MINISTERE DU COMBUSTIBLE ET DE L'ENERGIE

ADMINISTRATION DES MINES

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

ANNÉE 1947-48

TOME XLVII
4e LIVRAISON

MINISTERIE VAN ENERGIE EN BRANDSTOF

BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

JAAR 1947-48

BOEKDEEL XLVII
4e AFLEVERING

35364

BRUXELLES — BRUSSEL
EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES
Robert LOUIS
37-39, rue Borrens straat

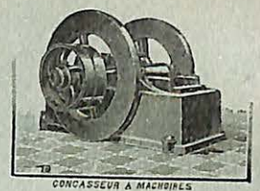
1948

35364

ATELIERS DE CONSTRUCTION

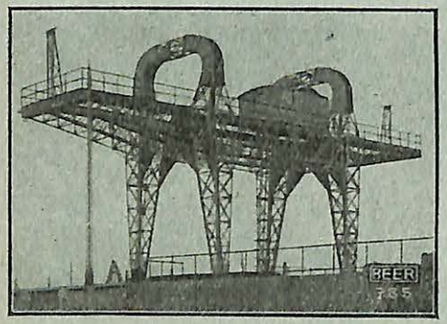
MAISON BEER, S. A.

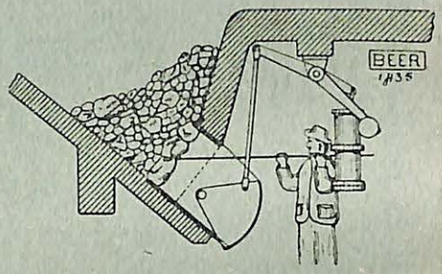
JEMEPPE-LEZ-LIEGE



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.





MATERIEL DE PROTECTION «WATTSON»



fabriqué par

Ets Simon WATTIEZ

23, Boulevard de Waterloo, 23
BRUXELLES

Téléphone : 11.98.98

■

MASQUES A POCHETTE

filtrante de très longue durée. Convient pour les poussières les plus fines. Pouvoir de rétention de 99.94 % chiffre extrait du procès-verbal d'essai de nos appareils par l'Institut National des Mines.

Employés depuis plus de 15 ans en Belgique et à l'Etranger.

NOMBREUSES REFERENCES.

CONSULTEZ-NOUS pour TOUS nos autres types de masques et appareils de protection.

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.
VENTER Julien, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, à Bruxelles, Secrétaire.
VAN KERCKHOVEN, Henri, Ingénieur des Mines, à Hasselt, Secrétaire.
VINCENT Maurice, Chef de Division, à Bruxelles, Secrétaire-Adjoint.
ANCIAUX, Hector, Inspecteur Général des Mines, à Bruxelles.
BURGEON Charles, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, à Liège.
FRIPIAT, Joseph, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, Directeur de l'Institut National des Mines, à Pâturages,
GÉRARD Paul, Ingénieur en Chef-Directeur des Mines, à Hasselt.
DELMER, Alexandre, Secrétaire Général honoraire, Professeur à l'Université de Liége, à Bruxelles.
DEMEURE DE LESPAUL, 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.

Matériel de Mines pour jour et Fond
Equipement de Sièges d'extraction...

Installations complètes d'extraction par SKIP. - Encagement et roulage automatiques. - Culbutage. - Treuils de scraper à 1, 2 ou 3 tambours.

Préparation mécanique des Charbons, Minerais et tous produits...

Manutention mécanique...

Installations complètes de stockage et de reprise. - Installations complètes de SCRAPERS. - Culbuteurs de wagons. - Ramasseuses-chargeuses. - Appareils à décharger les wagons. Treuils-pelles

Criblages : Cribles et Vibro-cribles. - Concassage. - Triages : Bandes de triage. - Transporteurs de chargement. - Lavoirs : Bacs automatiques pour grains et pour fines. - Epuration pneumatique. - Flottation des poussiers et des schlamms. - AUTO-DESCHISTEURS. - Décantation chimique et physique des eaux.

SOCIETE BELGE DE MECANISATION
CONCESSIONNAIRE DES BREVETS ET PROCEDES PIC
Projets et Devis sans engagement.
73, rue Paradis — LIEGE — Téléphone : 637.97



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.

VENTER Julien, Hoofdingenieur-Directeur der Mijnen, te Brussel, Secretaris.
VAN KERCKHOVEN, Henri, Mijningenieur, te Hasselt, Secretaris.

VINCENT Maurice, Afdelingshoofd, te Brussel, Adjunkt-Secretaris.

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

BURGEON Charles, Hoofdingenieur-Directeur der Mijnen, te Luik.

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

GÉRARD Paul, Hoofdingenieur-Directeur der Mijnen, 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.

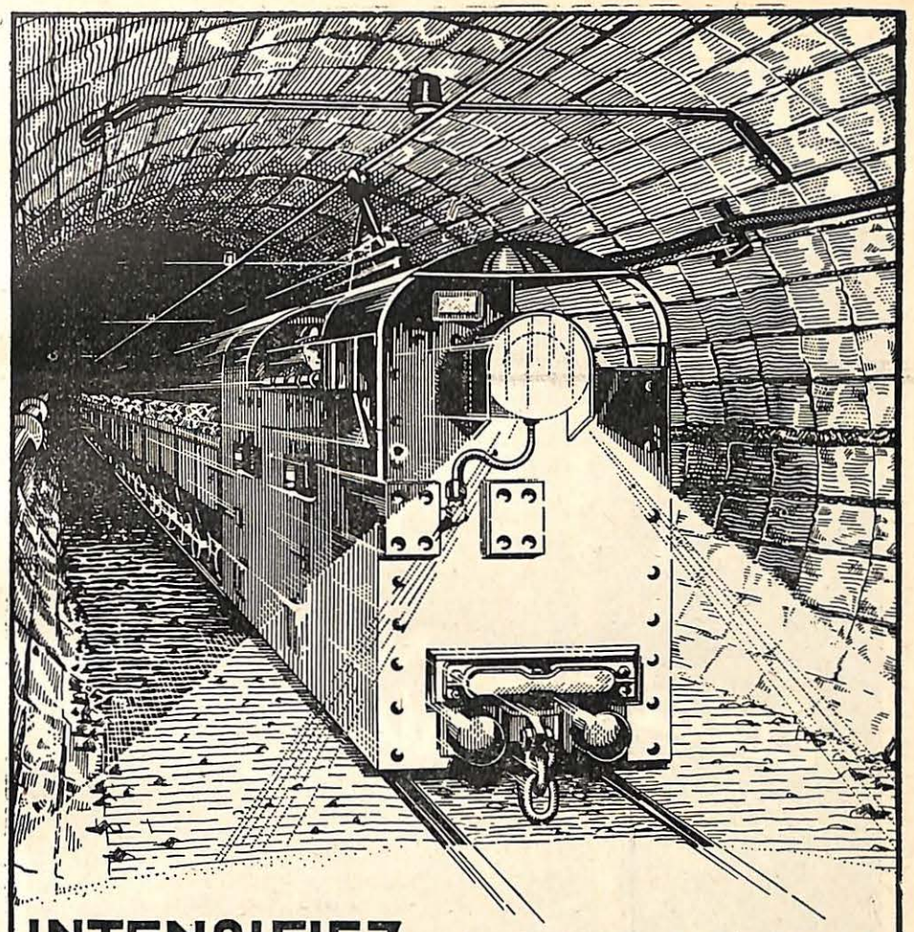
De memories kunnen slechts ingelascht worden na goedkeuring door het Bestuurcomité.

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.



INTENSIFIEZ votre EXTRACTION

La locomotive électrique à prise de courant extérieure est la solution rationnelle de la traction souterraine dans les grandes galeries.

AVANTAGES :
1) Source d'alimentation inépuisable l'électricité.
2) Utilisation du charbon, combustible national.
3) Grande puissance, faible encombrement.
4) Couples maxima, démarrages rapides.
5) Vitesse moyenne élevée.
6) Suppression de la boîte de vitesse ; conduite aisée.
7) Elimination des gaz toxiques.
8) Entretien réduit et facile.
9) Amortissement à long terme.
10) PRIX PAR TONNE-KM LE PLUS REDUIT.

Nos services techniques sont à votre disposition, consultez-nous.

CHARLEROI CAEC

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ELECTRIQUES DE CHARLEROI



Studio Simar-Stevens

Moteurs MOËS

Société Anonyme

1905 WAREMME 1948

Locomotives DIESEL

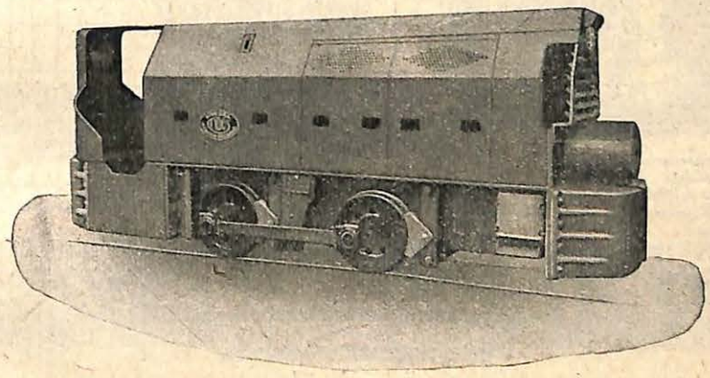
TYPES DE MINE
ET DE SURFACE

pour toutes voies étroites et normales

5 TYPES DE LOCOMOTIVES DE MINES :

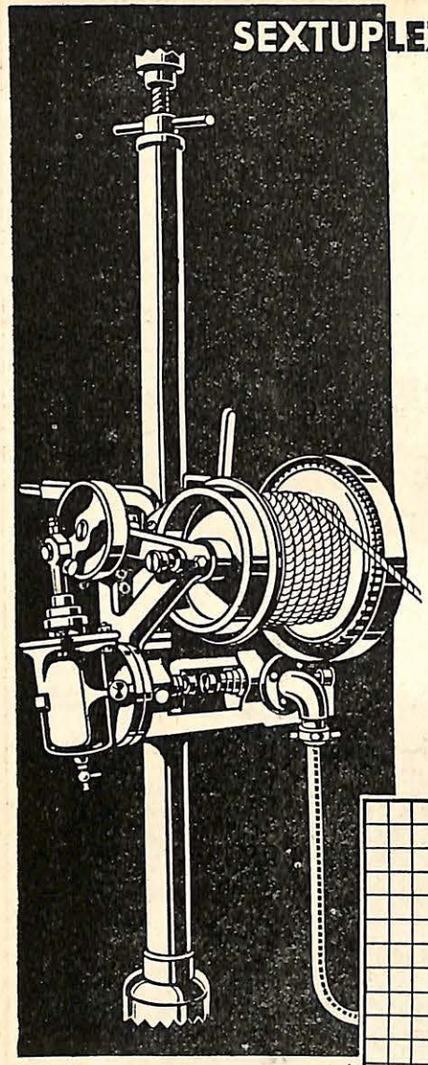
Modèle DLM 1	14/15 CV.	Modèle DLM 3	42/45 CV.
Modèle DLM 2	28/30 CV.	Modèle DLM 4	56/60 CV.
	Modèle DLM 6	85/90 CV.	

Plus de 100 locomotives de fond en service dans les charbonnages belges



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

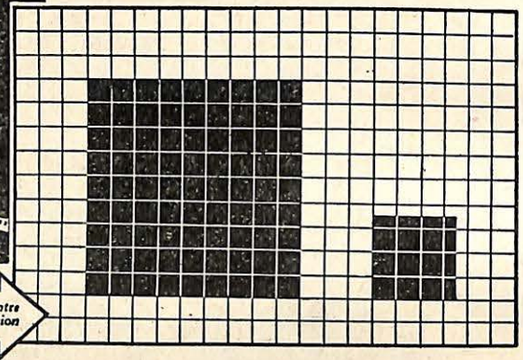
La supériorité du treuil JAMF réside dans l'équilibrage parfait des masses en mouvement et, en particulier, dans le fait que le centre des organes participant à l'oscillation se trouve dans l'axe d'oscillation des cylindres.

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** FONDERIES *& frères*

HUY-BELGIQUE

à allure froide.

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

ENTREPRISES DE TRAVAUX MINIERS

JULES VOTQUENNE

11, rue de la Station, TRAZEGNIES - Tél. Charleroi : 80.091

FONÇAGE ET GUIDONNAGE DE PUITS DE MINES

Nouveau système de guidonnage à clavettes sans boulons
Brevet belge n° 453989 E.-T. de 1944 — Brevet français n°540539
Guidonnages frontaux métalliques et en bois,
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 : Guidonnage à clavettes (nouveau système)
- 50 puits à guidonnage BRIARD
- 17 puits à grande section
- 2 puits en service
- 3 puits en commande

Visites, Projets, Etudes et Devis sur demande.

ATELIERS SAINTE-BARBE

SOCIETE ANONYME

EISDEN (Belgique)

Tél. Mechelen-aan-Maas N^os^ 32 et 137 - Télégr. A. S. B. Eisden

■

PONTS-CHARPENTES-CHAUDRONNERIE

MATERIEL ROULANT tous écartements — MENUISERIE ELECTRIQUE
SOUDURE OXYACETYLENIQUE, A L'ARC, PAR POINTS

MATERIEL POUR CHARBONNAGES

WAGONNETS A CHARBON ET A BOIS — COULOIRS OSCILLANTS
CAGES D'EXTRACTION ET DE BURQUIN
TRAVERSES METALLIQUES, Etc., Etc.

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.

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

COMPAGNIE AUXILIAIRE DES MINES

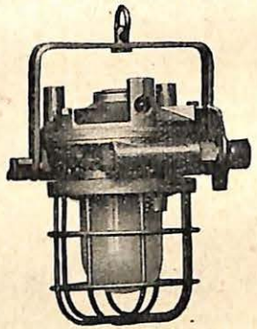


SOCIETE ANONYME

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.

Société des Mines et Fonderies de Zinc

DE LA

VIEILLE-MONTAGNE

Société Anonyme — ANGLEUR

Zinc en lingots : ordinaire et électrolytique extra-pur. — **Zinc laminé,** ordinaire et électrolytique, en feuilles, plaques et bandes, pour tous usages. — **Tubes en zinc sans soudure, Chevillage - Fil - Clous - Barres - Baguettes Profilés** en zinc. — **Oxydes de zinc** en **poudre** et en **pâte.** — **Zincuial** en lingots, à très haute teneur en zinc électro. — **Plomb — Etain — Cadmium — Argent**
Acide sulfurique — Sulfate de cuivre
Sulfate de thallium — Arseniate de chaux



DEFAWES

ENGRENAGES . REDUCTEURS DE VITESSE
ATELIERS JEAN DEFAWES A GAND
2 PASSAGE D'YPRES ET 1BIS RUE WAERSCHOOT - TEL. 11408.

J.C.D.6-38



DERIVETAGE PLUS RAPIDE : PROCEDE ARCOS OXYARC

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)

DIVISION CHAUFFAGE INDUSTRIEL
INSTALLATIONS COMPLETES DE CHAUFFERIES MODERNES
CHAUFFAGE AU CHARBON PULVERISE
Appareils pulvérisateurs, système ATRITOR.
Dépoussièrage, désulfuration et épuration des fumées et gaz en général.
DEPOUSSIEREURS BREVETES, système A. MODAVE.
Dépoussièreurs électriques, système breveté.

DIVISION MATERIEL POUR MINES ET CARRIERES
Installations complètes de fabriques d'agglomérés (briquettes et boulets).
Cribles - Tamis « SUMMIT » — Sècheurs centrifuges — EVITE-MOLETTES BREVETE

DIVISION INDUSTRIE DE LA VERRERIE ET DE LA CERAMIQUE
Installations complètes de manufactures de glaces, de verreries mécaniques.
Machines à bouteilles, entièrement automatiques, brevets ROIRANT
Transporteurs à bouteilles. — MATERIEL POUR BRIQUETERIES.
Installations complètes pour briqueteries mécaniques.

DIVISION CONSTRUCTIONS MECANIQUES
MECANIQUE GENERALE ET MECANIQUE DE PRECISION
Matériel de fonderie — Machines à mouler
Pièces de forge de fonte et de chaudronnerie — Poêles à circulation d'air.

ETUDES
Etude et réalisation de tout matériel spécial, suivant données et spécifications des clients.

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

ENTREPRISES
GENERALES
TRAVAUX PUBLICS
ET PRIVES
TRAVAUX HYDRAULIQUES
RABATTEMENTS
PIEUX - SILOS - PUITS
RESERVOIRS

SOCIETE BELGE DES BETONS
37, Boulevard du Régent - BRUXELLES
TELEPHONE : 12.50.40

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.

MINISTERE DU COMBUSTIBLE ET DE L'ENERGIE

ADMINISTRATION DES MINES

MINISTERIE VAN ENERGIE EN BRANDSTOF

BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE

ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

ANNÉE 1947-48

JAAR 1947-48

TOME XLVII
4e LIVRAISON

BOEKDEEL XLVII
4e AFLEVERING

BRUXELLES — BRUSSEL
EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES
Robert LOUIS
37-39, rue Borrens straat

1948

RAPPORT

SUR LES

TRAVAUX DE 1947

DE

l'Institut National des Mines

A FRAMERIES - PATURAGES

PAR

J. FRIPIAT
Ingénieur en chef des Mines
Administrateur-Directeur de l'Institut.

SOMMAIRE :

A. Travaux sur les explosifs et les détonateurs.

I. *Vérifications et études diverses sur les explosifs.* . . 945
a) Tirs de contrôle des explosifs S. G. P. . . . 945
b) Etude de formules présentées par des firmes étrangères 946
c) Recherches spéciales sur l'Alkalite II S. G. P. 949
d) Etude de la Triamite S. G. P. 951
II. *Etude de la gaine de sûreté.* 952
a) Applications. 953
b) Etude de la gaine active. 959
c) Essais de puissance 962
III. *Etude des incidents de minage* 962
IV. *Tirs au rocher d'explosifs S. G. P.* 968
V. *Recherches sur les détonateurs à temps.* 984
a) Détonateurs de la „ Nobel Explosives C° " de Glasgow 984
b) Détonateurs de la firme Dupont de Nemours. 987

B. Etude du procédé Cardox 989
C. Etude du matériel électrique antigrisouteux. . . 992
D. Recherches sur l'inflammation du gaz tonnant dans les lampes électriq. portatives (seconde note) 998
a) Rappel des recherches antérieures 998
b) Essais d'inflammation par les étincelles d'accumulateurs 999
c) Conclusions. 1011
E. Etudes diverses 1012
a) Tuyaux pour air comprimé avec mise à la terre 1012
b) Locomotives Diesel. 1013
F. Etude de masques antipoussières 1014
G. Laboratoire des recherches scientifiques. . . . 1015
Résumé des résultats obtenus à :
1) l'Institut National des Mines 1016
2) à la Faculté des Sciences de l'Université de Louvain 1020

ANNEXE I

Essais de puissance des explosifs à gaine renforcée, par R. Lefebvre. 1027

ANNEXE II

Etude de masques antipoussières, par L. Brison. . . . 1041

ANNEXE III

La cinatique de la combustion lente du méthane, par M. Vanpée 1053

ANNEXE IV

L'échange hydrogène-deuterium dans la réaction deuterium + methane + oxygène, par Ad. Van Tiggelen. . 1093

ANNEXE V

Liste des appareils électriques et divers agréés en 1947 sur proposition de l'Institut National des Mines. . . . 1125

INSTITUT NATIONAL DES MINES
A FRAMERIES-PATURAGES

RAPPORT
sur les Travaux de 1947

PAR

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

A. — TRAVAUX SUR LES EXPLOSIFS ET LES DETONATEURS.

I. Vérifications et études diverses sur les explosifs.

α) Tirs de contrôle des explosifs S. G. P. (47 tirs).

