Les renseignements qui nous sont parvenus de Johannesburg sont les suivants :

Les treuils à câbles multiples, dont détails figurent dans le tableau ci-dessous, seront situés dans une tour Koepe en béton.

le transport de matériaux. Elle actionnera une seule cage à deux paliers prévus pour 40 hommes par palier, soit un total de 80 hommes par cage. Cet équipement est étudié pour fonctionner avec un contrepoids, qui lui aussi aura la forme d'une cage de service et pourra être utilisé pour le placement de tuyauteries, câbles, etc.

La machine Koepe à quatre câbles sera fournie par la B.G.E. et la machine Koepe à deux câbles sera fournie par ASEA, Suède. Chacune de ces

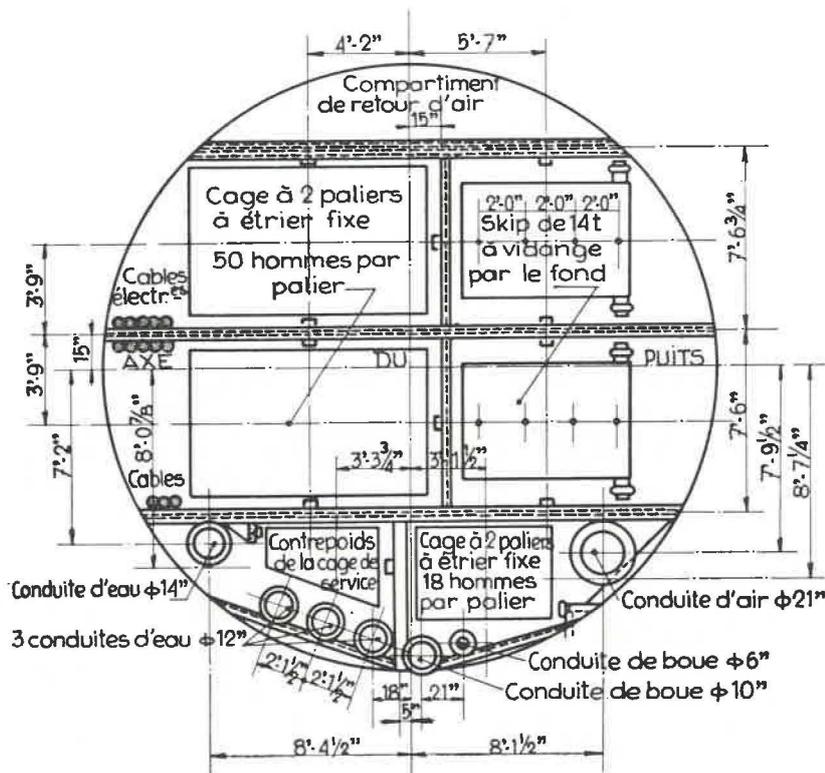


Fig. 6. — Driefontein.

A West Driefontein, la machine d'extraction à quatre câbles servant de treuil à roche aura des skips à vidange par le fond de 14 t de charge utile; cette machine sera prévue pour commande semi-automatique. La machine à deux câbles sera un treuil à personnel avec une cage à deux paliers dans un compartiment et un contrepoids, qui sera construit en forme de long étrier et sera utilisé à l'occasion pour l'installation de colonnes de tuyaux de pompe, de conduites principales d'air et de câbles, dans les compartiments adjacents.

Les deux autres compartiments de ce puits seront desservis par une machine Ward-Léonard à deux tambours située sur le sol. Cette machine d'extraction sera utilisée au début, avec des cufats de 5 t, pour le fonçage du puits. En service permanent, elle sera équipée de cages à deux paliers prévues pour 50 hommes par palier, soit une charge totale de 100 hommes par cage.

L'installation Koepe à câble unique de la Libanon G.M. C° Ltd. sera souterraine et servira uniquement pour la translation du personnel et

installations sera à moteur courant continu, coupe Ward-Léonard.

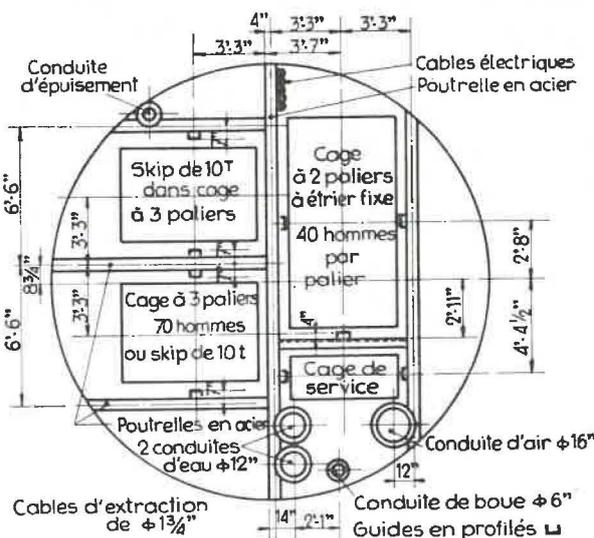


Fig. 7. — Libanon.

