

# CHRONIQUE

## Étude de laboratoire sur le graissage des câbles de mines.

PAR

G. BATTA,

Docteur en Sciences,

ET

Ed. LECLERC,

Ingénieur civil des Mines et Electricien.

(Communication faite au Congrès du Graissage de Strasbourg,  
Juillet 1931.)

### INTRODUCTION.

Ayant eu l'attention attirée sur l'importance du graissage des câbles métalliques d'extraction, nous nous sommes attachés à réunir une documentation qui permette de préciser les conditions physico-chimiques dans lesquelles ce graissage a lieu. Nous avons également commencé une série d'expériences de laboratoire destinées à caractériser l'action propre de chacun des agents que nous avons été amenés à considérer dans notre étude préliminaire.

### RENSEIGNEMENTS GENERAUX.

Pour la clarté de notre exposé et tenant compte de la nature spéciale de l'objet de notre étude, nous parlerons très brièvement des câbles en général.

Les câbles métalliques d'extraction du type *plat* et dont nous nous occuperons exclusivement ici, sont fabriqués de la manière suivante. Tout d'abord, on câble des fils d'acier (de 5 à 12) d'un diamètre de 1 à 2,2 millimètres, sur une âme en chanvre soigneusement imprégnée de graisse. On obtient ainsi un *toron*.

À l'aide de 4 torons, câblés à leur tour, on forme une *aussière*. Un câble est simplement constitué par un certain nombre de ces aussières (6 à 10) que l'on assemble par couture à l'aide de fils en acier doux.

Ces câbles peuvent atteindre des longueurs de plusieurs centaines de mètres et doivent présenter, parfois, des efforts de rupture dépassant 300 tonnes.

Chez le fabricant, l'âme et le toron sont graissés séparément, puis le câble achevé est entraîné lentement dans un bain de graisse chaude.

Pour son utilisation au charbonnage, le câble est enroulé sur une bobine, il passe de celle-ci sur une poulie, dite *molette*, qui règle sa position par rapport au compartiment du puits dans lequel circulera la cage.

#### BUTS DU GRAISSAGE DES CABLES DE MINES.

- 1° Réduire les frottements entre fils afin d'atténuer l'usure.
- 2° Enrober le métal dans une matière neutre qui le mette à l'abri des phénomènes de corrosion.

#### CARACTERISTIQUES DE CE GRAISSAGE.

Il n'est peut être pas inutile de préciser dès maintenant, ce qui confère au graissage des câbles de mines, son caractère tout spécial.

Habituellement, dans les problèmes du graissage, on fait intervenir deux facteurs principaux : pression et vitesse. Ici, le facteur vitesse n'existe pas. Il s'agit bien dans notre cas de surfaces pressées les unes contre les autres, mais leur déplacement relatif est nul ou à peu près.

Un deuxième caractère est la discontinuité d'alimentation en lubrifiant des parties frottantes, alors que les plus mauvaises conditions sont accumulées pour souiller les graisses, et les expulser du câble. Ajoutons à cela que, dans une mine, le câble est un des outils essentiels et qui doit présenter toutes les garanties puisqu'on lui confie des vies humaines. Or, sa préservation contre la corrosion dépend avant tout de la qualité et de l'efficacité du graissage.

Par ailleurs, ce graissage se présente différemment suivant qu'il concerne la zone extérieure du câble ou les parties internes mieux protégées. Tandis que dans l'intérieur du toron, sauf le cas de déformation du câble, il n'y a guère que la pression entre les fils qui puisse amener l'expulsion du lubrifiant, à la surface du

câble, diverses causes interviennent pour détacher ou détruire la graisse. Ce sont les frottements sur la molette ou contre les couches de câble enroulées sur la bobine; le détachement par l'action centrifuge à la bobine; l'entraînement par les eaux; les altérations provoquées par les vapeurs acides ou par des poussières de toute nature.

On sait que le premier graissage du câble est le plus important; il est effectué par le fabricant. Les autres graissages chez l'utilisateur sont plus ou moins fréquents, suivant l'état du puits de la mine. Ils nécessitent parfois un dégraisage préliminaire qui demande une surveillance spéciale. Nous en reparlerons bientôt.

#### HISTORIQUE.

A notre connaissance, il n'y a pas eu en Belgique d'accident causé par le graissage défectueux d'un câble. On doit donc reconnaître que les services de surveillance ont très scrupuleusement rempli leurs fonctions. Il y a eu évidemment des cas où, par suite de corrosions très intenses, des câbles ont subi une usure prématurée; nous aurions voulu indiquer la proportion des câbles qui furent mis hors d'usage pour cette raison; il ne nous a pas été possible de trouver en Belgique une statistique qui nous donne ce renseignement.