Ces tirs ont porté sur les explosifs suivants :

Flammivore	1	échantillon
Matagnite	2	id.
Nitrocooppalite	3	id.
Alkalite	3	id.
Sabulite	3	id.
Triamite	3	id.

Les explosifs ont été prélevés soit par les Services d'Arrondissement dans les charbonnages, soit par l'Institut lui-même chez les fabricants.

Pour les tirs en atmosphère grisouteuse, nous n'avons pas constaté de déficience; aucun des explosifs soumis à l'épreuve n'a enflammé le grisou à la charge de 900 gr.

Pour vérifier la charge-limite en présence des poussières charbonneuses, nous avons procédé de la manière indiquée déjà dans les rapports antérieurs : le nuage poussiéreux a été mis en suspension par une cartouche explosant dans un sac de papier renfermant le charbon fin.

Malgré sa rigueur, ce mode opératoire n'a donné lieu à inflammation que pour deux explosifs (Alkalite et Triamite) les seuls qui, parmi les six formules encore fabriquées en Belgique, renferment du nitrate de potasse.

Des essais dont nous parlerons ultérieurement ont montré que cette substance est favorable à l'inflammation des poussières charbonneuses par le tir.

b) Etude de formules présentées par des firmes étrangères.

A la demande de la Fabrique suisse d'explosifs à Dottikon, nous avons déterminé, par des tirs au mortier, la charge-limite des deux formules appelées „ Aldorfite II et III " et présentant la composition indiquée dans le tableau I.

TABLEAU I

Composants	Aldorfite II	Aldorfite III
Nitrate ammonique	70	69
Nitroglycérine	6	8
Dinitrotrotoluène	1	1
Farine de bois	3	3
Chlorure sodique	20	19

Ces deux explosifs ont été tirés à la charge de 900 gr. au mortier de 55 mm. sans enflammer ni le grisou, ni les poussières charbonneuses à 30 % de matières volatiles.

Nous avons procédé à la même vérification sur six formules fabriquées par la firme hollandaise „ Nederlandsche Springstoffenfabrieken ".

Dans le tableau II, nous indiquons la composition pour chacune de ces formules, celles-ci étant désignées par des numéros d'ordre III, IV, V, IIIa, IVa et Va.

TABLEAU II

Composants	III	IV	V	IIIa	IVa	Va
Nitrate ammonique	62	62	62	64	64	64
Trinitrototuol	16	16	15	16	16	15
Farine de bois	—	—	1	—	—	1
Fluorure de calcium	3	—	—	3	—	—
Chlorure de potassium	—	3	3	—	3	3
Chlorure de sodium	19	19	19	17	17	17

Les tirs au mortier de 55 mm. ont donné lieu aux constatations suivantes :

a) **En présence du grisou.**

Formule III.

Cinq tirs à 900 gr. dont trois avec amorçage antérieur et deux avec amorçage postérieur. Une inflammation avec l'amorçage postérieur.

Formule IV.

Cinq tirs à 900 gr. dont deux avec inflammation. De ces deux tirs, l'un avait été réalisé avec amorçage postérieur, l'autre avec amorçage antérieur.

Formule V.

Un tir à 800 gr. et cinq tirs à 900 gr. Des cinq tirs à 900 gr., un a donné l'inflammation avec amorçage antérieur.

Formule IIIa.

Un tir à 850 gr., six tirs à 900 gr. et un tir à 800 gr. Trois tirs à 900 gr. (un avec amorçage postérieur, deux avec amorçage antérieur) et un tir à 800 gr. (avec amorçage antérieur) ont donné l'inflammation.

Formule IVa.

Cinq tirs à 900 gr. dont deux (un avec amorçage antérieur et avec amorçage postérieur) ont enflammé.

Formule Va.

Deux tirs à 800 gr. Six tirs à 900 gr. Un des tirs à 900 gr. avec amorçage antérieur a donné l'inflammation.

b) **En présence des poussières charbonneuses.**

Formule III : 5 tirs à 900 gr.
Formule IV : 1 tir à 900 gr.
Formule V : 5 tirs à 900 gr.
Formule IIIa : 1 tir à 900 gr.
Formule IVa : 5 tirs à 900 gr.
Formule Va : 4 tirs à 900 gr.

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

Seule, la formule III pourrait être agréée en Belgique; pour celle-là, en effet, il n'y a pas eu inflammation par la charge de 900 gr. avec l'amorçage antérieur, le seul à envisager pour les tirs de classement.

Les formules IV, V, IVa et Va sont sensiblement équivalentes.

La formule IIIa, qui a enflammé à la charge de 800 gr., est la moins sûre des six.

En abordant cette étude nous pensions pouvoir en tirer des renseignements intéressants sur l'efficacité des fluorure de calcium et chlorure de potassium non utilisés par les fabricants belges; l'une ou l'autre de ces deux substances figure en effet conjointement avec le chlorure de sodium dans les formules expérimentées. En réalité les résultats de nos expériences ne nous ont pas permis de tirer des conclusions intéressantes : ou bien tous les sels hologénés présentent une efficacité sensiblement équivalente comme inhibiteur de l'inflammation ou bien les quantités de fluorure de calcium et de

chlorure de potassium en cause ne sont pas suffisantes pour couvrir la dispersion affectant les résultats des tirs au mortier.

c) **Recherches spéciales sur l'Alkalite II (Explosif S. G. P.)**

Comme nous l'avons dit précédemment, l'Alkalite de composition normale (composition agréée par l'Arrêté du 20 mai 1938) enflamme régulièrement les poussières charbonneuses lorsqu'elles sont soulevées par une charge explosive.

Dans le but de corriger cette déficience, nous avons demandé à la Fabrique Nationale de Produits chimiques et d'Explosifs de modifier la composition de l'explosif dans le sens d'une diminution de la teneur en nitrate potassique.

Dans le tableau III, nous avons indiqué les quinze formules ayant subi l'épreuve de tir en galerie tant en présence du grisou que des poussières, celles-ci étant mises en suspension par une cartouche d'explosif S.G.P. détonant une seconde avant la mise à feu de la charge à expérimenter.

Dans ce tableau, nous avons noté également les résultats extrêmes enregistrés au cours de nos recherches. Les tirs ont été réalisés soit avec l'amorçage antérieur (détonateur à l'orifice du mortier), soit avec l'amorçage postérieur (détonateur au fond du mortier).

Le second est anormal et ne peut donc être pris en considération pour le classement officiel des explosifs.

Si nous l'avons appliqué au cours de nos recherches, c'était dans le but d'apprécier l'influence du mode d'amorçage sur la tenue de l'explosif en présence d'une atmosphère inflammable.

Toutes les formules dont la teneur en nitrate potassique atteignait 3 % ont enflammé les poussières à des charges soit inférieures soit égales à 900 gr.

La formule 7 qui ne renfermait pas cette substance n'a

TABLEAU III

TABLEAU III	NORMALE	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Nitrate ammonique	56,5	56,5	55,4	55,5	56,5	55,5	63,0	60,-	60,-	61,-	61,-	58,5	60,5	59,	60,	61,-
Trinitrotoluol	11,5	10,-	11,3	10,5	10,-	10,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	13,	13,-	12,5	12,5	12,-
Binitrotoluol	-	1,5	1,95	1,	1,5	1,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrate potassique	6,5	6,5	6,36	6,5	6,5	6,5	-	3,	3,	2,	2,	2,	-	2,	1,	-
Aluminium	0,5	0,5	0,49	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,-
Chlorure sodique	25,-	25,-	24,5	26,-	25 fin 25 sel fin	26 fin	25,	25,	25 fin 25 sel fin	25 fin 25 sel fin	25.	26.	26.	26.	26.	26.
— TIRS EN PRESENCE DES POUSSIERES CHARBONNEUSES - (SOULEVEES PAR CHARGE EXPLOSIVE) —																
a) Amorçage antérieur																
Inflammation par (Gr.)		400	600	400	500	400		800	900	900		900				
Pas inflammation par (id.)							900		600		900			900	900	900
b) Amorçage postérieur																
Inflammation par (Gr.)										800	600	900		900	600	900
Pas inflammation par (id.)							900						900			
— TIRS EN PRESENCE DU GRISOU —																
a) Amorçage antérieur																
Inflammation par (Gr.)												600				
Pas inflammation par (id.)							900				900			900	900	900
b) Amorçage postérieur																
Inflammation par (Gr.)																900
Pas inflammation par (id.)											900			900		

enflammé ni le grisou ni les poussières à la charge de 900 gr., mais son aptitude à la détonation n'était pas suffisante.

Des trois formules 14, 15 et 16, la première est celle paraissant la plus sûre. A la charge de 900 gr., elle n'a enflammé ni le grisou ni les poussières, lorsque le détonateur était placé à l'orifice du mortier.

Dans le cas de l'amorçage postérieur, il n'y a pas eu inflammation du grisou, tandis qu'en atmosphère poussièreuse, un tir seulement sur quatre a produit l'inflammation.

Cette formule a été agréée comme explosif S.G.P.

d) Etude de la Triamite S. G. P.

Ces recherches répondent aux mêmes préoccupations que celles suscitées par l'Alkalite.

La Triamite normale conforme à la formule suivante :

Nitrate ammonique	49,7
Trinitrotoluol	14,0
Nitrate potassique	4,3
Perchlorate potassique	5,5
Cellulose	0,5
Chlorure sodique	26,0

allume également les poussières charbonneuses mises en agitation violente par l'explosion d'une cartouche.

Partant des constatations auxquelles avaient donné lieu les tirs d'Alkalite, nous avons donc préconisé une réduction de nitrate alcalin.

L'explosif modifié comme suit :

Nitrate ammonique	52,43
Trinitrototuol	14,23
Perchlorate ammonique	4,97
Nitrate potassique	2,00
Cellulose	0,50
Chlorure sodique	25,87

tiré à la charge de 900 gr. au mortier de 55 mm. n'allume pas les poussières charbonneuses à 30 % de matières volatiles, même avec l'amorçage postérieur. Cette constatation confirme celles enregistrées au cours de notre étude de l'Alkalite.

II. Etude de la gaine de sûreté.

Depuis deux ans déjà, l'étude de la gaine de sûreté a reconquis la priorité parmi les recherches d'intérêt immédiat figurant à notre programme de travail.

En abordant la revision de cette invention plus que trentenaire, nous nous étions proposé d'abord de remédier aux défaillances qui s'étaient révélées lorsque dès la fin de la guerre, nous avions remis en vigueur le contrôle périodique des explosifs S.G.P.

Cette détermination que justifiait pleinement la prépondérance des explosifs gainés dans notre police du minage, nous fit entreprendre au cours de l'année 1946, une étude systématique des substances capables d'exercer une action extinctrice sur les flammes de détonation.

Cette étude aboutit à une solution satisfaisante et même uniforme en ce sens qu'elle excluait la diversité des mélanges gainants utilisés jusqu'alors par les fabricants.

Mais au cours de l'année 1947, nous fûmes amenés à envisager l'utilisation de la gaine dans des conditions bien différentes de celles prévues par l'inventeur.

En imaginant la cartouche de sûreté, Em. Lemaire pensait en effet ne l'appliquer à titre de précaution additionnelle, qu'aux explosifs S.G.P. présentant déjà par le fait de leur composition une sécurité dûment éprouvée par des tirs en galerie.

Nous n'avons pas cru devoir nous arrêter à cette conception et ce fut là, l'occasion de nouvelles recherches.

Les nécessités économiques de l'heure présente exigent en

effet, dans certains cas particuliers, l'utilisation de formules plus puissantes et par conséquent moins sûres que celles prescrites par notre règlement de minage. La gaine est encore ici le correctif tout indiqué et on en arrive ainsi à la catégorie des explosifs brisants gainés, utilisables notamment pour l'abatage en veine dure et peu grisouteuse.

Enfin, reprenant l'idée mise en avant, il y a plus de 10 ans par la Station de Derne, l'Institut National des Mines a expérimenté également en 1947, une gaine non plus composée uniquement de matières inertes, mais renfermant aussi une substance explosive en l'occurrence la nitroglycérine. Dans ce qui suit, nous exposons brièvement les résultats de nos travaux tant sur la gaine inerte que sur la gaine explosive (ou active).

a) Applications de la gaine inerte.

Parmi les substances expérimentées en 1946, certaines présentaient une efficacité remarquable. Des gaines de carbonate et de bicarbonate de soude d'un poids maximum de 75 gr. par cartouche permirent notamment de tirer en pleine atmosphère grisouteuse et sans inflammation, la charge maximum d'emploi de nos explosifs S.G.P. (800 gr.).

Rappelons que pour cette épreuve, les cartouches gainées étaient suspendues en file à une barre métallique, maintenue par des attaches dans l'axe longitudinal de la galerie expérimentale. Notons également que les extrémités de la charge étaient nues, c'est-à-dire, non pourvues de coiffes terminales de matière extinctrice.

Malgré l'excès d'azote figurant dans la composition du grisou naturel qui nous arrive du siège Grand-Trait des Charbonnages belges, le tir en atmosphère grisouteuse constitue assurément une épreuve très sévère et pour cette raison, nous n'avons pas jugé nécessaire, comme nous le faisons habituel-

lement pour les tirs au mortier, de compenser par une addition d'oxygène, l'apport de gaz inerte.

Nos expériences avaient donc fait ressortir la supériorité des carbonate et bicarbonate de soude; elles avaient montré aussi que ces deux substances sont d'efficacité sensiblement équivalente. Rappelons à ce sujet quelques renseignements thermochimiques.

La dissociation du bicarbonate peut se faire de deux façons soit conformément à l'une ou l'autre des équations I et II :

$$2\ NaHCO_3 = Na_2O + 2\ CO_2 + H_2O \quad (I)$$
$$2\ NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \quad (II)$$

en absorbant par gramme de substance 0,637 calorie dans le premier cas (I), 0,180 calorie dans le second (II).

La mise en liberté de la première molécule d'anhydride carbonique (équation II) s'opère à une température relativement basse, car à 102°, la tension de ce gaz atteint déjà une atmosphère.

La dissociation du carbonate suivant l'équation III :

$$Na_2CO_3 = Na_2O + CO_2 \quad (III)$$

exige au contraire une température plus élevée et 0,736 calorie par gramme.

A 1.200°, la tension de dissociation du carbonate n'est que de 41 mm. de mercure.

On constate donc d'une part une décomposition à basse température absorbant une quantité de chaleur relativement faible (bicarbonate) et d'autre part une décomposition à haute température avec une consommation de chaleur quatre fois plus grande (0,736/0,180 = 4).

Ajoutons qu'on ignore dans quelle proportion et avec quelle vitesse les substances se dissocient au contact des gaz chauds de la détonation et au sein de l'atmosphère surcomprimée qui les entoure.

Dans le cas du carbonate, le phénomène se complique encore par la déshydratation de cette substance à laquelle sont associées sept ou dix molécules d'eau.

En résumé, il n'est pas possible par les seules considérations de la thermochimie de justifier l'équivalence du carbonate et du bicarbonate de soude comme matière gainante.

Enfin, suivant la doctrine relativement récente des réactions en chaîne, les solides pulvérisés agissent au titre d'inhibiteur, non pas tant par absorption de chaleur, phénomène conditionné par leurs propriétés calorifiques et thermochimiques, mais surtout par le fait qu'ils constituent un écran de particules très fines contre lequel les centres propagateurs de l'oxydation se recombinent prématurément avant d'avoir subi les collisions réactionnelles conduisant à l'inflammation.

On comprend alors pourquoi le carbonate et le bicarbonate dont les caractéristiques thermochimiques sont si différentes, se comportent d'une manière identique vis-à-vis des flammes de détonation.

De ces deux substances, seul le bicarbonate fut retenu pour servir désormais de matière gainante. Il présente en effet l'avantage d'une structure physique remarquablement stable. Le carbonate au contraire durcit et s'agglomère à la longue; de plus, sa mise en gaine est plus difficile.

Rappelons qu'en 1932, à la suite d'une étude des matières gainantes, le Safety in Mines Research Board à Sheffield avait déjà reconnu la supériorité du bicarbonate. A la même époque, l'Institut National des Mines expérimentait également avec succès des explosifs gainés avec cette substance. Celle-ci n'avait cependant pas été imposée, les mélanges gainants d'utilisation courante en Belgique ayant paru suffisamment efficaces (I).

(1) Voir Rapport sur les travaux de 1933, page 8, Annales des Mines de Belgique, Tome XXXV, Année 1934.

Au cours de l'année 1947, la gaine au bicarbonate a été étudiée sous deux formes :

1° en épaisseur normale conforme à l'Arrêté royal du 14 août 1930, soit 3 mm.;

2° en épaisseur renforcée, c'est-à-dire, supérieure à 3 mm., format convenant particulièrement pour les explosifs brisants.

Tous les essais ont porté sur des cartouches gainées réalisées chez les fabricants, c'est-à-dire, à l'échelle industrielle.

Nous donnons ci-après pour chaque explosif expérimenté, les caractéristiques (poids et diamètre) du noyau explosif et de la gaine, ainsi que les résultats essentiels des tirs en galerie.

1) **Flammivore** (explosif S.G.P.)

Gaine normale (épaisseur 3 mm.)

Noyau explosif de 100 gr. mesurant 130 × 30 mm. (longueur et diamètre).

Gaine : bicarbonate 90 %, ciment 10 %. 60 gr. par cartouche.

10, 12 et même 14 cartouches disposées en file et suspendues en plein grisou n'allument pas.

Gaine renforcée (épaisseur 5 mm.)

Noyau explosif de 100 gr., 132 × 30 mm.

Gaine : bicarbonate 90 %, ciment 10 %. 96 gr. par cartouche.

Diamètre extérieur : 40 mm.

18 cartouches disposées en 2 files juxtaposées et suspendues en plein grisou n'allument pas. — 20 cartouches disposées aussi en 2 files allument le grisou.

Gaine renforcée (épaisseur 7,5 mm.)

Noyau explosif de 100 gr., 185 × 25 mm.

Gaine bicarbonate 90 %, ciment 10 %. 184 gr. par cartouche.

Diamètre extérieur : 40 mm.

15 cartouches disposées en file et suspendues en plein grisou ne donnent pas l'inflammation. (Il est probable qu'une charge supérieure n'aurait pas non plus donné l'inflammation.)

2) **Nitrocooppalite** (explosif S.G.P.)

Gaine normale (épaisseur 3 mm.)

Noyau explosif : 100 gr. 132 × 30 mm.

Gaine au bicarbonate pur, 71 gr. par cartouche.

9 cartouches disposées en file et suspendues en plein grisou n'allument pas. Avec 10 cartouches, il y a inflammation.

3) **Alkalite** (explosif S.G.P.)

Gaine normale (épaisseur 3 mm.)

Noyau explosif : 100 gr. 122 × 30 mm.

Gaine au bicarbonate pur : 65 gr. par cartouche.

9 cartouches disposées en file et suspendues en plein grisou n'allument pas.

Les explosifs S.G.P. pourvus d'une gaine normale (3 mm. d'épaisseur) réalisée industriellement au poids de 71 gr. et moins par cartouche ont donc pu être tirés à la charge de 900 gr. sans donner l'inflammation.

