

NOTES DIVERSES

LA SÉCURITÉ

DES

CABLES D'EXTRACTION

D'APRÈS

les premiers travaux de la Commission prussienne des câbles

La revue allemande *Zeitschrift für das Berg-, Hütten und Salinenwesen in Preussischen Staate* a publié cette année en supplément, le compte rendu des premiers travaux de la *Preussischen-Seilfarth-Kommission*, instituée par l'arrêté ministériel du 26 mai 1905.

Cette commission, qui est composée en partie de membres du haut personnel de l'industrie minière allemande et de fonctionnaires supérieurs de l'Administration des mines, a pour but l'unification des règlements en vigueur dans les différentes juridictions minières (*Oberbergambezirk*), en ce qui concerne la translation du personnel par les câbles et l'étude des conditions générales de la sécurité relatives au même objet. La Commission fut divisée en une série de sous-comités, chargés d'étudier la question et de faire rapport sur l'organisation existant dans les différentes juridictions administratives. Plus tard, il fut décidé d'étendre cette enquête aux pays voisins et des comités spéciaux furent chargés d'aller y étudier les différentes questions mises au programme de la Commission. Ce sont les résultats de ces enquêtes et l'avis des comités régionaux qui sont publiés aujourd'hui.

Parmi les questions traitées par la Commission, une des plus intéressantes est celle de la sécurité des câbles d'extraction. Les câbles en usage dans la grande majorité des mines allemandes sont des câbles métalliques et particulièrement des câbles ronds; comme l'emploi de tels câbles tend à se répandre chez nous, et surtout dans les nouvelles installations, nous croyons bon de donner à ce sujet une analyse un peu détaillée des travaux de la Commission.

Les questions à résoudre relativement à ce objet peuvent se résumer comme suit :

- 1° Détermination des bases sur lesquelles le coefficient de sécurité des câbles doit être établi ;
- 2° Détermination de la durée maxima de service des câbles Koepe ;
- 3° Résultats des expériences pratiques faites jusqu'à présent sur les câbles formés de fils à haute résistance ;
- 4° Examen des épreuves diverses à faire subir aux câbles métalliques pour se rendre compte de leur qualité et de leur état de conservation ;
- 5° Détermination des signes auxquels on peut reconnaître qu'un câble est en mauvais état au point de devoir être enlevé.

§ 1. — Coefficient de sécurité des câbles.

Les avis des sous-comités diffèrent un peu, de même que les prescriptions en vigueur dans les différentes juridictions, sur le chiffre du coefficient de sécurité. En général, on est d'accord pour admettre qu'il faut deux coefficients de sécurité, un pour l'extraction des produits et l'autre pour la translation du personnel ; tous deux étant à déterminer dans chaque cas d'après la charge maxima supportée par le câble. L'avis le plus général est de fixer à 6, le coefficient de sécurité relativement à la charge maxima d'extraction. En ce qui concerne le coefficient relatif à la charge suspendue au câble pendant la translation du personnel, les comités de Dortmund et de Bonn estiment qu'il ne doit pas être inférieur à 8.

Le comité de Clausthal propose que la charge de la cage pendant la translation des personnes ne puisse dépasser 50 % de celle qui existe pendant l'extraction des produits. Le comité de Halle propose d'adopter les coefficients ci-après :

| Au moment de la pose du câble : | S'il y a un parachute. | S'il n'y a pas de parachute. |
|---------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Pour l'extraction | 8 | 9 |
| Pour la translation | 10 | 12 |
| Avant l'enlèvement du câble : | | |
| Pour l'extraction | 6 | 7 |

Il prévoit une augmentation de 1.25 pour chacun de ces coefficients dans le cas des câbles métalliques plats.

