

Aperçu sur les travaux de l'Organe Permanent pour la Sécurité dans les Mines de Houille

(suite) (1)

par G. LOGELAIN,
Inspecteur Général des Mines,
Membre de l'Organe Permanent.

SIXIEME PARTIE

L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE DE SECURITE VIS-A-VIS DU GRISOU POUR TENSIONS NOMINALES SUPERIEURES A 1.100 VOLTS

INTRODUCTION

Dans la résolution qu'il a adoptée le 9 décembre 1958, relativement à l'élimination de l'huile des transformateurs, condensateurs et autres appareils électriques installés au fond, l'Organe Permanent constatait qu'il n'était pas possible, au-delà de 1.100 V, de renoncer à l'emploi de disjoncteurs ou contacteurs à huile antigrisouteux dans les endroits comportant un risque de grisou, étant donné les qualités que possèdent ces appareils sous le rapport de la sécurité vis-à-vis du grisou.

En conséquence, l'Organe Permanent estimait qu'en vue de supprimer les dangers résultant de la présence d'huile, les recherches devaient être poursuivies pour la mise au point de disjoncteurs et contacteurs haute tension à faible volume d'huile ou sans huile et présentant les qualités requises pour un emploi sûr en milieu grisouteux ; à cet effet, il recommandait qu'une étude approfondie soit faite de l'accroissement de sécurité qu'il est possible d'obtenir en imposant un carter antidéflagrant pour les seuls organes normalement générateurs d'étincelles et en imposant une construction du type sécurité renforcée pour le reste du matériel.

Après étude approfondie de la question, le groupe de travail « Electricité » constate que des recherches sont poursuivies dans les divers pays de la Communauté en vue de la mise au point de disjoncteurs et contacteurs haute tension à faible volume d'huile ou sans huile et présentant les qualités requises pour un emploi sûr en milieu grisouteux.

La présente note a pour but de faire le point de l'état actuel des diverses techniques mises en œuvre à cet égard, compte tenu du caractère évolutif de certaines d'entre elles.

Elle a été adoptée par l'Organe Permanent en sa séance plénière du 14 octobre 1964.

I. RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS ELEMENTAIRES

1°) Définitions.

Un disjoncteur est un interrupteur séparant automatiquement de sa source d'alimentation un circuit récepteur affecté par divers incidents dont, en particulier, le court-circuit. C'est un organe de protection.

La serrure de manœuvre (ou commande) d'un disjoncteur est agencée de telle sorte que, lors de la fermeture, elle emmagasine une certaine énergie.

Cette énergie libérée par un verrou ou déclencheur entraîne l'ouverture brusque du disjoncteur.

Un contacteur est un interrupteur assurant la mise sous ou hors-tension d'un circuit récepteur. C'est un organe de manœuvre.

(1) La première partie de cet article a paru dans le n° 2 de février 1961, pp. 162/168. La deuxième partie a paru dans le n° 4 d'avril 1961, pp. 398/404. La troisième partie a paru dans le n° 10 d'octobre 1961, pp. 1084/1090. La quatrième partie a paru dans le n° 2 de février 1962, pp. 168/175. La cinquième partie a paru dans le n° 10 d'octobre 1964, pp. 1284/1291.

En général, la commande d'un contacteur est électromagnétique.

On peut combiner dans un même engin les fonctions de protection et de manœuvre. L'appareil est alors appelé contacteur-disjoncteur.

2°) Coupure des arcs.

L'ouverture d'un circuit parcouru par un courant amène la formation d'un arc.

Lors d'un court-circuit, l'onde de courant est généralement déphasée en arrière sur l'onde de tension.

En d'autres termes, au passage du courant à zéro, la tension est voisine du maximum.

Réaliser une coupure effective consiste à établir, entre les contacts qui se séparent, une rigidité diélectrique supérieure à la tension existant entre eux.

