

Equilibrage des charges des câbles dans les extractions multicâbles

Situation actuelle des réalisations dans ce domaine (*)

par Dr. Ing. S. BAER,

Agrégé chargé de cours,
Ingénieur en Chef de la Gutehofnungshütte Sterkrade A. G.,
Oberhausen-Sterkrade.

SAMENVATTING

Het fundamenteel probleem bij ophaalinrichtingen met meervoudige kabels bestaat in de controle van de belastingsverdeling in de verschillende kabels. De mogelijke oplossingen voor de draagstukken van de meervoudige kabels gaan van de volledige compensatie der belastingen tot de uitsluiting van ieder compensatiesysteem.

Men kan gemakkelijk aantonen dat bij volledige compensatie der belastingen, de kabels in onverschillig evenwicht verkeren. Dit betekent dat de kabels zich, zelfs onder gelijke belasting, kunnen verplaatsen tijdens de trek, zonder noodzakelijk van lengte te veranderen.

De compensatoren worden dus in hun uiterste stand gedrongen, hetgeen hun werking uitschakelt. Aldus toont men door de aangehaalde voorbeelden aan dat de evenwichtsregeling bij vier kabels door driedvoudige hefbomen, afhangt van de hoogte en de breedte van de hefbomen en van hun hellingshoek. Deze afhankelijkheid van de belastingsregeling van de constructiekenmerken wordt vaak over het hoofd gezien.

Uit de praktische ervaring opgedaan bij de ophaalinrichting met vier kabels « Hannover », die sedert 1947 in bedrijf is, blijkt dat een volmaakte verdeling der belastingen niet noodzakelijk is. De controle uitgevoerd op verscheidene nieuwe inrichtingen heeft deze vaststelling bevestigd. Indien men ervan afziet stabilisatoren te gebruiken, komt men tot een merkelijke vereenvoudiging van de technische middelen. Onze opzoekingen hebben geleid tot de realisatie van een vereenvoudigd draagstuk dat een redelijke middenweg vormt tussen de constructiemogelijkheden en een voldoende vereffening der belastingen.

De berekening en de controle der belastingen op in dienst zijnde kabels duiden het tijdstip aan waarop het nodig is tussen te komen om de belastingen in evenwicht te brengen.

Bij de studie van nieuwe inrichtingen beschikt men aldus over gegevens die toelaten de doormeter van de Koepe-schijf, de bekleding van de kelen, het aantal kabels en draagstukken te bepalen ten einde een bedrijfszekere werking te kunnen waarborgen.

De controle der trekken, door middel van registrerende meetapparaten, geeft betrouwbare inlichtingen over het verloop der belastingen in de verschillende kabels tijdens de trek. Dit meetsysteem kan eveneens benut worden om de incidenten te bestuderen die door een plotse remming kunnen veroorzaakt worden.

De bereikte resultaten zijn een mooi voorbeeld van hetgeen men kan bereiken bij de oplossing van technische problemen door de theoretische kennis, de mogelijkheden van de constructie en de praktische ervaring samen te bundelen.

RESUME

Le problème fondamental dans une extraction multicâble réside dans le contrôle des différences de charges dans les câbles. Les solutions possibles des attelages multicâbles vont de la compensation parfaite des charges jusqu'à la suppression de tout système de compensation.

(*) Cet article paraît simultanément dans le n° 24, 1959 de la revue « Glückauf ».

On peut démontrer facilement que, mécaniquement dans un équilibrage parfait des charges, les câbles sont en équilibre indifférent. Cela signifie cependant que les câbles, même sous une charge égale, peuvent se déplacer au cours de l'extraction, sans nécessairement changer de longueur. De ce fait, les compensateurs sont amenés à leur position extrême, ce qui les rend inefficaces.

La stabilisation d'un tel système exige des mesures spéciales, qui s'écartent du parfait équilibre des forces et introduisent des différences de charges dans les câbles. Dans ce cas, on établit par les exemples proposés que l'équilibrage des charges dans le système à triple levier angulaire, pour la suspension à quatre câbles, dépend de la hauteur et de la largeur des leviers angulaires et de leur angle d'inclinaison. Souvent, la dépendance de l'équilibrage des charges de ces caractéristiques de construction n'est pas reconnue.

D'après les expériences pratiques acquises dans l'installation d'extraction à quatre câbles de « Hanover » qui fonctionne depuis 1947, on a établi que l'équilibrage parfait des charges n'est pas indispensable. Les contrôles exercés dans plusieurs nouvelles installations ont confirmé cette constatation. Si on renonce à l'emploi d'un stabilisateur quelconque, on obtient une simplification notable des moyens techniques. Nos travaux de recherche nous ont conduits à la réalisation d'un attelage simplifié dans le but de trouver un juste milieu entre les possibilités de construction et l'équilibrage suffisant des charges dans les câbles.

Les calculs et le contrôle des charges sur les câbles en service indiquent le moment où une intervention est nécessaire pour égaliser les charges.

Pour l'étude de nouvelles installations, on dispose ainsi de données d'après lesquelles on détermine par exemple le diamètre de la poulie Koepe, la garniture des gorges, le nombre des câbles et l'attelage, pour garantir un service d'extraction sans incidents.

Les cordées, contrôlées avec des appareils de mesures enregistreurs, donnent des renseignements exacts sur le comportement des charges dans les différents câbles pendant la cordée. Ce procédé de mesure peut aussi être utilisé pour étudier les incidents provoqués par un freinage brusque.

Dans l'ensemble, les recherches exécutées sont un bel exemple des résultats qu'on peut obtenir dans des mises au point techniques en conjuguant les connaissances théoriques, les possibilités de la construction et l'expérience pratique.

Introduction.

