MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

ADMINISTRATION DES MINES

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

ANNÉE 1945-46

TOME XLVI
1e LIVRAISON

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

JAAR 1945-46

BOEKDEEL XLVI
1e AFLEVERING

P 1273
35364

BRUXELLES — BRUSSEL
IMPRIMERIE Robert LOUIS
37-39, rue Borrens straat

1946

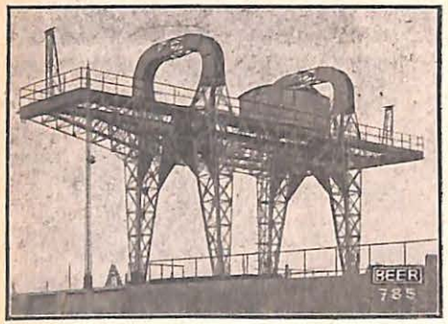
ATELIERS DE CONSTRUCTION

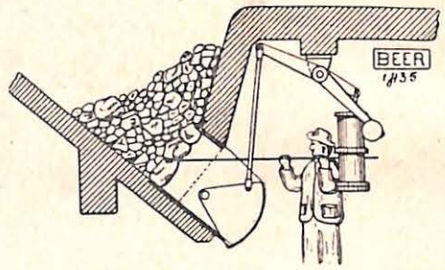
MAISON BEER, S. A.

JEMEPPE-LEZ-LIEGE

CONCASSEUR A MACHOIRES

PRINCIPALES SPECIALITES : Transports aériens. - Bennes automotrices. - Trainages mécaniques. - Mises à terril. - Grues à vapeur et électriques. - Ponts roulants et élévateurs - Triages et lavages de charbons. - Fabriques d'agglomérés. - Concasseurs et broyeurs. - Appareils de déchargement. - Convoyeurs et transporteurs. - Ventilateurs de mines.





Demandez l'avis des
charbonnages belges
qui utilisent les

Sels Wolman

pour l'imprégnation
de leurs boisages

ETABLISSEMENTS P. MASCART, 20, RUE DE SPA - LIEGE

Plus de 40 années d'expérience
dans le domaine exclusif de la protection du bois.

PONTS PORTIQUES

A. C. M. T.

ATELIERS DE CONSTRUCTION
MECANIQUE DE TIRLEMONT

Anciennement Ateliers J. J. Gilain

TELEGRAMMES : GILAIN - TIRLEMONT — TELEPHONE : 12

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

COMITE DIRECTEUR

MM. Meyers, André, Directeur Général des Mines à Bruxelles, Président.
Guérin, Maurice, Inspecteur Général des Mines à Bruxelles, Vice-Président.
Paques, Georges, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, à Bruxelles, Secretaire.
Van Kerckhoven, Henri, Ingénieur des Mines, à Hasselt, Secrétaire.
Banneux, J., Inspecteur Général des Mines, ff., à Bruxelles, Secrétaire-Adjoint.
Anciaux, Hector, Inspecteur Général des Mines, à Bruxelles.
Hardy, Louis, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, à Charleroi.
Fripiat, Joseph, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, Directeur de l'Institut National des Mines, à Pâturages.
Gerard, Paul, Ingénieur principal des Mines, à Hasselt.
Delmer, Alexandre, Secrétaire Général honoraire, Professeur à l'Université de Liége, à Bruxelles.
Demeure, Charles, Ingénieur principal des Mines en disponibilité, Professeur à l'Université de Louvain, à Sirault.
Denoel, Lucien, Inspecteur Général honoraire des Mines, Professeur d'université émérite, à Liége.
Fourmarier, Paul, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines en disponibilité, Professeur à l'Université de Liége, à Liége.
Halleux, Armand, Ingénieur en Chef-Directeur honoraire des Mines, Professeur d'université, à Bruxelles.
Legrand, Louis, Inspecteur Général honoraire des Mines, Professeur d'université émérite, à Liége.
Renier, Armand, Ingénieur en Chef-Directeur honoraire des Mines, Professeur à l'Université de Liége, à Bruxelles.

La collaboration aux *Annales des Mines de Belgique* est accessible à toutes les personnes compétentes.

Les mémoires ne peuvent être insérés qu'après approbation du Comité Directeur.

Les mémoires doivent être inédits.

Les *Annales* paraissent en 4 livraisons respectivement dans le courant des premier, deuxième, troisième et quatrième trimestres de chaque année.

Pour tout ce qui regarde les abonnements, les annonces et l'administration en général, s'adresser à l'Editeur, Imprimerie Robert LOUIS, 37-39, rue Borrens, à Ixelles-Bruxelles.

Pour tout ce qui concerne la rédaction, s'adresser au Secrétariat du Comité Directeur, rue de la Loi, 70, à Bruxelles.

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

BESTUURSCOMITE

HH. Meyers, André, Directeur Generaal van het Mijnwezen, te Brussel, Voorzitter.

Guérin, Maurice, Inspecteur Generaal der Mijnen, te Brussel, Ondervoorzitter.

Paques, Georges, Hoofd'ngenieur-Directeur der Mijnen, te Brussel, Secretaris,

Van Kerckhoven, Henri, Mijningenieur, te Hasselt, Secretaris.

Banneux, J., Inspecteur Generaal der Mijnen dd., te Brussel, Adjunkt-Secretaris.

Anciaux, Hector, Inspecteur Generaal der Mijnen, te Brussel.

Hardy, Louis, Hoofdingenieur-Directeur der Mijnen, te Charleroi.

Fripiat, Joseph, Hoofdingenieur Directeur der Mijnen, Directeur van het Mijninstituut te Paturages.

Gérard, Paul, E. A. Mijningenieur, te Hasselt.

Delmer, Alexandre, Eere Secretaris Generaal, Professor aan de Universiteit van Luik, te Brussel.

Demeure, Charles, E. A. Mijningenieur in disponibiliteit, Professor aan de Universiteit van Leuven, te Sirault.

Denoel, Lucien, Eere Inspecteur Generaal der Mijnen, Rustend Universiteitsprofessor, te Luik.

Fourmarier, Paul, Hoofdingenieur-Directeur der Mijnen, in disponibiliteit, Professor aan de Universiteit van Luik, te Luik.

Halleux, Armand, Eere Hoofdingenieur-Directeur der Mijnen, Eere Universiteitsprofessor, te Brussel.

Legrand, Louis, Eere Inspecteur Generaal der Mijnen, Rustend Universiteitsprofessor, te Luik.

Renier, Armand, Eere Hoofdingenieur-Directeur der Mijnen, Professor aan de Universiteit van Luik, te Brussel.

De medewerking aan de *Annalen der Mijnen van België* staat open voor alle bevoegde personen.

De memories kunnen slechts ingelascht worden na goedkeuring door het Bestuurcomité.

De memories moeten onuitgegeven zijn.

De Annalen verschijnen in vier afleveringen, respectievelijk in den loop van den eersten, tweeden, derden en vierden trimester van ieder jaar.

Voor al wat de abonnementen, de aankondigingen en de administratie aangaat, zich wenden tot den uitgever : Drukkerij Robert LOUIS, Borrensstraat, 37-39, te Elsene-Brussel.

Voor hetgeen de redactie betreft, wende.men zich tot het Secretariaat van het Bestuurcomité, Wetstraat, 70, te Brussel.

La question à l'ordre du jour :

L'ELECTRIFICATION DU FOND

Pour TOUT le matériel électrique
(Moteurs, Eclairage, Signalisation)
de SECURITE contre le GRISOU

MATERIEL AGREE PAR L'INSTITUT NATIONAL DES MINES DE BELGIQUE

Pour l'électrification de vos installations minières,
consultez toujours

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS
ELECTRIQUES DE CHARLEROI

TEVO

Société d'Etudes et d'Applications Technologiques

90, Boulevard Brand Whitlock, Bruxelles 4

Boite postale n° 12. Téléphone : 33.29.28

I. TRAITEMENT GENERAL DES POUSSIERES

Captage et Récupération à sec pour travaux de surface et de fond.
Dépoussiérage, séchage et classement aérodynamique.
Manutention pneumatique, Dosage, Pesage et Ensachage.
Aspirateurs mobiles { « Mammouth » pour la surface. « Sainte Barbe » pour le fond.
Micro-Filtres à air atmosphérique et comprimé.

II. TRAITEMENT GENERAL DES FLUIDES

Epuration et Conditionnement de : Vapeur, Air, Gaz et Eau.
Robinetterie, Appareils de mesure et de contrôle.

SOCIETE ANONYME DES

GRES DE BOUFFIOULX

à BOUFFIOULX

CABINES BAINS-DOUCHES

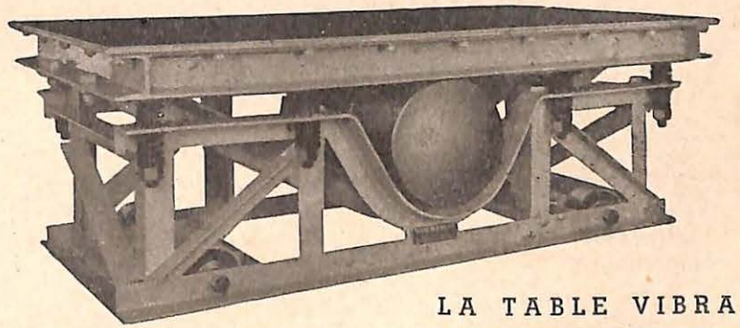
CLOISONS
pour toutes installations sanitaires
en grandes briques creuses
de 300 x 240 x 60

GRES EMAILLES
de haute température

EMAUX vert d'eau, blanc et beige

Résistance aux agents chimiques. L'emploi des pièces de grande surface, en réduisant au minimum le nombre de joints, satisfait aux règles d'hygiène moderne.

TOUT LE MATERIEL DE VIBRATION



LA TABLE VIBRANTE

VIBRAMAT S. A.

45, Rue du Luxembourg — BRUXELLES — Téléphone 11.56.40

MATERIEL DE FABRICATION BELGE BREVETE EN BELGIQUE ET A L'ETRANGER

Licenciés aux U.S.A., en Grande-Bretagne, Dominions Britanniques, Suède, Norvège, Finlande, Danemark et autres.

FORAKY

SOCIÉTÉ ANONYME

SIÈGE SOCIAL: 13, PLACE DES BARRICADES, BRUXELLES

SONDAGES

RECHERCHES MINIÈRES_ÉTUDE ET MISE EN VALEUR DE CONCESSIONS_
SONDAGES SOUTERRAINS_SONDAGES DE CONGÉLATION ET DE CIMENTATION.

PUITS DE MINE_TRAVAUX MINIERS

—FONÇAGE DE PUITS PAR CONGÉLATION, CIMENTATION, NIVEAU VIDE—
—TRAVAUX MINIERS: GALERIES, BOUVEAUX, BURQUINS—

ATELIERS DE CONSTRUCTION

VENTE ET LOCATION DE MATÉRIEL POUR SONDAGE ET FONÇAGE ET POUR L'EXPLOITATION DES MINES_POMPES ET TREUILS POUR LE SERVICE DU FOND.

A VENDRE à la

S. A. des Charbonnages de Beeringen

à Beeringen (Limbourg)

1 treuil de commande de mise à terril par aérien, comprenant :

1) 1 treuil à poulies à enroulements multiples, vitesse du câble : 1 m. 250 par seconde, diamètre du câble : 30 mm. traction sur le câble : 8.600 kg.
2) 1 réducteur de vitesse « Maag », vitesse : 1500/80 t/m., puissance 175 HP., avec 3 accouplements élastiques.
3) 2 moteurs électriques de 175 HP; 2000 Volts.
4) 1 cabine étanche renfermant le système d'attaque — 2000 Volts.

Société Anonyme

ATELFOND

(Ateliers de Construction et Fonderies)

TURNHOUT Adr. télégr. : ATELFOND — Téléph. : 262

CONSTRUCTIONS METALLIQUES

RIVEES ET SOUDEES

Ponts — Charpentes — Réservoirs — **Excavateurs** — **Draglines** — **Pelles Mécaniques** — **Grues** — **Grappins** — Installations de transport — Installations de chargement et de déchargement — Wagonnets — Gazomètres — Soudure électrique.

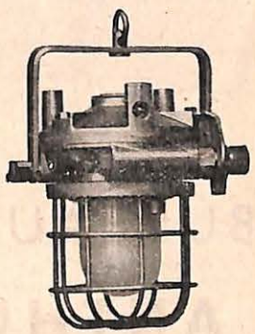
COMPAGNIE AUXILIAIRE DES MINES

SOCIETE ANONYME

26, RUE EGIDE VAN OPHEM

UCCLE - BRUXELLES

Reg. du Comm. de Brux. : n° 580



ECLAIRAGE ELECTRIQUE DES MINES

Lampes portatives de sûreté pour mineurs : Lampes au plomb et alcalines. - Lampes électropneumatiques de sûreté. - Matériel d'éclairage de sûreté en milieu déflagrant.

VENTE — ENTRETIEN A FORFAIT — LOCATION

105.000 LAMPES EN CIRCULATION EN BELGIQUE ET EN FRANCE

Premières installations en marche depuis quarante-huit ans.

Nouveauté

MASQUES ANTI-POUSSIERES SPECIAUX POUR LE FOND

déjà en usage dans plusieurs charbonnages belges

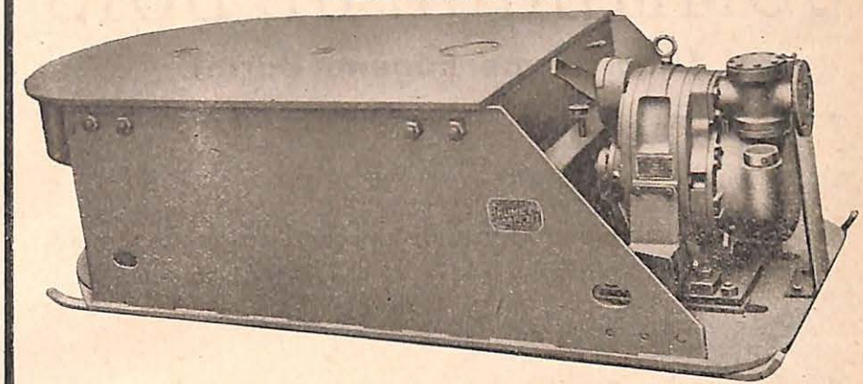
BUREAU BELGE :

ANTHONY BALLINGS

49, rue Gaucheret, BRUXELLES
Téléphones 17.78.57 et 17.19.35
R. C. Br. 142061

Sté Ame BAUME-MARPENT

HAINE-SAINT-PIERRE



MOTEURS ROTATIFS A AIR COMPRIME — BREVETS R. MABILLE
TOUTE PUISSANCE — TOUTES APPLICATIONS
BERLAINES — TOUS ACIERS MOULES
Charpentes - Réservoirs - Chevalements - Wagons - Wagonnets
USINES : **Haine-St-Pierre, Morlanwelz** (Belg.), **Marpent** (Fr.-N.)

Ateliers de Constructions Mécaniques

ARMAND COLINET

Société Anonyme — LE RŒULX

Tél. : La Louvière 697 - Rœulx 63 — Télégr. : Colcroix-Rœulx

USINES A HOUDENG ET A RŒULX

MARTEAUX PNEUMATIQUES
PIQUEURS - PERFORATEURS
BECHES - - BRISE-BETONS

La

ACCESSOIRES POUR AIR COMPRIME :
Raccords rapides à rotule - Soupapes automatiques - Robinets
Nipples - Busettes - Ecrous - Tuyauteries métalliques complètes.

ETANÇONS METALLIQUES RIGIDES A HAUTEUR REGLABLE.

ROULEAUX A BAIN D'HUILE AUTOGRAISSEURS :
pour transporteurs à courroie.

INSTALLATIONS COMPLETES de BANDES TRANSPORTEUSES
— CEMENTATION - TREMPE - RECTIFICATION —

COMMERCE DE BOIS

(Anc. Firme Eugène Burm)

S. P. R. L. A ZELE

Importation directe de traverses de chemins de fer et de poteaux

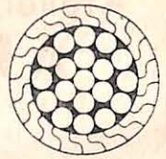
pour télégraphes, téléphone et transport de force

CHANTIER D'IMPREGNATION

Concessionnaire exclusif du créosotage des poteaux télégraphiques de l'Administration des Télégraphes au Système Rüpling

---

CORDERIES D'ANS
ET
Câbleries de Renory
S. A.



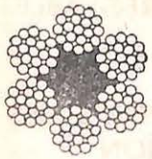
RENORY-ANGLEUR (BELGIQUE)

Adr. télégr. : **Sococables-Kinkempois** Tél. : Liége **104.37 - 114.17**

USINES FONDEES DEPUIS PLUS DE DEUX SIECLES

DIVISION ACIER : Câbles plats et ronds d'extraction pour mines. Tous les câbles pour l'Industrie, Marine, Carrières, Aviation.

DIVISION TEXTILES : Câbles plats d'extraction en Aloes à section décroissante et uniforme. - Câbles de transmission. - Ficelle lieuse. Fils à chalut. - Cordages en général.



CABLES SPECIAUX **TRU LAY**
sans tendance giratoire
Brevets belge et étrangers
DEMANDEZ NOTICE

Société Anonyme

JEFCO

Anc. Mais. J. François & Cie

29, RUE JOSEPH WETTINCK, 29
JEMEPPE - SUR - MEUSE
TELEPHONE : LIEGE 30018

TUYAUX SOUPLES POUR L'AERAGE
RATIONNEL DES MINES

" DUPONT - VENTUBE "
(Marque déposée)

(AGENCE GENERALE POUR LA BELGIQUE)

ACIERS CREUX TORSADES ET RONDS POUR FLEURETS

LA SOCIETE DES MINES ET FONDERIES DE ZINC DE LA

VIEILLE-MONTAGNE

(Société Anonyme) ANGLEUR (par Chênée)

LIVRE AU COMMERCE :

ZINCUIAL en lingots. Alliage à très haute teneur en zinc électrolytique pour coulage à l'air libre, sous pression et en coquille, ainsi que pour la fabrication des coussinets de machine et pièces de frottement en remplacement du bronze et des métaux antifriction. — **ZINC électrolytique** en lingots, laminé en longues bandes. — **ZINC ordinaire** en lingots (thermique); en feuilles pour toitures et autres usages; en feuilles minces pour emballages; en plaques (pour éviter l'incrustation des chaudières); en plaques et feuilles pour arts graphiques. — ELEMENTS pour piles électriques. — CHEVILLAGE. — FIL — — CLOUS en zinc. — BARRES. — BAGUETTES et PROFILES divers en zinc. — TUBES EN ZINC SANS SOUDURE. — **OXYDES de Zinc** en poudre pour usages pharmaceutiques et industriels, en poudre et en pâte pour la peinture. — **POUDRE de Zinc** pour métallisation, etc. — **PLOMB** en lingots, feuilles, tuyaux, fil. — Siphons et coudes en plomb. — **ETAIN;** tuyaux en étain pur; soudure à l'étain, en baguettes et en fil. — **CADMIUM** coulé en lingots, plaques et baguettes; laminé en plaques — fil de cadmium — **ARGENT. — PRODUITS CHIMIQUES** : Acide sulfurique ordinaire, concentré et oleum. Sulfate de cuivre. Sulfate de thallium. Arséniate de chaux.

Produits Réfractaires

Usines Louis ESCOYEZ

TERTRE (Belgique) et MORTAGNE-DU-NORD (France)

PRODUITS REFRACTAIRES ORDINAIRES ET SPECIAUX
POUR TOUTES LES INDUSTRIES

Briques et pièces de toutes formes et dimensions pour fours de tous systèmes - fours à coke - chaudières - gazogènes - cheminées moteurs à gaz.

Ciments réfractaires ordinaires et spéciaux.

Dalles spéciales extra-dures pour usines.
Carreaux et pavés céramiques.

Administr. : **Tertre** — Tél. : **St-Ghislain 35** — Télégr. : **Escoyez-Tertre**

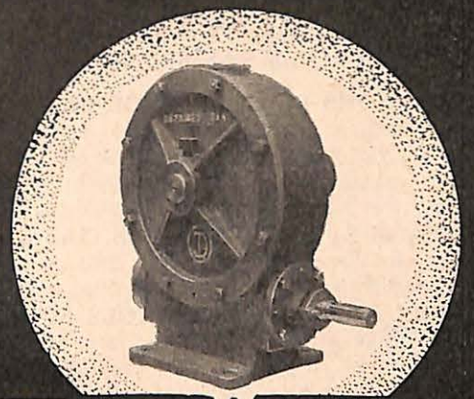
SOCIETE D'ETUDES ET DE CONSTRUCTION

(Société Anonyme) **Capital : 4 millions de francs**

FILIALE DE LA
COMPAGNIE BELGE DE CHEMINS DE FER ET D'ENTREPRISES
33, RUE DE L'INDUSTRIE, 33 — BRUXELLES
Téléphone : 12.51.50

ETUDE ET CONSTRUCTION D'IMMEUBLES, BANQUES, USINES, CENTRALES ELECTRIQUES, Etc. - TOUS TRAVAUX DE GENIE CIVIL

Nombreuses références : Société Générale de Belgique, Société de Traction et d'Electricité, Charbonnages de Houthaelen, etc..., etc...



DEFAWES

ENGRENAGES . REDUCTEURS DE VITESSE
ATELIERS JEAN DEFAWES A GAND
2 PASSAGE D'YPRES ET 181S RUE WAERSCHOOT - TEL. 11408.

J.C.D. 6-38

TOUTE DOCUMENTATION SUR DEMANDE

ELECTRODES
POUR SOUDURE A L'ARC
OUTILLAGE
POUR SOUDEURS
TRANSFORMATEURS
DE TOUTES PUISSANCES
METAUX D'APPORT
POUR SOUDURE AU CHALUMEAU

ARCOS

LA SOUDURE ELECTRIQUE AUTOGENE, S. A.
58-62, RUE DES DEUX-GARES — TEL. 21.01.65 — BRUXELLES

Ateliers J. HANREZ, S. A.

MONCEAU-sur-SAMBRE (Belgique)

INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE INDUSTRIEL
Chauffage au charbon pulvérisé
Broyeurs-pulvérisateurs, système breveté ATRITOR
Installations complètes de chaufferies modernes
Grilles mécaniques à poussière arrière, système breveté Martin

DEPOUSSIERAGE ET EPURATION DES GAZ ET FUMEES
Appareils dépoussiéreurs par voie humide
Dépoussiéreurs électriques, système breveté

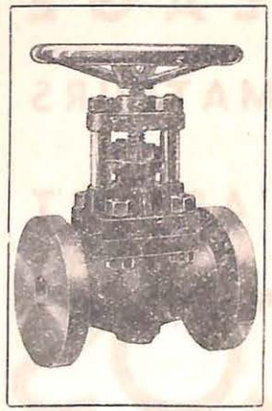
MATERIEL POUR CHARBONNAGES ET MINES
Cribles et tamis, système breveté
Essoreuses centrifuges — Sécheurs thermiques
Installations complètes de fabriques d'agglomérés (briquettes et boulets)

MATERIEL POUR GLACERIES ET VERRERIES
Installations complètes de manufactures de glaces, de verreries mécaniques
Machines à bouteilles, entièrement automatiques, brevets Roirant
Transporteurs à bouteilles

Matériel de fonderie — Machines à mouler — Mécanique générale
Pièces de forge, de fonte et de chaudronnerie
Poêles à circulation d'air

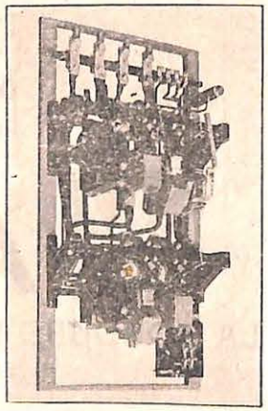
ATELIERS JASPAR S. A.

LIEGE



Robinetterie pour haute pression, haute surchauffe et industries chimiques

Contacteurs
Relais et disjoncteurs
Commandes électriques à distance



Autres spécialités
Machines à fraiser de grande précision
Ascenseurs et monte-charges électriques

Ateliers Sainte-Barbe

SOCIETE ANONYME

EYSDEN-SAINTE-BARBE (Belgique)

Tél. : **Mechelen S/M 32** — Adr. télégr. : **A. S. B. Eisden**

CALES SECHES

Ponts et Charpentes — Pylônes
Ossatures pour Bâtiments et Fours — Réservoirs — Tanks
Grosses Tuyauteries — Caissons

MATERIEL POUR :

Chemins de fer — Tramways — **Charbonnages**
Sucreries — Usines à Zinc — Produits Chimiques
Cheminées Métalliques Brevetées
(recommandées contre les gaz corrosifs)

Portes et Portières en tôles soudées à l'arc et au point, et en bois
Wagons et wagonnets de mines
Traversines métalliques
Couloirs oscillants — Bandes transporteuses
Electrofiltres — Appareils Dwight et autres
Tours Gay-Lussac — Chambres de Plomb

Société Anonyme **ATELIERS** de

LA LOUVIERE-BOUVY

à LA LOUVIERE (Belgique)

Téléphones : 86 et 186

Matériel pour installations de
TRIAGES - LAVOIRS - CONCASSAGES
Châssis à molettes - Cages d'extraction
Wagons à trémies - Wagonnets
Installations de manutention de charbons
Matériel pour installation d'usine d'agglomérés
Couloirs ordinaires et émaillés
Soutènements métalliques
SPECIALITE DE TRAINAGES MECANIQUES PAR CABLES ET PAR CHAINES

TOUT POUR LA MINE

ATELIERS LIEGEOIS D'OUTILLAGE PNEUMATIQUE

Société Anonyme
ANS - LEZ - LIEGE

Tél. : Liége 60551 — R. C. : Liége 332 — Télégr. : FOREX-LIEGE

FABRICATION EXCLUSIVE DE MARTEAUX PNEUMATIQUES
pour Mines, Carrières, Usines, etc.

PERFORATEURS — PIQUEURS — BRISE-BETON
Riveurs — Burineurs — Fouloirs — Détartreurs — Etc.

NOMBREUSES REFERENCES
CATALOGUE ENVOYE SUR DEMANDE

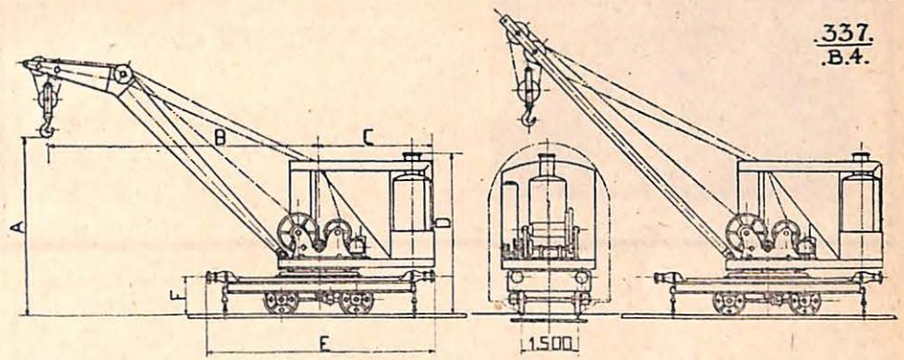
Mécanique et Chaudronnerie de Bouffioulx

Ancienne Mm.

LA BIESME — BOUFFIOULX (Belgique)

SES GRUES A VAPEUR

.337.
.B.4.



CARACTERISTIQUES PRINCIPALES	Type FN 6 T. à 5 m. Libre sur la voie	Type HN 12 T. à 4 m. Libre sur la voie
Câbles de levage	2 brins	3 brins
Vitesses par minute : levage	18 m 000	12 m 000
» » translation	100 m 000	80 m 000
» » giration	3 tours env.	3 tours env.
Poids sans lest	24000 kgs	30000 kgs
Poids du lest, environ	7500 kgs	8500 kgs
Machine : diam. cylindres	180 mm	200 mm
» : course piston	250 mm	300 mm
Chaudière : timbre	10 kgs	10 kgs
» : surface de chauffe	8 m²	10 m²
Longueur du châssis	6 m 220	6 m 550
Remorque en palier droit	80 T. env.	120 T. env.

Les charges que peuvent lever ces grues pour des portées différentes sont indiquées au client pour chaque cas. Elles dépendent de la longueur de la flèche et de la variation de portée désirées.

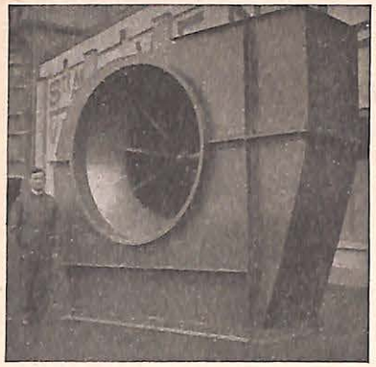
Nous construisons aussi les grues à vapeur pour charge de 16 Tonnes et plus.
Nous consulter pour les cas particuliers.

Les Ateliers de Construction

Ventola S. A.

Tél. 516.19 — GAND

Haut Chemin, 155



VENTILATEURS

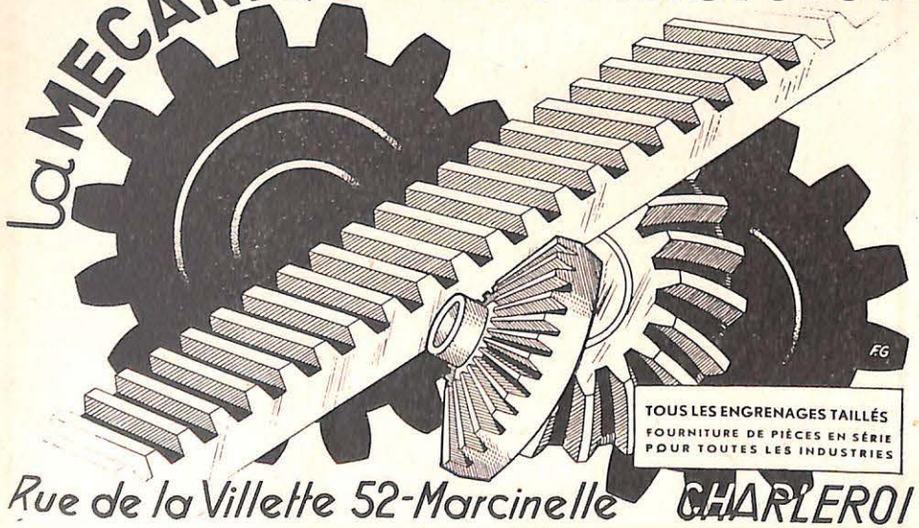
POUR TOUTES APPLICATIONS

BATTERIES DE CHAUFFE

AEROTHERMES

TOLERIES

LA MECANIQUE de PRECISION



Rue de la Villette 52-Marcinelle CHARLEROI

Moteurs MOËS

Société Anonyme

1905 WAREMME 1945

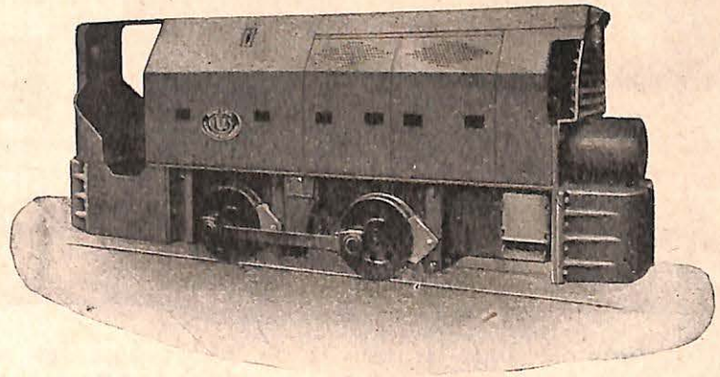
Locomotives DIESEL

TYPES DE MINE
ET DE SURFACE

pour toutes voies étroites et normales

5 TYPES DE LOCOMOTIVES DE MINES :

Modèle DLM 1 14/15 CV. Modèle DLM 3 42/45 CV.
Modèle DLM 2 28/30 CV. Modèle DLM 4 56/60 CV.
Modèle DLM 6 85/90 CV.



Documentation complète et références sur demande

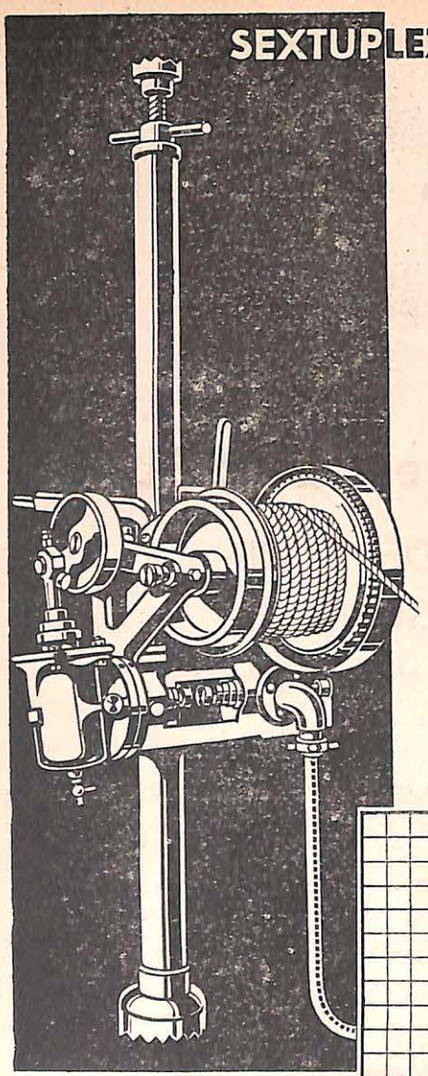
Machines agréées par l'Institut National des Mines

SEXTUPLEZ VOTRE RENDEMENT DE TRAINAGE

par l'emploi du

TREUIL JAMF

fonctionnant à air comprimé et à vapeur



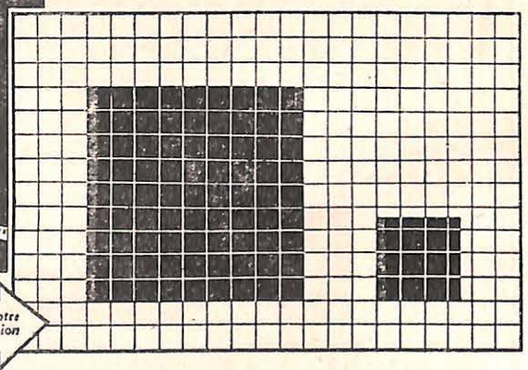
La supériorité du treuil JAMF réside dans l'équilibrage parfait des masses en mouvement et, en particulier, dans le fait que le centre des organes participant à l'oscillation se trouve dans l'axe d'oscillation des cylindres.

Les diverses réactions des masses s'équilibrent, ce qui soustrait l'ensemble de la colonne et du bâti aux effets néfastes de la torsion et du fouettage.

Il est ainsi possible au treuil JAMF de travailler à grande vitesse et, partant, d'atteindre un rendement très élevé, d'autant plus que les résistances passives ont été, lors de la construction, réduites à l'extrême.

Dans les mines, le treuil JAMF remplacera avantageusement la traction chevaline, surtout si l'on considère qu'il est rigoureusement indéréglable et que ses frais d'entretien sont des plus minimes.

Suppression radicale des bielles, crossettes, soupapes, tiroirs, tringles, etc., etc.



Comparaison de production journalière entre un poste à treuil JAMF et un poste à traction chevaline.

ATELIERS **J. & A. MOUSSIAUX** & frères FONDERIES

HUY-BELGIQUE

Nous construisons tous les genres de treuils pour les charbonnages et carrières. — Palans électriques **JAMF** monobloc les plus perfectionnés et les plus recherchés. — Gazogènes modernes à allure froide.

SUMMA LABORE SUMMO

OUGREE-MARIHAYE

vous offre quelques-unes de ses

SPECIALITES

CIMENTS à hautes résistances. - **FIL MACHINE** de toutes dimensions.
FEUILLARDS et **BANDES A TUBES**
TOLES GALVANISEES planes et ondulées.

MONOPOLE DE VENTE :

Société Commerciale d'Ougrée, A OUGREE

Téléphone : Liége 308.30 Adresse télégr. : Marigrée-Ougrée

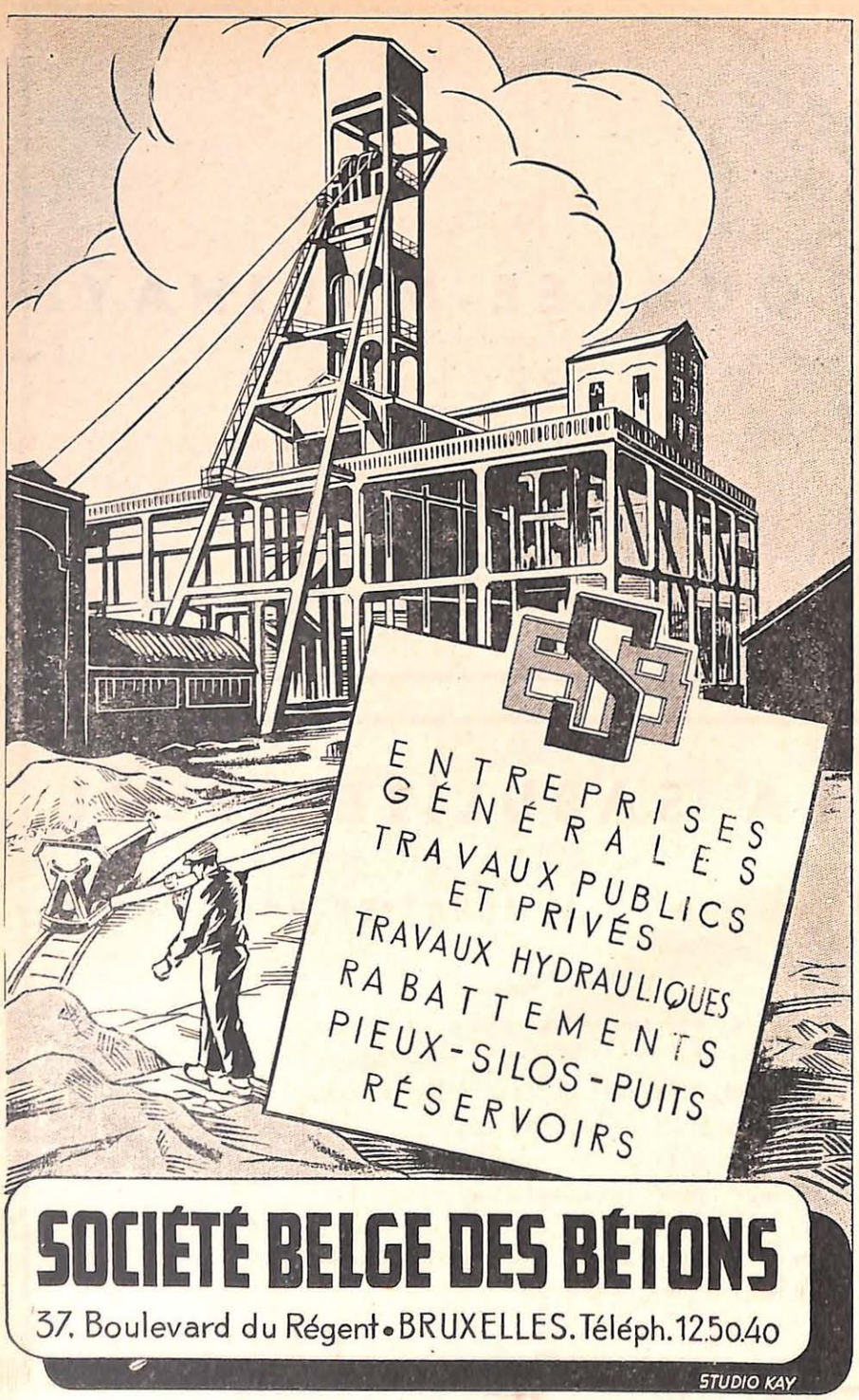
LA SABULITE BELGE

SOCIETE ANONYME

A MOUSTIER-SUR-SAMBRE

Téléphone : Moustier 15

Explosifs de sûreté à haute puissance (Brevetés dans tous les pays) pour **Mines, Carrières, Travaux publics, Usages militaires, Explosifs de sécurité** contre le grisou et les poussières de charbon. **Explosifs spéciaux pour dessouchage.** N'exsudent pas, insensibles à l'action de la chaleur et du froid. **Détonateurs électriques et ordinaires. Mèches, exploseurs** et tous accessoires pour minage.



RAPPORT

SUR LES

TRAVAUX DE 1944 ET 1945

DE

l'Institut National des Mines

A FRAMERIES-PATURAGES

par

Joseph FRIPIAT,
Ingénieur en Chef des Mines,
Administrateur-Directeur de l'Institut.

35364

SOMMAIRE :

Avant-propos.

I. Travaux sur les explosifs et les détonateurs.

1. *Vérifications diverses.*
   a) Tirs de contrôle 5
   b) Essais d'explosifs brisants amorcés de détonateurs à temps en présence des poussières de charbon 6
   c) Influence du diamètre d'encartouchage . . 12
   d) Influence du binitroglycol sur la charge limite 13
2. *Etude d'accidents résultant de l'emploi d'explosifs.*
   a) Explosion retardée 14
   b) Inflammations de grisou 24

3. *Etude spéciale des incidents de minage.*
a) Préliminaires 31
b) Recherches effectuées à l'Instiut
Première série d'expériences (1944) . . 38
Seconde série d'expériences (1945) . . 53

4. *Essais de mise en défaut des explosifs antigrisouteux* 59

5. *Recherches spéciales sur les explosifs S.G.P.*
a) Longueur et durée des flammes 70
b) Vitesse de détonation 77
c) Composition des gaz 89

6. *Etude des détonateurs à temps de fabrication anglaise* 100

II. Eclairage des mines par lampes à flamme.
a) Alimentation des lampes à huile 104
b) Etude d'une lampe à benzine de fabrication anglaise 106

III. Etude d'une inflammation de grisou causée par une lampe. 107

IV. Recherches sur le matériel électrique antigrisouteux.
a) Etude d'un poste téléphonique 128
b) Enveloppe avec canaux d'évacuation de l'humidité condensée 131
c) Appareils électriques antigrisouteux agréés en en 1944 et 1945 132

V. Essais d'inflammation de grisou par les étincelles de friction dans un turbo-ventilateur.

V. La lutte contre les poussières.
(Service Hygiène des Mines) 139

VII. Laboratoire des recherches scientifiques. 144

ANNEXE I.

La lutte contre les poussières dans les chantiers d'exploitation. Etude de dispositifs pare-échappement et anti-poussières pour marteau-piqueur, par L. Brison 151

ANNEXE II.

Photo-sensibilisation et inhibition dans la combustion du méthane, par Ad. Van Tiggelen 159

ANNEXE III.

Liste des appareils électriques et divers 191

AVANT-PROPOS

Ce rapport embrasse les travaux des exercices 1944 et 1945

Par suite des restrictions dont les effets se faisaient encore sentir au début de l'année 1945, nous avons été amenés à retarder jusqu'en 1946, la publication des travaux effectués à l'Institut National des Mines pendant la dernière année d'occupation.

Nous ne relaterons que les recherches les plus marquantes, laissant de côté les multiples vérifications de moindre importance qui nous ont été demandées soit par l'Administration des Mines, soit par les charbonnages.

On remarquera le développement important qu'ont pris nos recherches sur les explosifs : études techniques sur les incidents dûs au minage (détonations retardées, inflammations de grisou) études théoriques sur les flammes, vitesse de détonation, composition des gaz.

La prédominance de ces recherches sur les autres domaines de notre activité se justifie par l'importance que présente pour la sécurité, la mise au point des explosifs antigrisouteux.

On constatera aussi le nombre relativement réduit d'appareils électriques étudiés au cours des années 1944 et 1945. Il semble bien que la construction du matériel antigrisouteux marque actuellement un temps d'arrêt.

Enfin, la question des poussières dans les chantiers d'exploitation, question d'intérêt primordial pour l'avenir de nos exploitations, a fait l'objet d'un chapitre spécial.

INSTITUT NATIONAL DES MINES
A FRAMERIES-PATURAGES

RAPPORT
sur les Travaux de 1944-1945

PAR

J. FRIPIAT,

Ingénieur en Chef des Mines,
Administrateur-Directeur de l'Institut

I. — TRAVAUX SUR LES EXPLOSIFS ET LES DETONATEURS.

1) Vérifications diverses.

a) TIRS DE CONTROLE.

Par suite des difficultés de transport, nous n'avons pu recevoir, au cours de l'année 1944, des échantillons d'explosifs prélevés pour contrôle dans les charbonnages et de ce fait nous nous sommes trouvés pendant près d'un an, dans l'impossibilité de surveiller la fabrication.

Dès le début de 1945, nous avons invité les fabricants à nous faire parvenir des échantillons et pendant les six

derniers mois de l'année, les prélèvements dans les charbonnages ont pu être repris régulièrement par les Ingénieurs des Mines des Services d'Arrondissement.

Nous avons effectué pendant l'année écoulée 80 tirs de contrôle sur les explosifs : Flammivore, Matagnite, Triamite, Alkalite et Sabulite, les seuls actuellement en fabrication.

Nous avons constaté avec satisfaction que pour toutes les formules agréées, la charge-limite s'était maintenue à 900 grs.

Au contraire, toutes les formules de gaines se sont montrées moins efficaces qu'avant guerre en ce sens qu'il n'a plus été possible de faire détoner des charges gainées de 800 grs. suspendues en pleine atmosphère grisouteuse sans provoquer l'inflammation.

Cette déficience momentanée est due vraisemblablement à la mauvaise qualité des matières gainantes qui ne possèdent plus la teneur prescrite en sels extincteurs.

D'après renseignements reçus du Groupement des fabricants d'explosifs, l'approvisionnement en produits de première qualité sera rétabli d'ici peu et nous espérons qu'alors la gaine de sûreté présentera de nouveau son efficacité normale.

b) ESSAIS D'EXPLOSIFS BRISANTS AMORCES DE DETONATEURS A TEMPS EN PRESENCE DES POUSSIERES DE CHARBON.

A la demande de M. l'Ingénieur en chef-Directeur du 5e Arrondissement des Mines à Charleroi, nous avons examiné au cours de l'année 1944, les possibilités d'emploi d'explosifs brisants amorçés de détonateurs à temps pour le tir au chantier dans une mine peu grisouteuse du Bassin de Charleroi.

Il s'agissait d'un chantier dans la couche Gros Pierre, composée de deux sillons de 20 à 30 cm., séparés par une escaille charbonneuse assez dure.

Les mines devaient être forées dans l'escaille, mais la présence d'amas de poussières à proximité même des fourneaux pouvait créer un risque d'inflammation. L'amorçage par détonateurs à temps implique en effet l'allumage de charges au sein d'une atmosphère mise en agitation violente par d'autres charges ayant détoné antérieurement.

Les poussières obtenues par broyage de charbon prélevé dans la couche firent d'abord l'objet d'une analyse immédiate et d'un classement par tamisage dont voici les résultats :

Analyse immédiate sur charbon sec :

Matières volatiles . . .	7,56 %
Cendres	11,68 %

Classement par tamisage :

Refus sur tamis 1.568 mailles	0,48 %
Refus sur tamis 6.400 mailles	2,14 %
Passent le tamis 6.400 mailles	97,38 %

Adoptant le procédé déjà utilisé au cours de recherches du même genre, nous avons soulevé les poussières en faisant exploser une seconde environ avant le tir, une cartouche d'explosif introduite dans un sac de papier contenant 2 kgs. de poussières. Ce sac était suspendu à 1 m. 20 du mortier renfermant la charge à expérimenter.

Les premiers tirs ont été faits dans un mortier dont le diamètre était primitivement de 55 mm., mais qui, par suite de corrosions, atteignait 85 mm.

Les cartouches étant juxtaposées deux par deux, la charge arasant l'orifice du mortier, nous avons sans enflammer les poussières, tiré successivement :

8 cartouches de Ruptol A (d'Arendonck).
8 cartouches de Ruptol B (d'Arendonck).
8 cartouches de Fractorite (des Poudreries Réunies de de Belgique).
2 cartouches de Dynamite n° III (des Poudreries Réunies de Belgique).

Nous avons expérimenté ensuite les mêmes explosifs, mais au mortier de 30 mm., les cartouches étant disposées maintenant en une file.

Nous avons observé alors :

a) pour 8 cartouches de Ruptol A, une flamme s'étendant jusqu'à 12 mètres du fond de la galerie;

b) pour 8 cartouches de Ruptol B, une lueur près de l'orifice du mortier, celle de l'explosif vraisemblablement.

c) pour 8 cartouches de Fractorite, une flamme s'étendant jusqu'à 10 mètres du fond de la galerie.

Ces résultats montrent qu'il n'est pas prudent d'utiliser sans précaution spéciale les explosifs brisants avec détonateurs à temps dans les chantiers poussièreux, même lorsque la teneur en matières volatiles est relativement faible.

Nous avons donc préconisé l'emploi d'explosifs S. G. P. ou celui des explosifs brisants mentionnés ci-dessus, mais pourvus de la gaine règlementaire.

On se rappellera en effet que ces explosifs brisants ont déjà été étudiés au cours de l'année 1943 (voir Rapport annuel sur les travaux de l'Institut National des Mines - Annales des Mines, Tome XLV, Année 1944, p. 9).

Pourvus de la gaine et à la charge de 800 grs., ils n'ont enflammé ni les poussières à 32 % ni celles à 9-11 % de matières volatiles.

Il n'y a pas eu non plus inflammation par les mêmes charges, de poussières à 9-11 % de matières volatiles mises préalablement en suspension dans une atmosphère renfermant de 4,5 à 5 % de méthane.

J'ajouterai qu'au cours de l'année 1944, un nouvel explosif brisant est venu s'ajouter à ceux ayant déjà subi l'épreuve en présence de poussières.

A la demande des Poudreries Réunies de Belgique, nous avons expérimenté en effet l'explosif Forcilite répondant à la formule suivante :

Nitrate ammonique . . .	81 %
Trinitrototuol	17 %
Aluminium	1 %
Farine de bois	1 %

Nous donnons ci-après les résultats extrêmes obtenus avec cette formule.

a) Une charge de 2 cartouches non gainées enflamme les poussières à 10,4 % de matières volatiles mises en suspension devant le mortier, 1 seconde avant le tir.

Dans ces conditions, la flamme se propage sur toute la longueur de la galerie (20 mètres).

b) Une charge de 7 cartouches gainées n'enflamme plus les poussières mises au préalable en suspension dans une atmosphère renfermant 4,5 % de méthane.

A la charge de 600 grs. (soit 100 grs. en moins que la charge utilisée pour les tirs, en galerie expérimentale), l'explosif Forcilite pourvu de la gaine, peut donc être utilisée dans un chantier en veine non ou peu grisouteuse à 10 % de matières volatiles.

A propos de nos essais d'explosifs brisants, on peut se demander si les flammes obesrvées avec des charbons à faible teneur en matières volatiles sont bien l'indice d'une propagation. En d'autres termes, la question est de savoir si la combustion initiale est assez vive pour soulever les poussières au-delà de la région atteinte par le souffle de l'explosif et permettre une extension de la flamme jusqu'à la limite d'un gisement poussièreux quel que soit son développement.

Notre galerie n'ayant que 20 mètres de longueur, nous ne pouvions évidemment envisager l'étude du phénomène de la propagation. Nous avons procédé cependant à quelques essais comparatifs pour lesquels nous avions facilité la propagation en provoquant le soulèvement des poussières sur toute la longueur de la galerie.

Nous donnons ci-après les observations faites au cours de ces expériences.

Tir n° 16. — 8 cartouches de Ruptol A au mortier de 30 mm., poussières à 7,56 % de matières volatiles, 95 % traversant le tamis de 6.400 — 3 kg. de poussières mises en suspension par explosion d'une cartouche à 1 m. 20 de la charge.

Flamme lente, s'étendant jusqu'à 12 mètres du mortier.

Tir n° 17. — Même charge que tir 16. Les mêmes poussières sont mises en suspension par explosion de deux cartouches se trouvant dans 2 sacs de 7 kg., l'un à 1 m. 20, l'autre à 10 m. de la charge.

Flamme un peu plus vive que celle de l'essai 16, mais de longueur identique.

Tir n° 18. — 4 cartouches de dynamite n° 3. Les mêmes poussières sont mises en suspension comme au tir n° 17.

Flamme atteignant entre 15 et 20 m. de longueur.

En augmentant la quantité de poussières mises en suspension et en provoquant la formation du nuage poussièreux sur une plus grande longueur, nous n'avons donc pas observé un accroissement de l'extension de la flamme.

L'emploi d'un explosif plus puissant (Dynamite n° 3) a augmenté légèrement la longueur de la flamme sans l'étendre à tout le gisement.

Pour autant que nous ne soyons pas induits en erreur par notre galerie expérimentale, beaucoup trop courte pour ce genre de recherches, nous estimons que les flammes observées sont le fait d'une combustion localisée au contact de la flamme de l'explosif, analogue au phénomène de l'auréole dans les lampes.

A la suite de ses expériences de Liévin, (Voir Troisième série d'essais sur les inflammations de poussières - Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale, octobre 1910 - pages 319 et suivantes), M. Taffanel avait conclu qu'un gisement de charbon à 10 % de matières volatiles (95 % traversant le tamis à 5.625 mailles) était inapte à propager une inflammation déclenchée par le tir au mortier de 240 grs. de dynamite-gomme. Dans ces conditions, il avait observé en effet des flammes se développant sur 16 mètres (essai 162) et sur 22 mètres (essais 159 et 161) alors que le gisement poussièreux s'étendait sur 65 mètres de longueur.

M. Taffanel n'ayant pas expérimenté des poussières titrant moins de 10 % de matières volatiles, il ne nous est donc pas possible de comparer nos observations à celles de cet expérimentateur.

Par contre, le Bureau des Mines des Etats-Unis a étudié le cas des poussières d'anthracite à 8,47 % de matières volatiles (83 % traversant le tamis n° 240 à 6.400 mailles/cm²) (Voir Bulletin n° 167 du Bureau des Mines, pages 167 et suivantes).

En présence d'un coup débourrant de 1,9 kg. de poudre noire, les expérimentateurs américains ont observé des inflammations s'étendant jusqu'à 45 mètres de la charge dans un gisement poussièreux de 300 m. environ de longueur.

Si les charbons titrant de 8 à 10 % de matières volatiles sont inaptes à donner un coup de poussières généralisé, ils sont susceptibles cependant de donner des combustions localisées avec formation de gaz nocifs en quantité suffisante pour provoquer dans une galerie de mine des intoxications graves.

Nous avons voulu le vérifier expérimentalement, mais la prise de gaz effectuée immédiatement après l'inflammation dans la galerie présentait une teneur nulle en oxyde de carbone.

Ce résultat favorable s'explique encore par la faible longueur de notre galerie, condition facilitant la dilution par l'appel d'air consécutif à l'inflammation.

Il n'en reste pas moins vrai que le tir en présence des poussières n'est sûr que moyennant suppression du phénomène initial d'inflammation.

c) INFLUENCE DU DIAMETRE D'ENCARTOUCHAGE.

A la demande du Groupement des Poudres et Explosifs nous avons procédé en 1944 à des mesures comparatives de l'aptitude à la détonation de 4 explosifs S. G. P. encartouchés sous les diamètres de 26 et 30 mm.

Dans ce but, nous avons recherché la distance maximum à laquelle une cartouche amorçée d'un détonateur n° 8 pouvait faire exploser une seconde cartouche non amorcée.

Les deux cartouches étaient placées en ligne sur une plaque de plomb reposant sur un bloc d'acier.

L'intervalle maximum permettant la transmission de la détonation d'une cartouche à l'autre a été déterminée par dix essais consécutifs donnant l'explosion complète de la charge.

Nous avons pu constater que cet intervalle qui est de l'ordre de 3 ou 4 cm. ne varie pas avec le diamètre d'encartouchage.

d) INFLUENCE DU BINITROGLYCOL SUR LA CHARGE-LIMITE.

Une décision de la Direction générale des Mines en date du 21 octobre 1940 avait déjà autorisé les fabricants d'explosifs à remplacer la glycérine à concurrence de 15 % par du glycol dans le bain soumis à la nitration pour fabrication de la nitroglycérine.

Le but de cette substitution qui avait été reconnue comme étant sans influence sur la charge-limite, était de rendre les explosifs ingélifs.

Au cours de l'année 1945, la Société d'Arendonck et les Poudreries Réunies de Belgique furent amenées à envisager l'incorporation d'une quantité encore plus élevée de glycol, dans le but cette fois de faire face à la pénurie de glycérine.

Nous avons vérifié de nouveau la charge-limite des explosifs Flammivore, Matagnite et Nitrobaelenite, dans lesquels la nitroglycérine était remplacée par du binitroglycol à concurrence de 30 % pour le premier, de 20 % pour les deux autres.

Cette vérification a nécessité vingt-quatre tirs; elle a montré que la substitution envisagée n'affectait aucunement la sécurité des explosifs, tant en présence du grisou que des poussières.

2) Etude d'accidents résultant de l'emploi d'explosifs.

α) Etude d'une explosion retardée.

Cet accident s'est produit le 6 février 1945 dans un charbonnage du Bassin de Charleroi, au cours du creusement d'un bouveau de recoupe.

Trois trous de 1 m. 20 forés horizontalement en couronne avaient été chargés chacun de 6 cartouches d'un explosif S. G. P. puis bourrés d'argile sur 36 cm. de longueur à partir de l'orifice.

Les charges avaient été ensuite connectées en série à l'extrémité d'une ligne de 45 m de longueur.

Ayant placé un ouvrier de garde dans une voie au couchant du bouveau, le boutefeu s'était retiré dans la même voie mais au levant, avec un second ouvrier, puis avait procédé à la manœuvre de mise à feu.

Le tir ayant paru normal, le boutefeu avait déconnecté l'exploseur de la ligne. Alors qu'il inscrivait dans son calepin les explosifs consommés, une seconde explosion se produisit à front.

Le boutefeu et son compagnon cherchèrent en vain le premier ouvrier qu'ils croyaient encore à son poste de garde et le trouvèrent dans le bouveau, à quelques mètres du front, tué par le seconde explosion.

Des trois mines chargées par le boutefeu, les deux de coin seulement avaient explosé et travaillé normalement.

Pour dégager la troisième, on fit sauter une charge placée dans un trou supplémentaire foré à proximité de la mine ratée.

Dans les déblais, on retrouva 3 cartouches, dont une amorcée d'un détonateur et l'enveloppe d'une quatrième cartouche.

En résumé et d'après les déclarations des témoins, une seule mine avait détoné à la mise à feu, une autre avait sauté avec un retard de 2 à 3 minutes et la troisième n'avait pas explosé; en d'autres termes, le tir avait donné lieu à deux anomalies : une explosion retardée et un raté d'allumage.

L'étude de cet accident nous a amenés à procéder à de longues recherches sur l'exploseur et sur les détonateurs utilisés au charbonnage.

Nous résumons ci-après d'une manière aussi succincte que possible les résultats de notre étude.

ETUDE DE L'EXPLOSEUR.

Cet exploseur était du type Carolus B-20 de la firme Carl de Bochum, agréé par la décision Direction générale des Mines, n° 13E/6078 du 11 août 1937.

Nous avons vérifié son efficacité par des tirs de volées comportant trois détonateurs connectés en série.

Une résistance insérée dans le circuit permettait de modifier le débit de l'exploseur, l'intensité et la durée du courant étant enregistrées à l'oscillographe.

Nous avons procédé à douze essais dont les résultats figurent dans le tableau I.

TABLEAU I.

N° de l'essai	Résistance totale du circuit en ohms	Intensité moyenne en ampère	Durée du débit en millisecondes
1	13,5	1,67	3,0
2	13,5	1.44	4,5
3	15,0	1,67	3,42
4	15,0	1,58	4,44
5	15,0	1,58	3,83
6	15,0	1,63	3,64
7	15,0	1,63	3,65
8	15,0	1,70	3,93
9	81,5	1,105	4,80
10	90,5	0,92	6,86
11	100,5	0,815	7,58
12	113,0	0,975	7,75

Pour tous ces essais, les trois détonateurs ont explosé dès la première manœuvre de l'exploseur.

Les variations de l'intensité du courant débité dans des conditions identiques de résistance ohmique sont dues, comme on le devine, à ce que l'opérateur n'a pas toujours actionné avec la même énergie la manette de l'exploseur.

Nos expériences montrèrent néanmoins que l'exploseur était en parfait état et capable de faire partir sans raté, trois mines couplées en série dans des conditions diverses de résistance ohmique allant depuis celle du circuit mis en œuvre le jour de l'accident (environ 13,5 ohms) jusqu'à la valeur maxima prévue par le constructeur (110 ohms)

ETUDE DES DETONATEURS.

Cette étude a eu pour objet essentiel de vérifier la régularité de la fabrication des détonateurs.

La mise à feu simultanée des charges impose en effet des limites aux variations affectant l'inflammation des amorces et l'explosion des détonateurs.

On peut s'en rendre compte en considérant les phénomènes qui se produisent successivement dans un détonateur depuis le lancé du courant jusqu'à l'explosion.

Ces phénomènes se répartissent dans le temps en trois périodes :

a) la période d'échauffement de la pâte d'amorce à partir du lancé du courant jusqu'au déclenchement de l'inflammation au contact du pont;

b) la période de propagation de l'inflammation de l'amorçe, période qui succède immédiatement à la précédente et s'étend jusqu'au moment où la pâte d'amorce est tout entière en combustion;

c) la période de transport de la flamme à partir de la pâte d'amorce jusqu'au fulminate, qui explose en faisant détoner la charge secondaire du détonateur (trinitrototuol ou autre substance).

Cette détonation rompt le pont et coupe le circuit de tir.

Voyons maintenant à quelle condition le tir d'une série de charges se fera sans raté.

Appelons (t) la durée de la période d'échauffement de la pâte d'amorçe (période a) et (T) le temps s'écoulant entre le lancé du courant et l'explosion du détonateur (temps d'explosion).

On conçoit que par suite des irrégularités inhérentes à la fabrication industrielle en grande série, ces caractéristiques t et T doivent être affectées d'une certaine dispersion.

Si on considère donc l'ensemble des détonateurs d'une même volée, on aura pour le même courant d'allumage, tout une gamme de valeurs différentes de t allant de t_1 à t_{11}, t_1 correspondant à l'amorce la plus facilement inflammable et t_{11} à l'amorce la plus difficilement inflammable.

Rappelons que ces temps t_1 et t_{11} représentent pour une intensité déterminée les durées de passage du courant, strictement nécessaires pour déclencher l'inflammation de la pâte d'amorce.

Pour les temps d'explosion T, il y aura également deux valeurs limites T_1 et T_{11} soit un minimum et un maximum.

Pour qu'il n'y ait pas raté, il faut que l'amorce la plus difficilement inflammable de la volée, soit allumée avant que n'explose le détonateur ayant le temps d'explosion minimum, sinon le circuit de tir sera coupé avant que toutes les amorces n'aient reçu l'énergie nécessaire pour leur inflammation.

Cette condition s'exprime par l'inégalité :

$$t_{11} < T_1.$$

La vérification de la régularité d'une fabrication consiste donc à rechercher si cette condition est satisfaite pour différentes valeurs du courant d'allumage.

Nous avons procédé à cette vérification sur 150 détonateurs provenant du charbonnage.

De ces détonateurs, 141 avaient été prélevés au dépôt, 8 avaient été retrouvés dans la cartouchière du boutefeu.

Nous disposions également du détonateur retrouvé dans les déblais de la mine ratée qu'on avait dégagée postérieurement à l'accident.

a) **Mesure des temps d'explosion.**

La mesure des temps d'explosion se fait à l'aide d'un oscillographe. Celui-ci est inséré dans le circuit de tir comportant le détonateur, une batterie d'accumulateurs, un interrupteur, une résistance variable et un ampèremètre. Ces deux derniers servent à régler au préalable le courant d'allumage.

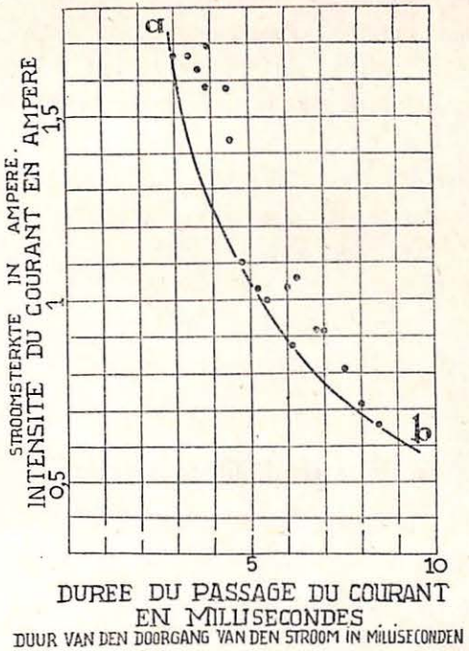


Fig. 1.

Pour effectuer ce règlage, on insère dans le circuit de tir en lieu et place du détonateur, une résistance équivalente à celle de l'amorce.

Sur l'oscillogramme obtenu, on peut donc contrôler l'intensité du courant d'allumage et mesurer sa durée; celle-ci représente le temps d'explosion.

Nous avons déterminé ainsi les temps d'explosion de 26 détonateurs. En ajoutant aux résultats de ces mesures, les durées de passage relevées au cours de l'étude de l'exploseur, nous avons pu établir le graphique figure 1 dans lequel l'ordonnée et l'abscisse de chaque point représentent respectivement l'intensité du courant d'allumage et le temps d'explosion. Sur ce graphique ne figurent que les points expérimentaux les plus caractéristiques).

Les temps minima d'explosion sont figurés par les abscisses de la courbe a-b qui se trouve donc immédiatement à gauche des points déterminés expérimentalement.

Pour qu'il n'y ait pas de raté, il faut que la durée du passage du courant strictement nécessaire pour allumer l'amorce la moins sensible, soit inférieure au temps minimum d'explosion.

La vérification de la sensibilité des amorces a précisément pour but de rechercher si cette condition est réalisée.

b) Vérification de la sensibilité des amorces.

Nous avons procédé à cette vérification à l'aide des appareils suivants :

a) une batterie d'accumulateurs;

b) un ampèremètre;

c) une résistance à curseur pour le règlage du courant;

d) un interrupteur rotatif qui comporte un disque isolant portant un secteur conducteur taillé en gradins. Le disque animé d'un mouvement de rotation, passe sous un frotteur dont le contact avec le secteur ferme momentanément le circuit constitué par la batterie, l'ampèremètre, la résistance et le détonateur.

Par le choix convenable de la vitesse de rotation et du gradin passant sous le frotteur, on peut déterminer d'avance la durée du courant lancé dans le circuit.

Un système de commutateurs, permet de substituer au détonateur, une résistance équivalente à celle de l'amorce et de régler ainsi au préalable l'intensité du courant qui sera lancé dans le circuit.

En résumé, nous pouvons à l'aide de l'appareillage que nous venons de décrire, faire passer dans l'amorce un courant d'intensité et de durée déterminées.

Pour chaque série d'essais, nous avons au préalable vérifié la durée d'application de la tension à l'aide d'un enregistrement relevé à l'oscillographe, celui-ci étant inséré dans le circuit en lieu et place du détonateur.

Ne disposant que d'un nombre relativement réduit de détonateurs, nous n'avons pu vérifier la sensibilité des amorces que pour deux gammes d'intensité du courant d'allumage : de 1,35 à 1,4 amp. et de 0,95 à 1 amp.

Sensibilité des amorces pour des courants de 1,35 à 1,4 ampère.

Seize détonateurs ont été essayés sous un courant de 1,35 à 1,4 amp. dont la durée règlée par l'interrupteur rotatif, était de 3,35 millisecondes.

Tous ont explosé au premier lancé du courant. Le point 1,35 ampère - 3,35 millisecondes se trouvant à gauche de la courbe a-b du graphique figure 1, le raté d'allumage n'est vraisemblablement pas possible, si l'intensité du courant d'allumage est de l'ordre de 1,35 ampère.

Sensibilité des amorces pour un courant de 0,95 à 1,00 amp.

Seize détonateurs ont été essayés sous un courant de 0,95 à 1 ampère. La durée du passage a été réglée suc-

cessivement à 8,9 millisecondes (1 détonateur), 4,59 millisecondes (14 détonateurs) et 3,7 millisecondes (1 détonateur).

Tous ont explosé au premier passage du courant.

On remarque que d'après le graphique figure 1 les durées de passage de 4,59 et 3,7 millisecondes sont inférieures au temps minimum d'explosion (5,4 millisecondes) correspondant à une intensité d'un ampère pour le courant d'allumage.

Jusqu'ici c'est-à-dire pour des courants de l'ordre de 1 ampère nous n'avons donc relevé aucune anomalie dans la sensibilité des amorces.

Dans le cas du minage qui a donné lieu à l'accident le courant mis en œuvre devait être bien supérieur à 1 ampère. Dans un circuit de 13,5 ohms, identique à celui réalisé au charbonnage, l'exploseur a débité en effet un courant de l'ordre 1,4 ampère.

Dans les essais suivants (55 essais) réalisés avec des courants inférieurs à 0,95 ampère, nous avons au contraire enregistré deux ratés. Les intensités et durées des courants mis en œuvres sont indiqués dans le tableau II.

TABLEAU. II.

Nombre de détonateurs essayés.	Durée du passage du courant en millisecondes	Intensité du courant ampère	Résultats des essais
1	8,9	0,9	explosion du détonateur.
1	8,9	0,9	le détonateur n'explose pas.
13	8,9	0,8	tous les détonateurs explosent.
2	8,9	0,7	idem.
1	8,9	0,7	le détonateur n'explose pas.
33	8,9	0,6	tous les détonateurs explosent.
1	3,7	0,9	le détonateur explose.
1	3,7	9,8	idem.
2	3,7	0.7	les détonateurs explosent.

Le détonateur retrouvé dans la charge ratée (charge qu'on avait dégagée le lendemain de l'accident) a fait l'objet d'un essai spécial.

L'interrupteur rotatif ayant été réglé pour un temps passage de 8,96 ms l'amorce a été allumée par un courant de 0,6 amp.

Le point 0,6 amp.-8,96 ms se trouvant à gauche de la courbe ab (fig. 1), ce détonateur doit être considéré comme normal et on ne comprend pas pourquoi il n'a pas explosé au charbonnage lors du lancé du courant par l'exploseur.

Par contre, les détonateurs (tableau II) qui n'ont pas explosé pour 0,9 et 0,7 amp., la durée du courant étant de 8,9 millisecondes, auraient donné certainement des ratés d'allumage dans un tir en volée, car pour ces intensités, les temps minima d'explosion des détonateurs les plus sensibles (c'est-à-dire explosant les premiers dans la volée), sont d'aurès le graphique figure 1 respectivement 5,9 et 7,9 millisecondes, temps de passage qui s'est avéré insuffisant pour allumer l'amorce des deux détonateurs en question.

Ces constatations jointes à d'autres irrégularités observés dans le bassin de Charleroi, nous ont amenés à refaire une étude complète de la fabrication.

Cette étude a porté sur 150 détonateurs et 500 amorces fournis par le fabricant.

Au cours de cette recherche pour laquelle les courants mis en œuvre ont varié de 0,9 à 1,80 amp., nous n'avons plus constaté de chevauchement entre les temps minima d'explosion des détonateurs et les points d'inflammation des amorces les moins sensibles.

Les irrégularités observées sur les détonateurs prélevés

au charbonnage devaient donc être imputées non à une erreur de principe, mais plutôt à une défectuosité ou malfaçon fortuite toujours possible dans la fabrication en grande série.

Mais si pour l'accident qui nous occupe, il nous a été facile d'expliquer le raté d'allumage, il nous a été par contre impossible de réaliser la détonation retardée.

D'après les témoignages recueillis au cours de l'enquête, il faut admettre qu'une des charges a d'abord déflagré, puis détoné avec un retard de plusieurs minutes sur la mise à feu.

Dans une note subséquente, visant d'une manière tout-à-fait générale les incidents de minage, on verra que toutes nos tentatives pour provoquer soit une déflagration fusante, soit une détonation retardée, n'ont donné que des résultats négatifs.

b) Etude de deux inflammations de grisou survenues dans des charbonnages du Bassin de Liége.

La première de ces inflammations survenue le 23 février 1945 a fait 4 victimes; elle aurait été provoquée par le tir simultané de trois mines chargées l'une de 3 cartouches, les deux autres de 2 cartouches d'explosif S. G. P. gainé.

Les trous de 76 cm. de longueur avaient été forés dans une voie en bosseyement, l'un au toit à 30 cm. de la face libre du banc, les deux autres à mi-hauteur de la galerie à des emplacements que l'enquête n'a pu déterminer.

Le terrain était du grés fissuré.

La présence dans la cartouchière du boutefeu de cartouches débarrassées de leur gaine nous a amenés à supposer que le tir avait été exécuté avec de l'explosif non gainé.

L'explosif prélevé au charbonnage a fait l'objet des tirs suivants :

8 cartouches gainées suspendues en pleine atmosphère grisouteuse (2 essais).

9 cartouches sans gaine introduites trois par trois au mortier de 55 mm. (2 essais).

9 cartouches sans gaine, mises en file dans le mortier de 35 mm.

Aucun de ces tirs n'a donné l'inflammation, ce qui donne à penser que l'explosif utilisé était normal.

La seconde inflammation ayant fait l'objet de nos recherches a été provoquée le 6 septembre 1945 par le tir d'une seule cartouche d'un explosif S. G. P. gainé, chargée derrière un bourrage d'argile dans un trou de 60 cm. de longueur, foré horizontalement dans un banc de grès psammitique au toit et à front d'une galerie de retour d'air d'un chantier.

Le trou se trouvait à 30 ou 40 cm. de la face libre du banc qui fut emporté sur 2 m. 25 de largeur, 80 cm. de longueur et 45 cm. d'épaisseur en produisant surtout de gros blocs parallélipipèdiques.

L'excavation était limitée vers le haut par un joint de stratification et vers l'avant par une diaclase de direction sensiblement parallèle à celle du front de taille et fortement inclinée vers le massif en ferme.

D'après l'enquête, il y a lieu de supposer que le tir a été effectué dans un massif fissuré.

Enfin, ajoutons ce détail : la ligne de tir était déjà tellement abimée avant l'accident qu'une nouvelle ligne avait été remise au boutefeu. Cette dernière ne fut pas utilisée elle fut retrouvée intacte à côté de l'exploseur.

Utilisant l'explosif prélevé au charbonnage, nous avons tiré 9 cartouches dégainées au mortier de 55 mm. sans obtenir l'inflammation du grisou (2 essais). Nous avons procédé ensuite à quatre tirs de charges suspendues en pleine atmosphère grisouteuse, soit :

a) 2 cartouches gainées mises en file;

b) même expérience que la précédente, sauf que les fonds de papier étant enlevés, la charge explosive était mise à nu aux deux extrémités;

c) 1 cartouche non gainée;

d) 2 cartouches sans gaine et juxtaposées.

De même que les tirs au mortier, les expériences avec charges suspendues ont conduit à un résultat négatif.

Ces deux inflammations se sont donc produites à la suite de tirs en terrains fissurés, de charges bien inférieures à la charge maximum d'emploi (800 gr.)

Nous ne savons si la présence de fissures au voisinage des charges ont joué un rôle déterminant, toutefois nous nous nous sommes basés sur cette circonstance pour procéder à une série d'essais de mise en défaut de nos explosifs S. G. P.

Ces essais dont le compte rendu fera l'objet d'un chapitre spécial, ont porté sur des petites charges et dans des conditions visant à réaliser le tir en présence d'espaces plus ou moins confinés accessibles au mélange inflammable.

Mais revenons à la seconde inflammation qui aurait donc été provoquée par le tir d'une seule cartouche gainée d'un explosif S. G. P.

Nous nous sommes demandé s'il ne fallait pas plutôt

incriminer la ligne de tir, dont les avaries avaient fait l'objet d'une remarque spéciale de l'ingénieur chargé de l'enquête.

N'y avait-il pas lieu de supposer qu'au moment du lancé du courant par l'exploseur, une étincelle électrique avait jailli entre les deux conducteurs de la ligne, grâce à un défaut d'isolement ?

Rappelons que cette hypothèse est parfaitement plausible, même dans le cas d'un exploseur parfaitement conditionné.

Le dispositif limitant la durée du débit d'un exploseur garantit en effet contre le risque d'inflammation par les contacts se produisant entre les connexions postérieurement à l'explosion de la charge, mais il n'empêche évidemment pas le jaillissement d'étincelles entre des conducteurs non isolés se trouvant fortuitement à très faible distance l'un de l'autre au moment ou la machine débite du courant dans le circuit de tir.

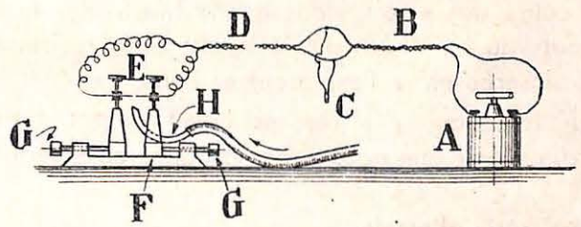


Fig. 2.

Néanmoins, on peut objecter que la fermeture du circuit par le détonateur abaisse la tension disponible entre les deux conducteurs au point de rendre inoffensive toute intincelle parasite.

Les essais auxquels nous avons procédé nous ont montré qu'il était possible au contraire avec un exploseur analo-

gue à celui utilisé au charbonnage de provoquer simultanément et l'allumage de l'amorce d'un détonateur et l'inflammation du grisou par une étincelle jaillissant entre les conducteurs.

Nous en avons fait la preuve en utilisant le circuit de tir figurant au croquis figure 2.

L'exploseur A du type Schaffler à commande par ressort est connecté par une ligne B à 2 conducteurs torsadés de 16 m. 50 de longueur à une amorce de détonateur C. Sur l'amorce est dérivée une seconde ligne D celle-ci du type boutefeu à 2 conducteurs de 1,17 mm. de diamètre dont les bouts E débarrassés de l'isolant, sont fixés en regard l'un de l'autre dans un éclateur F. L'écartement des deux conducteurs entre lesquels doivent jaillir les étincelles peut être réglé à volonté par les vis micrométriques G.

Un tube de verre H amène sur l'éclateur un jet de mélange inflammable d'air et de grisou débité à faible pression par un gazomètre non représenté sur le croquis.

Au cours des essais, nous avons fait varier la forme des bouts de fil, sièges de l'étincelle et la résistance de la ligne insérée entre l'exploseur et l'amorce.

Nous indiquons ci-après les constatations faites au cours des essais que nous avons groupés en 4 séries.

Première série d'essais.

Les bouts du fil boutefeu sont coupés en biseau à la pince. La résistance de la ligne bouclée sur elle-même, en l'absence d'amorce, les 2 bouts de fil étant en contact franc, est de 1,15 ohm.

Lors du lancé du courant, une étincelle brillante se produit entre les bouts de fil dénudés, écartés de quelques centièmes de millimètre.

Cette étincelle enflamme le mélange grisouteux et l'amorce est allumée (2 inflammations sont obtenues en 5 essais.

Il n'y a pas inflammation du grisou lorsque les deux pointes sont en contact, même imparfait.

L'écartement à réaliser entre les pointes pour obtenir l'inflammation est trop faible pour être apprécié, même à la loupe. On l'obtient en mettant les pointes en contact, puis en coupant le contact par une très légère action sur les vis de réglage, la rupture étant observée à un pont de Wheastone mis en lieu et place de l'exploseur A.

Deuxième série d'essais.

Les bouts de fil dénudés sont repliés en boucles de 2 à 3 mm. de diamètre, orientées dans 2 plans perpendiculaires. Il est impossible d'obtenir l'inflammation au cours d'une dizaine d'essais.

Le règlage de l'écartement et l'appréciation du contact sont laborieux. Il n'est pas exclu qu'une inflammation aurait pu se produire si l'on avait multiplié les essais.

Troisième essais.

L'un des bouts de fil est coupé en biseau et l'autre replié en boucle. L'éclateur est mis sous une cloche de de verre, remplie du mélange grisouteux à 9 % de CH_4.

Sur deux essais, l'un donne simultanément l'allumage de l'amorce, et l'inflammation du mélange grisouteux.

Quatrième série d'essais.

Pour vérifier si la faible longueur du circuit n'était pas une cause déterminante des inflammations, nous avons, afin de reconstituer le cas d'une ligne boutefeu de 50 m.

environ, inséré entre l'exploseur et la ligne B, une résistance réglée de manière à porter à 4 ohms la résistance du circuit (amorce non comprise).

Nous avons repris le dispositif de la première série d'essais, permettant un règlage plus aisé (deux bouts de fil coupés en biseau et amenée du grisou par tuyau).

Nous avons procédé à deux essais, dont un a donné simultanément l'inflammation du mélange et l'allumage de l'amorce.

Contrairement à ce qu'on aurait pu croire, la fermeture du circuit de tir par le détonateur ne s'oppose donc pas à la production d'une étincelle entre les conducteurs de la ligne.

Cette étincelle, bien qu'étant de volume réduit, est capable cependant d'allumer un mélange d'air et de grisou.

Nous sommes donc en droit de nous demander si les inflammations de grisou se produisant lors de tirs de petites charges d'explosifs gainés (2 ou 3 cartouches) ne sont pas imputables parfois à des défauts d'isolement de la ligne de tir.

En tout cas, nos recherches montrent une fois de plus la nécessité de vérifier minutieusement les lignes avant le tir.

Il est souhaitable même que ces vérifications pour ainsi dire journalières soient complétées par des examens périodiques confiés à des agents compétents autres que les boutefeux.

Dans un pays voisin, il est de pratique courante de remonter au jour une fois par semaine toutes les lignes de tir.

Celles-ci sont examinées alors par le service électrique de la mine; les lignes avariées sont soit réparées, soit rebutées.

Il est certain que cette sujetion de faire remonter du fond toutes les lignes de tir serait largement compensée par la suppression des irrégularités affectant à des degrés divers les opérations du minage, et comme nous venons de voir, par l'élimination d'un risque non négligeable d'inflammation.

Cette question a d'ailleurs fait l'objet d'une instruction de M. le Directeur général des Mines, n° 13D/6106 en date du 3 janvier 1946.

3) Etude spéciale des incidents de minage.

α) Préliminaires.

Cette étude a pour objet les incidents autres que les inflammations de grisou ou de poussières occasionnés par l'emploi des explosifs dans les travaux souterrains; elle se limite donc aux explosions irrégulières imputables à des malfaçons dans la préparation du tir.

Quelle que soit la gravité de leurs conséquences, ces cas anormaux font généralement l'objet d'une enquête administrative dont le procès-verbal est transmis à l'Institut National des Mines pour examen et recherches éventuelles.

Depuis 1930, nous avons examiné seize cas de ce genre; chacun d'eux a été l'occasion de recherches dont les plus intéressantes ont été relatées dans nos rapports annuels.

Ces expériences ont porté sur des échantillons d'explosifs prélevés soit dans les dépôts des charbonnages, soit dans les cartouchières des boutefeux, mais

bien souvent, le nombre de cartouches mises à notre disposition était tellement réduit que nous étions dans l'impossibilité de faire une étude approfondie de l'incident.