	<i>West Driefontein</i>	<i>West Driefontein</i>	<i>Libanon</i>
Nom du puits	Puits vertical n° 5	Puits vertical n° 5	Puits intérieur vertical n° 2
Type de puits	Monolithe, à revêtement en béton	Monolithe, à revêtement en béton	Monolithe, à revêtement en béton
Diamètre du puits	25 pieds (7,62 m)	25 pieds (7,62 m)	25 pieds (7,62 m)
Profondeur du puits	4 390 pieds (1 338 m)	5 390 pieds (1 643 m)	—
Longueur trait	5 240 pieds	5 240 pieds	3 435 pieds
Ø poulie Koepe	17' 6" (5,33 m) au fond de la gorge	17' 6" (5,33 m) au fond de la gorge	17' 0" (5,18 m)
Nombre de câbles	4	2	1
Composition de câble envisagée	A six torons triangulaires, chaque toron comportant 30 fils (12 + 12 + 6 Δ)		
Ø des câbles	1 3/4" (44,4 mm)	1 3/4" (44,4 mm)	1 3/4" (44,4 mm)
Type de câble d'équilibre envisagé	plat	plat	plat
Type d'attache de câble	Pas encore décidé, mais vraisemblablement type DEMAG ou GHH		
Attelage	A étudier		
Type de véhicule	Skip de 14 t de charge utile, à vidange par le fond	Cage 36 hommes	Cage 80 hommes
Garniture de gorge	Cuir	Cuir	Cuir

2.4. — France.

Les Câbleries de Bourg (Ain) ont équipé en 1945 un plan incliné à la Société G.E.T.M.A.N. chargée des Travaux de construction du Port de Mers-el-Kébir près d'Oran. Ce plan incliné a été construit par la Société S.O.R.E.T.E.X., 77, rue Ampère, à Grenoble (Isère). Il s'agit d'une descenterie par plan incliné, système Koepe, comportant un chariot porteur sur lequel sont placés les wagonnets chargés de blocs de pierre extraits de la carrière de Mers-el-Kébir. Bien entendu, les câbles ne sont jamais dételés. Une extrémité de chaque câble est attelée au chariot porteur, l'autre extrémité est attelée au contrepoids.

Le système comporte quatre câbles clos extrasouples de 32 mm de diamètre, dont la charge de rupture effective est d'environ 80 tonnes par câble.

Cette installation se comporte d'une façon tout à fait remarquable. Les câbles sont changés après avoir assuré le transport d'environ 1 600 000 à 2 000 000 tonnes de pierre.

Il est possible de procéder au changement d'un câble ou de deux câbles ou de trois câbles, sans aucune difficulté. Le nouveau câble incorporé au système est placé relativement court. Au bout de quelques jours, tout l'ensemble se trouve à nouveau stabilisé, et parfaitement tendu.

Ceci cadre avec ce que nous disons plus loin au sujet de l'équilibrage des allongements différents des câbles qui équipent le système de multicâbles. S'il faut obtenir, par le choix des garnitures et des câbles, un coefficient de frottement convenable, il ne faut pas le choisir trop élevé, sinon l'équilibrage qui tend à se faire automatiquement est beaucoup plus difficile à obtenir.

La même disposition avait déjà été mise au point sur un plan incliné à l'Estaque, près de Marseille. L'installation avait été réalisée par la Société Stéphanoise de Construction Mécanique à Saint-Etienne (Loire).

On croit savoir que les mines de Lens, du groupe Lens-Liévin des Charbonnages de France, ont l'intention d'équiper la fosse 19 en multicâbles. Elles retiendront probablement une solution par quatre câbles clos.

2.5. — Allemagne.

L'installation à câbles multiples qui nous est la mieux connue en Belgique est celle de la mine Hannover II (*).

Nous en reparlerons un peu plus loin, à l'occasion de l'équilibrage des allongements des câbles.