On peut dire qu'en ce qui concerne les câbles métalliques d'extraction, on n'a pas encore acquis l'expérience profonde que l'on possédait avec les anciens câbles en aloès. L'introduction du câble en acier date de la guerre à peine, époque malheureuse durant laquelle la disette presque absolue des matières premières avait rendu la construction et l'entretien de nouveaux câbles malaisés autant que des recherches d'ordre scientifique concernant le graissage impossibles et inutiles. A l'armistice, le temps nécessaire aux réapprovisionnements a ralenti la mise au point des produits nécessaires à la lubrification, bien que, les demandes affluant, il fut urgent de produire.

Les techniciens ont joint leurs efforts pour dégager, des observations qu'il avaient eu l'occasion de faire, les qualités essentielles à exiger d'une graisse pour qu'elle rende son office, dans les conditions habituelles. En Belgique, c'est à l'Association des Industriels de Belgique (A. I. B.) que nous sommes redevables de la rédaction d'un cahier des charges extrêmement intéressant.

On y insiste notamment sur la neutralité de la graisse et sur l'absence de corrosion d'un acier poli métallographiquement et conservé 10 heures dans le produit mis à l'essai.

Ainsi, grâce aux efforts persévérants des uns et des autres, on a pu enregistrer des progrès encourageants dans la réalisation de substances lubrifiantes qui donnent satisfaction dans de nombreux cas. Il reste encore des questions à approfondir, en particulier celles qui touchent à la corrosion des câbles dans les puits très humides, où coulent des eaux très chargées de sels. Egalement, il conviendrait de rechercher les moyens d'augmenter l'adhérence des graisses, sans en accroître, à l'excès, la viscosité.

#### ETUDE DES CONDITIONS DU GRAISSAGE DES CABLES.

Ce graissage se présente dans des conditions différentes suivant qu'il s'agit de la première lubrification effectuée chez le fabricant, ou des suivantes exécutées en cours d'utilisation.

##### A. — *Technique du graissage.*

Chez le fabricant, l'âme et le toron sont d'abord graissés séparément. Le câble une fois terminé est passé à son tour dans un bain de graisse chaude. Le cahier des charges de l'A. I. B. prescrit, pour cette préparation, de limiter la vitesse de déplacement du câble à 20 centimètres par seconde, l'auge ayant 5 mètres de longueur au moins, la température de la matière étant de 70° C en été et de 90° C en hiver.

Pour les câbles ayant déjà fonctionné, le graissage est plus difficile. Généralement, ce travail doit être précédé d'un dégrasage qu'on réalise soit à l'aide de brosses métalliques fabriquées avec de vieux bouts de câbles dont on détord les bouts de torons, soit avec des appareils à jets d'air comprimé. Quand les croûtes sont difficiles à enlever, on peut, avant le travail à la brosse, imprégner le câble de pétrole. Il existe des appareils construits spécialement pour ces opérations. Ils effectuent successivement le dégrasage, de séchage du câble et le graissage; ils récupèrent en outre les excès de matière. Avec ces machines, il faut surtout veiller à ne laisser, avant le graissage, aucune humidité sur les fils.

On utilise également de simples bacs construits en deux pièces et dont le fond ou une paroi est muni d'un bourrage à travers

lequel le câble peut passer. Ces bacs sont remplis avec la graisse échauffée. Le dispositif est simple et économique.

##### B. — *Milieux et phases en présence.*

Nous étudierons successivement : l'air du puits et de ses abords, les poussières du bure, l'eau de ruissellement et de condensation, l'acier du câble, l'âme des torons et les graisses utilisées.

Dans le puits d'entrée d'air, l'atmosphère y est, à peu près, ce qu'elle est en surface. Dans le puits de retour, au contraire, on retrouve, outre l'oxygène et l'azote, toute une série de produits dus à la respiration des hommes et des animaux, ainsi que les émanations ordinaires des roches et du charbon, CO<sup>2</sup>, CH<sup>4</sup>, etc. A titre d'exemple, voici un tableau résumant les résultats obtenus par l'analyse de l'air de mines anglaises.

#### Analyse d'échantillons d'air de mines anglaises (1)

	CO <sup>2</sup>	gaz comb.	(En %.) O <sup>2</sup>	N <sup>2</sup>	CO
<b>KENT.</b>					
Veine de 5 pieds :					
Entrée d'air : emplac. A.	0,05	0,03	20,84	79,07	pas trace
Retour d'air : emplac. B.	0,26	0,21	19,76	79,77	0,0025
<b>NORTH STAFFORDSHIRE.</b>					
Retour n° 1 :					
Veine Cockshead . . .	0,72	0,40	19,78	79,10	0,0050
Front de taille :					
Veine de 8 pieds Banbury .	0,31	0,38	20,43	78,88	0,0005
<b>SOUTH YORKSHIRE.</b>					
Retour n° 3 :					
Veine de Barnsley . . .	0,20	2,14	19,73	77,92	0,0063

On voit clairement, par ce tableau, la modification apportée à la composition de l'air, par le passage de celui-ci à travers la mine. Mais en ce qui nous concerne, il semblerait que l'air du puits de retour ne contienne rien de très nuisible. Notons cependant que ces analyses ne font voir que les produits normaux. En réalité, les galeries de retour amènent au puits, à certains moments, des quantités assez importantes de gaz dangereux pour la vie des câbles : ce sont notamment des vapeurs sulfureuses dues

(1) J. Ivon Graham, « The value of gas analyses in the investigation of certain underground problem ». — Congrès International des mines métallurgie et géologie, VI<sup>e</sup> Session, 1930.

