

TABLEAU V

N° d'essai	Pouvoir de réfringence en unités β	Température en °C.	Pression barométrique	Facteur de correct.	Résultats interférométriques	Résultats de contrôle
1	(B) 327.427	15,2	740	1,084	O ₂ = 12,81	12,99
	(B') 335,717	15,7	741	"	CH ₄ = 22,52 N ₂ = 64,67	22,67 64,34
2	(B) 328.410	18,1	740	1,082	O ₂ = 12,08	12,15
	(B') 336.297	"	"	"	CH ₄ = 23,06 N ₂ = 64,86	22,93 64,92
3	(B) 320.171	19,3	749	1,086	O ₂ = 12,22	12,12
	(B') 327.517	"	"	"	CH ₄ = 17,45 N ₂ = 70,33	17,69 70,19
4	(B) 305.861	21,0	754	1,085	O ₂ = 15,55	15,60
	(B') 312.305	20,8	"	1,084	CH ₄ = 8,26 N ₂ = 76,19	8,38 76,02
5	(B) 306.019	17,5	753	1,074	O ₂ = 15,50	15,73
	(B') 312.442	17,6	"	"	CH ₄ = 8,36 N ₂ = 76,14	8,36 75,91
6	(B) 326.397	19,6	752	1,085	O ₂ = 13,97	13,90
	(B') 335.394	"	"	"	CH ₄ = 22,03 N ₂ = 64,00	21,95 64,15
7	(B) 389.284	21,8	746	1,10	CO ₂ = 5,13	5,48
	(B') 384.975	"	"	"	O ₂ = 9,14	9,37
	(B'') 385.576	22,2	747	1,102	CH ₄ = 51,22 N ₂ = 34,51	51,64 33,51
8	(B) 377.840	20,7	758	1,078	CO ₂ = 5,13	5,17
	(B') 373.940				O ₂ = 4,87	4,98
	(B'') 383.410				CH ₄ = 50,25 N ₂ = 39,75	50,80 39,05

REMARQUES. — B : pouvoir réfringent du gaz originel.
B', B'' : pouvoir réfringent de ce même gaz après enlèvement de l'oxygène et du CO₂.

Ces déterminations ont été faites sur de faibles volumes gazeux (300 cc. environ par élément à doser).

Le Matériel Electrique Antigrisouteux à l'Institut National des Mines

L'Expérience de 10 ans (1930-1940)

NOTE

PAR

A. BREYRE,
Ingénieur en chef des Mines,
Directeur de l'Institut,
Professeur à l'Université de Liège.

ET

J. FRIPIAT,
Ingénieur principal des Mines,
Attache à l'Institut.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	73
PREMIERE PARTIE	
<i>Modifications apportées aux prescriptions sur l'emploi de l'électricité dans les mines et aux règles de construction du matériel antigrisouteux</i>	<i>75</i>
Prescriptions réglementaires pour les travaux souterrains :	
I. — Endroits où aucun afflux de grisou n'est à craindre	79
II. — Endroits où un afflux de grisou est à craindre	84
III. — Dispositions générales	85
Règles pour certaines dépendances de la surface . .	87
Règles de construction à observer dans les appareils antigrisouteux :	
Prescriptions générales	88
a) Définition d'une enveloppe de sûreté . .	88
b) Détails de construction	91
1 et 2. Assemblages et joints	91
3. Boulons, vis, etc.	93
4. Clefs spéciales	94
5. Traversées d'axes	94
6. Traversées d'arbres	95
7. Traversées de câbles armés	96
8. Traversées de câbles souples	97
9. Connexions des conducteurs du câble . .	98
10. Regards	99
11. Prises de courant avec fiches	100
12. Dispositifs de vérification du niveau d'huile	100

13. Appareils d'éclairage	101
14. Appareils téléphoniques	101
15. Coffrets d'accumulateurs	102
Essais. — Montage et démontage dans les travaux	102
Tableau I. — Résumé des règles de construction	104

SECONDE PARTIE

Evolution des appareils antigrisouteux :

Chap. I. — La liaison des câbles	105
Chap. II. — Moteurs	114
Chap. III. — Appareils d'utilisation générale	127
Généralités	127
Construction des enveloppes	127
Réfrigération	128
Tige de jauge	129
Boîte de niveau d'huile	130
Dispositifs divers de sécurité	130
Transformateurs	134
Rhéostats de démarrage. Contrôlers. Résistances	140
Interrupteurs et disjoncteurs	142
Chap. IV. — Locomotives électriques	151
Chap. V. — Matériel d'éclairage	156
Eclairage par accumulateurs	156
Appareils d'éclairage s'alimentant à des sources autres que les accumulateurs	158
Diverses armatures et lampes	162
Chap. VI. — Appareils de signalisation. — Essais spéciaux	175
Chap. VII. — Les exploseurs	191

ANNEXE

<i>Expériences sur les joints pour enveloppes de petite capacité</i>	201
--	-----

AVANT-PROPOS

En 1930, nous avons publié (*Ann. des Mines de Belgique*, 3^e livraison 1930) une note sur « Le matériel électrique antigrisouteux (1) à l'Institut National des Mines de Frameries-Pâturages ».

Les tirés à part de cette brochure ont été rapidement épuisés et nous avons dû laisser de nombreuses demandes non satisfaites.

Pour donner suite aux désirs qui nous sont exprimés, une réédition s'imposait; mais dans l'intervalle, l'électrification de nos mines a pris une extension considérable, des réalisations nouvelles ont vu le jour, certaines modifications dans les dispositifs antigrisouteux ont été dictées par l'expérience.

Nous ne pouvions donc nous contenter de la réimpression simple de notre travail de 1930; une mise à jour s'imposait.

Le but du présent travail est de faire connaître les progrès réalisés, au cours de la décade écoulée, grâce à

(1) Le terme *antigrisouteux* n'est pas très correct; *antidéflagrant* est un peu plus judicieux, encore faudrait-il préciser que ce caractère s'applique aux mélanges grisouteux et non à certains gaz plus dangereux, tels l'hydrogène, l'acétylène, le gaz de ville, etc...; il faudrait, strictement employer la périphrase « de sécurité vis-à-vis du grisou ». Mais le terme *antigrisouteux* est consacré par l'usage, il est plus court et ne présente aucune ambiguïté, les usagers sachant bien ce que l'on entend par là. Nous l'avons donc conservé.

la collaboration de l'Institut National des Mines et des constructeurs.

Nous nous plaçons à souligner que nos efforts ont toujours trouvé la meilleure compréhension chez tous les constructeurs avec qui nous avons été en rapport, tant pour la fourniture du matériel requis pour nos expériences que pour l'adoption de nos suggestions.

Nous indiquerons d'abord (Première Partie), succinctement, les quelques modifications apportées soit au règlement sur l'emploi de l'électricité, soit aux règles sur la construction du matériel électrique antigrisouteux.

Nous donnerons l'état actuel des règles et dispositifs de construction servant de base à l'agrément des appareils antigrisouteux.

Nous exposerons ensuite (Seconde Partie) les réalisations les plus intéressantes montrant l'évolution qui s'est produite dans chacune des catégories d'appareils suivants : amarrage des câbles, moteurs, appareils d'utilisation générale (transformateurs, démarreurs, matériel de coupure), locomotives, matériel d'éclairage, matériel de signalisation, explosifs, chaque catégorie faisant l'objet d'un chapitre spécial.

Enfin, dans les divers chapitres ou en annexe, nous relaterons quelques recherches expérimentales ayant servi de bases ou de directives pour des agréments, amendements, etc.

Certaines de ces recherches ont déjà été publiées dans les rapports annuels sur les travaux de l'Institut; d'autres, se rapportant à une question d'intérêt plus restreint, n'ont jamais fait l'objet d'une publication.

Les premières seront rappelées brièvement, les secondes d'une façon un peu plus détaillée.

PREMIERE PARTIE

Modifications apportées aux prescriptions sur l'emploi de l'électricité et aux règles de construction du matériel antigrisouteux

Au cours des dix dernières années, quelques modifications ont été apportées aux prescriptions belges visant l'emploi de l'électricité dans les mines.

Prescriptions générales

L'arrêté royal du 28 décembre 1931 a abrogé les titres I, II, III, soit les articles 1 à 209 de l'Instruction ministérielle du 30 septembre 1919, ne laissant subsister que le titre IV (articles 210 à 268), relatif aux installations souterraines et à certaines dépendances de la surface des mines de 3^e catégorie (mines à dégagements instantanés de grisou).

Ce titre IV, resté intact, est le plus important au point de vue des appareils électriques antigrisouteux. Son article 248 maintient le principe de l'agrément préalable du

matériel électrique dont on peut faire usage dans les endroits où un afflux de grisou est à craindre (1).

Règles de construction du matériel antigrisouteux

Dans les grandes lignes, elles n'ont pas été modifiées depuis leur publication en 1927 (2).

Ces prescriptions ont donc toujours comme principe essentiel d'exiger l'étanchéité vis-à-vis des flammes de grisou, de toute enveloppe renfermant un appareil électrique quel qu'il soit, alors même que le fonctionnement normal ne donnerait lieu à aucune étincelle.

On admet donc que tout appareil électrique est susceptible de donner lieu à des inflammations et qu'il faut se prémunir contre un fonctionnement anormal, des circonstances exceptionnelles donnant lieu à production d'étincelles.

Les dispositifs capables d'assurer cette étanchéité ont été décrits d'une façon détaillée aux pages 17 et suivantes de notre étude de 1930.

On distingue les enveloppes hermétiques, les enveloppes à ouvertures protégées, celles à joints ouverts.

Aucun dispositif nouveau n'a été présenté depuis 1930.

(1) Bien que les lampes portatives ne soient pas soumises aux règles visant l'emploi de l'électricité, rappelons que l'arrêté ministériel du 5 avril 1934 modifiant celui du 15 mai 1919, sur l'éclairage des mines à grisou par lampes électriques portatives, a porté à 4,5 volts et à 2 ampères les tension et intensité maxima mises en jeu dans les lampes dont l'étincelle de rupture jaillit en l'espace où se dégagent les gaz de l'accumulateur.

Nous citons cet amendement parce qu'il a été motivé par des expériences faites à l'Institut et relatées dans le Rapport annuel sur les travaux de 1933 (voir pages 21 à 28, tome XXXV, année 1934, des *Annales des Mines de Belgique*).

(2) Voir Rapport sur les travaux de l'Institut National des Mines à Frameries, pendant l'année 1926, par E. Lemaire, pages 3 à 35 du tome XXVIII, année 1927 des *Annales des Mines de Belgique*.

Néanmoins, nous avons été amenés à reviser les règles de construction, dans le sens d'un allègement, pour les appareils de faible puissance, tels que moteurs pour canars d'aérage, interrupteurs pour l'éclairage, boîtes de manœuvre pour la signalisation, exploseurs.

Ces appareils sont généralement protégés par des enveloppes de faible volume, c'est-à-dire inférieur à 3 litres.

Pour des enveloppes hermétiques de ce genre, nous avons admis, après essais démonstratifs, que la largeur des joints dressés soit réduite à 10 mm. (au lieu de 25 mm.).

Des moteurs de génératrices, logés dans des enveloppes de capacité inférieure à un litre, ont été agréés avec des fourreaux (traversées de l'arbre) et des douilles (de traversée d'axes) ayant des portées et jeux inférieurs à ceux prescrits pour les appareils normaux.

Nous avons proposé également les amendements suivants :

a) En principe, les boulons, vis, etc. ne peuvent transpercer de part en part les parois de l'enveloppe, mais doivent être logés dans des cavités en cul-de-sac.

Nous admettons maintenant le percement des parois, à condition que les vis et boulons ne puissent être enlevés qu'après ouverture d'un couvercle fixé par des vis spéciales.

Ce cas se présente notamment pour l'assemblage de deux enveloppes antigrisouteuses juxtaposées.

b) La construction des boîtes à bornes a fait l'objet d'un allègement réservé aux cas de réalisation difficile des connexions à l'intérieur de la boîte.

Nous l'exposerons plus loin.

c) Les règles de construction visant la disposition des regards des appareils ont été aussi modifiées.

Tous les constructeurs s'étaient arrêtés à la solution suivante : deux glaces de 7 à 8 mm. d'épaisseur serrées entre des joints de plomb malléable.

A la demande d'un constructeur, nous avons examiné et admis la glace unique de 12 mm. d'épaisseur scellée par un ciment à la litharge (10 parties de litharge, 1 partie de glycérine).

L'addition de glycérine empêche le fendillement du ciment, cause qui avait fait écarter d'abord le scellément par mastic ou ciment.

Les essais justifiant cette modification ont été relatés dans le Rapport annuel de l'Institut National des Mines (voir pages 23 et suivantes du tome XXXVII, année 1936, des « Annales des Mines de Belgique »).

Compte tenu des modifications rappelées ci-dessus, nous donnons les règles de construction des appareils électriques antigrisouteux.

Une remarque peut être faite ici :

Les règles des différents pays miniers s'inspirent toutes d'expériences similaires et sont généralement très voisines. Des essais d'unification n'ont pas abouti, chaque pays ayant préféré garder sa réglementation propre établie d'après le coefficient de sécurité choisi, lequel varie d'un pays à l'autre.

Rappelons les prescriptions spéciales aux travaux souterrains, c'est-à-dire le titre IV de l'Instruction ministérielle du 30 septembre 1919.

Prescriptions réglementaires pour les travaux souterrains.

I. — Endroits où aucun afflux de grisou n'est à craindre.

Ceci vise donc toutes les communications en mines non grisouteuses et les voies d'entrée d'air des mines grisouteuses de première et deuxième catégories.

Interrupteurs et commutateurs.

Art. 210. — Les appareils enfermés, qui servent à interrompre le courant, dont on ne peut, à moins d'enlever l'enveloppe, reconnaître avec certitude la position d'ouverture, doivent être, dans le cas de haute tension, pourvus d'un dispositif indiquant cette position.

Sûretés.

Art. 211. — L'emploi de sûretés fusibles est interdit pour la protection des installations. Il ne pourra être fait usage que de disjoncteurs automatiques; ceux-ci seront pourvus d'un dispositif d'enclenchement qui ne pourra être manœuvré qu'après rupture du courant.

Il est permis de déroger à l'interdiction de l'emploi des sûretés fusibles pour les moteurs dont la puissance ne dépasse pas 20 kilowatts, pour les appareils mobiles et pour les lampes; dans ce cas, les fusibles doivent être pourvus d'une enveloppe hermétique.

Instruments de mesure.

Art. 212. — Dans les instruments de mesure à courants alternatifs, la tension est limitée à 110 volts entre phases. Cette tension peut atteindre 500 volts si ces instruments sont entourés de boîtes protectrices hermétiques pourvues de glaces en verre épais; ces boîtes doivent être mises à la terre.

Lampes et accessoires.

Art. 213. — Les lampes à incandescence à ampoules hermétiques sont seules admises. Elles doivent être enfermées, y compris leurs douilles, dans des globes en verre épais, à joints également hermétiques; ces globes doivent être protégés par un treillis métallique.

Art. 214. — La tension maximum entre conducteurs de phases ou de polarités différentes est fixée à 110 volts.

Cette limitation n'est pas applicable aux lampes raccordées à des installations d'électromoteurs à courant continu ne dépassant pas 500 volts.

Art. 215. — Dans les travaux de fonçage des puits, la tension peut être fixée à 250 volts dans les circuits d'alimentation des lampes suspendues, isolées ou réunies en groupes ou bouquets.

Ces lampes ou groupes de lampes doivent être enfermés dans des lanternes solides, à joints hermétiques, protégés contre les chocs par des barres ou toute autre garniture métallique. Les points d'attache des conducteurs électriques doivent se trouver à l'intérieur de ces lanternes et être soustraits à tout effort de traction.

Art. 216. — Dans les cas visés au 2^e alinéa de l'article 213 et à l'article 214, le courant sera coupé au moyen d'interrupteurs placés en dehors des puits, en des endroits sûrs, préalablement au remplacement des lampes, à l'enlèvement des globes, à l'ouverture des lanternes et aux travaux quelconques à effectuer aux conducteurs d'alimentation.

Lignes et conducteurs.

Art. 217. — Il est interdit de faire usage de la terre comme conducteur de retour, sauf pour la traction.

Art. 218. — L'emploi de conducteurs nus est interdit, sauf dans les lignes de contact pour la traction par courant continu.

Les conducteurs secondaires et les barres faisant partie des tableaux de distribution ne peuvent être recouverts d'aucun isolant.

Art. 219. — Les lignes principales posées à demeure doivent être constituées par des câbles sous plomb et revêtus d'une armature métallique mise à la terre et protégée contre l'humidité par une enveloppe imprégnée.

Ces câbles doivent être fixés à l'aide de supports disposés de manière à ne pas subir de détérioration, tout particulièrement quand ces supports sont constitués par des colliers métalliques.

Art. 220. — Les jonctions entre les divers tronçons d'un même câble doivent être protégées par des boîtes métalliques robustes, hermétiquement closes, remplies d'une substance isolante appropriée.

Art. 221. — Ces câbles doivent être essayés, après pose, à 1,5 fois au moins la tension de service; il est dressé procès-verbal des essais effectués.

Art. 222. — Dans les puits et les galeries inclinées à plus de 45 degrés, l'espacement des supports ne peut dépasser 6 mètres. L'armature des câbles doit être constituée de fils d'acier, à moins que ces câbles ne soient soustraits aux efforts de traction par un autre moyen.

Art. 223. — Les câbles destinés à l'éclairage doivent être recouverts d'un tressage en fils d'acier ou tirés dans des tubes à raccords étanches et bons conducteurs et mis à la terre dans les deux cas.

Art. 224. — Les conducteurs raccordant les moteurs au tableaux de distribution et aux rhéostats ou appareils de démarrage doivent être des câbles sous plomb et armés, sauf quand ceux-ci sont de faible longueur et qu'ils sont protégés d'une façon efficace contre tout contact.

Les tubes destinés à recevoir deux fils auront un diamètre intérieur d'au moins 11 millimètres.

Les conducteurs à ruban de caoutchouc naturel sont interdits.

Traction électrique.

Art. 225. — Les conducteurs de prise de courant doivent se trouver à 2 mètres au moins au-dessus du bourrelet des rails.

La tension entre ces conducteurs et la terre ne peut dépasser 250 volts. La distance ci-dessus spécifiée peut être réduite à 1^m70, pour autant que les conducteurs soient protégés d'une manière reconnue efficace par l'administration des mines.

Art. 226. — L'emploi de la haute tension jusque 500 volts n'est permis, d'une manière générale, que sur les lignes dont les fils sont soustraits à tout contact accidentel, soit par suite de la hauteur (2^m30) à laquelle ils se trouvent, soit par les dispositifs de protection employés, ou bien encore lorsque la circulation, dans les parties de galeries où les fils sont établis, est interdite au personnel.

Art. 227. — Dans les installations de traction, il faut prévoir des dispositifs permettant de déconnecter ou bien de faire des signaux perceptibles par l'agent à ce préposé, à l'endroit où se fait la déconnexion.

Art. 228. — Aux endroits de garage, de croisement et aux abords, il faut placer des tableaux avertisseurs qui attirent l'attention sur le danger de toucher les fils de contact; ces tableaux doivent être éclairés.

Art. 229. — Lorsque les fils de contacts ne sont pas établis sur des isolateurs en porcelaine ou en substance équivalente, ils doivent être doublement isolés par rapport à la terre.

Art. 230. — Les fils transversaux de toute espèce (porteurs ou tendeurs) qui se trouvent à portée de la main, doivent être isolés doublement par rapport aux conducteurs sous tension.

Art. 231. — Les conducteurs d'alimentation ou feeders, normalement sous tension par rapport à la terre, doivent pouvoir être déconnectés de la prise de courant et des conducteurs qu'ils alimentent.

Art. 232. — Si, à l'aide des sectionneurs des lignes, on se ménage la possibilité de mettre hors service à la fois le feeder et la partie attenante de la ligne de contact, il n'est plus nécessaire de pouvoir déconnecter au centre d'alimentation.

Art. 233. — Le sectionneur situé entre l'appareil de captage du courant et le reste de l'équipement électrique des véhicules doit être établi de manière à ne pas supprimer l'éclairage.

Installations sujettes à déplacements.

Art. 234. — Pour la basse tension (1), il faut employer des câbles sur rouleaux ou des conducteurs pourvus d'une armature en fils métalliques mise à la terre. Pour la haute tension, les conducteurs sur rouleaux sont seuls admis.

Le diamètre d'enroulement doit être tel qu'il n'en résulte aucune détérioration des câbles.

Art. 235. — Toutes les parties métalliques, qui ne sont pas sous tension, des machines et appareils électriques, doivent être mises à la terre.

Art. 236. — A l'endroit de l'entrée des conducteurs dans le puits et avant chaque dévidoir, on doit installer, sur tous les pôles, ou bien un interrupteur, ou bien un disjoncteur automatique réglable.

Art. 237. — Les prises de courant ne peuvent être employées qu'avec un blocage pouvant être libéré à la main.

Art. 238. — Les transformateurs déplacés périodiquement en vue de l'alimentation des appareils amovibles, doivent être établis dans des cabines construites en matériaux incombustibles, convenablement ventilées et fermées par une porte en fer cadenassée. Les agents spécialement désignés à cette fin pourront seuls y avoir accès.

(1) L'instruction ministérielle de 1919 classait dans cette catégorie toutes les installations dont la tension effective de service entre un conducteur et la terre ne dépasse pas 250 volts, sans distinguer entre le courant continu et le courant alternatif, comme le fait l'arrêté royal du 28 décembre 1931. « notre avis, pour l'application de l'article 234, c'est la définition de 1919 qui doit être utilisée.

Art. 239. — Des interrupteurs automatiques à maxima doivent être placés dans la cabine sur le circuit primaire et sur chacun des circuits secondaires de tout transformateur électrique. Chaque appareil amovible sera alimenté par un circuit secondaire distinct (1).

Art. 240. — Les électromoteurs transportables qui exigent un maniement constant sous tension, tels que les machines à forer ou à haver, ne peuvent être employés qu'avec une tension ne dépassant pas 250 volts entre phases pour le courant alternatif et 500 volts en courant continu.

Art. 241. — Les câbles souples destinés à raccorder les moteurs des haveuses et des perforatrices aux transformateurs ou aux canalisations transportables, doivent présenter un fort isolement et être recouverts d'une enveloppe résistante qui les mette à l'abri de toute détérioration accidentelle.

Art. 242. — En cas d'emploi de courants triphasés, ces câbles doivent contenir quatre conducteurs, dont un pour la mise à la terre des interrupteurs et des haveuses ou perforatrices; le circuit complet de cette mise à la terre doit être établi avec le plus grand soin.

Art. 243. — Les pièces de prise de courant fixées aux extrémités d'un câble souple seront raccordées à des interrupteurs; grâce à un dispositif d'enclenchement, ces pièces ne pourront être introduites ou retirées qu'après rupture du courant.

Tirage des mines.

(en relation avec des installations à forts courants)

Art. 244. — Le raccordement d'un inflammateur à la ligne de tir peut consister, pour des distances ne dépassant pas 50 mètres, en un conducteur isolé au caoutchouc vulcanisé, sans protection spéciale.

Art. 245. — La connexion d'une ligne de tir à une ligne à forts courants ne peut se faire que par l'intermédiaire d'un interrupteur multipolaire se trouvant sous clef.

(1) Le texte primitif portait : « Des interrupteurs automatiques à maxima doivent être placés sur les circuits primaires et secondaires des transformateurs électriques. Chaque transformateur ne pourra alimenter qu'un seul appareil amovible. » Une instruction ministérielle du 22 août 1921 a, sur avis conforme de la Commission consultative d'électricité, déterminé le nouveau texte de l'art. 239.

Pour plus de sécurité, il faut, en outre, établir entre l'interrupteur et la ligne de tir, un second dispositif de rupture également sous clef.

L'interrupteur ou le dispositif de rupture additionnel doivent être aménagés de manière que leur maintien dans la position de fermeture soit exclu.

Art. 246. — Sur la ligne de tir, il faut installer un dispositif permettant de reconnaître l'existence du courant.

Art. 247. — Pour le placement des appareils ci-dessus mentionnés, l'emploi des matières hygroskopiques, telles que le marbre, le schiste, etc., n'est pas admis pour l'isolement.

II. — Endroits où un afflux de grisou est à craindre

Il faut, en principe, entendre par là : a) toutes les voies ou communications dans les mines à dégagements instantanés de grisou (mines de 3^e catégorie); b) les chantiers et les voies de retour d'air dans les mines à grisou de 1^{re} catégorie (peu grisouteuses) et de 2^e catégorie (moyennement ou franchement grisouteuses).

Art. 248. — On ne pourra faire usage que de machines, transformateurs et appareils reconnus de sécurité contre le grisou par l'Administration des Mines.

Art. 249. — Les canalisations doivent pouvoir être déconnectées sur tous leurs pôles, soit à la surface, soit d'un endroit où aucun afflux de grisou n'est à craindre.

Art. 250. — Les jonctions entre les divers tronçons d'un même câble doivent être protégées par des boîtes métalliques robustes hermétiquement closes, remplies d'une substance isolante appropriée.

Art. 251. — Quand les câbles sont placés dans les puits de retour d'air, il ne peut exister de boîtes de jonction dans ces puits; ces boîtes doivent éventuellement être placées dans des galeries dont l'atmosphère est en relation directe avec les puits d'entrée d'air.

Art. 252. — Les haveuses et les perforatrices ne peuvent être actionnées que par des moteurs à courants alternatifs, à une tension efficace entre deux phases ne dépassant pas 250 volts.

Ces moteurs ne peuvent porter de contact glissant; leurs rotors doivent être du type dit « en court-circuit ».

Art. 253. — Les moteurs et les interrupteurs doivent être complètement enfermés dans des enveloppes métalliques hermétiquement closes.

Les interrupteurs et les circuits des transformateurs doivent être noyés dans l'huile (1).

b) Mines à grisou de la troisième catégorie ou à dégagements instantanés.

Art. 254. — Les seules installations électriques permises, sauf autorisation spéciale, dans les mines à dégagements instantanés de grisou, sont celles qui, dépourvues de tout appareillage, consistent en moteurs sans contact glissant, lampes, etc. reconnus de sécurité, raccordés directement aux câbles venant de la surface (1).

Les manœuvres doivent être effectuées à la surface.

Les chambres dans lesquelles les moteurs sont établis doivent être ventilées par un courant d'air frais se rendant directement au puits d'appel.

Les câbles placés dans les puits de retour d'air doivent satisfaire aux prescriptions de l'article 251.

III. — Dispositions générales.

Art. 255. — Les générateurs et récepteurs établis à demeure, leurs appareils de démarrage, ainsi que les transformateurs, doivent être cuirassés ou être installés dans des chambres non boisées et ne contenant pas de matières combustibles. Ces chambres seront convenablement ventilées.

Art. 256. — Des sacs ou seaux remplis de sable doivent être tenus en réserve dans les salles de machines et sous-stations diverses afin de permettre l'extinction des incendies.

Art. 257. — Les locaux non gardés doivent être fermés à clef. Des écriteaux, très apparents, doivent être apposés, partout où il est nécessaire, pour prévenir les ouvriers de l'interdiction et du danger d'y pénétrer.

Art. 258. — Les tableaux de distribution placés au fond doivent être construits en matériaux incombustibles pouvant résister

(1) Lors d'agréations délivrées en vertu de l'article 248, il a été plusieurs fois dérogé aux prescriptions des articles 253 et 254.

a l'influence de l'humidité. Ils doivent être protégés efficacement contre la chute des gouttes d'eau.