Si nous considérons le développement technique des élévateurs et de l'extraction par puits, nous faisons une constatation surprenante du point de vue de l'ingénieur. Jusqu'à ces dernières années, le système multicâble pour les élévateurs et le système monocâble pour les machines d'extraction par puits ont été considérés comme les solutions idéales. Mais étant donné l'augmentation des charges utiles et la profondeur toujours croissante des travaux d'exploitation, nous avons été amenés à répartir la section transversale d'un câble sur plusieurs câbles ou bien à exécuter l'extraction, par reprises, en plusieurs étapes.

Le passage au système d'extraction multicâble a été facilité en Allemagne par le fait que l'extraction par poulie Koepe est la plus usitée. Comme on le sait, l'extraction par tambour ne se prête que difficilement au principe de l'extraction multicâble. En Allemagne, la première installation d'extraction par poulie Koepe a été construite en 1878 pour le siège de Hannover à Bochum-Hordel. La première machine quadricâble a été installée à cette même mine en décembre 1947. C'était la première application du principe multicâble à l'extraction du charbon à grande profondeur et à grande vitesse avec une charge utile élevée [5] (*).

(*) Les chiffres entre parenthèses se rapportent à la bibliographie à la fin de cet ouvrage.

Entretemps, de nombreuses autres machines multicâbles ont été mises en service dans les conditions suivantes [1] :

- grande profondeur
- charge utile élevée
- grande vitesse d'extraction.

En outre, on a établi que ce mode d'extraction peut être avantageux également pour des profondeurs et des charges faibles. Pour cette raison, le nombre de machines multicâbles nouvellement commandées dépasse déjà de beaucoup celui de machines monocâbles.

Cependant, l'augmentation de la charge utile, de la profondeur et de la vitesse des câbles dans l'extraction par puits soulève quelques problèmes auxquels les connaissances acquises dans la construction d'élévateurs ne peuvent faire face. Lors de l'exécution de la première installation d'extraction quadricâble, il a fallu soumettre ces problèmes à un examen théorique approfondi et leurs solutions constructives à des épreuves pratiques très surveillées [2] [3].

Equilibrage des charges des câbles.

La compensation d'une différence possible de charge entre les câbles est la condition essentielle d'une extraction multicâble [6].

Les légères différences inévitables dans la profondeur des gorges des poulies et l'avancement inégal

des câbles qui en résulte donnent lieu à des différences de charge dans les câbles. Celles-ci peuvent encore résulter d'une différence dans les caractéristiques élastiques des câbles (module d'élasticité). Pour pallier ces influences, on pose simultanément des câbles d'une même fabrication.

Si par exemple, à la suite d'un dommage mécanique occasionné par la chute d'un objet dans le puits, un seul câble devait être remplacé, il serait possible de régler son élasticité sur celle des « anciens » câbles par un étirement progressif en contrôlant sa propre charge.

On n'a pas encore eu l'occasion d'utiliser ce procédé car jusqu'à présent aucun câble n'a fait défaut.

Enfin, il est possible que les câbles s'allongent différemment au cours de l'extraction, ce qui amène également des différences dans les charges reprises par les câbles.

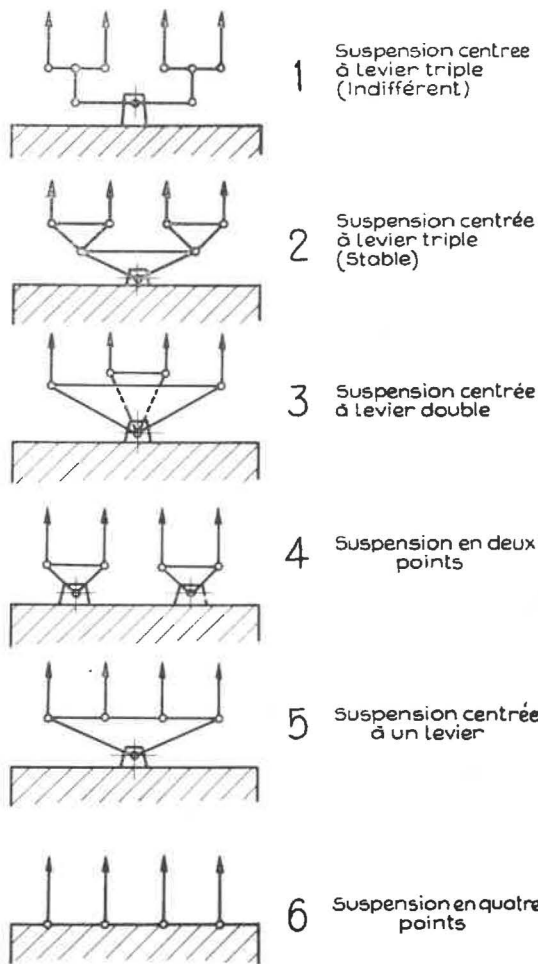


Fig. 1. — Attelages multicâbles pour cages et skips.

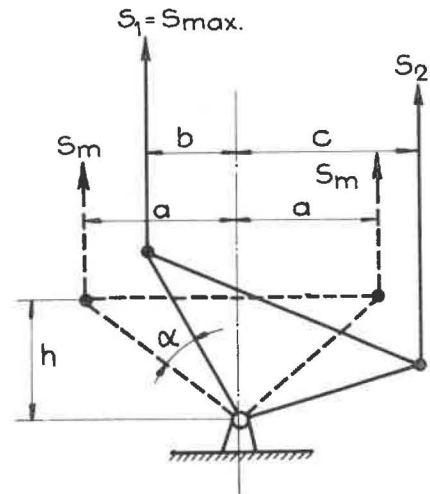
Ces considérations conduisent aux 6 solutions fondamentales représentées schématiquement sur la figure 1. On peut, évidemment, envisager quelques variantes mais, en ce qui concerne la mécanique de l'équilibrage, elles se rangent toutes dans ces 6 catégories. Ces 6 solutions fondamentales couvrent le

domaine du « parfait équilibre des charges des câbles » depuis le schéma 1, si l'on fait abstraction du frottement aux pivots des leviers, jusqu'à l'exemple 6 où l'on renonce à toute compensation.