à l'action des eaux acides sur les pyrites de charbon (1) (il peut y avoir formation de  $H^2S$ ,  $SO^2$ ), des produits nitreux et chlorés provenant des explosifs utilisés pour l'abatage ou le creusement des galeries, etc.

Quand ces composés existent dans un milieu humide, ils peuvent être fixés dans les gouttelettes d'eau de condensation et donner ainsi naissance à de véritables brouillards acides. Cette remarque est d'ailleurs confirmée par les observations de la pratique. Des corrosions intenses et localisées, allant même jusqu'à causer la rupture de câbles, ont été constatées sur les parties de câble qui séjournèrent longtemps en face de certaines galeries de retour d'air.

Dans les puits secs, on rencontre souvent des poussières. Ces particules, constituées par du charbon, du schiste, des matières calcaires ou silicieuses, se fixent sur la graisse et y adhèrent d'autant mieux que celle-ci est plus collante. Il se constitue de cette façon des cambuis, et nous connaissons les désagréments qu'ils provoquent toujours. Une graisse qui, progressivement, se charge de corps inertes, perd petit à petit ses propriétés adhérentes jusqu'à devenir elle-même matière inerte, sinon nuisible.

Dans certains puits, la teneur en poussières (mesurée près du ventilateur) peut tomber à 12 milligrammes au mètre cube. On sait que dans les villes, la quantité de poussières peut atteindre et dépasser 1,5 milligramme au mètre cube.

L'eau, dans les puits, a deux origines : la condensation de la vapeur dont l'air est saturé et les venues d'eau des terrains.

Le tableau ci-dessous reproduit les analyses effectuées sur des échantillons d'eau ruisselant à différents niveaux d'un même puits.

Quand on examine ce tableau, on est frappé par l'abondance des matières en solution dans ces eaux, tout autant que par l'extrême variation des concentrations, bien que les échantillons aient été prélevés à peu de distance les uns des autres.

Ces eaux de ruissellement sont projetées sur le câble, par suite des mouvements de la cage qui se transmettent aux charpentes sur lesquelles les eaux s'écoulent. Nous faisons appel, d'ailleurs, au souvenir de ceux qui descendirent dans des puits humides; ils n'ont pas oublié cette présence incommode d'eau boueuse. Il

(1) Notamment dans les couches épaisses où il y a des échauffements.

### Eaux d'un charbonnage belge.

Essais.	90 m.	360 m.	540 m.	650 m.
Résidu fixe à 110° (milligrammes par litre) . .	1.404	1.420	2.170	2.266
Résidu fixe après calcin. (milligrs par litre) . .	1.152	1.182	2.046	2.148
Matières organiques calculées en acide oxalique (milligrs par lit.).	244,8	108,8	340	122,4
Agressivité : l'eau distillée étant posée 100. . .	95,65	78,26	82,60	170
Chlore : calculé en Cl (milligrs 0/00) . . .	24	14,4	211,2	17,6
Alcalinité : calculée en NaOH (milligrs 0/00) . .	neutre	neutre	—	neutre
$SO^3$ (milligrs 0/00) . .	177	530	445	1.406
Chaux (milligrs 0/00) . .	59,36	86,24	57,12	141,2
MgO (milligrs 0/00) . .	26,64	42,12	48,64	54,72
PH à l'aide de l'électrode à antimoine . . . . .	8,22	8,28	8,77	8,72

n'est donc pas étonnant de rencontrer parfois des câbles ruisselants d'eau au point qu'on les croirait retirés de quelque mare.

L'eau de condensation tombe en bruine dans les puits, mais elle peut également apparaître directement sur le câble, si celui-ci possède une température très différente de celle de l'air.

Une part d'influence sur les conditions du graissage doit certainement revenir à la nature de l'acier qui a servi à la fabrication du câble. Cette action est surtout à prendre en considération quand on étudie la résistance à la corrosion. On trouvera, ci-dessous, un exemple de composition de ces aciers :

Carbone . . . . .	0,60 à 0,85 (1)
Manganèse . . . . .	0,30 à 0,70
Phosphore . . . . .	0,02 à 0,04
Soufre . . . . .	0,20 à 0,40
Silicium . . . . .	0,20 à 0,30

En vue de certaines applications spéciales, on a été astreint à faire usage d'acier galvanisé, au lieu d'acier clair. Il en est ainsi notamment dans la construction des câbles ronds « Koepe », qui doivent, par principe, donner une grande adhérence à leur poulie d'entraînement. Pour ce motif, ces câbles ne sont pas graissés extérieurement.

