

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1961
DE
L'INSTITUT NATIONAL DES MINES
à Pâturages

par E. DEMELENNE,
Directeur divisionnaire des mines,
Administrateur-Directeur de l'Institut.

SAMENVATTING

1. DIENST VAN DE SPRINGSTOFFEN

11. Springstoffen.

111. Proeven in mijngas in de metaalgalerij.
Vooraf de meest recente formules van veiligheidsspringstoffen met ionen-uitwisseling werden onderzocht. Een jaar ondervinding bevestigt, dat de verwarming van de ontploffingskamer onontbeerlijk is.
112. Onderzoek naar de houding van de springstoffen ten opzichte van het ontvlambaar kolenstof.
Ter gelegenheid van controle-proeven op veiligheidsspringstoffen met ionen-uitwisseling werd onze aandacht getrokken op het probleem van de veiligheid ten opzichte van het kolenstof. Om de veiligheid ten opzichte van het kolenstof te benaderen, zoals deze in België opgevat wordt, werd een op puntstelling van de scheikundige samenstelling en van de granulometrische kenmerken der springstof noodzakelijk.
113. Geschiktheid tot het voortplanten van de ontploffingsgolf.
In 1961 hebben we vastgesteld, dat de onbestendigheid van de tijdens eenzelfde tijdstip behaalde uitslagen, niet noodzakelijkerwijze toe te schrijven is aan het verschil tussen de springstofpartijen met ionen-uitwisseling. Het is daarom dat het onderzoek ten opzichte van de voortplanting van de ontploffingsgolf bijzonder gekenmerkt werd door proeven uitgevoerd in diverse gesloten ruimten :
 - 1°) Stalen cilindrische mortier.
 - 2°) Cylinder uit een mengsel kolen-cement.
 - 3°) Plastiek buizen.
 - 4°) Cellulose-acetaat buizen.
114. Veroudering van de springstoffen met ionen-uitwisseling.
Meerdere toevallige vaststellingen hebben er ons toegebracht de ontwikkeling in de tijd van de kenmerken van een springstof met ionen-uitwisseling, ten opzichte van de gebruiksveiligheid, te volgen. Desaanvaande legt de omzendbrief nr 132 van de Directeur-Generaal van het Mijnwezen, van 13 november 1961, de bewaringstermijn van de springstof vast.
115. Brisantie-proeven van de springstoffen.
De methode van Hess met het cilindrische loodblok van 65 mm hoogte en 30 mm doormeter werd toegepast op verschillende springstoffen. De proef werd uitgevoerd op :
 - a) Industrieel vervaardigde patronen ;
 - b) Industrieel vervaardigde patronen, geplaatst in een stalen buis.

116. Invloed van het water op de springstoffen met ionen-uitwisseling.
*Het is in de praktijk niet uitgesloten, dat water in de patronen indringt, wat een nadelige invloed heeft op de eigenschappen van de springstof.
 Er diende dus een samenstelling te worden gevonden, die aan het water weerstaat.
 Dit werd in de loop van het jaar verwezenlijkt.*
117. Onderzoek van een springstof met ionen-uitwisseling, op basis van kaliumnitraat : Charbrite 418.
*De springstof « Charbrite 418 » werd niet alleen beproefd volgens de duitse normen doch werd tevens aan een lang onderzoek, volgens de belgische normen, onderworpen.
 Dit heeft aanleiding gegeven tot het besluit van 19 januari 1962, waardoor het voornoemde produkt toegelaten wordt door de Directeur-Generaal van het Mijnwezen, als springstof van het type n^o IV, d.w.z. van zeer grote veiligheid.*
118. Studie van de uitkokende deflagratie van veiligheidsspringstoffen.
*Ten einde zekere experimentele moeilijkheden te voorkomen hebben wij aan een mortier een gemakkelijk afneembare kulasse laten aanbrengen. Het verwijderen van deze kulasse laat toe de in de bodem van het mijngat geplaatste ontvangspatroon gemakkelijk waar te nemen.
 Met deze nieuwe inrichting is het gemakkelijker de evolutie van de verschijnselen te volgen.*
119. Speciale springstoffen voor schietwerk in water onder druk.
De belgische fabrikanten hebben formules voorgesteld, die gelijkvormig zijn aan de engelse springstof « Hydrobel », waarvan sprake was in het verslag over de werkzaamheden van het jaar 1959. Een eenvoudig onderzoek van deze formules laat toe te besluiten, dat het in feite om dynamieten gaat.
1110. Propaganda voor de veiligheid bij het schieten.
*Sinds de indiensttreding van het Ministerieel Besluit van 20 juni 1959 hebben bijna al de schietmeesters van het land een reeks proeven op het N.M.I. bijgewoond.
 Het artikel « De Schietmeester en het N.M.I. », dat in het nummer van juni 1961 van de « Annalen der Mijnen » verscheen, zal eerstdaags in de vorm van een brochure verspreid worden.*

12. Slagpijpjes.

121. Slagpijpjes voor de mijnen.
Acht types slagpijpjes van verschillende merken werden beproefd, volgens de voorschriften van de omzendbrief n^o 127 van 28-10-1960 van de Directeur-Generaal van het Mijnwezen ; ze werden erkend.
122. Studie van een ongeval in een steengroeve, toe te schrijven aan een ontijdig ontploffen van aluminium slagpijpjes met lont en van springstof.
De schietmeester bereidde zijn ladingen in de omgeving van een arbeider, die een snijbrander gebruikte. De proeven hebben bewezen dat de ijzervonken die op de aluminium buis van een slagpijpje vallen, dit laatste kunnen doen springen en dat de slagpijpjesscherven de springstof van op afstand kunnen doen springen.

13. Benodigdheden voor het schieten.

Drie schietlijnen werden erkend volgens de voorschriften van de omzendbrief n^o 121 van 23-3-60 van de Directeur-Generaal van het Mijnwezen.

14. Gassen afkomstig van schietwerk.

De ondernomen studie werd voortgezet met « Charbrite 418 », « Sabulite SMD » en eveneens met « Dynamiet 3 ».

Deze laatste springstof werd gebruikt om de invloed van verschillende parameters op de vrijmaking van giftige gassen vast te stellen.

De bekomen uitslagen laten de volgende besluiten toe :

- *De hoeveelheden gas vrijkomend bij schietwerk, zijn afhankelijk van de samenstelling van de springstof.*
- *Sommige produkten, toegevoegd aan de springstof of het opvullingsmaterieel, verminderen de hoeveelheid giftige gassen.*

2. FYSICO-CHEMISCHE DIENST

21. Studie van de veiligheid ten opzichte van het kolenstof van de springstoffen met ionen-uitwisseling op basis van natriumnitraat en van kaliumnitraat.

Nitraten die inhibitoren zijn ten opzichte van de ontvlaming van het mijngas, vormen met het kolenstof licht ontvlambare mengsels.

Voor de veiligheid is het dus van belang dat, bij het schieten van deze springstoffen, de nitraatkorrels niet in aanraking komen met het kolenstof; bovendien moet de affiniteit van het nitraat voor het kolenstof zo zwak mogelijk zijn.

Ten einde het ontvlammingsgevaar van het kolenstof door deze springstoffen vast te stellen, hebben wij bestudeerd:

- 1°) de vertraging tussen de primaire reactie en de secundaire reacties bij het ontploffen van springstoffen met ionen-uitwisseling op basis van $\text{NaNO}_3 - \text{NH}_4\text{Cl}$ en $\text{KNO}_3 - \text{NH}_4\text{Cl}$, ons steunend op de hydrodynamische theorie van de ontploffing.
- 2°) de ontvlambaarheid van mengsels NaNO_3 -houtskool en KNO_3 -houtskool, door het meten van de verbrandingssnelheid en de minimum temperatuur van de ontvlaming.

Uit deze resultaten blijkt dat de ontvlambaarheid van het mengsel KNO_3 -steenkool groter is dan de ontvlambaarheid van het mengsel NaNO_3 -steenkool, als deze mengsels gebracht worden tot een temperatuur die ten minste gelijk is aan de minimum ontvlammings temperatuur van het mengsel KNO_3 -kolen.

22. Studie van de ontvlaming van de springstoffen met ionen-uitwisseling.

Wij hebben de thermische ontbinding bij normale atmosferische druk bestudeerd, enerzijds van de springstoffen met ionen-uitwisseling in de aan- en afwezigheid van steenkool en, anderzijds, van de mengsels $\text{NaNO}_3 - \text{NH}_4\text{Cl}$; NaNO_3 -steenkool; $\text{KNO}_3 - \text{NH}_4\text{Cl}$ en KNO_3 -steenkool. Uit onze studie blijkt, dat springstoffen met ionen-uitwisseling ontvlammen als ze voorafgaandelijk, gedurende een bepaalde tijd, verwarmd werden bij atmosferische druk op een temperatuur groter dan 300°C . Deze initiëringstijd is des te kleiner dat de verwarmingstemperatuur hoog is. Bij 600°C schommelt de initiëringstijd voor de eenvoudige ontvlaming tussen 16 en 29 seconden, naar gelang het type van de springstof. In het geval van de uitkokende deflagratie is deze tijd slechts 10 seconden.

Het is aldus dat een springstofpatroon met ionen-uitwisseling, die niet ontplofte, in een mijngat ontploffen kan. De calorien nodig om de ontvlaming aan te zetten, worden geleverd door de gassen afkomstig van de ontploffing van een deel van de lading.

De ontvlaming van een springstofpatroon is gedeeltelijk wanneer de springstof niet in aanraking is met kolenstof. De ontvlaming daarentegen is totaal en uitkokend zo de springstof kolenstof bevat.

De snelheid waarmede de ontvlaming zich voortplant is betrekkelijk traag (maximum enige tientallen centimeters per seconde).

Daarenboven verhinderen het lage springoliegehalte (10 % nitroglycerine-nitroglycol), alsook de ruimtecondities in het mijngat na de ontploffing van een deel van de lading, dat de ontvlaming zich in ontploffing omzet.

Wij hebben vastgesteld dat de eenvoudige ontvlaming van de springstoffen met ionen-uitwisseling het meest belangrijk is wanneer de springstof op basis van NaNO_3 is.

De uitkokende deflagratie is, wat de veiligheid ten opzichte van het mijngas en het kolenstof betreft, veel gevaarlijker dan de eenvoudige ontvlaming, daar de hoeveelheid energie die vrijgemaakt wordt veel groter is dan bij de eenvoudige ontvlaming.

3. MIJNBRANDEN EN ZELFONTVLAMMING

31. Voorkoming.

311. Transportbanden.

3111. Erkenningsproeven.

Acht verschillende transportbanden werden beproefd, 3 ervan voldeden aan de voorschriften van het Ministerieel Besluit van 8 juli 1958; ze werden erkend.

3112. Studie van nieuwe erkenningsvoorwaarden.

Ten einde de erkenningsvoorwaarden van 1958 te kunnen verlichten werden 18 banden onderworpen aan de ontvlammingsproef op schaal 1/1 en 25 transportbanden aan de slipproef. Tijdens deze laatste proef staat een bak met steenkolenstof onder de trommel. Drie banden branden gans op tijdens de eerste proef, terwijl bij de tweede proef, 6 banden, het kolenstof onder de trommel aangebracht, ontvlamden.

Op basis van de bekomen resultaten werden nieuwe erkenningsvoorwaarden uitgewerkt; deze maken het voorwerp uit van het Ministerieel Besluit van 11 september 1961.

3113. Verbrandingsgassen.

Rookmonsters genomen tijdens het uitvoeren van de ontvlammingsproef hebben het bestaan van hoge CO concentraties aangetoond in de verbrandingsgassen.

312. Brandwerende middelen.

Een brandwerend middel voor mijnhout « om te bestrijken » met een borstel « Pyromors special » genaamd, werd met succes beproefd.

315. Onontvlambare oliën.

Als lid van de subcommissie van de E.G.K.S. « Onontvlambare Smeerstoffen » hebben wij 11 verschillende hydraulische smeerstoffen aan volgende 2 proeven onderworpen: de ontvlammingsproef van een verstoven oliestraal op de vlam van een snijbrander en de proef voor de vaststelling van de voortplanting van een vlam in een uit kolenstof en vloeistof bestaand mengsel. Slechts 2 smeerstoffen lukten deze proeven.

Deze proeven hebben het mogelijk gemaakt de invloed op de ontvlambaarheid van een verstoven oliestraal na te gaan, van:

- de beroering in de lucht;
- de vorm en de afmetingen van het scherm op hetwelk de oliestraal gericht wordt;
- de afstand tussen olieverstuiver en scherm;
- de vorm en de stand van de vlam van de snijbrander;
- de temperatuur van de olie;
- het middel aangewend om de drukking van 70 kg/cm² te verwezenlijken (pomp of stikstof-fles).

De elektrische vlamboog en de vlam van een snijbrander werden als ontvlammingsoorzaak vergeleken.

De proef voor de vaststelling van de voortplanting van een vlam in een mengsel kolenstof-vloeistof werd uitgevoerd met koude olie en olie die voorafgaandelijk gedurende 4 uren werd verwarmd.

De bekomen resultaten zijn niet voldoende talrijk om nu reeds besluiten te trekken.

32. Brandbestrijding.

321. Blusapparaten.

Een blusapparaat met universeel poeder werd erkend in toepassing van de voorschriften van de omzendbrief van de Heer Directeur-Generaal der Mijnen, n^o 116 van 24-8-1959.

33. Mijngasmeting.

1031 in de kolenmijnen genomen monsters werden onderzocht.

34. Opzoekingen van het scheikundig laboratorium.

341. Proeven op de vlamlamp als aanwijzer van een zuurstoftekort.

Sinds enkele jaren geschiedt de mijngasaanwijzing meer en meer met apparaten die betrouwbaarder zijn dan de vlamlamp.

Deze laatste evenwel zal men moeten blijven gebruiken tot wanneer een beter toestel zal bestaan om een zuurstoftekort vast te stellen. Dit tekort nu is niet alleenlijk te wijten aan de aanwezigheid van mijngas of CO₂ doch men heeft reeds vastgesteld dat het ook kan veroorzaakt worden door een hogere concentratie aan stikstof.

De studie omvat 2 delen:

- *Het gedrag van dieren in een atmosfeer verarmd aan zuurstof door het aanbrengen van mijn-gas, CO₂ of stikstof ;*
- *Het gedrag van de vlamlamp in deze zuurstofarme atmosferen.*

342. Diverse opzoekingen.

4. ELEKTRO-MECHANISCHE DIENST

41. Elektriciteit.

411. Mijngasveilige toestellen.

In 1961 werden 61 erkenningsaanvragen en 34 aanvragen voor het aanbrengen van een wijziging aan erkend materieel met goed gevolg onderzocht.

412. Toestellen van intrinsieke veiligheid.

4121. Erkende toestellen.

Drie toestellen met een uitwendige kringloop van intrinsieke veiligheid werden erkend. Het betreft een controle-apparaat voor de isolatie, een dieptemeter en een versterker.

4122. Toestellen die beproefd werden.

Een dieptemeter met capaciteef peillood werd met succes beproefd in een ontvlambaar mengsel waterstof-lucht.

413. Verscheidene elektrische toestellen die erkend werden.

4131. Draagbare elektrische lamp.

Drie koplampen en een handlamp werden erkend.

4132. Smeltzekeringen.

Smeltzekeringen 550 V, 200 A, 350 A en 600 A werden erkend.

414. Batterij akkumulatoren voor elektrische lokomotief.

Een batterij werd onderworpen aan 2 der erkenningsvoorwaarden. Deze proeven schonken geen voldoening.

415. Anti-statisch materieel.

4151. Persluchtlangen.

Een persluchtlang lukte de proef van de elektrische geleidbaarheid.

42. Draagbare gasontledingsapparaten.

Verscheidene apparaten ingediend voor deelname aan een E.G.K.S. wedstrijd ter verbetering van de veiligheidstoestellen in de mijn werden onderworpen aan proeven zowel in het laboratorium als in de mijn ten einde na te gaan of ze aan de vooropgestelde voorwaarden voldeden.

421. Verwittigingstoestellen bij overmaat van mijngas.

4211. Berger toestel.

Heeft de vorm van een grote elektrische handlamp ; zij pinkelt bij een bepaald methaangehalte in de lucht. Het mijngas wordt in de ontledingskamer verbrand op een katalysator zodat de temperatuur van deze alsook van een metaalkoppel toeneemt. Deze sluit het alarmkontakt wanneer een zeker methaangehalte bereikt is. Het toestel werd geweigerd omdat het gehalte niet regelbaar is.

4212. Methaan-Alarm M.S.A.

Dit toestel heeft eveneens het voorkomen van een handlamp doch de alarmlamp is naar onder gericht. De ontleding geschiedt bij middel van een Wheatstone brug ; 2 weerstanden bestaande uit gloeidraadjes, het ene geactiveerd en het andere niet, bevinden zich in de ontledingskamer. Het onevenwicht in de brug, dat zich in een mijngasachtig midden voordoet ingevolge het verbranden van het mijngas op het actief gloeidraadje, wordt gemeten bij middel van een galvanometer waarvan het kontakt regelbaar is op een schaal ingedeeld in % mijngas. Dit kontakt sluit zich voor het geregelde mijngasgehalte en veroorzaakt het pinken van de lamp.

Met succes werd dit toestel aan talrijke laboratoriumproeven onderworpen en gedurende 6 maanden in de mijn gebruikt.

Tijdens deze studie werden meerdere kleine fouten, die bij een prototype onvermijdelijk zijn, vastgesteld.

Het toestel behaalde een eerste prijs.

422. Verwittigingstoestellen bij een tekort aan zuurstof.

4221. Samenvoegen van een vlamlamp en een koplamp.

Dit toestel werd op de wedstrijd geweigerd omdat het een vlamlamp bevatte.

De vlam wordt gevolgd door een photoelektrische cel, verbonden aan de akkumulator van de koplamp. Dooft de vlam uit of vermindert hare lichtsterkte ingevolge een zuurstoftekort of de aanwezigheid van mijngas, dan veroorzaakt de photoelektrische cel de uitdoving van de koplamp.

4222. Romain Roland toestel.

Dit toestel heeft het voorkomen van een elektrische handlamp. De werking is gebaseerd op de eigenschap van de zuurstof een droge elektrische cel in werking te depolariseren. Bij een bestendig luchtdebiet is de depolarisatie evenredig met het zuurstofgehalte; hetzelfde geldt voor de door de cel geleverde stroom.

Dit toestel was nog niet op punt. Het werd door de uitvinder verbeterd en voor erkenning voorgesteld.

43. Gevaren verbonden aan de lichte legeringen. Studie van een mijngasontvlamming.

Een metalen stempel, met anti-slip schijfjes uit een lichte legering heeft een mijngasontvlamming veroorzaakt.

Deze legering werd onderzocht. Bovendien werd ze onderworpen aan drie verschillende proeven in een ontvlambaar mijngasachtig midden, namelijk met een slijpsteen, met een vallende massa en met de schommelhamer. In ieder geval heeft men ontvlammingen bekomen. De resultaten wijzen duidelijk op het gevaar van de anti-slip schijfjes uit lichte legering.

44. Allerlei.

441. Proeven op een gas voor zuurstof-snijbranden.

Een gas voor zuurstof-snijbranden, bestaande uit een mengsel van vloeibare koolwaterstoffen bij gewone temperatuur en een druk van 8 kg/cm² werd beproefd; de resultaten gaven voldoening.

5. AANHANGSEL

Elektrische toestellen en andere, erkend in de loop van het jaar 1961.

RESUME

SERVICE EXPLOSIFS

11. Explosifs.

111. Epreuves en grisou en galerie métallique.

Les examens ont surtout porté sur les formules les plus récentes d'explosifs de sûreté à ions échangés.

Après une année d'expérimentation, il se confirme que le chauffage de la chambre d'explosion est indispensable.

112. Investigations sur le comportement des explosifs vis-à-vis des poussières inflammables.

A l'occasion du contrôle des explosifs de sûreté, à ions échangés, notre attention s'est fixée sur le problème de la sécurité aux poussières charbonneuses. Pour atteindre la sécurité aux poussières telle qu'elle est conçue en Belgique, une mise au point de la composition chimique et des caractéristiques granulométriques des explosifs a été nécessaire.

113. Aptitude à la transmission de la détonation.
En 1961, s'est révélé le fait que l'instabilité des résultats obtenus à une même époque n'est pas nécessairement imputable aux différences entre lots d'explosifs à ions échangés. Aussi, l'expérimentation de l'aptitude à la transmission de la détonation a-t-elle surtout porté sur des épreuves effectuées en confinement divers :
1°) Mortier cylindrique en acier.
2°) Cylindre d'un mélange charbon-ciment.
3°) Tuyau en matière plastique.
4°) Tube en acétate de cellulose.
114. Vieillesse des explosifs à ions échangés.
En raison de diverses observations accidentelles, nous nous sommes souciés de voir comment évoluent, dans le temps, les caractéristiques d'un explosif à ions échangés sous le rapport de la sécurité d'emploi. A ce sujet, la circulaire n° 132 de Monsieur le Directeur général des Mines, en date du 13 novembre 1961, fixe les délais de consommation des explosifs.
115. Brisance des explosifs à ions échangés.
La méthode de Hess au bloc de plomb cylindrique de 65 mm de hauteur et 30 mm de diamètre a été appliquée à différents explosifs dans les deux cas ci-après :
a) cartouche de fabrication industrielle ;
b) cartouche de fabrication industrielle, placée dans un tube d'acier.
116. Action de l'eau sur les explosifs à ions échangés.
Dans la pratique, il n'est pas exclu que de l'eau puisse pénétrer dans les cartouches, nuisant ainsi aux propriétés de l'explosif. Il s'agissait donc de développer une formule de bonne tenue à l'eau. L'année écoulée a vu une réalisation de l'espèce.
117. Examen d'une formule d'explosif, à ions échangés, au nitrate de potassium : la Charbrite 418.
Parallèlement aux essais suivant les normes allemandes, une longue expérimentation de l'explosif Charbrite 418 a été faite selon les normes belges pour aboutir à la décision du 19 janvier 1962, par laquelle Monsieur le Directeur général des Mines agréé le produit précité comme explosif du type n° IV, c'est-à-dire de très haute sûreté.
118. Etude de la déflagration fusante des explosifs de sûreté.
Afin d'éviter certaines difficultés expérimentales, nous avons fait aménager un mortier à culasse amovible ; l'enlèvement aisé de celle-ci permet d'observer à volonté la cartouche réceptrice placée au fond du fourneau. Avec le nouveau dispositif, il est plus facile de suivre l'évolution des phénomènes.
119. Explosifs spéciaux pour tirs sous pression d'eau.
Les fabricants belges ont présenté des formules analogues à celle de l'explosif anglais « Hydrobel » dont il a été question dans le Rapport sur les travaux de 1959. Le simple examen des formules permet de conclure qu'il s'agit de dynamites proprement dites.
1110. Propagande pour la sécurité du minage.
Depuis l'entrée en vigueur de l'arrêté ministériel du 20 juin 1959, presque tous les boufeux du pays ont assisté à une séance d'expériences à l'I.N.M. Une note, intitulée « L'I.N.M. et le boufeu », parue dans le numéro de juin 1961 des Annales des Mines de Belgique, sera répandue incessamment sous forme d'opuscule.

12. Détonateurs.

121. Détonateurs pour les mines.
Huit types de détonateurs de marques différentes ont été essayés suivant les prescriptions de la circulaire n° 127 du 28-10-60 de Monsieur le Directeur général des Mines et agréés.
122. Etude d'un accident de carrière dû à l'explosion intempestive de détonateurs en aluminium à mèche et d'explosif.
Le boufeu préparait ses charges à proximité d'un ouvrier se servant d'un chalumeau coupeur. Les essais ont démontré que les étincelles de fer tombant sur le tube d'aluminium d'un détona-

teur peuvent faire sauter celui-ci et que les éclats de détonateurs peuvent faire sauter l'explosif à distance.

13. Matériel de minage.

Trois lignes de tir ont été agréées suivant les prescriptions de la circulaire n° 121 du 23-3-60 de Monsieur le Directeur général des Mines.

14. Les gaz dégagés par le tir des mines.

L'étude entreprise a été poursuivie sur la Charbrite 418 et la Sabulite SMD, ainsi que sur la Dynamite 3.

Ce dernier explosif a été utilisé pour la détermination de l'influence de différents paramètres sur le dégagement des gaz toxiques.

Des résultats obtenus découlent les conclusions suivantes :

- Les quantités de gaz dégagés lors d'un tir dépendent de la composition de l'explosif.
- Certains additifs, introduits dans l'explosif ou dans le bourrage, diminuent le dégagement de gaz toxiques.

2. SERVICE PHYSICO-CHIMIQUE

21. Etude de la sécurité des explosifs à ions échangés à base de nitrate de soude et de nitrate de potassium à l'égard des poussières de charbon.

Les nitrates qui sont des inhibiteurs d'inflammation du grisou forment avec les poussières de charbon un mélange facilement inflammable.

Il importe donc pour la sécurité que, lors du tir de ces explosifs, les grains de nitrate ne puissent pas entrer en contact avec les poussières de charbon ; de plus, l'affinité du nitrate vis-à-vis des poussières de charbon doit être la plus faible possible.

Afin de déterminer le danger d'inflammation des poussières de charbon par ces explosifs, nous avons étudié :

1°) Le retard entre la réaction primaire et les réactions secondaires lors de la détonation des explosifs à ions échangés à base de $\text{NaNO}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ et de $\text{KNO}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ en nous basant sur la théorie hydrodynamique de la détonation.

2°) L'inflammabilité des mélanges NaNO_3 -charbon de bois et KNO_3 -charbon de bois en mesurant la vitesse de combustion et la température minimum d'inflammation.

De l'ensemble des résultats, il ressort que l'inflammabilité du mélange KNO_3 -charbon est supérieure à celle du mélange NaNO_3 -charbon, lorsque ces mélanges sont portés à une température au moins égale à la température minimum d'inflammation du mélange KNO_3 -charbon.

22. Etude de la déflagration des explosifs à ions échangés.

Nous avons étudié la décomposition thermique à la pression atmosphérique, d'une part, des explosifs à ions échangés en présence et en absence de poussières de charbon minéral, d'autre part, des mélanges : $\text{NaNO}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$, NaNO_3 -charbon minéral, $\text{KNO}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ et KNO_3 -charbon minéral.

Il ressort de notre étude que les explosifs à ions échangés déflagrent lorsqu'ils sont préchauffés, à la pression atmosphérique, à une température supérieure à 300° C durant un temps déterminé. Ce temps d'initiation est d'autant plus petit que la température de préchauffage est élevée. A 600° C, le temps d'initiation de la déflagration simple varie entre 16 et 29 secondes suivant le type d'explosif ; il est de 10 secondes dans le cas de la déflagration fusante.

C'est par un processus semblable qu'une cartouche d'explosif à ions échangés, qui n'a pas détoné, peut déflagrer en trou de mine ; les calories nécessaires pour initier la déflagration sont fournies par les fumées résultant de la détonation d'une partie de la charge.

La déflagration de la cartouche d'explosif est partielle, si l'explosif n'est pas en contact avec les poussières de charbon ; par contre, elle est totale et fusante, si l'explosif contient des poussières de charbon.

La vitesse de la propagation de la déflagration est relativement lente (maximum quelques dizaines de centimètres par seconde) ; de plus, la faible teneur en huile explosive (10 % de nitroglycérine-nitroglycol) ainsi que les conditions de confinement dans le trou de mine après la

détonation d'une partie de la charge, empêchent que la déflagration se transforme en détonation. Nous avons constaté que la déflagration simple des explosifs à ions échangés est la plus importante lorsque l'explosif est à base de NaNO_3 .

La déflagration fusante est beaucoup plus dangereuse que la déflagration simple au point de vue de la sécurité à l'égard du grisou et des poussières de charbon, puisqu'elle libère une quantité d'énergie beaucoup plus élevée que la déflagration simple.

3. SERVICE FEUX ET INCENDIES

31. Prévention.

311. Courroies.

3111. Essais d'agrération.

Huit courroies ont été présentées, trois d'entre elles ont satisfait aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 8 juillet 1958 et ont été agréées.

3112. Etude de nouvelles conditions d'agrération.

En vue de revoir les conditions d'agrération de 1958, dans le sens d'un allègement, 18 courroies ont été soumises à l'essai d'inflammabilité sur bande entière et 25 à l'essai de friction au tambour, celui-ci tournant au-dessus d'un bac de poussières de charbon. Trois ont complètement brûlé au premier essai et 6 ont allumé la poussière de charbon à l'épreuve au tambour.

A la lumière des résultats obtenus, de nouvelles conditions d'agrération ont été élaborées. Elles ont été publiées par arrêté ministériel du 11 septembre 1961.

3113. Fumées de combustion.

Des échantillons de fumées prélevés au cours des essais d'inflammabilité ont révélé de fortes teneurs en oxyde de carbone.

312. Ignifuges.

Un ignifuge pour bois de mines s'appliquant par badigeonnage au pinceau, dénommé « Pyromors spécial », a été soumis à des essais d'efficacité dont les résultats ont été satisfaisants.

313. Huiles ininflammables.

En tant que membre de la Sous-Commission « Lubrifiants incombustibles » de la C.E.C.A., nous avons expérimenté onze fluides hydrauliques aux deux épreuves recommandées, à savoir l'essai d'inflammation d'un jet pulvérisé, à la flamme du chalumeau, et l'essai de propagation de la flamme dans un mélange charbon-fluide. Deux fluides seulement les ont subis avec succès.

Ces expériences ont permis de déterminer, dans l'essai au jet pulvérisé, l'influence sur l'inflammabilité du fluide de :

— l'agitation de l'atmosphère ;

— la forme et les dimensions de l'écran sur lequel le jet est dirigé ;

— la distance de l'écran au gicleur ;

— la forme et la position de la flamme du chalumeau ;

— la température de l'huile ;

— le moyen utilisé (pompe ou bonbonne d'azote) pour obtenir la pression de 70 kg/cm^2 nécessaire à l'obtention du jet pulvérisé.

L'arc électrique et le chalumeau ont été également comparés comme sources d'inflammation.

Les essais de propagation de la flamme ont été effectués en utilisant de l'huile fraîche et de l'huile chauffée au préalable pendant 4 heures.

Les résultats ne sont pas encore assez nombreux pour en tirer des conclusions.

32. Lutte contre les feux et incendies.

321. Extincteurs.

Un appareil à poudre universelle a été agréé suivant les prescriptions de la circulaire n° 116 du 24-8-59 de Monsieur le Directeur général des Mines.

33. Grisoumètrie.

1031 échantillons prélevés dans les mines ont été examinés.

34. Travaux de laboratoire.

341. Essais sur la lampe à flamme comme indicateur d'un manque d'oxygène.
Depuis quelques années, la détection du grisou se fait de plus en plus au moyen de grisoumètres plus sûrs que la lampe à flamme. Cependant, cette dernière ne pourra être abandonnée que lorsqu'on aura trouvé un meilleur appareil pour détecter le manque d'oxygène qui, dans la mine, peut être provoqué, non seulement par la présence de grisou, mais également par le CO₂, ou même par une proportion plus grande d'azote comme cela a déjà été constaté. L'étude comprend deux parties :
 — *Le comportement des animaux dans des atmosphères dont la teneur en oxygène est réduite par apport de méthane, d'anhydride carbonique ou d'azote.*
 — *Le comportement de la lampe à flamme dans ces atmosphères sous-oxygénées.*
342. Travaux divers.

4. SERVICE ELECTRO MECANIQUE**41. Electricité.**

411. Matériel antidéflagrant.
En 1961, 61 demandes d'agrément et 34 demandes de modifications de matériel agréé ont été instruites favorablement.
412. Matériel de sécurité intrinsèque.
 4121. Matériel agréé.
Trois appareils comportant des circuits extérieurs de sécurité intrinsèque ont été agréés. Il s'agit d'un contrôleur d'isolement, d'un contrôleur de niveau et d'un amplificateur.
4122. Matériel ayant fait l'objet d'essais.
Un contrôleur de niveau à sonde capacitive a fait l'objet d'essais satisfaisants en atmosphère inflammable d'hydrogène et d'air.
413. Matériel électrique divers agréé.
 4131. Lampes électriques portatives.
Trois lampes « au chapeau » et une « à main » ont été agréées.
4132. Coupe-circuit fusibles.
Des coupe-circuit 550 V, 200 A, 350 A et 600 A ont été agréés.
414. Batterie d'accumulateurs pour locomotive électrique.
Une batterie a été soumise à des essais préalables à l'agrément. Ces essais n'ont pas été satisfaisants.
415. Matériel antistatique.
 4151. Tuyau flexible pour air comprimé.
Un tuyau flexible a subi avec succès les essais de conductibilité électrique.

42. Analyseurs de gaz portatifs.

- Différents appareils présentés au concours de la C.E.C.A. pour l'amélioration des appareils de sécurité dans les mines, ont été soumis à des essais en laboratoire et même au fond en vue de vérifier s'ils satisfaisaient aux conditions imposées.*
421. Appareils avertisseurs d'un excès de méthane.
 4211. Appareil Berger.
Du format d'une grosse lampe à main, il clignote pour une teneur déterminée en méthane dans l'atmosphère. En principe, le grisou est brûlé dans la chambre d'analyse sur un catalyseur dont il augmente la température ainsi que celle d'un bilame. Celui-ci ferme le contact d'alarme si une certaine teneur est atteinte. Cette dernière n'est pas réglable, c'est pourquoi l'appareil a été refusé.

4212. Methane-Alarm M.S.A.

Cet appareil est également du gabarit d'une lampe à main, mais l'ampoule d'alarme est disposée vers le bas. L'analyse est effectuée au moyen d'un pont de résistance dont deux bras sont situés dans la chambre d'analyse et sont constitués par des filaments, l'un actif, l'autre inerte. Le déséquilibre du pont qui se produit en milieu grisouteux par suite de la combustion du méthane sur le filament actif, est mesuré au moyen d'un relais galvanométrique dont le contact est réglable le long d'une échelle graduée en % de grisou. Ce contact se ferme pour la teneur réglée et provoque les clignotements de l'ampoule.

Cet appareil a été soumis avec succès à de nombreuses épreuves de laboratoire et à des essais au fond pendant 6 mois.

Certains défauts mineurs, inévitables sur un prototype, se sont révélés au cours de cette étude.

L'appareil a enlevé un premier prix.

422. Appareils avertisseurs d'un manque d'oxygène.

4221. Ensemble lampe à flamme-lampe au chapeau.

Cet appareil a été écarté du concours parce qu'il comporte une lampe à flamme.

La flamme est surveillée par une cellule photo-électrique raccordée à l'accumulateur de la lampe au chapeau. Si elle s'éteint ou même si sa luminosité diminue, par suite d'un défaut d'oxygène ou de la présence de grisou, la cellule photoélectrique provoque l'extinction de la lampe au chapeau.

4222. Appareil Romain Roland.

L'appareil est du format d'une lampe électrique à main. Il analyse l'oxygène par la propriété de celui-ci de dépolariiser une pile en fonctionnement. Pour un débit d'air constant, la dépolariisation est proportionnelle à la teneur en oxygène ; il en est de même du courant débité par la pile.

Cet appareil n'était pas au point. L'inventeur l'a maintenant corrigé et présenté pour agrégation.

43. Dangers des alliages légers.

Etude d'une inflammation de grisou.

Un étau métallique, muni de plaquettes antiglissement en alliage léger, a provoqué une inflammation de grisou.

L'alliage des plaquettes en cause a été analysé. Il a de plus été soumis à trois types d'essais en atmosphère grisouteuse inflammable : à la meule, à la masse tombante et au marteau oscillant. Des inflammations ont été obtenues dans chacun des cas, montrant bien le danger des plaquettes antiglissement en alliage léger.

44. Divers.

441. Essais d'un gaz d'oxycoupage.

Un gaz d'oxycoupage, formé d'un mélange d'hydrocarbures liquides à la température ordinaire et sous la pression de 8 kg/cm², a subi des essais dont les résultats ont été satisfaisants.

5. TABLEAU ANNEXE

Appareils électriques et autres agréés au cours de l'année 1961.

SOMMAIRE

1. SERVICE « EXPLOSIFS »

11. Explosifs.

111. Epreuves en grisou en galerie métallique	712
1111. Nécessité de chauffer la chambre d'explosion de la galerie	712
1112. Influence de l'humidité de l'air	713
112. Investigations sur le comportement des explosifs vis-à-vis des poussières inflammables	713
113. Aptitude à la transmission de la détonation	713
1131. Epreuves effectuées en confinements divers	714
1132. Commentaires des résultats	714
114. Vieillesse des explosifs à ions échangés	715
1141. Fixation des délais de consommation des explosifs	715
115. Brisance des explosifs à ions échangés	715
1151. Mode d'essai et explosifs choisis	715
1152. Interprétation des résultats	715
1153. Conclusions	716
116. Action de l'eau sur les explosifs à ions échangés	716
1161. Essai officieux allemand	717
1162. Autre procédé pour examiner la tenue à l'eau	717
117. Examen d'une formule au nitrate de potassium : la Charbrite 418	719
1171. Programme des épreuves officielles appliqué par la Station de Dortmund-Derne	719
1172. Procès-verbal des essais établi par l'I.N.M.	720
1173. Application des normes belges	723
118. Etude de la déflagration fusante des explosifs de sûreté	724
119. Explosifs spéciaux pour tir sous pression d'eau	725
1110. Propagande pour la sécurité du minage	726

12. Détonateurs.

121. Détonateurs pour les mines	726
122. Etude d'un accident de carrière dû aux détonateurs	729

13. Matériel de minage.

131. Lignes de tir	730
---------------------------	-----

14. Les gaz dégagés lors du tir des mines.

141. Comparaison entre un explosif du type IV et un explosif du type I	730
142. Facteurs influençant le dégagement gazeux	731

2. SERVICE « PHYSICO-CHIMIQUE »

21. Etude de la sécurité des explosifs à ions échangés à base de nitrate de soude et de nitrate de potassium à l'égard des poussières de charbon.

