

NOTES DIVERSES

Sur une inflammation de grisou due à une cause spéciale

PAR

G. PAQUES,

Ingénieur principal des Mines, à Bruxelles.

La présente note a pour but d'attirer l'attention sur une cause d'accident tout à fait spéciale, constatée en Belgique pour la première fois.

Une inflammation de grisou s'est produite au moment du graissage du carter d'un moteur à air comprimé et a été occasionnée par cette opération.

Cette inflammation est survenue le 22 juin 1935, vers 20 1/2 heures, à front de la taille dite n° 90, Est dans la couche Houilleux, à l'étage de 650 mètres du siège Gosson n° 2, à Montegnée, du charbonnage de Gosson-la-Haye-Horloz. Ce siège est classé parmi les mines à grisou de la deuxième catégorie.

Deux ouvriers ont été brûlés. L'un d'eux a succombé à ses brûlures sept jours après l'accident.

La taille, de 37 mètres de longueur, chassante vers l'Est est à faible inclinaison générale vers le Nord. Les terrains encaissants sont bien résistants. La veine, assez friable, à 14 p. c. de matières volatiles, présente une ouverture normale de 0 m. 50 à 0 m. 60 sans intercalation stérile.

Vers la mi-longueur du front se présente une faible ondulation de la veine provoquée par un crochon de tête largement ouvert, montant légèrement dans le sens de l'avancement. Ce crochon a eu pour effet d'augmenter localement l'ouverture de la couche jusqu'à 1 m. 60 environ. Il a d'autre part amené une légère contrepente dans une partie de la taille.

Les abatteurs travaillent au marteau-pic. Dans la région du front au Nord du crochon, l'évacuation des produits abattus se fait par un couloir à secousses, mû par un moteur à air comprimé situé près de la voie de base. Dans l'autre partie du front, en raison de la contrepente, les charbons doivent d'abord être remontés vers le sommet du crochon. Le dispositif employé pour produire cette remonte est une chaîne à raelettes dont le moteur se trouve au point haut, à l'endroit du crochon. A cet endroit, les produits sont déversés dans le couloir oscillant qu'ils suivent jusqu'à la voie de roulage.

Le moteur de la chaîne est formé essentiellement de trois parties : au centre le moteur proprement dit du type turbinair; d'un côté, au delà d'un tamis filtrant, le distributeur d'air comprimé et le régulateur automatique de vitesse; de l'autre côté, le réducteur de vitesse par vis sans fin et roue dentée, dans un carter hermétique pourvu d'un orifice de graissage par cylindrine. Cet orifice se trouve à la partie supérieure du carter et est normalement fermé par un chapeau vissé.

Au moment de l'accident, la taille était attelée à veine, mais uniquement dans la région en contrepente, en vue d'enlever un stot de charbon restant à prendre pour rectifier le front d'attaque.

Le personnel comprenait quatre ouvriers à veine, un serveur de bois, un machiniste pour les deux moteurs, un manoeuvre, un chef de taille, soit en tout huit personnes.

Quelques minutes avant l'accident, le moteur de la chaîne à raelettes se mit en passe. Auparavant, il s'était déjà arrêté une ou deux fois. Le chef de taille décida de graisser le réducteur de vitesse. Pour gagner du temps, il prit un petit bidon d'huile pour marteaux-pics, à l'un des ouvriers à veine, et versa par l'orifice ad hoc le contenu de ce bidon dans le carter du réducteur de vitesse. Ensuite, il revissa le chapeau et remit le moteur en marche.

Pendant ce temps, le machiniste avait été chercher au pied de la taille, près de l'autre moteur, le bidon de cylindrine servant au graissage normal. Quand il revint au crochon, porteur de ce titre, le moteur était de nouveau arrêté.

Le machiniste versa de la cylindrine dans le carter. A ce

proment précis, une petite flamme jaillit par l'orifice de graissage. Le chef de taille, présent à l'opération et le machiniste ont déclaré : « Le moteur a pris feu et une flamme s'est étendue dans tout le crochon et ses abords. Nous avons été cernés par le feu et avons couru çà et là pour nous échapper. Enfin, nous avons réussi à nous enfuir, à travers le feu, par la voie de roulage. La flamme initiale a jailli du graisseurs, mais l'embrasement général a été immédiat ».