(1) Suivant la résistance de 130 à 200 kgr./mm<sup>2</sup>.

On a également voulu fabriquer des câbles métalliques plats d'équilibre en fils galvanisés, avec l'intention de supprimer ainsi le graissage. Cela paraît excessif. La galvanisation ne peut dispenser de prévoir l'existence d'une matière destinée à enrober et protéger le métal dans l'éventualité d'une destruction de la fine couche de zinc.

Les frottements répétés, au contact des fils entre eux, ont tôt fait d'enlever la pellicule de métal protecteur, et nous avons des preuves qu'en ces endroits, il s'amorce parfois, par formation de couples notamment, des corrosions profondes qui ne laissent rien paraître à un examen superficiel des torons. En résumé, un câble en fils galvanisés nous paraît devoir être graissé tout comme celui en fils d'acier clair.

Les aciers au cuivre ont été préconisés également, en raison de leur résistance à la corrosion. On a cependant relevé des irrégularités dans cette action particulière, en sorte que la question reste encore en suspens.

L'âme des torons des câbles plats est faite en jute; elle doit subir une imprégnation soigneusement exécutée, car cette âme est destinée, entre autres choses, à conserver une réserve de lubrifiant qui doit durer la vie du câble. Si la graisse venait à y disparaître complètement, le jute absorberait rapidement de l'humidité et entretiendrait, au cœur du toron, une source vive d'agent corrodant. Un tel accident est sans remède efficace, car nul graissage ne réintroduira le lubrifiant, là d'où tout converge à le rejeter.

Divers mélanges ont été préconisés pour le graissage des câbles. Ce sont en général des dérivés du pétrole exempts de produits instables ou susceptibles de corroder l'acier des fils. Dans un prochain chapitre, nous étudierons en détail la constitution des graisses actuellement en usage.

#### C. — Conditions physiques du graissage.

Envisageant en premier lieu l'action de la température, nous aurons à établir une distinction entre le cas du puits d'entrée et celui du puits de retour d'air. Tandis que dans le premier, les températures y sont très variables avec le jour et les saisons, la profondeur du puits et les conditions de la ventilation, dans le second, au rebours, les fluctuations y sont peu importantes.

Puits d'entrée d'air : de  $-15^{\circ}$  à  $+30^{\circ}$  suivant les saisons.

Puits de retour d'air : environ  $25^{\circ}$ .

La température doit être prise en considération, par exemple quand il faut indiquer le degré de viscosité d'une graisse que l'on destine à un puits donné.

La pression des fils les uns sur les autres est un facteur de première importance. Elle a plusieurs causes qu'il est intéressant de distinguer.

Les fils sont d'abord fortement serrés les uns contre les autres lors du toronnage. En effet, dès qu'ils ont été enroulés autour de l'âme, ils sont forcés de s'engager entre deux mâchoires d'acier, qu'un contrepoids pesant tend à refermer. La pression obtenue marque son effet en exprimant une partie de la graisse contenue dans l'âme, réalisant du même coup un premier graissage des fils.

Les fils tendront encore à se serrer davantage lorsque le câble sera mis sous tension, une partie des efforts de traction donnant, par le câblage, des composantes normales aux fils.

Une troisième cause intervient encore pour accentuer ces efforts; elle s'exerce sur les parties du câble enroulées sur les bobines, chaque couche de câble supportant les effets du serrage des couches voisines. On est saisi de l'importance des pressions développées quand on constate combien facilement les graisses les plus adhérentes fluent en dehors des torons.

Le repos ou le service place un câble dans des conditions nettement différenciées, dont nous voudrions retenir un des aspects.

Il s'agit du phénomène de corrosion locale dont nous avons déjà signalé l'existence en face de certaines galeries de retour d'air, une partie de câble qui y demeure arrêtée quelque temps présente parfois une corrosion rapide; ce fait mérite l'attention, car des négligences en cette matière causeraient de graves mécomptes. En dehors de cette circonstance particulière, le frottement du câble, la force centrifuge à la bobine (1), les glissements inévitables sur les molettes et les chocs de toute nature donnent lieu à des décollements de la couche de lubrifiant, puis à son détachement, action favorisée encore par la présence de l'eau et des poussières.

(1) La vitesse périphérique du câble peut atteindre 20 mètres/seconde.

Reste une condition qui les prime toutes : c'est la qualité du graissage lui-même. Toutes les précautions et les attentions sont vaines si la graisse a été mal appliquée ou mal choisie. Il est arrivé que des câbles aient plus souffert de ce mal que des conditions extérieures.