On notera aussi avec intérêt la charge importante de Flamivore avec gaine renforcée tirée en plein grisou sans enflammer.

4) **Ruptol** (explosif brisant)

Gaine normale (épaisseur 3 mm.)

Noyau explosif : 100 gr. 130 × 30 mm.

Gaine : bicarbonate de soude 90 %, ciment 10 %. 56 gr. par cartouche.

3 cartouches suspendues en plein grisou donnent l'inflammation.

Gaine renforcée (épaisseur 5 mm.)

Noyau explosif : 100 gr. 130 × 30 mm.

Gaine, même composition, diamètre extérieur 40 mm.

Poids : 106 gr. par cartouche.

7 cartouches suspendues en plein grisou donnent l'inflammation une fois sur 2 essais. 7 cartouches disposées en file au mortier de 40 mm. n'allument pas les poussières charbonneuses à 30 % de matières volatiles soulevées par une charge d'explosif. (1)

Gaine renforcée (épaisseur 7,5 mm.)

Noyau explosif : 100 gr. 190 × 25 mm.

Gaine : même composition.

Diamètre extérieur : 40 mm., poids 190 gr. par cartouche.

10 cartouches suspendues en file en plein grisou donnent une fois l'inflammation sur six essais; 9 cartouches n'enflamment pas.

5 cartouches mises en file au mortier de 40 mm., avec amorçage postérieur, n'allument ni le grisou vivifié par une addition d'oxygène, ni les poussières charbonneuses. (1)

En ce qui concerne le Ruptol (Explosif brisant), on voit que la gaine normale ne suffit pas pour donner une sécurité acceptable. La gaine renforcée (épaisseur 7,5 mm.) a permis au contraire de tirer sans inflammation 900 gr. d'explosif en plein grisou naturel et 500 gr. au mortier en présence soit des poussières, soit du grisou vivifié.

Ce résultat est intéressant, car étant donné la puissance élevée de cet explosif, 500 gr. suffisent très amplement pour le minage en veine.

Au cours de l'année 1948, d'autres explosifs brisants gainés au bicarbonate seront soumis aux mêmes épreuves.

(1) La profondeur du fourneau n'étant que de 98 cm., il ne nous a pas été possible de mettre une charge supérieure.

b) Etude de la gaine active.

La gaine active étudiée à l'Institut National des Mines provient des Poudreries Réunies de Belgique. Elle présente une composition analogue à celle de la bicarbite allemande et bénéficie comme celle-ci de l'efficacité du bicarbonate de soude.

Constituants	Gaine bicarbite	Gaine active belge
Nitroglycérine	15	15
Bicarbonate de soude	50	82
Chlorure de sodium	35	—
Guhr	—	2
Talc	—	1

L'une et l'autre sont en définitive des explosifs à faible potentiel. (1)

En ce qui concerne la gaine belge, on peut s'en rendre compte par l'examen des caractéristiques indiquées ci-après:

	Explosif S. G. P.	Gaine active belge
Chaleur dégagée par la décomposition d'un kilog. de substance (à volume constant)	627 calories	75 calories
Elargissement net au bloc de plomb donné par 10 gr. de substance (Essai Trauzl) ...	240 cm^3	25 cm^3

N. B. — Le bicarbonate est supposé se transformer en $Na_2Co_3 + H_2O + CO_2$.

(1) Une notice très détaillée sur la bicarbite figure aux pages 16 et suivantes du Rapport sur les travaux de 1938 de l'Institut National des Mines (Annales des Mines, Tome XL, Année 1939).

Dans cette notice, sont relatés également les essais de tir effectués à Pâturages sur la gaine allemande.

1.600 gr. de gaine active belge (5 cartouches de 40 mm. de diamètre et de 320 gr. détonent en plein grisou sans enflammer.

Nous indiquons ci-après les résultats que nous avons obtenus avec trois explosifs pourvus de la gaine active.

1. — Nitrobaelenite (Explosif S.G.P.)

Noyau explosif : poids 50 gr.; longueur 180 mm.; diamètre 20 mm.

Gaine : 216 gr.; diamètre 40 mm.

12 cartouches suspendues en plein grisou n'enflamment pas.

14 cartouches au contraire donnent l'inflammation.

2. — Securite B (Explosif S.G.P.)

Nous attribuons à cet explosif la qualité S.G.P. bien que sa charge-limite au mortier, tant en présence du grisou que des poussières soit de l'ordre de 700 gr., c'est-à-dire, inférieure de 200 gr. à celle des explosifs normaux. (1)

Noyau explosif : poids 100 gr.; longueur 180 mm.; diamètre 20 mm.

Gaine : poids 235 gr.; diamètre 40 mm.

5 cartouches suspendues en plein grisou n'enflamment pas, mais 6 cartouches donnent l'inflammation.

3. — Fractorite (Explosif brisant)

Noyau explosif : poids 50 gr.; longueur 160 mm.; diamètre 20 mm.

Gaine : poids 221 gr.; diamètre 40 mm.

5 cartouches suspendues en plein grisou n'enflamment pas, mais 6 cartouches donnent l'inflammation.

(1) On trouvera à la page 7 du Rapport sur les travaux de 1946 de l'Institut National des Mines (voir Annales des Mines de Belgique, Année 1947-48, Tome XVLII), la composition de cet explosif.

Un second échantillon de cet explosif identique au précédent, mais pourvu d'une gaine de 242 gr. couvrant à la fois la surface latérale et les fonds des cartouches a donné aux essais les résultats suivants :

8 cartouches suspendues en plein grisou allument deux fois sur 6 essais. La même charge explosant au sein d'un nuage poussiéreux, ne l'allume pas.

6 cartouches au mortier de 40 mm. n'allument pas les poussières charbonneuses (à 30 % de matières volatiles) soulevées par une charge d'explosif, ni non plus le grisou de la station vivifié par addition d'oxygène.

Comme on peut le constater, la gaine active ne permet pas de tirer en plein grisou des charges aussi importantes que la gaine inerte, soit 600 gr. de Nitrobaelenite avec gaine active contre 900 gr. du même explosif avec gaine inerte.

Le potentiel de travail de la charge avec gaine active est néanmoins supérieur. En effet, si on suppose le bicarbonate se décomposant en $Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$, on obtient :

473 calories pour 600 gr. d'explosif S.G.P. avec gaine active (216 gr. de gaine par cartouche) et

442 calories pour 900 gr. d'explosif S.G.P. avec gaine inerte (70 gr. de gaine par cartouche).

Comparée à la gaine inerte, la gaine active présente deux avantages :

1° elle peut déborder sur les fonds des cartouches sans gêner la propagation de l'onde explosive;

2° elle augmente l'aptitude à la détonation de l'explosif. La distance maximum pouvant être ménagée entre deux cartouches à l'air libre, sans gêner la transmission de la détonation est de 4 cm. pour l'explosif avec gaine inerte; elle dépasse 16 cm. pour l'explosif avec gaine active.

c) Essais de puissance des explosifs à gaine renforcée.

Pour déterminer la puissance des explosifs, on procède généralement par tirs de faibles charges au bloc de plomb (Essai Trauzl).

Dix à quinze grammes d'explosif sont introduits avec un détonateur au fond d'une cavité circulaire ménagée dans l'axe d'un bloc de plomb cylindrique, puis la charge est recouverte d'un bourrage. Après détonation, on mesure l'accroissement en volume de la cavité et on obtient ainsi une valeur relative de la puissance de l'explosif.

La méthode est simple et rapide; on ne peut cependant tenir pour certain qu'elle conduise à une échelle des puissances conforme à celle des tirs réels.

Désirant lever cette incertitude en ce qui concerne les explosifs à gaine renforçée, nous avons fait appel à la collaboration du Groupement des Poudres et Explosifs pour l'exécution d'essais de puissance au rocher. Ceux-ci ont été réalisés dans les travaux souterrains du Charbonnage du Gouffre sous la direction de M. R. Lefèvre, ingénieur en chef - directeur du 2me Arrondissement des Mines à Mons.

On trouvera en annexe à ce rapport (Annexe I) un compte rendu de ces essais.

III. Etude des incidents de minage.

Ainsi que nous l'avons fait dans les rapports antérieurs, nous entendons par incidents de minage, les détonations anormales ou déflagrations fusantes des charges explosives.

Ils ont déjà été longuement étudiés par les stations étrangères (notamment Liévin et Montluçon) et nous leur avons nous-mêmes consacré beaucoup d'expériences sans arriver à des résultats décisifs. (Voir rapports annuels de l'Institut

National des Mines sur les travaux de 1944 à 1946 — Annales des Mines de Belgique, tomes XLVI et XLVII.)

Au cours de l'année 1947, notre attention fut attirée à nouveau sur un incident de ce genre observé avec un explosif S.G.P. dans le Bassin de Charleroi et au sujet duquel notre collègue M. R. Lefèvre, ingénieur en chef des Mines, nous donna les détails suivants :

Quatre mines avaient été forées à front d'un pilier pour abattre un banc de toit préalablement souscavé de 1 m. 40 d'épaisseur moyenne et de 2 m. de largeur. Ces quatre trous profonds de 1 m. 80 étaient disposés conformément au croquis figure 1.

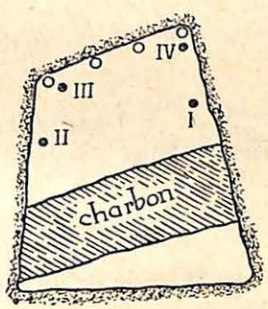


Fig. 1.

Les terrains étaient friables, mais sans traces charbonneuses.

Les mines I, II et III chargées respectivement de 2, 2 et 3 cartouches de Nitrocooppalite gainée furent tirées successivement et sans incident, après quoi le boutefeu introduisit dans le fourneau IV, 3 cartouches du même explosif avec un détonateur, celui-ci se trouvant à l'extrémité de la charge, voisine du bourrage d'argile de 40 cm. de longueur.

La mise à feu fut suivie non d'une détonation, mais d'un souffle violent.

Revenu à front, le boutefeu constata que la bèle la plus

proche de la mine et le garnissage brûlaient avec flamme. La charge n'avait pas travaillé.

Ce compte rendu très détaillé fut pour nous l'occasion d'entreprendre des essais dans le but de reproduire l'incident.

Dans notre galerie n° 1 du Bois de Colfontaine, creusée en terrains schisteux, nous avons procédé à quatorze tirs de Nitrocooppalite avec bourrage d'argile, en variant les modes d'amorçage et de chargement, l'explosif étant ou non pourvu de la gaine.

Nous donnons ci-après le relevé des tirs et les conditions dans lesquelles ils ont été réalisés :

Tir 1 :

3 cartouches (1 sans gaine, 2 avec gaine), bourrage 35 cm.

Tir 2 :

2 cartouches sans gaine + 1 cartouche amorce renfermant 20 gr. de charbon concentré autour du détonateur. Bourrage 35 cm.

Tir 3 :

3 cartouches sans gaine, vide de 15 cm. entre la première et la seconde (les cartouches étant numérotées suivant l'ordre d'introduction dans le fourneau). Bourrage 30 cm.

Tir 4 :

3 cartouches sans gaine, 15 mm. de matière gainante entre la seconde et la troisième cartouche. Bourrage 35 cm.

Tir 5 :

3 cartouches sans gaine, 15 mm. de charbon fin entre chaque cartouche. Bourrage 30 cm.

Tir 6 :

3 cartouches sans gaine, vide de 30 mm. entre la première et la deuxième et 15 mm. de charbon entre la seconde et la troisième cartouche. Bourrage de 35 cm.

Tir 7 :

3 cartouches sans gaine, détonateur juxtaposé à la troisième cartouche. Bourrage de 30 cm.

Tir 8 :

2 cartouches sans gaine + 1 cartouche avec gaine, détonateur contre la troisième cartouche. Bourrage de 30 cm.

Tir 9 :

2 cartouches sans gaine et une cartouche avec gaine, détonateur contre la troisième; 2 à 3 cm. de papier entre chaque cartouche. Bourrage de 25 cm.

Tir 10 :

3 cartouches sans gaine, détonateur contre la troisième cartouche. Bourrage 30 cm.

Tir 11 :

3 cartouches sans gaine, fortement comprimées, détonateur contre la troisième cartouche. Bourrage 30 cm.

Tir 12 :

4 cartouches sans gaine, détonateur contre la quatrième cartouche. Bourrage 30 cm.

Tir 13 :

3 cartouches sans gaine, 25 mm. de schiste pulvérulent entre chaque cartouche. Bourrage de 15 cm.

Tir 14 :

3 cartouches sans gaine, 30 mm. de schiste pulvérulent entre chaque cartouche, détonateur dans la première cartouche (amorçage postérieur). Bourrage 30 cm.

Toutes les charges ont produit leur travail normal d'abatage en fragmentant le massif sur une profondeur égale à celle des trous.

Malgré toutes les défectuosités de chargement, nous ne sommes donc pas parvenus à réaliser la déflagration fusante.

Il est cependant possible dans un tir au rocher de provo-

quer la combustion d'une cartouche amorcée d'un détonateur.

Dans une expérience exécutée en 1946, également en terrain schisteux, la cartouche amorce composée de 80 gr. de Flammivore et de 20 gr. de matière inerte (charbon fin et paraffine en parties égales) avait brûlé sans faire détoner le reste de la charge.

Le seul effet du tir avait été un élargissement insignifiant du fourneau sans déplacement du bourrage.

Cette constatation positive jointe à tous les résultats négatifs enregistrés précédemment, donnait à penser que la déflagration était possible moyennant une altération profonde de la matière explosive.

Des défectuosités d'amorçage ou de chargement telles que détonateur simplement en contact avec la cartouche, solution de continuité de la charge avec ou sans interposition de matières pulvérulentes, compression exagérée des charges (tous défauts dont l'intervention dans la pratique du minage ne paraît pas devoir être exclue) s'étaient montrées en effet peu favorables à la déflagration aussi bien dans les tirs au mortier que dans les tirs à la pierre.

Au cours de l'année 1947, nous nous sommes attachés à reproduire la déflagration fusante de trois explosifs S.G.P. (Flamivore, Nitrocooppalite et Sabulite) et à rechercher l'effet de cette déflagration sur les cartouches contiguës.

Nos constatations peuvent se résumer comme suit :

a) Charge composée de 2 ou 3 cartouches d'explosif normal et d'une cartouche amorcée d'un détonateur, mais renfermant 20 à 22 gr. de charbon et de paraffine en parties égales.

L'explosion du détonateur entraîne la combustion soit totale, soit partielle de la cartouche-amorce. Les autres cartouches sont réduites en longueur comme si elles avaient subi un choc.

Comme travail effectué par l'explosion, on ne constate qu'une légère fissuration du terrain, le bourrage étant resté en place ou refoulé quelque peu vers l'orifice.

b) Cartouche amorce altérée par de la paraffine seule (20 gr.) et suivie de 2 ou 3 cartouches normales.

La cartouche-amorce brûle sans produire d'effet sur le reste de la charge. Le bourrage est expulsé et la devanture du trou est emportée sur une profondeur correspondant à la position de la cartouche-amorce.

Le mélange explosif-paraffine est donc plus actif que le mélange explosif-paraffine-charbon.

c) Cartouche-amorce renfermant 15 gr. de paraffine. Le détonateur fait exploser la cartouche-amorce et détoner les cartouches contiguës qu'elles soient ou non altérées.

d) Cartouche-amorce renfermant 20 gr. de charbon. Cette cartouche brûle sans faire détoner, ni brûler, les cartouches contiguës quelle que soit leur composition. Le bourrage reste en place.

Le remplacement du charbon par du schiste pulvérulent, ne conduit à aucune constatation spéciale, sauf qu'il y a détonation partielle de la cartouche-amorce au voisinage immédiat du détonateur.

Il est intéressant de rapprocher ces constatations de celles enregistrées lors de tirs au mortier et indiquées aux pages 47 et suivantes du Rapport annuel sur les travaux de 1944-1945.

En amorçant une déflagration par un inflammateur enfoncé dans un mélange d'explosif et de poudre noire avec ou sans charbon fin, nous avons obtenu en 1944, la détonation complète de 2 ou 3 cartouches saines dépourvues de leurs fonds de papier et chargées au mortier derrière un fort bourrage d'argile. Lorsqu'on laissait des fonds de papier en place, toutes autres conditions restant inchangées, la déflagration se

limitait à la cartouche-amorce et laissait intactes les cartouches contiguës.

Ces expériences effectuées dans des conditions d'amorçage très lointaines de la pratique montrent dans quelle mesure les fonds de papier peuvent contrarier la propagation; on peut en dire autant des intercalations de matières pulvérulentes (schiste, charbon).

Il importe donc pour éviter les ratés de curer avec soin les fourneaux de mine; nous n'en dirons pas plus à ce sujet, car cette précaution est bien connue de nos boutefeux.

Revenant à nos essais de déflagration par altération de l'explosif, nous reconnaissons qu'il est difficile de concevoir dans la pratique la possibilité d'une falsification intime telle que nous l'avons réalisée. Nous nous autorisons néanmoins à insister sur l'influence néfaste des manipulations brutales des cartouches et des chocs violents du bourroir sur la charge.

Il peut en résulter l'éclatement des enveloppes et la mise en contact de la matière explosive avec des substances combustibles (charbon et paraffine) favorables à la déflagration.

IV. Tirs au rocher d'explosifs S. G. P.

α) Nécessité des tirs au rocher pour l'étude des explosifs S. G. P.

Depuis 1931, date à laquelle furent abandonnées nos galeries du Bois de Colfontaine, toutes nos recherches sur les explosifs ont été réalisées uniquement en galerie expérimentale au mortier d'acier.

Nous disposons à cette fin de trois mortiers creusés d'un fourneau de section circulaire mesurant suivant le type :

Longueur 570 mm.; diamètre 55 mm.
Longueur 980 mm.; diamètre 40 mm.
Longueur 1100 mm.; diamètre 30 mm.

Le premier est utilisé pour les tirs de classement des explosifs S.G.P. Les cartouches (100 gr.) y sont introduites et juxtaposées trois par trois, disposition qui, malgré la faible longueur du fourneau permet d'expérimenter des charges de 900 grammes.

Ce mode de chargement qui ne rappelle en rien celui de la pratique, a été adopté depuis longtemps déjà par plusieurs stations expérimentales. Son avantage est de conférer à l'épreuve le maximum de sévérité et de conduire ainsi à la charge-limite la plus faible.

Les mortiers de 40 et 30 mm. sont réservés à des études spéciales, et notamment le premier, pour les tirs de charges gainées, le second pour le tir en file de cartouches non gainées.

Le diamètre d'encartouchage des explosifs S.G.P. étant généralement de 30 mm., les densités de chargement sont 0,3 pour le mortier de 55 mm., 1 pour le mortier de 30 mm. La première est exagérément faible; la seconde est normale, disons même un peu plus grande que celle des tirs à la pierre.

Ajoutons enfin que les charges sont tirées sans bourrage et que le détonateur est placé généralement à l'orifice du fourneau.

Quand on réfléchit à ces détails expérimentaux, on doit reconnaitre qu'ils sont bien différents des circonstances ordinaires du minage; tout au plus, peut-on voir dans le tir au mortier, la réalisation d'un coup débourrant, considéré à tort ou à raison comme l'incident le plus dangereux.

En d'autres termes, le mortier a pour seul avantage de se prêter à la répétition des épreuves et de mettre ainsi l'expérimentateur en mesure de déterminer la sécurité relative des formules étudiées.