211. Introduction	731
212. La mesure du retard entre la réaction primaire et les réactions secondaires lors de la détonation des explosifs à ions échangés à base de $\text{NH}_4\text{Cl-NaNO}_3$ et de $\text{NH}_4\text{Cl-KNO}_3$	732
2121. Principe de la méthode	732
2122. Mode opératoire	732
2123. Résultats expérimentaux et conclusion	733
213. La mesure de l'inflammabilité des mélanges nitrate de soude-charbon et nitrate de potassium-charbon	734
2131. Mesure de la vitesse de combustion des mélanges nitrate de sodium-charbon de bois et nitrate de potassium-charbon de bois	734

2132.	Détermination de la température minimum d'inflammation des mélanges KNO ₃ -charbon de bois et NaNO ₃ -charbon de bois	734
2133.	Conclusion	735
22.	<i>Etude de la déflagration des explosifs à ions échangés.</i>	
221.	Introduction	735
222.	Partie expérimentale	735
223.	Discussion des résultats	738
224.	Mécanisme chimique de la déflagration	739
225.	Conclusion	740
3. SERVICE « FEUX ET INCENDIES »		
31.	<i>Prévention des feux et incendies.</i>	
311.	Courroies transporteuses	740
3111.	Essais d'agréation	740
3112.	Etude de nouvelles conditions d'agréation	740
3113.	Fumées de combustion	745
312.	Ignifuges	745
3121.	Mode d'essai	745
3122.	Constatations	746
3123.	Conclusion	746
313.	Huiles ininflammables	746
3131.	Essai au jet pulvérisé	746
3132.	Essai en mélange avec du charbon fin	750
3133.	Conclusion	751
32.	<i>Lutte contre les feux et incendies.</i>	
321.	Extincteurs	751
33.	<i>Grisoumétrie.</i>	
34.	<i>Travaux de laboratoire.</i>	
341.	Essais sur la lampe à flamme comme indicateur d'un manque d'oxygène ...	752
3411.	Le comportement de certains animaux dans des atmosphères pauvres en oxygène	752
3412.	Etude du comportement de la lampe à flamme dans les atmosphères sous-oxygénées	756
3413.	Conclusions	756
342.	Travaux divers	757
4. SERVICE « ELECTRO-MECANIQUE »		
41.	<i>Electricité.</i>	
411.	Matériel antidéflagrant	758
412.	Matériel de sécurité intrinsèque	758
4121.	Matériel agréé	758
4122.	Matériel de sécurité intrinsèque essayé	759
413.	Matériel électrique divers agréé	759
4131.	Lampes électriques portatives	759
4132.	Coupe-circuit fusibles	759
414.	Batterie d'accumulateurs pour locomotive électrique	759
415.	Matériel antistatique	761
4151.	Tuyau flexible pour air comprimé	761
42.	<i>Analyseurs de gaz portatifs.</i>	
421.	Appareils avertisseurs d'un excès de méthane	761
4211.	Appareil Berger	761
4212.	Methan-alarm M.S.A.	761

422.	Appareils avertisseurs d'un manque d'oxygène	762
4221.	Ensemble lampe à flamme - lampe chapeau	762
4222.	Appareil Romain Roland	763
43.	<i>Danger des alliages légers — Etude d'une inflammation du grisou.</i>	
431.	Essais	763
4311.	Essai à la meule	763
4312.	Essai à la masse tombante	763
4313.	Essai au marteau oscillant	764
432.	Signification des essais	764
433.	Conclusions	764
434.	Réglementations étrangères	764
44.	<i>Divers.</i>	
441.	Essais d'un gaz d'oxycoupage	764

5. TABLEAU ANNEXE

Appareils électriques et autres agréés au cours de l'année 1961.

INHALTSANGABE

1. SPRENGSTOFFABTEILUNG

11. Sprengstoffe.
- 111. *Versuche in schlagenden Wettern in der Stahlstrecke.*
 - 112. *Untersuchungen über das Verhalten von Sprengstoffen gegenüber zündbarem Staub.*
 - 113. *Fähigkeit zur Uebertragung der Detonation.*
 - 114. *Alterung von Sprengstoffen mit ausgetauschten Ionen.*
 - 115. *Brisanz von Sprengstoffen mit ausgetauschten Ionen.*
 - 116. *Einwirkung von Wasser auf Sprengstoffe mit ausgetauschten Ionen.*
 - 117. *Prüfung eines Kalisalpersprengstoffes mit ausgetauschten Ionen, bezeichnet als Charbrite 418.*
 - 118. *Untersuchungen über die Deflagration von Sicherheitssprengstoffen.*
 - 119. *Spezialsprengstoffe für Schiessarbeit unter Wasserdruck.*
12. Zünder.
- 121. *Zünder zur Verwendung in Bergwerken.*
 - 122. *Untersuchung eines Unfalls in einem Steinbruch infolge vorzeitiger Explosion von Aluminiumzündern mit Zündschnur und von Sprengstoffen.*
13. Geräte für die Schiessarbeit.
14. Die Schwadenbildung beim Schiessen.

2. PHYSO-CHEMISCHE ABTEILUNG

- 21. *Untersuchungen über das Sicherheitsverhalten von Sprengstoffen mit ausgetauschten Ionen auf Grundlage von Natron- und Kalisalpeter gegenüber Kohlenstaub.*
- 22. *Untersuchung der Deflagration von Sprengstoffen mit ausgetauschten Ionen.*

3. ABTEILUNG GRUBENBRAENDE

- 31. Vorbeugende Brandbekämpfung.
 - 311. *Fördergurte.*
 - 312. *Flammwidrige Stoffe.*
 - 313. *Nichtentzündbare Oele.*
- 32. Brandbekämpfung.
 - 321. *Feuerlöschgeräte.*
- 33. Methanmessungen.
- 34. Arbeiten im Laboratorium.
 - 341. *Versuche über die Eignung der Flammenlampe zur Feststellung von Sauerstoffmangel.*
 - 342. *Verschiedene Arbeiten.*

4. ELEKTRO-MECHANISCHE ABTEILUNG

- 41. Elektrizität.
 - 411. *Schlagewettersichere Geräte.*
 - 412. *Eigensichere Geräte.*
 - 413. *Verschiedene bergbehördlich zugelassene elektrische Geräte.*
 - 414. *Akkumulatorenbatterie für eine elektrische Lokomotive.*
 - 415. *Antistatische Geräte.*
- 42. Tragbare Gasanalysengeräte.
 - 421. *Methanwarngeräte.*
 - 422. *Sauerstoffmangel-Warngeräte.*
- 43. Gefährlichkeit von Leichtmetallen.
- 44. Verschiedenes.
 - 441. *Versuche über ein Gas für Sauerstoffschneidbrenner.*

5. TABELLE

SUMMARY

1. EXPLOSIVES DEPARTMENT

- 11. Explosives.
 - 111. *Fire-damp tests in a metallic gallery.*
 - 112. *Investigations into the behaviour of explosives with regard to inflammable dusts.*
 - 113. *Aptitude for the transmission of the detonation.*
 - 114. *Ageing of ion exchange explosives.*
 - 115. *Shattering effect of ion exchange explosives.*
 - 116. *Action of water upon ion exchange explosives.*
 - 117. *Examination of a formula for ion exchange explosives with nitrate of potassium : Charbrite 418.*
 - 118. *Study of the fuse deflagration of security explosives.*
 - 119. *Special explosives for firing under water pressure.*
- 12. Detonators.
 - 121. *Detonators for the mines.*
 - 122. *Study of a quarry accident due to the sudden explosion of detonators with aluminium fuse and of explosives.*

- 13. Mining material.
- 14. Gases given off by blasting.

2. PHYSICO-CHEMICAL DEPARTMENT

- 21. Study of the safe use of ion exchange explosives based on nitrate of soda and nitrate of potassium with regard to coal-dust.
- 22. Study of the deflagration of ion exchange explosives.

3. FIRE DEPARTMENT

- 31. Prevention.
 - 311. *Belts.*
 - 312. *Fire-proof materials.*
 - 313. *Non-inflammable oils.*
- 32. Fighting fires.
 - 321. *Extinguishers.*
- 33. Fire-damp detection.
- 34. Laboratory-work.
 - 341. *Tests on the flame lamp as indicator of a lack of oxygen.*
 - 342. *Miscellaneous work.*

4. ELECTRO MECHANIC SERVICE

- 41. Electricity.
 - 411. *Anti-deflagration material.*
 - 412. *Intrinsically safe material.*
 - 413. *Various kinds of approved electric material.*
 - 414. *Storage battery for electric locomotive.*
 - 415. *Anti-static material.*
- 42. Portable gas analyzers.
 - 421. *Warning devices of excess of methane.*
 - 422. *Warning devices of lack of oxygen.*
- 43. Dangers of light alloys.
- 44. Miscellaneous.
 - 441. *Tests on an oxygen-cutting gas.*

5. TABLE ANNEXED

I. SERVICE « EXPLOSIFS »

M. DEMELENNE

Administrateur-Directeur

avec la collaboration de M. GOFFART, Ingénieur des Mines.

11. EXPLOSIFS

111. Epreuves en grisou en galerie métallique.

En 1961, toutes les épreuves en grisou tout comme d'ailleurs celles en poussières charbonneuses, ont été effectuées dans la chambre d'explosion de la galerie métallique aménagée comme décrit dans le Rapport sur les travaux de 1960, c'est-à-dire munie d'une batterie de chauffe de dix résistances électriques et

d'un équipement intérieur conçu en vue de faciliter les opérations de nettoyage.

Les examens ont surtout porté sur les formules les plus récentes d'explosifs de sûreté à ions échangés.

1111. Nécessité de chauffer la chambre d'explosion de la galerie.

Après une année d'expérimentation, nous sommes d'avis que le chauffage de la chambre d'explosion

est indispensable, la plupart du temps, pour sécher les parois métalliques en contact avec le mélange grisouteux, ce qui est très important car les phénomènes inflammatoires naissent et se développent dans les zones proches des dites parois, là où tout film d'humidité condensée est susceptible d'influencer le déroulement des réactions tardives.

Fait remarquable, celles-ci ne peuvent s'opérer, dès qu'il s'agit de compositions à ions échangés, qu'entre comburant et combustible séparés en molécules distinctes.

Comme la sécurité des formules à sels inversés gît exclusivement dans la réactivité que présente le nitrate mis en œuvre vis-à-vis du chlorure ammonique ainsi que du combustible contenu dans le milieu extérieur inflammable (grisou ou poussières de charbon), ceci en présence de l'oxygène de l'air, il faut proscrire de l'enceinte d'épreuve tout corps étranger capable de participer aux réactions, en particulier l'eau à l'état liquide.

Le tir au rocher ou en charbon n'implique pas nécessairement la présence de cet agent extincteur, dont le rôle inhibiteur n'a toutefois pas encore pu être quantitativement apprécié.

1112. Influence de l'humidité de l'air.

Une seconde question a retenu notre attention : quelle est l'influence de l'humidité vaporisée dans l'atmosphère inflammable ?

Au stade actuel de nos constatations, nous croyons pouvoir avancer qu'il convient de tenir compte de certaines circonstances extrêmes.

Avec son équipement actuel, la galerie d'essai ne conviendrait pas pour effectuer des tirs d'épreuve lorsque l'air atmosphérique est chargé d'une humidité supérieure, en valeur relative, à une limite variable avec la température ambiante et notamment par temps de brouillard.

A cet effet, il est utile de disposer d'une station hygrométrique convenablement installée et notre expérience nous incline à penser qu'il sera probablement nécessaire de pourvoir la chambre d'explosion de la galerie d'un conditionnement d'air.

112. Investigations sur le comportement des explosifs vis-à-vis des poussières inflammables.

A l'occasion du contrôle des explosifs de sûreté à ions échangés, d'un emploi généralisé à l'heure actuelle, ainsi qu'au cours de l'examen de formules nouvelles, notre attention s'est fixée sur le problème de la sécurité aux poussières charbonneuses.

A ce sujet également, nous sommes en mesure de confirmer l'opportunité de chauffer la chambre de tir, pour des raisons du même ordre que celles exposées en 1111 ci-dessus.

L'arrêté ministériel du 31 octobre 1958 prévoit pour les explosifs du type IV, c'est-à-dire ceux de très haute sûreté, une épreuve au « tir d'angle » avec paroi de choc, en présence d'un nuage préformé.

L'application de cette norme nous a permis, par temps très sec et chaud, de mettre en défaut des formules à ions échangés qui, par ailleurs, satisfaisaient pleinement aux exigences réglementaires vis-à-vis du grisou.

Cet explosif était donc, dans une chambre d'explosion très sèche, plus dangereux vis-à-vis des poussières de charbon à 30 % de matières volatiles qu'à l'égard du grisou.

Il convient de préciser ici qu'il s'est agi uniquement de compositions dans lesquelles le partenaire du chlorure ammonique était le nitrate de potassium et non le nitrate de sodium.

Sans doute, les réactions visées en 1111 dans la mesure où elles peuvent être déclenchées dans les conditions de semi-confinement qui sont celles du tir d'angle, étant soumises aux lois de la cinétique chimique, sont-elles plus inflammatoires lorsqu'elles sont amorcées par le nitrate de potassium plutôt que par le nitrate de sodium.

L'abandon du nitrate de sodium au profit du nitrate de potassium, justifié par une fabrication industrielle de l'explosif économiquement plus intéressante, a nécessité une mise au point supplémentaire pour atteindre la sécurité aux poussières telle qu'elle est conçue en Belgique.

A noter que les formules déficientes non seulement n'enflammaient pas le grisou dans les conditions du tir d'angle, mais n'enflammaient pas non plus les poussières charbonneuses dans les conditions du tir débouillant au mortier d'acier à fourneau cylindrique, avec poussières réparties sur et devant la charge en même temps qu'en présence d'un nuage préformé.

113. Aptitude à la transmission de la détonation.

Le rapport sur les travaux de 1960 relatait, sous la même rubrique, combien l'application de la norme N.B.N. 216.12 aux cartouches d'explosifs à ions échangés fournit, pour l'écartement maximum assurant la transmission de la détonation à l'air libre, des valeurs fort dispersées non seulement dans le temps, mais aussi dans l'espace.

En 1961, s'est révélé le fait que l'instabilité des résultats obtenus à une même époque n'est pas nécessairement imputable aux différences entre lots d'explosifs.

Il suffit en effet, dans l'exécution du tir normalisé, d'inverser suivant les combinaisons possibles, l'orientation des cartouches tant initiatrice que réceptrice, pour observer un écartement maximum variant, dans le cas d'un même échantillon, entre des

valeurs très éloignées l'une de l'autre, ainsi par exemple 3 et 24 cm, comme dit ci-dessous.

Afin d'illustrer les effets dus à l'orientation, voici quelques résultats expérimentaux obtenus avec une Charbrite 41.

Ces résultats sont indiqués au tableau I en désignant par H l'extrémité fermée du tube en papier fabriqué à la machine Hesser avant introduction de la composition explosive, et par B, le bout obturé après remplissage.

Pour des raisons en rapport avec la fabrication, H serait, pour la Charbrite 41, l'extrémité la plus dense et la plus résistante, à l'opposé des caractéristiques de B.

TABLEAU 1

Extrémité initiatrice	Extrémité réceptrice	Écartement maximum à l'air libre
H	B	24 cm
H	H	19 cm
B	B	7 cm
B	H	3 cm

C'est là, selon nous, un défaut fondamental de l'essai N.B.N. 216.12, dès qu'il s'agit d'explosifs à ions échangés et une raison suffisante pour refuser, au résultat enregistré de cette façon, toute valeur significative au point de vue du comportement en fourneau de mine.

1131. Épreuves effectuées en confinements divers.

Aussi l'expérimentation de l'aptitude à la transmission de la détonation a-t-elle surtout porté sur des épreuves effectuées en confinements divers.

A cet effet, chaque fois deux cartouches ont été disposées en file, avec intervalle d'air entre elles, dans un logement cylindrique de diamètre d réalisé de l'une des façons ci-après :

1°) suivant l'axe d'un mortier cylindrique en acier ($d = 40$ mm) ;

2°) suivant l'axe d'un cylindre fait d'un mélange charbon-ciment dans la proportion 2/1 ou 20/1, de 15 cm de diamètre extérieur et 50 cm de longueur ($d = 40$ mm) ;

3°) dans un tuyau en matière plastique de 3 mm d'épaisseur ($d = 40$ mm) ;

4°) dans un tube en acétate de cellulose de 0,6 mm d'épaisseur ($d = 37$ mm), fait au moyen d'une feuille pesant 325 g/m².

Ces différentes dispositions sont reprises aux figures 1 et 2.

Le confinement étant complété dans chaque cas par deux bourres d'environ 10 cm d'argile, disposées de part et d'autre de la file de cartouches, l'écartement maximum pour lequel la transmission a lieu n'atteint jamais que quelques centimètres.

Ce résultat est sans doute voisin de la performance réelle en trou de mine.

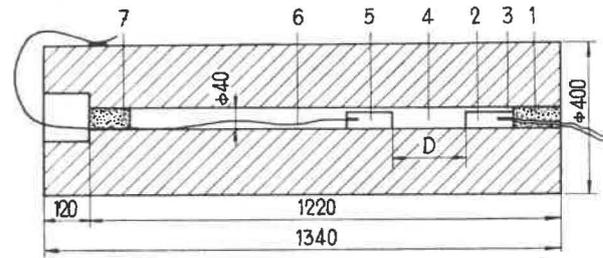


Fig. 1. — 1) Mortier cylindrique en acier.

1. Bourrage argile 10 cm
2. Cartouche initiatrice
3. Détonateur
4. Intervalle « D » variable
5. Cartouche réceptrice
6. Cordeau détonant (témoin)
7. Bourrage argile 10 cm.

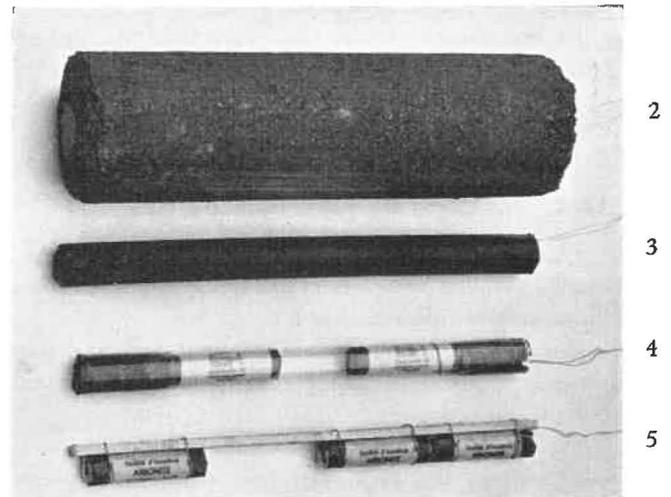


Fig. 2.

- 2) Cylindre charbon-ciment
- 3) Tuyau en matière plastique
- 4) Tube en acétate de cellulose
- 5) Dispositif normalisé N.B.N. 216.12 (air libre).

1132. Commentaires des résultats.

Les confinements repris ci-dessus en 1° et 2° nous paraissent fournir des valeurs expérimentales très proches les unes des autres, encore que les cylindres en charbon-ciment, par leur composition plus ou moins ferme, nuancent davantage les conditions d'épreuve et les rapprochent des diverses éventualités de la pratique minière.

Le tuyau en matière plastique de 3 mm d'épaisseur procure un écartement maximum tantôt supérieur, tantôt inférieur à la valeur trouvée avec les confinements 1° et 2°, mais du même ordre de grandeur.

En confinement, l'influence de l'orientation des cartouches n'apparaît pas, sauf avec le tube en acétate de cellulose ; dans ce cas, on observe encore

des variations non négligeables à partir d'une valeur assez voisine de celle observée suivant 1°, 2° ou 3°.

A l'heure actuelle, nous n'avons pas encore déterminé l'épreuve qui, officiellement, remplacera, pour les explosifs à ions échangés, l'essai N.B.N. 216.12 à l'air libre.

114. Vieillessement des explosifs à ions échangés.

En raison de diverses observations accidentelles, nous nous sommes souciés de voir comment évoluent dans le temps les caractéristiques d'un explosif à ions échangés sous le rapport de la sécurité d'emploi.

Deux échantillons industriels ont été prélevés, l'un de 25 kg de Charbrite 41 fabriquée le 13-5-1961 à l'usine de Balen de la S.A. Poudreries Réunies de Belgique, l'autre de 25 kg d'Arionite en provenance de la S.A. d'Arendonck, fabriquée le 5-7-1961.

Leur magasinage s'est prolongé sur une durée de trois à quatre mois, dans le dépôt de l'Institut qui peut être considéré comme un entrepôt de qualité ordinaire, non spécialement aménagé en vue de préserver son contenu des variations de l'humidité atmosphérique.

Les cartouches sont restées dans les emballages d'origine, exposées aux températures saisonnières, dans des conditions aussi proches que possible de la conservation dans les dépôts des charbonnages.

A intervalles d'un mois environ, on a vérifié pour chaque échantillon :

- 1°) l'aptitude à la transmission de la détonation,
 - a) en confinement dans le fourneau cylindrique du mortier d'acier ;
 - b) à l'air libre suivant la norme N.B.N. 216.12 ;
- 2°) la sécurité au grisou ou aux poussières, par l'épreuve du tir d'angle avec incidence à 90° et paroi de choc à 20 cm, pratiquée sur des charges de 14 ou 22 cartouches de 100 g.

Constatation rassurante : les garanties vis-à-vis des risques d'inflammation paraissent ne pas devoir s'altérer lorsque l'entreposage avant consommation atteint jusqu'à quatre mois.

1141. Fixation des délais de consommation des explosifs.

Par contre, l'aptitude à la transmission de la détonation décline de façon plus ou moins marquée, à tel point qu'après quatre mois à compter de la date de fabrication, il est arrivé de ne constater, à l'occasion du tir en mortier rainuré, que l'explosion de la cartouche amorce, sans transmission au reste de la charge constituée cependant de cartouches jointives.

Tout en tenant compte des délais normaux de consommation actuellement en vigueur, la circulaire n° 132 de Monsieur le Directeur général des Mines

a disposé, en date du 13 novembre 1961, que les délais de consommation des explosifs de sûreté ne doivent pas dépasser, sous réserve d'un magasinage industriel dans des conditions satisfaisantes :

- trois mois pour les formules à ions échangés ;
- quatre mois pour les compositions classiques en cartouches gainées.

115. Brisance des explosifs à ions échangés.

1151. Mode d'essai et explosifs choisis.

La méthode de Hess au bloc de plomb cylindrique de 65 mm de hauteur et 30 mm de diamètre a été appliquée à deux explosifs à ions échangés, la Charbrite 418 et l'Arionite, ainsi qu'à la Bicarbite 85/15, dans les deux alternatives ci-après :

— Procédé 1 suivant lequel une cartouche de 100 g et 30 mm de diamètre est placée coaxialement sur le bloc de plomb, avec interposition d'une rondelle d'acier de 4 mm d'épaisseur, de façon à réaliser une colonne déposée verticalement sur une assise résistante et rigide ;

— Procédé 2 identique à celui décrit ci-dessus, le dispositif étant complété par un tube d'acier de diamètre 32/41 mm et 100 mm de hauteur, enserrant la cartouche.

Nous avons enregistré les écrasements repris au tableau 2 et représentés à la figure 3.

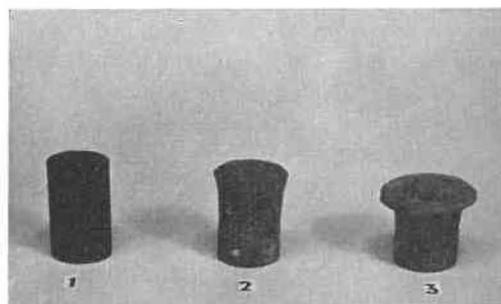


Fig. 3.

- Bloc 1 — avant l'essai
- Bloc 2 — après essai du procédé 1 (sans confinement)
- Bloc 3 — après essai du procédé 2 (avec confinement)

TABLEAU 2

Nature de l'explosif	Ecrasement produit par la cartouche	
	avec confinement papier	avec confinement acier
Charbrite 418	2 mm	13,5 mm
Arionite	3 mm	15 mm
Bicarbite	4 mm	16 mm

1152. Interprétation des résultats.

La brisance selon Kast est exprimée par la formule

$$B = f \cdot \Delta \cdot U,$$

dans laquelle

B désigne la brisance,

f, l'énergie spécifique,

Δ , la densité cubique,

U, la vitesse de détonation de l'explosif.

La discussion des valeurs d'écrasement obtenues postule la connaissance des vitesses de détonation.

On sait que, pour les explosifs en cause, la vitesse de détonation est à peine plus élevée en tube d'acier qu'à l'air libre. C'est d'ailleurs une exigence technique en rapport étroit avec la sécurité au grisou.

Les vitesses enregistrées sont indiquées au tableau 3.

TABLEAU 3

Nature de l'explosif	Vitesse de détonation de la file de cartouches	
	A l'air libre	Sous tube d'acier
Charbrite 418	1.345 m/s	1.380 m/s
Arionite	1.800 m/s	1.865 m/s
Bicarbite	1.950 m/s	2.050 m/s

En conséquence, c'est une approximation suffisante de considérer que, pour chacun des explosifs en cause, la vitesse de détonation reste constante quelles que soient les conditions d'essai.

La densité cubique ne varie également pas avec le confinement puisqu'il s'agit en fait de la densité d'encartouchage.

Quant à l'énergie spécifique, elle garde une valeur constante dans le cas de la Bicarbite, composée de 15 % d'huile explosive et 85 % de bicarbonate de sodium. Ce sel inhibiteur ne peut en effet à aucun moment intervenir positivement dans le bilan énergétique de la décomposition explosive.

Par contre, en ce qui concerne les explosifs à ions échangés, l'énergie spécifique passe d'une valeur f_1 correspondant à la décomposition de l'huile explosive, qui en principe se passe seule à l'air libre, à une valeur $f_1 + f_2$ en tube d'acier, f_2 découlant de la gazéification des sels pouvant se réaliser dans les conditions du confinement considéré.

L'écrasement du bloc de plomb enregistré avec le procédé de la cartouche confinée en tube d'acier, provient, dans le cas de la Bicarbite, de l'onde de choc engendrée par la détonation de la nitroglycérine et focalisée par la surface intérieure du tube d'acier.

Ce dernier constitue en effet une surface de réflexion admettant un même axe de symétrie que la cartouche, axe suivant lequel se propage la détonation; l'intersection de l'axe avec la face plane supérieure du bloc de plomb constitue dès lors un foyer d'ondes réfléchies.

La proportionnalité très voisine des écrasements obtenus, pour la Charbrite 418 et l'Arionite, respectivement dans les conditions de tir à l'air libre et en confinement, nous conduit à penser par comparaison au cas de la Bicarbite que, pour les explosifs à ions échangés également, l'augmentation de l'écrasement est due essentiellement aux réflexions périphériques de l'onde de choc et à sa focalisation.

On pourrait opposer à notre interprétation, non pas dans le cas de l'Arionite (facteur 5), mais peut-être, en considérant la Charbrite 418 par rapport à la Bicarbite, une différence considérable entre les facteurs de proportionnalité des deux écrasements (respectivement 6,75 et 4).

Nous rencontrons une telle critique en faisant remarquer, d'après le tableau 3 ci-dessus, qu'il existe aussi une substantielle différence de vitesse entre la Charbrite 418 et la Bicarbite ($2000 - 1400/1400 = 30\%$).

Dès lors, comme la sollicitation mécanique en confinement cumule l'onde directe et les ondes réfléchies, elle s'exerce sur le bloc de plomb pendant une durée dépendant directement du délai d'arrivée des ondes efficaces, c'est-à-dire sous la dépendance de la vitesse de détonation de l'explosif.

L'écrasement étant lui-même fonction non seulement du choc mais aussi de sa durée d'application, on comprend que le facteur de proportionnalité doit varier dès qu'il existe une différence sensible de vitesse entre les explosifs comparés.

1153. Conclusions.

Pour les explosifs à ions échangés, le facteur f_2 relatif aux gaz produits par la réaction secondaire des sels que le confinement engage dans la décomposition explosive, intervient dynamiquement trop tard pour augmenter la brisance selon Kast, c'est-à-dire celle liée au phénomène de détonation.

L'effet de choc de ces explosifs est donc limité à la détonation des 10 % de nitroglycérine.

La pression initiale créée en vase clos par la réaction primaire est susceptible de croître considérablement, mais à un stade ultérieur, comme s'il s'agissait de la combustion vive d'une poudre en milieu confiné.

116. Action de l'eau sur les explosifs à ions échangés.

Abstraction faite d'une dizaine de pour-cent d'huile explosive (nitroglycérine/nitroglycol), les explosifs à ions échangés sont en majeure partie constitués de sels solubles hygroscopiques.

Cela étant, le fait que l'introduction d'eau au sein de la cartouche nuise aux propriétés explosives, ne surprendra personne.

Comme une telle éventualité peut se produire dans la pratique, il s'agissait de développer une formule de bonne tenue à l'eau, tout en conservant in-

tacte la très haute sûreté au grisou et aux poussières.

L'année écoulée a vu une réalisation de l'espèce, la Charbrite 418 version 1961, fabriquée par la S.A. Poudreries Réunies de Belgique.

Nous avons soumis un échantillon de cet explosif, produit à l'échelon industriel, à deux séries d'essais.

1161. Essai officieux allemand.

En exécution de l'essai officieux allemand de tenue à l'eau, quatre cartouches sont alignées en file et liées le long d'une baguette métallique avec interposition d'une bande de feutre.

La première cartouche est amorcée au moyen d'un détonateur électrique ; suivant l'axe de la dernière est enfoncé le bout d'un cordeau détonant de quelque 60 cm de longueur, dont l'autre bout est fixé à une plaquette métallique sur environ 10 cm de longueur.

L'enveloppe en papier de chaque cartouche est entaillée à la lame de rasoir, suivant trois génératrices différentes ; les entailles, de 2 cm de longueur chacune, effleurent l'explosif sans guère l'entamer et sont disposées en quinconce.

La file de cartouches est déposée au fond d'un baquet sous 20 cm d'eau ; le cordeau émerge de l'eau et la plaquette témoin de détonation est placée sur le sol à côté du baquet (fig. 4).

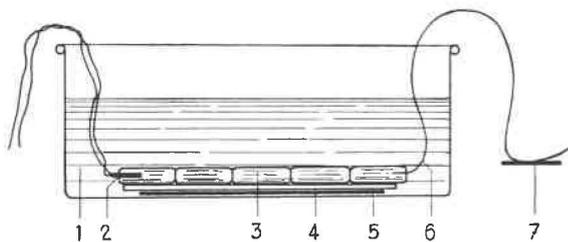


Fig. 4.

1. Eau
2. Détonateur
3. Charge 5 cartouches (500 g) avec enveloppes de papier entaillées
4. Feutre
5. Baguettes d'acier
6. Cordeau détonant (témoin)
7. Plaquette d'aluminium.

Après une attente de 5 h, la mise à feu du détonateur doit encore, par l'intermédiaire de la file de cartouches, entraîner la détonation du cordeau, qui alors imprime sa trace sur la plaquette métallique.

La Charbrite 418 version 1961 satisfait à cet essai.

1162. Autre procédé pour examiner la tenue à l'eau.

En outre, nous avons examiné la tenue à l'eau en nous basant sur la façon courante d'amorcer une cartouche au moyen d'un détonateur électrique.

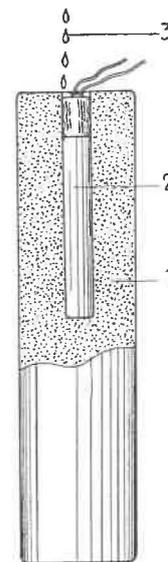


Fig. 5.

1. Cartouche explosif à ions échangés
2. Détonateur court retard n° 5
3. Goutelettes d'eau qu'on laisse tomber.

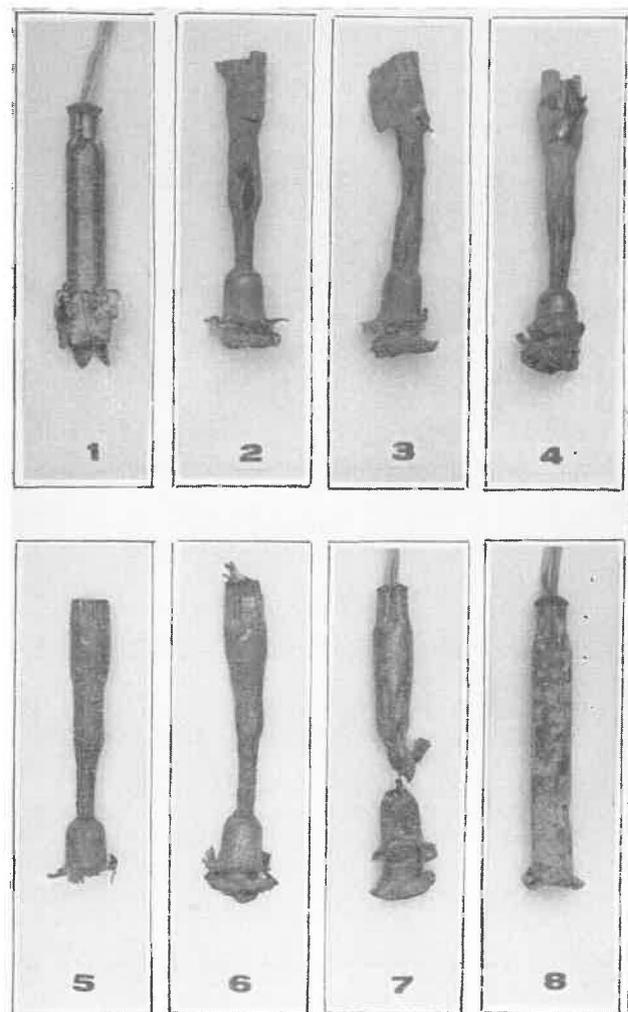


Fig. 6.

On sait en effet que le boutefeu enfonce généralement le détonateur à refus, c'est-à-dire le plus profondément possible, dans le logement pratiqué au poinçon dans la cartouche.

L'orifice créé dans le papier de la cartouche, largement ouvert du fait de l'enfoncement du détonateur, ouvre à l'eau une voie d'accès facile suivant l'axe de la cartouche (fig. 5).

On peut alors se faire une idée du comportement à l'eau d'une formule explosive à ions échangés, soit d'abord (I) en déposant un nombre x de gouttes d'eau sur l'orifice d'amorçage et en attendant y minutes avant la mise à feu, soit, par un test plus

sévère (II), en immergeant la cartouche amorcée pendant x' minutes et en attendant y' minutes avant le tir.

En amorçant les cartouches au moyen de détonateurs à court retard n° 5 de la marque I.C.I., nous avons d'abord appliqué le mode d'épreuve (I) à un explosif de résistance à l'eau peu élevée, à savoir la Charbrite 41.

Nous avons obtenu les résultats correspondant aux conditions définies dans le tableau 4 avec commentaires par rapport au cas 1 de référence d'un détonateur tiré seul à l'air libre (fig. 6 - cas 1 à 4).

TABLEAU 4

Cas \ Mode (I)	x gouttes	y minutes	Commentaires
2 (sans eau)	0	0	La zone explosive sous-amorcée, située en arrière de l'élément détonant du détonateur à retard, provoque un rétrécissement de la partie vide du tube métallique et détruit le bouchon de caoutchouc ainsi que les fils.
3 (avec eau)	3	10	Effet très proche du cas 2.
4 (avec eau)	6	10	Effet assez proche du cas 2, mais meilleure conservation des plis du sertissage.

Toujours avec le même amorçage, le mode d'épreuve (II) a été appliqué à la Charbrite 41

(tableau 5 - fig. 6 cas 5 à 8), puis à la Charbrite 418 - version 1961 (tableau 6 - fig. 7 cas 1 à 5).

TABLEAU 5

Cas \ Mode (II)	x' minutes	y' minutes	Commentaires
<i>Charbrite 41</i>			
5	1	5	Sertissage du bouchon en caoutchouc simplement ouvert ; bouchon et fils absents.
6	2	10	Sertissage bien conservé, contenant le bouchon garni des bouts de fils.
7	2	15	Sertissage intact, contenant bouchon et fils en parfait état.
8	30	15	Cartouche non explosée ; résultat analogue au cas 1 (air libre).

TABLEAU 6

Cas	Mode (II)	x' minutes	y' minutes	Commentaires
<i>Charbrite 418 - version 1961.</i>				
1 (= 6 ci-dessus)		2	10	Résultat analogue à celui du cas 2 (sans eau) de la Charbrite 41.
2 (= 7 ci-dessus)		2	15	idem
3		10	15	Résultat analogue à celui du cas 3 de la Charbrite 41.
4		15	15	Résultat analogue à celui du cas 4 de la Charbrite 41.
5 (= 8 ci-dessus)		30	15	Résultat analogue à celui du cas 5 de la Charbrite 41.

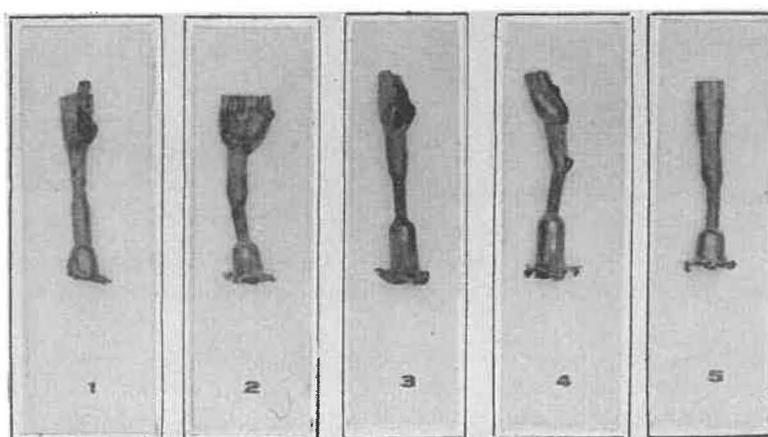


Fig. 7.

