

INSTITUT NATIONAL DES MINES  
A FRAMERIES

---

**Rapport sur les Travaux de  
l'Institut National des Mines  
à Frameries  
pendant l'année 1927**

PAR

EMMANUEL LEMAIRE

Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines.

---

**I. — Etudes sur les explosifs de sûreté.**

Dans le courant de cette année, des tirs méthodiques ont été effectués dans une des galeries au rocher du Bois de Colfontaine avec les explosifs de sûreté actuellement en usage en Belgique.

L'objet de ces essais était de faire une première vérification du degré de sécurité de ces explosifs dans les tirs en roches en atmosphère grisouteuse.

Le rapport sur les travaux de l'Institut National des Mines pendant l'année 1926 donne une description de la galerie, qui a été aménagée pour ces essais dans le Bois de Colfontaine.

Pour le creusement de cette galerie, qui avance en chassage dans un dressant du Poudingue Houiller, on tire d'abord quelques mines de dégagement, qui déterminent une excavation d'environ 0<sup>m</sup>,50 de hauteur et d'une profondeur égale à la longueur de l'avancement à réaliser.

Le gradin restant est ensuite abattu par enlevures successives de 0<sup>m</sup>,20 à 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur au moyen de mines forées parallèlement à l'axe de la galerie. La plupart des mines sont donc disposées parallèlement à une surface dégagée et il est possible de les comparer entre elles en ne faisant varier que la longueur de la ligne de moindre résistance.

Une première série d'essais, faite en 1926, a montré que les mines disposées comme il vient d'être dit, allument le grisou quand elles sont chargées avec de la Dynamite n° 1 à 75 % de Nitroglycérine et 25 % de Kieselguhr. On peut considérer comme acquis qu'avec les charges de 200 à 600 grammes de cet explosif, qui ont été expérimentées, on allume le grisou à coup sûr, bien que les mines soient normalement bourrées. Les ratés d'inflammation sont rares et sous la dépendance de conditions particulières de tir, qui feront l'objet d'une étude systématique ultérieure.

Par contre, aucune mine chargée avec des explosifs de sûreté n'a allumé le grisou jusqu'à présent. Les charges employées ont varié de 100 à 1.200 grammes par fourneau. Ces mines ont été tirées, les unes avec le bourrage réglementaire, les autres avec bourrage de longueur réduite et d'autres encore sans aucun bourrage.

La méthode des tirs en roches en présence du grisou, inaugurée depuis deux ans à Frameries, est la seule qui soit capable de faire sortir du cadre des discussions académiques la question de savoir s'il existe ou non des explosifs de sûreté. Elle permet de contrôler les conclusions des travaux de laboratoire et semble devoir constituer un précieux fil d'Ariane pour se diriger dans le labyrinthe des théories et des hypothèses. C'est malheureusement une méthode lente à laquelle il ne faut pas

demander de conclusions formelles à trop brève échéance.

Jusqu'à présent, les tirs en roches en milieu grisouteux donnent une réponse affirmative à la question de savoir s'il existe des explosifs de sûreté. Il semble bien que cette dénomination ne soit pas un vain mot et qu'il existe des explosifs antigrisouteux ou tout au moins des circonstances de tir dans lesquelles ces explosifs n'allument pas le grisou.

Tous les explosifs de sûreté essayés ont été déterminés par la méthode des tirs au mortier. Il semble donc que cette méthode simple ne soit pas dépourvue d'intérêt. Les tirs en roches donnent l'impression qu'elle est plutôt sévère.

Les observations faites à ce jour, tant dans les tirs au mortier que dans les tirs en roches, suggèrent les remarques suivantes :

Les réactions qui se passent dans un fourneau de mine sont inaccessibles à l'analyse chimique. Nous n'avons guère d'idées des réactions chimiques qui peuvent se produire sous l'influence combinée des formidables pressions et des températures élevées que développent les explosions. Les analyses chimiques que l'on peut faire, ne peuvent porter que sur des gaz refroidis et détendus, et le refroidissement et la détente sont de nature à modifier l'équilibre en voie d'établissement dans le fourneau de mine au moment où la roche cède. D'autre part, les enveloppes métalliques dans lesquelles on produit les explosions en vue des analyses de gaz, ont toutes chances d'intervenir dans l'établissement de l'équilibre final, et comme on n'opère jamais que sur de faibles charges, les éléments constitutifs du détonateur peuvent également avoir une influence, qui n'est pas négligeable, sur cet équilibre. Enfin, les tirs que l'on peut faire, dans le même but,

dans des blocs de plomb ou dans la terre, ne sont pas comparables au tir en roches, c'est-à-dire au tir dans des fourneaux qui résistent sans déformation jusqu'au moment de la rupture.

Les analyses chimiques sur gaz refroidis et détendus ne permettent donc pas de se rendre compte de ce qui se passe dans un fourneau de mine et ne peuvent qu'induire en erreur. Aussi longtemps que la chimie des hautes pressions ne sera pas plus avancée, on devra se contenter d'hypothèses. Plus que toute autre, la question de l'explosif de sûreté a besoin d'hypothèses successives pour arriver progressivement à la vérité.

Pour certaines densités de chargement, réalisables en pratique, la réaction explosive est nécessairement incomplète et ne peut pas aboutir à l'équilibre définitif donné par l'équation théorique de décomposition de l'explosif. En effet, la pression maximum théorique de l'explosion est donnée par la formule de Noble et Abel :

$$p = \frac{f \Delta}{1 - \alpha \Delta}$$

dans laquelle :

- $f$  est la force de l'explosif,
- $\Delta$  la densité de chargement,
- $\alpha$  le covolume de l'explosif, c'est-à-dire la somme du covolume des gaz et du volume moléculaire des produits solides de l'explosion.

Pour :  $1 - \alpha \Delta = 0$

c'est-à-dire pour une densité de chargement atteignant  $\frac{1}{\alpha}$ , réalisable en pratique, la pression devient infinie.

Pour des densités de chargement plus élevées, la pression deviendrait négative, ce qui est inadmissible.

Pour les mêmes densités de chargement, la vitesse  $V$  de l'onde explosive, ou vitesse de détonation, et la pression explosive  $P$  ou pression de l'onde de choc, données respectivement par les formules approchées de Taffanel et Dautriche :

$$V = 6,41 \frac{\sqrt{f}}{1 - \alpha \Delta}$$

$$P = \frac{2 f \Delta}{1 - \alpha \Delta}$$

deviendraient infinies ou négatives, ce qui est tout aussi absurde.