Pour cette raison, nous avons jugé utile de refaire au cours des années 1944 et 1945 une étude d'ensemble de tous les incidents qui nous ont été signalés pendant ces quinze dernières années.

Les anomalies les plus fréquentes sont la déflagration fusante et la détonation retardée.

La déflagration fusante est une dérogation au phénomène normal de la détonation; la décomposition de l'explosif au lieu de se propager à la vitesse élevée qui caractérise la détonation, c'est-à-dire, pour les explosifs les plus couramment employés, de 2.000 à 4.000 m. par seconde, prend l'allure ralentie d'une combustion se transmettant de tranche en tranche par échauffement.

Dans la majorité des cas, la déflagration fusante n'a pu être constatée que lors du retour du boutefeu au front de travail, ce phénomène se manifestant alors par une flamme ou lueur visible sur le tas de pierres projetées par la mine ou dans le fourneau incomplètement emporté par la charge.

La détonation retardée est caractérisée par le fait que l'une des charges explose alors que toute manœuvre de mise à feu a cessé.

Dans les neuf cas signalés en Belgique pendant les quinze dernières années, les péripéties se répètent d'une manière identique.

Le boutefeu, après avoir procédé à l'allumage des mines d'une volée et perçu l'explosion, revient vers le front pour examiner l'effet du tir. A ce moment, une

seconde explosion se produit projetant une gerbe de pierres auxquelles le boutefeu est plus ou moins exposé suivant la distance qui le sépare du front.

Dans l'accident survenu en 1945 dans le Bassin de Charleroi, une des trois mines que comportait le tir a explosé trois minutes environ après la manœuvre d'allumage.

Des anomalies du même genre ont été observées également en France; elles ont fait l'objet de recherches nombreuses dont les résultats ont été publiés dans deux notes parues dans les Annales des Mines, l'une en 1931, l'autre en 1934 sous la signature de M. M. Audibert et Delmas (1).

En plus des déflagrations fusantes et des détonations retardées, ces auteurs signalent une troisième catégorie d'explosions anormales, les doubles détonations caractérisées par la succession dans une charge, des régimes détonant et déflagrant, celui-ci pouvant se transformer de nouveau en régime détonant.

Nous ne pouvons passer en revue d'une manière détaillée tous les travaux des ingénieurs français, mais, vu la contribution importante qu'ils ont apportée à l'étude des explosions anormales, nous estimons nécessaire de rappeler succinctement ci-après leurs constatations expérimentales les plus intéressantes.

Dans le tableau III nous indiquons la composition des des explosifs dont il sera question dans la relation des recherches effectuées en France sur la déflagration fusante.

---

(1) *Annales des Mines de France*, 1931, Tome XX, 12e livraison, page 443 et 1934, tome V, 4e livraison, page 280.

TABLEAU III.

	Nitrate d'ammonium	Nitrate de potassium	Chlorure de sodium	Nitroglycérine gélatinisée	Cellulose	Di ou Trinitronaphtaline
Grisoudynamite						
Couche	87,5	—	—	12,5	—	—
Couche salpétrée	82,5	5	—	12,5	—	—
Grisounaphtalite						
Couche	95	—	—	—	—	5
Couche salpétrée	90	5	—	—	—	5
Explosif n° 7	76	—	15	—	2	7

En 1907, Dautriche parvint à faire déflagrer des cartouches de dynamite-couche, auxquelles il avait incorporé du charbon fin (50 à 60 %); il utilisait comme amorcage, des détonateurs de 2 à 3 décigrammes, donc nettement inférieurs à ceux utilisés normalement dans les charbonnages.

Sans aller jusqu'au mélange intime de l'explosif et du charbon, Taffanel et Dautriche entreprirent en 1914 aux Mines de Marles des essais de déflagration dans des tirs en veine.

Avant le chargement, on répandait dans le fourneau 30 gr. de charbon fin, puis on plaçait la charge de grisounaphtalite-couche salpêtrée en ménageant au-delà de la dernière cartouche introduite, un intervalle de longueur variable (5 à 50 mm.) qu'on remplissait de charbon fin.

Sur quarante-trois essais, dix-sept donnèrent la déflagration nettement caractérisée.

Puis sur trois essais effectués sans intervention de poussière, le vide entre la cartouche amorce et le reste

de la charge étant de 40 mm., les mêmes expérimentateurs observèrent certainement une et vraisemblablement deux déflagrations du même explosif, mais titrant 2 % d'humidité.

Enfin, au cours de leurs recherches, MM. Audibert et Delmas constatèrent les faits suivants :

1) La dynamite-gomme déflagre à l'air libre lorsque le détonateur de type normal (n° 8) est placé à 20 mm. de la cartouche;
2) Si on charge dans des trous verticaux, forés en sol argileux, deux cartouches non jointives de dynamite n° 1 (75 % de nitroglycérine, 25 % de guhr) la cartouche inférieure peut détoner ou déflagrer suivant la distance qui la sépare de la cartouche amorcée (1).
3) Les cartouches de grisou-naphtalite couche et de grisou-dynamite-couche salpêtrées peuvent déflagrer lorsqu'elles ont été soumises à une compression du même ordre que celle résultant d'une manœuvre brutale du bourroir;
4) La déflagration est conditionnée par la dissipation de chaleur provenant de la décomposition de l'explosif. En limitant cette dissipation soit par l'intervention d'une source de chaleur, soit en modérant la détente des gaz, on peut entretenir la propagation du phénomène dans une charge d'explosif.

Enfin, les mêmes expérimentateurs pensent que les détonations retardées et les doubles détonations ont leur origine dans une déflagration fusante et que celle-ci doit avoir pour cause, un raté d'amorçage, une solution de continuité dans la charge ou une élévation anormale de la densité

(1) Dans ces expériences, la distance ménagée entre deux cartouches était de l'ordre de 1,10 m.

b) Recherches effectuées à l'Institut National des Mines.

Les recherches de laboratoire entreprises pour l'étude individuelle des incidents de minage signalés à notre attention par les Services d'Arrondissement nous ont permis de faire les constatations suivantes :

1) Tous les explosifs brisants et tous les explosifs S. G. P. déflagrent au contact d'une barre rougie au feu lorsqu'ils sont mélangés intimement à du charbon fin et la déflagration se poursuit dans toute la masse, même après retrait de la barre.

2) Lorsqu'il y a simplement contact du charbon dans la matière explosive, on peut encore avec une barre incandescente, provoquer la déflagration. Celle-ci persiste après retrait de la barre chaude, lorsque l'explosif appartient à la classe des brisants à haute teneur en nitrate ammonique ou des S. G. P. avec nitroglycérine. Dans les autres cas, la déflagration s'arrête lorsqu'on retire la barre (cas des explosifs S. G. P. sans nitroglycérine).

3) A l'air libre, la flamme d'une petite charge de poudre noire (15 gr.) en contact direct avec la matière explosive encartouchée dans son enveloppe paraffinée, n'amorce généralement pas la déflagration fusante. Nous l'avons obtenue cependant avec une Gélatine ammoniaque.

4) Lorsqu'on fait déflagrer par une charge de poudre noire, une cartouche d'explosif placée au contact de charbon fin dans un cylindre d'acier communiquant avec l'extérieur par une ouverture calibrée, on peut, en diminuant progressivement la section de cette ouverture, réaliser soit une déflagration lente et progressive, soit une déflagration violente ayant l'allure d'une détonation.

5) Dans le tir au mortier, l'utilisation d'un détonateur plus faible que ceux normalement utilisés dans les mines ne nous jamais donné la déflagration.

Comme nous l'avons dit précédemment, nous avons jugé utile de faire, au cours des années 1944 et 1945, une étude systématique des détonations anormales, mais dans des conditions se rapprochant des tirs réels.

Car il faut bien en convenir, l'introduction d'une barre incandescente dans la matière explosive, le contact avec une flamme de poudre noire ne rappellent en quoi que ce soit ce qui se passe dans un fourneau de mine.

L'essai d'amorcage de la déflagration par un détonateur de faible puissance est moins critiquable, bien que l'usage exclusif de détonateurs n° 8 soit depuis longtemps de règle générale dans les mines belges.

Les expériences dont nous donnons ci-après le compte-rendu ont eu pour objectif la recherche des conditions assurant l'amorcage et la propagation de la déflagration.

Mais elles avaient également un but préventif car il était à présumer que, si parmi nos explosifs, certains présentaient une propension bien caractérisée à la déflagration, nos essais ne manqueraient pas de les mettre en évidence.

Nous pouvions alors envisager soit la revision, soit même la suppression des formules paraissant les plus aptes à donner des explosions anormales.

Nous avons adopté comme principe que la déflagration suppose l'intervention d'une malfaçon contrariant soit l'amorçage de l'onde explosive par le détonateur, soit la propagation de cette onde dans la file de cartouches.

Jusqu'à preuve du contraire, nous estimons en effet qu'il ne peut y avoir de déflagration fusante dans le cas d'utilisation correcte de l'explosif; en d'autres termes, le régime détonant s'établira et se propagera dans toute

la charge si on a pris soin de placer les cartouches jointivement et sans compression exagérée dans un fourneau débarassé des poussières de forage, d'enfoncer complètement le détonateur dans la dernière cartouche introduite et de fermer le fourneau par un bourrage de lon-gueur réglementaire.

Dans nos expériences, nous avons donc fait intervenir les défauts suivants :

1) amorçage incorrect;

2) solution de continuité de la charge;

3) compression de la matière explosive;

4) altération de l'explosif par mélange avec du charbon fin.

Les expériences de 1944 ont été réalisées soit au mortier, soit dans le sol argileux, celles de 1945 uniquement au rocher dans une de nos galeries du Bois de Colfontaine.

Tenant compte de ces particularités, nous les classerons en deux séries, la seconde ne comprenant que les tirs au rocher.

Première série d'expérience (1944).

Pour cette première série nous avons utilisé quatre explosifs S. G. P. Triamite, Alkalite, Matagnite et Flamivore et deux explosifs brisants à la nitroglycérine : Forcilite et Dynamite n° III.

Amorçage incorrect.

Le seul défaut d'amorçage qu'on puisse imaginer est la sortie du détonateur de la cartouche amorce au moment du chargement.

On objectera que les boutefeux consciencieux ont pour habitude de ligaturer la cartouche amorcée avec les conducteurs du détonateur ; nous avons estimé utile

cependant de voir ce qui se passe lorsque cette précaution ayant été négligée, le détonateur se trouve à une certaine distance de la charge.

Tous les essais ont été faits dans un mortier profond de 116 cm. et au calibre de 30 à 35 mm. Le détonateur était placé à une distance variable de la dernière cartouche introduite et celle-ci était séparée du bourrage (argile) par un espace libre de longueur variable.

Dans le tableau IV, nous indiquons :

C le nombre de cartouches de 100 grs. toujours placées jointivement;

D la distance en cm. du détonateur à la dernière cartouche introduite;

V la distance en cm. du détonateur au bourrage;

B la longueur du bourrage en cm.

TABLEAU IV.

Essais de déflagration fusante

(amorçage incorrect)

N° du tir	C (cartouches)	D en cm	V en cm	B en cm	Constatations
	Triamite S.G.P.				
55	3	7	pas de bourrage		Le détonateur seul explose.
53	3	10	23	45	Le détonateur seul explose; le bourrage est expulsé en partie.
57	3	7	18	29	Seul, le détonateur explose.
59	3	7	13	33	Idem.
63	3	5	12	36	Idem.
54	2	4	13	35	Toute la charge explose.
	Matagnite S.G.P.				
154	2	0	pas de bourrage		Toute la charge explose.
	Forcilite				
153	4	0	0	32	Seul, le détonateur explose.

Dynamite n° III des Poudreries Réunies de Belgique

143	1	2,5	9	17	Seul, le détonateur explose.
144	1	1	9	17	Idem.
145	1	0,5	9	17	Toute la charge explose.

Aucun de ces essais n'a donné la déflagration fusante; il y a eu soit explosion du détonateur seul soit détonation de toute la charge.

Solution de continuité dans la charge.

Pour ces essais, un intervalle était ménagé entre la cartouche amorcée et le reste de la charge. Cet intervalle était soit entièrement libre, soit rempli de charbon fin.

Nous indiquons dans les tableaux V et VI les caractéristiques de ces essais; C, D, V, et B représentent respectivement le nombre de cartouches, la longueur de l'intervalle ménagé dans la charge, derrière la cartouche amorcée, la distance entre le bourrage et la cartouche amorcée, la longueur du bourrage (toutes dimensions exprimées en cm.)

Pour les essais reportés au tableau VII, nous avons introduit de la poussière fine de charbon ou de schiste entre chacune des cartouches de la charge.

La cartouche voisine de l'orifice du mortier est amorcée d'un détonateur.

Lorsque la poussière est du charbon, celui-ci est mis en contact direct avec la matière explosive par suppression des fonds de papier.

Aucun des essais réalisés au mortier avec une ou des solutions de continuité n'a donné la déflagration fusante. Lorsque la charge ne détone pas complètement, l'explosif resté dans le mortier ne fuse pas.

TABLEAU V.

Essais de déflagration fusante.

Espace libre ménagé dans la charge derrière la cartouche amorcée.

N° de l'essai	C	D	V	B	Constatations
	Triamite S.G.P .				
51	3	10	0	36	Le bourrage est placé contre la dernière cartouche introduite; toute la charge détone.
52	3	10	35	38	Toute la charge détone.
56	3	13	20	29	Seule, la cartouche amorcée détone.
58	3	13	24	30	Toute la charge explose.
60	3	16	25	32	Une partie de la charge explose; on retrouve dans le mortier l'équivalent d'une demi-cartouche.
61	3	16	18	33	La quasi totalité de la charge explose; on retrouve un peu d'explosif dans le mortier.
62	3	14,5	17	34	Toute la charge explose.
	Flamivore S.G.P				
80	2	23	0	38	Le bourrage est placé contre la cartouche amorcée; toute la charge explose.
93	2	64	0	26	Le bourrage est placé contre la cartouche amorcée; on retrouve dans le mortier un fond de papier et 20 gr. d'explosif.
	Alkalite S.G.P.				
109	2	40	0	48	Le bourrage est placé contre la cartouche; on retrouve dans le mortier 60 gr. d'explosif durci en morceaux.

TABLEAU VI.

Essais de déflagration fusante.

Charbon fin entre la cartouche amorçée et le reste de la charge.

N° du tir	C	D	V	B	Constatations
	Triamite S.G.P.				
34	2	12 pas de bourrage			Toute la charge explose.
	Flammivore S.G.P.				
39	2	8 pas de bourrage			Idem.
	Forcilite				
32	2	5 pas de bourrage			Idem.
33	2	10 idem			Idem.

Les essais au mortier ont cet avantage de réaliser un confinement constant et bien déterminé, mais par le fait même de la constance du volume offert au développement des réactions explosives, ils s'écartent des tirs réels, qui, eux, se font toujours dans un massif déformable.

Le cas d'une charge faisant canon est le seul qui puisse être reproduit fidèlement dans le tir au mortier.

Ne pouvant, par suite des circonstances, effectuer nos essais dans la pierre, nous avons, imitant en cela les expérimentateurs de la Station de Montluçon, recherché l'influence d'une discontinuité de la charge dans des tirs en sol argileux.

Le trou foré dans le sol verticalement et au diamètre de 40 mm. recevait une charge composée de 2 cartouches fixées par des ligatures sur une barre en fil d'acier de 4 mm. de diamètre, la cartouche supérieure était

TABLEAU VII *Essais de déflagration fusante. Interposition de poussière (schiste ou charbon entre les cartouches* (C nombre de cartouches, M matière introduite entre les cartouches, B longueur du bourrage.)

l'essai	C	M	B	Constatations
	Matagnite S.G.F			
146	4 cart. non gainées mortier de 30 mm.	1,5 cm. de charbon fin	30 cm.	La charge détone complètement.
147	id.	5,5 cm. de charbon	id.	La charge détone. On retrouve 5 gr. d'explosif dans le mortier.
151	5 cart. non gainées mortier de 30 mm.	id.	id.	La charge détone. On retrouve 30 gr. d'explosif dans le mortier.
167	6 cart. gainées mortier de 40 mm.	10 cm. de schiste fin	pas de bourrage	Seule, la dernière cartouche n'explose pas.
168	id.	2 cm. de schiste fin	id.	Toute la charge détone.
169	id.	1 cm. de schiste fin	id.	deux cartouches seulement détonent.
Note : La teneur en humidité de l'explosif est de 1.86 p. c. pour les essais 167 et 168, de 2,96 p. c. pour l'essai 169.				
	Forcilite			
152	5 cart. non gainées mortier de 30 mm.	6 cm. de charbon fin	30 cm.	La charge détone; on retrouve 10 gr. d'explosif dans le mortier.
	Dynamite n° III			
149	4 cart. non gainées mortier de 30 mm.	1,5 cm. de charbon fin	30 cm.	Toute la charge détone.
150		5,5 cm. de charbon fin	id.	Idem.

amorcée d'un détonateur; elle était séparée de la cartouche inférieure par un intervalle libre de longueur variable au cours des essais.

TABLEAU VIII.

Solution de continuité dans la charge en sol argileux.

N° de l'essai	L en cm.	D en cm.	B en cm.	Constatations
	Triamite S.G.P.			
65	70	0	50	Toute la charge explose.
64	68	10	44	Idem.
105	67	10	35	Idem.
65	70	0	50	Idem.
66	72	14	36	Idem.
68	75	16	35	Idem.
70	75	18	35	La cartouche inférieure n'explose pas.
71	76	16	35	Toute la charge explose.
75	78	17	35	Idem.
76	78	17	36	Idem.
	Flammivore V.G.P.			
77	88	20	41	Toute la charge explose.
78	85	21,0	38	Idem.
79	86	23	37	Idem.
82	83	25	30	Idem.
83	89	27	32	Idem.
86	89	30	30	Idem.
	Matagnite S.G.P.			
100	69	15	15	Une seule cartouche explose.
101	87	10,5	32	Toute la charge explose.
103	75	13	20	Idem.
	Alkalite S.G.P.			
104	78	13	36	Toute la charge explose.
106	80	16	35	Idem.
107	92	20	43	Une partie de la cartouche inférieure n'a pas détoné.
108	90	19,5	41	Idem.

Donc, aucune déflagration fusante.

La charge étant mise en place, on introduisait dans le trou une bourse de papier qu'on poussait contre la cartouche amorcée, puis on remplissait de sable le vide restant. Après le tir, on déblayait rapidement l'excavation pour y rechercher ce qui restait de la cartouche inférieure.

Dans le tableau VIII nous résumons nos observations (L, D et B) désignent encore respectivement la profondeur du trou, la distance entre les 2 cartouches, la longueur du bourrage).

Compression exagérée des charges.

Ces essais ont été réalisés dans les mortiers de 30 à 40 mm. de diamètre. Contre la charge composée de 3 cartouches au moins poussées au fond du mortier, on appliquait une barre métallique d'un diamètre égal à celui du fourneau à l'extrémité de laquelle on faisait exploser une cartouche de 100 grs.

La charge subissait une compression violente bien supérieure à celle résultant d'une action brutale du bourroir.

Remarquons que cette expérience reproduit à peu près ce qui se passe lorsqu'une charge affectée d'un défaut de continuité explose partiellement en comprimant dans le fond du fourneau les cartouches ayant échappé à la détonation.

On tirait d'ailleurs successivement plusieurs cartouches à l'extrémité de la barre et on notait chaque fois le raccourcissement de la charge. Celle-ci ne donnait évidemment qu'une idée imprécise de la compression, car les cartouches n'ayant pas exactement la même section que le fourneau, commencaient par augmenter de diamètre avant de subir la compression.

Contre la charge ainsi comprimée, on appliquait une demi-cartouche de densité normale, amorcée d'un détonateur.

Essais de la Triamite S. G. P. — Tir n° 35. — Trois cartouches jointives dans le mortier de 30 mm. Raccourcissement de la charge 2,5 cm. Demi-cartouche amorcée. Pas de bourrage : Toute la charge explose sans déflagration.

Tir n° 40. — Trois cartouches séparées par 1 cm. de charbon fin dans le mortier de 30 mm. (la cartouche intermédiaire est débarassée de ses fonds de papier). Diminution totale de la longueur de la charge : 3 cm. Demi-cartouche amorcée. Toute la charge explose sans déflagration.

Tir n° 41. — Trois cartouches gainées jointives dans mortier de 40 mm. Diminution totale de la longueur de la charge : 2,5 cms. Demi-cartouche amorcée. Bourrage d'argile de 26 cm. Toute la charge explose sans déflagration.

Essai du Flammivore S. G. P. — Tis n° 49. — trois cartouches séparées par 1 cm. de charbon fin, dans mortier de 30 mm., les fonds de papier des cartouches sont enlevés. Diminution totale de la longueur de la charge 4 cms. Demi-cartouche amorcée. Bourrage d'argile de 25 cm. Toute la charge explose sans déflagration.

Essai de la Matagnite S. G. P. — Tir n° 170. — Quatre cartouches gainées au mortier de 40 mm.; diminution totale de la longueur de la charge 4 cm. Demi-cartouche amorcée. Bourrage d'argile de 29 cm. Toute la charge détone sans déflagrer.

Essai de la Forcilite. — Tir n° 50. — Trois cartouches séparées par 1 cm. de charbon fin, dans mortier de 30 mm.; les fonds de papier des cartouches sont enlevés. Diminution totale de la longueur de la charge : 3,5 cm. Demi-cartouche amorcée. Bourrage d'argile de 45 cm. Toute la charge explose sans déflagration.

Essais de propagation de la déflagration fusante.

Tous nos essais d'amorçage de la déflagration fusante ayant donné des résultats négatifs, nous nous sommes demandé si nos explosifs étaient susceptibles au moins de propager une déflagration allumée par une petite charge de poudre noire en grains (15 gr. environ) additionnée ou non d'un poids égal de charbon fin et de 5 à 10 gr. d'explosif.

Ce mélange était en contact direct avec la matière explosive dans le cylindre formé par l'enveloppe paraffinée dont on avait déplié l'un des fonds; on l'allumait par un inflammateur électrique.

Les essais réalisés au mortier de 30 mm. ont donné les résultats indiqués au tableau IX.

Nous avons donc réalisé des déflagrations fusantes dans des charges confinées derrière un bourrage et allumées par la poudre noire.

Comme certains essais l'ont montré, la propagation de la combustion est contrariée par les fonds de papier, mais quand ces fonds sont enlevés et que le bourrage est résistant, la combustion s'accélère et se transforme en détonation ou, tout au moins, en déflagration violente.

Quoiqu'il en soit, le phénomène suit toujours de très près la mise à feu, c'est-à-dire, après un délai bien inférieur aux retards caractérisant les détonations anormales signaleés dans certains procès-verbaux d'enquête.

TABLEAU IX. (C : nombre de cartouches; V vide entre la charge et le bourrage B : longueur du bourrage.)
Essais de propagation de la déflagration fusante.

N° de l'essai	C	Amorçage	V en cm	B en cm	Constatations
	Triamite S.G.P.				
42	2	poudre noire et charbon	0	38,5	On ne retrouve que la deuxième cartouche écrasée contre un obstacle placé devant l'orifice du mortier. La première cartouche (celle voisine du bourrage) a donc déflagré complètement.
43	2	id	0	90	On retrouve un quart de la seconde cartouche, le reste a déflagré.
44	2	id	0	pas de bourrage	On retrouve les deux cartouches au fond du mortier; il n'y a donc pas eu déflagration.
87	2	poudre noire, charbon et explosif	0	91	Les deux cartouches, dont les fonds de papier sont en levés, sont séparées par un interva le de 1 cm. rempli de charbon fin. La charge détone de 1 à 2 secondes après la mise à feu.
88	2	id	10	80	Les cartouches dont les fonds de papier sont enlevés, sont séparées par un intervalle de 1 cm. rempli de charbon fin. La charge déflagre entièrement une seconde après la mise à feu en expulsant lentement le bourrage.

N° de l'essai	C	Amorçage	V en cm.	B en cm.	Constatations.
	Alkalite S.G.P.				
94	2	poudre noire charbon explosif	0	32	Les fonds de papier des cartouches sont enlevés. La poudre noire seule déflagre en expulsant le bourrage.
95	2	id	0	32	Idem.
98	2	id	0	84	Les fonds de papier des cartouches sont enlevés. On retrouve 50 gr. d'explosif. 150 gr. d'explosif ont donc déflagré.
99	2	id	0	84	Les fonds de papier sont enlevés. La charge détone complètement une seconde après la mise à feu.
	Flammivore S.G.P.				
45	2	poudre noire et charbon	0	pas de bourrage	La première cartouche est projetée au dehors du mortier et fuse pendant 2 minutes, puis s'éteint; l'extrémité de la carchouche en contact avec la poudre noire est légèrement fondue et carbonisée. La seconde cartouche est restée intacte au fond du mortier.

N° de l'essai	C	Amorçage	V en cm.	B en cm.	Constatations.
46	4	id	0	58	On retire du mortier 300 gr. d'explosif. La première cartouche seule a déf agré ; de cette cartouche, il ne reste que l'enveloppe, légèrement brûlée à l'endroit où se trouvait le mélange d'amorçage.
81	2	poudre noire charbon explosif	0	87	Entre les cartouches, dont les fonds de papier sont enlevés, il y a un interval e de 2 cm. de charbon fin. Toute la charge détone une seconde après la mise à feu.
84	id	id	id	id	Idem.
	Matagnite S.G.P.				
96	2	poudre noire charbon explosif	0	30	Les fonds de papier des cartouches sont enlevés. On retrouve les deux cartouches intactes dans le mortier ; seule la poudre noire a déflagé.
97	2	id	0	74	Les fonds de papier des cartouches sont enlevés. La charge détonne complètement.
159	2	poudre noire (30 gr.)	24	45	Détonation violente de la charge.
160	2	id	55	35	Détonation moins violente que la précédente. On retrouve un peu d'explosif dans le mortier et en dehors.

N° de l'essai	C	Amorçage	V en cm.	B en cm.	Constatations
161	2	id	65	25	Détonation semblable à la précédente ; on retrouve 10 gr. d'explosif.
164	2	id	68	21	Explosion peu violente ; la seconde cartouche dont l'enveloppe porte seulement quelques traces de carbonisation, est restée intacte.
162	2	id	0	30	Entre les deux cartouches, il y a un vide de 30 cm. Explosion peu violente et mêmes constatations que l'expérience 164.
163	2	id	0	30	Entre les deux cartouches, il y a un vide de 15 cm. Explosion peu violente ; on retrouve 30 gr. d'explosif dans le mortier.
	Forcilite.				
155	1	id	45	55	Détonation complète de la cartouche.
156	1	id	75	20	Idem.
157	1	id		pas de bourrage	Violente chasse d'air sans détonation ; on retrouve de l'explosif à l'orifice et au fond du mortier.
129	3	id	30	34	Détonation complète de la charge.

Bien que ne présentant aucune propension à la déflagration, nos explosifs ne sont donc pas rebelles à la propagation de ce phénomène.

Mais pour qu'on soit en droit d'appliquer ces constatations aux tirs avec détonateurs, il faudrait pouvoir assimiler la flamme d'un explosif en voie de détonation à celle d'une charge de poudre noire.

Si cette assimilation était légitime, la détonation retardée pourrait s'expliquer par une discontinuité dans la charge et l'on serait autorisé alors à imaginer le processus suivant.

La cartouche amorce et celles qui lui sont jointives explosent normalement en produisant une flamme; puis celle-ci franchissant l'intervalle vide d'explosif, atteint les cartouches restantes pour les faire déflagrer, puis détoner.

Nous avons vu cependant que dans les essais au mortier, un intervalle ménagé entre les cartouches provoquait soit la détonation totale, soit la détonation partielle de la charge, mais jamais la déflagration.

Toutefois, il faut noter qu'en plus de la flamme, la détonation produit aussi une onde de choc qui se transmet tant par la masse du mortier que par l'intervalle ménagé dans la charge.

L'élasticité du métal et l'indéformabilité du fourneau sont certainement favorables à la propagation de la détonation.

Dans un tir normal, c'est-à-dire en milieu déformable, il se pourrait au contraire que l'onde de choc soit atténuée par la fragmentation du massif et que son influence soit négligeable devant celle de la flamme.

Ces considérations nous ont amenés à poursuivre nos expériences dans une galerie au rocher.

Seconde série d'expériences (1945).

Ces expériences ont été faites en terrains schisteux moyennement durs.

Dans la paroi couchant de notre bouveau du Bois de Colfontaine (Galerie n° I Baraque à ramons), nous avons ouvert un chassage dont le creusement a été effectué entièrement à l'explosif.

Chaque tir était affecté d'un défaut de chargement et constituait donc un essai de déflagration fusante.

La disposition des lieux donnait toute facilité pour observer à distance les effets de l'explosion tandis que l'examen ultérieur des déblais et du front permettait de vérifier si la charge avait ou non détoné complètement.

Nous avons utilisé les explosifs suivants :

Dynamite n° III. (à 22 p. c. de nitroglycérine)	Grisounaphtalite couche 95 p. c. de nitrate ammonique 5 p. c. de trinitrotoluol.
Sabulite O (explosif brisant)	Explosif 7 Nitrate ammonique 76 p. c. Trinitronaphtaline 7 p. c. Farine de bois 2 p. c.
Matagnite S.G.P.	Chlorure sodique 15 p. c.

Les deux dernières sont des formules françaises auxquelles on impute une tendance à la déflagration, surtout en présence des poussières charbonneuses.

J'indique ci-après les conditions dans lesquelles les tirs ont été réalisés.

I. — Le détonateur est sorti de la cartouche amorce.

Le détonateur et la cartouche voisine sont liés à des fils d'acier soudés à une barre également d'acier de 4 mm. de diamètre.

Dynamite n° III (3 essais). — Le détonateur se trouve d'abord à 6,5 cm., puis à 2,5 cm. de la cartouche, ensuite contre la cartouche.

Le trou est fermé chaque fois par un bourrage d'argile de 12 cm. de longueur.

Pour les deux premiers essais il y a eu seulement explosion du détonateur, le troisième essai donna l'explosion de la charge.

Grisounaphtalite-couche. — Le détonateur est contre la cartouche et le bourrage à 16 cm. de longueur.

Seul le détonateur explose.

II. — Les cartouches sont séparées par une intercalation de schiste fin.

Les cartouches alternant avec les intercalations de poussières sont introduites dans un cylindre de papier.

Matagnite. — a) Les cinq cartouches sont séparées par des intercalations de schiste de 5 à 6 cm. de longueur; le bourrage à 10 cm. de longueur.

Toute la charge explose.

b) Les quatre cartouches sont séparées par des intercalations de schiste de 6 cm. de longueur.

Le détonateur est placé contre la cartouche. Bourrage d'argile de 19 cm.

Toute la charge explose.

Grisounaphtalite. — Les 4 cartouches sont séparées par 3 cm. de schiste. Bourrage de 35 cm.

La cartouche amorcée seule explose.

Sabulite O. — Les 4 cartouches sont séparées par 2 cm. de schiste. Bourrage de 16 cm.

Toute la charge explose.

III. — Les cartouches sont séparées par des intercalations de poussières charbonneuses.

Grisounaphtalite couche. — a) Cinq cartouches séparées par 5 cm. de charbon, bourrage de 10 cm., amorçage inverse. Quatre cartouches seulement explosent.

La cinquième restée au fond du trou est durcie.

On la fait exploser après y avoir introduit un détonateur.

b) Quatre cartouches séparées par 4 cm. de charbon, bourrage de 30 cm., amorçage inverse. L'explosion laisse un culot renfermant une cartouche et demie. On place contre l'explosif non détoné, un détonateur puis une boule d'argile. Le détonateur en explosant, éparpille la charge sans la faire détoner.

c) Cinq cartouches séparées par 2 cm. de charbon. On a répandu au préalable des poussières charbonneuses dans le fourneau. Les quatre premières cartouches sont fortement comprimées à l'aide du bourroir. Le bourrage à 8 cm. de longueur et l'amorçage est inverse.

Deux cartouches seulement explosent.

Explosif 7. — a) Quatre cartouches séparées par 1 cm. de charbon fin. - amorçage inverse, bourrage de 27 cm. Les trois premières cartouches seulement ont été fortement comprimées par le bourroir.

Deux cartouches seulement explosent.

b) Six cartouches séparées par 1 à 2 cm. de charbon. Amorçage inverse, bourrage de 23 cm. Deux cartouches seulement explosent. Dans l'explosif restant et durci, on place un détonateur qui fait exploser une partie seulement de la charge.

IV. — Une seule intercalation de matière pulvérulente dans la charge

Matagnite. — a) Quatre cartouches. Derrière la cartouche amorçe, 8 cm. de schiste.

Bourrage de 15 cm.

Seule la cartouche amorçée explose.

Au mortier d'acier de 30 mm., une charge identique explose entièrement, malgré la présence de 8 cm. de schiste derrière la cartouche amorçe.

b) Trois cartouches. Derrière la cartouche amorçe, 10 cm. de schiste. Bourrage de 14 cm.

Seule la cartouche amorçée explose.

c) Deux cartouches. Derrière la cartouche amorce 8 cm. de schiste. Bourrage de 20 cm.

Seule la cartouche amorce explose.

Grisounaphtalite. — Quatre cartouches. Les deux premières introduites dans le fourneau sont fortement comprimées à l'aide du bourroir. Les deux dernières sont séparées des deux autres par 5 cm. de charbon. Bourrage de 22 cm.

Les cartouches comprimées n'explosent pas.

Dynamite n° III. — Deux cartouches séparées par 7 cm. de schiste. Bourrage de 10 cm.

Toute la charge explose.

Sabulite O. — Quatre cartouches. Derrière la cartouche amorce 5 cm. de schiste. Bourrage de 24 cm.

Toute la charge explose.

V. — Explosif mélangé à du charbon fin.

Grisounaphtalite. — a) Dans le fourneau, on introduit successivement 2 cartouches normales, puis 2 cartouches renfermant un mélange d'explosif et de charbon (charbon 20 %). Bourrage de 24 cm.

Seul, le détonateur explose.

b) Même expérience que la précédente, sauf qu'on introduit d'abord les 2 cartouches à 20 % de charbon. Bourrage de 30 cm. Les deux cartouches normales seules explosent.

c) On introduit dans le fourneau deux cartouches d'explosif à 30 % de charbon, puis deux cartouches et demie d'explosif de composition normale, mais fortement comprimées. Bourrage de 25 cm. Les 2 cartouches au charbon n'ont pas détoné.

Aucun de ces tirs n'a donné lieu à des constatations spéciales; les charges ont détoné plus ou moins complètement, mais aucune n'a déflagré.

Nous avions cependant réalisé des malfaçons grossières qui ont eu souvent pour effet d'arrêter l'onde explosive avant l'explosion totale de la charge, circonstance favorable semble-t-il à l'apparition transitoire d'une décomposition déflagrante.

Dans l'ensemble, nos expériences semblent bien démontrer que les explosifs belges tout spécialement, ne présentent pas une propension bien caractérisée à la déflagration.

On a tenté aussi d'expliquer les détonations retardées par des longs feux dans les détonateurs.

La pâte ou poudre d'amorce serait le siège d'une combustion ralentie progressant lentement à partir du

pont (fil de platine) ou bien le transport de la flamme de l'amorce serait gêné par une matière combustible qui se serait introduite fortuitement dans le détonateur.

Disons d'abord que pour expliquer des détonations en retard de 5 minutes et plus sur le lancé du courant, il faudrait admettre que la combustion de la pâte d'amorce nécessitât un intervalle de temps équivalent pour parcourir l'épaisseur de la matière inflammable soit 2 à 5 mm. au maximum.

On imagine difficilement une réaction chimique progressant à une allure aussi réduite malgré les pertes de chaleur par conduction.

Certains ont estimé cependant que la combustion ralentie dans l'amorce pouvait être due à une insuffisance du courant d'allumage.

Nous n'avons pas fait d'essais systématiques pour vérifier la validité de cette hypothèse; nous pouvons cependant lui opposer l'argument suivant :

Depuis 1933, nous avons, au cours de nos recherches sur les détonateurs de fabrication belge, enregistré environ 250 ratés d'allumage. Ceux-ci étaient dus à une insuffisance soit de l'intensité, soit de la durée d'application du courant, controlées l'une et l'autre par un enregistrement à l'oscillographe. Jamais, nous n'avons observé qu'un détonateur n'ayant pas explosé dès le lancé du courant le fît ensuite spontanément.

Récemment, nous avons expérimenté nonante amorces de composition défectueuse réalisées à notre demande par une firme belge fabriquant des détonateurs. Le défaut consistait en un dosage incorrect des constituants.

Ces amorces ont été soumises à des courants d'intensité variable et de faible durée (1 à 1,35 ampère pendant 8,53 millisecondes, 0,55 à 1 ampère pendant 26 millisecondes).

Sur les nonante amorces essayées, onze ne se sont pas enflammées dès le lancé de courant, mais aucune de ces onze amorces ne s'est allumée spontanément après l'essai.

Nous nous sommes demandé également si la présence d'une petite quantité de fine sciure de bois sur la charge fulminante ne pouvait être une cause de long feu.

Dans certaines usines, les détonateurs après avoir reçu leur charge fulminante et avant montage de l'amorce, sont roulés dans un tambour rotatif sous une couche de sciure de bois.

Nous avons donc introduit dans des détonateurs ordinaires, de petites quantités de sciure de bois (0,02 à 0,05 gr.) puis, nous avons serti sur ces détonateurs des amorces électriques.

En allumant l'amorce à l'aide d'un exploseur, nous avons obtenu soit l'explosion normale du détonateur, soit l'expulsion de l'amorce avec ou sans déchirement du tube de cuivre, mais jamais le long feu.

Introduits dans une charge explosive, ces détonateurs se comportent de la même façon. En explosant, ils font détoner les cartouches et si l'amorce seule s'enflamme en déchirant le tube de cuivre, la matière explosive reste insensible à la flamme.

Jusqu'à présent, nous n'avons donc pu réaliser des explosions retardées par des détonateurs défectueux.

Nous estimons cependant ne pas devoir abandonner ces recherches.

4) Essais de mise en défaut des explosifs antigrisouteux.

Pendant l'année 1945, nous avons donc enregistré deux inflammations de grisou qui se sont produites lors du tir de charges comportant au maximum 3 cartouches d'explosif S. G. P. gainé.

Au cours d'essais effectués sur les échantillons saisis dans les charbonnages, nous avons pu, en plein grisou et sans obtenir l'inflammation, tirer des charges supérieures en poids à celles qui auraient provoqué l'accident.

Rappelons également que certaines constatations nous ont amenés à formuler des réserves au sujet de l'exécution du minage; dans un cas, le boutefeu avait enlevé la gaine des cartouches et dans l'autre, la ligne de tir était avariée et susceptible de donner des étincelles dangereuses.

Mais parmi les circonstances notées spécialement par les Ingénieurs de Mines, on relève dans les deux cas, la présence de fissures dans le massif à emporter. Cette fissuration du massif est considérée depuis longtemps par les expérimentateurs du « Safety in Mines Research Board » comme une circonstance aggravante des conditions du tir.

D'après une étude qui nous est parvenue tout récemment (The Institution of Mining Engineers - Sheathed explosives by Grimshaw) on a enregistré dans les mines anglaises de juin 1939 à octobre 1941, onze inflammations de grisou survenues à l'occasion de tirs d'explosifs gainés qui avaient été chargés dans des fourneaux creusés dans des massifs fissurés.

Suivant l'auteur de ce travail, on pouvait dire que pour les onze cas étudiés la cassure communiquait avec le trou de mine ou bien passait dans son voisinage immédiat.

Diverses hypothèses ont été formulées au sujet de l'influence des cassures sur l'issue du tir. Certains ont prétendu que l'inflammation du mélange grisouteux s'amorçait par compression adiabatique à l'intérieur des espaces confinés voisins de la charge; d'autres ont supposé que par suite de la faible résistance du massif, la charge explosait sans effectuer de travail comme elle le ferait à l'air libre.

Pour ces raisons, nous avons jugé intéressant de soumettre les explosifs mis en cause lors des deux inflammations mentionnées ci-avant, à des essais spéciaux s'écartant des conditions normales d'épreuve des explosifs S. G. P.

Dans certains essais nous avons visé à réaliser la compression du mélange inflammable dans des espaces plus ou moins confinés et sous le choc des gaz émis par les charges explosives.

Pour d'autres, nous avons tiré des petites charges dans des fourneaux courts avec ou sans bourrage, soit au mortier, soit dans des blocs de pierre.

Toutes ces expériences ont été réalisées dans des conditions considérées comme particulièrement favorables à l'inflammation.

Les deux explosifs utilisés étaient de types bien différents,l'un (explosif A) avec de la nitroglycérine, l'autre (explosif B) sans nitroglycérine.

TIRS AU MORTIER, METTANT EN ŒUVRE DES PHENOMENES DE COMPRESSION DU MELANGE GRISOUTEUX.

Première série d'expériences.

Neuf cartouches de 100 gr. d'explosif A non gainé sont chargées dans le mortier (I) de 55 mm. suivant le mode habituel, c'est-à-dire juxtaposées par groupes de 3. Le détonateur se trouve dans une des trois premières cartouches introduites (amorçage postérieur). (Voir figure 3).

Le mortier (I) est placé près d'un second (II) dont le fourneau vide d'explosif est tourné vers la charge.

Une pompe aspirante et foulante force le mélange inflammable d'air et de grisou réalisé dans la galerie à pénétrer dans le fourneau du mortier II et à se répandre dans l'intervalle compris entre les deux mortiers I et II.

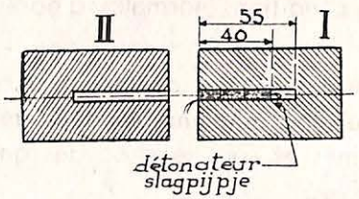


Fig. 3.

Lors du tir, ce mélange subit le choc direct des gaz chauds projetés par la charge et est soumis de ce fait à une violente compression.

La pression qui s'établit au moment du tir, dans l'intervalle entre les deux mortiers, est si élevée que le mortier n° II est violemment projeté en arrière jusqu'à 2 et 3 m. de sa position initiale.

Nous avons fait cinq essais pour lesquels la distance séparant les deux mortiers a été respectivement de 25, 60, 100 et 200 millimètres.

Dans aucun cas, nous n'avons observé l'inflammation du mélange titrant de 8,25 à 9,50 % de méthane.

Seconde série d'expériences.

Les expériences de la seconde série sont analogues aux précédentes en ce sens qu'elles mettent encore en œuvre le phénomène de compression, mais maintenant, le mélange grisouteux reçoit le choc d'une plaque métallique soumise elle-même à la poussée des gaz chauds émis par la charge.

Pour deux de ces expériences, nous avons adopté la disposition représentée à la figure 4.

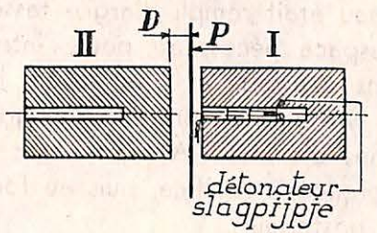


Fig. 4.

Le mortier est chargé de 9 cartouches d'explosif A non gainé; le fond du mortier II se trouve à 120 mm. environ du fourneau du mortier I.

Dans l'intervalle, se trouve une plaque verticale d'acier P de 2 mm. d'épaisseur. La distance D entre la tôle et le fond du mortier II était de 20 mm. pour la première expérience et de 60 mm. pour la seconde.

Nous utilisons ensuite une tôle cintrée T disposée comme indiqué à la figure 5.

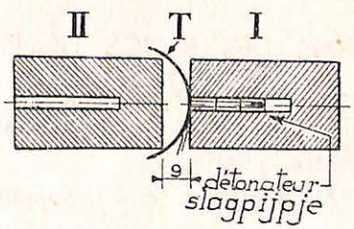


Fig. 5.

Aucune de ces trois expériences n'a donné l'inflammation.

Pour chacune d'elles, il y a eu cependant pulvérisation de la tôle métallique et recul important du mortier II.

TIRS DE CHARGES DANS DES FOURNEAUX COURTS.

Les tirs ont été effectués dans un mortier de 3 5mm., dont le fourneau était rempli d'argile tassée jusqu'à ne laisser que l'espace nécessaire pour l'introduction des cartouches sans bourrage ni vide devant la charge.

Nous avons tiré ainsi en présence du grisou I, 2, 3, 4 et 6 cartouches d'explosif A (cartouches en une seule file) avec amorçage à l'orifice, puis au fond (amorçage antérieur, puis postérieur).

Aucun de ces tirs n'a donné l'inflammation.

Comme on le sait, la position du détonateur influe considérablement sur la longueur des flammes sortant du mortier.

Nous l'avons vérifié à nouveau par des photographies latérales de la flamme sur film mobile.

Quatre cartouches tirées sans bourrage, comme nous venons de l'indiquer, donnent une flamme :

a) de 18 cm de longueur, lorsque le détonateur est à l'orifice;

b) de 70 cm. de longueur, d'une durée de 0,75 milliseconde, lorsque le détonateur est au fond du mortier.

TIRS DANS DES BLOCS DE PIERRE.

Explosifs A. — Les expériences ont été réalisées dans des blocs de pierre calcaire introduits dans la chambre d'explosion de notre galerie.

Les trous forés dans ces blocs avaient 35 mm de diamètre.

Nous représentons aux figures 6 à 11 les blocs utilisés pour ces expériences avec leurs dimensions cotées en centimètres.

Tous les tirs ont été faits en présence du grisou (8,75 à 10 % de méthane) et avec l'explosif non gainé.

Nous indiquons ci-après les charges mises en œuvre :

Figure 6. : trou de 23 cm de longueur, deux cartouches fortement comprimées, sans bourrage, pas inflammation.

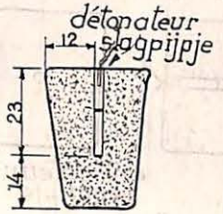


Fig. 6.

Figure 7. : trou de 28 cm, deux cartouches fortement comprimées, bourrage de 8,5 cm d'argile, inflammation.

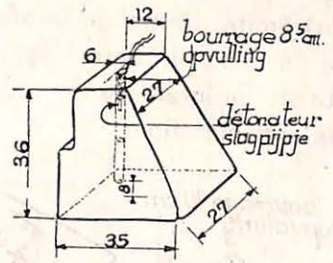


Fig. 7.

Figure 8. : trou de 27 cm, trois cartouches comprimées jusqu'à écrasement, bourrage de 3 cm d'argile, pas inflammation.

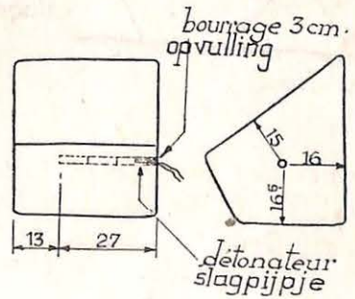


Fig. 8.

Figure 9. : trou de 27 cm traversant le bloc de part en part, deux cartouches non comprimées, sans bourrage, **inflammation.**

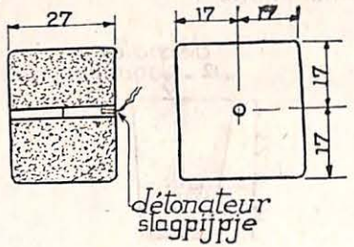


Fig. 9.

Figure 10. : trou de 37 cm traversant le bloc I de part en part; deux cartouches derrière un bourrage de 10 cm.
L'extrémité arrière de la charge est cachée par le bloc II. Entre les blocs I et II, il subsiste un intervalle de 1/2 cm de hauteur, pas inflammation.

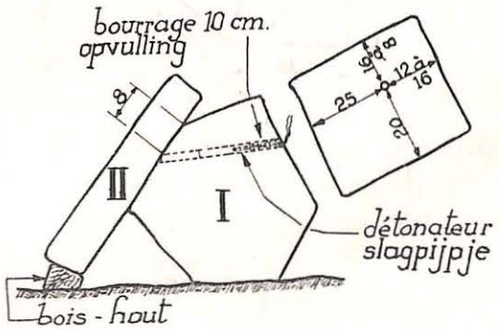


Fig. 10.

Figure 11. : Expérience analogue à la précédente : trou de 37 cm traversant le bloc de part en part. Deux cartouches et demie derrière un bourrage de 4,5 cm. L'extrémité arrière de la charge est cachée par le bloc II. Entre les blocs I et II, il subsiste un intervalle de 1/2 à 2 cm de hauteur, pas inflammation.

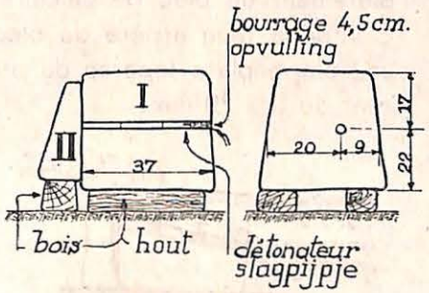


Fig. 11.

Nous n'avons obtenu l'inflammation que dans le cas d'un fourneau ouvert aux deux extrémités et chargé de 2 cartouches.

Toujours dans le cas d'un fourneau traversant le bloc de part en part, il a suffit pour empêcher l'inflammation de confiner la charge d'un coté par un bourrage très court (10 cm au maximum) et de l'autre par un bloc appliqué contre le fourneau.

Nous n'avons pu disposer de blocs assez volumineux pour tirer des charges supérieures à 250 gr. d'explosif.

Les deux dernières expériences que nous n'avons pu reproduire en plus grand nombre, semblent bien démontrer que la flamme émise par le fond de la charge à l'intérieur d'une fissure remplie de mélange inflammable, ne présente pas de danger spécial du moins dans le cas de faibles charges (2 1/2 cartouches).

Explosifs B.

Figure 12. : La charge d'une cartouche dégainée est placée derrière un bourrage de 8 cm d'argile, dans un trou de 20 cm traversant complètement un bloc de calcaire.
Contre la face arrière du bloc, est placée une pierre plate séparée du premier par un joint de 0 à 20 mm.

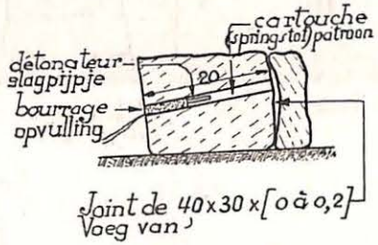


Fig. 12.

Figure 13. : La charge d'une cartouche dégainée est placée derrière un bourrage de 13 cm d'argile dans un trou de 25 cm traversant complètement un bloc de grès. Ce bloc repose sur une pierre plate dont il est séparé par un joint mesurant de 0 à 40 mm de hauteur.

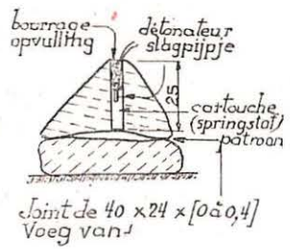


Fig. 13.

Figure 14. : La charge d'une cartouche dégainée est placée derrière un bourrage de 12 cm d'argile dans un trou de 24 cm traversant bloc de calcaire. Contre la face du bloc est appliquée une pierre plate. La largeur du joint ménagé entre les 2 pierres varie de 0 à 30 mm.

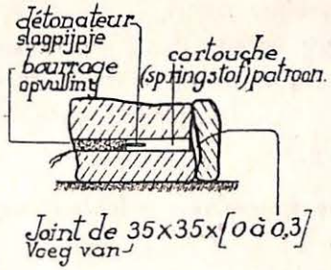


Fig. 14.

Figure 15. : La charge de deux cartouches dégainées est placée derrière un bourrage de 9 cm d'argile dans un trou de 33 cm qui communique avec l'extérieur par un autre trou de 24 cm de longueur. Le bloc est en pierre calcaire.

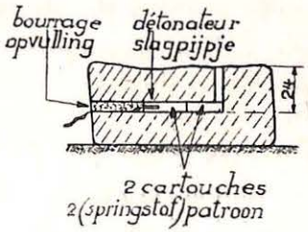


Fig. 15.

Aucun de ces tirs n'a donné l'inflammation.
Ces essais confirment ceux obtenus avec l'explosif (A).
Un bourrage de longueur inférieure au minimum pres-

crit par le règlement sur l'emploi des explosifs (20 cm) et une pierre plate appliquée contre l'orifice arrière du fourneau suffisent pour empêcher l'inflammation.

On objectera cependant que dans toutes nos expériences, les espaces confinés accessibles à la flamme de l'explosif sont bien inférieurs au point de vue étendue aux fissures ou diaclases qu'on observe fréquemment dans les travaux souterrains.

Pour cette raison, nous nous proposons de poursuivre nos expériences de mise en défaut dans une de nos galeries du Bois de Colfontaine, creusée en terrain grèseux, dur et fissuré.

5) Recherches spéciales sur les explosifs S. G. P.

Dans ces recherches réalisées avec des moyens très simples, nous nous sommes proposé de déterminer certaines caractéristiques de nos explosifs S. G. P.

Jusqu'à présent, nous ne possèdions en effet aucun renseignement sur la longueur et la durée des flammes des explosifs S. G. P., sur leur vitesse de détonation et sur la composition des gaz émis par les charges tirées au mortier.

α) Longueur et durée des flammes.

Pour déterminer ces deux caractéristiques, nous avons photographié sur un film mobile, la flamme de la charge tirée dans un mortier d'acier.

La figure 16 représente schématiquement la disposition adoptée pour la réalisation de ces expériences.

Le mortier M dont le fourneau mesure 1,16 m de longueur et 35 mm de diamètre est placé contre une des ouvertures latérales de notre galerie d'acier dans laquelle se trouve l'appareil photographique protégé par une solide caisse de bois C percée d'un regard avec glace G.

Cet appareil ne comporte qu'une lentille L formant l'image latérale de la flamme sur un film photographique attaché sur un tambour mobile T. Celui-ci est animé d'un mouvement de rotation qu'il reçoit d'un moteur électrique m par l'intermédiaire d'une courroie.

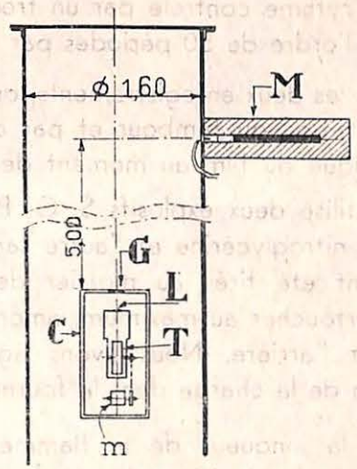


Fig. 16.

Pour pouvoir évaluer la longueur et la durée de la flamme, il faut connaitre évidemment le rapport de réduction des longueurs sur l'image ainsi que la vitesse périphérique du film.

Le premier se détermine une fois pour toutes en photographiant sur le film fixe une longueur connue.

Pour mesurer la vitesse du film au moment de l'explosion, nous utilisons un oscillographe à boucles.

Dans une des joues de la poulie d'entrainement du tambour est inséré un secteur isolant; le passage de ce secteur sous un contact fixe interrompt une fois par tour, un circuit alimenté par une batterie et se fermant sur l'une des boucles de l'oscillographe.

Celui-ci est pourvu d'une seconde boucle qui enregistre la tension du réseau à courant alternatif.

Sur le même oscillogramme, figurent donc deux enregistrements, celui des interruptions du circuit de la batterie et celui des pulsations de la tension alternative se succèdant à un rythme contrôlé par un fréquencemètre, mais qui est de l'ordre de 50 périodes par seconde.

En comparant les deux enregistrements, on peut établir la vitesse de rotation du tambour et par conséquent la vitesse périphérique du film au moment de l'expérience.

Nous avons utilisé deux explosifs S. G. P. non gainés, l'un à 10 % de nitroglycérine et l'autre sans nitroglycérine. Ceux-ci ont été tirés au mortier de 35 mm en charges de 4 cartouches au maximum, amorçées soit par l'avant, soit par l'arrière. Nous avons également fait varier la position de la charge dans le fourneau.

La forme et la longueur de la flamme dépend en ordre principal de la position du détonateur. Suivant que celui-ci se trouve vers l'orifice ou vers le fond du mortier (amorçage antérieur ou postérieur), on obtient soit une flamme de force globulaire à contour continu, soit une flamme formée de dards disposés en aigrette symétriquement de part et d'autre de l'axe du mortier.

Cette symétrie ne s'observe évidemment que dans les photographie sur film fixe, car lorsque celui-ci est en mouvement, les dards s'incurvent dans le sens opposé à celui du déplacement.

Dans la figure 17 nous avons représenté schématiquement l'image d'une flamme en aigrette sur le film fixe ou mobile.

La distance L mesurée à l'échelle de réduction de

l'objectif donne la longueur de la flamme, tandis que la distance l divisée par la vitesse périphérique du film permet d'en déterminer la durée.

Remarquons que la mesure de l'incurvation des dards permet par une formule très simple d'établir aussi la vitesse d'expulsion des gàz chauds.

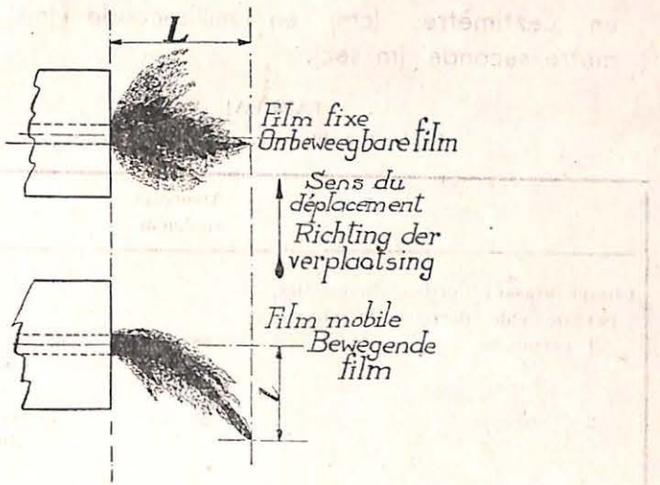


Fig. 17.

Mais, comme on le verra par nos résultats d'expériences, ces vitesses d'expulsion sont très variables.

Sur les photographies données par le tir de charges amorcées du coté de l'orifice du mortier, nous n'avons pu mesurer que la longueur de la flamme. L'image sur film mobile n'est guère différente en effet de celle enregistrée sur le film fixe, ce qui indique une durée extrêmement faible du phénomène lumineux. Pour une de nos expériences, nous avons estimé que cette durée devait être de l'ordre de 0,17 milliseconde, ce qui parait bien être un maximum pour les charges amorçées du côté de l'orifice.

L'amorçage par l'arrière donne au contraire des flam-

mes beaucoup plus longues dont on peut déterminer facilement la durée d'après la photographie sur film mobile.

Nous indiquons dans les tableaux X et XI les résultats des mesures effectuées sur les films. La longueur, la durée et la vitesse d'expulsion sont notées respectivement en centimètres (cm) en milliseconde (ms) et en mètre/seconde (m/sec).

TABLEAU X

Explosif à 10 p. c. de nitroglycérine.

	Amorçage antérieur	Amorçage postérieur
Charge arasant l'orifice du mortier, pas de vide derrière la charge, 1 cartouche	18 cm.	37 cm. 0,32 ms 1.030 m/sec.
2 id.	23 cm.	75 cm. 0,603 ms 1.270 m/sec.
5 id.	18 cm.	70 cm. 0,742 ms 1.270 m/sec.
Charge arasant l'orifice du mortier, vide de 28 cm. derrière la charge. 4 cartouches	27 cm.	75 cm. 0,62 ms 1.095 m/sec.
Vide de 28 cm. devant la charge, pas de vide derrière la charge. 2 cartouches	20 cm. 0,17 ms	55 cm. 0,655 ms 940 m/sec.
Vide de 33 cm. devant la charge, pas de vide derrière la charge. 4 cartouches.	20 cm.	105 cm. 1,035 ms 920 m/sec.

B .N. — Aucun de ces tirs n'enflam me le grisou.

TABLEAU XI

Explosif sans nitroglycérine.

	Amorçage antérieur	Amorçage postérieur
Charge arasant l'orifice du mortier; pas de vide derrière la charge. 4 cartouches	22 cm.	85 cm. 0,6 ms 1.120 m/sec.
Charge arasant l'orifice du mortier; vide de 28 cm. derrière la charge. 4 cartouches	30 cm. 1.139 m/sec.	70 cm. 0,5 ms 1.500 m/sec.
Vide de 28 cm. devant la charge; pas de vide derrière la charge. 4 cartouches	23 cm.	87 cm. 0,82 ms 900 m/sec.

N. B. Aucun de ces tirs n'enflamme le grisou.

Comme on peut le constater, quand on passe de l'amorçage antérieur à l'amorçage postérieur, la longueur de la flamme est au moins doublée, elle est même triplée et parfois quintuplée, lorsqu'il s'agit de charges comportant 4 cartouches.

Quant à la vitesse d'expulsion des gaz chauds, certaines expériences nous ont donc donné des chiffres voisins de 1.200 m/sec, que deux expérimentateurs du Bureau of Mines des Etats-Unis ont indiqué dans une publication récente comme étant la vitesse de projection de particules d'explosif émises par des charges tirées au mortier.

L'examen des films conduit cependant à une constatation d'une portée plus générale, dont la vérification était d'ailleurs le but essentiel de nos recherches.

Toutes les flammes enregistrées sont continues, c'est-à-

dire, non interrompues par des intervalles obscurs; il n'y aurait donc plus de flammes de troisième phase comme E. Lemaire l'avait constaté autrefois pour plusieurs explosifs S. G. P. (voir Aspect des flammes du tir au mortier. Annales des Mines de Belgique - Année 1914, pp. 37 et suivantes).

Rappelons qu'E. Lemaire classait les phénomènes lumineux accompagnant le tir au mortier, de la manière suivante :

a) Flammes de première phase correspondant à des réactions incomplètes qui se font avec la vitesse de l'onde explosive.

b) Flammes de seconde phase correspondant à des réactions qui se passent dans les gaz sortant du mortier, sans intervention nécessaire de l'oxygène de l'air.

c) Flammes de troisième phase correspondant à des réactions se poursuivant après mélange des gaz d'explosifs avec l'atmosphère ambiante.

Cette classification ressortait de l'examen de photographies sur plaques fixes, face à la charge explosant au mortier.

L'enregistrement sur film mobile des flammes de seconde et troisième phases (les seules visibles sur une photographie latérale) devrait conduire à deux images nettement séparées par un intervalle, qui serait fonction du décalage dans le temps des réactions secondaires et tertiaires.

Aucun de nos films n'a donné lieu à une constatation de ce genre; nos explosifs S. G. P. actuels ne donnent donc pas de flammes de troisième phase dans le tir au mortier de 35 mm.

Cette conclusion présente un grand intérêt au point

de vue sécurité, car les réactions tertiaires au sein de l'atmosphère ambiante jouent inconstestablement un rôle déterminant dans l'inflammation du grisou ou des poussières.

b) Mesure de la vitesse de détonation.

Pour mesurer la vitesse de détonation des explosifs S. G. P., nous avons utilisé également la méthode photographique.

L'explosif retiré de son enveloppe de papier paraffiné est introduit dans un tube de verre suspendu en position horizontale à deux tiges verticales en acier.

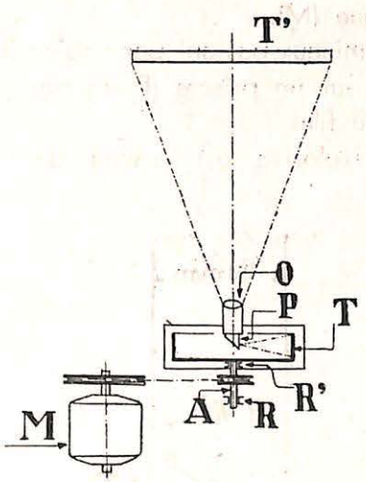


Fig. 18.

Au moment de la détonation, la charge est photographiée sur un film sensible porté par un tambour métallique animé d'un mouvement de rotation rapide autour de son axe de symétrie dont la direction est parallèle à celle de la charge.

Cette méthode est couramment utilisée pour l'étude de la détonation dans les mélanges gazeux.

Dans le but d'augmenter la précision de la mesure, nous avons été amenés à communiquer au tambour une vitesse atteignant en moyenne 150 tours/seconde.

Pour une telle vitesse, nous ne pouvions placer le film à la périphérie du tambour, car il se serait immédiatement déchiré sous l'effort de traction dû à la force centrifuge.

Nous avons donc adopté la disposition indiquée à la figure 18.

Le film est placé sur la face intérieure du tambour (T) calé en porte-à-faux à l'extrémité d'un arbre (A) porté par les roulements à billes (R) et R') et actionné par un moteur électrique (M).

Les rayons lumineux passant par l'objectif (O) viennent après réflexion sur un prisme (P) former l'image sur le côté sensible du film.

La charge explosive est placée dans le tube de verre (T').

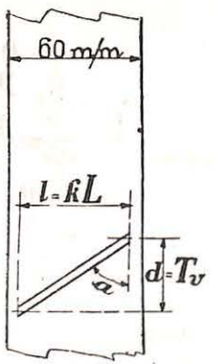


Fig. 19.

La vitesse du tambour au moment de l'explosion est déterminée par le même procédé que celui indiqué précédemment à propos de notre recherche sur les flammes d'explosifs.

Après développement du film en chambre noire, la photographie de la charge se présente sous la forme schématisée dans la figure 19.

Dès lors, le calcul de la vitesse de détonation s'établit comme suit :

Appelons V, L, T respectivement la vitesse de détonation la longueur de la charge et le temps nécessaire à l'onde explosive pour passer d'une extrémité à l'autre de la charge.

$$\text{On a : } V = L/T.$$

Dans le schéma fig. 19, l est égal à la longueur L de la charge, multipliée par le coefficient de réduction la charge, multipliée par le coefficient de réduction k de l'objectif, soit donc $l = k\ L$.

D'autre part, d est égal à Tv, v étant la vitesse périphérique du film.

La formule précédente peut donc s'écrire :

$$V = (v/k)\ (l/d)$$

l/d étant égal à la tangente trigonométrique de l'angle a que fait l'image de la charge avec le bord du film, on obtient finalement :

$$V = (v/k)\ \text{tg}\ a.$$

Pour calculer la vitesse de détonation,il suffit donc de connaitre : 1) La vitesse périphérique du film; on la détermine à partir de la vitesse de rotation du tambour, le développement de ce dernier étant de 783 mm.

2) Le coefficient de réduction de l'objectif, coefficient que l'on établit par photographie sur film fixe d'une longueur connue.

3) L'angle a de l'image avec le bord du film qu'on mesure à l'aide d'un rapporteur.

La mesure de cet angle pouvant se faire à 15 secondes près, l'erreur maximum que l'on puisse commettre est de 42 m par seconde pour une vitesse de détonation de 3664 m/sec, celle-ci correspondant à :

a = 65° et vitesse du tambour : 150 tours/sec.

Au cours de nos expériences, nous avons utilisé des tubes de verre de différents diamètres dans lesquels l'explosif était introduit sous forme pulvérulente.

A l'aide d'un bourroir de bois, on comprimait plus ou moins la matière explosive, ce qui nous permettait d'obtenir différentes densités de chargement.

En procédant ainsi , nous avons réalisé des cartouches en tubes de verre de 70 à 75 cm de longueur.

Certaines de ces cartouches ne présentaient aucune discontinuité; dans d'autres, nous avons à dessein, fractionné la charge en plusieurs tronçons séparés soit par des intervalles d'air, soit par des remplissages de matériaux stériles.

A. Vitesse de détonation de charges continues

Alkalite (explosif sans nitroglycérine).

(En tubes de verre de 27 à 28 mm de diamètre).

Densité	Vitesse en m/sec.
1,141	3.405
1,147	3.391
1,200	3.370
1,243	3.397
1,252	3.544
1,253	3.517

Triamite (explosif sans nitroglycérine)

(En tubes de verre de 27 à 28,5 mm de diamètre).

Densité	Vitesse en m/sec.
1,084	3.279
1,102	3.138
1,17	3.227
1,214	3.335
1,228	3.530
1,23	3.318
1,236	3.490
1,271	3.429

Matagnite V (explosif renfermant 10 % de nitroglycérine).

(En tubes de verre de 27 à 28 mm de diamètre).

Densité	Vitesse m/sec.
1,01	2.214
1,034	2.156
1,05	2.271
1,134	2.053
1,15	2.306

Flammivore (explosif renfermant 10 % nitroglycérine).

(En tubes de verre de 27 à 28,5 mm de diamètre).

Densité	Vitesse m/sec.
0,962	2.668
1,14	2.700
1,15	2.770
1,17	2.763
1,21	3.050
1,22	2.950
1,22	2.949
1,23	2.891
1,25	2.984
1,26	2.920
1,29	3.150

Pour chaque expérience, la photographie du tube sur le film mobile est une ligne droite, ce qui indique une vitesse de propagation rigoureusement constante d'une extrémité à l'autre de la charge.

Fig. 20.

La figure 20 représente un de ces enregistrements (film 237). La vitesse linéaire du film et l'angle de l'image sont respectivement 111970 mm/seconde et 59°30'; la vitesse de détonation est de 2770 m/sec.

Nous avons indiqué chaque fois, la densité moyenne de chargement et il semble bien qu'un accroissement de cette caractéristique entraine une augmentation de la vitesse de détonation.

Cette vitesse est cependant affectée d'une dispersion assez importante dont on peut se rendre compte en comparant les valeurs obtenues pour deux densités voisines.

La raison de cette dispersion nous échappe, mais on peut se demander si elle n'est pas due en ordre principal, aux inégalités locales de la densité de chargement, inégalités qu'on ne peut éviter dans les manipulations du bourroir.

Il ressort cependant de nos essais que les explosifs renfermant de la nitroglycérine (Matagnite et Flammivore) ne sont pas nécessairement ceux possèdant la vitesse de détonation la plus grande.

A titre de comparaison, nous indiquons ci-après les vitesses de détonation obtenues avec trois explosifs non S. G. P.

Sabulite O	3730 m/sec.
Dynamite n° 1	4936 m/sec.
Trinitrotoluol	7300 m/sec.

Les essais suivants relatifs à la Matagnite et à la Triamite montrent l'influence du diamètre de la charge sur la vitesse de détonation.

Diamètre du tube en mm	Vitesse de détonation m/sec.	Densité
	Triamite	
27	1,28	3.313
32	1,42	3.373
	Matagnite	
18	1,084	1,615
19	1,16	1,891
21	1,139	1.900
25	1,08	1,963
31	1,09	2.014

La vitesse de détonation augmente donc avec le diamètre de la colonne explosive.

Enfin, dans tous les essais qui précèdent, la charge explosive arasait les extrémités du tube de verre. Dans les essais suivants, réalisés uniquement avec le Flammivore, elle était comprise entre deux bouchons d'argile de 5 cm de longueur.

Diamètre du tube	Densité	Vitesse détonation
27 mm	1,12	2.780 m/sec.
27 mm	1,17	3.005 m/sec.

Ces vitesses sont du même ordre que celles enregistrées pour les charges libres aux extrémités.

Dans l'essai suivant, le tube de verre (diamètre 26,5 mm, longueur 700 mm est introduit dans un tube d'acier de 500 mm de longueur; entre les deux tubes, le jeu est de 2 mm environ.

Sur le film, on ne voit que les images des extrémités du tube de verre; il est néanmoins possible de déterminer l'inclinaison de la ligne figurant la marche de détonation et de calculer la vitesse.

Celle-ci est de 2.789 m/sec pour une densité de 1,18, c'est-à-dire encore du même ordre que celles enregistrées dans les premières expériences.

Le confinement réalisé par les 2 bourrages d'argile ou par le frettage du tube de verre est donc sans influence sur la vitesse de détonation.

Cette constatation de même que la constance de la vitesse de détonation rappellent d'une manière frappante ce qu'on observe avec les mélanges gazeux détonants. Pour ceux-ci également, la vitesse de l'onde explosive est constante que l'inflammation soit produite à l'extrémité ouverte ou à l'extrémité fermée du tube.

B. — VITESSE DE LA DÉTONATION DANS LES CHARGES DISCONTINUES.

Pour ces expériences, la charge (Flammivore) introduite dans un tube de verre de 27 à 28,5 mm de diamètre était fractionnée en plusieurs tronçons séparés par des intervalles d'air ou par des remplissages d'argile ou de schiste.

a) Deux colonnes explosives séparées par un intervalle d'air.

(Les densités indiquées sont celles des deux colonnes explosives en commençant par la colonne amorçée du détonateur).

Longueur de l'intervalle en mm.	Densités	Vitesse détonation m/sec.
20	1,08 — 1,05	2.754
25	1,04 — 1,14	2.560
30	1,26 — 1,23	2.979

La vitesse de détonation est constante et la même dans les deux colonnes.

Pour la première et la troisième expériences les deux colonnes d'explosifs étaient couvertes à leurs extrémités de disques de carton et leur écartement était maintenu constant par un tube de verre intérieur.

La présence de ce tube intérieur a problablement facilité la transmission de l'onde explosive, car les vitesses enregistrées sont alors du même ordre que celles indiquées pour les expériences sans discontinuité.

Pour le second essai, les 2 colonnes étaient placées dans des tubes distincts, s'emboitant dans un autre de diamètre plus grand.

Cette disposition est moins favorable à la transmission que la précédente. Aussi, nous avons obtenu une vitesse de 2.560, c'est-à-dire inférieure à celle de la charge continue pour la même densité (2700 m).

b) **Deux colonnes explosives séparées par un remplissage d'argile).**

(Les densités indiquées se rapportent aux deux colonnes explosives en commençant par celle amorçée du détonateur).

Longueur du remplissage en mm.	Densité	Vitesse de détonation m/sec.
30	1,14 — 1,16	3,020
20	1,17 — 1,18	2.979

L'onde explosive ne s'est pas prolongée dans la deuxième colonne.

c) **Deux colonnes séparées par un remplissage de schiste pulvérulent.**

(Les densités et vitesses indiquées se rapportent aux deux colonnes explosives en commençant par celle amorçée du détonateur).

Longueur du remplissage en mm.	Densité	Vitesse de détonation en m/sec.
10	1,13 — 1,17	2.938 — 3.140
20	1,20 — 1,24	2.967 — 2.997
35	1,20 — 1,20	2.900 .....
		La détonation ne s'est pas transmise à la seconde colonne.

Pour le second essai (voir fig. 21, film 231) réalisé avec un remplissage déjà assez long de schiste pulvérulent, le décalage entre les deux images représentant sur le film les deux tronçons de la charge en voie de détonation, est de 4 mm environ, auquel correspond un intervalle de temps de 1/40 milliseconde nécessaire à la transmission de l'onde à travers le schiste et le verre.

Fig. 21.

La discontinuité de 20 mm environ, a donc été franchie à une vitesse de l'ordre de 800 m/seconde.

Il est assez curieux qu'une onde de choc de vitesse aussi faible ait pu rétablir dans le second tronçon de la charge, l'onde explosive avec sa vitesse normale ou du moins du même ordre que celle déclenchée par l'explosion du détonateur.

Dans un essai spécial effectué sur une charge interrompue par cinq remplissages de schiste pulvérulent ayant respectivement 7, 7, 7, 7 et 30 mm de longueur, la vitesse moyenne de détonation a été trouvée égale à 2.617 m/sec.

Enfin, dans un dernier essai, nous avons intercalé entre les deux colonnes explosives, un cylindre de schiste de 30 mm de longueur, amené par tournage à un diamètre égal à celui du tube de verre (27 mm).

Les densités des deux colonnes étaient respectivement de 1,12 et 1,09. L'onde de choc a franchi la discontinuité à une vitesse de l'ordre de 2.318 m/sec, la vitesse de détonation étant de 2.671 m dans la première et de 2.621 dans la seconde.

Toutes ces expériences montrent que, si l'onde de choc franchit la discontinuité, la détonation de la seconde colonne se propage à une vitesse constante et du même ordre que si cette détonation avait été amorcée par par l'explosion d'un détonateur.

On pouvait se demander en effet si la présence dans la charge d'un intervalle d'air ou d'un remplissage de matériau stérile n'était pas de nature à provoquer un ralentissement de l'onde explosive dans la partie non amorcée de la charge, mais il n'en n'est rien, car la détonation se propage à peu près à la même vitesse dans les deux colonnes explosives.

En présence de ces constatations, on conçoit difficilement que la détonation d'une charge d'explosif S. G. P. puisse à la faveur d'une discontinuité, dégénérer en déflagration, celle-ci étant caractérisée par une vitesse de propagation bien inférieure à celle de la détonation.

c) Composition des gaz émis par les charges tirées au mortier.

Cette étude nécessite évidemment comme opération préliminaire le captage des gaz dès leur explosion du mortier.

Nous utilisons à cette fin un récipient en cuivre rouge dans lequel on a fait au préalable le vide .

Ce récipient porte un tuyau métallique sur lequel est fixé par un raccord en caoutchouc, un tube de verre. Celui-ci se termine par une pointe qu'on ferme à la flamme d'un bec Bunsen lors de la mise sous vide du récipient.

Avant le tir, le récipient est mis dans une position telle que la pointe de verre est brisée au moment de l'explosion de la charge, livrant ainsi passage aux gaz de détonation qui pénètrent dans le récipient jusqu'au rétablissement d'équilibre de la pression avec l'atmosphère ambiante.

Immédiatement après l'explosion on ferme le récipient à l'aide d'un tube de verre et d'un tuyau de caoutchouc serré par une pince.

L'échantillon est extrait ensuite à la trompe à mercure et soumis à l'analyse complète par la méthode des basses températures.

Par ce procédé on obtient évidemment un mélange de gaz d'explosion et d'air., car le remplissage du récipient n'est certainement pas terminé avant que ne se produise la dilution des gaz par une rentrée de l'atmosphère ambiante.

Aussi, après de longs tâtonnements, nous en sommes arrivés à utiliser d'abord un récipient de capacité relativement faible (530 cm^3) et à le munir ensuite d'un tuyau

d'acier de section assez forte (10 mm de diamètre) ces deux modifications ayant pour effet d'accélérer le captage de l'échantillon.

La disposition adoptée est donc devenue finalement celle représentée à la figure 22.

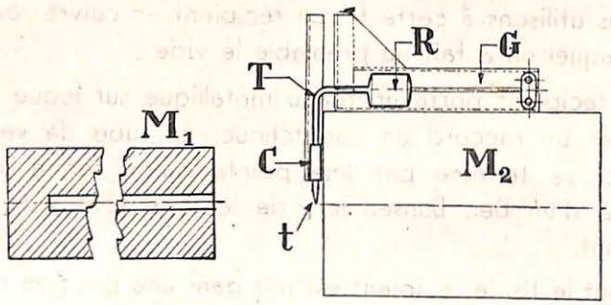


Fig. 22.

Le mortier M_1 dont le fourneau a 35 mm de diamètre reçoit la charge d'explosif à expérimenter, tandis que le mortier M_2 sert de support au récipient R de prise de gaz.

Le récipient R est protégé par une gaine formée de fers en U; il porte un tuyau métallique T prolongé par un raccord de caoutchouc C et un tube de verre t se terminant par une pointe fermée à la flamme.

Au cours de nos essais, nous avons fait varier la distance entre la pointe de verre et l'orifice du mortier, modifiant ainsi l'endroit où se faisait le prélèvement.

Nous avons également placé l'explosif en des endroits différents du mortier, le vide derrière la charge étant chaque fois rempli d'argile.

Nos expériences ont porté sur 3 explosifs S. G. P. : Flammivore, Triamite et Sabulite et sur trois formules d'Amatol préparées spécialement à notre demande par M. Segay, Administrateur-Directeur de la Sabulite Belge.

ESSAIS SUR LES EXPLOSIFS S. G. P.

Nous commencerons par donner les résultats obtenus avec les explosifs S. G. P. Flammivore, Triamite et Sabulite.

Le premier renferme 10 % de nitroglycérine; ce produit manque dans les deux autres.

Tous trois renferment une forte proportion de nitrate ammonique (au moins 50 %) et du chlorure sodique (25 ou 26 %).

Flammivore.

Cet explosif a été tiré à la charge de 4 cartouches (amorçage inverse) pourvues de leurs enveloppes d'origine (papier paraffiné).

Les résultats sont indiqués au tableau XII.

On remarquera les teneurs relativement faibles en CO_2 figurant dans les colonnes (4), (5) et (10), ce qui est dû vraisemblablement à une dilution exagérée des gaz avec l'air.

Ces expériences ont été réalisées en effet avec un récipient de captage de 1600 cm^3.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, les premières portions de gaz captées dès après la rupture du verre sont relativement riches en produits d'explosion, mais dans la suite, le remplissage du récipient s'achève par une rentrée d'air qui a pour effet de diluer le mélange par apport d'oxygène et d'azote.

C'est précisément pour réduire la durée du prélèvement et augmenter la concentration que nous avons adopté pour les essais suivants un récipient de capacité plus faible, soit 530 cm^3.

On constate également que tous les échantillons ren-

TABLEAU XII.

Gaz déterminés par l'analyse	Charge à l'orifice du mortier. Prélèvement à 20 cm. de l'orifice du mortier. (1)	(2)	(3)	Prélèvement à 40 cm. (4)	(5)	Charge à 27 cm. de l'orifice du mortier. Prélèvement à 27 cm. de l'orifice (6)	(7)	(8)	(9)	Charge derrière un bourrage de 30 cm Prélèvement à 40 cm de l'orifice. (10)
H_2	1,628	1,133	1,138	0,401	0,500	1,415	1,132	0,493	1,576	0,016
NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O_2	18,39	18,87	19,24	20,56	20,28	17,96	18,12	20,18	18,80	20,82
CH_4	0,32	0,31	0,09	0	0	0,52	0,48	0,22	0,53	0
CO	1,19	1,10	1,11	0,35	0,57	1,55	1,20	0,53	1,57	0,12
N_2	76,95	76,80	76,59	78,37	78,05	75,66	76,82	77,78	75,18	78,84
CO_2	1,482	1,781	1,829	0,373	0,596	2,881	2,233	0,792	2,340	0,203
CxHy + N_2O	1,032	0,006	0,006	traces	traces	0,023	0,018	0,006	0,010	traces

ferment des gaz combustibles : CO et H_2 et parfois CH_4. Il n'y a pas lieu de s'en étonner; les lois de l'équilibre chimique s'opposent en effet à une combustion complète du carbone et de l'hydrogène.

Ajoutons à ce sujet que vraisemblablement l'enveloppe de papier paraffiné doit être incriminée; des expériences ultérieures le montreront.

L'expérience (10) est un tir avec bourrage. Bien que les résultats soient affectées par une dilution relativement élevée des produits de la combustion, on notera avec intérêt la faible teneur en hydrogène.

Triamite.

Cet explosif a été tiré également à la charge de 400 gr. en cartouches pourvues d'enveloppes de papier paraffiné.

Pour chaque expérience, la charge était placée à 30 cm de l'orifice du mortier et le prélèvement des gaz se faisait à 20 cm de cet orifice.

Les résultats de l'analyse figurent au tableau XIII.

TABLEAU XIII

Gaz déterminés par l'analyse	Numéro d'ordre de l'expérience 11	12	13	14
H_2	0,986	0,320	0,324	0,546
NO	0	0	0	0
O_2	19,06	1923	19,09	19,69
CH_4	0,85	0,11	0,16	0,37
CO	1,37	0,42	0,44	0,64
N_2	75,52	77,73	77,11	77,22
CO_2	2,159	2,192	2,844	1,506
CxHy + N_2O	0,053	0,014	0,039	0,020

Comme pour le Flammivore, on constate encore la présence dans tous les prélèvements des gaz combustibles H_2, CH_4 et CO.