En conclusion, la Charbrite 418 explose encore parfaitement lorsque la cartouche-amorce, ouverte axialement comme décrit ci-dessus à l'effet de l'eau, est immergée pendant 30 min et est tirée 15 min plus tard.

Compte tenu des exigences de la pratique, une telle performance paraît satisfaisante.

Quoi qu'il en soit, avec les explosifs de sûreté, qui sont tous à base de sels hygroscopiques, la meilleure façon de conserver leurs qualités en présence d'eau est d'enfermer la cartouche-amorce, tout au moins, dans une gaine en matière plastique.

117. Examen d'une formule au nitrate de potassium : la Charbrite 418.

La S.A. Poudreries Réunies de Belgique avait présenté fin 1960, à l'examen de la Station d'essai de Dortmund-Derne, un échantillon proposé comme explosif de sûreté de la classe III au sens de l'or-

donnance minière allemande « Bergverordnung des Landes Nordrhein-Westfalen über den Vertrieb von Sprengmitteln an den Bergbau vom 28-1-1959 ».

1171. Programme des épreuves officielles appliquée par la Station de Dortmund-Derne.

Le programme appliqué par les examinateurs étrangers comporte :

A. Des épreuves officielles portant sur les points ci-après :

I. Sécurité vis-à-vis du grisou dans les conditions du tir d'angle (mortier rainuré).

II. Sécurité vis-à-vis des poussières de charbon au coup débouillant, avec amorçage postérieur (mortier à fourneau cylindrique).

III. Aptitude à la détonation (une seule cartouche munie d'un détonateur n° 3).

IV. Transmission de la détonation sous confinement.

B. Des épreuves officieuses intéressantes :

I. Sécurité vis-à-vis du grisou :

a) au coup débouillant, avec amorçage postérieur ;

b) au tir d'une botte de douze cartouches, suspendue dans la chambre d'explosion ;

c) au coup débouillant avec confinement des fumées. Dans ce dernier cas, il s'agit de tirer dans un mortier cylindrique en acier, avec fourneau de 60 cm de longueur et 55 mm de diamètre, une charge amorcée antérieurement ou postérieurement, alors que le fourneau du mortier est prolongé dans son axe par un tube d'acier de 20 cm de diamètre et 1,20 m de longueur, débouchant face à une plaque fixe d'acier mesurant 50 × 50 cm et à 20 cm de cette dernière.

II. Sécurité vis-à-vis des poussières, lors du tir d'une botte de douze cartouches, suspendue dans la chambre d'explosion.

III. Comportement à l'eau : il s'agit de l'essai décrit en 1161 ci-dessus.

IV. Comportement dans les conditions d'un apport de chaleur en milieu semi-confiné : il s'agit de l'essai de déflagration d'Audibert et Delmas.

V. Evasement au bloc de plomb (Trauzl).

VI. Brisance à l'appareil de Kast.

VII. Vitesse de détonation d'une file de cartouches :

a) à l'air libre ;

b) en tube d'acier de 3 mm d'épaisseur et 32 mm de diamètre intérieur.

Les expérimentateurs allemands ont constaté que la Charbrite 418 - version 1960 satisfaisait aux épreuves tant officielles qu'officieuses, sauf en ce qui concerne le comportement à l'eau, jugé insuffisant (épreuve B III).

Il y a lieu de noter que, d'après le procès-verbal des épreuves, le tir avec confinement des fumées (épreuve B I c) donnait régulièrement l'inflammation du grisou dès que l'amorçage était postérieur (détonateur à fond de fourneau), ce qui n'était pas considéré comme un vice.

Au vu des résultats résumés ci-dessus, le fabricant belge a poursuivi ses efforts et nous a présenté un an plus tard un échantillon définitif, la Charbrite 418 - version 1961, que nous avons soumis aux mêmes épreuves que celles faites en Allemagne et à la suite desquelles nous avons établi le procès-verbal d'essais ci-après.

1172. Procès-verbal des essais établi par l'I.N.M.

Comme suite à la demande des Poudreries Réunies de Belgique, nous avons soumis l'explosif de sûreté Charbrite 418 aux essais relatés ci-dessous : ces essais sont normalement effectués à la Station allemande de Derne.

Cet explosif, qui est utilisé sans gaine, présente la composition suivante :

Nitroglycérine	9,50 %
Nitrate de potasse	58,25 %
Chlorure ammonique	30,00 %
Cellulose modifiée	1,60 %
Silice	0,65 %

L'explosif est encartouché dans des enveloppes en papier.

La cartouche pèse 100 g ; son diamètre est de 30 mm et sa longueur d'environ 12 cm.

EPREUVES

I. Tirs en galerie métallique.

Pour l'amorçage, nous avons utilisé des détonateurs antigrisouteux n° 8.

La mise à feu a été faite au moyen d'un explosif de sécurité intrinsèque. Les essais ont été effectués dans la galerie métallique dont la chambre d'explosion était chauffée à 20° C au moins.

A. Tirs en grisou.

La teneur en méthane, dans la chambre d'explosion, était comprise entre 8 et 9,5 %.

1°) Essais au bloc rainuré.

La rainure latérale, avec angle d'incidence de 90°, fait face à une paroi de choc verticale. Nous désignerons par D, la distance de la rainure à la paroi de choc (fig. 8).

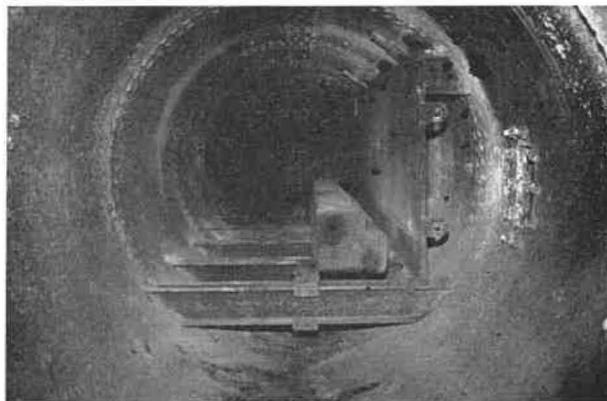


Fig. 8.

Nous avons procédé à de nombreux tirs dont les conditions sont consignées dans le tableau 7.

TABLEAU 7

D en cm	Poids d'explosif en g	Nombre de tirs
20	200	3
id.	300	3
id.	400	3
id.	500	3
id.	600	3
id.	800	3
id.	1.000	3
id.	2.400	3
25	2.400	3
30	2.400	3
35	2.400	3
60	2.400	3

Aucun de ces tirs n'a donné lieu à l'inflammation du grisou.

2°) Essais au mortier d'acier cylindrique.

Le fourneau du mortier d'acier cylindrique a 2 m de profondeur et 40 mm de diamètre.

Des charges de différentes longueurs, placées au fond du fourneau, furent tirées avec amorçages antérieur et postérieur.

Les tirs ont été faits sans bourrage et avec diverses longueurs d'espace libre entre la charge et l'orifice du fourneau. Les conditions de ces tirs sont données au tableau 8.

TABLEAU 8

Amorçage antérieur		Amorçage postérieur	
Poids d'explosif en g	Nombre de tirs	Poids d'explosif en g	Nombre de tirs
300	2	300	2
500	2	500	2
700	2	700	2
900	2	900	2
1.200	2	1.200	2
1.400	2	1.400	2

Aucun de ces tirs n'a donné lieu à l'inflammation du grisou.

3°) Essais au mortier cylindrique avec confinement des fumées.

Les essais ont été réalisés dans un mortier d'acier cylindrique dont le fourneau a 600 mm de profondeur et 55 mm de diamètre et sur lequel est fixé, coaxialement avec le fourneau, un tube en acier de 1.200 mm de longueur et 200 mm de diamètre (fig. 9 et 10).

Dans la chambre d'explosion, devant le tube précité et perpendiculairement à celui-ci, est placée, à



Fig. 9.

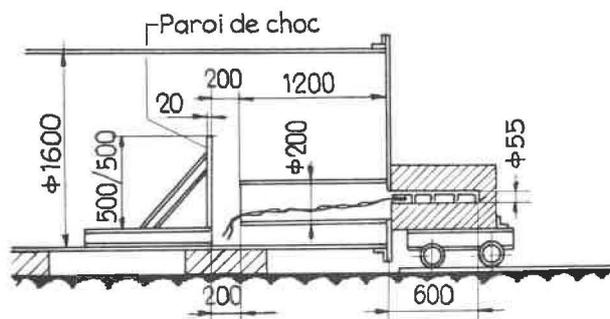


Fig. 10. — Essais au mortier cylindrique avec confinement des fumées.

une distance de 200 mm, une plaque de choc en acier de 500 × 500 mm de surface et 20 mm d'épaisseur.

Des tirs furent faits avec différentes charges, sans bourrage et diverses longueurs d'espace libre entre la charge et l'orifice du fourneau (tableau 9).

TABLEAU 9

Amorçage antérieur		Amorçage postérieur	
Poids d'explosif en g	Nombre de tirs	Poids d'explosif en g	Nombre de tirs
100	2	100	2
200	2	200	2
300	2	300	2
400	2	400	2

Aucun de ces tirs n'a donné lieu à l'inflammation du grisou.

4°) Essais de tir en charge suspendue.

Une botte de 12 cartouches est suspendue et tirée au milieu de la chambre d'explosion.

Deux essais ont été faits et il n'y a pas eu d'inflammation du mélange grisouteux.

B. Tirs en poussières charbonneuses.

Les poussières de charbon titrent 30 % de matières volatiles et traversent le tamis de 6.400 mailles/cm²; elles sont dispersées dans la chambre d'explosion par le tir d'une demi-cartouche de 50 g d'explosif de sûreté, une seconde avant l'explosion de la charge à essayer.

1^o) Essais au mortier d'acier cylindrique.

On dispose en tas sur la sole de la chambre d'explosion 2 kg de poussières de charbon.

Le fourneau du mortier d'acier cylindrique a 2 m de profondeur et 40 mm de diamètre.

Des charges de différentes longueurs, placées au fond du fourneau, sont tirées avec amorçage postérieur.

Avant l'introduction des cartouches d'explosif dans le fourneau, celles-ci sont enrobées d'une mince couche de poussières de charbon.

Les tirs sont effectués sans bourrage et avec diverses longueurs d'espace libre entre la charge et l'orifice du fourneau (tableau 10).

TABLEAU 10

Amorçage postérieur	
Poids d'explosif en g	Nombre de tirs
500	2
600	2
900	2
1.200	2
1.400	2

Aucun de ces tirs n'a donné lieu à l'inflammation des poussières charbonneuses.

2^o) Essais de tir en charge suspendue.

On dispose en tas, sur le bloc rainuré et à proximité de la charge, 2 kg de poussières de charbon.

Une botte de 12 cartouches est suspendue et tirée au milieu de la chambre d'explosion.

Deux essais ont été faits et n'ont pas donné lieu à l'inflammation des poussières charbonneuses.

II. Puissance.

La puissance est déterminée par la méthode de Traulz. Elle consiste à faire détoner dix grammes d'explosif, sous bourrage de sable, au moyen d'un détonateur électrique instantané n° 8, dans une cavité ménagée dans l'axe d'un bloc de plomb cylindrique.

L'augmentation de volume de la cavité provoquée par la détonation est mesurée et comparée à celle de l'acide picrique, considéré comme explosif de référence.

La Charbrite 418 donne 80 cm³ net comme valeur moyenne de 3 essais - Valeurs séparées : 80, 79, 81 cm³.

III. Vitesse de détonation.

La mesure de la vitesse de détonation est réalisée par une méthode photographique. Afin de pouvoir déterminer la vitesse de détonation des explosifs dans leur conditionnement industriel, les cartouches sont disposées en file le long d'une latte de bois, en prenant soin de découper, sur chaque enveloppe de papier et dans un même alignement, une fenêtre mettant l'explosif à nu (fig. 11 chiffre 2).

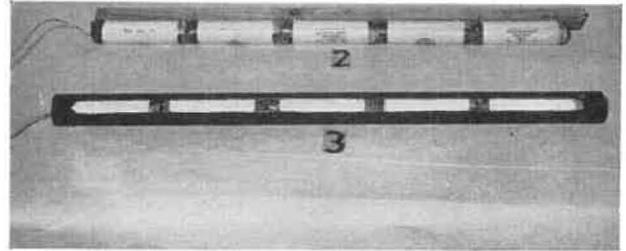


Fig. 11.

Pour se rapprocher de la pratique, c'est-à-dire du tir en confinement, nous avons également essayé un mode opératoire qui consiste à introduire la charge d'explosif en cartouches industrielles dans un tuyau en acier dans la paroi duquel est pratiqué un regard (fig. 11 chiffre 3).

Dans les deux cas précités, la charge d'explosif, dont on mesure la vitesse de détonation, est disposée horizontalement dans le champ de l'objectif d'une caméra spéciale, à film mobile, comme représenté à la figure 12.

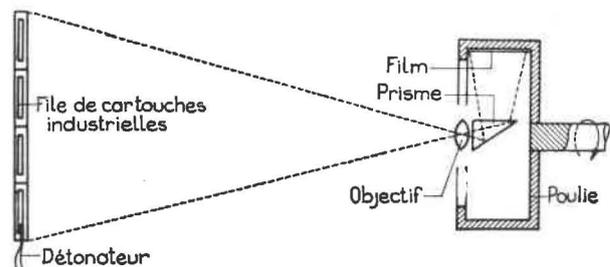


Fig. 12.

Les résultats sont donnés au tableau 11.

TABLEAU 11

Charge à l'air libre	Charge placée dans un tuyau d'acier
1 ^{er} essai : 1.375 m/s	1 ^{er} essai : 1.325 m/s
2 ^e essai : 1.350 m/s	2 ^e essai : 1.400 m/s
3 ^e essai : 1.350 m/s	3 ^e essai : 1.400 m/s
4 ^e essai : 1.300 m/s	4 ^e essai : 1.400 m/s
5 ^e essai : 1.350 m/s	5 ^e essai : 1.375 m/s
Moyenne : 1.345 m/s	Moyenne : 1.380 m/s

IV. Aptitude à la transmission de la détonation.

Nous avons procédé à la détermination de l'aptitude à la transmission de la détonation en confinement, dans des tubes charbon-ciment, de dosage 2/1 et 20/1, de 40 mm de diamètre intérieur.

Deux cartouches dont une initiatrice et une réceptrice furent placées, à une certaine distance D l'une de l'autre, dans le tube fermé aux deux extrémités par un bourrage d'argile de 10 cm de longueur.

La cartouche initiatrice était amorcée au moyen d'un détonateur n° 8 et le plus grand intervalle D , franchi par la détonation, a été :

- a) de 4 cm dans les tubes, de dosage 2/1 (fort pourcentage de ciment) ;
- b) de 6 cm dans les tubes, de dosage 20/1.

V. Tenue à l'eau.

Pour réaliser cet essai, on utilise une charge de 5 cartouches placées en file sur une latte de bois recouverte de feutre. La charge ainsi constituée est déposée horizontalement dans un récipient, sous 20 cm d'eau.

La première cartouche est munie d'un détonateur électrique instantané n° 8.

Pour s'assurer de la détonation complète de la charge d'explosif, on a recours à un cordeau détonant, dont une extrémité est introduite dans la dernière cartouche de la file et dont l'autre extrémité est placée sur une plaquette d'aluminium disposée à l'extérieur du récipient.

L'enveloppe de papier de chacune des cartouches est entaillée longitudinalement sur 2 cm de longueur et en 5 endroits différents, répartis régulièrement. Ces entailles permettent le contact direct de l'eau avec la matière explosive.

Lors de la mise à feu, qui fut faite après que l'explosif eut séjourné dans l'eau pendant 5 heures, la charge détona complètement. L'essai fut répété 5 fois avec le même résultat.

On remarquera dans le compte rendu ci-dessus, que le tir avec confinement des fumées ne donne pas d'inflammation, même avec amorçage postérieur de la charge.

1173. Application des normes belges.

Parallèlement aux essais suivant les normes allemandes, une longue expérimentation a été faite selon les normes belges pour aboutir à la décision du 19 janvier 1962, par laquelle Monsieur le Directeur général des Mines agréa la Charbrite 418 comme explosif du type n° IV, c'est-à-dire de très haute sûreté.

L'expérimentation a été conduite selon les principes habituels ; elle a nécessité de la part du fabricant, notamment, une mise au point supplémentaire pour satisfaire à l'épreuve belge du tir d'angle en présence de poussières charbonneuses.

Mode opératoire pour les tirs en grisou.

La chambre de tir est chauffée pendant une nuit afin de l'amener à sa température de service (20° C au moins) et d'en éliminer toute trace d'humidité condensée.

Le matin, on pratique une inflammation de grisou (inflammateur électrique), puis on passe au premier tir d'épreuve.

Après chaque tir, se déroulent les opérations suivantes :

a) actionnement du ventilateur installé sur l'orifice d'entrée de la galerie, en vue d'éliminer rapidement et le plus possible les fumées et poussières salines en suspension dans la chambre d'explosion ;

b) brossage rapide des parois de la chambre et évacuation au balai des résidus solides rassemblés sur la sole ;

c) nettoyage approfondi, au moyen d'une éponge humide, de la rainure du mortier et de la paroi de choc ;

d) inflammation de grisou et nouvelle mise en marche du ventilateur d'évacuation des fumées.

En fin de journée, la chambre subit un lavage approfondi à grande eau.

Pour les tirs, on utilise le mortier à rainure latérale de 3 m de longueur. La file des cartouches alignées bout à bout dans la rainure, doit être éloignée d'au moins 20 cm des extrémités du mortier ; les charges sont placées sensiblement à égale distance du fond métallique et de la feuille de papier délimitant la chambre d'explosion.

Le programme des tirs, tous pratiqués à incidence normale sur la paroi de choc, est le suivant :

a) cinq tirs de 2.200 g avec distance à la paroi de choc de 20 cm ;

b) cinq tirs de 2.400 g avec distance à la paroi de choc de 40 cm.

Mode opératoire pour les tirs en atmosphère poussiéreuse.

Les dispositions prises sont en principe les mêmes que pour les tirs en grisou, sauf que l'atmosphère inflammable est réalisée au moyen de 2 kg de poussières de charbon titrant 30 % de matières volatiles et traversant le tamis de 6.400 mailles par centimètre carré, contenues dans un sac suspendu au milieu de la chambre et dispersées, une seconde avant la mise à feu, par l'explosion d'une demi-cartouche d'explosif de sûreté.

Le programme des tirs, tous à incidence normale, comporte :

a) cinq tirs de 2.200 g avec distance à la paroi de choc de 20 cm ;

b) cinq tirs de 2.400 g avec distance à la paroi de choc de 40 cm.

11731. Résultats des tirs.

Aucun de ces tirs en grisou ou en poussières charbonneuses, n'a donné lieu à inflammation.

118. Etude de la déflagration fusante des explosifs de sûreté.

Une rubrique du Rapport sur les travaux de 1959 a été consacrée à cette étude, dont nous annonçons la continuation.

Comme cela a été décrit, nous utilisons à l'époque un mortier ordinaire à fourneau cylindrique, dans l'âme duquel était réalisée, par long bourrage à l'argile et calage approprié, une chambre à volume constant.

Cette chambre, de longueur réglable, contenait à fond de fourneau une cartouche initiatrice amorcée postérieurement et, contre le bourrage, une cartouche réceptrice prolongée par un cordeau détonant sortant du fourneau.

On pouvait espérer, par ce dispositif, contrôler si la mise à feu n'avait pas provoqué la détonation de la cartouche réceptrice, sinon l'essai perdait toute signification.

Si le cordeau restait intact après le tir, on pouvait légitimement croire que la pression des gaz chauds, provenant de l'explosion de la charge initiatrice, s'exerçait sur la cartouche réceptrice dont il s'agissait d'examiner le comportement.

L'observation ne pouvait se faire que, soit indirectement, par témoin tel qu'une touffe de coton nitré coincée entre le bourrage et la cartouche, soit directement, mais après un temps assez long requis par les opérations de débouillage et dans de mauvaises conditions de visibilité.

1181. Nouveau dispositif.

Pour éviter ces difficultés expérimentales, nous avons fait aménager, vers la fin de 1961, un mortier à culasse amovible. L'enlèvement aisé de celle-ci permet d'observer ad libitum la cartouche réceptrice placée cette fois à fond de fourneau (fig. 13 et 14).

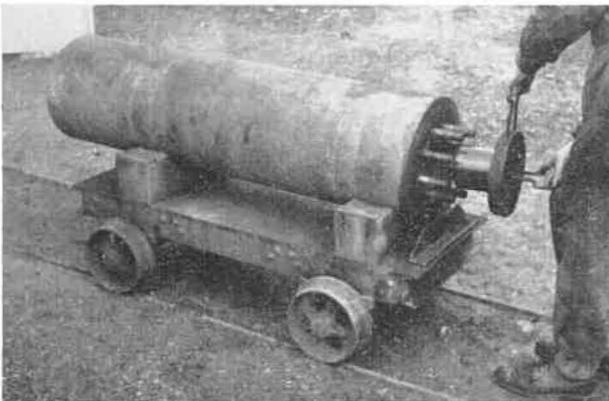


Fig. 13.

Le mode opératoire est représenté schématiquement à la figure 15.

En conclusion d'un certain nombre d'essais effectués à ce jour, nous pouvons avancer qu'il est plus



Fig. 14.

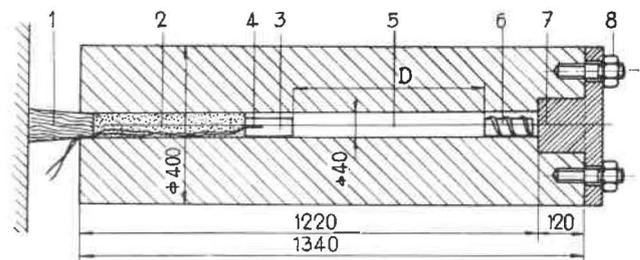


Fig. 15.

1. Broche de bois
2. Bourrage d'argile
3. Cartouche initiatrice
4. Détonateur
5. Intervalle $D \pm 50$ cm
6. Cartouche réceptrice entourée d'un fil de fer disposé en spirale; dans la cartouche, fragment de cordeau détonant (témoin)
7. Culasse acier
8. Huit goujons de fixation.

facile, avec le nouveau dispositif, de suivre l'évolution des phénomènes.

Dans le cas de la Charbrite 418, il se produit notamment, pour des écartements supérieurs à 15 cm entre la cartouche initiatrice et la réceptrice :

1^o) à la mise à feu, peu audible, un « petit bruit métallique » ;

2^o) ensuite, le bourrage bien calé étant resté en place, un chuintement dû à un échappement de gaz par les petits défauts d'étanchéité du bourrage ; ce bruit s'intensifie pendant une quinzaine de secondes, puis s'atténue progressivement ;

3^o) enlèvement de la culasse quelque temps après, l'échappement d'une surpression résiduelle dès le desserrage des écrous, accompagnée d'un grésillement analogue à un « bruit de friture ».

La culasse étant enlevée, on constate qu'il ne reste, de la cartouche réceptrice, qu'une quantité peu importante de résidus durcis comme par une cuisson.

Afin de pouvoir mieux observer la masse résiduaire, nous avons recours à un dispositif déjà utilisé par Audibert et Delmas, en enserrant la cartouche réceptrice dans les spires larges d'un fil métallique enroulé en hélice cylindrique.

De cette façon, l'opérateur peut, après enlèvement de la culasse, retirer le fil auquel adhère la masse des résidus (fig. 16).

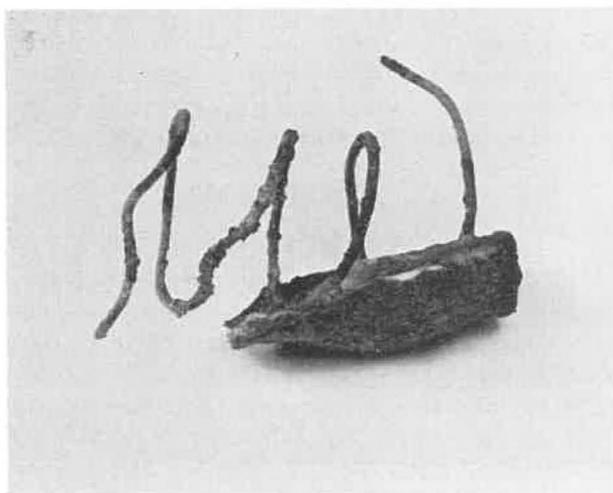


Fig. 16.

Le fait que l'hélice n'est pas déformée indique que la cartouche réceptrice n'a été le siège que de phénomènes de combustion.

Nous comptons varier les conditions d'essai de façon à voir notamment l'influence d'une ampoule d'eau placée derrière le bourrage d'argile ou entre les cartouches ou encore au fond du fourneau.

119. Explosifs spéciaux pour tir sous pression d'eau.

Le Rapport sur les travaux de 1959 contenait un compte rendu relatif à l'explosif anglais « Hydrobel » fabriqué par les Imperial Chemical Industries Limited.

Les fabricants belges ont présenté des formules analogues, caractérisées au tableau 12.

Le simple examen des formules permet de dire qu'il s'agit de dynamites proprement dites, donc d'explosifs du type I, qui offrent par ailleurs la particularité d'une composition à 35 - 40 % de constituants ne participant pas activement au bilan chimique de la réaction explosive.

Cette teneur en sels inertes permet une certaine tenue au grisou, que nous avons appréciée grâce aux épreuves suivantes :

1°) au mortier d'acier à fourneau cylindrique de 55 mm de diamètre et 50 cm de profondeur, tir sans bourrage d'une charge de 230 g placée à fond de fourneau, avec amorçage postérieur (fig. 17) ;

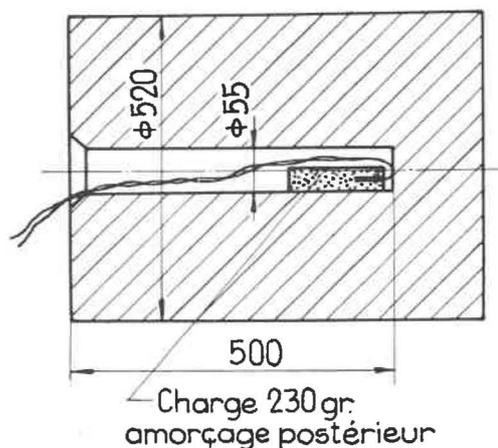


Fig. 17.

2°) au mortier d'acier à fourneau cylindrique de 55 mm de diamètre et 1 m de profondeur, tir avec léger bourrage d'argile (3 cm) placé à la bouche du mortier, d'une charge de 800 g amorcée antérieurement (fig. 18).

Ce programme correspond d'assez près aux épreuves anglaises conçues pour les explosifs de l'espèce.

Les divers explosifs caractérisés ci-dessus n'ont enflammé dans aucune des conditions expérimentales précitées.

TABLEAU 12

Composition	Aquadex 30	Aquadex 38	Hydrar	Cooppabel
Nitroglycérine	30	38	35	30
Nitrocoton	1,4	1,5	1,5	0,75
Farine de bois	1	1	—	—
Nitrate ammonique	30,85	20,75	22,5	28,75
Chlorure de sodium	26	28	35	30
Adjuvant minéral	10	10	5	7,50
Savon métallique	0,75	0,75	—	—
Gomme guar	—	—	1	3
Cartouche	200 g	200 g	100 g	125 et 275 g
Diamètre	25 mm	25 mm	25 mm	22 et 30 mm
Longueur	28 cm	27,5 cm	11 cm	20 cm

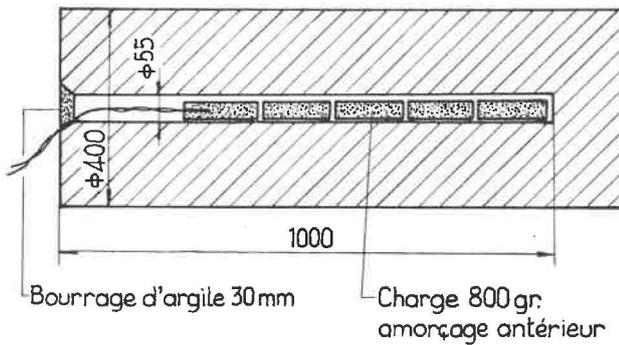


Fig. 18.

Il convient d'attirer l'attention sur le fait que ces explosifs appartiennent au type I et que, pour le tir par « infusion pulsée » auquel ils sont destinés, ils doivent faire l'objet d'une autorisation spéciale (dérogation) du Directeur Divisionnaire du Bassin minier intéressé.

Des échanges d'idées entre participants et agents de l'I.N.M. ont permis de mettre en lumière certaines conceptions en rapport avec la sécurité du minage.

Outre les boutefeux, de nombreux autres visiteurs ont également été reçus, parmi lesquels notamment des groupes de spécialistes venus de stations d'essais ou d'organismes étrangers, des professeurs des hautes écoles, des ingénieurs, des étudiants, etc.

12. DETONATEURS

121. Détonateurs pour les mines.

Les agrégations des différents types de détonateurs étaient cette année à revoir suivant les nouvelles prescriptions de la circulaire n° 127 du 28-10-1960 du Directeur Général des Mines, applicables à partir du 1^{er} juin 1961. Les essais ont été effectués suivant ces prescriptions sur huit types de détonateurs de marques différentes. Ces types, qui ont été agréés, sont repris au tableau 13.

TABLEAU 13
Détonateurs agréés en 1961.

Firmes	Instantanés	A court retard	A long retard
Poudreries Réunies de Belgique (P.R.B.)	oui	n° 0 à 10	n° 0 à 10
Imperial Chemical Industries (I.C.I.)	—	n° 0 à 10	n° 0 à 10
Dynamit Actien Gesellschaft (D.A.G.)	—	n° 0 à 10 à frette n° 0 à 16 sans frette	n° 0 à 10

1110. Propagande pour la sécurité du minage.

Depuis l'entrée en vigueur de l'arrêté ministériel du 20 juin 1959, relatif au certificat de capacité de l'agent chargé de l'utilisation des explosifs dans les travaux souterrains des mines, presque tous les boutefeux du pays ont participé à une séance d'expériences à l'I.N.M.

Au nombre total de 4.260, dont 771 en 1961, ils ont, en compagnie d'ingénieurs, assisté, par groupes d'une trentaine, à des expériences particulièrement démonstratives.

Ces expériences sont largement décrites, d'une part, dans le rapport sur les travaux de 1959 et, d'autre part, dans la note intitulée « I.N.M. et le Boutefeu » parue dans le numéro de juin 1961 des Annales des Mines et qui sera répandue incessamment sous forme d'opuscule.

Ces multiples journées éducatives furent fructueuses de part et d'autre sur le plan technique et pratique.

Les essais ont porté, comme prescrit, sur les fils et sur les détonateurs proprement dits. On a éprouvé la solidité des fils, la stabilité mécanique, thermique et électrique, ainsi que la résistance au feu de l'isolant. Quant aux détonateurs proprement dits, on a vérifié leur sécurité de manipulation, leur sensibilité, leur puissance, leur sécurité vis-à-vis du grisou et la régularité de leurs départs.

Les essais relatifs aux fils sont clairement décrits dans la circulaire rappelée ci-dessus et publiée au rapport sur les travaux de 1960. Il en est de même des essais visant la sensibilité, la puissance et la sécurité vis-à-vis du grisou des détonateurs.

Quant à l'essai destiné à vérifier la sécurité de manipulation, il est réalisé comme représenté schématiquement à la figure 19.

Le détonateur (a) à essayer est maintenu par un carcan (b) en tôle, pincé entre les mâchoires d'un étau (c). Les fils du détonateur passent par un trou pratiqué dans un mur servant d'écran (e). On

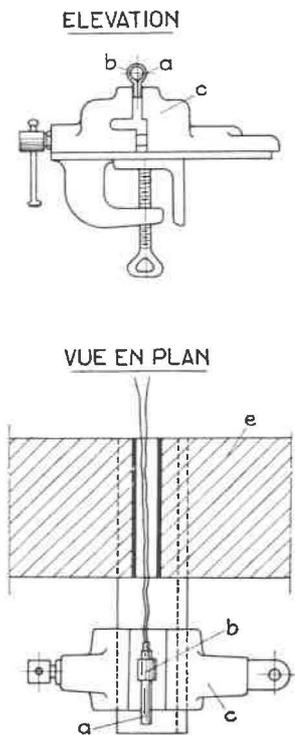


Fig. 19.

- a : Détonateur
- b : Carcan
- c : Etau
- e : Paroi protectrice (mur).

exerce sur ces fils une traction progressive ou brusque jusqu'à rupture ou arrachage des fils. Cette

opération ne peut provoquer l'explosion du détonateur.

L'essai visant la régularité des départs des détonateurs à retard diffère suivant que le retard est court ou long.

Pour les détonateurs à court retard, on procède par photographie de flammes comme représenté schématiquement à la figure 20.

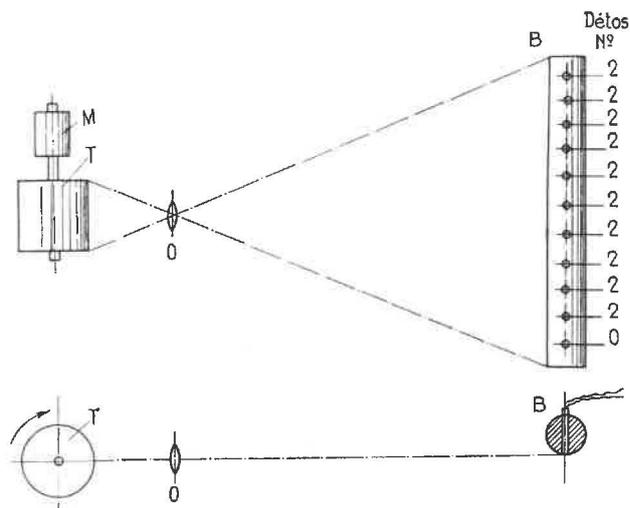


Fig. 20.

La barre d'acier B, disposée verticalement, est percée de 11 trous horizontaux dans lesquels sont introduits les détonateurs à vérifier, à savoir un instantané (zéro) et 10 autres d'un même numéro de retard (n° 2 au croquis).

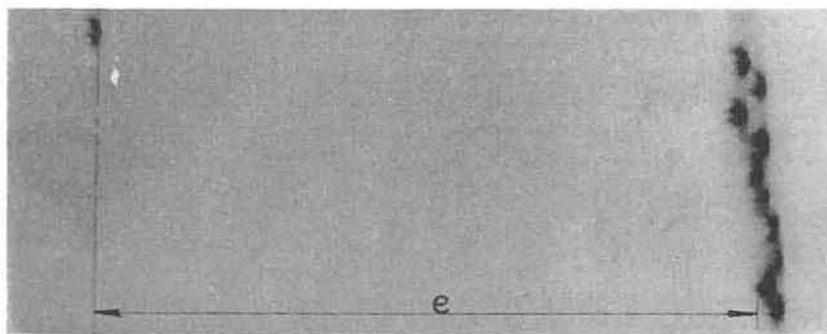


Fig. 21a. — Retard n° 1.

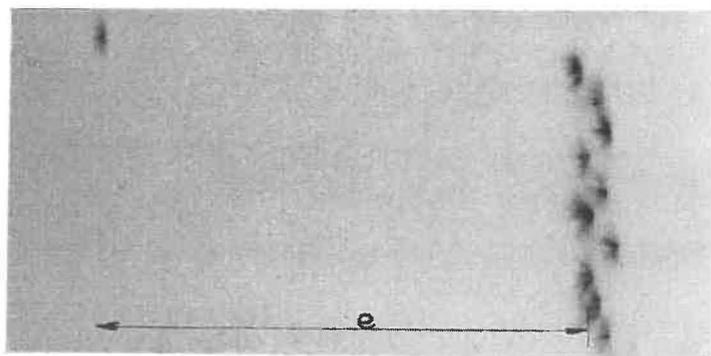


Fig. 21b. — Retard n° 2.

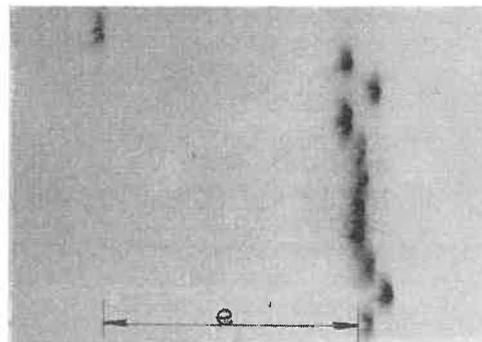


Fig. 21c. — Retard n° 3.

L'objectif O projette l'image de la barre d'acier sur un film sensible porté par le tambour T. Celui-ci est entraîné par un moteur synchrone M à la vitesse de 200 tr/min et son diamètre est tel que, dans ces conditions, la vitesse linéaire du film est de 0,5 mm/ms.

Les détonateurs sont disposés de telle sorte que leur fond affleure la surface de la barre. Ainsi, seules les flammes terminales des détonateurs sont enregistrées sur le film au moment de la détonation.

Pour chaque série, le courant d'allumage est réglé à un ampère. Cet essai constitue en même temps une vérification de la sensibilité.

