

Institut National des Mines
PATURAGES

**Conférence restreinte
des Directeurs des Stations d'essais**

Varsovie — Octobre 1961

RESUMES DES COMMUNICATIONS

E. DEMELENNE

Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines

par

H. CALLUT

Ingénieur en Chef-Directeur des Mines

(suite et fin)

4. FEUX ET INCENDIES

SOMMAIRE

41. PREVENTION DES FEUX ET INCENDIES
411. *Matériaux ininflammables.*
4111. Matériaux solides ininflammables.
Exigences concernant l'ininflammabilité du matériel de mine, par K. Grumbrecht (R.F.A.).
Câbles électriques, par K. Klinger et K. Grumbrecht (R.F.A.).
Garnitures de poulies motrices, par L. Schlott (R.F.A.).
Porte en caoutchouc ininflammable, par K. Klinger et K. Grumbrecht (R.F.A.).
4112. Liquides ininflammables.
Fluides hydrauliques résistant au feu, par S.P. Polak (U.S.A.).
42. METHODES DE LUTTE CONTRE LES FEUX ET INCENDIES
421. *Extincteurs.*
4211. Etat actuel du développement des extincteurs pour les mines, par K. Grumbrecht et W. Both (R.F.A.).
4212. Extincteur à poudre sèche, par M^{me} Wolny (Pologne).
422. *Autres méthodes de lutte.*
4221. Lutte contre les feux dans les fissures des couches de charbon, par P. Markafka, E. Stodulski et W. Walkiewicz (Pologne).
4222. Isolement des feux par barrage en plâtre, par W. Both et H. Meerbach (R.F.A.).
4223. Extinction d'un feu dans une machine de mine, par W. Mitchell, E.M. Murphy, J. Nagy et F.P. Christofel (U.S.A.).

41. PREVENTION DES FEUX ET INCENDIES

411. Matériaux ininflammables.

Cinq communications ont eu pour objet les matériaux ininflammables ; quatre concernent les produits solides et la dernière, les produits liquides.

4111. MATERIAUX SOLIDES ININFLAMMABLES

Communication n° 22. — Exigences concernant l'ininflammabilité du matériel de mine en matières synthétiques, par K. Grumbrecht (Rép. Féd. All.)

Au point de vue ininflammabilité, les matières synthétiques entrant dans la constitution du matériel minier ne peuvent être :

- la cause d'un incendie au cours de l'emploi du matériel ;
- un agent de propagation d'un incendie allumé par une autre cause.

Étant donné leur composition chimique, ces matériaux ne sont pas incombustibles.

Dans ces conditions, le risque d'incendie présenté par une quelconque matière plastique ne peut être évalué a priori. Il faut examiner le matériel lui-même en fonction de son utilisation pratique.

Courroies transporteuses.

L'auteur rapporte quelques essais de résistance à la friction.

Le tronçon de courroie à l'épreuve est placé, dans la galerie à incendies, sur une tête motrice à deux tambours d'attaque et attaché par ses extrémités à des points fixes. La courroie patine ainsi sur les tambours.

Une courroie en caoutchouc s'échauffe à 200° C environ en moins de 30 minutes. Elle se détruit ensuite lentement. De l'incandescence se développe et enflamme la matière. La flamme se propage rapidement à tout l'échantillon si on ne l'éteint pas.

Une courroie à base de néoprène, soumise à un essai très prolongé, casse sans s'enflammer.

Une courroie en P.V.C. avec armature en acier ne s'enflamme pas non plus.

Ces essais démontrent que des courroies en certaines matières synthétiques peuvent être beaucoup moins inflammables que celles en caoutchouc.

L'auteur a également étudié l'influence de la poussière de charbon incandescente sur les courroies difficilement inflammables.

Pour cela, il a accumulé de la poussière de charbon sous la courroie aux endroits où on la trouve normalement dans la pratique et l'a allumée au moyen d'étincelles de fer. La courroie à base de caoutchouc donne de petites flammes, tandis que celle à base de néoprène n'en émet pas.

La pratique a confirmé cette méthode d'essais : dans quatre cas de feux de mine, combattus par la Centrale de sauvetage d'Essen, les flammes ne se sont pas propagées aux courroies ignifugées.

Canars en matière synthétique.

Ceux-ci sont essayés dans la galerie à incendies dont une extrémité est fermée au moyen d'une tôle pour réaliser les conditions de la pratique.

A proximité du fond ainsi fermé, sont placés pour l'essai des canars aspirants, quatre cadres en bois avec garnissage en scilmbes, fascines et copeaux. La ligne de canars à l'épreuve, de 15 m de longueur, aboutit au fond fermé à l'intérieur de cette partie boisée. Un ventilateur aspire par la conduite environ 2,5 m³ d'air par seconde. Le feu est mis au boilage.

Pour une matière suffisamment ininflammable, seule la partie des canars, exposée directement aux flammes, brûle ; le reste fond sans flamme.

Quand il s'agit de canars soufflants, l'essai est un peu différent.

Un bûcher est établi sous l'entrée d'un canar en tôle de 2 m de longueur. Un ventilateur aspire par ce canar et souffle dans la conduite à l'essai. Celle-ci est donc parcourue par des gaz très chauds quand le bûcher est allumé. Elle ne peut s'enflammer, sinon elle est rebutée.

Les canars non déformables en résine de polyester subissent l'essai du premier type. Ils ne peuvent propager les flammes de l'incendie.

Tuyaux en matière synthétique.

Ces tuyaux sont utilisés pour la réalisation de conduites d'eau ou d'air comprimé.

Suspendus dans la galerie où flambe un feu de boilage, des tuyaux en P.V.C. dur fondent et se solidifient sur l'aire de voie.

Ces tuyaux n'offrent donc aucun risque au point de vue de la transmission de la flamme. En ce qui concerne les dangers pouvant résulter de la fusion suivie du mélange avec de la poussière de charbon, on ne peut tirer de conclusion.

Cartouches de bourrage à l'eau.

Les cartouches de bourrage à l'eau sont réalisées en polyéthylène ou en P.V.C. avec addition de plastifiant.

Le polyéthylène est produit par la polymérisation de l'éthylène et brûle comme une paraffine de point de fusion élevé. Il doit cependant être exposé à la flamme pendant une seconde au moins avant de s'enflammer.

Pour l'essai, des bandes sèches de la matière à l'épreuve sont placées dans un fourneau chargé de

sept cartouches d'explosif de sécurité de la classe I. Le tir est effectué en présence d'un mélange à 9 - 10 % de grisou. Celui-ci ne s'enflamme en aucun cas.

Conclusion.

L'inflammabilité d'un produit synthétique peut donc être appréciée par des méthodes appropriées ; celles-ci doivent être inspirées des conditions industrielles d'utilisation.

Communication n° 24. — Possibilité de transmission d'un incendie par les câbles électriques de mine, par K. KLINGER et K. GRUMBRECHT (Rép. Féd. All.)

Différentes stations d'essais utilisent des méthodes de laboratoire pour évaluer l'inflammabilité et l'incombustibilité des câbles électriques destinés à la mine.

A la mine expérimentale allemande, on a procédé à un essai d'inflammabilité à grande échelle. Pour cela, dans une galerie de 8,5 m² de section furent suspendus neuf câbles, trois à la couronne et trois le long de chaque paroi.

Ces câbles étaient de 5 types différents répondant aux compositions suivantes :

1°) NKFGb — Y — 4 × 50 mm² — isolement au papier, gaine en plomb, armure double en feuillard, enveloppe en matière synthétique ;

2°) NYFGb — Y — 3 × 70 mm²/35 mm² — isolement en matière synthétique, gaine de protection intérieure, armure double en feuillard, enveloppe en matière synthétique ;

3°) NSHu — 3 × 70 mm²/35 mm² sous caoutchouc fort avec enveloppe extérieure en néoprène ;

4°) NSSHu — 4 × 6 mm² — sous caoutchouc très fort avec enveloppe extérieure en néoprène ;

5°) NKFGb — Rfl — 4 × 50 mm² — isolé au papier, gaine en plomb, armure double en feuillard avec protection antirouille ininflammable.

A l'entrée de la galerie, fut établi un revêtement en bois composé de 10 cadres avec garnissage.

A l'intérieur du premier cadre, fut disposé un tas de 60 kg de morceaux de bois, qu'on alluma au moyen de 2 litres de gazoil.

A hauteur du premier cadre, on releva des températures dépassant 700° C ; à 10 m en avant, des températures variant de 300 à 400° C et à 50 m, de 150° à 200° C.

Pendant l'essai, la vitesse de l'air est passée de 1,50 m à 7 m par seconde du fait du tirage de la cheminée.

L'incendie fut éteint après 45 minutes.

Les résultats sont résumés au tableau I où les longueurs sont comptées à partir du dernier cadre en bois.

TABLEAU I.

Câble	Câble brûlé sur une longueur de	Caractéristiques électriques perdues sur une longueur de
1°) NKFGb — Y —	6 m	6 m
2°) NYFGb — Y —	6 m	27 m
3°) NSHu	3 m	3 m
4°) NSSHu	9 m	15 m
5°) NKFGb — Rfl	3 m	3 m

Conclusion.

Les câbles électriques des types essayés ne propagent pas la flamme d'un incendie.

La discussion fait ressortir la nécessité d'étudier le problème de l'inflammabilité des câbles en présence de poussières de charbon. Beaucoup d'incendies seraient dus au fait qu'un câble électrique a allumé la poussière de charbon.

De plus, le câble électrique ne doit pas être une cause d'incendie. Ceci pose le problème de la prévention des arcs et par conséquent de la protection contre les courts-circuits.

L'inflammation d'un câble H.T. ne se produit pas si la tension est coupée en moins de 100 ms lorsque l'isolement tombe sous 100.000 ohms. Sous 1.000 V, un court-circuit de 200 A n'allume pas le câble si la tension est coupée en 0,4 s.

Communication n° 26. — Etat actuel des essais sur l'inflammabilité des garnitures de poulies motrices, par L. SCHLOTT (Rép. Féd. All.)

Des recherches sur l'inflammabilité des garnitures de poulies, effectuées en 1935-1936 à la mine expérimentale de Dortmund, avaient montré que

- le bois de peuplier s'enflamme facilement et allume les déchets de tous genres qui s'accumulent sur le plancher sous une poulie ;
- l'ignifuge dont on peut éventuellement imprégner le bois, n'augmente nullement sa résistance à l'inflammation par friction ;
- l'aluminium est un produit convenant à cet usage, de sécurité contre l'inflammation.

Toutefois, l'aluminium fut rapidement abandonné et remplacé par des produits de synthèse.

Des essais ont démontré que les garnitures constituées de tels produits pouvaient atteindre 500° C au cours du glissement. Un glissement prolongé provoque le ramollissement et l'arrachage des parties chaudes.

Celles-ci s'enflamment et allument facilement les déchets se trouvant sur le plancher sous la poulie. On a constaté que ce sont les gaz dégagés par les produits chauds qui s'enflamment spontanément et communiquent le feu à la garniture elle-même.

A présent, toute matière destinée à être employée comme garniture de poulie dans les travaux souterrains des mines de la Ruhr doit satisfaire à deux essais :

- un essai de glissement sur une poulie appropriée ;
- un essai d'ininflammabilité au bec Bunsen.

Le dispositif d'essai de glissement est représenté à la figure 1.