On est donc amené à admettre que pour les densités de chargement égale ou supérieure à  $\frac{1}{\alpha}$ , le volume des gaz de l'explosion et partant le covolume de l'explosif, n'est pas celui qu'indique l'équation théorique de décomposition. Il faut admettre ou bien qu'une partie de l'explosif ne détone pas, ou bien que la transformation de l'explosif en gaz est complète, mais qu'il ne se forme que des gaz très condensés donnant un minimum de molécules pour le nombre d'atomes disponibles. Dans les deux cas, la réaction explosive est incomplète et ne peut pas aboutir à la transformation intégrale de l'explosif en acide carbonique, vapeur d'eau et azote, comme le voudrait l'équation théorique de décomposition, si l'explosif était à combustion complète. La réaction explosive doit donner moins de gaz et dégager moins de chaleur que ne le voudrait cette équation.

Pour les densités de chargement égale ou supérieure à  $\frac{1}{\alpha}$ , la réaction explosive est donc nécessairement incomplète. Peut-on admettre qu'elle soit complète sous les densités de chargement inférieures à  $\frac{1}{\alpha}$  ?

La Station de Frameries admet depuis longtemps que la réaction explosive est incomplète sous ces densités de chargement, tout au moins au passage de l'onde explosive. Elle a développé sa manière de voir dans plusieurs publications dont la première date de 1914 (1). Elle distingue depuis longtemps dans ce qu'on appelle globalement la réaction explosive :

- 1° des réactions primaires, qui se font au passage de l'onde explosive ;
- 2° des réactions secondaires, qui se font en arrière du front de l'onde explosive, dans les gaz produits au passage de cette onde ;
- 3° des réactions tertiaires résultant du mélange des gaz d'explosifs avec l'air grisouteux.

La question posée plus haut revient donc à dire si les réactions secondaires sont susceptibles d'établir dans le fourneau de mine l'équilibre final indiqué par l'équation théorique de décomposition.

Il semble difficile d'admettre qu'il puisse en être ainsi, à moins de réduire fortement la densité de chargement ou de laisser refroidir les gaz dans le fourneau de mine même.

Un explosif est un système chimique en état de faux équilibre, car son évolution ne présente pas les caractères de la réversibilité. Cette évolution tend vers un état stable définitif donné par l'équation théorique de décomposition et qui correspond à la libération complète de toute l'énergie disponible. Il semble impossible d'admettre qu'avec les explosifs usuels, qui ont des formules complexes ou qui sont des mélanges plus ou moins grossiers, et pour les-

(1) E. LEMAIRE. — Aspect des flammes au tir au mortier. *Annales des Mines de Belgique*, tome XIX (1914), 1<sup>re</sup> livraison.  
E. LEMAIRE. — Considérations sur les explosifs de sûreté et sur leurs essais en galerie. *Annales des Mines de Belgique*, tome XXIII (1922), 3<sup>e</sup> livraison.

quels on peut concevoir toute une série de modes de décomposition, l'état stable définitif puisse être atteint sans passer par toute une série d'états intermédiaires, dans l'établissement desquels la vitesse de formation des divers composés possibles joue un rôle prépondérant.

On peut donc présumer que l'établissement de l'équilibre définitif demande un certain temps que le ralentissement inévitable des réactions en voie d'achèvement doit rendre très appréciable.

D'autre part, il n'est pas établi que l'équilibre final donné par l'équation théorique de décomposition, soit compatible avec les milliers d'atmosphères de pressions qui règnent dans le fourneau de mine, car nous ne connaissons rien de la chimie à ces pressions élevées.

D'après le principe de Le Chatelier, qui rappelle le principe mécanique de l'action et de la réaction, si l'on fait varier l'un des facteurs d'action d'un système en équilibre, celui-ci évolue dans un sens tel qu'il tend à s'opposer à la variation du facteur et à l'annuler partiellement. Si donc on chauffe un système chimique à volume constant, le déplacement de l'équilibre a lieu dans la direction suivant laquelle la réaction se fait avec absorption de chaleur. Si on comprime un système chimique à température constante, le déplacement de l'équilibre a lieu dans la direction suivant laquelle la réaction s'accompagne d'une diminution du nombre de molécules.

Ce principe de Le Chatelier n'est d'application rigoureuse qu'aux systèmes chimiques en état d'équilibre mobile, c'est-à-dire aux systèmes qui présentent les caractères de réversibilité. Mais si on l'étend aux systèmes en état d'équilibre contraint, comme sont les explosifs, il semble qu'on puisse admettre que l'élévation progressive de la température et de la pression pendant le développement de la réaction explosive, doive tendre à

faire évoluer cette réaction dans le sens d'une diminution du nombre de molécules gazeuses produites et dans le sens d'un dégagement de chaleur moins important que ne le voudrait l'équation théorique de décomposition.

Il semble qu'il ne puisse pas y avoir de réaction explosive complète dans un fourneau de mine, et que sous les densités de chargement usuelles, les réactions secondaires elles-mêmes doivent être incomplètes. Les fumées opaques et les flammes qui accompagnent les tirs, sont une preuve manifeste de ces réactions incomplètes.

Dans ces conditions, la sécurité du tir en milieu inflammable dépendrait :

- 1° du degré d'achèvement des réactions au commencement de l'échappement et de la détente des gaz ;
- 2° de l'aptitude des réactions secondaires à s'achever pendant la détente en entretenant la température des gaz ;
- 3° de la composition, de la pression et de la température du mélange réalisé par les gaz d'explosifs avec l'air grisouteux, c'est-à-dire de la possibilité du développement d'une flamme tertiaire dans le mélange.

Sous une densité de chargement assez faible pour permettre un achèvement convenable des réactions avant rupture de la roche, tous les explosifs à combustion complète sont vraisemblablement de sécurité, car il y a lieu de croire que les gaz d'explosifs se mêlent presque instantanément à l'air grisouteux (2) et, ainsi que nous le verrons plus loin, il est assez aisé de rendre les mélanges grisouteux ininflammables par addition de gaz incombustibles.

(2) E. LEMAIRE. — Inflammation du grisou par les lampes et les explosifs. *Annales des Mines de Belgique*, tome XXV (1924), 1<sup>re</sup> livraison.

E. LEMAIRE. — Etude sur le problème de l'explosif de sûreté. *Annales des Mines de Belgique*, tome XXVII (1926), 2<sup>e</sup> livraison.

Certains tirs, effectués avec la Dynamite n° 1 sous densité de chargement réduite, semblent indiquer qu'il en est bien ainsi. Ce point fera l'objet d'une étude systématique en 1928.

L'aptitude des réactions secondaires à s'achever pendant la détente semble dépendre en principe de l'énergie chimique qui reste disponible au moment où la roche cède. Si cette énergie est considérable et si, partant, les réactions secondaires se continuent avec violence pendant la détente, le mélange de ces gaz en réaction vive avec l'air grisouteux a toutes chances de brûler à son tour. Pour ce motif, les explosifs très puissants, dont il est difficile de proportionner toujours exactement la force à l'effet à obtenir, ne seront jamais des explosifs de sûreté, si ce n'est entre les mains d'un virtuose du tir en atmosphère grisouteuse.