Il est donc rationnel de compléter les essais en galerie expérimentale par des tirs au rocher et c'était déjà l'opinion

d'Em. Lemaire lorsqu'il entreprit ses expériences au Bois de Colfontaine.

Celles-ci furent réalisées au cours des années 1927 à 1929 dans deux galeries : un bouveau-midi et un chassage-levant creusés le premier dans des terrains schisteux et le second dans un banc de grès dur. Aucune publication n'ayant paru à ce sujet, nous donnons ci-après un bref aperçu des constatations auxquelles ont donné lieu les cent vingt-cinq tirs exécutés à cette époque.

D'une façon générale, on n'observa jamais l'inflammation du grisou par les explosifs S.G.P.

On procéda d'abord par coups isolés avec bourrage, le fourneau recevant un poids d'explosif égal à la charge-limite déterminée au mortier, ensuite par volées de 3 à 5 fourneaux, sans bourrage, chargés de 8, 9, 10 et parfois 16 cartouches de 100 grammes.

Quelles que fussent la résistance du terrain et l'épaisseur des bancs à emporter, tous ces essais ne donnèrent que des résultats négatifs.

Avec la dynamite n° 1 (75 % de nitroglycérine et 25 % de guhr) les inflammations ont été au contraire très fréquentes, mais toujours irrégulières, à tel point qu'il ne fut pas possible de mettre en évidence ni l'influence de la longueur du bourrage, ni celle du travail de fragmentation imposé à la charge.

Quelques exemples feront ressortir l'allure divagante des résultats enregistrés avec cet explosif.

En terrain schisteux peu résistant, il y eut inflammation par deux cartouches chargées derrière un bourrage de 75 cm. de longueur dans un banc de 50 cm. d'épaisseur, tandis que 4 cartouches n'enflammèrent pas sous un bourrage de 40 cm. et dans un banc de 30 cm.

Sous un banc de grès dur de 20 à 30 cm. d'épaisseur, une charge de 3 cartouches tirée avec un bourrage de 20 cm. n'enflamme pas, mais il y a inflammation pour des bourrages plus longs atteignant même 50 cm.

Citons pour finir, les constatations déconcertantes observées avec des charges de 3 cartouches tirées sans bourrage sous des bancs de schiste tendre de 35 cm. d'épaisseur. Il y eut inflammation lorsque l'espace libre entre la cartouche-amorce et l'orifice du trou était de 75 cm., mais non lorsque cet espace était de 50, 40 et 20 cm.

Deux conclusions ressortaient de ces expériences :

1° Les formules admises comme antigrisouteuses pouvaient, sans donner l'inflammation, être tirées au rocher à des charges bien supérieures à la charge-limite déterminée par l'épreuve au mortier.

2° Pour la dynamite, il paraissait résulter que le risque n'était pas toujours fonction directe de la charge. On verra certes dans cette constatation une analogie avec celles de la Station de Derne (Allemagne) dont il sera question ultérieurement.

En 1930 et 1931, notre étude du tir simultané nous amena à vérifier de nouveau la sécurité de nos explosifs S.G.P. dans les mines forées en grès dur. (1)

Nous fîmes à cette époque, 24 volées de 2 à 7 mines comportant des charges totales allant de 1,3 à 5,9 kg. d'explosif, la plupart des trous renfermant un poids d'explosif bien supérieur à la charge-limite au mortier.

Aucune de ces expériences ne donna lieu à l'explosion du grisou, ce qui encore une fois confirmait la qualité de nos explosifs S.G.P.

Or, il se fait que dans les mines belges, des inflammations

(1) Voir Ad. Breyre, Rapport sur les travaux de 1931, pages 20 et suivantes (Annales des Mines de Belgique, Tome XXXIII, Année 1932).

se sont produites à l'occasion de tirs de deux ou trois cartouches qui, apparemment du moins, avaient été amorcées correctement et chargées avec le bourrage réglementaire.

Devait-on chaque fois incriminer l'explosif ? Nous ne le pensons pas. Dans certains cas en effet, la ligne de tir présentait de telles avaries qu'on ne pouvait exclure l'intervention des étincelles électriques jaillissant entre les conducteurs dépourvus d'isolant.

Ces étincelles, même sous un débit bien inférieur à celui nécessaire au départ des mines possèdent toujours l'énergie suffisante pour allumer les mélanges grisouteux.

Pour cette raison, on ne saurait apporter trop de soin à la réalisation des circuits de mise à feu.

Toutefois, ce sentiment de suspicion à l'égard des lignes de tir ne nous autorisait aucunement à négliger l'explosif et à rejeter d'une manière définitive l'hypothèse de sa mise en défaut.

Nous avons été ainsi amenés à reprendre l'étude au rocher des petites charges, c'est-à-dire, inférieures à la charge-limite et ne comportant parfois que 2 ou 3 cartouches.

Nous revenions ainsi au mode d'expérimentation adopté jadis par la Station de Derne (Allemagne) dont les travaux ont fait en 1933, l'objet d'un important mémoire de Beyling et Schultze-Rhonhof. (1)

Les analogies de leurs recherches avec les nôtres sont telles que nous ne pouvons négliger de rappeler succinctement leurs observations.

(1) Untersuchungen über die Schlagwettersicherheit von Wettersprengstoffen unter betriebmässigen Bedingungen par Beyling et Schulze Rhonhof.
Ce mémoire a été commenté en détail par Ad. Breyre, aux Annales des Mines de Belgique, Tome XXXIV, Année 1933, page 713.

b) Recherches de la Station de Derne.

Elles ont porté principalement sur les deux formules :

	Wetter-Detonit B	Wetter-Wasagit B
Nitrate ammonique	72	30,5
Nitroglycérine	4	28,5
Binitrotoluène	2	—
Gelose	—	0,7
Farine de bois	3	0,3
Talc	—	0,5
Chlorure de potassium ...	19	—
Chlorure de sodium	—	39,5

Ces explosifs sont utilisés en cartouches de 100 gr. au diamètre de 30 mm. Leur charge-limite au mortier est de 450 gr. au moins. Au bloc de plomb (Essai Trauzl) ils donnent un élargissement égal ou inférieur à 240 cm3.

Les charges introduites avec ou sans bourrage dans des trous forés au diamètre de 30 à 35 mm. soit dans le grès, soit dans le schiste étaient tirées en présence de mélanges grisouteux à 9,5 % de méthane. Différents modes d'amorçage furent utilisés :

Amorçage antérieur : détonateur à l'extrémité avant de la dernière cartouche introduite dans le fourneau.

Amorçage intermédiaire : détonateur dans l'extrémité arrière de l'avant dernière cartouche.

Amorçage postérieur : détonateur dans l'extrémité arrière de la première cartouche introduite.

Le second et le troisième ne sont pas de pratique courante en Belgique; le second est régulièrement utilisé dans la Ruhr.

Enfin, les expérimentateurs classèrent leurs constatations

en tenant compte du travail effectué par la charge. Ils ont donc distingué :

les mines sans bourrage qui n'ont pas travaillé;
les mines sans bourrage qui ont travaillé;
les mines avec bourrage qui n'ont pas travaillé;
les mines avec bourrage qui ont travaillé.

Wetter-Detonit B.

a) **Mines sans bourrage qui n'ont pas travaillé.**

Cet explosif a donné des inflammations du grisou (neuf inflammations sur 105 tirs), avec l'amorçage intermédiaire lorsque la longueur de l'espace libre devant la charge était comprise entre 10 et 30 cm.

Avec l'amorçage postérieur, on enregistra deux inflammations seulement sur 27 tirs et avec l'amorçage antérieur 4 inflammations sur 159 tirs.

Ces quatre inflammations avec amorçage antérieur se produisirent dans les conditions suivantes :

2 cartouches — Espace libre 4 cm.
3 cartouches — Espace libre 60 cm.
4 cartouches — Espace libre 11 cm.
6 cartouches — Espace libre 27 cm.

b) **Mines sans bourrage qui ont travaillé.**

Sur soixante tirs avec amorçage antérieur, six furent suivis d'inflammation, soit :

2 cartouches — Espace libre 0 cm.
2 cartouches — Espace libre 4 cm.
2 cartouches — Espace libre 26 cm.
3 cartouches — Espace libre 22 cm.
4 cartouches — Espace libre 0 cm.
6 cartouches — Espace libre 17 cm.

Aucune inflammation ne se produisit avec des charges de 1 1/2 cartouche, ni avec celles comportant plus de six cartouches.

c) **Mines avec bourrage qui n'ont pas travaillé.**

Pas d'inflammation, même avec l'amorçage intermédiaire (le plus dangereux) lorsque la longueur du bourrage d'argile dépassait 2 cm.

d) **Mines avec bourrage qui ont travaillé.**

On n'enregistra que 3 inflammations, soit avec 2 cartouches (bourrage 14 cm.), 2 cartouches (bourrage 19 cm.), 5 cartouches (bourrage 28 cm.). Ces cartouches provenaient toutes du même lot, ce qui donnait à penser que la composition de l'explosif n'était pas normale.

Aucun des essais (au total 76) effectués sous bourrage avec d'autres lots du même explosif et avec les amorçages antérieur et intermédiaire ne fut suivi d'inflammation.

Wetter-Wasagit B.

a) **Mines sans bourrage qui n'ont pas travaillé.**

Avec 1 cartouche et un vide inférieur à 10 cm. devant la charge, il y avait régulièrement inflammation.

Avec 2 cartouches, il y avait inflammation lorsque l'espace libre devant la charge était de 10 cm. mais non quand cet espace atteignait 12 cm. Quatre cartouches avec 36 cm. d'espace libre ont causé une fois l'inflammation. Des charges plus importantes n'ont plus enflammé. Ces résultats ont été obtenus avec l'amorçage antérieur.

L'amorçage intermédiaire a donné très souvent l'inflammation quelle que fut le nombre de cartouches, surtout lorsque le vide devant la charge était inférieur à 20 cm.

Une seule inflammation a été observée avec l'amorçage postérieur et une charge de 2 cartouches.

b) **Mines sans bourrage qui ont travaillé.**

Toutes ces mines ont été tirées avec l'amorçage antérieur. Celles qui ont enflammé le grisou comportaient plus de deux cartouches et la charge se trouvait à plus de 10 cm. de l'orifice du trou.

c) **Mines bourrées.**

Aucune inflammation lorsque le bourrage dépassait 4 cm. Avec un bourrage de 2 cm. et une cartouche, on a obtenu 3 coups débourrants suivis d'inflammation. Même avec ce bourrage réduit, des charges comportant deux cartouches au moins n'ont plus enflammé.

En résumé, Beyling et Schulze-Rhonhof ont enregistré dans leur galerie au rocher des inflammations par des charges bien inférieures aux charges-limites déterminées au mortier. Il ressort même de leurs expériences que les petites charges (1 à 3 cartouches) sont les plus dangereuses surtout celles qui non bourrées effectuent un travail de fragmentation.

Ces expérimentateurs observèrent aussi que la présence d'un bourrage de longueur inférieure cependant à celle prescrite supprime l'inflammation quelle que soit la position d'un détonateur.

A la suite de leurs recherches, Beyling et Schulze-Rhonhof proposèrent un mécanisme postulant l'intervention de particules d'explosif qui ayant échappé à la détonation seraient projetées en dehors du fourneau; l'inflammation se produirait lorsque ces particules en voie de décomposition pénètrent dans le milieu inflammable; de leur position relative par rapport aux gaz brûlés et refroidis par la détente dépendrait l'issue du tir.

Si on admet cette explication, on saisit aisément l'influence

déterminante de la longueur du vide devant la charge, de la position du détonateur, de la rigidité du confinement.

Les résultats négatifs enregistrés avec des charges importantes s'expliqueraient par un accroissement de la pression, favorable à la décomposition de l'explosif et par le grand volume de gaz brûlés jouant le rôle d'écran protecteur.

Nous ne nous étendrons pas plus longuement sur les déductions des expérimentateurs allemands; ce que nous en avons dit suffit pour faire ressortir l'intérêt des tirs au rocher.

Les expériences que nous avons entreprises dans nos galeries du Bois de Colfontaine ont donc pour but de voir si nos explosifs S.G.P. donnent lieu aux mêmes anomalies que les explosifs allemands.

Nous entendons par anomalies, les inflammations par charges bien inférieures à celle définie comme étant de sécurité dans les tirs au mortier, soit 900 gr.

Nous ne pouvons prévoir quels seront les résultats de nos recherches, mais, si parmi les formules agréées en Belgique, il s'en trouvait une moins sûre à la pierre qu'au mortier, nous en ferions un sujet d'étude et serions alors amenés soit à la supprimer du classement soit à modifier sa composition.

On trouvera ci-après la description de nos geleries ainsi que le mode opératoire adopté pour la réalisation des expériences.

c) **Galeries du Bois de Colfontaine.**

Mode opératoire.

Nous avons utilisé les deux galeries du Bois de Colfontaine. La première (galerie n° 1) est un bouveau-midi sensiblement rectiligne de 68 m. de longueur, traversant des terrains schisteux. La seconde (galerie n° 2) est un chassage levant de 45 m., prolongé par un bouveau sud de 26 m. creusés tous deux dans des grès très durs.

Pour réduire le plus possible les manipulations, nous avons rapproché les fronts de travail des orifices d'accès. Dans la

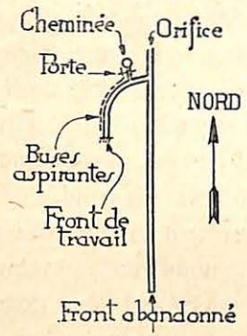


Fig. 2.

galerie n° 1, nous avons donc ouvert à 8 m. de l'entrée, un chassage vers le couchant qui est passé progressivement en allure de travers-bancs.

Dans la galerie n° 2, un bouveau a été amorcé vers le nord à 9 m. de l'entrée.

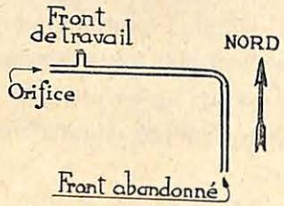


Fig. 3.

Dans la galerie n° 1, nous avons aménagé également un circuit de ventilation soit un montage de 6 m. 50 environ aboutissant à une cheminée de tôle de 4 m. de hauteur (40 cm. de diamètre) plantée verticalement dans le flanc du rocher.

Au fur et à mesure du creusement, une ligne de canars aspirants a été prolongée à partir du montage jusqu'à proximité du front.

On verra aux figures 2 et 3 la disposition actuelle de nos deux chantiers d'expériences.

Le soutènement est constitué par des arcs métalliques en deux pièces, faites de poutrelles doubles et réunies par des éclisses et boulons. Il est complété par un garnissage de lambourdes et de tôles usagées laissant à la galerie une section utile de 3 m2.

Le forage des trous est exécuté au racagnac dans la galerie n° 1 (schiste) et à l'air comprimé dans la galerie n° 2 (grès dur).

Pour chaque expérience, on procède de la manière suivante :

Après avoir placé la charge dans le fourneau, on isole le fond de la galerie par une cloison de papier fort. Cette cloison est fixée par des lattes qu'on cloue sur des chevrons attachés à un des cadres de soutènement.

(La position de cette cloison est modifiée après 6 ou 10 expériences suivant l'allure du creusement.)

On introduit ensuite le grisou dans la chambre isolée par la cloison de papier. A cette fin, on dispose sur le sol et derrière la cloison, un tuyau métallique perforé, raccordé par un tuyau de caoutchouc à une bonbonne. Cette bonbonne qui se trouve en dehors de la chambre renferme du grisou comprimé à une pression comprise entre 60 et 150 kg., variable avec le volume de mélange à réaliser. Lorsque la vidange de la bonbonne est terminée, on prélève pour analyse un échantillon du mélange. On utilise pour cette opération un long tuyau de cuivre qui traversant la feuille de papier débouche à courte distance du front.

Nous avons vérifié à plusieurs reprises que le mélange était bien homogène. Cette vérification a été faite notamment lorsque la cloison de papier se trouvait à 4 m. du front; les teneurs en méthane à 2 m. et à 3 m. de la cloison ne différaient pas de plus de 0,25 %.

Après la prise d'échantillon, on procède à la mise à feu de la charge. Lorsqu'il y a inflammation, un souffle violent s'échappe par l'orifice de la galerie; il se produit ensuite un appel d'air qui provoque la fermeture brutale des portes défendant l'accès de la galerie.

Des touffes-témoins en coton nitré, substance aisément inflammable attachées au soutènement, indiquent également s'il y a eu ou non inflammation du mélange par le tir ainsi que le développement atteint par la flamme.

d) Essais réalisés en 1947.

Notre étude a commencé dans les derniers mois de l'année; nous n'avons donc pas encore réuni assez de constatations expérimentales pour donner un aperçu de la sécurité des petites charges.

Jusqu'ici nous avons procédé à 65 tirs, soit :

58 tirs de Flamivore, Nitrocooppalite et Triamite à la galerie n° 1.

7 tirs de Triamite à la galerie n° 2.

A la galerie n° 1, les charges comportant de 2 à 8 cartouches ont été tirées isolément, la plupart sans bourrage et avec amorçage postérieur. La disposition des trous par rapport aux faces dégagées variait suivant l'avancement; tous les cas rencontrés dans la pratique du minage ont donc été réalisés : trous de bouchon (une seule face dégagée), trous de bosseyement (deux ou trois faces dégagées).

Aucun de ces tirs ne donna l'inflammation du grisou.

Les expériences de la galerie n° 2 avaient pour objet l'étude d'une inflammation de grisou survenue le 29 novembre 1947 au siège St-Charles des Charbonnages du Bois-du-Cazier.

D'après les déclarations du boutefeu, sept mines de 1 m. 50 avaient été forées dans le mur de la couche au pilier du chantier Gros Pierre à l'étage de 835 m. Ces mines étaient disposées conformément au croquis figure 4.

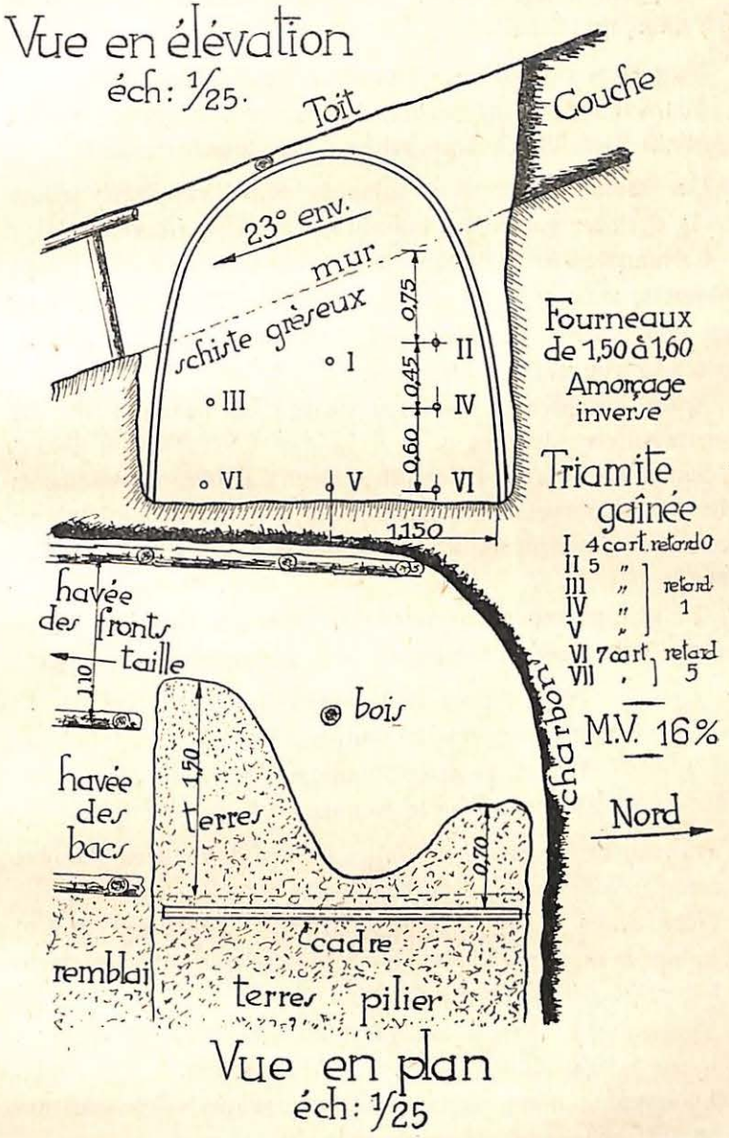


Fig. 4.