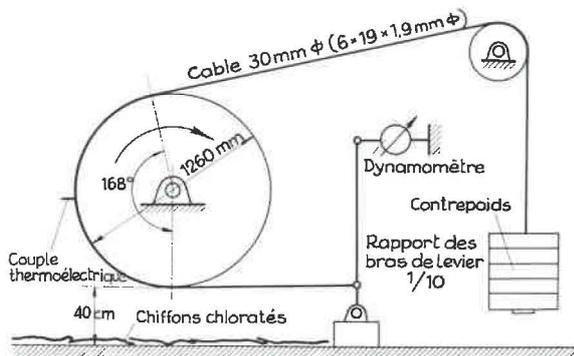


Fig. 1.

Le garnissage à essayer, en blocs de $50 \times 66 \times 80$ mm, est fixé à la poulie par assemblage en queue d'aronde. Le câble passe dans une rainure creusée à la périphérie de ces blocs et couvre un angle de 168° . La poulie est à 40 cm du sol où sont disposés des chiffons secs imprégnés de chlorate de potassium.

La vitesse périphérique de la poulie au cours de l'essai est de 3 m/s.

Au début de l'essai, le contrepois est de 200 kg ; à la fin de la première et de la deuxième minutes, il est augmenté de 100 kg. La durée de l'épreuve est de 5 minutes.

Le produit satisfait à l'essai si les parties arrachées ne s'enflamment pas, ne sont pas incandescentes et n'allument pas les chiffons chloratés.

L'essai au bec Bunsen est effectué sur un échantillon de dimensions $50 \times 66 \times 80$ mm. Celui-ci est exposé dans la flamme à 7 cm au-dessus du bec pendant 3 minutes. Le bec étant retiré, la flamme ou l'incandescence éventuelles ne peuvent durer plus de 3 minutes.

L'expérience a prouvé que les deux tests mentionnés sont suffisants et répondent aux cas qui peuvent se présenter en pratique.

• **Communication n° 25. — Protection d'une porte en caoutchouc contre le feu au moyen d'un dispositif d'arrosage, par K. KLINGER et K. GRUMBRECHT (Rép. Féd. All.)**

Les auteurs rapportent des essais effectués sur un type de porte régulatrice en caoutchouc, dont l'usage se développe de plus en plus. Cette porte formée

de 6 tronçons de bande transporteuse ininflammable est représentée à la figure 2.

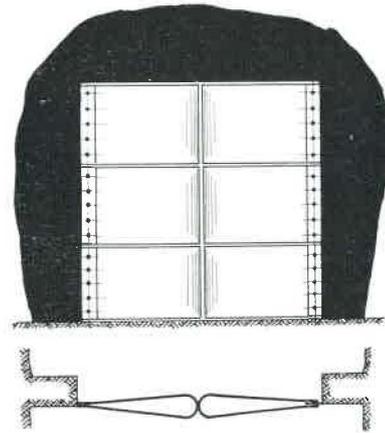


Fig. 2. — Porte régulatrice en caoutchouc.

Elle offre le grand avantage de s'ouvrir au passage des wagonnets et de se fermer immédiatement après, grâce à l'élasticité de ses éléments.

La porte a été montée dans la galerie à incendie à l'extrémité d'une zone revêtue de 18 cadres en bois avec garnissage de même nature. Elle se trouvait ainsi à 1 m du dernier cadre. Elle était protégée par un dispositif d'arrosage avec déclencheur thermique automatique fonctionnant à 58°C . Ce dispositif entretenait un film d'eau sur la porte du côté de l'entrée d'air et créait un rideau d'eau devant elle. Le débit total d'eau était de 100 litres/minute.

A l'intérieur du premier cadre était monté un bûcher de 80 kg de bois fin. Celui-ci fut allumé au moyen de 2 litres de gazoil.

Au-dessus du bûcher, la température a atteint 770°C ; à 1,50 m de la porte, elle est montée jusqu'à 520°C mais, au-delà de la porte, elle n'a pas dépassé 300°C .

Pendant l'essai, la vitesse de l'air est passée de 0,8 à 3 m/s à cause de l'augmentation du tirage de la cheminée.

Après l'essai, la porte n'était que légèrement endommagée à sa partie supérieure, non protégée par le film d'eau. Du côté de l'entrée d'air, elle avait gardé son aspect blanc alors que de l'autre côté, elle était noircie. Malgré l'incendie, elle continuait à fonctionner normalement.

Conclusion.

Il est donc possible de protéger contre le feu une porte en matériau combustible, mais difficilement inflammable, au moyen d'un dispositif d'arrosage approprié.

4112. LIQUIDES ININFLAMMABLES

Communication n° 16. — Fluides hydrauliques résistant au feu pour emploi au fond, par S. P. POLAK (U.S.A.)

L'auteur développe ici la question des fluides hydrauliques difficilement inflammables qu'il avait déjà traitée lors de la 10^e Conférence internationale des Directeurs des Stations d'essais à Pittsburgh, en octobre 1959.

Les essais auxquels doivent satisfaire ces fluides ont été promulgués le 17 décembre 1959 par le Bureau des Mines américain.

Ils comprennent :

- la détermination de la température d'auto-inflammation du fluide ;
- un essai d'inflammation du jet pulvérisé ;
- l'évaluation de l'influence de l'évaporation du fluide sur l'inflammabilité.

A. Détermination de la température d'auto-inflammation du fluide.

On laisse tomber une certaine quantité d'huile d'une seringue hypothermique dans un Erlenmeyer chauffé à une température bien déterminée. On fait varier cette température, ainsi que la quantité d'huile injectée.

On observe s'il y a flamme ou non. Le fluide est considéré comme résistant au feu si la température d'inflammation de l'échantillon essayé n'est, dans aucun des essais effectués, inférieure à 316° C.

B. Essai d'inflammation du jet pulvérisé.

Description de l'appareil.

Le fluide à essayer est introduit dans un réservoir de 4,50 litres muni d'éléments chauffants, d'un manomètre, d'un tuyau d'amenée d'azote sous pression et d'un tuyau de sortie du fluide. Ce dernier tuyau se termine par un gicleur rond, ayant un diamètre de 0,635 mm capable de débiter, sous une pression de 7 kg/cm², 0,21 litre d'eau par minute avec un angle d'éjection de 90°. L'azote est fourni par une bonbonne munie d'un détendeur.

Dispositif d'allumage.

- 1°) une flamme de kérosène ;
- 2°) un arc électrique produit par un transformateur de 12.000 volts ;
- 3°) une torche au propane.

Procédé.

On introduit 2,36 litres de fluide à essayer dans le réservoir et on le chauffe vers 66° C. La température est maintenue pendant l'essai entre 62,5° C et 68,5° C. La pression d'azote est réglée à 10,5 kg/cm².

Chacune des sources d'allumage est ensuite introduite dans le jet pulvérisé et déplacée le long de la trajectoire de celui-ci. Elle y est maintenue à diffé-

rentes distances du gicleur pendant une minute ou jusqu'à extinction de l'arc ou de la flamme.

Estimation des résultats.

S'il n'y a pas d'inflammation ou si la durée de la flamme dans le jet de fluide après arrêt de la source d'allumage n'excède pas 6 secondes, la source de chaleur étant alors à une distance de 460 mm ou plus du gicleur, le fluide est considéré comme difficilement inflammable.

C. Evaluation de l'influence de l'évaporation sur l'inflammabilité.

On utilise le moteur d'un essuie-glace d'automobile au pivot duquel on attache une tige rigide portant à son extrémité une mèche cure-pipe de 50 mm de longueur. Cette tige et la mèche se meuvent dans un plan horizontal à raison de 25 ± 2 cycles par minute.

D'autre part, on règle un bec Bunsen pour donner une flamme non éclairante, sans cône interne aigu, de 100 mm de hauteur.

L'essai consiste à faire mouvoir le cure-pipe imbibé d'huile de façon que son point milieu passe à mi-hauteur de la flamme à un bout du cycle et à compter le nombre de cycles nécessaires pour que la flamme se maintienne d'elle-même sur le cure-pipe. La partie exposée du cure-pipe décrit un rayon de $100 \text{ mm} \pm 4 \text{ mm}$.

L'essai se fait :

- avec le fluide conservé à la température ambiante ;
- avec le fluide porté pendant deux heures à la température de 66° C, puis refroidi à la température ambiante ;
- avec le fluide porté pendant quatre heures à la température de 66° C, puis refroidi à la température ambiante.

Dans chaque cas, on utilise 5 cure-pipes qui sont trempés séparément dans le fluide.

L'huile est reconnue ininflammable si la moyenne des 5 résultats est au minimum de 24 cycles dans l'essai (a), de 18 cycles dans l'essai (b) et de 12 cycles dans l'essai (c).

L'auteur décrit également les recherches qu'il a faites pour évaluer le pouvoir lubrifiant d'un fluide hydraulique.

A cette fin, il utilise une pompe hydraulique à engrenages à la pression de 70 à 105 kg/cm².

L'essai se fait de la façon suivante.

La pompe est démontée et les parties nettoyées au moyen d'un solvant et pesées. La pompe est remontée. On introduit 38 litres du liquide à essayer dans le système. Le fluide circule pendant une période de 2 heures ; puis il est enlevé et remplacé par une nouvelle quantité de 68 litres de fluide hydraulique frais. Lorsque l'essai proprement dit est commencé, on relève journallement :

- la température,
- la pression,

- le débit du fluide,
- la pression à l'entrée et à la sortie du filtre,
- la pression ou le vide dans le tuyau d'entrée de la pompe,
- la température à l'entrée et à la sortie de l'eau dans l'échangeur,
- le volume d'eau froide utilisée.

Toutes les 100 heures, on prélève un échantillon sur lequel on détermine :

- la viscosité,
- la teneur en eau,
- le PH,
- l'effet de l'évaporation sur l'inflammabilité.

Après 500 heures, les éléments de la pompe sont nettoyés et pesés. Puis la pompe est remontée et alors commence la seconde phase de l'essai qui dure encore 500 heures.

A la fin de l'essai, les parties de la pompe sont nettoyées, pesées et examinées visuellement au point de vue de la corrosion.

Dans une autre série d'essais, l'auteur utilise une pompe à haute pression, de 245 à 525 kg/cm².

L'essai a pour but de déterminer si le travail à haute pression affecte les propriétés physiques des fluides hydrauliques et d'évaluer le pouvoir lubrifiant dans ces conditions.

Pour ce faire, il utilise un réservoir de 7,6 litres de capacité et une pompe à 2 étages à engrenages et piston. Le système est démonté et nettoyé avec un solvant commercial. Les parties de la pompe sont nettoyées et pesées.

La pompe est remontée et le système assemblé. On y introduit 3,8 litres de fluide à essayer et la pompe est mise en marche pendant au moins une heure, puis le système est vidé.

On place alors dans le réservoir une charge nouvelle de 7,6 litres de fluide et la pompe est mise en marche pour l'essai.

On relève :

- la température,
- la pression,
- le débit du fluide hydraulique,
- la température de l'eau à l'entrée et à la sortie de l'échangeur.

Après chaque période de 50 heures de travail, la pompe est démontée et les éléments sont nettoyés, examinés et pesés. Au commencement et à la fin de chacune de ces périodes, on détermine certaines propriétés du fluide à savoir :

- la viscosité,
- la teneur en eau,
- le PH,
- l'effet de l'évaporation sur l'inflammabilité.