Deux processus conduisent à ce résultat :

a) On provoque l'élongation de l'arc qui se comporte comme une résistance constamment croissante insérée entre les pôles. Cette élongation résulte de la juxtaposition au soufflage magnétique, et à l'effet d'ascension thermique, de divers artifices visant le fractionnement de l'arc et le refroidissement.

Ce mode de coupure est dit « à grande résistance d'arc ».

b) En courant alternatif, on oppose au réallumage de l'arc, lors du passage à zéro de l'onde de courant, une barrière diélectrique dont la rigidité est fonction de la vitesse de séparation des contacts et de l'action d'un agent désionisant liquide ou gazeux (huile - eau - air).

Ce mode de coupure est dit « à faible résistance d'arc ».

3°) Pouvoir de coupure d'un disjoncteur.

La plus grande intensité que l'appareil peut couper sous une tension de rétablissement donnée, sans détérioration ni manifestation extérieure excessive, caractérise le pouvoir de coupure.

Le pouvoir de coupure nominal est celui qui correspond à une tension de rétablissement égale à la tension nominale.

II. COUPURE DANS L'HUILE DISJONCTEURS DANS L'HUILE

1°) Coupure dans l'huile.

Sous l'action d'un arc, l'huile se décompose en libérant du carbone et des gaz (hydrocarbures et hydrogène).

Il se forme autour de l'arc, et au sein de l'huile, un bulbe de gaz sous pression. Dans cette enceinte, la paroi liquide émet des gaz isolants, tandis que le courant d'arc maintient un dégagement ionisé et

conducteur, qui cesse à chaque passage de l'onde de courant au zéro. La masse gazeuse en turbulence est le siège d'échanges thermiques et ioniques qui se traduisent par la régénération plus ou moins rapide de la rigidité diélectrique du milieu.

Pour une vitesse donnée de séparation des contacts, la qualité de la coupure est fonction de l'efficacité du système de désionisation. Les recherches dans ce domaine se sont concrétisées par la mise au point de chambres d'explosion (dites aussi chambres à turbulence).

Appliquée au premier stade au disjoncteur à coupure multipolaire en cuve commune, la technique des chambres d'explosion a conduit à la construction de disjoncteurs à coupure unipolaire en pots séparés (2).

Dans le disjoncteur à cuve commune, l'huile assure à la fois :

- l'extinction des arcs (fluide désionisant) ;
- l'isolement entre phases et entre phases et masse.

Le volume relativement grand de l'huile résulte plus de la seconde fonction (isolement) que de la première (extinction).

L'appareil à cuve commune est dit habituellement « à grand volume d'huile » bien que, en fait, ce volume soit en rapport avec le type d'appareil et ses performances. Pour les tensions et pouvoirs de coupure usuels, la quantité d'huile est de l'ordre de 30 à 40 litres. Dans certains disjoncteurs de construction récente, dont le carter et la cuve commune sont établis en matériau isolant, le volume d'huile est très réduit (10 litres environ). Toutefois, dans leur conception actuelle, ces derniers appareils ne sont pas utilisables en milieu grisouteux.

Dans le disjoncteur à coupure unipolaire, l'isolement entre phases et entre phases et masse est assuré par des isolants solides. Chaque pot renferme la quantité relativement faible d'huile (2 à 3 litres) nécessaire à la coupure.

L'appareil à pots séparés est généralement dit « à faible volume d'huile » (3).

2°) Disjoncteurs à cuve commune (30 à 40 litres d'huile).

Le carter métallique comporte une cuve réservoir d'huile dans laquelle baignent la partie contacts du disjoncteur et une partie du mécanisme (serrure) de commande.

L'équipage mobile porte pour chaque phase un pontet conducteur qui établit ou rompt la liaison entre « entrée » et « sortie » fixes.

(2) La coupure est dite « libre » si l'appareil ne comporte pas de chambre d'explosion. Elle est dite « commandée » dans le cas contraire.