Un graissage peut être en défaut de plusieurs manières. Tout d'abord, quand un câble nécessite une nouvelle application de lubrifiant, généralement son état exige un nettoyage préliminaire. Pour effectuer cette opération, il ne faut jamais perdre de vue le principe suivant : « les croûtes de crasse ne doivent pas être confondues avec du lubrifiant adhérent; celui-ci ne doit jamais être enlevé » (1).

On constate, en effet, que, par un dégraisage excessif, au moyen d'air comprimé par exemple, on peut, si on n'y prend garde, lors du graissage qui suit immédiatement ce travail, retenir sous la couche de lubrifiant, et en contact intime avec le métal trop décapé, un peu d'humidité, cette petite quantité d'eau provenant de l'air comprimé.

Par ailleurs, l'emploi mal combiné de deux graisses différentes est un danger. Il serait, par exemple, à déconseiller de mettre sur un fil une couche de graisse fluide, telle que la « Spindel », puis de recouvrir celle-ci, lors d'un nouveau graissage, d'une matière de viscosité égale à 25° Engler.

Ajoutons que, si le fil doit être conservé longtemps en magasin avant son utilisation à la corderie, il vaut mieux le graisser immédiatement après le tréfilage. On choisira pour cette opération, la même graisse que celle destinée au câble lui-même.

Notre dernier mot en ceci est que le graissage chez le fabricant doit être parfait. Il est presque impossible, sur un câble qui a fait du service, de reconstituer la protection sûre et efficace que l'on attend de la graisse. Réintroduire dans l'intervalle des fils du toron la matière qui doit le sauver de la corrosion serait une tentative bien hasardeuse, d'autant plus que l'humidité qui aurait pu s'introduire dans l'âme du câble aurait déjà fait son œuvre.

(1) Voir l'étude de M. Herbst, ing. dipl., dans « Glückauf », n° 2, 10 janvier 1925.

### QUALITES A EXIGER D'UNE GRAISSE POUR CABLE.

1. — *Résistance aux milieux.* — Ainsi que nous l'avons montré, les graisses étant souvent placées dans des conditions chimiques excessivement défavorables, il importe d'exclure de leur composition tout élément d'instabilité susceptible de compromettre à un certain moment les qualités essentielles de la graisse.

2. — *L'adhérence.* — L'action dominante de la pression, l'effet de la force centrifuge ainsi que l'entraînement par les eaux exigent que l'on choisisse les graisses possédant l'adhérence la plus grande possible. Ce problème de l'adhérence est parmi les plus délicats de la pratique du graissage. Pour l'étude de cette question importante, nous ne pouvons que renvoyer aux admirables travaux de MM. Langmuir et Woog.

De notre côté, nous n'avons guère pu effectuer que quelques essais d'ordre pratique, décrits dans un prochain chapitre, et dont le but était de comparer l'adhérence relative de quelques graisses.

Nous pensons que, pour les câbles de mines, cette propriété est essentielle, et que la mise au point d'une méthode rapide de mesure rendrait les plus grands services.

### SPECIFICATIONS BELGES.

Le cahier des charges de l'Association des Industriels de Belgique renferme, concernant les graisses pour câbles, les stipulations suivantes :

- 1) Le lubrifiant sera composé uniquement d'huile ou de graisse minérale, à l'exclusion de goudrons végétaux et d'huile animales. Les huiles végétales parfaitement neutres seront tolérées. Dans ce cas, la teneur et la nature de l'huile devront être indiquées.
- 2) La teneur en acidité soluble dans l'eau doit être nulle.
- 3) La teneur en acidité soluble dans l'alcool, exprimée en anhydride sulfurique, sera inférieure à 0,1 %.
- 4) La teneur en cendres ou matières fixes à l'incinération sera inférieure à 0,1 %.
- 5) L'action du soufre et des composés sulfurés et autres sur une lame d'argent polie, plongée 100 heures dans la graisse à 120° C, sera rigoureusement nulle.

6) Le lubrifiant sera soumis à l'essai de corrosion (1). Un échantillon d'acier doux (contenant de 0,1 à 0,7 % de carbone) poli suivant les règles admises en technique métallographique, exposé pendant 100 heures à l'action de la graisse chauffée à 120° C, ne peut présenter aucune trace de corrosion.

Notre intention avait été de faire une étude comparative des cahiers des charges de divers pays. Bien que nous ayons fait tout notre possible, nous n'avons pu obtenir à temps tous les renseignements qui nous étaient nécessaires. Nous n'abandonnerons cependant pas la question qui sera reprise prochainement.

#### GRAISSES PRECONISEES.

Remontant aux origines, nous rappellerons que, durant la guerre, on utilisa pour le graissage des câbles de mines, des mélanges contenant jusqu'à 50 % d'argile. Nous n'insisterons pas sur la valeur de ces produits qui ne répondent plus *tout à fait* aux stipulations du cahier des charges de l'A. I. B.

Après l'armistice, on eut d'abord recours à des goudrons végétaux, liquides à froid. Ils sont abandonnés. Certains cordiers cependant n'eurent pas à s'en plaindre, bien qu'ils soient plus ou moins acides.