On obtient ainsi des films tels que ceux représentés à la figure 21. Le retard des détonateurs de la série y est déterminé en millisecondes en mesu-

rant pour chacun l'écart horizontal « e » en mm entre la flamme du zéro et celle du détonateur considéré et en multipliant par 2.

Les résultats des déterminations sur 10 séries complètes au moins sont représentés en diagrammes à la figure 22.

Sur ceux-ci, chaque trait horizontal représente la dispersion du retard du détonateur dont le numéro est inscrit immédiatement au-dessus.

A l'examen de ces diagrammes, il saute aux yeux que l'utilisation dans un même tir de détonateurs de fabrications différentes conduirait certainement à des chevauchements.

Pour les détonateurs électriques à long retard, la régularité est vérifiée au moyen d'un microphone et d'un oscillographe cathodique à deux spots.

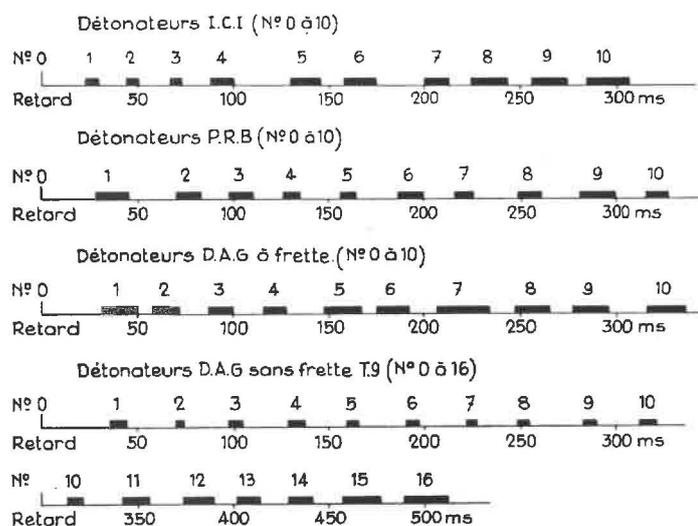


Fig. 22. — Détonateurs à court retard. Régularité des départs.

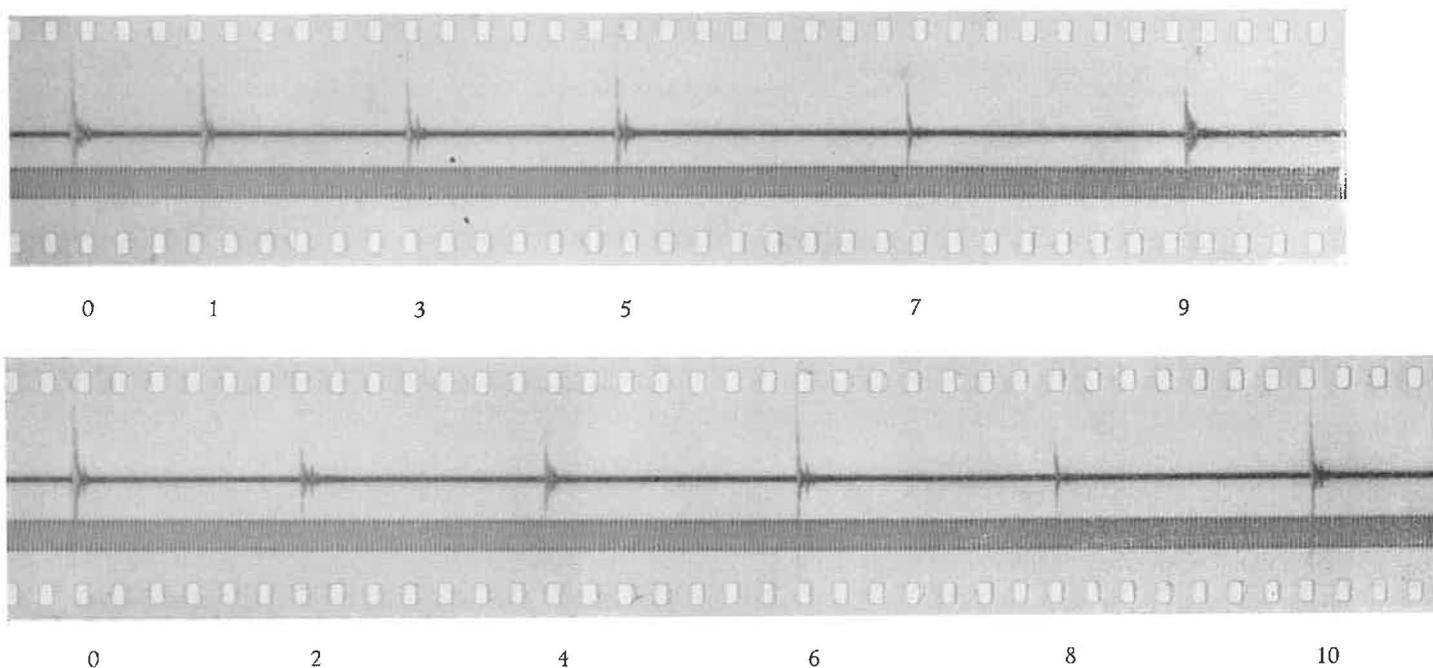


Fig. 23.

Les détonateurs sont placés sur le sol, en éventail, et mis à feu par série de 6 unités de numéros
0, 1, 3, 5, 7, 9
ou 0, 2, 4, 6, 8, 10.

Un microphone, placé à une distance de 3 à 4 m des détonateurs, est raccordé aux bornes d'entrée de l'amplificateur vertical de l'un des spots de l'oscillographe. Ce spot trace sur l'écran les vibrations sonores de chaque explosion, tandis que le second spot y dessine l'oscillogramme de la tension du réseau dont la fréquence de 50 Hz sert ainsi de base de temps. Ces tracés sont enregistrés sur film mobile au moyen d'une camera visant l'écran.

La figure 23 représente un film d'une série de numéros impairs et un film d'une série de numéros pairs. On voit que, si toute la suite de numéros était tirée en une seule volée et représentée dès lors sur le même film, il y aurait, en cas de chevauchement, doute sur le numéro à attribuer aux traces des détonateurs se chevauchant.

Le retard est ici déterminé en comptant les alternances du réseau.

Les résultats des déterminations portant également sur au moins 10 séries complètes de retards sont représentés aux diagrammes de la figure 24.

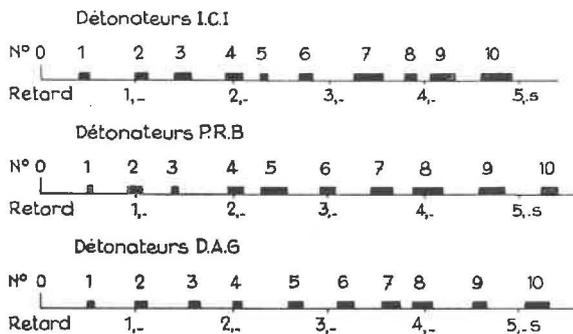


Fig. 24. — Détonateurs à long retard. Régularité des départs.

L'examen de ces diagrammes amène la même remarque que pour les détonateurs à court retard : le mélange de détonateurs de fabrication différente donnerait certainement lieu à des chevauchements.

122. Etude d'un accident de carrière dû aux détonateurs.

Dans un atelier, un boutefeu a été tué par l'explosion intempestive de charges qu'il préparait. Les détonateurs étaient du type à mèche à tube d'aluminium et l'explosif était de l'Alsilite. La victime a été projetée par l'explosion.

Non loin du boutefeu se trouvait un ouvrier occupé à découper des cornières au chalumeau oxyacétylénique.

La première hypothèse envisagée a été la mise à feu d'un détonateur au cours du sertissage par écri-

sement de la capsule sensible d'azoture-styphnate. Elle a pu être écartée immédiatement.

En effet, la pince à sertir a été retrouvée intacte et aucune trace de fragment d'aluminium n'a été rencontrée, à l'autopsie, dans le corps de la victime.

Or, en faisant sauter un détonateur dans la pince à sertir, on a obtenu dans les mors de celle-ci de nombreuses rayures creusées par les éclats.

De plus, des détonateurs tirés dans un récipient cylindrique en tôle, dans lequel se trouvaient des plaques de paraffine, ont laissé dans celles-ci de nombreux fragments d'aluminium de 1 à 5 mm de longueur et, dans la tôle, de nombreux trous dont les dimensions atteignaient 17 mm.

Le décès de la victime est donc dû selon toute vraisemblance à l'explosion de l'Alsilite.

Des cartouches de cet explosif, du type difficilement inflammable, ont été soumises directement à la flamme d'un chalumeau oxyacétylénique sans détoner.

L'Alsilite n'a donc pas sauté sous l'action directe de la flamme du chalumeau.

Il est donc probable que le chalumeau a été la cause du départ des détonateurs qui, eux-mêmes, ont fait sauter l'explosif.

Il est évident qu'une particule incandescente tombant d'une pièce découpée au chalumeau dans le tube d'un détonateur placé verticalement, provoquerait certainement l'explosion de celui-ci. Quoique les détonateurs soient normalement disposés de cette façon dans leur boîte d'emballage, des essais ont néanmoins été effectués suivant la disposition de la figure 25 sur des éléments placés horizontalement sur le sol après avoir été bouchés au moyen de

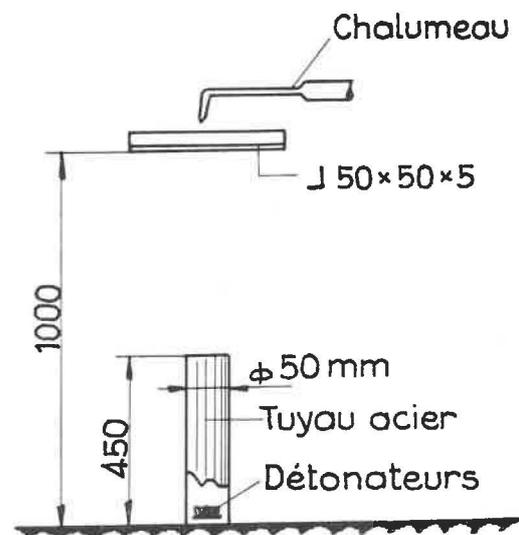


Fig. 25.

mastic. Trois détonateurs ainsi préparés se trouvaient dans le fond du tube en acier de 50 mm de diamètre et de 450 mm de longueur, disposé verticalement. Les particules d'oxydes provenant du dé-

coupage au chalumeau d'une cornière placée à 1 m au-dessus du sol, étaient dirigées dans le tuyau. Les détonateurs ont explosé après 42 s.

Un autre essai a démontré ensuite qu'il est possible de faire exploser une cartouche d'Alsilite par le choc des éclats de détonateurs en aluminium. L'expérience a été conduite dans les conditions suivantes. Les détonateurs se trouvaient à 20 cm de la cartouche et dans l'intervalle était disposée une planche de 10 mm d'épaisseur que les éclats devaient percer pour atteindre la cartouche.

13. MATERIEL DE MINAGE

131. Lignes de tir.

Trois lignes de tir ont été présentées pour agrégation à l'Institut National des Mines. Elles ont été soumises aux essais prescrits par la circulaire n° 121 du 23 mars 1960 du Directeur Général des Mines.

Les résultats ont été satisfaisants.

Ces lignes ont été agréées. Elles sont reprises au tableau 14.

TABLEAU 14

Firme	Type de ligne
Poudreries Réunies de Belgique (P.R.B.)	Ligne à 1 seul conducteur
Câbleries d'Eupen	Ligne à 2 conducteurs accolés
Câbleries d'Eupen	Ligne à 1 seul conducteur

14. LES GAZ DEGAGES LORS DU TIR DES MINES

L'étude des gaz dégagés lors du tir des mines a été poursuivie.

141. Comparaison entre un explosif du type IV et un explosif du type I.

On a d'abord tenté d'établir une comparaison à ce sujet entre deux explosifs : la Charbrite 418 et la Sabulite SmD.

La comparaison de ces explosifs est la suivante :

Charbrite 418	
Huile explosive	9,50
Cellulose modifiée	1
Silice	0,65
Nitrate de potassium	58,85
Chlorure ammonique	30
Sabulite SmD	
Trinitrotoluène	16
Cire	1
Perchlorate de potassium	10
Nitrate ammonique	69
Aluminium	4

Le premier est du type IV et le second du type I.

Les essais ont été effectués en laboratoire suivant le mode opératoire décrit en détail dans le rapport sur les travaux de 1960 et rappelé brièvement ci-après.

On tire sans bourrage une cartouche de 100 g placée au préalable dans le fourneau d'un mortier cylindrique en acier. Le fourneau débouche dans un tuyau métallique d'environ 7 m de longueur et de 0,25 m de diamètre ; ce tuyau est prolongé par un canard de 2,40 m de longueur et de 0,60 m de diamètre.

Le volume de l'installation est d'environ 1 m³.

Immédiatement après le tir, on prélève des gaz en deux points du tuyau. On met ensuite en marche un ventilateur qui établit une circulation d'air en circuit fermé à l'intérieur de l'installation afin d'y homogénéiser le mélange gazeux. On fait ensuite un deuxième prélèvement.

L'anhydride carbonique et l'oxyde de carbone sont déterminés à l'appareil Wösthoff et les oxydes d'azote par colorimétrie à l'acide phénoldisulfonique (voir rapport sur les travaux de 1960).

Les quantités moyennes de gaz, en litres par kg d'explosif, obtenues sur une série de 10 tirs pour la Charbrite, de 5 pour la Sabulite sont indiquées au tableau 15.

TABLEAU 15

Gaz dégagés par un explosif du type IV (Charbrite 418) et un explosif du type I (Sabulite SmD).

	Position de la cartouche dans le mortier					
	Au fond			Au milieu		
	CO litres par kg	CO ₂ litres par kg	NO ₂ litres par kg	CO litres par kg	CO ₂ litres par kg	NO ₂ litres par kg
Charbrite 418	14,9	78,3	1,01	17,1	95,6	1,24
Sabulite SmD	34,9	154,0	1,44	29,9	141,6	1,68

TABLEAU 16

Emballage		Additifs joints à l'explosif	Bourrage				CO			CO ₂			NO ₂			Nombre d'essais	Remarque	1 (CO) + 20 (NO ₂)
Nature	Poids g		Nature	Additifs joints au bourrage	Longueur cm	Poids g	Immédiate-ment après le tir	10 min. après le tir		Immédiate-ment après le tir	10 min. après le tir		Immédiate-ment après le tir	10 min. après le tir				
								1 ^{re} prise	2 ^e prise		1 ^{re} prise	2 ^e prise						
Sans emballage						0,883	0,129	0,119	12,90	2,14	1,96	0,132	0,0134	0,0113	10		0,370	
Papier paraffiné						2,89	0,336	0,301	14,12	1,65	1,52	0,07	0,0083	0,008	10		0,481	
idem		3 g hopcalite				0,690	0,074	0,065	11,03	1,88	1,68	0,0512	0,0143	0,0135	10		0,347	
idem		5 g hopcalite				0,306	0,061	0,060	8,43	1,888	1,768	0,122	0,0145	0,0152	10		0,356	
idem		10 g hopcalite				0,351	0,0317	0,0321	12,45	1,74	1,63	0,34	0,0181	0,0183	10		0,396	
idem		1 g Na ₂ O ₂				0,851	0,142	0,127	10,93	2,33	2,11	0,033	0,01	0,01	10		0,334	
idem		2 g Na ₂ O ₂				0,2736	0,0396	0,0379	0,025	1,66	1,595	0,0694	0,0125	0,0115	10		0,279	
Gaine plastique	6					1,35	0,351	0,345	4,86	1,57	1,57	0,0369	0,0125	0,0123	10		0,596	
Papier siliconé	1,5					0,698	0,124	0,136	11,09	2,076	2,00	0,0815	0,0129	0,0105	10		0,364	
idem	1,5	2 g Na ₂ O ₂				0,44	0,114	0,106	8,42	2,22	2,10	0,176	0,0111	0,0105	10		0,312	
Papier paraffiné			Argile	15	173-183	4,06	0,636	0,584	11,22	1,85	1,71	0,019	0,007	0,005	10	Le bourrage est dans	0,73	
idem			Craie	15	110-128	4,31	0,716	0,682	13,15	2,38	2,25	0,0166	0,0099	0,0083	10	une gaine plastique	0,881	
idem			Eau	15	71-85	3,998	0,62	0,546	12,18	1,95	1,75	0,0157	0,0073	0,0077	10	de 6 g	0,732	
idem			id.	15	Solution 5 % KMnO ₄	3,392	0,589	0,552	10,90	2,065	1,92	0,0113	0,008	0,006	10	idem	0,711	
idem			id.	15	Solution 2 % H ₂ O ₂	1,42	0,303	0,28	10,71	2,15	1,98	0,018	0,0098	0,0095	10	idem	0,483	
idem			id.	15	Solution 5 % H ₂ O ₂	1,358	0,237	0,220	11,38	2,04	1,90	0,0288	0,0043	0,005	10	idem de 2,5 g	0,320	
idem			id.	15	Solution 5 % CaCl ₂	1,31	0,301	0,285	10,53	2,02	1,86	0,0248	0,0059	0,0069	10	idem de 6 g	0,421	
idem			id.	15	Solution 5 % de carbonate sodico-potassique	1,24	0,218	0,195	10,50	1,74	1,54	0,03	0,008	0,0096	10	idem	0,382	
idem			id.	15	Solution 5 % Na ₂ O ₂	3,72	0,63	0,615	10,40	1,527	1,43	0,0136	0,0076	0,0082	10	idem	0,780	
idem			id.	15	Solution 5 % KClO ₃	2,23	0,438	0,418	9,66	1,83	1,71	0,018	0,0078	0,0072	10	idem	0,578	
idem		3 g hopcalite	id.	15	100	1,539	0,268	0,242	11,58	1,985	1,757	0,0634	0,0074	0,0074	10	idem	0,403	
idem		3 g hopcalite	Poud. alum.	10	10	4,249	1,20	1,15	3,54	1,38	1,31	0,015	0,0083	0,0081	10		1,334	
idem		1 g Na ₂ O ₂	Eau	15	Solution 5 % CaCl ₂	1,054	0,211	0,213	9,96	1,90	1,90	0,0406	0,0059	0,0059	10	idem de 2,5 g	0,330	
idem		2 g Na ₂ O ₂	Argile	15	200	1,126	0,259	0,252	8,135	1,77	1,73	0,0338	0,0081	0,0063	10	idem de 2,5 g	0,399	
idem			id.	15		0,94	0,228	0,220	7,985	1,87	1,77	0,0197	0,0079	0,0069	10	Le bourrage n'est pas gainé	0,372	
Gaine plastique		2 g Na ₂ O ₂	Eau	15	Solution 5 % CaCl	2,835	0,451	0,429	11,43	2,01	1,86	0,0171	0,0055	0,0061	10		0,556	
Papier paraffiné	1,5	2 g Na ₂ O ₂	id.	15	Solution 5 % H ₂ O ₂	2,42	0,395	0,369	11,65	2,04	1,91	0,0126	0,0045	0,0047	10	Le bourrage est dans une gaine plastique de 2,5 g	0,474	

142. Facteurs influençant le dégagement gazeux.

Afin de déterminer l'influence de différents facteurs sur la formation des gaz toxiques, on a procédé à des essais sur la dynamite III.

La composition de cet explosif est la suivante :

Huile explosive	53
Nitrocoton	1.40
Trinitrotoluène	2
Nitrate ammonique	57.55
Isomère	2.75
Farine de bois	3.50

On a suivi le même mode opératoire

— en utilisant toutefois divers bourrages et en leur mélangeant certains additifs ;

— en ajoutant certains produits chimiques à l'explosif même.

Les résultats sont donnés au tableau 16 en même temps que les conditions d'essais.

Ils montrent que, dans les circonstances expérimentales adoptées, certains additifs introduits, soit dans l'explosif (comme l'hopcalite ou le peroxyde de sodium), soit dans le bourrage (comme l'eau oxygénée, le chlorure calcique, le carbonate sodico-potassique) diminuent la quantité des gaz dégagés.

Il nous est agréable de remercier MM. CYPRES et POIVRE, attachés respectivement aux services des détonateurs et des explosifs pour la collaboration dévouée et étendue qu'ils nous ont apportée dans la mise au point et la réalisation des expériences.

2. SERVICE PHYSICO-CHIMIQUE

Guy NENQUIN

Docteur en Sciences.

21. ETUDE DE LA SECURITE DES EXPLOSIFS A IONS ECHANGES A BASE DE NITRATE DE SOUDE ET DE NITRATE DE POTASSIUM A L'EGARD DES POUSSIERES DE CHARBON

211. Introduction.

Il importe au préalable de faire remarquer que le mécanisme physico-chimique qui détermine la sécurité de ces explosifs vis-à-vis du grisou n'est pas applicable à l'égard des poussières de charbon.

En effet, des recherches récentes (1) permettent actuellement d'expliquer le mécanisme global sur lequel repose la sécurité des explosifs à ions échangés vis-à-vis du grisou :

— En milieu confiné, la sécurité de ces explosifs est assurée par la dispersion, au sein des fumées, des sels alcalins NaCl - KCl formés au cours des réactions secondaires. Les sels alcalins sont des inhibiteurs de l'inflammation du grisou.

— En milieu non confiné, les réactions secondaires sont pratiquement inexistantes lors de la détonation de l'explosif ; dans ce cas, la sécurité est assurée par la dispersion au sein des gaz chauds, des grains de nitrate. L'efficacité d'un sel à inhiber l'inflammation du grisou est fonction de la finesse des grains (2).

La sécurité des explosifs à ions échangés à l'égard du grisou est donc d'autant plus grande que la finesse des grains de chlorure ammonique et de nitrate sodique ou potassique sera élevée.

Cette conclusion a été confirmée par de nombreux tirs expérimentaux.

(1) H. Ahrens. — Explosivstoffe, 1956, mai, p. 102/109.

(2) Rapport sur les travaux de 1960 de l'I.N.M.

La condition de sécurité à l'égard du grisou, en milieu non confiné, à savoir : la dispersion du nitrate de sodium ou de potassium au sein des gaz chauds, va à l'encontre des conditions de sécurité vis-à-vis des poussières de charbon. Car l'affinité chimique du nitrate pour le carbone est grande. C'est en vertu de cette propriété que le mélange nitrate alcalin-charbon sert de constituant de base à la poudre noire depuis plusieurs décennies et est utilisé actuellement comme propergol solide.

C'est ainsi qu'il est possible d'expliquer qu'une charge d'explosif à ions échangés, qui ne provoquait pas l'inflammation du grisou, a entraîné l'inflammation des poussières de charbon dans la galerie expérimentale au tir d'angle. Les conditions de tir étaient : bloc rainuré avec paroi de choc à 20 cm, humidité dans la chambre d'explosion inférieure à 50 %.

Il est donc nécessaire pour obtenir une sécurité maximum de l'explosif à l'égard des poussières :

— Que les grains de nitrate de sodium ou de potassium n'entrent pas en contact avec les poussières de charbon lors du tir. C'est pourquoi le retard entre les réactions primaires et les réactions secondaires ne peut être trop grand.

— Que l'affinité du nitrate à l'égard de la poussière de charbon soit la plus faible possible.

C'est pourquoi, afin de déterminer le danger d'inflammation des poussières de charbon par les explosifs à ions échangés à base de nitrate de soude et à base de nitrate de potassium, nous avons entrepris au laboratoire les recherches suivantes :

— La mesure du retard entre la réaction primaire et les réactions secondaires lors de la détonation des explosifs à ions échangés à base de NH_4Cl .

NaNO_3 et de $\text{NH}_4\text{Cl-KNO}_3$ en nous basant sur la théorie hydrodynamique de la détonation.

— La mesure de l'inflammabilité des mélanges nitrate de soude-charbon et nitrate de potassium-charbon.

212. La mesure du retard entre la réaction primaire et les réactions secondaires lors de la détonation des explosifs à ions échangés, à base de $\text{NH}_4\text{Cl-NaNO}_3$ et de $\text{NH}_4\text{Cl-KNO}_3$.

2121. Principe de la méthode.

A partir de la théorie hydrodynamique, on démontre que, dans une cartouche d'explosif, le plan Chapman-Jouguet coïncide avec le plan où l'équilibre chimique est atteint, si la détonation de la cartouche se fait dans des conditions de confinement idéal. La région comprise entre le front d'onde et le plan Chapman-Jouguet coïncide alors avec la zone de réaction dont la longueur est fonction du retard entre la réaction primaire et les réactions secondaires.

Les conditions idéales de confinement sont obtenues lorsque le diamètre de la cartouche est infini.

Nous avons calculé, pour chaque type d'explosif, la longueur de la zone de réaction en appliquant la formule d'Eyring (3) :

$$l = \left(1 - \frac{V}{V_\infty}\right) D$$

où l = longueur de la zone de réaction

V = vitesse de l'onde pour un diamètre de cartouche D

V_∞ = vitesse de l'onde pour un diamètre de cartouche ∞

D = diamètre de la cartouche expérimentale.

La vitesse limite de détonation « V_∞ » est déterminée, pour chaque type d'explosifs, par extrapolation à partir des vitesses de détonation mesurées pour différents diamètres de cartouches.

Le temps de réaction « T_r » est donné par l'équation suivante :

$$T_r = \frac{\rho}{\delta} \cdot \frac{\rho}{V_\infty}$$

où ρ est la densité des fumées

δ est la densité de chargement.

On admet généralement pour le rapport ρ/δ , la valeur de 1,33, lorsque la densité de chargement est égale à 1 g/cm³, et la valeur de 1,25 lorsque la densité de chargement est de 1,30 g/cm³.

2122. Mode opératoire.

La composition des explosifs utilisés est donnée au tableau 17.

TABLEAU 17

Type	A	B
Nitroglycérine		
Nitrocellulose	10	10
Nitrate de potassium	58,5	
Nitrate de sodium		54,9
Chlorure ammonique	31,0	34,6
Additif	0,5	0,5

La granulométrie des nitrates et du chlorure ammonique de ces types d'explosifs est semblable.

L'explosif est chargé dans des tubes en verre qui ont pour diamètre intérieur moyen respectivement : 31 mm, 41,4 mm, 51,5 mm et 70,2 mm.

La densité de chargement est approximativement égale à 1.

La vitesse de détonation est mesurée par la méthode du tambour tournant.

L'image de la luminosité du front d'onde se propageant dans la cartouche est projetée sur un film photographique animé d'un mouvement perpendiculaire à la propagation de la flamme ; de la sorte, il s'y produit une courbe dont une des coordonnées indique le chemin parcouru et l'autre, le temps écoulé. Le schéma optique du montage est donné à la figure 26.

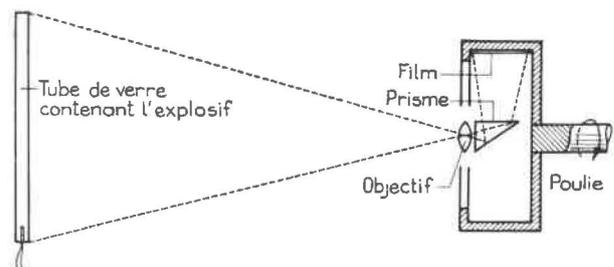


Fig. 26.

Les détails techniques de cette méthode ont été décrits dans un rapport précédent (4).

La vitesse de détonation est donnée finalement par l'équation :

$$V_d = \frac{V_f}{K} \operatorname{tg} \alpha$$

V_d = vitesse de l'onde

V_f = vitesse du film

α = angle formé par le vecteur — vitesse du film et la trace photographique de la détonation.

K = coefficient dépendant des caractéristiques optiques de l'installation.

(3) Murraour. — Memor. Artill. Fr. 1949, 23, 867.

(4) Rapport de l'I.N.M. sur les travaux de 1959 - Annales des Mines de Belgique 1960.

Pour une vitesse du film de 150 m/s et un coefficient K égal à 0,093, la vitesse de détonation est donnée par l'équation suivante :

$$D = 1613 \text{ tg } \alpha$$

2123. Résultats expérimentaux et conclusion.

Les valeurs des vitesses de détonation des explosifs type A et type B mesurées pour différents dia-

mètres sont données dans les tableaux 18 et 19 et les graphiques des figures 27 et 28.

Connaissant la vitesse limite de détonation par extrapolation sur les graphiques, nous avons calculé la longueur de la zone de réaction et le temps de réaction pour chaque type d'explosif, encartouché à un diamètre de 30 mm.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 20.

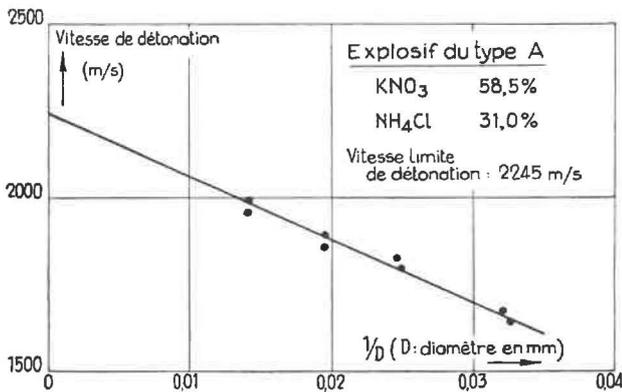


Fig. 27.

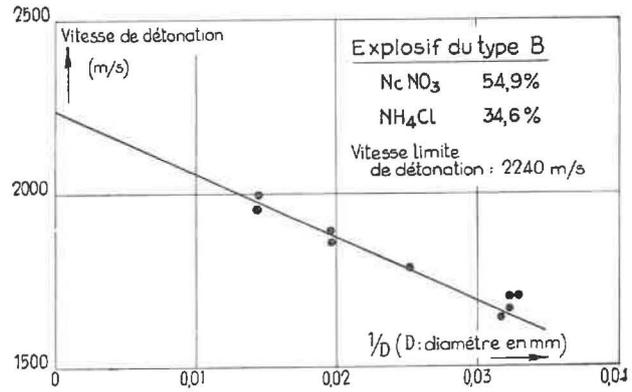


Fig. 28.

TABLEAU 18

Vitesses de détonation de l'explosif à ions échangés type A (KNO_3-NH_4Cl)

Diamètre intérieur du tube en mm	Densité de chargement	Vitesse de détonation m/s
30,6	1,13	1643
31,2	1,16	1672
30,7	1,13	1643
31,2	1,14	1672
40,2	1,12	1792
40,7	1,07	1823
40,6	1,07	1823
52,4	1,03	1890
52,3	0,98	1890
51,4	1,04	1855
70,6	1,10	1992
70,2	1,09	1992
70,5	1,09	1958

TABLEAU 19

Vitesses de détonation de l'explosif à ions échangés type B ($NaNO_3-NH_4Cl$)

Diamètre intérieur du tube en mm	Densité de chargement	Vitesse de détonation m/s
31,1	1,18	1700
31,0	1,16	1672
31,7	1,09	1643
30,4	1,17	1700
40,2	1,12	1792
40,8	1,18	1792
40,0	1,12	1792
51,0	1,11	1890
50,7	1,07	1890
51,4	1,12	1855
70,6	1,15	1958
69,6	1,11	1992
69,9	1,11	1958

TABLEAU 20

Longueur de la zone de réaction et temps de réaction.

Type d'explosif	Vitesse moyenne de détonation (diamètre de la cartouche : 30 mm) en m/s	Vitesse limite de détonation en m/s	Longueur de la zone de réaction en mm	Temps de réaction en s
A (KNO_3-NH_4Cl)	1635	2245	8,16	$47 \cdot 10^{-7}$
B ($NaNO_3-NH_4Cl$)	1630	2240	8,16	$47 \cdot 10^{-7}$

Ces résultats montrent donc que le retard entre la réaction primaire et les réactions secondaires est identique lorsque l'explosif contient du nitrate de potassium ou du nitrate de sodium.

Cependant, étant donné le potentiel d'énergie très bas des molécules de chlorure d'ammonium et de nitrate de sodium ou de potassium, il est probable que l'équilibre chimique n'est pas atteint dans la zone de détonation limitée par le front d'onde et le plan Chapman-Jouguet.

Dans ces conditions, la théorie hydrodynamique de la détonation ne permet plus de mesurer le degré de sélectivité de la décomposition de différentes formules d'explosifs à ions échangés. C'est pourquoi, nous comptons entreprendre dans un proche avenir une étude cinétique de la décomposition thermique des mélanges $\text{KNO}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ et $\text{NaNO}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$.

213. La mesure de l'inflammabilité des mélanges nitrate de soude-charbon et nitrate de potassium-charbon.

L'étude de l'inflammabilité d'un mélange comburant-combustible solide exige la connaissance du mécanisme chimique des réactions produites au cours de la combustion. Dans le cas présent, le combustible est le charbon, le comburant est le nitrate alcalin.

La combustion du mélange nitrate alcalin-charbon se réalise grâce à la propagation à travers le mélange d'un front de flamme qui est alimenté par le mélange formé, d'une part, par le gaz adsorbé par le charbon et par le gaz produit par la décomposition totale ou partielle du comburant et, d'autre part, par les particules de carbone.

La vitesse de combustion ou de déflagration du mélange dépend donc, d'une part, de la vitesse de combustion du mélange gaz-particules de carbone, d'autre part, de la vitesse de décomposition du comburant, en l'occurrence du nitrate.

Dans le cadre de cette recherche, nous avons mesuré la vitesse de combustion des mélanges nitrate de sodium-charbon de bois et nitrate de potassium-charbon de bois et nous avons déterminé la température minimum nécessaire pour provoquer l'inflammation du mélange.

Nous avons utilisé le charbon de bois à la place du charbon minéral pour faciliter l'expérimentation, car les mélanges de nitrate et de charbon de bois sont plus facilement inflammables que les mélanges nitrate-charbon minéral.

2131. Mesure de la vitesse de combustion des mélanges nitrate de sodium-charbon de bois et nitrate de potassium-charbon de bois.

Le mélange intime de nitrate de sodium ou de potassium et de poussières de charbon de bois est versé dans un tube en pyrex d'un diamètre de 10 mm. La vitesse de propagation de la flamme amorcée à la

partie supérieure du tube est mesurée sur une longueur de 5 cm de poudre.

L'humidité et la granulométrie des mélanges étudiés sont données au tableau 21.

TABLEAU 21

	Humidité en %	Diamètre moyen des grains D en mm
Charbon de bois	6,61	$D < 0,105$
NaNO_3	0	$0,105 < D < 0,125$
KNO_3	0	$0,105 < D < 0,125$

Les vitesses de combustion pour différents rapports combustibles-comburant sont résumées dans le tableau 22.

TABLEAU 22

Vitesses de combustion des mélanges :
 KNO_3 -charbon de bois
 NaNO_3 -charbon de bois.

KNO_3/C en moles	Vitesse de combustion cm/s	NaNO_3/C en moles	Vitesse de combustion cm/s
0,667	0,223	0,667	0,111
0,50	0,328	0,50	0,127
0,40	0,291	0,40	0,121
0,33	0,263		

Nous constatons donc que la vitesse de combustion des mélanges nitrate de potassium-charbon de bois est toujours supérieure à la vitesse de combustion du mélange nitrate de soude-charbon de bois.

2132. Détermination de la température minimum d'inflammation des mélanges KNO_3 -charbon de bois et NaNO_3 -charbon de bois.

La température minimum de l'inflammation de ces mélanges est déterminée en mesurant à différentes températures le temps nécessaire pour obtenir l'inflammation du mélange.

Les résultats obtenus pour un rapport, en moles nitrate-charbon de bois, de 0,5 sont résumés dans le tableau 23.

TABLEAU 23

Température du four	Temps d'initiation pour l'inflammation en secondes	
	KNO_3 -charbon de bois	NaNO_3 -charbon de bois
400° C	(pas d'inflammation)	160
440° C	106	99
500° C	58	52

La température minimum d'inflammation est donc plus basse pour le mélange NaNO_3 -charbon de bois que pour le mélange KNO_3 -charbon de bois. Ce phénomène s'explique puisque la température de décomposition du KNO_3 (400°C) est plus élevée que celle du nitrate de soude.

2133. Conclusion.

De l'ensemble de ces résultats, nous pouvons conclure que l'inflammabilité du mélange KNO_3 -charbon de bois est supérieure à l'inflammabilité du mélange NaNO_3 -charbon de bois lorsque ces mélanges sont portés à une température au moins égale à la température minimum d'inflammation du mélange KNO_3 -charbon de bois.

22. ETUDE DE LA DEFLAGRATION DES EXPLOSIFS A IONS ECHANGES

221. Introduction.

En confinement, une cartouche d'explosif classique ou à ions échangés peut déflagrer sous l'effet de la détonation d'une cartouche normalement amorcée (5, 6, 7).

La cause première qui est à l'origine de ce phénomène, qui entrave la sécurité des tirs en trous de mine, est la non transmission de la détonation.

Différents éléments sont susceptibles de perturber la transmission de la détonation des explosifs de sécurité en fourneaux :

- Un manque d'aptitude de la cartouche réceptrice dû à une modification locale de la qualité de l'explosif : reprise d'humidité, augmentation de la densité.
- L'existence d'une préonde se propageant entre l'explosif et la paroi du confinement en avant de l'onde de détonation (7, 8).
- L'interposition d'un bouchon de matières inertes entre les cartouches.

Cependant, afin de pouvoir contrôler et inhiber efficacement ce phénomène de la déflagration, il est nécessaire de connaître le mécanisme physico-chimique qui détermine la déflagration des explosifs.

Dans ce but, nous avons étudié la décomposition thermique à la pression atmosphérique, d'une part, des explosifs à ions échangés en présence et en absence de poussières de charbon minéral, d'autre part, des mélanges NaNO_3 - NH_4Cl , NaNO_3 -charbon minéral, KNO_3 - NH_4Cl , KNO_3 -charbon minéral.

(5) Sartorius R. — Revue de l'Industrie Minérale 1955 - 15 mars.