Sabulite.

Pour pouvoir nous rendre compte de l'influence du papier paraffiné sur la composition des gaz d'explosion, nous avons encartouché l'explosif dans des tubes de verre de 50 cm de longueur et de 27 mm de diamètre, le poids de la charge étant de l'ordre de 325 gr.

Comme on le verra, par l'examen des résultats figurant au tableau XIV, cette modification de l'encartouchage a entrainé une diminution de la teneur en hydrogène comparativement à celles obtenues lors des tirs de Flamivore et de Triamite.

Ce fait est démontré par les 6 expériences n° 15 à 20.

Les trois dernières expériences accusent une teneur apparemment plus élevée en H_2, mais elle est due à une nouvelle modification apportée à notre appareil de prélèvement, modification consistant en un accroissement de la section du tube d'aspiration.

En portant de 6 à 10 mm le diamètre de ce tube, nous avons accéléré le remplissage du récipient et diminué la dilution. On constate en effet pour les expériences n° 18 à 20 une forte augmentation de la teneur en CO_2 et une réduction de celle en O_2.

En résumé, les explosifs S. G. P. donnent dans le tir au mortier des gaz combustibles tels que l'hydrogène, méthane et oxyde de carbone.

Tous cependant sont suroxygénés, en ce sens que dans leurs formules figurent des corps oxydants en quantité largement suffisante pour la combustion totale.

TABLEAU XIV.

Gaz déterminés à l'analyse	Numéro d'ordre de l'expérience. 15	16	17	18	19	20
H_2	0,035	0,018	0,014	0,189	0,138	0,125
NO	0	0	0	0	0	0
O_2	20,05	20,35	19,88	14,06	15,50	17,34
CH_4	0,14	0,08	0,10	0,12	0,15	0,24
CO	0,20	0,05	0,14	0,49	0,87	0,18
N_2	78,30	78,67	78,78	80,26	77,51	77,78
CO_2	1,256	0,833	1,080	4,795	5,639	4,308
C_xHy + N_2O	0,027	0,006	0,011	0,079	0,185	0,041

Ils restent néanmoins soumis aux lois de l'équilibre chimique et celles-ci expliquent parfaitement la présence de gaz non complètement oxydés dans les produits de la détonation.

En outre, l'enveloppe de papier paraffiné dont on ne tient généralement pas compte dans le calcul des formules d'explosifs, intervient pour aggraver encore le déséquilibre entre les produits comburants et combustibles.

Nous ne faisons cette remarque qu'à titre d'information, car il ne peut être question d'envisager la suppression de ce procédé d'encartouchage, qui s'est avéré jusque maintenant comme parfaitement efficace pour la conservation des explosifs.

Essais sur l'Amatol.

Les explosifs S. G. P. examinés jusqu'ici présentent des formules de composition assez compliquées dans lesquelles figurent cinq constituants au moins. De plus, ils sont de sécurité à peu près identique dans le tir au mortier en présence du grisou.

Pour continuer nos recherches, nous avons préféré abandonner momentanément les explosifs S. G. P. et utiliser des formules plus simples présentant des caractéristiques nettement tranchées notamment au point de vue du tir en galerie.

Les 3 formules d'Amatol indiquées ci-après avec leurs caractéristiques sont intéressantes à cet égard.

a) **Composition.**

	Formule 1.	Formule 2.	Formule 3
Nitrate ammonique	80	60	60
Trinitrototuol	20	16	16
Sable		24	
Chlorure de sodium			24

b) **Tirs en galerie (au mortier).**

Formule 1. : 1 cartouche enflamme le grisou.

Formule 2 : 4 cartouches enflamment le grisou.
2 cartouches n'enflamment pas le grisou.

Formule 3 : 8 cartouches n'enflamment pas le grisou.

c) **Essais au bloc de plomb.**

Les élargissements au bloc de plomb sont de :
360 cm³ pour la formule 1 pour 10 gr.
345 cm³ pour la formule 2 pour 13,1 gr.
340 cm³ pour la formule 3 pour 13,1 gr.
(13,1 gr des formules 2 et 3 renferment 10 gr de substances explosives).

Ces explosifs ont été tirés en charges de 225 gr environ encartouchées dans des tubes de verre de 30 cm de longueur et 28 mm de diamètre.

Les résultats d'analyse figurent au tableau XV.

TABLEAU XV

Gaz déterminés par l'analyse	Formule I.			Formule II.			Formule III.		
	Charge à orifice du mortier prélèv. à 20 cm.	Charge à 30 cm. de l'orifice. Prise à 20 cm.	Charge à 30 cm. de l'orifice. Prise à 20 cm.	Charge à 30 cm. de l'orifice. Prise à 20 cm.	Charge à 30 cm. de l'orifice. Prise à 20 cm.		Charge à 30 cm. de l'orifice. Prise à 40 cm.	Charge à 30 cm. de l'orifice. Prise à 40 cm.	
	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)
H_2	0,046	0,490	0,199	0,256	0,326	0,434	0,152	0,438	0,059
NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O_2	18,83	15,96	15,90	17,36	16,94	15,77	15,56	16,98	17,80
CH_4	0,06	0,10	0,09	0,09	0,04	0,15	0,02	0,14	0,17
CO	0,20	0,71	0,43	0,63	0,59	0,58	0,43	0,70	0,15
N_2	77,21	77,93	77,75	78,11	76,97	76,70	77,42	76,90	78,23
CO_2	4,632	4,758	5,570	3,535	5,105	6,335	4,393	4,762	3,566
C_xH_y et N_2O	0,026	0,053	0,060	0,027	0,044	0,042	0,023	0,068	0,038

Les échantillons prélevés sont donc des mélanges de gaz de la détonation avec l'air atmosphérique et les teneurs indiquées en oxygène et azote ne proviennent pas uniquement de l'explosif. Mais en utilisant les résultats de l'analyse ainsi que la formule de l'explosif exprimée en atomes-grammes, on peut établir la composition en molécules-grammes des gaz produits par la détonation.

Nous donnons ci-après une application de ce calcul au cas de l'expérience 21.

Cent grammes d'explosif renferment 80 gr de nitrate ammonique et 20 gr de trinitrotoluol, soit :

0,616 atome-gramme de carbone.
4,44 » » d'hydrogène.
3,528 » » d'oxygène.
2,264 » » d'azote.

0,616 atome-gramme de carbone a donné un volume de gaz proportionnel à 4,892, somme des teneurs trouvées à l'analyse pour CO_2, CO et CH_4.

La quantité de carbone transformée en CO_2 par l'explosion est donc :

(4,362 × 0.616) : (4,892) = 0,5832 atome-gramme

(4,632 est la teneur en CO_2 trouvée à l'analyse).

On trouve de même pour le carbone transformé en CO et CH_4 :

0,0251 et 0,0075

Le carbone de l'explosif (0,616 atome-gramme) s'est donc transformé comme suit :

$$0{,}5832\ CO_2 + 0{,}0251\ CO + 0{,}0075\ CH_4$$

L'hydrogène libéré par l'explosif a été dilué dans le même rapport que le CO^2 et on trouve ainsi :

(0,046 × 0,616 : (4,892) = 0,0057 H_2 libre.

Dès lors, le calcul s'achève facilement par la balance de l'hydrogène et de l'oxygène et on obtient finalement pour 100 gr d'explosif :

$$0{,}5832\ CO_2 + 0{,}0251\ CO + 0{,}0075\ CH_4 + 0{,}0057\ H_2 + 2{,}1993\ H_2O + 0{,}0686\ O_2 + 1{,}132\ N_2$$

Nous indiquons ci-après les résultats de ce calcul pour les 9 prélèvements effectués avec les 3 formules d'Amatol.

(A noter que pour les formules 2 et 3 qui renferment 24 % de matière inerte, nous avons calculé les formules de décomposition pour 100 gr de substances explosives).

Formule 1 (Amatol pur).

21. $0{,}5832\ CO_2 + 0{,}0251\ CO + 0{,}0075\ CH_4 + 0{,}0057\ H_2 + 2{,}1993\ H_2O + 0{,}0686\ O_2 + 1{,}132\ N_2$.

22. $0{,}528\ CO_2 + 0{,}07855\ CO + 0{,}0116\ CH_4 + 0{,}0542\ H_2 + 2{,}1437\ H_2O + 0{,}125\ O_2 + 1{,}132\ N_2$.

23. $0{,}5632\ CO_2 + 0{,}04349\ CO + 0{,}0091\ CH_4 + 0{,}0202\ H_2 + 2{,}1816\ H_2O + 0{,}083\ O_2 + 1{,}132\ N_2$.

24. $0{,}5117\ CO_2 + 0{,}0912\ CO + 0{,}0132\ CH_4 + 0{,}037\ H_2 + 2{,}1566\ H_2O + 0{,}1284\ O_2 + 1{,}132\ N_2$.

Formule 2 (Amatol à 24 % de sable).

25. $0{,}5776\ CO_2 + 0{,}067\ CO + 0{,}00447\ CH_4 + 0{,}0368\ H_2 + 2{,}159\ H_2O + 0{,}06717\ C_2 + 1{,}1256\ N_2$.

26. $0{,}581\ CO_2 + 0{,}053\ CO + 0{,}013\ CH_4 + 0{,}039\ H_2 + 2{,}139\ H_2O + 0{,}0806\ O_2 + 1{,}125\ N_2$

Formule 3 (Amatol à 24 % de sel).

27. $0{,}5882\ CO_2 + 0{,}0575\ CO + 0{,}0026\ CH_4 + 0{,}0202\ H_2 + 2{,}1797\ H_2O + 0{,}0509\ O_2 + 1{,}1256\ N_2$.

28. $0{,}551\ CO_2 + 0{,}081\ CO + 0{,}016\ CH_4 + 0{,}05\ H_2 + 2{,}1222\ H_2O + 0{,}104\ O_2 + 1{,}1256\ N_2$.

29. $0{,}5952\ CO_2 + 0{,}025\ CO + 0{,}0282\ CH_4 + 0{,}0097\ H_2 + 2{,}1389\ H_2O + 0{,}0806\ C_2\ O_2 + 1{,}1256\ N_2$ (*).

L'examen de ces résultats montre que la composition des gaz d'explosion est très variable et cette observation s'applique particulièrement aux gaz CO, CH_4, H_2 et O_2.

(*) Nous avons négligé les gaz provenant du détonateur ainsi que les gaz notés CxHy + N_2O dont il ne nous a pas été possible jusqu'ici de déterminer la composition exacte.

Les variations des teneurs en CO_2 et H_2O sont moins importantes et on constate que les quantités de carbone et d'hydrogène transformées en CO_2 et H_2O oscillent respectivement entre

83 et 96 %.
95,6 et 99 %.

de celles figurant dans la formule de l'explosif.

Enfin, il est assez étonnant que les teneurs en CO_2 et H_2O ne soient pas en rapport avec la charge-limite de l'explosif ce qui tendrait à démontrer que la sécurité n'est pas fonction de la composition des gaz de détonation.

Notons cependant que tous les prélèvements ont été faits dans l'axe du fourneau.

Des expériences ultérieures montreront si à la périphérie du cône de gaz projetés par l'explosif, les constituants varient avec la charge-limite.

La sécurité de l'explosif pourrait en effet dépendre surtout de la composition de la couche gazeuse en contact direct avec l'atmosphère ambiante.

6) Etude de détonateurs à temps de fabrication anglaise.

Les charbonnages se trouvant dans l'impossibilité de s'approvisionner par l'usine de Troisdorf (Allemagne), nous avons, à la demande de l'Ocachar, entrepris l'étude de détonateurs à temps de fabrication anglaise.

Ces détonateurs pourvus d'une amorce du type « sans gaz » provenait de la firme Nobel de Glasgow.

Notre étude a porté sur les trois points suivants :

1. Régularité des départs;
2. Sensibilité des amorces au courant d'allumage;
3. Efficacité du sertissage des conducteurs.

Régularité des départs. — L'organisation du minage avec détonateurs à retard exige que les différentes volées explosent en s'échelonnant dans le temps sans chevaucher.

Pour vérifier si les détonateurs soumis à notre examen réalisaient cette condition, nous avons fait exploser des volées comportant chacune un détonateur instantané et cinq détos à retard 1, 3, 5, 7 et 9 et enregistré les six détonations successives à l'aide de l'oscillographe.

Pour effectuer cet enregistrement, nous avons adopté le procédé suivant.

L'onde sonore accompagnant chaque explosion est captée par un haut-parleur dont le courant, amplifié par l'étage basse fréquence d'un poste de radio, passe dans une boucle de l'oscillographe.

Deux autres boucles inscrivent l'une la sinusoïde de la tension alternative du réseau de distribution d'électricité et l'autre, le courant d'allumage des détonateurs.

L'examen des films sur lesquels sont donc notés simultanément le courant d'allumage, les ondes sonores et la tension du réseau permet d'établir la succession des explosions dans le temps, le départ du détonateur instantané étant pris comme origine.

Des oscillogrammes, nous avons extrait les valeurs moyennes indiquées dans le tableau ci-dessous :

Détonateurs	Moyenne des temps d'explosion en secondes.	Ecarts entre les extrèmes en seconde.	Ecart maximum avec la moyenne en secondes.
Retard 1	0,612	0,25	9,132
— 3	1,47	0,19	0,13
— 5	2,35	0,20	0,10
— 7	3,42	0,59	0,33
— 9	4,35	0,79	0,50

Nous n'avons pas obtenu de chevauchement, mais comme on peut le voir par l'examen de ce tableau, les départs des détonateurs de la même série sont affectés d'une dispersion importante.

Pour les détonateurs à retard 7 et 9, l'écart entre les extrêmes dépasse la moitié du temps qui théoriquement devrait s'écouler entre deux explosions successives (1 seconde), et l'écart maximum entre la moyenne et l'un des extrêmes est supérieur au quart de ce temps théorique.

Pour cette raison, on ne pouvait, conformément aux suggestions de l'Ocachar, envisager l'emploi simultané dans le même circuit de tir des détonateurs à retard s'échelonnant par demi-seconde.

Une seconde recherche effectuée sur la gamme complète des retards de 1 à 10 a montré que le chevauchement est alors possible.

Sensibilité des amorces. — Des tirs effectués d'abord au laboratoire, puis dans un bouveau en creusement dans un charbonnage du Bassin de Charleroi, la source de courant étant dans le premier cas, une batterie d'accumulateurs, dans le second un exploseur dont nous connaissions la courbe de débit en fonction de la résistance extérieure, ont montré que l'intensité nécessaire pour éviter les ratés d'allumage, devait être de 1,2 ampère au moins.

Cette condition est satisfaite automatiquement lorsque la résistance totale du circuit est inférieure de 33 % à celle figurant comme valeur maximum admissible inscrite sur les exploseurs agréés par l'Institut des Mines.

Efficacité du sertissage des conducteurs. — L'efficacité du sertissage constitue une garantie de sécurité dans les manipulations. Nous l'avons vérifiée en soumettant les conducteurs des détonateurs à des essais de traction.

Cinquante détonateurs ont subi cette épreuve; pour chacun d'eux, les conducteurs se sont brisés à proximité du sertissage (bouchon de plomb) sans qu'il y eut explosion.

Comme conclusion, nous avons émis un avis favorable à l'emploi de ces détonateurs dans nos mines, moyennant les restrictions suivantes :

1. Utilisation exclusive dans le même circuit de détonateurs à retard 0, 1, 3, 5, 7 et 9.

2. Réduction de 33 % de la résistance maximum inscrite sur les exploseurs utilisés pour la mise à feu.

Cet avis a été consacré par une instruction de M. le Directeur général des Mines, n° 13D/6105 du 13 décembre 1945.

II. — ECLAIRAGE DES MINES PAR LAMPES A FLAMME.

a) ALIMENTATION DES LAMPES A HUILE.

A la fin de l'année 1944, nous avons à la demande de l'Union Pétrolière Belge, examiné les possibilités d'emploi d'un mélange de gaz-oil et de pétrole pour l'alimentation des lampes à huile.

Ce mélange présentait la composition et les caractéristiques indiquées ci-après :

Composition :

Gasoil anglais . .	95 %
Pétrole	5 %

Caractéristiques :

Densité à 15° C . .	0,8417
Point d'inflammabilité .	69°
Point de combustion .	98°

Nous avons examinée ce produit au point de vue des commodités d'emploi, du pouvoir éclairant et de l'aptitude à la détection du grisou.

Nous résumons ci-après les constatations essentielles faites au cours de cet examen.

Le résidu d'imbrûlés résultant de la combustion est relativement réduit, ce qui a pour avantages de ralentir l'encrassement des mèches et de faciliter le règlage à petit feu pour la recherche du grisou.

Au cours de certaines expériences, nous n'avons dû décrasser la mèche qu'après 6 ou 7 heures d'allumage et nous avons pu maintenir la lampe allumée pendant 12 heures sans devoir procéder au mouchage.

De plus, le pouvoir éclairant est au moins équivalent à celui de l'huile de colza épurée.

Enfin, nous avons pu constater qu'une lampe alimentée avec ce mélange donne des auréoles nettes en atmosphère grisouteuse.

Nous indiquons ci-après les hauteurs d'auréoles observées pour différentes teneurs.

Teneur en méthane en %	Hauteur de l'auréole en mm
2,0	5
2,5	7
3,0	11
3,5	15
4,0	22
4,5	32

Ces constatations intéressantes ont été portées à la connaissance des exploitants par une circulaire de la Direction générale des Mines en date du 11 janvier 1945.

L'emploi de ce mélange donna lieu cependant au cours de l'année 1945 à des mécomptes. Les lampes fumaient et s'éteignaient d'elles-mêmes après une ou deux heures d'allumage.

En réexaminant les échantillons prélevés dans les charbonnages nous avons pu constater que les inconvénients étaiet dus en ordre principal à l'encrassement des pots et des mèches par les huiles de mauvaise qualité utilisées antérieurement et qu'un nettoyage soigneux à la benzine suffisait pour rétablir une combustion régulière dans la lampe.

b) ETUDE D'UNE LAMPE A BENZINE DE FABRICATION ANGLAISE.

A la demande de l'Office Central d'Approvisionnement des Charbonnages belges (Ocachar) nous avons examiné en vue de son utilisation dans les mines grisouteuses, une lampe à benzine à alimentation inférieure de la firme Hailwood et Ackroyd de Morley-Leeds (Grande-Bretagne).

Cette lampe présentait beaucoup d'analogies avec le type Hailwood U. B. 4. agréé par l'arrêté ministériel du 30 août 1919.

Les dispositifs de chicanes affectant le circuit d'accès de l'air dans la lampe étaient les mêmes; par contre, les dimensions d'entrée et de sortie d'air ainsi que les diamètres et hauteurs des tamis étaient différents.

De plus, les toiles des tamis ne comportaient que 60 mailles par cm² alors qu'en Belgique, toutes les lampes agréées sont pourvues de toiles à 144 mailles par cm².

Nous avons donc été amenés à demander au constructeur de modifier les tamis conformément aux prescriptions belges.

Après modification, la lampe a été soumise à des essais de traversée en présence de courants d'air grisouteux inflammables animés d'une vitesse atteignant 18,50 m par seconde.

Ces épreuves ayant donné des résultats satisfaisants, la lampe a été agréée par l'arrêté ministériel n°13C/5577 du 29 décembre 1945.

III. — ETUDE D'UNE INFLAMMATION DE GRISOU CAUSEE PAR UNE LAMPE.

Cet accident s'est produit le 30 août 1944, vers une heure du matin dans un charbonnage de la Basse-Sambre.

Nous en rappellerons d'abord les circonstances essentielles telles qu'elles sont rapportées dans le procès verbal d'enquête.

La taille était poussée jusqu'à un crochon de tête situé au-dessus du niveau d'aérage (voir plan fig. 23).

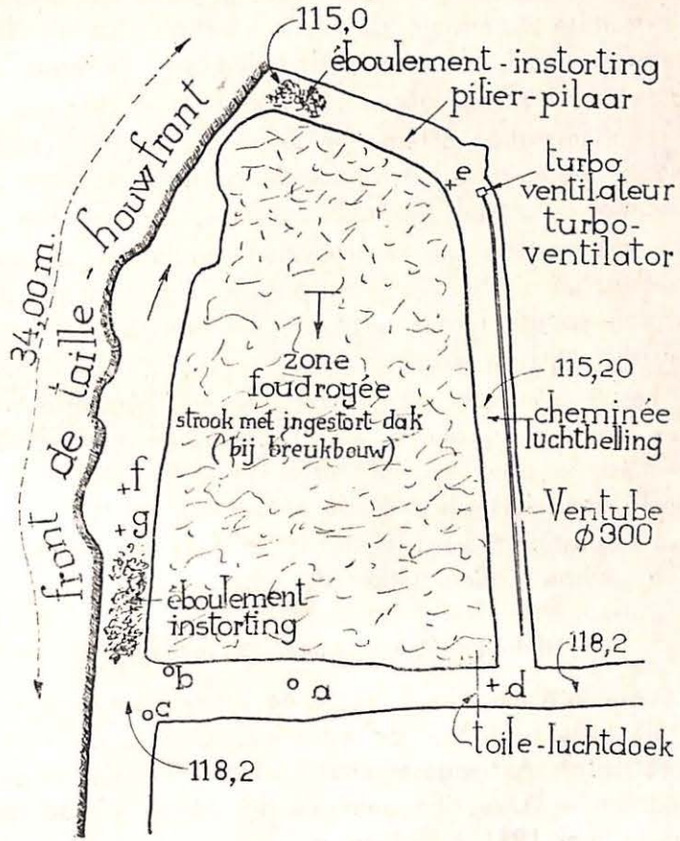


Fig. 23.

L'air, arrivé au sommet du chantier, descendait au niveau du retour par un pilier et une cheminée d'un développement total de 40 m environ.

Pour augmenter le volume d'air ventilant la partie du chantier située au-dessus du niveau de retour, on avait placé une toile dans la voie entre la taille et la cheminée, et dans cette dernière, on avait maintenu en service une colonne de ventubes (26 m de longueur, 300 mm de diamètre) et un turbo-ventilateur de 400 mm de diamètre.

Ce ventilateur raccordé par un cône métallique à l'extrémité supérieure de la canalisation, aspirait directement l'air du chantier, c'est-à-dire, sans l'intermédiaire d'un canar à l'aspiration.

L'inflammation affecta uniquement la partie du chantier située au-dessus du niveau de retour d'air (donc celle figurant au croquis figure 23).

Trois ouvriers qui se trouvaient en (a) (b) (c) furent blessés; un ajusteur, un chef-porion, l'ingénieur du siège et son épouse furent retrouvés sans vie respectivement en (d) (e) (f) et (g).

Les seuls indices suspects reconnus par l'enquête furent une lampe électrique brisée et une lampe à benzine non fermée; la première fut retrouvée près de l'ingénieur en (f) et la seconde près du chef-porion en (e).

La question était de savoir laquelle de ces deux lampes avait causé l'inflammation du grisou.

ETUDE DE LA LAMPE ELECTRIQUE.

La lampe électrique retrouvée brisée dans le chantier était du type O. K. I. de la firme C. E. A. C. (Concordia Electrizitats Aktiengesellschaft) à Dortmund, agréé par la décision — Direction générale des Mines n° 13C/5429 du 11 mai 1941.

Nous en rappelons ci-après les caractéristiques essentielles. La source de courant est une batterie de deux éléments alcalins (tension normale 1,3 volt par élément), enfermée dans un boitier en tôle d'acier nickelé ayant la forme d'un parallélipipède droit de section rectangulaire.

Le fond arrière du boitier est mobile autour de deux rivets fixés dans les faces latérales et fait donc office de couvercle. Celui-ci est maintenu dans la position de fermeture par un verrou à ressort fixé sur la face supérieure du boitier et ne pouvant être dégagé que par l'action magnétique d'un électro-aimant.

Le boitier porte un cône métallique renfermant un réflecteur et l'ampoule. Sur ce cône se visse un anneau fileté qui maintient en place la glace de protection de forme bombée. Cet anneau est bloqué par une vis accessible de l'intérieur du boitier.

Enfin, la lampe est pourvue d'un interrupteur constitué très simplement par un bouton molleté, monté sur la face supérieure du boitier et qui a pour office de rapprocher deux pièces de contact insérées dans le circuit intérieur d'alimentation de l'ampoule.

La consommation de cette ampoule est de 0,5 ampère sous la tension de 2,6 volts.

Lorsqu'on la retrouva dans le chantier, la lampe était pour ainsi dire détruite.

La glace de protection n'existait plus et de son anneau de serrage (anneau se vissant sur le cône avec projecteur), on ne retrouva qu'un morceau, la moitié environ.

L'ampoule, de marque Luxor était brisée et le filament coupé. De celui-ci, on voyait encore deux fragments

attachés à chacune des tiges supports qui étaient refoulées vers le culot, comme si elles avaient reçu un choc venant de l'extérieur.

A la périphérie du cône-projecteur la partie annulaire sur laquelle s'appliquait la glace de projection, portait sur 15 mm de longueur, l'empreinte d'un choc venant également de l'extérieur.

Le boitier était resté fermé et nous avons dû utiliser un électro-aimant pour ouvrir le couvercle.

L'examen des organes internes ne nous fit découvrir aucune particularité intéressante.

Enfin, bien que l'ampoule fût complètement détruite, il n'y avait pas de court-circuit établi entre les tiges-supports du filament et il nous a encore été possible de de faire débiter à l'occumulateur, le courant normal d'alimentation de l'ampoule soit 0,5 amp.

Dans leur ensemble, les dégradations relevées sur la lampe montraient bien qu'elle avait dû surbir un choc venant de l'extérieur.

Le bris du verre et celui de son anneau de serrage ne pouvaient d'ailleurs s'expliquer par une explosion intérieure, car l'espace libre dans le boitier est trop réduit pour être le siège d'une explosion violente.

La question s'est alors posée de savoir si les avaries relevées sur la lampe n° 1, avaient été la cause de l'accident ou si elles n'en étaient que les conséquences.

Les deux hypothèses étaient également plausibles, car si d'une part le contact d'un filament incandescent avec une atmosphère grisouteuse provoque généralement l'inflammation, on sait d'autre part, que les explosions sont toujours accompagnées de chasses d'air extrêmement violentes, capables de produire des effets de rupture de tous genres.

Néanmoins, il nous a paru logique de suspecter d'abord la lampe électrique avariée et c'est dans le but de voir si cette suspicion était fondée que nous avons procédé à une longue série d'expériences sur les ampoules du type utilisé dans les lampes CEAG du Charbonnage.

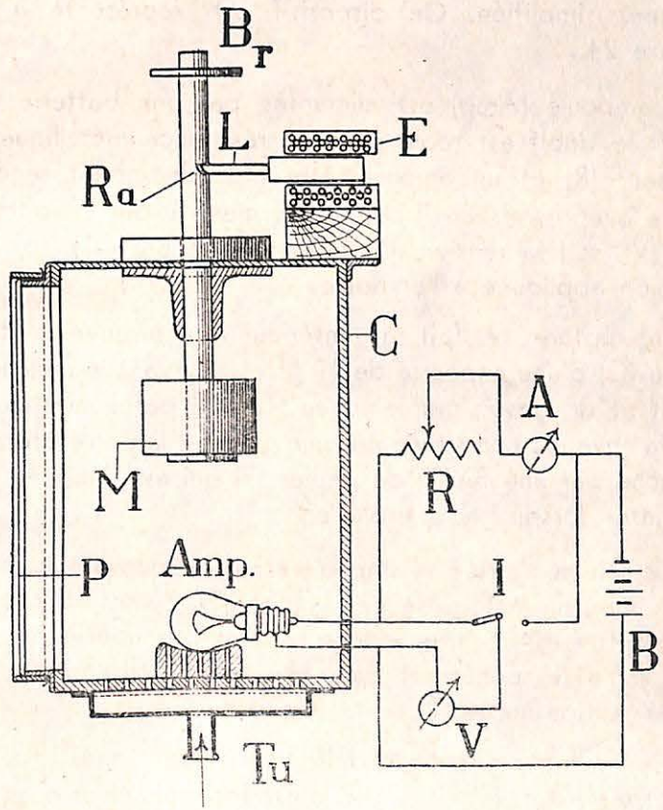


Fig. 24.

Ces expériences rappellent l'étude que nous avons faite en 1942 sur l'inflammmation du grisou par le filament des lampes électriques portatives (voir Rapport

annuel des Travaux de 1942 de l'Institut National des Mines, publié dans les Annales des Mines de Belgique, Tome XLIV, Année 1943, pages 105 et suivantes).

Le dispositif expérimental qui nous avait servi en 1942 a donc été utilisé à nouveau, mais sous une forme légèrement simplifiée. Ce dispositif est représenté à la figure 24.

L'ampoule (Amp) est alimentée par une batterie (B) dont le débit est réglé par une résistance métallique à curseur (R) et un ampèremètre (A) .Un circuit secondaire avec inverseur (I) permet de mesurer par le voltmètre (V), soit la tension aux bornes de la batterie, soit la tension appliquée à l'ampoule.

La rupture se fait à l'intérieur d'une cuve métallique (C) d'une capacité de 10 litres recevant le mélange d'air et de grisou par le tuyau (Tu). La paroi antérieure de la cuve est constituée par une glace et la paroi latérale gauche par une feuille de papier (P) qui est déchirée ou projetée lorsqu'il y a explosion.

Le bris du verre de l'ampoule est provoqué par le choc d'un mouton (M) guidé par la tige (T). Avant sa chute, le mouton est maintenu dans sa position supérieure par une lame (L) pénétrant dans une rainure (R_a) pratiquée dans la tige-guide (T).

Cette lame étant solidaire du noyau mobile d'un électro-aimant (E), il suffit d'exciter cet électro pour libérer le mouton dont la hauteur de chute est limitée par la broche (B_r).

Dès que le verre est brisé, le courant indiqué par l'ampèremètre augmente brusquement, dénotant ainsi une diminution de la résistance de circuit, ce qui est dû

au refroidissement que subit le filament au contact du mélange grisouteux faisant irruption dans le vide de l'ampoule.

Peu de temps après la rupture du verre, survient la fusion du filament avec inflammation ou non de l'atmosphère ambiante.

Les ampoules Luxor pour lampes C. E. A. G. que nous avons expémimentées, portent sur le culot les indications suivantes : 2,6 volts — 0,5 amp.

Elles ne sont cependant pas de fabrication uniforme. A la demande des Ateliers Mécaniques de Mariemont-Hayettes, qui représentent en Belgique la firme C.E.A.G., la Société Luxor fabrique en effet un type spécial à haut rendement lumineux ne différant du type normal que par des détails internes de fabrication et par une consommation de courant plus élevée.

Sous la tension de 2,6 volts, le type normal consomme 0,45 amp. et le type à haut rendement 0,5 amp. (Ces chiffres sont évidemment des moyennes, la fabrication en grande série ne permettant pas de maintenir la constance absolue des caractéristiques de consommation).

Nos essais ont porté sur ces deux types d'ampoules, car nous n'avons pu déterminer avec certitude celui auquel appartenait l'ampoule retrouvée dans les travaux.

Nous avons donc soumis à l'épreuve de rupture en grisou soixante ampoules soit vingt-cinq du type normal et trente-cinq du type à haut rendement.

L'alimentation du filament était assurée soit par la batterie de la lampe C. E. A. G. avariée, soit par une batterie de 4 éléments alcalins dont le débit était réglé alors par une résistance à curseur.

Lorsque la lampe avait atteint son régime de température, on provoquait la rupture du verre, soit par choc latéral, l'axe de révolution de l'ampoule étant dirigé horizontalement (comme indiqué dans le croquis de la fig. 23), soit par choc axial sur la partie supérieure du verre, l'axe de révolution se trouvant alors parallèle à la direction de chute du mouton.

On notait les lectures à l'ampèremètre avant et immédiatement après la rupture du verre et on chronométrait le temps s'écoulant entre la rupture du verre et la fusion du filament, cette dernière se traduisant par le retour au zéro de l'aiguille de l'ampéremètre.

Pour chaque essai, on prélevait un échantillon du mélange grisouteux pour contrôle de la teneur en méthane.

Sur 58 essais, un seul a donné l'inflammation et ce dans les conditions suivantes tout-à-fait spéciales :

Ampoule du type normal alimenté par 4 éléments alcalins et consommant 0,6 amp. sous une tension de 4,5 volts, c'est-à-dire, de 65 % plus élevée que celle d'une batterie de deux éléments.

L'inflammation ne pouvait donc être imputée à la lampe électrique retrouvée brisée dans le chantier.

ETUDE DE LA LAMPE A BENZINE.

La lampe à benzine du chef-porion était du type Wolf, à alimentation inférieure avec cuirasse et rallumeur à commande axiale.

Cette lampe a donc été retrouvée non fermée, c'est-à-dire que l'armature n'avait pas été serrée suffisamment pour que le cliquet de la fermeture magnétique pût être opérant.

D'aspect extérieur, la lampe paraissait normale, sauf que la cuirasse portait à mi-hauteur, l'empreinte en creux provenant d'un choc latéral.

Après démontage, nous avons constaté que la mèche était réglée pour donner le petit feu.

De plus l'opercule qui normalement aurait dû se trouver sur le tube-guide de la vis de règlage était tombé sur le pot où il pouvait se déplacer librement d'après l'inclinaison donnée à la lampe.

Fig. 25.

Cette anomalie de même que le serrage incomplet de l'armature avait déjà été constatée dès la reprise de la lampe sur les lieux de l'accident.

Nous donnons ci-après quelques détails (voir fig. 25), concernant la réalisation et le montage de cet opercule.

Cet organe se fixe par deux crochets (visibles dans la vue de face) s'engageant à frottement dur dans deux rainures pratiquées à la partie supérieure du tube-guide de la tige de règlage.

Ce système d'assemblage peu rationnel semble-t-il est nécessité par le fait que pour renouveler la mèche, on doit enlever l'opercule.

Après démontage, nous avons constaté les points suivants :

a) Les crochets de l'opercule sont de hauteur inégale, comme le montre la fig. 26.

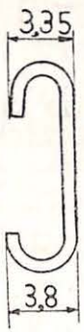


Fig. 26.

b) Il est impossible de remonter l'opercule dans sa position normale, car l'un des crochets étant déformé, on ne peut les introduire tous les deux simultanément dans les rainures du tube.

c) Quand l'opercule est pincé sous la couronne par son crochet le moins haut (3,35 mm) l'armature ne peut être serrée à fond sur le pot et ce défaut de serrage est tel que le verrou de la fermeture magnétique est inopérant.

Ces constatations d'une part et les résultats négatifs de nos recherches sur les ampoules électriques d'autre part, nous ont amenés à supposer que la lampe à benzine du chef porion et non la lampe électrique retrouvée brisée pouvait être la cause de l'inflammation.

Nous nous sommes demandé en effet, si au cours du remontage de la lampe, l'opercule qui se serait détaché pendant le nettoyage, n'avait pu, pour une cause qui nous échappe, s'introduire sous la couronne d'entrée d'air et empêcher le serrage complet de la lampe; créant ainsi un passage favorable à la propagation vers l'extérieur d'une explosion interne de grisou.

L'écrasement d'un des crochets de l'opercule devenait ainsi la conséquence des efforts exercés par le lampiste ou par le chef porion pour visser l'armature à fond.

A vrai dire, cette hypothèse parait bien gratuite lorsqu'on considère le mode de travail adopté au charbonnage pour le remontage des lampes.

D'après l'Ingénieur verbalisant, le lampiste allume la lampe à l'aide du rallumeur, qu'il introduit ensuite dans son logement; puis, il place successivement la couronne d'entrée d'air, le verre, les tamis et l'armature; celle-ci est alors vissée sur le pot. On se demande évidemment comment il a pu placer la couronne s'en s'apercevoir qu'elle prenait une position oblique en s'appuyant sur l'opercule.

Néanmoins, il reste toujours cette constatation troublante que la lampe a été retrouvée non fermée dans le fond et que l'opercule était le seul organe s'opposant au vissage complet de l'armature.

Dans les expériences effectuées sur la lampe à benzine, nous avons donc supposé qu'elle avait été remise

au chef-porion avec la couronne d'entrée placée obliquement, c'est-à-dire, soulevée en un point de son pourtour d'une hauteur de 3,35 mm, égale à celle du crochet déformé de l'opercule.

Nous avons donc imaginé que la position des différents organes devait être celle représentée à la fig. 27.

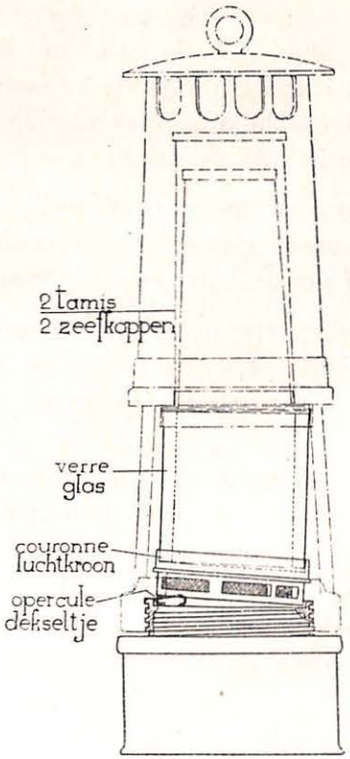


Fig. 27.

Par suite du serrage de l'armature, la position des tamis est à peu près normale, en tout cas moins inclinée que celle de la couronne d'entrée. Celle-ci se

redresse d'ailleurs légèrement au moment du montage, sans toutefois reprendre la position rigoureusement horizontale.

Les essais auxquels nous avons soumis la lampe à benzine peuvent être groupés comme suit :

a) introduction de la lampe dans une atmosphère grisouteuse au repos;

b) action sur la lampe d'une atmosphère grisouteuse en mouvement.

c) rallumage de la lampe en atmosphère grisouteuse.

a) **Introduction de la lampe dans une atmosphère grisouteuse au repos.**

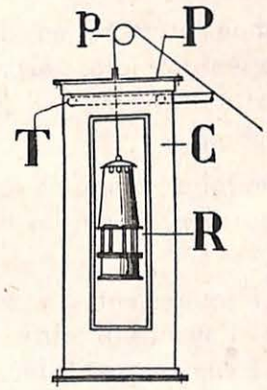


Fig. 28.

Ces essais ont été exécutés dans un cylindre vertical (C) en tôle (voir fig. 28) de 80 cm de hauteur et de 30 cm de diamètre, fermé vers le haut par une plaque (P). Dans la partie supérieur du cylindre, se trouve un tuyau (T) en forme d'anneau, percé de trous. Ce tuyau amène dans le cylindre un mélange inflammable d'air et

de grisou fourni par une pompe. La lampe allumée est suspendue à une corde traversant le fond supérieur du cylindre et passant sur une poulie (p); elle pénètre donc par le bas dans le mélange inflammable.

Un regard (R) fermé par une glace permet d'observer ce qui se passe dans la lampe.

Lorsque la lampe arrive à mi-hauteur du cylindre, la flamme jaune de benzine s'allonge en même temps qu'apparaissent les flammes bleues du grisou; celles-ci s'étendent vers la couronne d'entrée et dans les tamis.

La flamme de benzine alors s'éteint, mais le grisou continue à bruler jusqu'au moment où le tirage naturel de la lampe étant insuffisant pour expulser les gaz brûlés, les flammes bleues disparaissent à leur tour.

Lorsque la lampe présente un défaut grave, il se produit une traversée dès après l'extinction de la flamme de benzine et cette traversée est suivie de l'explosion du grisou du cylindre.

Ce mode opératoire reproduit le geste du mineur cherchant le grisou dans les parties hautes d'une galerie ou d'un chantier.

Il nous a paru intéressant d'y soumettre la lampe défectueuse, celle-ci ayant été retrouvée dans les travaux avec la mèche réglée au petit feu pour la recherche du grisou.

Nous donnons ci-après les résultats de nos essais.

a) La couronne d'entrée d'air est soulevée de 3,35 mm sur tout son pourtour. Ce jeu est égal à l'épaisseur minimum de l'opercule du tube-guide de la tige de règlage.

La lampe est introduite lentement dans le mélange grisouteux titrant de 9 1/2 à 11 % de méthane.

Nous répétons cet essai 20 fois et nous obtenons deux traversées avec explosion.

Nous continuons les expériences comme indiqué ci-dessus, sauf que nous laissons descendre brusquement la lampe dès l'apparition des flammes bleues.

Nous faisons huit expériences dans des mélanges à 11,5 % de méthane, dont une est suivie d'explosion.

b) La couronne est soulevée en un point par un barreau métallique de 3,35 mm d'épaisseur, la couronne est dans une position oblique.

La lampe est montée conformément à la fig. 27.

Nous faisons septante expériences consistant en montées lentes suivies ou non d'une descente brusque dans des mélanges de teneurs diverses en méthane allant de 7,25 à 11,50 %.

Aucune de ces expériences n'a donné l'explosion.

2. **Action des mélanges grisouteux en mouvement.**

Après avoir expérimenté la lampe défectueuse dans des atmosphères grisouteuses au repos, nous nous sommes demandé si la turbulence du mélange ambiant n'était pas de nature à faciliter la traversée de la flamme par le jeu ménagé sous la couronne d'entrée d'air.

Ces essais ont été exécutés dans notre appareil d'épreuve des lampes à flamme, lequel permet de donner au mélange inflammable affluant sur la lampe, diverses orientations (courant horizontal, courant oblique, courant vertical) tout en faisant varier et la vitesse et la teneur en méthane.

Pour ce qui concerne la vitesse, nous l'avons fait varier de 0,95 à 9 m 20 par seconde.

Dans les galeries du chantier sinistré, la vitesse du courant d'air devait être relativement réduite et pour cette raison, nous aurions pu nous limiter aux essais à 0 m 95 de vitesse, mais puisque le chef-porion avait été retrouvé à proximité de l'orifice d'appel du ventilateur, il était logique d'expérimenter la lampe défectueuse en poussant la vitesse du courant grisouteux jusqu'au maximum existant à l'ouïe du ventilateur.

Quelques mesures anémométriques effectuées à l'orifice d'aspiration du ventilateur utilisé dans le chantier nous ont montré que la vitesse d'appel ne pouvait excéder 9 m 20. Nous pouvions donc nous en tenir à ce maximum.

Pour vérifier la sécurité de la lampe en atmosphère pertubée, nous avons pour certains essais, provoqué des variations de la vitesse du mélange en interrompant et rétablissant brusquement l'arrivée du grisou.

Dans certains cas, cette manœuvre a amené l'extinction, dans d'autres, il a été possible de rallumer à plusieurs reprises les flammes de grisou à l'intérieur de la lampe.

Ce mode opératoire est extrêmement sévère; une lampe en parfait état, mais non cuirassée ne le supporte pas sans donner l'explosion.

Trois essais ont été effectués, la couronne d'entrée d'air étant soulevée en position horizontale par 2 barreaux de 3,35 mm d'épaisseur. L'un d'eux a donné la traversée pour une vitesse de 9 m 20.

Nous avons procédé ensuite à quarante-huit essais, la couronne en position oblique étant soulevée en un point de sa périphérie par un barreau de 3,35 mm.

Aucun de ces essais ne donna la traversée.

En résumé, la couronne d'entrée d'air étant soulevée de 3,35 mm en unpoint de son pourtour, il peut y avoir traversée ou non suivant que cet organe est en position horizontale ou en position oblique.

La sécurité de la lampe devenait donc bien précaire dès que l'opercule se trouvait engagé, même par son crochet le moins haut, sous la couronne d'entrée d'air.

On pouvait même se demander si par suite d'un mouvement inconscient, le lampiste n'avait pas remonté la lampe de telle façon que la couronne soulevée par l'opercule ait repris par le vissage de l'armature sa position horizontale ou à peu près, laissant ainsi un passage libre de hauteur uniforme au-dessus du pot.

Cependant au cours de notre étude nous avons toujours observé que, malgré le vissage énergique de l'armature sur le pot, la couronne d'entrée d'air se redressait légèrement, mais ne reprenait jamais la position rigoureusement horizontale.

3. Essais de rallumage en atmosphère grisouteuse.

Ces essais étaient motivés par les considérations suivantes :

Si la lampe n'a pas provoqué l'inflammation pendant que le chef-porion cherchait le grisou à petit feu, elle a dû s'éteindre ultérieurement, car une lampe à flamme ne peut continuer à bruler dès que la teneur en méthane atteint la limite inférieure d'explosion (environ 6 %).

Il est logique alors de supposer que le chef-porion a tenté de rallumer sa lampe et il est même problable qu'il l'a d'abord exposée au courant d'appel du ventilateur.

Comme nous n'avions pu mettre en défaut la lampe

allumée en la soumettant à l'action d'une atmosphère grisouteuse, nous avons jugé nécessaire de vérifier si elle n'était pas plus dangereuse au moment du rallumage.

Le rallumage en atmosphère grisouteuse provoque une explosion de grisou qui s'étend à tout le volume intérieur de la lampe.

Au contraire, lorsqu'on introduit dans une atmosphère grisouteuse une lampe préalablement allumée, l'inflammation n'intéresse qu'une partie de ce volume, le reste étant infesté par les gaz brûlés provenant de la combustion de la benzine.

En d'autres termes, l'explosion interne résultant du rallumage est plus violente, donc plus apte à franchir un organe défectueux que celle se produisant dans une lampe allumée.

Pour les essais de rallumage, nous avons placé la lampe dans une caisse de bois munie d'un regard avec glace; et dans laquelle une pompe envoyait un mélange d'air et de grisou.

Une ouverture pratiquée dans la paroi inférieure de la caisse permettait d'actionner de l'extérieur le rallumeur.

Nous avons exécuté la manœuvre de rallumage soit sur la lampe froide, soit sur la lampe chaude, la couronne d'entrée d'air étant en position oblique, c'est-à-dire, soulevée en un point de sa périphérie par le barreau métallique de 3,35 mm d'épaisseur.

Pour l'essai sur lampe chaude, nous la faisions d'abord bruler quelques minutes dans une atmosphère à 3 ou 4 % de méthane, après quoi nous provoquions l'extinction en amenant la teneur en grisou au dessus de 6 %. Nous procédions ensuite à la manœuvre de rallumage.

Pour l'essai sur lampe froide, nous introduisions la lampe non allumée dans l'atmosphère inflammable, puis après quelques minutes, nous actionnions le rallumeur.

Lorsque, il y avait traversée celle-ci était immédiate. Quand il n'y avait pas traversée et que la lampe était chaude, la flamme de grisou se stabilisait à la couronne d'entrée d'air parfois jusque 12 secondes après l'explosion interne.

Plusieurs tentatives de rallumage sur la lampe froide n'ont pas donné l'explosion interne, l'appel de grisou étant probablement insuffisant par défaut de tirage.

Nous donnons ci-après le relevé de nos essais mais en retenant seulement ceux qui ont donné au moins l'explosion du grisou dans la lampe.

Essais sur la lampe froide.

(au total 70 explosions intérieures).

Teneur en méthane des mélanges	Constatations
entre 6 et 7 %	20 explosions intérieures sans traversée.
entre 6 et 7 %	25 explosions intérieures sans traversée.
entre 8 et 9 %	14 explosions intérieures dont une donne la traversée et la propagation à l'atmosphère ambiante.
entre 9 et 10 %	11 essais sans traversée.

Essais sur lampe chaude.

(Au total : 23 explosions intérieures).

Teneur en méthane des mélanges	Constatations
entre 7 et 8 %	7 explosions intérieures sans traversée.
entre 8 et 9 %	11 explosions intérieures dont une donne la traversée et la propagation à l'atmosphère ambiante.
entre 9 et 10 %	5 explosions intérieures sans traversée.

Nous avons donc obtenu une traversée sur 70 explosions intérieures dans la lampe froide et une traversée également sur 23 explosions intérieures dans la lampe chaude.

Chaque traversée s'est produite pour une teneur de 8,5 % de méthane dans le mélange.

CONCLUSIONS.

De nos essais, nous avons tiré les conclusions suivantes :

1) La lampe électrique retrouvée brisée dans les travaux ne pouvait être incriminée;

Le bris de l'ampoule en atmosphère grisouteuse ne donnait en effet l'inflammation que moyennant l'alimentation par une source de courant de tension bien supérieure à celle de l'accumulateur normal.

2) La lampe à benzine paraissait au contraire être la seule responsable de l'accident. Le vissage incomplet de l'armature, ainsi que la déformation de l'opercule démontrait que cet organe avait dû s'introduire fortuitement sous la couronne.

Dès lors, le jeu ménagé entre le pot et la couronne rendait la sécurité de la lampe bien précaire.

On pouvait peut-être encore en douter après les essais en atmosphère grisouteuse sur la lampe allumée, mais le fait était bien démontré après les essais de rallumage.

IV. — RECHERCHES SUR LE MATERIEL ELECTRIQUE ANTIGRISOUTEUX.

a) ETUDE D'UN POSTE TELEPHONIQUE.

Ce poste agréé par la décision 13E/6849 du 25 février 1944 est construit par la Bell Telephone Manufacturing Cy d'Anvers.

Destiné à fonctionner dans les travaux souterrains, il a été réalisé avec le maximum de maniabilité. Il n'est tributaire en effet d'aucune source permanente de courant; la transmission des appels se fait à l'intervention du courant fourni par une magnéto et celle de la parole est assurée par les courants induits résultant des variations d'un flux magnétique. Tous ces organes sont disposés dans des enveloppes en alliage léger. La liaison entre les postes se fait par des conducteurs de faible section isolés sous caoutchouc et sans armature de protection.

Etant donné la vulnérabilité des câbles de connexion, nous avons recherché si leur rupture en atmosphère grisouteuse ne pouvait être une cause de danger.

Comme les courants d'appels sont incomparablement plus élevés que ceux engendrés par le microphone, nous avons envisagé uniquement le cas d'une rupture survenant au moment de la manœuvre de la magnéto.

Nos premiers essais ont été réalisés sur un appareil simplifié dans lequel la partie essentielle est une magnéto de construction spéciale fournissant à vitesse normale un courant alternatif à 800 périodes par seconde.

Entre les pièces polaires de l'aimant sont juxtaposés un rotor à bras rayonnants en métal magnétique et un noyau solidaire d'une plaque vibrante; l'aimant porte en outre un enroulement.

Les variations du flux créées par le mouvement soit du rotor, soit du noyau, engendrent dans l'enroulement, des courants induits qui transmettent ou le signal d'appel ou la parole.

En réunissant en série deux appareils identiques, on forme donc un poste téléphonique.

L'appel transmis par la magnéto est reçu à l'autre appareil par la plaque vibrante et celle-ci après avoir servi de haut-parleur, fait ensuite office de microphone et d'écouteur.

Pour simuler la rupture du câble en atmosphère grisouteuse, nous avons inséré dans l'un des conducteurs reliant deux appareils identiques, un rupteur mécanique réalisant à la cadence de seize fois par seconde, l'ouverture et la fermeture successives du circuit au sein d'un mélange d'air et de méthane.

Ce rupteur comporte une pièce coudée en laiton, animée d'un mouvement de rotation et accrochant au passage une lame élastique également en laiton. Ces deux organes se trouvent dans une enveloppe métallique recevant d'une façon continue le mélange inflammable d'un gazomètre.

Pendant que le rupteur était en marche, on actionnait la magnéto d'un ou de l'autre appareil téléphonique, puis des deux simultanément.

La teneur en méthane du mélange fut augmentée progressivement de 8 à 11 %.

Nous ne pûmes néanmoins obtenir l'inflammation du mélange.

A l'aide d'un thermo-couple, nous avons mesuré alors l'intensité maximum du courant passant dans le circuit quand les deux magnétos sont actionnées simultanément à grande vitesse. Cette intensité est de 10 milliampères; elle est donc insuffisante pour enflammer le grisou.

Puis, utilisant un amplificateur à lampes et à résistances, nous avons recherché dans quelle proportion il fallait augmenter le courant d'appel pour obtenir l'inflammation. Le primaire de l'amplificateur fut donc connecté à la magnéto et le secondaire au rupteur en passant par un ampère-mètre.

Dans le secondaire circulait un courant de forme identique à celui débité par la magnéto, mais amplifié dans un rapport qu'on pouvait faire croître à volonté.

Pour obtenir l'inflammation, nous avons dû porter l'intensité de ce courant à 80 milliampères, soit huit fois le courant maximum débité par les deux magnétos connectées en série.

Cette intensité est voisine de celle de 91 mA renseignée à la page 182 de notre note sur « Le matériel électrique antigrisouteux à l'nstitut National des Mines (Voir Annales des Mines de Belgique, Année 1941, Tome XVII, 1re livraison) comme étant le courant minimum qui ait enflammé le grisou dans des appareils de signalisation.

Nous étions donc ainsi renseignés sur la marge de sécurité de l'appareil.

Le constructeur réalisa ensuite l'appareil définitif qui fut soumis également à des essais.

Dans cet appareil, l'écouteur est séparé du microphone. L'une des plaques vibrantes, celle actionnée par l'enroulement placé sur l'aimant de la magnéto fait à la fois l'office de dispositif d'appel et de microphone, l'autre plaque vibrante, qui est actionnée par un enroulement distinct du précédent, sert seulement d'écouteur.

La liaison entre les différents appareils d'un poste se fait par des câbles à trois conducteurs.

Deux appareils étant groupés en série, nous avons intercalé le rupteur d'abord dans chacun des trois conducteurs, puis entre deux conducteurs simulant ainsi des ruptures avec ou sans contact entre les circuits.

Dans aucun cas, bien que les deux magnétos fussent actionnées simultanément, nous n'avons pu enflammer le mélange gazeux composé pour ces essais, d'air et de gaz d'éclairage.

L'appareil donne donc, dans les cas les plus défavorables, des étincelles tout à fait inoffensives en présence soit du grisou, soit du gaz d'éclairage.

b) ETUDE D'UNE ENVELOPPE ANTIGRISOUTEUSE AVEC CANAUX D'EVACUATION DE L'HUMIDITE CONDENSEE

A la demande des Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi, nous avons examiné la possibilité de prévoir dans les enveloppes des moteurs antigrisouteux, des canaux permettent l'évacuation de l'humidité condensée.

Le constructeur avait mis à notre disposition une enveloppe de moteur sans enroulement sur laquelle étaient placées, au point le plus bas, des pièces rapportées, perçées de canaux de 6 mm de diamètre, qui établissaient une communication directe de l'enveloppe avec l'extérieur.

Dans cette enveloppe disposée au sein d'une atmosphère grisouteuse inflammable et remplie d'un mélange de même composition, on provoquait des explosions à l'aide d'une bougie d'allumage.

Nous avons expérimenté les dispositions suivantes :

a) Près de chacun des flasques, un canal de 6 mm de diamètre et de 58 mm de longueur.

b) Près de chacun des flasques, un canal de 6 mm de diamètre, se bifurquant vers l'extérieur; la longueur minimum du parcours d'une flamme intérieure pour atteindre l'atmosphère ambiante est de 58 mm.

c) Près de chacun des flasques, deux canaux de 6 mm de diamètre, l'un de 58 mm, l'autre de 80 mm de longueur.

Les dispositions b et c ont été éprouvées après échauffement, c'est-à-dire, qu'avant de procéder à l'essai de traversée, on à fait brûler d'une façon permanente du grisou à l'intérieur de l'enveloppe, ce qui a eu pour effet d'élever la température des pièces rapportées de traversées par les canaux, condition favorable évidemment à la propagation de la flamme vers l'extérieur. Un thermomètre introduit dans un de ces canaux a indiqué pour certains essais, une température de 58°C.

Nous avons procédé au total à 50 essais dont aucun n'a donné la propagation de la flamme intérieure à l'atmosphère ambiante.

c) APPAREILS ELECTRIQUES ANTIGRISOUTEUX AGREES EN 1944 ET 1945

On trouvera en annexe III, une liste des appareils agréés en 1944 et 1945.

Dans cette liste figure le matériel électrique.

V. — ESSAIS D'INFLAMMATION DU GRISOU PAR LES ETINCELLES DE FRICTION DANS UN TURBO-VENTILATEUR.

L'usure des roulements à billes, les avaries résultant de chocs violents, de manipulations brutales, amènent dans les turbo-ventilateurs, un désaxement de la roue par rapport au coursier et peuvent occasionner ainsi des frottements anormaux accompagnés de phénomènes calorifiques : échauffement des organes en contact, projections de métal incandescent.

L'Institut National des Mines a été sollicité fréquemment à donner son avis sur des incidents de ce genre dont certains d'ailleurs ont été suspectés d'avoir causé des inflammations.

Rappelons d'abord quelques constatations que nous avons faites autrefois au cours de nos recherches sur la question des étincelles de friction.

Les étincelles arrachées par friction d'un morceau d'acier ou de fer sur une meule en carborandum n'enflamment pas le grisou.

Les alliages d'aluminium soumis au meulage ne donnent pas d'étincelles; mais les fines particules arrachées s'enflamment aisément au contact des étincelles d'acier et allument ainsi le grisou.

Le frottement de bronze sur bronze poussé jusqu'à incandescence des surfaces de contact ne donne pas d'étincelle et n'allume pas le grisou.

Le meulage de l'acier sur une meule de bronze produit une gerbe nourrie d'étincelles qui n'enflamme pas non plus les mélanges grisouteux.

Enfin, rappelons encore qu'en 1941, nous avons, sans

pouvoir obtenir l'inflammation, fait fonctionner en atmosphère grisouteuse, un turbo-ventilateur dont l'un des roulements était avarié à un point tel que le rotor frottait violemment sur le coursier. Le frottement était suffisant pour empêcher le démarrage sous une pression d'alimentation de 4 Kgs et il fallait agir à la main sur le rotor pour le mettre en marche.

Pour aggraver les conditions de fonctionnement, nous avions cependant amené au contact de la frette d'acier, des éprouvettes les unes en fer, les autres en aluminium.

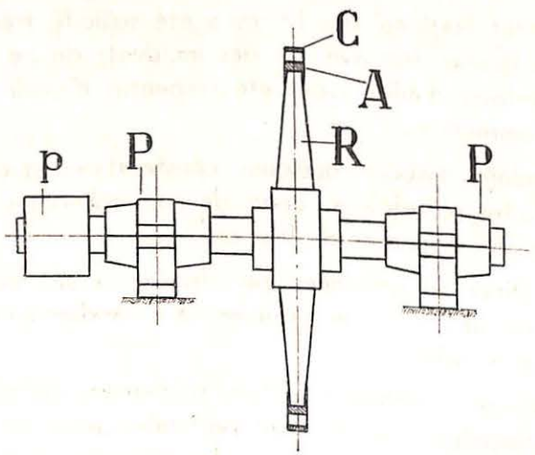


Fig. 29.

Mais comme nous venons de la rappeler, les alliages à base d'aluminium donnent par meulage des poussières inflammables et cette propriété ne peut qu'attirer la suspicion sur les turbo-ventilateurs dont la roue à pales et le coursier sont faits presqu'exclusivement de silumin ou d'alpax coulés.

Le but des recherches relatées ci-après était donc de

voir si du fait de l'utilisation du silumin, le fonctionnement d'un ventilateur avarié peut créer un risque d'inflammation.

Nous avons utilisé dans ce but, un rotor de ventilateur usagé composé d'une roue à pales en silumin (R) d'un aubage (A) en bronze fretté par 2 paliers (P) et portant en bout d'arbre une poulie (p) (voir fig. 29).

La roue actionnée par un moteur asynchrone à courant triphasé, était placée dans la cuve d'essais des appareils électriques.

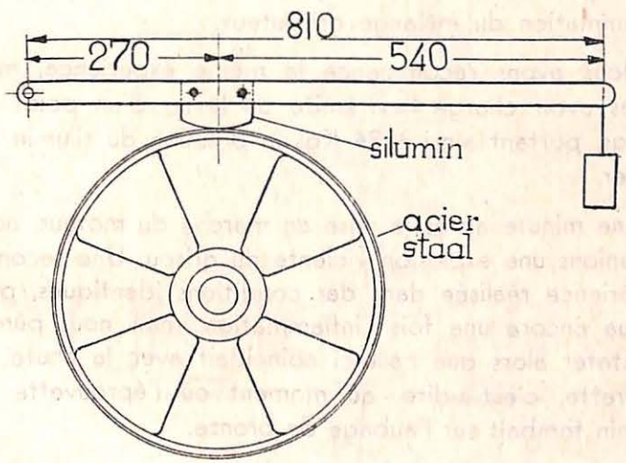


Fig. 30.

Utilisant des leviers diversement disposés, nous avons expérimenté successivement : a) le contact d'une éprouvette de silumin avec la frette d'acier; b) le contact de la frette avec la jante en silumin de la roue et c) le contact d'une éprouvette de silumin avec la jante en silumin de la roue.

Nous avons adopté d'abord la disposition schématisée à la figure 30. La pression du sabot en silumin sur la jante d'acier, en vertu du seul poids du levier, était de 9 Kg.

La vitesse de la roue étant de 1400 tours/minutes, le travail consommé en frottement atteignait 310 kilogrammètres par seconde (1).

Dans ces conditions, le silumin projettait des étincelles brillantes, mais en gerbe beaucoup moins fournie que celle provenant par exemple d'un morceau d'acier appliqué sur une meule de carborandum.

L'expérience a duré 10 minutes, sans qu'il y eût inflammation du mélange grisouteux.

Nous avons recommencé la même expérience, mais après avoir chargé l'extrémité du levier d'un poids de 5 Kgs, portant ainsi à 24 Kgs la pression du silumin sur l'acier.

Une minute après la mise en marche du moteur, nous obtenions une explosion violente du grisou. Une seconde expérience réalisée dans des conditions identiques, provoqua encore une fois l'inflammation, mais nous pûmes constater alors que celle-ci coincidait avec la chute de la frette, c'est-à-dire, au moment où l'éprouvette en silumin tombait sur l'aubage de bronze.

Nous avons recommencé ensuite plusieurs fois la même expérience en observant minutieusement ce qui se passait au moment de la chute de la frette.

L'application brusque du silumin sur l'aubage de bronze ne donne pas de projections incandescentes; par contre,

(1) Nous ne donnons le travail consommé qu'à titre d'indication, car étant donné les vibrations du mécanisme, on ne pouvait considérer comme constante la pression exercée par l'éprouvette sur la roue.

le contact passager de la frette d'acier contre la jante en silumin de la roue à pales produit une gerbe nourrie d'étincelles.

Après avoir introduit à nouveau le grisou, nous avons vérifié cette fois que le frottement du silumin sur l'aubage de bronze n'allumait pas le grisou.

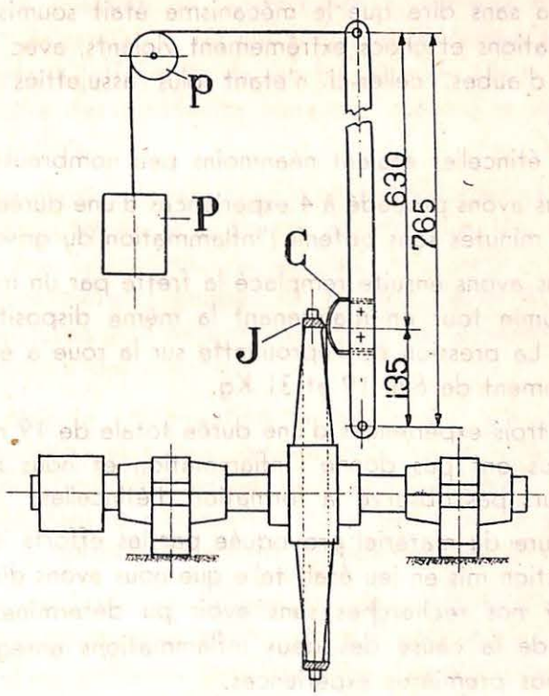


Fig. 31.

Nous avons alors modifié notre dispositif de manière à faire agir maintenant la frette sur le silumin.

Un morceau de la frette d'acier (C) porté par un levier est appliqué contre la jante (J) en silumin de la roue (voir figure 31).

La pression est donnée par un poids (P) attaché à une ficelle passant sur une poulie (p).

La traction sur la ficelle a été portée successivement à 2, 3, 4 et 5 kg. réalisant des pressions sur la roue atteignant respectivement 11,32, 16,98, 22,64 et 28,30 Kg.

Il va sans dire que le mécanisme était soumis à des trépidations et chocs extrêmement violents, avec projections d'aubes, celles-ci n'étant plus assujetties par la frette.

Les étincelles étaient néanmoins peu nombreuses.

Nous avons procédé à 4 expériences d'une durée totale de 12 minutes sans obtenir l'inflammation du grisou.

Nous avons ensuite remplacé la frette par un morceau de silumin tout en maintenant la même disposition du levier. La pression de l'éprouvette sur la roue a été successivement de 6,5, 19 et 31 Kg.

Les trois expériences d'une durée totale de 19 minutes ne nous ont pas donné l'inflammation et nous n'avons d'ailleurs pas observé la formation d'étincelles.

L'usure du matériel provoquée par les efforts intenses de friction mis en jeu était telle que nous avons dû abandonner nos recherches sans avoir pu déterminer avec certitude la cause des deux inflammations enregistrées dans nos premières expériences.

Il ressort cependant de nos recherches que l'emploi du silumin ne crée pas un risque spécial d'inflammation du moins dans le cas d'un frottement sans choc.

Le danger réside plutôt dans l'éventualité d'un choc violent de matériaux déjà fortement échauffés par friction tel celui qui s'est produit lors de la chute de la frette.

VI. — LA LUTTE CONTRE LES POUSSIERES.

(au point de vue hygiène).

La mécanisation de l'exploitation houillère a eu pour résultat de réduire la fatigue physique du mineur tout en augmentant l'effet utile de son travail, mais elle a suscité par contre des problèmes nouveaux quant à la salubrité des chantiers.

L'introduction dans la mine d'engins mécaniques d'abatage et de transport se traduit en effet par une accélération des opérations; de ce fait, elle conduit à une fragmentation plus poussée du produit extrait et à une mise en suspension désordonnée de fines poussières dans l'atmosphère des chantiers.

De plus, la mécanisation ne se conçoit pas sans la concentration et celle-ci amène encore une aggravation des conditions de travail puisqu'elle a pour objectif d'utiliser dans le même chantier le maximum de personnes et le maximum d'engins producteurs de poussières.

L'air ventilant les travaux se trouve donc chargé à l'excès de particules solides dont l'inhalation prolongée ne peut qu'entrainer des désordres physiologiques plus ou moins graves pour le personnel.

On connait depuis longtemps les méfaits de la silice introduite dans les voies pulmonaires; l'action physiologique de ce minéral qui existe à l'état libre ou en combinaison dans les terrains encaissants des couches de houille, serait conditionné parait-il, par sa constitution chimique.

En ce qui concerne les poussières charbonneuses, on en est toujours à discuter sur la gravité de leurs action nocive.

Il est cependant bien établi que même en l'absence de toute action chimique, l'effet mécanique des poussières introduites en grande quantité dans les poumons entraine une déficience respiratoire préjudiciable à la santé du mineur.

La question de la lutte contre les poussières est donc d'une telle urgence qu'elle ne peut échapper à l'attention de ceux qui ont charge de l'avenir de nos exploitations houillères.

Ajoutons que l'installation d'appareils capables d'abattre ou d'éliminer les poussières vient d'être rendue obligatoire par une prescription annexe de l'article 23 du Règlement sur l'aérage des mines (voir Moniteur belge du 29-12-45).

Enfin, pour encourager les initiatives, le Ministère du Travail et de la Prévoyance Sociale a institué un concours auxquels sont appelés à participer les inventeurs et constructeurs d'installations ou dispositifs tendant à réduire la teneur en poussières.

Dans les chantiers d'exploitation, les opérations les plus nuisibles sont l'abatage au marteau-pic, le pelletage du charbon abattu et le transport de celui-ci par les moyens mécaniques, tant en taille que dans les voies.

Le marteau-piqueur agit sur le charbon fin, soit par la fuite se produisant entre l'aiguille et le décaleur, soit par les décharges du fluide détendu s'échappant du cylindre moteur.

La construction de cet engin est telle en effet que

l'air assurant la course de retour de la masse percutante se trouve dans un espace cylindrique limité d'un côté par le piston et de l'autre, par la tête même de l'aiguille.

Le moindre jeu entre l'aiguille et le décaleur qui lui sert de guide entraine évidemment une perte d'air qui s'accroît avec l'usure.

L'effet de cette fuite sur les poussières est cependant négligeable vis-à-vis de celui accompagnant les décharges du cylindre moteur. Celles-ci ont un débit qui correspond évidemment à la consommation du marteau, soit en moyenne 1.000 litres d'air par minute)volume ramené à la température et à la pression normale).

La contribution des marteaux-piqueurs dans la mise en suspension des poussières est telle que nous avons jugé utile d'attirer sur ce fait l'attention des constructeurs et de les inviter à étudier la mise en application de perfectionnements susceptibles d'atténuer les inconvénients des engins pneumatiques.

Pour réduire la fuite le long de l'aiguille, on a imaginé divers correctifs tels que la placement d'une bague d'étanchéité en feutre dans le décaleur ou l'allongement des fourreaux guidant l'aiguille dans sa course.

En ce qui concerne le souffle par les orifices de décharge, le remède tout indiqué est de diriger la chasse d'air de telle façon qu'elle n'atteigne ni le front, ni le charbon abattu.

L'emploi d'une gaine annulaire et orientable récoltant les décharges et ne permettant l'évacuation de l'air que dans une seule direction résoud la question dans le cas des couches de grande ouverture.

Dans les couches minces au contraire, cet organe peut

être insuffisant et il vaut mieux alors canaliser l'air détendu par un tuyau de métal ou de caoutchouc dirigé vers l'arrière.

Deux marteaux pourvus d'un tuyau de décharge nous ont été présentés pour examen par M. F. Pigneur, Chef d'Atelier aux Charbonnages d'Aiseau-Presles et par les Ateliers Liégeois d'Outillage pneumatique.

On ne manquera certainement pas d'objecter que cette innovation doit avoir pour effet de réduire la capacité de travail du marteau.

A ce sujet, notre adjoint, M. l'Ingénieur principal des Mines Brison a procédé au laboratoire du cours d'exploitation de l'Ecole des Mines de Mons à une longue série de recherches dont le compte rendu figure en Annexe I de ce rapport et d'où il résulte que les performances d'un marteau-piqueur ne sont nullement affectées par la présence d'un tuyau d'échappement (1).

Mais comme nous l'avons dit précédemment, les appareils mécaniques de transport provoquent également le soulèvement des fines poussières. Les pulvérisateurs dont l'emploi est très répandu en Belgique ont pour but de faire face à cette autre cause d'insalubrité.

On utilise ces engins soit pour empêcher la mise en suspension des poussières tendant à s'échapper des couloirs, des courroies ou des trémies, soit pour accélérer la précipitation de celles flottant dans l'air du chantier.

Leur action vis-à-vis des particules les plus fines serait parait-il, discutable.

Des recherches faites en Angleterre montrent cependant qu'aux endroits où le charbon tombe d'une courroie dans une trémie ou sur un autre engin de transport, l'isolement par coffrage combiné avec l'humidification par pulvérisateur peut réduire de 80 % la quantité de poussières mises en suspension dans l'atmosphère.

(1) Nous adressons ici nos plus vifs remerciements à M. J. Yernaux, Administrateur de l'Ecole des Mines qui a bien voulu mettre à notre disposition le laboratoire et le matériel nécessaires.

Pour vérifier l'efficacité des pulvérisateurs d'eau, nous avons réalisé à l'Institut National des Mines un tunnel à poussières, c'est-à-dire, une galerie en circuit fermé de 60 mètres environ de développement et de 1,7 m² de section dans laquelle circulera à l'intervention d'un ventilateur Aerex de 1040 mm de diamètre, actionné par un moteur électrique à vitesse variable, un courant d'air chargé d'une quantité déterminée de poussières.

Des mesures effectuées en amont et en aval du pulvérisateur permettront d'apprécier le rendement de l'appareil et de départager ainsi les différents modèles utilisés dans les chantiers.

J'ajoute que cette installation se prêtera également à l'examen de tout engin imaginé en vue de l'abattement des poussières.

VII. — LABORATOIRE DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

Nos recherches sur le mécanisme d'inflammation du méthane d'après la théorie des réactions en chaine ont été interrompues en novembre 1944 par le départ de M. Van Tiggelen, Docteur en sciences chimiques.

Etant donné la contribution importante de l'Institut National des Mines dans l'étude de cette question actuellement à l'ordre du jour, nous exposons ci-après les résultats acquis au cours des années 1941 à 1944, ainsi que le programme des expériences futures dont l'exécution a été confiée à M. Vanpée, Docteur en sciences, attaché à l'Institut depuis décembre 1945.

M. Van Tiggelen, Docteur en sciences, a proposé un mécanisme conforme aux théories modernes de la cinétique chimique et d'après lequel la cause de l'explosion est attribuée au développement rapide d'une chaine de réactions telles que :

$$CH_3 + O_2 = H\,COH + OH$$
$$OH + CH_4 = H_2O + CH_3$$
$$OH + HC\,OC = O_2H + HCO$$
$$HCO + O_2 = CO_2 + OH.$$

Cette série d'équations montre comment la réaction d'oxydation peut se poursuivre sans s'accélérer : la disparition d'une centre actif de propagation tel que CH_3, OH et HCO donne naissance en effet à un seul centre propagateur; il n'y a donc au total ni gain, ni perte.

La réaction explosive exige au contraire une multiplication des centres propagateurs ou actifs.

Celle-ci d'après M. Van Tiggelen se produirait à partir de CH_3, d'après le mécanisme suivant :

$$CH_3 + O_2 = CO + OH + 2\,H.$$

Dans le second membre de l'équation figurent OH et deux atomes d'hydrogène; ceux-ci en présence d'oxygène se transforment immédiatement en 2 OH.

CH_3 centre propagateur de la réaction donnerait ainsi naissance à trois nouveaux centres OH. La concentration des centres propagateurs augmenterait donc suivant une progression géométrique, ce qui expliquerait l'allure explosive de la réaction.

Telle est la théorie préconisée dès 1940 par M. Van Tiggelen. Elle ne fut que partiellement vérifiée au cours des années 1940 à 1944.

M. Van Tiggelen est parvenu en effet à réaliser l'oxydation photochimique du méthane en produisant des radicaux CH_3 au sein d'un mélange méthane + oxygène.

Inversément, la réaction a été bloquée par l'introduction de radicaux I et Br.

La démonstration a donc été faite que le radical CH_3 joue le rôle de propagateur de la réaction, mais que son action peut être annihilée par les radicaux halogènes I et Br faisant office ici d'inhibiteur.

Il s'imposait de faire la même démonstration pour les radicaux OH et HCO. Mais ici les expériences de M. Van Tiggelen n'ont pas donné de résultat positif.

Ni l'irradiation d'un mélange $CH_4 + O_2 + HCOOH$, ni celle d'un mélange $CH_4 + O^2 + CH_3OH$ n'ont provoqué l'oxydation du méthane.

Il semble cependant que la décomposition photochimique de HCOOH doive se faire suivant le schéma primaire :

$$HCOOH + h\nu \rightarrow H\,CO + OH.$$

Il est probable aussi que la concentration en centres actifs n'ait pas été suffisante.

Dans le cas de la décomposition photochimique de CH_3OH, il n'y aurait même pas de radicaux OH formés; la molécule serait simplement excitée sous l'action de la lumière :

$$CH_3OH + h\nu = (CH_3\,OH)^*$$

Il faut cependant retenir que l'irradiation du mélange (CH_4 + HCOOH) conduit à la formation de petites quantités de CxHy. C'est une preuve que l'attaque de la molécule CH_4 débute vraisemblablement par la réaction :

$$CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O.$$

L'étude de l'action des radicaux OH sera la première question à élucider.

Quelques recherches préliminaires ont permis déjà de constater qu'un mélange

ammoniaque + méthane + oxygène,

soumis à l'action des rayons ultra-violets est le siège d'une oxydation du méthane dès la température de 300°.

Ceci semble indiquer que les radicaux OH résultant de la réaction :

$$NH_3 + h\nu = NH_2 + H$$
$$H + O_2 \rightarrow OH$$

font bien l'office de propagateur de chaine.

Nous nous proposons d'étudier ce phénomène en fonction de la température et de la concentration des gaz réagissants.

Cette étude nous fournira certainement des renseignements sur l'énergie d'activation des réactions intervenant dans le mécanisme proposé par M. Van Tiggelen.

Nos investigations sur les phénomènes d'inhibition seront complétées par des recherches sur l'action du chlorure de méthyle. Celui-ci doit produire par photolyse, des radicaux Cl susceptibles de détruire des centres actifs.

(Rappelons que M. Van Tiggelen a examiné le cas des radicaux I et Br).

Mais comme on l'aura constaté, toutes les réactions en chaine mentionnées jusqu'ici postulent l'existence préalable d'un centre actif soit CH_3, soit OH.

Il faudra voir maintenant par quel mécanisme ces radicaux peuvent apparaitre spontanément dans un mélange méthane + oxygène, dans lequel on n'aurait pas introduit au préalable des produits d'addition irradiés tels l'acétone ou l'ammoniaque.

Sur ce mécanisme, on n'a fait jusqu'ici que des hypothèses assez confuses.

Nous nous proposons donc de porter également nos investigations sur cette question.

Ces études sur le mécanisme des réactions en chaine présentent un caractère hautement scientifique qui tranche singulièrement sur l'aspect habituel de nos recherches; de ce fait, on pourrait être amené à leur dénier tout intérêt technique.

On observe cependant depuis quelques années une préséance bien marquée de la théorie des réactions en chaine dans l'étude des explosions gazeuses.

Pendant longtemps, la simple théorie « thermique » a permis d'expliquer les phénomènes d'inflammation et de propagation de la combustion dans les mélanges d'air et de gaz combustibles.

On admettait que l'inflammation du mélange se produisait en un point lorsque sa température y atteignait une valeur telle que la chaleur engendrée par la réaction était supérieure à la perte de calories par échange avec les points voisins.

L'échauffement s'accélérant, la combustion se poursuivait d'elle-même, se transformant ensuite en explosion.

La propagation s'expliquait donc par échauffement des couches successives du mélange à partir du front de flamme et l'extinction était considérée comme la conséquence d'un refroidissement. (Exemple : tamis des lampes de sûreté et sels refroidissants des explosifs S. G. P.).

La validité de la théorie thermique parait cependant bien douteuse lorsqu'il s'agit d'expliquer les constatations suivantes :

1) De petites additions d'oxyde nitrique et d'autres gaz abaissent la température d'inflammation du méthane de 200°, tandis que certains inhibiteurs la relèvent de 100°

2) La vitesse de la flamme n'est guère plus grande dans le mélange

$CH_4 + O_2 +$ hélium que dans le mélange

$CH_4 + O_2$ argon, moins bon conducteur cependant que le premier.

3) Des tubes de verre arrêtent aussi bien la flamme que des tubes de cuivre de même diamètre, bien que le cuivre soit 460 fois plus conducteur que le verre.

Par contre, la théorie des réactions en chaine donne à ce sujet une explication plausible basée sur un mécanisme au sujet duquel nous ne pouvons nous étendre ici.

L'annexe II de ce rapport relate les travaux effectués en 1944 par M. Van Tiggelen avec l'aide pécuniaire du Fonds National de la Recherche Scientifique, auquel nous renouvelons ici l'expression de notre gratitude.

Institut National des Mines
Frameries-Pâturages

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1944-1945

ANNEXE I.

La lutte contre les poussières dans les chantiers d'exploitations

Etude de dispositifs pare-échappement et anti-poussières pour marteau-piqueur

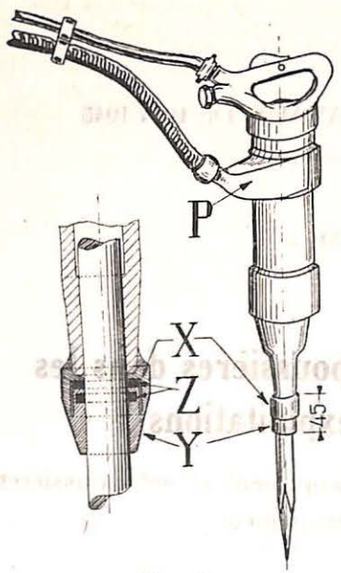
par

Léon BRISON,
Ingénieur principal des Mines
Attaché à l'Institut

Ces dispositifs mis au point par Monsieur Pigneur, Chef d'atelier au Charbonnage d'Aiseau-Presle, ont pour objet de réduire le soulèvement de poussières lors de l'abatage du charbon au marteau-pic. Ils ont pour office d'écarter de la veine et du charbon fragmenté, les jets d'air détendu dégagés par les lumières d'échappement et de réduire au minimum la fuite d'air comprimé qui se produit entre l'aiguille et le décaleur lorsque celui-ci est usé.

Lorsque le jeu entre le décaleur et l'aiguille est important, cette fuite provoque un véritable « soufflage » du charbon désagrégé autour de la pointe.

Les dispositifs schématisés par la figure A comportent :



Légende.
P pare-échappement ;
X buselure soudée au décaleur ;
Y anneau amovible vissé sur la buselure et maintenant la bague d'étanchéité ;
Z bagues d'étanchéité ;

Fig. A

a) un collecteur d'échappement en tôle, en forme d'entonnoir, soudé sur la tête du marteau et recouvrant les lumières de décharge.

Ce collecteur est raccordé à un tuyau flexible en métal enroulé, de 25 mm de diamètre intérieur et de 700 mm de longueur, muni d'une griffe à ressort par laquelle il peut être accroché soit au flexible d'alimentation en air comprimé, soit à la ceinture de l'abatteur.

(Remarquons que le tuyau métallique se détériore aisément par écrasement ou par pliage à angle vif : il serait remplacé avec avantage par un tuyau souple en caoutchouc de même diamètre).

b) une gaine métallique avec bagues d'étanchéité en caoutchouc, soudée à l'extrémité du décaleur. Les bagues de caoutchouc, à l'état neuf, serrent fortement le fleuret qui ne peut se déplacer longitudinalement qu'avec difficulté. Elles s'alèsent suffisamment après quelques minutes de fonctionnement, permettant ainsi le coulissement de l'aiguille à frottement doux et la marche normale du marteau.

ETUDE EN LABORATOIRE

Des essais ont été effectués au Laboratoire des Mines (1) de la Faculté Polytechnique de Mons, grâce à l'obligeante autorisation de M. l'Administrateur-Directeur Yernaux, en vue de rechercher dans quelle mesure le dispositif qui vient d'être décrit modifiait éventuellement les performances du marteau pneumatique.

A cet effet, nous avons mesuré la consommation d'air, la fréquence et la puissance de frappe d'un marteau La Croix B-57, pour des pressions d'air comprimé variant de 2 à 4,5 kg/cm², sur le frein à huile, avec et sans pare-échappement et bagues d'étanchéité.

Afin d'obtenir des résultats comparables, nous avons pris soin de faire toujours fonctionner le marteau-pic dans les mêmes conditions, la poussée appliquée à la poignée (soit 25 kg 745) et la résistance à l'enfoncement du fleuret étant maintenues constantes au cours des essais.