Aucun des autres ouvriers n'a été atteint par les flammes, même le serveur de bois qui, à ce moment, était le plus rapproché du moteur, à une distance de 3 à 4 m., du côté de la contrepente.

Les ouvriers sont unanimes pour déclarer qu'il n'y a pas eu de détonation. Ils ont entendu une explosion assourdie et senti un déplacement d'air.

Parmi les constatations faites après l'accident, les suivantes sont particulièrement intéressantes au point de vue de la cause possible de l'accident.

1° Tout près du moteur se trouvaient les lampes des deux victimes : une lampe électrique portative, debout, éclairant encore et une lampe à benzine, à alimentation inférieure, éteinte et renversée;

2° Le tuyau flexible qui alimentait le moteur était troué à 0 m. 60 du raccord. Le trou, de 7 à 8 mm. de diamètre était tourné vers le bas, à 0 m. 15 au-dessus du mur. Les fibres de la toile médiane comprise entre deux lames de caoutchouc étaient refoulées vers l'extérieur. Autour de l'orifice, la couche extérieure de caoutchouc était rongée et à peu près disparue sur une surface irrégulière de 15 × 4 cm. environ.

3° Le moteur a été décomposé en ses trois éléments principaux et tous les organes ont été démontés. Le tamis filtrant, à l'entrée de l'air comprimé, était fortement encrassé. Toutes les autres pièces étaient en parfait état, sans trace d'usure, de grippage ou de combustion, sauf que la vis sans fin, en acier, était légèrement bleuie. Le carter du réducteur de vitesse contenait de l'huile, assez fluide, sur 3 à 4 centimètres de hauteur. La vis sans fin y baignait en partie. Le graissage des autres

organes était bon. Le moteur a ensuite été remonté. La remise en marche a été normale.

La lampe à benzine trouvée à l'endroit de l'accident, le tuyau flexible et le moteur ont été expédiés à l'Institut National des Mines, à Pâturages, aux fins d'examen.

Des constatations et des recherches auxquelles cet examen a donné lieu, il résulte ce qui suit :

1° *Lampe à benzine.* Elle a supporté sans défaillance tous les essais en atmosphère grisouteuse auxquels elle a été soumise. Elle était donc en bon état au moment de l'accident ;

2° *Tuyau flexible.* Il porte des traces de brûlures s'étendant sur 12 centimètres longueur. A cet endroit, était percé sur toute son épaisseur d'un trou de quelque 7 à 8 mm., assez régulier. La couche extérieure de caoutchouc entourant le trou est rongée et presque disparue sur une certaine surface.

Le tuyau a été fendu sur toute sa longueur pour vérifier son état. Rien d'anormal n'a été constaté. Le flexible était donc pratiquement neuf au moment de l'accident ;

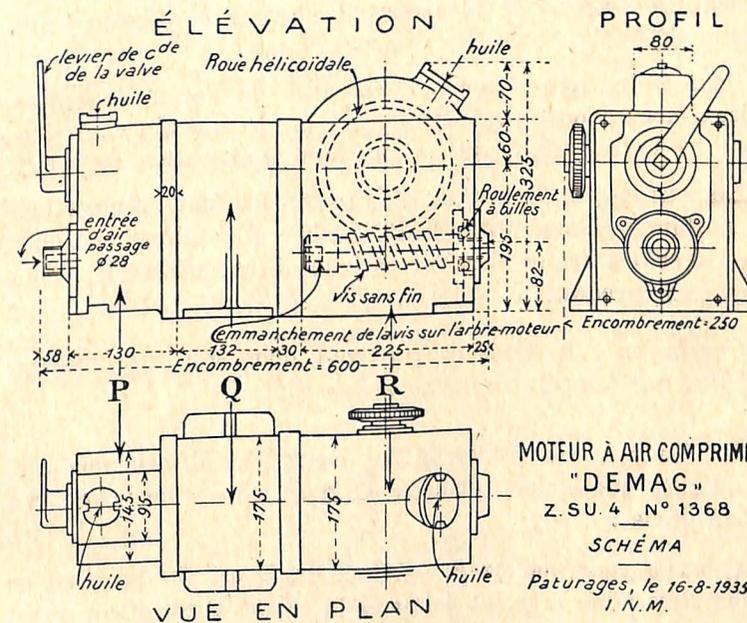
3° *Moteur.* Construit par la firme Demag, de Duisbourg, il est composé de trois parties assemblées par vis (voir fig. ci-après).