Art. 259. — Dans tout circuit électrique, le courant doit pouvoir être coupé sur tous les conducteurs, à chaque récepteur, transformateur, convertisseur, ainsi qu'aux principales dérivations d'éclairage.

Les appareils d'interruption du courant doivent être aisément reconnaissables et disposés de manière à être facilement accessibles.

Art. 260. — La station de génération de l'énergie électrique, ou la sous-station, origine du courant descendant au fond, doit être mise en communication téléphonique avec les recettes des étages où existent des installations électriques.

Art. 261. — Dans tous les locaux où se trouvent des installations électriques à haute tension (1), on doit déposer, en des points facilement accessibles, des crochets isolants, des pinces isolantes, ou tout autre matériel approprié pour porter secours à des personnes victimes d'un accident dû à l'électricité.

Art. 262. — On disposera, en des endroits convenablement choisis, un nombre suffisant de lampes ordinaires tenues allumées ou des lampes électriques portatives, de manière à assurer, lors de l'interruption accidentelle de l'éclairage établi à demeure, la retraite des ouvriers et l'exécution de diverses manœuvres.

Art. 263. — Dans les mines à grisou, des lampes de sûreté ordinaires doivent être mises à la disposition du personnel, en tous les points où leur présence est jugée nécessaire.

Art. 264. — Les revêtements des galeries et chambres souterraines où se trouvent des appareils électriques doivent être soigneusement surveillés et convenablement entretenus; dans les exploitations grisouteuses, l'atmosphère en sera explorée par les préposés à la surveillance, à chacune de leurs visites, et par les personnes spécialement chargées de la manœuvre et de la surveillance des dits appareils, à de fréquents intervalles, en vue de s'assurer de la formation éventuelle d'un mélange inflammable.

Lorsque l'existence d'un tel mélange sera constaté, on suspendra le fonctionnement des appareils électriques.

(1) Voir note à l'article 234. — Ici de même, nous pensons qu'il faut comprendre par haute tension toutes les installations dépassant 250 volts.

Au sujet de l'art. 264 qui précède, une circ. minist. du 31 mai 1935, n° 13 E/5766 a donné les instructions suivantes sur la surveillance de l'atmosphère dans les chantiers où l'on utilise des haveuses :

« La haveuse ne pourra être mise en marche que sur l'ordre d'un préposé spécialement désigné à cet effet et après que celui-ci aura constaté, personnellement, au moyen d'une lampe de sûreté, l'absence de grisou dans le courant d'air passant sur la taille où la haveuse doit fonctionner, ainsi que l'absence de toute accumulation de grisou tant dans la taille et aux abords de celle-ci que dans la partie du chantier sur laquelle le courant d'air passe avant d'atteindre le front de cette taille. Ce préposé renouvellera ses constatations au moins une fois au cours de la période du havage et notamment vers le milieu de celle-ci.

» Au cours du fonctionnement de la haveuse, le préposé à la manœuvre de celle-ci vérifiera, à intervalles suffisamment rapprochés, à la lampe de sûreté l'absence de grisou au voisinage de la haveuse.

» Il arrêtera immédiatement le fonctionnement de celle-ci lorsqu'il constatera la présence de grisou ou lorsque le préposé spécialement désigné pour donner l'ordre de mise en marche lui fera part de ce que son inspection a fait découvrir du grisou ».

Art. 265. — Les installations électriques souterraines devront être visitées, au moins une fois tous les huit jours, par un agent compétent, à l'effet de s'assurer qu'elles se trouvent dans de bonnes conditions.

Au moins une fois par mois, les isollements de toutes les parties de l'installation seront mesurés.

Les résultats de ces inspections et de ces mesures seront consignés dans un registre tenu à la disposition des fonctionnaires chargés de la surveillance.

Règles pour certaines dépendances de la surface

Art. 266. — *Abrogé par l'article 84 de l'A. R. du 28 décembre 1931.*

Art. 267. — Les moteurs installés dans les dépendances de la surface visées à l'article 41 de l'arrêté royal du 28 avril 1884 sur la police des mines, doivent satisfaire aux prescriptions du paragraphe premier de l'article 254.

Art. 268. — Dans ces mêmes dépendances, on peut installer l'éclairage électrique aux conditions stipulées pour l'éclairage souterrain et à celle de n'y placer aucun appareillage.

Règles de construction à observer dans les appareils antigrisouteux

Prescriptions générales

α) Définition d'une enveloppe de sûreté.

Principe général. — Tout appareil électrique doit être protégé par une enveloppe de sûreté capable de supporter le choc d'une explosion intérieure et d'empêcher la propagation de cette explosion à l'atmosphère ambiante.

L'enveloppe de sûreté peut être d'un des types suivants :

A) Enveloppe hermétique.

L'enveloppe dite « hermétique » présente la particularité d'être inaccessible à l'atmosphère ambiante. Elle doit pouvoir résister à une pression intérieure de 8 kgs/cm² lorsque son volume intérieur est supérieur à 3 litres et à une pression de 6 kgs/cm² lorsque son volume intérieur est égal ou inférieur à 3 litres (1).

(1) Il s'agit bien entendu de pressions statiques, celles que l'on obtiendrait dans une épreuve hydraulique.

B) Enveloppe à ouvertures protégées.

L'enveloppe du type à « ouvertures protégées » communique avec l'extérieur par des dispositifs (généralement des empilages) capables d'empêcher la propagation d'une explosion intérieure à l'atmosphère ambiante.

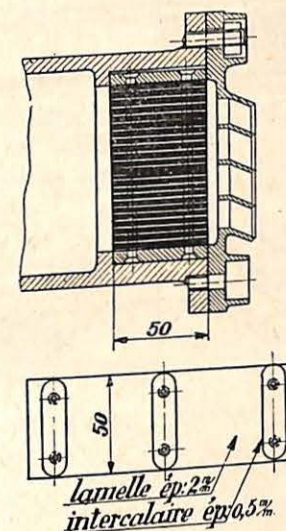


Fig. 1. — Empilage : lamelles rectangulaires.

Les empilages (voir fig. 1 et 2) sont constitués par des lamelles rectangulaires ou annulaires, en métal inoxydable et résistant, de 50 mm. au moins de largeur et maintenues à un écartement maximum de 0,5 mm. les unes des autres par des intercalaires.

Ces intercalaires, portant sur toute la largeur des lamelles, doivent être assez rapprochés pour que l'écartement des lamelles ne puisse être porté à plus de 0,5 millimètre par flexion de celles-ci.

Sauf disposition spéciale inscrite dans l'agrégation, l'épaisseur des lamelles est de 2 mm. au moins.

Les empilages doivent être protégés contre l'encrassement et les détériorations.

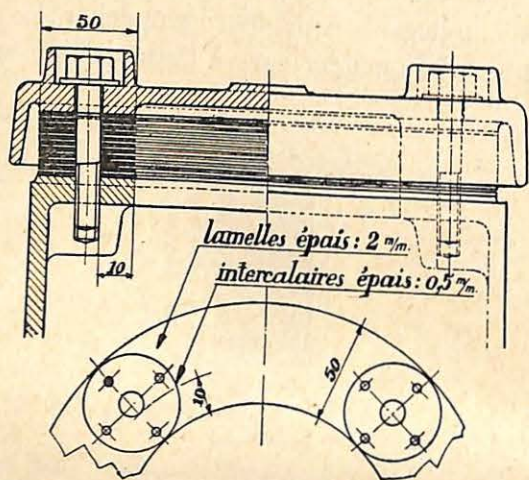


Fig. 2. — Empilage : lamelles annulaires.

C) Enveloppe à joints ouverts.

L'enveloppe du type à « joints ouverts » communique avec l'extérieur par des canaux ménagés dans les joints d'assemblage.

La largeur des joints doit être de 50 mm. au moins et la hauteur des canaux (baillement du joint) ne peut excéder 0,5 mm. (fig. 3).

D) Autres types d'enveloppes.

D'autres types d'enveloppes pourvus de dispositifs d'arrêt de flamme autres que ceux indiqués ci-avant peuvent être admis après examen et essai.

b) Détails de construction.

I. — Assemblages et joints.

Les assemblages peuvent se faire :

a) par vissage comprenant au moins quatre filets complets (1) ;

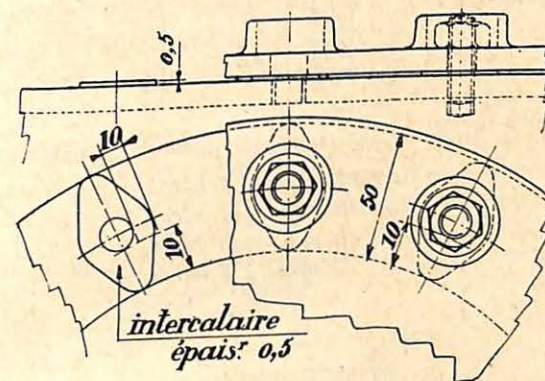


Fig. 3. — Joint ouvert.

b) par joints dressés. Les surfaces en contact doivent être soigneusement dressées sur 25 mm. au moins de largeur pour les enveloppes d'une capacité supérieure à 3 litres, et sur 10 mm. au moins pour les enveloppes de capacité égale ou inférieure à 3 litres (fig. 4 et 5) ;

c) par joint plat avec emboîtement. La hauteur de l'emboîtement doit être de 10 mm. au moins pour les enveloppes d'une capacité supérieure à 3 litres et de 5 mm. au moins pour les enveloppes d'une capacité égale ou inférieure à 3 litres.

(1) L'expérience nous a montré que la résistance mécanique suffisante ne peut être réalisée qu'avec quatre filets en prise dans les appareils industriels, tandis que pour les lampes portatives, deux filets au moins suffisent.

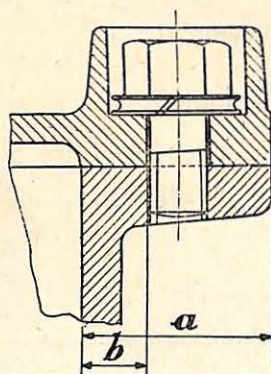


Fig. 4. — Joint dressé (trou débouchant à l'extérieur).

$$a = \begin{cases} 25 \text{ mm.} > 3 \text{ litres.} \\ 10 \text{ mm.} \leq 3 \text{ litres.} \end{cases}$$

$$b = \begin{cases} 10 \text{ mm.} > 3 \text{ litres.} \\ 4 \text{ mm.} \leq 3 \text{ litres.} \end{cases}$$

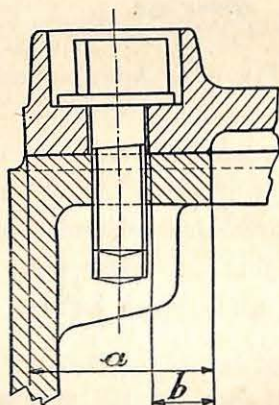


Fig. 5. — Joint dressé (trou borgne).

$$a = \begin{cases} 25 \text{ mm.} > 3 \text{ litres.} \\ 10 \text{ mm.} \leq 3 \text{ litres.} \end{cases}$$

$$b = \begin{cases} 10 \text{ mm.} > 3 \text{ litres.} \\ 4 \text{ mm.} \leq 3 \text{ litres.} \end{cases}$$

Les surfaces d'emboîtement doivent être parachevées et le jeu entre ces surfaces ne peut dépasser 0,25 mm. (fig. 6).

2. — Joints.

Les joints en caoutchouc, amiante ou autres matières peu résistantes sont interdits, sauf pour les assemblages à joints plats avec emboîtement.

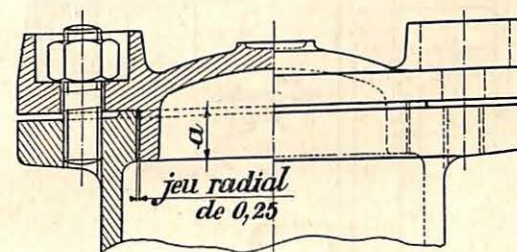


Fig. 6. — Joint à emboîtement.

$$a = \begin{cases} 10 \text{ mm.} > 3 \text{ litres.} \\ 5 \text{ mm.} \leq 3 \text{ litres.} \end{cases}$$

3. — Boulons, vis.

Les boulons, vis, etc. ne peuvent pas transpercer de part en part les parois de l'enveloppe.

La distance minimum entre les trous et le bord intérieur des joints plats sera de 10 mm. au moins pour les enveloppes d'une capacité supérieure à 3 litres et de 4 mm. au moins pour celles d'une capacité égale ou inférieure à 3 litres (voir fig. 4 et 5).

Peuvent traverser les parois des compartiments anti-grisouteux, les boulons ou vis dont le retrait n'est possible qu'après enlèvement d'un couvercle fixé par des clefs spéciales (voir ci-après).

4. — Clefs spéciales.

Les écrous, vis, etc. fixant les couvercles et les diverses parties des appareils ne pourront être desserrés qu'à l'aide de clefs spéciales (vis ou écrous de formes spéciales ou protégés par des douilles).

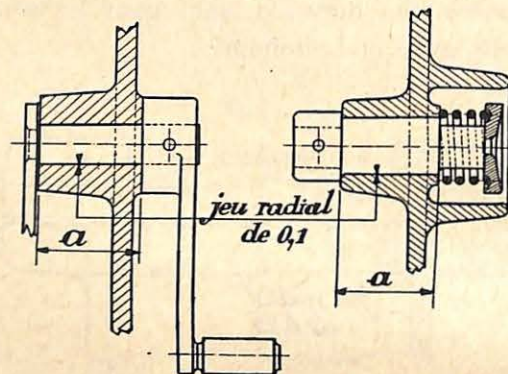


Fig. 7. — Traversées d'axes.

$a = 25 \text{ mm.} > 3 \text{ litres.}$

$a = 15 \text{ mm.} \leq 3 \text{ litres.}$

5. — Traversées d'axes.

Les tiges de manivelles, poussoirs, etc. doivent traverser les parois de l'enveloppe avec un jeu maximum diamétral de 0,2 mm. dans des fourreaux d'une portée de 25 mm. pour les enveloppes d'une capacité supérieure à 3 litres, de 15 mm. au moins pour les enveloppes d'une capacité égale ou inférieure à 3 litres (voir fig. 7).

Les rainures de graissage ne peuvent pas établir de communication entre l'intérieur et l'extérieur de l'enveloppe; si elles sont circulaires, elles doivent être espacées d'au moins 10 mm.; si elles sont longitudinales, elles doivent présenter au moins une interruption de 10 mm. de longueur.

6. — Traversées d'arbres.

Les arbres des moteurs traverseront les parois de l'enveloppe avec un jeu de 0,5 mm. dans des fourreaux métalliques droits ou en labyrinthe.

Pour les moteurs dont l'entrefer est supérieur à 0,5 millimètre, les dispositions nécessaires seront prises pour éviter le frottement de l'arbre sur les fourreaux.

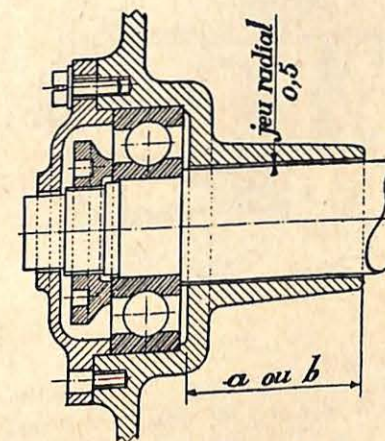


Fig. 8. — Fourreau droit.

$a = 50 \text{ mm.} > 3 \text{ litres.}$

$b = 25 \text{ mm.} \leq 3 \text{ litres.}$

Le développement total du fourreau sera de 50 mm. pour les enveloppes d'une capacité supérieure à 3 litres et de 25 mm. pour les enveloppes d'une capacité égale ou inférieure à 3 litres (voir fig. 8 et 9).

Les dispositifs de graissage doivent se trouver en dehors de l'enveloppe.

7. — Traversées de câbles armés (1).

La traversée des câbles armés pourra se faire :

1) par boîte à masse isolante fixée à l'extérieur de l'appareil. L'armure métallique du câble sera amarrée à la boîte;

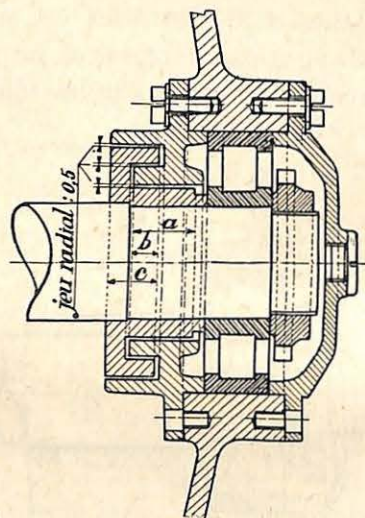


Fig. 9. — Fourreau en labyrinthe.
 $a + b + c = 50 \text{ mm.} > 3 \text{ litres.}$
 $25 \text{ mm.} \leq 3 \text{ litres.}$

2) par une boîte à bourrage à garniture métallique (fil de plomb) répondant aux conditions suivantes :

a) L'armure métallique du câble sera amarrée à l'extérieur de l'enveloppe de manière à supporter seule les efforts de traction que l'on pourrait faire subir au câble (voir fig. 10);

b) L'armure en plomb du câble sera mise à nu à l'endroit de son passage à travers la boîte à bourrage et cylindrée au besoin;

(1) Nous donnons plus loin quelques détails complémentaires sur l'amarrage des câbles.

c) La garniture métallique de la boîte à bourrage aura au moins 12 mm. de longueur après compression du bourrage. La bague de serrage du bourrage s'engagera dans la boîte soit par vissage comprenant au moins quatre filets complets, soit par emboîtement. La hauteur de l'emboîtement sera d'au moins 12 mm. après compression du bourrage.

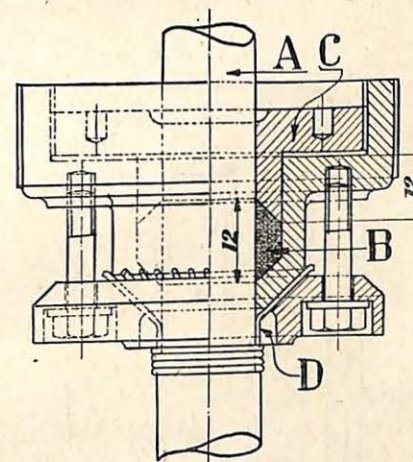


Fig. 10. — Amarrage de câble armé.
 A. Gaine de plomb du câble.
 B. Fil de plomb.
 C. Bague de serrage du bourrage.
 D. Armure du câble.

8. — Traversées de câbles souples (1).

La traversée des câbles souples se fera par une boîte à bourrage garnie d'un anneau en caoutchouc et combinée ou non avec un carcan d'amarrage (voir fig. 19 et 20).

(1) Nous donnons plus loin quelques détails complémentaires sur l'amarrage des câbles.

9. — Connexions des conducteurs du câble.

Les connexions des conducteurs du câble se feront à des bornes par écrou et contre-écrou, par soudure ou brasure dans des boîtes spéciales (boîtes à bornes) qui devront être de construction antigrisouteuse, à moins qu'elles ne soient remplies d'une masse isolante recouvrant complètement les parties sous tension.

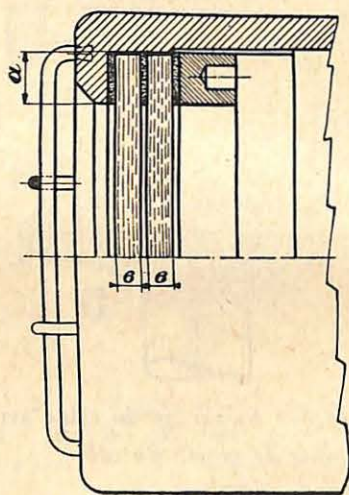


Fig. 11. — Glaces avec joints métalliques.
 $2a = 25 \text{ mm.}$

Lorsque, pour des raisons de commodité, le câble armé devra pénétrer directement dans l'enveloppe, la boîte à bornes pourra être supprimée. Dans ce cas, l'étanchéité de la traversée du câble sera renforcée par une douille de 50 mm. au moins de longueur, dans laquelle le tube en plomb du câble pénétrera avec un jeu diamétral de 1 mm. (voir fig. 15).

10. — Regards.

Les regards prévus dans les parois auront les dimensions strictement suffisantes pour le but auquel ils sont destinés. Ils seront fermés par une double glace d'une épaisseur totale de 12 mm. ou par une glace unique de même épaisseur.

Ces glaces seront serrées entre des joints métalliques malléables ou métaloplastiques (amiante et cuivre) ou scellées à l'aide d'un ciment inaltérable à la chaleur, insensible à l'action des huiles, gaz et vapeurs (voir fig. 11 et 12).

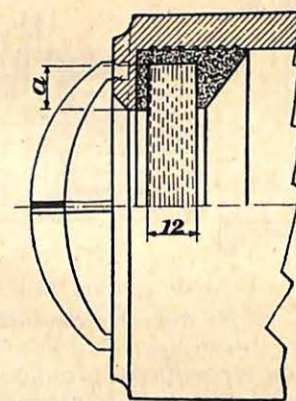


Fig. 12. — Glace scellée au ciment spécial.
 $2a = 25 \text{ mm.}$

La largeur totale des joints ou scellements recouvrant le bord de chaque glace sera de 25 mm. au moins.

Les joints ou scellements recouvriront le bord de la glace sur 25 mm. au moins de largeur.

Enfin, les glaces seront garanties contre les chocs extérieurs par une protection appropriée à leurs dimensions.

11. — *Prises de courant à fiche.*

Les prises de courant avec fiches seront constituées comme suit :

a) La prise se terminera par un fourreau métallique dans lequel s'emboîtera une pièce métallique de forme correspondante portant les fiches. Au moment où les pièces conductrices viendront en contact, la hauteur d'emboîtement sera d'au moins 50 mm. Le jeu entre les surfaces d'emboîtement ne pourra dépasser 0,25 millimètre (voir fig. 13) ;

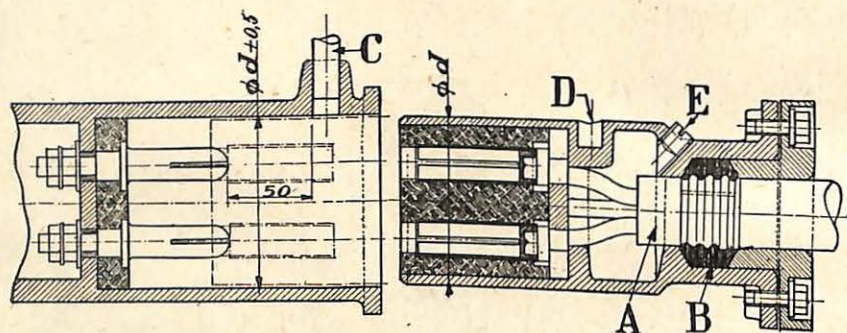


Fig. 13. — Prise de courant avec fiche.

- A. Câble souple à quatre conducteurs.
- B. Anneau de serrage du câble.
- C. Tige de verrouillage mécanique.
- D. Encoche pour tige de verrouillage.
- E. Bouchon de masse.

b) Un verrouillage empêchera de mettre la prise ou la fiche sous tension avant que les pièces ne soient assemblées et de les manœuvrer quand elles sont sous tension.

12. — *Dispositifs de vérification du niveau d'huile.*

Les appareils à bain d'huile seront pourvus d'un dispositif de vérification du niveau d'huile, conçu de telle façon que l'impossibilité de transmission d'une explo-

sion intérieure reste assurée pendant l'examen du niveau.

13. — *Appareils d'éclairage.*

Les appareils d'éclairage à forts courants sont soumis aux prescriptions spéciales indiquées ci-après :

a) L'ampoule doit être entourée d'un globe en verre protégé par un treillis métallique ;

b) Le globe doit avoir une épaisseur de 6 mm. au moins. Il doit présenter des qualités de résistance équivalentes à celles imposées pour les lampes à flamme des mines grisouteuses ;

c) L'assemblage du globe doit être réalisé comme il est indiqué ci-avant à propos des plaques de regard (prescription n° 10) ;

d) Le treillis de protection doit soustraire le globe à tout choc tangentiel ;

e) La douille de fixation de l'ampoule doit être construite de telle façon que les étincelles se produisant au dévissage de l'ampoule ne puissent enflammer une atmosphère grisouteuse ambiante.

14. — *Appareils téléphoniques.*

Les boîtiers des microphones et des écouteurs seront faits en métal et réalisés avec le minimum d'espace libre.

Les joints dressés auront 5 mm. au moins de largeur et les emboîtements 2 mm. au moins de hauteur.

Les plaques vibrantes seront protégées par une toile métallique en métal inoxydable d'au moins 144 mailles par centimètre carré.

15. — *Coffrets d'accumulateurs.*

Les coffrets d'accumulateurs ne peuvent être que du type hermétique. Les assemblages seront faits par soudure ou par rivure et soudure.

Essais.

Chaque type d'appareil soumis à l'*Institut National des Mines* subira un essai consistant à provoquer à l'intérieur de l'enveloppe l'explosion d'un mélange d'air et de grisou dans les proportions présentant le maximum d'inflammabilité, l'appareil étant plongé dans une atmosphère du même mélange.

L'enveloppe devra résister à la pression de l'explosion et l'inflammation ne pourra se propager à l'extérieur. Cet essai sera renouvelé cinq fois.

L'essai pourra être supprimé lorsque l'examen des dispositifs et dimensions adoptés permettra de conclure à son inutilité.

L'essai des coffrets d'accumulateurs se fera au sein d'une atmosphère grisouteuse, le coffret renfermant un mélange inflammable d'air et d'hydrogène.

Les moteurs ventilés seront maintenus en rotation pendant une heure dans un courant d'air grisouteux, avec allumage permanent par bougie à l'intérieur de l'enveloppe en divers points.

Il ne pourra pas y avoir combustion entretenue du grisou à l'intérieur des appareils au cours des essais.

Montage et démontage dans les travaux.

Dans les travaux souterrains, les enveloppes des appareils électriques antigrisouteux ne pourront être ouvertes, démontées et remontées que par un agent

spécialement désigné à cette fin par la Direction de la Mine. Cet agent sera seul porteur des clefs spéciales nécessaires. Il devra veiller à la correction des assemblages, à la mise en place et au serrage de tous les boulons, écrous, vis et connexions.

Il lui est interdit d'ouvrir l'enveloppe d'un appareil sous tension et de mettre sous tension un appareil dont l'enveloppe est ouverte.

Rappel sommaire des prescriptions

Dans le tableau I, nous rappelons sommairement les prescriptions relatives aux dimensions minima des éléments adoptés habituellement pour la réalisation des appareils électriques antigrisouteux.