Nous avons également déterminé les caractéristiques du marteau-pic en remplaçant le décaleur normal par un décaleur usé.

Les graphiques figure B traduisent les résultats des mesures effectuées :

1° — En l'absence des dispositifs étudiés, avec décaleur en bon état ;

2° — Avec pare-échappement et bagues d'étanchéité ;

3° — Sans pare-échappement, mais avec bagues d'étanchéité ;

4° — En l'absence des dispositifs étudiés, mais avec décaleur usé (jeu radial de 0.55 mm entre le décaleur et le fleuret).

On constate que les points représentatifs des essais 1°, 2° et 3° se répartissent autour des mêmes courbes caractéristiques moyennes. La dispersion des points, due aux irrégularités inévitables de fonctionnement des outils à auto-distribution et aux erreurs de mesure, est sensiblement la même dans ces trois séries d'essais.

---

(1) Dirigé par L. L. Brison, chargé de cours à la Faculté.

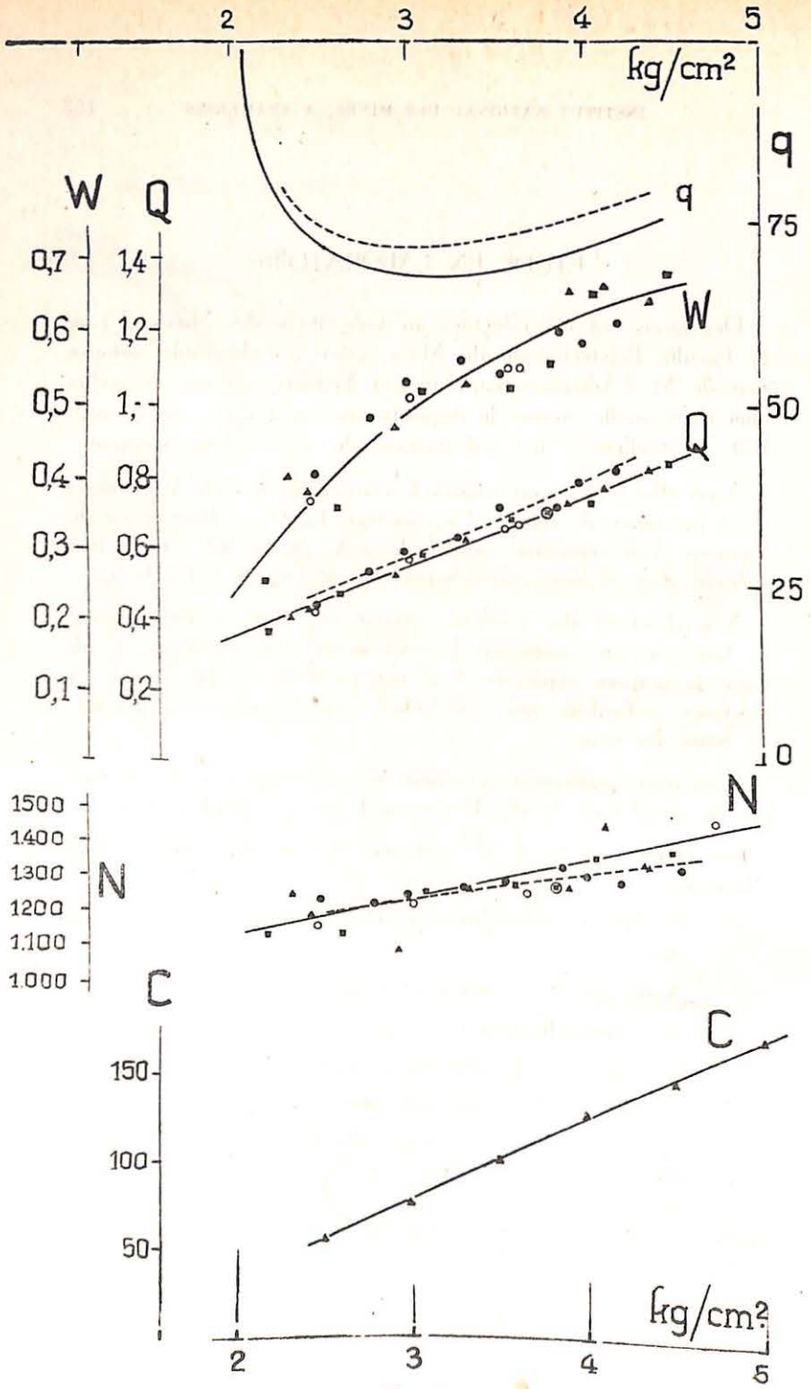


Fig. B

Fig. B.

Légende.

Q Consommation d'air, m³/minute aspirés.

N fréquence de frappe, coups-minute.

W puissance conférée (à la tête de l'aiguille) en C. V.

q consommation spécifique, m³/aspirés/C. V. heure, déduite des courbes Q et W.

C contrepression à l'échappement m/m d'eau.

■ marteau sans pare-échappement, avec décaleur normal en bon état.

▲ avec pare-échappement à la poignée et bagues d'étanchéité au décaleur.

○ sans pare-échappement à la poignée, mais avec bagues au décaleur.

● sans pare-échappement ni bagues, mais avec décaleur usé (jeu de 0,35 m/m.).

Le fonctionnement du marteau-pic n'est donc nullement affecté par les modifications soumises à notre examen.

Cela s'explique si l'on considère que la contrepression introduite par le pare-échappement, contrepression que nous avons mesurée par un tube manométrique raccordé à l'entonnoir - collecteur de celui-ci, est insignifiante. L'un des graphiques ci-contre montre qu'elle croît linéairement avec la pression d'admission. Elle vaut 170 mm d'eau, soit à peine 0,0165 atmosphère, lorsque le marteau est alimenté sous 5 kg/cm².

Les essais 4° avec décaleur usé, décèlent un accroissement de consommation de 6 à 7 % dû à la fuite d'air entre décaleur et fleuret.

Il semble que cette circonstance réduise également la fréquence de frappe et la puissance, dans une proportion croissant avec la pression d'admission, lorsque celle-ci dépasse 3,5 kg/cm².

Le nombre et la précision des mesures effectuées sont toutefois insuffisants pour permettre une conclusion formelle. Cependant la comparaison des courbes de consommation spécifique, en m³ d'air aspirés par cheval-heure, déduites des courbes moyennes de consommation et de puissance, permet déjà de se rendre compte de la chute de rendement due à l'usure du décaleur.

UTILISATION PRATIQUE

Nous avons eu l'occasion de nous rendre compte des résultats pratiques d'application des dispositifs Pigneur, par une visite dans les travaux souterrains du Siège de Tergnée du Charbonnage d'Aiseau-Presle, où un certain nombre de marteaux-piqueurs en ont été pourvus.

Dans un montage et dans une taille, nous avons fait manier successivement par les mêmes ouvriers, un marteau La Croix B-37, avec décaleur usagé et un outil identique pourvu du pare-échappement et de la bague d'étanchéité.

Nous avons constaté une réduction très nette du soulèvement de poussières par l'emploi de ces dispositifs.

Il semble toutefois que la longueur optima du tuyau souple de décharge soit fonction de l'ouverture de la couche de houille attaquée.

Cette longueur doit être choisie de telle sorte que le tuyau ne débouche jamais à moins de 0m30 ou 0m40 du charbon abattu ou du front de taille, quelle que soit la position de l'ouvrier et l'orientation de l'outil.

D'après l'expérience acquise en quelques semaines d'application, les bagues d'étanchéité en caoutchouc peuvent être utilisées pendant un temps qui varie de 5 à 10 jours environ, suivant qu'il s'agit d'une couche relativement tendre ou très dure.

Le coût de chaque bague en caoutchouc est de quelques francs.

Institut National des Mines
Frameries-Pâturages

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1944 - 1945

ANNEXE II.

Photo-sensibilisation et inhibition dans la combustion du méthane

par Adolphe VAN TIGGELEN,
Docteur en Sciences chimiques
Attaché à l'Institut

Dans une note publiée antérieurement (*), nous avons relaté les résultats expérimentaux se rapportant à la combustion du méthane photosensibilisée par l'acétone. Ci-dessous se trouvent rapportés de nouveaux résultats d'expériences qui semblent confirmer d'une façon satisfaisante le mécanisme en chaînes que nous avions proposé à ce moment.

Nous diviserons en deux parties cet exposé de résultats expérimentaux :

1. Photosensibilisation par HCOOH et par CH_3OH.
2. Photosensibilisation par CH_3I ou par CH_3Br, et étude de l'inhibition.

(*) A. Van Tiggelen, Ann. Mines Belg. T 43, p. 117 — 1942.

I. PHOTOSENSIBILISATION PAR HCOOH ET PAR CH_3OH

A. *Irradiation par les rayons* U-V *des mélanges* CH_4 *plus* HCOOH.

Une des réactions élémentaires principales du maillon dans la réaction en chaîne est la suivante : $CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$; son étude directe nous permettrait de la prouver d'une façon péremptoire et de calculer son énergie d'activation avec plus de certitude que nous ne l'avons fait à la suite des expériences décrites plus haut à propos des mélanges méthane, oxygène, acétone. Malheureusement, il n'y a guère de moyen bien défini de produire ces radicaux OH par voie photochimique, en quantité suffisante dans les conditions ordinaires de pression et en absence d'oxygène. En présence d'oxygène, au contraire, leur production est aisée, il suffit de former par exemple des atomes d'hydrogène qui fourniront, en présence d'oxygène, le radical OH. Malheureusement, la présence d'oxygène provoquerait immédiatement l'oxydation du radical CH_3 formé et nous empêcherait de le mettre en évidence, par ses produits de transformation ou de recombinaison (principalement C_2H_6).

Cependant, certaines substances organiques, irradiées par les rayons ultraviolets, fournissent suivant un mécanisme indéterminé ces radicaux OH, offrant ainsi un moyen d'étudier au moins qualitativement la réaction $CH_4 + OH$.

La photolyse aussi bien que la thermolyse de l'acide formique fourn't principalement H_2, CO, CO_2 et H_2O en proportions variables suivant la température. Il y a lieu de considérer deux schémas de décomposition :

$$a)\ HCOOH \rightarrow CO_2 + H_2$$

$$b)\ HCOOH \rightarrow CO + H_2O$$

Pour les déductions qualitatives que nous allons expliciter au sujet de la réaction $CH_4 + OH$, il ne nous est pas nécessaire de débrouiller complètement le mécanisme de cette photolyse ou thermolyse (1). Nous avons groupé dans le tableau I ci-dessous les résultats d'expériences d'irradiation, d'une quantité sensiblement constante d'acide formique, à différentes températures.

(1) Allmand et Reeve : J. Chem. Soc. London, 1926, 2851-2852.

Tableau I

Volume initial d'acide formique : constant
Durée d'irradiation : 7 h. 45' Température moyenne : variable

V_o af	T° C	V_f	V_f (H_2)	V_f (CO)	V_f (CO_2)	[V_f (H_2O) + X] par différence
1,16	355°	3,31	0,97	0,22	1,05	1,05
1,44	310°	3,21	1,10	0,48	1,13	0,50
1,45	255°	2,91	0,82	0,59	0,92	0,58
1,42	205°	2,30	0,50	0,54	0,59	0,65
1,29	155°	2,05	0,55	0,52	0,46	0,69
1,45	125°	2,31	0,58	0,56	0,47	0,82

V_o af = volume initial d'acide formique ; V_f = volume des produits finals ; X = produits de réduction de HCOOH par H + HCOOH résiduel.

On constate immédiatement une prédominance du schéma $HCOOH \rightarrow CO + H_2O$ à basse température et du schéma $HCOOH \rightarrow CO_2 + H_2$ à haute température.

En second lieu, si on admet que la réaction $HCOOH + h\nu \rightarrow CO + H_2O$ se produit en étapes, on peut écrire :

$$b_1)\ HCOOH + h\nu \rightarrow HCO + OH$$

$$b_2)\ HCO \rightarrow H + CO$$

$$b_3)\ H + OH \rightarrow H_2O$$

Les étapes b_2 et b_3 étant extrêmement rapides, on peut dire qu'il y a en tout cas présence d'une faible concentration en radicaux OH. La mesure du CO formé est alors en relation très grossière de proportionnalité avec la quantité de radicaux OH présents à un moment donné de la réaction. On voit que cette quantité augmente si la température s'abaisse.

Ces deux points étant relevés, nous groupons dans le tableau II une série d'expériences où nous avons irradié la même quantité d'acide formique, en présence cette fois d'une même quantité constante de méthane, à diverses températures.

Tableau II

Volume initial de CH_4 et HCOOH : constants

Durée d'irradiation : 8 h. Température moyenne : variable

V_o af	$V_o(CH_4)$	T° C	V_f	$V_f(H_2)$	$V_f(CO)$	$V_f(CH_4)$	$V_f(C_xH_y)$	$V_f(CO_2)$	$V_f(H_2O)+X$
1.49	7.92	350°	11.19	0.95	0.58	7.90	0.07	0.87	0.82
1.65	7.77	300°	11.12	0.91	0.65	7.72	0.11	0.76	0.98
1.50	8.07	250°	10.96	0.78	0.65	7.87	0.12	0.59	0.97
1.41	7.96	200°	10.54	0.45	0.65	7.86	0.09	0.52	0.98
1.64	7.99	150°	10.65	0.54	0.82	7.95	0.06	0.55	1.15
1.51	7.82	100°	10.20	0.28	0.72	7.84	0.04	0.55	0.97

La formation de C_xH_y (composé principalement de C_2H_6) est une preuve formelle de l'attaque de la molécule CH_4 par le radical OH.

La quantité de C_xH_y formé semble rester constante à différentes températures (la petitesse des échantillons à analyser ne permet pas d'opérer d'une manière très quantitative) et cela peut s'expliquer par l'action de deux phénomènes antagonistes :

Si la température s'élève, la réaction $CH_4 + OH$ devient plus rapide, mais par contre la photolyse par le schéma $HCOOH + h\upsilon \rightarrow CO + H_2O$ devient de moins en moins importante, c'est-à-dire que la production de radicaux OH diminue.

Enfin dans le tableau III se trouvent les résultats des expériences faites en présence de quantités croissantes de méthane et à 250° où la formation de C_xH_y apparaît la plus marquée dans le tableau II.

La quantité de C_xH_y augmente effectivement avec la concentration en méthane, ce qui est conforme à l'expression théorique de la vitesse de la réaction $CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + OH$

$$\text{Vitesse} = k\ (CH_4)\ (OH)$$

k étant fonction exponentielle de la température.

B. *Irradiation des mélanges* $CH_4 + CH_3OH$ *(avec ou sans oxygne)*.

Ici également nous avions espéré trouver dans l'absorption de l'ultraviolet par l'alcool méthylique une source de radicaux OH ; comme nous verrons ci-dessous, il n'y a guère production de ces radicaux. Mais avant de rapporter ces expériences, nous avons à décrire quelques modifications apportées au dispositif expérimental déjà décrit (2). La figure ci-dessous représente cette modification : elle reprend une section de l'appareil déjà décrit et se raccordant à ce dernier en imaginant une section immédiatement en-dessous de la chambre d'expansion A. La chambre A a été entourée d'un manchon thermostatique rempli d'eau et son volume très exactement mesuré ; ce qui permet de mesurer plus exactement les gaz initiaux

(2) A. Van Tiggelen, Annales des Mines de Belgique, T XLIII, p. 117 — 1942.

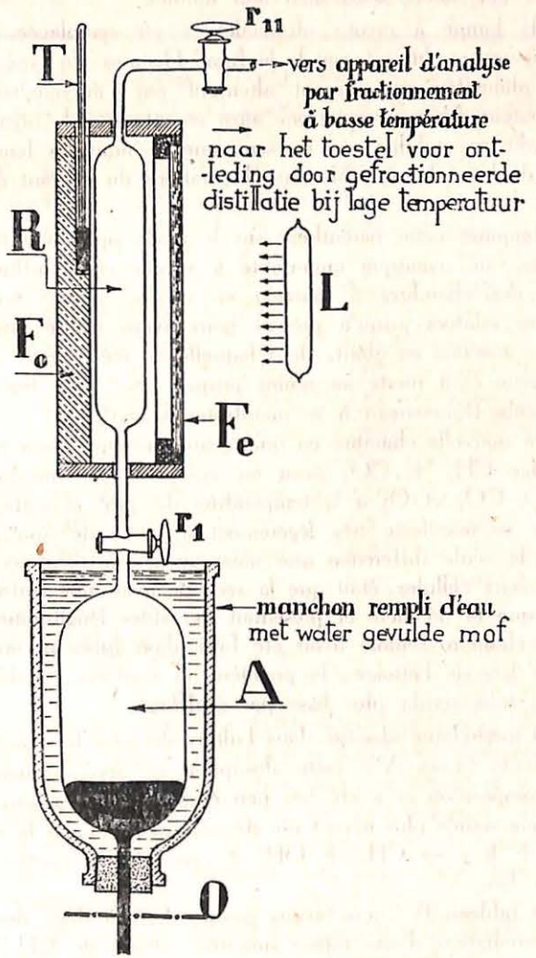
Tableau III

Volume initial d'acide formique : constant — Température moyenne : 250°

Volume initial de méthane : variable — Durée d'irradiation : 8 h.

V_o af	V_o (CH_4)	V_f	V_f (H_2)	V_f (CO)	V_f (CH_4)	V_f (C_xH_y)	V_f (CO_2)	V_f (H_2O) + X
1.40	37.08	36.85	0.64	0.45	36.75	0.25	0.59	1.50
1.59	17.07	20.55	0.69	0.68	17.51	0.19	0.44	0.99
1.59	15.07	15.87	0.75	0.70	12.77	0.16	0.52	1.00
1.59	8.07	10.96	0.78	0.65	7.87	0.12	0.59	0.97
1.45	5.46	6.14	0.68	0.64	5.34	0.06	0.61	0.86
1.58	1.61	4.12	0.68	0.62	1.55	0.05	0.65	0.64
1.46	0.85	3.02	0.74	0.67	0.85	0.04	0.71	0.67

avant de les admettre dans la chambre à réaction R et de les mélanger plus intimement. Immédiatement en-dessous de cette chambre se trouve un repère O et le volume depuis O jusqu'au robinet r1 est très exactement connu ; en amenant le mercure en O après chaque introduction d'un nouveau constituant initial, on mesure



la pression qu'il exerce dans le volume A. Le robinet r1 a été remplacé par un robinet à voie unique. La chambre à réaction R

a été remplacée par un nouveau tube en quartz se prolongeant par un tube capillaire muni d'un robinet r11 qui le met en communication avec l'appareil d'analyse par fractionnement à basse température. Cette modification apporte un perfectionnement sensible car elle permet de soumettre à l'analyse non plus un échantillon des gaz finals, mais bien leur totalité.

Enfin la lampe à rayons ultraviolets a été remplacée par une lampe beaucoup plus intense de la firme Heraues, du type U. P. S. 500 et alimentée par courant alternatif par l'intermédiaire d'un transformateur. Nous avons gagné ainsi en intensité de rayonnement mais perdu en stabilité, en ce sens que la nouvelle lampe s'est montrée de loin plus sensible aux fluctuations du courant d'alimentation.

Pour terminer cette parenthèse sur le mode opératoire utilisé, il nous reste une remarque importante à signaler sur l'influence de la paroi des chambres à réaction en quartz : Pour toutes les expériences relatées jusqu'à présent nous avons utilisé une même chambre à réaction en quartz dans laquelle un mélange de méthane et d'oxygène était inerte au moins jusqu'à 400°, une légère combustion lente commençait à se manifester à 450°.

Avec la nouvelle chambre en quartz au contraire, après 8 heures un mélange $CH_4 + CO_2$ avait été complètement transformé en CO, H_2O, CO_2 et O_2 à la température de 450° et cette oxydation lente se manifeste très légèrement à partir de 400°. Apparemment, la seule différence que nous ayons pu constater à vue entre ces deux cellules, était que la seconde avait une surface plus rugueuse que la première et présentait des stries longitudinales. La deuxième chambre semble avoir été faite d'un tube qui avait été « laminé » lors de l'étirage ; la première au contraire, semble avoir faite d'un tube rendu plus lisse par soufflage.

L'alcool méthylique absorbe dans l'ultraviolet vers les courtes longueurs d'onde (2.000 A°); cette absorption est accompagnée d'une faible décomposition et a été très peu étudiée ; nous avions espéré avoir ici une source plus importante de radicaux OH par la réaction $CH_3OH + h\,\nu \rightarrow CH_3 + OH$, il n'en est rien comme on le verra plus loin.

Dans le tableau IV, nous avons groupé deux à deux des expériences d'irradiation d'une même quantité initiale de CH_3OH en présence ou non d'une même quantité d'oxygène à différentes températures.

Tableau IV

Volume initial de CH_3OH et éventuellement de O_2 : constants

Durée d'irradiation : 6 h. Température moyenne : variable

V_o (m)	V_o (O_2)	T° C	V_f (H_2)	V_f (O_2)	V_f (CO)	V_f (CH_4)	V_f (CO_2)
5,25	0	450°	2,37	—	0,42	1,27	—
5,36	13,11	450°	0,07	6,51	5,60	—	1,99
5,37	0	400°	1,75	—	0,73	0,12	—
5,22	13,33	400°	0,20	8,53	3,92	—	0,65
5,19	0	350°	1,15	—	0,43	0,21	—
5,18	13,54	350°	0,23	10,52	2,56	—	0,27
5,42	0	300°	1,23	—	0,41	0,13	—
5,28	12,98	300°	0,25	11,09	1,63	—	0,15
5,20	0	250°	1,48	—	0,61	0,07	—
5,45	13,84	250°	0,25	12,33	1,23	—	?
5,24	0	200°	1,48	—	0,57	0,05	—
5,59	14,01	200°	0,17	13,00	0,79	—	0,09
5,19	0	150°	1,09	—	0,33	0,03	—
5,45	13,93	150°	0,17	12,79	0,80	—	0,17
5,24	0	40°	1,09	—	0,25	0,02	—
5,39	13,63	40°	0,08	12,22	0,30	—	0,26

V_o (m) = volume initial de CH_3OH 2

Laissons de côté les expériences faites à 450° et 400° : en effet à 450° en 6 heures l'alcool méthylique se transforme complètement en CO et CO_2, H_2 et H_2O, même sans irradiation et à 400°, l'oxydation lente du CH_3OH se manifeste très faiblement : l'alcool méthylique se comporte donc, au point de vue de la combustion lente, exactement comme le méthane dans une même chambre à réaction en quartz.

La série d'expériences en absence d'oxygène montre que la quantité de CH_3OH photolysée pendant 6 heures reste à peu près constante de 40 à 400° ; les écarts dus à d'assez importantes variations d'intensité du rayonnement.

Les principaux produits de la photolyse en absence d'oxygène sont : H_2 et CO. En présence d'oxygène on n'observe qu'une très faible quantité de CO_2 formé à côté de quantités plus importantes de CO et d'H_2O. L'eau formée n'a pas été mesurée mais on pouvait la voir condensée sur le ménisque de mercure en-dessous de la chambre à réaction. La quasi absence de CO_2 permet d'affirmer que le processus primaire de photo-dissociation de l'alcool méthylique ne peut s'accompagner en aucune façon de la formation de radicaux CH_3 puisque ceux-ci s'oxyderaient rapidement en CO et CO_2.

Nous proposons ci-dessous un schéma qui rendrait parfaitement compte de ces réactions :

a) en absence de O_2

$$CH_3OH + h\nu \rightarrow CH_3OH^*$$

$$CH_3OH^* \rightarrow CO + 2H_2$$

une petite quantité de CH_4 peut être formée par suite d'une réaction secondaire de réduction par exemple :

$$CH_3OH^* + H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$$

b) en présence de O_2

$$CH_3OH + h\nu \rightarrow CH_3OH^*$$

$$CH_3OH^* \rightarrow CO + 2H_2$$

$$CH_3OH^* + O_2 \rightarrow CO + 2H_2O$$

La petite quantité de CO_2 peut provenir de :

$$H_2O + CO \rightleftarrows CO_2 + H_2$$

Une conséquence importante de ces hypothèses est l'absence du radical OH ; par conséquent, on doit pouvoir affirmer *a priori* ce qui suit :

Si on irradie (en-dessous de 400° pour éviter la combustion lente purement thermique de CH_4 et CH_3OH) un mélange de CH_2OH, O_2 et CH_4, on ne peut constater aucune oxydation du méthane, ce que nous avons vérifié comme on peut le voir dans le tableau V.

Tableau V

Volume initial de CH_3OH, CH_4 et O_2 : constant

Durée dirradiation : 6 heures

$V_o(m)$	$V_o(CH_4)$	$V_o(O_2)$	T°C	$V_f(H_2)$	$V_f(O_2)$	$V_f(CO)$	$V_f(CH_4)$	$V_f(CO_2)$	$V_b(CH_4)$
5.34	5.64	29.18	450°	0.03	12.85	2.67	0.72	7.57	4.92
5.58	6.07	30.07	400°	0.09	22.98	4.59	5.33	1.72	0.74
5.28	5.72	29.00	350°	0.19	25.25	3.21	5.69	0.41	0.03

$V_b(CH_4)$ = volume de méthane disparu

Les expériences figurées dans les tableaux IV et V nous permettent de tirer deux conclusions *importantes* au point de vue de l'étude du mécanisme de combustion du méthane, notamment :

1) Quel que soit le processus chimique qui rend compte de l'oxydation du méthane, la réaction d'attaque de la molécule CH_4 dans la réaction en chaîne doit se faire par un radical OH ; en l'absence de ce radical, on ne peut provoquer une oxydation induite du CH_4 tandis que la présence de ce radical la déclanche bien en-dessous de la température à laquelle commence l'oxydation lente.

2) Dès lors, l'attaque de la molécule de CH_4 se faisant uniquement par le radical OH, elle aboutit à la formation du radical CH_3 ($CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$); d'autre part, il est impossible que celui-ci soit transformé en alcool méthylique avant d'arriver aux états finals CO, CO_2, H_2 et H_2O étant donné que la réaction $CH_3 + O_2$ conduit directement au stade de l'aldéhyde formique. La théorie de l'hydroxylation faisant état de l'étape intermédiaire CH_3OH dans l'oxydation du CH_4, c'est-à-dire la théorie de l'hydroxylation, nous paraît donc indéfendable à la lumière de l'ensemble des recherches que nous avons décrites dans ce paragraphe et rapportées aux résultats déjà publiés à propos de l'oxydation photosensibilisée par l'acétone (1).

Une question peut encore se poser à propos de ces expériences sur l'alcool méthylique : les vapeurs de CH_3OH forment également, en présence d'oxygène et d'air, des mélanges inflammables.

La réaction d'oxydation lente ou rapide de CH_3OH doit donc être également une réaction en chaîne. Rien n'empêche que le mécanisme de cette chaîne soit fort semblable à celui de l'oxydation du CH_4. Voici, par exemple, un schéma rappelant celui que nous proposons pour CH_4 :

Processus primaire : $CH_3OH \rightarrow OH$ ou bien

thermiquement $CH_2OH + H$

$$CH_2OH + O_2 \rightarrow CO + H_2O + OH$$

$$CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH$$

$$CH_3OH + OH \rightarrow CH_2OH + H_2O$$

ou bien $CH_3O + H_2O \rightarrow CH_2O + H_2O + H$

Réactions auxquelles on peut ajouter celles de l'oxydation du CH_2O et du CO.

Ce schéma rend compte de la formation du CH_2O qu'on peut également mettre en évidence dans la combustion du CH_3OH.

II. PHOTOSENSIBILISATION PAR CH_3I OU CH_3Br.

Contribution à l'étude de l'inhibiteur.

Beaucoup d'inhibiteurs proposés sont des éthers haloïdes (3) et on peut supposer *a priori* que trois réactions jouent un rôle important dans l'inhibition :

(3) Voir rapports du « Safety in Mines Research Board » en Grande-Bretagne vers 1934 et les travau xeffectués à l'Université de Leyde vers la même époque, sous la direction du Prof. Jorissen (Rec. Trav. Chim. année 1934 et Thèses des élèves du Prof. Jorissen).

1. $RCH_2X + OH \rightarrow RCH_2OH + X$

2. $RCH_2 + X \rightarrow RCH_2X$

3. $RCH_2X + O_2 \rightarrow RCOH + OH + X$

ou $\rightarrow RX + H_2O + CO$

RCH_2X étant un composé organique halogéné : c'est l'inhibiteur.

La réaction 2 n'a pas besoin d'être étudiée, son énergie d'activation est nulle ; elle se produit à chaque collision entre un radical et un atome halogéné.

Il est malaisé d'étudier la réaction 1 isolée de toute autre par suite de la difficulté de disposer du radical OH.

La réaction 3 au contraire est celle de l'oxydation thermique d'un éther haloïde et c'est celle-ci que nous avons étudiée pour les inhibiteurs CH_3I et CH_3Br dans les expériences que nous relaterons ci-dessous.

Nous nous sommes servis pour cette étude de CH_3I et de CH_3Br chimiquement purs.

A. *Etude de l'iodure de méthyle.*

Les expériences de Bates et Spence (4) sur la photolyse et la photooxydation du CH_3I par les rayons ultra-violets ont montré la grande efficacité de la réaction de recombinaison.

$$CH_3 + I \rightarrow CH_3I$$

qui se produit à chaque rencontre d'un radical CH_3 et d'un atome I.

Sous forme d'expériences préliminaires, nous avons reproduit les expériences de Bates et Spence. Elles nous ont montré que la vitesse de la recombinaison $CH_3 + I$ est même supérieure à la vitesse de la réaction $CH_3 + O_2$, toutes choses étant égales d'ailleurs.

Ceci indique bien que la réaction $CH_3 + O_2$ doit cependant avoir une énergie d'activation différente de zéro mais suffisamment petite et que nous continuerons à négliger.

(4) J. R. Bates et Spencer, J. Am. Chem. Soc. 53-1689 - 1939.

Nous avons rassemblé dans le tableau VI ci-dessous des résultats d'expériences d'irradiation d'un mélange de CH_3I et acétone : ces expériences montrent encore plus clairement la facilité de recombinaison du radical CH_3 avec l'atome I.

Tableau VI

Volume initial de CH_3I constant $= V_o(I)$ Durée d'irradiation : 6 h.

Volume initial de CH_3COCH_3 constant $= V_o(A)$ Tempér. : variable

V_o (I)	V_o (A)	T°	V_f (H_2)	V_f (CO)	V_f (CH_4)	V_f (C_xH_y)
5.40	5.58	50°	0	0.11	0.25	0.07
6.00	5.47	150°	0	0.55	0.46	0.33
5.35	4.93	200°	0	0.63	0.88	0.19
5.52	4.84	250°	0	0.58	0.97	0.06
5.54	5.31	300°	0	0.35	0.75	0.02
5.56	6.00	350°	0	0.29	1.40	0.03
5.57	4.97	400°	0	0.73	5.00	0.12
5.61	5.27	450°	0	1.24	6.00	0.15

Si on compare avec les résultats de la photolyse de l'acétone pure (voir Annales des Mines de Belgique, XLIII, 117, 1942) on remarquera surtout deux faits :

Alors que la photolyse de l'acétone pure conduit à la production de C_xH_y (principalement C_2H_6) la présence de CH_3I en empêche presque totalement la formation : l'explication en est la disparition des radicaux CH_3 par recombinaison avec I bien avant leur recombinaison $2CH_3 \rightarrow C_2H_6$

De plus, la faible quantité de CO doit s'interpréter par une resynthèse de l'acétone par l'action du CH_3I.

$$CH_3COCH_3 + h\nu \rightarrow CH_3CO + CH_3$$

$$CH_3I + h\nu \rightarrow CH_3 + I$$

$$CH_3 + I \rightarrow CH_3I$$

$$CH_3CO + CH_3I \rightarrow CH_3COCH_3 + I$$

Les trois expériences effectuées respectivement à 350, 400 et 450° nesont citées que pour mémoire, car pour celles-ci la réaction n'est plus purement photochimique. En effet, dès 350° le CH_3I se décompose par une réaction monomoléculaire (5).

L'effet d'inhibition par CH_3I dans la combustion lente du CH_4 se manifeste très nettement dans les résultats du tableau VII.

Ce qui se passe dans ce mélange quaternaire est certainement trop embrouillé et compliqué pour pouvoir tirer des conclusions quantitatives des quelques expériences du tableau VII.

Elles nous montrent simplement l'effet net d'inhibition du CH_3I sur la réaction lente d'oxydation du méthane : en effet, la présence d'acétone soumis au rayonnement ultra-violet doit déclencher une réaction lente d'oxydation dès 250° certainement. Or, déjà à partir et en dessous de 300°, aucune combustion du CH_4 ne se manifeste de plus à 350° la valeur V_b (CH_4) est bien inférieure à ce qu'elle serait en absence du CH_3I. (Voir Annales des Mines de Belgique, XLIII, 117, 1942).

L'effet d'inhibition par CH_3I est donc bien marqué quoique l'iodure de méthyle puisse donner avec l'oxygène des mélanges inflammables ; nous l'avons constaté à deux reprises.

Il s'agissait, la première fois, d'un mélange à 28,5 % de CH_3I et 71,5 % d'oxygène environ qui s'est enflammé pendant son introduction dans la cellule en quartz chauffée à 450°, la pression devait être, au moment de l'inflammation, voisine de 50 cm Hg.

La seconde fois, le mélange titrait 33 % CH_3I et 67 % O_2 et s'est enflammé également pendant l'introduction dans la cellule en quartz chauffée à 400°, la pression devait être légèrement supérieure à la pression atmosphérique. Cette demière inflammation fut plutôt une véritable explosion et fut accompagnée du bris de l'appareil.

En général, cette inflammabilité d'un inhibiteur quelconque n'est pas un empêchement à son emploi pour la prévention d'une explosion pourvu que la concentration nécessaire se trouve en dehors de sa zone propre d'inflammibilité (6).

(5) E. W. R. Steacie et R. V. Mc. Donald : J. Am. Chem. Soc., 57, 488, 1935.

(6) W. P. Jorissen, Rec. Trav. Chim., Pays-Bas, 57, 1127, 1938.

Tableau VII

Volume initial CH_3I ~ constant = V_o (A)
Volume initial CH_3COCH_3 ~ constant = V_o (A)
Volume initial CH_4 ~ constant = V_o (CH_4)
Volume initial O_2 ~ constant = V_o (O_2)

Durée d'irradiation : 6 h.
Température : variable.

V_o (l)	V_o (A)	V_o (CH_4)	V_o (O_2)	T°	V_f (H_2)	V_f (O_2)	V_f (CO)	V_f (CH_4)	V_f (CO_2)	V_b (CH_4)
3.17	3.09	8.68	30.17	400°	0.25	18.41	11.46	6.10	6.11	2.58
2.87	4.37	8.46	30.47	350°	0.13	22.56	10.04	7.59	4.97	1.07
2.96	4.11	8.51	30.68	300°	0.10	25.84	8.50	8.51	5.94	0

Le but principal de nos expériences était l'étude de la réaction $CH_3I + O_2$ c'est pourquoi, après les quelques expériences rappelées brièvement plus haut, nous avons effectué tout une série d'essais mettant en œuvre différentes pressions partielles de CH_3I et de O_2 à différentes températures.

A cet effet, nous avons remplacé la cellule en quartz par une chambre à réaction en verre ordinaire de même forme et de même volume se trouvant en connection avec l'appareil d'analyse des gaz produits dans la réaction.

Afin de calculer l'énergie d'activation de la réaction, nous avons fait 3 séries d'expériences (Tableau VIII) pour chacune desquelles nous avons maintenu constantes les pressions partielles initiales du CH_3I et de O_2 de même que la durée de chauffage en faisant varier uniquement la température qui a pu être réglée durant chaque expérience de façon à ne s'écarter que d'un demi-degré au maximum de la valeur désirée.

Les trois séries d'expériences dont les résultats figurent ci-dessus permettent de calculer l'énergie d'activation de la réaction

$$CH_3I + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + I$$

Considérons en effet la somme V_f (CO) + V_f (CO_2); celle-ci représente la quantité de CH_3I oxydée par la réaction envisagée puisque le CH_2O formé dans cette réaction doit fournir très aisément soit CO ou CO_2 par transformation ultérieure : désignons cette somme par V_b (CH_3I).

Dans chaque série, les conditions initiales étant identiques et la température ayant seule varié, on peut écrire :

$$\log V_b(CH_3I) = K - (E_3/RT')$$

où K = une constante quelconque caractéristique pour chaque série
E_3 = énergie d'activation de la réaction

3. ($CH_3I + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + I$)

T' = température absolue

Tableau VIII

	$V_b(O_2) = V_o(O_2) - V_f(O_2)$				$V_o(I)$ = volume initial du CH_3I					
N°	$V_o(I)$	$V_o(O_2)$	T°	Durée	$V_f(H_2)$	$V_f(O_2)$	$V_f(CO)$	$V_f(CO_2)$	$V_f(CO+CO_2)$	$V_b(O_2)$
1	8,85	18,86	352°7	1h50'	0,21	10,77	3,48	0,86	6,54	8,09
2	8,78	19,68	350°8	1h50'	0,20	13,01	4,01	0,62	4,66	6,67
3	8,74	19,38	327°5	1h50'	0,16	11,56	5,10	0,49	3,68	5,02
4	8,82	10,42	305°	1h50'	0,07	17,40	1,17	0,25	1,40	2,02
5	8,07	10,81	275°2	1h50'	+	10,42	0,25	0,05	0,30	0,39
6	15,51	33,27	340°8	1h50'	0,20	10,61	0,10	1,55	10,52	15,66
7	15,51	33,40	324°8	1h50'	0,20	25,32	5,20	0,70	5,90	7,88
8	15,00	33,06	300°5	1h50'	0,08	30,68	1,80	0,55	2,15	2,98
9	15,00	33,40	290°1	1h50'	0,05	31,57	0,00	0,25	1,21	1,92
10	15,32	33,75	282°	1h50'	0,05	32,85	0,55	0,15	0,68	0,92
11	8,07	10,58	366°1	30'	0,21	15,70	3,70	0,59	4,58	5,68
12	8,76	10,86	345°	30'	0,18	15,70	2,50	0,42	3,01	3,08
13	8,82	20,15	330°	30'	0,10	17,84	1,50	0,26	1,76	2,31
14	8,70	19,58	315°	30'	0,06	18,17	0,67	0,17	0,84	1,21

En représentant graphiquement les log $V_b(CH_3I)$ en fonction de $1/T'$ pour chaque série d'expériences, on obtient effectivement une droite dont l'inclinaison sur l'axe des x permettra de calculer E_3. On obtient ainsi 5 valeurs identiques :

$$E_3 = 29 \text{ kcal.}$$

Une autre conclusion intéressante à déduire de nos résultats est la petite quantité de CO_2 formée. Or, nous savons que le CO_2 provient de $HCO + O_2 \rightarrow CO_2 + OH$ réaction très rapide (HCO provenant lui-même de H_2CO).

Si on admet que les atomes I réagissent très facilement avec le radical HCO par la réaction $HCO + I \rightarrow HI + CO$, on comprendra aisément que peu de radicaux HCO échappent à l'action des atomes d'iode (produit par l'oxydation du CH_3I) et par conséquent qu'il se formera très peu de CO_2.

A ce propos, remarquons qu'il est d'ailleurs impossible de décider quels sont les fragments produits dans la réaction individuelle $CH_3I + O_2$.

On peut considérer deux alternatives :

$$CH_3I + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + I$$

et

$$CH_3I + O_2 \rightarrow CO + H_2O + HI$$

le dernier cas interprète mieux la formation de petites quantités seulement de CO_2.

Pour vérifier la valeur de E_3 qui vient d'être calculée, considérons d'autre part la valeur de $V_b(O_2)$; il est évident qu'on doit admettre que celle-ci est proportionnelle à $V_b(CH_3I)$ (approximativement tout au moins).

Par conséquent, on peut également écrire :

$$\log V_b(O_2) = K' - (E_3/RT')$$

Par le même procédé graphique, les valeurs de $\log V_b(O_2)$ en fonction de $1/T'$ conduisent à attribuer à E_3 exactement la même valeur que celle calculée plus haut.

Dans d'autres essais, au cours desquels on a fait varier unique-

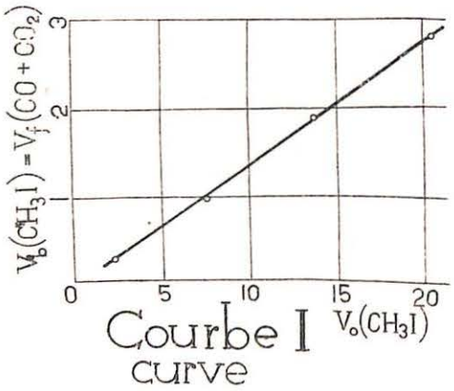
ment les pressions partielles initiales de CH_3I ou de O_2 respectivement, on a pu en déduire l'ordre de la réaction par rapport à ces pressions partielles.

Le tableau IX contient 2 séries d'expériences effectuées à 300° pendant une même durée de 1 h. 30'. Pour la première, on est parti d'un mélange $CH_3I + O_2$ à pression partielle (O_2) constante et à pression partielle (CH_3I) croissante ; pour la seconde, (CH_3I) était constant et on a fait varier (O_2).

Tableau IX

Température constante : 300° Durée constante : 1 h. 30'.

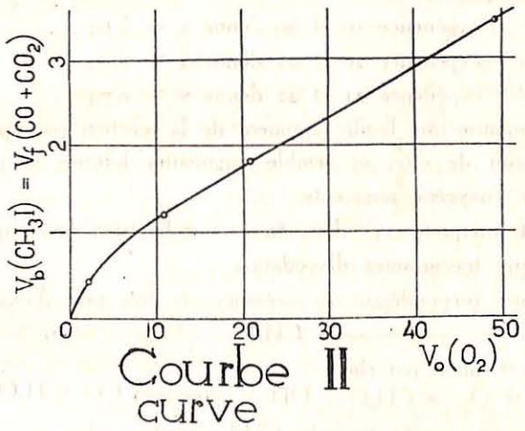
N°	V_o (I)	V_o (O_2)	V_f (H_2)	V_f (O_2)	V_f (CO)	V_f (CO_2)	V_f (CO+CO_2)
15	2,53	19,88	0,01	19,82	0,18	0,06	0,24
16	7,60	20,03	0,05	18,94	0,81	0,15	0,96
17	13,72	19,97	0,09	17,59	1,52	0,32	1,84
18	20,45	19,95	0,16	16,22	2,25	0,50	2,75
19	13,12	2,20	0,06	1,58	0,27	0,17	0,44
20	13,22	10,85	0,07	9,07	0,91	0,28	1,19
21	13,20	20,93	0,08	18,40	1,47	0,34	1,81
22	13,10	49,49	0,09	45,40	2,84	0,59	3,43



La courbe I (première série du tabl. IX) représente V_b (CH_3I) = V_f ($CO + CO_2$) en fonction de V_o (I), c'est une droite indiquant par conséquent que la réaction est rigoureusement du premier ordre par rapport à (CH_3I).

$$\text{Vitesse réactionnelle} = K\,(CH_3I)$$

K dépendant de toutes les conditions initiales [principalement : température, pression partielle (O_2)] sauf de la pression initiale (CH_3I).



La courbe II (deuxième série du tabl. IX) représente V_b (CH_3I) en fonction de V_o (O_2); elle montre que la réaction n'est pas du premier ordre par rapport à la pression initiale (O_2).

La vitesse s'exprimerait plutôt par une expression de la forme

$$\text{Vitesse réactionnelle} = K'\,(CH_3I)(O_2)^x$$

où x est une fraction de l'unité.

On peut chercher à calculer la valeur de x en prenant les résultats de la 2me série deux à deux. En effet :

Vitesse réactionnelle = $k\ V_b\,(CH_3I) = K'\ (CH_3I)(O_2)^x$

Utilisons les indices 1 et 2 pour les expériences 19 et 20 par exemple, il vient :

$$\frac{V_b\,(CH_3I)_1}{V_b\,(CH_3I)_2} = \left[\frac{(O_2)_1}{(O_2)_2}\right]^x = \left[\frac{V_o\,(O_2)_1}{V_o\,(O_2)_2}\right]^x$$

$$\log V_b\,(CH_3I)_1 - \log V_b\,(CH_3I)_2 =$$

$$x\,[\log V_o\,(O_2)_1 - \log V_o\,(O_2)_2]$$

On obtient ainsi :

expérience 19 et 20 donne $x = 0{,}62$
expérience 20 et 21 donne $x = 0{,}64$
expérience 21 et 22 donne $x = 0{,}74$

Ce qui montre que l'ordre apparent de la réaction par rapport à O_2 est voisin de 0,65 et semble augmenter lorsque la pression partielle de l'oxygène augmente.

On peut interpréter ces deux faits en admettant une superposition de deux mécanismes d'oxydation :

Le premier prépondérant en présence de très peu d'oxygène :

3a $CH_3I \xrightarrow[\text{activation par choc}]{} CH_3I^*$

3b $CH_3I^* + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + I$ (ou bien $CO + H_2O + HI$)

La vitesse de combustion du CH_3I s'exprime alors par :

$$V_{it} = K\,(CH_3I)$$

Le deuxième prépondérant en présence de beaucoup d'oxygène :

3. $CH_3I + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + I$ (ou bien $CO + H_2O + HI$)

La vitesse s'exprime alors par :

$$V_{it} = K\,(CH_3I)(O_2)$$

Les réactions 3a et 3. ayant probablement la même énergie d'activation.

B. ETUDE DU BROMURE DE METHYLE

Beaucoup moins nets qu'avec le CH_3I, nos résultats expérimentaux avec le CH_3Br montrent néanmoins une certaine analogie, comme on peut le constater par ce qui va suivre.

Auparavant, nous avons à signaler une modification dans le mode opératoire utilisé pour l'analyse des produits de la réaction :

Le groupe des gaz condensables par l'air liquide, pour les expériences effectuées en présence de CH_3Br, contient évidemment : CO_2, H_2O et CH_3Br résiduel (éventuellement des traces de C_xH_y et traces de produits de condensation ou de polymérisation). Ces trois constituants peuvent être aisément séparés par fractionnement à basse température : En refroidissant à —140°, on peut extraire tout le CO_2 jusqu'à la température de —125° ; ensuite en refroidissant à —80°, on extrait la totalité du CH_3Br.

Cette modification a l'avantage de nous permettre la mesure du CH_3Br résiduel et de connaître par conséquent par différence le CH_3Br disparu au cours de l'expérience.

Déjà pour nos expériences sur le CH_3I, nous avions extrait le CO_2, de la fraction condensable par l'air liquide, alors que celle-ci était maintenue à —80° ; nous avions pu ainsi extraire le CO_2 à l'exclusion des autres gaz éventuellement présents dans cette fraction.

Nous n'avons pas effectué d'expériences d'irradiation sur le CH_3Br seul ou en présence d'oxygène, il est manifeste qu'elles auraient également montré la grande aptitude à la recombinaison des fragments CH_3 et Br.

Afin de connaître la stabilité de la molécule CH_3Br, nous avons fait quelques expériences de décomposition du CH_3Br pur. La décomposition ne devient sensible qu'à partir de 450°, le bromure de méthyle est donc plus stable que le CH_3I.

Le tableau X ci-dessous contient les résultats d'expériences d'oxydation du CH_3Br à différentes températures. On y voit 3 séries d'expériences ; dans chacune des séries, nous avons fait varier uniquement la température et nous avons maintenu constantes la durée et la teneur initiale en CH_3Br et en O_2.

Tableau X

V_f (B) ≡ volume final de CH_3Br
V_o (B) ≡ volume initial de CH_3Br

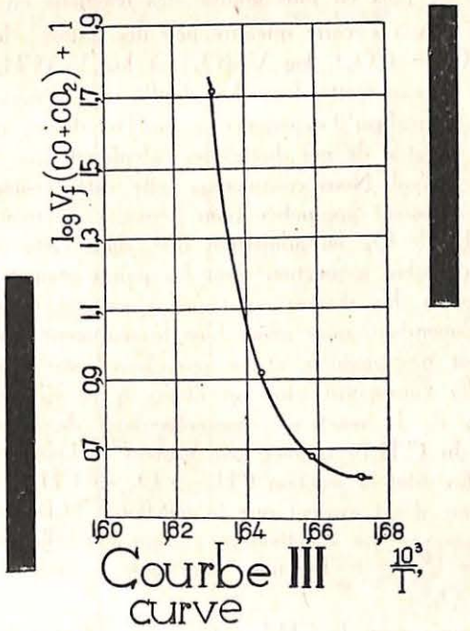
V_b (B) ≡ V_o (B) — V_f (B)

N°	V_o (B)	V_o (O_2)	T° C	Durée	V_f (O_2)	V_f (CO)	V_f(CO_2)	V_f (B)	V_f (CO+CO_2)	V_b (O_2)	V_b (B)
1	8,76	17,59	349°1	1h50'	6,97	7,15	1,02	0,10	8,17	10,42	8,66
2	8,82	17,82	324°8	1h50'	10,22	4,85	0,65	2,25	5,48	7,60	6,59
3	8,75	17,87	299°5	1h50'	17,25	0,53	0,17	8,15	0,70	0,64	0,62
4	8,81	17,52	290°5	1h50'	17,27	0,05	0,10	8,56	0,15	0,25	0,25
5	8,88	17,05	359°7	30'	8,53	6,00	0,72	0,29	6,72	9,10	8,59
6	8,60	16,96	351°1	30'	15,73	0,57	0,08	8,11	0,65	1,25	0,49
7	8,81	17,56	344°5	30'	16,84	0,53	0,04	?	0,57	0,72	?
8	8,88	17,45	329°9	30'	16,93	0,55	0,06	8,19	0,41	0,50	0,69
9	8,88	17,74	340°1	1h45'	8,92	6,05	0,48	0,56	6,51	8,82	8,32
10	8,95	17,50	337°5	1h45'	7,79	6,59	0,52	0,19	6,91	9,51	8,76
11	8,86	17,17	335°2	1h45'	15,89	0,84	— 7,97 —		0,84?	1,35	1,89?
12	8,51	17,61	330°2	1h45'	17,20	0,44	0,05	8,02	0,49	0,41	0,49
13	8,87	17,01	325°1	1h45'	17,40	0,57	0,06	8,46	0,45	0,51	0,41

Le volume d'H_2 formé est nul sauf pour les premières expériences des 3 séries où il est de quelques centièmes de cm³.

Avec chacune des séries du tableau X, on peut tracer trois courbes log V_f (CO + CO_2), log V_b (CH_3Br) ou log V_b (O_2) en fonction de 1/T'. L'inclinaison de ces trois courbes sur l'axe des x est bien la même, mais elle ne se reproduit pas d'une série à l'autre ; il est par conséquent impossible d'en déduire une valeur pour l'énergie d'activation de la réaction CH_3Br + CO_2.

La non-reproductibilité des expériences ainsi que la forme anormale de ces courbes peut s'interpréter si on admet que l'oxydation du CH_3Br se produit par un mécanisme en chaînes.



En effet, traçons par exemple la courbe log V_f (CO + CO_2) en fonction 1/T' pour la série des expériences 9 à 15 (courbe III). Il ne s'agit plus d'une droite, mais bien de la courbe caractéristique des réactions en chaînes pour lesquelles l'énergie d'activation apparente croît très brusquement à partir d'une certaine température T'. (Les expériences 5 à 8 donnent une courbe de même allure).

De plus, le fait que l'inclinaison des courbes sur l'axe des 1/T' n'est pas la même pour les trois séries est une présomption sup-

plémentaire pour l'hypothèse d'une réaction en chaînes : En effet, toute réaction en chaînes est fort sensible à l'état de la paroi, et il est évident que d'une série à l'autre la paroi peut avoir été modifiée (on y a constaté nettement un dépôt blanchâtre de plus en plus important au fur et à mesure que le nombre d'expériences augmentait). D'ailleurs, l'inclinaison des courbes sur l'axe de 1/T' diminue en passant d'une série à l'autre (dans l'ordre croissant du nombre d'expériences déjà effectuées) donnant ainsi une énergie d'activation apparente de plus en plus élevée, correspondant à une importance de plus en plus grande des réactions en chaînes.

La série 1 à 4 s'écarte quelque peu des autres : Ici les courbes log V_f ($CO + CO_2$), log V_b (O_2) et log V_b (CH_3Br) en fonction de 1/T' sont cette fois des droites de même inclinaison à condition de négliger l'expérience 1 où l'oxydation a été poussée trop loin ; à l'aide de ces droites on calculerait une énergie d'activation de 53 kcal. Nous considérons cette valeur comme étant une valeur grossièrement approchée pour l'énergie d'activation des réactions $CH_3Br + O_2$, en admettant que, dans cette première série, avec une chambre à réaction dont les parois étaient encore relativement propres, les chaînes n'ont pu se propager d'une façon importante. Cependant, nous avons bien le sentiment que cette approximation est très grossière et ne proposons cette valeur que sous réserve. Elle correspond plus ou moins à la valeur de l'énergie d'activation de la réaction mônomoléculaire de la décomposition thermique du C_2H_5Br trouvée par Vernon et Daniels (7) égale à 55 kcal : En effet la réaction $CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH$ étant exothermique, il est évident que la réaction $CH_3Br \rightarrow CH_3 + Br$ nécessite une énergie d'activation voisine de celle de la réaction $C_2H_5Br \rightarrow C_2H_5 + Br$, mais supérieure à celle de la réaction $CH_3Br + O_2$.

Tout comme pour le CH_3I, nous avons effectué quelques expériences dans le but de déterminer l'ordre de la réction $CH_3Br + O_2$ par rapport aux pressions initiales (CH_3Br) ou (O_2). Nous avons opéré à une température de 314°9 où les chaînes ne se développent pas encore notablement.

Le tableau XI contient ces expériences et correspond au tableau IX pour le CH_3I.

(7) E. L. Vernon et F. Daniels : J. Am. Chem. Soc., 54, 2565-25-64, 1932.

Tableau XI

Température : 314°9

N°	V_o (B)	V_o (O_2)	Durée	V_f (O_2)	V_f(CO)	V_f (CO_2)	V_f (B)	V_f ($CO+CO_2$)	V_b (O_2)	V_b (B)
1	12,88	5,10	1h50'	2,45	0,55	0,04	12,74	0,57	0,76	0,14
2	13,21	12,54	1h50'	11,56	0,55	0,12	12,45	0,67	0,78	0,78
3	13,24	25,95	1h50'	25,05	0,51	0,11	12,59	0,62	0,92	0,65
4	13,55	37,37	1h50'	36,70	0,49	0,10	12,32	0,59	0,67	1,05
5	7,72	20,27	2h30'	20,15	0,40	0,08	6,91	0,48	0,14	0,81
6	16,14	20,00	2h30'	19,59	0,61	0,14	14,14	0,75	0,41	2,00
7	27,96	20,46	2h30'	19,55	1,02	0,22	25,65	1,24	1,15	2,55
8	45,95	20,76	2h30'	18,84	1,57	0,28	40,58	1,65	1,92	5,55

La première série montre que par rapport à O_2 la réaction est d'ordre zéro, c'est-à-dire que la vitesse est indépendante de la pression initiale en O_2. Les écarts peuvent être attribués à la grande sensibilité de la réaction, comme nous l'avons montré plus haut. Ce résultat correspond au mécanisme simplifié :

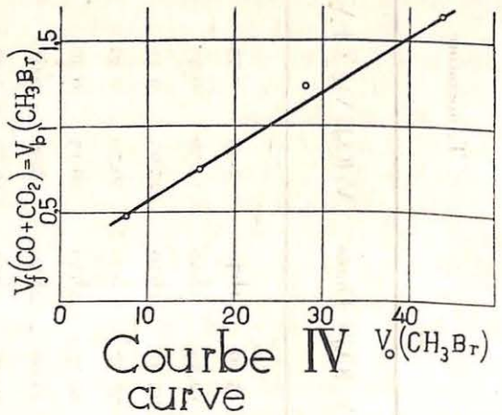
$$CH_3Br \rightarrow CH_3Br^*$$

$$CH_3Br^* + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + Br$$

ou bien $CO + H_2O + HBr$

Ce mécanisme est un de ceux qui interviennent dans l'oxydation du CH_3I.

La deuxième série au contraire montre que par rapport à CH_3Br, la réaction est du premier ordre et que la vitesse est proportionnelle à la pression initiale en CH_3Br. On obtient en effet une droite en traçant $V_f\,(CO + CO_2)$ en fonction de $V_o\,(CH_3Br)$ voir courbe IV.



Courbe IV
curve

Revenons aux expériences du tableau V où nous avons constaté que des chaînes peuvent se développer au sein du mélange et qu'elles se manifestent dès la température de 325° environ, il n'y a donc rien de surprenant à ce que le mélange $CH_3Br + O_2$ soit explosif par lui-même.

Pour le vérifier, nous avons introduit dans une chambre à réaction en verre, préalablement vidée, un mélange à 30 % de CH_3Br et 70 % de O_2 : ce mélange s'enflamme à une température de 498° avec un certain retard. A 460°, nous n'avons pas constaté d'inflammation.

Il est assez étonnant de constater qu'avec le CH_3I l'inflammation se produit dès 400° et avec le CH_3Br dès 500° seulement alors qu'avec le CH_3I les chaînes ne se manifestent pas jusqu'à 350° contrairement au cas du CH_3Br.

Le développement des chaînes dès 325° dans le mélange $CH_3Br + O_2$ peut même induire une combustion lente du CH_4 sensibilisée par le bromure de méthyle (tableau XII).

Tableau XII

Durée de chauffage : 6 h.										
							$V_b(CH_4) = V_o(CH_4) - V_b(CH_4)$			
N°	$V_o(B)$	$V_o(CH_4)$	$V_o(O_2)$	T°	$V_f(O_2)$	$V_f(CO)$	$V_f(CH_4)$	$V_f(CO_2)$	$V_f(CH_3Br)$	$V_b(CH_4)$
1	2,81	6,37	24,25	400°	10,00	7,75	0,10	1,67	+	6,27
2	3,06	6,47	25,16	375°	10,58	8,01	0,06	1,86	+	6,41
3	2,72	6,40	25,15	350°	12,42	6,69	1,19	1,30	0,15	5,21
4	3,06	6,47	24,86	325°	24,50	0,52	6,98	0,02	2,42	0
5	2,98	6,10	24,42	300°	24,33	0	6,79	0,01	2,71	0

Effectivement, la combustion sensibilisée du CH_4 ne se manifeste que lorsque les chaînes apparaissent, c'est-à-dire vers 325°.

Cette particularité n'est pas en opposition avec les propriétés inhibitrices du CH_3Br comparée avec celles du CH_3I ; elles correspondent tout simplement à une plus grande étendue vers la région des basses températures, du domaine des températures où se propagent les chaînes non branchées, c'est-à-dire les chaînes ne donnant pas lieu à une inflammation.

Les expériences dont les résultats sont mentionnés ci-dessus ont pu être entreprises grâce à l'aide généreuse du Fonds National de la Recherche Scientifique (Comité Science et Industrie) auquel nous tenons à exprimer notre gratitude.

Institut National des Mines
Frameries-Pâturages

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1944 - 1945

ANNEXE III.

LISTE

DES

APPAREILS ELECTRIQUES

ET DIVERS

agréés en 1944-45

MOTEURS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
25-4-1944	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6831	Modification réalisée dans la construction du moteur A.C.G. 107-c agréé le 14-1-36 par la décision 13E/5844: cette modification consiste dans l'alimentation par câble souple pénétrant par une entrée placée sur la surface latérale de la carcasse, comme indiqué au plan n° 9.000.088.
26-7-1944	Idem.	13E/6867	Moteur type A.F.G. 764-c asynchrone, en court-circuit, à courant triphasé, tensions de 110 à 6.600 volts. Puissance avec tolérance de ± 50 % : 215 CV pour vitesse au synchronisme de 3.000 tours. Plans: 9.050.566 (coupe transv.) 1.050.822 (coupe longit.) 5.021.238 (pièce accesoire pr. boîte à connexions).
1-8-1945	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6907	Moteur type A.F.G.T.-87, asynchrone, à courant triphasé, avec rotor en court-circuit. Tensions de 110 à 600 volts. Vitesse: 3.000 t.p.m. Puissance: 4 CV avec tolérance ± 25 %. s/plan n° 9.000.001.
1-8-1945	Idem.	13E/6908	Moteur type A.F.G.T.-127 asynchrone, à courant triphasé et rotor en court circuit. Tension de 110 à 600 volts. Puissances avec tolérance ± 25 %. 6 CV à 3.000 t.p.m. 4 CV à 1.500 t.p.m. 2,75 CV à 1.000 t.p.m. s/plan n° 9.000.009.

MOTEURS (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
30-8-1945	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6917	Extension de la décision 13E/6359 du 13-4-39 visant les moteurs du type A.F.G.-771 d. Le moteur faisant l'objet de la présente agrégation est protégé par une enveloppe identique à celle du type A.F.G. 771-d, sauf que l'arbre du rotor traverse les deux flasques comme indiqué au plan 527.864-A. Les caractéristiques de ce moteur sont les suivantes: Tension 6.600 V. Vitesse 3.000 t.p.m. Puissance 160 CV.

APPAREILS ELECTRIQUES DIVERS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
11-1-1944	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6837	Enveloppe hermétique, à bain d'huile, type H.G.F. 600 × 860 pour rhéostats de démarrage triphasé types T.H.G.F.-136 (136 VC) et T.H.G.F.-192 (192 CV) — de construction identique à l'appareil visé par la décision 13E/6812 du 10-9-1943. s/plan n° 1.145.198.
12 1-1944	Idem.	13E/6840	Rhéostat de démarrage, à bain d'huile, type T.H.G.F.-34 (34 CV) — enveloppe hermétique et de construction identique à l'appareil visé par la décision 13E/6812 du 10-9-43. st/Plan n° 9.145.031.

APPAREILS ELECTRIQUES DIVERS (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
12-1-1944	Société « Siemens », Dép.: Siemens-Schukert, 116, ch. de Charleroi, Bruxelles.	13E/6841	Placement d'un empilage de lamelles sur le fond supérieur du coffret destiné à la commande de bandes transporteuses, ayant fait l'objet de la décision 13E/6811 du 6-9-1943. s/plan n° 213.039. Cet empilage est identique à celui placé sur le coffret pour disjoncteur visé par la décision 13E/6809 du 4-9-1943.
14-1-1944	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6839	Rhéostat de démarrage, à bain d'huile, type T.H.G.F.-17 (pour démarrage en charge moteur de 17 CV) — enveloppe hermétique — et de construction identique à l'appareil visé par la décision 13E/6812 du 10-9-43. s/plan n° 1.145.180.
23-1-1945	Electromécanique, 19, rue Lambert Crickx, Bruxelles.	13E/6885	Disjoncteur type D.T.G.-a-100 amp. à commande par manette, avec ampèremètre de controle. s/plans C.3904 — C.3927 — C.3928.
25-5-1945	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6897	Modification de l'appellation de 3 controllers agréés par les décisions 13E/6526 du 19-2-1940, 13E/6747 et 13E/6749 du 18-6-42. La dénomination P.A. est remplacée par P.T.
7-6-1945	Société Electromécanique 19, rue L. Crickx, Bruxelles.	13E/6839	Boitier à contacteur-inverseur tripolaire à commande par boutons poussoirs, type D.T.G./350 amp. s/plan C-A, 4021.
6-4-1945	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6890	Modification de détail aux boitiers n° 22 à 27 agréés par décision 13E/6452 du 7-11-39: traversées de cable souple — départ vers utilisation. Voir plan n° 1235.

MATÉRIEL D'ECLAIRAGE

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
6-9-1945	Electromécanique, 19, rue Lambert Crickx, Bruxelles.	13E/6911	Modifications apportées aux disjoncteurs types D.T.G. 60 — D.T.G. 100 et D.T.G. 200/350 agréés par la décision 13/E/6212 du 16-5-38. s/plans CA.3971 — C.4024 — C.4025 et C.4050.
20-10 1945	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6916	Boitiers n° 40 et 41 s/plan n° 1.160.435 et 4.160.980. Ils peuvent être utilisés séparément ou en connexion avec les coffrets précédemment agréés par les décisions suivantes: 13E/5876 du 6-3-36 13E/6174 du 8-3-38 13E/6362 du 12-4-39 13E/6406 du 28-7-39 13E/6452 du 7-11-39 13E/6485 du 6-12-39 13E/6561 et 13E/6563 du 25-4-40 13E/6564 du 7-5-40.

31-1-1944	Société Anonyme Siemens Département « Siemens Schuckert », chaussée de Charleroi, 116, à Bruxelles.	13C/5548	Modification de certaines dispositions du matériel d'éclairage des tailles agréé par la décision 13C/5127 du 8-11-1930. Plan de détail n° 10.768. Aspect extérieur de l'armature modifiée: schéma n° 10.815.

VII. — TÉLÉPHONES ET SIGNALISATION

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
25-2-1944	S. A. Bell Telephone Manufacturing C° 4, rue Boudewijns, Anvers	13E/6849	Poste téléphonique magnétique s/plans AS-500.516 AS-500.517 AS-500.518.
19-4-1944	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6859	Modification de détail de construction dans les boitiers visés par les décisions suivantes: 13E/5552 du 5-12-1932 13E/5602 du 3-7-1933 13E/6391 du 8-6-1939 13E/6616 du 24-2-1941. Remplacement des vis triangulaires par des vis à tête hexagonale plan n° 5.200,910.

LAMPES ELECTRIQUES PORTATIVES

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
1-12-1945	S. A. d'Eclairage des Mines et d'Outillage Industriel à Loncin.	13C/5572	Lampe type n° 605 accu acide 2 volts, ampoule de 0,85 amp. s/plan 1490.
12-12-1945	S. A. Les Ateliers Mécaniques, à Morlanwelz-Hayettes.	13C/5576	Lampe électrique type K.G.2 construite par la Concordia Electric Safety Lamp de Cardiff (Angleterre). Acc. cadmium-nickel 2 éléments. Tension: 2,5 volts. Courant consommé par l'ampoule : 1,75 amp. Poids lampe complète: 4,530 Kg.

VENTILATEURS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
18-4-1944	Société Belge d'Outillage Pneumatique B. O. P., rue Dobbelenberg, 90, Haren.	13B/5568	Turbo-ventilateur type B.O.P. Wetter-turbo V.L.H.-4. s/plan I.N.M.-83.

VERSLAG
OVER DE
WERKZAAMHEDEN
IN 1944-45
VAN HET
Nationaal Mijninstituut
TE FRAMERIES-PATURAGES

DOOR

Joseph FRIPIAT,

Hoofdingenieur der Mijnen,

Beheerder-Bestuurder van het Instituut.

BEKNOPT OVERZICHT

Voorwoord.

I. Proefnemingen op de springstoffen en de slagpijpjes.

1. *Verschillende onderzoeken.*

a) Controleschieten 207

b) Proeven op brisante springstoffen aangezet met tijdontstekers bij aanwezigheid van kolenstof . 208

c) Invloed van den diameter der patronen . . 215

d) Invloed van het binitroglycol op de grenslading 216

2. *Studie der ongevallen te wijten aan het gebruik van springstoffen.*

a) Nakomende ontploffing 216

b) Mijngasontvlammingen 227

3. *Bijzondere studie der springwerkincidenten.*

a) Inleidende beschouwingen 235

b) Opzoekingen in het Instituut gedaan

Eerste reeks proefnemingen (1944) . . . 243

Tweede reeks proefnemingen (1945) . . 258

4. *Proeven om de S.G.P.-springstoffen in gebreke te laten blijven* 265

5. *Bijzondere opzoekingen op de S.G.P.-springstoffen* 276

a) Lengte en duur der vlammen 276

b) Detonatiesnelheid 292

c) Samenstelling der gassen 296

6. *Studie van slagpijpjes met tijdontsteking van Engelsch fabricaat* 308

II. Mijnverlichting met vlamlampen.

a) Voeding der olielampen 311

b) Studie eener benzinelamp van Engelsch fabricaat 313

III. Studie van een mijngasontvlamming door een lamp veroorzaakt. 314

IV. Opzoekingen op het mijngasveilig electrisch materieel.

a) Studie van een telefoonpost 335

b) Motorhuis met uitlaatkanalen voor het condensatie-water 338

c) Mijngasveilige electrische toestellen in 1944 en 1945 aangenomen 340

V. Proeven om mijngas te ontsteken door vonken verroorzaakt door wrijving in een turbo-ventilator. 340

VI. De bestrijding van het stof.

(Dienst voor Mijnhygiene) 346

VII. Labotorium voor wetenschappelijke navorschingen.

BIJLAGE I.

Bestrijding van het stof in de afbouwplaatsen . . 357

Studie van de uitlaatschermen en anti-stoftoestellen voor afbouwhamers, door L. Brison 357

BIJLAGE II.

Lichtgevoeligmaking en dooving bij de verbranding van methaan, door Ad. Van Tiggelen 365

BIJLAGE III.

Lijst van de electrische en andere toestellen . . . 397

VOORWOORD.

Dit verslag behandelt de werkzaamheden van de dienstjaren 1944 en 1945.

Ten gevolge van de beperkingen, waarvan de gevolgen zich in het begin van het jaar 1945 nog deden gevoelen, werden wij er toe gebracht de publicatie van de werkzaamheden van het Nationaal Mijninstituut gedurende het laatste oorlogsjaar tot in 1946 uit te stellen.

We zullen slechts verslag uitbrengen over de bijzonderste opzoekingen en niet stil blijven bij de talrijke minder belangrijke onderzoeken, die ons gevraagd werden hetzij door het Mijnwezen, hetzij door de kolenmijnen.

Men zal de belangrijke uitbreiding opmerken, die onze opzoekingen op de springstoffen hebben genomen : technische studie van de springwerkincidenten (vertraagde ontploffingen, mijngasontvlammingen) en theoretische studies op de vlammen, de detonatiesnelheid en de samenstelling der gassen.

Het overwicht van deze opzoekingen ten opzichte van onze werkzaamheden op andere domeinen is gewettigd door het belang dat de verbetering der mijngasveilige springstoffen voor de veiligheid biedt.

Men zal ook vaststellen dat het aantal electrische toestellen dat in 1944 en 1945 bestudeerd werd betrekkelijk klein is. Het ziet er uit, alsof de bouw van mijngasveilig materieel thans tijdelijk stop gezet is.

Eindelijk wordt het probleem van het stof in de afbouwwerkplaatsen, probleem dat van overwegend belang is voor de toekomst onzer mijnen, in een bijzonder hoofdstuk behandeld.

NATIONAAL MIJNINSTITUUT
TE FRAMERIES-PATURAGES

VERSLAG
over de Werkzaamheden in 1944-1945

door

J. FRIPIAT.

Hoofdingenieur der Mijnen,
Beheer-Bestuurder van het Instituut.

I. — PROEFNEMINGEN OP DE SPRINGSTOFFEN EN DE SLAGPIJPJES.

1) Verschillende onderzoeken.

a) CONTROLESCHIETEN.

Tengevolge van de vervoermoeilijkheden konden wij in den loop van het jaar 1944 geen springstofmonsters voor controle genomen in de mijnen ontvangen; hierdoor was het ons gedurende ongeveer een jaar onmogelijk toezicht op de fabricatie uit te oefenen.

Vanaf het begin van 1945 hebben wij de fabrikanten uitgenoodigd ons stalen te leveren en gedurende de

laatste zes maanden van het jaar hebben de Mijningenieurs der arrondissementsdiensten weer opnieuw regelmatig monsters genomen in de kolenmijnen.

Wij hebben in het voorbije jaar voor controle 80 ladingen afgevuurd van de volgende S. G. P.-springstoffen : Flammivore, Matagnite, Triamite, Alkalite en Sabulite, de eenige die thans gefabriceerd worden.

Tot onze voldoening hebben wij vastgesteld, dat voor al de aangenomen formules de grenslading 900 gr gebleven was.

Daarentegen werden de formules der veiligheidshulzen als minder doelmatig bevonden dan vóór den oorlog, in dien zin, dat het niet meer mogelijk was ladingen van 800 gr ommantelde springstof opgehangen in een mijgashoudende atmosfeer te laten ontploffen zonder de ontvlamming te verwekken.

Het feit dat de werking der huls momenteel onvoldoende is, is waarschijnlijk te wijten aan de slechte kwaliteit der stoffen waaruit ze gevormd is en waarin het voorgeschreven gehalte aan doovende zouten niet aanwezig is.

Volgens inlichtingen, die ons door de bedrijfsgroepeering der springstoffabrikanten verstrekt werden, zal het weldra mogelijk zijn weer producten van eerste kwaliteit te bekomen en wij hopen dat de werking der veiligheidshuls dan opnieuw haar normale doelmatigheid zal hebben.

b) PROEVEN OP BRISANTE SPRINGSTOFFEN AANGEZET MET TIJDONTSTEKERS.

Op verzoek van den Heer Hoofdingenieur, Directeur van het 5de mijnarrondissement, hebben wij de mogelijkheid onderzocht brisante springstoffen, aangezet met tijdontstekers te gebruiken voor springwerk in een werkplaats van een weinig mijngashoudende mijn in het bekken van Chaleroi.

Er was kwestie van een winningsplaats in de laag Gros Pierre, bestaande uit twee adertjes van 20 tot 30 cm, die door een nogal harde koolachtige steenschelp gescheiden waren.

Demijngaten moesten in de schelp geboord worden, maar de aanwezigheid van hoopen kolen stof in de nabijheid van de boorgaten kon een gevaar voor ontvlamming laten ontstaan. Het aanzetten met tijdontstekers brengt inderdaad het afvuren van ladingen mee in een atmosfeer die plots heftig in beweging gebracht werd door de werking van andere ladingen die kort tevoren ontploften.

We hebben de werkwijze gevolgd die we al vroeger in den loop van dergelijke proefnemingen gebruikt hebben : we hebben het stof in zwevenden toestand gebracht door, één seconde vóór het afschieten der lading, een patroon springstof te laten ontploffen in een papieren zak, die 2 kg stof bevatte. Die zak was opgehangen op 1,20 m afstand van den mortier waarin de te beproeven lading geplaatst was.

Het stof, bekomen door het malen van kolen voortkomende van de beschouwde laag, werd vooraf eerst ontleed en daarna door ziften geclassificeerd.

Ziehier de uitslagen :

Rechtstreeksche ontleding op droge kool.

Vluchtige bestanddeelen	7,56 %
Asch	11,68 %

Indeeling door het ziften.

Weigering op de zeef van 1.568 mazen .	0,48 %
Weigering op de zeef van 6.400 mazen .	2,14 %
Door de zeef van 6.400 mazen gaande	97,38 %

De eerste ladingen werden afgevuurd in een mortier waarvan de doormeter vroeger 55 mm was, maar ten gevolge van invretingen thans 85 mm bedroeg.

De patronen waren twee aan twee naast elkander geplaatst; de lading lag vooraan in het gat van den mortier de voorkant tegen den boord. Wij hebben achtereenvolgens, zonder het stof tot ontvlamming te brengen, de volgende ladingen afgevuurd.

8 patronen Ruptol A (van Arendonk);

8 patronen Ruptol B (van Arendonk);

8 patronen Fractorite (van de Poudreries Réunies de Belgique);

2 patronen Dynamiet n^{r} III (van de Poudreries Réunies de Belgique.

We hebben daarna dezelfde springstoffen beproefd maar in den mortier van 30 mm en met al de patronen achtereen geplaatst.

We hebben dan waargenomen :

a) voor 8 patronen Ruptol A : een vlam tot op 12 m van den achterkant der galerij;

b) voor 8 patronen Ruptol B : een gloed bij het gat van den mortier; waarschijnlijk dien van de ontploffing der springstof;

-) voor 8 patronen Fractorite : een vlamm tot op 10 m van den achterkant der galerij.

Die uitslagen toonen aan dat het niet voorzichtig is brisante springstoffen zonder speciale voorzorgen af te vuren door middel van tijdontstekers in stoffige werplaatsen, zelfs wanneer het gehalte aan vluchtige bestanddeelen van de kolen betrekkelijk klein is.

We hebben dus het gebruik van S. G. P.-springstoffen aanbevolen mits, ingeval van mijngasvrije werkplaatsen, de vrije keuze de S. G. P.-springstoffen door brisante springstoffen met veiligheidshuls te vervangen.

Deze laatste werden in den loop van het jaar 1943 speciaal onderzocht (zie Jaarverslag van de werkzaamheden van Nationaal Mijninstituut - Annalen der Mijnen - Boekdeel XLV - Jaargang 1944 - blz. 9).

In de mortiers konden wij ladingen van 800 gram ommantelde brisante springstoffen afvuren zonder stof met 9,11 % vluchtige bestanddeelen te doen ontvlammen en dit bij aanwezigheid van 4,5 à 5 % methaan.

In den loop van het jaar 1944 werd er een nieuwe brisante springstof toegevoed aan deze die de proef in het bijzijn van stof hebben doorstaan.

Inderdaad, op verzoek van de « Poudreries Réunies de Belgique » hebben wij de springstof Forcilite beproefd, waarvan de samenstelling de volgende is :

Ammoniumnitraat . . .	81 %
Trinitrotoluol	17 %
Aluminium	1 %
Houtmeel	1 %

Hieronder geven wij de uiterste uitslagen die we met die formule bekomen hebben :

a) een lading van 2 niet ommantelde patronen ontsteekt stof met 10,4 % vluchtige bestanddeelen dat, 1 seconde voor het afvuren der lading, voor de mortier in zwevenden toestand werd gebracht.

In deze voorwaarden plant zich de vlam over heel de lengte van de galerij (20 m) voort.

b) door een lading van 7 ommantelde patronen wordt

het stof, dat vooraf in zwevenden toestand gebracht werd in een atmosfeer met 4,5 % methaan, niet meer tot ontvlamming gebracht.

Met een lading van 600 gr (m. a. w. 100 gr minder dan de grootste lading die in de proefnemingsgalerij afgevuurd wordt) kan dus de springstof Forcilite, voorzien van de veiligheidshuls, gebruikt worden in werkplaatsen in mijngasvrije of weinig mijngashoudende lagen met 10 % vluchtige bestanddeelen.

In verband met onze proefnemingen op de brisante springstoffen, kan men zich afvragen of de vlammen, die waargenomen werden gedurende de proefnemingen, verricht met kolenstof met klein gehalte aan vluchtige bestanddeelen, wel het kenteeken van een overslaan der ontploffingsvlam op de stofrijke atmosfeer is. Met andere woorden, de vraag stelt zich of de aanvankelijke verbranding hevig genoeg is om het stof verder dan de luchtdruk van de springstof reikt op te jagen en om de voortplanting van de vlam mogelijk te maken tot aan de grens van een stofferige laag, wat er ook de lengte van zij.

Daar onze galerij maar 20 m lang is, kunnen wij de studie van het verschijnsel van de voortplanting der ontploffing niet in overweging nemen. Nochtans zijn wij overgegaan tot eenige vergelijkende proefnemingen, waarbij wij de voortplanting vergemakkelijkt hebben door het stof over de heele lengte der galerij op te jagen.

Hieronder geven wij de vaststellingen die wij gedurende dez proefnemingen gedaan hebben.

Schot Nr 16. — Acht patronen Ruptol A in den mortier van 30 mm; stof met 7,56 % vluctige bestanddeelen;

95 % er van gaat door de zeef 6.400; 3 kg stof in zwevenden toestand gebracht door de ontploffing van een patroon op 1 m 20 van de lading.

Trage vlam die zich voortplant tot op 12 m van den mortier.

Schot Nr 17. — Dezelfde lading als voor Nr 16. Dezelfde stoffen worden in zwevenden toestand gebracht door de ontploffing van twee patronen die zich bevinden in twee zakken met 7 kg stof, de eene op 1 m 20, de andere op 10 m van de lading.

Ietwat levendigere vlam dan in Nr 16, maar van dezelfde lengte.

Schot Nr 18. — Vier patronen dynamiet Nr 3. Dezelfde stoffen worden in zwevenden toestand gebracht als in schot Nr 17.

De lengte van de vlam bedraagt tusschen 15 m en 20 m.

Wanneer we de hoeveelheid stof, in zwevenden toestand gebracht, vermeerderen en de vorming van een stofwolk op een grootere lengte veroorzaken, hebben we dus geen grootere voortplanting van de vlam waargenomen.

Het gebruik van een krachtigere springstof (dynamiet Nr 3), heeft de lengte van de vlam een weinig vergroot.

Voor zoover onze proefnemingsgalerij ons niet op een dwaalspoor brengt (want ze is veel te kort voor dergelijke proeven) denken wij dat de waargenomen vlammen te wijten zijn aan een plaatselijke verbranding onmiddellijk rond de vlam van de springtof, verschijnsel vergelijkbaar met de lichtkroon in de lampen.

Ten gevolge van zijn proefnemingen te Liévin (zie

Derde reeks proefnemingen op de ontvlammingen van stof - Bericht van de Société de l'Industrie minérale - October 1910 - blz. 319 en volgende) had de heer Taffanel het besluit getrokken dat een kolenlaag met 10 % vluchtige bestanddeelen (95 % er van gaande door de zeef met 5.625 mazen) onbekwaam was de ontvlamming voort te planten die door het afschieten in een mortier van 240 gr gomdynamiet verwekt werd. In deze voorwaarden had hij inderdaad waargenomen dat vlammen zich tot op 6 m (proefneming 162) en tot op 22 m (proefnemingen 159 en 161) voortplanten terwijl de stofferige laag zich over 65 m lengte uitspreidde. Daar de hr Taffanel geen proeven gedaan heeft met stof dat minder dan 10 % vluchtige bestanddeelen bevat, is het ons niet mogelijk onze waarnemingen te vergelijken met die van dezen proefnemer.

Integendeel heeft het Bureau der Mijnen van de Vereenigde Staten het geval van anthracietstof met 8,47 % vluchtige bestanddeelen bestudeerd. (83 % er van gaande door de zeef N^{r} 240 met 6.400 mazen cm^{2}). (Zie Bericht N^{r} 167 van het Bureau der Mijnen. blz. 167 en volgende).

In aanwezigheid van een uitblazend schot van 1,9 kg buskruit, hebben de Amerikaansche proefnemers ontvlammingen waargenomen die zich tot op 45 m van de lading voortplantten in een stofrijke laag van ongeveer 300 m lengte.

Maar, indien in de kolen, waarvan het gehalte aan vluchtige bestanddeelen van 8 tot 10 % is, groote kolenstofontploffingen niet te vreezen zijn, is het toch mogelijk dat ze locale ontvlammingen geven met ontstaan van schadelijke gassen, in voldoende hoeveelheid om zware vergiftigingen in een mijngalerij te veroorzaken.

Wij hebben het proefondervindelijk willen nagaan, maar het gasmonster, onmiddellijk na de ontvlamming in de galerij opgenomen, bevatte geen koolstofmonoxyde.

Die gunstige uitslag wordt toch nog verklaard door de kleine lengte van onze galerij, die de verdunning vergemakkelijkte door het weervloeien der lucht onmiddellijk na de ontvlamming.

Nochtans blijft het waar dat het afvuren van springstoffen bij aanwezigheid van kolenstof slechts veilig is, wanneer het aanvankelijk verschijnsel van ontvlamming verhinderd wordt.

c) INVLOED VAN DEN DOORMETER DER PATRONEN.