(3) En Allemagne, la limite supérieure du faible volume d'huile est de 15 litres par appareil.

Cette disposition présente l'avantage d'un trajet d'arc croissant à une vitesse double de celle du déplacement des pontets.

On peut, comme indiqué ci-avant, nantir chaque trajet d'arc d'une chambre d'explosion. Celle-ci est réalisée en matériau isolant résistant à la pression. On obtient ainsi, lors de l'ouverture du disjoncteur, une localisation des efforts de pression dans les chambres, sans répercussion sensible à l'ensemble de la cuve.

Le disjoncteur à cuve commune est largement répandu. Il a bénéficié des aménagements apportés à la technique de la coupure et des progrès dans l'élaboration du mécanisme de commande. C'est un appareil de protection robuste et simple.

En construction de sécurité grisou, ce modèle de disjoncteur conserve ses qualités spécifiques.

A remarquer :

La sécurité vis-à-vis du grisou du disjoncteur à cuve commune résulte :

- dans certains pays, de l'emploi exclusif de carters résistant à la pression ;
- dans d'autres pays, du rôle extincteur de l'huile (4).

Ces constructions présentent l'avantage de cuirasser l'interrupteur, le mécanisme et les relais de protection directe, baignant totalement ou partiellement dans l'huile.

La mise en œuvre :

- de la protection électrique indirecte ;
- de circuits complémentaires
 - de commande
 - de protection
 - de contrôle

demande l'adjonction de carters antidéflagrants, une partie du mécanisme de commande perdant l'avantage de la lubrification.

3°) Disjoncteur à pots séparés à faible volume d'huile.

Comme déjà indiqué, ce modèle de disjoncteur comporte, pour chaque phase, un pot en isolant constituant une chambre d'explosion enfermant le dispositif de coupure dans l'huile.

(4) Cette distinction a été mise en évidence par des essais pratiqués aux Pays-Bas. Les expériences faites sur un disjoncteur ont en effet montré que l'appareil demeurait de sécurité, indépendamment des caractéristiques des interstices de joints, si une quantité suffisante d'huile extinctrice interdisait l'allumage du mélange d'hydrocarbure et d'hydrogène par les arcs de coupure. En outre, le sous-comité 31 E du Comité Electrotechnique International a mis au point des recommandations pour emploi en atmosphère explosive d'appareils immergés dans l'huile.

L'interrupteur est à contact unique entre une tige mobile et une tulipe fixe respectivement reliées à l'« entrée » et à la « sortie » du disjoncteur.

La coupure s'effectue dans l'huile suivant le processus précédemment décrit (II - 1°). La vitesse d'élongation de l'arc est égale à celle du déplacement de l'équipage mobile.

La serrure, de principe analogue à celle des appareils à cuve commune, n'est pas incorporée à l'interrupteur. Elle est placée en carter séparé et attaque l'équipage mobile par un système bielle manivelle.

Les performances électrotechniques de ce modèle de disjoncteur sont très voisines de celles de l'appareil à cuve commune à chambre d'explosion dont il possède les qualités de sécurité et de fidélité.

Toutes choses égales par ailleurs, le disjoncteur à pots séparés n'est pas plus encombrant « hors tout » que l'appareil à cuve commune.

Le mécanisme de commande (serrure) est théoriquement moins bien protégé. Mais il est par contre d'accès, donc d'entretien et de contrôle aisés.

Certaines réalisations anciennes pouvaient paraître légères et vulnérables. La construction actuelle est simple et robuste.

On aurait pu craindre que la pollution de l'huile par le carbone libéré lors des coupures n'entraînât une altération des performances de l'interrupteur. L'expérience a montré que ces craintes n'étaient pas fondées. Le carbone se rassemble dans les fonds de pots et une purge périodique permet de l'éliminer. Au surplus, et à l'inverse de ce qui peut théoriquement survenir dans un disjoncteur à cuve commune, le carbone ne peut établir de ponts conducteurs entre phases.