Ces essais ne donnent pas une exacte comparaison des performances ; cependant, les données obtenues sont enregistrées.

Le Bureau des Mines exige du demandeur d'agrément qu'il apporte la preuve que le fluide a des propriétés lubrifiantes et hydrauliques et répond aux conditions d'utilisation pour l'équipement minier au fond, qu'il est parfaitement au point et que sa composition en fait un produit commercial convenable.

A ce jour, douze producteurs ont présenté pour approbation des fluides hydrauliques. Vingt-trois de ces fluides ont été approuvés et sont utilisés dans environ 100 mines de charbon. Les essais vont de l'utilisation de ces produits dans une seule machine jusqu'à leur usage dans tous les engins d'une mine.

L'auteur tire des résultats de ses recherches les conclusions suivantes :

- Le risque d'un incendie dans les mines de charbon peut être réduit par l'emploi de fluides hydrauliques difficilement inflammables.
- Les fluides hydrauliques se comportent aussi bien et même mieux que les fluides dérivés du pétrole. Les émulsions du type eau dans l'huile sont compatibles avec les éléments des machines actuelles (pompes, moteurs hydrauliques, soupapes, tuyaux, joints, anneaux, peinture).
- Les émulsions d'eau dans l'huile suintent moins que les dérivés du pétrole parce qu'elles sont plus visqueuses. Leur couleur claire rend les fuites perceptibles.
- Il est possible de maintenir propre le circuit hydraulique par filtration du fluide, aussi bien avec les émulsions d'eau dans l'huile qu'avec les dérivés du pétrole.
- La température de fonctionnement de telles émulsions reste généralement inférieure à celles des dérivés du pétrole. Ces émulsions supportent sans dommage plusieurs cycles consécutifs de congélation et de dégel.

Au cours de la discussion relative à cette communication, le délégué des États-Unis signale que l'utilisation des fluides hydrauliques répondant aux conditions réglementaires n'est pas encore imposée. Elle le sera dans quelques temps si les résultats des essais au fond sont satisfaisants.

Le prix de ces fluides est d'environ le double de celui des dérivés du pétrole.

Certains délégués se demandent s'il n'y a pas lieu de considérer le danger d'auto-inflammation du charbon imbibé d'émulsion d'eau dans l'huile, à la suite de fuites ou de ruptures du circuit hydraulique, et de tenir compte de la toxicité de certains fluides dans le cas où ceux-ci se répandraient en nappe chaude à cause de la rupture d'un fusible.

42. METHODES DE LUTTE CONTRE LES FEUX ET INCENDIES

Les communications portant sur les moyens de lutte contre les feux et incendies sont au nombre de neuf. Deux d'entre elles traitent des extincteurs et les autres de différentes méthodes de lutte. Parmi celles-ci, l'une consiste à agir sur les moyens de ventilation et est spécifiquement polonaise. Les deux communications sur cette méthode sont résumées par ailleurs.

Deux autres communications ont un sujet d'intérêt beaucoup trop limité pour être repris ici ; il s'agit de feux dans les mines à flanc de coteau abandonnées aux U.S.A. et dans les trémies à fines de lignite en Allemagne de l'Est.

421. Extincteurs.

Communication n° 23. — L'état actuel du développement des extincteurs pour les mines, par K. GRUMBRECHT et W. BOTH (Rép. Féd. All.)

Après avoir donné un aperçu du développement des extincteurs au cours des dernières années, les auteurs décrivent les essais imposés actuellement aux nouveaux extincteurs portatifs à poudre universelle, appelés extincteurs à poudre « U ».

Ces extincteurs peuvent être utilisés pour éteindre tous les types de feux.

L'appareil de 10 kg, soumis à vérification, doit d'abord être véhiculé au moins trois mois sur une locomotive dans les conditions industrielles. Après cela, il doit encore pouvoir éteindre successivement trois feux :

- un feu sec, c'est-à-dire un bûcher (1) ;
- un feu gras, c'est-à-dire un feu d'huile dans un bac (1) ;
- un feu de locomotive à trolley représenté par un modèle déterminé.

Ce modèle est constitué d'un caisson métallique de 1,50 m de longueur, 0,70 m de largeur et 0,80 m de hauteur, dans lequel sont placées deux boîtes métalliques simulant les moteurs électriques. Sont également disposés à l'intérieur du caisson, deux cadres métalliques de 0,25 m sur 0,50 m garnis de bandes de caoutchouc partiellement imprégné d'huile. En enflammant ces bandes, on obtient un type de feu de locomotive à trolley.

L'efficacité de l'extincteur à poudre de 10 kg, qui anciennement était capable d'éteindre l'un quelconque de ces feux et qui maintenant peut les éteindre tous les trois successivement, a donc été considérablement améliorée.

(1) Le feu sec et le feu gras sont semblables à ceux décrits dans les Annales des Mines de Belgique 1960, n° 7-8, et utilisés pour les essais d'agrégation des extincteurs en Belgique.

Cet extincteur peut aussi être utilisé sans danger d'électrocution sur les feux d'origine électrique. En effet, le courant dérivé par un jet de poudre de 1,50 m de longueur, frappant un objet porté à la tension de 30.000 volts, ne fait pas dévier un milli-ampèremètre.

La poudre U n'est pas toxique et les produits de décomposition n'offrent aucun inconvénient. En effet, la quantité d'ammoniaque produite même lors d'un grand incendie nécessitant plusieurs extincteurs est minime ; la teneur reste inférieure au seuil de toxicité de 1,75 mg par litre dans un courant d'air cependant très faible.

De plus, la température et les secousses ne modifient pas l'état de la poudre comme le montre l'épreuve sur locomotive où la température peut atteindre 50° C.

Communication n° 78. — Les extincteurs à poudre sèche, par M^{me} WOLNY (Pologne).

L'auteur nous apprend que, jusqu'à présent, on a utilisé en Pologne des extincteurs à mousse et à CO₂.

Ces extincteurs agissent en empêchant l'action de l'oxygène de l'air sur le combustible.

L'expérience montre que le CO₂ est toujours rapidement emporté par le courant d'air et que, si la température du foyer est de 307° au moins, l'action de la mousse ne dure pas plus de 5 minutes.

Que l'extincteur soit à CO₂ ou à masse, il existe donc un risque important de réallumage du foyer.

La poudre, par contre, forme sur les objets une couche vitrifiée plus durable que les autres produits extincteurs.

Il y a longtemps qu'à la surface, on utilise des extincteurs à poudre. Mais celle-ci, contenant 90 % de bicarbonate de soude, présente l'inconvénient d'absorber l'humidité et de s'agglomérer.

Le Centre de Sauvetage de Byton a cherché à mettre au point une poudre non hygroscopique convenant pour tous les feux, même en présence d'installations électriques sous tension. Il a établi ainsi la poudre extinctrice « Doton-60 », composée de sels minéraux à faible point de fusion. Un des composés de base est hydrophobe ; en mélange avec les autres sels, il rend l'ensemble non hygroscopique. Les grains de cette poudre ont des dimensions comprises entre 50 et 150 microns.

L'auteur décrit les différents essais effectués sur cette poudre en vue de vérifier :

- sa résistance à l'humidité,
- sa résistance aux chocs (tassement),
- son pouvoir extincteur sur les feux de bois, d'essence, de caoutchouc et de charbon.

L'extincteur est représenté à la figure 3.

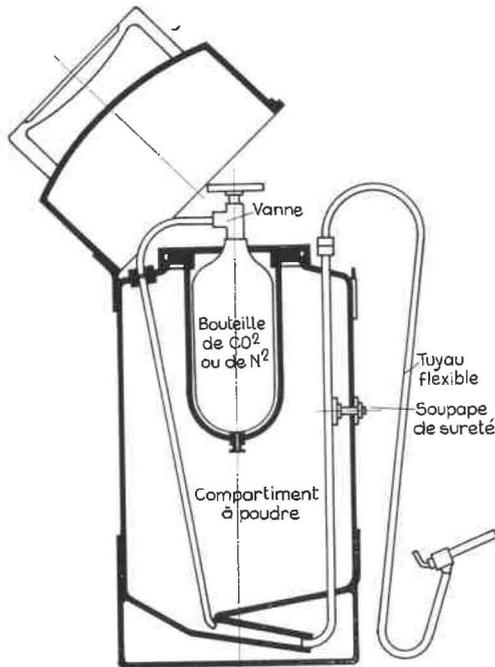


Fig. 3. — Extincteur à poudre.

Des essais effectués sur la poudre et sur l'extincteur, l'auteur dégage les conclusions suivantes :

- L'extincteur à poudre universelle permet d'éteindre tous les feux, même un feu de poussier de charbon. Son efficacité, très grande au stade initial de l'incendie, est moindre quand il s'agit d'éteindre un feu qui a déjà pris un certain développement.
- L'extincteur à poudre universelle peut remplacer avantageusement les deux autres types d'extincteurs.
- L'adoption de cet extincteur en remplacement des autres simplifiera l'entraînement du personnel, réduira le nombre de pièces de rechange et rendra la standardisation plus facile.
- La sécurité sera améliorée par le fait que la poudre peut être utilisée sans danger sur des conducteurs sous tension.

De la discussion concernant les extincteurs, il est à noter qu'un extincteur ne peut être efficace que si l'on peut attaquer le feu de près, que les extincteurs à poudre permettent d'approcher le foyer plus que les autres et que la granulométrie de la poudre se situe entre 40 et 80 microns.

422. Autres méthodes de lutte.

Communication n° 7. — Lutte contre les feux dans les fissures des couches de charbon, par P. MARKEFKA, E. STODULSKI et W. WALKIEWICZ (Pologne).

Dans les mines polonaises, une grande partie de couches et particulièrement les couches de grande

ouverture, qui atteignent parfois 8 m (et certaines 27 m), sont susceptibles de s'enflammer spontanément.

Les feux se développent surtout dans les fissures des couches. C'est ainsi qu'en 5 ans, 31 % des feux combattus ont été des feux de fissures.

Afin de prévenir ce genre d'incendie, les travaux souterrains sont conduits de façon à éviter autant que possible la dislocation du charbon. On laisse, par exemple, des stots de grandes dimensions entre les galeries de traçage ou l'on creuse celles-ci en roche de façon à diminuer les pressions locales.

Mais ces méthodes ne sont pas toujours efficaces. Il faut alors entreprendre la lutte directe.

Celle-ci comprend l'abattage du charbon en combustion et son extinction par arrosage ou bien l'injection d'eau en veine par des trous forés vers le foyer. L'injection doit toujours être suivie de l'abattage de la masse de charbon éteinte et du remblayage hermétique de la cavité ainsi formée.

Si le foyer est éloigné des galeries, ou s'il se trouve à proximité d'une importante galerie d'entrée d'air, on colmate les fissures. Pour cela, on injecte un mélange d'eau et de sable fin, ou d'eau et de craie ou un lait de ciment dans les trous forés jusqu'à la zone en feu. Les particules solides se déposent dans les fissures et l'eau refroidit la veine.

Dès que le massif est éteint et refroidi, on couvre hermétiquement les surfaces des galeries par lesquelles l'air pourrait trouver accès.