3. — CONSIDERATIONS SUR LE SYSTEME CAGE-CONTREPOIDS

Par un curieux retour en arrière, les installations à multicâbles ont remis à l'ordre du jour les installations d'extraction à une cage et un contrepoids. Le principe de l'extraction à partir de

(*) Cette installation a fait l'objet des publications suivantes :

— Technical Report on the Ruhr Coalfields, volume 1 ;
— Wege zur Vierseilförderung, von Bergassessor Fritz Lange, Bochum — Hordel (Glückauf - Bergmännische Zeitschrift, n° 7-8, 14 février 1948) (traduit par M. DENOEL, cf. Annales des Mines de Belgique, janvier 1952) ;
— Installation d'extraction à quatre câbles, par G. JACQUES, I. C. Mi., Chef du Service « Câbles et Chaînes » de l'A.I.B. (revue Pact, n° 4, août 1949).

plusieurs niveaux au moyen d'un seul skip ou d'une seule cage, et d'un contrepoids, est appliqué sur une grande échelle en Suède. On peut d'ailleurs s'en rendre compte en examinant le tableau ci-avant.

Le contrepoids équilibre le poids de la cage ou du skip plus la moitié de la charge utile. Le nombre de voyages devra être le double de celui d'une installation à deux cages ou bien la charge utile multipliée par deux pour obtenir le même tonnage extrait. Cela entraînera des diamètres de poulie et de câble dans le rapport de $\sqrt{2}$ avec celui de ces engins dans le cas d'une installation à deux cages et aussi un moteur plus fort en raison de l'augmentation des masses en rotation et en translation. A noter qu'il s'agira toujours de comparer des installations avec câbles multiples.

Si nous insistons sur cet aspect particulier des installations multicâbles, c'est parce que, en plus des avantages énumérés dans la note du National Coal Board, l'installation avec contrepoids présente de plus grandes garanties pour la sécurité que l'installation à deux cages, particulièrement en ce qui concerne le réglage du niveau convenable pour les manœuvres ainsi que pour le fonctionnement des dispositifs de sécurité.

3.0. — Dispositifs automatiques de synchronisation (fig. 8).

Comme tous les dispositifs de contrôle et d'indication de profondeur sont accouplés au tambour de la machine d'extraction, tout mouvement relatif entre câbles et tambour troublera le synchronisme du fonctionnement de ces dispositifs avec le mouvement du skip (ou de la cage). Même si

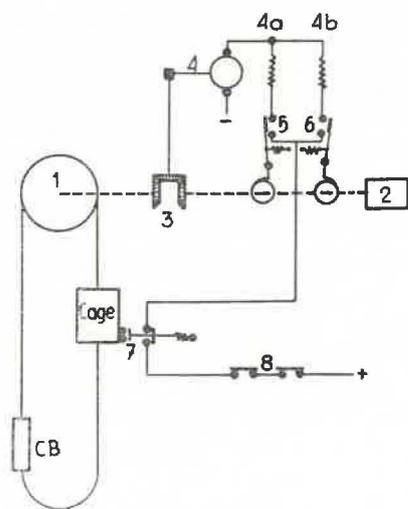


Fig. 8. — Dispositif automatique de synchronisation.

- 1 : treuil ;
- 2 : régulateur ;
- 4 : moteur synchronisant ;
- 4a et 4b : champ directionnel du moteur ;
- 5 et 6 : contacts de synchronisation ;
- 7 : relais de position de cage ;
- 8 : contacts auxiliaire fermés lorsque la cage est à l'arrêt.

l'on fait abstraction de la possibilité de glissement des câbles dans les conditions d'extraction normale, il se produit toujours une certaine quantité de « glissement fonctionnel » (mouvement vermiculaire), et naturellement aussi un allongement des câbles qui doit être corrigé. Dans les cas d'extraction équilibrée (à deux skips ou deux cages), le glissement fonctionnel sera moindre que quand on extrait ou descend continuellement de fortes charges dans un seul skip (ou cage).

En Suède, un dispositif est prévu pour synchroniser automatiquement les appareils de contrôle une fois pendant chaque cycle d'extraction. Chaque fois que la cage s'arrête à la recette du jour, ou, dans le cas d'une installation à skip, que le skip s'arrête à la position de déversement, le dispositif de synchronisation règle automatiquement la position du régulateur du treuil.

La figure 8 et sa légende illustrent les caractéristiques principales d'un dispositif de cette espèce.

Si la cage est arrêtée à la position où s'effectue la synchronisation et si, à ce moment, le régulateur est en synchronisme parfait avec la position de la cage, les contacts (5) et (6) seront ouverts.

Si la synchronisation a été dérangée par un allongement des câbles, par du glissement fonctionnel, ou par un glissement proprement dit, l'un ou l'autre des contacts (5) (6) sera fermé suivant que la machine d'extraction est en avance ou en retard par rapport à la cage. La fermeture des contacts (5) ou (6) a pour effet d'amorcer le moteur pour lui faire entraîner le régulateur dans le sens convenable et amener ainsi ce régulateur dans la position angulaire requise par rapport à la cage.