On utilisa également un mélange de goudron de houille et de suif (10 %). Comme après quelque temps, 5 à 6 mois, le suif rancit, il y a là un inconvénient qui peut devenir une nuisance. Dans les puits très humides, ces mélanges sont entraînés et doivent être renouvelés, avant que la transformation du suif n'ait eu le temps de s'accomplir. Il y a des cas où des câbles graissés de la sorte se sont bien comportés.

D'autres mélanges ont encore été préconisés, qui étaient à base de goudrons, de résine, d'huile, etc. On trouvera des formules de cette espèce dans les excellents ouvrages de Ehram (2) et de Thomson (3).

Actuellement, on trouve sur le marché des mélanges bien étudiés.

(1) Cf. « Technique Moderne », 15 juin 1928, p. 430. Cette étude contient des remarques intéressantes sur la corrosion de l'acier par les huiles de graissage.

(2) Ehram : Produits d'entretien.

(3) Thomson : La pratique du graissage. — Dunod, 1925.

Quoique leur composition ne soit pas toujours divulguée, on peut admettre que ces produits ne contiennent guère que des hydrocarbures retirés du pétrole, des vaselines, etc. Evidemment, ont doit rejeter parmi ces derniers, ceux qui renfermeraient du soufre ou des acides, de même que les produits insuffisamment raffinés qui pourraient causer des corrosions par leur acidité éventuelle; leur instabilité, d'autre part, pourrait nuire à l'efficacité du graissage.

Peut-être que l'addition aux graisses minérales, d'une faible quantité d'acide gras ou de bitume particulièrement adhésif, pourrait en améliorer les qualités. Nous inspirant des recherches de Archbutt notamment, nous espérons effectuer des essais en vue de vérifier la valeur de cette hypothèse.

#### RECHERCHES DE LABORATOIRE.

Echantillons.	A	B	C	D	E
Centres . . . . .	0,07	0,03	0,10	2,95	0,016
Acidité soluble dans l'eau . . . . .	nulle	nulle	nulle	inut.	inut.
Acidité soluble dans l'alcool; en SO <sup>3</sup> . . . . .	0,0024	0,0050	0,0024	0,0028	0,0028
Action du soufre . . . . .	nulle	nulle	nulle	inut.	inut.
Essai de corrosion . . . . .	nulle	nulle	nulle	inut.	inut.

Nous avons mis la mention inut. (inutile) quand l'un des premiers essais effectués exigeant déjà que la graisse soit rejetée, la détermination en question n'était plus nécessaire.

Nous avons désiré poursuivre les recherches sur certaines de ces graisses, avec comme objectifs :

1) Etant posée l'importance extrême à donner au facteur adhérence, rechercher l'existence de cette propriété dans l'échantillon à étudier et mettre au point une méthode rapide de mesure relative de cette adhérence.

2) Comparer les divers échantillons au point de vue de leur efficacité à protéger, contre la corrosion des fils ou des torons. Mettre au point un appareil qui permette cette mesure dans les conditions les plus proches de celles de la pratique.

C'est dans ce dessein que nous avons fait (et que nous comptons poursuivre) un certain nombre d'essais que nous classerons en essais chimiques et essais physiques.

A. — *Essais chimiques.*

Nous avons opéré sur trois échantillons de graisse.

Echantillons	a	b	c
Indice d'iode . . . . .	6,03	8,17	9,77
Indice de saponification . . .	0	0	0
Soluble dans le sulfure de carbone, en % . . . . .	100	100	100
Teneur en asphaltène en % . .	1,41	1,35	5,10

Ces essais, qui montrent la teneur minime en composés non saturés, permettent entre autres choses, de conclure à une grande stabilité des produits. Ces composés ne contiennent pas de graphite, corps utile au graissage et qui a même été conseillé. Enfin, l'échantillon *c* renferme une quantité plus importante d'asphaltène que les deux autres. Nous verrons par la suite, les propriétés spéciales du produit *c*.

Nous comptons, dans la suite de notre étude, examiner les variations des propriétés chimiques d'un lubrifiant avec sa durée d'emploi.

Nous avons, dès à présent, effectué une mesure sur la variation d'acidité d'une graisse du type *c*. Nous avons trouvé :

Produit neuf : acidité soluble dans l'alcool.	0,10 %
Produit usagé : acidité soluble dans l'alcool.	0,15 %

B. — *Essais physiques.*

## 1) Recherches sur l'adhérence.

Principe et mode opératoire : mêler intimement à un poids donné de graisse, une quantité de charbon très pauvre en cendres finement broyé et passé au tamis de 4900, et telle que la masse obtenue ne fasse plus corps, n'adhère plus au verre ni à l'acier et forme des grumeaux. Exprimer par rapport à 100 grammes de graisse la quantité minimum de charbon qui permette d'atteindre ce but.