L'une, P, renferme la valve d'admission pour les deux sens de marche ; la seconde, Q, le moteur proprement dit ; la troisième partie, R, est un carter renfermant le mécanisme de transmission : une vis sans fin en acier spécial calée directement sur le rotor du moteur et engrenant avec un pignon en bronze à dentures hélicoïdales dont l'axe se prolonge à l'extérieur où il porte la roue dentée de commande de la raquette.

Le carter du mécanisme de transmission est disposé entre deux petits compartiments latéraux dont chacun est parcouru par l'air d'échappement du moteur, air qui gagne ensuite des ouvertures spéciales pratiquées dans la face inférieure de l'appareil.

Il y a deux bouchons de graissage, l'un pour le moteur, l'autre pour la transmission. Le premier reçoit une huile spéciale, fluide, le second une huile épaisse (cylindrine).

Le mécanisme de transmission a été démonté. Tant que la vis sans fin était couverte d'huile, on ne remarquait qu'un léger bleuissement. Dès que l'organe a été soigneusement essuyé, on a constaté qu'il était fortement bleui, indice certain d'un échauffement violent.



Ce bleuissement s'étendait sur presque toute la longueur de la vis ; il était particulièrement marqué aux filets en prise, mais il n'atteignait pas l'emmanchement de raccord à l'arbre du moteur (à gauche) ni le tourillon (à droite) du roulement à billes. La denture hélicoïdale en bronze portait quelques petites bavures affectant les points d'entrée de la vis.

M. Breyre, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines a relaté, comme indiqué ci-après, les recherches auxquelles il a fait procéder.

1° Nous avons tenu d'abord à déterminer *la température à laquelle a été portée la vis sans fin* pour être bleuie à ce point.

A cette fin, nous avons d'abord soumis une pièce d'acier à outil analogue à l'acier de la vis sans fin, pendant des périodes de cinq minutes, aux températures de 320, 500 et 600° C. C'est pour cette dernière température seulement qu'il y a eu bleuissement de l'acier. Ce bleuissement s'est donc produit entre 500 et 600° C.

Pour éviter tout doute sur l'identité de l'acier de comparaison, nous avons opéré ensuite sur la vis sans fin elle-même, dont les extrémités n'avaient pas subi d'altération de teinte.

Nous avons donc placé la vis sans fin au four de chauffage en portant la température de 20° à 500° en 35 minutes. A 450°, les extrémités avaient une teinte jaune brut; à 500°, le bleuissement s'est produit.

Conclusion : la vis sans fin avait donc subi, par manque d'huile, une température *d'au moins 500°*.

II° Nous avons recherché les conditions d'inflammabilité des huiles qui étaient utilisées et dont nous avons reçu des échantillons :

a) *huile pour marteaux*. — Cette huile est fluide. Nous en avons déterminé le point éclair et la température d'inflammation. Rappelons que cet essai se fait dans une coupelle en porcelaine, où l'on place l'huile à examiner et que l'on porte à des températures croissantes soigneusement mesurées.

On approche de la surface du bain une petite flamme à gaz jaillissant à l'extrémité d'un tube de verre : le point éclair correspond à la température où une petite flamme fugace prend naissance sur l'huile sans entraîner encore l'inflammation.

La température d'inflammation est celle pour laquelle la présentation de la flamme de gaz détermine une flamme persistante se transmettant à toute la masse.