Vis-à-vis des poussières et de l'humidité, la construction étanche s'est avérée efficace.

Par ailleurs, la réduction du volume d'huile est un élément favorable à la sécurité incendie.

La construction de sécurité grisou n'affecte pas les qualités du disjoncteur.

On notera que, dans la version allemande, la sécurité grisou résulte de la juxtaposition de trois modes de protection.

Les parties normalement génératrices d'étincelles font appel :

- à la protection « o » (1) (carters remplis d'huile), pour les contacts principaux des disjoncteurs ;

(1) Protection « o » — Oelkapselung.

— à la protection « d » (2) (carters « résistant à la pression »), pour les contacts auxiliaires et les relais.

Les autres parties de la cellule font appel à la protection « e » (3), appelée selon décision du Comité international électrotechnique : sécurité « e ». Ce Comité (sous-comité 31 C) étudie actuellement des recommandations relatives à ce mode de construction.

Peuvent en découler pour l'ensemble :

- un gain de poids et de prix par rapport à certaines constructions antidéflagrantes (protection « d ») (2) ;
- des facilités d'adjonction d'organes et circuits de commande, de protection et de contrôle.

III. COUPURE DANS L'EAU DISJONCTEUR DANS L'EAU

1^o) Coupure dans l'eau.

Elle s'opère suivant le processus dit à faible résistance d'arc.

Dans une enceinte contenant de l'eau (5), le courant d'arc s'établit dans une colonne d'hydrogène très ionisé en provoquant, par effet thermique, l'échauffement et la vaporisation du liquide, décomposé par ailleurs en un mélange d'hydrogène et d'oxygène.

Divers artifices utilisent l'accroissement de pression, l'expansion et la turbulence pour provoquer la désionisation du support d'arc et le refroidissement.

Comme dans les appareils à huile, la coupure est effectuée dans les pots résistant aux surpressions.

A la fin de la coupure, l'élément mobile du contact se trouve hors de l'eau, agent extincteur *mais non isolant*.

2^o) Disjoncteur dans l'eau.

Le disjoncteur comporte des pots de coupure en matériau isolant, résistant aux pressions et fixés sur des traverses supports.

L'appareil est très sensiblement comparable dans son organisation d'ensemble au disjoncteur à pots séparés à faible volume d'huile.

L'intérêt du disjoncteur à eau réside dans l'emploi d'un liquide extincteur incombustible (6).

(2) Protection « d » — druckfeste Kapselung ;

(3) Protection « e » — erhöhte Sicherheit.

(5) Il s'agit d'eau contenant certains additifs destinés à éviter l'accroissement de conductibilité du fluide.

(6) On a longtemps invoqué, au passif de la coupure dans l'eau, le risque d'explosion du mélange d'hydrogène et d'oxygène qui se forme. L'expérience acquise en Allemagne a montré que la prévention de ce risque devait être recherchée dans l'agencement des chambres d'explosion et dans la qualité du mécanisme de commande.

La construction de sécurité grisou, assez ancienne en Allemagne, plus récente en France, ne présente pas de difficulté. Elle met en œuvre, avec les mêmes avantages, deux des modes de protection utilisés dans l'appareil à faible volume d'huile (II - 3^o).

IV. COUPURE DANS UN FLUIDE GAZEUX DISJONCTEURS A GAZ INERTE

1^o) Coupure dans un gaz inerte.

a) Il existe une technique de coupure à faible résistance d'arc dans laquelle une matière active dégage, en présence de l'arc, un grand volume de gaz inerte. Par un agencement convenable des chambres de coupure, le gaz, d'abord comprimé, se détend en soufflant l'arc.