Le moteur de synchronisation est amorcé uniquement si :

1° la cage est en position de synchronisation, c'est-à-dire si le contact (7) est fermé par l'aimant permanent sur la cage, et si

2° la machine d'extraction est arrêtée, c'est-à-dire si les deux contacts auxiliaires (8) sont fermés.

3.1. — Extraction simultanée par deux machines à un même niveau et extraction à plusieurs niveaux différents.

On pourra avantageusement utiliser le système cage-contrepois pour effectuer normalement et simultanément l'extraction à plusieurs niveaux et aussi installer deux machines sur un puits dont le diamètre ne permettrait que l'installation d'une machine à deux cages.

Le contrepoids ne prend, en effet, que très peu de place dans le puits.

Cette disposition, d'une extrême souplesse, permet d'évacuer avec deux machines simultanément les produits d'un même étage, et cela pour tous les étages d'extraction. Il permet aussi la translation du personnel et l'extraction des produits. Il permet aussi, à cause de la grandeur que l'on peut donner à la cage unique, le transport des locomotives du fond, tandis que le contrepoids, amé-

nagé en cage spéciale, permettra le placement des colonnes d'exhaure, d'air comprimé, des câbles électriques, etc.

3.2. — Puits intérieurs.

Le système à multicâbles avec cage-contreponds est aussi indiqué pour tous les puits intérieurs où il importe de limiter le plus possible les dimensions des chambres souterraines des treuils d'extraction et les diamètres des puits intérieurs. Les multicâbles permettront de réduire considérablement les dimensions du tambour du treuil et toute la machinerie tout en permettant de placer une cage de dimension relativement grande dans un puits de section relativement faible.

4. — EGALISATION DES TENSIONS DANS LES CABLES.

La question spéciale dans les installations à câbles multiples est celle de l'égalisation des tensions dans les câbles. Cette question a fait l'objet d'un article du plus haut intérêt qui a été publié par S. Bär dans la revue *Glückauf*, n° 51-52 (du 19 décembre 1953) et duquel nous tirons les renseignements cités ci-dessous.

Il résulte des essais et des mesures effectués sur l'installation à câbles multiples de la Mine Hannover II qu'il est inutile de placer des systèmes de compensateurs par chaînes Galle ou par leviers comme il en a déjà été fait usage. Ces dispositifs, du fait de leur raideur (chaîne Galle) ou des frottements qui s'y produisent (balanciers sur pivots), introduisent des efforts résistants approximativement aussi importants que ceux qu'il faut compenser. Ils ne donnent pas non plus les indications voulues pour la détermination des efforts supplémentaires qui se produisent dans les

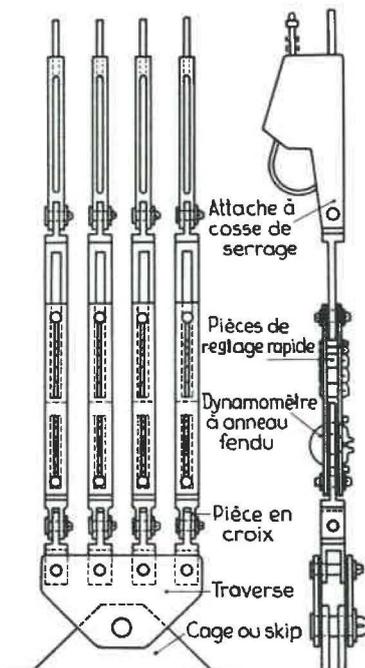


Fig. 9.

câbles du fait que le système peut être en équilibre indifférent.

On est arrivé à l'attache représentée à la fig. 9.

Le compensateur n'existant plus, les pattes s'attachent à une traverse fixée directement sur le toit de la cage ou du skip. Les bouts des câbles sont reliés à cette traverse par l'intermédiaire de pièces de réglage rapide, de dynamomètres à anneau fendu et d'articulations transversales.

4.0. — Dynamomètres.

La suppression du compensateur rend les dynamomètres (ou tout autre système de mesure analogue) indispensables en vue de la surveillance des câbles. Lors de l'attache, on règle aussi exactement que possible la tension des câbles au moyen des pièces de réglage. S'il faut compenser de plus grandes longueurs, on agit sur les cosses de serrage.

De la position inclinée de la traverse, on ne peut pas conclure à la tension des câbles, même dans l'extraction à deux câbles. On ne peut donc pas non plus la déterminer par des instruments dépendant de la position de la traverse, c'est directement dans l'attache du câble qu'il faut placer le dynamomètre.

La distance entre deux câbles, adoptée primitivement, était de 600 mm et elle était dictée par les dimensions des poulies et des chaînes du compensateur; on l'a donc maintenue dans l'attirail de suspension actuel.