Le comité de Bonn est d'avis qu'il y a lieu d'exiger lors de la pose du câble un coefficient de 9 1/2 relativement à la charge maxima

pendant la translation du personnel, avec de plus cette condition que dans ce cas, la charge du câble ne soit pas supérieure à 90 % de celle qui existe pendant l'extraction des produits. Enfin le comité de Breslau, en considération des puits à grande profondeur où il est difficile de descendre à 6 comme coefficient minimum pour l'extraction, si on doit observer le coefficient de 8 pour la translation du personnel, propose de réduire ce dernier coefficient à 7 1/2, afin de permettre une utilisation convenable des câbles. En général, à part ceux de Halle et de Bonn, les comités sont d'avis de ne pas prescrire un coefficient de sécurité supérieur au moment de la pose des câbles, si ce n'est pour ceux utilisés dans les installations Koepe, où les conditions de fonctionnement sont défavorables, à cause de l'impossibilité qu'il y a de faire des recoupages permettant de déplacer les points spécialement fatigués et de se rendre compte de l'état de conservation de la corde. Le comité de Breslau propose d'appliquer à ces câbles au moment de la pose, le coefficient minimum de 8, calculé d'après la charge maxima d'extraction ; le comité de Dortmund propose le coefficient de 7 pour cette charge et de 9 1/2 pour la translation du personnel. Il est évident que pour les autres installations, le coefficient à la pose doit être également supérieur au coefficient minimum prescrit, mais la fixation de la marge entre ces coefficients doit être laissée à l'appréciation de l'exploitant, car elle varie d'une installation à l'autre, suivant les conditions de service et les causes d'usure.

La question de l'augmentation du coefficient de sécurité dans le cas de l'emploi d'un contre câble d'équilibre a été résolue négativement. Il est en effet avéré que le contre-câble, assurant une marche plus régulière de l'appareil d'extraction et supprimant les à coups, exerce une influence favorable sur la conservation des câbles porteurs. Le comité de Bonn fait remarquer avec raison que si, en cas d'ancrage de la cage descendante, ou de formation de nœuds dans le contre-câble au fond du puits, le câble portant la cage montante peut subir une surtension dangereuse, on peut parer à cet inconvénient en employant un contre-câble ayant une charge de rupture inférieure à celle du câble porteur.

§ 2. — Durée des câbles Koepe.

Les câbles employés dans les installations Koepe ne peuvent être l'objet d'essais périodiques sur des tronçons coupés à leur extrémité ;

par suite, à raison de la difficulté qu'il y a de se rendre compte de leur état de conservation, il convient d'en limiter la durée. L'avis général est de permettre l'utilisation de ces câbles pendant deux ans au plus, quelque soit l'intensité du service auquel ils sont astreints. Toutefois le comité de Breslau signale qu'à la suite des expériences défavorables faites avec les câbles plats, une circulaire ministérielle du 24 juin 1907 a limité à un an la durée de ces câbles dans les installations Koepe, à défaut d'une autorisation spéciale de l'*Oberbergamt*. Le comité de Bonn est d'avis qu'il y aurait lieu de prescrire que l'attache de ces câbles soit défaits tous les trois ou six mois pour être examinée. Le comité de Halle propose les conditions suivantes :

1° Le diamètre des poulies et molettes sera au moins égal à 120 fois celui du câble;

2° L'angle de convergence du câble à partir des molettes vers la poulie ne dépassera pas 1°;

3° On n'emploiera pas, dans la fabrication des câbles, des fils d'acier fondu de plus de 150 kilogrammes de charge de rupture par millimètre carré.

La question a été discutée à la réunion du 4 janvier 1911 de la Commission; il fut demandé notamment si une durée de plus de deux ans pouvait être autorisée pour des câbles supportant une fatigue faible.

M. le *Geheimer Oberberggrat* Meisner fit remarquer que la statistique des câbles pour l'*Oberbergamtsbezirk* de Dortmund indiquait qu'au cours des années 1908 et 1909, respectivement 120 et 139 câbles Koepe avaient été mis hors service, parmi lesquels :

| | | |
|-------------------|---|--|
| 15 câbles en 1908 | } | avaient fonctionné environ 2 ans. |
| 26 » en 1909 | | |
| 3 câbles en 1908 | } | avaient fonctionné plus de 2 ans (750 à 800 jours). |
| 1 câble en 1909 | | |
| 3 câbles en 1908 | } | avaient dépassé 800 jours. |
| 5 » en 1909 | | |

Cette statistique montre que la plupart des câbles Koepe sont usés avant d'atteindre deux ans de service.