Nous avons trouvé respectivement 178 à 210° pour le point éclair et le point d'inflammation.

b) *cylindrine*. — Cette huile est moins inflammable naturellement. Les résultats obtenus sont les suivants :

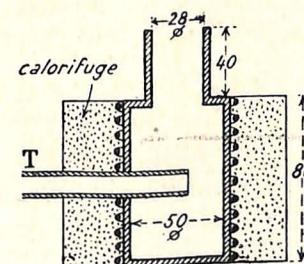
Point éclair : 291°. Point d'inflammation 332°.

Dans ces expériences, il y a inflammation des vapeurs d'huile *au contact d'une flamme*, dont la température est bien supérieure.

Ces conditions expérimentales ne sont pas celles de l'accident puisque, dans celui-ci, il n'y a pas eu intervention de flamme. Ces expériences étaient nécessaires cependant pour mieux caractériser les huiles utilisées.

III° Nous avons recherché dans quelles conditions ces huiles pouvaient s'enflammer par simple échauffement.

A cette fin, nous avons réalisé un four cylindrique (voir croquis ci-dessous) de 50 mm. de diamètre intérieur et de 80 mm. de hauteur, dont le fond supérieur est pourvu d'une tubulure filetée de 28 mm. de diamètre et de 40 mm. de hauteur. Ce four est chauffé par un enroulement en fil d'acier spécial parcouru par un courant électrique.

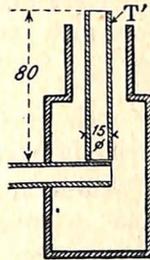


Une tubulure (T) permet à l'aide d'un thermomètre, de relever la température régnant au centre du four.

a) *huile pour marteaux*. — Ayant placé un second tube (T') disposé comme indiqué au croquis ci-après, nous avons recherché d'abord à quelle température il fallait porter le fond de ce tube pour qu'en y versant de l'huile (2 cm³) celle-ci s'enflamme spontanément.

Nous avons poussé la température jusque 600° sans obtenir d'inflammation.

Nous avons constaté cependant que l'huile s'enflamme immédiatement quand on la projette sur un bain d'aluminium fondu (température 660°) mais il n'y a pas inflammation lorsqu'on utilise soit le plomb fondu (327t), soit le zinc fondu (420t).



De ces essais résulte donc que la température d'inflammation par simple échauffement est comprise entre 600 et 660°.

Nous avons procédé ensuite à une seconde série d'essais consistant à projeter l'huile dans le four même lorsque sa température était stabilisée.

Première expérience : le four est maintenu à 235°. On y projette 23 cm³ d'huile. D'abondantes fumées blanches s'échappent par l'orifice. Quarante-cinq minutes après, une flamme de 20 cm. de hauteur jaillit par l'orifice. Le même phénomène se produit à trois reprises, 1 h. 30 après l'introduction de l'huile, puis à six reprises, se succédant à une minute d'intervalle, encore 2 h. 30 après l'introduction de l'huile.

Deuxième expérience : le four est amené à 320°; puis on coupe le courant de chauffage. On introduit 50 cm³ d'huile. On attend 10 minutes sans constater d'inflammation. La température est tombée alors à 215°. Il ne se produit pas de flamme lorsqu'on injecte de l'air frais dans le four.

Troisième expérience : le four est maintenu à 330°. On introduit 2 cm³ d'huile dans le four sans obtenir d'inflammation.

Une petite flamme jaillit par l'orifice au moment où on injecte à l'intérieur du four, une petite quantité d'air frais.

Quatrième expérience : le four est porté à 430°; on coupe le courant de chauffage. On introduit 2 cm³ d'huile dans le four sans obtenir d'inflammation. Mais en injectant de l'air frais dans le four, on obtient à deux reprises, une flamme qui prend naissance dans les vapeurs, à 1 mètre environ au-dessus de l'orifice du four.

Cinquième expérience : le four est maintenu à 475°. On introduit 20 cm³ d'huile sans obtenir d'inflammation. On porte ensuite la température à 519° (l'intérieur du four est rouge naissant). On réintroduit 2 cm³ d'huile sans avoir d'inflammation. On n'obtient pas non plus de flamme dans les vapeurs qu'on chasse à l'aide d'une injection d'air frais.