La composition de l'explosif a une influence manifeste sur l'aptitude des réactions secondaires à s'achever pendant la détente. La Dynamite n° 1, par exemple, détone de manière beaucoup plus complète à l'air libre que les explosifs de sûreté, ce qui indique une plus grande aptitude à l'achèvement des réactions secondaires pendant la détente. Il semble que pour cet explosif, la détente ne contrarie pas outre-mesure l'achèvement des réactions secondaires, ce qui le rend dangereux. Les explosifs de sûreté, au contraire, détonent de manière très incomplète dans les tirs à l'air libre et dans les tirs au mortier, ce qui semble indiquer que pour ces explosifs, la détente des gaz contrarie fortement l'achèvement des réactions secondaires, et c'est probablement ce qui fait la sécurité de ces explosifs. Les tirs au mortier, comme indicateurs de l'aptitude des réactions secondaires à s'achever, ne seraient pas dépourvus d'intérêt.

Comme circonstances qui sont de nature à contrarier l'achèvement des réactions secondaires pendant la

détente, on peut citer la présence de Chlorure de Sodium dans l'explosif, l'emploi de la gaine de sûreté, l'emploi du bourrage extérieur pour le cas où la mine fait canon, et la présence d'humidité dans le fourneau de mine.

La plupart des explosifs de sûreté renferment une proportion de Chlorure de Sodium de l'ordre de 20 à 25 % et il n'est pas douteux que ce corps ait une action spécifique sur la sécurité des explosifs. L'addition de ce sel diminue la température d'explosion et le covolume de l'explosif, et partant la pression maximum d'explosion, mais tout autre corps inerte de même capacité calorifique et de volume moléculaire analogue, jouerait le même rôle. Ce n'est donc pas là qu'il faut chercher l'explication de l'action spécifique incontestable de ce sel sur la sécurité. Cette explication semble devoir être cherchée dans ses propriétés physiques. Le Chlorure de Sodium fond à 800° et il émet déjà des vapeurs à cette température. On ne peut pas affirmer qu'il fond et se volatilise dans le fourneau de mine, car on ne connaît pas ses températures critiques. La pression de l'explosion le maintient probablement à l'état solide, mais il est possible qu'il se volatilise brusquement en absorbant la chaleur des gaz, quand la pression diminue au moment de la détente. La présence dans les gaz qui se détendent et qui se mêlent à l'air, d'un sel de l'espèce dont les points de fusion et de volatilisation sont rapprochés, ne semble pas favorable au développement d'une flamme dans ces gaz, en raison des quantités de chaleur qu'il peut absorber sous forme de chaleur latente.

L'ionisation de ce corps pourrait peut-être fournir également une explication de la sécurité qu'il apporte aux explosifs. Nous commencerons cette étude en 1928.

Des tirs effectués en 1926 et 1927 à la galerie du Bois de Colfontaine, ont montré que la gaine de sûreté est un

moyen certain de sécurité, ce qui peut être attribué à ce qu'elle ajoute aux gaz qui se détendent et qui se mêlent à l'air grisouteux, des matières extinctives et notamment du Chlorure de Sodium, qui s'opposent au développement d'une flamme dans ces gaz.

L'effet du bourrage extérieur dans le cas où la mine fait canon n'est plus à démontrer. Il a été prouvé à suffisance dans les tirs au mortier.

Nous avons observé que l'humidité des fourneaux de mine semblait avoir également une influence sur la sécurité du tir. Dans le voisinage de grosses cassures de terrain rencontrées par la galerie de Colfontaine et à l'occasion de grandes pluies, quelques fourneaux de mine étaient humides au moment où on les a chargés. Avec la Dynamite n° 1, certains fourneaux très humides n'ont pas allumé le grisou, ce qui provient vraisemblablement d'une action sur les réactions secondaires. Quand on chargeait ces fourneaux avec des explosifs de sûreté, on entendait à peine la détonation, bien que les mines aient produit un certain effet utile.

La longueur de la ligne de moindre résistance du fourneau de mine semble avoir aussi une influence sur la sécurité du tir. L'explosion détermine une fissuration de la roche avec déplacement des fragments créant des passages par lesquels les gaz se répandent dans l'atmosphère. Le temps nécessaire à l'ouverture des passages échappe au calcul. Il dépend du temps nécessaire à la propagation des fissures et de l'accélération communiquée aux fragments de roches par la pression des gaz. Cette accélération dépend du taux de la pression réalisée dans le fourneau de mine au moment où la roche cède et de la masse des fragments, qui dépend de la longueur de la ligne de moindre résistance. De cette longueur dépend donc la vitesse d'ouverture des passages de gaz et le temps disponible

pour l'achèvement des réactions secondaires dans la mesure où cet achèvement est compatible avec la pression réalisée. De là une influence possible sur la sécurité avec certains explosifs.

De la longueur de la ligne de moindre résistance dépend également la durée de contact entre les fragments de la roche disloquée et les gaz qui s'échappent, contact qui refroidit ces gaz. De là également une influence possible sur la sécurité. L'étude de cette influence de la longueur de la ligne de moindre résistance est au programme de 1928.

Dans le courant de cette année, nous avons commencé l'étude des conditions de température à réaliser pour qu'une flamme puisse se développer dans les mélanges de gaz d'explosif et d'air grisouteux. La première partie de cette étude, relative aux mélanges d'air grisouteux et d'acide carbonique, a paru dans la quatrième livraison des *Annales des Mines de Belgique* de 1927 (3).

En étudiant à la température ordinaire l'action de l'acide carbonique sur les limites d'inflammabilité des mélanges d'air et de grisou, Coward et Hartwell (4) ont montré que l'addition de quantités croissantes d'acide carbonique à ces mélanges avait pour effet de rapprocher l'une de l'autre les limites supérieure et inférieure d'inflammabilité. Pour 25 % d'acide carbonique, ces limites se confondent et s'établissent à 7,3 % de méthane. Il en résulte qu'à la température ordinaire, les mélanges d'air grisouteux qui renferment plus de 25 % d'acide carbonique, sont ininflammables.

Nous avons recherché l'influence de la température sur l'inflammabilité des mélanges d'air grisouteux et d'acide

(3) DE BOOSERÉ. — Limites d'inflammabilité. *Annales des Mines de Belgique*, tome XXVIII (1927), 4<sup>e</sup> livraison.

(4) COWARD et HARTWELL. — The Limits of Inflammability of Firedamp in Atmospheres which contain Blackdamp. — *Safety in Mines Research Board*, Paper n° 19.

carbonique et nous avons constaté que pour chaque température, il existe une teneur en acide carbonique pour laquelle les limites inférieure et supérieure d'inflammabilité des mélanges grisouteux se confondent, et au delà de laquelle les mélanges d'air grisouteux et d'acide carbonique sont ininflammables.