TABLEAU I
Dimensions minimum à observer

Éléments de construction	Enveloppe de capacité	
	supérieure à 3 litres	égale ou inférieure à 3 litres
Empilage :		
Largeur des lamelles	50 mm.	50 mm.
Épaisseur des lamelles	2 mm.	2 mm.
Ecartement des lamelles	0,5 mm.	0,5 mm.
Joints ouverts :		
Largeur des surfaces dressées	50 mm.	50 mm.
Baillement du joint	0,5 mm.	0,5 mm.
Assemblages :		
a) par vissage	4 filets	4 filets
b) par joints dressés, largeur	25 mm.	10 mm.
c) par joint plat et emboitement :		
hauteur de l'emboitement	10 mm.	5 mm.
jeu de l'emboitement	0,25 mm.	0,25 mm.
Trous de boulons, vis ou goujons :		
Distance entre le trou et le bord		
Intérieur du joint	10 mm.	4 mm.
Entrées de câble armé :		
Hauteur du bourrage après compression	12 mm.	
Fixation de la bague de serrage du bourrage :		
a) par vissage	4 filets	
b) par emboitement : hauteur	12 mm.	
Traversées d'axes (manivelles, poussoirs) :		
Longueur de la douille	25 mm.	15 mm.
Jeu radial	0,1 mm.	0,1 mm.
Traversées d'arbres :		
Longueur du fourneau (droit ou en labyrinthe)	50 mm.	25 mm.
Jeu radial dans le fourneau	0,5 mm.	0,5 mm.
Regard avec glace :		
Épaisseur de la glace	12 mm.	12 mm.
Largeur des joints ou scellements	25 mm.	25 mm.
Globe d'appareil d'éclairage :		
Épaisseur		6 mm.
Largeur des joints ou scellements		25 mm.
Boîtiers des microphones et écouteurs :		
Largeur des joints dressés		5 mm.
Hauteur d'emboitement		2 mm.

SECONDE PARTIE

Evolution des appareils antigrisouteux

CHAPITRE PREMIER

La liaison des câbles

Rappelons d'abord en quelques mots le procédé normal de liaison entre le câble et l'appareil. Celui-ci est schématisé dans la figure 14.

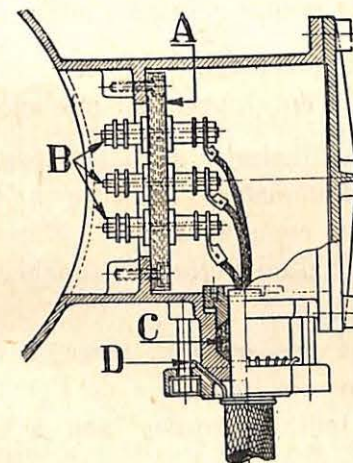


Fig. 14. — Raccord d'un câble armé par boîte à bornes.

A. Cloison séparant la boîte de l'enveloppe.

B. Bornes de traversée.

C. Bourrage en fil de plomb.

D. Amarrage de l'armure.

Le câble armé pénètre dans la boîte par un organe que nous appelons traversée et qui comporte un dispositif d'amarrage de l'armure du câble et une boîte à bourrage. (Les boîtes à bornes pour câble souple ne possèdent pas toujours le dispositif d'amarrage.)

Le dispositif d'amarrage est composé de 2 pièces à emboîtement conique entre lesquelles est pincée l'armure du câble; elle a pour office de soustraire les conducteurs aux efforts anormaux de traction.

La boîte à bourrage, dans laquelle un anneau compressible en fil de plomb est serré par 2 pièces sur le tube de plomb du câble, a pour effet d'assurer l'étanchéité le long du câble.

Le raccord entre les conducteurs du câble et les organes intérieurs se fait par l'intermédiaire de bornes isolées avec écrou et contre-écrou à l'intérieur de la boîte.

Nous avons toujours exigé que la boîte soit séparée de l'intérieur de l'enveloppe par une cloison étanche.

Le but était de diminuer ainsi les risques de propagation d'une inflammation amorcée à l'intérieur de l'enveloppe et se communiquant à l'atmosphère ambiante à la faveur d'un défaut d'étanchéité le long du câble.

La pratique a montré qu'il était parfois malaisé d'établir les connexions soit par suite de l'emplacement défavorable de la boîte à bornes, soit à cause de son exigüité.

Nous avons donc admis la suppression de la cloison séparatrice entre la boîte à bornes et l'intérieur de l'enveloppe, le câble pénétrant alors directement dans l'enveloppe.

En compensation, il a paru bon d'exiger que l'étanchéité de la traversée soit renforcée par une douille de 50 mm. de longueur dans laquelle le tube de plomb pénètre avec un jeu de 0,5 mm.

Cette disposition est représentée à la figure 15.

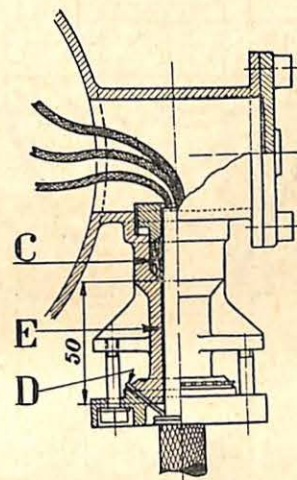


Fig. 15. — Raccord d'un câble armé sans boîte à bornes.

C. Bourrage en fil de plomb.

D. Amarrage de l'armure.

E. Douille.

A propos des boîtes à bornes, nous considérons comme particulièrement grave l'arrachement d'un câble sous tension hors de sa traversée.

Contre cet arrachement, ne peuvent résister évidemment les bornes isolées auxquelles sont attachés les conducteurs; il faut donc prévoir un dispositif d'amarrage.

Pour les câbles armés d'un fer feuillard en spirale, celui-ci est pincé entre deux pièces à emboîtement conique (voir fig. 16).

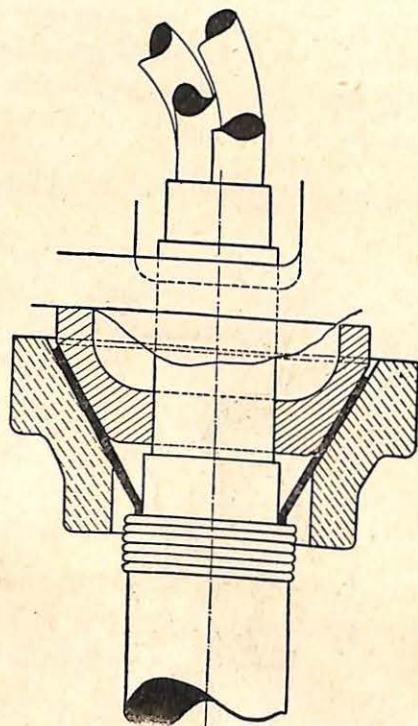


Fig. 16. — Amarrage d'un câble armé d'un fer feuillard.

Pour les câbles armés de fils d'acier, l'armure est serrée entre deux pièces plates annulaires (voir fig. 17).

Pour les câbles souples, l'amarrage est réalisé par le bourrage lui-même lequel est généralement une bague de caoutchouc fortement comprimée, bague ayant au moins 40 mm. de longueur pour les gros câbles (voir fig. 18).

Parfois, il existe en plus un carcan solidaire de la boîte à bourrage (voir fig. 19).

Pour vérifier l'efficacité des amarrages, nous les soumettons à un effort de traction à l'aide de la machine dynamométrique représentée à la figure 20.

L'entrée A est placée sous la tôle d'arrêt B, tandis que le câble C est attaché à un carcan D sur lequel s'exerce l'effort de traction donné par la vis E et par le volant F que manœuvre un opérateur.

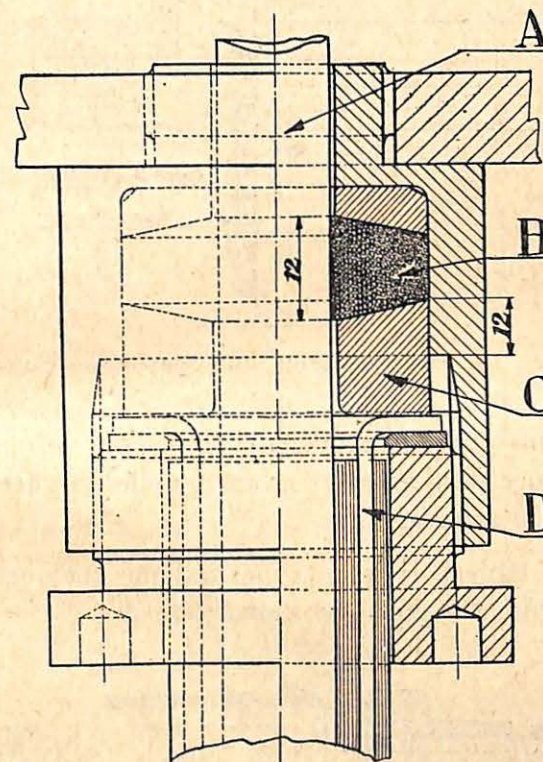


Fig. 17. — Amarrage d'un câble armé de fils d'acier.

- A. Gaine de plomb du câble.
- B. Fil de plomb.
- C. Bague de serrage du bourrage.
- D. Fils de l'armure du câble.

L'effort de traction est mesuré par le dynamomètre G.

Les résultats obtenus sont des plus variables.

Certains dispositifs étaient si peu efficaces qu'on pouvait arracher le câble par un effort direct de la main. Ils ont été refusés et éliminés.

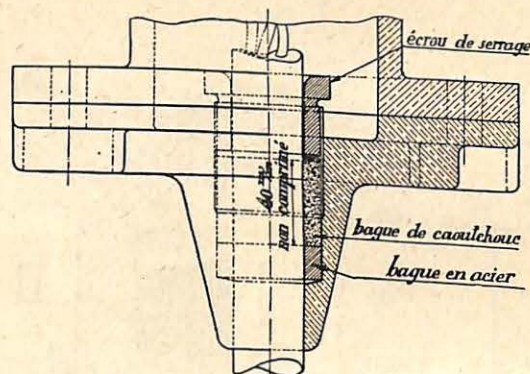


Fig. 18. — Amarrage d'un câble souple sans carcan.

Par contre, nous en avons essayés pour lesquels il y a eu rupture de l'armature avant qu'elle ne glisse entre les pièces d'amarrage.

Dans le tableau II, nous avons indiqué quelques résultats d'essais. On voit que l'amarrage des câbles armés

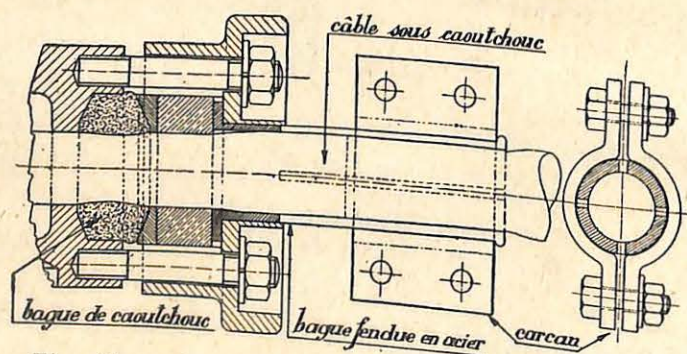


Fig. 19. — Amarrage d'un câble souple avec carcan.

TABLEAU II
Résistance de quelques dispositifs d'amarrage

Caractéristiques du câble	Armature du câble	Dispositif d'amarrage	Nature du bourrage	Effort max. exercé sur le câble en kg.	Constatations
Câble armé diam. extér. 13 mm.	Treillis en fils d'acier de 0,3 mm. de diam.	Deux pièces annulaires.	Fil de plomb.	280	Rupture de l'armure.
Câble armé diam. extér. 25 mm.	34 fils d'acier de 1,5 mm. de diamètre.	Id.	Id.	550	L'armure ne glisse pas entre les pièces d'amarrage.
Id.	Id.	Deux pièces à emboîtement conique.	Anneau de plomb de 25 mm. de long.	875	L'armure glisse entre les pièces d'amarrage.
Id.	Id.	Deux pièces annulaires.	Anneau de plomb de 30 mm. de long.	1125	Trois fils de l'armure se rompent, les autres tre les pièces : glissent entre les pièces d'amarrage.
Câble armé diam. extér. 40 mm.	2 fers feuillards. Section : 30x1.	Deux pièces à emboîtement conique.	Fil de plomb.	1000	L'armure ne glisse pas entre les pièces d'amarrage.
Câble armé diam. extér. 35 mm.	Fils d'acier de 2,3 mm. de diam.	Deux pièces annulaires.	Id.	1050	Les fils glissent entre les pièces d'amarrage.
Câble souple diam. extér. 26 mm.	—	—	Bague caoutchouc (long. avant compress. : 27 mm.).	470	Les conducteurs se sont déplacés de 10 cm. dans la gaine extérieure, mais celle-ci ne se déplace pas dans le bourrage.
Câble souple diamètre 34 mm.	—	Carcan formé de 6 pièces à emboîtement conique.	Bague caoutchouc (long. avant compress. : 44 mm.).	820	Le câble ne se déplace pas dans le bourrage.
Câble souple diam. extér. 34,5 mm. (pour ha-veuse).	—	Carcan constitué par une bague élastique en laiton de 115 mm. de longueur et fendue suivant 6 génératrices.	Bague caoutchouc (long. avant compress. : 30 mm.).	800	Le câble ne se déplace pas dans le bourrage.

(fils d'acier ou feuilards) résiste généralement bien aux efforts de traction.

Les câbles souples sont plus difficiles à amarrer.

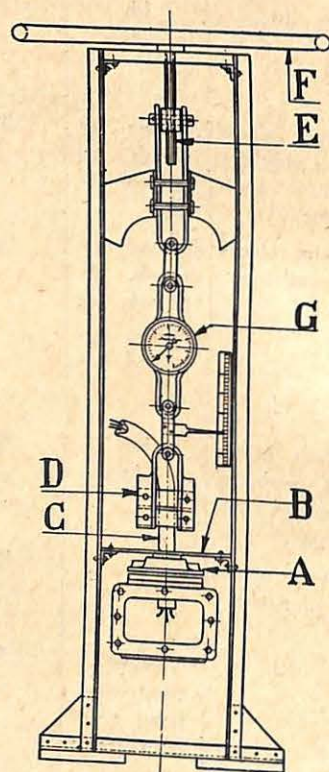


Fig. 20. — Machine d'essai des dispositifs d'amarrages des câbles.

Il n'est pas aisé de fixer la résistance minimum à la traction que doit présenter l'amarrage d'un câble électrique, car ce choix dépend des conditions d'utilisation.

Un câble installé dans une salle d'exhaure est en effet beaucoup moins exposé à subir un effort anormal de traction que celui utilisé dans un chantier d'exploita-

tion, tel par exemple le câble d'alimentation d'une haveuse.

Nous estimons cependant qu'avec des procédés normaux d'amarrage, le câble doit rester ferme dans la boîte à bourrage, tant que l'effort ne dépasse pas 800 kilogrammes.

Un faible glissement peut d'ailleurs être admis à condition qu'il n'y ait pas arrachement des conducteurs des bornes de traversée.

Moteurs

L'évolution des enveloppes antigrisouteuses des moteurs est curieuse et instructive.

Les premiers moteurs présentés pour l'agrément à l'*Institut National des Mines* étaient pourvus d'empilages de lamelles dans les flasques.

Sous l'action d'un ventilateur calé sur l'arbre même à l'intérieur de l'enveloppe, l'air extérieur pénétrait par un des empilages latéraux, traversait l'entrefer et des canaux prévus à cette fin dans les tôles, tant du rotor que du stator, puis ressortait par l'empilage de l'autre flasque (voir fig. 21).

Les essais en atmosphère grisouteuse avaient montré que dans certains de ces moteurs, le grisou pouvait, pendant la marche, brûler d'une façon permanente à l'intérieur de l'enveloppe, près de l'empilage d'entrée d'air. La combustion s'entretenait grâce à l'appel continu de l'atmosphère combustible par le ventilateur.

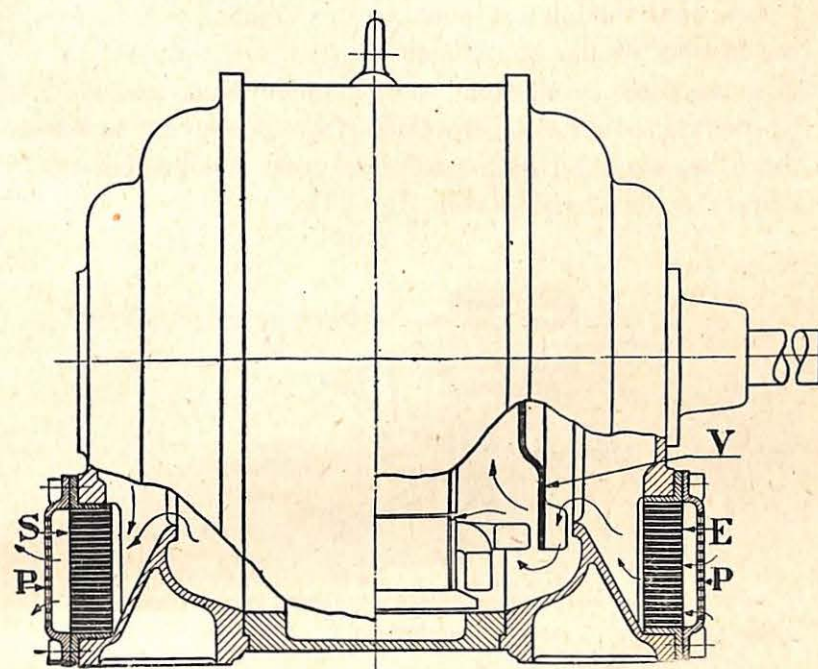


Fig. 21. — Schéma d'un moteur ventilé (type abandonné).

E. Entrée d'air.

S. Sortie d'air.

P. Protection de l'empilage.

V. Ventilateur.

Des dispositifs de disque coupe-flames avaient été imaginés (voir fig. 22), mais les inconvénients résultant de la circulation d'air extérieur humide et chargé de poussières au contact des organes intérieurs ont fait abandonner très tôt les moteurs du type ventilé.

Les constructeurs ont donc adopté tous indistinctement l'enveloppe dite « hermétique », c'est-à-dire sans pénétration d'air extérieur.

Les constructeurs se sont arrêtés d'ailleurs à la forme la plus simple qu'on peut schématiser comme suit : une carcasse cylindrique, sur laquelle sont assemblés les deux flasques, l'un de ceux-ci ayant souvent la forme d'une cuvette assez profonde pour le logement des bagues et des balais (voir fig. 23).

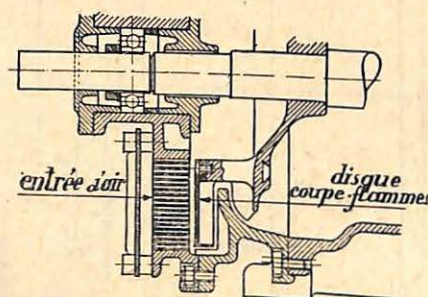


Fig. 22. — Empilage d'entrée et disque coupe flammes (abandonné).

L'arrivée du courant se fait par une boîte à bornes placée sur la carcasse et le raccord des balais au démarreur, par une boîte installée sur le flasque côté bagues (1).

Les procédés de réalisation sont également uniformes.

L'enveloppe est faite entièrement en fonte. L'assemblage des flasques à la carcasse se fait généralement par un emboîtement à frottement doux sur 10 mm. au moins de longueur combiné avec un joint dressé. Ce mode d'assemblage convient particulièrement bien pour assu-

(1) On voit que nous n'envisageons que le cas des moteurs à courant alternatif, ceux-ci étant les seuls utilisés comme moteurs fixes. Les moteurs à courant continu ne sont utilisés en effet que pour la traction.

rer le centrage parfait de l'arbre et du rotor par rapport au stator.

Les autres assemblages (boîtes à bornes, couvercles, etc.) sont réalisés indistinctement soit par emboîtements, soit par joints dressés.

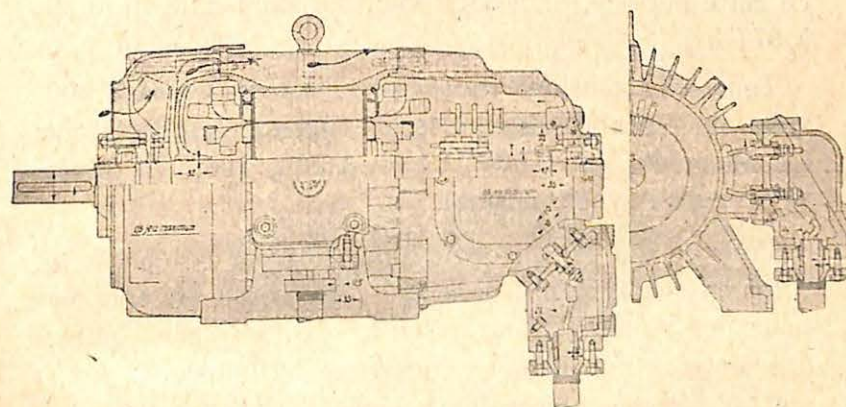


Fig. 23. — Moteur hermétique de faible puissance. Réfrigération par circulation d'air sur nervures extérieures.

L'étanchéité à la traversée des flasques par l'arbre est assurée par des fourreaux droits ou à labyrinthe.

Dans la figure 23, le fourreau est droit dans le flasque de gauche, à labyrinthe dans le flasque de droite.

Enfin, les arbres de commande, comme par exemple ceux actionnant les dispositifs de mise en court-circuit des bagues, traversent sans jeu des douilles dont la longueur dépasse toujours largement le minimum prescrit, soit 25 mm.

Ce dispositif n'existe pas dans le moteur de la figure 23, mais bien dans celui de la figure 27.

Mais si les dispositifs assurant la sécurité se sont rapidement standardisés, les caractéristiques de puissance, de tension et de vitesse sont des plus variables.

Pendant la période 1930-1940, 90 types de moteurs ont été agréés.

La gamme des puissances, qui s'étendait, au début de cette période, de 8 à 29 kw., va maintenant de 0,36 à 677 kw.

Toutes les tensions courantes allant de 110 à 6.600 volts ont été utilisées; toutes les vitesses réalisables ont été adoptées, soit 3.000, 1.500, 1.000, 750, 600 tours (vitesses au synchronisme).

Pour ce qui est du choix entre le rotor bobiné et le rotor en court-circuit, la seconde solution a été adoptée pour des moteurs allant jusqu'à 147 kw.; par contre, des moteurs de puissance relativement faible, 12 kw., ont été réalisés avec rotor bobiné.

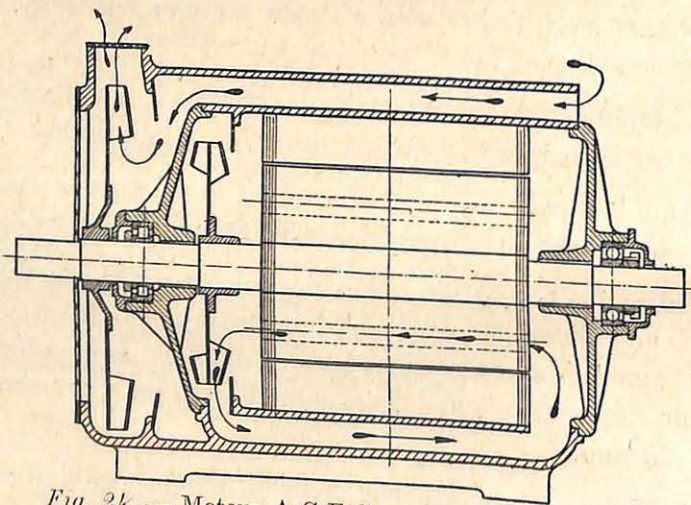


Fig. 24. — Moteur A.C.E.C. — Coupe longitudinale.
Ventilation par canaux dans la carcasse.

L'herméticité des enveloppes a suscité quant à la réfrigération des organes électriques et des isolants, des difficultés qui ont été résolues différemment.

Dans les moteurs de faible puissance (jusque 20 kw. environ), un ventilateur calé en bout d'arbre envoie un courant d'air intense sur toute la périphérie de la carcasse pourvue de nervures longitudinales.

Un capot assure d'ailleurs la bonne direction du courant réfrigérant (c'est le cas du moteur de la fig. 23).

Parfois, le rotor porte latéralement quelques ailettes en tôle faisant office de ventilateur intérieur.

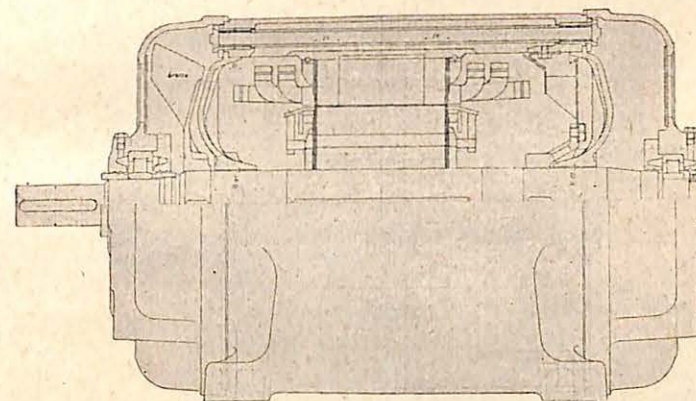


Fig. 25. — Moteur hermétique A.C.E.C.
Vue et coupe longitudinales.
Ventilation par tubes tirants.

Pour les moteurs de moyenne et grande puissance (au-dessus de 20 kw.), cette solution ne suffit plus et l'aménagement rationnel de deux circuits de ventilation s'impose : un circuit intérieur et un circuit extérieur.

Dans les moteurs des Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi, trois solutions ont été successivement adoptées. Nous les indiquons ci-après :

La première, qui figurait déjà dans notre première étude sur le matériel antigrisouteux, était réalisée comme suit :

Dans la carcasse sont aménagés des canaux parallèles à l'axe du rotor, que nous désignerons par canaux pairs et impairs; ceux de même parité sont parcourus soit par l'atmosphère ambiante, soit par l'atmosphère interne du moteur (voir fig. 24).

Ces courants d'air sont mis en mouvement par deux ventilateurs calés sur l'arbre du rotor et placés l'un à l'extérieur, l'autre à l'intérieur de l'enveloppe.

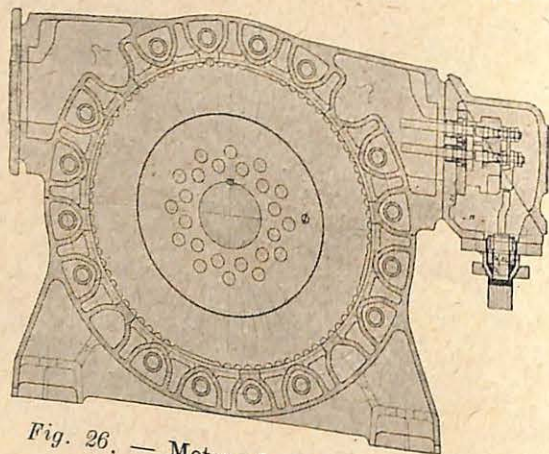


Fig. 26. — Moteur hermétique A.C.E.C.
Coupe transversale.
Ventilation par tubes tirants.

Le ventilateur extérieur souffle donc de l'air de la mine dans les canaux pairs par exemple, tandis que le ventilateur intérieur souffle, en circuit fermé, de l'air qui n'a pas de contact avec l'atmosphère de la mine et qui se refroidit en passant dans les canaux impairs de l'enveloppe.

Dans le but d'accroître encore la surface de transmission de la chaleur de l'air intérieur à l'air extérieur, les Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi ont d'abord imaginé de placer un tube d'acier dans chacun des canaux parcourus par l'atmosphère interne du moteur, ces tubes d'acier étant parcourus eux-mêmes par l'air extérieur. Les mêmes tubes servaient en outre de tirants pour l'assemblage des deux flasques sur la carcasse.

Cette réalisation est représentée schématiquement aux figures 25 et 26.

Enfin, à partir de l'année 1937, les tubes tirants ont été remplacés par des tubes en cuivre rouge de section plus faible, ce qui augmente encore le coefficient de transmission de chaleur.

Cette disposition est représentée aux figures 27 et 28.