Ce procédé de coupure expérimenté dans divers pays (7) a été industriellement développé en Allemagne.

b) En France, on a récemment appliqué à l'échelle industrielle la coupure à faible résistance d'arc dans l'hexafluorure de soufre (SF₆). Ce gaz, lourd et inerte, est à la fois :

- agent extincteur de l'arc. La disposition des chambres de coupure est telle que, lors de la séparation des contacts, le gaz est comprimé puis soufflé sur l'arc ;
- agent isolant. Le gaz présentant une haute rigidité diélectrique assure l'isolement entre pièces sous tension et par rapport à la cuve qui les renferme.

2^o) Disjoncteurs à gaz inerte.

a) L'appareil utilisant une matière active est souvent appelé disjoncteur à buses gazogènes. Sa conception d'ensemble est comparable à celle des appareils à pots de coupure séparée (II - 3^o et III - 2^o).

L'utilisation dans les buses de coupure d'un gaz incombustible est un élément favorable à la sécurité incendie.

En construction de sécurité grisou, l'appareil de fabrication allemande fait appel à deux des modes de protection déjà indiqués ci-dessus - carters résistant à la pression (protection « d ») et sécurité augmentée (protection « e »).

On considère comme avantageux le fait que, lors des coupures, le grisou qui pourrait occuper les buses est dilué dans un grand volume de gaz incombustible.

(7) En France, on reproche à ce système l'instabilité du matériau gazogène dont l'usure est inégale et parfois très rapide.

b) L'appareil utilisant l'hexafluorure de soufre se présente sous la forme d'une cuve parallélépipédique renfermant les chambres de coupure et une partie du mécanisme de l'interrupteur. La cuve étanche est remplie de gaz sous pression (3,3 atm).

Le mécanisme de commande (serrure) est placé sur la face avant de la cuve, dont il est solidaire.

L'utilisation pour la coupure d'un gaz incombustible est un élément favorable à la sécurité incendie.

En construction de sécurité grisou (fabrication française), l'ensemble du disjoncteur (cuve et serrure) est logé dans une enceinte résistant à la pression (protection « d »).

La présence d'un gaz sous pression dans la cuve du disjoncteur y interdit l'irruption de grisou.

La coupure est donc effectuée en milieu incombustible.

Cette caractéristique intéressante nécessite le contrôle permanent de la pression de gaz dans l'enceinte (et la mise hors tension en amont au cas de fuite).

V. COUPURE DANS L'AIR APPAREILS DE COUPURE DANS L'AIR

1°) Coupure dans l'air.

a) On peut ranger sous la rubrique « coupure dans l'air » la technique de coupure à faible résistance d'arc (I - 2° b) consistant à injecter, lors de l'ouverture d'un contact, un jet d'air comprimé qui souffle l'arc.

Dans l'appareil ordinairement dit « à air comprimé » ou « pneumatique », l'air est mis en pression par un compresseur auxiliaire.

Dans l'appareil à « autocompression », l'air est comprimé par l'interrupteur lui-même, à l'amorce de son mouvement d'ouverture.

b) On entend ordinairement par coupure dans l'air, ou coupure sèche, une technique de coupure à grande résistance d'arc dont le principe a été rappelé en I - 2° a.

Ce mode de coupure est couramment utilisé à tension inférieure à 1.100 V. Son application aux tensions supérieures a fait l'objet de recherches visant à réaliser dans un espace relativement faible une élongation suffisante de l'arc. Des perfectionnements dans le domaine du soufflage magnétique et surtout dans la conception des chambres de coupure (en matériaux réfractaires spéciaux) ont permis d'atteindre ce résultat.

2°) Appareils de coupure dans l'air.

a) Coupure à faible résistance d'arc.

1) Disjoncteur pneumatique.

Généralement réservé aux installations puissantes de surface en haute tension, cet appareil présente le double inconvénient :

- d'exiger une source auxiliaire d'air comprimé sec et propre ;
- de provoquer à l'ouverture des surtensions relativement importantes.

Parfois utilisé dans les installations fixes du fond, le disjoncteur pneumatique n'existe pas en exécution de sécurité au grisou.