Cette opération s'effectue par application d'argile ou d'un mortier de ciment ou par « gunitage ». Parfois, on établit un revêtement en briques. Dernièrement, on a utilisé en Pologne une couverture hermétique au « Latex ». Il s'agit d'une émulsion sous forme de lait qui, pulvérisée, par exemple en présence d'une solution de chlorure de calcium, donne un précipité qui adhère fortement aux parois des galeries et les couvre hermétiquement.

Si le feu couve à grande profondeur, on opère de la même façon, l'injection étant effectuée par de longs trous de petit diamètre. Les trous non employés, parce que trop éloignés du foyer, sont remplis complètement. On couvre ensuite hermétiquement toutes les surfaces avoisinantes.

Chaque fois qu'un incendie se déclare, il faut s'assurer de la stabilité de l'aérage de façon à éviter tout risque de renversement au cas où le feu de crevasses se transformerait en feu libre.

Communication n° 21. — Isolement des feux par barrages en plâtre résistant aux explosions, par W. BOTH et H. MEERBACH (Rép. Féd. All.)

Les travaux d'isolement des 40 feux de mine, que les sauveteurs ont à combattre chaque année dans les charbonnages de la Ruhr, présentent toujours de nombreuses difficultés.

Celles-ci résultent de la réduction de la ventilation et du risque d'accumulation de grisou ou de gaz d'incendie qui peuvent donner lieu à des explosions si l'atmosphère contient encore suffisamment d'oxygène.

En présence d'un tel danger, les barrages érigés, afin d'isoler le quartier en feu, doivent pouvoir résister à une explosion éventuelle. C'est dans ces conditions seulement que les sauveteurs ne sont pas en péril et que le succès des travaux d'isolement est assuré.

Pour cette raison, le règlement prescrit la construction d'un avant-barrage en sacs de sable d'une longueur de 4 m au moins. L'érection en est lente et on rencontre bien des difficultés de transport.

De plus, des essais ont démontré que, dans un bouveau de 8 m² de section, un barrage en sacs de sable, de 6 m de longueur, représentant un poids de 90 t, ne résiste pas à une pression de 3 kg/cm² ; il est déplacé tout entier de 20 cm environ et les sacs placés à la couronne du bouveau sont soufflés.

Des essais, effectués par la suite sur des barrages érigés pneumatiquement au moyen d'une remblayeuse du genre « Torkret », par projection de poussière inerte ou d'un mélange de poussière inerte et d'eau, n'ont pas donné satisfaction.

Par contre, des barrages construits en projetant pneumatiquement du plâtre et de l'eau (1 tonne de plâtre pour 500 litres d'eau) ont résisté avec plein succès à toutes les épreuves. Le front du barrage est constitué d'une barrière à claire-voie en planches sur lesquelles est clouée une feuille de papier bitumé. C'est contre cette cloison que s'appliquent les premières projections.

L'épaisseur du barrage ne peut être inférieure à la largeur moyenne du bouveau où il est construit. Dans de telles conditions, un barrage de 3 m de longueur, contenant 26,5 t de plâtre et 14 m³ d'eau, a résisté à une pression d'explosion de 4 atm.

Un tel barrage se construit aisément en 8 h et, quelques heures plus tard, il est déjà capable de résister à des pressions d'explosions. Aux essais, il se comporte mieux que les barrages en sacs de sable.

Il accroît donc considérablement la sécurité du travail des sauveteurs qui, de plus, ne doivent plus nécessairement se trouver en grand nombre à l'endroit du barrage pendant son érection.

Au point de vue économique, le barrage en plâtre est intéressant parce qu'on peut le rendre hermétique. On évite ainsi la construction d'un second barrage étanche, toujours nécessaire lorsqu'on établit un avant-barrage en sacs de sable.

Communication n° 13. — Quelques aspects pratiques de l'extinction d'un feu dans une machine de mine, par W. MITCHELL, E. M. MURPHY, J. NAGY et F. P. CHRISTOFEL (U.S.A.)

Le Bureau of Mines a entrepris une étude portant sur les différents produits, engins et techniques

d'extinction d'un feu qui s'est déclaré sur une machine de mine.

Le foyer standard, simulant un tel feu, est constitué d'un bac en tôle d'acier de 6 mm d'épaisseur, de 0,90 m de largeur, 1,20 m de longueur et 1,20 m de hauteur, contenant 36 litres de fuel oil, 5 kg de poussière de charbon et 7,5 kg de caoutchouc.

Des fentes sont ménagées dans les parois du bac pour permettre l'écoulement du liquide au dehors. Un dispositif empêche toute projection directe du produit extincteur dans le feu. Le bain de fuel oil est chauffé à 200° C (point éclair) avant allumage.

L'extinction est considérée comme terminée quand toute flamme a disparu et que la température du bain est descendue en dessous de 200° C.

Le bac, disposé sur un truck, se trouve à 0,60 m du sol. Il est placé à 36 m de l'entrée de la galerie d'essai dont le revêtement en maçonnerie est protégé par des tôles d'acier.

Le feu, situé dans un courant d'air dont la vitesse a varié de 0,60 m à 1,20 m par seconde, a été attaqué par différents produits suivant des techniques diverses et en se plaçant à des distances comprises entre 3 et 30 m.

Les différents produits utilisés ont été l'eau pure ou additionnée d'un produit tensio-actif ou salée, l'écume et les poudres sèches de différentes compositions.

Les méthodes d'application essayées ont été la lance, l'écume fabriquée et transportée par un nouveau générateur, la machine à guniter, la machine à schistifier, la pelle, les extincteurs.

On a également envisagé le cas où le feu se déclarait dans un cul-de-sac. Pour simuler ce cas, la

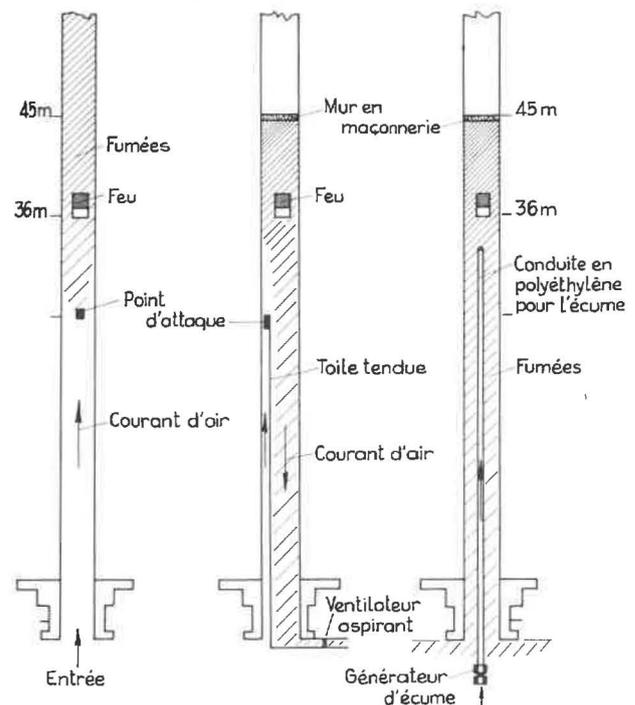


Fig. 4.

galerie a été fermée par un mur élevé à 45 m de l'entrée de la galerie.

La figure 4 représente la disposition générale adoptée pour un feu dans le courant d'air et un feu dans un cul-de-sac.

Pour ce dernier cas, deux méthodes d'intervention sont envisagées :

- attaque à la lance après s'être approché du feu en tendant des toiles dans la galerie, les fumées étant aspirées par un ventilateur ;
- attaque à partir de l'entrée d'air par un générateur d'écume à haute expansion.

Le générateur d'écume est monté sur truck. Il comprend un ventilateur de 450 mm de diamètre, entraîné par un moteur de 5 ch, pouvant débiter 3 m³/s sous une pression de 165 mm C.E. Le débit d'air est réglable au moyen d'un registre placé sur l'aspiration. L'écume est formée au refoulement du ventilateur par aspersion d'une solution appropriée sur un filet. Elle est transportée jusqu'au foyer dans un tube en polyéthylène qui se déroule au moment de la mise en marche du ventilateur et dont la longueur peut atteindre 45 m. La solution nécessaire est contenue dans un fût de 900 litres également monté sur truck.

Pour comparer les différents moyens d'extinction, les auteurs ont établi un indice I tel que

$$I = \frac{1}{3} [T_s/T_x + Q_s/Q_x + R_x/R_s]$$

où T est le temps en minutes nécessaire à l'extinction ;

Q, la quantité en gallons de produit appliqué pendant le temps T ;

R, la vitesse de refroidissement du combustible en degré F par minute ;

et où les indices s et x s'appliquent respectivement au produit de comparaison et au produit étudié.

Les essais ont démontré que :

- 1°) l'eau additionnée de sels alcalins ou d'agents mouillants est plus efficace que l'eau pure ;
- 2°) l'efficacité de l'eau est la plus grande lorsqu'elle est employée sous forme de brouillard, à la condition cependant que le feu puisse être attaqué de près ;
- 3°) l'extinction d'un feu est toujours plus facile lorsqu'on peut s'en approcher ;
- 4°) les poussières sèches sont efficaces lorsqu'elles sont lancées à la pelle, mais non lorsqu'elles sont mises en suspension dans l'air ;
- 5°) les poudres sèches de sels alcalins sont plus efficaces que les poussières calcaires ;
- 6°) la finesse de la poudre a une influence favorable.

Les expériences ont montré que la fumée se répand au toit contre le courant d'air et cela, d'autant plus loin que la vitesse de l'air est plus faible.

Le meilleur moyen d'approcher du feu dans ces conditions est d'avancer en portant une toile tendue en travers de la galerie sur les 2/3 inférieurs de la hauteur. L'air frais passe au toit et entraîne les fumées.

En galerie sans issue, la meilleure méthode d'attaque du feu s'est révélée être le bouchon d'écume envoyé jusqu'au foyer en conduite de polyéthylène par le nouveau générateur.

Un délégué de l'U.R.S.S. soulève le problème de l'extinction des incendies provoqués par auto-combustion du charbon. L'extinction par isolation est difficile mais très efficace. La méthode d'embouage est beaucoup moins efficace. L'extinction par gaz inerte n'est pas nouvelle ; pour l'appliquer avec succès, il faut injecter le gaz d'une manière continue en quantité supérieure au débit d'air passant dans le chantier.

5. L'ELECTRICITE

SOMMAIRE

51. SECURITE DES RESEAUX

Câbles souples blindés nouveaux et armures de câbles. Résine synthétique pouvant être coulée à froid pour les câbles miniers, par M. Csabay (Hongrie).

Dispositif de protection sélective des réseaux basse tension contre les défauts d'isolement, par N.A.K. Kisimov (U.R.S.S.).

52. MATERIEL ANTIDÉFLAGRANT

Percement de coffrets par des arcs, par L. Chainaux et G. Gagnière (France).

Réalisation de carters antidéflagrants vis-à-vis d'arcs de court-circuit, par A.G. Ikhno (U.R.S.S.).

Recherches sur l'état de surface des joints d'enveloppes antidéflagrantes, par G. Frey (RDA).

Sécurité des batteries d'accumulateurs pour locomotives électriques, par H. Callut (Belgique).

53. PROTECTION PAR MATERIAU PULVERULENT

Protection des appareils électriques par un matériau isolant pulvérulent, par R. Loison et F. Vin (France).

54. ECLAIRAGE ELECTRIQUE

La sécurité des appareils d'éclairage de mines, par L.A. Saltsevitch (U.R.S.S.).