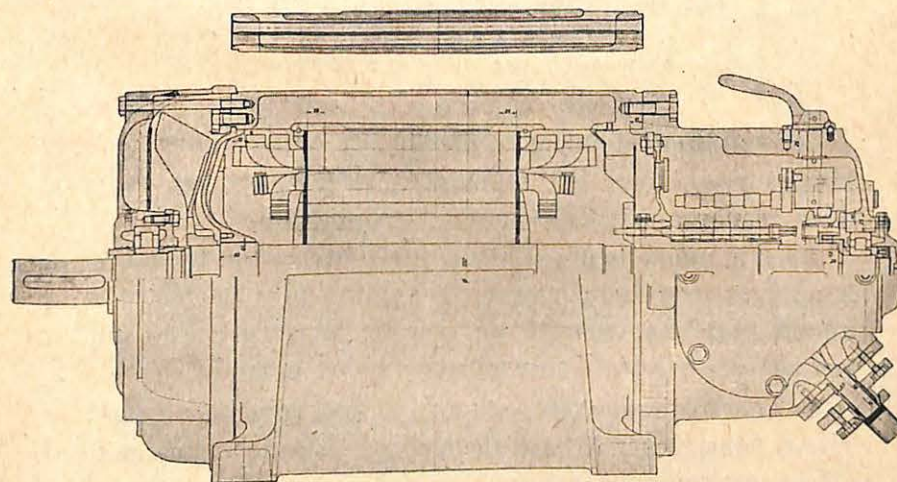


Fig. 27. — Moteur hermétique A.C.E.C.
Vue et coupe longitudinale.
Ventilation par tubes mandrinés.

Les tubes sont disposés par groupes de 2 ou 3 dans 16 des 20 canaux où circule l'atmosphère interne du moteur.

Ils sont dudgeonnés à leurs extrémités sur 25 mm. de longueur dans les joues latérales de la carcasse.

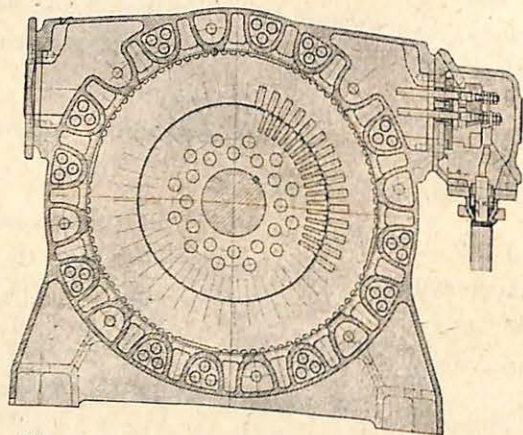


Fig. 28. — Moteur hermétique A.C.E.C.
Coupe transversale.
Ventilation par tubes mandrinés.

Ces solutions étendent le champ des applications électriques permettant des puissances plus fortes par suite d'un meilleur refroidissement des appareils.

Dans le même ordre d'idées, nous citerons la tendance à adopter une température de régime plus élevée. On admet donc une densité de courant plus forte, ce qui permet de réduire l'encombrement des moteurs.

Ce perfectionnement exige l'emploi d'isolants spéciaux (durignite) à base de mica, d'asbeste ou de matières inorganiques analogues, satisfaisant aux conditions d'échauffement prescrites par le Comité Electrotechnique Belge (isolants de la Classe B admettant des échauf-

fements locaux de 85° au lieu de 65° pour les isolants ordinaires Classe A).

Cette solution a été adoptée pour la réalisation de quelques types de moteurs construits par la Société Siemens et par les Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi.

En 1937, la Société Siemens a fait agréer un moteur dont la réalisation présente un certain intérêt au point de vue électrotechnique (voir fig. 29). Il s'agit d'un moteur pour courroie transporteuse dans lequel le rotor en court-circuit est extérieur au stator bobiné.

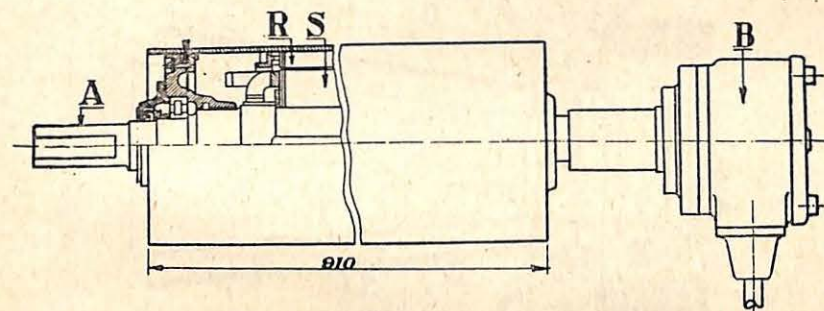


Fig. 29. — Moteurs Siemens pour bande transporteuse.

S. Stator.

A. Arbre fixe.

B. Boîte à bornes.

R. Rotor.

La surface extérieure du rotor est lisse et constitue la poulie entraîneuse de la bande.

Le stator est porté par un arbre fixe sur lequel sont calés les deux roulements du stator.

L'arbre est creux et renferme les trois conducteurs reliant le bobinage à une boîte à bornes avec entrée de câble.

Les caractéristiques de la machine sont :

Tension d'alimentation en courant triphasé : 220 volts;

Vitesse en charge : 715 tours/minute;

Puissance : 6 kw.

Nous ne pouvons terminer ce chapitre sans dire quelques mots des moteurs réalisés par les Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi pour la commande des ventilateurs souterrains.

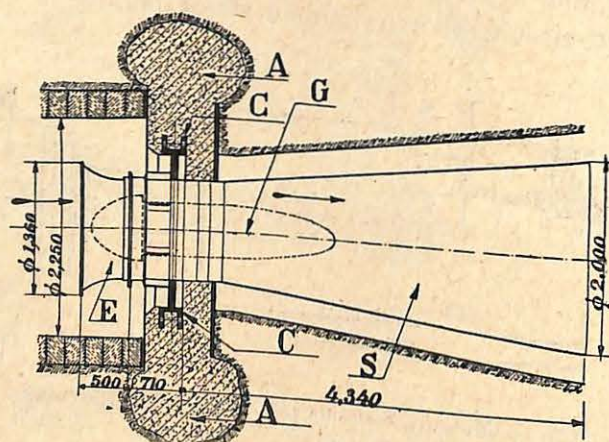


Fig. 30. — Groupe moteur-ventilateur installé dans une galerie principale de retour d'air.

Le groupe moteur A.C.E.C.-ventilateur Aerex G ainsi que les tuyères d'entrée E et de sortie S de l'air sont attachés à un cercle en fers profilés C noyé dans un anneau en béton A.

L'aménagement de la ventilation par quartiers à l'aide de ventilateurs souterrains, solution préconisée par M. Canivet, Directeur-Gérant des Charbonnages du Gouffre, n'est réalisable en effet que moyennant l'utilisation de moteurs électriques antidéflagrants.

L'installation est très simple du fait que la roue aéromotrice, faite d'un bronze spécial, est calée en bout d'arbre du moteur (voir fig. 30 et 31).

La première installation réalisée en 1932 comportait un moteur en court-circuit de 22 kw., alimenté sous la tension de 500 volts et tournait à la vitesse de 1.450 tours par minute.

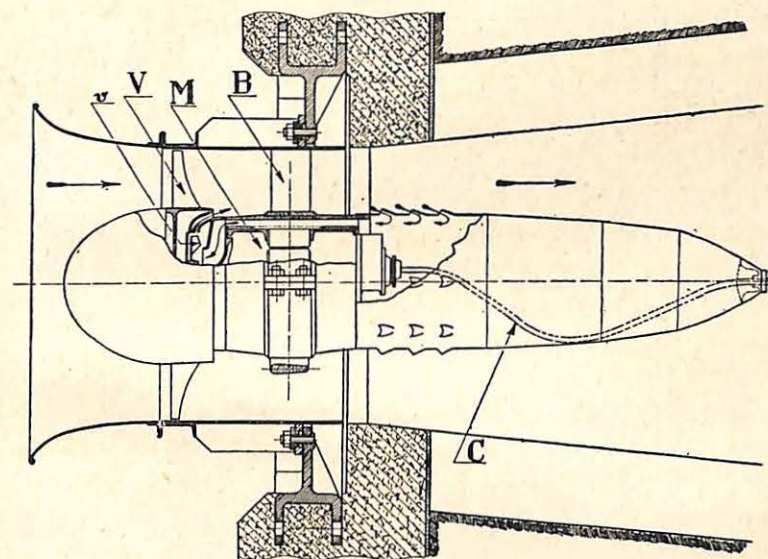


Fig. 31. — Groupe moteur-ventilateur souterrain.

M. Moteurs A.C.E.C.

V. Ventilateur Aerex.

v. Ventilateur activant la réfrigération du moteur.

B. Bras (3) supportant le groupe moteur-ventilateur.

C. Câble d'alimentation.

Ce groupe a été complètement vérifié à l'Institut National des Mines. Le ventilateur même a été examiné au point de vue du danger de friction entre le coursier et la périphérie de la roue.

Depuis 1932, les Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi ont présenté à l'agrément 12 types différents de moteurs en court-circuit destinés à des installations de l'espèce.

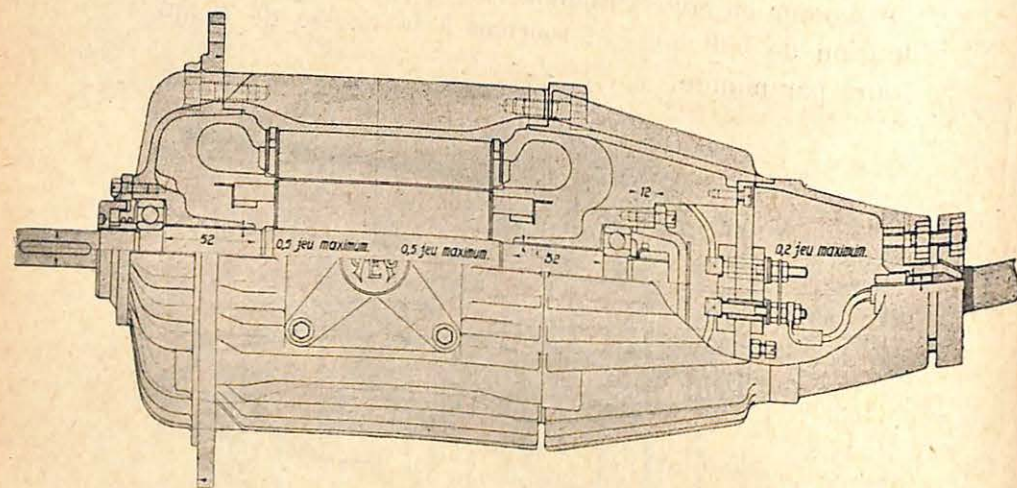


Fig. 32. — Moteur de ventilateur A.C.E.C. pour aérage de travaux préparatoires.

Les puissances de ces moteurs s'échelonnent de 14 à 170 CV et les tensions de 110 à 6.600 volts.

Enfin, des moteurs de faible puissance, tournant à 3.000 tours et alimentés sous la tension de 500 volts, ont été réalisés par la même firme pour la commande de petits ventilateurs hélicoïdes destinés à l'aérage des travaux préparatoires.

La puissance du moteur le plus faible agréé jusqu'à ce jour est de 0,3 kw.

Un de ces moteurs est représenté à la figure 32.

CHAPITRE III

Appareils d'utilisation générale

Généralités

Dans ce paragraphe, nous parlerons tout spécialement des appareils entrant habituellement dans l'équipement des moteurs, c'est-à-dire les transformateurs, résistances, interrupteurs-inverseurs, commutateurs, controllers.

Avant d'examiner les détails particuliers de construction de ces différents appareils, rappelons d'abord quelques généralités.

Construction des enveloppes

La forme est très variable. Nous n'avons jamais cru pouvoir exiger l'adoption de formes dite d'égale résistance, c'est-à-dire cuves circulaires, fonds hémisphériques.

D'où la grande diversité des formes adoptées par les constructeurs, chacun d'eux s'en tenant à celle la mieux appropriée au placement des organes à protéger.

Quant au choix des matériaux, on emploie indifféremment les métaux coulés (fonte ou acier) et la tôle soudée.

Utilisés de façon générale pour la construction des premiers appareils antigrisouteux, les métaux coulés sont actuellement employés plus spécialement pour la

réalisation d'enveloppes de forme compliquée (exemple : disjoncteur avec petits compartiments supplémentaires pour appareils de mesure, relais, fusibles) ou d'enveloppes de dimensions réduites (coffrets pour interrupteurs de faible puissance).

La tôle soudée s'est imposée au contraire pour la construction d'enveloppes de moyennes et de grandes dimensions et de forme relativement simple : cuve de section carrée ou rectangulaire, cuve de section circulaire, cuve de section rectangle combiné avec deux demi-cercles.

C'est le cas notamment pour les cuves de gros transformateurs.

Enfin, dans bon nombre d'appareils, la tôle soudée et la fonte sont utilisées conjointement, la première pour la cuve de section circulaire et la seconde pour le couvercle ou les boîtes à connexions.

Réfrigération

Comme les appareils de coupure, d'inversion et de transformation du courant ne comportent généralement pas d'organes en rotation capables de créer un renouvellement de l'atmosphère interne de l'enveloppe, des dispositions spéciales doivent être prévues pour assurer la dispersion de la chaleur résultant des pertes ohmiques et magnétiques.

Dans les appareils où l'énergie électrique mise en jeu est importante, les organes, siège de l'échauffement, sont noyés dans un bain d'huile qui, par convection, transporte les calories à disperser.

Cette dispersion peut encore être activée par des dispositifs spéciaux concourant au rafraîchissement de

l'huile. Nous aurons l'occasion de les signaler plus loin (voir fig. 37, 38 et 40).

Le refroidissement par l'huile n'est pas général. On ne l'utilise pas dans les appareils de faible puissance (transformateurs de mesure, disjoncteurs et interrupteurs pour petits moteurs), ni dans les appareils sujets à déplacements. Dans ces derniers, la conservation du bain d'huile présenterait des difficultés spéciales. Le refroidissement est alors favorisé par les dimensions largement proportionnées des enveloppes ou par des ailettes de refroidissement.

La nécessité de vérifier fréquemment le niveau d'huile a donné lieu à des dispositifs spéciaux tels que ceux indiqués ci-après.

Tige de jauge

Elle consiste en une tige métallique mobile (voir fig. 33) dans le sens vertical et passant à frottement doux ou avec un jeu réduit dans une douille faisant corps avec le couvercle. La partie supérieure de la tige est filetée et se termine par une tête hexagonale.

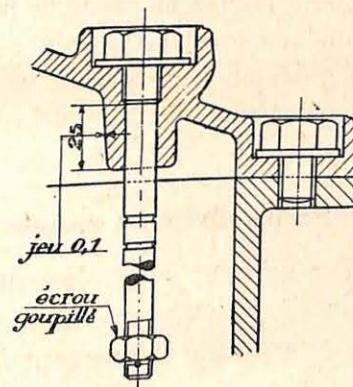


Fig. 33. — Tige de jauge du niveau d'huile.

Enfin, la partie normalement immergée porte une ou deux rainures où l'huile se loge lorsqu'elle est en quantité voulue dans la cuve.

Lors de l'examen du niveau d'huile, il est impossible de retirer la tige complètement de la cuve à cause d'un écrou goupillé se trouvant à son extrémité inférieure.

Normalement, la tige doit être vissée dans la douille, mais dans le cas où cette précaution aurait été négligée, l'appareil serait toujours de sécurité, car la flamme de grisou ne peut franchir le faible jeu existant entre la tige et sa douille de traversée.

La tête de la tige est protégée, ce qui nécessite une clef spéciale pour l'examen.

Boîte de niveau d'huile.

Cette boîte (voir fig. 34) se trouve à la partie supérieure de la cuve et communique avec elle par deux tubulures. Chaque tubulure porte une bride et une plaque laissant entre elles un passage pour l'huile de 0,3 à 0,4 mm.

La boîte est pourvue de deux regards par lesquels on peut vérifier la hauteur d'huile dans la boîte. Ces regards sont fermés par deux bouchons protégés ne pouvant être enlevés qu'à l'aide d'une clef spéciale.

Une explosion intérieure de grisou ne peut franchir le passage étroit par lequel les tubulures communiquent avec la cuve.

Dispositifs divers de sécurité

Ces dispositifs n'existent généralement pas dans les appareils de grande capacité, qui se trouvent souvent dans des locaux accessibles uniquement à un personnel expérimenté.

C'est le cas des transformateurs ou disjoncteurs intéressant le circuit de tout un étage ou un quartier de la mine.

Ces dispositifs sont au contraire d'un emploi courant dans les petits appareils installés dans des chantiers d'exploitation ou dans les voies y donnant accès (cas des interrupteurs ou disjoncteurs pour treuils de vallée, de bande transporteuse, de circuit d'éclairage, etc.).

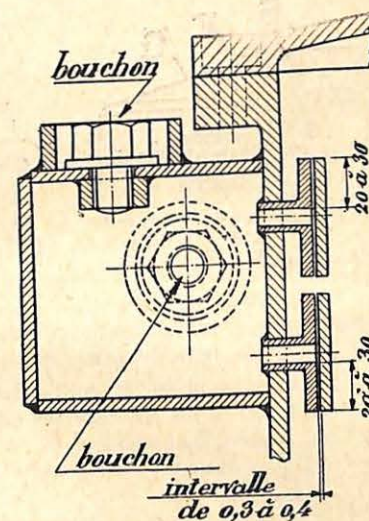


Fig. 34. — Boîte de niveau d'huile.

Le souci d'accroître la sécurité par l'interdiction automatique de manœuvres prohibées ou dangereuses a suscité des réalisations aussi diverses qu'ingénieuses.

Elles se ramènent toutes cependant aux mêmes principes, les unes sont de fonctionnement purement mécanique, les autres agissent sur un circuit électrique de sécurité.

Doivent être rangés dans les premières :

1°) le système de cames et poussoirs utilisé dans les haveuses pour immobiliser dans sa douille la fiche terminale du câble d'alimentation tant que l'interrupteur est dans la position de marche.

Ce système a déjà été décrit à propos des haveuses dans notre note de 1930 (voir le croquis ci-dessous fig. 35);

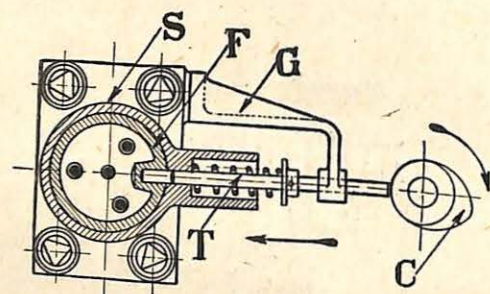


Fig. 35. — Verrouillage d'une prise de courant de haveuse.
Coupe transversale.

S. Socket de prise de courant.
F. Fiche de prise de courant.
T. Tige de verrouillage.
G. Guide.
C. Came.

2°) le système d'ergots, de cames et de poussoirs interdisant l'ouverture du couvercle d'un interrupteur ou disjoncteur lorsque la manette est dans la position d'enclenchement.

Un dispositif de ce genre est représenté à la figure 36.

Les sûretés électriques comportent généralement un interrupteur inséré dans le circuit d'un relai à minimum de tension, celui-ci devant être excité pour maintenir la liaison entre l'organe de rupture et celui de commande.

Il est donc possible d'interdire le réenclenchement d'un disjoncteur dont le couvercle est ouvert en rendant solidaire de ce dernier l'interrupteur du relai.

Cet interrupteur peut être aussi actionné par un flotteur, qui ouvre le circuit dans le cas de déficience d'huile.

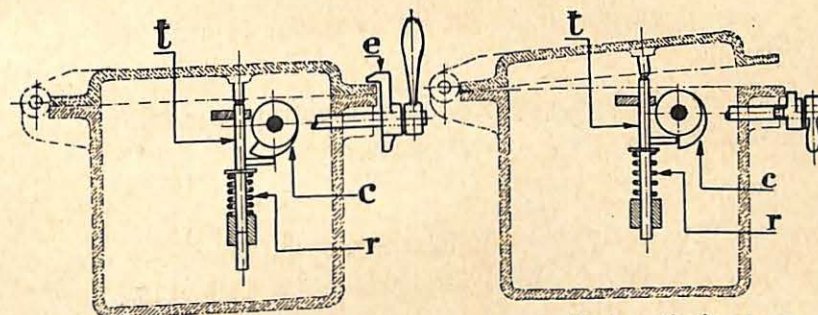


Fig. 36. — Verrouillage mécanique d'un coffret antigrisouteux.

1) Le disque avec ergot « e » s'oppose à l'ouverture du couvercle quand la manette est dans la position d'enclenchement.

2) Quand le couvercle est ouvert ou entr'ouvert, la came « c » calée sur l'arbre de commande et la tige « t » poussée vers le haut par le ressort « r » empêchent l'enclenchement. Quand le couvercle est fermé, la tige « t » est poussée vers le bas et la manette peut être amenée dans la position d'enclenchement.

Pour prévenir un échauffement anormal du bain d'huile, il est loisible également d'interrompre l'alimentation du relai par le jeu d'un bilame (1).

Toutes ces sécurités peuvent être évidemment cumulées, étant donné qu'on peut insérer autant d'interrupteurs que l'on veut dans le circuit du relai.

(1) Rappelons qu'un bilame est constitué par deux lames de métaux de coefficients de dilatation différents s'incurvant en cas d'échauffement anormal.

Cet organe agit par un tringlage sur le contact du relai.

Transformateurs

A côté de quelques transformateurs de faible puissance, destinés à l'alimentation d'appareils de contrôle (voltmètre, ampèremètre, etc.), l'*Institut National des Mines* a examiné 12 types de puissances diverses allant de 5 à 200 KVA.

Nous donnons ci-après les caractéristiques de ces appareils.

Les Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi ont fait agréer 7 transformateurs :

Type :

- 5.M.G.-4 de 5 KVA. monophasé 3.000/88,5 volts;
- 5.M.G.-5 de 5 KVA triphasé 7.000/110 volts;
- 20.M.G.-5 de 20 KVA. triphasé 7.000/110 volts;
- 10.M.G.-5-S de 20 KVA. triphasé 12.500/60 à 3.450 volts;
- 75.M.G.-5 de 75 KVA. triphasé 7.000/110 volts;
- 125.M.G.-4 de 125 KVA. triphasé 3.150/550 volts;
- 125.M.G.-5 de 125 KVA. triphasé 7.000/110 volts.

Tous ces transformateurs sont à bain d'huile et logés dans une cuve verticale de section circulaire en tôle soudée de 5 ou 6 mm. d'épaisseur, fermée par un couvercle en métal coulé.

Les types de 75 et de 125 KVA. sont pourvus d'un faisceau de réfrigération d'huile, constitué par 22 tubes verticaux mandrinés et soudés dans la paroi latérale de la cuve.

Le transformateur de 75 KVA. est représenté à la figure 37.

Les boîtes à bornes en métal coulé sont fixées latéralement sur la cuve.

A part le type 5.M.G.-4 enfermé dans une enveloppe hermétique, ces transformateurs sont pourvus d'un empilage de 3 ou 4 plaques annulaires.

Tous possèdent une tige de jauge de l'huile.

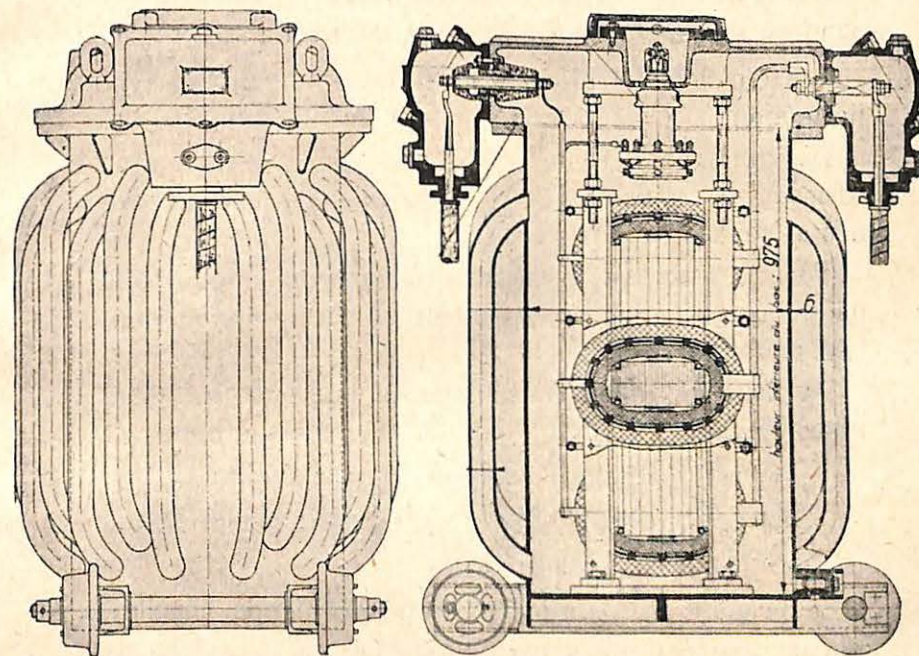


Fig. 37. — Transformateur A.C.E.C. de 75 KVA.
Réfrigération par tubes d'huile.

La Société d'Electricité et de Mécanique (procédés Thomson, Houston et Carels) a fait agréer 3 types à bain d'huile, à courant triphasé, présentant les caractéristiques suivantes :

- Type T.I.D.-9.M. de 10 KVA. 550/220 volts;
- Type 25 de 70 KVA. 3.000 volts;
- Type 27-R. de 200 KVA. 2.000/232 à 288 volts.

La cuve de section rectangulaire ou de forme rectangle-hémicylindrique est faite de tôle soudée de 10 à 12 mm. d'épaisseur; elle est fermée par un couvercle en tôle également de 20 à 25 mm. d'épaisseur.

Les boîtes à bornes sont assemblées également par soudure sur la surface latérale de la cuve.

Les enveloppes de ces transformateurs sont du type hermétique.

Les types de 70 et 200 KVA. sont pourvus d'un faisceau de réfrigération (32 tubes verticaux mandrinés et soudés dans la cuve).

Tous ces transformateurs sont pourvus d'une boîte de niveau d'huile correspondant à la description donnée antérieurement.

La Société Electromécanique a présenté les deux types suivants à courant triphasé et à bain d'huile :

Type T.T.H. de 5 KVA. 3.000/200 volts;

Type T.T.H.A.G.-24 de 100 KVA. 2.000/230 à 287 volts.

Le premier est protégé par une enveloppe hermétique composée d'une cuve cylindrique en tôle rivée de 8 mm. d'épaisseur et d'un couvercle en métal coulé portant venues de fonderie les 2 boîtes à connexions à haute et à basse tension.

Cette enveloppe ne possède pas d'empilage.

Le second est logé dans une cuve cylindrique avec couvercle, le tout en tôle soudée de 8, 10 et 12 mm. d'épaisseur (voir fig. 38).

Les organes électriques (noyaux, bobinages) occupent seulement dans la cuve un espace de section rectangulaire correspondant à la bride également rectangulaire sur laquelle s'assemble le couvercle.

La partie restante de la cuve renferme un faisceau de tubes verticaux réunissant les fonds supérieur et inférieur dans lesquels ils sont mandrinés et soudés.

Ce faisceau, traversé par l'air extérieur, assure la réfrigération du bain d'huile.

L'introduction d'huile se fait par une tubulure protégée par un empilage; l'examen du niveau s'opère par une tige de jauge.