Mais dans une installation neuve, sans compensateur, on peut réduire la largeur de la poulie. La plus petite distance entre les câbles dépendra des dimensions des pièces d'attache. Les Anglais spécifient comme distance entre câbles 10 fois le diamètre du câble.

Les guides des cages dans les puits doivent être placés à une distance telle que les oscillations transversales des câbles soient assez petites pour que les câbles ne s'entrechoquent pas. Sans doute, il n'y aurait jamais de choc qu'entre deux câbles circulant dans le même sens et à la même vitesse, néanmoins leur surface externe pourrait en être endommagée.

Par la suppression du compensateur, la vérification des diamètres d'enroulement acquiert une importance très grande. Le support spécial installé à Hannover pour un tour à commande électrique s'est montré bien approprié (fig. 10).

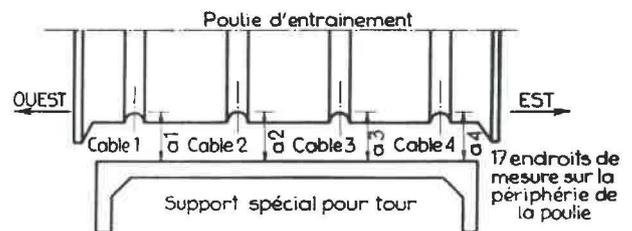


Fig. 10.

Nous donnons également à ce sujet, la photo d'une installation réalisée dans une mine canadienne (fig. 11).

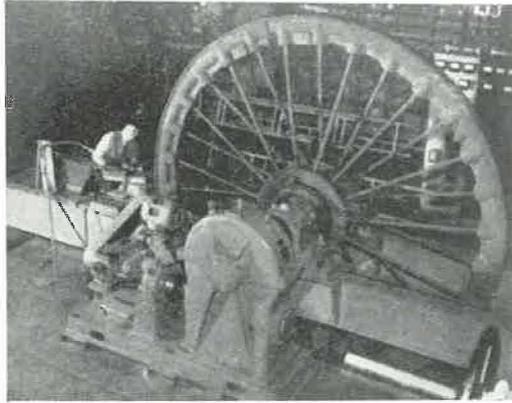


Fig. 11.

Nous dirons quelques mots des dynamomètres dont il est question ci-dessus.

La figure 12, tirée de l'article de Bär signalé ci-dessus, représente un anneau de tarage GHH intercalé entre les épaisseurs de réglage des cosses

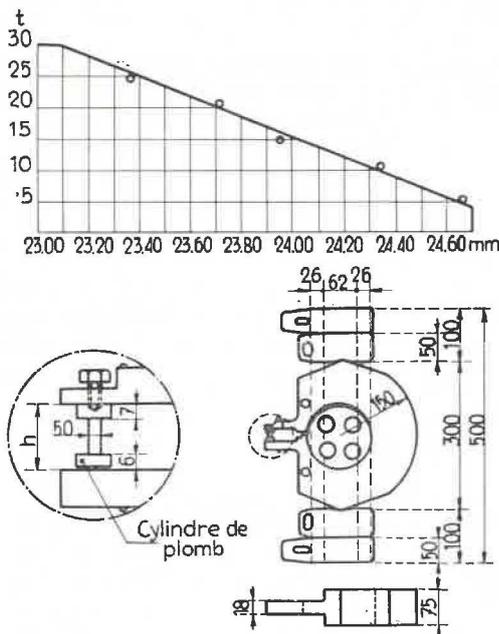


Fig. 12.

système GHH ou DEMAG. Cet anneau de tarage est chargé à la compression et la mesure de l'importance de l'effort qu'il subit peut être réalisée en intercalant des cylindres de plomb entre les lèvres de l'anneau. Ces petits cylindres de plomb font l'objet de tarages et la diminution de leur hauteur constitue la mesure de l'effort qui a été exercé sur l'anneau de tarage. La partie supérieure de la figure représente d'ailleurs une courbe d'étalonnage de ces cylindres de plomb et l'on voit que, pour un cylindre ayant une hauteur initiale de 24,6 mm, une diminution de 1,6 mm correspond à un effort de 30 t.