(6) D. Seeleman. — Publication Cerchar n° 657 - octobre 1955.

(7) F.M. Galadji. — Communication de la station russe à la Conférence des Directeurs des Stations d'essais - Varsovie 1961.

(8) J. Cocu, M. Giltaire, D. Seeleman. — Communication de la Station française à la Conférence des Directeurs des Stations d'essais - Varsovie 1961.

Nous avons mesuré, à différentes températures, le temps d'initiation de la réaction de la décomposition vive, c'est-à-dire le temps nécessaire pour provoquer l'inflammation de ces mélanges ; nous avons également observé les phénomènes lumineux accompagnant cette réaction ; enfin, nous avons analysé le résidu de la décomposition thermique de ces différents mélanges.

222. Partie expérimentale.

La décomposition de ces différents mélanges est telle que, d'une part, le rapport en moles nitrate alcalin-chlorure ammonique est égal à 1, d'autre part, le rapport en moles nitrate alcalin-charbon minéral est égal à 0,5.

Les nitrates alcalins ainsi que le chlorure ammonique sont chimiquement purs : le charbon minéral contient 31,64 % de matières volatiles et 1,69 % de cendres.

L'humidité et la granulométrie des mélanges réalisés en laboratoire sont données au tableau 24.

TABLEAU 24

	Humidité en %	Diamètre moyen des grains D en mm
Charbon minéral	2,05	$D < 0,061$
NaNO_3	0,00	$0,105 < D < 0,125$
KNO_3	0,00	$0,105 < D < 0,125$
NH_4Cl	0,00	$D < 0,164$

Nous avons étudié la décomposition thermique des différents mélanges aux températures respectives de 310°C , 450°C et 600°C .

Dans ce but, nous avons utilisé un four électrique (fig. 29). La température de la chambre du four, mesurée à l'aide d'un thermomètre platine rhodié, pouvait être maintenue constante grâce à un régulateur à dilatation thermique.

Lorsque la chambre du four était à la température désirée, le creuset contenant un échantillon de 5 g du mélange à étudier était introduit dans le four.

Nous avons déterminé, pour chaque mélange, le temps d'initiation de la réaction de la décomposition vive, en mesurant l'intervalle de temps compris entre l'introduction du creuset dans la chambre du four et l'apparition des premières flammes.

Les résultats expérimentaux sont rapportés au tableau 25.

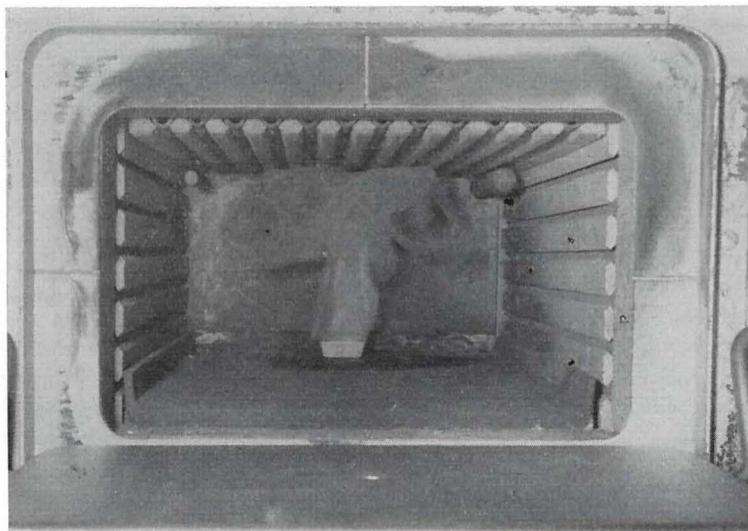


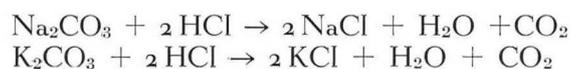
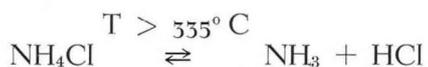
Fig. 29.

TABLEAU 25

Température de la chambre du four	Temps d'initiation de l'inflammation en secondes		
	310° C	450° C	600° C
<i>Mélanges :</i>			
KNO ₃ -charbon minéral	pas d'inflammation	205	55
KNO ₃ -NH ₄ Cl	»	240	82
NaNO ₃ -charbon minéral	»	145	55
NaNO ₃ -NH ₄ Cl	»	208	60
Explosif au KNO ₃	140	71	29
Explosif au potassium-charbon minéral	128	49	10
Explosif au NaNO ₃	195	75	16
Explosif au NaNO ₃ -charbon minéral	111	26	9

Nous avons analysé quantitativement le résidu de la décomposition vive de chacun des mélanges. Ce résidu contient, outre les sels initiaux n'ayant pas réagi, les produits finaux solides (NaCl, KCl, Na₂CO₃, K₂CO₃) résultant des réactions de décomposition et d'oxydation.

A partir des résultats des analyses, nous avons calculé, pour chaque mélange, le pourcentage de nitrate de sodium ou de potassium transformé, au cours des réactions, en chlorure et carbonate alcalins suivant les équations globales :



La dernière série d'équations chimiques met en évidence qu'une partie du carbonate formé aux cours des réactions d'oxydation entre le nitrate alcalin et le charbon minéral, est décomposée par l'acide chlorhydrique et est transformée en chlorure.

Le bilan transformé au cours de la décomposition thermique des différents mélanges aux températures de 310° C, 450° C et 600° C est donné aux tableaux 26 à 31.

Ce bilan est exprimé par les rapports suivants :

1°) $\frac{(KNO_3)_{tr}}{(KNO_3)_t} ; \frac{(NaNO_3)_{tr}}{(NaNO_3)_t}$: quantité de nitrate alcalin transformé sur la quantité totale de nitrate ;

2°) $\frac{(KCl)}{(KNO_3)_t} ; \frac{(NaCl)}{(KNO_3)_t}$: quantité de nitrate alcalin transformé en chlorure sur la quantité totale de nitrate ;

3°) $\frac{(K_2CO_3)}{(KNO_3)_t} ; \frac{(Na_2CO_3)}{(NaNO_3)_t}$: quantité de nitrate alcalin transformé en carbonate sur la quantité totale de nitrate.

TABLEAU 26

Bilan du KNO_3 transformé à la température de 310° C.

	Explosif au KNO_3	Explosif au KNO_3 -charbon minéral
$\frac{(KNO_3)_{tr}}{(KNO_3)_t}$	46,17 %	92,67 %
$\frac{(KCl)}{(KNO_3)_t}$	46,17 %	70,21 %
$\frac{(K_2CO_3)}{(KNO_3)_t}$	00,00 %	22,46 %

TABLEAU 27

Bilan du $NaNO_3$ transformé à la température de 310° C.

	Explosif au $NaNO_3$	Explosif au $NaNO_3$ -charbon minéral
$\frac{(NaNO_3)_{tr}}{(NaNO_3)_t}$	48,97 %	96,98 %
$\frac{(NaCl)}{(NaNO_3)_t}$	48,97 %	90,05 %
$\frac{(Na_2CO_3)}{(NaNO_3)_t}$	00,00 %	6,93 %

TABLEAU 28

Bilan du KNO_3 transformé à la température de 450° C.

	Explosif au KNO_3	Explosif au KNO_3 -charbon minéral
$\frac{(KNO_3)_{tr}}{(KNO_3)_t}$	65,10 %	94,5 %
$\frac{(KCl)}{(KNO_3)_t}$	65,10 %	74,3 %
$\frac{(K_2CO_3)}{(KNO_3)_t}$	00,00 %	20,2 %

TABLEAU 29

Bilan du $NaNO_3$ transformé à la température de 450° C.

	Explosif au $NaNO_3$	Explosif au $NaNO_3$ -charbon minéral
$\frac{(NaNO_3)_{tr}}{(NaNO_3)_t}$	76,50 %	97,30 %
$\frac{(NaCl)}{(NaNO_3)_t}$	76,50 %	90,60 %
$\frac{(Na_2CO_3)}{(NaNO_3)_t}$	00,00 %	6,70 %

TABLEAU 30
Bilan du KNO_3 transformé à la température de $600^\circ C$.

	KNO_3-NH_4Cl	Explosif au KNO_3	KNO_3-NH_4Cl charbon minéral	Explosif au KNO_3 - charbon minéral
$\frac{(KNO_3)_{tr}}{(KNO_3)_t}$	58,66 %	66,39 %	94,40 %	95,83 %
$\frac{(KCl)}{(KNO_3)_t}$	58,66 %	66,39 %	64,80 %	68,92 %
$\frac{(K_2CO_3)}{(KNO_3)_t}$	00,00 %	00,00 %	29,60 %	26,91 %

TABLEAU 31
Bilan de $NaNO_3$ transformé à la température de $600^\circ C$.

	$NaNO_3-NH_4Cl$	Explosif au $NaNO_3$	$NaNO_3-NH_4Cl$ charbon minéral	Explosif au $NaNO_3$ - charbon minéral
$\frac{(NaNO_3)_{tr}}{(NaNO_3)_t}$	75,38 %	78,10 %	96,36 %	97,74 %
$\frac{(NaCl)}{(NaNO_3)_t}$	75,38 %	78,10 %	83,01 %	90,45 %
$\frac{(Na_2CO_3)}{(Na_2NO_3)_t}$	00,00 %	00,00 %	13,35 %	7,29 %

223. Discussion des résultats.

L'examen des résultats expérimentaux qui sont résumés dans les tableaux 25 à 31, nous permettent de tirer les conclusions suivantes.

— Les mélanges $NaNO_3-NH_4Cl$, KNO_3-NH_4Cl , $NaNO_3$ -charbon minéral et KNO_3 -charbon minéral s'enflamment lorsqu'ils sont préchauffés à la température de $450^\circ C$ (tableau 25).

Dans le cas du mélange nitrate alcalin-charbon minéral, nous avons observé une inflammation vive et fusante, accompagnée d'abondantes fumées, comme le montrent les photos des figures 30 et 31.

Par contre, la décomposition des mélanges nitrate alcalin- NH_4Cl donne naissance à une succession de petites flammes instables de couleur jaune, couleur typique de la flamme d'ammoniaque.

— Les explosifs à ions échangés se décomposent partiellement avec inflammation des produits de décomposition lorsqu'ils sont préchauffés à une température supérieure à $300^\circ C$.

A la température de $310^\circ C$, le pourcentage de KNO_3 transformé et de $NaNO_3$ transformé sont respectivement de 46,17 % et 48,97 %.

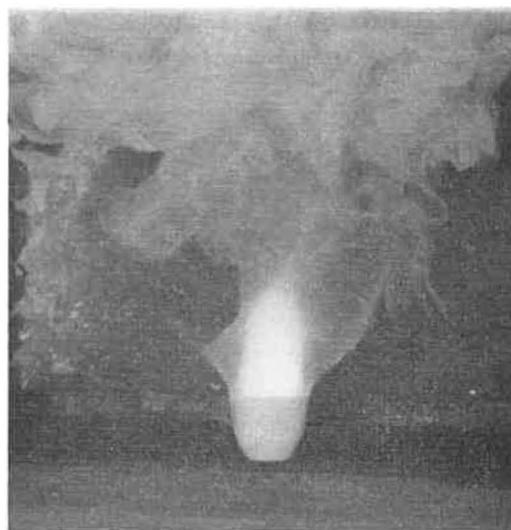


Fig. 30.

La quantité de nitrate alcalin transformée augmente en fonction de la température de préchauffage.

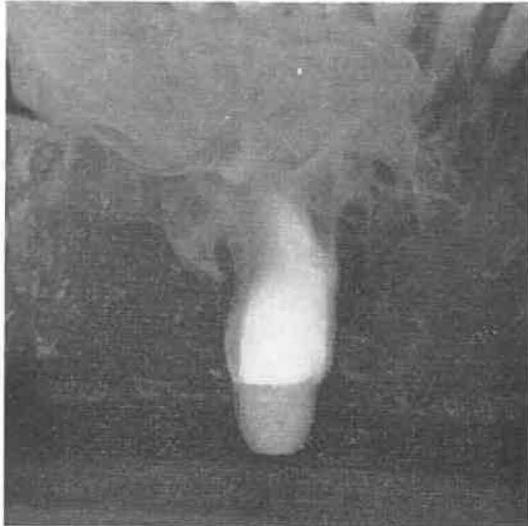


Fig. 31.

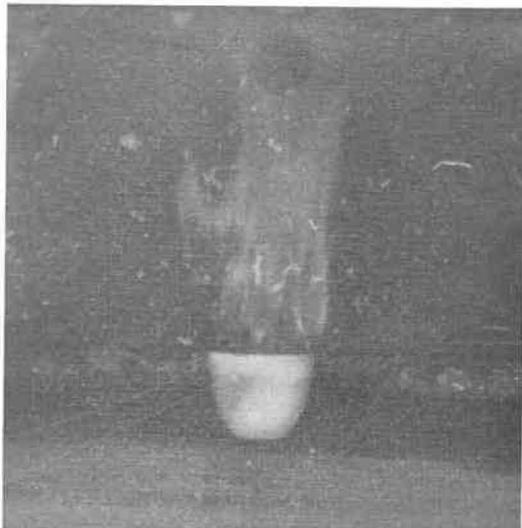


Fig. 32.

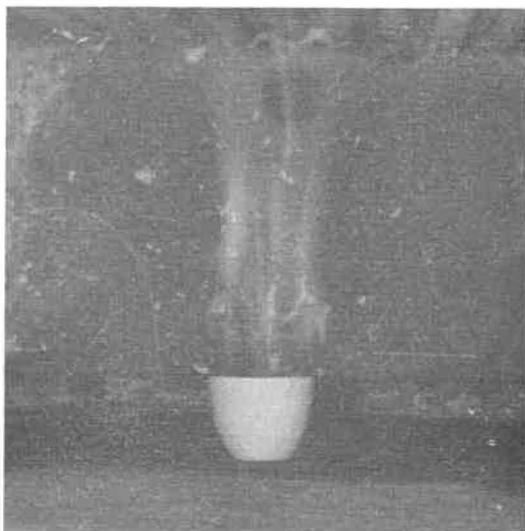


Fig. 33.

— Les explosifs à ions échangés, contenant de la poussière de charbon, donnent lieu à une déflagration fusante comme le montrent les photos des figures 32 et 33.

La température minimum de préchauffage de l'explosif est de 310° C.

— Sous l'action de la chaleur, les explosifs à ions échangés à base de NaNO₃ subissent une décomposition vive plus poussée que les explosifs à ions échangés à base de KNO₃ (tableaux 28 à 31).

Il est à remarquer que les températures de fusion et de décomposition du NaNO₃ sont plus basses que celles du KNO₃.

— Au cours de la déflagration fusante des mélanges explosifs à ions échangés-charbon, le pourcentage de nitrate alcalin transformé en carbonate alcalin est beaucoup plus élevé pour les explosifs à base de KNO₃ que pour les explosifs à base de NaNO₃. Ceci est dû au fait que la vitesse de combustion des mélanges KNO₃-C est plus élevée que la vitesse de combustion des mélanges NaNO₃-C.

— Lorsqu'ils sont préchauffés à une température supérieure à 300° C, les explosifs à ions échangés ne déflagrent pas instantanément, mais seulement après un temps minimum d'initiation. Ce temps diminue en fonction de la température de préchauffage (tableau 25).

224. Mécanisme chimique de la déflagration.

Comme le montrent les conclusions du paragraphe précédent, le régime de la déflagration est différent lorsque l'explosif est préchauffé à une température supérieure à 300° C en présence ou en absence de poussières de charbon ; dans le premier cas, la déflagration est fusante et totale, dans le second cas, la déflagration est simple et partielle.

Nous étudierons respectivement le mécanisme chimique de ces deux déflagrations.

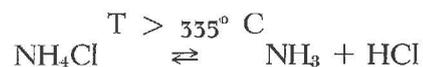
— La « déflagration fusante » des mélanges explosifs à ions échangés-poussières de charbon est due principalement à l'oxydation vive des particules de carbone par les oxydes d'azote, produits de la décomposition du nitrate alcalin.

La réaction principale de combustion est donc :

$$4 C + N_2O_5 \rightarrow N_2 + 3 CO + CO_2 + 176,8 \text{ hcal.}$$

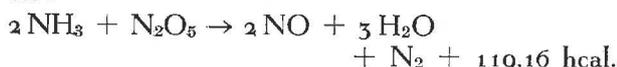
Cette réaction est activée, d'une part, par les gaz adsorbés du charbon minéral, d'autre part, par la décomposition de la nitroglycérine.

— La « déflagration simple » des explosifs à ions échangés est initiée par la décomposition thermique de la nitroglycérine et entretenue par la combustion du mélange gazeux NH₃-N₂O₅ ; l'ammoniaque provient de la décomposition du NH₄Cl qui se réalise suivant la réaction :



l'oxyde d'azote est un produit de décomposition du nitrate.

La réaction globale qui propage l'inflammation est :



Il est bien connu (9,10) que le NO_2 et le N_2O_5 accélèrent la réaction de combustion de l'ammoniaque, mais que le NO formé inhibe cette réaction.

La déflagration du mélange NH_4Cl -nitrate alcalin exige donc la formation du mélange gazeux inflammable : « $\text{NH}_3\text{-N}_2\text{O}_5$ ». Or, la probabilité de la formation de ce mélange dépend de la vitesse des réactions de décomposition du NH_4Cl et du nitrate alcalin et donc de la température de décomposition de ces sels.

Puisque la température de décomposition du NaNO_3 (380°C) est plus basse que celle du KNO_3 (400°C), il est normal que la déflagration soit plus importante lorsque l'explosif à ions échangés contient du NaNO_3 (tableaux 28 à 31).

De plus, la température de fusion du NaNO_3 étant relativement basse ($306,8^\circ\text{C}$), la fusion du nitrate de soude freine la diffusion des produits gazeux formés au cours des réactions de décomposition et favorise la probabilité d'inflammation de ceux-ci.

225. Conclusion.

Il ressort de notre étude que les explosifs à ions échangés déflagrent lorsqu'ils sont préchauffés, à la pression atmosphérique à une température supérieure à 300°C durant un temps déterminé. Ce temps d'initiation est d'autant plus petit que la température de préchauffage est élevée à 600°C , le temps d'initiation de la déflagration simple varie entre 16 et 29 secondes suivant le type d'explosif ; il

(9) C.N. Hinshelwood. — The Kinetics of Chemical Changes, p. 92, Oxford Clarendon Press 1949.

(10) A Volders et A. Van Tiggelen. — Bull. Soc. Chim. Belg. 63, p. 558 (1954).

est de 10 secondes dans le cas de la déflagration fusante.

C'est par un processus semblable qu'une cartouche d'explosif à ions échangés, qui n'a pas détoné, peut déflagrer en trou de mine ; les calories nécessaires pour initier la déflagration sont fournies par les fumées résultant de la détonation d'une partie de la charge.

La déflagration de la cartouche d'explosif est partielle, si l'explosif n'est pas en contact avec les poussières de charbon ; par contre, elle est totale et fusante, si l'explosif contient des poussières de charbon.

La vitesse de la propagation de la déflagration est relativement lente (maximum quelques dizaines de centimètres par seconde). De plus, la faible teneur en huile explosive (10 % de nitroglycérine-nitroglycol) ainsi que les conditions de confinement dans le trou de mine, après la détonation d'une partie de la charge, empêchent que la déflagration se transforme en détonation.

Nous avons constaté que la déflagration simple des explosifs à ions échangés est la plus importante lorsque l'explosif est à base de NaNO_3 .

La déflagration fusante est beaucoup plus dangereuse que la déflagration simple du point de vue de la sécurité à l'égard du grisou et des poussières puisqu'elle libère une quantité d'énergie beaucoup plus élevée que la déflagration simple.

Le phénomène de la déflagration peut être inhibé efficacement par un refroidissement rapide des fumées de tirs. De plus la déflagration fusante peut être évitée, si la réactivité des poussières de charbon minéral est fortement diminuée, comme c'est le cas lorsque ces poussières sont humidifiées.

En terminant, il m'est agréable de remercier MM. FALLY et SAMAIN ; leur collaboration m'a été précieuse pour la réalisation de ces travaux.

3. SERVICE FEUX ET INCENDIES

J. BRACKE

Ingénieur principal divisionnaire.

31. PREVENTION DES FEUX ET INCENDIES

311. Courroies transporteuses.

3111. Essais d'agrégation.

Huit courroies transporteuses ont été essayées ; trois d'entre elles, l'une en néoprène et les deux autres en P.V.C., ont satisfait aux prescriptions de l'arrêté ministériel du 8 juillet 1958 et ont été agréées.

3112. Etude de nouvelles conditions d'agrégation.

31121. Généralités.

L'étude des bandes ininflammables a été poursuivie en vue de revoir les prescriptions de 1958 dans le sens d'un allègement, ceci pour permettre aux fabricants de réaliser des courroies plus résistantes à l'usure sans toutefois nuire à la sécurité. Les principes qui ont guidé les expériences sont les suivants :

- La courroie peut brûler dans un incendie mais ne peut en propager la flamme.
- Ni la courroie ni le tambour-moteur ne peuvent être la cause d'un incendie.

Pour répondre à la première condition, la courroie doit satisfaire à un essai d'inflammabilité sur échantillons en largeur entière et de longueur suffisante.

Pour satisfaire à la seconde, il faut qu'en cas de patinage, le tambour-moteur ne soit pas porté à une température trop élevée, que la courroie ne s'enflamme pas et n'allume pas la poussière de charbon.

Ce résultat peut être obtenu, soit en employant des dispositifs automatiques limitant l'échauffement ou empêchant le patinage, soit en utilisant des courroies de qualité spéciale.

En prévision d'une déficience des dispositifs automatiques, toute courroie devra subir un essai de friction, afin de voir si les fragments qui s'en détachent éventuellement au cours de cet essai, ne sont pas susceptibles d'allumer la poussière de charbon.

31122. Essai d'inflammabilité.

La description de cet essai a été donnée au rapport sur les travaux de 1960. Elle est reprise brièvement ici. L'essai est exécuté sur échantillon, à revêtement complet ou partiellement arraché, de 2 m de longueur. Chaque éprouvette, disposée sur tréteau, est exposée par une de ses extrémités pendant 10 minutes aux flammes d'un gros brûleur à butane. Elle ne doit pas se consumer entièrement malgré un courant d'air de 1,50 m/s favorable à la propagation des flammes.

On a ainsi procédé à 27 essais sur 18 courroies différentes. Trois d'entre elles ont complètement brûlé. Quant aux quinze autres, leur longueur moyenne restée intacte après l'essai a été de 62 cm pour les éprouvettes avec revêtement complet et de 59 cm pour les éprouvettes avec revêtement partiel. Les résultats détaillés sont d'ailleurs donnés au tableau 32.

TABLEAU 32

Courroie numéro	Revêtement à base de	Courroie répondant aux prescriptions	Epreuve d'inflammabilité à l'échelle 1/1		Epreuve de friction avec bac de charbon sous la courroie	
			Partie restant intacte		sans courant d'air	avec courant d'air
			avec revêtement	sans revêtement		
1	P.V.C.	anglaises	consumée	—	pas d'incandescence	—
2	P.V.C.	id.	80 cm	—	pas d'incandescence	pas d'incandescence
3	P.V.C.	id.	35 cm	—	pas d'incandescence	—
4	P.V.C.	id.	53 cm	—	—	pas d'incandescence
5	néoprène	allemandes	75 cm	—	pas d'incandescence	incandescence dans la courroie
6	néoprène	id.	65 cm	—	incandescence dans le charbon	incandescence dans la courroie
7	néoprène	—	97 cm	—	pas d'incandescence	pas d'incandescence
8	—	—	consumée	48 cm	incandescence dans le charbon	pas d'incandescence
9	néoprène	—	53 cm	41 cm	idem	incandescence dans le charbon
10	—	—	77 cm	72 cm	idem	idem
11	néoprène	—	60 cm	64 cm	pas d'incandescence	pas d'incandescence
12	caoutchouc ignifugé	—	consumée	—	pas d'incandescence	—
13	P.V.C.	—	27 cm	25 cm	pas d'incandescence	pas d'incandescence
14	—	—	27 cm	37 cm	incandescence dans la courroie	incandescence dans la courroie
15	P.V.C.	—	—	50 cm	pas d'incandescence	pas d'incandescence
16	—	—	—	—	incandescence dans le charbon	—
17	néoprène	allemandes	—	—	incandescence dans la courroie	incandescence dans la courroie
18	id.	id.	—	—	incandescence dans le charbon	incandescence dans le charbon
19	id.	id.	—	—	incandescence dans la courroie	incandescence dans la courroie
20	id.	id.	—	—	pas d'incandescence	—
21	id.	id.	—	—	incandescence dans la courroie	pas d'incandescence
22	P.V.C.	id.	—	—	pas d'incandescence	pas d'incandescence
23	caoutchouc ignifugé	id.	80 cm	85 cm	incandescence dans la courroie	incandescence dans la courroie
24	néoprène	id.	90 cm	100 cm	idem	idem
25	caoutchouc ignifugé	id.	70 cm	70 cm	idem	pas d'incandescence

31123. Essai de friction dit « essai au tambour ».

L'essai de friction a déjà été décrit au rapport sur les travaux de 1960. Il s'effectue au tambour d'acier de 215 mm de diamètre tournant à 200 tr/min sur lequel est placée l'éprouvette de 15 cm de largeur. Celle-ci est immobilisée par une de ses extrémités et tendue par l'autre sous l'action d'un poids qui est porté de 35 à 70 kg au cours de l'essai. La durée de celui-ci est de 2 heures, à moins que la courroie ne casse avant la fin.

Cet essai a cependant été modifié en ce sens qu'à 10 cm sous le tambour est disposé un bac de poussières provenant d'un charbon à 30 % de M.V. et passant entièrement au tamis de 6.400 mailles par cm² (fig. 34). Des fragments de la courroie tombent dans cette poussière au cours de l'essai et peuvent la rendre incandescente.

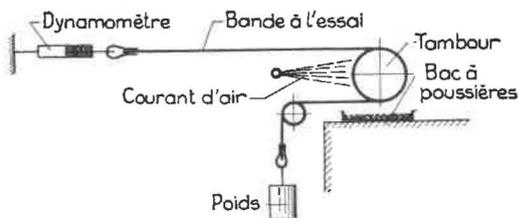


Fig. 34.

Pendant l'épreuve, un courant d'air peut être dirigé sur le tambour entre les deux brins.

Comme indiqué au tableau 32, 25 courroies ont été soumises à cette épreuve; 6 d'entre elles ont allumé la poussière de charbon. Dans l'un des cas, l'incandescence de la poussière a été provoquée par un morceau de revêtement de 1 cm² environ.

Si l'on dispose donc d'un moyen d'éviter un trop grand échauffement du tambour-moteur, on peut admettre qu'au cours des essais d'agrégation, la courroie présente des points incandescents pourvu que les fragments du revêtement tombant dans la poussière de charbon n'allument pas celle-ci.

Dans ces conditions, des 18 courroies soumises à l'essai d'inflammabilité à l'échelle 1/1 et à l'essai de friction avec bac de charbon, 12 pourraient être agréées.

31124. Essais de dispositifs d'arrosage du tambour.

Une première série d'essais a été effectuée dans les conditions suivantes. Le dispositif d'arrosage est placé à 20 mm de la surface du tambour et en son milieu entre les deux brins de la courroie. Tout le système est enfermé dans une caisse représentant le bâti d'une tête motrice (fig. 35). Un thermomètre placé à proximité du dispositif d'arrosage indique la température de l'air.

Le maximum de la température fut atteint après 105 minutes. Il fut de 61° C. Le dispositif d'arrosage

dont la pastille devait fondre à 57° C n'a pas fonctionné.

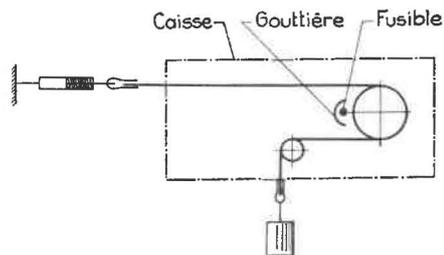


Fig. 35.

Une seconde série d'essais fut réalisée dans les mêmes conditions, mais en plaçant devant le dispositif une gouttière concentrant la chaleur dégagée par le tambour sur l'élément sensible (fig. 35). La température superficielle du tambour fut relevée à l'aide de crayons fusibles. Les résultats obtenus sont indiqués aux tableaux 33 et 34.

TABLEAU 33
Dispositif fonctionnant à 57° C.

Temps écoulé depuis le début de l'essai en min	Température à hauteur de l'élément sensible	Température du tambour
8	30° C	< 114° C
10	40° C	128°
12	50° C	139°
15	60° C	149°
17	70° C	> 163° et < 177°
	le dispositif fonctionne	

TABLEAU 34
Dispositif fonctionnant à 74° C.

Temps écoulé depuis le début de l'essai en min	Température à hauteur de l'élément sensible	Température du tambour
4	30° C	< 114° C
7	45° C	139°
9	50° C	> 139° et < 149°
12	60° C	> 149° et < 163°
15	70° C	177°
	le dispositif fonctionne	

Ces dispositifs d'arrosage automatique fonctionnent donc pour une température de tambour qui n'est pas supérieure à 177° C, à condition que la chaleur rayonnée soit concentrée sur l'élément fusible.

31125. *Prescriptions nouvelles.*

A la lumière des résultats des essais ci-dessus, de nouvelles conditions d'agrèation ont pu être élaborées d'après les principes suivants.

L'essai d'inflammabilité sur bande entière remplace l'essai primitif de laboratoire sur petites éprouvettes ; il répond en effet beaucoup mieux aux conditions de la pratique.

L'essai de friction au tambour est maintenu comme antérieurement pour les bandes de convoyeurs pour lesquels aucune disposition n'est prise en vue d'éviter le patinage ou de refroidir la tête motrice à moins de 100° C. Les flammes, les points incandescents et une température de tambour supérieure à 300° sont éliminatoires.

Pour les bandes de convoyeurs munis d'un système de protection contre le patinage ou l'échauffement, ni les points incandescents ni la température du tambour ne sont éliminatoires, mais il faut que les particules détachées de la courroie et tombant dans la poussière de charbon n'allument pas celle-ci.

Ces conditions d'agrèation ont été publiées par arrêté ministériel du 11 septembre 1961. Elles sont reproduites ci-dessous in extenso.

Arrêté ministériel du 11 septembre 1961
(M.B. n° 230 du 26-9-1961).

Art. 1^{er}. — Les bandes de convoyeurs utilisées dans les travaux souterrains des mines de houille sont à même de satisfaire aux épreuves ci-après :

- 1°) épreuve au contact d'une flamme ;
- 2°) épreuve au contact d'un tambour en rotation.

Les modalités de ces épreuves sont précisées dans une annexe au présent arrêté.

Art. 2. — Dans le cas où des dispositions sont prises pour éviter un patinage susceptible de porter la température du tambour-moteur au-delà de 100° C, soit pour projeter automatiquement de l'eau en quantité suffisante sur le tambour-moteur afin de le refroidir rapidement à moins de 100° C dès que sa température dépasse 180° C, l'épreuve prévue sous 2° de l'article précédent n'est pas la même que lorsque de telles dispositions n'ont pas été prises.

Art. 3. — Toute bande identique à l'échantillon qui aura subi avec succès à l'Institut National des Mines les épreuves précitées porte une marque d'identification ineffaçable, reproduite tous les 5 m et comprenant notamment, un numéro d'essai fixé par l'Institut National des Mines. Sur les bandes visées dans le premier cas de l'article 2, la marque d'identification se termine par une grande lettre D.

Art. 4. — Est abrogé, l'arrêté ministériel du 8 juillet 1958 approuvant la circulaire n° 111 du Directeur Général des Mines.

Toutefois, par mesure transitoire, les bandes qui satisfont aux prescriptions de cette circulaire n° 111 peuvent être utilisées jusqu'à une date qui sera fixée ultérieurement.

Annexe à l'arrêté ministériel du 11 septembre 1961.

Bandes de convoyeurs utilisées dans les travaux souterrains des mines de houille.

Epreuve au contact d'une flamme.

Conditions d'agrèation de toutes les bandes.

Dispositif. — L'épreuve se fait dans une galerie expérimentale en maçonnerie de 24 m de longueur et de 1,8 × 1,8 m² de section, terminée par une cheminée d'aération de 6 m de hauteur et ventilée au moyen d'un ventilateur du type aérex.

L'éprouvette, d'une longueur de 2 m et de la largeur normale d'utilisation, est placée sur un tréteau de 2,30 m de longueur, 0,90 m de largeur et 0,35 m de hauteur.

Ce tréteau, qui est installé dans l'axe de la galerie, est formé de 15 barres métalliques de 10 mm de diamètre, distantes de 150 mm. Sous le tréteau, on glisse un brûleur constitué par un châssis carré entretoisé, de 450 mm de côté, en tubes de 20 à 25 mm de diamètre et percés de 52 ouvertures de 1,5 mm de diamètre, distantes de 50 mm.

Ce brûleur est alimenté au propagaz par l'intermédiaire d'un détendeur et d'un diaphragme de 1,5 mm de diamètre de façon à maintenir une pression constante de 3 atmosphères en amont du diaphragme.

Epreuve : Le brûleur est placé sous les 50 premiers centimètres de l'éprouvette et allumé. Après 15 secondes, il est éteint et on examine le comportement de l'éprouvette.

On réallume ensuite le brûleur : au bout de 10 minutes, on l'éteint définitivement.

Pendant et après l'épreuve, on maintient dans la galerie un courant d'air de 1,50 m/s et ce, jusqu'à extinction complète des flammes et de l'incandescence.

Cette épreuve porte sur deux éprouvettes :

- 1°) la première avec revêtement intact ;
- 2°) la seconde avec revêtement partiellement enlevé comme indiqué ci-après.

Deux bandes de revêtement de 50 mm sont enlevées longitudinalement sur la face tournée vers le brûleur, l'une à l'un des bords et l'autre à 150 mm de l'autre bord.

A 150 mm du bord transversal surplombant le brûleur et à cheval sur l'axe de la partie centrale encore pourvue de son revêtement, on fait une blessure de 110 mm de longueur et 10 mm de largeur maximale (fig. 36).

A 350 mm du même bord transversal et à cheval sur l'axe de la partie latérale de 150 mm ayant conservé son revêtement, on fait une coupure de 50 mm de longueur, tandis qu'à 100 mm de l'autre bord latéral, mais dans le même plan vertical, on fait une autre coupure de 50 mm de longueur.

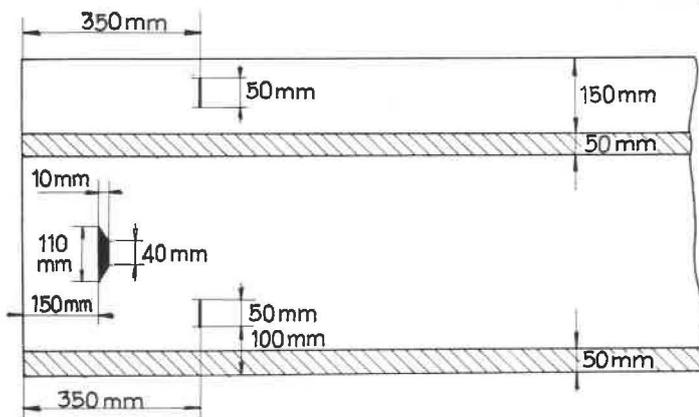


Fig. 36.

Le côté de l'éprouvette dépourvu partiellement de son revêtement est mis directement en contact avec les flammes du brûleur.

La bande est refusée :

a) si, après la première exposition de 15 secondes, on constate des flammes sur le revêtement de l'éprouvette ;

b) si, à la suite de la seconde exposition et après extinction complète des flammes et de l'incandescence, il ne reste pas un tronçon d'éprouvette intact sur toute sa largeur.

Epreuve au contact d'un tambour en rotation (n° 1).

Conditions d'agrément des bandes de convoyeurs pour lesquels des dispositions sont prises en vue d'éviter le patinage ou de refroidir la tête motrice à moins de 100° C.

L'éprouvette de 1.000 × 150 mm est enroulée à 180° sur un tambour de 213 mm de diamètre, tournant à la vitesse de 200 tr/min.

Près du tambour, les deux brins sont horizontaux. Le brin supérieur est amarré ; le brin inférieur passe sur un rouleau et descend verticalement, portant à son extrémité un poids de 35 kg pendant trente minutes, puis un poids de 50 kg pendant les trente minutes suivantes et enfin un poids de 70 kg pendant l'heure suivante.

Sous le tambour et la courroie, à 10 cm de ceux-ci, on place un bac contenant une couche de 10 mm d'épaisseur de charbon fin.

Ce charbon fin traverse le tamis « Tyler Standard » série U.S. 250 ouverture de 0,061 mm ; il a une teneur en matières volatiles d'environ 30 % et une teneur en cendres inférieure à 10 %.

L'épreuve porte sur 4 éprouvettes :

1°) deux éprouvettes en atmosphère calme ;

2°) deux éprouvettes dans un courant d'air sortant d'un tuyau perforé placé entre les deux brins de l'éprouvette à 60 cm du tambour. La vitesse de ce courant d'air est d'environ 1,50 m/s, mesurée à 10 cm du tambour, entre les deux brins de la courroie et à égale distance de ceux-ci.

La bande est refusée :

a) s'il y a apparition de flammes au cours de l'une des épreuves ;

b) si le charbon du bac sous-jacent devient incandescent au contact de particules incandescentes détachées de l'éprouvette au cours de l'une des épreuves ;

c) s'il y a apparition de flammes après l'une des épreuves, spontanément ou sous l'effet d'un jet d'air de 1,50 à 5 m/s sur les points incandescents éventuels du revêtement ou des plis.

Epreuve au contact d'un tambour en rotation (n° 2).