M. le *Machinensteiger* Wirts donna communication d'un tableau d'où il résultait que sur les 492 câbles Koepe enlevés entre les années 1905 et 1909 :

| | |
|-----------------|-----------------------------------|
| 220, soit 44 %, | avaient fonctionné moins de 1 an; |
| 178, » 36 %, » | » plus de 1 an et moins de 2 ans; |
| 94, » 20 %, » | dépassé 2 ans. |

Ces résultats défavorables se comprennent aisément car les câbles Koepe subissent, toutes choses égales, une fatigue double de ceux utilisés dans les installations à tambour; dans le premier cas, en effet, l'extraction totale doit être effectuée par un seul câble, alors que dans le second, elle est répartie sur deux câbles différents. Il faut considérer encore qu'on emploie souvent avec les câbles Koepe des fils galvanisés afin d'éviter le graissage et il est établi que la galvanisation a pour effet de faire perdre aux fils environ 9 % de leur charge de rupture, 13 % de leur aptitude à la flexion et 50 % de celle à la torsion.

Il faut tenir compte enfin de ce que les conséquences de la rupture d'un câble Koepe sont plus considérables que celles d'un autre câble, à cause de la précipitation des deux cages dans le fond et des coups de fouet inévitables que donne, après rupture, le brin montant de la corde en arrivant au jour. Il convient donc de se montrer prudent et de ne pas permettre d'utiliser ces câbles plus de deux ans. Ce fut d'ailleurs à cette limite que s'arrêta la Commission, en admettant toutefois des exceptions sur autorisation des agents de l'Administration.

§ 3. — Emploi des fils à haute résistance pour la fabrication des câbles.

La question de l'emploi des fils à haute résistance pour la fabrication des câbles, qui est des plus intéressantes au point de vue de l'accès aux grandes profondeurs, a été mise à l'ordre du jour de la Commission à l'occasion d'une prescription réglementaire qui spécifiait que le coefficient de sécurité d'un câble devait être calculé en ne tenant compte que d'une charge de rupture de 150 kilogrammes au plus, pour le métal employé.

Le comité de Dortmund provoqua sur ce point l'avis des principaux fabricants du pays. La question avait une grande importance car, étant donné les coefficients de sécurité élevés prescrits par les règlements, cette limitation de la charge de rupture des fils amenait à employer des câbles très pesants et d'un diamètre anormal, dans les puits profonds. Les fabricants de câbles furent d'avis que, dans l'état actuel de la fabrication, on pouvait aller sans danger jusqu'à atteindre une charge de rupture de 200 kilogrammes.

La firme Gessman, de Herne, a donné à ce sujet les résultats d'essais faits au siège Graf Moltke II. Les câbles enlevés à ce siège

entre les années 1892 et 1901 avaient une charge de rupture de 145 kilogrammes par millimètre carré; leur extraction moyenne fut de 101,520 tonnes-kilomètres et leur durée de 301 jours. En 1901 furent placés deux câbles ayant une charge de rupture unitaire de 175 kilogrammes; ces câbles durèrent 1,107 jours et leur extraction atteignit 576,000 tonnes. Le coût des premiers câbles pour 1,000 tonnes-kilomètres fut de 34 marks, alors que les seconds n'en coûtèrent que 7,65. D'autre part, cette firme fournit le tableau suivant relatif aux câbles fabriqués par elle et enlevés en 1904, comparés à l'ensemble des câbles retirés la même année :

| Nombre de câbles | Firme Gessman | | | Ensemble des câbles | |
|------------------|---------------------------------------|--|--|--|--|
| | Extraction en 1.000 tonnes kilomètres | Extraction moyenne en 1000 tonnes kilomètres | Charge de rupture par m/m ² | Extraction moyenne en 1000 tonnes kilomètres | Charge de rupture par m/m ² |
| 1 | de 0 à 1 | 0.3 | 121.0 | 0.4 | 138.4 |
| 4 | 1 10 | 3.7 | 135.5 | 4.0 | 155.4 |
| — | 10 25 | — | — | 15.8 | 155.3 |
| 2 | 25 50 | 38.5 | 153.5 | 38.7 | 154.9 |
| 1 | 50 75 | 71.5 | 169.0 | 63.2 | 156.8 |
| — | 75 100 | — | — | 86.6 | 156.0 |
| 9 | 100 150 | 124.2 | 167.8 | 124.0 | 164.0 |
| 4 | 150 200 | 178.7 | 155.0 | 172.8 | 154.7 |
| 7 | 200 300 | 247.3 | 163.7 | 243.9 | 158.5 |
| 2 | plus de 300 | 576.0 | 183.5 | 436.9 | 167.3 |