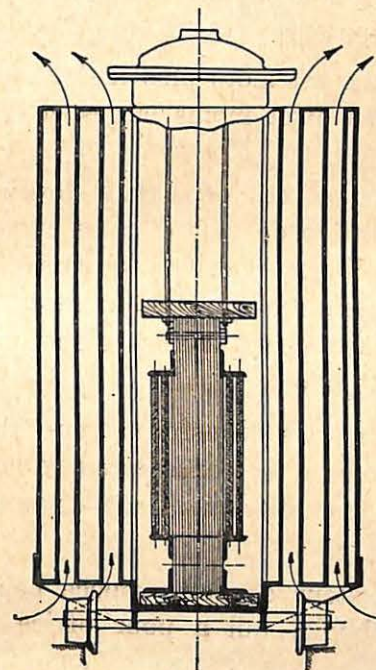


Fig. 38. — Transformateur de 100 KVA de la Société Electromécanique. Réfrigération par tubes d'air.

Tous ces transformateurs sont disposés dans des cuves antigrisouteuses, c'est-à-dire capables de résister au choc mécanique d'une explosion interne de grisou et d'empêcher la propagation de cette explosion à l'atmosphère ambiante.

L'épreuve en milieu grisouteux est d'ailleurs réalisée à l'*Institut National des Mines* dans les conditions les plus sévères pour l'enveloppe, celle-ci étant complètement vide, donc débarrassée des organes électriques et de l'huile.

Certains règlements étrangers admettent que le remplissage complet par l'huile d'une enveloppe de transformateur suffit pour assurer la sécurité d'emploi en atmosphère grisouteuse.

La construction est alors plus légère; les joints d'assemblage sont en effet moins larges et les tôles moins épaisses.

Nous n'avons pas cru cependant devoir nous départir de notre manière de voir et nous avons estimé plus prudent de continuer d'exiger la construction strictement antigrisouteuse et pouvant résister à la pression pour les transformateurs, qu'ils soient ou non remplis complètement d'huile.

En Allemagne, les transformateurs à bain d'huile doivent être munis d'un conservateur d'huile, réservoir placé à une hauteur telle que l'huile se trouve en charge dans la cuve.

Un transformateur de cette espèce peut être équipé d'un relai Buchholz, qui a pour office de supprimer l'alimentation du transformateur lorsqu'il se produit un échauffement anormal de l'huile.

Cet appareil, représenté schématiquement à la figure 39, comporte essentiellement un flotteur cylindrique en métal, muni d'un aileron et portant un interrupteur en verre à mercure.

Le flotteur est disposé dans une enveloppe en fonte. Celle-ci, étant pourvue de 2 tubulures filetées, est inter-

calée dans la canalisation réunissant la cuve au réservoir.

L'interrupteur à mercure, lui, est inséré dans le circuit d'un relai de déclenchement du disjoncteur protégeant le transformateur.

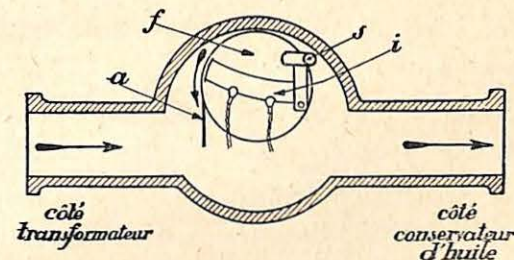


Fig. 39. — Relai Buchholz.

f. Flotteur.

s. Axe de suspension du flotteur.

a. Aileron.

i. Interrupteur à mercure inséré dans le circuit d'un relai de déclenchement.

Les flèches indiquent le sens de rotation des flotteurs et le sens de circulation de l'huile en cas d'avarie.

Lors d'un échauffement anormal mais lent de l'huile, les gaz formés quittent la cuve et viennent se rassembler dans la partie haute de l'enveloppe du relai. Lorsque la quantité de gaz accumulée est suffisante, le flotteur s'affaisse et provoque le fonctionnement de l'interrupteur et par là même le déclenchement du disjoncteur.

Lorsque l'échauffement de l'huile est brusque, celle-ci entrant en mouvement agit alors sur l'aileron du flotteur, ce qui provoque également, grâce à l'interrupteur, l'intervention du disjoncteur.

Nous avons vérifié le fonctionnement d'un relai Buchholz présenté par la Société Siemens.

Cet appareil fonctionne lorsque la quantité de gaz formée par l'échauffement de l'huile atteint 140 cm^3 ou lorsque la vitesse de l'huile passant par le relai atteint $70 \text{ cm. par seconde}$.

Rhéostats de démarrage - Controllers - Résistances

L'*Institut* a agréé des rhéostats de tous formats pour moteurs à courant triphasé.

Les caractéristiques de ces appareils sont trop disparates pour que nous en parlions d'une façon détaillée.

Comparativement aux transformateurs et disjoncteurs, ils ne présentent d'ailleurs rien de particulier; aussi nous contenterons-nous de donner à leur sujet quelques généralités.

La plupart des appareils agréés sont à bain d'huile avec ou sans empilage. Ils sont pourvus généralement d'un dispositif de sûreté pour l'examen du niveau d'huile (tige de jauge de sûreté).

Le dispositif de commutation (controller) et les résistances sont logés presque toujours dans une enveloppe commune et plus rarement dans des enveloppes distinctes.

Outre plusieurs rhéostats à bain d'huile sans empilage, les Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi ont réalisé, sur demande du Charbonnage de Mauraige, un controller et un coffret de résistance avec empilage et serpentín pour la réfrigération du bain d'huile.

Le coffret de résistance est représenté à la figure 40.

Il y a quelques années, notre attention fut attirée sur un incident, heureusement sans conséquence, dû à un échauffement anormal de l'huile dans le rhéostat de

démarrage d'un moteur de treuil, matériel non antigri-souteux installé dans l'entrée d'air.

Ce treuil desservait une vallée. Le mécanicien, à la fin de son service, avait laissé le rhéostat sur le premier plot sans couper l'alimentation en courant du moteur.

Le treuil étant immobilisé par le frein, le moteur fonctionnait comme un transformateur, le courant rotorique étant dissipé par effet Joule dans le rhéostat.

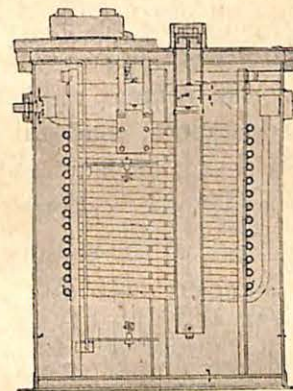


Fig. 40. — Coffret de résistance A.C.E.C.
Réfrigération par serpentín.

Le courant absorbé par le stator n'ayant pas l'intensité suffisante pour faire déclencher le disjoncteur, cet état anormal se prolongea au point que les vapeurs d'huile s'échappant de l'enveloppe du rhéostat s'enflammèrent à l'air libre et provoquèrent un incendie de boisage dans la chambre du treuil.

Cet incident démontre le supplément de sécurité qu'apporte aux appareils à bain d'huile la présence dans la cuve d'un relai thermique, tel par exemple un bilame qui provoque le déclenchement de l'interrupteur-

disjoncteur d'arrivée en cas d'échauffement anormal du bain d'huile.

Il suffit d'insérer le bilame dans le circuit du relai à minimum de tension du disjoncteur.

Interrupteurs et Disjoncteurs

La nécessité d'immerger dans un bain d'huile les organes de rupture des interrupteurs et disjoncteurs a été mise en discussion en ces dernières années.

Rappelons que dans ces appareils, l'huile doit non pas dissiper des calories comme c'est le cas pour les transformateurs et résistances, mais faire l'office d'extincteur vis-à-vis de l'arc en augmentant la rigidité diélectrique de l'espace entre les organes de rupture.

Dans les interrupteurs et inverseurs, le courant à couper possède une intensité bien déterminée (intensité nominale) fonction de la puissance des appareils alimentés. Dans les disjoncteurs, par contre, l'intensité au moment de la rupture peut atteindre plusieurs dizaines de fois la valeur normale du débit.

C'est donc dans les disjonctions que l'huile est soumise au service le plus dur.

Certains (1) prétendent qu'il peut se former au-dessus du bain d'huile et par le processus du « cracking » au contact de l'arc, des mélanges explosifs d'hydrogène et même d'acétylène, alors que cette éventualité est contestée par d'autres (2).

(1) Voir *Report of H. M. Electrical Inspector of Mines for the Year 1932. His Majesty's Stationery Office London.*

(2) Voir *Die technische Entwicklung in der Verwendung der Elektrizität im Steinkohlenbergbau untertage, Glückauf, 10 mars 1934, page 223.*

De fait, la protection des disjoncteurs par bain d'huile compte parmi les électrotechniciens beaucoup plus de partisans que d'adversaires.

Les grands disjoncteurs à fort pouvoir de coupure ont donné lieu parfois et dans des circonstances défavorables à des explosions violentes et à des incendies désastreux, mais ces appareils, de par leurs dimensions, n'avaient rien de commun avec ceux utilisés généralement dans les travaux souterrains.

Les disjoncteurs du fond sont appelés en effet à couper des courants moins importants et sous des tensions plus faibles que ceux protégeant les grands réseaux de distribution.

A notre connaissance, il n'y a jamais eu d'ailleurs en Belgique d'explosion de disjoncteur dans les travaux souterrains des mines.

En France, bien que la circulaire ministérielle du 22-7-1936 ait demandé au Service des Mines de faire enquête sur l'emploi dans le fond des appareils à bain d'huile, la Station d'essai de Montluçon a encore agréé en 1939 des interrupteurs et disjoncteurs à bain d'huile.

Le règlement allemand de 1933 (*Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen Transformatoren und Geräte V.D.E. 170/1933*) ne les a pas non plus interdits.

En Belgique, la majorité des disjoncteurs installés, tant dans les dépendances superficielles que dans les travaux souterrains, sont à bain d'huile.

Au cours de la décade 1930-1940, l'*Institut National des Mines* a proposé pour agrégation comme antigrisouteux des interrupteurs-disjoncteurs de tous formats avec ou sans huile.

Parmi les appareils à bain d'huile agréés, citons d'abord ceux à pouvoir de coupure relativement élevé :

a) les disjoncteurs 1.000 volts-1.000 ampères (intensité nominale), 3.000 volts-600 ampères, 6.000 volts-350 ampères de la Société Electromécanique de Bruxelles (anciennement Electricité et Electromécanique).

Tous ces appareils sont pourvus d'empilages;

b) un disjoncteur 6.000 volts-100 ampères de l'Appareillage Electrique Industriel de Dijon (anciennement Etablissements Cheveau).

Cet appareil est logé dans une enveloppe hermétique.

Ces appareils sont prévus pour l'alimentation générale des récepteurs de tout un étage.

Ont été agréés également des disjoncteurs à bain d'huile pour puissance plus faible et destinés à desservir des circuits alimentant un ou deux moteurs (haveuse, treuil, courroie transporteuse).

Ces appareils sont logés dans une enveloppe hermétique.

Enfin, quelques disjoncteurs sans huile ont été agréés au nom des firmes suivantes :

Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi;
Société Electromécanique de Bruxelles;
Ateliers Electriques Belges de Forest;
Société de Construction de Matériel Electrique (Socomé), de Forest.

Ces disjoncteurs sont disposés dans des coffrets hermétiques en métal coulé de forme rectangulaire, fermés par un couvercle vertical, fixé par des vis. Ce couvercle est retenu par des charnières, ce qui facilite la visite des organes intérieurs.

En plus des relais à maxima de courant et à minima de tension, le disjoncteur possède également des dispositifs de protection thermique ou magnéto-thermique.

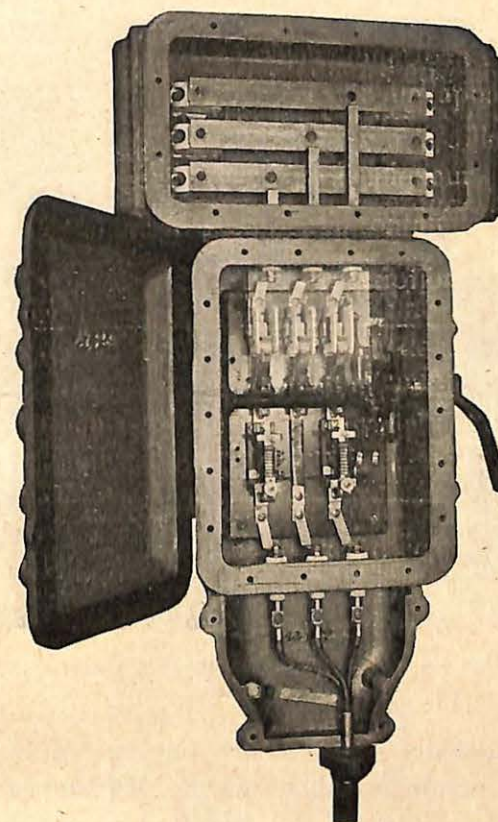


Fig. 41. — Coffrets antigrisouteux assemblés en forme de panneau.

Le coffret même du disjoncteur peut être assemblé à d'autres renfermant des barres de connexion, des sectionneurs, des inverseurs, des appareils de contrôle (ampèremètre, voltmètre, wattmètre).

Ces combinaisons de coffrets sont susceptibles de multiples variantes, chacune d'elles constituant un ensemble en forme de panneau ou tableau blindé (voir fig. 41bis) (1).

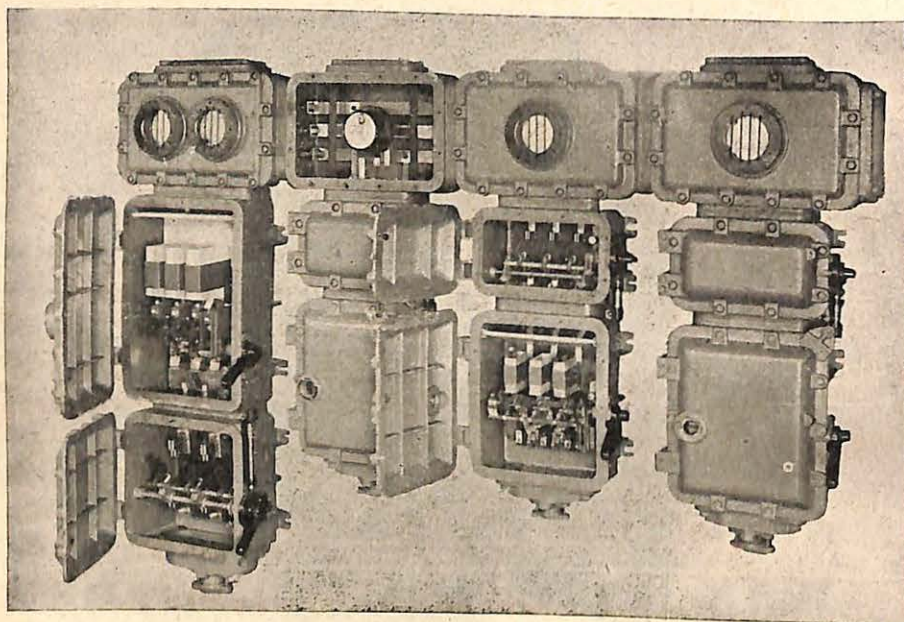


Fig. 41bis. — Coffrets antigrisouteux assemblés en forme de panneau.

Des panneaux de ce genre ont été agréés pour des intensités nominales allant jusque 350 ampères.

L'Institut National des Mines n'a pas encore pris position dans la controverse relative à l'opportunité du bain d'huile.

(1) La photo 41bis reproduit une collection de divers appareils antigrisouteux de la Soc. An. Electromécanique, à Bruxelles, qui s'est spécialisée dans les dispositifs de commande et de protection. Les divers éléments sont représentés les uns ouverts, les autres dans l'état de fermeture normale, donnant une idée complète de l'ensemble.

Depuis quelques années, des procédés spéciaux ont été imaginés qui tendent soit à réduire la quantité d'huile, soit à la remplacer par un fluide ininflammable.

Il y a aussi, notamment pour les moteurs à démarrages fréquents, des controllers à contacts massifs du type roulant à coupure dans l'air, le mécanisme étant installé dans une enveloppe soit en acier soudé, soit en fonte.

Il existe actuellement des disjoncteurs à faible volume d'huile, des disjoncteurs à air comprimé, des disjoncteurs à expansion.

On ne peut encore se prononcer sur la valeur du pyranol ou du clophème, liquides ininflammables préconisés. Ils présentent des inconvénients qui font que leur emploi n'a pas encore pris une part prépondérante.

Notre attention fut attirée spécialement sur les disjoncteurs à expansion dont nous avons pu voir des spécimens de différentes puissances dans les usines de la Société Siemens, à Berlin.

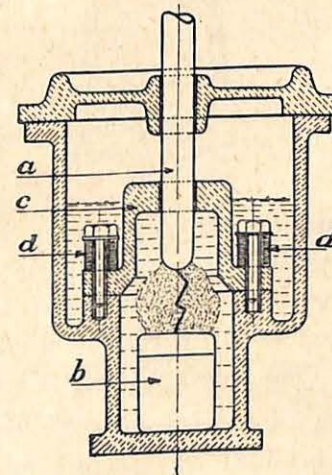


Fig. 42. — Chambre d'expansion, première phase du fonctionnement.

Dans ces disjoncteurs, l'extinction de l'arc se fait d'après le processus suivant, indiqué par les figures 42 et 43 reprises d'après des publications de la firme Siemens.

Dès que les pièces de contact *a* et *b* se séparent (voir fig. 42), l'arc s'amorce et provoque la vaporisation du liquide extincteur (mélange d'eau distillée et d'expansine dont la composition ne nous est pas connue).

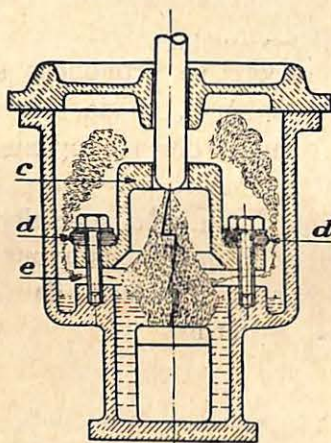


Fig. 43. — Chambre d'expansion, deuxième phase du fonctionnement.

Si les courants à interrompre sont de faibles intensités, ils seront éteints par simple refroidissement de l'arc dû à la diffusion de la chaleur dans l'atmosphère d'hydrogène qui l'entoure, hydrogène provenant de la décomposition de l'eau produite sous l'influence de l'arc.

Si les courants à interrompre sont plus élevés, la quantité de vapeur produite va en augmentant au fur et à mesure que l'arc s'allonge et celui-ci est éteint par le refroidissement dû à la détente brusque de la vapeur sous pression s'échappant soit par l'orifice de la cham-

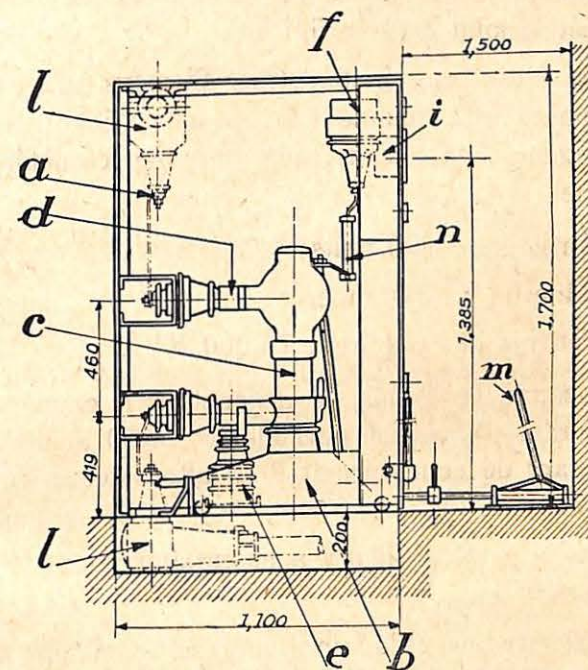


Fig. 43bis. — Disjoncteur à expansion.

- a.* Cellule de coupure.
- b.* Chariot de coupure.
- c.* Disjoncteur à expansion.
- d.* Contact d'interruption.
- e.* Transformateur de courant.
- f.* Transformateur de voltage.
- i.* Instruments de mesure.
- l.* Boîte d'entrée de câble.
- m.* Dispositif de retrait (détachable).
- n.* Dispositif de protection pour la haute tension Sch. R. 337 (antigrisouteux).

bre d'expansion, soit après avoir soulevé la pièce *c* en comprimant les rondelles en caoutchouc *d* et s'échappant par le joint *e* (voir fig. 43).

Nous avons assisté aux usines Siemens aux essais en atmosphère inflammable (air + gaz d'éclairage) d'un disjoncteur à expansion présentant les caractéristiques suivantes :

Tension : 6.000 volts;

Intensité : 350 ampères;

Pouvoir de coupure : 75.000 KVA.

Au cours des essais, le disjoncteur a coupé d'abord un courant d'intensité normale, soit 350 ampères, puis le courant de court-circuit d'un alternateur, soit 7.000 ampères.

Dans aucun cas, il n'y a eu inflammation de l'atmosphère ambiante.

Nous croyons utile, pour montrer comment se réalisent les disjoncteurs à expansion, de donner figure 43bis un croquis côté de la cellule d'installation d'un disjoncteur Siemens antigrisouteux pour courant normal de 350 ampères.

Néanmoins, aucun disjoncteur à expansion n'a été jusqu'à présent soumis à l'agrément de l'*Institut National des Mines*.

CHAPITRE IV

Locomotives électriques

L'usage de la locomotive électrique dans les mines grisouteuses soulève un problème bien difficile à résoudre. Nous écartons d'emblée la solution des locomotives à trolley, qui paraît incompatible avec la sécurité des mines grisouteuses et reste proscrite dans les travaux où un afflux de grisou est à craindre (1).

La locomotive à accus paraît à première vue poser un problème plus simple. Les principaux organes, le controller, les interrupteurs, le moteur, les phares, sont faciles à réaliser d'une manière hermétique de façon à ne présenter aucun danger vis-à-vis du grisou.

Il en va tout autrement pour la batterie d'accumulateurs. C'est qu'en effet, nous avons affaire au gaz dégagé par la batterie, autrement dangereux que le grisou, par sa richesse en hydrogène.

Nous avons, en 1931 (Rapport sur l'exercice 1931, pages 137 et suivantes de la 1^{re} livraison 1932 des « Ann. des Mines de Belgique ») procédé à des recherches méthodiques sur les gaz dégagés par les batteries d'accumulateurs au plomb ou alcalines.

(1) Une autorisation récente a été donnée dans une mine peu grisouteuse (première catégorie), mais limitée à un parcours d'entrée d'air, où aucun afflux de grisou n'est à craindre.

Toutes, à des degrés divers, dégagent des quantités d'hydrogène non seulement pendant la charge, mais encore pendant un long temps après celle-ci.

A titre d'exemple, retenons que dans un accumulateur au plomb (capacité, 80 ampères-heure), 61 heures après la charge, le dégagement gazeux n'était pas encore arrêté.

A partir de ce moment, en 68 heures, le dégagement a atteint 2 litres d'un mélange à 91 % d'hydrogène (2).

Nous avons donc grande chance d'avoir, dans la partie supérieure du coffret d'accumulateurs, entre la batterie et le couvercle, un gaz riche en hydrogène se rapprochant du gaz tonant (hydrogène et oxygène).

La flamme de ce gaz n'est pas arrêtée par les joints ouverts ou empilages de lamelles réglementaires (canaux de 50 mm. de largeur sur 0,5 mm. d'épaisseur), de sûreté vis-à-vis du grisou (3).

Pour arrêter un tel gaz, il faudrait des empilages faits de lamelles de 70 mm. de largeur avec un écartement entre lamelles de 0,2 mm. seulement (voir étude de M. J. Fripiat, Rapport sur les travaux de 1931, « Ann. des Mines de Belgique », 1932, page 137 et suivantes).

La réalisation de tels empilages serait difficile et l'entretien pratiquement impossible.

De fait, cette solution n'a pas été retenue par les constructeurs qui ont été en rapport avec nous; ceux-ci ont préféré construire des bacs complètement hermétiques.

(2) Pendant la décharge, il y a généralement réabsorption soit du gaz dégagé, soit d'air.

(3) Des expériences faites en 1932 à l'Institut ont montré que cet empilage arrêta aussi les flammes de benzine et de gas-oil (voir pages 133 et suivantes du Tome XXXIV des *Annales des Mines de Belgique*).

Depuis 1930, deux bacs pour accumulateurs seulement ont été agréés.

Dans la réalisation de chacun de ces appareils, les constructeurs ont pris les dispositions nécessaires pour faciliter le départ des gaz tonants se dégageant des éléments pendant la charge.

Dans un des bacs agréés, le grand couvercle est percé d'ouvertures rectangulaires que l'on ferme au moment de la remise en service des accumulateurs. La fermeture se fait par deux volets percés également d'ouvertures semblables et disposés sur galets roulants immédiatement en dessous du couvercle.

Pendant la charge, les volets sont disposés de telle sorte que leurs ouvertures correspondent à celles du couvercle.

Après la charge, ces volets sont déplacés jusqu'à fermer les ouvertures du couvercle. Des vis de rappel appliquent alors hermétiquement les volets contre le couvercle.

Dans l'autre bac, le couvercle doit être enlevé pendant la charge, mais le constructeur a pris soin de faciliter la manœuvre par un procédé spécial de fixation du couvercle. Celle-ci est réalisée par des réglettes en forme de coin appliquées de force sur le couvercle par quatre vis de rappel.

De toute façon, il est recommandable : a) de ne pas exagérer la charge, car le dégagement de gaz augmente beaucoup si l'on dépasse un certain taux; b) de ne fermer le coffret qu'après un assez long temps après la fin de la charge, de manière à laisser échapper la plus grande partie du gaz dégagé.

En France, le même principe de créer un coffret étanche a prévalu et divers types avaient été agréés.

Mais à la suite de difficultés diverses et notamment d'une explosion (1) survenue pendant la marche dans une mine du Pas-de-Calais, une circulaire ministérielle du 20 juillet 1934 a rapporté les autorisations d'emploi de toutes les locomotives électriques à accumulateurs qui avaient été admises à fonctionner dans les mines grisouteuses françaises.

Une autre façon de parer au danger spécial créé par l'hydrogène est de ventiler le coffret de façon à empêcher l'accumulation de gaz tonant.

C'est la solution qui prévaut en Allemagne; les enveloppes sont munies d'empilages (du type 50 mm., 0,5 mm. comme pour le grisou) largement dimensionnés, qui assurent certainement une ventilation suffisante pendant la marche de l'appareil.

Reste encore la possibilité d'accumulation des gaz pendant les arrêts de fonctionnement et l'inflammation possible au démarrage, par exemple par des étincelles se formant à des bornes présentant un certain jeu. Cette éventualité s'est déjà produite comme on le verra plus loin.

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'appareils qui permettraient de réaliser avec sécurité, par un ventilateur adéquat, le renouvellement de l'air de l'enveloppe avant toute mise en décharge de la batterie.

En 1937 (d'après le Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen, décembre 1938), on a enregistré dans les mines allemandes quatre explosions de coffrets d'accumulateurs, survenues toutes les quatre dans des loco-

(1) Nous manquons de précisions sur cet incident. Le fait que le couvercle a été mis en pièces permet de supposer qu'il régnait avant l'inflammation, une certaine compression préalable dans le coffret d'où formation de pressions élevées.

motives combinées pour fonctionner à volonté par trolley (pour une partie du parcours) ou par batteries d'accus (pour la région grisouteuse du trajet).

La batterie est portée par un véhicule auxiliaire ou tender. On peut la recharger soit dans une salle de chargement spéciale ou, tant qu'on est sur le trajet à trolley, par le courant pris à celui-ci.