La figure 13 est tirée également de l'article de Bär. Lorsqu'on veut obtenir un enregistrement des

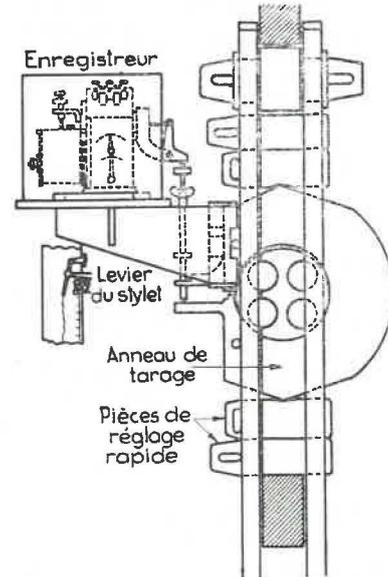


Fig. 13.

efforts au cours d'une cordée, ces anneaux de tarage permettent également le placement d'un enregistreur sur tambour, fonctionnant comme tous les enregistreurs à tambour, et sur lequel on peut obtenir un diagramme des efforts exercés dans le temps sur l'anneau de tarage.

La figure 14 représente la disposition bien connue des intercalaires dans une attache du système GHH.

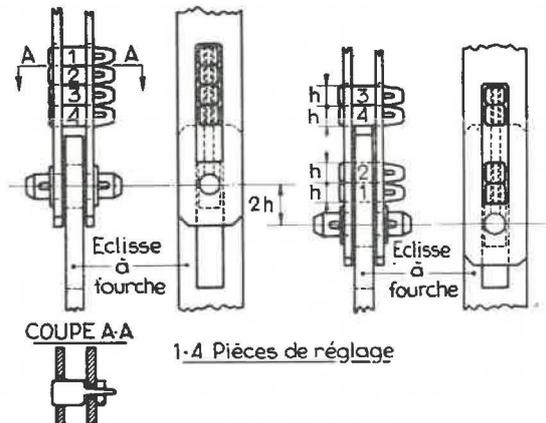


Fig. 14.

Les caractéristiques de l'installation de Hanover II sont les suivantes, chiffres relatifs à cette extraction à 950 m de profondeur :

4 câbles de 997 m à 5,81 kg/m	23 170 kg
4 attelages avec deux compensateurs à poulies	7 864 kg
cage à 3 étages	9 300 kg
12 wagonnets à 565 kg	6 780 kg
12 charges utiles de 1 000 kg	12 000 kg
2 fois 17 m de câbles d'équilibre à 11,6 kg	394 kg
2 attelages pour ces câbles	405 kg
	<hr/>
	59 913 kg

La charge moyenne de chacun des dynamomètres à la recette du jour, décompte fait des 47 m de câbles porteurs, est de : $58\ 823 : 4 = 14\ 700$ kg.

Chaque course de mesurage a été faite entre la recette et l'envoyage, puis après un court repos, en sens inverse et sans changement de charge. Lors

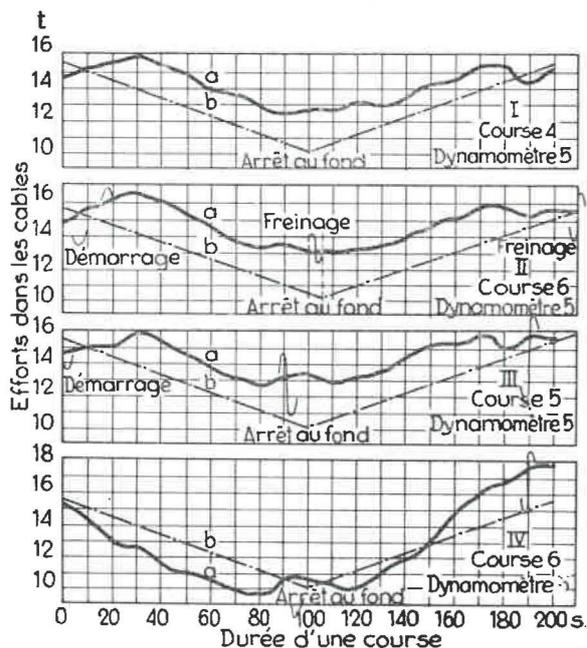


Fig. 15.

de ces mesures, le plus grand écart entre les diamètres des gorges des poulies était de 2 mm.

La figure 15 tirée également de l'article de S. Bär reproduit quelques-uns des résultats observés avec les compensateurs calés et rendus inefficaces. L'axe des abscisses donne en secondes la durée d'une course et l'axe des ordonnées la charge des dynamomètres en tonnes. Cette échelle-ci débute par 8 t. On a mis les abscisses en temps et pas en mètres de course parce que l'on n'a pas obtenu de diagrammes exacts de la marche de la machine.

La ligne en traits interrompus représente ce que serait théoriquement la variation de charge entre le maximum au jour et le minimum au fond. Si la vitesse de translation était constante, ce diagramme serait une ligne droite. En tenant compte des accélérations, positives ou négatives, au départ et à l'arrivée, ce serait une ligne parabolique. Mais comme ces lignes ne jouent ici qu'un rôle de point de comparaison, on s'est contenté de tracer des droites allant de 15,5 t à la surface jusque 10 t au fond.