La teneur en méthane correspondant à la limite mixte d'inflammabilité diminue à mesure que la température s'élève. Pour 600°, cette limite mixte correspond à 5 % de méthane et à 45,5 % d'acide carbonique. A 900°, la limite mixte correspondrait à 2,75 % de méthane et à 67,5 % d'acide carbonique.

On voit donc que jusque vers 600°, il suffit largement d'ajouter un volume d'acide carbonique à un volume d'air grisouteux à n'importe quelle teneur en méthane pour que le mélange réalisé soit ininflammable. Entre 600 et 900°, il suffit d'ajouter deux volumes d'acide carbonique à un volume d'air grisouteux à n'importe quelle teneur en méthane pour rendre le mélange ininflammable.

L'étude continue pour l'azote et la vapeur d'eau.

Ces résultats sont très intéressants au point de vue du mécanisme d'inflammation du grisou par les explosifs et au point de vue de la théorie de la sécurité du tir exposée par Frameries dans le rapport sur les travaux de 1926 (5), et d'après laquelle la sécurité du tir dépendrait de la composition, de la pression et de la température des mélanges réalisés par les gaz d'explosifs avec l'air grisouteux, c'est-à-dire de la possibilité du développement d'une flamme tertiaire dans le mélange.

Il semble aisé de réaliser un mélange ininflammable d'air grisouteux et de gaz d'explosif dans le voisinage immédiat d'un fourneau de mine.

(5) E. LEMAIRE. — Rapport sur les travaux de l'Institut National des Mines pendant l'année 1926. *Annales des Mines de Belgique*, tome XXVIII (1927), 1<sup>re</sup> livraison.

Un certain nombre de mines ont été tirées par salves dans le courant de cette année, à la galerie de Colfontaine, afin de faire un premier contrôle du danger que peut présenter le tir simultané de plusieurs mines. Des salves de deux et trois mines ont été tirées sans inflammation du grisou.

Les tirs de cette année ont montré également que la formule réglementaire qui fixe la longueur du bourrage en Belgique, est largement suffisante avec les explosifs de sûreté. Cette formule prévoit une longueur de 20 centimètres pour les premiers cent grammes de la charge, avec addition de 25 millimètres pour chaque centaine de grammes ajoutée, sans toutefois qu'il soit nécessaire de dépasser 40 centimètres.

Dans un grand nombre de tirs, la longueur du bourrage a été réduite systématiquement à 10 centimètres et le bourrage a même été supprimé, sans amener l'inflammation du grisou. L'importance du bourrage au point de vue de la sécurité du tir, semble avoir été fortement exagérée.

Les résultats obtenus au Bois de Colfontaine avec les explosifs de sûreté, nous ont amené à réexaminer les procès-verbaux des accidents de grisou survenus en Belgique depuis l'armistice et attribués aux explosifs de sûreté.

Toutes les mines qui ont allumé le grisou ont été tirées avec amorçage inverse, soit que le détonateur ait été placé vers le milieu de la charge, soit qu'il ait été placé entre la dernière et l'avant-dernière cartouche introduite. On sait que l'amorçage inverse fait tomber les charges limites dans les tirs au mortier. Avec cet

amorçage, la pression de l'onde de choc est dirigée vers le bourrage et l'orifice du fourneau, ce qui n'est pas recommandable en principe.

Certaines des mines qui ont allumé le grisou avaient été bourrées avec des poussières provenant du forage des fourneaux, autant dire avec des poussières charbonneuses. Une mine, chargée de grisou-naphtalite-couche, avait été bourrée en partie avec du papier provenant de l'emballage des cartouches.

L'expérience de Colfontaine montre d'autre part qu'il n'est pas toujours facile d'introduire correctement la charge dans un fourneau de mine en amenant toutes les cartouches en contact les unes avec les autres. Il arrive que des cartouches se bloquent en cours d'introduction et refusent d'avancer. La lecture des procès-verbaux d'accidents dus à l'emploi des explosifs montrent que cette difficulté d'introduction des cartouches dans les fourneaux se rencontre également dans les mines. Des explosions prématurées de charges se sont produites à la suite des manœuvres auxquelles se livraient les boutefeux pour faire avancer une cartouche bloquée. Avec des explosifs de sûreté, qui ont relativement peu d'aptitude à la détonation, l'espacement des cartouches, qui peut résulter de cette difficulté d'introduction, aurait des inconvénients et pourrait amener des détonations anormales.

Il arrive également que des boutefeux compriment fortement les explosifs dans les fourneaux de mine, ce qui peut amener également des détonations anormales. Il faut éviter ces compressions avec les explosifs de sûreté. Il suffit d'amener simplement les cartouches en contact les unes avec les autres.

L'état de conservation des explosifs peut également avoir une influence sur la sécurité du tir, car les explosifs qui ont pris trop d'humidité, détonent mal.

Etant donnés les résultats obtenus jusqu'à présent à la galerie du Bois de Colfontaine, il est impossible de passer condamnation des explosifs de sûreté, en se basant sur ces accidents. On ne peut le faire qu'en admettant *a priori* que les explosifs ont été correctement employés, ce qui n'est pas démontré.

Il importe de surveiller de très près l'éducation professionnelle des boutefeux, afin d'obtenir un emploi absolument correct des explosifs. Il importe notamment de leur recommander de ne pas comprimer les explosifs de sûreté dans les fourneaux de mine et de s'assurer avant l'introduction de la charge, que les fourneaux ont en tous points une section permettant un passage facile des cartouches. Les fourneaux trop étroits doivent être élargis avant chargement.

## II. — Etudes sur le matériel électrique antigrisouteux.

Dans le courant de cette année, le projet de règles à observer pour la construction du matériel électrique antigrisouteux, proposé par l'Institut National des Mines, a été approuvé par la Commission consultative permanente pour l'électricité. Ce projet a été publié dans le rapport sur les travaux de l'Institut pendant l'année 1926 (5).

Aucun appareil construit conformément à ces règles n'a allumé le grisou au cours des essais effectués cette année à Frameries. On peut entrevoir le moment où les essais deviendront inutiles et où il suffira d'un contrôle des dimensions pour pouvoir dire si le matériel est antigrisouteux.

Certaines dimensions prévues dans les règles proposées ont pu paraître sévères, mais il ne faut pas perdre de vue que dans la mine, les montages et démontages d'enveloppes ne peuvent pas toujours se faire avec le même soin

qu'à la surface. Pour ce motif, on ne peut pas se contenter de dimensions déterminées par des travaux de laboratoire. Il faut affecter ces dimensions de forts coefficients de sécurité.