Op verzoek van het « Groupement des Poudres et Explosifs » zijn wij in 1944 overgegaan tot vergelijkende metingen van de geschiktheid tot ontploffing van 4 S. G. P.-springstoffen in patronen van 26 mm en van 30 mm diameter.

Tot dat doel hebben wij den grootsten afstand opgezocht, waarop een patroon, voorzien van een slagpijpje N^{r} 8, een andere patroon, niet voorzien van een slagpijpje, tot ontploffing brengt.

Beide patronen waren op een looden plaat achter elkaar op een rechte geplaatst; de plaat rustte op een stalen blok.

De grootste tusschenruimte waarbij de ontploffing van de ééne aan de andere patroon medegedeeld wordt, werd door tien achtereenvolgende proeven, die de ontploffing van de gansche lading gaven, bepaald.

Wij hebben kunnen vaststellen dat die tusschenruimte, die 3 cm of 4 cm bedraagt, met den doormeter der patronen niet verandert.

d) STUDIE VAN DEN INVLOED VAN HET BINITROGLYCOL OP DE GRENSLADING.

Een beslissing van 21-10-1940 van de Algemeene Directie van het Mijnwezen had aan de fabrikanten de toelating reeds gegeven om, bij de fabricatie van nitroglycerine, glycerine tot een beloop van 15 % door glycol te vervangen.

Het doel dezer vervanging, waarvan gekend was dat zij geen invloed op de grenslading uitoefent, was de springstoffen onbevriesbaar te maken.

In den loop van het jaar 1945 werden de « Société d'Arendonk » en de « Poudreries Réunies de Belgique » er toe gebracht nog meer glycerine door glycol te vervangen met het doel de schaarschte van glycerine te verhelpen.

We hebben dan opnieuw de grensladingen onderzocht van Flammivore, Matagnite en Nitrobaelenite, waarin nitroglycerine door nitroglycol vervangen was, tot een beloop van 30 % voor de eerste dezer springstoffen, van 20 % voor de twee andere.

Dit vergde het afvuren in de galerij van 24 ladingen. Er werd bevonden dat de beschouwde vervanging geenszins de veiligheid door de springstoffen geboden wijzigt, noch in bijzijn van mijngas, noch in bijzijn van kolenstof.

2) Studie der ongevallen te wijten aan het gebruik van springstoffen.

α) Studie van een nakomende ontploffing.

Dit ongeval deed zich, op 6 Februari 1945, in een kolenmijn van het bekken van Charleroi voor tijdens het graven van een dwarssteengang. Drie horinzontaal geboorde kopgaten waren elk met 6 S. G. P.-springstifpatronen geladen en opgstopt met klei over een lengte van 36 cm vanaf de opening van het gat.

Daarna waren de ladingen in serie verbonden geworden met het einde van een schietleiding van 45 m lengte.

Na een werkman als wacht in een galerij aan den Westkant geplaatst te hebben, had de schietmeester zich in dezelfde galerij, maar aan den Oostkant, teruggetrokken vergezeld van een tweeden werkman; daarna had hij het ontstekingsmanœuver uitgevoerd.

Daar de ontploffing abnormaal scheen, had de schietmeester het ontstekingstoestel losgekoppeld van de schietleiding. Toen hij vervolgens in zijn notaboekje de verbruikte ontploffingsmiddelen opteekende, deed er zich een tweede ontploffing aan het houwfront voor.

De schietmeester en zijn makker zochten te vergeefs naar den eersten werkman dien zij nog op zijn wachtpost waanden en zij vonden hem, op eenige meter afstand van het houwfront, gedood door de tweede ontploffing.

Van de drie mijnen, die de schietmeester geladen had, waren alléén de hoekmijnen het normale werking gesprongen.

Om de derde bloot te leggen werd in de nabijheid er van een gat geboord, waarin een lading tot ontploffing gebracht werd.

In den afslag werden 3 patronen, waarbij de aanzetpatroon met het slagpijpje, alsmede het papieren omslag van een vierde teruggevonden.

In 't kort er was slechts, volgens de verklaringen van de getuigen, één mijn ontploft bij de ontsteking en er was een andere gesprongen met een vertraging van 2 à 3 minuten, terwijl de derde niet ontploft was; m. a. w. de

afvuring had tot twee onregelmatigheden aanleiding gegeven; een nakomende ontploffing en een weigering.

Ten gevolge van dit ongeval deden wij een grondig onderzoek van het ontstekingstoestel en van de slagpijpjes die in de kolenmijn gebruikt werden.

Hier volgt er een bondige samenvatting van.

STUDIE VAN HET ONTSTEKINGSTOESTEL.

Het ontstekingstoestel was van het type Carolus B-20 der firma Carl te Bochum, type dat aangenomen werd door de beslissing van het Mijnwezen nr 13 E/6078 van 11 Augustus 1937.

We hebben de goede werking er van nagegaan door groepen van drie in serie geschakelde slagpijpjes af te vuren.

Door middel van een weerstand, in den stroomkring ingeschakeld, kon het debiet van het ontstekingstoestel, de sterkte alsmede de duur van den stroom geregeld worden. Beide laatste grootheden werden met een oscillograaf opgeteekend.

We hebben twaalf proeven genomen, de uitslagen er van zijn in tabel I aangeduid.

In elk dezer proeven zijn de drie slagpijpjes bij het eerste ontstekingsmanœuver ontploft.

De veranderingen van de stroomsterkte voor denzelfden weerstand komen voort, zooals men gemakkelijk zal inzien, van het feit dat de kruk van he ttoestel niet altijd met dezelfde kracht gedraaid werd.

Onze proefnemingen hebben, niettegenstaande dat, aangetoond, dat het ontstekingstoestel in zeer goeden staat was en geschikt om zonder weigering drie in serie

TABEL I.

Nr der proef.	Totale weerstand van den stroomkring in ohm.	Gemmiddelde stroomsterkte in ampère.	Duur van het debiet in milliseconden.
1	13,5	1,67	3,0
2	13,5	1.44	4,5
3	15,0	1,67	3,42
4	15,0	1,58	4,44
5	15,0	1,58	3,83
6	15,0	1,63	3,64
7	15,0	1,63	3,65
8	15,0	1,70	3,93
9	81,5	1,105	4,80
10	90,5	0,92	6,86
11	100,5	0,815	7,58
12	113,0	0,975	7,75

geschakelde mijnen te laten ontploffen bij verschillende ohmsche weerstanden, gaande van dien, geboden door den stroomkring waarmede het ongeval voorgevallen is (ongeveer 13,5 ohm), tot de maximale waarde, die door den constructeur voorzien werd (110 ohm).

STUDIE DER SLAGPIJPJES.

Het voornaamste doel van deze studie was de regelmatigheid van de fabricatie dezer slagpijpjes na te gaan.

De gelijktijdige afvuring van ladingen vereischt immers dat de veranderingen, die een invloed op de ontvlammingen der ontstekers en op de ontploffing der slagpijpjes hebben, binnen enge grenzen beperkt blijven.

Hiervan kan men zich rekenschap geven door de verschijnselen na te gaan die zich in een slagpijpje voordoen van af het oogenblik dat de stroom in de keten gejaagd wordt tot op het oogenblik der ontploffing.

Deze verschijnselen kunnen, volgens den tijd, in drie periodes ingedeeld worden :

a) de verwarmingstijd van de ontstekingssas, van af het oogenblik dat de stroom in de keten gejaagd wordt tot op het oogenblik dat de sas, in aanraking met den gloeidraad, ontvlamt;

b) de voortplantingstijd van de ontvlamming van de sas, tijdspanne die onmiddellijk op de voorgaande volgt en duurt tot de sas volledig brandt.

c) overdrachtstijd, gedurende denwelken de vlam van de sas medegedeeld wordt aan het kwikfulminaat dat de secundaire lading tot ontsploffing brengt (trinitrotolueen of andere stof).

Door deze ontploffing wordt de gloeidraad en tevens de stroomkring gebroken.

Laten wij nu nagaan op welke voorwaarde een groep in serie geschakelde ladingen zonder weigering zal afgevuurd worden.

Zij (t) de verwarmingstijd van de ontstekingssas (periode a) en (T) de tijd, verloopend tusschen het oogenblik dat de sroom in de keten gejaagd wordt en het oogenblik dat het slagpijpje ontploft (ont ploffingstijd).

Men zal gemakkelijk begrijpen dat, tengevolge van de onregelmatigheden die de fabricatie in 't groot onvermijdelijk meebrengt, de karakteristieken t en T zekere afwijkingen van een gemiddelde waarde zullen vertoonen.

Indien men dus de verschillende slagpijpjes van een groep ineens af te vuren mijnen beschouwt, zal men voor een zelfden ontstekingsstroom een heele reeks waarden voor t vinden gaande van t_1, tot t_{11}, t_1 overeenkomend met den lichtst ontvlambaren ontsteker en t_{11} met den moeilijkst ontvlambaren.

Herinneren wij er aan dat die tijden t_1 en t_{11}, voor een bepaalde stroomsterkte, doorgangstijden van den stroom voorstellen die volstrekt noodig zijn om de ontvlamming van de ontstekingssassen te verwekken.

Voor de ontploffingstijden T zullen er ook twee grenswaarden T_1 en T_{11} zijn, m. a. w. een minimum en een maximum.

Opdat er zich geen weigering voordoe, is het noodig dat de moeilijkst ontvlambare ontsteker van de reeks ontstoken weze, vóór dat het slagpijpje met den kortsten ontploffingstijd ontploft, anders zal de stroomketen onderbroken zijn, vóór dat al de ontstekers de noodige energie om te ontvlamman bekomen hebben.

Deze voorwaarde wordt uitgedrukt door $t_{11} < T_1$.

Het nazicht van de regelmatigheid der fabricatie bestaat er dus in na te gaan of deze voorwaarde verwezenlijkt is voor verschillende waarden van den ontstekingsstroom.

We hebben 150 slagpijpjes voortkomend van de kolenmijn nagezen; 141 er van werden in het springstoffenmagazijn genomen, 8 er van werden in de patronentasch van den schietmeester gevonden.

We beschikten insgelijks over het slagpijpje dat teruggevonden werd in den afslag en voortkwam van de weigering die men getracht had door invloed te laten ontploffen.

a) Meting der ontploffingstijden.

Deze tijden worden door middel van een oscillograaf gemeten. Deze wordt in geschakeld in den stroomkring bestaande uit het slagpijpje, een accumulatorenbatterij, een schakelaar, een regelbaren weerstand en een ampèremeter.

De twee laatste dienen om vooraf de ontstekingsstroom te regelen. Om dit te doen wordt het slagpijpje in den kring vervangen door een even grooten weerstand.

Op het bekomen oscillogram kan men dus de sterkte van den ontstekingsstroom nagaan en den duur er van meten; deze laatste is de ontploffingstijd.

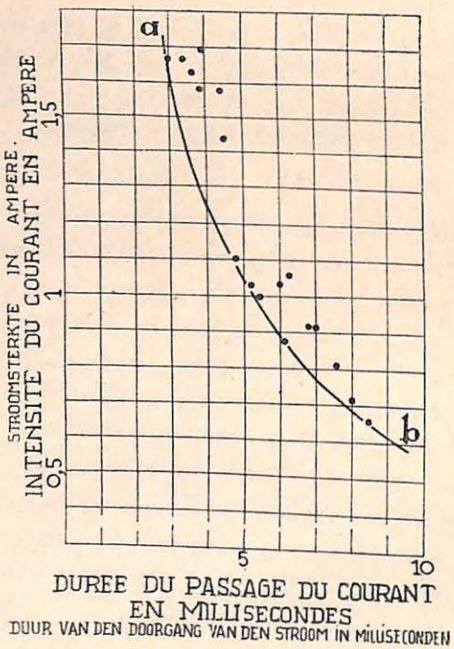


Fig. 1.

We hebben op deze wijze den ontploffingstijd van 26 slagpijpjes bepaal. Door aan deze uitslagen de doorgangstijden van den stroom tijdens de studie van het schiettoestel bepaald toe te voegen, hebben wij het

grafied fig. 1 kunnen teekenen : de ordinaat en de abscis van elk punt stellen respectief de sterkte van den ontstekingsstroom en den ontploffingstijd voor.

Op het grafiek zijn slechts de meest kenschetsende, proefondervindelijk bepaalde punten weergegeven.

De kortste ontploffingstijden worden door de abscissen der curve a b, die dus onmiddellijk links van de poefondervindelijk bepaalde punten ligt, veergegeven.

Opdat er zich geen weigeringen zouden voordoen, is het noodig, dat de doorgansgstijd van den volsterkt noodigen stroom om de minst gevoeligen ontsteker te doen ontvlammen kleiner weze dan de korste ontploffingstijd.

Het onderzoek van de gevoeligheid der ontstekers heeft juist tot doel na te gaan of deze voorwaarde verwezenlijkt is.

b) Onderzoek van de gevoeligheid der ontstekers.

We hebben dit onderzoek gedaan door middel van de volgende toestellen :

a) een accumulatorenbatterij,

b) een ampèremeter,

c) een draaischakelaar bestaande uit een isoleerende schijf met een geleidenden sector die trapsgewijze uitgesneden is.

Wanneer de schijf draait, wrijft ze tegen een borstel; het contact van dezen met den sector sluit tijdelijk den stroomkring gevormd door de batterij, de ampèremeter, den weerstand en het slagpijpje.

Door een geschikte draaisnelheid te kiezen en den

geschikten trap van den sector tegen den borstel te laten wrijven kan men vooraf dentijd bepalen gedurende denwelken de troom door de keten zal gaan.

Een stel schakelaars laat toe het slagpijpje door een evengrooten weerstand te vervangen en zóó, vóór af, de intensiteit van den stroom, die in de keten gejaagd zal worden, te bepalen.

In 't kort, wij kunnen door middel van de beschreven toestellen door den ontsteker een stroom zenden van bepaalde intensiteit en duur.

Voor elke reeks proeven hebben wij vooraf den tijd bepaald gedurende denwelken de spanning toegepast werd; om dat te doen hebben wij den oscillograaf in den stroomkring ingeschakeld op de plaats en ter vervanging van het slagpijpje.

Daar wij slechts over een beperkt aantal slagpijpjes beschikken, hebben wij de gevoeligheid van de ontstekers slechts voor twee groepen stroomsterkten systematisch kunnen onderzoeken -1,36 à 1,4 A en 0,95 à 1 A).

Gevoeligheid van de ontstekers voor stroom van 1,35 à 1,4 A.

Er werden zestien slagpijpjes beproefd met een stroom van 1,35 à 1,4 A die 3,35 ms duurde.

Ze ontploften allemaal den eersten keer. Het punt (1,35 A, 3,35 ms) ligt links van de curve a. b. van het grafiek figuur 1; waarschijnlijk is dus, met een stroomsterkte van 1,35 A, een ontstekingsweigering niet mogelijk.

Gevoeligheid van de ontstekers voor stroom van 1 A.

Er werden zestien slagpijpjes beproefd met een stroom van 1 A. De duur van den stroom werd achtereenvolgens geregeld op 8,9 ms (1 slagpijpje), 4,59 ms (14 slagpijpjes) en 3,7 ms (1 slagpijpje).

Ze zijn allemaal den eersten keer ontploft.

Men gelieve op te merken dat, volgens grafiek fig. 1, de door gangstijden 4,59 en 3,7 ms kleiner zijn dan de kleinste ontploffingstijd (5,4 ms) overeenkomend met een ontstekingsstroom van 1 A.

We hebben dus, tot voor stroomsterkten van ten minste 1 A, geen enkele onregelmatigheid in de gevoeligheid der ontstekers vastgesteld.

TABEL II.

Aantal beproefde slagpijpjes.	Duur van den stroom in ms.	Stroomsterkte in A.	Uitslag der proeven.
1	8,9	0,9	het slagpijpje ontploft.
1	8,9	0,9	het slagpijpje ontploft niet.
13	8,9	0,8	al de slagpijpjes ontpfloffen.
2	8,9	0,7	al de slagpijpjes ontpfloffen.
1	8,9	0,7	het slagpijpje ontploft niet.
33	8,9	0,6	al de slagpijpjes ontpfloffen.
1	3,7	0,9	het slagpijpje ontploft.
1	3,7	0,8	het slagpijpje ontploft.
2	3,7	0,7	de slagpijpjes ontploffen.

Herinneren wij er aan dat, bij de afvuring die aanleiding tot het ongeval gegeven heeft, de stroomsterkte veel grooter dan 1 A moet geweest zijn. In een keten van 13,5 Ohm, volkomen gelijk met die welke in de kolenmijn verwezenlijkt werd, heeft het ontstekingstoestel immers een stroom van ongeveer 1,4 gegeven.

In de volgende 55 proeven, genomen met stroomsterkten van minder dan 0,95 A, hebben wij integendeel twee weigeringen vast gesteld. De stroomsterkten en de duur er van zijn in tabel II aangeduid.

Het slagpijpje, dat in de niet ontplofte mijn (na blootlegging dezer den dag na het ongeval) werd teruggevonden, werd speciaal onderzocht.

De draaischakelaar werd geregeld voor den doorgang van den stroom gedurende 8,96 ms; de ontsteker werd tot ontvlamming gebracht door een stroom van 0,6 A.

Het punt (0,6 A, 8,96 ms) ligt links van de curve a b (fig. 1) : dit slagpijpje moet dus als normaal aangezien worden en het is niet te begrijpen waarom het in de mijn niet ontplofte toen het ontstekingsmanoeuver werd uitgevoerd.

De slagpijpjes daarentegen die niet ontploften (tabel II) wanneer er respectief een stroom van 0,9 en 0,7 A gedurende 8,9 ms doorging, zouden zeker weigeringen gegeven hebben bij het ontsteken van een groep in eens af te vuren ladingen, want voor deze stroomsterkten zijn de kleinste ontploffingstijden der gevoeligste slagpijpjes volgens grafiek (fig. 1) respectief 5,9 en 7,9 ms, beide dus minder dan 8,9 ms, tijd die voldoende was om den ontsteker der twee beschouwde slagpijpjes te doen ontvlammen.

Deze vaststellingen alsmede andere onregelmatigheden, die in het bekken van Charleroi opgemerk werden, brachten er ons toe een volledige studie te doen wat de goede fabricatie der slagpijpjes betreft.

Hiertoe onderzochten wij 150 slagpijpjes en 500 ontstekers die ons door den fabrikant geleverd werden.

In den loop van ons onderzoek met stroomsterkten van

0,9 A à 1,00 A hebben wij geen ontploffingstijden opgemerkt die kleiner waren dan de ontstekingstijden van de minst gevoelige ontstekers.

De onregelmatigheden, die wij vastgesteld hebben op de slagpijpjes voortkomend van de kolenmijn, moeten dus niet aan een systematische fout geweten worden doch veeleer aan een toevallig defect dat altijd mogelijk is bij de fabricatie in 't groot.

Indien wij, voor het beschouwde ongeval, gemakkelijk de ontstekingsweigering konden verklaren, was het ons integendeelonmogelijk een nakomende ontploffing te verwezenlijken.

Volgens de getuigenissen, die tijdens het onderzoek werden afgelegd, moet men aannemen dat een der ladingen eerst sissend moet gebrand hebben om vervolgens, met een uitstel van eenige minuten ten opzichte van de ontsteking, te ontploffen.

In een verder volgende nota, waarin meer algemeen de incidenten bij het schietwerk behandeld worden, zal men zien dat al onze pogingen om hetzij een sissende verbranding, hetzij een nakomende ontploffing te verwekken slechts negative uitslagen gegeven hebben.

b) Studie van twee mijngasontvlammingen die zich in 1945 in kolenmijnen van het bekken van Luik voordeden.

De eerste dezer ontvlammingen deed zich voor op 23-2-45 en maakte 4 slachtoffers. De oorzaak er van zou het gelijktijdig afvuren geweest zijn van drie mijnen, waarvan de eene met 3 patronen, de twee andere met 2 patronen ommantelde S. G. P.-springstof geladen waren.

De gaten waren 76 cm lang en waren geboord in een gang in uitsnijding, het eene bij het hangende op 30 cm

afstand van de vrije oppervlakte van de steenbank, de twee anderen op de helft van de hoogte der galerij op plaatsen, die door het onderzoek niet nader konden bepaald worden.

Het terrein was gekloven zandsteen.

Het feit dat er in de patronentasch van den schietmeester patronen werden aangetroffen, waarvan de veiligheidshuls was weggenomen, bracht er ons toe te veronderstellen, dat het springwerk met niet ommantelde springstof werd uitgevoerd.

De springstof, in beslag genomen op de mijn, werd, bij wijze van proef, achtereenvolgens in de volgende omstandigheden afgevuurd :

8 ommantelde patronen opgehangen in mijngashoudende atmosfeer (2 proeven);

9 patronen zonder veiligheidshuls, drie aan drie in den mortier van 50 mm geplaatst (2 proeven);

9 patronen zonder veiligheidshuls, achtereen in den mortier van 35 mm geplaatst.

Geen enkele maal werd de ontvlamming verwekt, wat ons laat veronderstellen, dat de gebruikte springstof normaal was.

De tweede ontvlamming, die wij onderzocht hebben, werd op 6 September 1945 veroorzaakt door het afvuren van één ommantelde S. G. P. - springstofpatroon die geplaatst was achter een kleiopstopping in een gat van 60 cm lengte, dat horizontaal geboord was in een laag psamniethoudende zandsteen nabij het dak aan de kop van een luchtkeergalerij van een afbouwplaats.

Het gat was geboord 30 à 40 cm van het vrij vlak van de steenbank en deze werd over 2,25 m breedte, 80 cm lengte en 45 cm dikte weggeslagen; de afslag bestond hoofdzakelijk uit groote parallelipipedische blokken.

De gevormde holte ging aan den bovenkant tot aan een stratificatievoeg en aan den voorkant tot aan een richtingsdiaclaas, die ongeveer evenwijdig aan het houwfront liep en sterk naar het vast gesteente toe helde.

Volgens het onderzoek bestaat er reden toe te veronderstellen dat het springwerk uitgevoer werd in gebarsten gesteente.

Voegen wij er nog deze bijzonderheid aan toe ; de schietleiding was vóór het ongeval, reeds zoo erg beschadigd dat er een nieuwe aan den schietmeester gegeven was. Deze werd niet gebruikt; ze werd onbeschadigd naast het ontstekingstoestel weergevonden.

Wij hebben, ontdaan van de veiligheidshuls, 9 patronen van de springstof die op de mijn in beslag genomen werd in den mortier van 55 mm afgevuurd (2 proeven) zonder de ontvlamming van het mijngas te verwekken.

Vervolgens hebben wij de volgende ladingen in volle mijngashouden de atmosfeer afgevuurd :

a) 2 achtereengeplaatste ommantelde patronen;

b) zelfde proef maar het papier was aan de uiteinden der patronen weggenomen, zoodat de springstof er bloot was;

c) één niet ommantelde patroon;

d) twee niet ommantelde naast een geplaatste patronen.

Evenmin als die afgevuurd in den mortier, hebben de in de lucht opgehangen ladingen bij ontploffing het mijngas ontstoken.

Beide ontvlammingen deden zich dus voor tengevolge van het springen in gebarsten terrein van ladingen, die veelkleiner waren dan de grenslading (800 gr).

Wij weten niet of de kloven in de buurt van de ladingen van doorslaggevenden invloed geweest zijn; ten gevolge van die omstandigheid hebben wij het nuttig geacht een reeks proeven te doen om te trachten de S. G. P.?springstoffen in gebreke te laten blijven.

Deze proeven, waarvan het relaas het voorwerp van een bijzonder hoofdstuk uitmaakt, werden uitgevoerd met kleine ladingen en in voor waarden waarhij beoogd werd de springstof te laten ontploffen in min of meer afgesloten ruimten, die voor het ontvlambaar gasmengsel toegankelijk waren.

Keeren wij nu echter terug tot de tweede ontvlamming die zou te wijten geweest zijn aan het afvuren van één enkele ommantelde S. G. P.-springstofpatroon.

Wij hebben ons afgevraagd of we niet eerder de oorzaak der ontvlamming in de schietleiding moesten zoeken, daar de slechte staat er van het voorwerp had uitgemaakt van een bijzondere opmerking van den ingenieur die het onderzoek deed.

Was er geen reden om te veronderstellen dat, op het oogenblik dat de stroom in de schietleiding gejaagd werd door het ontstekingstoestel, er een electrische vonk tusschen de twee geleiders van de schietleiding gesprongen was ten gevolge van een gebrek aan de isoleering ?

Deze veronderstelling houdt steek, zelfs in geval het ontstekingstoestel volledig in ordre is.

Het stelsel, waardoor de duur van het debiet van een ontstekingstoestel begrensd wordt, beveiligt tegen het risico van mijngasontvlamming door contacten tusschen de koppelingen na de ontploffing van de lading, maar het belet geenszins, dat er een vonk overslaat tusschen

niet geisoleerde geleiders, die toevallig dicht bijeen liggen op het oogenblik dat het toestel stroom in de schietleiding zendt .

Niettegenstaande dat kan men opwerpen, dat de sluiting van den stroomkring door het slagpijpje de beschikbare spanning tusschen de geleiders verlaagt derwijze dat elke toevallige afleidingsvonk ongevaarlijk wordt.

De proeven echter, die wij genomen hebben, hebben aangetoond, dat het integendeel mogelijk is, met eenzelfde ontstekingstoestel als dat in de mijn gebruikt, tezelfdertijd de ontsteker van een slagpijpje te doen werken, en, door een vonk tusschen de geleiders, mijngas tot ontvlamming te brengen.

Wij hebben de proef genomen met den stroomkring in fig. 2 afgebeeld.

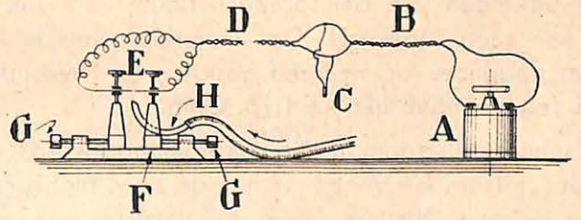


Fig. 2

Het ontstekingstoestel A van het Schaffler-type met veeraandrijving is door een leiding B met 2 ineengedraaide geleiders van 16,50 m lengte aan een ontsteker van een slagpijpje verbonden.

In parallel met den ontsteker is er een schietleiding van het type « boutefeu » geschakeld; deze bestaat uit 2 geleiders van 1,17 mm doormeter waarvan de blootgebrabde uiteinden E tegenovereen geplaatst zijn in een

vonkenbrug F. De afstand tusschen de uiteinden der twee geleiders, waartusschen de vonk moet overslaan, kan naar willekeur met micrometerschroeven G geregeld worden.

Uit een glazen buisje H stroomt het ontvlambaar mengsel luchtmijngas, dat door een gazometer, die niet op de schets is voorgesteld, onder lichte drukking geleverd wordt.

In den loop onzer proeven hebben wij den vorm der geleideruiteinden, waartusschen de vonk sprong, alsmede de weerstand van de leiding tusschen het ontstekingstoestel en den ontsteker laten veranderen.

Hier volgen de vaststellingen, die wij in den loop van onze proeven, welke wij in 4 groepen indeelen, deden.

1e Reeks proeven.

De uiteinden van den draad « boutefeu » zijn schuin met een tang afgeknipt. De weerstand van de leiding, zonder slagpijpje, op zich zelf gesloten de twee uiteinden goed tegeneengebrukt, is 1,15 Ohm.

Wanneer de stroom in den kring gejaagd wordt, springt er een schitterende vonk tusschen de twee blootgekrabde draaduireinden, die op eenige honderdsten van een millimeter van elkander gehouden worden.

Deze vonk doet het gasmengsel ontvlammen en de ontsteker gaat tezelfdertijd af (2 ontvlammingen op 5 proeven).

Het mijngas ontvlamt niet wanneer de twee uiteinden zelfs onvolledig, in contact zijn.

De afstand, die tusschen de uiteinden moet verwezenlijkt worden om de ontvlamming te bekomen, is te klein om hem zelfs met een vergrootsglas, te meten. Men

bekomt hem door de uiteinden tegeneen te plaatsen en dan, door een weinig aan de stelschroeven te draaien, het contact te breken; de breuk wordt nagegaan met een brug van Wheatstone, welke in plaats van het ontstekingstoestel in den kring geschakeld wordt.

2e Reeks proeven.

De blootgekrabde uiteinden van de draden zijn omgeplooid volgens haken van 2 à 3 mm doormeter, die in 2 haaks op elkander staande vlakken liggen. Het is onmogelijk in den loop van een tiental proeven de ontvlamming te bekomen.

Het is lastig de afstand te regelen en te zien of er contact is. Het is niet gezegd dat, indien wij meer proeven genomen hadden, wij geen ontvlamming zouden bekomen hebben.

3e Reeks proeven.

Een draaduiteinde is schuin afgesneden en het andere volgens een kaakje omgeplooid. De vonkenbrug is onder een glazen stulp, die met een gasmengsel met 9 % methaan gevulg is, geplaatst.

Op twee proeven ontsteekt er eene den ontsteker, terwijl tezelfdertijd het mijngasmengsel tot ontvlamming gebracht wordt.

4e Reeks proeven.

Om na te gaan of de lengte van den stroomkring niet van doorslaggevende beteekenis was voor de ontvlamming, hebben wij, ten einde het geval van een schietleiding van ongeveer 50 m verwezenlijken, tusschen het

ontstekingstoestel en de leiding B, een weerstand geschakeld en deze zoo geregeld, dat de weerstand van den kring 4 Ohm bedroeg.

We hebben de schikking van de eerste reeks proeven hernomen, daar deze een gemakkelijkere regeling toeliet (twee draaduiteinden schuln afgeknipt en mijngastoevoer door een buis).

We hebben twee proeven genomen, waarvan eene tezelfder tijd het gasmengsel doen ontvlammen en den ontsteker ontstoken heeft.

In strijd met wat men zou kunnen denken, belet de sluiting van de keten met een slagpijpje niet, dat er een vonk tusschen de draden van de schietleiding overspringt.

Alhoewel deze vonk klein is, kan zij een mengsel lucht-mijngas ontsteken.

We mogen ons dus met recht afvragen of de mijngasontvlammingen, die zich voordoen bij het afvuren van kleine ladingen ommantelde springstof (2 of 3 patronen), soms niet te wijten zijn aan een isoleeringsdefect van de schietleiding.

In alle geval toonen onze opzoekingen eens te meer dat het noodig is de leidingen vóór het afvuren der ladingen zorgvuldig na te zien.

Het is zelfs wenschelijk, dat dit om zoo te zeggen dagelijksch nazicht volledigd worde door periodische onderzoeken gedaan door andere bekwane personen dan de schietmeesters.

In een naburig land bestaat het gebruik eens per week al de schietleidingen mee naar het bovengrondsch bedrijf te brengen.

Daar worden zij door den electriciteitsdienst der mijn nagezien; de defecte leidingen worden hersteld of buiten gebruik gesteld.

Het is zeker dat de last, veroorzaakt door het regelmatig bovenhalen van de schietleidingen, ruimschoots zou vergoed worden door de verdwijning van de onregelmatigheden, die het schietwerk in mindere of meerdere mate vermoeilijken, en zooals wij juist gezien hebben, door de uitschakeling van een niet et vrewaarloozen risico van mijngasontvlamming.

3) Incidenten bij het springwerk.

a) Inleidende beschouwingen.

Deze studie behandelt de incidenten die zich bij het springwerk in het ondergrondsch bedrijf voordeden, de mijngas- en kolenstof ontploffingen uitgezonderd. Ze beperkt zich dus tot de onregelmatige ontploffingen te wijten aan een gebrekkige voorbereiding van het springwerk.

Wat ook de gevolgen dezer incidenten zijn, maken zij gewoonlijk het voorwerp uit van een administratief onderzoek, waarvan het verslag aan het Nationaal Mijninstituut voor nazicht en eventueele opzoekingen gezonden wordt.

Sedert 1930 hebben wij 16 dergelijke voorvallen onderzocht. Elk voorval heeft aanleiding gegeven tot proefnemingen waarvan de belangrijkste in onze jaarverslagen vermeld werden.

Gewoonlijk werden die proefnemingen uitgevoerd op monsters die ofwel in de depots der koolmijnen, ofwel in de patronentasschen van de schietmeesters genomen werden, maar heel dikwijls, was het aantal patronen dat tot onze beschikking gesteld werd, zoo gering dat we geen diepgaande studie van de springstof konden maken.

Daarom hebben wij het interessant geacht in den loop

der jaren 1944 en 1945 een algemeene studie te hernemen van al incidenten die ons gedurende deze laatste vijftien jaar gemeld werden.

De incidenten die in België het meest waargenomen werden, zijn : de sissende verbranding en de nakomende ontploffingen.

De sissende verbranding is een afwijking van het normale verschijnsel van de detonatie; de ontbinding van de springstof, in plaats van zich voort te planten met de groote snelheid, die de detonatie kenmerkt, neemt den vertraagden loop van een verbranding die geleidelijk door verwarming van laag tot laag overgebracht wordt.

In de meeste gevallen heeft men de sissende verbranding slechts bij den terugkeer van den schietmeester naar het werkfront kunnen vaststellen. Dit verschijnsel uitte zich dan door een vlam of een gloed zichtbaar op den hoop steenen, die door de mijn losgemaakt werden of in het boorgat, dat niet geheel door de lading weggeslagen was.

De nakomende ontploffing is gekenmerkt door het feit dat één van de ladingen ontploft nadat alle ontstekingsverrichting gedaan is.

In de negen gevallen, die in België in den loop der laatste vijftien jaar gemeld werden, was het verloop ongeveer hetzelfde.

Nadat de schietmeester tot de ontsteking van een reeks gelijktijdig af te vuren ladingen is overgegaan en de ontploffing waargenomen heeft, komt hij naar het werkfront terug om de werking der mijnen na te gaan. Op dat oogenblik doet er zich een tweede ontploffing voor terwijl een hoop steenen weggeslingerd wordt waaraan de schietmeester min of meer blootgelegd is, volgens den afstand die hem van het werkfront scheidt.

Bij het ongeval dat zich in 1945 in het bekken van Charleroi voordeed, ontplofte een der drie mijnen die gelijktijdig moesten afgevuurd worden, ongeveer drie minuten na de ontstekingsverrichting.

Gelijkaardige onregelmatigheden werden ook in Frankrijk waargenomen. Ze hebben er aanleiding gegeven tot talrijke opzoekingen waarvan de uitlagen medegedeeld werden in twee nota' s van de hand der H. H. Audibert en Delmas verschenen in de Annales des Mines de France, de eene in 1931, de andere in 1934 (1).

TABEL III.

Fransche springstoffen onderworpen aan de proeven van sissende verbranding.

Springstof	Ammoniumnitraat	Kalium nitraat	Natriumchloride	Gegelatiniseerde nitroglycerine	Cellulose	Di- of trinitranaphtaline.
Grisoudynamite						
Couche	87,5	—	—	12,5	—	—
Couche salpérée	82,5	5	—	12,5	—	—
Grisounaphtalite						
Couche	95	—	—	—	—	5
Couche salpétrée	90	5	—	—	—	5
Springstof Nr 7	76	—	15	—	2	7

Buiten de sissende verbranding en de vertraagde ontploffingen, duiden deze auteurs een derde reeks abnormale ont ploffingen aan : de dubbele detonaties die gekenmerkt zijn door de opeenvolging in een lading van de detoneerende en deflagreerende regimes, waarbij de deflagratie terug detonatie worden kan.

Wij kunnen niet al de werken van de Fransche ingenieurs in detail onderzoeken, maar, aangezien de belangrijke

(1) *Annales des Mines de France*, 1931, Boekdeel XX, 12e aflevering, blz 443, en 1934, Boekdeel V, 4e aflevering, blz 280.

bijdrage die ze voor de studie van de abnormale ontploffingen uitmaken, achten wij het noodig hier hun belangrijkste proefondervindelijke vaststellingen bondig te herinneren.

In tabel III duiden wij de samenstelling aan der springstoffen waarvan spraak is in het verslag van de in Frankrijk betreffende de sissende verbranding gedane opzoekingen.

In 1907 gelukte het Dautriche patronen van dynamite-couche sissende te doen branden; in de springstof had hij kolengruis gemengd (50 à 60 %) terwijl hij als aanzet-middelslagpijpjes van 2 à 3 decigram gebruikte, dus veruit zwakkere dan degene die gewoonlijk in de kolenmijnen gebruikt worden.

Zonder zoo ver te gaan springstof met kolengruis te vermengen, ondernamen in 1914, Taffanel en Dautriche in de kolenmijnen van Marles deflagratieproeven bij springwerk in de kolenlaag.

Vóór dat de gaten geladen werden, werd er 30 gr fijn kolengruis in gestrooid; daarna werd de lading grisou-naphtalite-couche-salpétrée in de gaten geplaatst en tevens werd er voor gezorgd achter de laatst ingeschovene patroon een ruimte van veranderlijke lengte 5 à 50 mm) te laten, die dan met kolengruis werd opgevuld.

Op 43 proefnemingen gaven er 17 een goed gekenmerkte deflagratie.

In drie proefnemingen verder, zonder aanwending van kolengruis, met een tusschenruimte van 40 mm tusschen de aanzefpatroon en het overige der lading, hebben dezelfde proefnemers zeker ééne en waarschijnlijk twee deflagraties met dezelfde springstof vastgesteld, doch het vochtgehalte dezer springstof was 2 %.

Eindelijk kwamen de H. H. Audibert en Delmas in den loop hunner opzoekingen tot de volgende vaststellingen :

1) Het gomdynamiet deflagreert in de vrije lucht wanneer het slagpijpje van een normaal type (N^r 8) op 20 mm van de patroon is geplaatst.

2) Indien men twee niet aaneensluitende patronen dynamiet N^r I (75 % nitroglycerine, 25 % Kieselguhr) in loodrechte gaten, in kleiachtigen grond plaatst, kan de onderste patroon detoneeren of deflagreeren, volgens den afstand die ze van de aangezette patroon scheidt (1).

3) De patronen grisou-naphtalite-couche en grisou-dynamite-couche-salpétrée kunnen deflagreeren wanneer ze aan een samendrukking werden onderworpen gelijk aan degene die veroorzaakt wordt door een brutaal stooten met den vulstok.

4) De deflagratie hangt af van het verlies van de warmte voortkomende van de ontbinding der springstof. Door dit verlies te beperken hetzij door middel van een warmtebron, hetzij door de ontspanning der gassen te vertragen, kan de voortplanting van het verschijnsel in de springstoflading onderhouden worden.

Dezelfde proefnemers denken eindelijk dat de vertraagde ontploffingen en de dubbele détonaties hun oorsprong hebben in de sissende verbranding en dat dit kan veroorzaakt worden door een slechte werking der aanzetting, een gaping in de lading of een abnormale toeneming van de dichtheid.

b) Proefnemingen uitgevoerd in het National Mijninstituut.

De opzoekingen, in het laboratorium gedaan, voor de afzonderlijke studie van de verschillende springwerkin-

(1) In deze proeven was de afstand tusschen de patronen ongeveer 1,10 m.

cidente die ons door de Arrondissementsdiensten aangeduid werden, hebben ons toegelaten vaststellingen te doen waarvan de meest interessante in de jaarverslagen van het Instituut kenbaar gemaakt werden.

Hierna herinneren wij er bondig aan :

1) Alle brisante springstoffen en alle S. G. P.-springstoffen verbranden sissend bij contact met een roodgloeiende stang wanneer ze innig me kolengruis zijn gemengd en de ontvlamming plant zich voort in de gansche massa, zelfs na wegname van de stang.

2) Zelfs bij eenvoudige aanraking van de springstof met de kolen kan de ontvlamming met een roodgloeiende stang nog veroorzaakt worden. Deze blijft duren na de terugneming van de gloeiende stang, wanneer de springstof tot de klasse van de brisante springstoffen met hoog gehalte aan ammoniumnitraat of van de S. G. P.?springstoffen met nitroglycerine behoort. In de andere gevallen houdt de sissende verbranding op als men de stang wegneemt (gevallen van de S. G. P.-springstoffen zonder nitroglycerine).

3) In open lucht verwekt de vlam van een kleine lading salpeterkruit (15 gr) rechtstreeks rakend aan de springstofpatronen met hun geparaffineerd omslag gewoonlijk de sissende verbranding niet. Nochtans hebben we ze toch bekomen bij ammoniumnitraathoudende springgelatine.

4) Wanneer men, in een stalen cylinder, waarvan het binnenste met de buitenlucht door een gecalibreerde opening, in verbinding staat, een patroon springstof die met kolengruis in aanraking is doet losbranden door middel van een lading salpeterkruit, kan men, door de opening geleidelijk te verkleinen, hetzij een sissende verbranding, hetzij een hevige losbranding met een snelheid als van een detonatie verwezenlijken.

5) Bij het afvuren van ladingen in een mortier, zijn wij er nooit in geslaagd, door het gebruik van een zwakker slagpijpje, dan de normaal in de kolenmijnen gebruikte, een deflagratie te bekomen.

Zooals wij vroeger gezegd hebben, hebben wij het nuttig geoordeeld, in den loop van de jaren 1944 en 1945, een systematische studie van de abnormale detonaties te doen, maar dan in voorwaarden die ongeveer overeenkomen met die waarin het gewoon springwerk gedaan wordt.

Men moet immers toegeven dat noch het contact met het gloeiend ijzer, noch de rechtstreeksche werking van de vlam van losbrandend salpeterkruit kunnen vergeleken worden met wat er in een mijngat omgaat.

De proef de deflagratie in te leiden door middel van een slagpijpje met onvoldoende kracht is minder aanvechtbaar, alhoewel het uitsluitend gebruik van het slagpijpje N^{r} 8 sedert lang algemeene regel is in de Belgische mijnen.

De proefnemingen waarvan het overzicht hier volgt hadden tot doel de voorwaarden op te zoeken die de inleiding en de voortplanting van de deflagratie verzekeren.

Ze hadden echter ook een voorbehoedend doel.

Er mocht verondersteld worden dat, indien er onder onze springstoffen sommige een gekenmerkte neiging tot deflagreeren vertoonden, onze proefnemingen deze zeker zouden aanduiden.

We zouden alsdan hetzij de herziening, hetzij de

verdwijning van de formules, die de grootste geschiktheid tot abnormale ontploffingen vertoonden, hebben kunnen in overweging nemen.

We hebben altijd als een feit aangenomen dat wanneer een springstof sissend verbrandt, er een fout moet gezocht worden die ofwel de inleiding van de ontploffingsgolf door het slagpijpje, ofwel de voortplanting van die golf in de rij patronen hindert.

Zoolang het tegenovergestelde niet bewezen is, denken wij inderdaad dat de sissende verbranding zich niet kan voordoen ingeval de springstoffen op een correcte wijze gebruikt worden; m. a. w. de detonatie zal ingeleid en in de gansche lading voortgeplant worden, indien men er voor gezorgd heeft de patronen goed tegen elkander en zonder ze overdreven samen te drukken in een gat te plaatsen dat vooraf van boorstof gezuiverd werd, het slagpijpje goed in de laatst geplaatste patroon te duwen en het boorgat te sluiten met een opstopping van reglementaire lengte.

In onze proefnemingen zullen wij dus de volgende fouten veroorzaken :

1) gebrekkige aanzetting;

2) gaping in de springstoflading;

3) overdreven samendrukking van de springstof;

4) wijziging van de samenstelling der springstof door vermenging met kolenstof.

De proefnemingen werden in 1944 gedaan hetzij in een mortier, hetzij in kleiachtigen grond; in 1945 in het rotsgesteente van onze galerijën van « Bois de Colfontaine ». We zullen met deze bijzonderheden rekening houden en de proefnemingen in twee reeksen indeelen: in de tweede zal enkel spraak zijn van springwerk in rotsgesteente.

Eerste reeks proefnemingen (1944).

Voor deze reeks hebben wij gebruik gemaakt van vier S. G. P.-springstoffen : Triamite, Alkalite, Matagnite en Flammivore en van twee nitroglycerinhoudende brisante springstoffen Forcilite en Dynamite type III.

Gebrekkige aanzetting.

De eenige fout in de aanzetting die men zich kan voorstellen is het uitgaan van het slagpijpje uit de aanzetpatroon bij het laden.

Men zal opwerpen dat de gewetensvolle schietmeesters, de aanzetpatroon gewoonlijk met de geleiders van het slagpijpje verbinden; wij hebben het nochtans nuttig geacht na te gaan wat er gebeurt wanneer het slagpijpje, in geval die voorzorg niet genomen wordt, op een zekeren afstand van de lading ligt.

Alle proefnemingen werden verricht in een mortier van 116 cm diepte en 30 tot 35 mm diameter. Het slagpijpje was op veranderlijken afstand van de laatst ingeschoven patroon geplaatst en deze was gescheiden van de kleiopvulling door een vrije ruimte van veranderlijke lengte.

Zij, in tabel IV :

C, het aantal patronen van 100 gr (goed tegen een geplaatst).

D, de afstand in cm van het slagpijpje tot aan de laatst geplaatste patroon.

V, de afstand in cm van het slagpijpje tot aan de opstopping.

B, de lengte in cm van de opstopping.

TABEL IV.

Proefnemingen op de sissende verbranding.
(Gebrekkige onsteking).

Nr van de afvuring.	C (patronen)	D (in cm)	V (in cm)	B (in cm)	Vaststellingen.
	Triamite S.G.P.				
55	3	7	geen opvulling		Alleen het slagpijpje ontploft.
53	3	10	23	45	Alleen het slagpijpje ontploft; de opstopping wordt gedeeltelijk uitgedreven.
57	3	7	18	29	Alleen het slagpijpje ontploft.
59	3	7	13	33	idem.
63	3	5	12	36	idem.
54	3	4	13	35	De gansche lading ontploft.
	Matagnite S.G.P.				
154	2	0	geen opvulling		De gansche lading ontploft.
	Forcilite				
153	4	0	0	32	Alleen het slagpijpje ontploft.
	Dynamiet Nr III van de Poudreries Réunies de Belgique.				
143	1	2,5	9	17	Alleen het slagpijpje ontploft.
144	1	1	9	17	idem.
145	1	0,5	9	17	De gansche lading ontploft.

Door geen een deze proefnemingen werd een sissende verbranding bekomen; ofwel ontplofte het slagpijpje alleen ofwel de gansche lading.

Onderbreking in de lading.

In deze proefnemingen werd een onderbreking aangebracht tusschen de aanzetpatroon en het overige van de lading; de tusschenruimte was ofwel met lucht, ofwel met kolengruis gevuld.

In de tabellen V en VI geven wij de kenmerken van die proefnemingen.

TABEL V.

Proefnemingen op de si ssende verbranding.
(Vrije ruimte aangebracht in de lading achter de aanzetpatroon.)

Nr van de proefneming	C	D	V	B	Vastsellingen.
	Triamite S.G.P .				
51	3	10	0	36	De opstopping is tegen de laatst ingebrachte patroon geplaatst; de gansche lading ontploft.
52	3	10	35	38	De gansche lading ontploft.
56	3	13	20	21	Alleen de aanzetpatroon ontploft.
58	3	13	24	30	De gansche lading ontploft.
60	3	16	25	32	Een deel van de lading ontploft; in den mortier, vindt men zooveel als een halve patroon terug.
61	3	16	18	33	Bijna de gansch lading ontploft; men vindt een beetje springstof in den mortier terug.
62	3	14,5	17	34	De gansche lading ontploft.
	Flamivore S.G.P				
80	2	23	0	38	De opstopping is tegen de aanzetpatroon geplaatst; de gansche lading ontploft.
93	2	64	0	26	De opstopping is tegen de aanzetpatroon geplaatst; men vindt een papieren uiteinde van het omslag van een patroon en 20 gr. springstof in den mortier terug.
	Alkalite S.G.P.				
109	2	40	0	48	De stopping is tegen de patroon geplaatst; men vindt 60 gr. verharde springstof, in stukken, in den mortier terug.

C, D, V en B stellen respectief voor :
het aantal patronen, de lengte van de onderbreking der lading achter de aanzetpatroon, de afstand tusschen de opstopping en d e aanzetpatroon, de lengte van de opstopping (al de afmetingen in cm).

TABEL VI.

Proefnemingen op de sissende verbranding.

(Kolengruits tusschen de aanzetpatroon en het overige van de lading.)

Nr van de afvuring	C	D	V	B	Vaststellingen.
	Triamite S.G.P.				
34	2	12	geen	opstopping	De gansche lading ontploft.
	Flammivore S.G.P.				
39	2	8	geen	opstopping	Idem.
	Forcilite				
32	2	5	geen	opstopping	Idem.
33	2	10	geen	opstopping	Idem.

In de op tabel VII weergegeven proefnemingen, hebben wij fijn kolenstof of schiefersteenstof tusschen iedere patroon van de lading geplaatst.

De patroon die bij de opening van den mortier ligt, is van een slagpijpje voorzien.

In geval van kolenstof, is dit in rechtstreeksche aanraking met de springstof, daar aan de uiteinden der patronen het papieren omslag weggenomen is.

Met geen enkele proefneming in den mortier uitgevoerd met een of mer onderbrekingen in de springstof hebben wij een sissende verbranding bekomen. Wanneer

TABEL VII. *Proefnemingen op de sissende verbranding. (Inbreging van stof of kolen) tusschen de patronen).*
C, aantal patronen; M. stof tusschen de patronen geplaatst; B, lengte van de opstopping in cm.

Nr van de proefneming.	C	M	B	Vaststellingen.
	Matagnite S.G.P			
146	4 niet omhulde patronen mortier van 30 mm	1,5 cm kolengruis	30 cm	De gansche lading ontploft.
147	id.	5,5 cm kolen gruis	id.	De lading ontploft. Men vindt 5 gr springstof in den mortier terug.
151	5 niet omhulde patronen mortier van 30 mm	id.	id.	De lading ontplotf. Men vindt 30 gr springstof in den mortier terug.
167	6 omhulde patronen mortier van 40 mm.	1 cm schiefersteen gruis	id.	De laatste patroon alleen ontploft.
168	id.	2 cm. schiefersteengruis	geen opstopping	De gansche lading ontploft.
169	id.	1 cm. schiefersteengruis	id.	Slechts 2 patronen ontploffen.
Nota : Het watergehalt van de springstof is 1,86 % voor de proefnemingen 167 en 168, 2,96 % voor de proefneming 169.				
	Forcilite			
152	5 niet omhulde patronen mortier van 30 mm	6 cm fijn kolengruis	30 cm	De lading ontploft, men vindt 10 gr. springstof on den mortier terug.
	Dynamiet nr III			
149	4 niet omgulde potronen mortier van 30 mm	1,5 cm fijn kolengruis	30 cm	De gansche lading ontploft.
150	id.	5,5 cm fijn kolengruis	id.	Id.

de lading niet geheel ontploft, had er geen sissende verbranding plaats van de in den mortier gebleven springstof.

De proefnemingen in den mortier bieden het volgende voordeel :

Ze geven een standvastige en wel bepaalde insluiting, maar door het feit zelft dat het volume onveranderlijk blijft tijdens het verloop van de ontploffingsreacties, verschillen ze van het werkelijk springwerk, dat altijd nn een vervormbaar midden uitgevoerd wordt.

Alleen het geval van een lading, die uitblaast, kan nauwkeurig door het afvuren van een in een mortier weergegeven worden.

Daar, we, ten gevolge van de omstandigheden onze proefnemingen niet in de rots hebben kunnen doen, hebben wij de proefnemingen van het Proefstation van Montluçon nagebootst en den invloed van een onderbrekng der lading in kleiachtigen grond onderzocht.

Het gat van 40 mm doormeter dat loodrecht in den grond geboord was kreeg een lading, bestaande uit 2 patronen, die op een stalen draad van 4 mm doormeter gebonden waren; de bovenste patroon was van een slagpijpje voorzien; ze was van de onderste patroon gescheiden door een vrije ruimte waarvan de lengte in den loop der proefnemingen veranderlijk was.

Wanneer de lading op zijn plaats was, bracht men in het gat een papieren opstopping die men tegen de aanzetpatroon duwde; daarna vulde men de overige ledige ruimte met zand op. Na het afschieten ruimde men vlug de holte om er het overblijvende van de onderste patroon op te zoeken.

zTabel VIII geeft een samenvatting van onze vaststellingen. L, D en B beduiden respectief nog steeds : de diepte van het gat, den afstand tusschen beide patronen, de lengte van de opstopping.

TABEL VIII.

Onderbreking in de lading in kleiachtigen grond.

Nr van de proefneming	L in cm.	D in cm.	B in cm.	Vaststellingen
	Triamite S.G.P.			
65	70	0	50	De gansche lading ontploft.
64	68	10	44	Idem.
105	67	10	35	Idem.
65	70	0	50	Idem.
66	72	14	36	Idem.
68	74	16	35	Idem.
70	75	18	35	De onderste patroon ontploft niet.
71	76	16	35	De gansche lading ontploft.
75	78	17	35	Idem.
76	78	17	36	Idem.
	Flammivore V.G.P.			
77	88	20	41	De gansche lading ontploft.
78	85	21,5	38	Idem.
79	86	23	37	Idem.
82	83	25	30	Idem.
83	89	27	32	Idem.
86	89	30	30	Idem.
	Matagnite S.G.P.			
100	69	15	15	Een enkele patroon ontploft.
101	87	10,5	32	De gansche lading ontploft.
103	75	13	20	Idem.
	Alkalite S.G.P.			
104	78	13	36	De gansche lading ontploft.
106	80	16	35	Idem.
107	92	20	43	Een deel van de onderste patroon ontploft niet.
108	90	19,5	41	Idem.

Overdreven samendrukking van de ladingen.

Deze proefnemingen werden in mortiers van 30 en 40 mm doormeter uitgevoerd. Tegen de lading, die ten minste uit 3 patronen bestond en in het diepste van den mortier geduwd was, plaatste men een metalen stang van denzelfden doormeter als het boorgat en aan het uiteinde van die stang liet men een patroon van 100 gr ontploffen.

De lading onderging een geweldige samendrukking, veel sterker dan degene die veroorzaakt wordt door een brutale handeling met den vulstok.

Laten wij opmerken dat deze proefneming ongeveer herhaalt wat er gebeurt als een lading met een onderbreking gedeeltelijk ontploft en, in het diepste van het boorgat, de patronen samendrukt, die door de werking der ontploffingsgolf niet tot detonatie werden gebracht.

Trouwens men vuurde achtereenvolgens verscheidene patronen af aan het uiteinde van de stang en men teekende ieder maal de verkorting van de lading op. Natuurlijk gaf deze verkorting slechts een onbepaald idee van de samendrukking, want de patronen, die niet juist dezelfde doorsnede als het boorgat hadden, begonnen in doormeter toe te nemen alvorens de samendrukking te ondergaan.

Tegen de zoo samengeperste lading werd een halve patroon van normale dichtheid en voorzien van een slagpijpje geplaatst.

Proefnemingen op Triamite S. G. P.

Schot N^r 35. — Drie aansluitende patronen in den mortier van 30 mm. Verkorting van de lading : 2,5 cm. Een halve patroon met slagpijpje. Geen opstopping. — De gansche lading ontploft. Geen sissende verbranding.

Schot N^r 40. — Drie patronen, gescheiden door 1 cm fijn kolengruis in den mortier van 30 mm. (Het papieren omslag van de middenste patroon was verwijderd). Totale vermindering van de lengte der lading : 3 cm. Een halve patroon met slagpijpje. De gansche lading ontploft; geen sissende verbranding.

Schot N^r 41. — Drie omhulde patronen die in den mortier van 40 mm tegeneen geplaatst zijn. Totale vermindering van de lengte der lading : 2,5 cm. Een halve patroon met slagpijpje. Opstapping in klei van 26 cm. De gansche lading ontploft; geen sissende verbranding.

Proefnemingen op Flammivore S. G. P.

Schot N^r 49. — Drie patronen, gescheiden door 1 cm fijn kolengruis in den mortier van 30 mm. Het papieren omslag van de patronen is op de uiteinden verwijderd. Totale vermindering van de lengte der lading : 4 cm. Een halve patroon met slagpijpje. Opstopping in klei van 25 cm. De gansche lading ontploft; geen sissende verbranding.

Proefnemingen op Matagnite S. G. P.

Schot N^r 170. — Vier omhulde patronen in den mortier van 40 mm. Totale vermindering van de lengte der lading : 4 cm. Een halve patroon met slagpijpje. Opvulling in klei van 29 cm. De gansche lading ontploft; geen sissende verbranding.

Proefnemingen op Forcilite.

Schot N^r 50. — Drie patronen, door 1 cm fijn kolengruis gescheiden, in den mortier van 30 mm; de uiteinden van het papieren omslag van de patronen werden ver-

wijderd. Totale vermindering van de lengte der lading : 3,5 cm. Een halve patroon met slagpijpje. Opstopping in klei van 45 cm. De gansche lading ontploft; geen sissende verbranding.

Proefnemingen op de voortplanting der sissende verbranding.

Al onze proefnemingen om eene sissende verbranding te veroorzaken hebben negatieve uitslage opgeleverd. Daarom hebben wij ons afgevraagd of onze springstoffen de sissende verbranding toch niet konden voortplanten, wanneer deze verwekt werd met een kleine lading korrelig buskruit (15 gr ongeveer), aangelengd of niet met een gelijk gewicht fijn kolengruis en 5 of 10 gr springstof.

Dit mengsel was rechtstreeks in aanraking met de springstof in den cylinder, gevormd door het geparaffineerde omslag, waarvan men een van de uiteinden opengeplooid had; men stak het aan met een electrischen ontsteker.

De proefnemingen, in den mortier van 30 mm, hebben de uitslagen gegeven, die in tabel IX opgeteekend zijn.

Wij hebben dus een sissende verbranding verwekt in ladingen door buskruit ontstoken en achter een opstopping opgesloten.

Zooals zekere proefnemingen het aangetoond hebben, is de voortplanting van de sissende verbranding geen standvastig verschijnsel; de aanwezigheid van de papieren uiteinden van het patroonomslag hindert ze; wanneer die uiteinden echter weggenomen zijn en de opstopping wordt zij in een detonatie of althans in een hevige deflagratie omgezet.

Wat er ook van zij, het verschijnsel volgt altijd zeer

TABEL IX. C : aantal patronen; V : ledige ruimte tussehen lading en opstopping; B : lengte van de opstopping.
Proefnemingen op de voortplanting van sissende verbranding.

Nr van de proefneming	C	De patroon is aangezet met	V in cm	B in cm	Vaststellingen.
	Triamite S.G.P.				
42	2	buskruit en fijn kolengruis	0	38,5	Men vindt slechts de tweede patroon weer, verpletterd tegen een hindernis die voor de opening van den mortier geplaatst is. (De eerste patroon (vlak bij de opstopping heeft dus geheel gedeflagreerd.
43	2	id.	0	90	Men vindt een kwart van de tweede patroon weer. Het overige heeft gedeflagreerd.
44	2	id.	0	geen opstopping	Men vindt beide patronen in het diepste van den mortier weer. Dus geene deflagratie.
87	2	buskruit kool en springstof	0	91	Beide patronen, waarvan het papieren omslag aan de uiteinden verwijderd werd, zijn van elkaar gescheiden door een ruimte van 1 cm, gevuld met fijn kolengruis. De lading ontploft 1 of 2 seconden na de ontsteking.
88	2	id.	10	80	De patronen waarvan het papieren omslag aan de uiteinden verwijderd werd, zijn van elkaar gescheiden door een tusschenruimte van 1 cm gevuld met fijn kolengruis. De heele lading brandt sissend 1 seconde na de ontsteking met trage uitdrijving van de opstopping.

Nr van de proefneming	C	De patroon is aangezet met	V in cm	B in cm	Vaststellingen.
		Alkalite S.G.P.			
94	2	buskruit kolen en springstof	0	32	Het papieren omslag aan de uiteinden van de patronen is weggenomen. Slechts bet buskruit edflagreert met uitdrijving van de opstopping.
95	2	id.	0	32	Idem.
98	2	id.	0	84	Het papieren omslag aan de uiteinden van de patronen is verwijderd. Men vindt 50 gr springstof weer. Dus deflagratie van 150 gr.
99	2	id.	0	84	Het papieren omslag aan de uitenden der patronen is weggenomen. De lading ontploft geheel 1 seconde na de ontsteking.
		Flammivore S.G.P.			
45	2	buskruit en kolen	0	geen opstopping	De eerste patroon wordt buiten den mortier geworpen en brandt sissend gedurende 2 minuten; daarna dooft ze uit; het einde van de patroon in contact met het buskruit is een weinig gesmolten en verkoold. De tweede patroon is in het diepste van den mortier onaangeroerd gebleven.

Nr van de proefneming	C	De patroon is aangezet met	V in cm	B in cm	Vaststellingen.
46	4	id.	0	58	Uit den mortier trekt men 300 gr springstof. Slechts de eerste patroon brandde sissend. Van die patroon blijft er slechts de omslag over, lichtelijk verbrand waar het aanzetmengsel.
81	2	buskruit fijn kolengruis en springstof	0	87	Tusschen beide patronen waarvan het papieren omslag aan de uiteinden weggenomen werd, is er een tusschenruimte van 2 cm met fijn kolengruis. De gansche lading ontploft 1 seconde na de ontsteking.
84	id	id.	id	id	Idem.
		Matagnite S.G.P.			
96	2	buskruit, fijn kolengruis en springstof	0	30	De papieren uiteinden van het omslag der patronen zijn weggenomen. Men vindt beide patronen in den mortier anaangeroerd weer. Slechts het buskruit is ontploft.
97	2	id.	0	74	De papieren uiteinden van het omslag der patronen zijn weggenomen. De lading ontploft geheel.
159	2	buskruit (30 gr)	24	45	Geweldige ontploffing van de lading
160	2	id.	55	35	Minder hevige ontploffing van de voringe. Men vindt een weinig springstof terug binnen en buiten den mortier.

Nr van de proefneming	C	De patroon is aangezet met	V in cm	B in cm	Vaststellingen.
					Porcellite.
161	2	id	65	25	Dezelfde ontploffing als de vorige. Men vindt 10 gr. springstof weer.
164	2	id	68	21	Weinig hevige ontploffing. De tweede patroon, waarvan het omslag slecht eenige sporen van verkoling draagt, is onaangeroerd gebleven.
162	2	id	0	30	Tusschen beide patronen is er een ruimte van 30 cm. Weinig hevige ontploffing en dezelfde vaststellingen als in proefneming 164.
163	2	id	0	30	Tusschen beide patronen is er een ruimte van 15 cm. Weinig hevige ontploffing. Men vindt 30 gr springstof in den mortier weer.
155	1	id	45	55	Ontploffing van de gansche patroon.
156	1	id	75	20	Idem.
157	1	id		geen opvulling	Geweldige luchtstoot zonder ontploffing. Men vindt springstof weer bij de opening en in het diepste van den mortier.
129	3	id	30	34	Ontploffing van de gansche lading.

snel na de ontsteking, m. a. w. na een tijd die veel korter is dan de vertragingen die de abnormale ontploffingen kenmerken, welke in zekere onderzoekverslagen vermeld zijn.

Ofschoon onze springstoffen geen neiging tot een sissende verbranding vertoonen, verhinderen ze de voortplanting van het verschijnsel niet.

Maar om die vastellingen op de afvuringen met slagpijpjes te mogen toepassen, zou men de vlam van een tot ontploffing komende springstof met de vlam van een lading salpeterkruit moeten kunnen gelijkstellen.

Indien die gelijkstelling gewettigd was, zou het mogelijk zijn de nakomende ontploffingen door een onderbreking in de lading te verklaren en men zou zich volgend proces mogen voorstellen.

De aanzetpatroon en deze die er mede in aanraking zijn ontploffen normaal met een vlam; deze slaat door de onderbreking zonder springstof en doet de overblijvende patronen branden, daarna detoneeren.

We hebben echter bij onze proeven in den mortier gezien, dat een tusschenruimte de volledige of een gedeeltelijke detonatie der lading verwekt maar nooit een sissende verbranding.

Er valt op te merken dat, buiten de vlam, de detonatie ook een schokgolf verwekt die zich zoowel door de massa van den mortier als door de onderbreking in de lading voortplant.

Bij gewoon springwerk, m. a. w. in een vervormbaar midden, zou het daarentegen kunnen gebeuren dat de schokgolf door de verbrijzeling van het massief verzwakt wordt en dat de invloed er van te verwaarloozen valt ten opzichte van de werking der vlam.

Deze beschouwingen brachten er ons toe onze proefnemingen in een steengang voort te zetten.

Tweede reeks proefnemingen (1945).

Deze proefnemingen werden gedaan in niet al te hard schiefergesteente.

In den westerwand van onzen steengang van Bois de Colfontaine (Galerij nr I Baraque à Ramons) hebben wij uitsluitend door middel van springstoffen een galerij geopend.

In elke lading die afgevuurd werd hadden wij een defect aangebracht zoodat elk schot een proeve van een sissende verbranding was.

De ligging van de werkplaats gaf alle gemak om, van op afstand, de uitwerkselen der ontploffing na te gaan en het later onderzoek van den afslag en van het werkfront liet toe, na te zien, of de lading volledig ontploft was.

Wij hebben de volgende springstoffen gebruikt :

Dynamiet nr III (met 22 % nitroglycérine) .

Sabulite O.

Matagnite S. G. P.

Grisounaphtalite (95 % ammoniumnitraat,) 5 % trinitrotolueen.

Explosif 7 (76 % ammoniumnitraat, 7 % trinitronaphtaline, 2 % houtmeel, 15 % natriumchloride).

De twee laatste zijn Fransche formules die, naar beweerd wordt, een neiging tot branden vertoonen vooral in bijzijn van kolenstof.

Hier volgen de voorwaarden waarin de ladingen afgevuurd werden.

I. — **Het slagpijpje is uit de aanzetpatroon gegaan.**

Het slagpijpje en de naaste patronen zijn aan stalen draden, die op een stalen staaf van 4 mm doormeter gelascht zijn, gebonden.

Dynamiet nr III (3 proeven). — Eerst ligt het slagpijpje 6,5 van den patroon, daarna 2,5 cm en eindelijk er tegen.

Het gat is telkens afgesloten met 12 cm kleiopstopping.

In de 2 eerste proeven ontploft alleen het slagpijpje.

Alleen in de 3e proef ontploft de lading.

Grisounaphtalite-couche. — Het slagpijpje ligt tegen de patroon en de opstopping is 16 cm lang. Het slagpijpje alleen ontploft.

II. — **De patronen zijn onderling door laagjes fijn schiefersteengruis gescheiden.**

De patronen, afwisselend met laagjes stof, zitten in een papieren cilinder.

Matagnite : a) vijf patronen zijn onderling door laagjes schiefersteen van 5 à 6 cm lengte gescheiden;

de opvulling is 10 cm lang.

Heel de lading ontploft.

b) vier patronen zijn onderling door laagjes schiefersteen van 6 cm lengte gescheiden; het slagpijpje is tegen de patroon geplaatst; 19 cm kleiopvulling.

Heel de lading ontploft.

Grisounaphtalite. — 4 patronen zijn door 3 cm schiefersteen gescheiden; opstopping van 16 cm lengte.

Alleen de aanzetpatroon ontploft.

Sabulite O. — 4 patronen zijn gescheiden door 2 cm schiefersteen; 16 cm opstopping.

Heel de lading ontploft.

III. — De ladingen zijn onderling door laagjes fijn kolengruis gescheiden.

Grisounaphatalite couche. — a) Vijf patronen onderling gescheiden door laagjes van 5 cm kolengruis; 10 cm opstopping; aanzetting langs achter.

Er ontploffen slechts 4 patronen.

De vijfde is in de diepte van het gat blijven zitten en verhard. Men laat ze ontploffen na er een slagpijpje ingestoken te hebben.

b) Vier patronen onderling door 4 cm kolengruis gescheiden; 30 cm opstopping, aanzetting, langs achter.

Anderhalve patroon blijft onontploft in het gat zitten. Men plaatst er een slagpijpje en vervolgens een bol klei tegen. Door de ontploffing verstrooit het slagpijpje de lading zonder detonatie van deze.

c) Vijf patronen onderling gescheiden door laagjes van 2 cm kolengruis; vooral werd kolenstof in het boorgat gestrooid; de vier eerste patronen zijn door middel van den laadstok sterk samengedrukt; 8 cm opvulling, aanzetting langs achter.

Er ontploffen slechts 2 patronen.

Explosif 7. — a) Vier patronen zijn onderling door

laagjes van 1 cm fijn kolengruis gescheiden; aanzetting langs achter; 27 cm opstopping; de drie eerste patronen werden met den laadstok fel samengedrukt.

Er ontploffen slechts 2 patronen.

b) Zes patronen zijn door laagsjes kolengruis van 1 à 2 cm dikte onderling gescheiden; aanzetting langs achter; 23 cm opstopping.

Er ontploffen slechts twee patronen.

In de niet ontplofte, verharde springstof wordt een slagpijpje geplaatst dat slechts een deel van de lading doet ontploffen.

IV. — Slechts één, met gruis opgevulde onderbreking van de lading.

a) Vier patronen; achter de aanzetpatroon 8 cm schiefersteen; 15 cm opstopping.

Alleen de aanzetpatroon ontploft.

In den stalen mortier van 30 cm ontploft dezelfde lading volledig, ondanks de aanwezigheid van 8 cm schiefersteen achter de aanzetpatroon.

b) Drie patronen; achter de aanzetpatroon 10 cm schiefersteen; 14 cm opstopping.

Alleen de aanzetpatroon ontploft.

c) Twee patronen; achter de aanzetpatroon 8 cm schiefesteen; 20 cm opstopping.

Alleen de aanzetpatroon ontploft.

Grisounaphtalite. — Vier patronen; de twee eerst geplaatste zijn fel samengedrukt met den laadstok; ze zijn van de overige door 5 cm kolengruis gescheiden; 22 cm opstopping.

De samengedrukte patronen ontploffen niet.

Dynamiet III. — Twee patronen door 7 cm schiefersteen gescheiden; 10 cm opstopping.

Heel de lading ontploft.

Sabulite O. — Vier patronen; achter de aanzetpatroon 5 cm schiefersteen; 24 cm opstopping.

Heel de lading ontploft.

V. — Springstof vermengd met fijn kolenstof.

Grisounaphtalite. — a) Er worden in het gat eerst twee normale patronen gestoken, vervolgens twee patronen springstof met 20 % fijn kolengruis; 24 cm opstopping.

Het slagpijpje alleen ontploft.

b) Zelfde proef als a, behalve dat eerst de patronen met 20 % kolengruis in het gat gestoken worden; 30 cm opstopping.

Alleen de twee normale patronen ontploffen.

c) Er worden in het gat twee patronen springstof met 30 % kolengruis gestoken, vervolgens twee patronen en een halve normale springstof die fel samengedruk worden; 25 cm opstopping.

De twee patronen met kolengruis ontploffen niet.

Bij geen enkele dezer proefnemingen werden er bijzondere vaststellingen gedaan; de ladingen zijn min meer volledig ontploft, maar geen enkele er van heeft sissend gebrand.

Wij hadden nochtans zeer grove defecten verwezenlijkt die dikwijls voor gevolg gehad hebben de ontploffingsgolf tegen te houden vóór de volledige ontploffing van de lading; omstandigheid die ons voordeelig lijkt voor den overgang tot een sissend brandende omzetting.

Over het algemeen schijnen onze proefnemingen wel te bewijzen, dat, bijzonder de Belgische springstoffen geen gekenmerkte neiging tot sissend branden vertoonen.

Men heeft ook getracht de nakomende ontploffingen door traag vuur in de slagpijpjes te verklaren.

De sas (pil of poeder) zou, in plaats van ineens te ontvlammen, traag branden beginnend rond den gloeidraad ofwel zou de vlam van den ontsteker door een brandbare stof, die toevallig in het slagpijpje zou geraakt zijn, gehinderd worden.

Laten uw eerst en vooral zeggen dat, om vertragingen van 5 minuten en meer op den doorgang van den stroom te verklaren, er zou moeten aangenomen worden, dat de verbranding van de sas dezen zelfden tijd vergt om de dikte van de ontvlambare stof, hetzij maximum 2 à 5 mm, te doorloopen.

Men kan zich moeilijk een scheikundige ractie voorstellen die zoo traag blijft voortduren niettegenstaande het warmteverlies door conductie.

Sommigen nochtans hebben gemeend, dat de vertraagde verbranding van den ontsteker kon te wijten zijn aan een te zwakken ontstekingsstroom.

Wij hebben niet onderzocht door systematische proeven of deze hypothese steek houdt, doch wij kunnen er het volgend argument tegen inbrengen.

Vanaf 1933 hebben wij, in den loop van onze opzoekingen op de slagpijpjes van Belgisch fabricaat, ongeveer 250 ontstekingsweigeringen opgeteekend. Deze waren te wijten,hetzij aan een onvoldoenden ontstekingsstroom, hetzij aan een te korten stroomduur; beide grootheden werden telkens met den oscillograaf gecontroleerd. Nooit

hebben wij vastgesteld dat een slagpijpje, dat niet ontplofte wanneer de stroom er doorheen gejaagd werd, zulks zonder meer later deed.

Onlangs hebben wij negentig ontstekers van slecht fabricaat, die op ons verzoek door een Belgische slagpijpjesfabrikant, gemaakt werden aan proeven onderworpen. Het fabricagedefect bestond in een slechts dosseering der bestanddeelen.

Er werd stroom van veranderlijke intensiteit en korten duur op toegepast (1 à 1,35 A gedurende 8,53 ms ; 0,55 à 1A gedurende 26 ms).

Op de 90 beproefde ontstekers zijn er 11 bij den doorgang van den stroom niet ontvlamd, maar geen enkel dezer ontstekers ontvlamde na een tijdje van zelf.

De HH. Audibert en Delmas van het opzoekingsstation van Montluçon hebben insgelijks opgezocht of een nakomende ontploffing niet aan traagvuur in het slagpijpje kon te wijten zijn; traagvuur zou als oorzaak hebben, hetzij een gebrek van de ontstekingssas, hetzij een onvoldoende ontstekingsstroom.

Hun proefnemingen hebben uitgewezen, dat de tusschenkomst van een dezer twee oorzaken de ontploffing niet kan doen nakomen; ofwel ontploft het slagpijpje niet, ofwel springt het bij den doorgang van den stroom.

Wij hebben ons insgelijks afgevraagd of een weinig zagemeel tusschen de ontstekingssas en de kwikfulminaatlading geen traag vuur kon veroorzaken.

We hebben in gewone slagpijpjes kleine hoeveelheden zagemeel (0,02 à 0,05 gr) ingedaan en ze vervolgens op electrische ontstekers vastgewurgd.

Door den ontsteker door middel van een ontsteking-

stoestel te laten werken, hebben wij ofwel de normale ontploffing van het slagpijpje bekomen, ofwel den ontsteker uit het slagpijpje zien schieten met of zonder scheuring van het koperen buisje, maar nooit hebben wij traag vuur verwezenlijkt.

In de springstoflading werken deze slagpijpjes op dezelde manier. Door te ontploffen doen ze de patroon springen en, indien de ontsteker alleen ontvlamt en het koperen buisje scheurt, blijft de springstof ongevoelig voor de vlam.

Tot op heden gelukte het ons niet nakomende ontploffingen te verwezenlijken.

4) Proeven om de S. G. P. - springstoffen in gebreke te stellen.

In 1945 hebben wij dus twee mijngasonvlammingen opgeteekend, die zich voorgedaan hebben bij het afvuren van ladingen van ten hoogste 3 ommantelde patronen S. G. P. - springstof.

Tijdens de proefnemingen op de stalen die wij in de kolenmijn genomen hadden, hebben wij nochtans, in volle mijngas en zonder een ontvlamming te bekomen, grootere ladingen dan deze, die het ongeval zouden veroorzaakt hebben, kunnen afvuren.

Laten wij er tevens aan herinneren dat zekere vaststellingen ons er toe geleid hadden alle voorbehoud te maken in verband met de uitvoering van het springwerk. In het eene geval had de schietmeester de veiligheidshuls van de patronen weggenomen en in het ander geval was de schietleiding beschadigd derwijze dat ze gevaarlijke vonken kon geven.

Maar in beide gevallen hebben de mijningenieurs

onder meer opgemerkt dat het massief dat men moest maten springen gespleten was. Het feit dat het massief gespleten is, wordt sedert lang door de proefnemers van het « Safety in Mines Research Board » als een hinderende omstandigheid bij het springwerk aangezien.

Volgens een studie, die ons onlangs is toegekomen (The Institution of Mining Engineers Sheathed Explosives bij Grimshaw), werden er in de Engelsche mijnen, van af Juni 1939 tot October 1941, elf mijngasontvlammingen vastgesteld bij het springwerk met ommantelde ladingen welke in mijngaten in gespleten gesteenten geplaatst waren.

Volgens den schrijver van die studie mocht men zeggen dat, voor de elf onderzoekte gevallen, de kloof in verbinding stond met het mijngat of dat ze althans er heel dicht bij kwam.

Er werden verscheidene hypothesen geformuleerd wat betreft de invloed van kloven op het verloop van het springwerk. Sommigen hebben beweerd dat de ontvlamming van het mijngas zijn oorsprong zou vinden in een adiabatische samendrukking in de gesloten ruimten die in verbinding staan met de lading ; anderen hebben verondersteld dat, tengevolge van den kleinen weerstand van het massief, de lading ontplofte zonder arbeid te leveren zooals ze in open lucht zou doen.

Om deze redenen hebben wij het interessant geacht de als oorzaak der twee vermelde mijngasontvlammingen verdachte springstoffen aan bijzondere proeven te onderwerpen afwijkend van de normale proefnemingsvoorwaarden voor de S. G. P. - springstoffen.

In sommige proeven hebben wij getracht het ontvlambaar mengsel in min of meer gesloten ruimten samen te drukken door den schok der ontploffingsgassen.

In andere hebben wij kleine ladingen afgevuurd in zeer korte mijngaten, met of zonder opstopping, ofwel in een mortier ofwel in steenblokken.

Al deze proefnemingen werden gedaan in voorwaarden die sommige buitenlandsche onderzoekers als zeer gunstig voor de ontsteking van mijngas aanzien.

De gebruikte springstoffende waren zeer verschillend van aard : de eene (springstof A) bevatte nitroglycerine; de andere (springstof B) bevatte er geen.

Volgens de vaststellingen die tijdens het onderzoek gedaan werden zou de eerste bij de afvuring van 3 patronen mijngas ontstoken hebben, de andere bij de afvuring van 1 patroon.

AFVURINGEN IN EEN MORTIER MET VERSCHIJNSELEN VAN SAMENDRUKKING VAN MIJNGAS.

Eerste reeks proeven.

Er worden 9 niet ommantelde patronen springstof A in den mortier (1) van 55 mm doormeter volgens de gewone werkwijze geplaatst m. a. w. 3 groepen van 3 naast elkander liggende patronen achtereen, het slagpijpje in een der drie eerst geplaatste patronen. (aanzetting langs achter). Zie fig. 3.

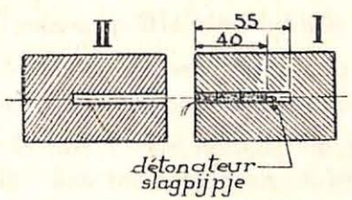


Fig. 3.

Dicht bij den mortier (I) staat er een tweede (II) met het gat, zonder springstof, naar de lading gekeerd.

Een pers- en zuigpomp blaast het mengsel lucht-mijngas, dat in de galerij verwezenlijkt wordt, in het gat van mortier II en verspreidt het in de ruimte tusschen de twee mortiers.

Bij het afvuren van de lading ondergaat dit gasmengsel een rechtstreekschen schok van de warme ontploffingsgassen die uit het gat van den mortier I slaan en wordt het met geweld samengedrukt.

De drukking die op het oogenblik der ontploffing in de ruimte tusschen de twee mortiers ontstaat is zoo groot dat de mortier II met geweld 2 à 3 m achteruit geworpen wordt.

We hebben vijf proeven genomen met een afstand tusschen de mortiers van 25, 60, 100, 150 en 200 mm.

In geen enkele dezer proeven hebben wij de ontvlamming van een mengsel met 8,25 à 9,50 % methaan waargenomen.

Tweede reeks proeven.

De proefnemingen van de tweede reeks gelijken aan die der eerste in dien zin, dat er nog drukkingsverschijnselen verwekt worden, doch ditmaal ondergaat het mijngasmengsel den schok van een metalen plaat die zelf den stoot der warme ontploffingsgassen opvangt.

Voor twee dezer proeven hebben wij de schikking voorgesteld door fig. 4 aangenomen.

Mortier I wordt geladen met 9 niet ommandelde patronen springstof A; de achterkant van mortier II bevindt zich op ongeveer 120 mm van het gat van mortier I.

In de tusschenruimte staat er een vertikale stalen plaat P van 2 mm dikte. De afstand D van de plaat aan den achterkant van mortier II was 20 mm voor de eerste proef en 60 mm voor de tweede.

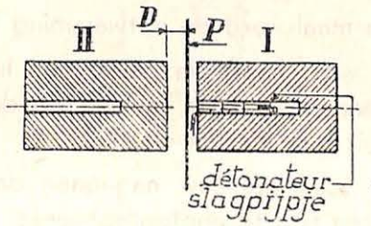


Fig. 4.

Vervolgens hebben wij een gebogen plaat T gebruikt die geplaatst was zooals fig. 5 aanduidt.

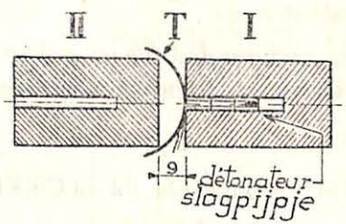


Fig. 5.

Geen enkele dezer drie proeven heeft de ontvlamming gegeven.

In alle drie werd nochtans de metalen plaat verpulverd en mortier II ver achteruit geslogen.

AFVUREN VAN LADINGEN IN KORTE MIJNGATEN.

Deze proefnemingen werden gedaan met een mortier van 35 mm, waarvan het gat dicht gestopt werd met klei tot er nog alleen plaats genoeg overbleef om er de patronen, zonder opstopping noch vrije ruimte vóór de lading, in te plaatsen.

Zoo hebben wij bij aanwezigheid van mijngas I, 2, 3,

4 en 6 patronen springstof A (de patronen waren op één rij achter alkander geplaatst), met de aanzetting eerst langs den kant van de opening, daarna langs den achterkant, afgevuurd.

Geen enkele maal werd de ontvlamming bekomen.

Zooals men weet heeft de plaats van het slagpijpje in de lading een geweldigen invloed op de lengte der vlammen die uit den mortier slaan.

We hebben zulks opnieuw nagegaan door de vlam van op zij op een film te photographeeren.

Vier patronen geven zonder opvulling een vlam van :

a) 18 cm lengte, indien het slagpijpje aan den kant der opening geplaatst is;

b) 70 cm lengte gedurende 0,75 ms indien het slagpijpje aan den achter kant der lading geplaatst is.

AFVUREN VAN LADINGEN IN BLOKKEN STEEN.

Springstof A.

De proeven werven genomen in blokken kalksteen die wij in de ontploffingskamer van onze galerij geplaatst hadden.

In de blokken waren gaten van 35 mm doormeter geboord.

Figuren 6 tot en met 11 stellen de gebruikte blokken voor met opgave van de afmetingen in centimeter.