La sécurité d'emploi de l'électricité dans les mines a fait l'objet de huit communications. Elles peuvent se classer en allant du général au particulier : les deux premières ont trait aux réseaux, les quatre suivantes concernent le matériel antidéflagrant et la septième la protection par un matériau pulvérulent. La dernière vise l'éclairage électrique par lampes à incandescence et à fluorescence.

51. SECURITE DES RESEAUX

Communication n° 67. — Câbles souples blindés nouveaux et armures de câbles. Résine synthétique pouvant être coulée à froid pour les câbles miniers, par M. CSABAY (Hongrie).

La communication décrit deux études effectuées par l'Institut hongrois de Recherches pour les Mines.

La première a trait principalement à la mise au point de deux types de câbles souples basse tension, la deuxième à la réalisation d'une résine destinée au remplissage des boîtes de jonction des câbles ou à la fabrication de jonctions sans boîte. Cette résine peut être mise en place à froid.

Câbles souples basse tension pour le fond.

Après avoir exposé les raisons de soigner la protection de ces câbles, l'auteur fait l'historique de la question et, ensuite, décrit deux câbles souples mis au point par le service de sécurité.

Le premier est destiné à l'alimentation d'une foreuse à main, l'autre à la commande d'une pelleuse mécanique.

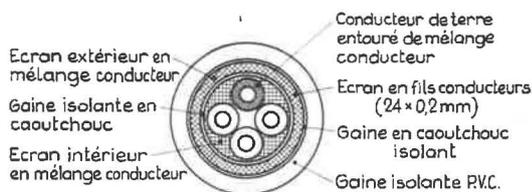


Fig. 1. — Câble 4 x 2,5 mm² (diam. ext. 20,7 mm) pour foreuse à main.

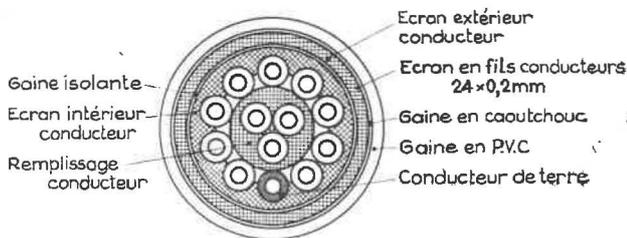


Fig. 2. — Câble de (3 + 10) x 25 mm² (diam. ext. 29,8 mm) pour commande d'une pelleuse mécanique.

La composition de ces câbles est donnée aux figures 1 et 2.

Le mélange conducteur utilisé est constitué de néoprène et de caoutchouc conducteur, dans les proportions de 2 à 1. L'auteur expose diverses considérations technologiques sur la réalisation de l'isolation entre les deux écrans en mélange conducteur, la nature du blindage métallique extérieur et celle du manteau isolant extérieur. Ce dernier fut finalement réalisé à l'aide de P.V.C. et résista bien à divers tests dont une mise sous tension alternative de 2000 V entre l'écran métallique et un bain d'eau dans lequel le câble était plongé.

Enfin, l'auteur décrit divers accessoires destinés aux réseaux de câbles du type dont il a été question ci-dessus : fiches de raccordement et dispositif de protection. Les fiches mises au point sont décrites. Elles sont conçues de manière à ce que le contact entre les conducteurs mis à la terre et entre les blindages soit établi avant celui des phases et coupé après rupture de ceux-ci (à l'aide d'un jeu de broches longues et de broches courtes). Ces jonctions sont étanches à l'eau. Une précaution élémentaire est à prendre lors du montage : la partie femelle doit toujours être montée du côté alimentation. Les deux parties sont vissées l'une à l'autre.

Le dispositif de protection du réseau compte un contacteur magnétique commandé par une bobine dont le courant peut être coupé par l'action d'un relais. Celui-ci est actionné par le courant continu de contrôle injecté sur les trois phases par l'intermédiaire d'un neutre artificiel et sur la gaine écran métallique extérieure du câble. La tension continue est de 42 V. L'augmentation du courant continu de contrôle peut provenir de la pénétration d'un objet conducteur mis à la terre, du contact entre les deux gaines conductrices ou du contact phase-gaine conductrice intérieure. Il est prévu, en outre, de réaliser un disjoncteur antigrisouteux. Ce dispositif est analogue aux contrôleurs d'isolement par injection de courant continu des types déjà connus en Belgique.

Résine synthétique pouvant être coulée à froid, pour les câbles miniers.

L'intérêt du procédé réside dans le fait qu'il peut être exécuté simplement et facilement, particulièrement dans les mines grisouteuses. De plus, la qualité de l'isolation ainsi réalisée est très élevée.

Les résines utilisées en Hongrie sont des polyesters non saturés qui peuvent être polymérisés avec des dissolvants. Grâce à des réactions chimiques, l'état liquide se transforme en état solide. Un catalyseur et l'apport d'une quantité convenable d'« accélérateurs » permettent d'amorcer la réaction et de provoquer le durcissement en un temps convenable. Enfin, pour des raisons économiques et aussi technologiques, une matière de remplissage, par exemple de la farine de quartz, est ajoutée au mélange. La résine finalement obtenue s'appelle « Gussharz ».

L'auteur donne la liste des composants de cette résine et leur groupement en deux mélanges, l'un à l'état liquide, l'autre à l'état pulvérulent, pour le transport jusqu'à l'endroit d'utilisation. Suivent de nombreux détails technologiques, des mesures de sécurité, etc. pour la réalisation des mélanges et leur transport. Sur place, les deux composants sont réunis, puis coulés. A ce sujet également, de nombreux détails de mise en œuvre sont donnés.

La résine est utilisée, soit comme matière de remplissage d'une armature, soit comme jonction sans armature. Dans ce dernier cas évidemment, un moule est nécessaire.

Les propriétés de cette résine sont les suivantes :

- bonne résistance mécanique,
- bonnes propriétés diélectriques (à 60° C, rigidité diélectrique : environ 50 kV/cm),
- bonne résistance chimique (huile, influences chimiques et atmosphériques),
- elle garde la forme prise même à des températures plus élevées,
- temps de solidification à 20° C : 90 à 120 minutes ; réaction exothermique,
- la résine solidifiée colle bien à des surfaces métalliques.

Pour la coulée dans des moules métalliques en vue de l'emploi comme jonction sans armature, il faut donc enduire les surfaces, par exemple de paraffine.

Remarque. — Une résine analogue de fabrication américaine a été agréée en Belgique pour le remplissage des boîtes de jonction (résine Scotch; agrégation n° 4/60/B/169 du 12-5-1960 au nom de Drugmand et Meert, à Bruxelles). Elle se présente sous forme de deux liquides contenus dans les deux compartiments d'un sac en plastique. En triturant celui-ci, on fait sauter la séparation des deux compartiments et les deux liquides peuvent être mélangés. La réaction de polymérisation commence dès ce moment : le produit reste fluide pendant une dizaine de minutes et peut être coulé très facilement.

La polymérisation est entièrement terminée en 24 heures.

Communication n° 63. — Dispositif de protection sélective des réseaux basse tension contre les défauts d'isolement, par N. A. K. KISIMOV (U.R.S.S.)

Ce système a été étudié en vue d'éviter de laisser sous tension un réseau ou partie de réseau (quartier ou simple départ vers un utilisateur, par exemple un moteur, que nous appellerons « antenne ») dont l'isolement est défectueux et d'empêcher un réenclenchement sur défaut. D'autre part, il permet d'isoler très rapidement l'antenne défectueuse et enfin, lors du déclenchement, après un temps très court (5 ms), il court-circuite les trois phases en aval du contacteur de manière à absorber l'énergie cinétique des machines tournantes.

L'ensemble de la protection comporte un coffret placé sur chaque feeder de quartier auprès du transformateur d'alimentation générale du réseau et un coffret de chantier sur chaque antenne.

Le coffret de quartier comporte essentiellement :

- 1° un contacteur à commande magnétique avec relais à maximum de courant et à minimum de tension;
- 2° un détecteur général des défauts d'isolement en service permanent; il assure le déclenchement immédiat en cas de défaut d'isolement du réseau;
- 3° un contrôleur de la résistance du circuit de mise à la terre assurée par le conducteur de terre des câbles;
- 4° un contrôleur automatique de l'isolement des feeders, connecté au réseau par l'intermédiaire du dispositif court-circuitant les trois phases 5 millisecondes après ouverture du contacteur magnétique;
- 5° un dispositif assurant la remise sous tension du ou des feeders de quartier, sauf lorsque le contrôleur (4°) empêche le réenclenchement; dans ce cas, une seule tentative de réenclenchement peut se produire;
- 6° en cas de déclenchement par surintensité, un dispositif de verrouillage empêchant le réenclenchement tant que le court-circuit n'est pas éliminé; ce verrouillage ne peut être annulé que par action manuelle, après ouverture du couvercle du carter.

Les coffrets de chantier comportent les contacteurs magnétiques et les dispositifs de contrôle d'isolement et de continuité du circuit de terre; ceux-ci interviennent lorsque les contacteurs de chantier sont ouverts.

L'auteur décrit un cas d'application de ce système de protection : un transformateur alimente, à l'aide de deux feeders, deux quartiers comprenant chacun plusieurs antennes.

Le défaut se produit, soit dans un feeder, soit dans une antenne. Dans les deux cas, il est décelé par le

détecteur général des défauts d'isolement qui provoque le déclenchement des contacteurs de chaque feeder et, par voie de conséquence, des contacteurs de chaque antenne.

Dans le premier cas, peu après déclenchement général, il y a tentative de remise sous tension des feeders, mais elle ne réussit que pour le feeder sain. Les antennes branchées sur celui-ci peuvent alors être réenclenchées manuellement.

Dans le second cas, peu après déclenchement général, il y a aussi tentative de remise sous tension des feeders, avec réussite pour les deux feeders. Ensuite, il sera possible de remettre sous tension les antennes, sauf celle où le défaut s'est produit. Dans l'un comme dans l'autre cas, la sélectivité de la détection est assurée moyennant la perte d'un minimum de temps pour les utilisateurs.

L'auteur signale encore le danger d'inflammation des mélanges grisouteux par les étincelles susceptibles de se produire le long des conducteurs nus de mise à la terre des appareils. Il estime que ce danger est écarté si l'on utilise un conducteur de terre dans tous les câbles d'alimentation.

Enfin, il conclut en indiquant l'amélioration de la sécurité des réseaux de distribution d'énergie électrique résultant de l'utilisation des dispositifs décrits ci-dessus, ainsi que des câbles où les conducteurs de force sont entourés d'écrans mis à la terre. Il termine en signalant que, dans les mines à

dégagements instantanés, il est prévu de provoquer le déclenchement du réseau par un grisomètre déclencheur (2).

Remarque. — L'originalité de l'appareil décrit ci-dessus réside principalement dans la présence d'un dispositif de mise en court-circuit des phases 5 ms après ouverture du contacteur alimentant ces phases.