Il résulte de ce tableau que le travail utile des câbles et aussi leur durée croît avec la charge de rupture unitaire. Toutefois cette règle n'a rien d'absolu et, de l'avis du comité, l'acier à forte charge de rupture n'est pas toujours le meilleur à employer en toutes circonstances; il faut lui préférer un métal moins résistant, mais plus ductile, là où les conditions d'emploi sont défavorables, notamment dans les vieilles installations et dans les puits tortueux.

Les aciers à charge de rupture élevée sont surtout en honneur

dans le district de Breslau. Il résulte de la statistique que, sur 272 câbles enlevés dans ce district en 1907, la majeure partie (199 câbles) était composée d'acier ayant une charge de rupture supérieure à 150 kilogrammes, parmi lesquels 32 câbles avaient une charge de rupture de plus de 180 kilogrammes et 7 câbles une charge de plus de 200 kilogrammes.

L'emploi des fils à haute résistance tend à se répandre de plus en plus dans ce district par suite de l'approfondissement des exploitations; les règlements ne prévoient en effet aucune réduction du coefficient de sécurité des câbles employés dans les puits profonds; il s'ensuit que le seul moyen d'éviter l'exagération du poids et de la section de ces câbles est d'employer dans leur fabrication des métaux à forte résistance.

La pratique de l'emploi de ces câbles donne d'ailleurs des résultats favorables, d'après l'avis du comité; la fragilité du fil n'augmente guère quand il est composé d'un métal de bonne qualité. Il faut remarquer aussi que l'emploi des aciers à forte résistance permet de réduire le diamètre du câble et, par suite, sa fatigue à la flexion.

Le comité de Bonn émet un avis analogue; toutefois, il estime que, pour le moment, il convient de ne pas dépasser une charge de rupture de 180 kilogrammes pour l'acier à employer. Dans le district de Clausthal, les applications des aciers de résistance supérieure à 150 kilogrammes sont rares et on n'a jamais dépassé 180 kilog.; les résultats de la pratique des câbles formés de métaux semblables n'ont cependant pas été défavorables.

A l'inverse des autres comités, celui de Halle se prononce nettement contre l'emploi des câbles formés de fils d'une résistance supérieure à 150 kilogrammes par millimètre carré. A l'appui de sa manière de voir, il cite le cas d'une mine comportant des installations nouvelles et qui, après une expérience défavorable faite avec des câbles d'acier d'une résistance de 162 à 184 kilogrammes, s'est vue forcée d'en revenir à des résistances de 130 à 150 kilogrammes, les premiers ayant donné lieu à de fréquentes ruptures de fils et ayant dû être remplacés après un temps de service très court.

La question fut mise à l'ordre du jour de la séance que tint la Commission le 4 janvier 1911. M. l'Ingénieur Speer y donna en résumé les résultats des nombreuses expériences qu'il avait faites sur le sujet. Si on essaie des fils à la flexion sur machoires d'un diamètre ne dépassant pas 25 millimètres, on constate que ceux qui ont une forte résistance unitaire subissent moins de flexion que les autres.

Cependant il arrive souvent que des câbles formés de fils à haute résistance (170 à 180 kilogrammes) donnent en pratique de meilleurs résultats que d'autres formés de fils à résistance moindre (140 à 150 kilogrammes). Recherchant les motifs de cette contradiction, M. Speer a soumis des fils de 2 millimètres de diamètre et de résistance variant de 60 à 210 kilogrammes par millimètre carré à des essais de flexion sur machoires d'un diamètre croissant de 5 à 300 millimètres; les fils étaient chargés pendant l'essai de poids suspendus à une extrémité et calculés de façon à obtenir pour chaque fil le même coefficient de sécurité. Ces expériences démontrèrent d'abord que le nombre de flexions que peut subir un fil croît avec le rayon des machoires de l'appareil d'essai et ensuite que pour des machoires d'un diamètre supérieur à 25 millimètres, l'aptitude à la flexion des fils croissait avec leur résistance unitaire. Ces essais indiquèrent encore que les fils d'acier galvanisé montraient, à charge de rupture égale, une aptitude moindre à la flexion que les fils clairs. M. Speer conclut de ses expériences que, bien que les métaux à haute résistance unitaire (180 à 200 kilogrammes) aient l'inconvénient de se travailler plus difficilement que les autres, leur emploi est tout indiqué pour les grandes profondeurs, les grandes vitesses et les fortes charges d'extraction.