De springstof werd telkens, zonder veiligheidshuls, afgevuurd bij aanwezigheid van mijngas (8,75 à 10 %).

Hier volgt de beschrijving van de beproefde ladingen :

Fig. 6 : gat van 23 cm lengte, twee goed samengedrukte patronen, geen opstopping; geen ontvlamming.

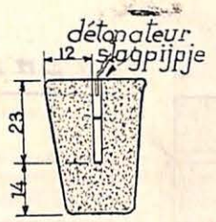


Fig. 6.

Fig. 7. : gat van 28 cm lengte, twee goed samengedrukte patronen, 8,5 cm opstopping van klei; geen ontvlamming.

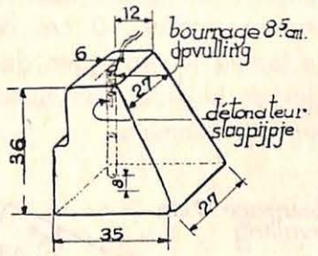


Fig. 7.

Fig. 8. : gat van 27 cm lengte, drie patronen door samendrukking stuk gepletterd, 3 cm opstopping van klei, geen ontvlamming.

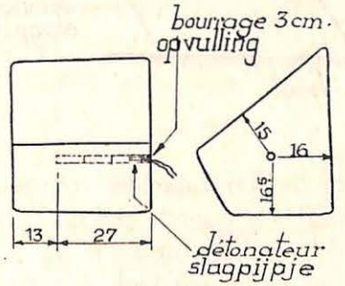


Fig. 8.

Fig. 9. : gat van 27 cm lengte doorheen gansch het blok, twee niet samengedrukte patronen, geen opstopping; ontvlamming.

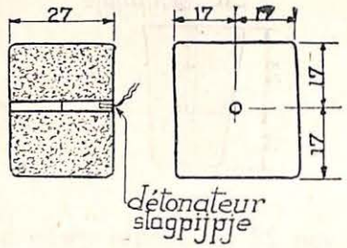


Fig. 9.

Fig. 10. : gat van 37 cm lengte doorheen gansch het blok I, twee patronen achter 10 cm opstopping; de achterkant van de lading is verborgen door een blok II; tusschen beide blokken blijft er een tusschenruimte van 0,50 à 1 cm; geen ontvlamming.

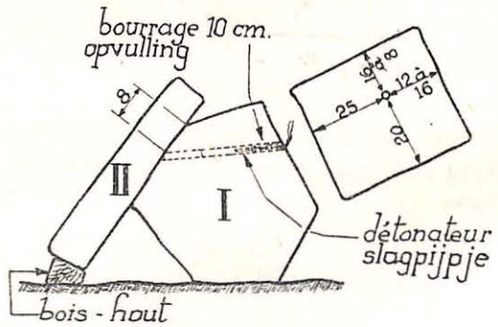


Fig. 10.

Fig. 11. : proef gelijkend aan de voorgaande; dat van 37 cm lengte doorheen gansch het blok; twee patronen en half achter 4,5 cm opstopping; de achterkant der lading is verborgen door een blok II; tusschen blok I en

blok II is er een tusschenruimte van 0,5 à 2 cm; geen ontvlamming.

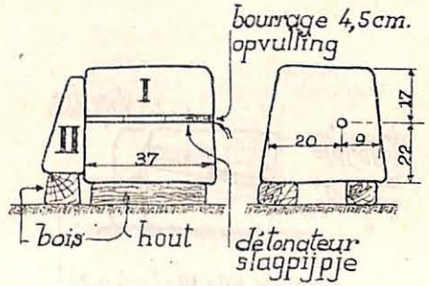


Fig. 11.

Alleen met een mijngat dat aan beide kanten open was, hebben wij de ontvlamming bekomen. Wanneer het mijngat doorheem gansch het blok ging, is het steeds voldoende geweest om de ontvlamming te vermijden de lading af te sluiten, langs den eenen kant door een zeer korte opstopping (maximum 10 cm) en langs den anderen kant door een blok tegen het mijngat geplaatst.

We konden niet over blokken beschikken die groot genoeg waren om ladingen af te vuren van meer dan 250 gr springstof.

De twee laatste proefnemingen, die wij verscheidene malen hebben kunnen herhalen, schijnen wel te bewijzen dat de vlam, die door de ontploffing van den achterkant van de lading in een kloof, gevuld met een ontvlambaar mengsel, gejaagd wordt, geen bijzonder gevaar biedt, al thans in het geval van kleine ladingen (2 1/2 patronen).

Springstof B.

Fig. 12 : één patroon, ontdaan van de veiligheidshuls, wordt achter 8 cm opstopping van klei geplaatst in een gat van 20 cm lengte dat doorheen gansch het blok

kalksteen gaat; tegen den achterkant van het blok is een platte steen gelegd; de gaping tusschen beide is van O tot 20 mm.

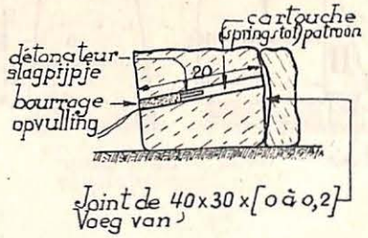


Fig. 12.

Fig. 13 : één patroon, ontdaan va nde veiligheidshuls is achter 13 cm opstopping van klei geplaatst in een gat van 25 cm lengte dat doorheen gansch het blok zandsteen gaat. Dit blok rust op een platte steen; de gaping tusschen beide is van O tot 40 mm.

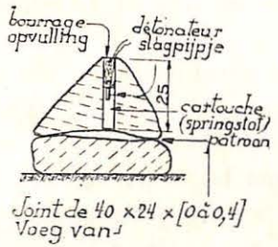


Fig. 13.

Fig. 14. : één patroon ontdaan van de veiligheidshuls is achter 12 cm opstopping van klei in een gat van 24 cm lengte geplaatst dat doorheen gansch het blok kalksteen gaat. Tegen den voorkant van het blok ligt een

platte steen; de gaping tusschen beide is van 0 tot 30 mm.

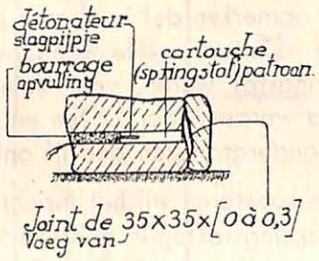


Fig. 14.

Fig. 15 : een lading van twee patronen ontdaan van de veiligheidshuls is achter 9 cm klei in een gat van 35 cm lengte geplaats dat met de vrije atmosfeer in verbinding staat door een tweede gat van 24 cm lengte. Het blok is van kalksteen. Bij geen enkele dezer afvuringen werd ontvlamming waargenomen.

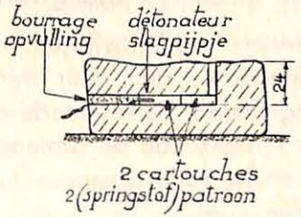


Fig. 15.

De proeven bevestigen de uitslagen bekomen met de springstof A.

De opstopping, die zelfs minder lang is dan het reglement op het gebruik der springstoffen voorschrijft (20 cm), en een platte steen tegen de achterste opening

van het mijngat geplaatst volstaan om de ontvlamming te verhinderen.

Men zal echter opmerken dat in al onze proefnemingen de afgezonderde ruimten, welke toegankelijk voor de vlam van de springstof waren, veel kleiner waren dan deze die gevormd worden door kloven en barsten, welke men vaak in het ondergrondsch bedrijf ontmoet.

Om deze reden koesteren wij het inzicht onze proeven om de S. G. P. - springstoffen in gebreke te stellen voort te zetten in onze galerijen van Bois de Colfontaine die in hard, gekloven, zandsteenachtig terrein gedolven zijn.

5) Bijzondere opzoekingen betreffende de S. G. P. Springstoffen.

Het doel van deze opzoekingen, die wij met zeer eenvoudige middelen hebben uitgevoerd, was zekere karakteristieken van onze S. G. P. - springstoffen te bepalen.

Tot op heden immers hadden wij geen enkele inlichting betreffende de lengte en den duur der vlammen van de S. G. P. - springstoffen, betref fende de ontploffingssnelheid er van en betreffende de samenstelling der gassen, welke bekomen worden wanneer ladingen in een mortier worden afgevuurd.

LENGTE EN DUUR DER VLAMMEN.

Om deze twee karakteristieken te bepalen, hebben wij de vlam, welke bij het afvuren van een lading in een stalen mortier bekomen wordt, op een bewegende film gephotographeerd.

Fig. 16 stelt schetsmatig de bij deze proeven gevolgde werkwijze voor.

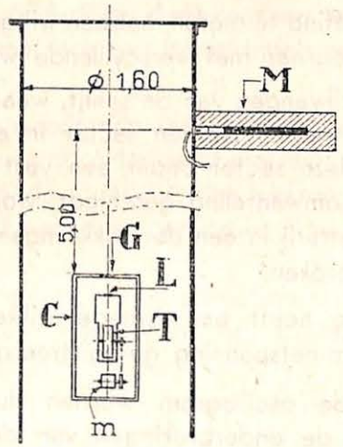


Fig. 16.

De mortier M, waarvan het gat 1,16 m lang is en een diameter van 35 cm heeft, is tegen eene der openingen van onze stalen proefnemingsgalerij geplaatst; in deze galerij staat het phototoestel omringd door een sterke houten kist, voorzien van een kijkgat met glas.

Dit toestel heeft maar één lens, waardoor het beeld van de vlam, zooals men het van op zij ziet, op een photographische film gevormd wordt. Deze film is op een draaiende trommel vastgemaakt welke aangedreven wordt door een electrischen motor m door tusschenkomst van een drijfriem.

Om de lengte en den duur van de vlam te kunnen bepalen moet men natuurlijk de lengteverhouding tusschen beeld en werkelijkheid alsook de ontreksnelheid van de film kennen.

De eerste wordt eens voor altijd bepaald door op de stilstaande film een gekende lengte te photographeeren.

Om de verplaatsingssnelheid van de film op het oogenblik der ontploffing te meten, hebben wij gebruik gemaakt van een oscillograaf met verscyillende wikkelingen.

In een der zijwanden van de schijf, waardoor de trommel bewogen wordt, zit een sector in een isoleerende stof; telkens deze sector onder een vast contact komt, wat ééns per omwenteling geschiedt, wordt de stroomkring eener batterij in een der wikkelingen van den oscillograaf onderbroken.

Deze laatste heeft een tweede wikkeling waardoor de wisselstroom-netspanning geregistreerd wordt.

Op hetzelfde oscillogram worden dus twee zaken opgeteekend : de onderbrekingen van den stroomkring der batterij en de pulsaties van de wisselstroomspanning welke zich opvolgen volgens een rhythme dat door een frequentiemeter gecontroleerd woordt maar dat ongeveer 50 periodes per seconde is.

Door de twee opteekeningen te vergelijken kan man de omwentelingssnelheid van de trommel bepalen en bijgevolg de omtreksnelheid van de film op het oogenblik der proef.

We hebben twee S. G. P. - springstoffen gebruikt, de eene met 10 % nitroglycerine, de andere zonder. Ladingen van maximum 4 patronen werden in den mortier afgevuurd, nu eens aangezet aan den voorkant, dan weer aan den achterkant. We hebben ooK de ligging van de lading in het gat gewijzigd.

De vorm en de lengte der vlam hangen voornamelijk van de plaats van het slagpijpje af. Volgens dit geplaatst is langs den kant van de opening van het gat of langs

den kant van den bodem er van (aanzetting aan vóór- of achterkant) bekomt men hetzij een bolvormige vlam met ononderbroken omtrek hetzij een vlam gevormd door verschillende afzonderlijke steekvlammen welke als een stralenbundel symetrisch aan beide zijden van de mortieras geplaatst zijn.

Deze symetrie wordt natuurlijk maar opgemerkt op de photo's opgenomen op onbeweegbare film; wanneer deze beweegt worden de steekvlammen gekromd in den zin tegenovergesteld aan dien der beweging.

In fig. 17 geven wij de schetsmatige voorstelling van een stralenbundelvormige vlam op stilstaande en op bewegende films.

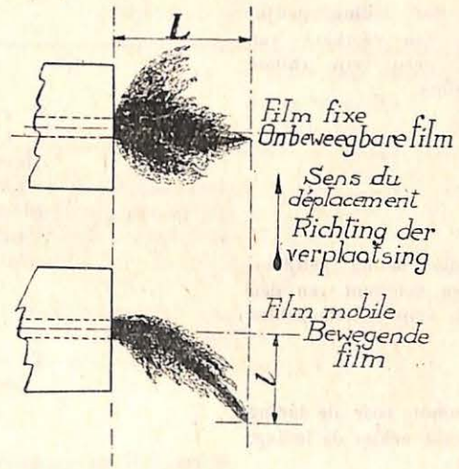


Fig. 17.

De afstand L, gemeten volgens de herleidingsschaal van het objectief, geeft de lengte der vlam, terwijl de afstand l, gedeeld door de omtreksnelheid van de film, toelaat den duur er van te bepalen.

Merken wij op dat de maat de kromming der steekvlammen toelaat door een zeer eenvoudige formule de expulsiesnelheid van de warme gassen te berekenen.

Zooals we door de uitslagen van onze proeven zullen aantoonen, zijn deze expulsiesnelheiden zeer veranderlijk.

Bij het afvuren van ladingen met het slagpijpje aan den kant van de opening van het gat, hebben wij slechts de lengte der vlam kunnen meten. Het beeld op beweg-

TABEL X

Springstofmet 10 t. h. nitroglycerine.

	Aanzetting aan den kant van de opening van het gat.	den bodem.
De voorkant der lading gelijkkomend met den voorkant van den mortier; geen vrije ruimte achter de lading.		
1 patroon	18 cm.	37 cm. 0,32 ms 1.030 m/sec.
2 patronen	23 cm.	75 cm. 0,603 ms 1.270 m/sec.
4 patronen	18 cm.	70 cm. 0,742 ms 1.270 m/sec.
De voorkant der lading gelijkkomend met den voorkant van den mortier; 28 cm vrije ruimte achter de lading.		
4 patronen	27 cm.	75 cm. 0,62 ms 1.095 m/sec.
28 cm vrije ruimte vóór de lading geen vrije ruimte achter de lading.		
2 patronen	20 cm. 0,17 ms	55 cm. 0,655 ms 940 m/sec.
33 cm vrije ruimte vóór de lading geen er achter		
4 patronen	20 cm.	105 cm. 1,035 ms 920 m/sec.

N. B. — Bij geen enkel dezer afvuringen werd mijngas tot ontvlamming gebracht.

bare film toont immers geen verschil met dat op stilstaande, waaruit we besluiten dat de duur van het lichtverschijnsel uiterst kort moet zijn. Voor één onzer proeven zijn wij van oordeel dat deze duur van de orde van grootheid van 0,17 ms moet geweest zijn, wat wel een maximum schijnt te wezen.

De aanzetting aan den kant van den bodem van het gat geeft veel langere vlammen, waarvan de duur gemakkelijk met de photo op bewegende film kan bepaald worden.

TABEL XI.

Springstof zonder nitroglycerine.

	Aanzetting aan den kant van de poening van het gat.	den bodem
De voorkant van de lading komt gelijk met den voorkant van den mortier; geen vrije ruimte achter de lading.	22 cm.	85 cm. 0,6 ms 1.120 m/sec.
De voorkant van de lading komt gelijk met den voorkant van den mortier; 28 cm vrije ruimte achter de lading.		
4 patronen	30 cm. 1.139 m/sec.	70 cm. 0,5 ms 1.500 m/sec.
28 cm vrije ruimte vóór de lading, geen er achter.		
4 paronen	23 cm.	87 cm. 0,82 ms 900 m/sec.

N. B. Bij geen enkel dezer afvuringen werd mijngas tot ontvlamming gebracht.

In de tabellen X en XI geven wij de gemiddelde uitslagen van de metingen op de films. De lengte, de

duur en de expulsiesnelheid worden respectief in centimeter (cm), milliseconden (m s) en meter : seconde (m/s) aangeduid.

Zooals men zien kan wordt de lengte der vlam ten minste verdubbeld wanneer men van de aanzetting aan den voorkant naar de aanzetting van den achterkant overgaat; ze wordt zelfs driemaal en soms vijfmaal grooter, voor ladingen van 4 patronen.

Wat de expulsiesnelheid van de warme gassen betreft, hebben sommige proeven ons getallen gegeven die 1,200 m/s benaderen, getal dat twee proefnemers van het « Bureau of Mines » der Vereenigde Staten in een onlangs verschenen bericht aangeduid hebben als de projectiesnelheid van de springstofdeeltjes welke uitgestooten worden door ladingen die in een mortier worden afgevuurd.

Het nazicht der filmen leidt tot een vaststelling van meer algemeene draagkracht : het voornaamste doel van ons onderzoek was ten andere de waarheid er van na te gaan.

Al de gephotograuheerde vlammen zijn ononderbroken m. a. w. er komen geen donkere tusschenruimten in voor. Er zouden dus geen vlammen meer zijn van de derde phase, waarvan E. Lemaire het bestaan vroeger voor verscheidene S. G. P. - springstoffen vaststelde, (zie « Aspect des flammes des Tirs au mortier. Annales des Mines de Belgique, Janv. 1914, bl. 37 en volgende).

Herinneren we er aan dat E. Lemaire de lichtverschijnselen waarmede het afvuren van een lading in een mortier gepaard gaat als volgt indeelde :

a) vlam der eerste phase, overeenkomend met de onvolledige reacties welke geschieden met de snelheid der ontploffingsgolf;

b) vlam der tweede phase, overeenkomend met de reacties, die in de gassen bij hun uitstroomen uit den mortier geschieden zonder dat de tusschenkomst van de zuurstof der lucht noodig is;

c) vlam der derde phase, overeenkomend met de reacties die voortduren na vermenging van de ontploffingsgassen met de lucht.

Deze indeeling vloeide voort uit het onderzoek van photo's welke op vaste platen opgenomen werden met het objectief van het photoapparaat recht naar de opening van den mortier gekeerd.

De opname op bewegende film van de vlammen der tweede en der derde phase (welke alleen op een van opzij genomen photo zichtbaar zijn) zou twee wel gescheiden beelden moeten geven met een tusschenruimte bepaald door de vertraging van de tertiaire reacties ten opzichte van de secundaire.

Geen enkele onzer filmen heeft tot dergelijke vaststellingen geleid : onze huidige S. G. P.-springstoffen geven dus geen vlammen der derde phase wanneer ze in een mortier van 35 cm diameter worden afgevuurd.

Deze gevolgtrekking is van groot belang onder oogpunt van de veiligheid, want de tertiaire reacties in de omgevende atmosfeer zijn van doorslaggevende beteekenis voor de ontvlamming van mijngas en kolenstof.

b) METEN VAN DE DETONATIESNELHEID DER S. G. P. - SPRINGSTOFFEN.

Om de detonatiesnelheid der S. G. P. - springstoffen te meten hebben wij insgelijks de photographische methode aangewend.

De springstof wordt, na van zijn omhulling in geparaffineerd papier ontdaan te zijn, in een glazen buis geplaatst welke horizontaal aan twee verticale, ijzeren stangen is opgehangen.

De lading wordt op het oogenblik der ontploffing gephotographeerd op een gevoelige film welke gedragen wordt een sneldraaiende trommel waarvan de symetrieas tevens rotatie as, evenwijdig met de lading is.

Deze methode wordt algemeen aangewend bij de studie van gasmengsekontploffingen.

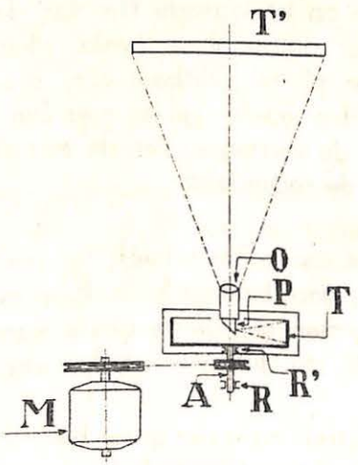


Fig. 18.

Met het doel de nauwkeurigheid der opname te ver-

meerderen zijn wij er toe gekomen de trommel met een gemiddelde snelheid van 150 omwentelingen per seconde te laten draaien.

Bij die snelheid was het onmogelijk werken met een film buiten op de trommel geplaatst, want ze zou onmiddelijk onder invloed van de middelpuntvliedende kracht stuk getrokken geworden zijn.

We hebben dus het stelsel voorgesteld door fig. 18 aangenomen.

De film wordt tegen den binnenkant van de trommel geplaatst; deze zit vast op het uiteinde van een uitstekende as A draaiende in kogellagers R en R' en aangedreven door een electrischen motor M.

De lading springstof is in een glazen buis T' geplaatst.

De lichtstralen door de ontploffende lading uitgezonden worden na breking in een prisma P door het objectief O opgenomen en vormen het beeld op de gevoelige zijde van de film.

De draaisnelheid van de trommel op het oogenblik der ontploffing wordt bepaald op de wijze hierboven aangeduid bij de beschrijving van het onderzoek der vlammen.

Fig. 19 geeft schetsmatig de vorm van het beeld der lading op de ontwikkelde film.

De berekening van de ontploffingssnelheid kan nu als volgt gedaan worden.

Zijn V, L en T respectief de ontploffingssnelheid, de lengte der lading en de tijd, dien de ontploffingsgolf noodig heeft om van het eene uiteinde der lading naar het andere te gaan.

Men heeft : $V = \frac{L}{T}$.

In fig. 19 is l gelijk aan de lengte L der lading vermenigvuldigd met den herleidingscoefficient k van het objectief; derhalve is $l = k\,L$.

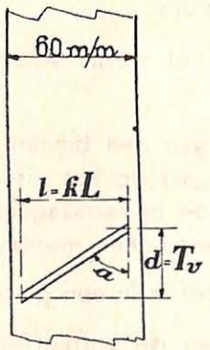


Fig. 19.

Zoo ook is $d = T\,v$, waarin v de omtreksnelkeid van de film is.

Voorgaande uitdrukking kan dus geschreven worden als volgt :

$$V = \frac{v}{k} \cdot \frac{l}{d}.$$

waarin $\frac{l}{d}$ gelijk is aan de goniometrische tangens van den hoek a gevormd door het beeld der lading met den boord van film.

Zoo bekomt men $V = \frac{v}{k}$. tg a.

Om de ontploffingssnelheid te berekenen volstaat het dus te kennen :

1) de omtreksnelheid van de film; men bepaalt deze door middel van de draaisnelheid van de trommel, wetend dat de omtrek er van 783 mm is;

2) den herleidingscoefficient van het objectief; men bepaalt dezen door de photo van een gekende lengte op een onbeweegbare film;

3) den hoek a van het beeld met den boord van de film; deze hoek wordt met een hoekmeter gemeten.

Daar deze hoek tot op 15" na kan gemeten worden, is de grootste fout die men kan begaan 42 m per seconde voor en detonatiesnelheid van 3664 m/s overeenkomend met :

$$a = 65°$$

omwentelingssnelheid van de trommel = 150 t/s.

In den loop van onze proefnemingen hebben wij glazen buizen van verschillende diameter gebruikt waarin de springstoffen onder den vorm van poeder werden ingebracht.

Met een houten stamper werd de springstof min of meer vastgeduwd : zoo was het ons mogelijk verschillende ladingsdichtheden te bekomen.

We hebben zoo in glazen buizen ladingen van 70 à 75 cm lengte verwezenlijkt.

Sommige dezer ladingen waren ononderbroken; andere hebben wij, met opzet, in verschillende stukken gescheiden hetzij door tusschenruimten gevuld met lucht, hetzij door opvullingen van inerte stoffen.

Detonatiesnelheid van ononderbroken ladingen.

Alkalite (springstof zonder nitroglycerine).

(in een glazen buis van 27 à 28 mm diameter).

Dichtheid.	Snelheid in m/s.
1.141	3.405
1.147	3.391
1.200	3.370
1.243	3.397
1.252	3.544
1.253	3.517

Triamite (springstof zonder nitroglycerine).

(in een glazen buis van 27 à 28 mm diameter).

Dichtheid.	Snelheid in m/s.
1.084	3.279
1.102	3.138
1.17	3.227
1.214	3.335
1.23	3.318
1.236	3.490
1.271	3.429

Matagnite V (springstof met 10 % nitroglycerine).

(in een glazen buis van 27 à 28 mm diameter).

Dichtheid.	Snelheid in m/s.
1.01	2.214
1.034	2.156
1.05	2.271
1.134	2.053
1.15	2.306

Flammivore (springstof met 10 % nitroglycerine).

(in een glazen buis van 27 à 28 mm diameter).

Dichtheid.	Snelheid in m/s.
0.982	2.668
1.14	2.700
1.15	2.770
1.17	2.763
1.21	3.050
1.22	2.950
1.22	2.949
1.23	2.891
1.25	2.984
1.26	2.920
1.29	3.150

Voor elke proefneming is de photo van de buis op de beweegbare film een rechte, hetgeen aantoont dat de voortplantingssnelheid nauwkeurig onveranderlijk blijft van het eene uitende der lading tot het andere (fig. 20).

Wij hebben voor elke proef de ladingsdichtheid aangeduid; het blijkt wel dat een vermeerdering van die grootheid een vermeerdering van de detonatiesnelheid veroorzaakt.

Voor deze snelheid vinden we nochtans zeer uiteenloopende getallen hiervan kan men zich rekenschap geven door de waarden, bekomen voor twee weinig verschillende dichtheden, te vergelijken.

De reden hiervan is ons onbekend; men kan zich echter afvragen of ze niet voornamelijk moet gezocht worden in de plaatselijke ongelijkheden van de ladingsdichtheid welke niet kunnen vermeden worden bij het gebruik van den stamper.

Het blijkt nochtans uit onze proefnemingen dat de glycerinehoudende springstoffen (Matagnite en Flammivore) niet noodzakelijk deze met de grootste detonatiesnelheid zijn.

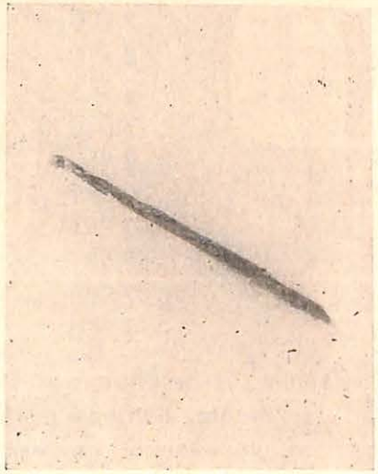


Fig. 20.

De volgende proeven betreffende het Matagnite en het Triamite toenen den invloed van den diameter der lading op de ontploffingssnelheid.

Diameter der buis in mm	Dichtheid	Detonatiesnelheid in m/s
	Triamite	
27	1,28	3.313
32	1,42	3.373
	Matagnite	
18	1,084	1,615
19	1,16	1,891
21	1,139	1.900
25	1,08	1,963
31	1,09	2.014

De detonatiesnelheid vermeerdert met den diameter van de springstofkolom.

Eindelijk weze gezegd dat in al de voorgaande proeven de springstoflading gelijk kwam met de uiteinden der glazen buis. In de volgen de proeven, welke alleen met Flammivore genomen werden, was de lading in de buis ingesloten tusschen twee stoppen in klei van 5 cm lengte.

Diameter der buis	Dichtheid	Detonatiesnelheid
27 mm	1,12	2.780 m/sec.
27 mm	1,17	3.005 m/sec.

Deze snelheid zijn van dezelfde orde van grootheid als deze opgeteekend voor de ladingen met vrije uiteinden.

In de volgende proef is de glazen buis (diameter 26,5 mm, lengte 700 mm) in een stalen buis van 500 mm lengte geplaatst.

Op de film ziet men slechts de twee uiteinden van de glazen buis. Het is nochtans mogelijk de helling van de lijn, welke het verloop der detonatie aanduidt, te bepalen en de snelheid te berekenen.

Deze bedraagt 2.789 m/s voor een dichtheid van 1,18, m. a. w. ze is nog van dezelfde orde van grootheid als deze voor de eerste proeven opgeteekend.

De insluiting van de lading tusschen twee kleiproppen of de omhulling van de glazen buis door een stalen zijn zonder invloed op de detonatiesnelheid..

Deze vaststelling, alsook de onveranderlijkheid van de detonatiesnelheid, herinneren vaag aan wat men waarneemt bij detoneerende gasmengsels.

Ook bij deze is de snelheid der ontploffingsgolf onveranderlijk, of de ontvlamming wordt verwekt hetzij aan het open, hetzij aan het gesloten uiteinde der buis.

DETONATIESNELHEID IN ONDERBROKEN LADINGEN.

In deze proeven werd de lading (Flammivore) welke in een glazen buis van 27 à 28,5 mm diameter geplaatst was, in verschillende stukken verdeeld, die door tusschenruimten lucht of wel door klei- of schiefersteenopvullingen van elkander gescheiden waren.

a) Twee kolommen springstof gescheiden door een tusschenruimte lucht.

(De aangeduide dichtheden zijn die van de twee springstofkolommen de eerste is die van de met een slagpijpje aangezette kolom).

Lengte der tusschenruimte in mm	Detonatiesnelheden. m/s	Dichtheid
20	1,08 — 1,05	2,754
25	1,04 — 1,14	2,560
30	1,26 — 1,23	2.979

De detonatiesnelheid is onveranderlijk en dezelfde in de twee kolommen.

In de eerste en in de derde proef waren de springstofkolommen aan hun buiteneinden bedekt met kartonnen schijfjes en de tusschenruimte was verwezenlijkt door middel van een glazen buisje.

Dit laatste heeft waarschijnlijk de overbrenging van de ontploffingsgolf vergemakkelijkt, want de opgeteekende snelheden zijn hier van dezelfde orde van grootheid als in de proeven met ononderbroken lading.

In de tweede proef waren de twee kolommen in verschillnede buizen geplaatst die op hun beurt in één buis met grooteren diameter ingesloten waren.

Deze schikking is minder goed wat de overbrenging der ontproffing betreft dan de voorgaande. We hebben dan ook een snelheid van 2500 m/s bekomen, wat minder is dan voor een ononderbroken lading van dezelfde dichtheid.

b) Twee springstofkolommen gescheiden door een kleiopvulling.

(De aangeduide dichtheden zijn die der twee springtofstofkolommen, de eerste is die van de met een slagpijpje aangezette kolom).

Lengte der opvuling in mm	Dichtheid		Detonatiesnelheden m/s
30	1,14 — 1,16	3,020	De ontploffinsgolf
20	1,17 — 1,18	2.979	sloeg niet op de tweede kolom over.

c) Twee springstofkolommen gescheiden door een poedervormige schiefersteenopvulling.

(De aangeduide dichtheden en snelheden zijn die der twee springstofkolommen; de eerste zijn die van de met een slagpijpje aangezette kolom).

Lengte des opvulling in mm	Dichtheid	Detonatiesnelheden in m/s
10	1,13 — 1,17	2.938 — 3.140
20	1,20 — 1,24	2.967 — 2.997
35	1,20 — 1,20	2.900..... De detonatie sloeg niet op de tweede kolom over.

Voor de tweede proef (zie fig. 21, film 231) waarbij de poedervormige-schiefersteenopvulling reeds lang was, was de verschuiving van de twee stukken van het beeld der ontploffende lading ongeveer 4 mm; dit komt over een met een tijdspanne van 1/40 ms die de ontploffingsgolf noodig heeft om doorheen den schiefersteen en het glas te slaan.

Fig. 21.

De onderbreking van 20 cm werd dus doorloopen met een snelheid van 800 m/s.

Het is wel zonderling dat een schokgolf met zoo kleine snelheid in het tweede stuk der lading de ontploffingsgolf heeft kunnen heropwekken met een snelheid die normaal is of, ten minste, ongeveer gelijk aan die, welke door de ontploffing van het slagpijpje wordt verwekt.

In een bijzondere proef met een onderbroken lading bestaande uit zes stukken gescheiden door vijf poedervormige-schiefersteenopvullingen die respectief 7, 7, 7, 7, en 30 cm langg waren, werd als gemiddelde detonaniesnelheid 2,617 m/s gevonden.

In een laatste proef, eindelijk, hebben wij tusschen de twee springstofkolommen, een cylinder in schiefersteen van 30 mm lengte geplaatst waarvan de diameter op de draaibank gelijk aan den binnendiameter (27 mm) van de buis gemaakt was.

De dichtheden der twee kolommen waren respectief 1,12 en 1,09. De schokgolf sloeg door den schiefersteen met een snelheid van 2.318 m/s en de ontploffingssnelheid bedroeg 2,671 m/s in de eerste en 2,621 m/s in de tweede kolom.

Al deze proefnemingen toonen aan dat, indien de schokgolf doorheen de onderbreking slaat, de detonatie in de tweede kolom met een onveranderlijke snelheid voortgezet wordt en dat deze snelheid van dezelfde orde van grootheid is, als deze waarmede een lading detoneert die door een slagpijpje is aangezet.

Men zou zich inderdaad hebben kunnen afvragen, of de onderbreking van de lading door de lucht of door een inerte stof niet van aard was een vertraging van de ontploffingsgolf in het niet aangezet gedeelte te veroorzaken. Dit is echter geenszins het geval want de detonatie plant zich ongeveer met dezelfde snelheid voort in de twee springstofkolommen.

Aan de hand van deze waarneming kan men lastig inzien, dat de detonatie van een lading S. G. P.-springstof, tengevolge van een onderbreking, in een defla-

gratie kan ontaarden, daar deze laatste door een veel lagere voortplantingssnelheid dan die van een detonatie gekenmerkt wordt.

c) Samenstelling der gassen voortkomende van de afvuring van ladingen in een mortier.

Deze studie maakt het natuurlijk noodig vooraf de gassen, zoodra ze uit den mortier gejaagd worden, op te vangen.

Tot dat doel hebben wij een rood koperen vat gebruikt, waarin voor af het vacuum gemaakt was.

Dit vat is voorzien van een metalen buis, waaraan door middel van een verbindingsstuk in rubber, een glazen buis verbonden is die spits uitloopt; de punt er van wordt gesloten door middel van de vlam van een Bunsenbrander na luchtledigmaking van het vat.

Vóór de lading afgevuurd wordt, wordt het vat zoo geplaatst, dat de glazen punt op het oogenblik der ontploffing gebroken wordt, wat toelaat dat de ontploffingsgassen in het vat dringen tot het evenwicht met de omgevende atmosfeer hersteld is.

Onmiddellijk na de ontploffing wordt het vat gesloten door middel van een glazen en van een gummi buis, deze laatste dichtgenepen door middel van een klem.

Het staal wordt afgetapt met een kwikluchtpomp en volledig ontleed volgens de methode der lage temperaturen.

Door deze werkwijze wordt natuurlijk een mengsel van de ontploffingsgassen met lucht bekomen, want het vat is zeker niet gansch gevuld vóór dat de ontploffingsgassen met lucht der omgeving vermengd worden na terugvloeiïng van deze.

We zijn er dan ook, na talrijke proefnemingen, toe gekomen eerst en vooral een vat met betrekkelijk klein volume te nemen (530 cm^3) en, vervolgens, het te voorzien van een stalen buis van betrekkelijk groote doorsnede (10 mm diameter); deze twee wijzigingen laten inderdaad toe het staal veel snellller op te vangen.

Fig 22 stelt het toestel voor zooals het uiteindelijk werd aangenomen.

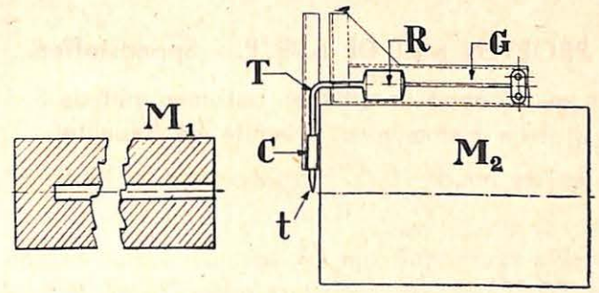


Fig. 22.

In de mortier M_1, waarvan het gat 35 mm diameter heeft, wordt de te onderzoeken springstoflading, geplaatst, terwijl de mortier M_2 als steun dient voor het opvangingsvat R.

Het vat R is beschermd door een mantel gevormd van U-ijzers.

De metalen buis T, op dezelfde wijze beschermd, is verlengd met een verbindingsstuk in rubber C en een glazen epitsuitloopende glazen buis t waarvan de punt met de vlam wordt gesloten.

In den loop onzer proeven hebben wij de afstand tusschen den glazen punt en de opening van den mortierlaten veranderen : op die wijze werd de plaats waar de gassen opgevangen werden gewijzigd.

De lading werd insgelijks op verschillende plaatsen in den mortier geplaatst; de ruimte achter de lading werd telkens met klei opgevuld.

We hebben proeven gedaan met drie S. G. P.-springstoffen : Flammivore, Triamite en Sabulite en met drie soorten amatol op ons verzoek speciaal door dhr Segay, Administrateur-Directeur van « La Sabulite belge » gereed gemaakt.

PROEVEN MET DE S. G. P. - Springstoffen.

We geven eerst de uitlagen bekomen met de S. G. P. springstoffen Flammivore, Triamite en Sabulite.

De eerste houdt 10 % nitroglycerine in; beide andere geen.

De drie producten zijn rijk aan ammoniumnitraat (ten minste 50 %) en aan natriumchloride (25 of 26 %).

Flammivore.

Van deze springstof werden er telkens ladingen van 4 patronen (met aanzetting aan den achterkant) voorzien van hun oorspronkelij geparaffineerd omslag afgevuurd.

De uitslagen worden in tabel XII aangeduid.

Men zal opmerken dat de getallen aan CO_2 in de kolommen (4), (5) en (10) betrekkelijk klein zijn; dit is te wijten aan een overdreven verdunning der detonatiegassen met lucht.

Deze proefnemingen werden inderdaad met een opvangingsvat van 1600 cm^3 gedaan.

Zooals wij reeds hebben laten opmerken is het eerste gas dat onmiddellijk na het breken van het glas opgevan-

TABEL XII.

Door de analyse bepaalde gassen.	Lading geplaatst aan den monde van het gat. Opvanging der grassen op 24 cm afstand van den mond van het gat.			Opvanging der grassen op 40 cm afstand van den mond van het gat.		Lading geplaatst op 27 cm afstand van den mond van het gat. Opvanging der gassen op 20 cm. afstand van den mond van het gat.		Lading geplaatst achter een opstoping van 30 cm. Opvanging der grassen op 40 cm afstand van den mond van eh gat.	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
H_2	1,628	1,133	1,138	0,401	0,600	1,413	1,132	0,4 3	1,576	0,016
NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O_2	18,39	18,87	19,24	20,56	20,28	17,96	18,12	20,18	18,80	20,82
CH_4	0,32	0,31	0,09	0	0	0,52	0,48	0,22	0,53	0
CO	1,19	1,10	1,11	0,35	0,57	1,55	1,20	0,53	1,57	0,12
N_2	76,95	76,80	76,59	78,37	78,05	75,66	76,82	77,78	75,18	78,84
CO_2	1,482	1,781	1,829	0,373	0,596	2,881	2,233	0,792	2,340	0,203
$C \times Hy$ + N_2O	0,032	0,006	0,006	traces	traces	0,023	0,018	0,006	0,010	traces

gen wordt betrekkelijk rijk aan ontploffingsproducten; daarna echter wordt het vat verder gevuld met lucht wat voor gevolg heeft het mengsel met zuurstof en stikstof te verdunnen.

Het is juist om den duur van de opvanging der gassen te verminderen en zoo de concentratie te vergrooten, dat wij voor de volgende proeven een vat met kleiner volume (530 m^3) genomen hebben.

Men stelt insgelijks vast dat al de stalen brandbare gassen bevatten : CO en H_2 en soms CH_4. Hierover hoeft men zich niet te verwonderen : de wetten van het chemisch evenwicht verhinderen immers een volledige verbranding van de voorhandene koolstof en weterstof.

Voegen we er aan toe dat, in dit opzicht, ook aan het geparaffineerd, papieren omslag der patronen moet gedacht worden : latere proeven zullen zulks aantoonen.

De uitslagen (10) betreffen de afvuring van een lading met opstopping. Alhoewel de ontploffingsgassen zeer met lucht verdund werden, is het klein waterstofgehalte het aanstippen waard.

Triamite.

Van deze springstof werden insgelijks ladingen van 4 patronen, voorzien van hun geparaffineerd, papieren omslag, afgevuurd.

In elke proef was de lading geplaatst op 30 cm afstand van den boord van het gat en werden de gassen op 20 cm van dien boord opgevangen.

De uitslagen der ontleding worden in tabel XIII aangeduid.

Zoowel als voor het Flammivore stelt men hier vast dat al de stalen de brandbare gassen H_2 CH_4 en CO bevatten.

TABEL XIII.

Door de analyse bepaalde gassen.	Volgnummer der proeven. 11	12	13	14
H_2	0,986	0,320	0,324	0,546
NO	0	0	0	0
O_2	19,06	1923	19,09	19,69
CH_4	0,85	0,11	0,16	0,37
CO	1,37	0,42	0,44	0,64
N_2	75,52	77,73	77,11	77,22
CO_2	2,159	2,192	2,844	1,506
$\left\{\begin{matrix}CxHy \\ + \\ N_2O\end{matrix}\right.$	0,053	0,014	0,039	0,020

Sabulite.

Om den invloed na te kunnen gaan van het geparaffineerd papier op de samenstelling der ontploffingsgassen, hebben wij glazen buizen van 50 cm lengte en 27 mm diameter met springstof gevuld : de zoo gevormde ladingen wogen ongeveer 325 gr.

Zooals wij verder bij het onderzoek van de uitslagen aangeduid in tabel VII, zullen zien, heeft deze wijziging van de samenstelling der lading een vermindering van het waterstofgehalte meegebracht ten opzichte van de gehalten in de ontploffingsgassen van Flammivore en Triamite.

Dit feit blijkt uit de proeven n^ren 15 tot 20.

In de drie laatste er van is het H_2 gehalte grooter, maar dit komt voort van een nieuwe wijziging van het opvangingsvat bestaande in een vermeerdering van de doorsnede der inlaatbuis.

Daar de diameter van 6 op 10 mm gebracht werd, wordt het vat vlugger gevulg en de verdunning der ontploffingsgassen verminderd. Voor de proeven n^rs 18 tot 20 immers wordt een groote vermeerdering van het CO_2-gehalte en een vermindering O_2-gehalte vastgesteld.

Tabel XIV geeft de uitslagen bekomen met het Sabulite.

TABEL XIV.

Door de analyse bepaalde gassen	Volgnummer der proeven. 15	16	17	18	19	20
H_2	0,035	0,018	0,014	0,189	0,138	0,125
NO	0	0	0	0	0	0
O_2	20,05	20,35	19,88	14,06	15,50	17,34
CH_4	0,14	0,08	0,10	0,12	0,15	0,24
CO	0,20	0,05	0,14	0,49	0,87	0,18
N_2	78,30	78,67	78,78	80,26	77,51	77,78
CO_2	1,256	0,833	1,080	4,795	5,639	4,308
C_xHy + N_2O	0,027	0,006	0,011	0,079	0,185	0,041

In 't kort, S. G. P.-springstoffen geven, wanneer ze in een mortier afgevuurd worden, brandbare gassen zooals waterstof, methaan en koolstofmonoxyde.

Nochtans bevatten ze alle te veel zuurstof, in dien zin, dat in hun formulen de oxydeerende bestanddeelen in ruimschoots voldoende hoeveelheid voorkomen om een volledig verbranding mogelijk te maken.

De wetten van het chemisch evenwicht blijven echter van toepassing en deze verklaren zeer goed de aanwezigheid van niet volkomen geoxydeerde gassen in de detonatieproducten.

Wat meer is, de geparaffineerd papieren omslag wordt gewoonlijk niet medegeteld in de berekening van de springstofformulen, doch het verbrandt en werkt storend op het evenwicht tusschen de oxydeerende en de brandbare eindproducten.

Deze bemerking diene slechts als inlichting, want er kan geen sprake zijn van de afschaffing van deze wijze van patronenvorming, dewelke tot op heden, als volkomen doelmatig bevonden werd voor de bewaring der springstoffen.

Proeven met Amatol.

De formulen van de tot nu toe onderzochte S. G. P.-springstoffen zijn nogal ingewikkeld, want er komen ten minste vijf bestanddeelen in voor. Wat meer is, deze S. G. P. - springstoffen bieden ongeveer dezelfde veiligheid wanneer ze, bij aanwezigheid van mijngas, in een mortier worden afgevuurd.

Om ons onderzoek verder door te drijven, hebben wij verkozen de S. G. P.-springstoffen tijdelijk daar te laten en eenvoudigere formulen te gebruiken, waarvan de kenmerken duidelijk afgelijnd zijn, inzonderheid wat betreft hun afvuring in de proefnemingsgalerij.

De drie volgende goed gekenmerkte Amatolformules zijn in dit opzicht belangrijk.

a) **Samenstelling.**

	Formule 1	Formule 2	Formule 3
Ammoniumnitraat . .	80	60	60
Trinitrotolueen . . .	20	16	16
Zand		24	
Natriumchloride . . .			24

b) **Afvuren der ladingen (in een mortier) in de beproevingsgalerij.**

Formule 1. : 1 patroon ontsteekt het mijngas.
Formule 2 : 4 patronen ontsteken het mijngas.
2 patronen ontsteken het mijngas niet.
Formule 3 : 8 patronen ontsteken het mijngas niet

c) **Looden-blokproeven.**

De volumevermeerderingen in het looden blok zijn :
360 cm^3 voor 10 gr van formule 1;
345 cm^3 voor 13,1 gr van formule 2;
340 cm^3 voor 13,1 gr van formule 3;.
(13,1 gr van formule 2 en 3 bevatten 10 gr ontplofbare stoffen).

Er werden ladingen van ongeveer 225 gr, ingesloten in glazen buizen van 30 cm lengte en 28 diameter, afgevuurd.

Tabel XV geeft de bekomen uitslagen.

De gewone stalen zijn dus mengsel svan de detonatiegassen met de atmospherische lucht en de aangeduide O_2 en N_2 gehalten komen niet alleen van de springstof voort. Steunend op de uitslagen van de ontleding en op de formule der springstot uitgedrukt in atoomgram kan de samenstelling van de detonatiegassen in moleculegram worden bepaald.

Hier volgt een toepassing van deze berekening op het geval van proef 21.

100 gr springstof bevatten 80 gr ammoniumnitraat en 20 gr trinitrotolueen, of :
0,616 atoomgram koolstof,
4,44 atoomgram waterstof,
3,528 atoomgram zuurstof,
2,264 atoomgram stikstof,

TABEL XV.

Door de analyse bepaalde gassen.	Formule I. Lading geplaatst glijk met op 30 cm van den boord van het gat. Opvangin der gassen op 20 cm afstand van den boord van het gat.	Formule I. Lading geplaatst glijk met op 30 cm van den boord van het gat. Opvangin der gassen op 20 cm afstand van den boord van het gat.	Formule I. Lading geplaatst glijk met op 30 cm van den boord van het gat. Opvangin der gassen op 40 cm afstand van den boord van het gat.	Formule II. Lading geplaatst op 0,30 m van den boord van het gat. Opvangin der gassen op 20 cm afstand van den boord van het gat.	Formule II. Lading geplaatst op 0,30 m van den boord van het gat.	Formule III. Lading geplaatst op 0,30 m afstand van den boord van het gat. Opvangin der gassen op 20 cm afstand van	Formule III. Lading geplaatst op 0,30 m afstand van den boord van het gat. Opvangin der gassen op 40 cm afstand van den boord van het gat.	
	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)
H_2	0,046	0,490	0,199	0,256	0,326	0,434	0,152	0,438	0,059
NO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O_2	18,83	15,96	15,90	17,36	16,94	15,77	15,56	16,98	17,80
CH_4	0,06	0,10	0,09	0,09	0,04	0,15	0,02	0,14	0,17
CO	0,20	0,71	0,43	0,63	0,59	0,58	0,43	0,70	0,15
N_2	77,21	77,93	77,75	78,11	76,97	76,70	77,42	76,90	78,23
CO_2	4,632	4,758	5,570	3,535	5,105	6,335	4,393	4,762	3,566
CxHy, N_2O	0,026	0,053	0,060	0,027	0,044	0,042	0,023	0,068	0,038

Welnu 0,616 atoomgram koostof heeft een gasvolume gegeven evenredig met 4,892, som der CO_2, CO- en CH_4 — gehalten door de analyse bekomen.

De hoeveelheid koostof door de ontploffing in CO_2 omgezet is dus :

$$\frac{4{,}632 \times 0{,}616}{4{,}892} = 0{,}5832 \text{ atoomgram.}$$

Zoo vindt men ook voor de koolstof die omgezet werd in CO en CH_4.

0,0251 en 0,0075.

De koolstof der springstof 0,616 atoomgram werd dus omgezet als volgt 0,5832 CO_2 + 0,0251 CO + 0,0075 CH_4 (moleculegram).

De door de springstof vrijgemaakte waterstof werd in dezelfde verhouding als het CO_2 verdund, zoodat men vindt :

$$\frac{0{,}046 \times 0{,}616}{4{,}892} = 0{,}0057$$

moleculegram vrij H_2.

Derhalve is het gemakkelijk de berekening te beëindigen de balans van waterstof en zuurstof en eindelijk bekomt men, voor 100 gr springstof :

0,5832 CO_2 + 0,25 ICO + 0,0075 CH_4 + 0,0057 H_2 + 2,1993 H_2O + 0,0686 O_2 + 1,132 N_2.

We hebben de gassen voortkomend van het slagpijpje en de door C_x H_y aangeduide gassen verwaarloosd omdat hun juiste samenstelling niet te kennen is.

We duiden hieronder de uitslagen van deze berekening aan voor de 9 monsters die wij namen voor de 3 Amatol-formulen.

(Er valt op te merken dat voor de formulen 2 en 3 met 26 % inerte stoffen, wij onze berekeningen gemaakt hebben voor 100 gr ontplofbare stof).

Formule 1 (Zuiver Amatol).

21. 0,5832 CO_2 + 0,0251 CO + 0,0075 CH_4 + 0,0057 H_2 + 2,1993 H_2O + 0,0686 O_2 + 1,132 N_2.

22. 0,528 CO_2 + 0,07855 CO + 0,0116 CH_4 + 0,0542 H_2 + 2,1437 H_2O + 0,125 O_2 + 1,132 N_2.

23. 0,5632 CO_2 + 0,04349 CO + 0,0091 CH_4 + 0,0202 H_2 + 2,1816 H_2O + 0,083 O_2 + 1,132 N_2.

24. 0,5117 CO_2 + 0,0912 CO + 0,0132 CH_4 + 0,037 H_2 + 2,1566 H_2O + 0,1284 O_2 + 1,132 N_2.

Formule 2 (Amatol met 24 % zand).

25. 0,5776 CO_2 + 0,0687 CO + 0,00447 CH_4 + 0,0368 H_2 + 2,159 H_2O + 0,06717 C_2 + 1,1256 N_2.

26. 0,581 CO_2 + 0,053 CO + 0,013 CH_4 + 0,039 H_2 + 2,139 H_2O + 0,0806 O_2 + 1,125 N_2

Formule 3 (Amatol met 24 % zout).

27. 0,5882 CO_2 + 0,0575 CO + 0,0026 CH_4 + 0,0202 H_2 + 2,1797 H_2O + 0,0509 O_2 + 1,1256 N_2.

28. 0,551 CO_2 + 0,081 CO + 0,016 CH_4 + 0,05 H_2 + 2,1222 H_2O + 0,104 O_2 + 1,1256 N_2.

29. 0,5952 CO_2 + 0,025 CO + 0,0282 CH_4 + 0,0097 H_2 + 2,1389 H_2O + 0,0806 O_2 + 1,1256 N_2 (*).

Het onderzoek dezer uitslagen toont aan dat de samenstelling der ontploffingsgassen zeer veranderlijk is en dat dit vooral het geval is wat de gehalten aan CO, CH_4, H_2, en O_2 betreft.

De schommelingen van de CO_2 — en H_2O — gehalten zijn minder belangrijk en men stelt vast, dat de hoeveelheden koolstof en waterstof, die omgezet worden in CO_2 en H_2O respectief schommelen tusschen.

83 en 96 %
95,6 en 99 %

van de gehalten in de springstof.

Eindelijk weze gezegd dat het nogal verwonderlijk is dat de CO_2 en H_2O gehalten niet evenredig zijn met de grenslading der springstof, wat zou schijnen te bewijzen, dat de veiligheid niet door de detonatiegassen beïnvloed wordt.

We moeten echter laten opmerken dat al de stalen in de as van het gat werden genomen.

Latere proeven zullen aantoonen of aan den omtrek van den gaskegel, die door de springstof uitgestooten wordt, de bestanddeelen met grenslading veranderen.

De veiligheid der springstof zou inderdaadvooral van de samenstelling der gaslaag, welke onmiddellijk met de omgevende atmosfeer in aanraking komt, afhangen.

6) Studie van slagpijpjes met tijdontsteking van Engelsch fabrikaat.

Daar de kolenmijen onmogelijk dergelijke slagpijpjes konden bekomen van de fabriek van Troisdorf (Duitschland), hebben wij, op verzoek van Ocachar, in 1945 electrische slagpijpjes met tijdontsteking van Engelsch fabrikaat onderzocht.

Ze werden geleverd door de firma Nobel van Glasgow en waren voorzien van een ontsteker van het « gasloos » type.

Onze studie had de drie volgende punten als voorwerp :

1) Regelmatigheid van het afvuren;
2) Gevoeligheid van den ontsteker voor den onstekinsstroom;
3) Doelmatigheid van de vastwurging der geleiders.

Regelmatigheid van het afvuren : De organisatie van het springwerk met tijdontsteking eischt, dat de verschillende groepen ineens af te vuren mijen achtereenvolgens, elk op beurt en zonder beurtwisseling, ontploffen.

Om na te gaan of de bestudeerde slagpijpjes deze voorwaarde verwezenlijken, hebben wij verschillende malen de zes ladingen van een groep, die ineens moest ontstoken worden, respectief aangezet met een momentslagpijpje en met vijf slagpijpjes met de vertragingen

1, 3, 5, 7, en 9 en de zes opeenvolgende ontploffingen door middel van een oscillograaf geregistreerd.

Om dit te doen zijn wij als volgt te werk gegaan.

De geluidsgolf, waarmede elke ontploffing gepaard gaat, wordt door een luidspreker opgevangen waarvan den stroom, versterkt door het laagfrekwentetage van een radiopost, door een wikkeling van den oscillograaf gaat.

Twee andere wikkelingen teekenen aan, de eene de sinusoïde van de wisselspanning van het net, de andere de ontstekingsstroom van de slagpijpjes.

Het onderzoek van de filmen, waarop tezelfdertijd de ontstekingsstroom, de geluidsgolven en de netspanning opgeteekend worden, laat toe de opeenvolging van de ontploffingen in den tijd te bepalen, wanneer men het afgaan van het momentslagpijpje als vertrekpunt neemt.

De osillogrammen hebben ons toegelaten de gemiddelde waarden te bepalen aangeduid in tabel XVI.

TABEL XVI.

Détonateurs	Moyenne des temps d'explosion en secondes.	Ecarts entre les extrèmes en seconde.	Ecart maximum avec la moyenne en secondes.
Retard 1	0,612	0,25	0,132
— 3	1,47	0,19	0,13
— 5	2,35	0,20	0,10
— 7	3,42	0,59	0,33
— 9	4,35	0,79	0,50

Wij hebben geen beurtwisseling bekomen, maar, zooals deze tabel aantoont, is het afgaan van slagpijpjes van een zelfde vertraging aan belangrijke afwijkingen onderhevig.

Voor de vertragingen 7 en 9 is het verschil tusschen de uiterste waarden grooter dan de helft van den tijd, die theoretisch zou moeten verloopen tusschen twee opeenvolgende ontploffingen (1 seconde) en het grootste verschil tusschen den gemiddelden tijd en de uiterste waarden is grooter dan een vierde van dezen theoretischen tijd.

Om deze reden kon er geen sprake van zijn, het gelijktijdig gebruik in een zelfden stroomkring toe te laten van tijdslagpijpjes met opeenvolgende vertragingen van een halve seconde.

Een tweede reeks proeven met de volledige reeks vertragingen, gaande van 1 tot 10, toonde aan dat bij gebruik van al de nummers beurtwisseling mogelijk is.

Gevoeligheid van de ontstekers : We hebben slagpijpjes afgevuurd, eerst door middel van den stroom van een batterij in het laboratorium, daarna door middel van den stroom van een ontstekingstoestel, waarvan wij het debiet, in functie van den uitwendigen weerstand, kenden, in een steengang, welke gegraven werd in een mijn van het bekken van Charleroi; zoo hebben wij vastgesteld dat de stroomsterkte, die noodig is om weigeringen bij de ontsteking te vermijden, ten minste 1,2 ampère bedraagt.

Aan deze voorwaarde wordt automatisch voldaan, wanneer de totale weerstand van den stroomkring 33 % kleiner is dan die, welke als grootst toegelaten waarde op de door het Nationaal Mijninstituut aangenomen ontstekingstoestellen aangeduid wordt.

Doelmatigheid van de vastwurging van de geleiders Deze doelmatigheid vormt een waarborg van veiligheid bij de behandeling. We hebben ze onderzocht door trekproeven op de draden der slagpijpjes uit te oefenen.

Vijftig slagpijpjes werden aan deze proef onderworpen; telkens zijn de geleiders dicht bij de vastwurging (looden stop) gebroken zonder dat er zich een ontploffing voordeed.

Als besluit hebben wij een gunstig advies voor het gebruik dezer slagpijpjes in onze mijnen uitgebracht, mits volgend dubbel voorbehoud :

1) uitsluitende benuttiging in een zelfden kring van de slagpijpjes met de vertragingen 0, 1, 3, 5, 7, en 9;

2) vermindering van 33 % van den grootst toegelaten weerstand aan geduid op de gebruikte ontstekingstoestellen.

II. — MIJVERLICHTING MET VLAMLAMPEN.

a) VOEDING DER OLIELAMPEN.

Om het gebrek aan koolzaadolie te verhelpen hebben wij gedurende de laatste maanden van 1944 de mogelijkheid onderzocht een mengsel gasoïl en petroleum te gebruiken voor de olielampen.

Dit mengsel had de volgende samenstelling en kenmerken :

Samenstelling :

Engelsche gasoïl . .	95 %;
Petroleum . . .	5 %.

Kenmerken :

Dichtheid bij 15°C . .	0,8417;
Vlampunt . . .	69°C;
Brandpunt . . .	98°C.

We hebben nagegaan of dit product gemakkelijk te gebruiken was voldoende licht gaf en geschikt was om het mijngas op te sporen.

Hier volgen de voornaamste vaststellingen tijdens dit onderzoek gedaan.

Het niet verbrand residu voortkomend van de vlam is betrekkelijk klein, wat het voordeel biedt de vervuiling van de pitten te vertragen en de regeling der vlam voor het opsporen van mijngas te vergemakkelijken.

In den loop van sommige proeven hebben wij de wiek slechts na 6 à 7 uren branden moeten schoonmaken en wij hebben de lamp 12 uren kunnen aan laten zonder ze te moeten snuiten.

Wet meer is, het lichvermogen is ten minste gelijk aan dat van gezuiverden koolzaadolie.

Eindelijk hebben wij vastgesteld, dat een lamp gevuld met dit mengsel in een mijngashoudende atmosfeer goed gekenmerkte lichtkronen geeft.

Ziehier de hoogte der opgemerkte lichtkegels, voor verschillende mijngasgehalten.

Methaangehalten in %	Hoogte van den lichtkegel in mm
2,0	5
2,5	7
3,0	11
3,5	15
4,0	22
4,5	32

Voor gehalten van meer dan 3 % zijn de hoogten van den lichtkegel begrepen tusschen die van de koolzaadolielamp (platte wiek en die van een benzinelamp (ronde wiek).

Het gebruikt van dit mengsel in den loop van 1945 viel nochtans tegen.

De lampen rookten en gingen na een of twee uren branden van zelf uit.

Het nazicht van de stalen, die wij in de kolenmijnen hadden laten nemen, toonde aan, dat euvel in hoofdzaak te wijten was aan het vervuilen van de potten en van de wieken door vroeger gebruik te oliesoorten van slechte kwaliteit en dat het volstond de lamp grondig met benzine te reinigen om opnieuw een regelmatig branden van de lamp te bekomen.

b) STUDIE VAN EEN BENZINELAMP VAN ENGELSCH FABRIKAAT.

Op verzoek van den Centralen Bevoorradingsdienst der Belgische kolenmijnen (Ocachar) hebben wij, met het oog op het gebruik in mijngashoudende mijnen, een benzinelamp met luchttoevoer langs onder van de firma Hailwood en Ackroyd van Morley-Leeds (Groot Brittannië) onderzocht.

Deze lamp toonde veel gelijkenis met het Hailwood-V. B. 4-type dat bij ministerieel besluit van 30-8-1919 aangenomen werd.

Le lucht trekt in de lamp langs den zelfden kronkelweg; de afmetingen van de luchttoevoeropening en van de luchtafvoeropening alsmede de diameters en de hoogten van de zeefkappen verschillen.

Wat meer is, het draadnet der zeefkappen had slechts 60 mazen per cm^2, terwijl in België al de aangenomen lampen van draadnetten met 144 mazen per cm^2 voorzien zijn.

Wij zijn dus verplicht geweest aan den constructeur

te vragen de zeefkappen te wijzigen volgens de Belgische voorschriften.

Na wijziging werd de lamp, om na te gaan of de vlam zou doorslaan, aan proeven onderworpen in een mijngashoudende, ontvlambare luchtstroom met een snelheid gaande tot 18,5 m/s.

Daar deze proefnemingen bevredigende uitslagen gegeven hebben werd de lamp voor aanneming bij ministerieel besluit voorgesteld.

III. — STUDIE VAN EEN MIJNGASONTVLAMMING VEROORZAAKT DOOR EEN LAMP.

Dit ongeval heeft zich op 30 Augustus 1944 om 1 uur 's morgens voorgedaan in een kolenmijn van het bekken van den Neder-Samber.

We zullen eerst de voornaamste omstandigheden, zooals ze in het proces-verbaal van het onderzoek aangehaald worden, in herinnering brengen.

De pijler was tot aan een zadebrug doorgetrokken die boven de luchtverdieping gelegen was (zie plan, fig. 23).

De lucht, na den top van de houwplaats bereikt te hebben, daalde naar de luchtverdieping langs een luchtgalerij en een luchthelling waarvan de totale lengte ongeveer 40 m bedroeg.

Om het volume lucht, dat het boven de luchtverdieping gelegen gedeelte van den pijler verluchtte, te vermeerderen had men een luchtdoek geplaatst in het gedeelte van de galerij dat tusschen den pijler en de luchthelling ligt, en hier had men een kolom linnen kokers, zoogenaamde ventubes, (26 m lang, doormeter 300 mm) en een turbo-ventilator van 400 mm doormeter in dienst gehouden.

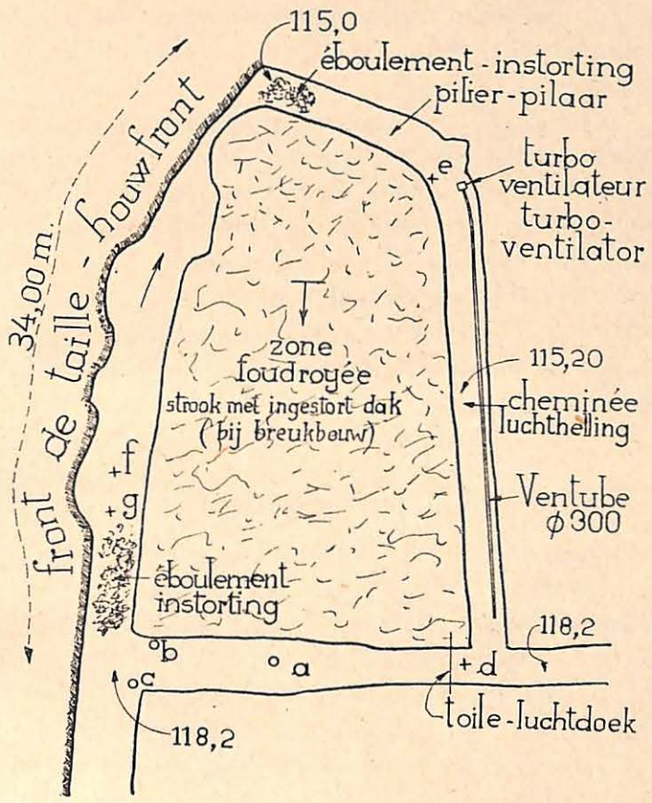


Fig. 23.

Deze ventilator, door een metalen kegel met het bovenuiteinde van de kolom verbonden, zoog rechtstreeks de lucht van de werkplaats op, dat wil zeggen zonder tusschenliggenden, zuigenden koker.

De ontvlamming trof slechts het gedeelte van de werkplaats dat boven de luchtverdieping gelegen is (dus hetgeen dat op fig. 23 voorgesteld wordt).

Drie werklieden, die zich op de plaatsen (a), (b), en (c) bevonden, werden gekwetst; een monteur, een chef-

porion, de bedrijfsingenieur en zijn vrouw werden dood weergevonden, respectief op de plaatsen (d), (e), (f) en (g).

De eenige aanduidingen die door het onderzoek opgeleverd werden en toelieten een vermoeden betreffende de oorzaak te vormen, waren een gebroken electrische lamp en een niet gesloten benzinelamp : de eerste lag naast den ingenieur op de plaats (g), de tweede naast den chef-porion op de plaats (d).

De vraag stelt zich, welke van de twee gebrekkige lampen de meest geschikte was om de mijngasontvlamming te veroorzaken.

STUDIE VAN DE ELEKTRISCHE LAMP.

De elektrische lamp, die gebroken weergevonden werd, was van het O. K. I.-type van de firma C. E. A. G. (Concordia Electrizitäts Aktiengesellschaft) te Dortmund en werd aangenomen door het besluit - Algemeen directie van het Mijnwezen N^{r} 13 C/5429, van 11 Mei 1941.

Ter herinnering geven wij hieronder de voornaamste kenmerken van die lamp.

De stroombron is een batterij van twee alkalische elementen (normale spanning : 1,3 volt per element). Deze batterij is opgesloten in een doos van nikkelstalen plaat, die den vorm van een recht parallelipipedum van rechthoekige doorsnede heeft.

De achterkant van de doos is beweegbaar rond twee klinknagels, die in de zijden vastgezet zijn, en dient dus als deksel. Dit wordt gesloten gehouden door een veergrendel die op de bovenzijde van de doos vastgemaakt is en die door de werking van een geschikten electromagneet losgemaakt kan worden.

Op de doos staat een stalen kegel die een reflector en de gloeilamp bevat. Op dien kegel wordt een ring geschroefd waarmede het bolvormige beschermingsglas op zijn plaats gehouden wordt.

De ring is door een schroef vastgezet, die slechts langs het binnenste van de doos kan bereikt worden.

Eindelijk is de lamp voorzien van een schakelaar, een gewone geribbelde knop, die op de bovenzijde van de doos geplaatst is; hij dient om het contact te verwerzenlijken twee stukken die in den stroomkring van de gloeilamp geplaatst zijn. Deze verbruikt bij de spanning van 2,6 volt ongeveer 0,5 ampère.

Toen de lamp weergevonden werd was ze om zoo te zeggen gansch stuk. Het beschermingsglas was weg en van den ring, die op den kegel met den projector wordt geschroefd, vond men op de plaats van het ongeval slechts een stuk weer, ongeveer de helft,

De gloeilamp, merk Luxor (2,6 V — 0,5 A) was gebroken en de gloeidraad was stuk. Van dezen laatste zag men nog twee fragmenten, verbonden aan de steunstangetjes die naar het onderste deel van de gloeilamp omgeplooid waren.

De rand van den projector, waarin het beschermingsglas had gezeten, zag er uit alsof hij over een lengte van 15 mm door een schok was ingedeukt.

De doos was nog altijd gesloten en wij hebben een electromagneet moeten gebruiken om het deksel te openen.

Het onderzoek van het binnenste heeft ons geen interessante bijzonderheid laten ontdekken.

Eindelijk, ofschoon de gloeilamp geheel vernield is, bestond er geen kortsluiting tusschen de steunstangetjes van den gloeidraad en het is ons nog mogelijk geweest

den accumulator den normalen voedingsstroom voor de gloeilamp, dus 0,5 A, te laten leveren.

In 't algemeen toonden de beschadigingen, die op de lamp waargenomen werden, wel aan dat zij een schok had moeten ondergaan die van buiten kwam.

Trouwens het breken van het glas en van den ring, die het vastzette ,konden niet door een ontploffing binnen de doos verklaard worden, want de vrije ruimte is er te klein om een geweldige ontploffing mogelijk te maken.

De vraag stelde zich dan ook of de op de lamp waargenomen beschadigingen de oorzaak van het ongeval waren geweest, ofwel of zij enkel de gevolgen er van waren.

Beide veronderstellingen waren even aannemelijk, want indien aan den eenen kant het contact van een gloeiende gloeidraad met een mijngashoudende atmosfeer gewoonlijk door een ontvlamming wordt gevolgd, weet men aan den anderen kant dat de ontploffing altijd met zeer geweldige luchtstooten gepaard gaat, waardoor allerhande breuk kan verwekt worden.

Nochtans scheen het ons logisch eerst de beschadigde electrische lamp te verdenken en juist om te weten of dat vermoeden gegrond was zijn we overgegaan tot een heele reeks proefnemingen op gloeilampjes van het type in de lampen C. E. A. G. gebruikt in de kolenmijn van Roton.

Deze proefnemingen herinneren de studie die wij in 1942 gedaan hebben op de mijngasontvlamming door den gloeidraad van de draagbare electrische lampen. (Zie jaar verslag over de Werkzaamheden in 1942 van het Nationaal Mijninstituut, verschenen in de Annalen der Mijnen van België, boekdeel XLIV, jaar 1943, blz 105).

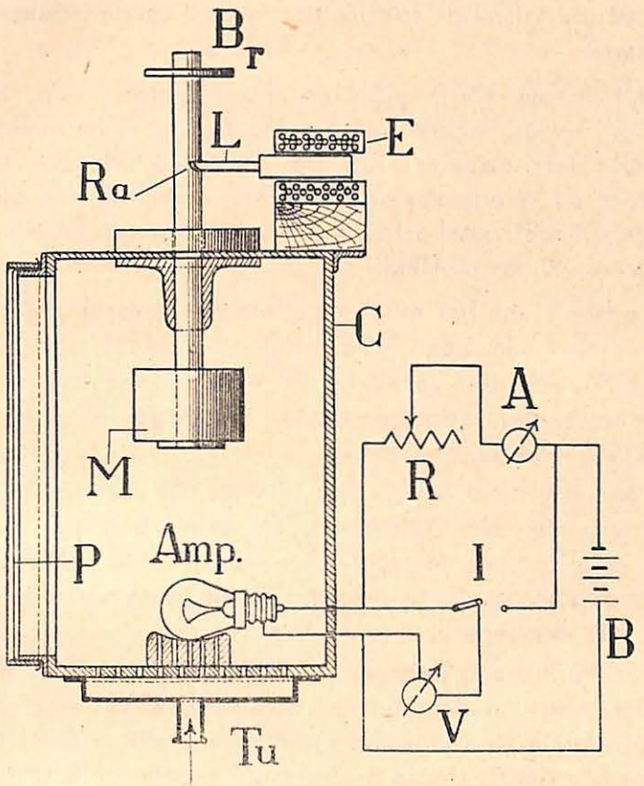


Fig. 24.

De proefnemingsinrichting, waarvan wij ons in 1942 bediend hadden, werd dus weer gebruikt, maar onder een licht gewijzigden vorm. Ze is op fig. 24 schematisch voorgesteld.

Het gloeilampje (amp) wordt gevoed door een batterij (B) waarvan het debiet geregeld wordt door een metalen weerstand met schuifcontact (R) en een ampèremeter. Een secundaire stroomkring met poolwisselaar laat toe met den voltmeter, ofwel de klemspanning van

de batterij, ofwel de spanning toegepast op de gloeilamp te meten.

Het lampje wordt gebroken in een metalen kuip, van 10 liter inhoud, waarin een mengsel van lucht en mijngas stroomt langsde buis (Tu). De voorwand van de kuip bestaat uit spiegelglas en de linker zijwand uit een blad papier (P) dat gescheurd of voorwaarts geworpen wordt in geval van ontploffing.

De breuk van het gloeilampje wordt veroorzaakt door den schok van een valhamertje (M) geleid door de stang (T). Vóór den val wordt dit hamertje in zijn bovenste stelling gehouden door een plaat, die in een gleuf in de leidstang (Ra) zit.

Daar die plaat verbonden is met den beweegbaren kern van een electromagneet (E), is het genoeg dezen aan te zetten om de plaat (L) uit de gleuf te trekken en het valhamertje vrij te maken; de valhoogte wordt door het stift (Br) beperkt.

Zoodra het glas gebroken is, vermeerdert de door den ampèremeter aangeduide stroom plotseling, wat een vermindering van den weerstand van den stroomkring te kennen geeft. Die is toe te schrijven aan de afkoeling die de gloeidraad ondergaat door het contact met het mijngasmengsel dat in het luchtledig van de gloeilamp binnendringt.

Weinige oogenblikken nadat het glas gebroken wordt, smelt de gloeidraad en terzelfdertijd ontvlamt al of niet de omgevende atmosfeer.

De gloeilampen Luxor voor lampen C. E. A. G. die we beproefd hebben dragen de volgende aanduidingen op het hulsje : 2,6 volts - 0,5 amp.

Ze zijn echter niet van een eenvormige fabricatie. Op aanvraag van de « Ateliers Mécaniques de Mariemont-Hayettes » vertegenwoordigers der firma C.E.A.G. in België, fabriceert de « Société Luxor » inderdaan een bijzonder gloeilamptype met grooter lichteffect, dat slechts door inwendige fabricatiedetails en door een grooter stroomverbruik van het gewone type te onderscheiden is.

Onder de spanning van 2,6 volts, verbruikt het gewone type 0,45 A en het type met hooger lichteffect 0,5 A. (Natuurlijk zijn dat gemiddelde waarden want de seriefabricatie laat niet toe de volledige onveranderlijkheid van de verbruikskenmerken te behouden).

Onze proefnemingen werden op deze twee typen van gloeilampen uitgevoerd want we waren er niet in geslaagd met zekerheid het type te bepalen, waartoe de gloeilamp behoorde die in de werkplaats gebroken werd weergevonden.

We hebben dus zestig gloeilampen, te weten vijf en twintig van het gewone type en vijf en dertig van het type met hooger licht effect, aan de proefneming van breuk in mijngasmidden onderworpen. Bijna alle werden ons door de « Ateliers Mécaniques de Mariemont-Hayettes » verschaft.

De gloeilamp werd altijd gevoed, ofwel door de batterij van de baschadigde C.E.A.G.-lamp, ofwel door een batterij van alkalische elementen, waarvan het debiet door een weerstand met schuifcontact geregeld werd.

Wanneer de lamp haar werkingstemperatuur bereikt had, werd het glas door het vallend hamertje gebroken, ofwel door een zijdelingschen schok — de symmetrieas der lamp horizontaal zijnde (zie fig. 24) —, ofwel door een centralen schok op het bovenste gedeelte van het glas — de symmetrieas in de valrichting van het hamertje geplaatst.

Men schreef de aanduidingen van den ampèremeter op vóór en na de breuk van het glas en men mat den tijd, die tusschen de breuk van het glas en de smelting van den gloeidraad verliep; deze werd aangeduid door den terugkeer naar nul van den wijzer van den ampèremeter.

Voor elke proefneming werd een monster van het mijngasmengsel genomen om het gehalte aan methaan te controleeren.

Op 58 proefnemingen, heeft er slechts ééne de ontvlamming verwekt en dat in de volgende zeer bijzondere voorwaarden :

Gloeilamp van het gewone type, gevoed door vier alkalische elementen en 0,6 A verbruikende onder een spanning van 4,5 V, 't is te zeggen 65 % hooger dan de gewone spanning van een batterij van twee elementen.

De ontvlamming kon dus niet toegeschreven worden aan de electrische lamp, die in de werkplaats gebroken werd weergevonden.

STUDIE VAN DE BENZINELAMP.

De benzinelamp van den chef-porion is van het type Wolf, met benedenvoeding, pantsering en herontsteker met centrale bediening.

Die lamp werd dus niet gesloten weergevonden, m. a. w. de pantsering was niet genoeg aangeschroefd om den pal van de magneetsluiting toe te latten te werken.

Van buiten zag de lamp er normaal uit, behalve dat de pantsering op de helft ongeveer van de hoogte een deuk vertoonde voortkomend van een zijdelingschen schok.

Na de lamp uiteengenomen te hebben, hebben wij vastgesteld dat de wiek geregeld was voor de kleine vlam.

Wat meer is, het dekseltje, dat zich normaal op de leidingsbuis van het regelingsschroefje bevindt, was op den pot gevallen waarop het zich vrij kon bewegen, volgens de helling die aan de lamp gegeven werd.

Deze onregelmatigheid, evenals de onvolledige vastzetting van de pantsering waren reeds vastgesteld geworden toen de lamp in de werkplaats werd weergevonden.

Hieronder geven wij een paar details van de fabricatie, en de monteering van dit dekseltje (Zie fig. 25).

Fig. 25.

Het wordt vastgemaakt met twee haakjes (zichtbaar op het voorzicht) die met harde wrijving in twee gleuven

dringen, welke in het bovenste gedeelte van de leidingsbuis gemaakt zijn.

Die manier van verbinden, die ons als weinig rationeel voorkomt, is noodig om wille van het feit dat men, om de wiek te vernieuwen, het deksel moet afnemen.

Na de lamp uiteengenomen te hebben, hebben wij de volgende punten vastgesteld :

a) de haken van het dekseltje zijn niet even hoog zooals fig. 26 aantoont.

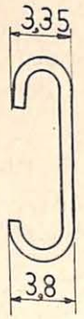


Fig. 26.

b) het dekseltje kan niet op zijn gewone plaats gemonteerd worden, want het is onmogelijk beide haken terzelfdertijd in de groeven van de buis te doen grijpen daar een van die haken misvormd is.

c) wanneer de kortste haak (3,35 mm) van het dekseltje onder de kroon grijpt, kan de pansering niet volledig op den pot vastgeschroefd worden en dit gebrek is zoo erg dat de pal van de magneetsluiting niet werkt.

Deze vastellingen eenerzijds en de negatieve uitslagen van onze proefnemingen op de electrische gloeilampjes anderzijds brachten er ons toe te veronderstellen dat de benzinelamp van den chef-porion, en niet de electrische lamp, de ontvlamming, kon veroorzaakt hebben.

Wij hebben ons inderdaad afgevraagd of het dekseltje, losgeraakt bij het schoonmaken, bij het hermonteeren der lamp niet, om een ongekende reden, onder de luchtkroon kon gedrongen zijn en zóó het volledig vastschroeven van de lamp kon hebben belet, met het gevolg dat er een opening werd geschapen die de voortplanting van een inwendige mijngasontploffing naar buiten kon hebben mogelijk gemaakt.

De verplettering van een der haakjes van het dekseltje zou dus het gevolg zijn van de krachtinspanningen die de lampenist of de chef-porion zouden gedaan hebben om de pantsering volkomen vast te schroeven.

Doch die veronderstelling schijnt geen steek te houden, wanneer men de werkwijze, die in de kolenmijn gevolgd wordt om de lampen ineen te zetten, in oogenschouw neemt.

Volgens den ingenieur die het verslag heeft opgemaakt, steekt de lampenist de lamp aan met een aansteker dien hij vervolgens in den aanstekerskoker steekt; daarna plaatst hij achtereenvolgens de luchtkroon, het glas, de zeelkappen en de pantsering ; deze wordt vervolgens op den lamppot geschroefd.

Men vraagt zich natuurlijk af, hoe de lampenist de luchtkroon heeft kunnen plaatsen zonder op te merken dat ze scheef stond en door het dekseltje werd tegengehouden.

Spijts alles blijft er nog deze moeilijk te verklaren vaststelling, dat de lamp ongesloten in het ondergrondsch bedrijf werd weergevonden en dat het dekseltje de eenige hindernis was die het volkomen vastzetten van de pantsering belette.

In de proefnemingen, uitgevoerd op de benzinelamp, hebben wij dus verondersteld dat zij den chef-porion

werd overhandigd met schuin geplaatste luchtkroon, m. a. w. dat de luchtkroon op een punt van den omtrek 3,35 mm opgeheven was; die hoogte is gelijk aan die van het misvormde haakje van het dekseltje.

Wij hebben ons dus voorgesteld dat de verschillende deelen der lamp ineengeplaatst waren zooals op fig. 27 aangeduid is.

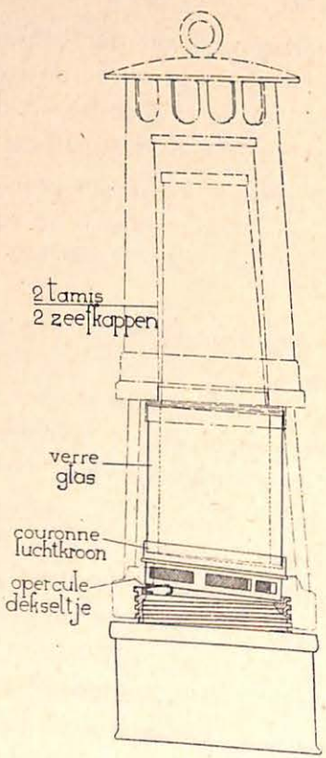


Fig. 27.

Ten gevolge van het vastschroeven van de pantsering is de stand van de zeefkappen bijna normaal; in alle geval staan ze minder schuin dan de luchtkroon. Deze

wordt wel een beetje rechter gezet bij het monteeren der lamp, zonder echter haar normalen volstrekt horizontalen stand terug in te nemen.

De proefnemingen, die op de benzinelamp werden uitgevoerd, kunnen als volgt ingedeeld worden :

a) Inbrengen van de lamp in een mijngashoudende atmosfeer in rust.

b) Werking op de lamp van een mijngashoudende atmosfeer in beweging.

c) Wederaansteken van de lamp in een mijngashoudende atmosfeer.

a) Inbrengen van de lamp in een mijngashoudende atmosfeer in rust.

Deze proeven werden uitgevoerd in een loodrechten plaatijzeren cilinder (c) (zie fig. 28) van 80 cm hoogte en

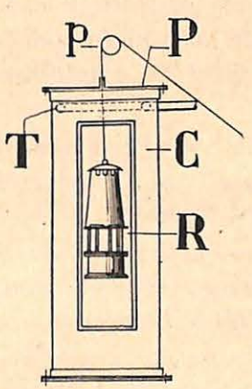


Fig. 28.

30 cm doormeter, van boven door een plaat (P) afgesloten. In het bovenste gedeelte van den cilinder bevindt zich een ringvormige buis (T) doorboord met gaten.

Door deze buis vloeit een ontvlambaar mengsel van lucht en mijngas, dat door een pomp geleverd wordt, in den cilinder binnen.