Essai effectué sur verre de montre,  $T = 19,5^{\circ} \text{C}$ .

Graisse *a* : 210 grammes de charbon.

Graisse *b* : 202 grammes de charbon.

Graisse *c* : 252 grammes de charbon.

Essai effectué en creuset de 4 centimètres de diamètre.

Graisse *a* : 200 grammes de charbon.

Graisse *b* : 190 grammes de charbon.

Graisse *c* : 205 grammes de charbon.

Graisse *d* : 96,5 grammes de charbon (1).

Il importe de constater l'absence d'adhésion de la graisse mélangée de charbon, immédiatement après le malaxage, sinon une sorte d'exsudation peut fausser l'appréciation du terme de l'essai.

## 2) Recherches sur la résistance à la corrosion.

A la vérité, nos méthodes permettraient de juger en même temps de l'adhérence d'un produit.

Tous les essais effectués consistent à graisser un fil pour câble et à le plonger dans divers milieux d'attaque. On a examiné alors les effets produits sur la graisse et le fil après un certain temps.

La première question à débattre, la plus importante d'ailleurs, est celle de l'épaisseur de la couche de graisse qui doit enrober le fil. Nous avons opéré de la manière suivante : chaque fil était plongé dans la graisse fluidifiée à  $100^{\circ} \text{C}$  (par bain-marie); on laissait au fil le temps de s'échauffer, puis on le retirait du bain. Il y restait adhérent une couche de matière dépendant de qualités de la graisse, facilement reproductible avec la même épaisseur et identique, en outre, à celle qui se formerait dans la pratique où les conditions d'application sont analogues.

Nos premières observations ont porté sur les fils graissés, puis plongés dans des liquides acides.

Par cette méthode, nous avons effectué les essais suivants :

1) *Graisse a* : 3 fils imprégnés de cette graisse à  $100^{\circ}$ , puis laissés en repos 12 heures, ont été plongés dans l'HCl 1/4, le premier tel quel, le second après avoir subi 10 flexions dans les deux sens, le troisième, après avoir subi 20 flexions dans les deux sens.

Après 18 heures,  $t = 20-22^{\circ}$ , ces fils avaient subi un début de corrosion, surtout manifeste pour les échantillons ayant été pliés aux emplacements des points de courbure.

(1) Notons que cette graisse fut refusée aux essais de l'A. I. B.



*Graisse c* : 3 fils ont subi les préparations décrites à propos de la graisse *a*, aucun échantillon n'a montré, après 18 heures, la trace de corrosion;  $t = 21-22^{\circ} \text{C}$ .

2) *Graisse a* : nous avons fait un mélange préliminaire de cette graisse avec 100 % en poids de charbon fin; nous nous sommes servis du mélange obtenu pour refaire des essais analogues aux premiers. Nous n'avons obtenu aucune corrosion après 18 heures,  $t = 24^{\circ},5$ . La présence du lubrifiant resté adhérent au fil, lors du trempage, explique la différence de résultats obtenus.

*Graisse c* : nous avons effectué les mêmes essais qu'avec la graisse *a*, en mélangeant du charbon à raison de 100 % en poids, au produits *c*. Nous n'avons obtenu aucune corrosion après 18 heures,  $t = 24^{\circ},5$ .

Cette méthode présente un inconvénient. Dès qu'une fissure se produit dans la couche enrobante et que l'attaque du métal sous-jacent commence, immédiatement les conditions se modifient. Les bulles de gaz dues aux réactions entraînent mécaniquement la graisse et ainsi favorisent la corrosion.

Nous avons aussi constaté qu'en enduisant deux fils, l'un complètement, l'autre à demi, et en les plaçant dans de l'HCl 1/4, il suffisait d'une trentaine d'heures pour que le dernier fil soit entièrement privé de tout lubrifiant, l'autre demeurant intact. Nous espérons exploiter cette circonstance pour mettre en relief une différence d'adhérence d'une même graisse mise, soit à chaud, soit à froid, sur un fil donné. Jusqu'à présent, nous n'avons pas obtenu par ce moyen la confirmation nette de cette opinion.

Une autre série d'essais consistait à placer des fils enduits comme précédemment, dans un espace parcouru par de l'air chargé d'humidité et de vapeurs acides (par barbotage dans l'acide chlorhydrique et sulfurique). Des durées extrêmement longues seraient nécessaires pour constater des effets marqués sur les graisses. Après trois journées, aucune attaque n'était visible.

Ce genre d'essai n'est peut-être pas à rejeter pour cette raison, mais il ne conviendrait pas pour des essais de réception, qui doivent être plus rapides.

Une troisième méthode, essayée en dernier lieu, semble donner des résultats encourageants.

Nous avons, par pulvérisation de liquides, réalisé des brouillards acides (la solution était constituée par 10 cc. de HCl 12N + 20 cc. H<sup>2</sup>SO<sup>4</sup> dilué + 10 cc HNO<sup>3</sup> 14 N + 1.000 cc. eau). Les fils enduits comme à l'ordinaire, ont été suspendus dans une enceinte où existait ce brouillard.