On peut démontrer facilement que mécaniquement, dans un parfait équilibrage des charges d'après le schéma 1, les câbles sont en équilibre indifférent [2].

Malgré une charge égale, les câbles peuvent se déplacer sans subir nécessairement un changement de longueur pendant l'extraction et par là, amener les compensateurs dans la position extrême et les rendre inefficaces. La stabilisation d'un tel système exige donc des mesures spéciales ; on doit s'écarter du parfait équilibre et introduire des différences dans la charge des câbles. Par exemple, une telle stabilisation est possible si l'on remplace les « fléaux de balance » du système 1 par les « leviers angulaires » du système 2.

Sur les figures 2 et 3, on peut voir combien les différences de charges augmentent dans l'emploi de



Equilibre des moments au levier quand :

$$S_1 b = S_2 c$$

S_1 n'est égal à S_2 que si $b = c = a$.
Si le levier pivote de l'angle α , on a :

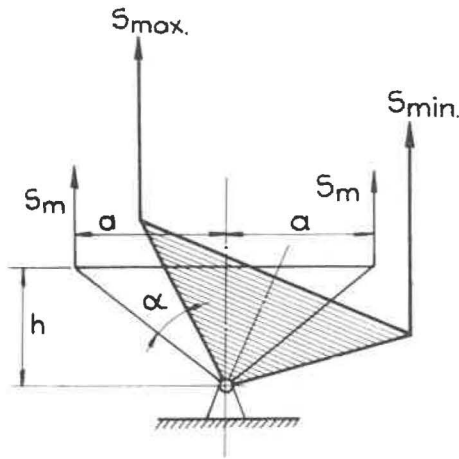
$$b = a \cos \alpha - h \sin \alpha$$

$$c = a \cos \alpha + h \sin \alpha$$

Avec ces valeurs pour b et c , on obtient :

$\frac{S_1}{S_2} = \frac{S_{\max}}{S_{\min}} = \frac{a + b \operatorname{tg} \alpha}{a - b \operatorname{tg} \alpha}$
$\frac{S_1}{S_m} = \frac{S_{\max}}{S_m} = \frac{a + b \operatorname{tg} \alpha}{a}$
$S_m = \frac{S_1 + S_2}{2}$

Fig. 2. — Forces au levier angulaire.



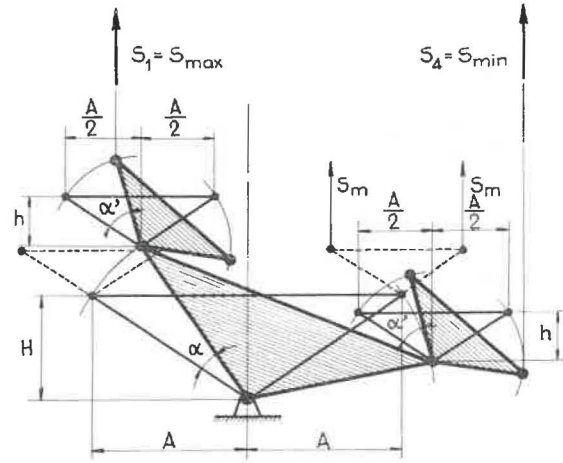
$a = 295 \text{ mm}$ $b = 235 \text{ mm}$
 $\alpha = 24^\circ 30'$ $\text{tg } \alpha = 0,4557$
 $b \text{ tg } \alpha = 107,09$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{S_{\max}}{S_{\min}} = \frac{a + b \text{ tg } \alpha}{a - b \text{ tg } \alpha} = \frac{295 + 107,9}{295 - 107,9} = 2,14$$

$$\frac{S_1}{S_m} = \frac{S_{\max}}{S_m} = \frac{a + b \text{ tg } \alpha}{a} = \frac{295 + 107,9}{295} = 1,365$$

Fig. 2 bis. — Exemple numérique pour la figure 2.

leviers angulaires selon les modèles 2, 3 et 4, en fonction de l'angle de déviation et des dimensions des leviers angulaires (hauteur et largeur). La dé-



$A = 410 \text{ mm}$ $\alpha = 20^\circ 30'$ $\text{tg } \alpha = 0,3739$
 $H = 285 \text{ mm}$ $\alpha' = 39^\circ 30'$ $\text{tg } \alpha' = 0,8243$
 $h = 130 \text{ mm}$

$$\frac{S_{\max}}{S_{\min}} = \frac{(A + H \text{ tg } \alpha)(A + 2h \text{ tg } \alpha')}{(A - H \text{ tg } \alpha)(A - 2h \text{ tg } \alpha')} = \frac{(410 + 285 \times 0,3739)(410 + 2 \times 130 \times 0,8243)}{(410 - 285 \times 0,3739)(410 - 2 \times 130 \times 0,8243)}$$

$$= \frac{516,5 \times 624}{303,5 \times 196} = 5,42$$

$$\frac{S_{\max}}{S_m} = \frac{A + H \text{ tg } \alpha}{A} \times \frac{\frac{A}{2} + h \text{ tg } \alpha'}{\frac{A}{2}} = \frac{516,5 \times 312}{410 \times 205} = 1,92$$

Fig. 3 bis. — Exemple numérique pour la fig. 3.