On coupe alors le chauffage du four. Lorsque la température est tombée à 360°, on introduit à nouveau 5 cm³ d'huile. Pas d'inflammation même en insufflant de l'air frais dans le four. Nous avons soumis ensuite 50 cm³ d'huile à un échauffement progressif dans le four dont l'orifice était fermé hermétiquement par un bouchon.

Le four est amené à la température de 330°, puis on découvre rapidement l'orifice d'inflammation. Des fumées abondantes se dégagent du four. On attend 15 minutes sans constater d'inflammation.

b) *cylindrine*. L'huile s'enflamme spontanément lorsqu'on la projette sur un bain d'aluminium fondu (t° 660°), mais il n'y a pas inflammation lorsqu'on remplace l'aluminium soit par du plomb fondu (327°), soit par du zinc fondu (420°).

Nous utilisons ensuite le même four que pour l'huile pour marteaux :

Première expérience : le four est maintenu à 330°. On introduit 25 cm³ d'huile dans le four. On observe pendant 1 h. 30' sans constater d'inflammation.

Deuxième expérience : le four est maintenu à 390°. On introduit 25 cm³ d'huile dans le four. On observe ce qui se passe jusqu'au moment où cesse le dégagement de vapeur soit pendant 2 h. 10'. Pas d'inflammation.

Troisième expérience : le four est maintenu à 530°. On introduit 25 cm³ d'huile. Il se produit un abondant dégagement de fumées blanches qui cesse après 5 minutes, sans avoir donné lieu à une inflammation.

Quatrième expérience : le four est porté à 600°, puis on coupe le chauffage. On introduit 2 cm³ de cylindrine. Pas d'inflammation, pas même lorsqu'on insuffle de l'air frais dans le four.

Le dégagement de fumées, dure 3 minutes. A la fin de l'essai, la température est tombée à 480°.

Cinquième expérience : le four est porté au rouge clair, puis on coupe le chauffage. On introduit 2 cm³ de cylindrine. Pas d'inflammation. Le dégagement de fumées dure 1 minute.

Les considérations ci-après sont extraites des conclusions des recherches relatées ci-avant.

La lampe à benzine trouvée sur les lieux de l'accident n'a pas été la cause de l'inflammation de grisou.

Une explication de l'accident qui consisterait à dire qu'il y a eu éclatement du flexible et inflammation du grisou par une étincelle de décharge ne peut être retenue. Le flexible n'avait d'ailleurs pas de bout métallique formant collecteur de charges. Il a été percé parce qu'il a été entouré de flammes et que l'augmentation de température a entraîné une augmentation de pression. Sa rupture en un point qui présentait le maximum de résistance s'explique aisément.

L'explication : inflammation du grisou par l'huile qui prend feu au moment où l'on verse la cylindrine sur le métal chauffé est seule plausible, mais ce sont très probablement les vapeurs de l'huile pour marteaux versée précédemment qui se sont enflammées.

Les expériences relatées plus haut permettent très bien de se rendre compte de ce qui s'est passé.

Par suite de manque d'huile, la vis sans fin a chauffé au point d'être portée à 500° au moins; le moteur s'arrête. On remet de l'huile pour marteaux, c'est-à-dire, une huile beaucoup trop fluide et trop inflammable qui, au contact du métal chaud, se vaporise rapidement en remplissant le carter d'un mélange combustible à très haute température avec une cer-

taine surpression. Le moteur s'est arrêté à nouveau. On arrive avec l'huile appropriée : au moment où l'on ouvre l'orifice de graissage et où l'on verse la cylindrine, les vapeurs d'huile de marteaux qui ne peuvent s'enflammer dans le carter faute d'oxygène, sortent, d'abord probablement par suite d'une certaine pression, en second lieu par le déplacement produit par l'arrivée de la cylindrine; ces vapeurs très chaudes trouvent l'oxygène de l'air, c'est-à-dire le comburant qui leur manquait et s'enflamment communiquant immédiatement le feu au grisou accumulé dans le renflement du crochon et, bien entendu, à l'huile elle-même.