De brandende lamp wordt aan koord opgehangen die doorheen het deksel van den cilinder en over een katrol gaat; de lamp wordt dus in het ontvlambaar mengsel langs onder ingebracht.

Een kijkgat R, afgesloten door een spiegelglas, laat toe na te gaan wat er in de lamp gebeurt.

Wanneer de lamp op halve hoogte van den cilinder komt, verlengt zich de gele benzinevlam, terwijl blauwe mijngasvlammen zich vertoonen; deze strekken zich uit naar de luchtkroon en in de zeefkappen.

Dan gaat de benzinevlam uit, maar het mijngas brandt voort totdat de blauwe vlammen insgelijks uitgedoofd worden, omdat de natuurlijke tocht niet voldoende is om de verbrandingsgassen uit de lamp te verwijderen.

Wanneer er een groote fout aan de lamp is, slaat de mijngasvlam door onmiddellijk na de uitdooving van de benzinevlam en volgt de ontploffing van het mijngas in den cilinder.

Die handelwijze bootst het gebaar van den mijnwerker na die het mijngas in de bovengedeelten van een galerij of een werkplaats opzoekt.

Het scheen ons interessant de defecte lamp op die wijze te onderzoeken : ze werd op de werkplaats weergevonden met de pit klein gesteld voor de opzoeking van mijngas.

Hieronder geven wij de uitslagen van onze proefnemingen.

a) de luchtkroon wordt op haar ganschen omtrek 3,35 mm opgeheven. Dit spel is gelijk aan de kleinste dikte van het dekseltje der leidingsbuis van de stelstang.

De lamp wordt langzaam in een mijngasmengsel met een gehalte van 9 1/2 à 11 % methaan ingebracht.

Wij herhalen die proefneming twintig maal en twee maal slaat de vlam door en volgt de ontploffing van de omgevende atmosfeer.

Wij zetten de proefnemingen voort zooals hierboven aangeduid, behalve dat we de lamp plots laten dalen na het verschijnen van de blauwe vlammen.

eW doen 8 proefnemingen in mengsels met 11,5 % methaan : één wordt gevolgd door de ontploffing van de omgevende atmosfeer.

b) De luchtkroon wordt schuin geplaatst door ze op een plaats door een metalen stang van 3,35 mm dikte op te heffen. De lamp is ineengezet zooals op fig. 27 is aangeduid.

We doen 70 proefnemingen op de volgende wijze : We trekken de lamp langzaam op en, in vele gevallen, laten we ze daarna plots dalen in mengsels met een methaangehalte veranderend van 7,25 tot 11,50 %. Bij geen enkele van deze proefnemingen werd de ontploffing van de omgevende atmosfeer veroorzaakt.

b) Werking op lamp van de mijngashoudende atmosfeer in beweging.

Na de defect elamp in mijngashoudende atmosfeeren in rust onderzocht te hebben, hebben wij ons afgevraagd of de hevige bewegingen van het gasmengsel rond de lamp niet van aard zouden zijn het doorslaan van de vlam doorheen de opening onder de luchtkroon te vergemakkelijken.

Deze proefnemingen werden uitgevoerd in ons proeftoestel voor vlamlampen; dit laat toe het mengsel, dat op de lamp toestroomt, verschillende richtingen te geven

(horizontale stroom — schuine stroom — vertikale stroom) en terzelfdertijd de snelheid en het gehalte aan methaan te doen veranderen.

De snelheid hebben wij laten veranderen van 0,95 m tot 9,20 per seconde.

In de galerijen van de geteisterde werkplaats, moet de snelheid van den luchtstroom betrekkelijk gering geweest zijn en daarom hadden wij ons bij de proefnemingen tot een snelheid van 0,95 m/s kunnen beperken; doch vermits de chef-porion weergevonden werd in de nabijheid van de aanzuigopening van den ventilator, was het logisch de defecte lamp te onderzoeken met toenemende snelheden van den mijngashoudenden luchtstroom tot de grootste snelheid van de lucht aan de zuigopening van den ventilator bereikt werd.

Een paar metingen van den luchtstroom aan de zuigopening van den ventilator, die, in de werkplaats gebruikt werd, hebben ons aangetoond dat de aanzuigsnelheid 9,20 m/s niet kon overschrijden. We konden ons dus tot dit maximum beperken.

Om de veiligheid van de lamp in een woelige atmosfeer na te gaan hebben wij, in sommige proefnemingen, veranderingen van de snelheid van het mengsel veroorzaakt door afsluiten en plots terugopenen van den mijngastoevoer.

In sommige gevallen, heeft die handelwijze de lamp uitgedoofd; in andere is het mogelijk geweest de mijngasvlammen binnen de lamp herhaaldelijk weer aan te steken.

Die manier van werken is uiterst streng; een lamp in goeden staat maar zonder pantzer weerstaat er niet aan zonder de ontploffing van de omgevende atmosfeer te verwekken.

Die proefnemingen werden uitgevoerd met de luchtkroon horizontaal geplaatst en opgeheven door twee stangen van 3,35 mm dikte. In een proefneming sloeg de vlam door bij een snelheid van 9,20 m/s.

Daarna hebben wij nog 48 proefnemingen gedaan, met de luchtkroon schuin geplaatst door ze in een punt van haar omtrek opgeheven te houden door een stang van 3,35 mm.

Bij geen dezer proeven sloeg de vlam door.

Kortom als de luchtkroon in een punt van haar omtrek 3,35 mm opgeheven is, kan de vlam doorslaan indien de kroon in horizontalen stand geplaatst is; ze kan niet doorslaan als de kroon schuin geplaatst is.

De veiligheid door de lamp geboden wordt dus zeer onzeker zoodra het dekseltje, zelfs met zijn kortste haakje, onder de luchtkroon zit.

Men kan zich zelfs afvragen of de lampenist, niet onbewust de lamp zoo ineengezet heeft, dat de luchtkroon door het dekseltje tegengehouden haar horizontalen stand door het vastschroeven van het pantser weer heelemaal of ongevaer ingenomen heeft en dat zoo een vrije opening van gelijke hoogte boven den pot gelaten werd.

Gedurende ons onderzoek hebben wij nochtans altijd vastgesteld dat, ondanks het stevig aanschroeven van het pantser op den pot, de luchtkroon een neiging vertoonde om terug recht te komen maar dat ze den volkomen horizontalen stand nooit weer innam.

c) **Proefnemingen van wederaansteken in een mijngashoudende atmosfeer.**

De aanleiding tot deze proefnemingen waren de volgende beschouwingen.

Indien de lamp de ontvlamming niet veroorzaakt heeft toen de chef-porion het mijngas met kleine vlam opzocht, moet ze later uitgedoofd zijn, want een vlam-

lamp kan niet voortbranden zoodra het methaangehalte de ontploffingsgrens (ongeveer 6 % bereikt.

Het is dus logisch te veronderstellen dat de chefporion getracht heeft zijn lamp weer aan te steken en het is zelfs waarschijnlijk dat hij ze eerst aan den luchtstroom, door den ventilator aangezogen, heeft blootgesteld.

Daar wij de brandende lamp niet in gebreke hadden kunnen stellen, hebben wij het noodig geacht na te zien of ze niet gevaarlijker was op het oogenblik van de wederaansteking.

Door een lamp in een mijngashoudende atmosfeer terug aan te steken wordt de mijngasontploffing aan gansch het mijngasvolume binnen de lamp meegedeeld.

Integendeel, wanneer men een vooraf aangestoken lamp in een mijngashoudende atmosfeer brengt, behelst de inwendige ontploffing maar een deel van het volume binnen de lamp, daar het overige van dit volume bezwangerd is met de verbrandingsgassen van de benzine.

Met andere woorden de inwendige ontploffing, gevolg van de wederaansteking, is geweldiger, dus meer geschikt om door een defect onderdeel heen te slaan dan de explosie die zich in een brandende lamp voordoet.

Om de proefnemingen van wederaansteking te doen hebben wij de lamp in een houten kist geplaatst, die van een kijkgat met glas voorzien was en waarin een mengsel van lucht en mijngas gejaagd werd door middel van een pomp.

Een opening, in den bodem van de kist, liet toe de stang van den aansteker van buiten te bedienen.

We hebben de lamp in kouden of warmen toestand weder aangestoken de luchtkroon schuin, op een punt van haar omtrek door een metalen stang van 3,35 mm dikte opgeheven, geplaatst.

Voor de proef op de warme lamp hebben wij ze eerst een paar minuten in een atmosfeer met 3 of 4 % methaan laten verbranden; daarna hebben wij ze uitgedoofd door het methaangehalte boven 6 % te brengen. Vervolgens trachten wij ze weder te steken.

Voor de proef op de koude lamp brachten wij de niet aangestoken lamp in de ontvlambare atmosfeer; na enkele minuten deden wij den aansteker werken.

Wanneer de vlam doorslaat, geschiedt zulks onmiddellijk; slaat ze niet door en was de lamp warm, dan bleef de mijngasvlam soms tot 12 seconden na de inwendige ontploffing voortbestaan aan de luchtkroon.

Verscheidene pogingen om de koude lamp weder aan te steken verwekten de inwendige ontploffing niet, waarschijnlijk uit hoofde van gebrek aan tocht waardoor de mijngastoevoer alsdan onvoldoende was.

Hieronder geven wij een samenvatting van onze proefnemingen maar slechts van degene die ten minste de mijngasontploffing in de lamp verwekt hebben.

Proefnemingen op een koude lamp.
(In het geheel : 70 inwendige ontploffingen).

Methaangehalte van de mengsels	Vaststellingen
tusschen 6 en 7 %	20 inwendige ontploffingen zonder doorslaan der vlam.
tusschen 7 en 8 %	25 inwendige ontploffingen zon- doorslaan der vlam.
tusschen 8 en 9 %	14 inwendige ontploffingen (bij één ervan slaat de vlam door en ontploft de omgevende atmosfeer).
tusschen 9 en 10 %	11 proefnemingen zonder doorslaan der vlam.

Proefnemingen op een warme lamp.
(over het geheel : 23 inwendige ontploffingen).

Methaangehalte van de mengsels	Vaststellingen
tusschen 7 en 8 %	7 inwendige ontploffingen zonder doorslaan der vlam.
tusschen 8 en 9 %	11 inwendige ontploffingen (bij één ervan slaat de vlam door; ontploffing van de omgevende atmosfeer).
tusschen 9 en 10 %	5 inwendige ontploffingen zonder doorslaan van de vlam.

We stelden dus vast op 70 inwendige ontploffingen in de koude lamp en op 23 inwendige ontploffingen in de warme lamp de vlam éénmall doorsloeg; telkens voor een methaangehalte van 8,5 % in het mengsel.

BESLUIT.

Uit onze proefnemingen kunnen wij het volgende besluit trekken.

1) De electrische lamp, die in de werkplaats gebroken werd weergevonden, kan niet als de oorzaak van de mijngasontploffing aangezien worden.

Inderdaad het breken van het gloeilampje in een mijngashoudende atmosfeer heeft de ontvlamming slechts verwekt, wanneer de spanning van de stroombron veel hooger was dan die van den normalen accumulator der lamp.

2) Integendeel de benzinelamp scheen de eenige oorzaak van het ongeval te zijn. Het onvolkomen vastschroeven van het pantser alsmede de vervorming van

het dekseltje hebben aangetoond dat dit laatste toevallig onder de kroon was geraakt.

Bijgevolg maakte het spel tusschen den lamppot en de luchtkroon de veiligheid van de lamp zeer onzeker.

Misschien kon men er nog aan twijfelen na de proefnemingen in mijngashoudende atmosfeer op de brandende lamp, maar het feit werd goed bewezen door de proeven om de lamp weder aan te steken.

IV. — ONDERZOEK VAN HET MIJNGASVEILING ELECTRISCH MATERIEEL.

a) STUDIE VAN EEN TELEFOONTOESTEL.

Dit toestel, aangenomen bij besluit 13 E/6849 van 25 Februari 1944, wordt vervaardigd door de Bell Thelephone Manufacturing Cy te Antwerpen.

Bestemd om in ondergrondsche werken gebruikt te worden, werd het gemaakt met het oog de grootste handelbaarheid. Het vergt geen bestendige stroombron; de oproepen worden overgebracht door middel van een magneto, het woord door geinduceerde stroomen voortkomend van de veranderingen van een magnetischen vloed. Al de organen zijn in doozen van een lichte legeering geplaatst. De verschillende toestellen zijn onderling verbonden door met rubber geisoleerde geleiders van kleine doorsnede en zonder metalen bescherming.

Daar de kabels zeer kwetsbaar zijn, hebben wij nagegaan of de breuk er van in mijngashoudend midden een bron van gevaar kon zijn.

Daar de oproepstroomen heel wat sterker zijn dan die door de microphoon voortgebracht, hebben wij alleen het geval van kabelbreuk onderzocht op het oogenblik dat de magneto werkt.

Onze eerste proeven werden genomen met een vereenvoudigd toestel, waarin het hoofdbestanddeel en magneto van bijzonderen bouw is, welke bij normale snelheid een wisselstroom met 800 periodes per seconde geeft.

Tusschen de poolschoenen van den magneet zijn naast elkander geplaatst : een rotor met straalsgewijze geplaatste polen van magnetisch metaal en een kern vastverbonden aan een trilplaat; de magneet is ook voorzien van een wikkeling.

De veranderingen van den magnetischen vloed, veroorzaakt door de beweging hetzij van den rotor, hetzij van den kern, verwekken in de wikkeling geinduceerde stroomen, die ofwel het oproepsein, ofwel het gesproken woord overbrengen.

Door twee volkomen gelijke toestellen in serie te verbinden vormt men dus een telefoonpost.

De oproep wordt door de magneto overgebracht en in het tweede toestel door de trilplaat opgenomen; deze, na als luidspreker gewerkt te hebben, dient als microphoon en hoortoestel.

Om alles te laten gebeuren, alsof een kabel in een mijngashoudende atmosfeer breekt, hebben wij in een der geleiders, die de twee gelijke toestellen verbinden, een mechanische stroomonderbreker geplaatst, die de keten zestien maal per second opent en sluit in een mengsel van lucht en methaan.

Deze stroomonderbreker bestaat uit een gebogen stuk in messing, dat ronddraait en in het voorbijgaan een veerende plaat insgelijks in messing inhaakt. Het gebogen stuk en de plaat zijn in een metalen doos geplaatst, die gedurig met een ontvlambaar mengsel door een gezometer gespijsd wordt.

Terwijl de onderbreker werkte, doed men de magneto van een der twee toestellen werken, daarna de twee te gelijk.

Het methaangehalte van het mengsel werd geleidelijk van 8 tot 11 % vermeerderd.

We konden echter de ontvlamming van het mengsel niet verwezenlijken.

Met behulp van een thermozuil hebben wij dan de grootste sterkte van den stroom in den kring gemeten op het oogenblik, dat beide magneto's met een groote snelheid worden aangedreven.

Deze suroomsterkte bedroeg 10 m A; ze is dus onvoldoende om mijngas tot ontvlamming te brengen.

Daarna, gebruikmakend van een versterker met lampen en werstanden, hebben wij opgezocht, in welke verhouding te stroom van het oproepsein moest versterkt worden om de ontvlamming te bekomen.

De primaire stroomkring van den versterker werd aan de magneto verbonden en de secundaire, met tusschenschakeling van een ampèremeter, aan den onderbreker.

Om de ontvlamming te bekomen hebben wij de stroomsterkte in de secundaire keten tot 80 m A moeten vermeerderen, m. a. w. 8 maal het grootste debiet van de twee magneto's samen.

Laten wij opmerken, dat deze stroomsterkte 91 m A. benadert, intensiteit die op bladzijde 182 van onze nota over « Het mijngasveilig electrisch materieel in het Nationaal Mijninstituut » (zie Annalen der Mijnen van België, Jaargang 1941, Boekdeel XLII, 1e aflevering) aangeduid is als minimum stroomsterkte het mijngas in seintoestellen ontstekend.

Zoo waren we dus ingelicht over de veiligheidsmarge van het toestel.

Daarna verwezenlijkte de constructeur het definitief toestel dat insgelijks aan proeven werd onderworpen.

In dit toestel zijn er twee trilplaten en het hoortoestel is van den microphoon gescheiden. Een der trilplaten, deze die in werking wordt gebracht door de wikkeling van den magneet van den magneto, dient tezelfdertijd als seintoestel en microphoon; de andere, die door een eigen wikkeling in werking wordt gebracht, dient alleen als hoortoestel.

De verschillende toestellen van een post zijn onderling door kabels met drie geleiders verbonden.

Tusschen twee in serie geschakelde toestellen hebben wij eerst een onderbreker in elk van de drie geleiders geschakeld, daarna tusschen twee geleiders; zoo werd de stroom onderbroken met of zonder contact tusschen de stroomkringen.

In geen enkel geval, alhoewel de twee magneto's gelijktijdig in werking werden gebracht, hebben wij het gasmengsel dat wij voor deze proeven van lucht en lichtgas hadden bereid, kunnen ontsteken.

Het toestel geeft dus in de ongunstigste gevallen, vonken, die volkomen gevaarloos zijn bij aanwezigheid van mijngas of van lichtgas.

b) STUDIE VAN EEN MIJNGASVEILIGEN MOTORMANTEL MET AFVOERKANALEN VOOR HET CONDENSATIEWATER.

Op verzoek van de « Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi » hebben wij de mogelijkheid onderzocht in de mijngasveilige motormantels kanalen te voorzien, die den afvoer van het condensatiewater toelaten.

De constructeur had een motormantel zonder wikkelingen te onzer beschikking gesteld; op het laagste punt er van waren er stukken opgeplaatst, die met gaten van 6 mm diameter doorboord waren; zoo was er een rechtsteeksche verbinding verwezenlijkt tusschen het binnenste van den mantel en het buitenste.

In dezen mantel, welke in een ontvlambare, mijgashoudende atmospheer geplaatst was, en gevuld was met een mengsel van dezelfde samenstelling, werden ontploffingen verwekt door middel van een ontstekingsbougie.

Wij hebben de volgende schikkingen aan proeven onderworpen :

a) nabij ieder zijstuk, één kanaal van 6 mm diameter en 58 mm lengte;

b) nabij ieder zijstuk, één kanaal van 6 mm diameter dat naar buitentoe in twee splitst; de kortste weg, die een inwendige vlam moet doorloopen om de ongevende atmospheer te bereiken, is 58 mm lang;

c) nabij elk zijstuk twee kanalen van 6 mm diameter, het eene 58 mm lang, het andere 80 mm.

De schikkingen b en c werden na verwarming beproefd, m. a. w. vóór dat beproefd werd of de vlam door de gaten sloeg, werd, den mantel verwarmd door er mijngas gedurende geruimen tijd in te laten branden; zoo waren de stukken op een hoogere temperatuur gebracht, wat natuurlijk de overbrenging van de vlam naar buitentoe bevordert.

Een thermometer in een der kanalen geplaatst heeft voor sommige proeven 58° C aangewezen.

Wij zijn, alles bijeen, overgegaan tot 50 proeven van doortocht, waarbij geen enkele maal de inwendige vlam zich mededeelde aan de omgevende atmosfeer.

c) MIJNGASVEILIGE ELECTRISCHE TOESTELLEN AANGENOMEN IN 1944 EN IN 1945.

Als bijlage wordt er een lijst gegeven van de in 1944 en 1945 aangenomen toestellen; ze behelst een lijst van het mijngasveilig electrische materieel.

V. — PROEVEN OM MIJNGAS TE ONTSTEKEN DOOR WRIJVING IN EEN TURBO-VENTILATOR.

Door den sleet van de kogelassen, de beschadigingen voortkomend van hevige schokken en ruwe behandeling, draait het rad excentrisch ten opzichte van den mantel; zoo kunnen abnormale wrij vingen, met als gevolg verhitting der wrijvende deelen en projectie van gloeiende metaaldeeltjes, zich voordoen.

Herhaalde malen werd het Nationaal Mijninstituut er om verzocht zijn meening over dergelijke incidenten te kennen te geven; sommigen er van immers werden als vermoedelijke oorzaak van mijngasontvlammingen aangezien.

Laten wij eerst aan eenige vaststellingen herinneren, die wij vroeger in den loop van de opzoekingen in verband met de wrijvingsvonken, gedaan hebben.

Vonken, bekomen door ijzer of staal te slijpen op een draaienden sliipsteen in carborandum, ontsteken mijngas niet.

Het slijpen van aluminiumlegeeringen geeft geen vonken, maar de fijne metaaldeeltjes, die losgerukt worden, ontvlammen gemakkelijk in contact met vonken van staal en ontsteken alzoo mijngas.

De wrijving van brons op brons, doorgezet tot in contact zijnde vlakken gloeiend zijn, geeft geen vonken en ontsteekt mijngas niet.

Wanneer staal met een draaienden bronzen slijpsteen geslepen wordt, wordt er een goed gevulde straal vonken gevormd, die evenmin mijgasmengsels ontsteken.

Herinneren we er eindelijk nog aan, dat wij in 1941, zonder een ontvlamming te bekomen, een turboventilator met een zoo beschadigd kogellager hebben laten draaien, dat het rad met geweld tegen den mantel wreef. De wrijving was zoo sterk, dat het ingangzetten bij een voedingsdruk van 4 kg/cm² belet werd; het rad moest met de hand in gang geduwd worden.

Om in nog slechtere voorwaarden te werken, hebben wij, terwijl de ventilator draaide, proefstaafjes van ijzer en van aluminium tegen den stalen band gehouden.

Zooals wij echter daareven zegden, wordt er bij het slijpen van aluminiumlegeeringen ontvlambaar stof ontwikkeld en dit feit kan niet anders als wantrouwen verwekken voor turboventilators, waarvan het schoepenwiel en den mantel bijna uitsluitend van gegoten silumin en alpax gemaakt zijn.

Het doel van de verder beschreven opzoekingen was dus, na te gaan of, bij gebruik van silumin, de werking van den ventilator ontvlammingsrisico kon opleveren.

We hebben hiervoor een ventilatorrotor gebruikt, bestaande uit een schoepenwiel (R) in silumin en een bronzen schoepenstel (A) met stalen band (C). Dit wiel was gemonteerd op een as, die in twee kussenblokken, draaide en waarop, op het uiteinde, een schijf (p) zat (fig. 29).

Het wiel werd aangedreven door een asynchrome draaistroommotor en was geplaatst in de kuip, die wij gewoonlijk voor beproeven der lampen gebruiken.

Door middel van verschillend geplaatste hefboomen hebben wij achtereenvolgens de gevolgen onderzocht van :

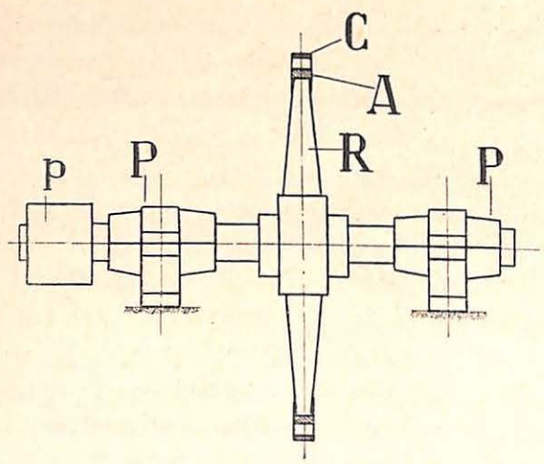


Fig. 29.

a) het schuren van een proefstaafje in silumin tegen den stalen band;

b) het schuren van den stalen band tegen de velg in silumin van het wiel;

c) het schuren van een proefstaafje in silumin tegen de dito velg van het wiel.

Eerst hebben wij alles ingericht zovals op fig. 30 aangeduid is.

Alléén door het gewicht van den hefboom oefende het blok silumin een drukking van 9 kg op de stalen band uit.

Daar het wiel draaide met een snelheid van 1400 t/m, werd er door wrijving 310 kgm/s arbeid opgeslorpt (1).

In die omstandigheden werden er schitterende vonken

(1) Wij geven dezen arbeid slechts als aanduiding, want tengevolge van de trillingen van het mechanisme kon de drukking van het proefstaafje op het rad niet als onveronderdelijk aangezien worden.

door het silumin gegeven, doch de straal was veel minder gevoed dan, bij voorbeeld, bij het slijpen van staal op een slijpsteen in carborandum.

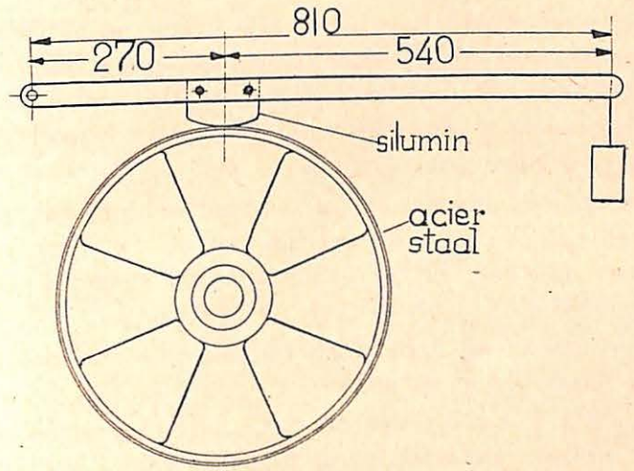


Fig. 30.

De proef duurde 10 min zonder dat er mijngasontvlamming volgde.

Wij hebben dezelfde proefneming hernomen met een gewicht van 5 kg aan het uiteinde van den hefboon : zoo drukte het silumin met een kracht van 24 kg tegen het staal.

Een minuut na het in gang zetten van den ventilator deed er zich een hevige mijngasontploffing voor.

Een tweede proef werd in dezelfde voorwaarden uitgevoerd; nogmaals volgde er ontploffing, maar wij konden vaststellen, dat deze zich voordeed op het oogenblik dat de band viel, m. a. w. op het oogenblik dat het proefstaafje in silumin op het bronzen schoepenstel stootte .

Wij hebben vervolgens dezelfde proefneming verscheidene malen her haald en telkens nauwkeurig nagegaan, wat er gebeurde op het oogenblik dat de band viel.

Het plots drukken van het staafje silumin op het bronzenschoepenstel geeft geer gloeiende projecties; het voorbijgaand schuren daarentegen van den stalen band tegen de velg in silumin van het schoepenrad geeft een goed gevoeden straal vonken.

Na opnieuw mijngas in de kuip gebracht te hebben, hebben wij ditmaal vastgesteld dat het wrijven van silumin op het bronzen schoepenstel mijngas niet ontvlamde.

Dan hebben wij onze inrichting zoo gewijzigd dat de band tegen silumin schuurde.

Een stuk van den stalen band (C), op het uiteinde van een hefboom geplaatst, wordt tegen de velg J in silumin gedrukt (zie fig. 31).

De drukking wordt bekomen door middel van een gewicht (P) opgehangen aan een koord gaande over een katrol (p).

De trekkracht op de koord was achtereenvolgens 2, 3, 4 en 5 kg, waardoor op het wiel respectief drukkingen van 11,32 kg, 16,98 kg, 22,84 kg en 28,30 kg uitgeofend werden.

Het hoeft niet gezegd, dat het mechanisme aan hevige trillingen en geweldige schokken blootgesteld was en dat de schoepen weggeslingerd werden, daar zij niet door den band werden tegenhouden.

Er werden nochtans niet veel vonken verwekt.

Wij hebben 4 proeven genomen, die in het geheed 12 min duurden, zonder dat er een mijngasontvlamming verwekt werd.

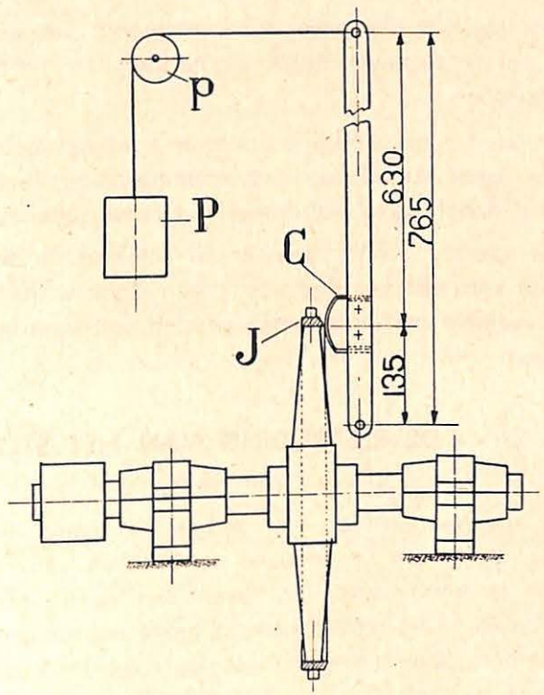


Fig. 31.

Daarna hebben wij den band door een stuk silumin vervangen, terwijl wij den stand van den hefboom behielden. De drukking van het stuk silumin op het wiel was achtereenvolgens 6,5 kg, 19 kg en 31,8 kg.

De drie proefnemingen duurden in het geheel 19 min. Er volgde geen ontvlamming; wij hebben ten andere niet opgemerkt, dat er vonken gevormd werden:

Na deze proefnemingen was de sleet van het materieel tengevolge van de hevige wrijvingen, waaraan het onderworpen geweest was, zoo groot, dat wij van verder onderzoek hebben moeten afzien, zonder met zekerheid

de oorzaak van de twee ontvlammingen, die wij tijdens onze eerste proeven bekomen hadden, te hebben kunnen vastellen.

Uit ons onderzoek blijkt nochtans, dat het gebruik van silumin geen bijzonder ontvlammingsrisico meebrengt, althans in het geval van wrijving zonder schok.

Het gevaar schijnt veeleer te schuilen in de mogelijkheid van een hevigen schok van door wrijving reeds sterk verhitte metalen, zooals er zich een voordeed toen de band viel.

VI — DE BESTRIJDING VAN HET STOF.

(op gebied van de hygiene).

De mechaniseering van den kolenwinning heeft als gevolg gehad de lichamelijke vermoeienis van den mijnwerker te verminderen en tevens het nuttig effect van zijn arbeid te vermeerderen; ze heeft echter ook nieuwe problemen doen oprijzen wat de salubriteit der werkplaatsen betreft.

Door in de mijn mechanisch afbouw- en vervoermaterieel aan te wenden, wordt inderdaad het werk versneld; hierdoor wordt het afgebouwde product meer en meer verbrijzeld en blijft er zeer fijn stof in een onge ordende suspensie in de atmosfeer der werkplaatsen zweven.

Wat meer is, mechaniseering veronderstelt concentratie en deze verzwaart nog de arbeidsomstandigheden, omdat ze beoogt in eenzelfde afbouwplaats het grootst mogelijk aantal personen en het grootst aantal tuigen, die stof voortbrengen, te laten werken.

De lucht waarmede de werken geventileerd worden is dus in overvloed bezwangerd met stofdeeltjes, waarvan de inademing op den duur physicologische stoornissen

moet verwekken met min of meer noodlottige gevolgen voor het personeel.

Men kent sinds lang het kwaad, dat het silicum dat in de ademhalingsorganen binnendringt, er aanricht; de physiologische werking van deze minerale stof, die vrij en gebonden aan andere producten in het nevengesteente van de kolen voorkomt, zou, naar het schijnt, van zijn chemische samenstelling afhangen.

Wat het kolenstof betreft, is men het nog altijd niet eens eens over den graad van de schadelijke werking er van.

Het staat nochtans buiten kijf dat, zelfs bij afwezigheid van alle scheikundige reactie, het mechanisch uitwerksel van het stof, dat in overvloed in de longen binnendringt, een ademhalingstekort veroorzaakt en zoo nadeel berokkent aan de gezondheid van den mijnwerker.

Het probleem van de bestrijding van het stof stelt zich zoo dringend dat het niet mag ontsnappen aan de aandacht van diegenen, die verantwoordelijk zijn voor de toekomst van onze kolenwinning.

Laten wij er op wijzen, dat de opstelling van toestellen om het stof neer te slaan of te verwijderen onlangs verplichtend gemaakt werd door een voorschrift dat aan artikel 23 van het Reglement op de mijnverluchting toegevoegd werd. (Belgisch Staatsblad van 29-12-1945).

Verder heeft het Ministerie van Arbeid en Sociale Voorzog, om alle initiatieven aan te moedigen, een wedstrijd uitgeschreven, waaraan al de ontwerpers en constructeurs van inrichtingen of toestellen om het stofgehalte in de lucht te verminderen, kunnen deelnemen.

In de afbouwplaatsen zijn de nadeeligste werken : de afbouw met den afbouwhamer, het opscheppen van de

gewonnen kolen en het vervoer er van met mechanische toestellen zoowel in de pijlers als in de galerijen.

De afbouwhamer werkt in op het kolengruis, ofwel door de lucht lekken tusschen de pin en den lostrekker, ofwel door de ontspannen lucht, die ontsnapt door den uitlaat van den cylinder der aandrijving.

Het toestel is immers zoo gebouwd, dat de lucht, die de slaande massa terugdrijft, in een cylinderruimte gesloten zit, die aan den eenen kant begrensd is door den zuiger en aan den anderen door den kop der pin.

Het minste spel tusschen pin en lostrekker, die ze leidt, brengt natuurlijk een luchtverlies mee, dat met den sleet vergroot.

Het uitwerksel van deze lekken is nochtans te verwaarloozen ten opzichte van dat van den uitlaat van den uitlaat van den aandrijvingscylinder. De uitlaatgaten hebben een debiet, dat natuurlijk overeenkomt met het verbruik van den afbouwhamer, wat ongeveer 1000 l lucht per minuut is (volume tot normale temperatuur en drukking. herleid).

De afbouwhamers hebben een zoo groot aandel in het in suspensie brengen van het stof, dat het ons nuttig gebleken is, de aandacht van de constructeurs op dit feit te vestigen en hen uit te noodigen de aanwending van verbeteringen te bestudeeren van aard de nadeelen van dit pneumatisch gereedschap te verminderen.

Om de lekken langsheen de pin te verminderen, werden er vele verbeteringen uitgedacht, zooals de plaatsing van een vilten afdichtingsring in den lostrekker of de verlenging van de kokers, die de pin in haar loop geleiden.

Wat de wind, die uit de uitlaatgaten komt, betreft, is het gansch aangewezen hulpmiddel den luchtstraal zoo

te richten, dat hij noch het houwfront noch de gewonnen kolen bereikt.

Het gebruik van een ringvormige huls, die kan gericht worden, de lucht van de uitlaten opvangt en ze slechts in de lucht laat ontsnappen naar één enkele richting, lost het vraagstuk op in geval van lagen met groote opening.

In dunne lagen daarentegen kan deze huls onvoldoende zijn en dan is het beter de uitlaatlucht door middel van een metalen of gummislang naar achter af te leiden.

Er werden ons twee afbouwhamers, voorzien van een uitlaatpijp, voor onderzoek aangeboden door hr P. Pigneur, werkhuischef van de « Charbonnages d'Aiseau Presles » en door de « Ateliers Liégeois d'Outillage pneumatique ».

Men zal zeker opwerpen, dat deze nieuwigheid voor gevolg zal hebben het rendement van den afbouwhamer te verminderen.

Wat dat betreft, heeft onze adjunct, dhr E. a. Rijksmijningenieur Brison, in het laboratorium voor Mijnbouw van de « Ecole des Mines », te Mons, een lange reeks opzoekingen gedaan, waarvan in bijlage I van dit verslag een overzicht wordt gegeven : daaruit blijkt, dat het voorhanden zijn van een uitbaatbuis het rendement van den afbouwhamer geenszins beinvloedt (1).

Maar zooals we hooger zegden, jagen ook de mechanische vervoermindelen het fijn stof op. De verstuivers, waarvan het gebruik zich in België heeft uitgebreid, hebben tot doel deze oorzaak van insalubriteit te bestrijden.

Deze toestellen worden aangewend, hetzij om te

(1) We bedanken van harte dhr J. Yernaux, Beheerder van de « Ecole des Mines », die zoo bereidwillig het laboratorium en het voor de opzoekingen noodige materieel te onzer eschikkinbg heeft gesteld.

beletten, dat het stof, dat uit de schudgoten, de transportbanden en de laadtremels tracht te ontsnappen, opgejaagd wordt, hetzij om het stof, dat in de lucht der werkplaatsen zweeft neer te slaan.

De werking dezer tuigen ten opzichte van de fijnste stofdeeltjes zou, naar het schijnt, betwistbaar zijn.

Opzoekingen, die in Engeland gedaan werden, hebben nochtans aangetoond, dat op de plaatsen, waar de kolen van een transportband in een tremel of in een ander vervoermiddel vallen, de afsluiting met een koffer, gepaard met de bevochtiging door verstuivers, de hoeveelheid tof, die in de atmosfeer in zwevenden toestand gebracht wordt, met 80 % kan verminderen.

Om de doelmatigheid van waterverstuivers na te gaan, hebben wij in het Nationaal Mijninstituut een stoftunnel verwezenlijkt, m. a. w. een galerij met gesloten kring van 60 m totale lengte en 1,70 m^2 doorsnede, waarin, door middel van een ventilator Aerex van 1040 mm doormeter, aangedreven door een electrischen motor met veranderlijke snelheid, een luchtstroom bezwangerd met een zekere hoeveelheid stof in beweging gehouden wordt.

Metingen vóór en achter den verstuiver zullen toelaten het rendement van het toestel te beoordeelen en de verschillende modellen volgens de doelmatigheid te classificeren.

Ik voeg hier aan toe, dat deze inrichting evenzeer voor het onderzoek van alle andere toestellen, die zullen uitgedacht worden om stof neer te slaan, zal kunnen dienen.

VII. — LABORATORIUM VOOR WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK.

Onze navorschingen betreffende het ontvlammingsmechanisme van methaan volgens de theorie der ketenreacties werden in November 1944 door het vertrek van dhr Van Tiggelen, Doctor in de scheikundige wetenschappen, onderbroken.

Gezien de belangrijze bijdrage, die het Nationaal Mijninstituut leverde tot de studie van dit vraagstuk, dat hedentendage de belangstelling gaande houdt, geven wij hier de in den loop der jaren 1941 tot 1944 bekomen uitslagen, alsmede het programma derontworpen proefnemingen, welke toevertrouwd werden aan dhr Vanpee, Doctor in de Wetenschappen, sedert 1945 aan het Instituut verbonden.

Dhr Van Tiggelen heeft een mechanisme voorgesteld, dat beantwoordt aan de moderne theorieën der chemische cinetica en volgens hetwelk de oorzaak der ontploffing te wijten is aan de snelle ontwikkeling van een keten reacties als.

$$CH_3 + O_2 = HCOH + OH$$
$$OH + CH_4 = H_2O + CH_3$$
$$OH + HCOH = H_2O + HCO$$
$$HCO + O_2 = CO_2 + OH$$

Deze reeks vergelijkingen toont aan, hoe de oxydatiereactie kan verloopen zonder te versnellen : de verdwijning van een actief voortplantingscentrum zooals CH_3OH en HCO geeft een enkel voortplantingscentrum; in het geheel is er noch aanwinst, noch verlies.

De ontploffingsreactie vergt integendeel een vermenigvuldiging van de voortplantings- vergt actieve centra.

Deze zou, volgens dhr Van Tiggelen, uitgaan van CH_3 volgens volgend mechanisme :

$$CH_3 + 0_2 = CO + OH + H_2$$

In het tweede lid van de vergelijking heeft men OH en twee atomen waterstof; deze worden bij aanwezigheid van zuurstof onmiddellijk in 2OH omgezet.

CH_3, voortplantingscentrum der reactie, zou op die wijze drie nieuwe centra ontwikkelen. De concentratie van de voortplantingscentra zou dus volgens een meetkundige reeks verloopen, wat het ontploffend verloop van de reactie verklaart..

Zoo luidt de theorie, die sedert 1940 door dhr Van Tiggelen voorgesteld wordt. Ze werd slechts gedeeltelijk waar bevonden in den loop der jaren 1940 tot 1944.

Dhr Van Tiggelen is er inderdaad in geslaagd, de photochemische oxydatie van methaan te verwezenlijken door CH_3-radicalen in het methaan-zuurstofmengstel te ontwikkelen.

Omgekeerd werd de reactie tegengehouden door in het mengsel I- en Br-radicalen te brengen.

Het bewijs werd dus geleverd, dat de CH_3-radicaal de rol van voortplanter der reactie speelt, maar dat de werking er van door halogeenradicalen I en Br, die de rol van doover spelen, kan te niet gedaan worden.

Hetzelfde bewijs moest geleverd worden voor de OH- en HCO-radicalen. Hier echter hebben de proefnemingen van dhr Van Tiggelen geen positieve uitslagen gegeven.

Noch de bestraling van een mengsel $CH_4 + O_2 +$ HCOOH, noch deze van een mengsel $CH_4 + O_2 + CH_3OH$ hebben de oxydatie van methaan verwekt.

Nochtans schijnt het dat de photochemische ontbinding van HCOOH zich moet voordoen volgens het volgende primaire schema : $HCOOH + h\,\upsilon \rightarrow HCO + OH$.

Het is dan ook waarschijnlijk, dat de concentratie van de actieve centra niet voldoende geweest is.

Bij de photochemische ontbinding van $CH_3\,OH$ zouden er zelfs geen OH-radicalen worden gevormd; de molecule zou slechts door het licht worden geactiveerd :

$$CH_3\,OH + h\,\upsilon = (CH_3\,OH)^*$$

Nochtans mag men niet vergeten, dat de bestraling van het mengsel (CH_4 + HCOOH) tot de vorming van kleine hoeveelheden Cx Hy leidt. Dit bewijst dat de molecule aangetast wordt door de reactie : $CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$.

De werking der OH-radicalen zal het eerste punt zijn dat moet onderzocht worden.

Eenige voorafgaande opzoekingen hebben reeds toegelaten vast te stellen dat, in een mengsel ammoniak + methaan + zuurstof, dat aan de werking van ultraviolette stralen onderworpen wordt, de oxydatie van methaan zich voordoet van bij een temperatuur van 300° C.

Dit schijnt er op te wijzen dat de OH-radicalen, voortkomend van de reactie :

$$NH_3 + h\,\upsilon = NH_2 + H$$
$$H + O2 \rightarrow OH,$$

als voortplanter der keten optreden.

We koesteren het inzicht dit verschijnsel in functie van de temperatuur en van de concentratie der reageerende gassen te bestudeeren.

Deze studie zal ons voorzeker aanduidingen geven over de activeeringsnergie der reacties, die voorkomen in het mechatisme voorgesteld door dhr Van Tiggelen.

Onze navorschingen op de doovingsverschijnselen zullen volledigd worden door opzoekingen betreffende de werking van methylchloride. Dit moet door photolyse Cl-radicalen geven die de actieve centra kunnen vernietigen.

(Herinneren wij er aan dat dhr Van Tiggelen het geval der I- en Br-radicalen onderzocht heeft).

Maar, zooals men het zal vastgesteld hebben, vergen al de tot nog toe opgenoemde ketenreacties het voorafgaandelijk bestaan van een actief centrum, hetzij CH_3, hetzij OH.

Er zal nu moeten nagegaan worden, door welk mechanisme deze radicalen van zelf kunnen te voorschijn komen in een mengsel methaan + zuurstof, waarin niet te voren bestraalde toevoegingsproducten als aceton of ammoniak gevoegd werden.

Betreffende dit mechanisme werden er tot nog toe slechts vage veronderstellingen gemaakt.

We koesteren het inzicht insgelijks betreffende dit punt navorschingen te doen.

De studie van het mechanisme der ketenreacties heeft een hoog wetenschappelijk karakter en zier er derhalve heel anders uit dan onze gewone opzoekingen; daarom zou men er toe kunnen komen aan deze studie alle practisch nut te ontkennen.

Sedert eenige jaren echter ziet men, dat de theorie der ketenreacties bij de studie der gasontploffingen opgang maakt.

Gedurende lange jaren liet de eenvoudige « thermische » theorie toe, de verschijnselen van de ontvlamming van mengsels van lucht en brandbare gassen en van de voortplanting der verbranding te verklaren.

Men nam aan, dat de ontvlamming van het mengsel in een punt verwekt werd, wanneer de temperatuur er zoo hoog was, dat de warm te door de reactie voortgebracht grooter was dan de warmteafgifte aan de onmiddellijke omgeving.

Door de versnelling van de verwarming zou de verbranding van zelf voortgaan en uiteindelijk in een ontploffing omgezet worden.

De voortplanting werd dus verklaard door de verwerming der opeenvolgende lagen van het gasmengsel vanaf de vlam en de uitdooving werd aangezien als het gevolg van een afkoeling. (Voorbeelden; zeefkappen der veiligheidslampen en afkoelende zouten der S. G. P.-springstoffen).

De thermische theorie komt echter wel als twijfelachtig voor wanneer de volgende vaststellingen moeten verklaard worden :

1) Door toevoeging van kleine hoeveelheden stikstofoxyde en andere gassen wordt de ontvlammingstemperatuur van methaan verlaagd tot 200°C, terwijl sommige doorvers ze met 100°C verhoogen.

2) De snelheid der vlam is niet grooter in het mengsel $CH_4 + O_2 +$ helium dan in het mengsel $CH_4 + O_2 +$ argon, alhoewel argon een minder goede geleider is dan helium.

3) Glazen buizen houden zoowel de vlam tegen als koperen met denzelfden diameter, alhoewel koper 460 maal beter de warmte overbrengt dan glas.

De theorie der kentenreacties geeft daarentegen een steekhoudende verklaring steunende op een mechanisme, waarover wij hier niet kunnen uitwijden.

Bijlage II van dit verslag geeft het relaas van de opzoekingen in 1944 door dhr Van Tiggelen gedaan met den geldelijken steun van het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek, dat wij hiervoor nogmaals bedanken.

Nationaal Mijninstituut
te Frameries-Pâturages

VERSLAG OVER DE WERKZAAMHEDEN IN 1944 EN 1945

BIJLAGE I.

De bestrijding van het stof in de werkplaatsen

Studie van de uitlaatschermen en andere stofbestrijdingsmiddelen bij afbouwhamers aangebracht,

door Léon BRISON,
E. a. Rijksmijningenieur,
verbonden aan het Instituut.

Deze toestellen werden ontworpen door dhr Pigneur, werkhuischef in de kolenmijn Aiseau-Presles, en hebben tot doel het opjagen van stof te verminderen bij de kolenwinning met afbouwhamers door de stralen uitlaatlucht van den pijler en van de verbrijzelde kolen verwijderd te houden en door de persluchtlekken tusschen de pin en den lostrekker, wanneer deze versleten is, tot een minimum te herleiden.

Wanneer er veel spel is tusschen den lostrekker en de pin blaast de lek werkelijk in de verbrijzelde kolen rond de punt des pin.

De toestellen, schematisch op fig. A voorgesteld, bestaan uit :

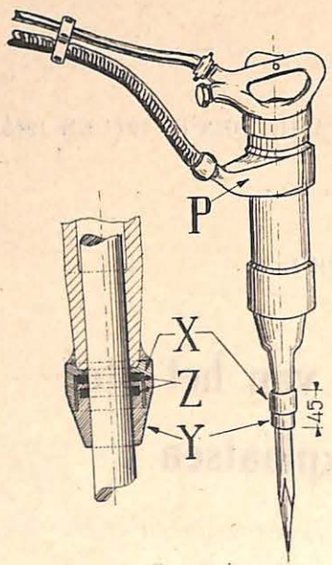


Fig. A

Verklaring.

P uitlaatafscherming;
X op den lostrekker gelascht buis;
Y afneembare ring op de buis geschroefd om den afdichtingsring op zijn plaats te houden;
Z afdichtingsringen.

a) een treftervormingen uitlaatcollector in plaatijzer, die op den kop van den afbouwhamer gelascht is en de uitlaatgaten bedekt.

Deze collector is met een buigbare slang in opgerold metaal verbonden. Deze slang heeft 25 mm binnendiameter en 700 mm lengte en is op haar uiteinde van een klemhaak met veer voorzien, waarmede ze kan vastgemaakt worden, hetzij aan de toevoerslang voor perslucht, hetzij aan den gordel van den houwer.

Er valt op te merken, dat de metalen slang gemakkelijk beschadigd wordt door verpletteren of door plooien in een « scherpen hoek; met voordeel zou zij door een ploibare gummis — » lang met zelfden diameter vervangen worden;

b) een metalen huls met afdichtingsring in gummi, die op het uiteinde van den lostrekker gelascht is. Wanneer de afdichtingsring nieuw is, spant hij sterk om de pin zoodat deze slechts met moeite volgens de langsrichting kan verplaatst worden. Na

eenige minuten werken is de ring voldoende uitgesleten om te laten, dat de pin, zacht op den ring wrijvend, heen en weer beweegt en dat de afbouwhamer normaal werkt.

Laboratoriumonderzoek.

Dank zij de welwillende toelating van dhr Beheerder-Bestuurder Yernaux, werden er in het laboratorium voor Mijnbouw (1) van de Polytechnische Faculteit te Mons proeven genomen om te onderzoeken, in welke mate het hiervoor beschreven tuig het rendement van den afbouwhamer wijzigde.

Te dien einde hebben wij het luchtverbruik, de frekwentie en het slagvermogen van een La Croix-hamer B-37 gemeten op de olierem, met of zonder uitlaatafschermer en afdichtingsring voor perslucht drukkingen veranderend van 2 tot 4,5 kg/cm².

Om vergelijkbare uitslagen te bekomen, hebben wij er zorg voor gedragen den afbouwhamer altijd in dezelfde voorwaarden te laten werken door de drukking op het handvat (25,745 kg) en den weerstand tegen het indringen van de pin onveranderlijk te houden.

Wij hebben insgelijks de karakteristieken van den afbouwhamer bepaald na vervanging van den gewonen door een versleten lostrekker.

De grafieken (fig. B) geven de uitslagen van onze metingen weer.

1° zonder de bestudeerde toestellen met lostrekker in goeden staat;

2° met uitlaatafschermer en afdichtingsring;

3° zonder uitlaafafschermer maar met afdichtingsring;

4° zonder de bestudeerde toestellen maar een versleten lostrekker (spel volgens den straal tusschen lostrekker en pin 0,35 mm).

Men stelt vast, dat de punten, die de proeven 1°, 2° en 3° voorstellen, rond dezelfde gemiddelde kenmerkende curven liggen. De verspreiding der punten, toe te schrijven aan de onvermij-

(1) Bestuurd door dhr L. L. Brison, lector aan de Faculteit.

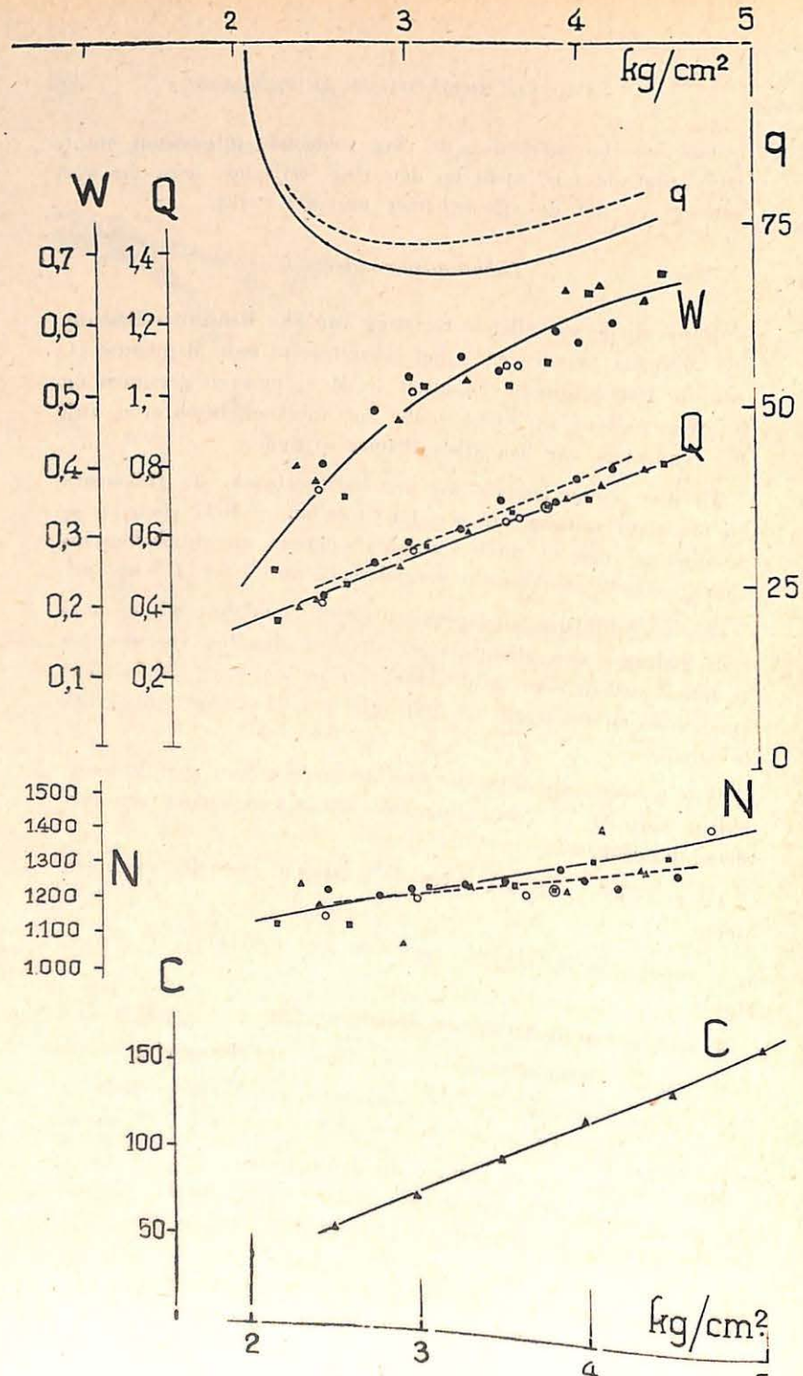


Fig. B

Fig. B.

Verklaring.

Q luchtverbruik, m³/min. aan gezogen lucht.

N slagfrequentie, slagen/minuut.

W vermogen medegedeeld aan den kop der pin P. K.

q specifiek verbruik m³ aangezogen lucht/P.K. uur, afgeleid van de curven Q en W

C tegendrukking tegen den uitlaat, m/m water.

■ afbouwhamer zonder uitslaatafscherming met normalen lostrekker in goeden staat.

▲ met uitlaatafscherming aan het houdvat en afdichtingsringen aan den lostrekker.

○ zonder uitlaatafscherming aan het houdvat, maar met ringen aan den lostrekker.

● zonder uitlaatafscherming en zonder ringen, maar met versleten lostrekker (0,35 mm spel).

delijke onregelmatigheden van werking der werktuigen met autodistributie en aan de meetfouten, is ongeveer dezelfde in de drie proeven.

De werking van den afbouwhamer heeft dus geenszins geleden onder de wijzigingen, die wij onderzocht hebben.

Dat wordt verklaard door de overweging, dat de tegendrukking, die te weeg gebracht wordt door den uitlaatafschermer en die wij met een manometrische buis, verbonden aan den collector van den uitlaatafschermer, gemeten hebben, onbeduidend is. Een der grafieken toon aan, dat deze tegendrukking groeit volgens een rechte met de drukking der toegelaten lucht. Ze bedroeg 170 mm water, dus nauwelijks 0,0165 atm, wanneer de afbouwhamer onder 5 kg/cm² gevoed wordt.

De proeven (4º), met versleten lostrekker, toonen een verbruiksvermeerdering van 6 à 7 t. h. aan, te wijten aan de lekken tusschen pin en lostrekker.

Het komt mij voor, dat deze omstandigheid insgelijks de slagfrekwentie vermindert in een stijgende verhouding met de drukking van de toegelaten lucht, indien deze grooter is dan 3,5 kg/cm².

Het aantal en de nauwkeurigheid van onze metingen waren nochtans onvoldoende om toe te laten formeele besluiten te trekken. Doch de vergelijking van de curven van het specifieke verbruik in m³ aangezogen lucht per Paardenkrachtuur, afgeleid van de gemiddelde curven van het verbruik en van het vermogen, laat reeds toe zich rekenschap te geven van den val van het rendement te wijten aan den sleet van den lastrekker.

Practische aanwending.

Wij zijn in de gelegenheid geweest ons rekenschap te geven van de practische resultaten van de toepassing der toestellen Pigneur door een bezoek aan het ondergrondsch bedrijf van den ontginningszetel Tergnée van de kolenmijn van Aiseau-Presle waar een zeker aantal afbouwhamers van die toestellen voorzien waren.

In een doortocht en in een pijler hebben wij achtereenvolgens dezelfde werklieden met een afbouwhamer La Croix B-37 met versleten lostrekker en met een zelfde tuig voorzien van een uitlaatafschermer en een afdichtingsring laten werken.

Wij hebben een zeer merkbare vermindering vastgesteld van het opgejaagd stof door het gebruik van deze toestellen.

Het komt mij echter voor, dat de optima lengte van de plooibare uitlaatbuis functie is van de opening der afgebouwde laag.

Deze lengte moet zoo gekozen worden, dat de buis nooit uitmondt op minder dan 30 à 40 cm van de gewonnen kolen of van het houwfront, welk ook de houding van den werkman of de richting van het werktuig weze.

Volgens de na eenige weken werken opgedane ervaring kunnen de gummi afdichtingsringen gedurende 3 à 10 dagen gebruikt worden volgens de af te bouwen laag zacht of hard is. Elke gummi ring kost eenige frank.

NATIONAL MIJNINSTITUUT
VERSLAG OVER DE WERKZAAMHEDEN IN 1944-1945

BIJLAGE II

Lichtgevoeligmaking en dooving bij de verbranding van methaan

door Ad. VAN TIGGELEN,
Doctor in de Wetenschappen.

In een vroeger verschenen nota (1) hebben wij de proefondervindelijke uitslagen medegedeeld betreffende de door aceton lichtgevoelig gemaakt verbranding van methaan. Hieronder worden nieuwe uitslagen van proefnemingen medegedeeld welke op bevredigende wijze het ketenmechanisme, dat we toen voorgesteld hebben, schijnen te bevestigen.

Wij zullen deze uiteenzetting der proefondervindelijke uitslagen als volgt indeelen :

1. Lichtgevoeligmaking door HCOOH en door CH_3OH.
2. Lichtgevoeligmaking door CH_3I en door CH_3Br en studie van de dooving

1. LICHTGEVOELIGMAKING DOOR HCOOH EN DOOR CH_3CH.

A. *Bestraling van mengsels* CH_4 + HCOOH *door ultraviolette stralen.*

(1) A. Van Tiggelen, *Ann. Mines eBlg.*, Boekdeel 43, bl. 117 — 1942.

Een der voornaamste elementaire reacties van den schakel in de ketenreactie is de volgende :

$$CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O.$$

De rechtstreeksche studie er van zou ons toelaten ze afdoende te bewijzen en de activeeringsenergie van met meer zekerheid te berekenen dan wij het gedaan hebben ten gevolge van de vroeger beschreven proven met zuurstof-methaan-acetonmengstels. Ongelukkiglijk bestaat er geen wel bepaald middel om deze OH-radicalen photochemisch in voldoende hoeveelheid voort te brengen in de gewone omstandigheden en bij afwezigheid van zuurstof. Die voortbrenging is echter gemakkelijk bij aanwezigheid van zuurstof. Het volstaat immers b. v. waterstofatomen te vormen, welke bij aanwezigheid van zuurstof OH-radicalen zouden geven. Ongelukkiglijk zou de aanwezige zuurstof onmiddellijk de oxydatie van den gevormden CH_3-radicaal verwekken en ons beletten het bestaan van dezen te laten uitschijnen door zijn omvormings- of herverbindingsproducten (voornamelijk C_2H_6).

Sommige organische stoffen echter geven, wanneer zij met ultraviolette stralen bestraald worden, volgens een niet bepaald mechanisme, deze OH-radicalen. Ze bieden ons zoo een middel om de reactie $CH_4 + OH$, althans qualitatief, te bestudeeren.

De photolyse zoowel als de thermolyse van mierenzuur geven hoofdzakelijk H_2, CO, CO_2 en H_2O in veranderlijke verhoudingen volgens de temperatuur. Er moeten twee ontbindingsschema's beschouwd worden :

$$a)\ HCOOH \rightarrow CO_2 + H_2$$

$$b)\ HCOOH \rightarrow CO + H_2O.$$

Voor de qualitatieve deducties, die wij maken in verband met de reactie $CH_4 + OH$, is het niet noodig het mechanisme dezer photo- of thermolyse volledig te onderzoeken (1). Wij hebben, in onderstaande tabel I, de uitslagen, bekomen door bestraling van een ongeveer onveranderlijke hoeveelheid mierenzuur bij verschillende temperaturen, gegroepeerd.

(1) Allmand en Reeve : J. Chem. Soc., London, 1926. 2834-2852.

Tabel I.

Beginvolume mierenzuur : onveranderlijk.
Bestralingsduur : 7 h 45 min.
Gemiddelde temperatuur : veranderlijk.

V_o^{ac}	T° C	V_f	V_f (H_2)	V_f (CO)	V_f (CO_2)	[V_f (H_2O) + X]
1,16	355°	3,51	0,97	0,22	1,05	1,05
1,44	310°	3,21	1,10	0,48	1,15	0,50
1,45	255°	2,91	0,82	0,59	0,92	0,58
1,42	205°	2,50	0,50	0,54	0,59	0,65
1,29	155°	2,05	0,55	0,52	0,46	0,69
1,45	125°	2,51	0,58	0,56	0,47	0,82

V_o^{ac} = beginvolume mierenzuur ;
V_f = volume der eindproducten ;
X = producten voortkomend van de reductie van HCOOH door H + gebeurlijk overblijvend HCOOH.

Men stelt onmiddellijk vast dat het schema :

$HCOOH \rightarrow CO + H_2O$ meest voorkomt bij lage, en het schema $HCOOH \rightarrow CO_2 + H_2$ bij hooge temperatuur.

Verder mag men schrijven, indien men aanneemt dat de reactie $HCOOH + h\nu \rightarrow CO + H_2O$ trapsgewijze verloopt :

$$b_1)\ HCOOH + h\nu \rightarrow HCO + OH$$

$$b_2)\ HCO \rightarrow H + CO$$

$$b_3)\ H + OH \rightarrow H_2O.$$

De trappen b_2 en b_3 volgen elkander uiterst vlug ; toch mag men zeggen dat er in alle geval OH-radicalen aanwezig zijn, zij het ook in zwakke, concentratie. De maat van het gewormde CO staat dan ook in een zeer grof evenredigheidsverband met de hoeveelheid aanwezige OH-radicalen op een bepaald oogenblik der reactie. Men ziet dat deze hoeveelheid vermindert wanneer de temperatuur daalt.

Tabel II.

Beginvolume CH_4 en HCOOH : onveranderlijk

Bestralingsduur : 8 h. Gemiddelde temperatuur : veranderlijk.

V_o af	$V_o(CH_4)$	T° C	V_f	$V_f(H_2)$	$V_f(CO)$	$V_f(CH_4)$	$V_f(C_xH_y)$	$V_f(CO_2)$	$V_f(H_2O)+X$
1.49	7.92	350°	11.19	0.95	0.58	7.90	0.07	0.87	0.82
1.65	7.77	300°	11.12	0.91	0.65	7.72	0.11	0.76	0.98
1.59	8.07	250°	10.96	0.78	0.65	7.87	0.12	0.59	0.97
1.44	7.96	200°	10.54	0.45	0.65	7.86	0.09	0.52	0.98
1.64	7.99	150°	10.65	0.54	0.82	7.95	0.06	0.55	1.15
1.51	7.82	100°	10.20	0.28	0.72	7.84	0.04	0.55	0.97

Na deze twee punten te hebben laten uitschijnen, groepeeren we in tabel II de uitslagen van een reeks proefnemingen in dewelke wij een zelfde hoeveelheid mierenzuur bestraald hebben, bij verschillende temperaturen, ditmaal bij aanwevigheid van een zelfde, onveranderlijke hoeveelheid methaan.

De vorming van C_xH_y (voornamelijk bestaande uit C_2H_6) is een formeel bewijs van de inwerking van den OH-radicaal op de CH_4-molecuul.

De hoeveelheid C_xH_y, welke gevormd, wordt, schijnt onveranderlijk te blijven bij verschillende temperaturen (het feit dat de te ontleden stalen zeer klein zijn laat niet toe op een zeer quantitative wijze te werk te gaan); dit kan verklaard worden door het bestaan van twee in tegengestelden zin werkende verschijnselen :

Stijgt de temperatuur, dan verloopt de reactie $CH_4 + OH$ sneller; de photolyse daarentegen, volgens het schema $HCOOH + h\nu \rightarrow CO + H_2O$, wordt minder en minder belangrijk, m. a. w. de voortbrenging van OH-radicalen vermindert.

Tabel III eindelijk geeft de uitslagen van proefnemingen, welke gedaan werden bij aanwegizheid van stijgende hoeveelheden methaan en bij een temperatuur van 250° C, temperatuur waarbij de vorming van C_xH_y volgens tabel II het sterkst schijnt te zijn.

De hoeveelheid bekomen C_xH_y vermeerdert werkelijk met de concentratie van methaan, wat overeenstemt met de theoretische uitdrukking van de snelheid der reactie $CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$.

$$\text{Snelheid} = k\ (CH_4)\ (OH)$$

k een exponentielle functie zijnde van de temperatuur.

B. *Bestraling van de mengsels* $CH_4 + CH_3OH$ *(met of zonder zuurstof).*

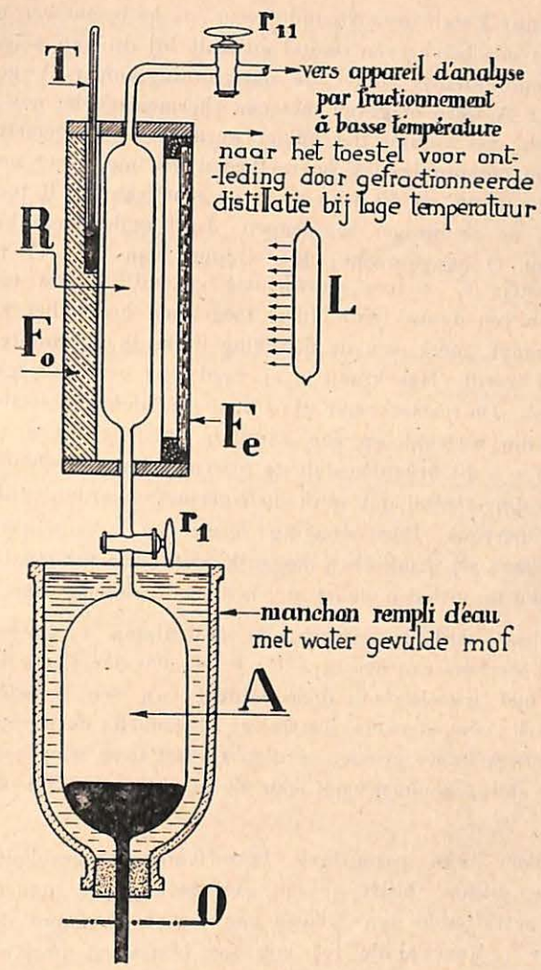
Hier hadden we insgelijks gehoopt in de poslorping van ultraviolette stralen door methylalcohol een bron van OH-radicalen te vinden; zooals we verder zullen zien worden er echter geen gevormd.

Tabel III.

Beginvolume mierenzuur : onveranderlijk. Gemiddelde temperatuur : 250° C.

Beginvolume methaan : veranderlijk. Bestralingsduur : 8 .

V_o af	$V_o(CH_4)$	V_f	$V_f(H_2)$	$V_f(CO)$	$V_f(CH_4)$	$V_f(C_xH_y)$	$V_f(CO_2)$	$V_f(H_2O)+X$
1.40	37.08	30.85	0.61	0.45	36.75	0.25	0.59	1.30
1.30	17.07	20.55	0.60	0.68	17.51	0.19	0.44	0.90
1.30	15.07	15.87	0.75	0.70	12.77	0.16	0.52	1.00
1.30	8.07	10.96	0.78	0.65	7.87	0.12	0.59	0.97
1.45	5.46	6.14	0.68	0.64	3.54	0.06	0.61	0.80
1.38	1.61	4.12	0.68	0.62	1.55	0.05	0.65	0.64
1.46	0.85	3.62	0.71	0.67	0.85	0.04	0.71	0.67



Vooraleer nochtans verslag over deze proefnemingen uit te brengen, zijn wij verplicht eenige wijzigingen aan ons vroeger beschreven (2) proefnemingstoestel aangebracht, te beschrijven.

(2) A. Van Tiggelen. *Annalen der Mijnen van België*. Boekdeel XL, III, bl. 117, 1942.

De figuur 1 stelt deze wijziging voor; ze herneemt een gedeelte van het reeds beschreven toestel en sluit bij dit aan volgens een snijlijn onmiddellijk onder de ontspanningskamer A gemaakt. De kamer A werd omgeven met een thermostatische mof gevuld met water; het volume der kamer werd heel juist gemeten, wat toelaat de oorspronkelijke hoeveelheden gas met meer nauwkeurigheid te meten en dit vóór ze in de reactiekamer R toegelaten worden, en ze inniger te mengen. Juist onder deze kamer is er teeken O aangebracht; het volume van aan O tot aan het kraantje r_1 is zeer nauwkeurig gekend. Indien men, telkens men een nieuw bestanddeel toegelaten heeft, het kwik tot bij O brengt, meet men de drukking welke in de ruimte A uitgeoefend wordt. Het kraantje r_1 werd door een eenwegkraantje vervangen. De reactiekamer werd door een nieuw kwartsbuis vervangen die uitloopt op een capillair buisje voorzien van een kraantje r_{11}; dit kraantje stelt de reactiekamer in verbinding met het ontledingstoestel dat werk door gerfactionnerde distillatie bij lage tempertuur. Deze wiziging vormt een aanzienlijke verbetering, want zij maakt het mogelijk niet meer een staal van de eindgassen te ontleden, maar wel het geheel dezer gassen.

Eindelijk werd de ultraviolette-stralenlamp vervangen door een veel sterkers van het type U. P. S.. 300 der firma Hieraeus gevoed met wisselstroom door middel van een transformator. Zóó werd een sterkere bestraling bekomen doch bestondigheid heeft er onder geleden in dien zin dat deze lamp veel gevoeliger is aan schommelingen van de sterkte van den voedingsstroom.

Vooraleer deze parenthesis betreffende de gevolgde werkwijze te sluiten, blijft er ons een belangrijke opmerking te maken betreffende den invloed van den kwartswand der reactiekamer : Voor al de tot nog toe besproken proefnemingen hebben wij een zelfde reactiekamer in kwarts gebruikt, waarin een mengsel van methaan en zuurstof inert bleef tot een temperatuur van ten minste 400° C, en waarin een lichte, trage verbranding waar te nemen viel bij 450° C.

Met de nieuwe reactiekamer in kwarts daarentegen was, na 8 uren, een mengsel van $CH_4 + 3\ O_2$ bij een temperatuur van 450° C volledig omgezet in CO, H_2O, CO_2 en zuurstof; deze

trage oxydatie was lichtjes waar te nemen bij 40° C. Blijkbaar was het eenige verschil dat wij met het oog hebben kunnen vaststellen tusschen de twee cellen dit, dat de tweede een ruwere oppervlakte had dan de eerste en dat zij overlangsche krassen vertoonde. De tweede kamer zag er uit alsof zij van een buis gemaakt was, welke door walsen getrokken werd. De eerste schijnt gemaakt geweest te zijn van een buis welke door blazen meer effen gemaakt werd.

Tabel IV.

Beginvolumes $CH_3\ OH$ en, eventueel, O_2 : onveranderlijk.

Bestralingduur : 6 uren. Gemiddelde temperatuur : veranderlijk.

V_o (m)	V_o (O_2)	T° C	V_f (H_2)	V_f (O_2)	V_f (CO)	V_f (CH_4)	V_f (CO_2)
5,25	0	450°	2,37	—	0,42	1,27	—
5,36	13,11	450°	0,07	6,51	3,60	—	1,99
5,37	0	400°	1,75	—	0,73	0,12	—
5,22	13,33	400°	0,20	8,55	3,92	—	0,65
5,19	0	350°	1,15	—	0,43	0,21	—
5,18	13,54	350°	0,23	10,52	2,56	—	0,27
5,42	0	300°	1,23	—	0,41	0,13	—
5,28	12,98	300°	0,25	11,09	1,65	—	0,15
5,20	0	250°	1,48	—	0,61	0,07	—
5,43	13,84	250°	0,25	12,33	1,25	—	?
5,24	0	200°	1,48	—	0,57	0,05	—
5,59	14,01	200°	0,17	13,00	0,79	—	0,09
5,19	0	150°	1,09	—	0,33	0,03	—
5,43	13,93	150°	0,17	12,79	0,80	—	0,17
5,24	0	40°	1,09	—	0,25	0,02	—
5,39	13,63	40°	0,08	12,22	0,30	—	0,26

V_o (m) : beginvolume $CH_3\ OH$.

Methylalcohol slorpt in het ultraviolet stralen op met korte golflengte (2.000 A°). Deze opslorping, welke gepaard gaat met een ontbinding, werd weinig bestudeerd; wij hadden gedacht hier een voornamere bron van OH radicalen te vinden voortkomende van de reactie CH_3 OH + hν → CH_3 + OH. Dit is niet het geval zooals wij verder zullen zien.

In tabel IV hebben wij twee aan twee de uitslagen van proefnemingen gegroepeerd, waarbij een zelfde beginhoeveelheid CH_3OH, eens bij aanwezigheid van een zelfde hoeveelheid O_2 en eens bij afwezigheid van O_2, bij verschillende temperaturen bestraald werd.

Laten wij de proefnemingen gedaan bij 400° C en 450° C van kant : bij 450° C immers wordt CH_3 OH + O_2 thermische volledig in CO en CO_2 en H_2 omgezet, zelfs zonder bestraling, en bij 400° C wordt de trage oxydatie van methylalcohol lichtjes waargenomen. Methylalcohol gedraagt zich dus, wat de trage verbranding betreft, in een zelfde reactiekamer in kwartz, juist als methaan.

De reeks proeven, genomen bij afwezigheid van zuurstof, toont aan dat de door photolyse in 6 uren ontbonden hoeveelheid CH_3 OH ongeveer dezelfde blijft voor temperaturen tusschen 40° C en 400° C. De afwijkingen zijn te wijten aan tamelijk belangrijke schommelingen van de intensiteit der bestraling.

De voornaamste producten welke door de photolyse, bij afwezigheid van zuurstof, gegeven worden zijn H_2 en CO. Bij aanwezigheid van zuurstof treft men slechts een zeer geringe hoeveelheid CO_2 aan dat gevormd wordt naast belangrijkere hoeveelheden CO en H_2O. Het gevormde water werd niet gemeten, maar men kon het, na condensatie, zien op den meniscus van het kwik onder de reactiekamer. Het feit, dan CO_2 om zoo te zeggen afwezig is, laat toe te beweren dat het primair proces van ontbinding van methylalcohol onder invloed van stralen geenszins kan gepaard gaan met de vorming van CH_3 radicalen, daar deze spoedig zouden geoxydeerd worden tot CO en CO_2.

We stellen hieronder een schema voor dat volkomen rekenschap zou geven van deze reacties :

a) bij afwezigheid van O_2 :

$$CH_3\,OH + h\nu \rightarrow CH_3\,OH^*$$
$$CH_3\,OH^* \rightarrow CO + 2H_2$$

een kleine hoeveelheid CH_4 kan gevormd worden tengevolge van een bijkomstige reductiereactie, bij voorbeeld :

$$CH_3\,OH^* + H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$$

b) bij aanwezigheid van O_2 :

$$CH_3\,OH + h\nu \rightarrow CH_3\,OH^*$$
$$CH_3\,OH^* \rightarrow CO + 2H_2$$
$$CH_3\,OH^* + O_2 \rightarrow CO + 2H_2O.$$

De kleine hoeveelheid CO_2 kan voortkomen van :

$$H_2O + CO \rightleftarrows CO_2 + H_2.$$

Een belangrijk gevolg van deze hypothesen is de afwezigheid van den OH-adicaal; bijgevolg moet men *a priori* wat volgt mogen beweren : indien men een mengsel van CH_3 OH, O_2 en CH_4 bestraalt, bij een temperatuur lager dan 400° C om de zuiver thermische trage verbranding van CH_2 OH en CH_4 te vermijden, marg men geen oxydatie van methaan vaststellen, feit waarvan wij de juistheid nagegaan hebben, zooals men kan zien in tabel V.

De uitslagen der proefnemingen verijdmeld in de tabel IV en V laten toe twee belangrijke gevolgtrekkingen te maken wat betreft de studie van het verbrandingsmechanisme van methaan, namelijk :

1) Welk ook het scheikundig proces weze dat rekenschap geeft van de oxydatie van methaan, moet in de ketenreactie de

eerste inwerking op de CH_4 molecuul door den OH radicaal geschieden; bij afwezigheid van dezen radicaal kan geen ingeleide oxydatie van CH_4 verwekt worden, terwijl de aanwezigheid er van ze doet verloopen ver onder de temperatuur waarbij de trage oxydatie begint.

Tabel V.

Beginvolumes CH_3OH, CH_4 en O_2 : onveranderlijk :
Bestralingsduur : 6 uren.

$V_o(m)$	$V_o(CH_4)$	$V_o(O_2)$	T°C	$V_f(H_2)$	$V_f(O_2)$	$V_f(CO)$	$V_f(CH_4)$	$V_f(CO_2)$	$V_b(CH_4)$
5.54	5.64	20.18	450°	0.05	12.85	2.67	0.72	7.57	4.92
5.58	6.07	30.07	400°	0.09	22.98	4.59	5.53	1.72	0.74
5.28	5.72	20.00	350°	0.19	25.25	3.21	5.69	0.41	0.03

$V_b(CH_4)$ = volume de méthane disparu
$V_b(CH_4)$ = volume verdwenen methaan.

2) Door de eerste inwerking op de CH_4 molecule die alleen geschiedt door den OH-radicaal, wordt de CH_2-radicaal gevorm ($CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$); anderzijds is het onmogelijk dat deze in methylalcohol wordt omgezet rekening houdend met het feit dat de reactie $CH_3 + O_2$ rechtstreeks tot het stadium formaldehyde leidt. De hydroxylatietheorie, welke gewag maakt voor de oxydatie van CH_4 van het tusschen-stadium CH_3OH komt ond dus als onverdedigbaar voor in het licht van het geheel der opzoekingen welke wij in dezen paragraaf beschreven hebben en in verband gesteld met de vroeger reds medegedeelde uitslagen betreffende de door aceton lichtgevoelig gemaakt oxydatie (1).

Er kan nog een vraag gesteld worden in verband met deze proefnemingen met methylalcohol : CH_3OH dampen geven insgelijks, met zuurstof of lucht, ontvlambare mengels. De trage of snelle oxydatie-reactie van CH_3OH moet dus ook een ketenréactie zijn. Niets belet dat het mechanisme dezer

keten groote gelijkenis vertoont met dat van de oxydatie van CH_4. Ziehier, bij voorbeeld, een schema dat aan hetgene, dat wij voor CH_4 voorstellen, herinnert.

Primair proces : $CH_3OH \rightarrow CH_3 + OH$ ofwel $CH_2OH + H$

thermisch

$$CH_2OH + O_2 \rightarrow CO + H_2O + OH$$
$$CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH$$
$$CH_3OH + OH \rightarrow CH_2OH + H_2O$$

ofwel

$$CH_3OH + OH\ CH_3O + H_2O \rightarrow CH_2O + H_2O + H$$

reacties waaraan men deze der CH_2O- en der CO-oxydatie kan toevoegen.

Dit schema geeft rekenschap van de vorming van CH_2O, welke men insgelijks bij de verbranding van CH_3OH kan laten uitschijnen.

II. LICHTGEVOELINGMAKING DOOR CH_3I of CH_2Br.

Bijdrage tot de studie der dooving.

Veel voorgestelde doovers zijn halogenide-ethers (3) en men kan *a priori* veronderstellen dat drie reactie een voornamen rol in de dooving spelen :

1. $RC\ H_2X + OH \rightarrow RCH_2OH + X$
2. $RC\ H_2 + X \rightarrow RCH_2X$
3. $RCH_2X + O_2 \rightarrow RCH + OH + X$
   of $\rightarrow RX + H_2O + CO$

waarin RCH_2X een organische halogeenverbinding is : deze is de doover.

(3) Zie verslagen van het « Safety in Mines Research Board » in Groot Brittannie van rond 1934 en de werken uitgevoed in de Universiteit te Leiden rond denzelfden tijd onder leiding van Prof. Jorissen (Rec. Trav. Chim. circa 1934) en therissen van leerlingen van Prof. Jorissen.

Reactie 2 hoeft niet bestudeerd te worden; haar actieveeringsenergie is nul; ze gaat door, telkens een radicaal en een halogeenatoom tegen elkander botsen.

Het is moeilijk reactie 1 afgezonderd van alle andere te bestudeeren, om reden van de moeilijkheid over den OH-radicaal te beschikken.

Reactie 3 daarentegen is deze van thermische oxydatie van een halogeenalkyl-ether en deze is het die wij bestudeerd hebben voor de doovers CH_3I en CH_3Br in de proefnemingen waarover wij verder zullen handelen.

Voor die studie hebben wij gebruik gemaakt van chemisch zuiver CH_3I en CH_3Br.

A. *Studie van methyljodide doelmatigheid.*

De proeven van Bates en Spence (4) op de photolyse en de photooxydatie van CH_3I hebben van de herverbindingsreactie aangetoond : $CH_3 + I \rightarrow CH_3I$ welke plaats grijpt telkens een CH_3-radicaal met een I-atoom in botsing komt.

Als voorloopige proefnemingen hebben wij die van Bates en Spence herdaan. Zij hebben aangetoond dat de snelheid van de herverbindingsreactie $CH_3 + I$ zelfs grooter is dan de snelheid van de reactie $CH_3 + O_2$, alle omstandigheden dezelfe zijnde.

Dit duidt wel aan, dat de reactie $CH_3 + O_2$ nochtans een actieveeringsenergie moet hebben welke van nul verschilt maar voldoende klein is om ze verder te mogen verwaarloozen.

In onderstaande tabel VI hebben de uitslagen van bestralingsproeven, waaraan wij een mengsel van CH_3I en aceton onderworpen hebben, verzameld : deze proefnemingen toonen nog klaarder hoe gemakkelijk de CH_3-radicaal zich met het I-atoom verbindt.

(4) J. R. Bates en R. Spence J. Am. Chem. Soc., 53 — 1689 — 1939.

TABEL VI.

Onveranderlijk beginvolume CH_3I = V_o (I).
Bestralingsduur : 6 h.

Onveranderlijk beginvolume CH_3COCH_3 = V_o (A).
Temperatuur : veranderlijk.