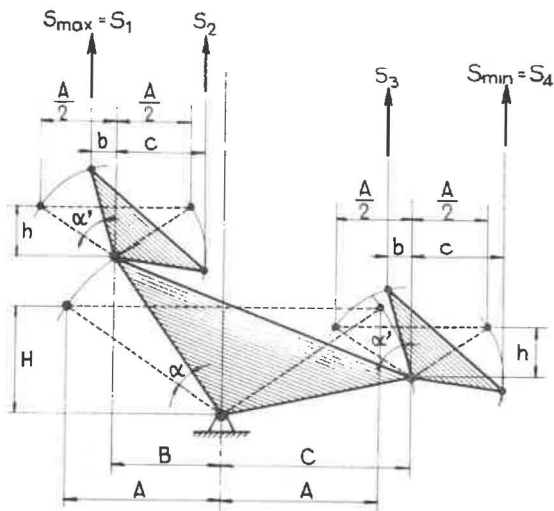
pendance de l'équilibrage des charges dans les câbles, des caractéristiques énoncées ci-dessus n'est généralement pas reconnue.

L'augmentation de h/a et H/A altère l'équilibrage des charges dans les câbles. Pour les exemples numériques sous les figures 2 et 3, on a calculé les rapports $S_{\max} : S_{\min}$ et $S_{\max} : S_m$ pour des données de constructions supposées et pour des angles de déviation maximum α et α' (fig. 2bis et 3bis).

L'inclinaison présentée par les leviers angulaires peut être provoquée par une progression différente des câbles à la suite d'une différence de profondeur des gorges de la poulie ou bien par une différence de la longueur des câbles.

Dans les attelages multicâbles d'après les systèmes 3 et 4 de la figure 1, les câbles sont attelés deux à deux à un levier angulaire. Dans le modèle 3, les 4 câbles sont réunis en une suspension centrée, tandis que dans le modèle 4, la suspension est assurée en deux points.

Dans les systèmes de suspension en plusieurs points, tels qu'on les voit dans les types 4 et 6, des tensions différentes dans les câbles exercent une poussée sur la cage ou le skip, qui doit être neutralisée par une poussée contraire s'exerçant sur la face frontale des guidonnages. Ceci donne lieu, quand on emploie des mains courantes rigides, à une usure plus rapide de celles-ci et des guidonnages ; quand on emploie des guides élastiques, à une sollicitation plus élevée des bandages ; et, quand on emploie des



$$\frac{S_1}{S_4} = \frac{S_{\max}}{S_{\min}} = \frac{(A + H \text{ tg } \alpha)(A + 2h \text{ tg } \alpha')}{(A - H \text{ tg } \alpha)(A - 2h \text{ tg } \alpha')}$$

$$\frac{S_1}{S_m} = \frac{S_{\max}}{S_m} = \frac{A + H \text{ tg } \alpha}{A} \times \frac{\frac{A}{2} + h \text{ tg } \alpha'}{\frac{A}{2}}$$

$$S_m = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + S_4}{4}$$

Fig. 3. — Forces au levier triple.

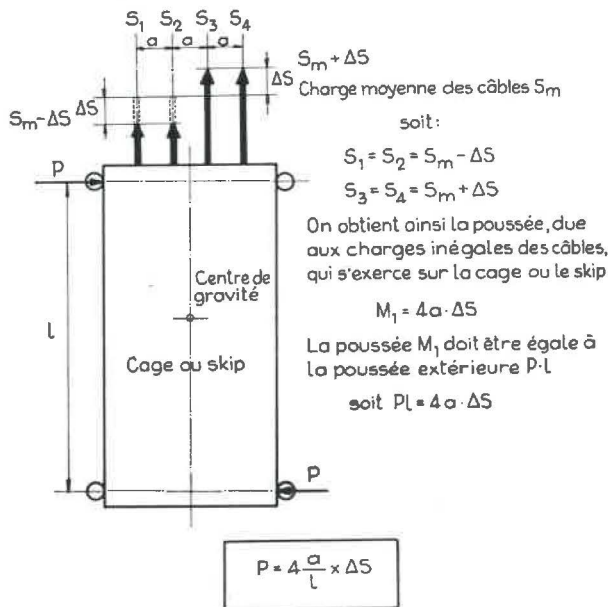


Fig. 4. — Poussée normale sur les guidonnages, due aux différentes charges des câbles en cas de suspension en quatre points.

guidages par câbles, à une déviation de ces câbles de guidage. Dans le cas où les quatre câbles sont directement fixés à la cage ou au skip (fig. 1 type 6), les pressions normales exercées sur les guidonnages sont données à la figure 4. On a supposé que la différence de charges ΔS rapportée à la charge moyenne S_m des câbles est, en valeur absolue, égale pour les 4 câbles. Dans le cas le plus défavorable, les deux câbles à gauche de l'axe de gravité ont une différence de charge négative et les deux câbles à droite de l'axe ont une différence positive. Pour une différence de charge donnée, c'est dans ces conditions qu'on obtient la valeur maximum de la pression normale exercée sur les guidages supérieur et

$$P = 4 \frac{a}{l} \Delta S$$

Exemple numérique
 $a = 0,4 \text{ m}$, $l = 16 \text{ m}$, $S_m = 14,35 \text{ t}$

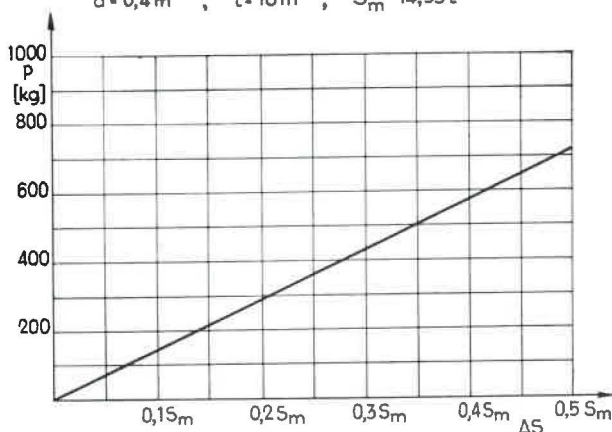


Fig. 5. — Exemple numérique de la poussée normale P sur les guidonnages à la suite de charges différentes en cas de suspension en quatre points.

inférieur de la cage ou du skip. La figure 5 donne un exemple numérique.