Des empilages de lamelles protègent le coffret et un dispositif limite la tension de charge de façon à ne pas dépasser 2,35 volts par élément pour éviter le dégagement de gaz, qui devient important une fois que l'on dépasse ce chiffre.

Les explosions se sont produites au démarrage après un temps d'arrêt. Dans deux cas, un ventilateur mû par moteur auxiliaire existait, et l'explosion s'est produite au démarrage du moteur du type antigrisouteux. La sécurité d'un moteur antigrisouteux n'est pas suffisante dans un mélange d'hydrogène.

La solution définitive de la locomotive électrique de sécurité vis-à-vis du grisou n'est donc pas encore trouvée.

La faveur rencontrée par les locomotives Diesel dans ce domaine a plutôt fait renoncer momentanément aux recherches et essais de perfectionnements, chez nous, de la locomotive à accus pour mines grisouteuses.

Pour terminer, disons que nous n'avons eu aucun incident à déplorer avec les locomotives électriques agréées en usage.

Matériel d'éclairage

Eclairage par accumulateurs

Disons un mot, bien qu'elles ne soient pas régies par le règlement général sur l'électricité, des lampes portatives à accumulateurs. La question n'a guère évolué depuis 1930.

Au point de vue source de courant, les constructeurs s'en sont tenus aux accumulateurs au plomb à un seul élément et aux accumulateurs alcalins cadmium-nickel à deux éléments; ceux-ci, malgré leur légèreté et leur pouvoir éclairant, ne se sont guère répandus à cause de leurs prix (1).

Les accumulateurs au plomb à deux éléments, que certaines firmes avaient adoptés pour obtention d'un pouvoir lumineux plus grand, ont donc été rapidement abandonnés.

A part une légère augmentation du courant absorbé par l'ampoule (certaines lampes consomment 1,75 ampère), les lampes portatives sont donc restées sensiblement telles qu'elles étaient il y a dix ans.

Signalons une réalisation originale de la Compagnie Auxiliaire des Mines, consistant en une lampe pour l'éclairage intensif de travaux spéciaux (réparation de machines, visite de puits, etc.).

L'ampoule se trouve dans une armature identique à celle d'une lampe électrique portative normale; elle

(1) Signalons l'agrégation toute récente de deux lampes spéciales pour personnel de maîtrise, extrêmement légères, à fort pouvoir éclairant dirigé par réflecteur. Ces lampes ont un accu cadmium-nickel formé de 2 éléments (types OKI et OKF Ceag).

consomme 0,9 ampère sous la tension de 16 volts, qui lui est fournie par une batterie de 8 éléments au plomb.

Ceux-ci sont placés dans un pot cylindrique en laiton d'une capacité de 10 litres, pourvu d'un couvercle serré sur son siège par un anneau fileté.

La liaison entre l'ampoule et les accumulateurs se fait par un câble souple sous caoutchouc pénétrant dans l'armature et dans le pot par une boîte à bourrage garnie d'un anneau en caoutchouc.

Nous parlons tout spécialement de cette lampe parce qu'elle a donné lieu à quelques essais et recherches présentant un certain intérêt.

Nous avons constaté, en effet, que l'assemblage du couvercle et du pot était étanche vis-à-vis de l'explosion d'un des mélanges suivants :

Méthane, 9 % ; air, 81 % ;

Hydrogène, 30 % ; air, 70 %.

mais laissait traverser la flamme du mélange tonant (hydrogène, 2/3; oxygène, 1/3).

Nous avons recherché alors s'il y avait possibilité de formation d'un tel mélange explosif à l'intérieur de l'accumulateur.

Ces recherches ont été relatées aux pages 32 et suivantes du Rapport annuel des travaux de 1939 de l'Institut (voir tome XLI, 1^{re} livraison 1940 des « Ann. des Mines de Belgique »).

Elles ont conduit aux conclusions que nous rappelons ci-après :

Pendant la charge, l'accumulateur dégage un mélange généralement riche en hydrogène. Nous avons recueilli pour une charge d'une durée de 9 h. 30, à 1,4 ampère, 2.800 cm³ d'un mélange renfermant 32,26 % d'hydrogène et 67,74 % d'oxygène.

Après la charge et pendant la décharge, on constate soit une réabsorption d'air ou du gaz dégagé pendant la charge, soit un dégagement, lequel est généralement suivi d'une réabsorption lorsque l'expérience est suffisamment prolongée.

La quantité maximum de gaz libéré a été constatée lors d'un prélèvement effectué entre la charge et la décharge; elle était de 13,4 cm³ et l'analyse a indiqué la composition suivante :

Hydrogène	59,22 %
Oxygène	40,87 %

Ces expériences nous montrent que, même dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire lorsque les accumulateurs sont remplacés dans le pot immédiatement après la charge, le dégagement ne sera pas suffisant pour y créer une atmosphère explosible.

Huit accumulateurs libéreraient, en effet, un maximum de 107 cm³ de gaz à 60 % d'hydrogène, lesquels, dans une capacité de 5,2 litres (vide subsistant dans le pot lorsque les accumulateurs sont en place), donneraient finalement un mélange à 1,23 % d'hydrogène, teneur trop faible pour donner l'explosion.

Pour ces motifs, la lampe a été agréée.

Appareils d'éclairage s'alimentant à des sources autres que les accumulateurs

Les systèmes d'éclairage s'alimentant à des sources autres que les accumulateurs se sont considérablement développés au cours des dix dernières années.

Pour s'en rendre compte, il suffirait de comparer, par les rapports annuels de l'*Institut* visant cette période, les nombres d'appareils de l'espèce agréés en 1930 et en 1940.

L'alimentation d'appareils d'éclairage par le réseau de la mine s'était d'abord localisée aux abords immédiats des puits, mais la mécanisation intense de l'exploitation lui a permis de s'étendre jusqu'aux chantiers d'abatage.

De plus, l'accélération imposée aux moyens de transport a nécessité l'adoption d'un éclairage intense dans les galeries.

L'éclairage des tailles, à vrai dire, ne s'est guère répandu.

Les premières installations en Belgique ont été réalisées par la Société Siemens, laquelle a été suivie par les Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi. Ceux-ci ont, dans la suite, perfectionné leur matériel dont ils ont réduit le poids et l'encombrement.

De tous les organes composant une installation d'éclairage à fort courant, seule l'armature (organe servant de support et de protection à l'ampoule) a évolué.

Les premières armatures comportaient une cuvette en fonte pourvue d'une entrée de câble et renfermant les connexions faisant liaison entre les conducteurs du câble et la douille dans laquelle se vissait l'ampoule.

Sur cette cuvette s'assemblait le globe de protection en verre. Celui-ci, pourvu d'un rebord plat circulaire, était pincé entre deux joints de plomb. Le serrage était réalisé par l'anneau en métal servant de support au treilli protégeant le globe contre les chocs extérieurs.

L'intérieur du globe était séparé de la cuvette par une cloison étanche. Ce dernier détail avait été inspiré par la préoccupation de soustraire le globe à une explosion éventuelle de grisou amorcée à une étincelle jail-

lissant dans la cuvette à la faveur d'une connexion desserrée (1).

Depuis lors, nous avons constaté que les globes de bonne fabrication supportaient sans dommage une explosion de grisou et nous n'avons plus exigé la cloison isolant la partie de la cuvette réservée aux connexions.

De plus, il avait été constaté, dans la pratique, que le remplacement d'un globe brisé était une opération délicate. Le serrage des joints de plomb sur le rebord plat du globe donnait lieu parfois à des ruptures qu'il n'était pas toujours facile de déceler quand l'appareil était remonté.

Pour obvier à cet inconvénient, nous avons admis que le globe puisse être fixé par scellement à l'aide d'un ciment fait de litharge et de glycérine (10 parties de litharge pour une partie de glycérine).

La figure 44 représente une armature où se trouvent réalisées les deux modifications indiquées ci-dessus.

Comme on peut le voir, il n'y a plus de cloison isolant la cuvette.

De plus, le globe est pourvu d'un rebord en queue d'hirondelle, par lequel il est scellé dans l'anneau métallique servant de support au treilli de protection. Son épaisseur est comprise entre 6 et 7 mm. et sa capacité est de 2.000 cm³.

Il a subi sans dommage des explosions internes d'un mélange grisouteux à 9,5 % de méthane.

Pour ce qui est de la source lumineuse, on s'en est tenu d'abord bien longtemps aux ampoules à incandescence.

(1) Une armature conforme à cette description est représentée la page 58 de notre note de 1930.

L'éclairage intensif étant à l'ordre du jour, certains constructeurs avaient pensé utiliser des ampoules de forte puissance (150 et même 200 watts), mais la pratique a démontré que pour éviter l'éblouissement, il était plus avantageux d'utiliser des sources moins puissantes et d'en augmenter le nombre.

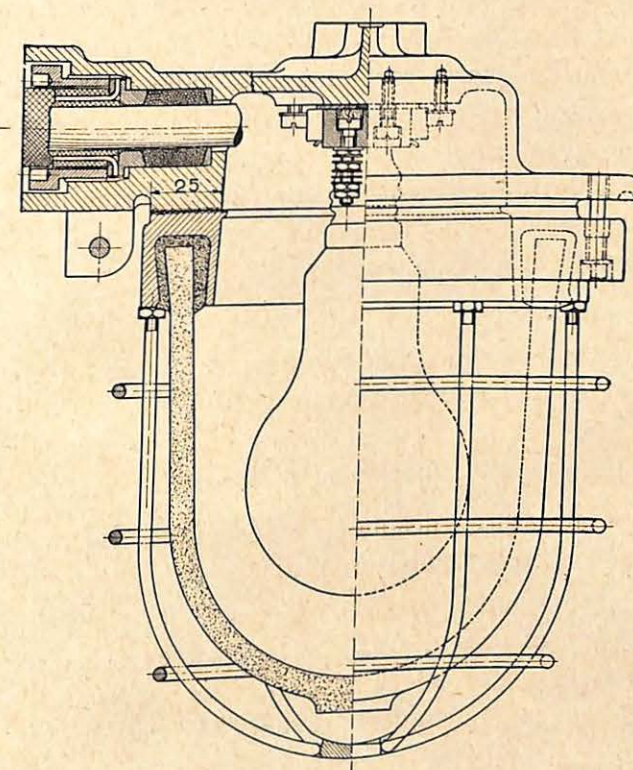


Fig. 44. — Armature A.C.E.C., globe scellé.

Récemment, on a appliqué dans le fond les innovations qui ont marqué en ces dernières années les modes d'éclairage employés dans la vie courante; c'est ainsi qu'on utilise maintenant des lampes à décharge à vapeur de sodium ou à vapeur de mercure.

Les lampes à vapeur de sodium, dont il sera question avec plus de détails ci-après, nécessitent un appareillage spécial.

Elles sont utilisées avec grand succès pour l'éclairage de galeries de roulage à grand trafic de Campine.

Les lampes à vapeur de mercure, au contraire, peuvent être utilisées dans les armatures normales.

Le tube de quartz renfermant la vapeur de mercure sous pression est disposé, en effet, à l'intérieur d'une ampoule de format ordinaire renfermant un gaz qui assure le refroidissement suffisant et uniforme du tube. Cette ampoule se monte sur un socket identique à celui des ampoules à incandescence.

Nous donnons ci-après quelques solutions intéressantes dans le domaine de l'éclairage.

1. Armature des Charbonnages de Maurage.

Cette armature, destinée à l'éclairage des puits en fonçage, est représentée à la figure 45.

La partie conique est fermée vers le bas par une glace circulaire (diamètre, 362 mm.; épaisseur, 8,5 mm.); elle renferme un réflecteur parabolique et l'ampoule à incandescence (puissance prévue, 200 watts).

La partie cylindrique est fermée par un fond bombé portant une boîte à bourrage garnie d'anneaux en caoutchouc pour la traversée du câble d'alimentation.

Un pince-câble apporte une sécurité supplémentaire contre tout glissement du câble dans la boîte à bourrage.

Immédiatement en dessous du fond se trouve un empilage de lamelles annulaires maintenues à un écartement constant par des intercalaires. En cas d'inflammation

intérieure, les gaz chauds peuvent donc s'échapper par 4 joints de 0,5 mm. de hauteur et 50 mm. de longueur.

La glace est protégée contre les chocs extérieurs par un croisillon de fer plat et par un treillis. Les fers plats

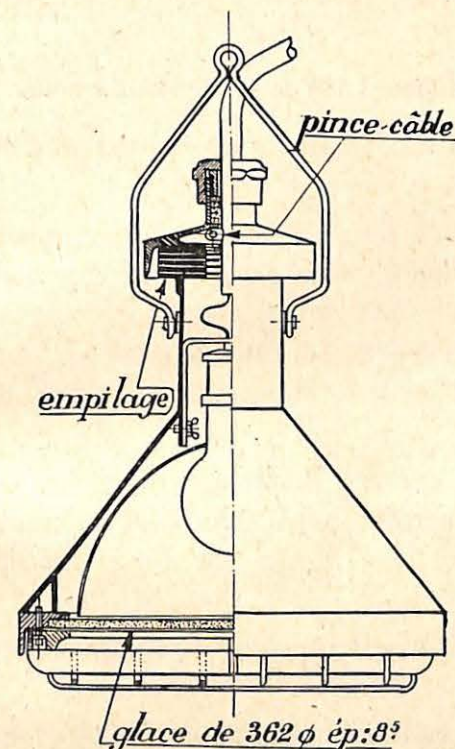


Fig. 45. — Armature des Charbonnages de Maurage. pour lampe d'avalleresse.

sont disposés tout contre la face inférieure de la glace, augmentant ainsi sa résistance contre une explosion intérieure.

Cette armature a subi l'épreuve habituelle en atmosphère grisouteuse sans qu'il y ait ni traversée de flamme, ni rupture de la glace.

L'empilage réduit efficacement la pression. En voici la preuve : antérieurement, nous avons soumis à la même épreuve la même armature, mais non pourvue d'empilage. A la deuxième explosion, il y avait eu destruction de la glace dont l'épaisseur était cependant de 7,5 mm.

2. Armature Modèle L.169 de la Société Siemens.

Cette armature présente les deux particularités suivantes :

1°) l'ampoule se trouve dans une atmosphère d'anhydride carbonique dont la pression est supérieure à celle de l'atmosphère ambiante;

2°) le moindre défaut d'étanchéité au globe amène la mise hors tension du socket et l'extinction de la lampe.

En cas de rupture simultanée du globe et de l'ampoule, le filament ne reçoit donc plus de courant et son refroidissement s'opère au sein d'une atmosphère non combustible.

Cette armature est représentée schématiquement à la figure 46.

L'ampoule et le globe étant mis en place sur l'armature, on introduit, dans le logement prévu à cet effet, la capsule à acide carbonique liquide A et on serre le bouchon B. Au cours du serrage, la capsule est poussée contre la pointe C et percée, ce qui permet à l'acide carbonique de s'échapper et de diffuser à l'intérieur du globe.

Si la pression à l'intérieur du globe est suffisante, les deux capsules anéroides D s'aplatissent et poussent, vers le haut et par l'intermédiaire d'un système de biel-

lettes E, l'interrupteur F qui ferme le circuit d'alimentation de l'ampoule.

A partir de ce moment, l'ampoule peut être allumée.

Le dispositif ne fonctionne que si la pression à l'intérieur du globe atteint à froid 0,5 atmosphère.

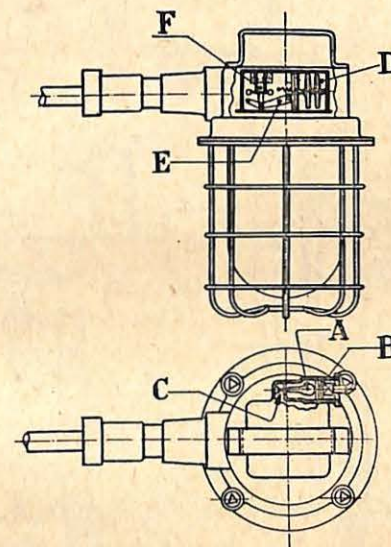


Fig. 46. — Armature de sûreté de la Société Siemens.

En cas de rupture ou simplement de fêlure du globe, le circuit d'alimentation est interrompu et la lampe s'éteint.

De même, il n'est pas possible d'allumer la lampe si les joints de caoutchouc n'ont pas été serrés à fond (1).

(1) Cette armature, d'un prix élevé, n'a pas été adoptée par les mines; elle n'est utilisée en Belgique que dans quelques usines de synthèse où la présence d'hydrogène ou de vapeurs inflammables peut être redoutée.

3. Armature avec dispositif de sûreté des A.C.E.C.

Cette armature est pourvue aussi d'un dispositif, purement mécanique cette fois, interrompant le courant d'alimentation dans le cas de bris du globe.

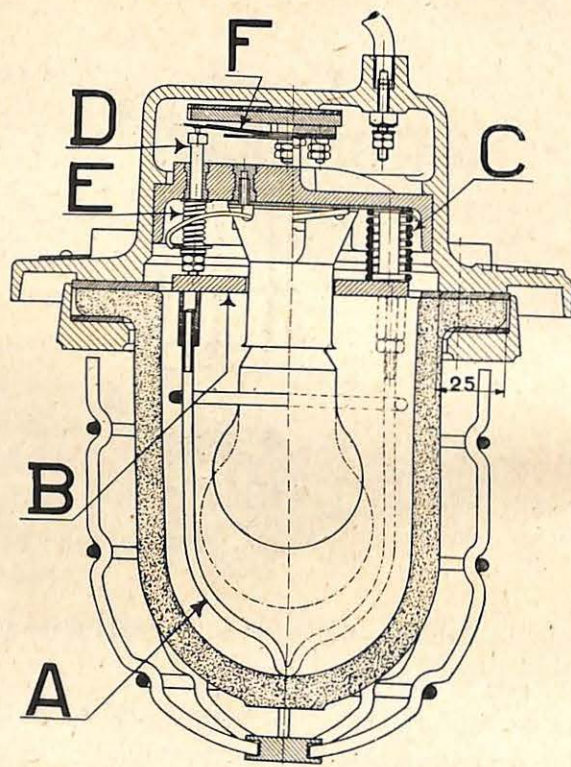


Fig. 47. — Armature de sûreté A.C.E.C.

Cette armature est représentée schématiquement à la figure 47.

Lorsque le globe est intact, une armature A, faite de 4 barres rigides en acier prenant appui sur le fond du globe, pousse vers le haut une plaque mobile en ébo-

nite B et comprime 4 ressorts C (un seul est visible dans la coupe).

Sur la même plaque s'appuient aussi deux tiges D (une seule visible dans la coupe) poussées vers le bas par des ressorts E. Ces tiges, en contact avec les lames élastiques F, amènent le courant à la douille de l'ampoule.

La compression totale des ressorts C exige un effort de 75 kgs environ.

Lorsque le globe est brisé par un choc extérieur, l'armature A descend, poussée par la plaque en ébène B et par les ressorts C. Les deux tiges D descendent également et lorsqu'elles ne sont plus en contact avec les lames F, l'ampoule n'est plus alimentée.

L'examen de ce dispositif a donné lieu à des recherches faisant l'objet d'une note intitulée « Recherches sur l'inflammation du grisou par le filament des lampes électriques à poste fixe » et qui a paru aux pages 161 et suivantes du Rapport annuel sur les travaux de l'Institut au cours de l'année 1937 (voir tome XXXIX, année 1938, des « Ann. des Mines de Belgique »).

Ces recherches ont eu pour objet de déterminer le délai maximum pouvant exister entre la rupture d'une ampoule et la suppression du courant d'alimentation sans qu'il y ait inflammation de l'atmosphère ambiante.

Nous avons procédé à 73 essais qui ont porté sur des ampoules Philips de différentes puissances.

La conclusion globale de ces essais est qu'il n'y a pas inflammation si le courant est coupé au plus tard 38 millisecondes après la destruction de l'ampoule.

Nous avons vérifié ensuite, à l'aide de l'oscillographe, le fonctionnement même du dispositif de sûreté de l'armature.

Le temps maximum s'écoulant entre la rupture du globe et l'interruption du courant d'alimentation de l'ampoule est de l'ordre de 8 millisecondes. Il est donc de loin inférieur au délai dans lequel l'interruption du courant doit suivre la rupture de l'ampoule, même pour le cas le plus défavorable (38 millisecondes).

En raisonnant ainsi, nous supposons même que le bris de l'ampoule coïncide avec celui du globe, alors qu'il lui est postérieur, ce qui augmente encore la marge de sécurité (1).

4. Lampe à vapeur de sodium de la Société Philips, type Philora SO/650 de 105 watts; flux lumineux nominal : 6.500 lumens internationaux.

Jusqu'à présent, cette lampe n'est utilisée que dans un important charbonnage de Campine pour l'éclairage de galeries d'entrée d'air.

Dans ces conditions, le règlement belge n'exige qu'une protection conforme aux principes de construction visant les appareils électriques appelés à fonctionner dans les endroits où un afflux de grisou n'est pas à craindre.

Cependant, en vue de leur utilisation éventuelle dans des voies de retour d'air des mines grisouteuses, la Société Philips a mis au point la réalisation d'une armature de protection antigrisouteuse qui puisse renfermer à la fois l'ampoule et les accessoires nécessaires pour son alimentation.

La lampe (A) consiste en un tube de verre spécial en forme d'U renfermant un mélange de gaz néon et argon ainsi qu'une certaine quantité de sodium, con-

(1) Cette armature ne s'est pas répandue en Belgique, mais elle est utilisée dans quelques mines françaises.

densé à l'état solide et passant à l'état de vapeur pendant le fonctionnement de la lampe. Les deux électrodes spiralées (B), recouvertes d'oxyde alcalino-terreux, chauffées par la décharge elle-même, sont connectées au secondaire (S) d'un transformateur (T) à dispersion dont le primaire (P) est alimenté directement par le réseau à courant alternatif de 220 volts (voir fig. 48).

Dès l'enclenchement sur le réseau, la décharge se produit à travers le gaz de l'ampoule qui s'échauffe progressivement.

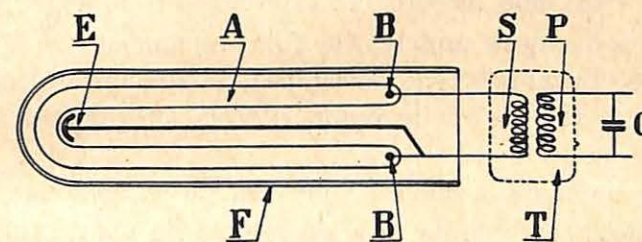


Fig. 48. — Schéma d'une lampe à vapeur de sodium Philips

L'autotransformateur a donc été construit de telle sorte que la tension secondaire soit de 460 volts environ au moment de l'amorçage de la lampe, pour, par après, diminuer au fur et à mesure de l'accroissement de l'intensité qui est limitée par la selfinduction de l'autotransfo à dispersion magnétique.

Un condensateur monophasé (C), connecté au primaire de l'autotransfo à dispersion, améliore le facteur de puissance.

Le fonctionnement de la lampe au sodium étant à caractéristique négative, l'autotransformateur à dispersion doit répondre aux conditions suivantes : d'une part, élever la tension afin d'assurer l'amorçage de la lampe ;

d'autre part, assurer un dispositif de stabilisation limitant l'intensité de courant.

Afin de soustraire la lampe à l'influence des variations de la température ambiante et d'assurer un échauffement rapide avec un minimum de perte de chaleur par rayonnement, celle-ci est calorifugée à l'aide d'une cloche à double paroi en verre, dans laquelle on a fait le vide.

Dès que la lampe est sous tension, la décharge s'amorce dans le gaz néon dont la chaleur dégagée fait vaporiser progressivement le sodium qui participe à la décharge dans une mesure croissante.

Après quelques minutes de fonctionnement (8 à 15 minutes, suivant le type de lampe), le sodium est complètement vaporisé et le régime normal de température est atteint.

La couleur de la lumière, qui était de teinte rouge au début de la période de mise en régime de température, vire rapidement vers le jaune et devient alors pratiquement monochromatique.

L'armature de protection antigrisouteuse réalisée par la Société Philips n'a pas encore fait l'objet de l'agrément ministérielle.

Avant de terminer l'examen des solutions nouvelles dans l'éclairage, signalons aussi que depuis l'année 1930, l'*Institut* a proposé l'agrément de plusieurs lampes électropneumatiques (6 lampes, dont deux de fabrication belge).

Ces appareils reçoivent, comme leur nom l'indique, leur énergie du réseau de l'air comprimé.

Au point de vue du prix de revient, c'est-à-dire de la dépense d'énergie par unité d'éclairement, ce sont cer-

tainement les plus coûteux, mais ils permettent d'obtenir d'une façon très commode un éclairage relativement puissant là où il s'impose : aux envoyages et recettès de plans inclinés et balances, à proximité d'une tête motrice de convoyeur, etc.

Ces appareils sont d'un type uniforme comportant essentiellement une turbine à air comprimé solidaire d'un aimant permanent, à 4 ou 6 pôles, tournant dans un stator bobiné.

Généralement, le globe est mis sous pression par des canaux qui y dérivent une fraction de l'air sortant de l'aubage.

La plupart des types agréés sont pourvus d'un dispositif mettant le socket de l'ampoule hors tension, lorsque le globe est détérioré gravement ou simplement fêlé.

Ce dispositif peut être de fonctionnement purement mécanique : l'ampoule, poussée vers le bas par un ressort, est maintenue en place dans son socket par un système d'organes prenant appui sur la paroi intérieure du globe.

Dans le cas de détérioration, le globe est mis en pièces et l'ampoule, sortant de son socket, libère un organe qui court-circuite l'alternateur.

Parfois la sûreté fonctionne par le jeu de la surpression d'air régnant dans le globe. Lorsqu'une fêlure se produit, la pression intérieure devient égale à la pression atmosphérique et un piston ou une membrane élastique se mettant en mouvement, grâce à l'affaissement de la pression intérieure, réalise la mise en court-circuit de l'alternateur.

Lors de la présentation de la première lampe électropneumatique en 1930, nous avons trouvé qu'il était peu

rationnel de court-circuiter l'alternateur alors même que la lampe est moins sûre et nous avons demandé la suppression du dispositif de sûreté.

Dans la suite, nous sommes revenus sur cette décision, ayant constaté expérimentalement que le fonctionnement en court-circuit de l'alternateur n'entraînait pas d'échauffement dangereux.

Quant au danger d'inflammation de grisou par étincelles intérieures, il ne peut exister qu'au démarrage, lorsque la lampe est restée inactive un certain temps dans une atmosphère grisouteuse.

C'est la raison pour laquelle nous exigeons que l'échappement de l'air détendu vers l'extérieur se fasse par des ouvertures de diamètre réduit.

Chaque lampe agréée a subi d'ailleurs en atmosphère grisouteuse l'épreuve prescrite pour les appareils anti-grisouteux et c'est dans le but de nous rendre compte de la marge de sécurité du fonctionnement de ces appareils que nous avons procédé aux recherches rappelées ci-avant sur l'étanchéité des plaques perforées vis-à-vis des flammes de grisou.

Pour terminer ce chapitre, nous donnons, à titre d'exemple, la description avec figure à l'appui (fig. 49) d'une lampe électropneumatique construite par les Charbonnages de Winterslag.

La turbine A et l'alternateur B se trouvent dans une enveloppe commune faite en partie d'alliage d'aluminium (cuvette C et pièce tronconique D) et en partie de tôle d'acier (manchon cylindrique E).