Dans la discussion qui suivit, M. le *Maschinen-Inspektor* König, après avoir cité des exemples défavorables d'emploi de câble de l'espèce dans le Mansfeld, attira l'attention de la Commission sur l'importance qu'il y avait de bien proportionner les diamètres des poulies tambours ou molettes, au diamètre du câble; il y aurait lieu, dans cet ordre d'idée, de ne pas admettre que ce rapport soit inférieur à 100.

M. le *Maschinen-Inspektor* Baumann, fit observer à juste titre que la fatigue totale d'un câble est la somme de la fatigue à la traction et de celle à la flexion, la première variant avec la charge de service, la seconde dépendant exclusivement de l'élasticité du métal et des rapports entre les diamètres d'enroulement et l'épaisseur des fils. Il s'ensuit que la sécurité totale du câble croît avec la charge de service, la fatigue à la flexion restant constante. Il n'y a donc guère d'inconvénient à ce que les fils de métaux à forte charge de rupture se montrent un peu moins souples que les autres, eu égard surtout aux avantages considérables qu'ils présentent pour l'extraction à grande profondeur. Avec des fils de 130 kilogrammes de charge de rupture unitaire, on ne peut dépasser pratiquement

1,300 mètres de profondeur; avec des fils de 150 kilogrammes on peut atteindre 1,500 mètres, mais le poids du câble est alors dix fois plus grand que la charge à soulever. Avec des fils de 180 kilogrammes, ce poids devient seulement trois fois plus grand que la charge et si on monte à 200 kilogrammes, le poids du câble tombe à deux fois celui de la charge. En ce qui concerne le prix, il faut compter qu'un câble formé de fils de 200 kilogrammes de résistance coûte 50 % plus cher au kilogramme qu'un câble formé de fils de 150 kilogrammes, mais comme le premier pèse cinq fois moins, il s'ensuit que son prix est les 3/10 du celui du second.

Les conclusions du débat furent qu'il n'y avait pas lieu de limiter à 150 kilogrammes la charge de rupture admise pour le calcul du coefficient de sécurité, ni d'indiquer une limite supérieure afin de ne pas enrayer le progrès.

§ 4. — Essais à faire subir aux fils composant les câbles métalliques.

La question spécialement posée à la Commission intéressait le point de savoir quel était le nombre de flexions qu'un fil devait supporter pour pouvoir intervenir dans le calcul du coefficient de sécurité d'un câble. Le comité de Dortmund étudia la question des essais d'une manière générale et émit l'avis qu'il y avait lieu de considérer que les câbles subissaient en pratique des efforts de traction, de flexion et de torsion et que par suite il y avait lieu de faire subir, aux fils entrant dans leur composition, des essais suivant ces trois genres de fatigue. Une grande importance fut attachée aux essais des fils à la torsion, comme étant le meilleur moyen de reconnaître la bonne qualité et l'homogénéité du métal employé; toutefois ces essais devraient, d'après le comité de Dortmund, n'être effectués que sur les câbles neufs, car il résulte des expériences pratiques qui furent entreprises par le comité et de la consultation de spécialistes, que l'usure même légère des fils, une faible attaque par la rouille, ou encore, une entaille de peu d'importance avait pour effet d'altérer l'aptitude à la torsion du fil au point qu'une éprouvette de 200 ^m/_m de longueur ne supportait plus une seule torsion, alors que si le fil était intact, il en supportait un nombre relativement considérable. Par contre les légères dégradations n'affectaient en rien la charge de rupture et la capacité à la flexion.