L'exemple de la lampe à benzine, qui a été reconnue de sécurité dans tous les pays miniers et qui a néanmoins occasionné des accidents de grisou parce que certains de ses organes étaient trop délicats d'entretien et se déformaient, montre qu'il faut se défier de l'usure et des déformations du matériel de mine. Il importe donc d'adopter des dimensions qui, sans être exagérées, puissent supporter une certaine usure, des erreurs involontaires de montage, des déformations et augmentations de section, non constatées, des passages d'air, sans que le matériel devienne dangereux.

Nous estimons en conséquence qu'il y a lieu de s'en tenir aux dimensions proposées.

## III. — Inflammation du grisou par les étincelles de choc ou de frottement.

Des accidents de grisou survenus en Belgique ont attiré à nouveau l'attention sur les étincelles produites dans la mine par le choc ou le frottement des outils sur les roches ou des roches sur les roches, et sur le danger des étincelles que l'on observe parfois dans les jets d'air comprimé.

### *Constatations dans les mines belges.*

Le 1<sup>er</sup> décembre 1921, une inflammation de grisou s'est produite au puits n° 12 de la concession de l'Agrappe, au sommet d'un montage en veine que l'on purgeait de grisou par une chasse d'air comprimé.

La tuyauterie d'air comprimé était terminée par deux tuyaux flexibles en caoutchouc avec ajutage en fer à leurs

extrémités. Au moment de l'accident, ces tuyaux flexibles étaient déconnectés des marteaux-pics qu'ils alimentaient. Aucun ouvrier et aucune lampe ne se trouvaient dans le montage.

L'inflammation du grisou s'est produite une demi-minute environ après l'ouverture d'un robinet installé sur la conduite d'air comprimé dans la voie horizontale aboutissant au pied du montage. Les témoins entendirent le bruit d'une explosion et ils virent un tourbillon de poussière sortir du montage.

En visitant la voie montante après l'accident, on constata que deux toiles goudronnées qui servaient à conduire l'aérage à front du montage se consumaient. Au contact de ces toiles, un tronçon d'un des tuyaux flexibles se consumait également. Ce tronçon était percé d'un petit trou, mais l'enquête n'a pas pu établir nettement si ce trou existait au moment de l'accident où s'il s'est produit lors des essais que l'on a fait subir ensuite au tuyau.

L'accident peut être attribué, soit directement aux étincelles qui ont pu s'échapper des tuyauteries d'air comprimé, soit à l'inflammation des toiles goudronnées par ces étincelles, soit à l'inflammation du caoutchouc d'un des tuyaux flexibles par le frottement de l'air qui s'échappait à l'endroit où ce tuyaux était percé.

Deux inflammations de grisou survenues respectivement le 24 janvier 1920 au puits du Quesnoy des Charbonnages du Bois du Luc et le 17 mars 1924 au puits n° 4 du Charbonnage du Nord de Charleroi, ont été attribuées par les témoins aux étincelles produites par le choc d'un outil sur des rognons de sidérose plus ou moins mélangée de pyrite. Les inflammations ont coïncidé avec la production de ces étincelles. Les lampes en usage dans les chantiers sinistrés, seules autres causes d'inflammation possibles, ont été trouvées en bon état.

Deux autres inflammations de grisou ont coïncidé l'une avec la mise en action d'un marteau perforateur au toit d'une galerie, l'autre avec une chasse d'air comprimé faite dans le but d'évacuer une accumulation de grisou au sommet d'un bouveau montant. Certaines lampes en service dans ces chantiers n'étaient pas absolument irréprochables, en sorte qu'il n'est pas absolument certain que ces accidents aient été causés par des étincelles.

Dans d'autres accidents, la question de l'inflammation du grisou par des étincelles a été envisagée également, mais d'une manière plus dubitative encore.

#### *Observations dans les mines à l'étranger.*

Coward et Wheeler (6) signalent que les étincelles produites par le rouet à silex, qui a été utilisé autrefois pour l'éclairage des mines, ont allumé le grisou à diverses reprises.

Ils rappellent que l'on a considéré un éboulement du toit comme cause possible d'une explosion survenue en 1918 à la mine Minnie. Au moment de la chute du toit, annoncée par un fléchissement progressif et par des craquements, on avait observé une lueur blafarde d'une durée de plusieurs secondes.

Des observations semblables auraient été faites en 1886 en Moravie et en Haute-Silésie.

#### *Expériences de laboratoire à l'étranger.*

De nombreux expérimentateurs ont tenté de produire l'inflammation du grisou par des étincelles de choc ou de frottement.

Coward et Wheeler (6) citent les suivantes :

En 1886, Mayer, en Autriche, ne réussit qu'une seule fois, au cours d'une longue série d'essais, à enflammer le

(6) COWARD et WHEELER. — The Ignition of Firedamp. — Safety in Mines Research Board. Paper n° 8.

grisou par les étincelles produites au moyen d'un disque de grès tournant au contact d'une tôle d'acier. Au contact d'un bloc de grès, il obtint par contre des inflammations régulières.

Wullner et Lehman utilisèrent sans succès les étincelles brillantes que donne le fer en brûlant dans l'air.

Mallard, Le Chatelier et Chesneau échouèrent de même en forant une pierre dure ou en pressant une barre d'acier contre une meule d'émeri.

En 1913, Stirling et Cadman parvinrent à allumer le grisou en faisant tourner rapidement un disque de grès bitumineux à grain fin de la mine Belle-Vue (Alberta, Canada) contre un bloc de même matière ou en broyant le même grès dans un moulin à silex, en acier.

En Angleterre, à Eskmeals et Sheffield, un dispositif consistant en une chambre d'explosion remplie d'un mélange grisouteux au sein duquel une meule tournait rapidement au contact d'un outil ou d'un fragment de roche, ne donna que des résultats négatifs. On a utilisé des disques de grès, d'acier, de pierre « Bulldog » et d'émeri tournant au contact d'acier doux, d'acier à outil, de pierre « Bulldog », de grès et de grès bitumineux d'Alberta.

Les expériences ont été reprises ensuite en exerçant de fortes pressions sur les surfaces en contact.

En exerçant un effort d'une tonne sur un rail appliqué sur une roue d'acier de 40 centimètres de diamètre, tournant à 1.120 tours par minute, et en versant du sable entre les surfaces en contact pour produire de brillantes étincelles, on n'a pas allumé un mélange grisouteux à 8 % de méthane, bien que le métal fut porté au rouge. Mais avec une pression moitié moindre, on a obtenu l'inflammation en plaçant contre la roue un écran pour concentrer les étincelles.

On a obtenu également l'inflammation avec un certain échantillon de grès maintenu avec une pression convenable contre une meule de grès. Les étincelles avaient une coloration rouge sombre et il se produisait une lueur rouge au point de contact.

A la vitesse de 760 tours à la minute, ni la roue d'acier de 40 centimètres de diamètre, au contact d'un outil d'acier doux ou d'un bloc de carborandum ou d'aloxite, ni une roue de carborandum au contact d'un outil d'acier dur ou d'acier au tungstène, n'a allumé le grisou, que l'on interposât ou non un écran sur le trajet des étincelles.