2) Disjoncteur à autocompression.

La partie interrupteur de l'appareil est voisine de celle que mettent en œuvre les appareils à gaz inerte (IV 2°-a-b).

Les chambres de coupure unipolaire sont agencées de telle sorte que l'ouverture de l'équipage mobile s'accompagne de la compression de l'air, lequel est ensuite soufflé sur les arcs.

Pour des motifs de divers ordres et surtout en raison du faible taux de compression de l'air de soufflage, le pouvoir de coupure de l'interrupteur est toujours limité.

Pour les valeurs modérées des intensités nominales de service, on pallie cette insuffisance en associant à l'interrupteur des coupe-circuits fusibles à haut pouvoir de coupure. Ces fusibles prennent en charge l'élimination des courants de court-circuit.

(Les fusibles comportent un dispositif de percussion qui, lors de la fusion, vient solliciter le verrou de la serrure provoquant l'ouverture de l'interrupteur).

Les courants nominaux de service sont contrôlés par des relais qui assurent le déclenchement en cas de surcharge.

L'utilisation de l'air comme agent extincteur d'arc et de fusibles à fusion « enfermée » dans des matériaux non organiques est favorable à la sécurité incendie, mais dans cette association, une attention particulière doit être portée aux possibilités de coupure des courts-circuits résistants.

Dans une version de sécurité grisou (fabrication belge), l'ensemble de l'appareil est logé dans une enceinte résistant à la pression (protection « d »).

3) Combinaison sectionneur-fusible.

L'association de fusibles à un sectionneur permet aussi de protéger contre les courts-circuits les organes insérés dans le réseau H.T. qui n'ont pas à subir de surcharges et ne sont pas commutés en charge (petits transformateurs dont le secondaire

alimente des circuits d'éclairage ou de télécommande de moteurs de treuils de bure par exemple).

Dans une version de sécurité au grisou, les fusibles sont logés dans une enceinte résistante à la pression. Ils peuvent d'ailleurs être montés sur les pièces polaires mobiles de sorte que l'arc éventuel de commutation ne peut se produire que dans cette enceinte. Les autres éléments du sectionneur sont en Allemagne établis en sécurité « e ».

L'appareil n'utilise donc pas d'agent extincteur inflammable.

b) Coupure à grande résistance d'arc.

Disjoncteur à coupure dans l'air (au sens usuel du terme).

D'origine américaine, le disjoncteur à coupure dans l'air est un engin multipolaire qui met en œuvre divers artifices assurant le soufflage d'arc par allongement, fractionnement et refroidissement.

Il est réalisé pour des puissances de coupures pouvant atteindre 500 MVA, sous 5 kV.

Ce disjoncteur est sans sujétion de service quant au fluide de coupure : il peut concurrencer efficacement les disjoncteurs classiques.

En construction de sécurité grisou, l'appareil, multipolaire dans sa présentation actuelle, est enfermé dans une enceinte résistante à la pression (protection « d »).

Mais le fonctionnement en atmosphère combustible se heurte à des difficultés qu'il importe de rappeler :

1) Divers essais effectués en France ont montré que la présence de grisou dans l'enceinte pouvait affecter la qualité de la coupure.

L'importance de ce phénomène est une fonction mal connue de divers paramètres (teneurs en gaz combustibles - tension de service - puissance mise en jeu).

2) A l'intérieur de certaines limites de teneur variables avec la conception de l'appareil de coupure, il a été constaté des post-conductions et des amorçages en amont des chambres de coupure. Ces incidents, qui ne surviennent que pour des tensions nominales supérieures à 3.000 V, peuvent s'expliquer par une chute de la rigidité diélectrique dans l'enceinte ; la tension disruptive entre phases et entre phases et masse descend et peut entraîner un amorçage généralisé.