La suspension centrée a l'avantage de supprimer les contre-coups sur le guidonnage, quand les câbles sont différemment chargés.

Dans le type 5 de la figure 1, on a trouvé un juste milieu entre les dépenses de construction et un équilibre suffisant des charges dans les câbles. Les éléments d'assemblage nécessaires à la suspension centrée peuvent être exactement calculés et dimensionnés, ce qui permet d'éviter, comparativement au type 6, une diminution de la sécurité de service. Les calculs établis par la Gutehoffnungshütte Sterkrade A.G., les mesurages des charges exécutés sur les câbles et les longues années de service sans incidents ont démontré qu'il n'est pas absolument nécessaire d'utiliser des dispositifs d'équilibrage très coûteux pour compenser les différences de charges dans les câbles. Cette constatation a conduit à la mise au point d'attaches simplifiées du type 5 de la figure 1. La figure 6 montre de tels attaches pour deux, trois et quatre câbles [2].

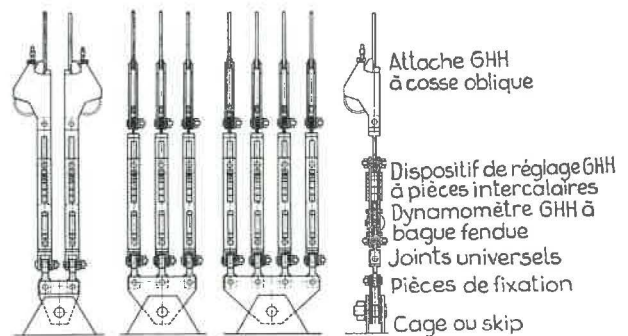


Fig. 6. — Attaches pour l'extraction multicâble.

Les attaches fixant les câbles d'extraction aux cages ou skips se composent des attaches d'autoserrage à cosse oblique, des dispositifs de réglage rapide par pièces intercalaires, des dynamomètres à bague fendue, des joints universels et d'un levier angulaire. Ce levier angulaire est fixé au centre par un axe à la cage ou au skip.

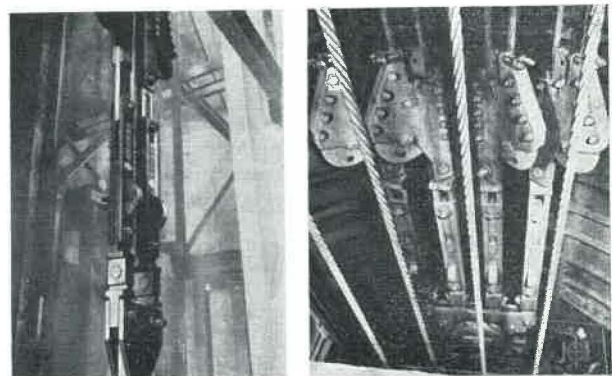


Fig. 7. — Attaches pour l'extraction multicâble.

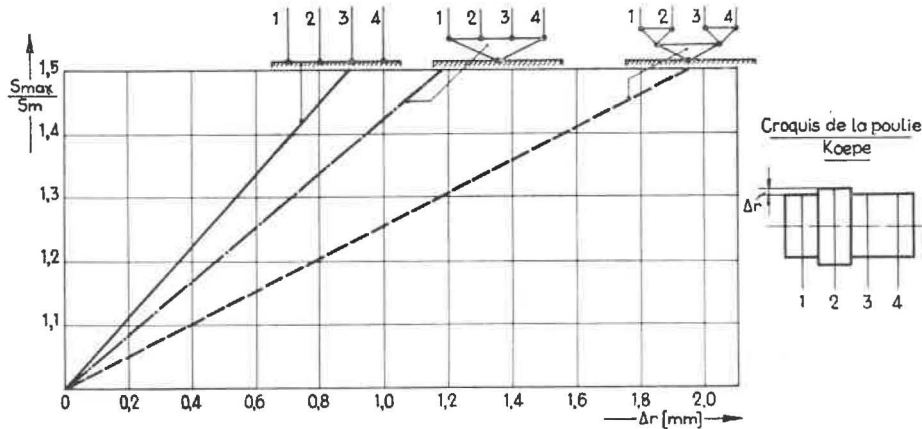


Fig. 8. — Calcul des relations des charges de câbles $S_{max} : S_m$ en fonction des différences dans les rayons Δ_r de la poulie Koepe pour différents attelages quadricâbles en cas de garnitures des gorges rigides.

La figure 7 montre les attelages d'un système d'extraction à deux et quatre câbles en état de service.

Les considérations théoriques [6] et les expériences pratiques acquises en service dans le domaine de l'extraction multicâble fournissent les données qui permettent de déterminer par exemple le diamètre de la poulie Koepe, la garniture des gorges, le nombre des câbles et l'attelage, afin d'obtenir un service d'extraction irréprochable. Des erreurs de calcul peuvent occasionner une usure plus rapide des câbles et de la garniture des gorges, ainsi que l'ont démontré certaines expériences de services allemandes et étrangères.