L'explosif utilisé était la Triamite gainée, les charges et les amorçages étant :

Mine I : 4 cartouches, détonateur instantané.
Mines II à V : 5 cartouches, détonateur à temps 1.
Mines VI et VII : 5 cartouches, détonateur à temps 5.

Les détonateurs étaient enfoncés dans l'extrémité arrière de la dernière cartouche introduite (amorçage inverse).

Le boutefeu fit partir les charges qui sautèrent en 3 coups distincts; mais entre le second et le troisième, il se produisit une inflammation de grisou qui brûla grièvement l'un des ouvriers se trouvant dans le pilier.

Après l'accident, l'ingénieur chargé de l'enquête, fit les constatations suivantes :

Seules les charges III et VII avaient travaillé normalement; elles avaient fracturé les terrains sur 1 m. 60 de profondeur; les autres n'avaient fissuré le mur que sur 30 à 40 cm. d'épaisseur.

On ne put cependant retrouver trace du fourneau 1, les autres étaient restés intacts sur des longueurs importantes :

85 cm. pour le fourneau II.
105 cm. pour le fourneau IV.
75 cm. pour le fourneau V.
135 cm. pour le fourneau VI.

Du fond de la mine V, on retira un peu de matière blanche, humide, paraîssant être de l'explosif.

Nous avons examiné la ligne de tir (longueur 47 m.) et l'exploseur sans trouver le moindre indice qui put faire croire à leur intervention dans l'accident.

Toutefois l'isolant de la ligne était carbonisé sur toute sa longueur, conséquence ordinaire de l'explosion.

L'analyse chimique de l'explosif montra que sa composition différait très peu de la formule normale.

Pour nos essais à la galerie n° 2 (grès dur), nous avons

utilisé la Triamite non gainée avec amorçage inverse et procédé par coups isolés et par volées, dans les conditions suivantes :

Tir 1 :

1 trou de bouchon, 5 cartouches, déto temps 1, bourrage 4 cm.

2 trous de bosseyement à 46 et 38 cm. de la face libre, 4 cartouches, détonateur temps 3, bourrage 7 cm. — Teneur en méthane 7,25 %.

Tir 2 :

2 trous de bosseyement à 30 cm. de la face libre, 5 et 6 cartouches, détos temps 1 et 3, bourrage 3 et 10 cm. — Teneur en méthane 9,0 %.

Tir 3 :

1 trou de bouchon, 4 cartouches, pas de bourrage, vide entre la charge et l'orifice 96 cm. — Teneur en méthane 8,75 %.

Tir 4 :

1 trou de bouchon, 5 cartouches, bourrage 22 cm. — Teneur en méthane 8,25 %.

Tir 5 :

2 trous de bosseyement à 27 cm. de la face libre, 4 et 5 cartouches, détos temps 1 et 3, pas de bourrage, vide entre la charge et l'orifice 25 et 19 cm. (les 2 trous sont forés en terrains très fissurés). — Teneur en méthane 8,75 %.

Tir 6 :

2 trous de bosseyement à 42 cm. de la face libre, 7 et 3 cartouches, détos à temps 1 et 3, pas de bourrage, charges affleurant l'orifice des trous. — Teneur en méthane 9 %.

Tir 7 :

2 trous de bouchon, 4 et 5 cartouches, détos à temps 1 et 2, pas de bourrage, vide entre la charge et l'orifice 54 cm. — Teneur en méthane 9 %.

Dans aucun cas, il n'y eut inflammation du grisou.

En résumé, les 65 expériences réalisées en 1947 ont donné des résultats négatifs.

Dans la galerie n° 1 (terrain schisteux), chaque tir produisait beaucoup de poussières fines qu'on retrouvait en nuage persistant à proximité du front et en dépôt sur le soutènement.

Il y a lieu de se demander si ces poussières stériles ne jouent pas le même rôle que la matière gainante, soit une action immunisante contre l'inflammation du grisou.

On n'observe rien de semblable dans la galerie n° 2(grès dur); pour ce motif, nous y ferons dorénavant toutes nos expériences de tir en grisou.

V. Recherches sur les détonateurs à temps.

L'extension du tir à temps justifie ces longues et minutieuses recherches que nous effectuons chaque année sur les détonateurs.

Nos vérifications portent tout spécialement sur la sensibilité des amorces et la régularité des départs, deux facteurs déterminants de l'exécution correcte du minage.

On trouvera ci-après les résultats d'expériences effectuées sur deux fabrications.

a) Détonateurs de la « Nobel Explosives Cy » de Glasgow.

Les détonateurs à temps de cette firme ont déjà été étudiés en 1945 et leur emploi a été autorisé par une décision de la Direction générale des Mines.

Néanmoins, pour parer à un défaut de sensibilité des amorces, nous avions estimé utile de limiter le nombre de détonateurs insérés dans le circuit de tir.

Des modifications apportées au sertissage des conducteurs et à la composition de l'amorce motivèrent un nouvel examen.

Dans la fabrication nouvelle, les conducteurs pénètrent par

un bouchon de néoprène de 10 mm. de longueur emprisonné par écrasement et matriçage du tube de cuivre (voir fig. 5).

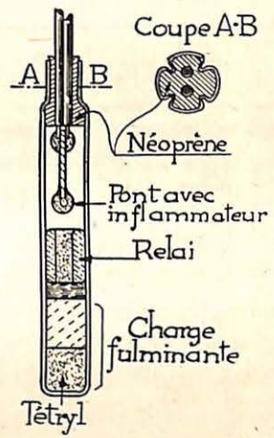


Fig. 5.

Ce bouchon est percé d'une ouverture livrant passage aux deux conducteurs. (Dans les détonateurs examinés en 1945, les conducteurs étaient sertis dans un bouchon de plomb.)

Nous avons procédé aux recherches suivantes :

1° **Détermination du courant minimum d'allumage.**

Un courant de 1 ampère suffit pour écarter l'éventualité de ratés. Pour cette intensité, la première fabrication étudiée en 1945 avait donné des ratés.

2° **Vérification de la régularité des départs.**

Elle a été faite d'après le procédé habituel : enregistrement à l'oscillographe des ondes sonores émises par les différents retards.

Nous avons utilisé au total 74 détonateurs : 16 à retard I, 14 à retard III, 15 à retard V, 14 à retard VII et 15 à retard IX.

Le courant a été réglé systématiquement en-dessous de 1 ampère c'est-à-dire, entre 0,79 et 0,92 ampère.

Nous indiquons ci-après les résultats globaux de cette vérification (Tableau IV).

TABLEAU IV

	Détos à retard I	III	V	VII	IX
Moyenne des retards	0,521	1,414	2,599	3,421	4,398
Retard maximum	0,600	1,500	2,750	3,500	4,520
Retard minimum	0,425	1,340	2,440	3,360	4,290
Ecart entre les extrêmes	0,175	0,160	0,310	0,140	0,230
Ecart maximum avec la moyenne	0,096	0,086	0,159	0,079	0,122

Décalage	Retard	3	minimum —	Retard	1	maximum	0,74
minimum	»	5	»	»	3	»	0,94
entre les	»	7	»	»	5	»	0,61
retards	»	9	»	»	7	»	0,79

Ces chiffres sont affectés d'une dispersion moindre que celle constatée en 1945.

3° **Vérification de la résistance du sertissage.**

Pour procéder à cette épreuve, nous avons utilisé un étau fait de deux pièces de bois articulées autour d'une charnière.

Le détonateur étant serré dans l'étau, un opérateur exerçait un effort de traction sur les conducteurs.

Vingt détonateurs ont été soumis à cette épreuve. Chaque fois il y a eu rupture des conducteurs, mais sans explosion du détonateur.

4° **Epreuve d'étanchéité du sertissage.**

Dix détonateurs sont restés immergés pendant 21 heures sous 2 mètres d'eau. On constata ensuite que ni la résistance ohmique, ni la sensibilité au courant d'allumage n'était modifiée.

Quatre détonateurs connectés en série ont explosé sous un courant de 0,88 ampère, les six autres pour un courant de 0,89 ampère.

CONCLUSION

Les essais auxquels nous avons procédé montrent que la nouvelle fabrication des détonateurs à temps de la „ Nobel Explosive Cy " est supérieure à celle étudiée en 1945.

En conséquence, les détonateurs du nouveau type qu'on peut désigner par détonateurs à bouchon de néoprène peuvent être utilisés en lieu et place des détonateurs à bouchon de plomb agréées en 1945. Il faut néanmoins maintenir l'interdiction d'utiliser simultanément dans le même circuit des retards pairs et impairs, mais pour ce qui est du courant minimum de tir, nos essais ont montré qu'un ampère suffit pour effectuer un tir sans ratés.

b) Détonateurs de la firme Dupont de Nemours.

Ces détonateurs sont fabriqués en onze numéros de 0 à X, ceux-ci indiquant le délai qui s'écoule entre le lancé du courant et l'explosion.

Nous n'avons pu les proposer à l'agréation de la Direction générale des Mines pour les motifs suivants : longueur exagérée des tubes de cuivre, irrégularité des départs et délais exagérés pour les retards supérieurs au n° V.

Nous indiquons ci-après les longueurs des tubes pour 4 retards :

N° du retard	Longueur du tube en mm.
V	70
VII	85
IX	105
X	120

Le détonateur retard X est presqu'aussi long qu'une cartouche d'explosif.

La détermination des temps d'explosion a conduit aux résultats indiqués dans le tableau V.

TABLEAU V

N° des retards	Retard moyen en secondes	Retard minimum	Retard maximum	Ecart entre maximum et minimum
I	1,14	0,93	1,23	0,30
II	2,28	2,11	2,58	0,47
III	3,33	2,90	3,56	0,66
IV	4,33	4,27	4,74	0,47
V	6,45	5,61	7,20	1,59
VI	8,25	7,8	8,9	1,1
VII	10	9,8	10,2	0,4
VIII	12	11,2	12,8	1,6
IX	14,2	13,6	15,0	1,4
X	16,5	15,8	17,2	1,4

Ce tableau montre :

1° que les écarts entre les retards excèdent 1 seconde, de telle sorte que le retard V déjà est supérieur à 5 secondes, délai que nous estimons ne pouvoir être dépassé, dans les mines grisouteuses ou poussiéreuses.

D'après certains techniciens anglais, la durée totale du sautage ne devrait même pas dépasser 4 secondes (Colliery Guardian du 3 octobre 1947).

2° que la dispersion des temps d'explosion pour un même retard est de l'ordre de 1/2 seconde pour les n° II à IV, et même de plus d'une seconde pour les étages V à X. On ne peut donc pas considérer que les mines amorcées d'un même retard sauteraient en même temps lors d'un tir en grande volée. Le risque de culots non explosés et d'abatage incomplet est donc beaucoup plus grand qu'avec les types autorisés jusqu'ici en Belgique.

B. — ETUDE DU PROCEDE CARDOX.

Ce procédé utilise comme on le sait la vaporisation de l'acide carbonique liquide pour fragmenter les roches de dureté moyenne : charbon ou schiste. Dans certains cas, il peut donc être substitué aux explosifs.

Le tube d'acier qu'on introduit dans le trou de mine, renferme l'acide liquéfié et une cartouche chauffante; l'une de ses extrémités est fermée par un disque d'acier calibré.

La combustion vive de la cartouche sous la pression élevée régnant dans le tube donne naissance à une onde de choc qui se propage dans le fluide et rompt le disque de fermeture.

L'acide carbonique se répand alors dans le fourneau et dans les fissures avoisinantes et provoque par sa vaporisation instantanée la fragmentation du massif.

Déjà en 1936, les tubes Cardox avaient fait l'objet de recherches à l'Institut National des Mines et leur utilisation dans les mines grisouteuses avait été autorisée par une décision de la Direction générale des Mines. (1)

La faveur des exploitants pour le procédé ne se manifesta néanmoins qu'à partir de 1946.

Nous avons saisi cette occasion pour faire de nouvelles expériences qui se justifiaient d'ailleurs par certaines modifications apportées à la cartouche chauffante.

En 1936, cette cartouche était amorcée d'un inflammateur

(1) On trouvera à la page 34 du Rapport sur les travaux de 1936, Annales des Mines de Belgique, Tome XXXVIII, Année 1937, une description détaillée avec croquis du tube Cardox.

à masse pulvérulente et renfermait un mélange composé comme suit :

Chlorate de sodium	72
Nitrate de soude	15
Paraffine	8
Soufre	2
Charbon	3

Les tubes tirés en plein grisou n'avaient donné l'inflammation que moyennant la réalisation simultanée des conditions anormales suivantes :

a) absence totale d'acide carbonique;

b) augmentation de la charge de la cartouche chauffante (200 gr. au lieu de 100 gr.);

c) réduction de l'épaisseur du disque de fermeture à 1,3 mm. alors que le disque le plus mince prévu par le fabricant avait 3,6 mm. d'épaisseur.

Dans les conditions normales de chargement, l'acide libéré crée devant la flamme de la cartouche, une atmosphère asphyxiante s'opposant à la propagation de cette flamme au mélange grisouteux.

Le tube Type B-37 étudié en 1947 est analogue en principe à celui agréé en 1936. Le disque de fermeture a soit 2,78 mm., soit 3,57 mm. d'épaisseur; suivant les cas, sa rupture se produit pour une pression statique de 1.890 ou de 2.362 kilos par cm2.

La cartouche chauffante d'un poids total de 100 gr. renferme 80 gr. d'un mélange combustible au perchlorate dénommé „ Heatox D " ainsi qu'une amorce constituée par un fil en nichrome noyé dans un mélange de chlorate de potasse et de charbon.

Comme nous l'avons dit précédemment, les modifications apportées à la cartouche chauffante étaient la raison majeure

pour laquelle nous estimions utile de procéder à une nouvelle étude.

Des essais préliminaires effectués sur la cartouche chauffante seule montrèrent qu'elle ne pouvait être allumée à l'air libre. Nous avons porté jusqu'à 175 volts, la tension appliquée à l'amorçage électrique sans obtenir l'allumage.

D'après le fabricant, la mise à feu n'est possible que si la matière combustible est confinée dans des conditions analogues à celles existant au moment d'un tir normal.

Nous avons pu constater en effet (voir tableau VI) que le fonctionnement du tube Cardox dépend de la quantité d'acide carbonique introduite lors du chargement.

Tableau VI

Poids d'acide carbonique en gr.	Constatations
609	Le disque de fermeture est emporté, la cartouche est entièrement brûlée.
495	Idem.
397	Le disque n'est pas cisaillé ; la cartouche est néanmoins complètement brûlée.
312	Idem.
198	Idem.
99	Le disque n'est pas cisaillé ; la cartouche est indemne.
0	Idem.

Ces constatations résultent de 20 expériences; onze d'entre elles ont été effectuées dans le grisou et notamment celles (au nombre de quatre) pour lesquelles il y a eu rupture du disque.

Pour ces expériences, le tube était placé horizontalement dans l'axe de la chambre d'explosion de notre galerie expéri-

mentale, c'est-à-dire dans une atmosphère grisouteuse renfermant 9 % de méthane.

Dans aucun cas, il n'y a eu inflammation du grisou. A la suite de ces expériences, l'emploi du tube Cardox type B-37 a été agréé par la Décision 13 D/6167 du 11 juin 1947 de la Direction générale des Mines.

C. — ETUDE DU MATERIEL ELECTRIQUE ANTIGRISOUTEUX.

Appareils électriques antigrisouteux.

Au cours de l'année 1947, nous avons examiné et proposé à l'agréation de la Direction générale des Mines, 40 appareils électriques, soit : 12 moteurs, 2 transformateurs, 3 disjoncteurs-inverseurs, 13 coffrets de commande, 1 haveuse, 2 perforatrices, 3 boites de jonction, 1 lampe électropneumatique avec ampoule à vapeur de mercure, 1 armature pour éclairage par tube fluorescent, 2 ohmmètres à pile sèche.

Parmi ces appareils, certains présentent des particularités de construction favorables à la sécurité; nous les mentionnons ci-après avec quelques détails.

1) **Transformateur au quartz type G. 406.I de la firme Merlin de Grenoble** présenté pour agréation par la Société Anonyme „ Electromécanique " de Bruxelles.

La puissance normale de cet appareil est de 150 KVA et les tensions primaire et secondaire sont respectivement de 5.000 et 550 volt.

Les organes électriques sont logés dans une cuve en tôle soudée de forme parallélipipèdique dans laquelle l'espace libre est rempli presqu'entièrement de sable pur ou quartz en grains calibrés.

Cette particularité exclut la possibilité d'explosion toujours à redouter lorsque le diélectrique est de l'huile donnant par échauffement des vapeurs combustibles.

Pour accélérer l'évacuation des calories à partir des enroulements, des écrans métalliques de grande surface sont intercalés dans les bobinages et prolongés jusque dans les ondulations de la tôle formant la partie latérale de la cuve.

Pour faciliter le placement des organes intérieurs et des écrans ainsi que le remplissage par le quartz, les noyaux magnétiques sont disposés horizontalement et les écrans verticalement.

Quatre regards avec glace de 8 mm. d'épaisseur sont prévus dans la partie haute de la cuve pour examen du niveau de sable.

2) **Coffrets de commande à distance.** — Nous avons examiné deux appareils de ce genre, construits par des firmes anglaises et destinés à l'alimentation d'engins sujets à de fréquents déplacements : perforatrices, haveuses, chargeuses, etc.

La commande à distance en courant triphasé d'un engin mobile exige l'emploi d'un câble souple sous gaine de caoutchouc à cinq conducteurs : trois conducteurs de puissance établissant donc la liaison entre la source de courant et le moteur, un fil pilote et un fil de terre.

La connexion du câble s'opère tant à la machine qu'au coffret, par l'intermédiaire d'une prise de courant à fiche, celle-ci renfermant soit quatre tiges, soit quatre douilles auxquelles aboutissent les 3 conducteurs de puissance et le fil pilote. Le fil de terre lui, est relié aux masses des fiches terminales.

Quand le câble est en service, la carcasse de la machine réceptrice se trouve donc en liaison par le fil de terre avec celle du coffret que nous supposerons mise au sol d'une manière efficace.

Le circuit de contrôle qui doit assurer la mise en marche et l'arrêt du moteur, ainsi que la protection contre les chocs électriques est alimenté à basse tension par un transformateur.

Ce circuit est composé du fil pilote, du fil de terre, d'un relai, d'un interrupteur et se ferme par les carcasses du coffret et de la machine. Le transformateur et le relai se trouvent dans le coffret de commande tandis que l'interrupteur est placé dans l'enveloppe du moteur.