En ce qui concerne ces deux premières communications qui ont trait aux moyens à mettre en œuvre pour conserver et surveiller l'isolement des réseaux, il est signalé au cours de la discussion que, si l'on veut assurer la sécurité vis-à-vis des explosions de grisou, il est nécessaire de couper la tension dans un délai de 2ms après la chute d'isolement et que cette méthode est appliquée dans certaines mines très grisouteuses soviétiques. Un dispositif de coupure rapide (1 ms) comportant dans chaque phase un détonateur qui, en éclatant, rompt le conducteur, est à l'étude en France depuis deux ans et en est maintenant au stade des essais au fond. Il existe un appareil russe basé sur le même principe. La mise en service de ces appareils complexe fortement les installations, si bien qu'ils ne sont indiqués que pour les mines de la troisième catégorie, mais pourraient dans certains cas s'appliquer dans les mines de la deuxième catégorie.

(2) Ce grisomètre déclencheur rapide est décrit au chapitre « Grisou ».

52. MATERIEL ANTIDÉFLAGRANT

Communication n° 32. — Percement de coffrets par des arcs, par L. Chaineaux et C. Gagnière (France) (3).

Des percements de coffrets antidéflagrants par des arcs électriques ayant été observés au fond de la mine, les auteurs ont étudié le phénomène en laboratoire, afin d'en déterminer les causes et les modalités, celles-ci en fonction de l'intensité de l'arc, de la nature et de l'épaisseur du métal, de la position de la paroi.

1) *Etude de la formation et de l'évolution des arcs électriques à l'intérieur des carters antidéflagrants.*

Il a été constaté que les coffrets antidéflagrants percés au fond de la mine présentaient presque toujours trois trous situés sensiblement au droit des trois conducteurs de phases. Pour reproduire ce phénomène, on a placé trois électrodes en cuivre à l'intérieur d'un carter antidéflagrant (fig. 3). Ces électrodes I, II et III, écartées de 70 mm, étaient maintenues en place par un support en bakélite B,

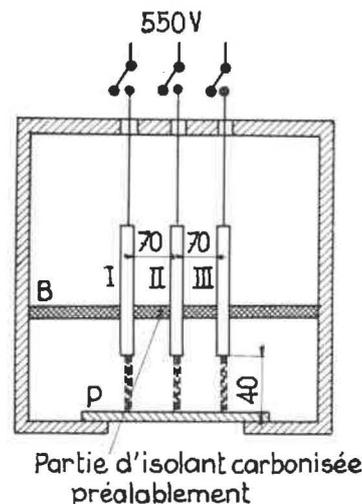


Fig. 3.

leur extrémité étant à 40 mm de la plaque de fond P. Après avoir carbonisé la partie d'isolant située entre les électrodes I et II, on les a reliées à un réseau triphasé de 550 V d'impédance telle que le court-circuit franc était limité à 900 A.

On a observé, lors de ces deux essais :

(3) Le texte intégral de cette communication sera publié prochainement dans la Revue de l'Industrie Minière.

- 1° que l'arc de court-circuit monophasé s'est transformé en deux arcs à la carcasse au bout de 4 et 6 ms, puis en trois arcs à la carcasse au bout de 24 et 62 ms;
- 2° que les intensités d'arcs sont sensiblement égales sur les trois phases (680 A);
- 3° que c'est par ionisation que le troisième arc s'est amorcé;
- 4° que l'on obtient le percement de la plaque de fond en trois points sensiblement au droit des électrodes;
- 5° que l'on a pu obtenir des arcs permanents lorsque la distance entre l'extrémité des électrodes et la plaque P était de 100 mm.

2) *Etude de l'influence de l'intensité, de la nature et de l'épaisseur du métal et de la position de la paroi en fonction du temps de percement.*

On a constaté :

- que le temps de percement est une fonction décroissante de l'intensité et que cette décroissance est plus importante pour l'acier que pour l'aluminium;
- que, toutes choses égales par ailleurs, le percement de l'aluminium est plus rapide que celui de l'acier;
- que le temps de percement croît avec l'épaisseur;
- que le percement est plus rapide lorsque la paroi est horizontale que lorsqu'elle est verticale.

Conclusions.

Pour éviter la formation d'arcs dans les coffrets, il est nécessaire d'employer des isolants peu altérables et ne carbonisant pas, des organes de fixation et de raccordement étudiés de manière à éviter tout échauffement dangereux et d'assurer une utilisation et un entretien corrects du matériel.

La formation possible d'arcs permanents de grande longueur, présentant une chute de tension importante, crée un danger contre lequel les protections classiques (disjoncteurs équipés de déclencheurs et coupe-circuit) peuvent être inefficaces. Il est donc souhaitable que soit développée l'utilisation des détecteurs de défauts impédants et des contrôleurs d'isolement agissant au déclenchement.

Malgré la sécurité moindre des carters en alliages légers au point de vue de leur résistance aux arcs, les auteurs estiment ne pas devoir recommander leur élimination, les précautions découlant des conclusions 1 et 2 paraissant assurer une protection suffisante.

Remarque. — Il résulte de la communication ci-dessus ainsi que des suivantes (n° 64 et n° 60) que l'aluminium présente de nombreux défauts : il se laisse facilement percer par l'arc, les joints formés par deux surfaces d'aluminium laissent passer la flamme beaucoup plus facilement que les joints entre surfaces d'acier. De plus, on sait que le ris-

que d'inflammation du grisou par étincelles de choc ou de friction n'est pas négligeable.

Communication n° 64. — Réalisation de carters antidéflagrants vis-à-vis d'arcs de court-circuit, par A. G. IKHNO (U.R.S.S.)

Il a été démontré en 1950 au Maknii (station d'essai russe) qu'un arc de court-circuit se produisant dans un carter antidéflagrant crée une série de risques supplémentaires par rapport à ceux du régime normal de coupure.

Ces risques résultent de :

- a) la projection de particules métalliques incandescentes à travers les joints antidéflagrants,
- b) la destruction de l'enceinte antidéflagrante par suite de l'augmentation de pression,
- c) l'échauffement exagéré des parois de l'enceinte antidéflagrante.

Une série de travaux expérimentaux concernant ces risques a été effectuée. Les résultats de ces travaux sont relatés ci-après.

1°) *Etude des caractéristiques antidéflagrantes des interstices.*

L'antidéflagrance d'un joint de forme déterminée est définie dans cette étude par l'écart qu'il faut laisser entre les deux faces de ce joint pour que celui-ci laisse passer la flamme dans 50 % des cas. La notation adoptée pour cet écart ou « interstice » est $S_{0,5}$.

— Influence de la configuration du joint sur l'interstice $S_{0,5}$.

Les essais sont effectués sur des joints plats et à chicanes. L'enveloppe a un volume libre de 45 litres, de manière à ce que les particules soient expulsées hors de l'enveloppe durant un temps assez long, les joints sont en acier, les électrodes en cuivre et la distance électrodes-joint est de 50 mm. Le courant de court-circuit franc (boulonné) atteint 2000 A, la durée de l'arc 0,2 s. La tension à vide est de 750 V.

Les résultats montrent que, pour les joints plats, la courbe de $S_{0,5}$ en fonction de la largeur L, du joint est croissante, sauf entre les valeurs de L comprises entre 15 et 25 mm, où elle est à peu près plate, avec une valeur $S_{0,5} = 0,35$ mm.

Pour les joints à chicane, la valeur de $S_{0,5}$ est toujours plus élevée. L'ensemble des résultats obtenus a permis d'établir une formule empirique donnant $S_{0,5}$ en fonction de la largeur du joint et de sa configuration (nombre de chicanes, présence d'écran).

— Influence du volume libre de l'enveloppe sur la valeur de $S_{0,5}$.

Les essais sont portés en graphique. La courbe est rapidement croissante pour les volumes plus petits que 2,6 litres. Ensuite, sa progression est

lente et linéaire : $S_{0,5}$ vaut 0,45 mm pour 2,6 litres et 0,6 mm pour 40 litres.

— Influence de la distance entre les électrodes et le joint sur la valeur de $S_{0,5}$.

Le graphique obtenu indique ici une variation lente et linéaire de $S_{0,5}$: celui-ci vaut respectivement 0,6 et 0,7 mm lorsque cette distance passe de 2,5 à 175 mm. Les essais ont été effectués dans une cuve de 40 litres.

— Influence de l'intensité de l'arc sur $S_{0,5}$.

De 0,6 mm pour $I_{cc} = 200$ A, $S_{0,5}$ tombe rapidement à 0,42 mm pour $I_{cc} = 100$ A. Ensuite, il reste constant jusqu'au courant maximum essayé : $I_{cc} = 2000$ A.

— Influence de la pression se développant dans l'enveloppe sur $S_{0,5}$.

La pression qui se développe dans l'enceinte au moment de l'établissement de l'arc dépend de la puissance et de la durée de celui-ci, de la nature des électrodes, de la concentration du mélange explosif, du volume de l'enceinte et de la surface totale de ses ouvertures.

Il a été établi qu'à chaque configuration du joint d'assemblage correspond une valeur déterminée de la pression qui donne une valeur minimale à $S_{0,5}$.

Pour des joints en acier et à chicane, des électrodes en aluminium et un volume de 2,6 l, la valeur minimale de $S_{0,5}$ est obtenue quand le mélange explosif est totalement absent de l'enveloppe : la pression atteint alors 1,2 à 1,4 kg/cm². Si les électrodes sont en cuivre, la pression donnant le minimum de $S_{0,5}$ est de 2 à 2,5 kg/cm² : elle est obtenue dans la même enceinte sans mélange explosif par un arc triphasé de 2000 A - 800 V.

— Influence de la nature des électrodes sur $S_{0,5}$.

Les expérimentateurs ont dégagé une conclusion nette : il leur apparaît pratiquement impossible d'admettre l'utilisation de conducteurs électriques en aluminium dans des carters à joints antidéflagrants plans. De plus, leurs efforts en vue de mettre au point un joint spécial satisfaisant pour ces conditions n'ont pas eu de succès jusqu'à présent. Enfin, ils considèrent que la possibilité d'utiliser de l'aluminium pour la fabrication de carters antidéflagrants est aussi limitée.

— Enfin, l'auteur examine encore les influences sur $S_{0,5}$ de la concentration de l'élément combustible dans le mélange, de la surpression initiale du mélange explosif et de la déformation élastique du joint. A ce dernier point de vue, il a pu distinguer le cas où ce sont les particules incandescentes qui sont à l'origine de la propagation de l'explosion en dehors du carter, et celui où c'est la flamme de l'explosion dans le carter qui en est la cause. Dans le premier cas, le joint, élargi élastiquement par suite de l'explosion dans le carter, présente le même danger qu'un interstice fixe de même dimension, tandis que dans le second cas il présente un danger moins

Néanmoins, remarque l'auteur, il faut toujours redouter une déformation permanente et, par conséquent, le risque de traversée en cas d'explosions internes répétées.

— Détermination des interstices de sécurité au moyen des courbes de probabilité.

Partant de l'idée que le phénomène de propagation de l'explosion au travers des joints ressort du domaine des probabilités, les expérimentateurs extrapolent des courbes de probabilité de traversée du joint en fonction de l'interstice, et ce pour divers types de joint. Ainsi, ils déterminent $S 10^{-4}$ ne donnant qu'une probabilité d'inflammation de 10^{-4} . En U.R.S.S., c'est cet écart qui est admis pour la réalisation des carters antidéflagrants.

2°) Détermination des pressions d'explosion dans les carters.

Les essais ont été effectués en provoquant l'inflammation d'un mélange à 9,8 % de CH₄, mélange donnant la plus forte pression, au centre d'une enveloppe vide,

— soit au moyen d'une étincelle,

— soit au moyen d'un arc triphasé de 2000 A - 730 V - 0,2 s.