A la suite de cette étude le comité de Dortmund établit, touchant les essais à faire subir aux câbles les règles ci-après :

I. — Avant d'être utilisé pour la translation du personnel, tout câble devra subir des essais à la traction, à la flexion et à la torsion. Ces essais seront faits de la manière suivante :

1° Le câble subira des essais de rupture soit sur sa section totale, soit sur des torons séparés ; dans ce cas 10 % des fils seront essayés à la traction, et, s'il s'agit de fils ronds, également à la flexion et à la torsion ;

2° A défaut des essais précédents, tous les fils du câble, à l'exception de ceux qui n'interviennent pas dans la résistance, seront essayés à la traction et, s'il s'agit de fils ronds, à la flexion et à la torsion ;

3° a) La force portante d'un fil se déterminera par sa charge de rupture ;

b) Les essais de flexion se feront sur machoires de 10 m/m de diamètre en plaçant le fil perpendiculairement à son axe et en le pliant alternativement à droite et à gauche sur celles-ci, de manière à décrire un angle de 180°.

Les fils essayés devront supporter jusqu'à rupture :

| DIAMÈTRE DES FILS. | NOMBRE DE FLEXIONS. | |
|--------------------|---|---|
| | Fils clairs ayant une charge de rupture maximum de 175 kilog. par m/m^2 . | Fils clairs de plus de 175 kilog. de résistance et fils galvanisés. |
| — | — | — |
| moins de 1.5 m/m | 12 | 11 |
| de 1.5 à 1.8 m/m | 10 | 9 |
| de 1.8 à 2.0 m/m | 8 | 7 |
| de 2.0 à 2.2 m/m | 7 | 6 |
| de 2.2 à 2.5 m/m | 6 | 5 |
| de 2.5 à 2.8 m/m | 5 | 4 |
| de 2.8 et plus | 4 | 3 |

Ces chiffres résultent de l'essai de 1,650 fils neufs et sont inférieurs de 30 % aux moyennes obtenues.

c) Les essais de torsion se feront en tordant autour de son axe et jusqu'à rupture une éprouvette de 200 m/m de longueur, prélevée sur chaque fil.

Les fils essayés devront supporter :

| DIAMÈTRE DES FILS. | NOMBRE DE TORSIONS. | |
|--------------------|---|--|
| | Fils clairs de moins de 175 kilog. de rupture par m/m^2 . | Fils clairs de plus de 175 kil. de charge de rupture par m/m^2 et fils galvan. |
| — | — | — |
| moins de 1.5 m/m | 32 | 23 |
| de 1.5 à 1.8 m/m | 30 | 21 |
| de 1.8 à 2.0 m/m | 26 | 19 |
| de 2.0 à 2.2 m/m | 24 | 17 |
| de 2.2 à 2.5 m/m | 22 | 13 |
| de 2.5 à 2.8 m/m | 16 | 11 |
| de 2.8 et plus | 12 | 9 |

Ces chiffres comme les précédents sont inférieurs de 30 % aux moyennes des résultats obtenus par l'essai de 1,650 fils neufs ;

4° En ce qui concerne la force portante du câble, si on essaye tous les fils, elle sera déterminée en additionnant leurs charges de rupture. Toutefois les fils qui auraient une charge de rupture inférieure de 20 % à la charge moyenne résultant de l'ensemble des essais, de même que ceux qui ne supporteraient pas les nombres de flexions et de torsions prescrits, n'interviendront pas dans le calcul ;

5° Les câbles qui, en plus de l'âme en chanvre, comprennent des fils triangulaires ou enclavés seront essayés sur toute leur section, ou au moins par toron.

II. — Indépendamment des essais ci-dessus, faits avant la pose des câbles, ceux-ci, exception faite pour les câbles Koepe, subiront des essais périodiques conformément aux prescriptions des articles 55 et 56 du règlement de police.

Les règles ci-dessus relatives aux épreuves de traction et de flexion seront appliquées à ces essais. Quant aux essais de torsion, il en sera fait abstraction eu égard aux influences défavorables exercées par des dégradations légères sur les résultats de ces essais.

§ 5. — Signes auxquels on reconnaît qu'un câble est en mauvais état et doit être enlevé.

Cette importante question a été jugée à juste titre par les comités trop complexe pour pouvoir être résolue par une formule simple, les causes d'usure des câbles et leur façon de se manifester dépendant d'une foule de circonstances qui varient d'une installation à

l'autre; aussi se sont-ils contentés d'émettre des considérations générales sur les signes auxquels on pouvait se rendre compte de cette usure.