La fermeture du circuit par cet interrupteur amène l'excitation du relai, qui commande l'enclenchement du disjoncteur d'où mise en marche du moteur.

L'arrêt résulte de la manœuvre inverse, c'est-à-dire de l'ouverture du circuit de contrôle. Celle-ci se produit également lorsqu'on retire, sans autre précaution, l'une des fiches des prises de courant.

Il est donc impossible d'utiliser la machine (haveuse, perforatrice, etc.) lorsque sa masse n'est pas mise à la terre.

Lorsque le contact des fiches dans les prises de courant n'est pas franc (ce qui peut résulter de l'empoussièrage des organes) ou en d'autres termes, lorsqu'une résistance parasite est introduite dans le circuit contrôle et par conséquent dans le fil de terre, le relai n'est plus excité au taux voulu et le disjoncteur n'est pas enclenché.

La machine réceptrice ne peut donc recevoir du courant, lorsque sa masse n'est pas reliée franchement à celle du coffret.

Le système de contrôle à distance, tel que nous venons de le décrire protège donc le personnel contre les chocs électriques pouvant résulter d'une mise accidentelle sous tension des organes accessibles de la machine. La protection serait cependant imparfaite si un court-circuit s'établissait dans le câble entre le fil pilote et le fil de terre. La fermeture permanente du circuit de contrôle maintiendrait en effet le disjoncteur enclenché que la fiche terminale du câble soit ou non retirée de la douille placée sur la machine. (Rappelons que cette fiche renferme des bornes aisément accessibles lorsque le câble est déconnecté.)

La firme Hugh Wood a paré à ce danger par la disposition représentée à la figure 6.

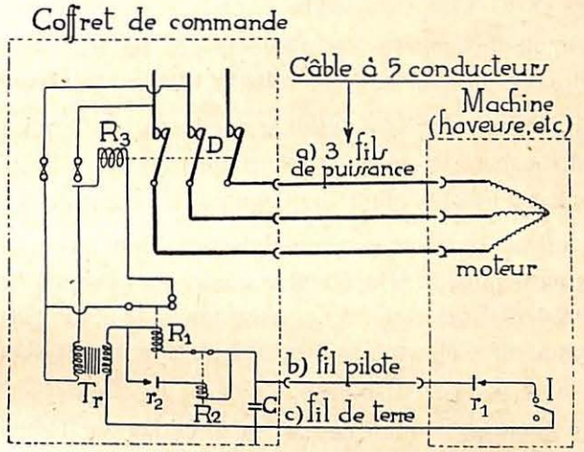


Fig. 6.

Le circuit de contrôle comporte maintenant deux redresseurs r_1 et r_2 (type oxymétal) l'un dans la machine, l'autre dans le coffret.

Lorsque l'installation est en service, le relai R_1 est excité, le relai R_2 ne l'est pas. (C'est le cas schématisé dans la figure). Le relai R_1 reçoit en effet le courant ondulé (une demi-onde par période) que laisse passer le redresseur r_1, tandis que le relai R_2 ne reçoit aucun courant, son circuit d'alimentation renfermant en effet deux redresseurs r_1 et r_2 connectés en opposition.

L'excitation et la non excitation du relai R_3 du disjoncteur sont concommittantes de celles du relai R_1 et fonction par conséquent de la position de l'interrupteur I. La manœuvre de cet interrupteur amène ou supprime donc l'alimentation du moteur.

Lorsqu'il se produit dans le câble, un contact entre le fil

pilote et le fil de terre, le redresseur r_1 devient inopérant et le courant ondulé passant par le redresseur r_2 excite le relai R_2 qui ouvre le circuit du relai R_1, d'où déclenchement du disjoncteur et arrêt de la machine.

Le circuit de contrôle est alimenté par un transformateur auxiliaire T_2 qui abaisse à 24 volts la tension du réseau.

L'installation comporte aussi un condensateur C qui a pour office d'absorber les extra-courants de rupture et de réduire les chances d'inflammation du grisou par le circuit de contrôle.

Les coffrets de manœuvre anglais possèdent généralement en plus un dispositif de protection contre les pertes à la terre (core-balance) ; celui-ci n'est opérant que si le point neutre du transformateur d'alimentation est mis à la terre, pratique qui n'est pas de règle en Belgique.

Il est constitué par un anneau magnétique sur lequel sont disposé trois bobines insérées dans chacune des phases et une bobine relai. Lorsque les phases sont parfaitement équilibrées, il n'y a pas de flux magnétique dans le noyau. Mais si dans la partie du réseau située en aval du coffret, une phase vient à être mise à la terre, le déséquilibre des courants engendre alors dans le noyau magnétique un flux. Celui-ci produit un courant dans la bobine relai, lequel provoque le déclenchement du disjoncteur par le jeu d'un relai auxiliaire.

3) **Perforatrices.** — Il s'agit de perforatrices rotatives utilisables dans le charbon et le schiste tendre et construites par les firmes „ Victor Products " de Wallsend-on-Tyne et „ Hugh Wood " de Gateshead-on-Tyne.

Ces machines sont pourvues d'un moteur asynchrone avec rotor à cage d'écureuil alimenté sous la tension soit de 125, soit de 220 volts à 50 périodes. La vitesse du moteur est généralement de 3.000 tours/minute et celle-ci est réduite par un système d'engrenages planétaires à une valeur compatible

avec le fonctionnement normal d'attaque, c'est-à-dire comprise entre 300 et 500 tours.

La firme „ Victor Products " prévoit sur certaines de ses machines, un moteur alimenté sous la fréquence 150 et tournant à 9.000 tours/minute. Dans ce cas, le courant triphasé est fourni par un transformateur rotatif placé dans le coffret de commande et alimenté sous la fréquence normale (50 périodes). Ces perforatrices sont pourvues de la commande à distance; l'alimentation est donc suspendue dans le cas d'un circuit de mise à la terre défectueux.

4) **Ohmmètres à pile.** — Ces appareils sont destinés à la vérification des circuits de tir. La source de courant est constituée par des éléments secs, analogues à ceux utilisés dans les lampes de poche.

Les organes sont protégés par une enveloppe de bakélite et l'appareil est transporté dans une pochette en cuir, ajourée de telle façon qu'on peut sans gêne aucune, exécuter toutes les manœuvres et lectures sans retirer l'appareil.

L'étincelle de court-circuit n'allume pas le mélange air-gaz d'éclairage, plus inflammable cependant que n'importe quel mélange grisouteux.

La sécurité de ces appareils réside dans le fait que les tensions et intensités mises en jeu sont extrêmement faibles.

Deux appareils de ce genre ont été agréés par les décisions 13 E/7099 du 24-12-1947 et 13 E/7104 du 9-1-1948 de la Direction générale des Mines.

D — RECHERCHES SUR L'INFLAMMATION DU GAZ TONNANT DANS LES LAMPES ELECTRIQUES PORTATIVES

(2de note).

a) Rappel des recherches antérieures.

Nous avons signalé dans notre Rapport sur les travaux de 1946 (Annales des Mines de Belgique, tome XLVII, pages 74 et suivantes) les incidents motivant ces recherches.

Dans les lampisteries d'un charbonnage du Bassin de Charleroi, deux explosions se sont produites à 15 jours d'intervalle, dans une lampe portative à accumulateur alcalin au moment où l'on allumait l'ampoule par rotation du couvercle.

Une explosion de ce genre nécessite évidemment la réalisation de deux conditions :

1° formation d'un mélange tonnant à l'intérieur de la lampe;

2° production d'une étincelle électrique capable d'allumer ce mélange.

La première a fait l'objet en 1946 de recherches nombreuses d'où ressortent les constatations suivantes :

Si le régime de charge de l'accumulateur est maintenu au taux indiqué par le constructeur et si la lampe reste ouverte (tête séparée du pot) pendant un temps suffisamment long, disons 3 heures, après la fin de la décharge, il n'existe pas de mélange inflammable à l'intérieur de la tête au moment de l'allumage.

Ceci suppose évidemment que les soupapes placées sur l'enveloppe de l'accumulateur sont parfaitement libres de s'ouvrir pour assurer l'évacuation du gaz hydrogène libéré pendant la charge.

Il est d'usage de ne retirer ces soupapes que pour l'introduction de l'électrolyte, mais rien ne dispense les préposés

aux lampisteries d'en vérifier périodiquement le fonctionnement.

On n'observe, dans la tête de la lampe, la présence d'hydrogène en quantité appréciable qu'après un chargement exagéré, soit que la durée et l'intensité du courant de charge aient été notablement supérieures à celles indiquées par le fabricant, soit que le même accumulateur ait subi deux charges normales successives sans décharge intermédiaire.

En ce qui concerne la période de décharge, nous avons pu mettre en évidence le caractère explosif de l'atmosphère interne de la lampe, dans le cas d'une décharge poussée à l'extrême (ampoule à peine incandescente). Nous avons pu le faire également sur une lampe maintenue fermée longtemps après l'extinction de l'ampoule, 21 h. 30 dans un cas et 30 h. dans un autre.

En résumé, la présence d'un mélange explosif à l'intérieur d'une lampe électrique portative exige semble-t-il, des conditions d'utilisation et d'entretien tout à fait anormales. Dans celles-ci, il faut comprendre également l'emploi de batteries dont les plaques seraient appauvries en matières actives et incapables de ce fait, d'absorber et de retenir les gaz d'électrolyse.

Mais comme nous l'avons dit antérieurement, pour qu'il y ait explosion, il faut aussi l'intervention d'une étincelle ou d'un arc électrique. Si on exclut le contact franc entre les bornes de l'accumulateur ou entre les pièces constituant le circuit d'alimentation, il ne reste que les manœuvres d'allumage ou d'extinction comme source possible d'étincelles à l'intérieur de la lampe.

b) Essais d'inflammation du gaz tonnant par les étincelles d'accumulateurs.

Lorsque la rupture du courant débité par un accumulateur se fait entre lames élastiques en laiton au sein même d'un

mélange d'hydrogène et d'oxygène, l'inflammation se produit pour des intensités relativement faibles, qui sont fonction de la composition du mélange et de la tension à circuit ouvert de la source.

En utilisant des batteries au plomb, nous avons observé jadis l'inflammation pour les intensités et tensions minimum indiquées ci-après :

0,7 ampère, 6 volts (3 éléments en série), mélange à 66,66 % d'hydrogène et 33,33 % d'oxygène

et

1,85 ampère, 4 volts (2 éléments en série), mélange à 29,33 % d'hydrogène et 70,67 % d'oxygène.

Nous avons fait des expériences du même genre avec une batterie alcaline de lampe (2 éléments). Les intensités et tensions minimum allumant les mélanges tonnants ont été alors notées comme suit :

2,0 ampères, 2,6 volts, mélange 66,66 % d'hydrogène et 33,33 % d'oxygène,

et

1,6 ampère, 2,6 volts, mélange 33,33 % d'hydrogène et 66,66 % d'oxygène.

Les valeurs minimum du débit ayant enflammé le gaz tonnant, soit 1,85 ampère (accumulateur acide) et 1,6 ampère (accumulateur alcalin) sont du même ordre que la consommation de certaines lampes portatives tandis que les tensions correspondantes 4 et 2,6 volts sont les maxima admis en Belgique.

Néanmoins, le dispositif utilisé (2 lames élastiques au sein du mélange) ne rappelle en rien les organes de rupture couramment utilisés pour l'allumage et l'extinction de l'ampoule.

Pour cette raison, il nous a paru intéressant de refaire des

essais d'inflammation dans des conditions identiques à celles de la réalité.

Nous avons utilisé d'abord une lampe portative à pot circulaire que nous avions modifiée de la manière suivante. L'ampoule et son globe de protection étaient enlevés; deux conducteurs reliés aux connexions intérieures de la lampe permettaient soit de charger, soit de décharger la batterie sans qu'il fut nécessaire de séparer le couvercle du pot.

L'expérience consistait à établir ou couper le courant par les manœuvres normales d'allumage et d'extinction de l'ampoule.

Les circuits étaient donc réalisés conformément au schéma de la figure 7.

L'accumulateur (A) placé dans le pot (P) avec tête ou couvercle (T) est connecté par les conducteurs (c) et (c') au

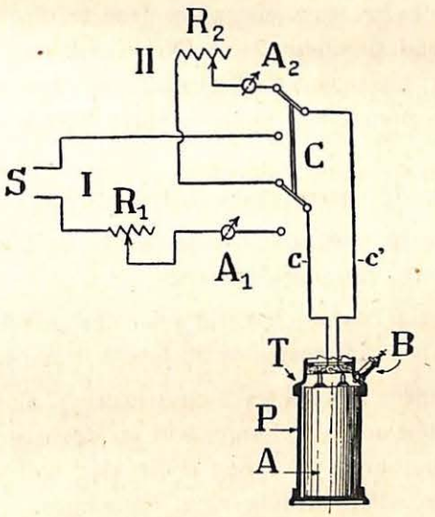


Fig. 7.

commutateur (C). Suivant la position de ce commutateur, l'accumulateur est en charge sur le circuit (I) comportant une source (S) de courant continu, une résistance (R_1), un ampè-

remètre (A_1) ou en décharge sur le circuit (II) composé d'une résistance (R_2) et d'un ampèremètre (A_2).

En faisant tourner le couvercle (T), on produit la rupture du courant dans le gaz libéré, soit pendant la charge, soit pendant la décharge.

En cas de non inflammation par cette étincelle, on vérifie à l'aide de la bougie (B) raccordée à une bobine d'induction à haute tension (non représentée au croquis), l'inflammabilité de l'atmosphère interne de la lampe.

La lampe soumise aux essais provenait de la Société belge d'Applications électriques. Cette lampe est pourvue d'un accumulateur alcalin de 15 ampères-heure. L'assemblage de la tête sur le pot se fait par un filetage de 2 1/2 filets.

L'interruption du courant se fait entre les bornes de l'accumulateur et des secteurs encastrés dans le disque d'ébonite formant le fond supérieur de la tête. Ces bornes et secteurs sont en acier; les surfaces de contact sont légèrement arrondies pour les premières, rigoureusement planes pour les seconds.

La capacité de chargement est de 22,5 Amp./heures.

Nous avons procédé à sept expériences, soit sept chargements alternant avec sept décharges.

L'intensité du courant a varié pour les premiers de 2 à 3,5 ampères, pour les secondes de 1,15 à 4 ampères.

Périodiquement (toutes les 2 ou 3 heures), alors que l'accumulateur était soit en charge, soit en décharge, ou interrompait le courant par rotation de la tête, soit chaque fois vingt ruptures alternant avec vingt fermetures.

Dans aucun cas, cette manœuvre n'a provoqué l'explosion du gaz stagnant dans la tête, au-dessus de l'accumulateur, mais il faut ajouter que ce gaz n'était pas toujours inflammable.

La vérification à la bougie (étincelle à haute tension) n'a donné en effet l'explosion que dans les cas suivants :

1) après 15 heures de chargement à 2 ampères;
2) après 11 h. 30 de chargement à 3 ampères;
3) après 4 heures de chargement à 3 ampères;
4) après 6 heures de chargement à 3 ampères;
5) après 8 h. 15 de chargement à 3,5 ampères;
6) après 3 h. 30 de chargement à 4 ampères;
7) après une longue décharge réglée d'abord à 1,25 ampère.

L'explosion a pû être allumée par la bougie 24 heures après le début de la décharge, alors que le courant débité était de 0,25 ampère. Un courant aussi faible ne pouvait pas allumer le gaz.

Nous avons noté cette expérience parce qu'elle confirme qu'une longue décharge jusqu'à épuisement de la batterie est favorable à l'accumulation de gaz inflammable dans la lampe.

8) après une décharge exagérée de 40 ampères/heure.

Il n'y a donc eu un mélange inflammable dans la lampe que pendant le chargement, ou après une décharge exagérée, mais même alors, avant l'essai d'inflammabilité par la bougie, il avait été impossible de réaliser l'allumage par rotation de la tête bien que dans la totalité des cas, le débit eût été au moins égal à celui d'une lampe portative.

Ces expériences nous autorisaient à conclure que les manœuvres d'allumage et d'extinction étaient inaptes à provoquer l'explosion interne.

Toutefois, on pouvait aussi se demander si ces résultats négatifs n'étaient pas dûs simplement au fait que la composition du mélange existant dans la lampe ne présentait pas l'aptitude maximum à l'inflammation par les étincelles d'accumulateur.

Cette composition, nous ne la connaissions pas et il n'était

pas question de la déterminer par analyse, car le prélèvement d'un échantillon par l'un ou l'autre procédé aurait été accompagné d'une rentrée d'air dans la lampe.

Nous avons été amenés ainsi à poursuivre nos recherches à l'aide de dispositifs d'interruption des lampes portatives, mais placés maintenant dans un mélange de composition bien connue.

Nous avons réalisé à cette fin les appareils représentés aux figures 8 et 9.

Dans le premier (figure 8), deux bornes (B) (une seule est visible sur le croquis), montées sur un disque (D_1) en ébonite et réunies par une connexion métallique s'appuyent sur deux secteurs S_1 et S_2 noyés dans un disque D_2 égale-

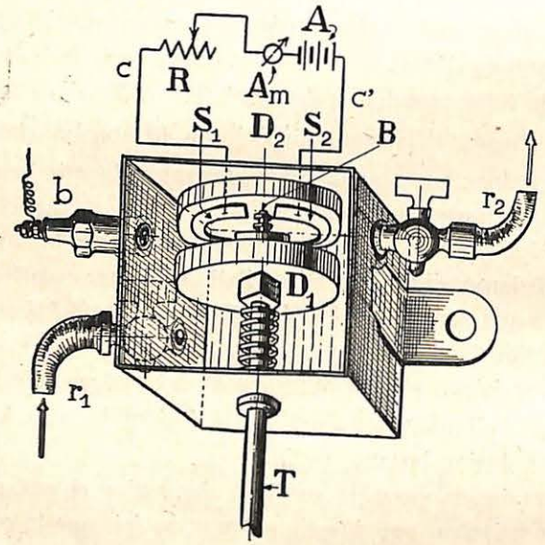


Fig. 8.

ment en ébonite. Ces organes proviennent d'une lampe portative à pot circulaire et font office d'interrupteur.

Aux deux secteurs sont connectés deux conducteurs c et c' formant circuit avec une batterie d'accumulateurs alcalins (A), un ampèremètre (A_m) et une résistance de réglage (R).

Lorsqu'on fait tourner le disque (D_1) par l'intermédiaire de la tige (T), le circuit est, suivant la position des bornes, ouvert ou fermé et il y a interruption ou établissement du débit de la batterie.

Tous ces organes sont enfermés dans une boite métallique de forme cubique, fermée suivant l'une de ses parois par une feuille de papier. Sur la boite sont placés deux robinets r_1 et r_2 pour la circulation du mélange gazeux et une bougie d'allumage (b) pour vérification de son inflammabilité par une étincelle à haute tension.

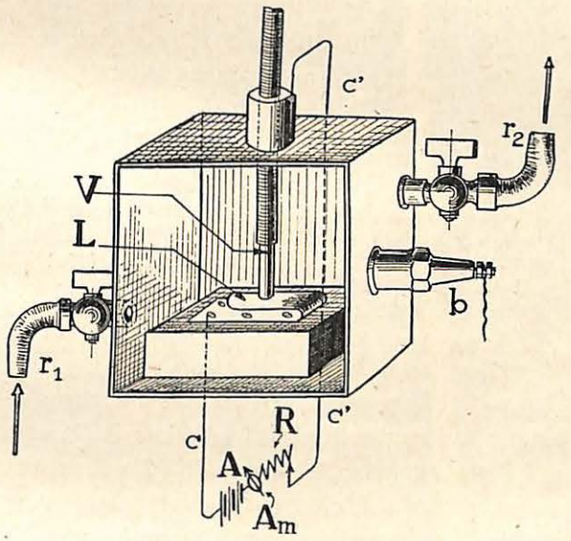


Fig. 9.