A titre d'exemple, pour un volume de 40 litres et un interstice initial du joint plan de 0,05 mm, sans surpression initiale, les pressions obtenues furent les suivantes :

— inflammation par étincelle, $P = 4,5$ atm :

— inflammation par arc, $P = 5,6$ atm.

Si l'on compare les inflammations par arc à celles provoquées par des étincelles, on constate qu'en général les premières conduisent à des pressions plus élevées.

3°) Détermination du danger d'explosion externe au carter lors de l'échauffement des parois de celui-ci.

On a soumis aux essais des parois planes de dimensions identiques et de 10 mm d'épaisseur, réalisées en matériaux différents : acier, fonte, laiton, alpa. Les électrodes étaient disposées parallèlement entre elles dans un plan parallèle à la paroi essayée. On provoquait un arc de court-circuit triphasé de 780 A sous 380 V (tension à vide) et on déterminait le temps t_0 entre le début de l'arc et le moment de l'inflammation du mélange explosif extérieur par échauffement ou percement de la paroi. Le tableau I donne les résultats de ces essais.

Il résulte de ce tableau que, pour obtenir un échauffement non dangereux des parois, il faut couper l'arc de court-circuit dans un délai inférieur à 0,45 s. Cette condition est réalisée lorsqu'un contrôleur d'isolement est en service : cet appareil détecte la chute d'isolement qui se produit dans le coffret au moment de l'éclatement de l'arc, et coupe la tension en moins de 0,2 s.

TABLEAU I

Nature du métal constituant la paroi	Distance entre les électrodes et la paroi en mm	Isolement thermique supplémentaire de la paroi	Temps t_0 en secondes	Détérioration apparente sur la paroi
acier	10	néant	6,5	néant
fonte	»	»	2,3	fente
alpax	»	»	1,2	perçement
acier	20	»	10,9	néant
laiton	»	»	0,45	perçement
fonte	»	»	7,0	fente
alpax	»	»	2,1	perçement
laiton	»	amiante 30 mm d'épaisseur	9,7	perçement
alpax	»	»	7,9	perçement

4^o) Conclusions.

Il apparaît donc clairement que la formation d'arcs électriques à l'intérieur des coffrets antidéflagrants augmente les dangers d'explosion à l'extérieur des coffrets. De plus, de tous les matériaux constituant les enveloppes, l'acier est de loin le meilleur. Les alliages légers sont à déconseiller et le laiton à proscrire.

D'autre part, outre l'emploi du contrôleur d'isolement déclenchant en moins de 0,2 s, l'auteur préconise une série de mesures d'ordre pratique pour éviter l'arc de court-circuit lui-même :

- Utilisation d'isolants dont la nature et la forme sont meilleures.
- Amélioration des contacts de raccordement des conducteurs électriques.
- Amélioration de la protection des appareils électriques contre l'humidité et les poussières.
- Mise en œuvre d'un plan de revision systématique du matériel électrique.

A la suite de la discussion ouverte sur ces deux dernières communications ayant pour objet les arcs dans les coffrets, il y a lieu à notre avis de retenir l'intervention suivante :

La prévention contre les effets de l'arc électrique doit consister à éviter l'arc et à en limiter la durée. Il convient donc d'utiliser des isolants de haute qualité, de protéger efficacement les installations contre les surcharges, d'adopter des règles judicieuses de montage et d'exploitation et de les respecter, de faire usage de câbles avec écrans dont l'état est surveillé par des contrôleurs d'isolement. Ces derniers détecteront les arcs se produisant dans les coffrets entre phase et masse et interviendront en temps utile.

Communication n° 69. — Recherches sur l'état de surface des joints d'enveloppes antidéflagrantes, par FREY (République Démocratique Allemande).

Des joints à faces parfaitement lisses ne constituent pas un élément favorable à leur sécurité antidéflagrante. Il paraît donc préjudiciable, comme le font certains fabricants, de pousser le fini des sur-

faces à un degré trop élevé, par exemple en faisant disparaître les rayures d'usinage.

Quoique les expériences réalisées actuellement ne permettent pas d'établir une relation entre l'interstice de sécurité et la rugosité des surfaces du joint, elles montrent déjà l'ordre de grandeur de la rugosité qui devrait être prise comme base lors de l'usinage.

Lors de la réalisation des essais, le premier problème qui s'est posé a été de caractériser la rugosité des surfaces. Ensuite, ayant dégagé les critères qui paraissaient dignes d'intérêt dans ce domaine, d'examiner l'influence de chacun d'eux sur la probabilité de traversée.

L'auteur a caractérisé, d'une part la rugosité par les profondeurs extrêmes et moyennes des creux et de diverses combinaisons de ces deux valeurs, et d'autre part la probabilité de traversée par la dimension maximum de l'interstice ne donnant lieu à aucune traversée sur 50 essais.

Les conclusions suivantes ont pu être tirées de l'ensemble des essais réalisés :

- Les surfaces polies laissent plus facilement passer la flamme que les surfaces « moyennement rugueuses ».
- Pour les surfaces de faible rugosité, la méthode d'usinage n'a pas d'influence sur le risque de traversée. Il n'en est pas de même pour les rugosités plus fortes.
- La rugosité et toutes autres conditions étant égales, l'aluminium présente un risque de traversée plus important que la fonte grise.
- Le facteur le plus important caractérisant la rugosité n'est pas la profondeur moyenne des creux, mais bien la différence entre la profondeur maximum et la profondeur moyenne.

Comme il est difficile de caractériser la « qualité » de la surface des joints au point de vue risque de traversée par un examen direct de la surface, un essai des carters antidéflagrants s'impose. Les résultats acquis jusqu'à présent permettent néanmoins de dire que les prescriptions de construction devraient, outre les normes habituelles, prévoir des spécifications spéciales pour la rugosité des sur-

faces. Celle-ci devrait rester comprise entre certaines limites, pour la fonte grise par exemple. La profondeur la plus importante des creux devrait être comprise entre 50 et 70 μ pour les faces usinées par tournage et 70 à 100 μ pour les faces soumises au sablage.

Enfin, l'auteur estime que l'explication physique de l'influence positive de la rugosité des surfaces est que, d'une part, lorsque le front de la flamme passe dans l'interstice, il se désagrège contre les rugosités en une série de « pointes de flamme » moins dangereuses et que, d'autre part, l'absorption de la chaleur est plus importante lors du passage de la flamme par suite de l'accroissement de la surface résultant de la présence des aspérités.

Le problème de la conservation des joints de carter antidéflagrant a été soulevé au cours de la discussion. Pour les protéger de la corrosion, il faut couvrir leur surface d'un enduit approprié. En Hollande, on a procédé à des essais de nature à déterminer l'influence éventuelle d'un tel enduit sur les caractéristiques d'antidéflagrance. Trois séries d'expériences ont été effectuées sur le même joint. Dans la première, les surfaces du joint étaient propres, dans la deuxième, elles étaient recouvertes d'un enduit mince et, dans la dernière, d'une substance anticorrosive. En opérant sur divers gaz et plusieurs interstices, les expérimentateurs ont obtenu dans les trois cas les mêmes résultats.

Communication n° 74. — Sécurité des batteries d'accumulateurs pour locomotives électriques, par H. CALLUT (Belgique).

Les communications sur ce sujet, présentées aux conférences antérieures, avaient établi les principes suivants :

Les accumulateurs dégagent, non seulement pendant la charge mais aussi après celle-ci, de l'hydrogène et de l'oxygène. Le coffre qui les contient doit être conçu pour évacuer facilement ces gaz à l'atmosphère, tout au moins dans la période succédant à la charge, et éviter ainsi la formation à l'intérieur d'un mélange gazeux très brisant.

Pour cela, le coffret doit être pourvu d'ouvertures. Si celles-ci éliminent bien l'hydrogène et l'oxygène, elles se prêtent évidemment à l'entrée d'un mélange grisouteux éventuellement inflammable à l'intérieur du coffret. Ce mélange peut s'allumer par suite, par exemple, de la production d'une étincelle aux connexions entre éléments. Les ouvertures de ventilation doivent donc être pourvues de coupe-flamme. Ces dispositifs doivent être efficaces vis-à-vis d'une telle inflammation, mais ils ne peuvent constituer une entrave trop grande à l'élimination des gaz électrolytiques.

Les essais précédents sur batteries acides ou alcalines avaient conduit aux conclusions ci-après :

- 1°) Les ouvertures de ventilation garnies d'empilages coupe-flamme sont insuffisantes pour éliminer les gaz dégagés pendant la charge. Les teneurs en hydrogène et en oxygène en excès par rapport à l'air peuvent atteindre respectivement 35 et 50 %. Le coffre doit être ouvert pour la charge.
- 2°) Les empilages coupe-flamme, répartis en deux étages sur le couvercle, évacuent bien les gaz dégagés après la charge. La teneur en hydrogène reste inférieure à 4 %.
- 3°) Le dégagement d'oxygène des batteries acides est beaucoup moins important que celui des batteries alcalines.
- 4°) L'efficacité des empilages de plaquettes, de 1 mm d'épaisseur et 50 mm de longueur, écartées de 0,5 mm, vis-à-vis d'une inflammation intérieure d'un mélange grisouteux contenant de l'hydrogène et de l'oxygène dans des proportions en accord avec les teneurs trouvées au cours des essais de dégagement, est suffisante.

Les essais d'une nouvelle batterie du type acide ont confirmé les conclusions précédentes.

Les empilages coupe-flamme étaient disposés en deux étages sur le couvercle. Aux essais de dégagement gazeux sur batterie au repos en atmosphère calme, les maxima des teneurs en hydrogène et en oxygène trouvés, après charge, dans le coffre fermé, ont été de 2 %.