L'ampoule F est enfermée dans un verre cylindrique avec fond G, protégé lui-même par 4 montants verticaux H.

La lampe est pourvue d'un chapeau I et d'un crochet de suspension J.

L'alimentation en air comprimé se fait par un tuyau de caoutchouc. Celui-ci s'adapte par une pièce de raccord conique à un ajutage spécial monté sur la cana-

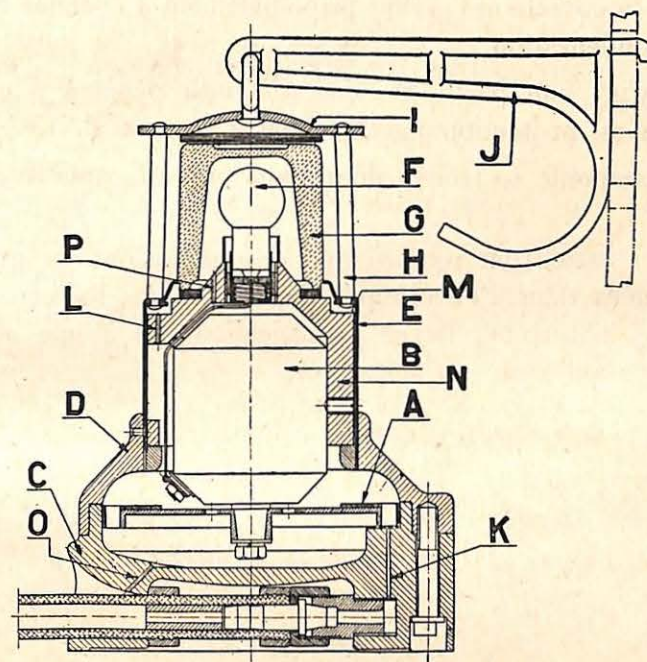


Fig. 49. — Lampe électropneumatique des Charbonnages de Winterslag.

lisation d'air comprimé et comportant une soupape automatique. Celle-ci s'ouvre d'elle-même au moment où on opère le raccord et se referme dès qu'on enlève le tuyau de caoutchouc.

L'air comprimé est dirigé sur l'aubage par le conduit K. L'air détendu s'échappe à l'extérieur par 24 canaux L (longueur, 12 mm.; diamètre, 1,5 mm.) et par

le joint circulaire M (jeu diamétral, 0,5 mm.) subsistant entre la paroi intérieure du manchon de tôle et la cage N servant de support de l'alternateur.

Il existe en outre un canal supplémentaire O de 12 mm. de long et de 1,5 mm. de diamètre pratiqué dans la cuvette et servant principalement à évacuer l'eau de condensation.

Enfin, une partie de l'air détendu pénètre dans le verre de protection par les quatre canaux P.

L'ampoule se trouve donc dans une atmosphère d'air pur.

Des essais ont montré que des explosions de grisou allumées dans l'enveloppe, dépourvue de l'alternateur et de la turbine, ne se propageaient pas à une atmosphère ambiante inflammable.

CHAPITRE VI

Appareils de signalisation

Depuis 1930, l'*Institut National des Mines* a proposé à l'agrément ministérielle de nombreux appareils (interrupteurs, commutateurs, sonneries, tableaux lumineux) destinés à la réalisation d'installations de signalisation dans les puits et galeries des mines grisouteuses.

Ces installations présentent comme particularité celle de mettre en œuvre des courants d'intensité relativement faible (quelques ampères).

Les organes de rupture et de commutation fonctionnent donc généralement dans l'air (c'est-à-dire sans bain d'huile) et dans des enveloppes de capacité inférieure à trois litres.

Les joints, traversées d'axes, boutons-poussoirs sont donc réalisés avec les dimensions minima permises par les règles indiquées au début de cette note.

Ont été agréés également des appareils de transmission de signaux par hauts-parleurs (2 types) ainsi que des téléphones (10 types).

Les écouteurs et microphones des postes téléphoniques possèdent une membrane vibrante par laquelle les électros sont séparés de l'atmosphère ambiante.

Cette membrane, étant généralement fort mince, doit être protégée contre les chocs extérieurs par un organe

qui permette la transmission du son. Cet organe est généralement une toile métallique en métal inoxydable dont le maillage correspond à celui prescrit pour les lampes de sûreté à flamme, soit 144 mailles par cm².

Vu la faible capacité du boîtier renfermant soit l'écouteur, soit le microphone, cette toile suffit pour empêcher la traversée d'une flamme pour le cas où la membrane vibrante viendrait à être percée par suite de corrosion ou de toute autre cause.

Parmi les postes téléphoniques agréés, citons comme particulièrement original celui avec laryngaphone de la Société Le Las, de Paris.

Ce poste est destiné aux équipes de sauvetage.

Le microphone, appelé ici laryngaphone, possède une membrane bombée que le sauveteur s'applique sur la gorge. La conversation, qui ne pourrait être entendue même à faible distance à cause du masque, est donc transmise électriquement à grande distance par les vibrations du larynx agissant directement sur la membrane de l'appareil.

Dans cet appareil, la membrane n'est donc pas et ne pourrait d'ailleurs être protégée par une toile métallique.

Recherches spéciales sur les appareils de signalisation.

A la demande des Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi, nous avons procédé à des essais d'inflammation du grisou par les étincelles de rupture de circuits de signalisation.

Ces essais furent réalisés pour satisfaire à une condition imposée par une mine française, à savoir que la rupture d'un câble se trouvant en milieu grisouteux ne puisse entraîner d'inflammation, tous les appareils d'alimenta-

tion et de signalisation étant eux, de leur côté, protégés par des enveloppes ou coffrets antigrisouteux.

Le constructeur avait mis à notre disposition tout le matériel nécessaire pour la réalisation des essais et c'est d'après ses directives que nous avons exécuté les différentes combinaisons ou schémas de montage, ceux-ci étant conformes, du moins quant aux principes, aux installations de signalisation en projet.

La source d'énergie était un transformateur fonctionnant soit en réducteur, soit en releveur de tension.

Dans le premier cas, le transformateur alimenté par le réseau alternatif abaissait la tension de 220 à 26 ou 27 volts.

Dans le second cas, le transformateur était alimenté du côté basse tension par un circuit comportant une batterie d'accumulateurs et un vibreur.

Le vibreur est représenté schématiquement à la figure 50; ses parties essentielles sont un électro-aimant E, une lame élastique L et une pointe de contact C.

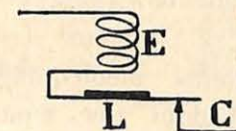


Fig. 50. — Vibreur.

Quand on alimente l'électro en courant continu par la batterie d'accumulateurs, la lame est attirée et abandonne le contact. Le courant d'alimentation étant alors coupé, la lame revient par son élasticité à sa position primitive et rétablit le circuit.

Les intermittences de débit produites par le vibreur dans le circuit basse tension du transformateur font apparaître dans le circuit haute tension un courant alternatif servant pour la transmission des signaux.

Les appareils de signalisation étaient :

- 1) des sonneries à courant alternatif à noyau polarisé portant deux bobines de 600 spires;
- 2) des clapets constitués comme indiqué schématiquement à la figure 51.

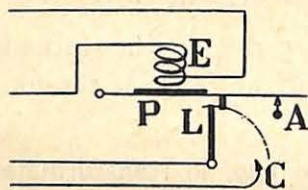


Fig. 51. — Clapet.

Lorsque l'électro-aimant E est parcouru par un courant alternatif, la plaque P se met à vibrer; en même temps, la plaque mobile L retombe par son propre poids sur le contact C et ferme un circuit de sonnerie non représenté au schéma. L'arrêt A limite la course de la plaque P;

3) des hauts-parleurs électromagnétiques du type courant, comportant donc une membrane vibrante et un électro-aimant polarisé.

Pour vérifier si les étincelles accompagnant la rupture du circuit étaient aptes ou non à enflammer le grisou, nous avons utilisé d'abord un rupteur mécanique composé essentiellement d'une lame élastique fixe L et d'une pièce coudée C actionnée par un moteur électrique (voir fig. 52).

La lampe est accrochée au passage par la pièce coudée, ce qui donne successivement des fermetures et des ouvertures rapides du circuit.

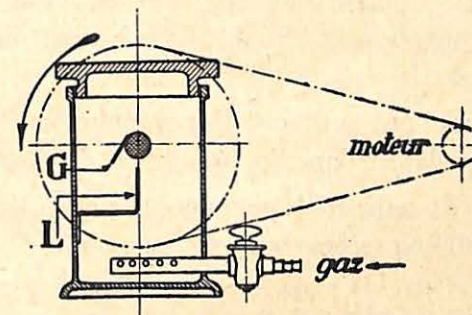


Fig. 52. — Rupteur mécanique.

Le tout est disposé à l'intérieur d'une enveloppe métallique dans laquelle afflue le mélange grisouteux.

Pour augmenter les chances d'inflammation, nous avons fait varier continuellement la vitesse du rupteur. Le nombre de ruptures oscillait entre 1 et 4 par seconde.

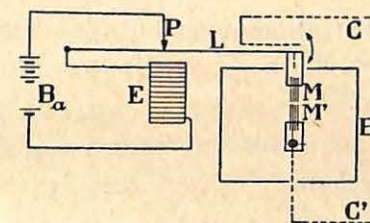


Fig. 53. — Rupteur électromagnétique.

Nous avons utilisé également un autre rupteur, que nous appellerons rupteur électromagnétique.

Il est représenté à la figure 53.

La rupture du circuit se faisait encore dans une boîte B₀ renfermant le mélange inflammable, non plus

entre deux lames élastiques, mais entre deux mèches M et M' de fins fils de cuivre analogues à ceux constituant l'âme conductrice des câbles souples.

La mèche M' était fixe, l'autre, M, était mobile et portée par un support isolant fixé à l'extrémité d'une lame élastique L.

Cette lame était animée d'un mouvement vibratoire tel qu'il est réalisé dans les sonneries d'appartement.

L'électro E, alimenté par une batterie Ba, attire la lame L. Celle-ci, s'écartant de la pointe P, coupe le circuit.

N'étant plus attirée, la lame revient à sa position première, rétablit le circuit pour être attirée à nouveau et ainsi de suite.

Deux conducteurs C et C' amenaient le courant à couper aux deux mèches M et M'.

Ce rupteur donnait 460 coupures du circuit par minute.

Nous avons réalisé cet appareil dans le but de reproduire exactement le mouvement de deux tronçons de câble s'écartant de part et d'autre d'une section de rupture.

En réalité, les deux rupteurs nous ont donné des résultats concordants.

Les appareils d'alimentation et de signalisation ont été utilisés pour la réalisation des différents schémas de montage indiqués ci-après :

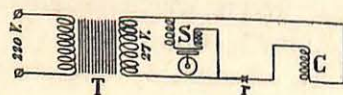


Fig. 54. — Montage I.

Ce montage comporte un transformateur T (220/27 volts), une sonnerie S, un clapet C et le rupteur mécanique r.

On a utilisé successivement 3 clapets dont le bobinage présentait respectivement les caractéristiques suivantes :

3.200 spires	101 ohms
4.500 spires	235 ohms
7.500 spires	470 ohms

Les essais ont été réalisés avec la plaque P du clapet libre, puis avec cette plaque immobilisée soit contre le noyau, soit contre l'arrêt A, enfin avec la plaque immobilisée à l'écartement maximum du noyau, l'arrêt A étant enlevé.

Pour les essais avec clapets immobilisés, nous avons mesuré l'intensité du courant coupé et la tension au point de rupture (à courant ouvert) à l'aide d'un milliampèremètre et d'un millivoltmètre.

Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau III.

Donc, seul le clapet à 3.200 spires a donné l'inflammation, et cela dans des conditions anormales de fonctionnement, puisque l'arrêt A était enlevé.

On remarquera cependant, avec intérêt, la faible intensité du courant qui a donné l'inflammation : 91 milliampères (27 volts), ce qui est dû à la grande self mise en jeu.

TABLEAU III

Conditions de fonctionnement	Nombre de spires de spires au clapet	Intensité du courant coupé en milliamp.	Teneur en méthane	Constatations
Plaque P libre	3200	—	9,75	Pas inflammation.
Idem	Idem	—	9,00	Idem.
Plaque P immobilisée contre le noyau	Idem	44,5	9,00	Idem.
Idem	Idem	Idem	9,50	Idem.
Plaque P immobilisée contre l'arrêt A	Idem	70	9,25	Idem.
Plaque P écartée au maximum du noyau, arrêt A enlevé ..	Idem	91	9,00	Inflammation.
Plaque P libre	4500	—	9,50	Pas inflammation.
Idem	Idem	—	9,50	Idem.
Plaque P immobilisée contre le noyau	Idem	19,5	9,50	Idem.
Plaque P écartée au maximum du noyau, arrêt A enlevé ..	Idem	42,0	9,50	Idem.
Plaque P libre	7500	—	9,75	Idem.
Plaque P écartée au maximum du noyau, arrêt A enlevé ..	Idem	15,0	9,25	Idem.

Montage II

Le montage II est représenté à la figure 55.

Sur le secondaire du transfo réducteur sont connectées quatre dérivation. L'une d'entre elles est constituée par une sonnerie pourvue de 2 bobines de 600 spires et une résistance R' de 250 ohms. Les trois autres dérivation comportent chacune un clapet (C_1 , C_2 , C_3) de 1.600 spires et 50 ohms et une résistance R variable.

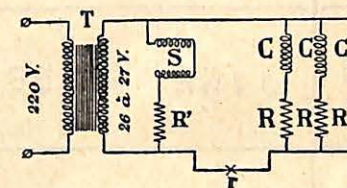


Fig. 55. — Montage II.

On a recherché la valeur minimum de la résistance R pour laquelle l'étincelle de rupture n'enflammait plus le grisou.

Le rupteur mécanique était placé en r .

Dans les clapets, la plaque était libre (clapet libre) ou immobilisée contre l'arrêt (clapet immobilisé).

En réalisant ce second montage, nous avons voulu rechercher si la rupture du fil commun de retour de l'installation donnait des étincelles dangereuses vis-à-vis du grisou, dans le cas extraordinaire où plusieurs clapets seraient en action simultanément.

Les constatations faites au cours des essais sont indiquées dans le tableau IV.

TABLEAU IV

Conditions de fonctionnement	Résistance R en ohms	Intensité du courant coupé en milliamp.	Teneur en méthane	Constatations
3 clapets libres	0	—	9,75	Pas inflammation.
	71	—	9,75	Idem.
	100	272	9,75	Idem.
	194	283	8,75	Idem.
2 clapets libres	0	—	9,75	Inflammation.
1 clapet immobilisé	71	370	Idem	Pas inflammation.
	100	330	Idem	Idem.
1 clapet libre	71	425	9,75	Inflammation.
2 clapets immobilisés	100	373	Idem	Pas inflammation.
	194	—	8,60	Idem.
3 clapets immobilisés	71	480	9,75	Inflammation.
	194	258	8,60	Idem.
	194	258	9,25	Pas inflammation.
	250	—	9,25	Idem.

Il n'y a donc pas eu inflammation lorsque les trois clapets étaient libres. Le risque d'inflammation augmente avec le nombre de clapets immobilisés.

Dans le cas de trois clapets immobilisés, il n'y a plus inflammation dès que la résistance dépasse 194 ohms.

Montage III

Ce montage est analogue au montage II sauf qu'il y a cinq clapets en dérivation au lieu de trois.

Les résultats obtenus avec le rupteur mécanique sont indiqués au tableau V.

D'une façon générale, il n'y a pas d'inflammation dès que la résistance en série avec chaque clapet dépasse 225 ohms.

Montage IV

Ce montage répond à la figure 56.

Il comporte un transfo réducteur (220/27 volts) et 3 dérivations connectées au secondaire et constituées chacune par un clapet de 1.600 spires-50 ohms et une résistance non inductive de 250 spires.

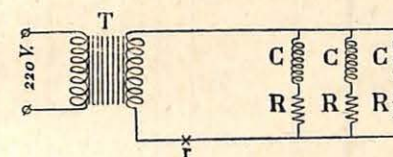


Fig. 56. — Montage IV.

On remarquera que ce montage est identique au montage II dont on aurait supprimé la sonnerie.

La tension au point de rupture *r* était de l'ordre de 26 volts (à circuit ouvert).

TABLEAU V

Conditions de fonctionnement	Résistance R en ohms	Intensité du courant au point de coupure en milliamp.	Teneur en méthane	Constatations
5 clapets libres	150	376	8,6	Inflammation.
	194	345	8,6	Idem.
	225	330	8,6	Pas inflammation.
	225	330	9,5	Idem.
4 clapets libres	194	371	8,6	Inflammation.
1 clapet immobilisé				
3 clapets libres	194	397	8,6	Inflammation.
2 clapets immobilisés				
2 clapets libres	194	423	8,6	Inflammation.
3 clapets immobilisés	225	397	8,6	Pas inflammation.
5 clapets immobilisés	150	565	9,5	Inflammation.
	194	475	8,6	Idem.
	194	Idem	9,5	Idem.
	225	442	8,6	Pas inflammation.
	225	Idem	9,5	Idem.

Nous avons également mesuré l'intensité du courant capté dans le cas de clapets immobilisés.

Les essais ont été réalisés d'abord avec le rupteur mécanique, puis avec le rupteur électromagnétique.

Les constatations faites au cours des essais sont indiquées dans le tableau VI.

TABLEAU VI

Conditions de fonctionnement	Intensité du courant coupé en milliamp.	Teneur en méthane	Constatations
(Rupteur mécanique)			
Clapets libres	—	9,00 %	Pas inflammation.
Clapets immobilisés (plaque contre le noyau)	211	Idem	Idem.
Clapets immobilisés (plaque contre le noyau) mais les résistances de 250 ohms sont retirées	525	10,25 %	Inflammation.
(Rupteur électromagnétique)			
Clapets libres	—	8,5 %	Pas inflammation.
Idem		9,25 %	Idem.
Clapets immobilisés (plaque contre le noyau)	211	9,25 %	Idem.
Clapets immobilisés (clapet contre l'arrêt)	238	9,00 %	Idem.

Montage V

Il répond à la figure 57.

Le vibreur V produit des intermittences du débit de la batterie B (18 volts) dans le circuit primaire du transformateur T, analogue à celui utilisé dans les

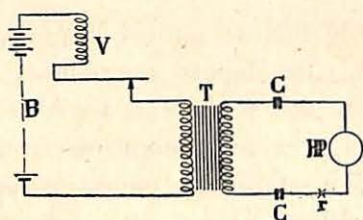


Fig. 57. — Montage V.

montages précédents, sauf qu'il fonctionne ici en releveur de tension (l'enroulement connecté au réseau dans les montages précédents fournit donc maintenant le courant aux appareils de signalisation).

Le secondaire du transformateur est raccordé par l'intermédiaire de 2 condensateurs C de 2 microfarads à un haut-parleur électromagnétique HP.

Ce sont les étincelles accompagnant la rupture de ce second circuit que nous avons fait jaillir en milieu grisouteux à l'aide du rupteur mécanique *r*.

Ces étincelles n'ont pas enflammé un mélange grisouteux à 9,75 % de méthane.

Il en est de même lorsqu'on court-circuite les 2 condensateurs.

L'intensité du courant coupé est de 5,8 milliampères dans les deux cas.

Montage VI

Ce montage répond à la figure 58.

Trois hauts-parleurs HP sont connectés en dérivation sur l'enroulement haute tension d'un transformateur T dont l'enroulement basse tension est alimenté en débit intermittent par une batterie B (12 volts) et un vibreur V. La rupture est réalisée en *r* par le rupteur électromagnétique.

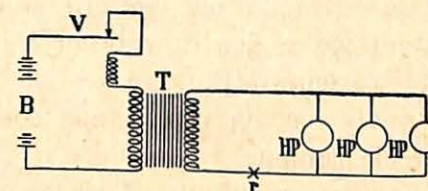


Fig. 58. — Montage VI.

La tension au point de rupture lorsque le circuit est ouvert est de l'ordre de 78 volts.

Nous avons obtenu l'inflammation du mélange à 9 % de méthane, qu'il y ait trois, deux ou même un seul haut-parleur dans le circuit.

L'intensité du courant coupé pour ces trois cas était respectivement de 12, 8 et 4 milliampères.

Montage VII

Le montage VII représenté à la figure 59 est une combinaison des montages IV et VI.

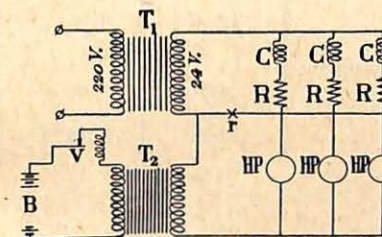


Fig. 59. — Montage VII.

Le transformateur T_1 réduit à 26 volts la tension du réseau (220 volts). Ce transformateur alimente 3 clapets C de 1.600 spires et 50 ohms, connectés en série aux 3 résistances R de 250 ohms.

Le transformateur T_2 , fonctionnant en releveur de

tension, reçoit le courant d'une batterie B (10 volts), rendu intermittent par le jeu du vibreur V. Ce circuit alimente 3 hauts-parleurs HP.

Les deux circuits ont un conducteur commun dans lequel est inséré le rupteur.

La tension au point de rupture *r* à circuit ouvert était de 26 volts.

Les résultats obtenus avec le rupteur électromagnétique sont indiqués dans le tableau VII.

TABLEAU VII

Conditions de l'essai	Intensité du courant coupé en milliamp.	Teneur en méthane	Constatations
Clapets libres	—	9,25 %	Pas inflammation.
Idem	—	10,25 %	Idem.
Clapets immobilisés (plaque contre le noyau)	210	9,25 %	Idem.
Idem	Idem	10,25 %	Idem.
Clapets immobilisés (plaque contre l'arrêt)	237	9,25 %	Idem.
Idem	Idem	10,25 %	Idem.

CHAPITRE VII

Les explodeurs (1)

A première vue, on pourrait s'étonner de voir mentionner ici ces machines de faible puissance, à fonctionnement intermittent, à usage restreint et tout à fait spécial.

Cependant, il est indispensable, dans les mines grisouteuses, d'avoir des types d'explodeurs antigrisouteux.

En effet, la grande majorité de ces engins comportent une petite génératrice, dynamo ou magnéto électrique, actionnée à la main par manivelle, crémaillère ou ressort.

Le fonctionnement du dispositif crée, à l'intérieur, diverses étincelles susceptibles d'enflammer un mélange grisouteux.

L'enveloppe de l'explodeur doit donc empêcher toute possibilité de propagation de flamme de l'intérieur vers l'extérieur.

(1) Pour ceux de nos lecteurs que la chose peut intéresser plus spécialement, rappelons que l'Institut National des Mines a procédé à des recherches montrant l'aptitude à enflammer le grisou, d'étincelles électriques mettant en jeu des énergies relativement faibles.

Ces recherches ont été relatées dans différents rapports annuels, notamment celui de l'exercice 1937; nous rappelons ci-après les constatations essentielles relatives à cette question.

Les circuits avec self sont naturellement plus dangereux que les circuits non inductifs :

a) Une sonnerie d'appartement alimentée par deux éléments d'accumulateurs au plomb (tension 4 volts), intensité 0,90 am-

Cette condition a fait rejeter la caisse de bois qui était d'emploi général; si une enveloppe de bois peut présenter, à l'état neuf, grâce à une construction soignée, les caractères d'étanchéité voulue, elle ne peut les conserver dans les conditions d'usage des exploseurs comportant de grandes variations de sécheresse, d'humidité, de température et des risques fréquents de chocs ou manipulation brutale.

Depuis la circulaire du 8 mai 1937, les exploseurs pour mines grisouteuses doivent avoir une enveloppe métallique, satisfaire aux règles de construction des appareils électriques antigrisouteux et être agréés après examen à l'*Institut des Mines* (art. 248 des prescriptions spéciales sur l'électricité dans les travaux des mines).

Bien entendu, les règles de construction admises tiennent compte de ce que les exploseurs sont des appareils de petit volume, de capacité généralement inférieure à trois litres.

La solution la plus courante consiste à réaliser l'appareil comme suit : une cuvette sert à contenir l'ensemble du mécanisme; elle s'assemble à son couvercle par un joint à emboîtement; au couvercle est fixé : vers l'intérieur, tout le mécanisme qui se soulève avec lui;

père) donne des étincelles de rupture enflammant des mélanges d'air et de grisou.

b) Les étincelles de rupture d'un circuit non inductif (sans self) jaillissant entre des pointes de cuivre enflamment un mélange air + grisou à 7 p.c. de méthane lorsque l'intensité et la tension à circuit ouvert sont respectivement de 0,91 ampère et 60 volts.

Lorsque les électrodes sont en zinc on obtient encore l'inflammation du mélange pour 0,39 ampère et 45 volts.

L'énergie électrique mise en jeu dans ces expériences est évidemment très faible à cause de la durée réduite des arcs.

Voir aussi les études parues sur les exploseurs (*Annales des Mines de Belgique*, 1935, pp. 65 à 148, 1936, pp. 95 et suivantes).

vers l'extérieur, l'ajutage ou douille recevant l'axe de commande et, d'autre part les bornes isolées du couvercle qu'elles traversent (voir fig. 60).

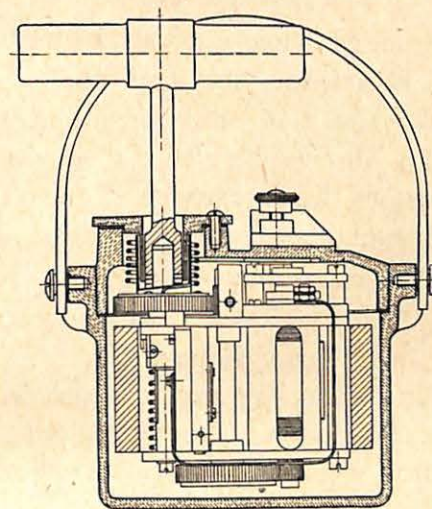


Fig. 60. — Exploseur Flébus (construction belge).

Les règles de construction sont les suivantes :

1°) le boîtier sera entièrement métallique, soit en tôle emboutie, soit en métal coulé;

2°) l'assemblage du couvercle sera réalisé d'après l'un des procédés suivants :

a) pour les enveloppes en métal coulé, joint plat dressé de 10 mm. au moins de largeur ou emboîtement de 10 mm. de développement total;

b) pour les enveloppes en tôle emboutie, double emboîtement de 10 mm. au moins de hauteur;

3°) les traversées d'axes se feront sans jeu dans des douilles de 10 mm. au moins de longueur;

4°) les vis d'assemblage (assemblage du couvercle, fixation du mécanisme, des poignées ou lanières de transport) pénétreront dans des trous borgnes ou du moins ne débouchant pas à l'intérieur du boîtier.

Nous donnerons plus loin quelques réalisations qui ont été examinées et agréées par l'*Institut*.

On demande aussi une autre condition aux réalisations électriques des exploseurs : c'est de ne débiter le courant dans la ligne extérieure que pendant une durée ne dépassant pas 50 millisecondes.

Cette prescription est réalisée par des dispositifs mécaniques limitant la durée de passage du courant.

Elle a pour but d'éviter la possibilité d'inflammations de mélanges grisouteux par contacts postérieurs : lors de l'explosion d'une mine, les deux fils du détonateur sont écartés l'un de l'autre, ils peuvent se rejoindre ensuite et donner lieu à une étincelle au moment de la jonction, si l'exploseur débite encore du courant.

Cette étincelle à l'air libre pourrait enflammer un mélange combustible éventuel.

Des expériences délicates faites par M. Taffanel et ses adjoints ont montré que l'instant de la jonction ne peut se produire avant 30 à 50 millisecondes.