Le mélange à expérimenter composé d'hydrogène et d'oxygène est préparé dans un gazomètre à cloche.

Le second appareil (voir figure 9) est analogue au premier,

sauf que les pièces de contact sont une vis (V) et une lame élastique (L); par la rotation de la vis, on établit ou rompt le circuit. Ce dispositif est utilisé dans certaines lampes au chapeau; la vis traverse alors le couvercle rectangulaire placé sur le pot.

Nous avons expérimenté des gaz de compositions diverses, en faisant varier la tension et l'intensité du courant, la matière et l'état des organes de contact.

Nos observations sont affectées d'une forte dispersion; nous ne donnerons que les résultats extrêmes. Ceux-ci ressortent d'un grand nombre d'épreuves, chacune consistant en ouvertures et fermetures successives du circuit dans des mélanges dont l'inflammabilité était vérifiée après chaque épreuve négative par l'étincelle à haute tension de la bougie.

Pour chaque dispositif d'interruption et chaque mélange expérimenté, nous indiquons au tableau VII :

a) la teneur en hydrogène, le pourcentage complémentaire représentant la teneur en oxygène;

b) le courant maximum n'ayant pas allumé le mélange;

c) le courant minimum ayant allumé le mélange;

d) le nombre d'éléments alcalins connectés en série et constituant la source de courant.

Le dispositif (A) est utilisé dans les lampes alcalines à main, à pot circulaire; le dispositif (B) dans les lampes acides à main, à pot circulaire; le dispositif (C) dans les lampes alcalines au chapeau, l'interrupteur étant placé alors sur le couvercle de l'enveloppe restangulaire renfermant l'accumulateur.

Pour les expériences où n'est indiquée que l'intensité maximum n'ayant pas enflammé, il faut comprendre que le courant minimum donnant l'inflammation n'a pas été déterminé.

TABLEAU VII

Nature et forme des organes d'interruption du débit	Teneur en hydrogène en %	Courant en ampères maximum n'ayant pas enflammé	Courant en ampères minimum ayant enflammé	
A. Bornes d'acier s'appuyant contre des secteurs d'acier (dispositif figure 8)	66,0	7,0	—	10 éléments (15 volts)
	55.5	5.50	4,00	4 éléments (5.2 volts)
	51,—	2,60	—	3 éléments (3.9 volts)
	31,—	1	2.75	4 éléments
B. Bornes de laiton s'appuyant contre des secteurs de laiton (dispositif figure 8)	34.57	8,00	—	5 éléments (6.5 volts)
C. Vis d'acier s'appuyant contre une lame d'acier élastique (dispositif figure 9)	61,—	6,00	7,00	4 éléments
	55.0	7.5	—	6 éléments
	55.0	—	7.5	9 éléments
	55.25	6,00	7.0	4 éléments
D. Vis d'acier s'appuyant contre une lame de laiton (dispositif figure 9)	66,0	7.2	—	9 éléments
	52.5	7.0	—	4 éléments
E. Vis d'acier s'appuyant contre une lame d'acier nickelé (dispositif figure 9)	52.5	7,0	—	4 éléments

Comme on peut le constater à l'examen du tableau VII, tous les courants maxima n'ayant pas enflammé sont supérieurs aux intensités courantes de nos lampes portatives.

L'arrêté ministériel du 5 avril 1934 a limité en effet à 2 ampères et 4,5 volts, les maxima d'intensité et de tension des lampes dans lesquelles l'interruption du courant d'alimentation s'opère dans un espace accessible aux gaz de l'accumulateur.

Le courant le plus faible ayant enflammé soit 2,75 ampères a été enregistré avec le dispositif bornes d'acier s'appuyant sur des secteurs d'acier, celui adopté pour les lampes alcalines à pot circulaire. Celles-ci ne comportent cependant que deux éléments alors que l'expérience en question a été réalisée avec 4 éléments en série.

Jusqu'à plus ample information, il y avait donc lieu de conclure qu'il est impossible d'obtenir une explosion dans une lampe portative par la seule manœuvre de l'interrupteur, même lorsque le mélange stagnant dans la lampe est au maximum d'explosibilité (33 % d'hydrogène).

Mais toutes les expériences précédentes ont été réalisées avec des organes d'interruption normaux : bornes ou vis à tête arrondie s'appuyant contre des secteurs plans ou lames élastiques planes. Nous avons expérimenté ensuite les mêmes organes dont les surfaces de contact, uniformes et sans aspérité aucune pour les premières expériences, avaient été taillées de traits de scie ou coups de burin.

Nous avons recherché ce que devenaient dans ces conditions les courants provoquant l'explosion des mélanges tonnants.

Les résultats de nos observations sont reportés au tableau VIII.

TABLEAU VIII

Electrodes utilisées	Teneur en hydrogène en %	Courant en ampères maximum n'ayant pas enflammé	Courant en ampères minimum ayant enflammé	Observations	
A	32,0	2,5	2,75	5	éléments alcalins
B	33,0	—	6,00	5	id.
	id.	5,0	—	4	id.
C	70,0	4,0	—	5	id.
	47,5	5,0	—	5	id.
	33,0	2,0	2,1	2	id.
	23,2	4,5	—	4	id.
D	66,0	—	5	9	id.
	33,0	5,35	6,25	9	id.
E	33,0	2,50	2,75	2	id.

N. B. — Aux lettres A...E correspondent les dispositifs spécifiés dans la première colonne du tableau VII.

Avec chaque dispositif, l'inflammation s'est produite sous des intensités plus faibles que celles figurant à la 4me colonne du tableau VII.

Le courant minimum ayant enflammé avec le dispositif C (vis d'acier s'appuyant contre une lame d'acier) est même devenu très voisin de l'intensité maximum admise pour les lampes portatives (2 ampères).

La présence d'aspérités aux points de contact facilite donc l'inflammation du gaz tonnant par l'étincelle; on pouvait le prévoir à partir des résultats que nous avions enregistrés jadis avec les lames élastiques.

Certains règlements étrangers imposent que la rupture du circuit d'alimentation des lampes électriques portatives se fasse au contact des surfaces plates ou de faible courbure. En réalité, il en est ainsi dans toutes les lampes électriques

agréées en Belgique, bien que ce ne soit pas exigé par notre règlement de l'éclairage.

Nous ne savons si les manœuvres d'allumage et d'extinction sont capables à la longue de causer des avaries analogues à celles que nous avons réalisées; il convient cependant d'attirer l'attention des usagers sur la nécessité de faire disparaître par rodage ou autre moyen, les traces de grippement qui apparaîtraient par l'usage sur les surfaces de contact livrant passage au courant de l'accumulateur.

Il semble donc bien qu'il ne faille pas exclure d'une manière absolue, l'éventualité d'une explosion intérieure dans une lampe portative lorsque se rencontrent simultanément ces deux conditions favorables : dégagement anormal de gaz tonnant et avaries aux surfaces de contact des organes de ruptures.

On écarterait cette éventualité soit en évacuant d'une manière continue le gaz explosif de la lampe, soit en supprimant la cause d'inflammation, l'étincelle électrique.

Le premier procédé nécessite l'aménagement d'évents assurant l'échappement du gaz hydrogène ou tout au moins sa dilution, facilitée d'ailleurs par son aptitude à la diffusion.

Il existe des évents de ce genre dans la lampe au chapeau type Oldham à accumulateur acide dont chacun des deux éléments communique avec l'extérieur par un canal de 95 mm. de longueur et 2 mm. de diamètre ménagé dans la paroi latérale du boitier.

On pourrait imaginer une disposition analogue pour les lampes à main à pot circulaire, mais on hésite quelque peu à préconiser une telle solution qui aurait pour effet de permettre aux poussières de pénétrer à l'intérieur de la lampe.

En ce qui concerne la suppression de l'étincelle électrique dans le gaz explosif, la solution est aisée pour les lampes au chapeau; il suffit de reporter l'interrupteur près de l'ampoule même, c'est-à-dire, sur le projecteur.

Dans les lampes à main, le couvercle pourrait être immobilisé sur le pot et l'alimentation de l'ampoule être assurée d'une manière permanente dès la fermeture à la lampisterie.

Cette solution n'est cependant pas satisfaisante à tous points de vue.

Pour diverses raisons, le mineur doit pouvoir, par une manœuvre très simple, disposer à volonté de l'énergie lumineuse mise à sa disposition. De plus, en cas de rupture du verre de protection et de l'ampoule, il est souhaitable que le porteur soit à même d'éteindre immédiatement sa lampe pour parer au risque d'une inflammation de grisou au contact du filament incandescent.

c) Conclusions.

De cette longue étude, il ressort :

1° que l'inflammation d'un mélange tonnant dans une lampe portative par les manœuvres d'allumage et d'extinction nécessite le concours de conditions spéciales concernant les unes l'accumulation d'hydrogène (au-dessus de l'accumulateur), les autres l'état des organes de contact.

2° que la réalisation concomittante de ces conditions est peu probable dans le cas d'une utilisation rationnelle des lampes portatives.

Puisqu'il n'est pratiquement pas possible de rendre l'enveloppe de l'accumulateur étanche vis-à-vis d'une flamme de gaz tonnant, il faut tout mettre en œuvre pour écarter l'éventualité d'une explosion intérieure, soit :

a) n'utiliser que des batteries en bon état, dont les plaques pourvues de l'entièreté de leurs matière active, soient capables d'une rétention maximum vis-à-vis des gaz d'électrolyse;

b) veiller au libre fonctionnement des soupapes d'évacuation des gaz libérés par l'électrolyse;

c) suivre es indications du constructeur quant au taux de charge des batteries;

d) laisser la lampe démontée (tête séparée du pot) pendant le maximum de temps que le permet le service de la lampisterie. Ce temps ne devrait jamais être inférieur à trois heures;

e) faire disparaître les traces de grippage qui apparaîtraient éventuellement sur les surfaces de contact des organes de rupture.

Comme nous l'avons dit précédemment, la lampe au chapeau avec interrupteur sur le projecteur est absolument indemne du risque d'explosion interne.

Nous pouvons donc indiquer comme mesure radicale, l'adoption généralisée des lampes de ce genre, remarquables d'ailleurs par leurs commodités d'emploi.

E. — ETUDES DIVERSES.

a) Tuyaux pour air comprimé avec mise à la terre.

Nous avons examiné deux tuyaux dont le caoutchouc était rendu conducteur par incorporation de matières appropriées.

Soumis à une tension électrique relativement faible, ces tuyaux laissent passer un courant de débit réduit, suffisant néanmoins pour écouler au sol les charges qui apparaîtraient éventuellement sur les appareils atteints ou parcourus par les chasses d'air comprimé.

Cette solution est évidemment supérieure à celle consistant à noyer dans la gomme, des fils métalliques. Ceux-ci en effet

ne deviennent opérants que si l'on prend soin de les amener en contact avec toutes les parties métalliques de l'installation.

A titre documentaire, nous donnons ci-après les caractéristiques des tuyaux examinés :

Nom du fabricant	Longueur de l'échantillon	Courant débité sous tension appliquée de 220 volts	Résistance chimique suivant la longueur	Marque de fabrication
Usines Gheysen à Lembecq	5 m.	1,5 milli-ampères	200.000 ohms	Electro-ter U.G.
S. A. C. I. C. Anderlecht	15 m.	2,5 milli-ampères	86.000 ohms	Electro-mine

Pour vérifier l'efficacité d'un tuyau de ce genre, nous utilisons une machine électrostatique à influence (machine de Whimshurst).

Toute trace d'électrisation disparait des pôles de la machineh lorsqu'on les met à la terre par un tuyau de conductibilité suffisante.

Les deux types indiqués ci-avant ont satisfait à cette épreuve et leur emploi a été recommandé par les circulaires nos 13 E/7067 du 26 novembre 1947 et 13 E/7101 du 30 décembre 1947 de la Direction générale des Mines.

b) Locomotifs Diesel.

Nous avons examiné en 1947 deux locomotives Diesel, construites l'une par la Société des Anciens Etablissements Berry à Lille (30 CV), l'autre par la Société Anonyme des Moteurs Moës à Waremme (90 CV).

La seconde, remarquable par sa puissance élevée, a été expérimentée en atmosphère grisouteuse.

Nous avons examiné en outre un dispositif de sécurité installé sur la locomotive des Ateliers de la Meuse (50 CV) agréée en 1946.

Ce dispositif a pour office de supprimer l'alimentation en combustible dans le cas de manque d'eau soit dans le circuit de réfrigération des cylindres, soit dans le dispositif de pulvérisation fonctionnant au sein des gaz d'échappement.

Nous avons vérifié l'efficacité de ce dispositif chez le constructeur.

F. — ETUDE DE MASQUES ANTIPOUSSIERES.

Au cours de l'année 1947, nous avons étudié six masques présentés soit par des constructeurs, soit par l'Inspection médicale du Ministère du Travail et de la Prévoyance sociale.

Les masques ont été mis à l'épreuve au sein d'atmosphère très fortement chargées de poussières.

Cette étude a fait l'objet d'une note annexée rédigée par Monsieur l'Ingénieur principal Brison (Annexe II).

Le matériel et la technique mis en œuvre ont été décrits in extenso dans l'annexe I du Rapport sur les Travaux de 1946 (Voir Annales des Mines de Belgique, tome XLVII, pages 120 et suivantes).

Dans le but de déterminer l'influence éventuelle de la teneur en poussières sur l'efficacité du masque, nous nous proposons, au cours du prochain exercice, de procéder à de nouvelles épreuves au sein d'atmosphères dont la concentration en poussières moins élevée sera de l'ordre de grandeur de celle rencontrée dans certains ateliers souterrains.

G. — Laboratoire des Recherches Scientifiques.

Comme nous l'avons indiqué dans notre Rapport sur les travaux de 1946, l'Institut National des Mines continue les recherches qu'il a entreprises à partir de 1938 sur la combustion du méthane.

Ce sujet est très vaste et encore loin d'être épuisé. Il figure au programme de toutes les stations étrangères et nous lui avons nous-mêmes consacré plusieurs publications (1).

Au cours de l'année 1947, nos recherches ont eu pour objet la combustion lente du méthane. Elles ont été réalisées à la fois dans nos laboratoires de Pâturages par M. Vanpée, docteur en sciences et à la Faculté des Sciences de Louvain, sous la direction de M. le Professeur Ad. Van Tiggelen, attaché précédemment à l'Institut National des Mines.

Etant donné le caractère scientifique de ces travaux, nous avons sollicité et obtenu l'aide pécuniaire de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I.R.S.I.A.).

Nous nous faisons un devoir de remercier ici le Conseil d'Administration de cet organisme pour son intervention généreuse.

Les travaux réalisés à Pâturages et à Louvain font l'objet de deux notes annexes III et IV figurant à la fin de ce rapport. On trouvera ci-après un résumé de ces deux importants mémoires.

(1) On trouvera une nomenclature des publications de l'I. N. M. à la page 112 du Rapport sur les travaux de 1946 (Voir Annales des Mines, Tome XLVII, Année 1947-48.

La même question a été traitée par M. E. Audibert, Directeur Général du Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France, au dernier stage d'instruction pour ingénieurs, tenu à Montluçon, les 1er et 2 octobre 1947. (Voir note technique nº 47/I du Centre d'Etudes et Recherches des Charbonnages de France).

I) La cinétique de la combustion lente du méthane.

(Recherches effectuées à Pâturages par M. Vanpée)

Jusqu'à présent, la combustion lente du méthane n'a fait l'objet que d'un nombre restreint de travaux expérimentaux et tous les chercheurs qui se sont attachés à cette étude insistent spécialement sur la non reproductibilité des résultats.

Ce défaut est incontestablement la raison pour laquelle plusieurs mécanismes ont été proposés pour interpréter l'allure de la réaction (hydroxylation, réactions en chaînes, etc.).

Il nous a paru intéressant de reprendre le problème en profitant toutefois de l'expérience acquise jusqu'à présent.

Les recherches faites par notre laboratoire répondaient à deux objectifs :

a) analyser les produits de la combustion lente;

b) établir la cinétique de cette réaction.

α) Analyse des produits de la combustion lente.

La combustion se faisait dans une cellule en pyrex de 100 cm3 introduite au centre d'un four électrique circulaire.

Le mélange soumis à l'expérience ne comportait que du méthane et de l'oxygène et la température du four était de l'ordre de 400°.

Toutes précautions avaient été prises pour réduire le plus possible le gradient de température suivant l'axe de la cellule.

Sur 20 cm. de part et d'autre du plan médian du four, la variation de température ne dépassait pas 1°.

Le courant de chauffage était réglé par un relai et la température au voisinage de la cellule se lisait au thermomètre à gaz.

On procédait à l'analyse des produits de la réaction par fractionnement à basse température.

Quand on compare les résultats de l'analyse, on est frappé de leur irrégularité. Dans des conditions tout à fait identiques, même traitement de la cellule, même pression de remplissage, même période de chauffage, on observe des écarts dans les concentrations finales qui peuvent aller jusqu'à 80 %. Il était par conséquent utopique de vouloir établir une cinétique en poursuivant pareille technique.

Un point cependant très important a retenu notre attention. Si tout paraît capricieux dans cette transformation, une grandeur reste toutefois constante, c'est le rapport CO $(CO+CO_2)$ correspondant à un même degré d'oxydation du méthane. Le fait que celui-ci est égal à l'unité au début de la réaction et tend vers zéro à la fin de celle-ci prouve incontestablement que le produit direct de la combustion envisagée est l'oxyde de carbone et que ce dernier s'oxyde ensuite pour donner naissance à l'anhydrique carbonique.

Nous sommes donc en présence de deux réactions successives dont la seconde, semble-t-il, doit être étroitement liée à la première car, aux températures expérimentées, les mélanges humides d'oxyde de carbone et d'oxygène sont parfaitement inertes. Il suffit cependant d'ajouter à ceux-ci une petite quantité de méthane pour voir se déclencher une combustion se poursuivant jusqu'à consommation totale des réactifs.

b) Cinétique de la combustion lente.

Comme nous l'avons annoncé précédemment, nous nous sommes attachés aussi à rechercher les lois cinétiques de la combustion, c'est-à-dire, déterminer les facteurs dont dépend la vitesse de réaction et préciser quantitativement leur influence.

Les expériences antérieures aux nôtres montraient qu'il ne fallait guère espérer mettre ces lois en évidence en modi-

fiant, d'une combustion à l'autre, les conditions expérimentales, car la vitesse de réaction était alors soumise à des variations dépassant même parfois 20 %, montrant par là l'influence considérable de la nature des parois et de leur traitement. Celle-ci se manifestait même entre deux combustions successives de la même chambre de réaction. Si l'on voulait déterminer avec quelque précision, l'action des différentes concentrations sur la vitesse, il ne restait plus par conséquent qu'une seule méthode : celle de suivre chaque fois, du début jusqu'à la fin, la vitesse de réaction pour une seule et même combustion, mais sous des conditions extrêmes de concentration en réactif. A cette fin, nous avons mis au point une méthode permettant, à chaque instant, de déterminer la composition du mélange en évolution sans trop bouleverser, par ailleurs, la marche de la réaction.