Les graisses *a* et *b* mises à l'essai, se comportent d'une manière toute différente. La graisse *a*, très visqueuse à la température ordinaire, l'est très peu à 100°, elle ne laisse à cette température qu'une très fine couche de matière adhérente et peu entraînable par le liquide à la température ambiante.

La graisse *b* est également très visqueuse à la température ordinaire, mais elle le reste à 100°; en sorte que, au moment de l'imprégnation du fil, une couche épaisse de matière se forme et y demeure; seulement, à la température ordinaire, la graisse n'étant pas suffisamment solidifiée, se laisse entraîner par l'eau.

Nous avons cherché les points de goutte de ces graisses :

Graisse *a* : 53°,5, 54°.

Graisse *b* : 40°,5, 41°,7.

Cet essai vient également confirmer les précédentes remarques.

Nous avons remarqué, en outre, qu'après une durée d'exposition au brouillard inférieure à une journée, certains fils graissés montraient déjà des piqûres de corrosion. Il semble donc (la pratique doit encore le confirmer) que la qualité de protection que possède la graisse puisse être relevée par des essais d'assez courte durée.

## CONCLUSIONS.

Des essais entrepris jusqu'à présent, nous ne pouvons encore tirer des conclusions définitives.

Nous croyons cependant que l'essai au charbon, calqué somme toute sur la méthode de détermination de plasticité de l'argile, semble vouloir donner des résultats intéressants. Il en est de même de l'essai au brouillard.

De l'ensemble de l'étude, il semble se confirmer que dans la pratique, on doit se préoccuper surtout des points suivants :

1) Le premier graissage chez le fabricant doit être effectué avec le maximum de soin et de garantie. De sa qualité dépend la durée de vie du câble.

2) Les graissages ultérieurs exigent certaines précautions, notamment lors des décrassages éventuels; il faut surtout veiller à ce que l'humidité ne reste pas emprisonnée sous la couche de graisse fraîche. On choisira cette dernière matière en rapport avec celle qui a servi au premier graissage.

3) En général, la propriété importante d'une graisse pour câble est l'adhérence. Dans les puits humides surtout, cette question doit être soigneusement examinée, car d'elle peut dépendre la durée de conservation du câble.

En terminant, nous tenons à remercier M. Denoël, Professeur d'Exploitation des Mines à l'Université de Liège, qui a bien voulu mettre sa grande expérience à notre disposition.

Egalement, nous adressons aux diverses firmes qui nous ont aidés en nous fournissant les produits nécessaires à nos essais, l'expression de notre vive gratitude.

## BIBLIOGRAPHIE

**Les Industries Extractives à l'Exposition Internationale de Liège 1930**, par Jean Lebacqz, Directeur Général des Mines. — Un volume in-4°, 485 pages, 222 figures. — Prix : 90 francs. — Editeur : Goemaere, Imprimeur du Roi, 21, rue de la Limite, Bruxelles.

L'ouvrage de M. Lebacqz se compose de deux parties : la première se rapporte aux industries extractives, la seconde aux industries qui fournissent aux mines et aux carrières des installations, du matériel et des matières de consommation.

Dans la première partie, un chapitre important contient la description de l'exposition commune réalisée à Liège par la Fédération des Associations charbonnières de Belgique et l'Administration des Mines. On se rappelle que cette exposition comprenait notamment la reproduction en grandeur naturelle de travaux miniers agencés de manière à donner au visiteur une idée de l'ensemble d'un charbonnage belge. Cette « mine artificielle » dont le succès fut considérable, fait, dans l'ouvrage, l'objet d'une description détaillée, complétée par une vingtaine de photographies. Cette description est suivie d'une analyse du film cinématographique : « Au pays de la houille » qui était projeté journellement à l'Exposition.

Soixante-dix pages sont consacrées aux sujets essentiels de l'exposition commune précitée : les difficultés d'exploitation que présentent les gisements houillers belges, les efforts déployés en vue d'augmenter la production par ouvrier et d'abaisser le prix de revient, en vue de valoriser les produits extraits, en vue d'accroître la sécurité et en vue d'améliorer le sort de l'ouvrier. Cette étude, qui comporte notamment des notices sur l'Institut National des Mines et sur les caisses communes d'assurance, se termine par un paragraphe intitulé : quelques conséquences économiques d'un siècle d'activité des charbonnages de Belgique.

Le reste de la première partie se compose de monographies relatives à 17 sociétés belges exploitant des charbonnages ou des industries connexes à l'exploitation de la houille, à 10 compagnies minières du Nord de la France, aux 5 mines du Limbourg hollandais, à 10 groupements ou firmes de l'industrie des carrières et des eaux minérales, à des exploitations minérales diverses à