Le problème ainsi posé n'est d'ailleurs pas sans solution. En France notamment,

- des aménagements au matériel (disposition géométrique, interposition d'écrans) permettent, en allongeant les lignes de fuites, de réduire le risque d'amorçage ;
- des essais de chambres de coupure (en matériau isolant) unipolaires, antidéflagrantes ont donné

des résultats intéressants tant en ce qui concerne les performances qu'en ce qui a trait aux questions d'encombrement.

VI. CONTACTEURS

Dans sa fonction normale, le contacteur ferme le courant d'appel (8) et coupe le courant de charge du récepteur qu'il contrôle.

Le service d'un contacteur est défini par le nombre de fermetures et d'ouvertures qu'il assure ; si la cadence de fonctionnement est élevée, le service est intensif.

Dans ces conditions, la coupure dans l'air est recommandable car le jaillissement répété d'arcs dans un diélectrique comme l'huile en altère rapidement les qualités (décomposition - pollution par le carbone).

La coupure des arcs dans l'air a été examinée ci-dessus (V 1^o b). Son application au contacteur se heurte à des difficultés à provenir :

- des conditions d'emploi (milieu humide et poussiéreux) ;
- du service intensif en *atmosphère confinée* qui amène une ionisation des chambres de soufflage accompagnée d'un dégagement de gaz oxydants (oxydes d'azote et ozone).

Ionisation et oxydation altèrent la qualité des coupures et le fonctionnement du contacteur.

Les difficultés peuvent devenir rédhibitoires si le contacteur est appelé à travailler en atmosphère combustible. Ce qui a été dit à ce sujet au chapitre des disjoncteurs à coupure sèche (V 2^o) est entièrement applicable au domaine du contacteur.

Le problème de la coupure dans l'air chargé de grisou est le même qu'il s'agisse d'un disjoncteur ou d'un contacteur. Les solutions actuellement à l'étude ou aux essais, demeurent très voisines dans l'un et l'autre cas.

VII. SITUATION DANS LES PAYS DE LA COMMUNAUTE

Allemagne.

L'appareil à cuve commune donne satisfaction s'il est utilisé dans les limites de son pouvoir de coupure (celui-ci est réduit, par mesure de sécurité, à 75 % de la valeur nominale si le disjoncteur est établi en construction de sécurité grisou).

Le développement rapide de la mécanisation avec engins puissants a déterminé un accroissement sensible des puissances de court-circuit.

(8) Courant de démarrage d'un moteur.

Pour les pouvoirs de coupure correspondants, l'appareil à cuve commune est encombrant et comporte un important volume d'huile.

Par contre, les disjoncteurs à coupures unipolaires en pots séparés dans un faible volume d'huile, dans l'eau ou dans un gaz inerte garantissent le pouvoir de coupure requis en conservant des dimensions acceptables. Dans les charbonnages allemands, pour de nouvelles installations, on fait usage presque sans exception des disjoncteurs à faible volume d'huile ou sans huile.

En construction de sécurité grisou, l'application industrielle de ces appareils est facilitée par la mise en œuvre de la protection « e » — sécurité augmentée — admise en Allemagne pour parties non génératrices d'étincelles.

Belgique.

L'appareil à cuve commune (30 à 40 litres d'huile) donne partout satisfaction et n'a jamais causé d'accident ou incident.

L'appareil en version de sécurité grisou doit être, en accord avec les prescriptions administratives, enfermé dans un carter résistant à la pression.

L'appareil à coupure dans l'eau n'est pas encore autorisé dans les endroits où un afflux de grisou est à craindre.

Quelques charbonnages emploient, aux entrées d'air, des disjoncteurs pneumatiques (air comprimé).

Les appareils à coupure dans l'air existent en quelques exemplaires en construction de sécurité grisou.

La protection « e » n'est pas encore autorisée.

France.

L'appareil à cuve commune (30 à 40 litres d'huile) donne satisfaction (pour les entrées d'air du fond, on a essayé des dispositifs absorbeurs de fumées).