Un premier signe de fatigue est la diminution du coefficient de sécurité du câble révélé par les essais périodiques. Si ces essais montrent que le coefficient de sécurité minimum n'est plus atteint, le câble doit être enlevé. En fait d'après le comité de Dortmund, ce motif de mise hors de service est assez rare, à cause du coefficient de sécurité élevé lors de la pose des câbles et qui fait que ceux-ci doivent être enlevés pour d'autres raisons, avant que la limite inférieure du coefficient de sécurité ne soit atteinte. La statistique des câbles faite en 1906 pour ce district, a montré que 6.5 % seulement de ceux-ci y avaient été mis hors service à cause de l'abaissement de leur coefficient de sécurité.

Un autre signe auquel on peut reconnaître la fatigue d'un câble, c'est la diminution brusque de sa charge de rupture, révélée par deux essais consécutifs, alors même que le coefficient de sécurité est encore satisfaisant. Il faut dans ce cas soumettre le câble à une surveillance attentive et ne pas hésiter à le mettre hors service si des ruptures de fils se manifestent.

Il y a encore l'aspect extérieur du câble qui dénote l'état d'usure ou de corrosion des fils; mais l'indice le plus marquant est, de l'avis de tous, l'apparition des ruptures des fils.

Quand on remarque la présence de fils rompus dans un câble, il faut l'examiner attentivement et se rendre compte de ses conditions de services. Si l'aspect extérieur du câble est encore bon, si ce dernier n'est en service que depuis peu de temps et si les ruptures sont isolées, il ne faut pas y attacher trop d'importance; si au contraire le câble fonctionne depuis longtemps, s'il est rouillé ou fortement usé, l'apparition des ruptures de fils est un signe évident de fatigue. Il faut alors le soumettre à une surveillance attentive et si on s'aperçoit que le nombre des fils rompus augmente rapidement, il faut mettre immédiatement le câble hors service. Dans le cas d'apparition de fils cassés, les essais à la flexion peuvent donner des renseignements utiles sur le degré de fragilité du métal. Indépendamment de ces considérations qui ont été développées principalement par le comité de Dortmund, le comité de Breslau a proposé de calculer le coefficient de sécurité des câbles en décomptant le nombre des fils cassés répartis sur une longueur de 1 mètre, outre ceux n'ayant plus la résistance ou la flexibilité réglementaire. En

ce qui concerne les câbles Koepe, ce comité propose de les mettre hors service lorsque le nombre de fils cassés sur 1 mètre de longueur de la corde atteint 1/6 du nombre total de fils entrant dans la composition de celle-ci.

§ 6 — Données principales relatives à l'enquête faite par les comités en Angleterre, en Autriche et en Saxe.

En Angleterre, il n'y a pas de prescriptions de police relatives aux coefficients de sécurité des câbles; ces coefficients oscillent en pratique entre 6 et 10; ils sont calculés d'après la charge maxima d'extraction. Les câbles ont une résistance unitaire variant de 140 à 200 kilogrammes et, de l'avis des personnalités consultées par le comité, les aciers à haute résistance ont, jusqu'à présent, donné de bons résultats. Les câbles neufs subissent généralement des essais à la traction et à la torsion et une grande importance est attachée à ces derniers essais; par contre, les essais de contrôle sur les câbles en service se font assez rarement; on se contente le plus souvent de les visiter et de renouveler fréquemment les attaches, dans le but principal de déplacer les points de contact avec les molettes ou tambours, au moment de l'enlevage (1).

En ce qui concerne les motifs d'enlèvement des câbles, il est prescrit dans certains districts de mettre un câble hors service lorsque 30 % des fils qui le composent sont rompus.

Le règlement de police des mines de Saxe impose, pour les câbles, un coefficient de sécurité de 6, calculé d'après la charge maxima d'extraction, avec cette restriction que, pour la translation du personnel, la charge de la cage ne peut dépasser 60 % de celle existant pendant la translation des produits.