Conditions d'agrément des bandes de convoyeurs pour lesquels aucune disposition n'est prise en vue d'éviter le patinage ou de refroidir la tête motrice à moins de 100°.

L'éprouvette de 1.000 × 150 mm est enroulée à 180° sur un tambour de 213 mm de diamètre tournant à la vitesse de 200 tr/min.

Près du tambour, les deux brins sont horizontaux. Le brin supérieur est amarré ; le brin inférieur passe sur un rouleau et descend verticalement, portant à son extrémité un poids de 35 kg pendant 30 minutes, puis un poids de 50 kg pendant les 30 minutes suivantes et enfin un poids de 70 kg pendant l'heure suivante.

L'épreuve porte sur 6 éprouvettes :

1°) deux éprouvettes en atmosphère calme ;

2°) deux éprouvettes en atmosphère calme avec projection, tous les quarts d'heure, de 50 g de charbon fin entre l'éprouvette et le tambour ;

3°) deux éprouvettes dans un courant d'air sortant d'un tuyau perforé placé entre les deux brins de l'éprouvette à 60 cm du tambour, avec projection, tous les quarts d'heure, de 50 g de charbon fin entre éprouvette et tambour. La vitesse de ce courant d'air est d'environ 1,50 m/s, mesurée à 10 cm du tambour, entre les deux brins de la courroie et à égale distance de ceux-ci. Le charbon utilisé a une teneur en matières volatiles d'environ 30 %, et une teneur en cendres inférieure à 10 %. Il traverse un tamis « Tyler Standard » série U.S. 250, ouverture 0,061 mm.

La bande est refusée :

a) s'il y a apparition de flammes ou d'incandescence en un point quelconque de l'éprouvette, tant pendant qu'après l'une des épreuves ;

b) si la température du tambour dépasse 300° au cours de l'une des épreuves.

31126. Agrément suivant les nouvelles conditions.

À la suite de la publication de ces nouvelles prescriptions, 11 courroies ont été présentées pour agrément. Toutes étaient destinées à être utilisées sur des transporteurs munis de dispositifs capables d'éviter le patinage de la bande ou l'échauffement du tambour.

Parmi elles, l'une était en P.V.C., huit à base de néoprène et deux en caoutchouc ignifugé. Sept ont satisfait aux essais, à savoir celle en P.V.C., une en caoutchouc ignifugé et cinq à base de néoprène.

31127. *Conclusions.*

Il résulte de tous ces essais que les courroies répondant aux nouvelles prescriptions présentent une sécurité certainement égale à celle des courroies agréées antérieurement. Quant à leur qualité, ce n'est qu'à l'expérience qu'on pourra constater s'il y a une amélioration ; les fabricants montrent cependant à ce sujet un optimisme prometteur.

3113. *Fumées de combustion.*

En vue d'avoir une idée de la quantité de gaz toxique dégagé par une courroie en combustion, des échantillons de fumées ont été prélevés pendant l'essai d'inflammabilité sur bande en largeur entière.

Le débit d'air dans la galerie était de 4,1 m³/s.

Les prélèvements ont été effectués à 1,50 m de hauteur et à 4 - 5 m de la courroie, toutes les deux minutes à partir de la mise en service du brûleur. Seul, le CO a été déterminé.

Les résultats sont consignés aux tableaux 35 et 36.

On voit que les valeurs trouvées sont assez dispersées : les maxima s'échelonnent de 0,0173 à 0,088 %. Ces teneurs sont mortelles pour l'homme si celui-ci y reste exposé pendant une heure au plus.

312. *Ignifuges.*

Nous avons examiné un ignifuge pour bois de mine, dénommé « Pyromors Spécial ». Il s'applique par badigeonnage au pinceau à raison de 330 g de produit par m².

3121. *Mode d'essai.*

Nous rappelons d'abord brièvement le mode d'essai, décrit en détails dans le rapport sur les travaux de 1959.

Un soutènement en bois, constitué de 14 cadres trapézoïdaux avec garnissage de demi-lambourdes, est établi dans la galerie à incendie de 1,80 m × 1,80 m de section. Les quatre premiers cadres sont en bois non traités, les dix autres, au contraire, sont ignifugés ainsi que leur garnissage. Un bûcher est érigé à l'intérieur du premier cadre et allumé. Le ventilateur est mis en marche après 3 min 30 s pour assurer une vitesse d'air de 3 m/s.

TABLEAU 35
Courroie munie de son revêtement.

N° essai	Nature du revêtement	Teneur en CO % des fumées en fonction du retard du prélèvement sur l'allumage				
		2 min	4 min	6 min	8 min	10 min
187	à base de néoprène	0,0120	0,0088	0,0650	0,0650	0,0102
189	idem	0,0176	0,0135	n.d.	0,0058	0,0007
191	idem	0,0163	0,0225	0,0280	0,0284	0,0402
192	idem	0,0095	0,0168	0,0530	0,0710	0,0155
193	idem	0,0143	0,0192	0,0376	0,0400	0,0329
194	idem	0,0243	0,0273	0,0435	0,0880	0,0790

n.d. : non déterminé

TABLEAU 36
Courroie dont le revêtement est partiellement enlevé.

N° essai	Nature du revêtement	Teneur en CO % des fumées en fonction du retard du prélèvement sur l'allumage				
		2 min	4 min	6 min	8 min	10 min
187	à base de néoprène	0,0277	0,0800	n.d.	0,0102	0,0078
189	idem	0,0168	0,0186	0,0186	0,0273	0,0257
191	idem	0,0173	0,0148	0,0215	0,0362	0,0460
192	idem	0,0115	0,0335	0,0385	0,0655	0,0102
195	idem	0,0019	0,0270	0,0302	0,0094	0,0092
193	idem	n.d.	0,0164	0,0290	0,0418	0,0305
194	idem	0,0232	0,0344	0,0737	0,0570	0,0310

n.d. : non déterminé

3122. Constatations.

Au cours de l'essai du Pyromors Spécial, 15 secondes après la mise en marche du ventilateur, la flamme va jusqu'à 21 m, c'est-à-dire jusqu'à l'extrémité de la galerie. Elle se raccourcit ensuite petit à petit et, après 2 min 15 s, le feu se confine aux premiers cadres non ignifugés.

Après l'essai, on constate que :

- une épaisse couche de mousse s'est formée sur les bois et demi-lambourdes traités, qui ont été ainsi protégés contre l'action du feu ;
- toutes les demi-lambourdes non ignifugées sont consumées ;
- le soutènement ignifugé est calciné sous la mousse sur une longueur de galerie de 1,50 m. La calcination atteint 5 mm d'épaisseur au premier cadre ignifugé et 1 à 2 mm d'épaisseur au second ;
- à partir du troisième cadre, le soutènement est pratiquement intact ;
- le soutènement ignifugé est resté en place.

3123. Conclusion.

Les bois badigeonnés avec cet ignifuge ne propagent pas un incendie.

313. Huiles ininflammables.

En tant que membre de la sous-commission « Lubrifiants ininflammables » de la C.E.C.A., nous avons continué l'étude de deux procédés proposés pour l'essai des fluides difficilement inflammables pour transmissions mécaniques.

Il s'agit de l'épreuve au jet pulvérisé sous la pression de 70 kg/cm² et de l'essai en mélange avec de la poussière de charbon.

3131. Essai au jet pulvérisé.

31311. Allumage au chalumeau.

L'huile est pulvérisée sous forme de jet par passage dans un orifice de 0,4 mm de diamètre sous une pression de 70 kg/cm², obtenue au moyen d'une pompe à engrenages. Le jet, dirigé sur un écran métallique, ne doit pas s'allumer à la flamme d'un chalumeau oxyacétylénique.

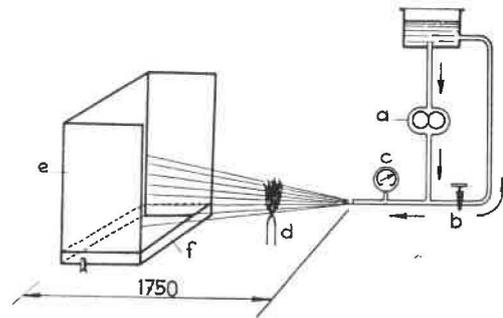


Fig. 37.

- a : Pompe
- b : Vanne de réglage
- c : Manomètre
- d : Flamme oxyacétylénique
- e : Ecran en tôle
- f : Bac.

L'écran se trouve à 1,75 m du gicleur (fig. 37). Il est constitué par une tôle verticale de 60 cm de hauteur et de 59 cm de largeur que le jet frappe normalement. Il est muni de deux parois latérales en tôle de même hauteur et de 50 cm de largeur. Le tout est posé dans un bac de 60,3 cm × 50 cm × 5 cm, pourvu d'une buselure pour l'écoulement de l'huile projetée.

Onze fluides hydrauliques ont été soumis à cet essai. Deux seulement y ont satisfait comme on peut le constater à l'examen du tableau 37 qui donne les résultats.

TABLEAU 37

N° de l'huile	Forme physique de l'huile	Distance du gicleur à la flamme du chalumeau en cm	Résultats
X	huile soluble		non inflammation
XI	huile synthétique	18	inflammation
XII	eau-polyglycol		non inflammation
XIII	huile synthétique	55	inflammation
XIV	huile synthétique	50	idem
XV	émulsion	18	idem
XVI	émulsion	80	idem
XVII	huile soluble	10	idem
XVIII		18	idem
XIX	huile synthétique	20	idem
XX	émulsion	15	idem

On a observé que, lorsque l'huile s'enflamme, la flamme est portée par le jet jusqu'à l'écran où elle persiste tant qu'on maintient le chalumeau au même endroit. Lorsqu'on retire celui-ci, la flamme d'huile s'éteint.

Nous avons étudié, en collaboration avec les autres membres de la sous-commission, l'influence des différents facteurs sur les résultats de cet essai. Nous avons ainsi pu faire les constatations suivantes :

1°) On obtient les mêmes résultats en atmosphère calme et en atmosphère animée (vitesse de l'air 1 m/s).

2°) Les résultats ne changent pas, que l'écran soit placé à 1,25 m ou à 1,75 m du gicleur.

3°) La forme de la flamme du chalumeau et sa position par rapport à l'axe du jet pulvérisé ont une grande influence sur la distance du gicleur à laquelle il faut présenter le bec du chalumeau pour allumer le fluide. Ainsi l'inflammation de l'huile XIX (tableau 37) se produit quand le bec du chalumeau est près du gicleur, si ce bec est présenté à 1 cm de l'axe du jet, et quand il est à une distance du gicleur comprise entre 26 et 30 cm, s'il est écarté de 7 cm de l'axe du jet.

C'est à la suite de cette constatation que la sous-commission a déterminé la forme de la flamme du chalumeau oxyacétylénique, ainsi que sa position par rapport à l'axe du jet pulvérisé. La flamme doit présenter un cône intérieur de 10 cm de longueur et la pointe de ce cône doit être sur l'axe du jet.

4°) La température de l'huile au moment de l'essai influe sur son inflammabilité.

La pompe de notre installation a un débit de 13 litres/min à la pression de 70 kg/cm², tandis que le débit du gicleur est de 1 litre/min seulement. Le recyclage étant ainsi très important, l'huile s'échauffe rapidement et il faut rapprocher de plus en plus le chalumeau du gicleur pour obtenir l'inflammation comme on le voit au tableau 38 pour l'huile XIX.

TABLEAU 38

Température de l'huile	Distance entre gicleur et chalumeau pour laquelle l'inflammation se produit
15 à 30° C	30 cm
30 à 40° C	26 cm
40 à 50° C	16 cm
50 à 65° C	16 cm

A la suite de ces constatations, la température d'essai a été fixée à 65° C pour tous les fluides.

5°) La surface des parois latérales de l'écran et les dimensions du bac recueillant l'huile ont une influence sur le comportement de la flamme contre l'écran après retrait du chalumeau. Ceci ressort clairement du tableau 39 établi pour une huile minérale de transformateur. Dans ce tableau est inscrit le nombre de fois (N) qu'il a été nécessaire de présenter la flamme dans le jet pour obtenir que l'huile continue à brûler contre l'écran après retrait du chalumeau, ainsi que la température (t°) en degrés centigrades de l'huile au moment où la flamme persiste sur l'écran.

TABLEAU 39

Huile minérale pour transformateur.

Dimensions des parois latérales Dimensions du bac	60,3 × 50 cm		60,3 × 15 cm		Néant	
	N	t°	N	t°	N	t°
60,3 cm × 50 cm	3 - 4	17°	4 - 5	30°	7	22°
60,3 cm × 15 cm	5	31°	9	28°	10	44°
néant	9	28°	7 - 8	40°	25	60°

Pour une huile minérale, c'est donc le grand écran placé dans le grand bac qui donne le plus rapidement l'inflammation sur la tôle.

Le tableau 40 a été établi de la même manière à la suite d'essais réalisés sur l'huile XIX (huile de

synthèse). Ici cependant la flamme ne s'est jamais maintenue sur l'écran. N et t° représentent donc respectivement le nombre de fois qu'on a présenté la flamme du chalumeau dans le jet sans parvenir à fixer la flamme sur l'écran et la température atteinte par l'huile au moment où l'essai a été arrêté.

TABLEAU 40
Huile synthétique XIX.

Dimensions des parois latérales Dimensions du bac	60,3 × 50 cm		60,3 × 15 cm		Néant	
	N	t°	N	t°	N	t°
60,3 cm × 50 cm	25	75°	25	62°	30	55°
60,3 cm × 15 cm	25	55°	25	55°	25	60°
néant	25	54°	25	45°		

Une huile soluble dans l'eau (XVII) a également été soumise à ces essais. Ceux-ci font l'objet du tableau 41 où N représente le nombre d'essais d'allumage et t° la température de l'huile en degrés centigrades au moment où la flamme reste fixée sur l'écran. Cette huile, quoique plus difficile à enflammer que la précédente (XIX), a cependant donné une flamme persistant sur l'écran pendant 10 secondes au maximum.

TABLEAU 41
Huile XVII soluble dans l'eau.

Type d'écran	N	t°
Grand bac et grandes parois	15	43°
Petit bac et petites parois	21	41°
Tôle verticale seule	25	53°

La flamme se fixe donc plus facilement sur un écran dont les parois latérales sont plus grandes.

6°) La pression de 70 kg/cm² peut être obtenue au moyen d'une pompe ou d'une bonbonne d'azote (procédé allemand). Des essais comparatifs sur le

même écran et à des températures d'huile voisines ont montré que les résultats ne dépendent pas de la méthode employée.

31312. Allumage par l'arc électrique.

Le principe de cet essai, qui correspond beaucoup mieux à la réalité, est de projeter de l'huile sur un câble électrique sous tension de 500 V au point d'impact d'une masse tombant d'une certaine hauteur et provoquant ainsi dans le câble un court-circuit entre phases. L'arc de court-circuit sort normalement du câble avant l'intervention du disjoncteur et allume facilement le jet d'huile si celle-ci est inflammable.

A la demande de la sous-commission « Lubrifiants Incombustibles » de la C.E.C.A., nous avons effectué une série d'essais afin de déterminer le mode d'allumage le plus sévère, le chalumeau oxy-acétylénique ou l'arc électrique.

L'installation utilisée a été décrite dans les Annales des Mines de Belgique des mois de janvier et de février 1959.

Les différents essais sont reportés aux tableaux 42, 43 et 44.

TABLEAU 42
Huile XI.

N° de l'essai	Gicleur	Pression kg/cm ²	Retard du disjoncteur	Intensité de court-circuit	Observation Hauteur de flamme
1	Fente de 0,8 × 8 mm et trou de 3,5 mm	6	2 sec	500 A	0,80 m
2	id.	id.	id.	id.	id.
3	id.	id.	id.	850 A	— 1,30 m
4	id.	id.	id.	id.	3 m
5	id.	id.	id.	id.	2 m
6	id.	id.	id.	1350 A	2 m
7	id.	id.	id.	id.	2 m
8	Trou de 0,4 mm	70	id.	id.	2 m
9	id.	id.	id.	id.	id.
10	id.	id.	id.	id.	id.

Le tableau 42 concerne l'huile XI ; celle-ci, projetée en jet pulvérisé sous la pression de 70 kg/cm², s'est allumée à la flamme du chalumeau.

On remarque que l'intensité de l'arc paraît avoir une influence sur l'extension de la flamme.

La photographie de la figure 38 représente le résultat de l'essai n° 7.

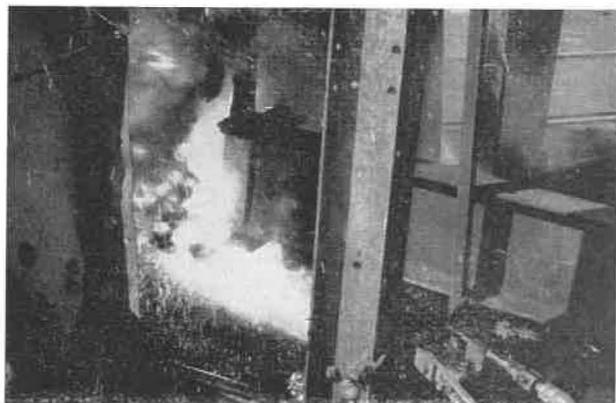


Fig. 38.

Le tableau 43 concerne l'huile XII qui ne s'est pas enflammée au contact de la flamme du chalumeau oxyacétylénique.

Le câble utilisé pour ces deux séries d'essais comportait 3 conducteurs de 35 mm², isolés au papier huilé, sous plomb et armure en fils d'acier, le tout entouré d'une gaine en P.V.C.

Au vu du résultat de l'essai n° 3 du tableau 43, on a effectué trois essais, sans huile. Les photographies des figures 39 et 40 représentent les arcs obtenus dans deux de ces essais. Elles montrent que ces arcs peuvent être différents d'un essai à l'autre et qu'il est parfois malaisé de dire s'il y a eu inflammation de l'huile ou non.



Fig. 39.



Fig. 40.

Quant au tableau 44, il rassemble les essais effectués sur un câble de 5 × 50 mm², isolé au papier imprégné, sous plomb, armure en feuillard et gaine en P.V.C.

TABLEAU 43

Huile XII.

N° de l'essai	Gicleur	Pression	Retard du disjoncteur	Intensité de court-circuit	Observations
1	Fente de 0,8 × 8 mm et trou de 3,5 mm	6 kg	2 sec	500 A	Pas d'inflammation
2	idem	6 kg	4 sec	500 A	Pas d'inflammation ; l'huile bout à l'extrémité du câble
3	idem	6 kg	2 sec	1350 A	Flamme jaune de 80 cm de hauteur
5	idem	6 kg	2 sec	1350 A	Pas d'inflammation
6	idem	6 kg	2 sec	850 A	Pas d'inflammation

TABLEAU 44

N° de l'essai	Marque de l'huile	Gicleur	Pression	Genre d'essai	Durée du court-circuit	Intensité du court-circuit	Observations
1	minérale	Fente 0,8 × 8 mm et trou de 3,5 mm	6 kg	Arc	instantané	1350 A	Pas d'arc
2	id.	id.	6 kg	Arc	2 sec	1350 A	Flamme de 4 m de hauteur
3	XIII	id.	id.	id.	2 sec	1350 A	Flamme de 1,5 m de hauteur
4	XVI	id.	id.	id.	2 sec	1350 A	Flamme de 1,3 m de hauteur
5	XII	id.	id.	id.	2 sec	1350 A	Pas d'inflammation
6	XVI	id. (*)	id.	id.	2 sec	1350 A	Flamme qui persiste après l'arc
7	X	id. (*)	id.	id.	2 sec	1350 A	Pas d'inflammation
8	XIX	id. (*)	id.	id.	2 sec	1350 A	Flamme de 1,3 m de hauteur
9	XIX	id.	id.	id.	2 sec	1350 A	Flamme de 1,3 m de hauteur
10	XIII	0,4 mm	70 kg/cm ²	Pompe	Chalumeau oxy-acétylénique		Inflammation à partir de 55 cm du gicleur
11	XVI	id.	id.	id.	id.		Inflammation à partir de 60 cm du gicleur
12	X	id.	id.	id.	id.		Pas d'inflammation
13	XIX	id.	id.	id.	id.		Inflammation à partir de 60 cm du gicleur
14	minérale	id.	id.	id.	id.		Inflammation qui se maintient sur l'écran

(*) Dans ces cas, l'huile a été pulvérisée sur le câble pendant un certain temps après la coupure du courant.

En comparant les tableaux 37 et 44 rapportant le premier les essais au chalumeau et le second les essais à l'arc électrique, on remarque que, dans un cas comme dans l'autre, seules, parmi les huiles qui ont été soumises aux deux épreuves, celles qui sont numérotées X et XII ont résisté à l'inflammation.

Les deux essais semblent donc donner des résultats comparables.

Seul l'essai à la flamme du chalumeau oxy-acétylénique a été retenu. Il est plus facile à exécuter et surtout plus reproductible.

3132. Essai en mélange avec du charbon fin.

Comme décrit en détails dans le rapport sur les travaux de 1960, le fluide est mélangé à du charbon fin dans la proportion de 25 à 75. Le mélange est tartiné sur une réglette en tôle dont une extrémité est introduite dans la flamme d'un bec Bunsen. Le mode opératoire a cependant subi une modification : le temps d'exposition à la flamme a été limité à 5 minutes.

Le résultat est satisfaisant si la combustion ne se propage pas sur plus de 70 mm.

Les huiles, au nombre de onze, déjà mentionnées au tableau 37, ont été soumises à cet essai.

Les résultats sont donnés au tableau 45.

TABLEAU 45

N° de l'huile	Flamme		Distance parcourue par la flamme en mm après													
	Apparition après ... sec	Extinction après ... sec														
			60 s	120 s	180 s	240 s	300 s	360 s	420 s	480 s	540 s	600 s	660 s	720 s		
X	77	177	40													
XI	34	300	37	47	45	44	40									
XII	60	252	30	45	42											
XIII	31	300	33	50	47	43	40									
XIV	28	300	33	52	50	48	46									
XV	43	526	44	53	63	85	114	121	125	130						
XVI	33	413	39	47	50	53	66	105	112	117						
XVII	37	741	44	53	85	111	131	157	180	205	227	237	247	250		
XVIII	53	302	19	44	48	47	52		80							
XIX	17,6	294	32	45	42	37										
XX	32	408	40	50	52	68	76	112	122	127						

A l'examen de ce tableau, on constate que 6 huiles seulement, à savoir les n° X, XI, XII, XIII, XIV et XIX, satisfont à cet essai.

Afin de vérifier si l'échauffement en cours d'em-

ploi ne modifie pas leurs propriétés, ces onze huiles ont été soumises au même essai après une exposition de 4 heures à la température de 65° C.

Les résultats sont donnés au tableau 46.

TABLEAU 46

N° de l'huile	Flamme		Distance parcourue par la flamme en mm après															
	Apparition	Extinction																
	après ... sec	après ... sec	60 s	120 s	180 s	240 s	300 s	360 s	420 s	480 s	540 s	600 s	660 s	720 s	780 s	840 s	900 s	
X	72	178		46	44													
XI	30	300	32	50	39	34	35											
XII	47	222	23	47	60	75												
XIII	26	300	30	45	44	37,5	33											
XIV	23	298	34	46	41	37	32,5											
XV	37	570	35	46	63	79	90	103	113	122	127,5	130						
XVI	33	370	32	47	49	52	70	97	100									
XVII	41	1000	35	50	68	87	104	120	134	151	167	179	197	212	229	239	247	
XVIII	41	300	30	48	35	37	35											
XIX	17	299	34	44	42	37	39											
XX	32	484	41	49	54	67	79	108	120	126	125							

On constate à l'examen de ce tableau que les résultats sont sensiblement les mêmes que l'huile ait été préalablement chauffée ou non, sauf cependant pour les huiles XII et XVIII. La première satisfait seulement à l'épreuve sans préchauffage, tandis que la seconde ne réussit l'épreuve qu'après chauffage préalable.

3133. Conclusion.

De tous les fluides essayés au cours de l'année, deux seulement, à savoir une émulsion d'huile dans l'eau et une solution aqueuse de glycol, ont satisfait aux deux essais de la sous-commission de la C.E.C.A. dans leur forme actuelle.

32. LUTTE CONTRE LES FEUX ET INCENDIES

321. Extincteurs.

Un appareil à poudre universelle a été essayé suivant les prescriptions de la circulaire n° 116 du

24-8-1959 du Directeur Général des Mines et agréé. Il s'agit de l'extincteur Leyco type I de 8 kg.

33. GRISOMETRIE

En 1961, 1.031 analyses grisométriques ont été effectuées. Les détails en sont donnés aux tableaux 47 et 48 ci-dessous.

TABLEAU 47
Nombre de prélèvements analysés.

Division	1960	1961
Borinage-Centre	575	319
Charleroi-Namur	191	318 (*)
Liège	219	268
Campine	111	126
	1.096	1.031

TABEAU 48
Classement par catégorie, division et teneur en méthane.

Catégorie	Division	Répartition suivant la teneur en CH ₄				Totaux
		0 à 0,5 %	0,5 à 1 %	1 à 2 %	+ de 2 %	
1 ^{re}	Borinage-Centre	49	4	1	—	54
	Charleroi-Namur (*)	136	18	6	2	162
	Liège	126	38	5	1	170
	Campine	112	11	2	1	126
	Totaux	423	71	14	4	512
2 ^{me}	Borinage-Centre	20	25	40	17	102
	Charleroi-Namur (*)	62	36	16	—	114
	Liège	60	27	11	—	98
	Campine : aucune mine	—	—	—	—	—
	Totaux	142	88	67	17	314
3 ^{me}	Borinage-Centre	47	26	35	55	163
	Charleroi-Namur (*)	18	11	11	2	42
	Liège : aucune mine	—	—	—	—	—
	Campine : aucune mine	—	—	—	—	—
	Totaux	65	37	46	57	205

(*) Les analyses de la Division Charleroi-Namur ont été effectuées par les services de la Division elle-même. Les résultats nous en ont été obligeamment communiqués par Monsieur le Directeur divisionnaire Laurent afin de pouvoir dresser un tableau général.

34. TRAVAUX DE LABORATOIRE

341. Essais sur la lampe à flamme comme indicateur d'un manque d'oxygène.

Des explosions de grisou ayant parfois été attribuées à la lampe à flamme, on essaye depuis longtemps de remplacer celle-ci par des appareils plus sûrs.

On peut dire que ce but est atteint en ce qui concerne la détection du grisou, car on dispose actuellement de grisomètres simples et d'une sécurité absolue.

Mais la lampe à flamme ne sert pas seulement de grisomètre ; elle donne aussi l'alarme par son extinction, lorsque l'atmosphère est trop chargée de CO₂ ou de CH₄ ou contient trop peu d'oxygène et nul doute que cette lampe a permis à beaucoup de mineurs d'éviter l'asphyxie.

Il arrive, en effet, que l'on trouve dans la mine des endroits où l'atmosphère contient une proportion de CO₂ tellement forte ou une proportion d'oxygène tellement faible que l'homme ne peut y vivre.

Aussi longtemps que l'on n'aura pas trouvé, dans ce domaine, un appareil pour suppléer efficacement la lampe à flamme, il faudra bien continuer à utiliser celle-ci.

C'est pourquoi nous avons voulu préciser le danger d'asphyxie des atmosphères en cause, ainsi que l'action de celles-ci sur la lampe à flamme.

Notre étude est donc divisée comme suit :

La première partie (3411) est consacrée aux essais sur le comportement des animaux dans des atmosphères dont la teneur en oxygène est réduite par addition de méthane (CH₄), d'anhydride carbonique (CO₂) ou d'azote (N₂).

La seconde partie (3412) est relative aux essais sur le comportement de la lampe à flamme dans ces différentes atmosphères.

3411. Le comportement de certains animaux dans des atmosphères pauvres en oxygène.

34111. Procédé expérimental.

Pour nos essais, nous utilisons un gazomètre de laboratoire muni d'un mélangeur pour homogénéiser les gaz en présence.

Le mélange gazeux est ensuite transvasé dans un autre gazomètre de laboratoire dont le réservoir est annulaire en vue de réduire au minimum le contact du gaz avec l'eau. La capacité de ces gazomètres est de 189 litres.

Le gaz est amené dans un serpentin placé à la partie inférieure d'un récipient parallélépipédique de 6,75 litres.

Ce serpentin est percé de 19 trous dans ses deux spirales et de 4 trous dans sa partie verticale ; les trous ont un diamètre de 2 mm et sont distants l'un de l'autre de 30 mm.

Le récipient est pourvu d'une fenêtre sur une de ses faces latérales et est fermé, à sa partie supérieure, par une feuille de papier perforée.

A l'intérieur de ce récipient et à 120 mm du fond, nous plaçons une plaque percée de 16 ouvertures de 8 mm de diamètre, sur laquelle les animaux sont déposés.

Quand l'animal est dans le récipient, on ouvre le robinet du gazomètre et le gaz arrive par le serpentin (fig. 41).

Les analyses sont faites deux minutes environ avant la fin de chaque expérience ou au moment de retirer l'animal si la durée de l'essai doit être trop abrégée.

La durée de nos expériences, qui en général ne dépasse pas 15 minutes, a été limitée par la capacité du gazomètre utilisé.

34112. *Comportement des animaux en présence d'une atmosphère riche en méthane.*

En 1933-1934, l'Institut National des Mines prêta son concours à une étude que Monsieur le Docteur Hautain désiraient entreprendre en vue de savoir si le méthane est réellement un gaz inerte.

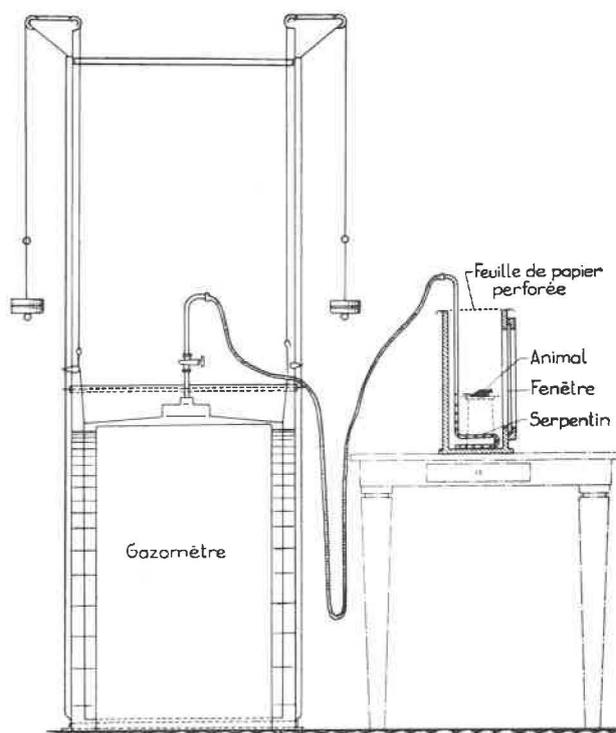


Fig. 41.

TABLEAU 49

Temps pendant lequel l'animal est resté dans l'atmosphère	Teneur en CH ₄ %	Teneur en O ₂ %	Observations
<i>Souris</i>			
14 min 5 s	39,37	11,54	Remue normalement.
12 min	42,28	10,92	Idem.
15 min	50,00	9,24	Idem.
15 min	57,27	7,70	Remue, mais respire plus profondément.
15 min	63,00	6,31	Marche en traînant la patte gauche, respire en ouvrant la bouche. Après 7 min, se couche, respire profondément. Après 15 min, remue de temps en temps mais tombe sur le côté gauche. Quand on la retire, elle reprend sa vie normale.
	73,25	4,27	Après 3 s, se couche sur le flanc. Après 5 s, se couche sur le dos, respire difficilement la bouche ouverte. Quand on la met à l'air, elle vit normalement.
<i>Bengali</i>			
10 min	41,20	11,15	Vit normalement.
15 min	50,00	9,24	Joue normalement.
15 min	55,75	8,03	Joue normalement.
	63,00	6,31	Les sauts semblent plus lourds, tendance à dormir, se déplace par bond. Après les 15 min, remis à l'air, il vole.
1 min 31 s	73,25	4,27	Se couche sur le flanc mais respire. Remis à l'air, il joue normalement.

Son rapport a été publié dans le tome III du VII^e Congrès International de Bruxelles en 1935 sur les accidents et les maladies du travail.

Il a comparé le méthane à des gaz connus comme parfaitement inertes, à savoir : l'azote et l'hydrogène et en opérant sur des chiens et des cobayes.

Il a constaté que le méthane se comporte comme ces deux autres gaz.

Il a conclu à l'innocuité du méthane sur les fonctions organiques humaines.

Au cours de ses expériences, il a notamment observé qu'un chien a vécu 8 h 15 sans malaise dans

une atmosphère contenant 8 % d'O₂, 56,60 % de CH₄, 54,76 % de N₂.

C'est ce qui explique que nous avons commencé nos essais à des teneurs en CH₄ fort élevées, comme indiqué dans le tableau 49.

Nous avons fait nos expériences en utilisant du grisou de captage ayant la composition suivante :

CO ₂ :	1,53 %
O ₂ :	3,30 %
CH ₄ :	77,77 %
N ₂ :	17,40 %

34113. *Comportement des animaux dans une atmosphère riche en CO₂ (CO₂ + air).*

On trouvera les résultats de nos expériences dans les tableaux 50, 51 et 52.

TABLEAU 50

Souris.

Temps pendant lequel l'animal est resté dans l'atmosphère	Teneur en CO ₂ %	Teneur en O ₂ %	Observations
15 min	11,90	17,60	Se comporte normalement.
15 min	18,53	16,29	Se comporte normalement.
13 min 57 s	21,70	15,66	Se comporte normalement.
14 min 20 s	25,94	14,81	Après 6 min, ne remue plus, se couche sur le flanc, respire encore. A l'air libre, elle reprend sa vie normale.
13 min 49 s	27,40	14,50	Se couche, ne remue plus mais respire. Remise à l'air, elle reprend sa vie normale.

TABLEAU 51

Bengali.

Temps pendant lequel l'animal est resté dans l'atmosphère	Teneur en CO ₂ %	Teneur en O ₂ %	Observations
14 min 30 s	15,44	16,91	Après 15 s, respire en ouvrant largement le bec. Après 2 min, il titube et respire en ouvrant le bec pendant toute l'expérience. Remis à l'air, il vole.
14 min 24 s	16,93	16,61	Après 10 s, respire en ouvrant le bec. Après 2 min, se met sur le postérieur, la tête en arrière. Après 4 min 30 s, se met et reste sur le flanc pendant toute l'expérience. Remis à l'air, il vole.
<i>Oiseau déjà utilisé pour les essais dans le CH₄.</i>			
6 min 30 s	22,62	15,47	Se met immédiatement sur le postérieur, respire en ouvrant le bec. Remis à l'air, il vole.
48 s	23,91	15,22	Respire en ouvrant largement le bec. Tombe sur le flanc, mais respire. Remis à l'air, il vole.
50 s	31,46	13,71	Après 5 s, il respire en ouvrant largement le bec. Après 25 s, se couche à plat, se renverse, semble inerte ; remis à l'air, il vole normalement.

TABLEAU 52

Canari.

Temps pendant lequel l'animal est resté dans l'atmosphère	Teneur en CO ₂ %	Teneur en O ₂ %	Observations
14 min 55 s	13,00	17,40	Après 45 s, il respire en ouvrant le bec, remue et vole pendant toute l'expérience mais se met de temps en temps sur le postérieur.
14 min 10 s	16,80	16,64	Après 15 s, il respire en ouvrant le bec mais vole. Après 60 s, se met sur le postérieur. Après 8 min, se couche sur le flanc mais se relève de temps en temps. Remis à l'air, il vole.
6 min	18,04	16,39	Après 45 s, respire en ouvrant le bec mais voltige. Après 60 s, se met sur le postérieur, respire en ouvrant le bec, la tête en arrière. Remis à l'air, il vole.
14 min	18,35	16,33	Après 45 s, respire en ouvrant largement le bec mais virevolte. Après 3 min 45 s, se met sur le postérieur. Après 5 min, il tombe sur le flanc mais se remet sur les pattes. Il respire en ouvrant le bec. Remis à l'air, il vole.
14 min	20,48	15,90	Après 30 s, respire en ouvrant le bec. Entre 2 min 30 s et 10 min, alternativement, il tombe puis se remet sur les pattes. Après 10 min, il ne se maintient plus sur les pattes. Remis à l'air, il vole.

34114. *Comportement des animaux dans une atmosphère sous oxygénée (Air + N₂).*

Les résultats de nos expériences sont consignés au tableau 53.

TABLEAU 53

Temps pendant lequel l'animal est resté dans l'atmosphère	Teneur en O ₂ en %	Observations
<i>Souris.</i>		
13 min 49 s	14,37	Vit normalement.
13 min 42 s	11,86	Vit normalement.
13 min 13 s	8,97	Idem, mais semble moins vive.
3 min	7,23	Tombe sur le flanc, reste immobile.
9 min 53 s	7,05	Une autre souris ne présente aucun phénomène ci-dessus. Elle vit normalement.
19 min	6,87	Traîne l'arrière-train et reste jusqu'à la fin dans cette situation. Remise à l'air, elle reprend sa vie normale.
19 min 45 s	5,92	Avance difficilement, mais continue à respirer.
<i>Canari.</i>		
13 min 15 s	10,78	Le canari joue normalement.
13 min 20 s	9,61	Après 60 s, il reste immobile, mais saute dès que l'on fait du bruit. Reprend sa vie normale à l'air.
1 min 50 s	7,40	Après une minute, il tombe sur le flanc, mais respire toujours. Remis à l'air, il joue normalement.