#### *Les expériences de laboratoire de Frameries*

En 1905, une première série d'essais a été faite par Watteyne et Stassart en installant dans la galerie d'essais des explosifs une meule d'émeri de 50 centimètres de diamètre contre laquelle un levier permettait d'appliquer les substances à étudier. On a meulé successivement du fer, de l'acier, du bronze phosphoreux, du cuivre et des rognons de pyrite ou de sidérose.

La gerbe d'étincelles était très nourrie et atteignait parfois 40 à 50 centimètres de longueur. Le grisou n'a été allumé en aucun cas.

Les expérimentateurs ont alors ajouté de l'Hydrogène à l'air grisouteux, et à partir d'une teneur de 3 % d'Hydrogène et de 7 % de grisou, des explosions ont été constatées.

A la suite des accidents de grisou mentionnés ci-dessus, les essais ont été repris en utilisant des meules d'acier et des meules d'émeri de 12 centimètres de diamètre, tournant à 3.000 tours à la minute. Des échantillons divers d'acier à outil, de cuivre, de bronze et d'aluminium, et des échantillons de roches diverses, grès, pyrite,

sidérose, ont été meulés sans réussir l'inflammation du grisou.

Le même insuccès a été constaté avec des barres d'acier que l'on avait aimantées en vue de réduire la vitesse de translation des particules enflammées et d'augmenter la durée de contact entre ces particules et le milieu grisouteux.

Un marteau perforateur, dont le fleuret plein pénétrait seul dans la galerie d'essais des explosifs pour éviter la dilution du mélange grisouteux, a été mis en action sur des roches dures, sans inflammation du grisou.

Des essais effectués en 1909 (7) avaient montré que les étincelles de Ferro-Cérium, qui sont très chaudes, allumaient très facilement le grisou, bien que ces étincelles soient très ténues. Ce fait tendait à démontrer que le danger d'inflammation par les étincelles de choc ou de frottement dépendait surtout de la température des étincelles. Pour élever la température des étincelles, des barres d'acier chauffées par résistances électriques ont été meulées. Pour éviter toute autre cause d'inflammation, la meule et la barre chauffée furent placées à l'extérieur de la chambre d'explosion et les étincelles lancées dans cette chambre par une ouverture qu'on démasquait au dernier moment. Même en portant la température de la barre à 400°, il a été impossible de réaliser l'inflammation du grisou.

Le chauffage préalable du mélange grisouteux à des températures atteignant 600°, n'a pas augmenté le danger d'inflammation du méthane.

On n'a obtenu l'inflammation du grisou, avec le dispositif expérimental ci-dessus, qu'en dirigeant un jet d'Oxy-

(7) WATTEYNE et LEMAIRE. — Essais sur le rallumeur au Ferro-Cérium. *Annales des Mines de Belgique*, tome XIV (1909).

gène pur sur le point de contact de la meule et de la barre d'acier, de manière à obtenir des étincelles très chaudes.

Nous nous sommes préoccupés également de rechercher si les gerbes d'étincelles ne pouvaient pas enflammer le grisou par intermédiaire, c'est-à-dire en allumant d'abord une autre substance plus facilement inflammable et qui mettrait ensuite le feu au grisou. Des jets d'étincelles ont été dirigés sur diverses matières combustibles en milieu grisouteux, sans déterminer une combustion capable d'allumer le grisou.

Déjà, lors des premiers essais, Watteyne et Stassart avaient fait des essais dans le même ordre d'idées. Ils avaient dirigé des gerbes d'étincelles sur de la graisse de guidage métallique des puits et avaient constaté que cette graisse subissait un commencement de combustion et que son aspect luisant devenait terne, mais sans inflammation du grisou.

De l'ensemble des constatations faites, il résulte qu'il est très difficile d'allumer le grisou par les étincelles de choc ou de frottement, et il est heureux qu'il en soit ainsi. Ce n'est que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles que l'étincelle pourrait être suffisamment chaude pour allumer le grisou.

Du point de vue théorique, la température d'une particule incandescente dépend de sa capacité calorifique, des réactions chimiques dont elle est le siège et de la quantité de chaleur que lui a communiquée le choc ou le frottement qui l'a arrachée de son support. Cette quantité de chaleur dépend de l'énergie du choc ou du frottement et de la masse des particules sur lesquelles la percussion ou le frottement s'exerce en même temps. Il suffit d'un frottement peu énergique pour porter des particules à l'incandescence, si ce frottement se concentre sur quelques particules.

C'est ainsi qu'en frottant l'un contre l'autre, au moyen des mains, des substances dures et rugueuses telles que des fragments de faïence, on en détache facilement des particules incandescentes, parce que ce frottement, peu énergétique en soi, ne s'exerce que sur un petit nombre de particules dures formant aspérités à la périphérie des surfaces frottantes.

Les expériences tendent à démontrer que si la température des particules ne dépend que de l'apport de chaleur résultant des chocs et frottements, sans intervention de réactions chimiques, la température ne sera jamais suffisante pour allumer le grisou dans la pratique des mines.

Si à la suite de cette première élévation de température due au choc ou au frottement, la particule est le siège de réactions chimiques, la température sera plus élevée et le danger d'inflammation du grisou plus grand. Il semble cependant que si la réaction chimique se borne à la combustion du fer dans l'air, il n'y ait pas matière à grande préoccupation au point de vue de l'inflammation du grisou dans la mine.

Nous entrons dans l'inconnu si la particule est le siège d'autres réactions chimiques que la combustion du fer. Ces réactions pourraient être la combustion du carbone ou des matières volatiles d'un grès bitumineux. Nos études continuent dans cet ordre d'idées.

Nous recherchons également si les roches réputées comme donnant lieu à des étincelles sous le choc des outils, ne dégagent pas de gaz plus inflammables que le méthane, par broyage et meulage à diverses températures et à divers degrés d'humidité. Jusqu'à présent, nous avons surtout retiré de l'acide carbonique de ces roches, mais notre étude est à ses débuts.

Nous nous préoccupons également de déterminer les charges électriques positives ou négatives que portent les

particules enflammées et de déterminer le degré d'ionisation de l'air grisouteux dans lequel pénètrent ces particules, afin de voir si l'inocuité des particules de fer n'est pas due à des phénomènes de répulsion entre charges de même signe.

Dans deux des accidents mentionnés ci-dessus, les étincelles que l'on observe parfois dans les jets d'air comprimé ont été mises en cause. Dans la mine, il suffit de battre une tuyauterie d'air comprimé, pour observer des étincelles dans le jet d'air comprimé sortant d'un *ajutage* fixé sur cette conduite. Les étincelles sont d'autant plus nombreuses que la conduite est plus usagée, c'est-à-dire plus oxydée à l'intérieur.