Dans le district de Vienne, on prescrit des coefficients de sécurité variant de 8 à 9 pour la charge maxima d'extraction; dans le district de Prague, on fait intervenir le rapport $\frac{r}{\delta}$ entre les rayons d'enroulement et le diamètre des fils. Si ce rapport est égal ou supérieur à 650 on admet comme coefficients de sécurité : 7 pour l'extraction et 8.2 pour la translation du personnel; si ce rapport est moindre que

(1) La loi du 16 décembre 1911 prescrit que la patte d'un câble sera coupée à intervalle maximum de six mois et limite à trois ans et demi la durée du câble servant à la translation des personnes.

ce chiffre tout en restant supérieur ou au moins égal à 550, on impose pour ce dernier coefficient, le chiffre de 10.6.

Les câbles formés d'acier à haute résistance ne sont guère employés en Saxe; par contre, en Autriche on fait couramment usage de métaux ayant jusque 205 kilogrammes de charge de rupture. En général les câbles formés de métaux semblables se sont comportés d'une manière peu satisfaisante et leur durée a été réduite par suite de la production de fréquentes ruptures de fils.

En ce qui concerne les épreuves à faire subir aux câbles, les règlements ne prescrivent que des essais à la traction et à la flexion. En Saxe, les essais à la traction se font sur machoires de 5 millimètres de diamètre et des éprouvettes de 15 centimètres de long. Les fils doivent supporter avant rupture le nombre de flexions ci-après :

| | | |
|--|------------|---|
| Pour un diamètre 0.5 à 1.95 millimètres, | 8 flexions | |
| 2.0 | 2.15 | 7 |
| 2.2 | 2.45 | 6 |
| 2.5 | 2.75 | 5 |
| 2.8 millimètres et plus | 4 | |

Les prescriptions relatives aux essais de traction diffèrent de celles en vigueur en Allemagne en ce que d'abord 25 % seulement des fils, au lieu de la totalité, doivent être soumis aux essais et ensuite, en ce que les fils qui n'ont pas supporté le nombre de flexions prescrit, au lieu d'être décomptés pour le calcul du coefficient de sécurité, interviennent dans ce calcul avec une charge de rupture réduite en proportion de la réduction de leur nombre de flexions.

Les règlements saxon et autrichien renferment des prescriptions intéressantes concernant le nombre de fils cassés qui peuvent être tolérés dans un câble servant à la translation des personnes.

En Saxe, si les points de rupture des fils sont distants de plus de 2 mètres, il est prescrit de décompter un fil dans le calcul du coefficient de sécurité du câble. Si plusieurs ruptures consécutives sont distantes de moins de 2 mètres, il faut décompter autant de fils qu'il y a de ruptures; toutefois si la dernière rupture d'une telle série est séparée de plus de 2 mètres de la première rupture d'une série voisine, il n'y a lieu de décompter qu'un nombre de fils égal au nombre de ruptures existant dans la série où elles sont les plus nombreuses.

Dans le district de Vienne, un câble ne peut plus servir à la trans-

lation des personnes, si, sur une longueur de 5 mètres, il montre un nombre Z de fils cassés, donné par les formules :

$$(1) \quad Z \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} \frac{2}{3} \frac{(C - 6.5) i}{C}$$

là où le rapport $\frac{r}{\delta}$ indiqué plus haut est égal au moins à 650, et

$$(2) \quad Z \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} \frac{2}{3} \frac{(C - 8) i}{C}$$

là où $\frac{r}{\delta}$ est moindre que 650 et au moins égal à 550.

Dans ces formules, C représente le coefficient de sécurité du câble, à la pose, et i le nombre de fils qui entre dans sa composition.

Dans la formule (2), C ne peut être inférieur à 9.

Au cas où $\frac{r}{\delta} > 650$, les câbles sont l'objet, après deux ans de

service, d'essais trimestriels pour la détermination des coefficients de sécurité et doivent être mis hors service si le nombre de fils cassés satisfait à la formule :

$$(3) \quad Z \begin{matrix} = \\ > \end{matrix} \frac{2}{3} \frac{(C_1 - 6) i}{C_1}$$

où C_1 représente le coefficient de sécurité déduit du dernier essai.

Si $\frac{r}{\delta} < 650$, le câble ne peut être utilisé plus de deux ans, à la translation du personnel.

Ces formules ne doivent évidemment servir que d'indication pour déterminer le nombre de ruptures par suite duquel le câble doit être mis hors de service et il est prudent de le faire déjà si le nombre de ruptures constaté est voisin du nombre limite.

GUSTAVE LEMAIRE.