Le trait plein représente les charges mesurées et les quadrillages de la bande correspondent à un intervalle de 10 secondes. Sur certaines lignes, le démarrage et le freinage se marquent par une allure sinusoïdale. Comparativement à l'extraction par un seul câble, les effets dynamiques ne présentent aucune particularité.

Cette figure montre que les efforts dans les câbles ne changent jamais brusquement. On peut

en conclure que, pendant les essais, les câbles n'ont jamais glissé sur la poulie motrice. Les calculs avaient déjà montré que la reptation du câble a pour effet d'atténuer les inégalités de tension même quand il n'y a pas de compensateur.

La plus grande charge décelable par les éprouvettes de plomb ne dépasse pas actuellement 25 t. Par rapport à la charge moyenne calculée 14,7 t, cela représente une surcharge de 70 %.

Par suite, le coefficient de sécurité d'un des câbles tombe de 7,5 à 4,4 mais le coefficient de sécurité rapporté à l'ensemble des 4 câbles est naturellement le même.

Il ne faut pas perdre de vue que les dynamomètres renseignent les efforts résultants dans les câbles, y compris les efforts dynamiques.

Les forces mesurées par le dynamomètre n° 5 (fig. 15, courbes I à III) sont semblables dans les différentes courses d'essais. Caractéristique est l'accroissement de l'effort jusqu'à la 30^e seconde de la descente, et cela s'explique sans doute par une différence dans les rayons d'enroulement (*). La charge limite de 25 t pour une éprouvette de plomb n'a jamais été atteinte au cours des essais. Le maximum a été trouvé le 27 août 1950 et il était de 19 t.

Une répartition uniforme de la charge sur les quatre câbles ne peut pas exister et les résultats obtenus avec le dynamomètre n° 6 le font bien voir. Les différences entre les tensions des câbles restent cependant dans les limites admissibles.

Pendant les opérations de mesurage, bien que les charges statiques n'aient pas été modifiées, la répartition entre les différents câbles a varié. Par exemple, au début, la charge sur le dynamomètre n° 6 était de 14,8 t et, après la dixième course, elle s'élevait à 16,9 t. Ce phénomène repose également sur l'étirage des câbles.

Il n'est pas question dans tout ceci d'obtenir un accord parfait entre le calcul et la réalité, mais de vérifier s'il est possible, et c'est là la conclusion essentielle, de réaliser sans compensateur une marche régulière de l'extraction. La réponse à cette question, d'après les résultats des calculs, des mesurages et de l'expérience acquise en service, peut être franchement affirmative et c'est là un point d'une importance capitale pour les installations d'extraction à multicâbles.

4.1. — Capsules de mesure.

Pour l'installation d'extraction de la mine Cynheidre, on envisage de vérifier en cours de service comment les charges se répartissent sur les câbles, en utilisant des « capsules » ou même des appareils enregistreurs (mais ces derniers seulement pendant les cordées d'essais, car les appa-

(*) Les essais et mesures auxquels s'est livré l'A. I. B. dans plusieurs charbonnages en Belgique au moyen du Tensographe A. I. B. pour la mesure des efforts réels instantanés dans les câbles d'extraction ronds et plats, indiquent que ces maxima d'efforts sont dus à la décélération de la charge descendante.

reils sont trop délicats pour l'emploi en service normal). Les capsules (*) sont des appareils précis qui trouvent l'application partout où il s'agit de mesurer des efforts, charges, poids. Dans la forme qui serait utilisée à Cynheidre, une capsule se composerait en principe de deux plateaux métalliques *a* et *b* s'emboîtant l'un dans l'autre (fig. 16); dans l'espace annulaire existant entre eux, il y a

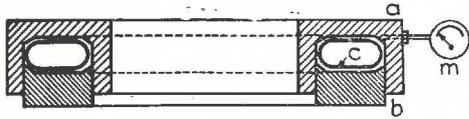


Fig. 16.

un anneau creux en caoutchouc *c*, et un mélange d'eau et de glycérine. L'espace annulaire communique avec un manomètre *m* qu'on peut étalonner pour diverses charges.