3412. Etude du comportement de la lampe à flamme dans les atmosphères sous-oxygénées.

34121. Procédé expérimental.

Les essais ont été faits avec les mêmes appareils que ceux indiqués dans le premier chapitre. Toutefois, la plaque perforée, sur laquelle on plaçait les animaux, est enlevée et la lampe est suspendue dans le récipient parallélépipédique immédiatement sous le papier perforé.

Aussitôt que la lampe est placée dans cet appareil, on ouvre le robinet du gazomètre et on le ferme dès que la lampe s'éteint.

Chacun des résultats mentionnés ci-après constitue la moyenne d'une dizaine d'essais.

L'analyse de gaz est faite au moment de l'extinction de la lampe.

Nous avons utilisé une lampe à benzine normale, c'est-à-dire à alimentation supérieure, munie de deux tamis et d'une cuirasse métallique.

34122. Comportement de la lampe de mine dans une atmosphère riche en méthane ($\text{CH}_4 + \text{air}$).

Les résultats sont donnés au tableau 54.

TABLEAU 54

Teneur en CH_4	Temps nécessaire pour l'extinction
5,80	37,5 s
6,00	32 s
8,10	22 s
17,50	7 s
18,50	7 s
24,25	5 s
26,00	4 s
39,37	5 s
41,20	2 s
42,28	2 s
48,60	On peut considérer que c'est presque instantané.
50,00	
55,75	
63,00	
73,25	

34123. Comportement d'une lampe de mine dans une atmosphère riche en CO_2 ($\text{CO}_2 + \text{air}$).

Les résultats sont donnés au tableau 55.

TABLEAU 55

Teneur en CO_2	Temps nécessaire pour l'extinction
11,10	85,0 s
15,36	15,5 s
20,76	10,0 s
23,66	9,4 s
32,24	7,2 s
40,30	6,6 s

Pour 10,71 %, la flamme ne s'éteint pas mais sa hauteur diminue. La lampe est restée 14 min 45 s dans cette atmosphère sans s'éteindre, mais la flamme, qui présentait une hauteur normale de 15 mm dans l'air, était réduite à quelques millimètres.

Pour 8,52 % de CO_2 , la même flamme est réduite à 10 mm.

34124. Comportement de la lampe de mine dans une atmosphère riche en azote ($\text{Air} + \text{N}_2$).

Les résultats sont donnés au tableau 56.

TABLEAU 56

Teneur en O_2 %	Temps nécessaire pour l'extinction
entre 15,74 et 15,82	47,0 s
entre 15,68 et 15,71	52,0 s
entre 15,63 et 15,73	53,0 s
14,50	24,4 s
12,59	16,0 s
10,76	12,3 s
9,69	10,9 s
8,40	8,7 s
7,40	7,4 s

Pour 16,64 % d'oxygène, la lampe à benzine à alimentation supérieure ne s'éteint pas, mais la hauteur de la flamme diminue.

3413. Conclusions.

A. De ce qui précède, il résulte que, dans nos conditions d'essais :

1) Les animaux (souris et oiseaux) vivent sans grand trouble apparent :

a) dans l'air dont la teneur en oxygène (O_2) est réduite jusqu'à 10 %, par accroissement de la teneur en azote (N_2) ;

b) dans l'air chargé d'anhydride carbonique (CO_2), jusqu'à 20 % pour les souris et jusqu'à 15 % pour les oiseaux ;

c) dans l'air vicié par un apport de méthane (CH_4) tel que sa teneur peut atteindre 50 % dans le mélange.

2) La lampe à benzine s'éteint :

a) dans l'air dont la teneur en oxygène (O_2) est d'environ 16 %, le reste étant de l'azote (N_2) ;

b) dans l'air chargé d'environ 11 % d'anhydride carbonique (CO_2), alors que la teneur en oxygène (O_2) est encore de 17,8 %.

c) dans l'air vicié par du méthane (CH_4) dans la proportion de 6 % dans le mélange.

Remarque : Si l'air est chargé de plusieurs de ces gaz (N_2 , CO_2 et CH_4), la teneur de chacun d'eux pour laquelle la lampe s'éteint n'est évidemment plus la même que ci-dessus ; elle dépendra de la proportion des autres gaz dans le mélange.

3) L'alarme, donnée par l'extinction de la lampe, est d'autant plus rapide que l'atmosphère est plus viciée.

4) Pour les animaux soumis à nos expériences, les écarts entre les teneurs mortelles et les teneurs donnant l'alarme par extinction de la lampe, garantissent une certaine marge de sécurité.

B. Les conclusions ci-dessus peuvent-elles s'appliquer à l'homme ?

Nous avons posé la question à M. Uytendhoef, Docteur en médecine, Directeur-Général de l'Administration de l'Hygiène et de la Médecine du Travail de Belgique.

Il résulte de ses investigations que le méthane (CH_4) et l'azote (N_2) peuvent être considérés comme des gaz inertes. Pour certains auteurs, le méthane serait très légèrement narcotique par action sur le système nerveux central. Cependant, d'après Kochmann (cité dans « Schädliche Gase » de Flury et Zernik, p. 256), cette action ne se manifesterait pas encore avec un mélange de 5 volumes de méthane pour un volume d'oxygène.

Quant aux conséquences de la diminution du taux d'oxygène de l'air, par augmentation de la proportion de gaz inerte (CH_4) ou (N_2), on peut dire qu'il n'y a guère d'effets notables entre 16 et 21 %. De 12 à 16 %, la respiration est augmentée et l'on observe des troubles de coordination. De 10 à 12 %, les troubles sont plus marqués ; l'idéation est difficile. Entre 6 à 10 %, il y a perte de connaissance puis la mort survient (Elkins, H. : The Chemistry of industrial Toxicology - 2^e édition - p. 8).

En ce qui concerne l'anhydride carbonique (CO_2), les auteurs sont d'avis que les taux de 2 % produisent une augmentation du rythme et de l'amplitude respiratoires. A des taux de 4,5 à 5 %, la respiration est difficile et même angoissée pour certains individus. Des sujets ont toutefois inhalé, pendant une heure, de l'air contenant jusqu'à 10 % de CO_2 sans manifester, par la suite, aucun trouble sérieux (Patty F. : Industrial Hygiene and Toxicology - vol. 2 - pp. 622 à 624).

S'appuyant sur ces données, M. Uytendhoef pense que la proportion d'environ 11 % de CO_2 ,

qui produit l'extinction de la lampe à benzine, pourrait être tolérée par l'homme pendant quelques minutes seulement. Celui-ci devrait d'ailleurs déjà très bien se rendre compte de la présence de ce gaz à moindre teneur par les difficultés de respiration qu'il ne manquerait pas d'éprouver.

D'autre part, le fait que la lampe est portée à la main et que le CO_2 , qui est plus lourd que l'air, tend à s'accumuler à la partie inférieure des galeries, entraînera généralement l'extinction de la lampe à un moment où la proportion de ce gaz, dans l'air respiré par le porteur, n'aura pas atteint le chiffre extrême précité.

Il semble donc que les conclusions ci-dessus, en ce qui concerne les écarts observés dans le cas des animaux, entre les teneurs mortelles et les teneurs donnant l'alarme par l'extinction de la lampe, pourraient s'appliquer à l'homme lorsque l'air est vicié par apport de CH_4 ou de N_2 .

Pour ce qui est du CO_2 , la marge de sécurité est beaucoup plus faible pour l'homme que pour les animaux et M. Uytendhoef fait en outre observer que, si la lampe à flamme peut donner l'alarme au cours d'une reconnaissance, elle ne peut servir de témoin en vue de s'assurer de la salubrité de l'air, car, pour autant que la teneur de ce gaz dans l'atmosphère soit un peu inférieure à celle qui entraîne son extinction, elle continue à brûler alors que la teneur en CO_2 représente déjà une pollution dangereuse et inacceptable. Quoi qu'il en soit, il y a lieu d'être particulièrement prudent à l'égard du CO_2 lorsque l'on voit diminuer la flamme de la lampe tenue près de l'aire de la galerie.

Il y a en outre lieu de rappeler ici avec M. Uytendhoef que, lorsque la présence d'un gaz toxique est à craindre, la lampe n'est d'aucun secours vu qu'elle pourrait continuer à brûler alors que la quantité de ce gaz serait déjà suffisante pour provoquer une intoxication grave. Il en est ainsi, par exemple, pour les gaz sulfureux, l'oxyde de carbone (CO) et les oxydes d'azote que l'on rencontre également parfois dans la mine.

Nous remercions Monsieur le Directeur Général Uytendhoef pour son importante contribution à la présente étude.

342. Travaux divers.

A la demande des Divisions, nous avons procédé aux travaux suivants :

— Analyse de CO_2	1
— Analyses de gaz d'incendie	2
— Analyse d'échantillon de charbon	1
— Examens et analyses d'échantillons de poussières neutralisées	96
— Examen au densitomètre d'échantillons d'air poussiéreux prélevés dans les charbonnages	2.787

Nous avons également effectué deux analyses de gaz à la demande de la Centrale de Sauvetage de Frameries.

Nos collaborateurs, MM. Georges NENQUIN et SAMAIN, nous ont apporté une aide précieuse pour mener nos travaux à bonne fin ; nous les en remercions.

4. SERVICE ELECTRO-MECANIQUE

H. CALLUT,

Ingénieur en Chef-Directeur

J. LARET,

Ingénieur.

41. ELECTRICITE

411. Matériel antidéflagrant.

En 1961, l'Institut National des Mines a proposé à l'agrément, comme matériel antidéflagrant :

— Moteurs	4
— Appareils divers (coffrets, transformateurs, entrées de câble, prolongateurs de câble)	54
— Matériel d'éclairage sujet à déplacement (armatures d'éclairage pour lampe à incandescence)	2
— Téléphone et signalisation (ensemble de boîtiers)	1
Il a procédé en outre à l'examen de 34 demandes de modifications de matériel agréé :	
— Haveuses	2
— Moteurs	4
— Appareils électriques divers (transformateurs, entrées de câble, coffrets, boîtes de dérivation, prolongateurs de câble...)	25
— Matériel d'éclairage sujet à déplacement (armatures pour lampe à incandescence et à fluorescence)	2
— Ventilateur	1

Un dispositif présenté par Foraky et destiné à la commande automatique d'une pompe d'après le niveau de l'eau dans le puisard, nous paraît assez original pour être signalé. En montant dans le puisard, l'eau monte également dans une cloche en communication par un tuyau flexible avec une boîte à membrane fixée sur le coffret de commande antidéflagrant. La pression de l'air augmente dans la cloche et pousse sur la membrane qui agit elle-même sur la tige d'un contacteur placé à l'intérieur du coffret. Le contacteur enclenche la pompe pour une certaine pression. Le niveau d'eau baisse et le déclenchement se produit pour une pression inférieure. Cette différence de pression correspond à une différence de niveau plus ou moins forte.

412. Matériel de sécurité intrinsèque.

4121. Matériel agréé.

Trois appareils ont été agréés comme étant de sécurité intrinsèque. Il s'agit :

du contrôleur de terre type dEW₄ Funke et Huster ;

du contrôleur de niveau Socomé ;
de l'amplificateur type dUG₂V₄ de Funke et Huster.

De plus, un coupleur électromécanique de la firme Victor Products, composé d'une prise et d'une fiche, destiné aux lignes de téléphone ou de signalisation en taille, a été présenté avec le câble correspondant et agréé pour les installations de sécurité intrinsèque.

41211. Le premier appareil, le contrôleur d'isolement dEW₄ Funke et Huster a déjà fait l'objet d'une description dans le rapport sur les travaux de 1960.

41212. Quant au contrôleur de niveau Socomé, il est destiné à la mise en marche ou à l'arrêt automatique des pompes suivant le niveau d'eau atteint dans le puisard d'aspiration ou le réservoir de refoulement, où sont disposées deux électrodes dont les circuits sont de sécurité intrinsèque. Lorsque, dans le puisard, l'eau atteint l'électrode supérieure, un courant s'établit entre cette électrode et la terre. Amplifié par un transistor, il actionne un relais qui commande la mise en marche de la pompe et établit un contact de maintien sur l'électrode inférieure. Ainsi ce n'est que lorsque celle-ci sera dénoyée que la pompe s'arrêtera. Comme le contact de maintien sera coupé en même temps, il faudra de nouveau que le niveau parvienne à l'électrode supérieure pour que la pompe se remette en marche.

S'il s'agit d'un réservoir sur le refoulement, le fonctionnement de la pompe est inversé en ce sens qu'elle s'arrête lorsque l'eau atteint le niveau supérieur et s'arrête lorsque l'électrode inférieure émerge.

41213. Amplificateur type dUG₂V₄ de Funke et Huster.

Il s'agit d'un amplificateur double, à tubes, alimenté sur le réseau. L'installation permet les communications en haut-parleur dans les deux sens sans inverseurs.

L'amplificateur proprement dit n'est pas de sécurité intrinsèque : il est donc enfermé dans un coffret antidéflagrant. Il n'est normalement pas sous tension. Il est enclenché au moyen d'un bouton-poussoir placé à la disposition de chaque correspondant.

Les circuits des boutons-poussoirs, des microphones et des hauts-parleurs sont de sécurité intrinsèque. Cette propriété a été vérifiée en mélange de gaz d'éclairage et d'air à 20 % environ de gaz.

4122. Matériel de sécurité intrinsèque ayant fait l'objet d'essais à l'Institut National des Mines.

41221. Détecteur de niveau Tektor Minor de la firme Fielden Electronics.

Cet appareil se compose du montage électronique proprement dit, alimenté par le réseau, de la sonde et du câble coaxial de liaison.

Le montage électronique contient essentiellement un dispositif d'alimentation, un générateur d'oscillations à circuits accordés, suivi d'un tube commandant un relais.

La sonde est du type capacitif. Une modification relativement peu importante de sa capacité par rapport au sol, par exemple par l'arrivée d'un matériau quelconque à son niveau, bloque les oscillations du générateur. Suivant que ce générateur oscille ou non, l'un des tubes de montage est ou n'est pas conducteur. Le courant traversant ce tube passe par l'enroulement d'un relais qui est donc excité ou non suivant qu'il n'y a pas ou qu'il y a des matériaux au niveau de la sonde.

Le circuit de la sonde a été essayé avec succès dans des mélanges d'hydrogène et d'air à 30 % d'hydrogène.

413. Matériel électrique divers agréé.

4131. Lampes électriques portatives.

Sur proposition de l'I.N.M., 4 lampes électriques portatives dont trois « au chapeau » et une « à main », ont été agréées.

De plus, des modifications à une lampe au chapeau ont été autorisées par avenant à l'agrément primitive.

4132. Coupe-circuit fusibles (Art. 12 de l'A.R. du 7-8-1953).

Des coupe-circuit à haut-pouvoir de coupure de la firme Vynckier frères ont été agréés sur proposition de l'Institut National des Mines. Cette proposition a été faite sur le vu des procès-verbaux d'essais, établis par la K.E.M.A. (N.V. tot Keuring van Electrotechnische Materialen) à Arnhem (Hollande).

Ces coupe-circuit construits pour la tension de 550 V et des intensités nominales de 200 A, 350 A et 600 A suivant le type, y ont été essayés avec succès à des intensités atteignant 74.200 A sous la tension de 550 V.

414. Batterie d'accumulateurs pour locomotive électrique.

Une batterie de 36 éléments au plomb de 480 ampères-heures a été présentée pour agrément.

Elle était enfermée dans un coffret muni d'un couvercle pourvu de 12 empilages disposés en un seul étage. La section de passage de ces empilages était au total de 20.400 mm², soit 1,2 mm² par Ah-élément.

Cette batterie a été soumise à deux essais de diffusion. Ceux-ci consistent à charger la batterie, couvercle enlevé, à fermer le couvercle une heure après la charge et à relever ensuite à intervalles réguliers la teneur en hydrogène et oxygène dans l'espace libre au-dessus des éléments.

Pour les essais de cette batterie, nous avons inauguré une nouvelle installation d'analyse composée d'un analyseur-enregistreur d'oxygène par paramagnétisme et d'un interféromètre. Les gaz prélevés dans le coffre de batterie parcourent les deux appareils en série et sont réintroduits dans le coffre. Le prélèvement continu ne modifie donc pas la composition des gaz au-dessus des éléments.

L'analyseur d'oxygène donne directement la teneur en O₂.

Cet appareil est basé sur le principe suivant.

Les corps paramagnétiques prennent dans un champ magnétique H une aimantation proportionnelle au champ et de même direction que lui. D'après la loi de Curie, le coefficient d'aimantation (χ), c'est-à-dire le rapport de l'aimantation spécifique (σ) (moment de l'unité de masse), à l'intensité du champ (H), est inversement proportionnel à la température absolue (T). On a donc pour l'oxygène qui suit la loi de Curie pour des pressions inférieures à 100 atmosphères et des températures ne dépassant pas 720° C,

$$\chi = \frac{\sigma}{H} = \frac{C}{T} \text{ et } \sigma = C \frac{H}{T}$$

avec C = constante de Curie.

Pour ce gaz, C = 0,03158 et χ vaut donc pour T = 300° absolu (27° C), 105 × 10⁻⁶ alors que pour les autres gaz χ ne dépasse pas 1 × 10⁻⁶.

L'analyseur d'oxygène répond au schéma de la figure 42.

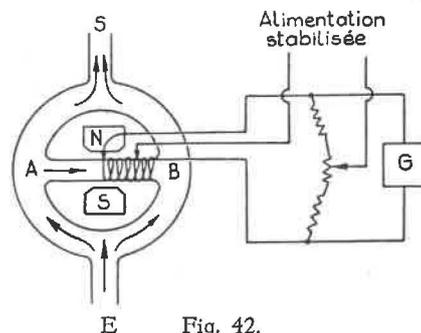


Fig. 42.

Le courant gazeux à analyser, entretenu à débit constant par une pompe à membrane vibrante, entre par E et sort par S en se partageant également entre les deux parties de l'anneau. En l'absence d'oxygène dans le mélange gazeux, aucun courant ne circule dans la branche horizontale AB. Celle-ci est constituée par un tube de verre mince situé entre les pôles (NS) d'un puissant aimant permanent. La moitié droite du tube est chauffée extérieurement par un enroulement avec prise médiane, formant deux branches d'un pont de Wheatstone alimenté par une source à tension stabilisée et équilibré lorsqu'on fait passer dans l'anneau un courant d'azote pur.

Lorsque le courant gazeux contient de l'oxygène, celui-ci est attiré vers la région du tube horizontal où le champ magnétique est le plus intense, c'est-à-dire vers l'axe des pièces polaires de l'aimant. Si la température était la même sur toute la longueur du tube, l'attraction serait symétrique par rapport à l'axe NS : elle s'exercerait avec la même force de A vers NS et de B vers NS. Mais à cause de la dissymétrie de température due à l'enroulement chauffant, l'attraction s'exerce surtout sur l'oxygène froid dont le coefficient d'aimantation est plus élevé (loi de Curie) et un courant s'établit de A vers B. Ce vent est d'autant plus intense que le mélange gazeux contient plus d'oxygène. Il refroidit l'enroulement chauffant, principalement la première partie de celui-ci.

Le pont en est déséquilibré et ce déséquilibre est mesuré au moyen du galvanomètre (G) gradué en pourcents d'oxygène.

L'interféromètre, utilisé à la suite de l'analyseur d'oxygène, a été décrit dans le rapport sur les travaux de 1939. Nous en rappelons ici le principe.

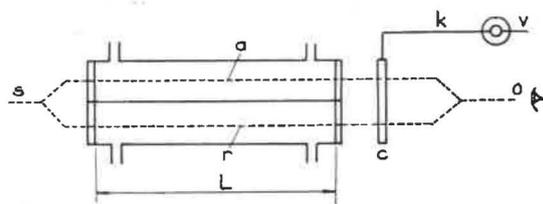


Fig. 43.

Un faisceau de rayons lumineux parallèles (fig. 43), provenant d'une même ampoule (s), est divisé en deux bandes verticales. Les parties supérieures de celles-ci traversent respectivement une chambre de référence r et une chambre d'analyse a, disposées horizontalement l'une contre l'autre, et fermées à leurs extrémités par des glaces à faces parallèles. Leurs parties inférieures passent librement en dessous des chambres.

Les deux bandes sont ensuite ramenées en convergence dans le champ d'un microscope où elles interfèrent. On observe donc par l'oculaire (o) deux spectres d'interférence superposés, séparés par une

ligne noire horizontale. Le spectre supérieur provient de la lumière qui traverse les deux chambres et le spectre inférieur, de celle qui passe en dessous des chambres. Celui-ci est invariable et sert de référence.

Lorsque les deux chambres contiennent le même gaz, le chemin optique nL (produit de l'indice de réfraction (n) du gaz par la longueur (L) de la chambre) des deux faisceaux est identique. Lorsqu'elles contiennent des gaz différents, les chemins optiques sont différents : n_1L et n_2L . L'un des faisceaux retarde sur l'autre et les franges d'interférence se déplacent vers la gauche ou vers la droite.

L'appareil est muni d'un compensateur de chemin optique (c) composé de lames de verre à faces parallèles que les faisceaux doivent traverser. La compensation est obtenue par modification de l'inclinaison de ces lames au moyen d'un levier « k » commandé par une vis micrométrique (v) munie d'un tambour gradué en 100 divisions. L'échelle totale est de 3.000 divisions.

L'analyse consiste :

1°) A repérer d'abord le zéro de l'instrument en amenant les deux spectres en concordance lorsque les deux chambres contiennent de l'air et à faire une première lecture « l_0 » au micromètre. Celle-ci est d'environ 900.

2°) A ramener de nouveau les spectres en concordance lorsque les chambres (r) et (a) contiennent respectivement de l'air et le mélange gazeux à analyser, et à faire la deuxième lecture « l_1 ».

La différence ($l_1 - l_0$) est une mesure de la différence des chemins optiques $(n_1 - n_0)L$. On a, en effet, la relation

$$l_1 - l_0 = a (n_1 - n_0) 10^{-6} \quad [1]$$

a étant le coefficient de l'appareil qui tient compte de la longueur L des chambres et vaut environ 50.

On peut tirer de cette relation :

$$(n_1 - 1) 10^{-6} = (n_0 - 1) 10^{-6} + \frac{l_1 - l_0}{a} \quad [2]$$

Les indices de réfraction des gaz sont en effet donnés sous la forme $(n - 1) 10^{-6}$. Ils sont pour les gaz intéressants les essais de batterie et pour la longueur d'onde $\lambda_e = 0,5461 \mu$ à 0° C et 760 mm de Hg.

H ₂ :	140,18
O ₂ :	271,54
N ₂ :	299,14
Air sec :	293,24

La loi de Biot-Arago, qui s'énonce « la réfringence totale d'un mélange gazeux est égale à la somme des réfringences partielles », permet d'écrire pour un mélange à x % de H₂, y % d'O₂ et z % de N₂ dont l'indice de réfraction est n :

$$140,18x + 271,54y + 299,14z = (n - 1) 10^{-6} \quad [3]$$

Et comme n a été déterminé à l'interféromètre par rapport à l'air, on peut écrire d'après [2] :

$$140,18x + 271,54y + 299,14z = 293,24 + \frac{l_1 - l_0}{a} \quad [4]$$

Puisqu'on a en même temps

$$x + y + z = 1,$$

on dispose, si y est déterminé à l'analyseur d'oxygène, d'un système de 2 équations à 2 inconnues d'où l'on tire facilement x et z , c'est-à-dire les teneurs en H_2 et N_2 du mélange.

Les courants de charge et de décharge sont enregistrés de telle sorte que, par simple planimétrie des diagrammes, on obtient la quantité d'électricité emmagasinée pendant la charge par la batterie et soutirée à celle-ci pendant la décharge.

Les résultats n'ont pas été satisfaisants. C'est pourquoi d'ailleurs le nombre d'essais a été limité à deux.

Le premier essai a donné une teneur de 7,7 % d'hydrogène après trois heures et le deuxième une concentration de plus de 30 % du même gaz après une heure.

Cette batterie ne pouvait donc être admise telle quelle. Le constructeur du coffret se dispose à modifier le couvercle en disposant les empilages en deux étages. Cette solution a toujours donné des résultats satisfaisants pour une section de passage des empilages de 1 mm^2 par ampère-heure-élément.

415. Matériel antistatique.

4151. Tuyau flexible pour air comprimé.

Le flexible « Electropress » de Sacic-Pirelli a été soumis aux essais à la machine électrostatique et sa résistance électrique a été mesurée au mégohmmètre. Les résultats ont été satisfaisants ; ce tuyau est suffisamment conducteur pour éliminer au sol les charges d'électricité statique.

42. ANALYSEURS DE GAZ PORTATIFS

En 1957, un concours a été ouvert par la C.E.C.A. pour l'amélioration des appareils de sécurité dans les mines.

Les différents concurrents ont présenté leurs réalisations à la fin de l'année 1959. Les essais ont commencé en 1960 et ont été poursuivis en 1961 dans différentes stations.

Parallèlement à la station des Mines d'Etat hollandaises, l'Institut National des Mines a procédé aux essais d'appareils avertisseurs d'un excès de méthane ou d'un défaut d'oxygène.

Les appareils avertisseurs d'un excès de méthane présentés furent au nombre de deux.

L'appareil Berger (Allemagne).

Le methan-alarm de la firme M.S.A. (Angleterre).

Les appareils avertisseurs d'un défaut d'oxygène furent également au nombre de deux.

L'ensemble lampe à flamme-lampe au chapeau de Friemann et Wolf.

L'appareil de Romain Roland de Riom (France).

421. Appareils avertisseurs d'un excès de méthane.

4211. Appareil Berger.

Cet appareil est original. Il a l'avantage de la simplicité. Il a cependant été éliminé comme ne répondant pas à l'une des clauses du concours qui exigeait que la teneur d'alarme soit réglable entre 0,5 et 2,5 %.

Il se présentait comme une lampe électrique portative dont le couvercle était plus haut que normal. Ce couvercle comprenait en effet un compartiment où pouvait pénétrer l'air extérieur et qui renfermait les organes d'alarme. Ceux-ci se composaient de deux bilames qui, chauffés tous deux par un enroulement alimenté par l'accumulateur, présentaient une certaine courbure.

L'un des deux bilames était recouvert d'un catalyseur. Le grisou éventuellement présent dans l'air brûlait au contact du catalyseur, élevait ainsi la température du bilame et en accentuait la courbure. Pour une certaine teneur, ce bilame venait en contact de l'autre. A ce moment, l'ampoule rouge était alimentée par l'intermédiaire d'un transistor, mais le courant était régulièrement interrompu par un troisième bilame pour produire des clignotements attirant l'attention.

4212. « Méthan-alarm » M.S.A.

D'un format un peu plus grand que celui d'une lampe électrique portative, il se présente sous la forme parallélépipédique, avec une ampoule rouge d'alarme à sa partie inférieure. Il comprend, en plus de l'ampoule, un accumulateur étanche et l'appareillage électrique d'analyse de grisou (voir la figure 44 montrant l'appareil et son accumulateur).

Le principe de l'analyse consiste à alimenter, à partir de l'accumulateur, la diagonale d'un pont dont les quatre branches sont constituées respectivement par 2 résistances fixes et 2 filaments, l'un inerte et l'autre activé. Ces deux filaments, placés dans une chambre d'analyse, séparée de l'extérieur par une toile métallique à 144 mailles par cm^2 , sont ainsi portés à une certaine température. La deuxième diagonale du pont comprend un relais galvanométrique dont l'équipage est muni d'une aiguille. Lorsque l'équipage tourne, la pointe de cette aiguille se déplace le long d'une échelle graduée en % de grisou.



Fig. 44.

Le pont de résistance ainsi constitué est équilibré dans l'air en agissant sur un potentiomètre pour amener l'aiguille du relais à zéro.

En atmosphère grisouteuse, le méthane brûle au contact du filament activé. La température de celui-ci et par conséquent sa résistance électrique s'élèvent d'autant plus que la teneur en méthane est plus élevée.

Le pont étant ainsi déséquilibré, un courant proportionnel à la teneur en grisou passe dans la diagonale de mesure et provoque la rotation de l'équipage du relais galvanométrique. Pour un angle déterminé de rotation, un contact se ferme et commande le fonctionnement d'un second relais qui fait clignoter l'ampoule rouge d'alarme.

La position du contact du relais galvanométrique est réglable le long de l'échelle de l'aiguille de l'équipage, si bien que la teneur d'alarme peut être fixée avec facilité et précision entre 0,5 et 5 %.

En ce qui concerne la sécurité de l'appareil vis-à-vis du grisou, on constate qu'aucun danger ne peut provenir de l'accumulateur qui est étanche et protégé par fusible. De plus, des essais ont démontré que les différents circuits sont de sécurité intrinsèque et que les filaments n'allument pas les mélanges inflammables de grisou et d'air, ni même de gaz d'éclairage et d'air.

L'appareil a subi avec succès de nombreux essais de laboratoire, destinés à vérifier si les conditions du concours étaient respectées.

On a notamment vérifié :

- la précision du réglage de la teneur d'alarme, laquelle devait être meilleure que 0,2 % ;
- la sensibilité ;
- le temps de réponse qui est inférieur à 10 secondes en atmosphère en mouvement ;

- l'influence des gaz perturbateurs H_2O et CO_2 et des variations de température et de pression. L'appareil a été essayé en atmosphère saturée de vapeur d'eau ou contenant 1 % de CO_2 , à $30^\circ C$ et à $10^\circ C$, à la pression atmosphérique et sous une pression de 2 m de colonne d'eau, correspondant aux conditions existant à 1.000 m de profondeur ;
- la stabilité du point zéro ;
- l'influence de la position de l'appareil sur les indications.

Ces expériences ont fait apparaître certains défauts.

Les contacts des relais présentent parfois des déficiences entraînant une diminution importante de la luminosité de l'ampoule, soit même l'extinction de celle-ci.

Le manque de progressivité du potentiomètre d'équilibrage du pont rend difficile la mise au zéro dans l'air pur et occasionne un léger défaut de stabilité en service.

La réalisation de la chambre d'analyse, coiffée par une cloche, est telle que la détermination de la teneur en grisou n'est pas exacte si l'appareil est placé en atmosphère calme ou face arrière contre le courant d'air.

Les deux premiers défauts, de nature mécanique, peuvent être facilement corrigés en améliorant les contacts des relais et la progressivité du potentiomètre de mise à zéro. Le troisième peut être éliminé en adoptant pour la chambre d'analyse une disposition favorisant « le tirage », c'est-à-dire l'élimination des gaz brûlés au contact du filament actif.

L'appareil a, de plus, supporté d'une manière satisfaisante l'épreuve au fond de la mine pendant six mois au siège La Garenne des Charbonnages de Maurage et au siège Héribus des Charbonnages du Borinage.

Il y était descendu tous les jours ouvrables au poste du matin. Au siège La Garenne, son fonctionnement a été surveillé par un enregistreur spécialement aménagé, en même temps que la teneur en grisou s'inscrivait sur le diagramme d'un analyseur Mono. La comparaison des deux enregistrements a permis de constater que le Methan-Alarm fonctionnait toujours correctement.

Après fonctionnement au fond, on a vérifié la précision de l'appareil et constaté qu'elle n'avait pas changé.

Cet appareil a enlevé un premier prix.

422. Appareils avertisseurs d'un manque d'oxygène.

4221. Ensemble lampe à flamme - lampe au chapeau.

Cet appareil a été écarté d'office du concours parce qu'il comprenait une lampe à flamme.

La réalisation est cependant suffisamment originale pour être notée.

La flamme d'une lampe à benzine normalement portée à la main est surveillée par une cellule photo-électrique, raccordée à l'accumulateur d'une lampe au chapeau.

En cas d'extinction ou même d'une diminution de luminosité de cette flamme, soit par manque d'oxygène ou excès de grisou, la cellule provoque l'extinction de l'ampoule de la lampe au chapeau. Le porteur est ainsi immédiatement averti de l'alarme donnée par la lampe à flamme. Il peut s'éclairer de nouveau en enfonçant un bouton-poussoir prévu sur le couvercle de l'accumulateur.

4222. Appareil Romain Roland.

Cet appareil, le seul retenu comme répondant à première vue aux conditions du concours, n'était malheureusement pas au point.

Son principe est le suivant.

Dans une pile en fonctionnement sans dépolarisant, des bulles d'hydrogène se forment sur le pôle positif et s'opposent au passage du courant jusqu'à l'annuler. On dit que la pile se polarise. Pour maintenir l'intensité du courant, il faut entourer le pôle positif d'un dépolarisant, ordinairement un oxydant réagissant avec l'hydrogène pour former de l'eau. La dépolarisation peut être assurée par l'oxygène de l'air.

L'inventeur a conçu une pile, qu'il appelle cellule, débitant dans l'enroulement d'un relais. La dépolarisation est assurée par l'air à analyser, envoyé sous débit constant à l'intérieur de la cellule.

L'intensité du courant de la cellule est d'autant plus élevée que cet air contient plus d'oxygène. Lorsque la teneur en oxygène tombe sous une valeur déterminée et réglable, le relais lâche et donne l'alarme par clignotement d'une ampoule.

En plus des organes répondant au principe de fonctionnement, l'appareil contient un accumulateur qui fait tourner un petit moteur; celui-ci entraîne une pompe à air à piston dont la vitesse est maintenue constante par un régulateur centrifuge. La pompe aspire l'air extérieur et le refoule dans la cellule.

Lors de sa première présentation, l'appareil n'a fonctionné que peu de temps. Des fuites se sont déclarées dans le système de circulation d'air et ont déréglé le fonctionnement.

Récemment, l'inventeur a présenté à l'agrégation le même appareil sous une réalisation meilleure.

43. DANGER DES ALLIAGES LEGERS

Etude d'une inflammation de grisou.

Dans un charbonnage du Centre, il s'est produit une inflammation de grisou au moment du décalage d'un étançon métallique.

Cet étançon a été saisi et envoyé à l'I.N.M. Au démontage, on a constaté que la serrure comportait notamment deux plaques anti-glissement en alliage léger, entre lesquelles le fût intérieur était fortement calé au moment de la pose.

L'alliage contenait notamment :

aluminium :	85,90 %
fer :	3,01 %
cuiivre :	5,04 %
beryllium :	3,96 %
magnesium :	1,17 %

431. Essais.

Cet alliage a été soumis à trois types d'essais.

4311. Essai à la meule.

Une pièce en acier de l'étançon est posée sur une meule en rotation de telle sorte que la gerbe d'étincelles pénètre dans un tube de verre, disposé horizontalement, d'où sort un courant d'air grisouteux

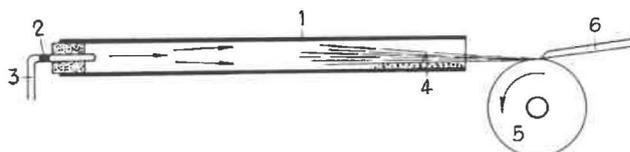


Fig. 45.

1. Tube de verre
2. Dispositif coupe flamme
3. Tube amenée mélange air + grisou
4. Limailles de l'alliage
5. Meule électrique
6. Pièce d'acier.

inflammable (fig. 45). Les étincelles de fer n'allument pas le mélange.

Si par contre, on dépose à l'intérieur du tube un peu de limailles prélevées à la plaquette de l'étançon, les particules d'alliage léger frappées par les étincelles de fer peu lumineuses, rebondissent avec celles-ci en formant des traînées éblouissantes. Et l'inflammation du mélange gazeux est immédiate.

4312. Essai à la masse tombante.

Une masse cylindrique en laiton, pesant 18 kg environ, est garnie à sa partie inférieure d'un disque découpé de la plaquette d'alliage léger. Elle tombe en milieu grisouteux inflammable, d'une hauteur de 2,75 m sur une plaque d'acier rouillée inclinée à 40° sur le plan horizontal (fig. 46). Le choc se produit entre le disque en alliage léger et la plaque d'acier.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- en mélange grisouteux à 9 % de CH₄, 6 inflammations sur 20 essais ;
- en mélange grisouteux à 6,5 % de CH₄, 7 inflammations sur 20 essais.

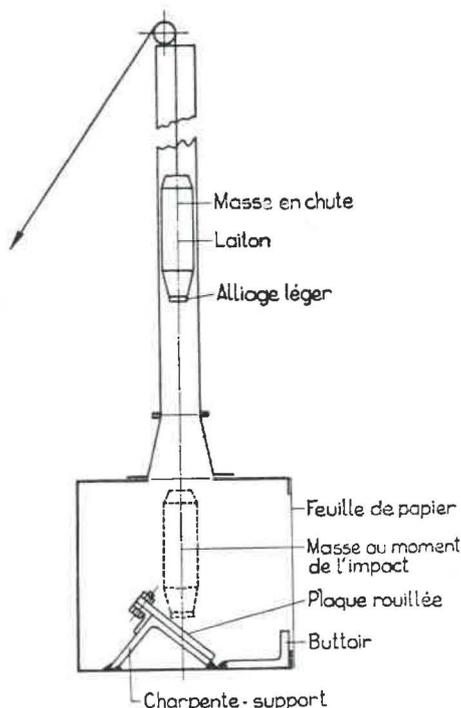


Fig. 46.

4313. Essai au marteau oscillant.

Un marteau est fixé, par l'extrémité de son manche en caoutchouc, à un axe horizontal disposé en travers d'une cuve remplie d'un mélange grisouteux inflammable (fig. 47). Au moyen d'une manivelle extérieure, le marteau est levé. Quand on lâche la

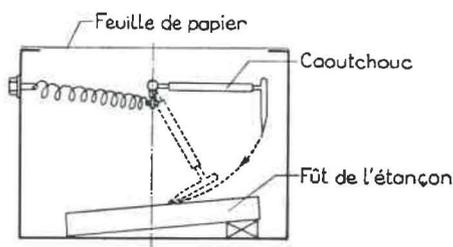


Fig. 47.

manivelle, le marteau est lancé vers le bas sous l'action d'un ressort entraînant l'axe et de la gravité. La panne du marteau, taillée en pointe, frappe ainsi avec une inclinaison de 20° environ le fût intérieur de l'étauçon métallique en cause placé sur le fond de la cuve avec une légère inclinaison. Sur le fût, on a frotté au préalable une des plaquettes de friction et déposé ou non de la limaille de cette même plaquette.