En version de sécurité grisou, les différents types existants d'appareils à cuve commune sont rarement employés.

On leur a généralement préféré les disjoncteurs à coupure dans l'air dont la technique est actuellement en pleine évolution.

Récemment, on a établi un disjoncteur à coupure dans l'eau qui fait appel au mode de protection « e » : ce mode de protection n'est admis que sur dérogation.

Enfin, un disjoncteur à gaz inerte (hexafluorure de soufre SF_6), enfermé dans une enveloppe résistante à la pression, vient d'être créé.

Italie.

Les modèles à carters résistant à la pression, à tension supérieure à 1.100 V ne sont pas employés dans les mines de charbon où de telles tensions ne sont généralement pas utilisées.

Pays-Bas.

L'appareil à cuve commune (30 à 40 litres d'huile) est utilisé depuis de nombreuses années.

L'expérience acquise dans les charbonnages est entièrement satisfaisante.

Le disjoncteur à cuve commune (30 à 40 litres d'huile) existe en version de sécurité grisou avec carter résistant à une pression déterminée et sous des conditions spécifiques quant au pouvoir de coupure et au matelas d'huile au-dessus des contacts.

La protection « e » n'est pas encore admise dans les endroits où un danger d'explosion d'un mélange d'air et de grisou est à craindre.

VIII. RESUME

Ainsi, une revue des techniques et des réalisations d'appareils de coupure utilisables en milieu grisou-teux sous des tensions supérieures à 1.100 V montre que, dans l'état actuel des choses, on peut recourir :

1°) En matière de disjoncteurs :

— soit à des disjoncteurs dans l'huile à cuve commune ou à pots séparés

— soit à des disjoncteurs :

a) à coupure dans l'eau ;

b) à gaz inertes dont la construction selon le type à buses gazogènes existe depuis longtemps en Allemagne et dont l'exécution selon le type à l'hexafluorure de soufre est d'apparition récente en France ;

c) à coupure dans l'air.

Dans ce dernier cas, l'adaptation au milieu grisou-teux peut poser encore certains problèmes dont l'étude est en cours.

Ces disjoncteurs peuvent être :

— à grande résistance d'arc ;

— à autocompression en association avec des fusibles à haut pouvoir de coupure. Cette association demande une attention particulière quant aux conditions de coupure des courts-circuits résistants.

Pour les appareils non sujets à surcharge, la substitution au disjoncteur d'un sectionneur également associé à des fusibles est parfois suffisante.

2°) *En matière de contacteurs*, les mêmes techniques sont en principe utilisables mais, si le service de l'appareil est intensif, on peut difficilement éviter l'emploi de la coupure dans l'air.

Un problème reste donc posé pour le fonctionnement en milieu grisouteux. Les études correspondantes doivent continuer car le recours à l'huile est ici général.

IX. CONCLUSIONS

La technique moderne *en matière de disjoncteurs* pour les tensions supérieures à 1.100 V s'efforce en général de réduire ou de supprimer les volumes d'huile utilisés.

C'est ainsi que les disjoncteurs sans huile à pôles séparés ou à volume d'huile réduit se répandent

progressivement dans la plupart des pays au moins pour les installations nouvelles.

Les essais effectués avec ces disjoncteurs ont montré leur excellente sécurité de fonctionnement même en atmosphère grisouteuse.

Cependant, les essais entrepris sur les disjoncteurs modernes à cuve commune contenant de 30 à 40 litres d'huile ont également montré que ce type d'appareils possédait aussi une excellente sécurité en présence de grisou, et ne présentait pas de danger particulier d'inflammation de l'huile lorsqu'ils sont correctement choisis et installés.

En matière de contacteurs à service intensif, pour les tensions supérieures à 1.100 V, il n'est pas possible d'éviter l'utilisation de l'huile en exécution antidéflagrante.

(à suivre)