Il est très facile de vérifier en une seule fois l'exactitude de plusieurs de ces appareils, on n'a qu'à les empiler et appliquer la charge de contrôle sur l'ensemble. La façon dont ces appareils seraient montés est indiquée au croquis figure 17 :

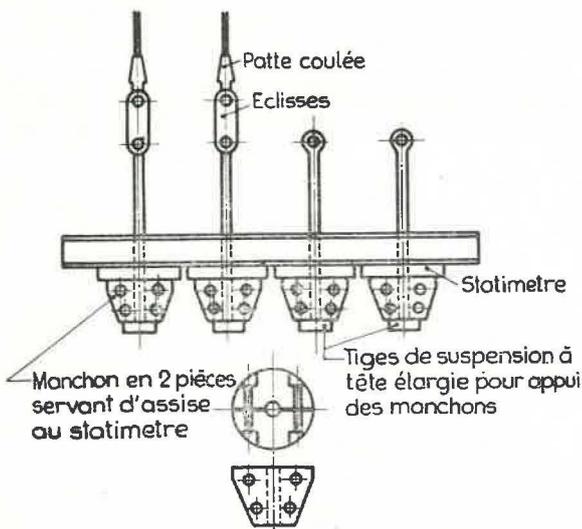


Fig. 17.

Lire « capsule de mesure » au lieu de « statimètre ».

P est la poutre de suspension ou poutre supérieure de la charpente de la cage. Le diamètre du trou de la capsule est légèrement plus grand que le diamètre de la tête inférieure de la tige de suspension. La capsule se trouvera serrée entre la poutre et la tête de la tige de suspension, par l'intermédiaire d'un manchon conique en deux moitiés boulonnées ensemble. Les manomètres des diverses capsules pourraient être disposés l'un à côté de l'autre de façon à permettre de se rendre compte, d'un coup d'œil, de l'égalité ou non des charges sur les câbles.

(*) A ce sujet des renseignements peuvent être obtenus aux adresses suivantes :

— The Statimeter Company Ltd, Alyn Bridge Works, Rhydymwyn, Pays de Galles ;
— A. Macklow-Smith Ltd, 8, Malbrook-road, Putney, Londres S. W. 15.

Nous avons vu que les câbles avaient tendance à s'égaliser par le phénomène du cheminement et aussi par l'usure des garnitures de gorges des poulies.

Plus un câble est sollicité, plus il a tendance à user la garniture de la gorge dans laquelle il fonctionne, rétablissant ainsi l'équilibre avec les autres câbles.

Il ne faut pas trop compter, à notre avis, sur cet équilibrage automatique et il faut surtout éviter le déséquilibre par une surveillance des fonds de gorge, telle qu'elle a été préconisée ci-dessus.

5. — CONCLUSIONS.

Il semble donc certain, d'après les renseignements sur les installations existant en Suède et en Allemagne et sur les installations que le N.C.B. a décidé de construire en Angleterre et les indications que nous possédons sur les projets relatifs au Rand et à l'installation de la Fosse 19 du groupe Lens-Liévin des Charbonnages de France, que les installations du système Koepe à multicâbles se généralisent dans le monde entier.

Désormais, le système d'exploitation par extraction à câbles multiples devra entrer en considération dans tous les projets d'installations futures ou à remanier, non seulement parce que les installations à câbles multiples existantes solutionnent de façon pratique et élégante certains problèmes de l'extraction des grosses charges (20 t de charge utile) à grande profondeur (1 200 m aux Etats-Unis et dans le Rand) mais aussi que, le nombre de câbles n'étant limité que par la longueur des cages, on pourra envisager d'augmenter encore les charges ainsi que les profondeurs (avec comme limite la profondeur pour laquelle les câbles ne pourraient plus supporter que leur propre poids).

Le système par câbles multiples élimine pratiquement, de par sa conception même, le risque de chute de la cage dans le puits par suite de rupture de câble et le risque d'accident par glissement des câbles et ce sont là les raisons primordiales pour lesquelles, à notre avis, ce système d'installation mérite d'être envisagé avec la plus grande attention.

BIBLIOGRAPHIE

Observations on friction Hoists, par E. S. LITTLE & C. M. BARRETT. (Canadian Mining Journal — janvier 1954).
Design principles for friction-drive Hoists, par F. LANDAU (ASEA Journal, 1953 — p. 155).
Wire Rope Practice in British Coal Mines, par B.L. METCALF (paper n° 3 — Conference on wire ropes in mines. Ashorne Hill — 1950).
Technical Report on the Ruhr Coalfields, volume 1.
Wege zur Vierseilförderung, von Bergassessor Fritz LANGE, Bochum-Hordel (Glückauf - Bergmännische Zeitschrift, n° 7-8, 14 février 1948). Traduit par M. DENOEL, cf. Annales des Mines de Belgique, janvier 1952.
Installation d'extraction à quatre câbles, par G. JACQUES, I. C. Mi., Chef du Service « Câbles et Chaînes » de l'A.I.B. (revue Pact, n° 4, août 1949).
Der Ausgleich der Seilkräfte bei Mehrseilförderungen, von Dr.-Ing. Siegfried BAER, Oberhausen-Sterkrade. (Glückauf, n° 51-52 — 19 décembre 1953).