Le rapport des charges des câbles calculé entre la charge maximum S_{max} et la charge moyenne S_m , dépendant de la différence des rayons Δ_r de la poulie Koepe, fournit une base essentielle pour l'étude d'extractions multicâbles. La figure 8 donne un exemple d'une telle étude. Les indices donnés ne sont valables cependant que pour l'exemple traité et doivent pour chaque cas faire l'objet de nouvelles recherches. Dans l'exemple choisi, le câble 2 est le plus chargé, étant donné que le diamètre intérieur de la gorge dans laquelle passe ce câble est plus grand que les 3 autres (voir schéma sur la figure 8). La valeur maximum de la charge des câbles est atteinte lors de la montée de la cage ou du skip chargé au moment de son arrivée à la recette du jour.

La figure 9 montre, par exemple, les charges dans les câbles mesurées à l'aide de dynamomètres à bague fendue dans le cas d'un skip chargé, en arrêt à la recette du jour. On a fait une distinction entre la charge moyenne S'_m des câbles, résultant du calcul des charges statiques. Cette distinction est recommandable car les différents poids en vrac ou les différents pourcentages de stériles contenus dans le charbon entraînent des différences qui pourraient masquer les influences recherchées.

Outre ces charges statiques supplémentaires, déterminées par les particularités de l'extraction multi-

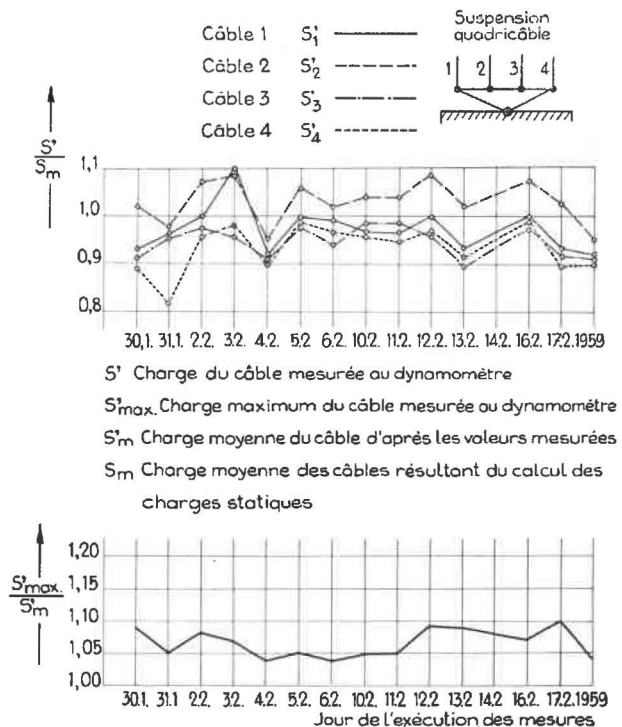


Fig. 9. — Charges de câbles S' mesurées aux dynamomètres à bague fendue pour un skip chargé, en arrêt à la recette du jour.

câble, des charges dynamiques agissant sur les câbles lors de l'accélération et de la décélération apparaissent indifféremment dans les systèmes multicâbles et monocâbles. Ces charges dynamiques supplémentaires, occasionnées par lesdites accélérations, ne présentent aucune particularité par rapport au système d'extraction monocâble.

Il en est de même pour les oscillations longitudinales des câbles dans les installations d'extraction par puits. D'après les résultats d'essais [7] [4], on distingue deux sortes d'oscillations :

1) les oscillations libres s'amortissant peu à peu, auxquelles la cage (ou le skip) attelée au câble élastique est soumise à la suite du choc de freinage lors

de l'arrêt et du changement de palier à la recette du fond ou du jour ;

2) les oscillations forcées, causées par des forces périodiques pendant la marche.

S'il y a concordance entre la fréquence des effets périodiques et la fréquence propre du système d'extraction, les oscillations forcées peuvent être très importantes. Cette dernière éventualité a cependant perdu de son importance depuis l'utilisation des machines d'extraction électriques.

Au-delà des mesurages de service dont les résultats sont donnés à la figure 9, les mesurages des charges dans les câbles exécutés pendant la marche permettent une appréciation plus sûre de la mécanique de l'équilibrage des charges et donnent des informations sur les charges dynamiques supplémentaires et les oscillations des câbles.

Pour enregistrer les charges qui apparaissent pendant la cordée, on adapte l'enregistreur 5 (fig. 10) au dynamomètre à bague fendue.

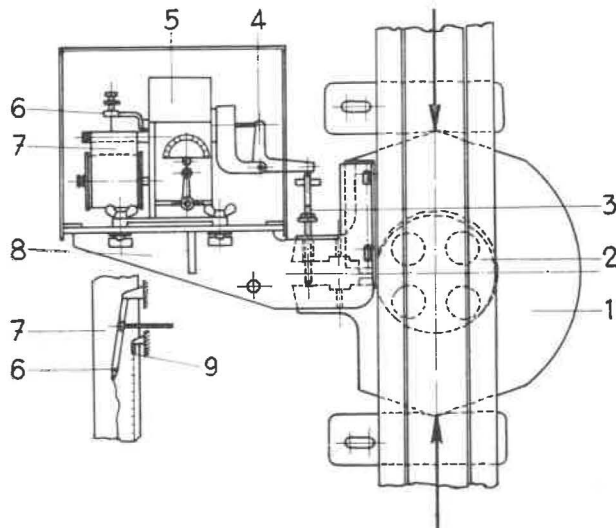


Fig. 10. — Dynamomètre à bague fendue avec appareil enregistreur.

1. corps annulaire fendu.
2. pièce de remplissage
3. tige filetée
4. levier coudé
5. enregistreur
6. levier marquant la charge du dynamomètre
7. ruban enregistreur en papier ciré
8. support
9. stilet marquant le temps et la position dans le puits.