Les essais concernant la sécurité des empilages vis-à-vis des mélanges gazeux complexes composés d'hydrogène, d'air, de méthane et d'oxygène en excès sur l'air ont été repris sur le coffre de cette batterie. De nouvelles conditions expérimentales ont permis d'accélérer ces essais, d'en effectuer un

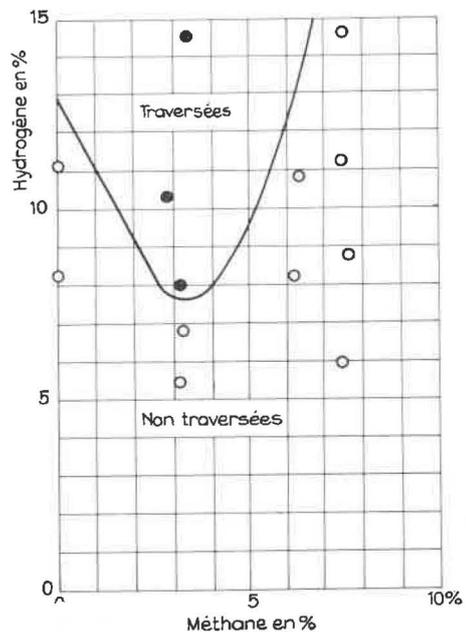
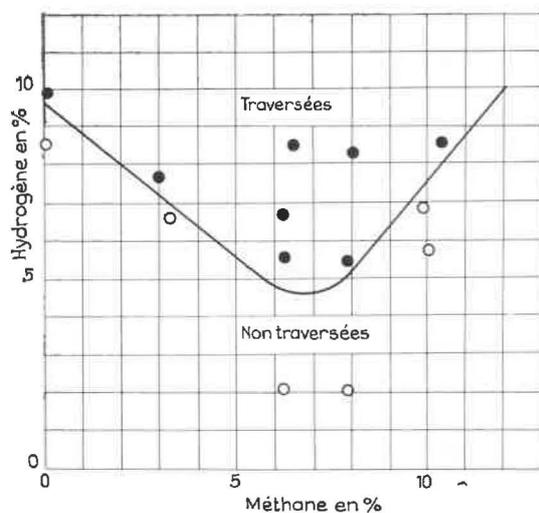
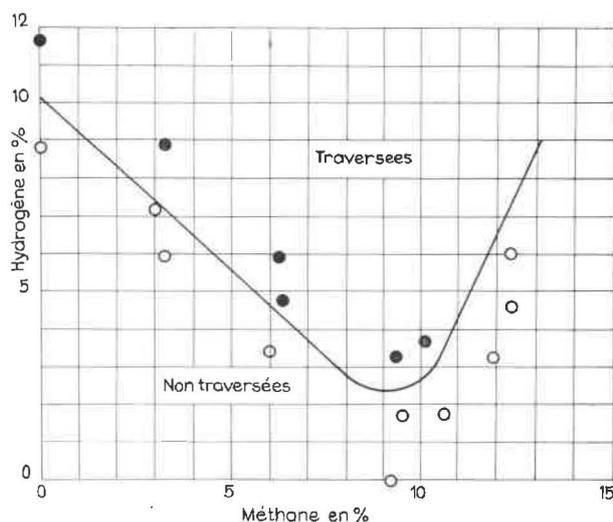


Fig. 4. — Mélanges sans excès d'O₂

Fig. 5. — Mélanges contenant 5,4 % d'O₂ en excès.Fig. 6. — Mélanges contenant 9,25 % d'O₂ en excès.

nombre assez élevé et de préciser les domaines des mélanges donnant lieu à des traversées.

Les mélanges réalisés dans le coffre peuvent être classés en trois groupes suivant leur teneur en oxygène en excès sur l'air : 0 %, 5,4 % et 9,25 %.

Les résultats de chacun de ces groupes sont représentés sous forme de diagrammes aux figures 4, 5 et 6.

L'examen des diagrammes montre que les mélanges donnant lieu à des traversées se situent dans un domaine dont la limite est bien déterminée pour chaque concentration en O₂ et que ce domaine s'étend quand cette concentration augmente. Elle prouve que l'oxygène ajouté à des mélanges inflammables diminue l'efficacité des coupe-flamme et démontre, par comparaison avec les maxima de 2 % des teneurs en H₂ et O₂ lors des essais de dégagement gazeux, que, dans le cas du coffre éprouvé, la sécurité des empilages est largement suffisante.

La discussion au sujet de cette communication met en relief

- l'intérêt présenté par la disposition des empilages en deux étages au point de vue de l'efficacité d'élimination des gaz électrolytiques;
- l'utilisation, dans certains pays, de coffrets dont l'espace libre contient un catalyseur au palladium. Ce dernier provoque la combustion de l'hydrogène qui est ainsi totalement absent dans le coffre, même pendant la charge. Le catalyseur doit évidemment être entretenu en bon état;
- la mise à l'essai d'un coffre de batterie dont le couvercle est constitué de deux tôles épaisses perforées, boulonnées l'une sur l'autre et serrant entre elles cinq toiles métalliques à 144 mailles par cm². Ces toiles constituent les coupe-flamme et jouent le même rôle que les empilages.

53. PROTECTION PAR MATERIAU PULVERULENT

Communication n° 33. — Protection des appareils électriques par un matériau isolant pulvérulent, par R. LOISON et F. VIN (France) (4).

Le résumé ci-après est celui qui a été rédigé par les auteurs eux-mêmes.

Depuis une vingtaine d'années, la silice pulvérulente est conseillée comme matériau de remplissage des transformateurs et de divers autres appareils électriques ne produisant pas d'étincelles en fonctionnement normal. L'emploi de ces appareils s'est par la suite fortement développé; plus de 3000 transformateurs au quartz sont actuellement en service dans les mines françaises.

Initialement, l'introduction de quartz avait surtout pour but de réduire la pression de l'explosion;

(4) Le texte intégral de cette communication sera publié prochainement dans la Revue de l'Industrie Minière.

mais le remplissage de quartz s'oppose également à la propagation d'une inflammation du grisou, et il permet d'éviter l'emploi de carters antidéflagrants.

Cette communication rend compte d'une série d'essais récents dont l'objectif est le suivant : Lorsqu'un arc s'établit à l'intérieur d'une masse pulvérulente surmontée par une atmosphère grisouteuse inflammable, il est nécessaire, pour que cette atmosphère ne soit pas enflammée, que la distance h entre l'arc et la surface de la masse pulvérulente soit supérieure à une certaine limite h_0 . On a examiné comment varie cette hauteur limite h_0 en fonction des différents paramètres expérimentaux, et notamment la durée, l'intensité et la tension de l'arc.

Avec un matériau constitué par du quartz calibré entre 0,5 et 1,6 mm, la hauteur limite est reliée aux

caractéristiques de l'arc par la formule empirique suivante :

$$I^2 t = 750 h_0^3$$

dans laquelle :

I = intensité en ampères,

t = durée de l'arc en ms,

h_0 = hauteur de quartz en mm.

Cette formule a été établie à partir d'arcs monophasés. Quelques essais effectués avec court-circuit triphasé ont montré que la limite n'était pas sensiblement modifiée. On a conclu de ces essais qu'il suffisait d'imposer à la hauteur h une valeur minimum de 150 mm pour assurer un niveau de sécurité suffisant, compte tenu des caractéristiques des installations électriques du fond, et notamment du délai de réponse des dispositifs de protection contre les courts-circuits.

On a également analysé le mécanisme d'inflammation du grisou par ce processus; il se forme autour de l'arc une poche limitée par du quartz fondu; les dimensions de cette poche croissent au fur et à mesure que l'arc se développe, et l'inflammation se produit lorsque la poche atteint la surface de la masse pulvérulente. La présence de grisou à l'intérieur des interstices de la masse pulvérulente ne modifie pas l'allure du phénomène.

On a examiné également les conséquences d'un arc résultant de la rupture d'un conducteur. Un arc

de 50 A sous 6 kV peut être entretenu pendant 8 minutes à 40 mm de la paroi d'un carter métallique (relié à une des électrodes) sans l'atteindre.

On a examiné enfin les propriétés diélectriques du quartz en fonction de l'humidité. Le quartz pulvérulent n'est pas hygroscopique. Sa rigidité diélectrique est légèrement supérieure à celle de l'air.

Remarque : Cette dernière communication amène l'intervention d'un délégué qui apporte les précisions suivantes :

La couche de 150 mm d'épaisseur au-dessus des conducteurs n'est pas suffisante si la puissance dépasse notablement celle indiquée. L'application d'écrans perforés, solidaires de l'enveloppe, dans la couche de sable permet de réduire celle-ci au tiers de son épaisseur. Il est recommandable de disposer d'une couche supplémentaire contre l'humidité. Il y a lieu de retenir également les renseignements suivants : Etant donné la puissance installée normalement au fond, une couche de 150 mm suffit. Cette épaisseur pourrait être réduite à 100 mm en disposant un écran en bakélite à la surface du quartz : une telle solution n'est cependant pas à préconiser parce que la bakélite se modifie avec le temps. Les travaux rapportés dans la communication ont été poursuivis sur des gaz autres que le méthane, notamment le sulfure de carbone, dont la température d'inflammation est très basse : ils ont montré que la hauteur de sécurité est indépendante du gaz.

54. ECLAIRAGE ELECTRIQUE

Communication n° 62. — La sécurité des appareils d'éclairage de mines, par L. A. SALTSEVITCH (U.R.S.S.)

Les armatures d'éclairage de mines doivent être antidéflagrantes. Mais ce caractère d'antidéflagrance présente toujours un point faible, la partie de l'enveloppe qui est en verre ou en matériau transparent.

L'auteur recherche dans ce travail un moyen de compenser cette déficience et d'augmenter ainsi la sécurité des lampes à incandescence et des appareils à fluorescence.

1°) Appareils d'éclairage à incandescence.

L'accident à craindre est évidemment le bris du verre de protection et de l'ampoule elle-même. Si la lampe se trouve à ce moment en atmosphère grisouteuse inflammable, celle-ci s'enflamme au contact du filament incandescent.

L'auteur a cherché à obtenir la sécurité par mise hors tension du filament dans un délai déterminé après rupture de l'ampoule. Mais ses essais ont établi que, même si ce délai est nul, le risque d'inflammation reste important.

Il en conclut que les seuls moyens d'obtenir la sécurité des lampes à incandescence sont :

— la mise hors tension du filament avant le bris de l'ampoule,

— l'introduction d'un milieu inerte entre l'ampoule et le verre de protection, ce milieu ayant pour but de retarder l'arrivée du mélange grisouteux sur le filament jusqu'à ce que celui-ci soit refroidi à une température non dangereuse.

Aucune réalisation pratique de l'une ou l'autre de ces conditions n'est signalée dans la communication.

2°) Appareils d'éclairage à fluorescence.

L'inflammation du grisou par un tube fluorescent ne peut se produire que durant la période d'allumage. Les essais ont montré que, durant celle-ci, le risque le plus important était celui résultant de la rupture des électrodes, lors du bris du tube.

En effet, il a été constaté que l'étincelle accompagnant la rupture du circuit de préchauffage des électrodes du tube fluorescent allume toujours le mélange grisouteux; mais, au moment de l'irruption du mélange explosif air-CH₄, celui-ci met en suspension de la poussière de substance lumineuse inhibitrice qui se trouve d'ailleurs dans tous les tubes fluorescents et qui lui ôte momentanément son explosibilité. Il ne redevient explosif qu'après un

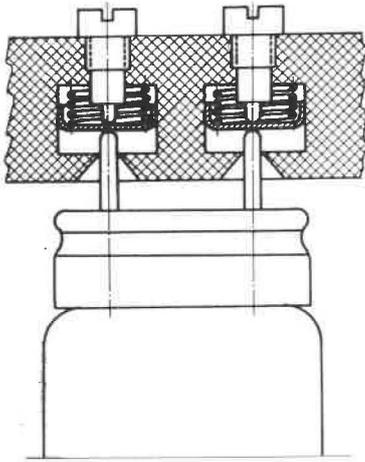


Fig. 7. — Dispositif d'éjection des broches de contact d'un tube fluorescent.

délai de 15 à 400 ms. Pour deux essais seulement sur trente et un, ce délai n'a été que de 3 à 4 ms. Il est donc possible d'éviter l'explosion du mélange grisouteux si l'on assure automatiquement la mise hors tension des électrodes en moins de 3 ms après la destruction du tube.

Des sockets éjectant les broches de contact du tube lors du bris de celui-ci assurent la mise hors tension des électrodes et la sécurité des tubes vis-à-vis du danger signalé (fig. 7).

L'auteur note cependant que, même en l'absence de dispositif de protection supplémentaire, le risque d'explosion est réduit, car il nécessite le concours de trois circonstances :

- a) la destruction du verre de protection,
- b) le bris du tube pendant la période d'allumage,
- c) la rupture de l'une des électrodes d'allumage.