V_o (I)	V_o (A)	T°	V_f (H_2)	V_f (CO)	V_f (CH_4)	V_f (C_xH_y)
5,40	5,58	30°	0	0,11	0,25	0,07
6,00	5,47	150°	0	0,55	0,46	0,55
5,55	4,95	200°	0	0,65	0,88	0,19
5,52	4,84	250°	0	0,58	0,97	0,06
5,54	5,51	300°	0	0,55	0,75	0,02
5,56	6,00	350°	0	0,29	1,40	0,05
5,57	4,97	400°	0	0,75	5,00	0,12
5,61	5,27	450°	0	1,24	6,00	0,15

Indien men vergelijkt met de uitslagen van de photolyse van zuiver aceton (zie *Annalen der Mijnen van België*, XLIII, 117, 1942) zal men vooral twee feiten opmerken :

Terwijl de photolyse van zuiver aceton C_xH_y voortbrengt (voornamelijk C_2H_6), belet de aanwezigheid van CH_3I de vorming er van; dit wordt verklaard door het werdwijnen van CH_3-radicalen, die zich opnieuw met I verbinden, vóór ze onderling verbonden worden $2CH_3 \rightarrow C_2H_6$. Wat meer is, de aanwezigheid van slechts een kleine hoeveelheid CO moet uitgelegd worden door het fei, dat aceton door de werking van CH_3I opnieuw samengesteld wordt.

$$CH_3COCH + h\nu \rightarrow CH_3CO + CH_3$$
$$CH_3I + h\nu \rightarrow CH_3 + I$$
$$CH_3 + I \rightarrow CH_3I$$
$$CH_3CO + CH_3I \rightarrow CH_3COCH_3 + I$$

De drie proefnemingen, respectief uitgevoer bij 350, 400 en

Tabel VII.

Beginvolume CH_3I ~ onveranderlijk = V_o (1).
Beginvolume CH_3COCH_3 ~ onveranderlijk = V_o (A).
Beginvolume CH_4 ~ onveranderlijk = V_o (CH_4).
Beginvolume O_2 ~ onveranderlijk = V_o (O_2).

Bestralingsduur : 6 h.
Temperatuur : veranderlijk.

V_o (l)	V_o (A)	V_o (CH_4)	V_o (O_2)	T°	V_f (H_2)	V_f (O_2)	V_f (CO)	V_f (CH_4)	V_f (CO_2)	V_b (CH_4)
5.17	3.99	8.68	59.17	400°	0.25	18.41	11.46	6.10	6.11	2.58
2.87	4.57	8.46	59.47	350°	0.15	22.56	10.04	7.59	4.97	1.07
2.66	4.11	8.51	59.68	300°	0.10	25.84	8.59	8.51	3.91	0

450° C, worden slechts *pro memorie* aangehaald, want voor deze is de reactie niet meer zuiver photochemisch. Bij 350° C immers wordt CH_3I door een monomoleculaire reactie (5) ontbonden.

Het doovingseffect van CH_3I bij de trage verbranding van CH_4 blijkt zeer duidelijk uit de uitslagen gegeven in tabel VII.

Wat er in die vierledig mengsel geschiedt, is voorzeker te ingewikkeld om toe te laten dat er quantitatieve gevolgtrekkingen uit de enkele proefnemingen van tabel VII gemaakt worden.

Deze proeven toonen alleen, op afdoende wijze, het doovingseffect van CH_3I op de trage oxydatiereactie van methaan : de aanwezigheid van aceton, dat aan de werking van ultraviolette stralen blootgesteld wordt, moet zeker de trage oxydatiereactie van methaan vanaf een temperatuur van 250° C verwekken. Welnu, reeds van bij een temperatuur van 300° C en lager wordt geen verbranding van methaan waargenomen : wat meer is bij 350° C is de waarde V_b (CH_4) merkelijk kleiner dan ze zou zijn bij afwezigheid van CH_3I. Zie *Annalen der Mijnen van België*, XLIII, 117, 1942.)

Het doovingseffect van CH_3I bemerkt men dus duidelijk, alhoewel methyljodide met zuurstof ontvlambare mengsels vormen kan ; tweemaal hebben wij zulks vastgesteld.

De eerste maal ontvlamde een mengsel van ongeveer 28,50 t. h. CH_3I en 71,5 t. h. zuurstof, toen het in de kwartscel, welke op een temperatuur van 400° C verwarmd was, toegelaten werd ; op het oogenblik der ontvlamming moet de drukking ongeveer gelijk geweest zijn aan 50 cm kwik.

De tweede maal was de samenstelling van het mengsel 33 t. h. CH_3I en 67 t. h. O_2 ; de ontvlamming deed zich insgelijks voor, toen het mengsel in de kwartscel, verwarmd op een temperatuur van 400° C, toegelaten werd ; de drukking moet iets hooger dan de atmospherische drukking geweest zijn. Deze tweede ontvlamming was eerder een ontploffing en vernielde het toestel.

(5) E. W. R.Steacie en R. V. Mc. Donald : *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 488, 1935.

Tabel VIII.

$V_b (O_2 = V_o (O_4) - V_f (O_3)$. $V_o (1) =$ beginvolume CO_3I.

N°	V_o(l)	$V_o(O_2)$	T°	Durée	$V_f(H_2)$	$V_f(O_2)$	V_f(CO)	$V_f(CO_2)$	$V_f(CO+CO_2)$	$V_b(O_2)$
1	8.85	18.86	332°7	1h50'	0.24	10.77	5.48	0.86	6.54	8.90
2	8.78	19.08	336°8	1h50'	0.20	15.01	4.04	0.62	4.66	6.07
3	8.74	19.58	327°5	1h50'	0.16	14.56	3.19	0.49	3.68	5.02
4	8.82	19.42	305°	1h50'	0.07	17.40	1.17	0.25	1.40	2.02
5	8.67	19.81	275°2	1h50'	+	19.42	0.25	0.05	0.30	0.39
6	15.31	33.27	349°8	1h50'	0.29	19.61	9.10	1.55	10.52	15.66
7	15.34	33.40	324°8	1h50'	0.20	25.52	5.29	0.70	5.99	7.88
8	15.09	33.06	300°5	1h50'	0.08	30.68	1.80	0.35	2.15	2.98
9	15.00	33.40	200°1	1h50'	0.05	31.57	0.99	0.25	1.24	1.92
10	15.32	33.75	282°	1h50'	0.05	32.85	0.55	0.15	0.68	0.92
11	8.67	19.58	300°1	30'	0.21	15.70	3.70	0.59	4.58	5.68
12	8.76	19.86	345°	30'	0.18	15.70	2.59	0.42	3.01	3.98
13	8.82	20.15	350°	30'	0.10	17.84	1.50	0.26	1.76	2.31
14	8.70	19.58	315°	30'	0.06	18.17	0.67	0.17	0.84	1.21

Over het algemeen is die ontvlambaarheid van een doover geen beletsel voor het gebruik er van een ontploffing te voorkomen, op voorwaarde dat de noodige concentratie buiten de ontvlambaarheidszone er aan eigen valt (6).

Daar wij de studie van reactie $CH_3I + O_2$ beoogden, hebben wij, na de hierboven in 't kort herinnerde proefnemingen, een reeks proeven gedaan bij verschillende partieele drukkingen van CH_3I en van O_2 en bij verschillende temperaturen.

Tot dat doel hebben wij de kwartzcel door een reactiekamer in gewoon glas vervangen, welke in verbinding stond met het ontledingstoestel voor de door de reactie gevormde gassen.

Om de activeeringsenergie te berekenen hebben wij 3 reeksen proefnemingen (tabel VIII) gedaan; voor elke dezer hebben wij de partieele begindrukkigen van CH_3I en van O_2, alsmede den verwarmingsduur, onveranderlijk gehouden en enkel de temperatuur laten veranderen; we hebben deze derwijze kunnen regelen dat gedurende elke proefneming, de afwijking van de gewenschte temperatuur nooit méér dan een halven graad bedroeg.

De drie reeksen proefnemingen, waarvan de uitslagen hierboven gegeven worden, laten toe de activeeringsenergie te berekenen van de reactie

$$CH_3I + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + I.$$

Inderdaad, beschouwen wij de som V_f (CO) + V_f (CO_2) : deze stelt de hoeveelheid CH_3I voor welke door de beschouwde reactie geoxydeerd wordt, want het door deze reactie gevormde CH_2O moet heel gemakkelijk ofwel CO ofwel CO_2 geven door latere omvorming : duiden we deze som door V_b (CH_3I) aan.

In elke reeks zijn de beginvoorwaarden volledig gelijk; alleen de temperatuur is veranderd; men mag dus chrijven :

$$\log V_b\ CH_3I) = K - E_a/RT$$

(6) W. P. Jorissen, *Rec. Trav. Chim. Jays-Bas*, 57, 1127, 1938.

waarin K, een willekeurige constante is kenmerkend voor elke reeks, E_3 = de activeeringsenergie van de reactie

3. ($CH_3I + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + I$)

T' = de absolute temperatuur.

De graphische voorstelling, voor elke reeks, van log V_b (CH_3I) in functie van I/T, geeft werkelijk een rechte, waarvan de helling op de x-as toelaat E_3 te berekenen. Zoo bekomt men drie maal dezelfde waarde E_3 = 29 kcal.

Een ander belangrijk feit dat we met behulp van onze uitslagen kunnen vast stellen is dat slechts er een kleine hoeveelheid CO_2 voortkomt van de zeer vlug verloopende reactie $HCO + O_2 \rightarrow CO_2 + OH$, (HCO zelf voortkomende van H_2CO).

Indien men aanneemt dat de I-atomen zeer gemakkelijk inwerken op de CHO-radicaal volgens de reactie $HCO + I \rightarrow CO + HI$ zal men zonder moeite verstaan dat zeer weinig HCO-radicalen aan de werking van de I-atomen (gevormd door de oxydatie van CH_3I) ontsnappen en dat er, bijgevolg, zeer weinig CO_2 zal gevormd worden.

In dit opzicht laten we opmerken dat het ten andere onmogelijk is te besluiten, welke hoeveelheid CO werkelijk gevormd worden door de bepaalde reactie $CH_3I + O_2$ zelf :

Men kan twee mogelijkheden beschouwen :

$$CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + I$$

en $$CH_3 + O_2 \rightarrow CO + H_2O + HI.$$

De laatste reactie legt beter de vorming van slechts kleine hoeveelheden CO_2 uit gezien de lastige oxydatie van CO.

Beschouwen we, anderzijds, de waarde van V_b (O_2) om de juistheid na te gaan van de waarde van E_3 welke we daar even berekenden. Het is klaar dat er moet worden aangenomen dat b evenreding is met V_b CH_3I), (ten minste bij benadering).

Bijgevolg mag men insgelijks schrijven :

$$\log V_b\ (O_2) = K' - E_3/RT'.$$

De graphische voorstelling van de waarden van log V_b (O_2) in functie van I/T, leidt er toe aan E_3 juist de zelfde waarde als de hooger berekende te geven.

Andere proeven, in den loop van de welke we alleen de partieele begindrukkingen respectief van CH_3I en van O_2 hebben doen veranderen, hebben ons toegelaten de orde der reactie ten opzichte van de gedeeltelijke drukkingen na te gaan.

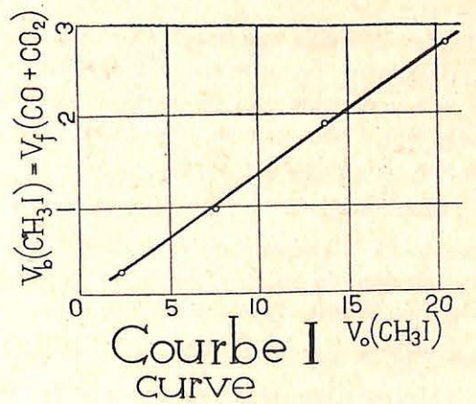
Tabel IX bevat de uitslagen van twee reeksen proefnemingen bij 300° C gedurende 1 h 30 min. Voor de eerste reeks werd er uitgegaan van een mengsel $CH_3 + O_2$ met onveranderlijke par-

Tabel IX.

Onveranderlijk temperatuur = 300° C.

Onveranderlijke duur : 1 h 30 min.

N°	V_o (I)	V_o (O_2)	V_f (H_2)	V_f (O_2)	V_f (CO)	V_f (CO_2)	V_f (CO+CO_2)
15	2,55	10,88	0,01	10,82	0,18	0,06	0,24
16	7,60	20,03	0,05	18,94	0,81	0,15	0,96
17	15,72	19,97	0,09	17,59	1,52	0,32	1,84
18	20,45	19,95	0,16	16,22	2,25	0,50	2,75
19	15,12	2,20	0,06	1,58	0,27	0,17	0,44
20	15,22	10,85	0,07	9,07	0,91	0,28	1,19
21	15,20	20,05	0,08	18,40	1,47	0,34	1,81
22	15,10	49,49	0,09	45,40	2,84	0,59	3,43

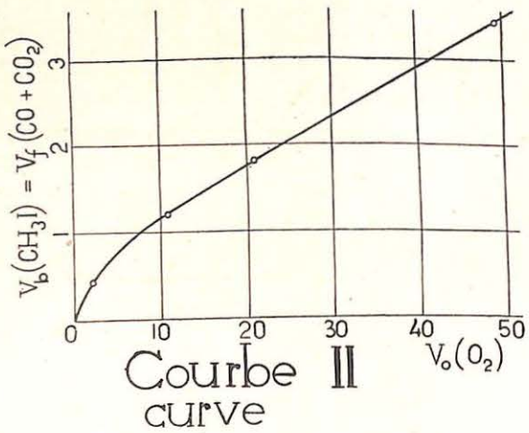


Courbe I
curve

tieele drukking (O_2) en stijgende partieele drukking (CH_3I); voor de tweede reeks was (CH_3I) onveranderlijk en veranderde (O_2).

Curve I (eerste reeks van tabel IX) stelt V_b (CH_3I) = V_f ($CO + CO_2$) in functie van V_o (I) voor : ze is een rechte en duidt bijgevolg aan dat de reactie nauwkeurig van de eerste orde is ten opzichte van (CH_3I). Reactiesnelheid = K (CH_3I).

K afhangend van al de beginvoorwaarden (voornamelijk temperatuur en partieele begindrukking (O_2)), de partieele begindrukking (CH_3I) uitgezonderd.



Courbe II
curve

Curve II (tweede reeks van tabel IX) stelt V_b (CH_3I) in functie V_o (O_2) voor; ze toont aan dat de reactie niet van de eerste orde is ten opzichte van de partieele drukking (O_2).

De snelheid zou eerder kunnen uitgedrukt worden door een uitdrukking van den volgenden vorm.

$$\text{Reactiesnelheid} = K' (CH_3I) (O_2)^x$$

waarin x een breuk is kleiner dans 1.

Men kan trachten de waarde van x te berekenen door de resultaten der tweede reeks twee aan twee te nemen. Inderdaad :

$$\text{Reastiesnelheid} = k\ V_b (CH_3I) = K' (CH_3I)\ O_2)^x.$$

Nemen wij als index respectief 1 en 2 voor de proeven 19 en 20.

$$\frac{V_b (CH_3I)_1}{V_b (CH_3I)_2} = \left[\frac{(O_2)_1}{(O_2)_2}\right] = \left[\frac{V_o (O_2)_1}{V_o (O_2)_2}\right]^x$$

$$\log V_b (CH_3I)_1 - \log V_b (CH_3I)_2 = x\ [\log V_o (O_2)_1 - \log V_o (O_2)_2]$$

Zoo geven proefnemingen :

19 en 20 : x = 0,62
20 en 21 : x = 0.64
21 en 22 : x = 0,74.

toont aan dat de schijnbare orde van de reactie ten opzichte van O_2 ongeveer 0,65 is, en dat ze schijnt te vermeerderen indien de partieele drukking van zuurstof vermeerdert.

Deze laatste feiten kan men uitleggen door een oxydatie volgens twee gelijktijdig werkende mechanismen aan te nemen :

Het eerste overkeerschend bij aanwegizheid van zeer weinig zuurstof :

3a) $CH_3I \longrightarrow CH_3I^*$

activeering botsing

3b $CH_3I^* + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + I$ ofwel $(CO + H_2O + HI)$.

De verbrandingssnelheid van CH_3I wordt dan als volgt uitgedrukt

$$Vit = K (CH_3I).$$

Het tweede overheerschend bij aanwezigheid van veel zuurstof.

3. $CH_3I + O_2 \rightarrow CH_2O + OH + I$ (ofwel $CH + H_2O + HI$).

De snelheid wordt dan als volgt uitgedrukt.

$$Vit = K (CH_3I) (O_2).$$

De reastie 3a en 3. hebben waarschijnlijk dezelfde activeeringsenergie.

B. *Studie van methylbromide.*

De toeslag van onze proefnemingen met CH_3B_2 toonen zooals men zal kunnen zien in wat volgt, een zekere analogie met die der proeven met CH_3I.

Vooraf moeten wij een wijziging in de werkmethode voor de ontleding der reactieproducten aanduiden.

De groep der gassen, welke door vloeibare lucht kunnen gecondenseerd worden, bevat, voor de proeven met CH_3Br . CO_2, H_2O en overblijvend CH_3Br (eventueel sporen van C_xH_y en van condensatie- of polymeriesatieproducten). Deze drie bestaanddeelen kunnen gemakkelijk gescheiden worden door gefractionneerde distillatie bij lage temperatuur : afkoelend tot op-140° C kan men al het CO_2 afzonderen tot op een temperatuur van — 125° C; daarna, afkoelen tot — 80° C. zondert men al het CH_3Br af. Deze wijziging biedt het voordeel ons toe te laten het overblijvend CH_3Br te meten en bijvegolg door verschilde hoeveelheid verdwenen CH_3Br te kennen.

Reeds bij onze proefnemingen met CH_3I hadden wij het CO_2 uitgetrokken uit de door vloeibare lucht condenseerbare fractie door deze op — 80° C te houden; zoo konden we het CO_2 er uit verwijderen bij uitsluiting van alle andere gassen eventueel in deze fractie aanwezig.

Wij hebben geen bestralingsproeven op CH_3Br, alleen of bij aanwegizheid van O_2, genomen; het ligt voor de hand dat deze insgelijks zouden aangetoond hebben dat de deelen CH_3 en Br zich gemakkelijk terug verbinden.

Ten einde de stabiliteit van de molecul CH_3Br te kennen, hebben wij eenige ontbindingsproeven genomen met zuiver CH_3Br. De ontbinding wordt slechts merkbaar vanaf 450° C; methylbromide is dus stabieler dan methyljodide.

Tabel X geeft de uitslagen van oxydatieproeven van CH_3Br bij verschillende temperaturen.

Men ziet er drie reeksen proeven : in elk reeks hebben wij alleen de temperatuur laten veranderen en wij hebben den duur en de begingehalten aan CH_3Br en O_2 onveranderlijk gehouden.

Tabel X.

V_o (B) = beginvolume CH_3Br.
V_b (B) = V_o (B) — V_f (B).

V_b (B) = V_o (B) — V_f (B).

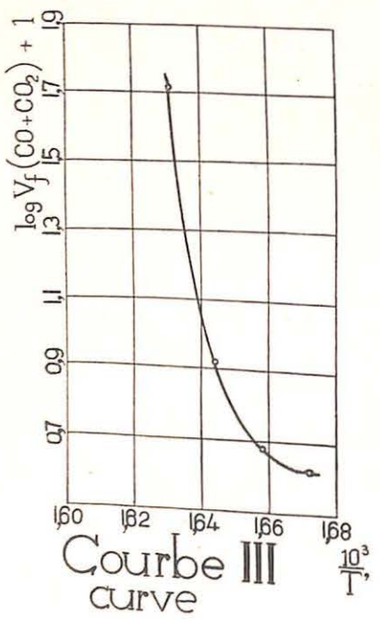
N°	V_o (B)	V_o (O_2)	T° C	Durée	V_f (O_2)	V_f (CO)	V_f (CO_2)	V_f (B)	V_f (CO+CO_2)	V_b (O_2)	V_b (B)
1	8,76	17,59	349°1	1h50'	6,97	7,15	1,02	0,10	8,17	10,42	8,66
2	8,82	17,82	324°8	1h50'	10,22	4,85	0,65	2,25	5,48	7,60	6,59
3	8,75	17,87	299°5	1h50'	17,25	0,55	0,17	8,15	0,70	0,64	0,62
4	8,81	17,52	290°5	1h50'	17,27	0,05	0,10	8,56	0,15	0,25	0,25
5	8,88	17,65	359°7	30'	8,55	6,00	0,72	0,29	6,72	9,10	8,59
6	8,60	16,96	351°1	30'	15,75	0,57	0,68	8,11	0,65	1,25	0,49
7	8,81	17,56	344°5	30'	16,84	0,55	0,04	?	0,57	0,72	?
8	8,88	17,45	329°9	30'	16,95	0,55	0,06	8,19	0,41	0,50	0,69
9	8,88	17,74	340°1	1h45'	8,92	6,05	0,48	0,56	6,51	8,82	8,52
10	8,95	17,50	357°5	1h45'	7,79	6,59	0,52	0,19	6,91	9,51	8,76
11	8,86	17,17	355°2	1h45'	15,89	0,84	— 7,97 —		0,84?	1,55	1,80?
12	8,51	17,61	350°2	1h45'	17,20	0,44	0,05	8,02	0,49	0,41	0,49
13	8,87	17,91	325°1	1h45'	17,40	0,57	0,06	8,46	0,45	0,51	0,41

Het gevormd volume H_2 is nul behalve voor de eerste proeven van de drie reeksen waarvoor het eenige honderdsten van 1 cm 3 bedraagt.

Met elke der drie reeksen van tabel X kan men drie curven trekken :

log V_f (CO + CO_2), log V_b (CH_3Br) en log (O_2) in functie van 1/T. De helling van deze drie curven op de [illegible] is met dezelfde maar men vindt ze niet weer voor de verschillende reeksen ; het is derhalve onmogelijk er een waarde voor de activeeringsenergie van de reactie $CH_3Br + O_2$ uit af te leiden.

Het feit dat deze proefnemingen in de verschillende reeksen geen gelijkaardige uitslagen geven en de abnormale vorm der curven kunnen uitgelegd worden, indien aangenomen wordt dat de oxydatie van CH_3Br volgens een ketenmechanisme verloopt.



Inderdaad, trekken wij b. v. de curve log V_f (CO + CO_2) in functie van 1/T, voor de reeks proeven 0 tot 13 (curve III). Het is geen rechte maar wel de kenmerkende curve der keten

reacties, waarvoor de schijnbare actieveeringsenergie vanaf een zekere temperatuur T' plotselong verandert (de proeven 5 tot 8 geven een curve van de zelfde vorm).

Wat meer is, het feit dat de helling der curven op de x-as niet dezelfde is, voor de drie reeksen vormt een bijkomend vermoeden voor de hypothse van de ketenreactie : elke ketenreactie immers is zeer gevoelig aan den invloed van den wand der reactiekamer en het is opvallend dat voor de verschillende reeksen reacties de toestand van den wand niet de zelfde was (de vorming van een witachtigen neerslag werd duidelijk op den wand waargenomen en werd belangrijker naarmate er meer proefnemingen men en werd belangrijker naarmate er meer proefnemingen gedaan waren). Ten andere vermindert de helling van de curve op de x-as wanner meer van de eene reeks proeven naar de andere overgaat (hoe grooter het aantal van de reeds gedane proeven) en geeft ze op die wijze een altijd keiner wordende schijnbare actieveeringsenergie, welke overeenkomt met een altijd grooter wordende belangrijkheid der ketenreacties.

De reeks 1 tot 4 wijkt een weinig van de andere af ; hier zijn de curven, log V_f (CO + CO_2), log V_b (O_2) log V_b (CH_3Br) in functie van I/T, rechten met dezelfde helling, op voorwaarde dat men geen rekening houdt met proef 1 waarin de oxydatie te ver doorgedreven werd ; met behulp van deze rechten zou men als activeeringsenergie 53 kcal vinden. We zien deze waarde als een grof benaderende waarde van de activeeringsenergie der reactie $CH_3Br + O_2$ aan en nemen hier bij aan dat, in deze eerste reeks, met een reactiekamer met nom betrekkelijk zuivere wanden, de ketens zich niet op belangrijke wijze hebben kunnen uitbreiden. Wij zijn er echter wel van bewust dat deze benadering zeer grof is en wij stellen deze waarde dan ook slechts met alle voorbehoud voor. Ze komt min of meer overeen met de activeeringsenergie der monomoleculaire thermische-ontbindingsreactie van C_2H_5Br door Vernon en Daniels (7) gelijk aan 55 kcal bevonden : Inderdaad daar de reactie $CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH$ exothermisch is, ies het klaar dat de reactie $CH_3Br \rightarrow CH_3 +$

(7) E. L. Vernon et F. Daniels : *J. Am. Chem. Soc.*, 54, 2563-2564, 1932.

Tabel XI.

Température : 314,9° C.

N°	V_o (B)	V_o (O_2)	Durée	V_f (O_2)	V_f (CO)	V_f (CO_2)	V_f (B)	V_f (CO+CO_2)	V_b (O_2)	V_b (B)
1	12,88	5,10	1h50'	2,45	0,55	0,04	12,74	0,57	0,76	0,14
2	15,21	12,54	1h50'	11,50	0,55	0,12	12,45	0,67	0,78	0,78
3	15,24	25,05	1h50'	25,05	0,51	0,11	12,59	0,62	0,02	0,65
4	15,55	37,37	1h50'	36,70	0,49	0,16	12,32	0,59	0,67	1,05
5	7,72	20,27	2h50'	20,15	0,49	0,08	6,91	0,48	0,14	0,81
6	10,14	20,00	2h50'	19,50	0,61	0,14	14,14	0,75	0,41	2,00
7	27,00	20,46	2h50'	19,55	1,02	0,22	25,65	1,24	1,15	2,55
8	45,05	20,76	2h50'	18,84	1,57	0,28	40,58	1,65	1,92	3,55

Br een activeeringsenergie vergt welke die van de reactie $C_2H_5Br \rightarrow C_2H_5 + Br$ benadert, maar die grooter is dan die van de reactie $CH_3Br + O_2$.

Evenals voor CH_3I hebben wij eenige proefnemingen gedaan met het doel de orde der reactie $CH_3Br + O_2$ ten opzichte van de begindrukkigen (CH_3 Br) en (O_2) te bepalen. Wij hebben gewerkt op een temperatuur van 314,9° C waarop de ketens nog niet merkbaar ontwikkeld worden.

Tabel XI bevat de uitslagen dezer proeven en komt overeen met tabel IX voor CH_3I.

De eerste reeks toont aan dat de reactie van de orde nul is ten opzichte van O_2, m. a. w. dat de snelheid onafhankelijk is van de partieele begindrukking van O_2. De afwijkingen kunnen toegeschreven worden aan de groote gevoeligheid der reactie zooals wij vroeger aangetoond hebben. Deze uitslag komt overeen met het vereenvoudigd mechanisme :

$$CH_3\ Br \rightarrow CH_3\ Br^*$$

$$CH_3\ Br^* \rightarrow CH_2O + OH + Br$$

ofwel $CO + H_2O + H\ Br$.

Dit is een der mechanismen voorkomende bij de oxydatie van CH_3I.

De tweede reeks integendeel toont aan dat, ten opzichte van CH_3 Br de reactie van de eerste orde is en dat de snelheid met de partieele begindrukking van CH_3 Br evenredig is. We bekomen inderdaad een rechte, wanneer we de V_f ($CO + CO_2$) in functie van V_o (CH_3 Br) graphisch voorstellen. Zie curve IV.

Hernemen wij de proefnemingen van tabel X waar wij vastgesteld hebben dat de ketens zich in het mengsel kunnen ontwikkelen en dat ze waargenomen worden zoodra de temperatuur 325° C bereikt; het is dus geenszins verwonderlijk dat het mengsel CH_3 Br + O_2 op zich zelf ontplofbaar is.

Om de juistheid hiervan na te gaan hebben wij in een glazen reactiekamer, waarin eerst het vacuum gemaakt was, een mengsel

Tabel XII.

Verwarmingsduur : 6 h. $V_b\ (CH_4 = V_o\ (CH_4) - V_f\ (CH_4)$.

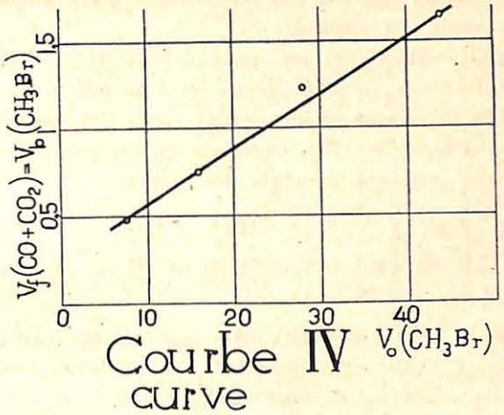
N°	V_o (B)	V_o (CH_4)	V_o (O_2)	T°	V_f (O_2)	V_f (CO)	V_f (CH_4)	V_f (CO_2)	V_f (CH_3Br)	V_b (CH_4)
1	2,81	6,37	24,25	400°	10,00	7,75	0,10	1,67	+	6,27
2	5,00	6,47	25,16	375°	10,58	8,01	0,06	1,86	+	6,41
3	2,72	6,40	25,15	350°	12,42	0,69	1,19	1,50	0,15	5,21
4	5,00	6,47	24,86	325°	24,50	0,52	0,98	0,02	2,42	0
5	2,98	6,10	24,42	300°	24,55	0	0,79	0,01	2,71	0

van 30 t. h. CH_3Br en 70 t. h. O_2 gebracht. Dit mengsel ontvlamt op een temperatuur van 498° C met een zekere vertraging.

Bij 460° C hebben wij geen ontvlamming vastgesteld.

Het is wel verwonderlijk te constateeren dat met CH_3I de ontvlamming zich voordoet van af 400° C en met CH_3Br slechts vanaf 500° C terwijl met CH_3I de ketens niet waargenomen worden tot bij 325° C en met CH_3Br wel.

De ontwikkeling der keten in het mengsel CH_3Br + O_2 vanaf 325° C kan zelfs een trage vebranding van met methylbromide gevoelig gemaakt CH_4 in leiden (tabel XII).



Werkelijk, de gevoeliggemaakte verbranding van CH_4 wordt maar waargenomen wanneer de ketens verschijnen, m. a. w. rond 325° C. Deze bijzonderheid is niet in strijd met de doovende eigenschappen van CH_3Br vergeleken met die van CH_3I; ze wijst alleen op een grootere uitgestrecktheid, naar de zone der lagere temperatuur van het domei waarde niet verakte ketens ontwikkeld worden, m. a. w. de ketens welke geen aanleiding tot ontvlamming geven.

De proefnemingen, waarvan de uitslagen hiervóór werden medegedeeld, konden gedaan worden dank zij den milden steun van het Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (Comité Wetenschap en Techniek); wij houden er aan hiervoor onzen dank te uiten.

BESLUIT.

1° De bestraling van een mengsel CH_4 + HCOOH met ultraviolettestralen, leidt waaschijnlijk tot de vrijmaking, althans van een kleine hoeveelheid, OH-radicalen. Deze werken op CH_4 in :

$$CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O.$$

Door het feit dat de CH_3-radicalen zich opnieuw verbinden bij afwezigheid van zuurstof, worden er hoogere koolwaterstoffen C_xH_y gevormd ; de hoeveelheid er van werd gemeten.

2° De bestraling van CH_3OH daarentegen geeft waarschijnlijk noch OH-, noch CH_3-radicalen.

Men neemt werkelijk in een mengsel CH_3OH + CH_4 + O_2, dat aan de werking van ultraviolette stralen onderworpen wordt, beneden 400° C geen ingeleide oxydatie van CH_4 waar.

3° Er werd gevonden dat, tusschen de temperaturen 275° C en 350° C, de activeeringsenergie der reactie

$$CH_3 + O_2J \rightarrow CH_2O + OH + I$$

ofwel $CO + H_2O + H$.

gelijk is aan 29 kcal.

Deze reactie is van de eerste orde ten opzichte van CH_3I en van de ordre 0,65 ten opzichte van O_2 in het beschouwd gebied.

In de voorwaarden van onze proefnemingen ontwikkelen de ketens zich nog niet op noemenswaardige wijze.

4° De reactie $CH_3Br + O_2$ is, tusschen 290° C en 350° C, een ketenreacie. De activeeringsenergie er van, welke bij benadering gemeten werd, is ongeveer 53 kcas.

De reactie is van de orde nul ten opzichte van O_2 indien er genoeg O_2 aanwezig is ; ze is van de eerste ordre ten opzichte van CH_3Br.

5° Het is waarschijnlijk dat de reacties $RCH_2I + O_2$ en $RCH_2Br + O_2$ een voorname rol spelen in het reactiestelsel dat rekenschap geeft van de dooving door halogenide-ethers van het type RCH_2Br en RCH_2I.

De activeeringsenergies er van moeten ongeveer gelijk zijn aan deze die wij voor de reacties $CH_3I + O_2$ en $CH_3Br + O_2$ gevonden hebben.

NATIONAAL MIJNINSTITUUT

VERSLAG OVER DE WERKZAAMHEDEN IN 1944-1945

BIJLAGE III.

LIJST

DER

ELECTRISCHE EN ANDERE

TOESTELLEN

aangenomen in 1944 en 1945

MOTOREN

Datum der goedkeuring	CONSTRUCTEUR	N° van het minist. Besluit	BEMERKINGEN
25-4-1944	Ateliers de Constructions Electriques van en te Charleroi.	13E/6831	Wijziging aangebracht aan den bouw van den motor A.C.G. nr 107-C aangenomen op 14-1-36 bij besluit 13E/5844: de wijziging bestaat in de voeding van den motor door een plooibaren kabel gaande door een opening op den zijkant van het motorhuis aangebracht zooals aangeduid op plan nr 9.000.088.
26-7-1944	Idem.	13E/6867	Motor, type A.F.G. 764-C, asynchroon, draaistroom met kortsluitanker, spanning 110 à 6.600 V, vermogen met tolerantie van ± 50 % : 215 P.K. bij de synchrone snelheid van 3.000 t/m. Plans : 9.050.566 (dwarsdoorsnede) 1.050.822 (langsdoorsnede) 5.021.238 (toebehooren voor aansluitdoozen).
1-8-1945	Idem.	13E/6907	Motor, type A.F.G.T.-87, asynchroon, draaistroom met kortsluitanker. Spanning 110 à 600 V. Snelheid : 3.000 t/m. Vermogen : 4 P.K. met tolerantie van ± 25 %. plan nr 9.000.001.
1-8-1945	Idem.	13E/6908	Motor, type A.F.G.T.-127 asynchroon, draaistrom met kortsluitanker. Spanning van 110 à 600 V. Vermogens met tolerantie van ± 25 % 6 P.K. bij 3.000 t/m., 4 P.K. bij 1.500 t/m., 2,75 P.K. bij 1.000 t/m. plan nr 9.000.009.
30-8-1945	Idem.	13E/6917	Uitbreiding van de beslissing 13E/6359 van 13-4-39 betreffende de motoren van het type A.F.G. 771 d. De motor, die het voorwerp van deze aanneming uitmaakt, wordt beschermd door een volledig gelijkaardig omhulsel als dit van het type A.F.G. 771, behalve dat de rotoras doorheen de twee zijstukken gaat zooals aangeduid op het plan 527.864-A. De karakteristieken van dezen motor zijn de volgende : Spanning 6.600 V. Snelheid 3.000 t/m. Vermogen 160 P.Z.

ALLERLEI ELECTRISCHE TOESTELLEN

Datum der goedkeuring	CONSTRUCTEUR	N° van het minist. Besluit	BEMERKINGEN.
11-1 1944	Ateliers de Constructions Electriques van en te Charleroi.	13E/6837	Hermetisch koffertje, met oliebad, type H.G.F. 600 × 860 voor aanloopweerstanden voor draaistroom van het type T.H.G.F.-136 (136 P.K. en T.H.G.H.-192 (192 P.K.) van volledig dezelfde constructie als het toestel bedoeld door de beslissing 13E/6812 van 10-9-43. plan nr 9.145.198.
12 1 1944	Idem.	13E/6840	Aanloopweerstand met oliebad, type T.H.G.F.-34 (34 P.K.) (hermetisch koffertje) van volledig dezelfde constructie als het toestel bedoeld door de beslissing 13E/6812 van 10-9-43. plan nr 9.145.031.
12-1-1944	Naamlooze Vennootschap Siemens — Afdeeling Siemens en Schuckert, Steenweg op Charleroi, 116, te Brussel.	13E/6841	Plaatsing van een knalrooster op den bovensten bodem van het bedieningskoffertje voor transportbanden, dat het voorwerp heeft uitgemaakt van de beslissing 13E/6811 van 6-9-43. plan nr 113.039. Deze knalrooster is volledig dezelfde als deze van het koffertje voor uitschakelaar bedoeld door de beslissing nr 13E/6809 van 4-9-43.

14-1-1944	Ateliers de Constructions Electriques van en te Charleroi.	18E/6839	Aanloopweerstand met oliebad, type T.H G.F.-17 (voor het belast aanloopen van een motor van 17 P.K.) — hermetisch omhulsel — zelfde constructie als het toestel bedoeld door de beslissing 13E/6812 van 10-9-43. plan nr 1.145.180.
23-1-1945	Société Electromécanique, 19, L. Crickxstraat, Brussel.	13E/6885	Uitschakelaar, type D.T.G.-a-100 am. met bedieningshandel en controle-ampèremeter. plans C.3904 — C.3927 — C.3928.
6-4 1945	Ateliers de Constructions Electriques van en te Charleroi.	13E/6890	Detailwijziging van de kastjes nr 22 tot en met 27 aangenomen door de beslissing 13E/6452 van 7-11-39. Plooibare kabel bij het vertrek naar de verbruikstoestellen. plan nr 1235.
25 5 1945	Idem.	13E/6897	Wijziging van de benaming der drie controllers aangenomen door de beslissingen 13E/6526 van 19-2-40, 13E/6747 en 13E/6749 van 18-6-42. De benaming P.A. wordt vervangen door P.T.

ALLERLEI ELECTRISCHE TOESTELLEN (vervolg)

Datum der goedkeuring	CONSTRUCTEUR	N° van het minist. Besluit	BEMERKINGEN.
2-6-1945	N. V. Electromécanique, 19, Lambert Crickx-straat te Brussel.	13E/6899	Driepolige inschakelaar - omschakelaar-doos met drukknopbediening, type D.T.G./350 amp. plan C-A, 4021.
6-9-1945	Idem.	13E/6911	Wijzigingen van de uitschakelaars typen D.T.G. 60 — D.T.G. 100 en D.T.G. 200/350, aangenomen door de beslissingen 13E/6212 van 16-5-38. plans CA.3971, — C.4024, — C.4025 en C.4050.
20-10-1945	Idem.	13E/6918	Kastjes nr 40 en 41, plan nr 1.160.435 en 4.160.980. Ze mogen worden gebruikt afzonderlijk of in verbinding met de koffertjes vroeger aangenomen door de volgende beslissingen : 13E/5876 van 6-3-36 13E/6174 van 8-3-38 13E/6362 van 12-4-39 13E/6406 van 28-7-39 13E/6452 van 7-11-39 13E/6485 van 6-12-39 13E/6561 en 13E/6563 van 25-4-40. 13E/6564 van 7-5-40.

VERLICHTINGSTOESTELLEN AL OF NIET AAN VERPLAATSING ONDERHEVIG

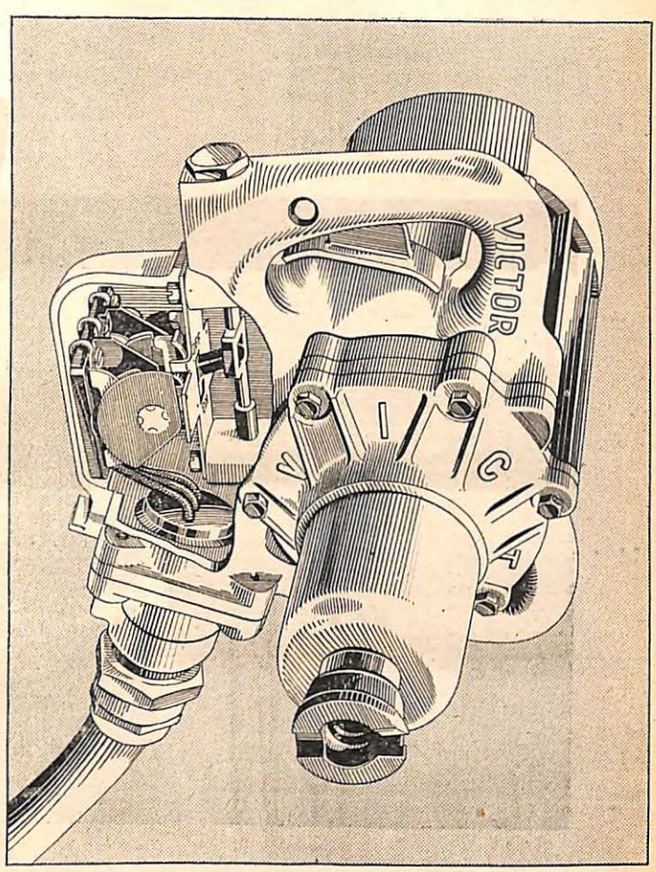
Datum der goedkeuring	CONSTRUCTEUR	N° van het minist. Besluit	BEMERKINGEN.
31-1-1944	Naamlooze Vennootschap Siemens — Afdeeling Siemens en Halske, Steenweg op Charleroi, 116, te Brussel.	13C/5548	Wijzigingen van zekere inrichtingen van het verlichtingsmaterieel voor pijlers dat aangenomen werd door de beslissing 13C/5127 van 8-11-30. Detailplan nr 10.768. IJzeren bekleeding : schets nr 10.815.
25-2-1944	N. V. Bell Telephone Manufacturing C°, 4, Boudewijnstraat, te Antwerpen.	13E/6849	Magnetisch telefoontoestel plans AS-500.516 AS-500.517 AS-500.518.
19-4-1944	Ateliers de Constructions Electriques van en te Charleroi.	13E/6859	Detailwijziging van de kastjes bedoeld door de volgende beslissingen : 13E/5552 van 5-2-32 13E/5602 van 3-7-33 13E/6391 van 8-6-39 13E/6616 van 24-2-41. De driekantige schroeven werden door schroeven met zeshoekigen kop vervangen. plan 5.200.910.

DRAAGBARE ELECTRISCHE LAMPEN

Datum der goedkeuring	CONSTRUCTEUR	Nr van het minist. Besluit	BEMERKINGEN
1 12 45	S. A. d'Eclairage des Mines et d'Outillage Industriel, te Loncin.	13C/5572	Lamp, type nr 605, zure accumulator van 2 V, gloeilampje van 0,85 A. plan 1490.
12 12-1945	N. V. Les Ateliers Mécaniques, te Morlanwelz-Hayettes.	13C/5576	Electrische lamp, type K.G.2, gebouwd door de Concordia Safety Lamp te Cardiff (Engeland). 2-cellige cadmium-nikkelaccumulator, 2,5 V. Stroom verbruikt door het gloeilampje: 1,75 A. Volledig gewicht der lamp: 4,530 kg.

VENTILATOREN

Datum der goedkeuring	CONSTRUCTEUR	No van het minist. Besluit	BEMERKINGEN.
18 4 1944	Société Belge d'Outillage Pneumatique B. O. P., Dobbelenbergstraat, 90 te Haren bij Brussel.	13B/5668	Turboventilator, type B.O.P. Wetterturbo V.L.H.-4. plan I.N.M.-83.



VICTOR

50 CYCLE
DRILL

DIRECT
SWITCHING
CONTROL

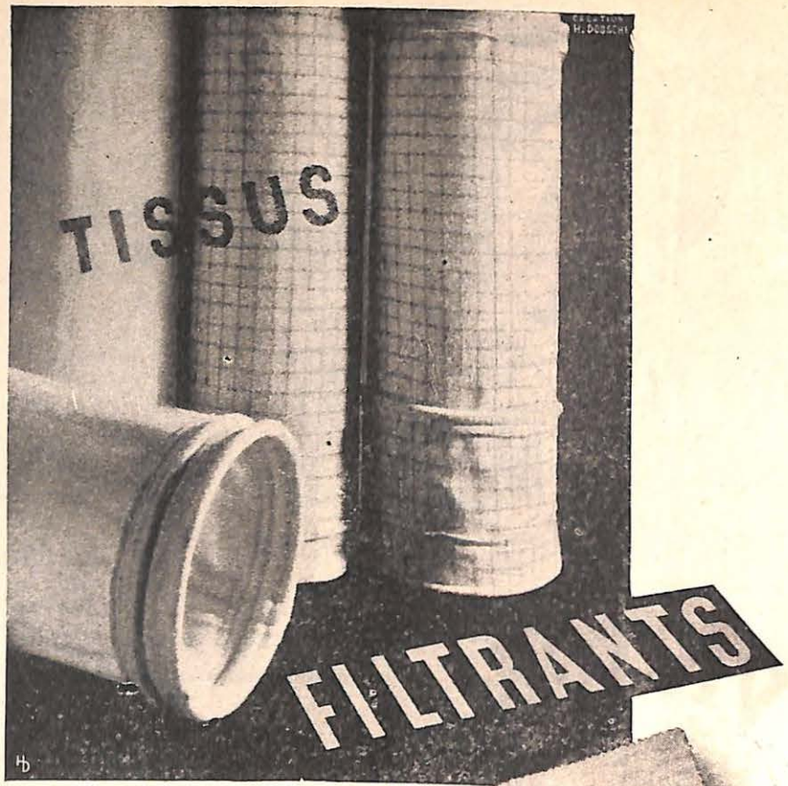
La perforatrice électrique de mines avec le plus grand rapport « puissance-poids ».

Une perforatrice puissante et légère à contrôle direct par circuit triphasé à 50 per./sec. jusque 550 volts.

Convenant pour avancement à la main ou mécanique.

CONSTRUCTEURS :
VICTOR PRODUCTS
(WALLSEND) Ltd
WALLSEND-ON-TYNE (Angleterre)

AGENTS :
SOCIETE SADACS, HAREN NORD



pour toutes industries

La plupart des charbonnages, notamment, on adopté nos manches de dépouissiérage en tissus laine, cotons ou mixtes. Les nombreuses fournitures que nous avons faites à l'entière satisfaction de nos clients sont une garantie pour l'avenir. Faites-nous confiance.

S.A. Lainière de Sclessin
CAPITAL : Frs 15.000.000
FONDÉES EN 1900
ANCIENS ETS BEGASSE - SCLESSIN-lez-LIÉGE

Service Commercial : 34, rue Jacques Jordaens, Bruxelles — Tél. 47.17.40

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

DIRECTION GENERALE DES MINES

Le Ministre des Affaires économiques,

Vu l'arrêté royal du 18 décembre 1929 modifié par l'arrêté royal du 20 avril 1935, déterminant les attributions, l'organisation et le mode de fonctionnement de l'Institut National des Mines et notamment le dernier alinéa du 2° de l'article premier du premier de ces arrêtés;

Revu l'arrêté ministériel du 10 mars 1931, déterminant notamment le tarif auquel sont soumis les essais effectués à l'Institut National des Mines;

Considérant qu'il y a lieu de reviser le dit tarif;

Vu la décision du Conseil d'Administration de l'Institut National des Mines, prise lors de sa réunion en date du 28 décembre 1944,

Arrête :

Article premier. — Le tarif des essais effectués à l'Institut National des Mines est fixé comme suit, à partir du 1er janvier 1945 :

A. —*Explosifs.*

1°) Essais préalables de recherches en présence du grisou et des poussières de houille, 2.500 francs;

2°) Essais pour le classement, consécutifs aux essais préalables, 4.125 francs;

3°) Essais directs pour le classement sans essais préalables, 6.600 francs;

4°) Coup isolé au mortier ou à l'air libre, 415 francs;

5°) Détermination de la puissance d'un explosif au bloc de plomb, 415 francs;

6°) Coup isolé tiré au bloc de plomb, 105 francs.

B. — *Lampes ou parties de lampes.*

1°) Essais préalables de recherches, 825 francs;

2°) Essais pour l'admission, consécutifs aux essais préalables, 1.650 francs;

2°) Essais pour l'admission, consécutifs aux essais préalables, 1.650 francs;

3°) Essais directs pour l'admission, sans essais préalables, 2.500 francs.

C. — *Verres.*

1°)Essais préalables, 415 francs;

2°) Essais pour la reconnaissance, consécutifs aux essais préalables, 825 francs;

3°) Essais directs pour la reconnaissance sans essais préalables, 1.240 francs.

D. — *Moteurs ou appareils électriques.*

Examen détaillé de l'appareil, avec ou sans épreuve en atmosphère inflammable, 1.650 francs.

E. *Appareils et produits divers.*

Les taxes seront déterminées dans chaque cas particulier et portées à la connaissance des intéressés par le Ministre des Affaires économiques.

Art. 2. — Les taxes prévues ci-dessus seront versées anticipativement au compte chèques postaux n° 1151.38 de l'Institut National des Mines, rue Grande, 53, à Pâturages.

Art. 3. — Lorsque les essais sont sollicités en vue de la reconnaissance officielle d'appareils ou de produits, les demandes seront adressées au Ministère des Affaires économiques, *Direction Générale des Mines*, 28, rue de l'Association (1), à Bruxelles et contiendront toutes les indications permettant d'apprécier l'opportunité des essais.

Pour les essais préalables ou de recherches, les demandes peuvent être adressées à l'Administrateur-Directeur de l'Institut.

(1) Actuellement 70, rue de la Loi.

ATELIERS

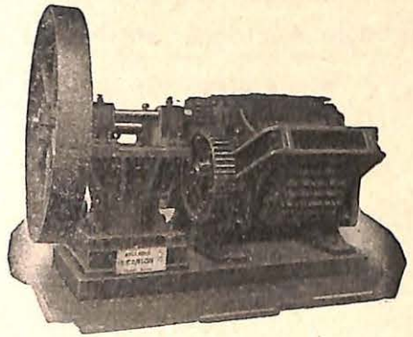
LOUIS CARTON

S. A. TOURNAI (BELGIQUE)

INSTALLATIONS DE :

CUISSON - SECHAGE - CONCASSAGE - BROYAGE - TAMISAGE
LAVAGE - DOSAGE - MELANGE - DEPOUSSIERAGE - ENSACHAGE
MANUTENTION

MATERIEL POUR CHARBONNAGES :



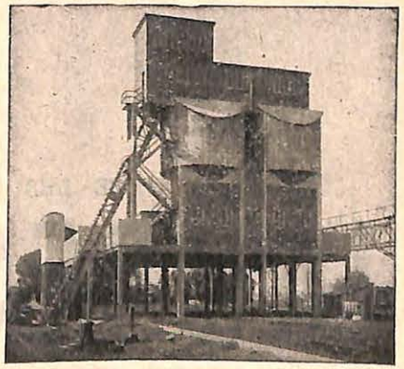
Broyeur à cylindres dentés.

Sécheurs à charbons.

Broyeurs à mixtes, schistes, barrés.

Trommels classeurs et laveurs.

Tamis vibrants.



Installation de manutention et distribution de charbon.

Elévateurs.

Transporteurs.

Distributeurs.

Filtres dépoussiéreurs.

Installations de fabrication de claveaux.

Ponts métalliques fixes et mobiles de tous systèmes.
Charpentes métalliques de tous types. - Pylônes. -

Chevalements de mines. - Ossatures métalliques de bâtiments. - Maisons métalliques démontables. - Réservoirs. - Gazomètres. - Grosses tuyauteries. - Chalands à clapets. - Appareils de levage. - Matériel fixe de chemin de fer. - Soudure électrique, etc.

LOCOPULSEUR PULSO
(Appareil destiné à la manœuvre des wagons).

SOCIETE ANONYME DES ATELIERS DE CONSTRUCTION DE
JAMBES-NAMUR
ANCIENS ETABLISSEMENTS THEOPHILE FINET
TELEPHONE : NAMUR : 23.355 ADRESSE TELEGR. : ATELIERS FINET - JAMBES

Les appareils et produits à essayer seront envoyés au siège de l'Institut, 53, rue Grande, à Pâturages, aux frais des demandeurs et à leurs risques et périls et en ce qui concerne spécialement les explosifs après accomplissement des formalités relatives à la reconnaissance et au transport de ces matières.

En ce qui concerne les appareils électriques antigrisouteux, la demande doit contenir :

1°) un plan détaillé, en triple expédition, sur fond blanc, de l'appareil et particulièrement de l'enveloppe et de ses assemblages;

2°) des schémas cotés, conformes aux plans d'exécution, mais montrant spécialement les dispositifs de sécurité, sont exigibles;

3°) une description donnant :

a) les caractéristiques électriques;

b) les caractéristiques de l'enveloppe : dimensions intérieures, volume intérieur, volume occupé par l'appareillage, volume libre, nature et épaisseur des parois, caractéristiques des dispositifs éventuels d'arrêt de flammes, verrouillage, etc.

Art. 4. — L'arrêté ministériel du 10 mars 1931 fixant les taxes des essais de l'Institut National des Mines est rapporté.

Bruxelles, le 22 janvier 1945.

(s) DELRUELLE.

MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

1er JUIN 1945.

Institut national des Mines. — Conseil d'administration

CHARLES, Prince de Belgique, Régent du Royaume,

A tous, présents et à venir, Salut.

Vu l'arrêté royal du 18 janvier 1921 créant l'Institut national des Mines;

Vu la loi du 5 avril 1923 accordant la personnalité civile au dit institut;

Vu l'arrêté royal du 18 décembre 1929, modifié par arrêté royal du 20 avril 1935, déterminant les attributions, l'organisation et le mode de fonctionnement de l'institut;

Considérant que le mandat des membres du conseil d'administration de l'Institut national des Mines est venu à expiration le 1er mars 1945;

Considérant qu'il importe, en conséquence, de procéder, en conformité des dispositions faisant l'objet de l'article premier, 3°, de l'arrêté royal précité du 18 décembre 1929, à la désignation des membres du susdit conseil d'administration pour la période de six ans expirant le 28 février 1951;

Sur la proposition du Ministre des Affaires économiques,

Nous avons arrêté et arrêtons :

Article premier. — Sont nommés membres du conseil d'administration de l'Institut national des Mines, pour un terme de six ans prenant fin le 28 février 1951 :

MM. Abrassart, Adelson, ingénieur, à Mons;

Capellen, Joseph, directeur gérant des « Charbonnages d'Amercœur » et du « Charbonnage du Bois du Cazier », à Jumet;

Delattre, Achille, membre de la Chambre des Représentants, à Pâturages;

Delrée, Alexandre, ingénieur en chef directeur des mines, à Liége.

CORDERIES ET CABLERIES BELGES

Société Anonyme

GILLY (Charleroi)

Adr. télégr. : CABLEBEL-GILLY
Téléphone : 122.55 Charleroi

Registre du Commerce :
Charleroi 258.69

CABLES PLATS ET RONDS
METALLIQUES POUR CHARBONNAGES

Spécialité de câbles pour ascenseurs. - Câbles complètement antigiratoires. - Câbles pour la marine et la batellerie, forte galvanisation. - Câbles pour haubans, pour toutes industries. - Spécialité de fils hélicoïdaux. « Système breveté » pour sciage des marbres et pierres.

Visite. - Surveillance. - Expertises. - Réparations et transformations.

Société Anonyme

Ateliers de Construction et Chaudronnerie de l'EST

MARCHIENNE-AU-PONT (Belgique)

Téléphone : Charleroi 12244 — Télégrammes : ESTRHEO

Firme spécialisée dans la préparation mécanique des charbons et minerais
Exploitation des procédés de lavage par RHEOLAVEUR A. FRANCE
Divisions spéciales : Engins de levage — Manutention générale — Charpentes — Pylônes — Réservoirs

Les plus récentes innovations brevetées dans le domaine d'applications de RHEOLAVEUR consistent dans :

1°) Le lavage des fins schlamms à partir d'un dixième de millimètre.
2°) L'automaticité du réglage des batteries de lavage (appareillage électro-mécanique).
3°) L'épuration poussée des catégories de charbon destinées à l'usage dans les gazogènes des véhicules motorisés.

Demandez-nous des renseignements et la visite de nos spécialistes pour l'application à vos installations existantes

LES TRANSPORTEURS BREVETES

REDLER

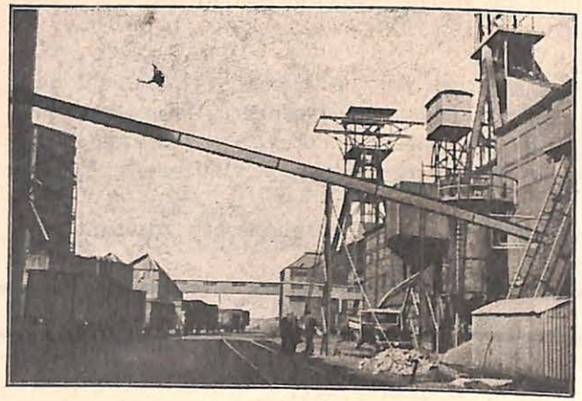
HORIZONTAUX - INCLINES - VERTICAUX

pour

toutes distances,
toutes capacités (5-500 t./h.),
tous les

CHARBONS

ET MATIERES ANALOGUES



«REDLER» installe à la Société Anonyme John Cockerill, Division du Charbonnage des Liégeois à Zwartberg, pour le transport de charbons et mixtes 0/10 et 0/30, mélangés de schlamms.

Principaux avantages :

Encombrement très réduit, d'où montage plus simple, suppression de passerelles et de charpentes coûteuses.

Sécurité de marche de 100 %
suppression des engorgements, du graissage

Economie considérable de force.

Suppression du dégagement de poussières.

DEMANDEZ REFERENCES, CATALOGUES
ET VISITE D'INGENIEUR à

BUHLER FRERES

Tél. : 12.97.37 — BRUXELLES — 2a, rue Ant. Dansaert
Usines à UZWIL (Suisse)

Demeure, Charles, ingénieur principal des mines (section de disponibilité), professeur à l'Université de Louvain, à Sirault ;

Denoel, Lucien, inspecteur général honoraire des mines, professeur émérite à l'Université de Liége, à Liége ;

Dethier, Nicolas, secrétaire de la Centrale syndicale des Travailleurs des Mines de Belgique, à Beyne-Heusay ;

Dufrasne, Alexandre, directeur des Charbonnages de Winterslag, à Genck ;

Erculisse, Paul, professeur à l'Université de Bruxelles, à Bruxelles ;

Guérin, Maurice, ingénieur en chef-directeur des mines, ff. d'inspecteur général des mines, à Liége ;

Halleux, Armand, ingénieur en chef-directeur honoraire des mines, professeur à l'Université de Bruxelles, à Bruxelles ;

Leheuwe, Georges, directeur gérant des Charbonnages de Ressaix, Leval, Péronne, Sainte-Aldegonde et Genck, à Péronnes-lez-Binche ;

Libert, Gustave, administrateur-directeur des Charbonnages de Gosson-La Haye et Horloz réunis, à Jemeppe-sur-Meuse ;

Paques, Georges, ingénieur en chef-directeur des mines, à Bruxelles ;

Van Buggenhout, Jacques, ancien membre de la Chambre des Représentants, président d'honneur de la Centrale des Francs-Mineurs, à Bruxelles.

Art. 2. — Le Ministre des Affaires économiques est chargé de l'exécution du présent arrêté.

Donné à Bruxelles, le 1er juin 1945.

CHARLES.

Par le Régent :
Le Ministre des Affaires économiques,
A. DE SMAELE.

Par arrêté du Régent du 1er décembre 1945, M. Bidlot, Raymond, ingénieur principal des Mines (section de disponibilité), professeur à l'Université de Liége, a été nommé membre du conseil d'administration.

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

Algemeene Directie van het Mijnwezen.

De Minister van Economische Zaken,

Gezien het Koninklijk besluit dd. 18 December 1929, gewijzigd bij Koninklijk besluit dd. 20 April 1935 waarbij de bevoegheid, de inrichting en de werkwijze van het Nationaal Mijninstituut worden bepaald en inzonderheid de laatste alinea van de 2° van artikel 1 van het eerste dezer besluiten;

Herzien het Ministerieel besluit dd. 10 Maart 1931, dat inzonderheid het tarief vaststelt, waaraan de proefnemingen, onderworpen zijn, die in het Nationaal Mijnsinstituut gedaan worden;

Overwegende dat het behoort over te gaan tot een herziening van bedoeld tarief;

Gezien de beslissing van den Raad van Beheer van het Nationaal Mijninstituut gertoffen op zijn vergadering van 28 December 1944,

Besluit :

Artikel 1. — Van 1 Januari 1945 af, wordt het tarief der proefnemingen in het Nationaal Mijninstituut gedaan, als volgt vastgesteld :

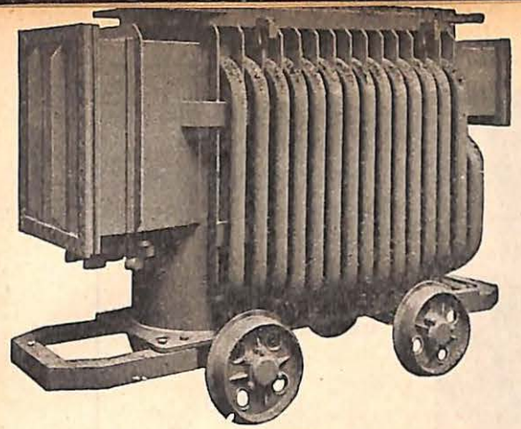
A. — *Springstoffen.*

1°) Voorafgaande onderzoekingsproefnemingen in bijzijn van mijngas en kolenstof, 2.500 frank;

2°) Indeelingsproefnemingen volgende op de voorafgaande proefnemingen, 4.125 frank;

3°) Rechtstreeksche indeelingsproefnemingen zonder voorafgaande proefnemingen, 6.600 frank;

4°) Afzonderlijk schot in den mortier of in open lucht 415 frank;



Transformateur anti-déflagrant pour mine grisouteuse.

TRANSFORMATEURS -- MOTEURS -- APPAREILLAGE -- MACHINES D'EXTRACTION -- GROUPES TURBO-ALTERNATEURS -- PONTS PORTIQUES DE STOCKAGE -- ETC., ETC.

TOUT EQUIPEMENT ELECTRIQUE DE CHARBONNAGE

SEM

Département: ELECTRICITE INDUSTRIELLE

50, DOCK - GAND

ENTREPRISES DE TRAVAUX MINIERS

JULES VOTQUENNE

Bureau : 11, Rue de la Station, TRAZEGNIES - Tél. : Charleroi 80.091

FONÇAGE ET GUIDONNAGE DE PUITS DE MINES

Spécialité de guidonnages de tous systèmes

BRIARD perfectionné : nouveau type 1924

Guidonnages frontaux métalliques et en bois, perfectionnés, pour puits à grande section.

EXECUTION DE TOUS TRAVAUX DU FOND

Creusement de galeries, bouveaux à blocs, bouveaux à cadres, recarrages, etc.

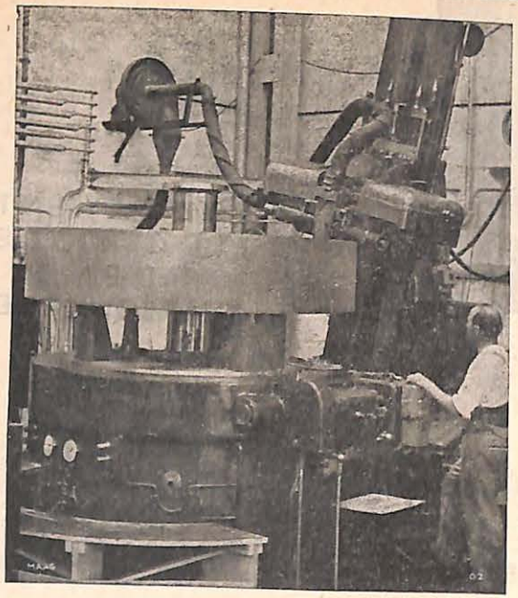
ARMEMENTS COMPLETS DE PUITS DE MINES

BOIS SPECIAUX D'AUSTRALIE

ENTREPRISES EN TOUS PAYS — GRANDE PRATIQUE

Nombreuses références : équipement de { 50 puits à guidonnage BRIARD ; 17 puits à grande section

Visites, Projets, Etudes et Devis sur demande.



LA PLUS GRANDE MACHINE DU MONDE!...
...pour la rectification d'engrenages après trempe jusqu'à 3 m. 60 de diamètre et 1 m. de largeur

ENGRENAGES
REDUCTEURS
MULTIPLICATEURS
BOITES DE VITESSE

SPECIALITE :
DENTURES
trempées et rectifiées

POMPES
à engrenages de précision

ENGRENAGES
MAAG
ZURICH - SUISSE
Ad. BAILLY
60, av. Prince de Ligne
BRUXELLES
Tél. : 44.19.53

ANC ETABL. METALL.
NOBELS-PEELMAN
St-NIKLAAS (Waas)
Tél. : 13 et 384 — Télégr. : ATELIERS

PONTS - CHARPENTES - CHAUDRONNERIE - WAGONS - TANKS

WAGONS ET WAGONNETS DE MINES ET DE CARRIERES — VOIES ET AIGUILLAGES — TRANSPORTEURS AERIENS — CHEVALETS — CONSTRUCTIONS POUR TRIAGE-LAVOIRS — TREMIES — CHASSIS A MOLETTE

CADRES DE MINES POUR SOUTENEMENT

5°) Vaststelling van de kracht van eene springstof met den looden blok, 415 frank;

6°) Afzonderlijk schot in den looden blok, 105 frank.

B. — *Lampen of gedeelten van lampen.*

1°) Voorafgaande onderzoekingsproefnemingen 825 frank;

2°) Aannemingsproefnemingen volgende op de voorafgaande proefnemingen, 1.650 frank;

3°) Rechtstreeksche aannemingsproefnemingen zonder voorafgaande proefnemingen, 2.500 frank.

C. — *Glazen.*

1°) Voorafgaande proefnemingen, 415 frank;

2°) Erkenningsproefnemingen volgende op voorafgaande proefnemingen, 825 frank;

3°) Rechtstreeksch erkenningsproefnemingen zon der voorafgaande proefnemingen, 1.240 frank.

D. — *Electrische motoren of toestellen.*

Omstandig onderzoek van het toestel met of zonder proef in ontvlambare atmospheer, 1.650 frank

E. — *Toestellen en verschillende producten.*

De kosten worden bij ieder afzonderlijk geval vastgesteld en door den Minister van Economische Zaken ter kennis der belanghebbenden gebracht

Art. 2. — De hierboven vermelde kosten dienen vooruit betaald op postchecrekening 1151.38 van het Nationaal Mijninstituut, rue Grande, te Pâturages.

Art. 3. — Wanneer met het oog op de ambtelijke erkenning van toestellen of producten, proefnemingen worden aangevraagd, dienen deze aanvragen te worden ingediend bij den Minister van Economische Zaken, *Algemeene Directie van het Mijnwezen*, 28, Bondstraat (1), te Brussel, en moeten zij al de inlichtingen bevatten, die toelaten om over de gepastheid der proefnemingen te oordeelen.

Voor voorafgaande proeven of onderzoekingen mogen de aan-

(1) Thans 70, Wetstraat.

vragen aan den Beheerder-bestuurder van het Instituut gezonden worden.

De te beproeven toestellen en producten zullen op de kosten en eigen risico van de aanvragers gestuurd worden naar den zetel van het Instituut, 53, rue Grande, te Pâturages, en wat inzonderheid, de springstoffen betreft dienen vooreerst de betalingen betreffende de erkenning en het vervoer dezer stoffen nageleefd.

Voor de electrische mijngasveilige toestellen moet de aanvraag het volgende bevatten :

1°) een op witten grond en drievoud opgemaakt volledig plan van het toestel en inzonderheid van het omhulsel en van de uitvoering van de voegen;

2°) van dit omhulsel gequoteerde schema's, met de uitvoeringsplannen overeenstemmende maar die speciaal de veiligheidsschikkingen aanwijzen, mogen worden geëischt;

3°) een beschrijving die het volgende opgeeft :

a) de electrische caracteristieken;

b) de bijzonderheden van het omhulsel; de inwendige afmetingen, de inwendige ruimte, de ruimte door het toestel ingenomen, de vrije ruimte, den aard en dikte der wanden, de bijzonderheden der eventueel aangebrachte schikkingen voor het uitdooven der vlammen, de grendeling, enz...

Art. 4. — Het Ministerieel besluit dd. 10 Maart 1931, waarbij de tarieven der proefnemingen van het Nationaal Mijninstituut werden vastgesteld, wordt ingetrokken.

Brussel, den 22 Januari 1945.

(g) DELRUELLE.

LEBRUN

SES COMPRESSEURS D'AIR,

SES COMPRESSEURS FRIGORIFIQUES,

matériel de qualité

S. A. ATELIERS B. LEBRUN, NIMY

Etablissements Simon WATTIEZ, s.p.r.l.

Successeurs de The American Equipment C°

23, Boulevard de Waterloo, BRUXELLES - Téléphone : 11.98.98

LES MASQUES
LES CASQUES
LES LUNETTES

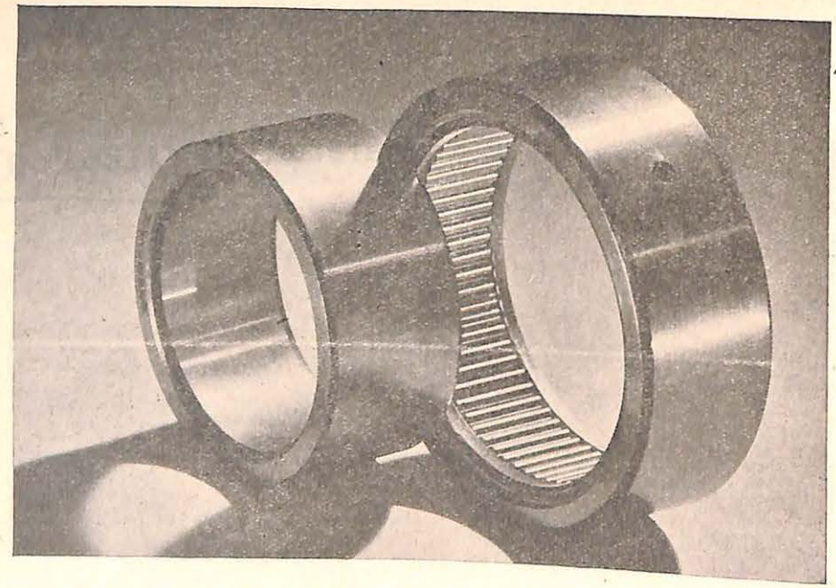
A. E. C.

S'IMPOSENT

EFFICACITE SECURITE

Soudures auto-chimiques **Castolin**
Presses hydrauliques **Manley**
Foreuses électriques **Sioux**, etc, etc.

OUTILLAGE DE QUALITE — OUTILLAGE DE SECURITE



STE BGE DES ROULEMENTS A AIGUILLES
4, RUE DU TREURENBERG — BRUXELLES
Tél. 17.38.96

NADELLA

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

1 JUNI 1945.

Nationaal Mijnsinstituut. — Bestuurscomité.

KAREL, Prins van België, Regent van het Koninkrijk,

Aan allen, tegenwoordigen en toekomenden, Heil.

Gelet op het koninklijk besluit van 18 Januari 1921, houdende tot standbrenging van het Nationaal Mijninstuut;

Gelet op de wet van 5 April 1923, waarbij rechtspersoonlijkheid aan dit instituut verleend wordt;

Gelet op het koninklijk besluit van 18 December 1929, door het koninklijk besluit van 20 April 1935 gewijzigd, waarbij de bevoegdheid, de organisatie en de werkwijze van dit instituut bepaald wordt;

Overwegende dat het mandaat der leden van het bestuurscomité van het Nationaal Mijninstituut op 1 Maart 1945 vervallen is;

Overwegende dat het bijgevolg overeenkomstig de bepalingen die het voorwerp uitmaken van artikel 1, 3°, van bedoeld koninklijk besluit van 18 December 1929, noodzakelijk is over te gaan tot de benoeming der leden van bedoeld bestuurscomité voor een termijn van zes jaar die op 28 Februari 1951 eindigt;

Op de voordracht van den Minister van Economische Zaken,

Wij hebben besloten en Wij besluiten :

Art. 1. — Worden tot lid benoemd van het bestuurscomité van het Nationaal Mijninstituut, voor een termijn van zes jaar, die op 28 Februari 1951 eindigt :

De heeren Abrassart, Adelson, ingenieur, te Bergen;

Capellen, Joseph, bedrijfsleider der « Charbonnages d'Amercœur » en der « Charbonnage du Bois du Cazier », te Jumet;

Delattre, Achille, lid der Kamer van Volksvertegenwoordigers, te Pâturages;

Delrée, Alexandre, hoofdingenieur directeur der mijnen, te Luik.

Demeure, Charles, eerstaanwezend mijningenieur (afdeeling ter beschikkinggestelden), hoogleeraar aan de Universiteit van Leuven, te Sirault;

Denoel, Lucien, eere-inspecteur-generaal der mijnen, emeritus hoogleeraar aan de Universiteit van Luik, te Luik;

Dethier, Nicolas, secretaris van de « Centrale syndicale des Travailleurs des Mines de Belgique », te Beyne-Heusay;

Dufrasne, Alexandre, bedrijfsleider der « Charbonnages de Winsterslag », te Genck;

Erculisse, Paul, hoogleeraar aan de Universiteit van Brussel, te Brussel;

Guerin, Maurice, hoofdingenieur-directeur der mijnen, wd. inspecteur-generaal der mijnen, te Luik;

Halleux, Armand, eere-hoofdingenieur-directeur der mijnen, hoogleeraar aan de Universiteit van Brussel, te Brussel;

Leheuwe, Georges, bedrijfsleider der « Charbonnages de Ressaix, Leval, Péronnes, Sainte-Aldegonde et Genck », te Péronne-lez-Binche;

Libert, Gustave, beheerder-bedrijfsleider der « Charbonnages de Gosson-La Haye et Horloz réunis », te Jemeppe-sur-Meuse;

Paques, Georges, hoofdingenieur-directeur der mijnen, te Brussel;

Van Buggenhout, Jacques, oud lid der Kamer van Volksvertegenwoordigers, eere-voorzitter van de Centrale der Vrije Mijnwerkers, te Brussel.

Art. 2. — De Minister van Economische Zaken is belast met de uitvoering van dit besluit.

Gegeven te Brussel, den 1n Juni 1945.

KAREL.

Van wege den Regent :

De Minister van Economische Zaken,

A. DE SMAELE.

Bij besluit van den Regent, dd. 1 December 1945 werd de H. Bidlot, Raymon, E. A. Mijn-ingenieur (afdeeling ter beschikkinggestelden), hoogleeraar aan de Universiteit van Luik, tot lid benoemd van het bestuurscomité.

PIETOCO
Société Anonyme

SIEGE SOCIAL :
TRAZEGNIES (Belgique)

DIVISION DE TRAZEGNIES :

Wagons pour tous écartements.
Appareils de voie (croisements, traversées, etc.).
Wagonnets pour toutes industries.

DIVISION DE SCLESSIN :

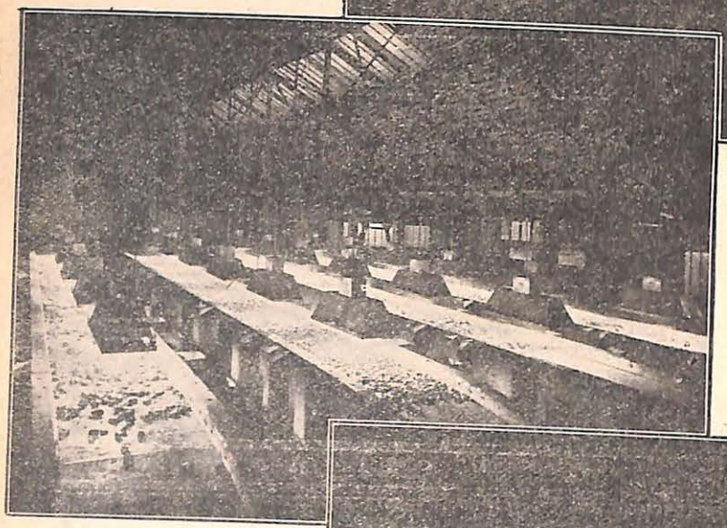
Tôles perforées en tous métaux.
Puits filtrants pour rabattement de nappe aquifère.

TUYAUTERIE
ROBINETTERIE
PETITE CHAUDRONNERIE

OUTILLAGE
POUR
MINES ET CARRIERES

ETABLISSEMENTS
C. QUENON ET Cie
HORNU-LEZ-MONS

ECLAIRAGE D'UN BOUVEAU
(sodium)



ECLAIRAGE
D'UNE INSTALLATION DE
TRIAGE (mercure)

ECLAIRAGE D'UN PORT
CHARBONNIER (sodium)

L'ECLAIRAGE DES CHARBONNAGES
PAR LAMPES A DECHARGE

PHILIPS

D. T. I.

DIVISION TECHNIQUE ET INDUSTRIELLE
37-39, Rue d'Anderlecht, Bruxelles Tél. 12. 31. 40
Registre du Commerce de Bruxelles 2488

SOMMAIRE DE LA 1re LIVRAISON, TOME XLVI
INHOUD VAN DE 4de AFLEVERING, BOEKDEEL XLVI

INSTITUT NATIONAL DES MINES
A FRAMERIES-PATURAGES

Rapport sur les travaux de 1944-45 . . . FRIPIAT, J. 1

Annexe I. — La lutte contre les poussières dans les chantiers d'exploitation. Etude de dispositifs pare-échappement et anti-poussières pour marteau-piqueur, par *L. Brison* 151

Annexe II. — Photo-sensibilisation et inhibition dans la combustion du méthane, par *Ad. Van Tiggelen* 159

Annexe III. — Liste des appareils électriques et divers 191

NATIONAAL MIJNINSTITUUT TE FRAMERIES-PATURAGES

Verslag over de werkzaamheden in 1944-45 FRIPIAT, J. 205

Bijlage I. — Bestrijding van het stof in de afbouwplaatsen. Studie van de uitlaatschermen en anti-stoftoestellen voor afbouwhamers, door *L. Brison* 357

Bijlage II. — Lichtgevoeligmaking en dooving bij de verbranding van methaan, door *Ad. Van Tiggelen* 365

Bijlage III. — Lijst van de electrische en andere toestellen 397

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

DIRECTION GENERALE DES MINES

Institut National des Mines. — Arrêté ministériel du 22 janvier 1945 405

Institut National des Mines. — Conseil d'administration. Arrêté du 1er juin 1945. 409

AMBETELIJKE BESCHEIDEN

ALGEMEENE DIRECTIE VAN HET MIJNWEZEN

Nationaal Mijninstituut. — Ministerieel besluit van den 22 Januari 1945 410

Nationaal Mijninstituut. — Bestuurcomité. Besluit van den 1 Juni 1945 415

POUDRERIES REUNIES DE BELGIQUE S.A.

6, PLACE STEPHANIE

Téléphone : 11.43.94 (3 lignes). Télégrammes : « Robur ».

DYNAMITES

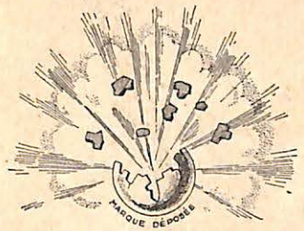
Explosifs S.G.P. et gainés pour mines grisouteuses

Explosifs brisants avec ou sans nitroglycérine

Explosifs pour abatages en masse par mines profondes

Détonateurs

Exploseurs



Mèches de sûreté

SOCIETE GENERALE DE MATERIEL D'ENTREPRENEURS

57, RUE DE L'EVEQUE, ANVERS

Tél. : Anvers 345.59 - 345.99 Adr. télégr. : « Thommen » Anvers

Usines et Fonderies à Hérenthals

BETONNIERES de 150 à 2.500 litres de contenance des cuves.

MONTE-CHARGES de 250 à 1.000 kg. de charge.

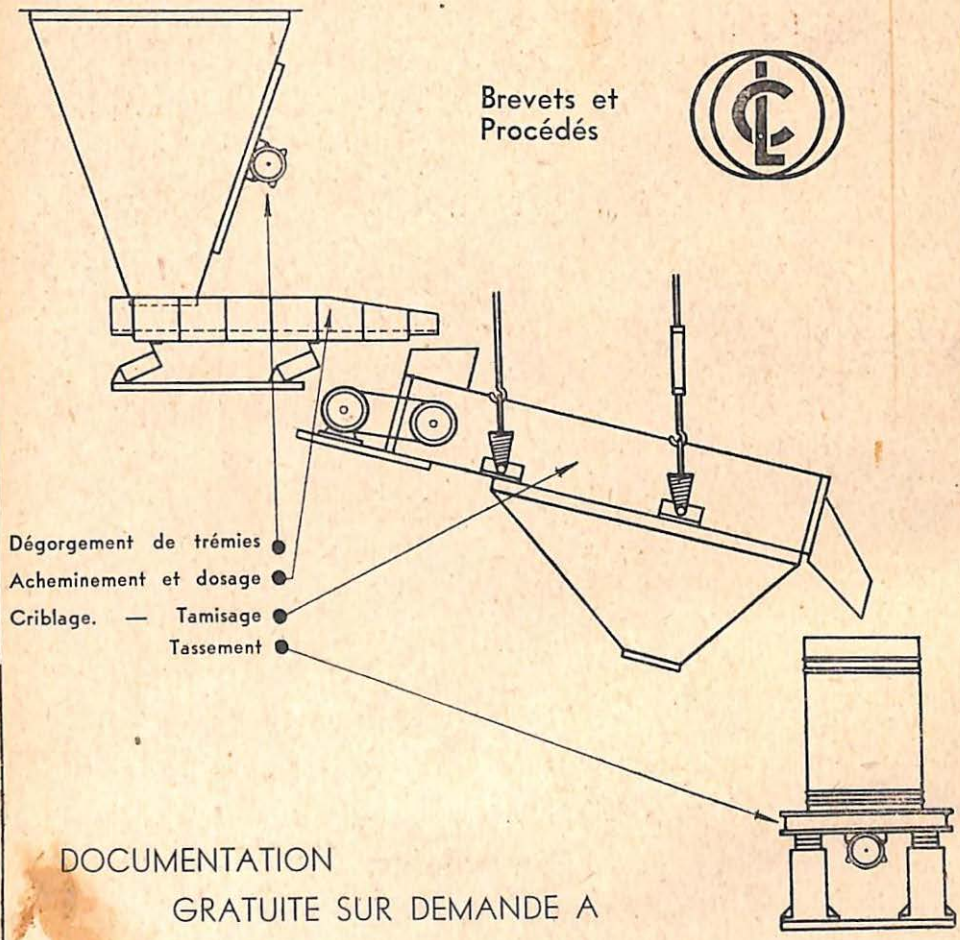
GRUES pour bâtiments et terrassements de toutes puissances.

TREUILS à main et à moteur pour charges de 150 à 5.000 kg.

VIBRATEURS ELECTRIQUES pour la vibration du béton dans toutes ses applications.

INSTALLATION COMPLETE pour la FABRICATION DE CLAVEAUX de mines **en béton vibré.**

LA VIBRATION DIRIGEE
APPLIQUEE A L'INDUSTRIE HOUILLERE



DOCUMENTATION
GRATUITE SUR DEMANDE A

Laboratoire
de
Cinématique

VIBROGIR

LE MATERIEL VIBRANT
SCIENTIFIQUE

24, Rue
de l'Autonomie,
Bruxelles
Tél. 21.17.93