A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous description résumée de quelques types d'exploseurs agréés.

Description de quelques exploseurs agréés

1. Exploseur Schaffler de Vienne, type B.D.K.S.-25.

L'appareil comporte une génératrice à courant continu à excitation compound, pourvue d'un collecteur à huit lames (voir fig. 61).

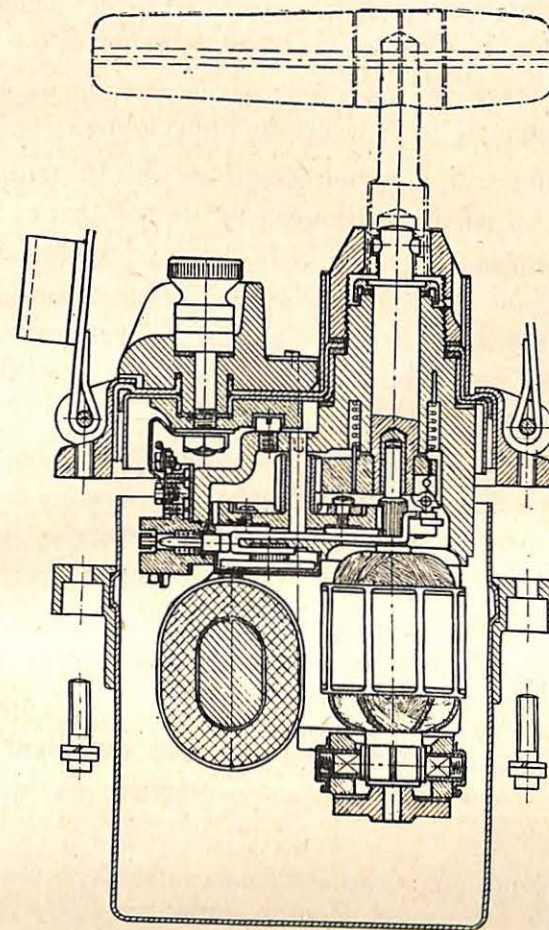


Fig. 61. — Exploseur type B.D.K.S. 25 de la firme Schaffler, Vienne.

Cette génératrice est actionnée à la main par une poignée amovible. Tout le mécanisme est protégé par un boîtier de section elliptique en tôle de laiton nickelée de 1,2 mm. d'épaisseur, comportant une cuvette et un couvercle.

Le couvercle est constitué par deux tôles embouties, entre lesquelles s'engage le bord de la cuvette.

L'assemblage se fait donc par emboîtement double, ce qui augmente la rigidité de l'enveloppe.

La hauteur de l'emboîtement est de 10 mm. et le jeu entre les parties emboîtées est de 0,1 mm.

Le mécanisme est fixé au couvercle par une douille filetée venant de fonderie avec le châssis portant les organes intérieurs et qui s'engage à frottement doux sur 10 mm. au moins de hauteur dans une tubulure soudée au couvercle.

Le dispositif de fixation est complété par un écrou qui se visse sur la douille filetée, qui sert en outre de guide à l'axe de manœuvre. Cette traversée de l'axe est réalisée sans jeu sur 40 mm. de longueur.

La capacité de la cuvette est de 460 cm^3 ; le vide y subsistant lorsque le mécanisme est en place est de 190 cm^3 .

L'étanchéité de l'enveloppe de cet explodeur vis-à-vis des flammes de grisou a été vérifiée par les essais suivants :

1°) cinq inflammations intérieures dans le boîtier dont le couvercle est correctement assemblé sur la cuvette;

2°) huit inflammations intérieures alors que la hauteur d'emboîtement de la cuvette et du couvercle est réduite à 5 mm.;

3°) dix inflammations alors que les deux parties du boîtier ne sont assemblées que de 3,5 mm.

Dans aucun cas, il n'y a eu propagation de l'explosion à l'atmosphère ambiante également inflammable.

2. Explodeur Schaffler de Vienne, type A.B.F.V.S.

Cet explodeur est représenté à la figure 62; il comporte, comme le type B. D. K. S.-25 décrit ci-avant,

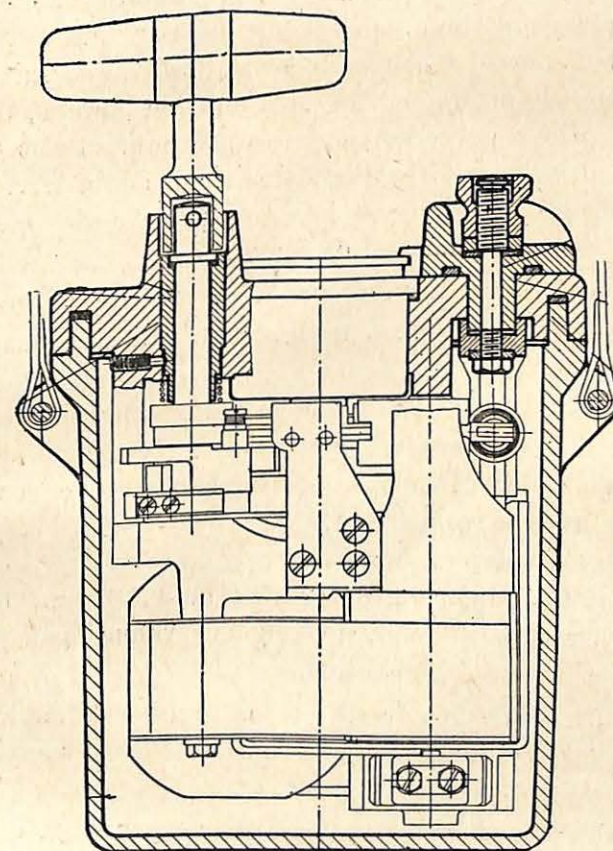


Fig. 62. — Explodeur type A.B.F.V.S. de la firme Schaffler, Vienne.

une génératrice à courant continu, mais celle-ci est actionnée par un ressort.

L'appareil est donc pourvu de deux axes de com-

mande : un pour bander le ressort et l'autre pour le déclencher. La manœuvre se fait à l'aide d'une poignée amovible que l'on place successivement sur les deux axes.

Les organes sont protégés par un boîtier en métal coulé (alliage d'aluminium) constitué par une cuvette et un couvercle. Le couvercle est creusé d'une rainure de 10 mm. de profondeur et de 5 mm. de largeur, dans laquelle pénètre avec un jeu de 0,15 mm. et sur une hauteur de 9,5 mm. le bord supérieur de la cuvette. L'assemblage se fait donc par un double emboîtement combiné avec un joint plat de 5 mm.

Le couvercle est traversé par les pièces suivantes :

a) axes de mises sous tension et de déclenchement du ressort.

Ces axes tournent sans jeu dans des douilles en bronze de 40 mm. de longueur, pénétrant à frottement doux dans des traversées de 25 mm. de longueur venues de fonderie avec le couvercle;

b) barillet renfermant le ressort.

Ce barillet pénètre avec un jeu de 0,15 mm. dans une traversée de 15 mm. de longueur venue également de fonderie avec le couvercle.

La capacité de la cuvette est de 1.100 cm³ environ; le vide y subsistant lorsque le mécanisme est en place est de 570 cm³.

L'étanchéité du boîtier a été vérifiée par vingt essais en atmosphère grisouteuse. Pour dix d'entre eux, le boîtier était correctement monté; pour les dix autres, la cuvette n'était emboîtée que de 5 mm. Il n'y a pas eu traversée de l'explosion.

Ces essais permettent de se rendre compte du coefficient de sécurité de l'assemblage correct.

Les exploseurs à ressort préalablement bandé assu-

rent un lancer du rotor indépendant de l'habileté du boute-feu. Ils réalisent donc un fonctionnement plus constant et sont à recommander spécialement pour les tirs à mines multiples.

3. ExplosEUR Brün de Krefeld, type Z.E.B./A 50.

Cet explosEUR, représenté à la figure 63, comporte, comme les deux précédents, une génératrice à courant continu à excitation compound dont l'induit est mis en mouvement par un système de crémaillère et roues dentées.

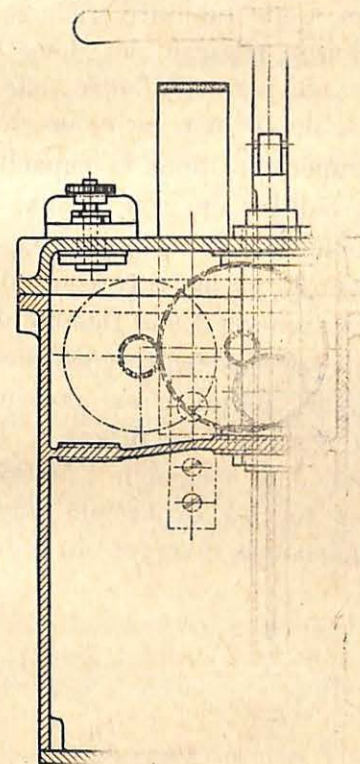


Fig. 63. — ExplosEUR de la firme Ernst Brün-Krefeld, type Z.E.B./A. 50.

La commande de la crémaillère se fait par une poignée amovible.

Les organes sont protégés par une enveloppe de section rectangulaire en métal coulé (alliage d'aluminium) et partagée en deux compartiments par une cloison horizontale. Le compartiment inférieur ne sert qu'à protéger la crémaillère.

Le couvercle est assemblée suivant un joint dressé de 16 mm. de largeur.

La crémaillère est guidée par une tubulure dans laquelle elle passe avec un jeu extrêmement réduit : 0,5 mm. au maximum. Cette tubulure traverse à la fois le couvercle et la cloison séparant les deux compartiments de l'enveloppe; de part et d'autre, elle s'assemble par un joint dressé de 10 mm. au moins de largeur.

Le compartiment supérieur, dont la capacité, mécanisme enlevé, est de 3 litres environ, a subi 10 essais en atmosphère grisouteuse. Ceux-ci ont montré que l'assemblage du couvercle et les traversées de la crémaillère sont étanches vis-à-vis d'une flamme de grisou.

Nous avons décrit ci-dessus trois types d'exploseurs les plus caractéristiques parmi ceux présentés pour agrégation à l'*Institut National des Mines*.

Depuis l'année 1933, date à laquelle l'*Institut* a commencé ses recherches sur les exploseurs, vingt-quatre de ces appareils de puissances diverses ont reçu l'agrégation ministérielle.

Annexe

Expériences sur les joints pour enveloppes de petite capacité.

Dans cette annexe nous indiquerons succinctement les résultats d'essais réalisés en vue de rechercher les dispositifs garantissant l'étanchéité d'appareils électriques de petite capacité vis-à-vis d'une explosion interne de grisou.

Le terme étanchéité ne doit pas être pris au sens strict.

Un dispositif peut en effet empêcher la propagation à l'atmosphère ambiante alors même qu'il laisse passer la flamme d'une explosion s'amorçant à l'intérieur d'un appareil électrique.

Il sera donc étanche vis-à-vis de l'explosion, si par suite des effets conjugués des refroidissements par détente et par contact, les gaz chauds sont amenés à une température assez basse pour que, grâce au phénomène du retard à l'inflammation, le mélange grisouteux ambiant ne soit pas allumé.

Etanchéité des assemblages par joint dressé et par emboîtement pour une enveloppe de 3 litres environ

Cette recherche a été relatée dans le Rapport annuel de l'*Institut National des Mines* sur les travaux de 1934 (voir pages 72 à 78 du Tome XXXVI des *Annales des Mines de Belgique*, 1935).

L'enveloppe consistait en un cylindre en bronze (A) — voir figure 64 — de 120 mm. de diamètre et de 255 mm. de longueur. Ce cylindre, pourvu d'un seul fond, était fermé par un couvercle amovible (B) dont l'assemblage constituait le joint à expérimenter.

L'appareil était placé à l'intérieur d'une cuve métallique (C) pourvue d'une glace, dans laquelle deux tuyaux perforés — non

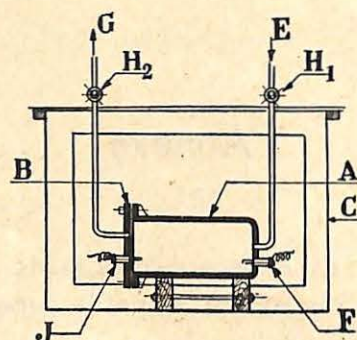


Fig. 64. — Appareil d'essai des assemblages.

représentés au croquis — amenaient un mélange inflammable d'air et de méthane. Une partie de ce mélange était envoyée dans le cylindre par un tuyau (E). Le mélange s'échappait du cylindre en partie par le joint d'assemblage, en partie par le tuyau (G).

Après avoir fermé les robinet H_1 et H_2 , on provoquait l'inflammation dans le cylindre, soit près du point d'assemblage par la bougie J placée sur le couvercle, soit près du fond du cylindre par la bougie F.

Pour chaque joint expérimenté, nous avons recherché jusqu'à quel point on devait écarter le couvercle pour qu'il y ait propagation de l'inflammation à l'atmosphère ambiante. Ce procédé nous donnait donc la marge de sécurité affectant chaque assemblage.

Nous résumons ci-après et d'une façon succincte les constatations faites au cours de nos expériences.

Arrêtent la flamme de grisou, quelle que soit la position du point d'allumage :

- 1° Un joint plat de 4 mm. de largeur, présentant un jeu de 1 mm. entre les surfaces dressées (voir fig. 65).
- 2° Un emboîtement double de 1 mm. de hauteur avec un jeu de 0,2 mm entre les parties emboîtées (voir fig. 66).
- 3° Un emboîtement simple de 1 mm de hauteur, avec un jeu de 0,5 mm entre les surfaces emboîtées (voir fig. 67).

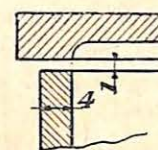


Fig. 65.
Joint plat.

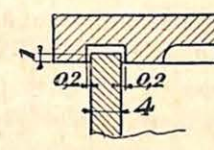


Fig. 66.

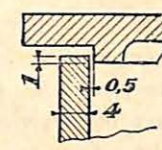


Fig. 67.

Emboîtement double. Emboîtement simple.

Ces constatations nous ont amenés à ne plus exiger pour les enveloppes de 3 litres et moins que 10 mm pour la largeur des joints dressés et 5 mm pour la hauteur des emboîtements.

Étanchéité des traversées d'arbres

Cette recherche a été faite également sur une enveloppe d'une capacité de 3 litres environ (voir fig. 68).

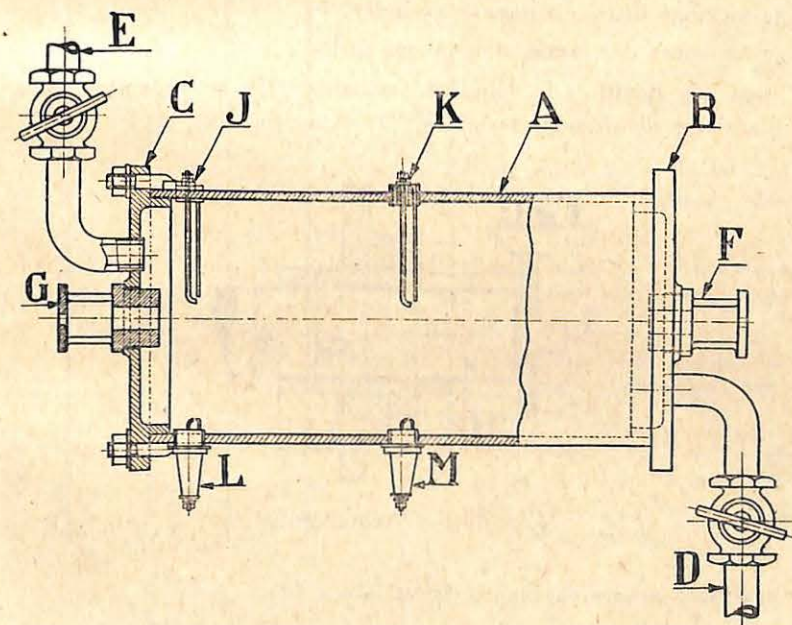


Fig. 68. — Appareil d'essai des traversées.

Cette enveloppe se compose d'un cylindre A de 260 mm de longueur et 126 mm de diamètre, fermé par les fonds B et C sur lesquels sont placés des tuyaux avec robinets D et E pour l'entrée et la sortie du mélange grisouteux.

Dans les fonds de l'enveloppe, se trouvent également fixées par filetage, des douilles F et G livrant passage à un arbre H centré à chaque bout par un tourillon I (voir plan de détail fig. 68).

Des bougies J, K, L et M permettaient d'allumer par étincelle électrique le mélange intérieur à l'un des endroits désignés ci-après :

- a) près de l'arbre à proximité d'un fond;
- b) près de l'arbre dans le plan médian de l'enveloppe;
- c) près de la paroi latérale à proximité d'un fond;
- d) près de la paroi latérale dans le plan médian de l'enveloppe.

Le cylindre se trouvait évidemment dans une cuve au sein d'une atmosphère grisouteuse ayant la même teneur en méthane que le mélange introduit dans le cylindre.

Au cours des essais, nous avons utilisé :

- a) des douilles de longueur variable (L) et présentant des diamètres de passage variables (D) (voir fig. 69).

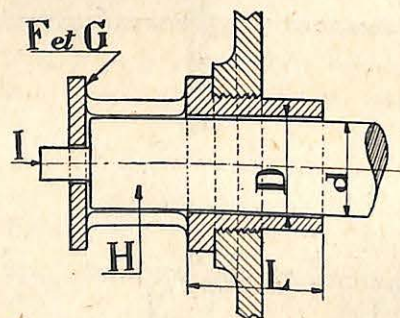


Fig. 69. — Arbre centré.

- b) des arbres de diamètres variables (d).

Les constatations faites au cours des essais sont indiquées dans le tableau VIII.

TABEAU VIII

Série d'essais	Douilles		Arbre d en mm	Jeu autour de l'arbre en mm. $\frac{(D-d)}{2}$	Constatations
	L en mm	D en mm			
a	25	12	10	1	Six essais pour chacun des 4 points d'allumage, sans propagation.
b	25	14	10	2	Trois essais pour chacun des 4 points d'allumage, sans propagation.
c	25	14	14	1	Cinq essais pour chacun des 4 points d'allumage, sans propagation.
d	25	18	14	2	Cinq essais pour chacun des 4 points d'allumage, sans propagation.
e	25	20	18	1	Idem.
f	25	27	25	1	Six essais pour chacun des 4 points d'allumage, sans propagation.
g	25	32	30	1	Huit essais pour chacun des 4 points d'allumage, sans propagation.
h	20	32	30	1	Quatre essais pour chacun des 4 points d'allumage, sans propagation.
i	15	32	30	1	Trois essais pour chacun des 4 points d'allumage, sans propagation.
j	15	33	30	1,5	Deux essais avec allumage près de l'arbre à proximité du fond; l'un des essais a donné propagation.

Ces résultats montrent qu'un fourreau de 25 mm de longueur avec un jeu diamétral ($D-d$) de 1 mm, suffit amplement pour garantir l'étanchéité à la traversée de l'arbre d'un moteur dont la capacité n'excède pas 3 litres.

Etanchéité des traversées d'axes

Pour cette recherche, nous avons utilisé l'enveloppe représentée à la figure 68, seulement l'une des douilles était remplacée par un bouchon.

L'axe traversait l'autre douille, placée dans le fond opposé, mais il n'était plus centré.

Cette position excentrée correspond à ce qui se réalise automatiquement lorsqu'un axe passe avec un certain jeu dans une traversée (voir fig. 70).

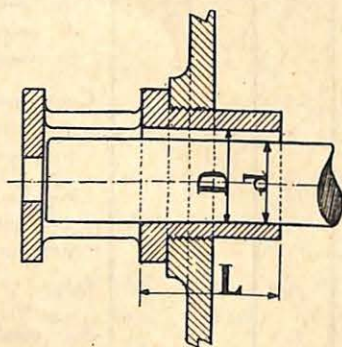


Fig. 70. — Axe excentré.

Nous avons fait varier la longueur L et le diamètre D de la traversée, ainsi que le diamètre d de l'axe.

En intervertissant le bouchon et la douille de traversée, nous avons provoqué l'allumage du mélange dans le cylindre aux endroits désignés ci-après :

- près de l'arbre à proximité de la douille de traversée.
- près de l'arbre dans le plan médian de l'enveloppe.
- près de l'arbre près du fond opposé à celui où se trouvait la douille de traversée.
- près de la paroi latérale, à proximité de la douille de traversée.
- près de la paroi latérale, dans le plan médian de l'enveloppe.
- près de la paroi latérale, et près du fond opposé à celui où se trouvait la douille de traversée.

Les résultats sont relatés dans le tableau IX.

TABEAU IX

Série d'essais	Douilles		Axe d en mm	Jeu maximum autour de l'axe $D - d$ mm	Constatations
	L en mm	D en mm			
a	15	11	10	1	Cinq essais pour chacun des 6 points d'allumage sans propagation.
b	15	15	14	1	Six essais pour chacun des 6 points d'allumage sans propagation.
c	15	19	18	1	Idem.
d	10		18	1	Quatre essais pour chacun des 6 points d'allumage sans propagation.
e	5	19	18	1	Idem.

Ces essais montrent que dans une enveloppe de 3 litres et moins une traversée d'axe de 15 mm de longueur (jeu diamétral 0,2 mm) offre une sécurité suffisante vis-à-vis d'une explosion intérieure de grisou : c'est ainsi qu'est formulée notre règle 5 : *Traversées d'axe*, figure 14.

Etanchéité des plaques perforées vis-à-vis des flammes de grisou

Nous avons utilisé pour cette recherche deux enveloppes cylindriques dont les capacités étaient respectivement de 270 et 500 cm³.

L'enveloppe de 270 cm³ est représentée à la figure 71.

Elle se compose d'un cylindre en laiton A fermé aux deux bouts par des plaques B et C dont l'une au moins est percée des perforations à étudier.

Les plaques sont assemblées par des boulons non représentés à la figure; l'étanchéité est assurée par des joints de caoutchouc D et E.

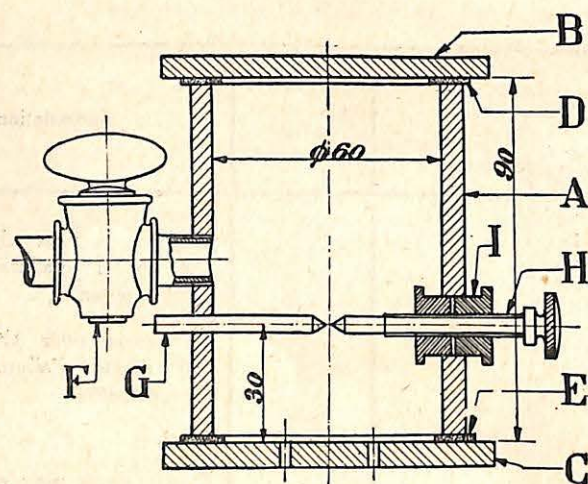


Fig. 71. — Enveloppe d'essai.

L'enveloppe est placée dans une atmosphère inflammable d'air et de grisou; elle reçoit ce mélange par une tubulure avec robinet F.

A travers la paroi latérale du cylindre pénètrent deux tiges en laiton G et H, dont la seconde est isolée par une traversée non conductrice.

Ces deux tiges sont raccordées à une bobine d'induction et c'est dans l'intervalle qui les séparent qu'éclate l'étincelle qui enflamme le mélange.

Les distances entre le point d'inflammation et les fonds de l'enveloppe sont respectivement de 30 et 60 mm.

L'enveloppe de 500 cm³ est de forme analogue, mais les diamètre et hauteur sont respectivement 80 et 100 mm.

Les distances entre le point d'inflammation et les fonds de l'enveloppe sont respectivement de 30 et 70 mm.

Ces recherches sur les plaques perforées nous ont permis d'apprécier la marge de sécurité d'enveloppes communiquant avec l'extérieur par des perforations de petit diamètre.

Ce cas est réalisé dans les lampes électropneumatiques.

Cylindre de 270 centimètres cubes

Point d'inflammation à 30 mm. de la plaque inférieure

Plaque supérieure			Plaque inférieure			Teneur en grisou en %	Nombre d'essais	Résultats
Epaisseur en mm.	Diamètre des ouvertures en mm.	Nombre d'ouvertures	Epaisseur en mm.	Diamètre des ouvertures en mm.	Nombre d'ouvertures			
PLAQUE DE BRONZE								
Pas de perforation.	10		10	1	6	8,25	4	Sans propagation.
	»		»	»	12	7,50	5	»
	»		»	2	2	8,50	5	»
	»		»	»	4	8,00	4	»
	»		»	»	8	8,75	5	»
	»		»	»	16	9,00	5	»
	»		»	»	16	9,00	5	»
	»		»	2,5	2	8,50	2	»
	»		»	»	4	8,50	5	»
PLAQUE DE BRONZE								
10	2	4	10	2	16	8,50	5	»
»	2	16	»	2,5	1	8,50	1	»
»	2	16	»	2,5	4	8,50	2	Avec propagation.
PLAQUE DE FER								
Pas de perforation.			5	1,75	6	10,75	7	Dont 4 avec propagation.
			»	1,75	12	»	5	Sans propagation.

Cylindre de 500 centimètres cubes

Point d'inflammation à 30 mm de la plaque inférieure

Plaque supérieure			Plaque inférieure			Teneur en grisou en %	Nombre d'essais	Résultats
Epaisseur en mm.	Diamètre des ouvertures en mm.	Nombre d'ouver- tures	Epaisseur en mm.	Diamètre des ouvertures en mm.	Nombre d'ouver- tures			
PLAQUE DE BRONZE								
10	2,5	1	10	2	16	8,5	1	Pas de propaga- tion.
»	»	2	»	»	»	»	2	
»	»	3	»	»	»	»	1	
»	»	4	»	»	»	»	1	
»	»	»	»	»	»	8,25	6	
»	»	»	»	»	»	9,5	3	
»	»	»	»	»	»	10,25	2	
»	»	»	»	»	»	10,50	3	
»	2,5	16	»	2,0	4	8,5	3	
»	»	»	»	»	»	9,5	2	
»	»	»	»	»	»	10,25	3	
»	»	»	»	»	»	10,5	2	

Cylindre de 500 centimètres cubes
Point d'inflammation à 30 mm. de la plaque inférieure

Plaque supérieure			Plaque inférieure			Teneur en grisou en %	Nombre d'essais	Résultats
Epaisseur en mm.	Diamètre des ouvertures en mm.	Nombre d'ouver- tures	Epaisseur en mm.	Diamètre des ouvertures en mm.	Nombre d'ouver- tures			
PLAQUE D'ACIER								
4	2	1	7	2	6	9,5	6	Pas de propaga-
»	»	»	»	»	12	8,25	2	tion.
»	»	»	»	»	»	9,50	4	»
»	»	»	»	»	»	10,50	2	»
»	»	»	20	2	2	9,75	5	»
»	»	»	»	»	8	9,50	6	»
»	»	»	»	»	12	9,25	6	»
»	»	2	7	»	12	9,50	6	»
7	»	6	4	»	1	9,50	7	»
»	»	12	»	»	1	8,25	2	»
»	»	»	»	»	»	9,50	6	»
20	»	2	4	»	1	8,5	3	»
»	»	»	»	»	»	9,75	5	»
»	»	4	»	»	1	9,25	6	»
»	»	8	»	»	1	9,50	6	»
»	»	8	7	»	6	9,25	5	»
»	»	12	4	»	1	»	6	»
»	»	»	»	»	2	9,50	6	»