Le corps annulaire fendu I est pressé par la charge du câble et reporte son mouvement grâce à une tige filetée 3 et un levier coudé 4 sur un levier 6. Celui-ci trace ce mouvement sur une bande de papier ciré 7. Un fort ressort de rappel au levier du stilet assure le contact ferme des différents éléments conducteurs situés entre le levier qui marque la charge et la bague fendue du dynamomètre.

Etant donné que la charge sur le dynamomètre à bague fendue en service ne peut pas être connue de prime abord, la fente du dynamomètre est mesu-

rée à l'aide d'un gabarit micrométrique afin de déterminer la position de départ du stilet. Pour interpréter les mesures, on peut par la suite tracer la ligne de charge zéro sur la bande de papier ciré. Il est même recommandable de tracer d'autres lignes de références parallèles à la ligne zéro en fonction de la courbe d'étalonnage. Ceci permet une lecture directe des charges sur la bande enregistrée. Il est possible d'adapter au stilet 9 un enregistreur électrique approprié qui marque le temps et la position dans le puits.

Lors des mesurages, une montre électrique donne une impulsion toutes les secondes à chacun des quatre appareils. La position de la cage dans le puits est enregistrée sur une seule bande, mais peut très facilement être reportée sur les autres bandes, à l'aide des indications de temps. Une roue, roulant le long des guidonnages, donne au deuxième stilet les indications de position dans le puits.

Les oscillations du dynamomètre à bague fendue sont faibles. Pour obtenir des bandes de mesure faciles à interpréter, l'appareil enregistreur amplifie les oscillations du dynamomètre dans un rapport d'environ 1 à 18.

A l'aide de ce dispositif de mesure, on a, entre autres, fait des recherches sur le glissement des câbles dans les gorges de la poulie Koepe, provoqué par un brusque freinage manuel exécuté volontairement. Les bandes de mesure d'un tel incident sont représentées sur la figure 1. On voit l'allure de la courbe des charges pendant toute la cordée, depuis l'étage de 600 m jusqu'à la surface. Le skip n'était pas chargé et la vitesse de montée fut de 16 m/s.

Avant le départ du skip vide à la recette du fond, les charges suivantes ont été mesurées au dynamomètre :

Câble n°	1	2	3	4
Charge (t)	6,0	7,0	6,5	5,5

L'accélération au départ de la recette du fond occasionne une augmentation de charge dans les différents câbles. L'augmentation de charge pendant la cordée, due au poids grandissant du câble d'équilibre, ne se répartit pas régulièrement sur les quatre câbles. Les câbles 1 et 4 accusent une forte augmentation de la charge mesurée au dynamomètre, tandis que les câbles 2 et 3 dans la zone de 550 à 50 m montrent une charge à peu près constante. Ces augmentations inégales des charges sont occasionnées par des différences dans la profondeur des gorges sur la poulie Koepe.

Le freinage commence à une profondeur de 50 m. On reconnaît aisément l'oscillation verticale, engendrée dans les quatre câbles par la décélération. La

forte diminution des charges dans les quatre câbles 1,5 s avant l'arrêt à la recette du jour est provoquée par le freinage brusque. Les oscillations engendrées par ce freinage ont, de ce fait, une forte amplitude. Après l'arrêt, les oscillations cessent rapidement d'elles-mêmes.

Après cessation des oscillations, on a mesuré aux dynamomètres les charges suivantes :

Câble n°	1	2	3	4
Charge (t)	10,0	11,3	9,5	9,0

Avant le freinage, à une profondeur de 60 m, les charges dans les câbles étaient respectivement :

Câble n°	1	2	3	4
Charge (t)	11,5	8,0	8,3	10,0

En comparant les valeurs des charges après l'arrêt à celles mesurées à 60 m de profondeur, on obtient les différences suivantes :

Câble n°	1	2	3	4
Charge (t)	-1,5	+3,3	+1,2	-1,0

Ces différences de charges dans la zone mentionnée ci-dessus peuvent avoir les causes suivantes :

- 1) Influence du poids du câble d'équilibre ;
- 2) Influence des profondeurs inégales des gorges sur la poulie Koepe ;
- 3) Glissement du câble.

Si l'influence du poids du câble d'équilibre était seule en cause, les différences devraient être égales pour tous les câbles. Dans ce cas, le calcul donne pour une course de 60 m un accroissement de 0,5 t par câble.

Des différences dans les profondeurs des gorges provoqueraient un changement continu des charges mesurées, pour autant que l'adhérence des câbles sur la poulie reste assurée.

On constate cependant une irrégularité dans l'allure de la courbe des charges. Celle-ci est bien apparente sur les parties hachurées du diagramme figure 11. Dans la période de 115 à 125 s, une oscillation verticale ayant une fréquence d'environ 0,2 Hz apparaît pendant la marche de la poulie Koepe. La position moyenne de cette oscillation est indiquée sur les diagrammes en traits mixtes. Apparemment, cette position moyenne semble déplacée par rapport à la position moyenne de l'oscillation d'environ 0,8 Hz qui apparaît quand la poulie est fortement freinée.

Les irrégularités mentionnées plus haut se manifestent alors. Le câble 2 s'en ressent tout particulièrement et on constate qu'il a glissé sur la poulie au cours de cette période. Le diagramme du câble 3 montre par contre clairement que ce câble n'a pas glissé sur la poulie, tandis que le comportement des câbles 1 et 4 ne peut pas être établi aussi clairement.