On reproduit très facilement l'expérience au laboratoire.

Si on introduit de la limaille de fer dans une tuyauterie terminée par un *ajutage* et qu'on alimente cette conduite en air comprimé à quelques atmosphères de pression, une belle gerbe d'étincelles sort de l'*ajutage*. Le frottement des particules contre les parois de l'*ajutage* les porte à l'incandescence.

Si on dispose à quelque distance de l'*ajutage*, un obstacle quelconque, de nouvelles et nombreuses étincelles s'allument contre l'obstacle. La vitesse des particules est telle qu'elles peuvent être portées à l'incandescence par arrêt brusque.

Les étincelles des tuyauteries d'air comprimé ont des chances d'être plus chaudes que les étincelles ordinaires, parce que l'action chimique est plus intense en milieu comprimé. D'autre part, certaines particules subissent à la fois un frottement contre les parois de l'*ajutage* et un arrêt brusque par choc contre les obstacles qu'elles ren-

contrent, ce qui constitue une double cause d'échauffement mécanique.

Jusqu'à présent, nous ne sommes pas parvenus à enflammer le grisou par ces étincelles. L'air comprimé dilue immédiatement le mélange grisouteux et l'expérience ne peut pas être prolongée. Les accidents de grisou mentionnés ci-dessus montrent cependant qu'il y a lieu de se préoccuper de cette cause de danger.

A la suite de ces accidents, il a été interdit de recourir à des chasses d'air comprimé pour évacuer les accumulations locales de grisou.

Comme mesure qui pourrait être préconisée pour empêcher la formation de ces étincelles, on peut citer l'emploi de tuyauteries en métal autre que le fer, mais c'est là une solution trop coûteuse. On peut également se préoccuper de rendre le métal des tuyauteries inoxydable. Jusqu'à présent, nous n'avons pas pu faire d'essai sur ce moyen.

Nous nous sommes préoccupés d'arrêter les particules près de la sortie des tuyauteries et nous y sommes parvenus d'une manière relativement simple. En intercalant dans une tuyauterie d'air comprimé de 50 millimètres de diamètre un tube de 230 millimètres de diamètre et de 1<sup>m</sup>,25 de longueur, muni à l'intérieur d'un disque en tôle de 180 millimètres de diamètre, contre lequel le courant vient se briser, on supprime toutes les étincelles, tant à la sortie de l'ajutage qui termine la tuyauterie au delà du dispositif d'arrêt, que contre les obstacles placés devant l'ajutage.

Des particules extrêmement fines sortent cependant encore de l'ajutage, mais sans donner d'étincelles visibles. En tamisant la limaille de fer, nous avons constaté d'ailleurs que les particules qui passent à travers un tamis

de 500 mailles par centimètre carré, ne donnaient pas d'étincelles.

On peut arrêter complètement les particules, même les plus fines, en plaçant un ajutage à l'endroit où la tuyauterie de 50 millimètres pénètre dans le tube de 230 millimètres, de manière à augmenter la vitesse avec laquelle les particules sont lancées contre le disque brise-courant.

On constate qu'une partie de la limaille de fer se colmate sur le disque brise-courant, le reste s'accumule à l'intérieur du dispositif d'arrêt, qui doit être nettoyé périodiquement.

#### IV. — Etudes sur les dégagements instantanés de grisou.

Comme il a été dit dans le rapport sur les travaux de l'Institut National des Mines pendant l'année 1926, il est impossible d'avancer dans la question des dégagements instantanés de grisou et de donner des bases scientifiques aux méthodes d'exploitation des couches sujettes à ces accidents, sans déterminer l'état du grisou dans la houille.

Si on étudie la répartition du grisou dans le bassin houiller du Sud de la Belgique, on constate que la teneur en grisou augmente du Nord au Sud, c'est-à-dire suivant une direction perpendiculaire au grand axe du bassin. Sur tout son développement, de la frontière allemande à la frontière française, le bord Nord du bassin ne comprend que des mines sans grisou ou peu grisouteuses, tandis que les mines du bord Sud sont très grisouteuses ou à dégagements instantanés de grisou. Dans le bassin de Charleroi, pour lequel la synonymie des couches est la mieux établie, les mêmes couches donnent lieu à des dégagements instantanés vers le bord Sud, alors qu'elles sont sans grisou sur le bord Nord.

En suivant les couches dans leur ordre de superposition, on constate que le faisceau supérieur à haute teneur

en matières volatiles ne renferme pas de grisou. Ce gaz apparaît et devient plus abondant à mesure qu'on descend dans la série. Ce sont les couches inférieures du bassin, c'est-à-dire celles dont la teneur en matières volatiles est inférieure à 22 %, qui donnent lieu aux dégagements instantanés de grisou. Il est à remarquer que dans la partie Nord du gisement, le faisceau correspondant comme teneur en matières volatiles est très peu grisouteux ou ne renferme pas de grisou.

Pour déterminer la cause de ces variations dans la teneur en grisou, il est nécessaire de faire pour les diverses parties du bassin, l'étude complète de la structure de la houille, ainsi que de la composition et des propriétés physico-chimiques de ses constituants.

Nous avons donc commencé l'étude comparée des charbons belges à ces divers points de vue et parallèlement l'étude de la décomposition des végétaux sous l'influence des ferments. Comme végétaux, nous avons choisi ceux qui ont de l'analogie avec les végétaux de la flore houillère, les Lycopodiacées et les Equisetacées, très communs dans les endroits humides de notre pays.

Sous l'action microbienne, l'eau dans laquelle macèrent ces végétaux, se charge d'une matière colloïdale qu'il est possible de faire flocculer. C'est vraisemblablement de cette matière colloïdale profondément modifiée, que dérive la substance amorphe, d'aspect brillant, qui forme la partie essentielle de la houille. Cette substance amorphe enrobe en proportions diverses des corps figurés, qui représentent les parties des végétaux les plus résistantes à l'action microbienne, telles que exines de spores, cuticules, grains de résines et fusain.

On sait que les gels de matières colloïdales acquièrent une grande porosité par la dessiccation. C'est ainsi qu'on évalue à 450 mètres carrés la surface représentée par un

gramme de gel de silice desséché à 18 % d'eau. Les gels obtenus par macération de matières végétales semblent se former avec beaucoup moins d'eau que les gels de silice et sont donc vraisemblablement beaucoup moins poreux après dessiccation. Néanmoins, les surfaces d'absorption pour le grisou qu'ils représentent, sont peut-être considérables. C'est ce que nos études ultérieures chercheront à déterminer. Nous nous proposons de rechercher si ce n'est pas dans la variation de la composition et de la structure de ces gels que réside le secret de l'inégale répartition du grisou dans la houille.