Les résultats sont les suivants :

- avec de la limaille sur le fût : 4 inflammations sur 10 essais ;
- sans limaille sur le fût : 2 inflammations sur 20 essais.

432. Signification des essais.

Ces essais ont un point commun : ils mettent en contact des particules d'oxyde de fer et d'alliage léger à une température suffisante pour amorcer la réaction de l'aluminothermie $F_2O_3 + 2Al = Al_2O_3 + 2Fe$ et provoquer ainsi la combustion de l'aluminium qui allume infailliblement le grisou.

Dans un étauçon métallique, il y a contact entre l'aluminium de la plaquette antiglissement et les aspérités rouillées du fût. Lors du coulisement sous charge, c'est-à-dire sous forte pression, il y a arrachage de particules d'alliage léger par les aspérités rouillées de l'acier et production d'une quantité de chaleur suffisante pour provoquer les réactions susdites. L'essai au marteau oscillant montre que, dans le cas d'un choc rasant, une énergie très faible peut suffire pour enflammer le grisou pourvu que l'alliage d'aluminium ait été au préalable déposé par friction sur la surface rouillée à l'endroit de l'impact.

433. Conclusion.

Ces essais montrent bien le danger présenté par les plaquettes antiglissement en métal léger interposées entre des pièces d'acier.

434. Réglementations étrangères.

À la suite de demandes adressées aux stations d'essais et aux administrations étrangères, nous avons recueilli les renseignements résumés ci-dessous :

— En Allemagne, les plaquettes de friction en alliage léger ne sont plus autorisées. Les alliages légers utilisés à la fabrication des étauçons et des bèles métalliques doivent être de composition agréée. La tendance est de retirer cette autorisation pour les étauçons et bèles à caler ou décaler au marteau.

— En Angleterre, les alliages légers sont pratiquement interdits.

— En Hollande, chaque type d'appareil fait l'objet d'une décision. Il en résulte que seuls les appareils fixes peuvent être fabriqués en alliage léger.

— En France, les alliages doivent titrer moins de 6 % d'aluminium. Les plaquettes de friction sont interdites et l'emploi des bèles et étauçons est soumis à des conditions sévères visant l'absence de grisou dans le chantier.

44. DIVERS

441. Essais d'un gaz d'oxycoupage.

Le gaz d'oxycoupage « Indugaz » fabriqué par la S.P.R.L. Industrial Gas, à Bruxelles, a été soumis à certains essais destinés à vérifier les qualités qu'il présente pour la découpe de l'acier.

Ce gaz, constitué d'un mélange d'hydrocarbures, liquide à la température ordinaire et sous la pression de 8 kg/cm², convient pour le coupage de

l'acier, la soudure des métaux non ferreux et la brasure.

Au cours de plusieurs essais de découpe d'une pièce d'acier, le bec du chalumeau est plongé dans le métal fondu sans que le fonctionnement soit troublé. En effet, la flamme ne rentre pas dans le chalumeau ; il n'y a pas d'explosion dans le bec ni de retour de flamme dans le tuyau de combustible. Le

bec s'échauffe cependant très fort et subit même un début de fusion.

L'opération d'oxycoupage de l'acier au moyen de ce gaz, utilisé dans un chalumeau muni d'un bec approprié, présente donc une sécurité satisfaisante.

Des remerciements doivent être adressés ici à MM. MOINY et SAMAIN, ingénieurs techniciens, et à MM. EVRARD et CYPRES, techniciens préparateurs, pour leur collaboration dévouée.

INSTITUT NATIONAL DES MINES

Rapport sur les travaux de 1961

AGREATIONS

TABLEAU - ANNEXE

Appareils électriques et autres

agréés au cours de 1961

N.B. — Nous désignons par « demandeur » la firme ayant sollicité l'agrément. Lorsque le « demandeur » n'est pas le « constructeur », celui-ci est désigné dans la colonne « Observations ».

I. — HAVEUSES

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
7-4-61	Charbonnages de et à Beeringen.	4/61/B/138	Avenant à la décision 13E/5719 du 21-11-54 relative à une haveuse Sullivan type C.L.E.5 avec moteur de 37 kW. Modifications de détail réalisées par la demanderesse - Plan S/102.a.
10-10-61	Etablissements Beaupain, 105, rue de Serbie, Liège.	4/61/B/395	Avenant à la décision 4/60/B/477 du 8-12-1960 relative à une haveuse électrique Anderson Boyes type AB.16/100. Modification de la dénomination de cette haveuse en type AB.16.L et W. La largeur du joint du couvercle du démarreur peut varier de 31,75 à 50,8 mm.

II. — MOTEURS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
7-4-61	S.A. Locorail, 91, rue des Palais, Bruxelles.	4/61/B/139	Avenant à la décision 4/57/115/3137 du 5-12-57 relative à un moteur électrique type H.16 construit par la firme Heinrich Klose - Modifications de détail et de l'identification qui devient type d.H.16 - Plan Siemag.D.53/Z.19604-02.A.

II. — MOTEURS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
26-4-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/184	Enveloppes types A.K.3.Gc 2970 et A.K.3.G.c 3370 pour moteurs asynchrones triphasés, 190 à 1.000 V - 600 à 1.500 tr/min, 11 à 24 kW \pm 50 % pour le type A.K.3.G.c 2970 et 24 à 44 kW \pm 50 % pour le type A.K.3.G.c 3370 - Plan 1.022.885.a.
26-7-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/304	Enveloppe type A.T.G.860c, pour moteurs asynchrones, à courant triphasé, rotor en court-circuit, 190 à 6.600 V, 3.000 à 3.600 tr/min, 550 à 1.100 kW \pm 50 % - Plan n° 1.022.734.
6-9-61	Etablissements Beaupain, 105, rue de Serbie, Liège.	4/61/B/352	Avenant à la décision 13E/8776 du 17-9-53 relative à un moteur électrique pour treuil Pikrose type S.2.A. Modification du raccord du moteur avec le circuit extérieur - Plan B.1072 et B.10.72.A.
11-10-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/398	Enveloppe type A.K.3.G.f-3370 pour moteurs électriques asynchrones triphasés 110 à 1.000 V - 750 à 1.500 tr/min, 21 à 42 kW - Plan 1.023.334.
12-10-61	Etablissements Beaupain, 105, rue de Serbie, Liège.	4/61/B/391	Avenant à la décision 4/54/115/4953 du 21-12-54 relative à un moteur pour treuil Pikrose type S.3 : la puissance de ce moteur est portée à 49,26 kW et le type est désigné par S.3.A. - Plan 3.410.A.
6-11-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/419	Avenant à la décision 4/60/B/453 du 10-11-60 : moteurs de la série A.H.5.G.X types 1820 - 1842 - 1846 - 1849 - 2130 - 2132 - 2156 - 2158 et 2159 - Plan n° 1.000.680.

III. — APPAREILS DIVERS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
3-1-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/539	Avenant aux décisions 4/57/115/1476 du 12-6-57 et 4/58/B/273 du 23-5-58. Transformateur sec, type T.b.G.S.4-3659. H.T. : 6.600 V \pm 5 %. B.T. : 600 V. Puissance : 400 kVA - Plan 9.849.616.
3-1-61	Ateliers de Constructions Electro-Mécaniques, 35, rue J. Schmidt, à Dampremy.	4/61/B/561	Coffret à bouton-poussoir 15 A - Plan EMD.6.1100.

III. — APPAREILS DIVERS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
4-1-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/502	Avenant aux décisions 4/59/B/32 du 4-2-59 et 4/60/B/217 du 13-6-60 : neuf transformateurs secs des types T.B.G.S.5 2955 à 3755 - 6.600/600 V - 75 à 500 kVA - Plan 2.848.283.
4-1-61	S.A. « Socomé », 118-122, rue St-Denis, Bruxelles (19).	4/61/B/518	Contrôleur de niveau d'eau destiné à la commande (mise en marche ou arrêt) d'une pompe - Appareil disposé dans coffret Socomé type S.119 agréé le 1-2-52 par décision 13E/8211.
9-1-61	S.A. des Charbonnages de et à Beeringen.	4/61/B/9	Avenant aux décisions 13E/6584 du 30-9-40 et 13E/7154 du 7-4-48. Transformateur type S.200.M. de 200 kVA construit par la S.E.M. à Gand - Modifications du régime à bain d'huile au régime sec - Plan E-72-A-1196.
10-1-61	S.A. Amelco, 25, Quai de Wilbroeck, Bruxelles 2.	4/61/B/8	Coffret type d.U.G.3 et ses accessoires pour appareils électriques divers, construits par la firme allemande Funke et Hüster de Kettwig - Plan M.792 - 792/11-1 et 792/11-2.
12-1-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/15	Coffrets types S.K.D.T.g.16p. et S.K.D.T.G. 40p. et variantes - Plan 1.175.209.
17-1-61	S.A. Electromécanique, 19, rue Lambert Crickx, Bruxelles 7.	4/61/B/7	Avenant aux décisions 13E/8324 du 28-5-1952 et 4/60/B/324 du 19-8-1960 - entrées de câble souple XD.31 et XD.32 réalisées par les Etablissements Merlin et Gérin de Grenoble (France) - Plan C.A.7272 et C.7404.
18-1-61	S.A. Foraky, 13, place des Barricades, Bruxelles 1.	4/61/B/16	Dispositif d'arrêt et de mise en marche automatique de pompes, construit et monté avec les coffrets Socomé types S.131, S.132 et transformateur - Plans 13.580 et 13.580-13.
17-2-61	Ateliers de Constructions Electro-Mécaniques, 55, rue J. Schmidt, à Dampremy.	4/61/B/69	Prolongateur pour câbles souples (diamètres 50 et 60 mm) à 6 conducteurs, courant triphasé 550 V - 200 A - Plan 51214.
22-2-61	S.A. Amelco, 25, Quai de Wilbroeck, Bruxelles 2.	4/61/B/71	Contrôleur de terre type d.E.W.4 dans coffret d.U.G.2 agréé le 31-5-54 sous le n° 4/54/115/1858, le tout construit par la firme allemande Funke et Hüster de Kettwig - Plan P.V.657.

III. — APPAREILS DIVERS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
22-2-61	Société Nouvelle Siemens, 6, rue des Augustins, Liège.	4/61/B/76	Avenant à la décision 4/57/115/1343 du 17-5-57 : transformateur type d.K.602-s/6 de 400 kVA - 6.600/750 V - Plan I.T. 1549.3.
23-2-61	S.P.R.L. « Emac », 142-144, rue Bara, Bruxelles 7.	4/61/B/74	Coffret type 130 avec bouton « Poussez-tirez » - Plan 13.002.
23-2-61	Etablissements H.F. Destiné, 33, rue de la Vallée, Bruxelles 5.	4/61/B/75	Coupleur électromécanique de signalisation, pour utilisation dans les circuits de sécurité intrinsèque, construit par la firme Victor Products Ltd. à Wallsend-on-Tyne (Angleterre) - Plan L.3024/9.
24-3-61	S.A. Electricité Industrielle Belge, 247/249, rue Pisseroulle, Dison.	4/61/B/126	Avenant aux décisions 13E/8114 du 8-10-51 et 13E/8587 du 13-1-53 relatives au coffret type D.S.R.G./350. Modification de détail - Plan 441.572.A et 450.331.ABC.
27-3-61	Société Electro-Industrielle, 6, rue des Augustins, Liège.	4/61/B/125	Avenant à la décision 13E/8505 du 17-11-52 relative à un interrupteur à tirage type d.945 avec boîte de dérivation type d.955 de la firme allemande Cöthe de Mulheim (Ruhr) - Modification de détail - Plan M.5446-01.
4-4-61	S.A. Electromécanique, 19, rue Lambert Crickx, Bruxelles 7.	4/61/B/137	Avenant aux décisions 13E/7347 du 28-1-49 et 13E/8177 du 9-1-52 relatives à un transformateur sec du type T.Q.150 kVA construit par Merlin et Gérin de Grenoble (France). La puissance est portée à 160 kVA sans modification de l'enveloppe.
4-4-61	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, à Bruxelles 6.	4/61/B/141	Coffret type A.F.D. pour disjoncteur - Plan 151.536.
5-4-61	Ateliers de Constructions Electro-Mécaniques, 35, rue J. Schmidt, à Dampremy.	4/61/B/142	Avenant à la décision 4/55/115/4060 du 24-11-55 : prolongateur 550 V/100 A pour câbles souples à cinq conducteurs de courant et un conducteur de mise à la terre - Plan n° E.M.D. 6.1067.
10-4-61	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, à Bruxelles 6.	4/61/B/143	Coffret type A.C.M. pour appareils de mesure et manipulateurs - Plan 252.964.
12-4-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/159	Coffret type S.K.D.T.g. 63 p. comportant les compartiments (137) pour appareillage de commande et de protection - (138) sectionneur - (139) boîte à bornes d'arrivée et (140) boîte à bornes de départ - Plan 1.175.212.

III. — APPAREILS DIVERS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
13-4-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/160	Coffret type S.K.D.T.g.100 p. comportant les compartiments (120) appareillage de commande et de protection - (130) sectionneur - (131) boîte à bornes d'arrivée et (132) boîte à bornes de départ - Plan 1.175.208.
14-4-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/161	Coffret type S.K.D.T.bg 63/100p comportant les compartiments (133) appareillage de commande et de protection - (134) sectionneur - (135) boîtes à bornes d'arrivée et (136) boîte à bornes de départ - Plan 1.175.211.
27-4-61	S.A. Socomé, 120-122, rue St-Denis, Bruxelles 19.	4/61/B/182	Coffret type S.120 pour appareillage destiné à la commande de moteurs à deux vitesses et deux sens de marche (500 V - 100 A) - Plan 50.126.
27-4-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/185	Coffret type D.A.P.g.6 spécial, constitué des compartiments 116, 117 et 118 - Plan 9.105.527.
19-5-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/201	Avenant à la décision 4/58/B/584 du 5-11-58 : coffret du type SBg6-III constitué du compartiment central (112) et des compartiments supérieur et inférieur (113) - Plan 1.105.754.
19-5-61	S.A. Amelco, 25, Quai de Willebroeck, Bruxelles 2.	4/61/B/206	Avenant à la décision 4/54/115/1858 du 21-5-54 relative au coffret type d.U.G.2 de la firme Funke et Hüster de Kettwig. Modifications de détails - Plan 465-13.
19-5-61	S.A. Amelco, 25, Quai de Willebroeck, Bruxelles 2.	4/61/B/209	Avenant à la décision 13E/7584 du 23-11-49 relative au coffret type R.U.1 de la firme Funke et Hüster de Kettwig. Modifications de détails et nouvelle désignation de l'appareil par type d.U.G.1 - Plan 589.10.
19-5-61	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, à Bruxelles 6.	4/61/B/210	Manchon d'accouplement type A.M.A. 25 - 500 V - 25 A - Plan 251.896.
25-5-61	S.A. Socomé, 118-122, rue St-Denis, Bruxelles 19.	4/61/B/195	Coffret type S.150 - Plan 51.675.
6-6-61	S.A. Socomé, 118-122, rue St-Denis, Bruxelles 19.	4/61/B/221	Coffret type S.148 - Plan 51.396.
7-6-61	S.A. Socomé, 118-122, rue St-Denis, Bruxelles 19.	4/61/B/220	Coffret type S.151 - Plan 51.694.

III. — APPAREILS DIVERS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
7-6-61	Vynckier Frères S.A., 11, Nieuwe Vaart, Gent.	4/61/B/227	Coupe-circuit à haut pouvoir de coupure, des types 200 A - 350 A et 600 A, 550 V, équipés de conducteurs fusibles d'intensité nominale égale ou inférieure à l'intensité caractéristique du type - Plans 23.702 - 23.793 et 23.794.
7-6-61	S.A. Electromécanique, 19, rue Lambert Crickx, Bruxelles 7.	4/61/B/228	Coffret à boutons-poussoirs type B.B.256, construit par les Etablissements Merlin et Gérin de Grenoble (France) - Plan E.C. 7218.
3-7-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/265	Avenant à la décision 4/58/B/241 du 9-5-1958 : coffret type S.B.r.g. ou S.F.r.g.6-200/III constitué des compartiments n° 123 et 124 - Plan 9.105.545.
3-7-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/266	Avenant à la décision 4/57/115/482 du 28-2-1957 : transformateurs des types T.b.G.S.6-525 de 160 kVA - 10.000/515 V et T.b.G.S.6 575-250 kVA - 10.000/525 V - Plan 9.080.489.
4-7-61	S.P.R.L. « Emac », 142-144, rue Bara, Bruxelles 7.	4/61/B/273	Coffret type 140 - Plan n° 14.005.
6-7-61	Constructions Electriques Schröder, à Ans-lez-Liège.	4/61/B/272	Ensemble composé de coffrets types A.D.T. - A.D.B.310 - A.D.R.310, boîtes à bornes, brides de liaison et plateau de fermeture, le tout formant tableau de distribution - Plans 761.962/0 - 761.963/0 - 761.964/0 - 761.969/4 - 761.970/4 - 761.971/4 - 762.018/3 et 762.198/4.
7-7-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/287	Transformateur sec type T.b.S.G.11 - 2355 - 20 kVA 6.600 ± 5 %/600 V - Plan 2.848.124.
24-7-61	Société Nouvelle Siemens, 6, rue des Augustins, Liège.	4/61/B/284	Avenant à la décision 4/57/115/1343 du 17-5-57 : transformateur type d.K.555/6 de 315 kVA - 6.600/500 V - Plan I.T. 1861.3.
24-7-61	Auxiliaire Thermique, Electrique et Mécanique, 154, avenue de Cortenberg, Bruxelles 4.	4/61/B/285	Avenant à la décision 4/60/B/107 du 21-3-60 : adaptation au boîtier de plusieurs vannes actionnées par des bobines de puissances différentes - Plan T.5128.A.
24-7-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/286	Transformateurs secs des types T.b.G.S.4 3257 - T.b.G.S.4 3357 - T.b.G.S.4 3457 - T.b.G.S.4 3557 et T.b.G.S.4 3657 - 6.600/600 V ± 5 % de 200 à 500 kVA - Plan 2.085.880.

III. — APPAREILS DIVERS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
24-7-61	S.P.R.L. « Emac », 142-144, rue Bara, Bruxelles 7.	4/61/B/301	Coffret type 195 - Plan n° 19.501.
26-7-61	S.P.R.L. « Emac », 142-144, rue Bara, Bruxelles 7.	4/61/B/300	Coffret type 150 - Plan n° 15.006.
26-7-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/303	Avenant à la décision 4/59/B/32 du 4-2-59 : transformateurs secs types T.b.G.S. ₁₁ 2955 à 3755 - 6.600/600 V, 75 à 500 kVA - Plan n° 2.085.759.
14-8-61	Monsieur Léon Smits, 69, avenue des Touristes, Bruxelles 15.	4/61/B/320	Contact de rail, type d.Sch.V/K, construit par la Vershoven-Signal U. Téléphone G.m.b.H. à Essen (Allemagne) - Plan n° 5182.
5-9-61	Ateliers de Constructions Electro-Mécaniques, 35, rue J. Schmidt, à Dampremy.	4/61/B/332	Coffret pour relais type B.644 - Plan n° 4650.
5-9-61	Société Nouvelle Siemens, 6, rue des Augustins, Liège.	4/61/B/355	Avenant à la décision 13E/8097 du 20-9-51 relative au coffret type d.U.3 : modification de l'emplacement de l'interrupteur et d'un voyant, addition d'un voyant supplémentaire pour appareil de mesure. Nouvelle appellation du coffret modifié: d.z.U.3. - Plan ONZ. 2.770.706.
7-9-61	Ateliers de Constructions Electro-Mécaniques 35, rue J. Schmidt, Dampremy.	4/61/B/353	Coffret pour enregistreur - Plan 5.1.299
7-9-61	Société Nouvelle Siemens, 6, rue des Augustins, Liège.	4/61/B/354	Avenant à la décision 13E/8094 du 17-9-1951 relative au coffret type d.U.S.1 - Modification de détail - Plan 1.NZ. 2.881.315.
22-9-61	Ateliers de Constructions Electro-Mécaniques 35, rue J. Schmidt, Dampremy.	4/61/B/372	Transformateur sec, 500/380 V. \pm 5 % 40 kVA - Plan EMD.6926.
26-9-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/373	Transformateur sec, type T.b.G.S. ₁₁ 2055 - 6.600/600 V - 10 kVA - Plan 4.791.888.
27-9-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/374	Transformateurs secs, des types T.b.G.S. ₁₃ -2955, T.b.G.S. ₁₃ -3055, T.b.G.S. ₁₃ -3155, T.b.G.S. ₁₃ -3255, T.b.G.S. ₁₃ -3355, T.b.G.S. ₁₃ -3455, T.b.G.S. ₁₃ -3555, T.b.G.S. ₁₃ -3655 et T.b.G.S. ₁₃ -3755 - tension 6.600/600 V \pm 5 % - puissance 75 à 500 kVA - Plan 2.085.761.

III. — APPAREILS DIVERS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
2-10-61	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, à Bruxelles 6.	4/61/B/385	Avenant à la décision 4/61/B/141 du 4-4-1961 relative au coffret type A.F.D. : modification d'un couvercle et adjonction d'éléments agréés. Dénomination nouvelle du coffret modifié : type A.G.D. - Plan 153.220.a.
3-10-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/384	Transformateurs secs types T.b.G.S.1-575 6.600/500 V \pm 5 %, 500 kVA - variantes I et II - Plan 9.080.521.
6-11-61	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, à Bruxelles 6.	4/61/B/424	Caisson type A.S.T. pour transformateur sec de 10 à 15 kVA - 600/110-220 V - Plan 153.464.a.
6-11-61	S.P.R.L. Jema, 18-22, rue de Menin, Bruxelles 8.	4/61/B/425	Avenant à la décision 4/60/B/137 du 5-4-60 concernant 4 coffrets de démarrage - Changement de destination d'un empilage - Plan E.452.
6-11-61	S.P.R.L. Jema, 18-22, rue de Menin, Bruxelles 8.	4/61/B/426	Avenant à la décision 4/56/115/2085 du 22-6-56 relative au coffret type E.211/213 - Modification du couvercle - Plans E.457 et E.461.
8-11-61	S.A. Socomé, 118-122, rue St-Denis, Bruxelles 19.	4/61/B/423	Avenant à la décision 13E/8211 du 1-2-52 : coffret type S.119.2 et ses accessoires - Plan 51.885.
8-11-61	Société Nouvelle Siemens, 116, chaussée de Charleroi, à Bruxelles 6.	4/61/B/427	Coffrets types A.T.M.1 - A.T.M.2 - A.T.A. et A.T.K. pour disjoncteur et appareil de mesure - Plan 157.777.
6-12-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/471	Avenant à la décision 13E/7424 du 14-5-49 relative au boîtier lumineux type B.c.g.7 construit en 4 variantes s/plan 9.200.505 - Modifications de détails : le boîtier conserve sa dénomination B.c.g.7, mais ne comporte que deux variantes désignées B.c.g.7-300b-3L-3B et B.c.g.7-300b-3L-3i - Plan 2.200.976.
8-12-61	S.A. Socomé, 118-122, rue St-Denis, Bruxelles 19.	4/61/B/477	Coffret type S.147 construit s/plan 51.894.
13-12-61	Ateliers de Constructions Electro-Mécaniques 35, rue J. Schmidt, Dampremy.	4/61/B/482	Coffret pour ensemble blindé s/plan 5.1.291.
19-12-61	S.A. Electromécanique, 19, rue Lambert Crickx, Bruxelles 7.	4/61/B/476	Avenant à la décision 4/57/115/400 du 19-2-57 relative à un ensemble de coffrets A et B pour dérivation ou télécommande. Modification du couvercle du coffret B - Plan C.7591.

IV. — MATERIEL D'ECLAIRAGE SUJET A DEPLACEMENT

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
5-4-61	Ateliers de Constructions Electro-Mécaniques 35, rue J. Schmidt, Dampremy.	4/61/B/140	Avenant aux décisions 13E/7518 du 3-10-49 et 4/54/115/2573 du 27-7-54 relatives à une armature pour lampe à incandescence de 100 W. Modifications de détail - Plan 5.1028.
2-6-61	S.A. d'Eclairage des Mines et d'Outillage industriel, 107, rue Vandervelde, à Loncin-Liège.	4/61/B/222	Avenant aux décisions 13E/8748 et 13E/8750 du 6-8-53. Pour le cylindre protecteur du tube fluorescent, le verre ordinaire ou le plexiglas est utilisé en remplacement du pyrex - Plan 1.549.A.
10-7-61	Ateliers de Constructions Electro-Mécaniques 35, rue J. Schmidt, Dampremy.	4/61/B/288	Armature d'éclairage pour lampe à incandescence 220 W - 110/220 V - Plan 5.1249.
12-9-61	Etablissements Callier, 53, rue Picard, Bruxelles 2.	4/61/B/369	Armature d'éclairage type d.2000.E. pour lampes de 100 et de 200 W avec ou sans réflecteur construite par la firme Adolf Schuch et C ^o à Worms (Allemagne) - Plan 1.SG.244.

V. — TELEPHONES ET SIGNALISATION

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
25-1-61	S.A. Amelco, 25, Quai de Wilhelbroeck, Bruxelles.	4/61/B/27	Amplificateur type d.U.G.2.V.4 dans son coffret type d.U.G.2 agréé le 31-5-54 sous le n° 4/54/115/1858, le tout construit par la firme allemande Funke et Hüster de Kettwig. Les circuits d'enclenchement, de microphones et de haut-parleurs sont de sécurité intrinsèque - Schéma n° P.S. 616/1.
11-10-61	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	4/61/B/392	Ensemble de boîtiers, en fonte, juxtaposés, série B.j.E.X. - Plan n° 2.201.079.

VI. — VENTILATEURS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
3-7-61	Maschinenfabrik Korfman G.m.b.H., 36, Bruchstrasse, Witten (Ruhr). All. Occ.	4/61/B/264	Avenant aux décisions 4/57/115/391 et 4/57/115/392 du 19-2-57 : les ventilateurs du type E.S.5-45 peuvent être équipés de moteurs type d.L.74-2-4,5 de 4,5 kW à 3.000 tr/min, tension 127/220 V, construits par la firme Carl-Breuer Nach. de Bochum (Allemagne) - Plan DL. 3856/0.

VII. — LAMPES ELECTRIQUES PORTATIVES

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
6-3-61	Société Belge d'Applications électriques, 113, rue de la Limite, La Bouverie.	4/61/B/102	Avenant à la décision 4/54/112/4165 du 19-10-54 visant les lampes électriques portatives - type chapeau HBD.13.E - HBD.17.E et HBDS.25.E - Remplacement des fusibles sous tubes de verre scellés par des fusibles sous gaine en matière isolante (nylon injecté) - Voir plan J.4.X.1022 de Svenska Akkumulator A.B. Jungner.
3-5-61	S.A. Les Ateliers Mécaniques, à Morlanwelz-Hayettes.	4/61/B/186	Lampe électrique à main, type O.K.4. K.Ex. construite par la firme Concordia Elektrizitäts A.G. à Dortmund (Allemagne) - Plans 1114/31... 36.Ez/2.
8-9-61	S.A. d'Eclairage des Mines et d'Outillage Industriel, 107, rue Vandervelde, Loncin.	4/61/B/361	Lampe électrique portative, au chapeau, type C.G.L.2., construite par la firme C.E.A.G. de Barnsley (Angleterre) - Plans B. 3360/BEL et B.3367/BEL.
11-10-61	Friemann et Wolf, Postschliessfach, 289, Duisburg (Allemagne).	4/61/B/396	Lampe chapeau type F.W. 14.201 - Plan n° 14.201.B.V.
12-10-61	Friemann et Wolf, Postschliessfach, 289, Duisburg (Allemagne).	4/61/B/397	Lampe chapeau type F.W. 14.101 - Plan n° 14.101.B.V.

VIII. — MATERIEL DE MINAGE

A. — Exploseurs

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
20-1-61	S.A. Sertra, 32-34, rue A. Masquelier, Mons.	4/61/B/21	Avenant à la décision 4/60/B/325 du 23-8-60 relative à l'exploseur Sertra type 4-100. Modification des caractéristiques électriques.
B. — Lignes de tir			
20-1-61	Poudreries Réunies de Belgique, 145, rue Royale, Bruxelles 1.	4/61/B/19	Ligne de tir à un seul conducteur comportant 4 fils de cuivre recuit, non étamés, de 0,52 mm de diamètre - guipage constitué de 5 brins de coton et enveloppe en chlorure de polyvinyle.
20-1-61	Poudreries Réunies de Belgique, 145, rue Royale, Bruxelles 1.	4/61/B/20	Avenant aux décisions 4/60/B/455 et 4/60/B/513 du 14-11-60 : la teinte jaune de l'isolant peut être remplacée par une autre couleur pour autant que les qualités réglementaires, mécaniques, thermiques et diélectriques du chlorure de polyvinyle restent conformes aux spécimens présentés pour les agréments du 14-11-60.

VIII. — MATERIEL DE MINAGE

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
9-10-61	S.A. Manufactures de câbles électriques et de caoutchouc, à Eupen.	4/61/B/394	Ligne de tir à deux conducteurs accolés, chaque conducteur étant formé d'une âme composée de 5 fils de cuivre recuit, non étamés et de 2 fils d'acier, tous de 0,4 mm de diamètre. Enveloppe en chlorure de polyvinyle.
10-10-61	S.A. Manufactures de câbles électriques et de caoutchouc, à Eupen.	4/61/B/393	Ligne de tir à un seul conducteur comportant 5 fils de cuivre recuit, non étamés et 2 fils d'acier, tous de 0,4 mm de diamètre. Enveloppe en chlorure de polyvinyle.
C. — Détonateurs			
a) Instantanés			
18-5-61	Poudreries Réunies de Belgique, 145, rue Royale, Bruxelles 1.	1117/34 ind. 4	Détonateurs instantanés P.R.B. antigrisou.
b) à court retard			
20-4-61	S.A. Sertra, 32-34, rue A. Masquelier, Mons.	3376/34 ind. 4	Détonateurs à court retard (30 ms) I.C.I. antigrisou - type « Carrick » n° 0 à 10.
20-4-61	S.A. Sertra, 32-34, rue A. Masquelier, Mons.	3196/34 ind. 4	Détonateurs à court retard (30 ms) D.A.G. antigrisou - avec frette - n° 0 à 10.
18-8-61	Poudreries Réunies de Belgique, 145, rue Royale, Bruxelles 1.	3416/34 ind. 4	Détonateurs à court retard (microsecondes) antigrisou - série de retards de 0 à 10 inclus.
27-10-61	S.A. Sertra, 32-34, rue A. Masquelier, Mons.	3581/34 ind. 4	Détonateurs à court retard (30 ms) D.A.G. antigrisou, sans frette T.9. n° 0 à 16.
c) à long retard			
20-4-61	S.A. Sertra, 32-34, rue A. Masquelier, Mons.	3375/34 ind. 4	Détonateurs à long retard (0,5 s) D.A.G. antigrisou n° 0 à 10.
24-5-61	S.A. Sertra, 32-34, rue A. Masquelier, Mons.	3264/34 ind. 4	Détonateurs à long retard (0,5 s) I.C.I.
26-6-61	Poudreries Réunies de Belgique, 145, rue Royale, Bruxelles 1.	3317/34 ind. 4	Détonateurs à long retard (0,5 s) P.R.B. antigrisou - série de retards de 0 à 10 inclus.

IX. — COURROIES

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
18-5-61	Etablissements Colmant et Cuvelier, 64, boulevard des Combattants, Tournai.	4/61/B/196	Courroie type Monobloc C _T C n° 613 monopli - revêtement en chlorure de polyvinyle.
28-6-61	S.A. Etablissements Laroche-Lechat, 15, quai E. Pynaert, Gand.	4/61/B/261	Courroie type 81 N/I.N.M. - 5 plis coton nylon, thermofixé en trame - revêtement néoprène.
27-9-61	S.A. Compagnie Bergougnan Belge, à Evergem-Rabot (Gand).	4/61/B/371	Courroie de marque Silverstown E.C. 1932-33 - 5 plis - revêtement chlorure de polyvinyle. Fabricant : Silverstown Rubber Company London.
27-11-61	S.A. Etablissements Destiné, 33, rue de la Vallée, Bruxelles 5.	4/61/B/440	Courroie type Fenaplast.XV. - I.N.M. I.D. - sans pli (fabrication tissage) - revêtement : chlorure de polyvinyle. Fabricant : Fenner et C° à Hull (Grande-Bretagne).
21-11-61	Etablissements Vermeire, 63, rue du Centre, Verviers.	4/61/B/446	Courroie 5 plis - revêtement : gomme à base de néoprène - marque : Roulunds Grade S.F./I.N.M.-2.D. Fabricant: Roulunds à Odense (Danemark).
24-11-61	S.A. Etablissements Laroche-Lechat, 15, quai E. Pynaert, Gand.	4/61/B/459	Courroie 3 plis polyester. Revêtement à base de néoprène. Marque : T.P.-7/I.N.M.-3.D.
29-11-61	S.A. Etablissements Laroche-Lechat, 15, quai E. Pynaert, Gand.	4/61/B/465	Courroie 5 plis - chaîne coton - trame nylon - revêtement à base de néoprène - marque I.P.-5/I.N.M.-5.D.
8-12-61	S.A. Etablissements Laroche-Lechat, 15, quai E. Pynaert, Gand.	4/61/B/467	Courroie 5 plis - coton - revêtement à base de néoprène - marque : I.P.-6/I.N.M.-6.D.
8-12-61	S.A. Etablissements Laroche-Lechat, 15, quai E. Pynaert, Gand.	4/61/B/468	Courroie 5 plis coton - coton trame coton - revêtement : caoutchouc ignifugé - marque : I.P.-4/I.N.M.-4.D.
22-12-61	S.A. Compagnie Bergougnan Belge, à Evergem-Rabot (Gand).	4/61/B/491	Courroie 5 plis « coton traité » - revêtement : à base de néoprène - marque : X.P.M.I./I.N.M.-7.D.

X. — EXTINCTEURS

A. — à poudre universelle

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
20-3-61	S.A. Sacab, Division Leyco, 7, avenue Emmanuel, Bruxelles 13.	4/61/B/116	Extincteur Leyco de 8 kg - type 1. Voir plan 403-01.

X. — EXTINCTEURS

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
B. — à CO ₂			
7-7-61	S.A. « Sicli », 38, avenue Richard Neybergh, Bruxelles.	4/61/B/278	Extincteur à CO ₂ de 30 K. Plan n° 133/61 - (agrération avec réserves).
26-7-61	S.A. « Sicli », 38, avenue Richard Neybergh, Bruxelles.	4/61/B/305	Extincteur à CO ₂ de 10 kg - type 1 (10 litres) - Plan 132/61 et R.S.S. 3200 - (agrération avec réserves).
26-7-61	Protection générale Incendie S.A., 151, rue de Stalle, Bruxelles 18.	4/61/B/306	Extincteur à CO ₂ de 8 k° - type 1 (10 litres) - Plan Météor-Minimax app. CK8 - (agrération avec réserves).
C. — à mousse physique			
24-8-61	S.A. « Turex », 76, Drève St-Anne, Bruxelles.	4/61/B/334	Extincteur type B.S. 15 blindé, à mousse physique - Plans Total n° 300 Turex 134/61 - (agrération avec réserves).
25-8-61	Compagnie industrielle de matériel contre l'incendie, 29, rue du Tivoli, Bruxelles 2.	4/61/B/335	Extincteur type H.L.B. 15 l à mousse physique - Plan 135/61 CIMI - (agrération avec réserves).
1-9-61	Compagnie industrielle de matériel contre l'incendie, 29, rue du Tivoli, Bruxelles 2.	4/61/B/347	Extincteur à mousse physique type H.L.D. 10 l., construit par la firme Concordia de Dortmund - Plan CEAB 4521/11 Mb(4) - agrération avec réserves).
4-9-61	Protection générale Incendie S.A., 151, rue de Stalle, Bruxelles 18.	4/61/B/346	Extincteur à mousse physique type L. 10 But - Plan 136/61 - (agrération avec réserves).
5-9-61	Protection générale Incendie S.A., 151, rue de Stalle, Bruxelles 18.	4/61/B/345	Extincteur à mousse physique type L. 15 but - Minimax - Plan 137/61 - (agrération avec réserves).
D. — à mousse chimique			
23-10-61	S.A. « Sicli », 38, avenue Richard Neybergh, Bruxelles.	4/61/B/408	Extincteur type E.P.10, à mousse chimique (eau bicarbonatée) - 10 litres - Plan 138/61 - (agrération avec réserves).

XI. — PRODUITS IGNIFUGES

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
10-7-61	Comptoir des Spécialités pour l'Industrie (Cospi), 43, ch. de Charleroi, Bruxelles 6.	4/61/B/276	Produit pour ignifugation des bois dénommé « Basilitol F. extra ».
12-7-61	S.A. « Stella », à Haren-Nord, Bruxelles 13.	4/61/B/277	Produit ignifuge « Pyromors spécial » de Desowag-Chemie G.m.b.H.

XII. — TUYAU POUR AIR COMPRIME

Date de la décision	Demandeur	N° de la décision	Observations
15-12-61	S.A. Sacic-Pirelli, 33, rue du Sel, Bruxelles 7.	4/61/B/488	Tuyau en caoutchouc diamètres 16/29 mm, marque « Electropress », reconnu apte à écouler au sol les charges d'électricité statique.