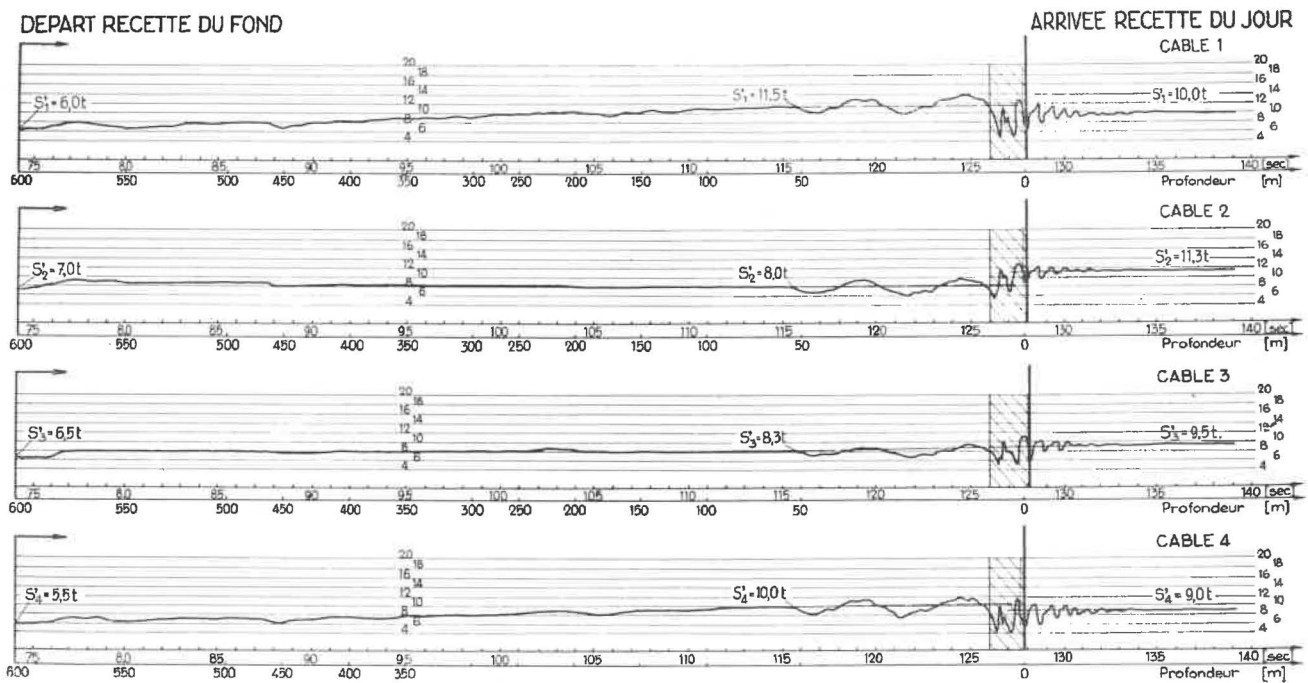


Fig. 11. — Allure des charges de câble durant une cordée (montée), vitesse 16 m/s, freinage brusque à la recette du jour. Durant cette cordée de mesure, le skip était vide.

Nous soulignons que la courbe des charges n'a l'allure représentée à la figure 11 qu'en cas de freinage brusque. Dans l'extraction automatique notamment, ces forces dynamiques additionnelles ont beaucoup moins d'importance.

La présentation de cette figure 11 a aussi pour but de montrer que ce procédé de mesurage permet d'analyser des cas particuliers semblables.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ANDERHEGGEN, Erwin: Der Ausbau der Zeche Friedrich Heinrich für eine Jahresförderung von drei Millionen Tonnen.
(La reconstruction du siège Friedrich Heinrich pour une production annuelle de 3.000.000 de tonnes).
Glückauf 93 (1957) p. 1373-1393.
- [2] BAER, Siegfried: Der Ausgleich der Seilkräfte bei Mehrseilförderungen.
(La compensation des efforts dans les câbles dans des installations multicâbles).
Glückauf 89 (1953) p. 1253-1265.
Extraits des travaux de recherches de la Gutehoffnungshütte, Usine de Sterkrade, Série Minière, Imprimé n° 16, Oberhausen 1953.
- [3] BAER, Siegfried: Sonderfragen der Mehrseilförderung. (Questions particulières posées par l'extraction multicâble).
Glückauf 92 (1956) p. 637-646; Extraits des travaux de recherches de la Gutehoffnungshütte Sterkrade A.G., Usine de Sterkrade, Série Minière, Imprimé n° 19, Oberhausen 1956.
- [4] BAER, Siegfried: Die Verbindung zwischen Förderseil und Klemmkausche unter statischer und dynamischer Belastung.
(La connexion entre câbles et attache sous les efforts statiques et dynamiques).
Glückauf 94 (1958) p. 1289-1303; Extraits des Travaux de recherches de la Gutehoffnungshütte Sterkrade A.G., Usine de Sterkrade, Série Minière, Imprimé n° 26, Oberhausen 1958.
- [5] LANGE, Fritz: Die Vierseilförderung, Essen.
(L'extraction à quatre câbles, Essen).
Edition Glückauf 1952.
- [6] METTLER, Eberhard: Ueber Seilkraftausgleich bei Vierseilförderungen.
(Sur la compensation des charges des câbles dans les installations d'extraction multicâbles).
Extraits des travaux de recherches de la Gutehoffnungshütte Sterkrade A.G., Usine de Sterkrade, Série Minière, Imprimé n° 21, Oberhausen 1956.
- [7] METTLER, Eberhard et BAER Siegfried: Ueber Seil-schwingungen in Schachtförderanlagen.
(Sur les oscillations des câbles dans les installations d'extraction par puits).
Glückauf 85 (1949) p. 849-861.
Extraits des Travaux de recherches de la Gutehoffnungshütte, Usine de Sterkrade, Série Minière, Imprimé n° 5, Oberhausen 1959.

PHOTOS

Archive de la Gutehoffnungshütte, Sterkrade A.G., Usine de Sterkrade.