#### V. — Etudes sur les hydrocarbures liquides de synthèse.

Les travaux sur la distillation à basse température ont été continués pendant l'année sous rapport. Ils ont eu spécialement pour objet l'obtention d'un semi-coke bien aggloméré, malgré les difficultés provenant de l'obligation où l'on se trouve en Belgique de traiter des mélanges éminemment variables de charbons provenant de plusieurs couches.

Dans les houilles que nous avons étudiées jusqu'à présent, la substance amorphe d'origine colloïdale qui constitue principalement le vitrain et le clarain, est le constituant le plus riche en matières volatiles et en constituant  $\gamma$ , donc en résines. Celles-ci sont très intimement mêlées à la masse. C'est la substance amorphe qui a l'indice agglutinant le plus élevé. Pour le vitrain et le clarain de certains charbons, cet indice dépasse 21.

La substance amorphe est pratiquement le seul constituant qui gonfle à la distillation. L'indice de gonflement, défini comme étant le rapport des volumes occupés par le charbon avant et après la distillation, dépasse 4,5 avec le vitrain ou le clarain de certains charbons.

Le durain, qui forme des lentilles ou des lits plus ou moins épais dans les couches, et qui est constitué par des exines de spores et des tissus végétaux en voie de gélification, enrobés dans la substance amorphe, est comparable au vitrain et au clarain comme teneur en matières volatiles, mais sa teneur en constituant  $\gamma$  est de beaucoup inférieure. Il en est de même de son indice agglutinant qui est de l'ordre de la moitié de celui du vitrain et du clarain. Le durain ne gonfle guère à la distillation; son indice de gonflement est pratiquement nul.

Le fusain, qui forme également des lits dans les couches, est le constituant le plus pauvre en matières volatiles et en constituants  $\gamma$ . Son indice agglutinant est de l'ordre du quart de celui du vitrain et du clarain. Il ne gonfle pas non plus à la distillation.

Ces constituants, vitrain, clarain, durain et fusain sont inégalement répartis dans les couches et dans le charbon d'une même couche, et leur composition varie également d'une couche à l'autre. Cette variation est surtout grande dans les couches à haute teneur en matières volatiles. Les charbons maigres semblent plus homogènes. De là, la difficulté d'obtenir des produits réguliers dans la distillation à basse température des charbons gras, quand on doit traiter des mélanges quelconques de charbons provenant de nombreuses couches minces.

Le four destiné à la mise au point du mode opératoire que nous avons étudié pour éviter le gonflement des charbons, ne nous a été livré que vers la fin de décembre de l'année en cours. Il est en montage et ses essais commenceront incessamment.

Dans le courant de cette année, nous avons étudié également la fabrication des hydrocarbures de synthèse au moyen du gaz à l'eau, c'est-à-dire aux dépens des mélan-

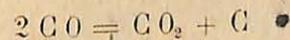
ges d'Oxyde de Carbone et d'Hydrogène. Comme on le sait, Fischer a obtenu des hydrocarbures solides, liquides et gazeux, ainsi que de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, en faisant passer du gaz à l'eau, à la pression atmosphérique, sur des catalyseurs chauffés à 270° environ. Les catalyseurs employés sont des mélanges de métaux réduits par l'Hydrogène, additionnés de bases alcalines ou de sels alcalins, auxquels peuvent être ajoutés des oxydes de métaux irréductibles à basse température.

Nous avons préparé ces catalyseurs en calcinant des nitrates ou des sels organiques des métaux essayés et en les traitant ensuite par l'Hydrogène vers 300°, jusqu'à cessation de la formation d'eau par réduction. Toute une série de supports poreux d'origine organique ou minérale ont été expérimentés.

La réaction ne marche que si le catalyseur renferme au moins l'un des métaux du huitième groupe de la classification de Mendeleieff, Fer, Nickel ou Cobalt. Les catalyseurs qui ont donné les meilleurs résultats sont des mélanges en certaines proportions de Fer et de Cuivre réduits, additionnés de bases alcalines ou de sels alcalins.

Les rendements en hydrocarbures liquides et solides que nous avons obtenus, sont faibles et ne sont pas industriels. En poids, ils n'ont guère dépassé 2,75 %, soit 18 grammes par mètre cube de gaz à l'eau traitée. Ces rendements ne tiennent pas compte des hydrocarbures gazeux moins intéressants.

Au début de l'opération, le gaz subit une forte contraction en passant sur le catalyseur. Il se forme une forte proportion d'acide carbonique suivant la réaction :



Le Carbone mis en liberté réagit sur l'Hydrogène du gaz à l'eau par l'intermédiaire du catalyseur qu'il carbure

ou sur lequel il se dépose. La contraction, forte au début, diminue ensuite progressivement et finit par devenir insignifiante.

Dans l'ensemble, la réaction est lente. Si on élève la température pour l'activer, elle évolue vers la formation de méthane suivant la réaction de Sabatier et Senderens.

Les produits obtenus sont des mélanges d'hydrocarbures saturés et non saturés. La nature du métal de la base alcaline ajoutée au catalyseur a une influence sur l'état physique du produit obtenu. Le Potassium donne des produits plus lourds que le Sodium et surtout que le Lithium.

Il reste trop de points obscurs dans ce procédé pour se prononcer dès à présent sur son avenir industriel. Les points noirs sont la lenteur de la réaction et l'affaiblissement rapide du catalyseur par carburation excessive ou dépôt de carbone, semble-t-il. L'élimination complète de l'oxygène du gaz à l'eau sous forme d'acide carbonique, paraît difficile à réaliser, si on veut obtenir des hydrocarbures autres que le méthane. Il paraît plus aisé de le laisser en partie dans les produits obtenus et de se contenter de la formation d'alcool méthylique, aldéhydes, cétones et acides organiques, ce qui demande l'intervention d'une pression plus ou moins élevée.

*Frameries, décembre 1927.*

⑤

## SÉRVICÉ DES ACCIDENTS MINIERS ET DU GRISOU

### LES ACCIDENTS SURVENUS

DANS LES

# Charbonnages de Belgique

pendant l'année 1923

PAR

G. RAVEN

Ingénieur en chef-Directeur des Mines, à Bruxelles.

(Suite) (1).

### Accidents survenus à la surface.

En 1923, les accidents survenus dans les dépendances superficielles des charbonnages ont été au nombre de 51, ce qui représente 21,43 % du nombre total des accidents qui se sont produits, pendant ladite année, dans les entreprises de l'espèce. Ils ont causé la mort de 25 ouvriers et des blessures graves à 26 autres.

La proportion de tués a été de 4,96 pour 10.000 ouvriers occupés à la surface.

Ce chiffre est à rapprocher de celui constaté la même année pour les travaux du fond : 13,77 tués pour 10.000 ouvriers occupés.

Les accidents de surface ont été répartis en plusieurs catégories, suivant les circonstances dans lesquelles ils se sont produits.

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, Tome XXVIII (année 1927), 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> livraisons.