Dans les expériences relatées pour l'huile à marteaux, les n^{os} 1, 3 et 4 ont montré que cette huile donne aisément des inflammations sans devoir utiliser de flammes.

L'expérience 4 est particulièrement intéressante à retenir : en injectant un peu d'air dans le four, on obtient un mélange inflammable qui s'allume à un mètre environ au-dessus de l'orifice du four. C'est un phénomène analogue qui a donné lieu à l'inflammation du Gosson.

Les expériences faites avec la cylindrine montrent que le versement de celle-ci n'a joué qu'un rôle d'expulsion et de brassage des vapeurs inflammables provenant de l'huile pour marteaux.

Peut-être même la flamme n'a-t-elle pris naissance qu'à une certaine distance de l'orifice comme dans l'expérience n^o 4. Cependant les déclarations des deux victimes sont bien formelles : ils ont vu la flamme prendre naissance à l'orifice.

Il est d'ailleurs très possible qu'il en soit ainsi car pour raison d'économie, il n'a pas été possible de donner au four d'essai et à son orifice les dimensions du carter du moteur en cause. Le mélange de l'oxygène se fait probablement plus aisément avec un orifice plus large; c'est ainsi qu'en opérant sur un bain d'aluminium fondu, on a l'inflammation immédiate de l'huile, parce que celle-ci, au moment où elle touche la source de chaleur, est immédiatement entourée de la quantité d'air voulue pour permettre la combustion.

Le four constitué par le cartel de la transmission au fond duquel la vis de transmission était portée à 500° au moins est

un cas intermédiaire entre l'expérience du bain de métal et l'expérience du four d'essai.

On ne peut pas exclure absolument l'hypothèse d'une inflammation par contact de la cylindrine avec la vis sans fin, mais il faut alors supposer que celle-ci était à une température de 600 à 650°.

Vu le manque d'oxygène dans le carter, il paraît bien plus vraisemblable d'admettre que la cylindrine, outre que sa chute incorporait une certaine rentrée d'oxygène, a expulsé et brassé les vapeurs d'huile pour marteaux restant dans le carter et que ce sont ces vapeurs qui ont pris feu.

G. PAQUES.

De divers procédés de remblayage dans une même couche aux Charbonnages du Bonnier à Grâce-Berleur

PAR

J. VENTER,

Ingénieur au Corps des Mines, à Liège

ET

G. GALAND,

Directeur des Travaux du Charbonnage du Bonnier.

Le remblayage de la couche « Harbotte » au Charbonnage du Bonnier présente une particularité curieuse et sans doute unique. En ces quelques dernières années, on y a effectué les remblayages hydraulique et pneumatique, le remblayage par bosseyement de fausses voies et enfin le foudroyage.

Il y a donc là un cas très spécial qui permet une comparaison formelle des divers procédés, en ce qui concerne l'efficacité, la sécurité et le prix de revient.

La question des dégâts de surface ne peut être envisagée. Les quartiers remblayés par ces diverses méthodes correspondent, en effet, à des régions où les dommages ne sont pas comparables.

La couche en question est appelée Harbotte, n° 13, Castagnette, etc., suivant les concessions. Au Bonnier, elle est riche et régulière. L'ouverture moyenne est de 1^m,15 en deux ou trois sillons de charbon avec une ou deux intercalations peu importantes de schiste noir et friable qu'il est pratiquement impossible de séparer de la veine. Les terrains encaissants sont des schistes de dureté moyenne, avec un banc de grès à 5 mètres au-dessus de la couche. La pente est de 20° environ. En raison de l'ouverture relativement importante, et de l'absence de stérile, le mode de remblayage le plus rationnel semblait être l'apport de pierres extérieures. Aussi, en 1914, la Direction installait le remblayage hydraulique; celui-ci étant définitivement abandonné au Charbonnage du Bonnier, et d'ailleurs en