Cette méthode consistait à noter au cours de l'expérience, la pression régnant dans la cellule, celle-ci se trouvant soit à la température du four (elle était de l'ordre de 400°), soit à la température de la glace fondante.

On pouvait alors déterminer les pressions partielles et par conséquent les concentrations des gaz restant dans la cellule : CH_4, CO, O_2, CO_2 et H_2O.

Nous avons procédé à vingt combustions de mélanges renfermant en proportions variables du méthane et de l'oxygène.

Dans chaque cas, nous avons constaté l'existence d'une période d'induction d'une durée comprise entre 1/2 et 1 heure. Cette période d'induction n'est pas la même d'une expérience à l'autre et c'est la raison principale pour laquelle la composition du mélange, pour un même temps de réaction, diffère assez bien au début de la réaction. Mais à cette cause d'irrégularité doivent s'ajouter d'autres dépendant des parois, car les vitesses de combustion correspondant à une même composition du mélange ne se reproduisent pas mieux qu'à 15 % près en passant d'une expérience à l'autre. Par contre,

comme le prouve suffisamment la régularité des courbes obtenues, le fait d'arrêter la réaction dans son cours, pour effectuer la mesure de pression à zéro degré, n'amène aucune perturbation dans cette vitesse.

Ce seul fait prouve que l'accélération progressive de la réaction observée après la période d'induction n'est pas due, conformément aux idées émises par Semenoff, au développement d'un processus en chaînes ramifiées. S'il en était ainsi, ce phénomène devrait se reproduire à chaque introduction nouvelle de la cellule dans le four. Or, nous sommes en présence d'un régime stationnaire (1) dont l'établissement doit être en tout cas plus rapide que les dix minutes nécessaires à réchauffer la cellule jusqu'à la température du four. Pour une expérience donnée, la vitesse de combustion apparaît ainsi comme étant uniquement fonction de la composition du mélange.

Après une consommation de 10 à 20 % des réactifs, la vitesse de combustion devient constante, puis passé les 50 %, elle décroît rapidement.

Nous avons pu démontrer que le catalyseur accélérant la combustion après la période d'induction n'était autre que l'eau formée.

En introduisant lors du remplissage de la cellule, des quantités croissantes d'eau, nous avons observé en effet des périodes d'induction de plus en plus réduites.

Enfin, en faisant varier les proportions initiales de méthane, d'oxygène et de vapeur d'eau, nous avons pu établir comme suit les vitesses de réaction :

Vitesse d'oxydation du méthane :

$$k_1 (CH_4)^{2,3} (O_2)^{0,4} (H_2O).$$

(1) On appelle « régime stationnaire » celui dans lequel le nombre de centres propagateurs de la réaction reste constant, par opposition au régime explosif caractérisé par le fait que le nombre des centres propagateurs croît avec le temps.

Vitesse d'oxydation de l'oxyde de carbone :

$$k_2 . (CO).(CH_4)^{1,3} (O_2)^{0,4} (H_2O)$$

les symboles (CH_4), (O_2), (H_2O) et (CO) représentant les concentrations moléculaires des constituants. Les énergies d'activation correspondant à ces deux réactions sont respectivement 93.500 et 82.000 calories.

Au cours de l'année 1948, les expériences vont être poursuivies dans une cellule de 300 cm3 environ à laquelle correspond un rapport volume/paroi plus élevé que celui de la cellule de 100 cm3. Cette modification nous permettra d'établir dans quelle mesure intervient la paroi de la cellule de réaction.

Si l'influence de la paroi n'est pas dominante, en d'autres termes, si les chaînes peuvent se terminer en phase gazeuse, il y a lieu de penser que les résultats seront moins irréguliers dans une cellule de volume plus élevé.

Postérieurement, nous étudierons l'influence des gaz inertes, de la pression, de la température et des substances sensibilisatrices et inhibitrices (par exemple, les sels halogénés).

L'échange hydrogène-deuterium dans la réaction deuterium + méthane + oxygène (1).

(Recherches effectuées à la Faculté des sciences de l'Université de Louvain)

Ces recherches entreprises sous la direction de M. le Professeur Van Tiggelen ont fait l'objet d'une thèse de doctorat reproduite intégralement en annexe à ce rapport (Annexe III). En voici un résumé succinct.

La cinétique de la réaction lente entre le méthane et l'oxygène est soumise à un contrôle par la méthode générale des

(1) Le deuterium est un isotope de l'hydrogène, de poids atomique 2.

indicateurs isotopiques. Le but de la recherche est de décider de la nature de la réaction primaire de départ des chaînes et de confirmer par des recoupements les différents résultats publiés par Monsieur Van Tiggelen dans les rapports de l'Institut des années 1942 à 1946 (Voir Annales des Mines, T. XLIII, p. 117 - 1942; T. XLV, p. 41 - 1944; T. XLVI, p. 159-1946 et Bull. Soc. Chim. Belge 55, p. 202 - 1946).

Des mélanges de méthane et d'hydrogène à forte teneur en isotope lourd (deuterium > 50 %) en présence d'oxygène sont soumis à un chauffage à des températures voisines de 500° C. Le méthane et l'hydrogène sont partiellement transformés en CO_2, CO et H_2O et on constate en même temps une substitution partielle de l'hydrogène par du deuterium dans le méthane résiduel ainsi qu'une dilution du deuterium dans l'hydrogène résiduel.

Par l'application d'une méthode très précise de dosage spectrographique du deuterium, cet échange est suivi et étudié systématiquement en même temps que la réaction de combustion lente.

En ordre principal, les constatations suivantes se dégagent des données expérimentales :

1) A la température de 500°, les mélanges de méthane et de deuterium ne présentent en l'absence d'oxygène qu'une réaction d'échange très lente et à peine mesurable;
2) L'introduction d'une petite quantité d'oxygène exalte fortement cet échange tout en provoquant une combustion de l'hydrogène et du méthane. Pour des teneurs croissantes en oxygène, l'échange commence par croître, passe par un maximum, puis diminue;
3) Un fait très important est le suivant : l'énergie d'activation de la réaction d'échange est, aux erreurs expérimentales près, la même que celle de la réaction de combustion du méthane, soit 87 kcal. ± 10 %. Cette valeur concorde

avec celle trouvée par M. Van Pée (93 kcal.) l'écart est dû au fait que le domaine de température est ici de 500° alors qu'il était de 400° pour les expériences de M. Van Pée;

4) Dans nos expériences, la vitesse de combustion du méthane n'est pas fort différente de celle de l'hydrogène, ce qui permet de conclure à la similitude de mécanisme pour les deux réactions.

Ces constatations confirment en tout point les résultats antérieurs et permettent de tirer certaines conclusions relatives à la nature de la réaction primaire initiatrice des chaînes.

Le schéma réactionnel ci-dessous permet de rendre compte des résultats expérimentaux de façon satisfaisante :

1. $CH_4 \rightarrow CH_2 + H_2$ - réaction primaire.
2. $CH_2 + H_2 \rightarrow CH_4$ - recombinaison lorsque la teneur en oxygène est insuffisante.
3. $CH_2 + O_2 \rightarrow COH + OH$ ou bien $CO + H + OH$ - réaction génératrice de radicaux.
4. $CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$.
5. $H_2 + OH \rightarrow H + H_2O$.
6. $H + O_2 \rightarrow OH$ - (réaction résultante, mécanisme discuté).
7. $CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH$.
8. $CH_3 + D_2 \rightarrow CH_3D + D$ - réaction d'échange pour le méthane.
9. $D + CH_4 \rightarrow HD + CH_3$ - réaction d'échange pour l'hydrogène.

10. $OH \rightarrow$ disparition sur la paroi.
11. $CH_3 \rightarrow$ disparition sur la paroi.
12. $H \rightarrow$ disparition sur la paroi.

Ce mécanisme ne fait pas intervenir de réactions de disparition de radicaux par recombinaison bimoléculaire ou trimoléculaire en phase gazeuse; il est facile de se convaincre qu'il doit en être ainsi dans les conditions expérimentales réalisées puisque les radicaux n'auront en moyenne qu'une chance négligeable de rencontrer un second radical avant d'arriver à la paroi. Une considération analogue permet d'exclure les réactions de ramification intervenant lorsque la réaction prend une allure explosive.

De l'ensemble de réactions énumérées ci-dessus, on peut isoler 3 groupes de réactions assurant la propagation de trois réactions en chaînes non ramifiées.

a) Chaîne pour la combustion du méthane.

Réaction 4. - $CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$.

Réaction 7. - $CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH$.

Cette chaîne est actuellement admise par la plupart des auteurs; combinée avec la réaction primaire résultant des réactions 1, 2 et 3 elle conduit à une expression, pour la vitesse de combustion du CH_4, conforme à la plupart des résultats expérimentaux aussi bien pour les expériences décrites ici que pour celles d'autres auteurs.

b) Chaîne pour la combustion de l'hydrogène.

Réaction 5. - $H_2 + OH \rightarrow H_2O + H$.

Réaction 6. - $H + O_2 \rightarrow OH$.

Cette chaîne doit être également combinée avec les réac-

tions 1, 2 et 3 et permet ainsi d'expliquer pourquoi la combustion lente d'hydrogène pur est une réaction d'énergie d'activation plus élevée que la réaction d'oxydation du même gaz sensibilisée par la présence du méthane. La différence étant uniquement due à la nature du processus primaire, le méthane donne plus facilement des radicaux que l'hydrogène.

Ceci ne concerne évidemment pas la réaction vive d'inflammation puisque dans ce cas, c'est la réaction de ramification qui réglera avant tout le comportement de divers gaz combustibles.

c) Chaîne pour la réaction d'échange.

Réaction 8. - $CH_3 + D_2 \rightarrow CH_3D + D$.

Réaction 9. - $D + CH_4 \rightarrow CH_3 + HD$.

A ces deux réactions, il faut une fois de plus, ajouter les réactions 1, 2 et 3 dont l'ensemble constitue une réaction génératrice de radicaux actifs.

Le calcul cinétique aboutit à une expression, pour la vitesse d'échange, qui concorde admirablement avec les résultats. En particulier, elle prévoit qu'il existe une concentration optima pour l'oxygène telle qu'elle a été trouvée. D'autres détails trouvent également une explication à la lumière de ce mécanisme.

A la vitesse de combustion du méthane et à celle de la réaction doit correspondre une même énergie d'activation qu'on peut évaluer théoriquement à 88,5 kcal. Les résultats fournissent 87 kcal. $\pm$ 10 %, l'accord est donc excellent et milite fortement en faveur du mécanisme ci-dessus.

Les mesures permettent de conclure que la réaction primaire implique uniquement le méthane, dès lors deux possibilités existaient à priori :

$$CH_4 \rightarrow CH_2 + H_2$$
ou
$$CH_3 + H.$$

Le choix entre ces deux possibilités est imposé par les résultats. Dans la seconde hypothèse, des radicaux CH_3 et H se trouveraient directement formés sans intervention de l'oxygène : ceci est absolument exclu puisque ces radicaux sont précisément les centres propagateurs de la chaîne d'échange et que la présence d'oxygène se montre indispensable du moins pour l'obtention d'une vitesse d'échange appréciable.

Dans la première hypothèse au contraire, le rôle de l'oxygène est obvié :

$$CH_2 + O_2 \rightarrow CO + H + OH$$
ou
$$COH + OH.$$

H ou COH étant des radicaux capables de déclencher la chaîne pour l'échange.

En l'absence totale d'oxygène, un échange moins rapide reste possible et susceptible des deux interprétations suivantes :

1) $CH_2 + D_2 \rightarrow CH_2D_2$

réaction de recombinaison d'un radical CH_2 avec une molécule D_2 fournissant une molécule CH_2D_2.

2) $CH_2 + CH_4 \rightarrow 2\ CH_3$

cette réaction nécessiterait une énergie d'activation voisine de 40 k. calories. Cette valeur ajoutée à 80 kcal. pour l'énergie d'activation de la réaction primaire conduit à la valeur de 120 kcal. égale à l'énergie d'activation de la réaction en chaîne pour l'échange H - D en absence d'oxygène. En absence d'oxygène, l'énergie d'activation étant beaucoup plus élevée, la réaction doit être beaucoup plus lente.

Institut National des Mines

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1947

ANNEXE I.

Essais de puissance des explosifs à gaine renforcée

PAR

R. LEFEVRE,
Ingénieur en chef-Directeur
du 2e Arrondissement des Mines à Mons.

En collaboration avec le Groupement général des Poudres et Explosifs et à la demande de l'Institut National des Mines, nous avons entrepris ces essais dans les travaux souterrains du Charbonnage du Gouffre du Bassin de Charleroi.

Leur but était de déterminer par des tirs au rocher les potentiels de travail d'une catégorie d'explosifs non encore utilisés jusqu'ici dans nos mines de houille.

Les explosifs expérimentés étaient en effet pourvus d'une gaine renforcée réalisée au diamètre extérieur de 40 mm.

En outre, la matière gainante n'était plus celle prévue par l'Arrêté Royal du 14 août 1930, mais l'une ou l'autre des formules suivantes :

a) nitroglycérine 15 %, bicarbonate de soude 82 %, kieselguhr 2 %, talc 1 %, appelée gaine active;

b) bicarbonate de soude 90 %, ciment 10 %, appelée gaine inerte.

A. — EXPLOSIFS EXPERIMENTES

Nous donnont ci-après les caractéristiques des explosifs soumis à l'épreuve.

1. — **Gaine renforcée active.**

a) Brisant : Fractorite - diamètre du noyau explosif : 20 mm. - diamètre extérieur : 40 mm. - épaisseur de gaine : 10 mm. - poids des cartouches : 50 gr. - Longueur des cartouches de 50 gr. : 17 cm.

b) S. G. P. : matagnite - diamètre du noyau explosif : 20 mm. - diamètre extérieur : 40 mm. - épaisseur de gaine : 10 mm. - poids des cartouches : 50 gr. - longueur des cartouches de 50 gr. : 17 cm.

c) Securit B - diamètre du noyau explosif : 20 mm. - diamètre extérieur : 40 mm. - épaisseur de gaine : 10 mm. - poids des cartouches : 50 gr. - longueur des cartouches de 50 gr. : 13 cm.

2. — **Gaine renforcée inerte.**

a) Brisant : Ruptol - diamètre du noyau explosif : 25 mm. - diamètre extérieur : 40 mm. - épaisseur de gaine : 7,5 mm. - poids des cartouches : 100 gr. - longueur des cartouches de 100 gr. : 19 cm.

b) S. G. P. : Flammivore - mêmes dimensions et poids que le brisant Ruptol.

Comme explosifs de référence, nous avons utilisé : la dynamite n° 3 en cartouches de 100 gr., longueur 13 cm., la Nitrobaelenite S.G.P. en cartouches de 100 gr. avec gaine normale, diamètre 30/36 mm., longueur 13 cm.

B. — CONDITIONS DES ESSAIS

Les essais ont consisté en tirs de bosseyement du mur dans deux voies de chantiers d'abatage; nous les grouperons donc en deux séries.

Dans les deux cas, la galerie était creusée à section cintrée, cadres Toussaint B de 2,50 m. de hauteur à la clé, de 3,20 m. de largeur à la base (voir croquis fig. 10).

L'épaisseur du banc de mur coupé était de 1,80 m. à l'amont et 1,20 m. à l'aval. La veine de 0,70 m. d'ouverture comportait un faux mur de 0,20 m. et un sillon de 0,50 m. Le

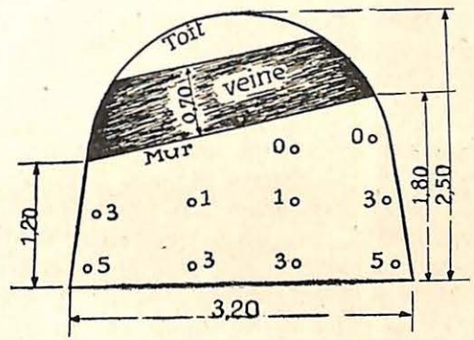


Fig. 10.

mur seul était coupé à l'explosif avec tir à retard. La disposition type des mines comportait trois séries : une, au-dessus, de deux mines, et les deux autres, chacune de quatre mines (total 10 mines).

Les étages de tir étaient : 0,1,3,5 disposés comme indiqué au croquis.

Toutefois, au début des essais, le nombre de mines était de 9 pour la dynamite et le brisant à gaine active, le rang supérieur ne comportant qu'une mine, à la paroi amont. Par contre, pour l'S.G.P. à gaine active, nous avons été amenés, en raison de la longueur des cartouches, à porter le nombre de mines à 11 et parfois à 12, en ajoutant une mine au rang inférieur et parfois aussi au rang intermédiaire.

La longueur des mines a été au début de 2 m. 50. Nous avons par la suite, ramené cette longueur à 2 m., qui paraît être la longueur optima pour un creusement rationnel.

Le mur est un schiste légèrement psamitique en gros bancs de dûreté un peu supérieure à la moyenne, cette caractéristique étant même un peu plus accentuée pour les essais de la première série.

C. — RESULTATS DES ESSAIS

Première série

Il a été creusé 107 passes de 2 m. Sur ces 107 passes

27 tirs ont servi de mise au point ou ont dû être écartés pour anomalies dans les terrains recoupés. 80 tirs effectifs ont été retenus pour les essais comparatifs. Ces 80 tirs se sont répartis comme suit :

Dynamite 3 - charge ordinaire : 8 tirs.
Dynamite 3 - charge allongée : 12 tirs (à la baguette cartouches non jointives).
Securit B à gaine active renforcée : 6 tirs.
Brisant à gaine active renforcée : 14 tirs.
Brisant à gaine inerte renforcée : 12 tirs.
S.G.P. à gaine active renforcée : 16 tirs.
S.G.P. à gaine inerte renforcée : 9 tirs.
S.G.P. à gaine ordinaire mince : 3 tirs.

Les résultats moyens des tirs normaux en régime, exprimés en fraction de wagonnet de 600 litres de pierres abattues par 100 gr. d'explosif sont les suivantes :

Dynamite 3 charge ordinaire :	0,58
Dynamite 3 charge allongée :	0,73
Securit B :	0,71
Brisant gainé actif :	0,71
Brisant gainé inerte :	0,61
S.G.P. gainé actif :	0,60
S.G.P. gainé inerte :	0,50
S.G.P. gainé ordinaire :	0,40

Ces résultats appellent les commentaires suivants :

1°) **Dynamite :**

L'allongement de la charge, par interposition de vides entre les cartouches, provoque un accroissement de puissance de 0,75 — 0,58 = 0,15, soit une majoration de puissance de l'ordre de 25 %.

Cette majoration est due sans conteste à la meilleure utilisation de la charge explosive répartie plus rationnellement sur toute la longueur du bloc à abattre.

2°) **Securit B à gaine active renforcée.**

Cet explosif donne d'excellents résultats pratiques, équivalents à ceux de la dynamite en charge allongée.

La charge est également répartie sur toute la longueur du fourneau de mine, en raison de la longueur relativement

grande des cartouches, comparée à leur poids (13 cm. pour 50 gr.). Ces résultats partiels sont remarquablement constants. La dispersion en est faible. L'écart maximum va de 0,66 à 0,75 avec une dominante de 0,72 pour une moyenne arithmétique de 0,71.

On sait que cet explosif à la composition suivante : nitroglycérine : 35 % - nitrate ammonique : 23,5 % - nitrocoton : 1,5 % - chlorure de sodium : 40 %.

Cet explosif permet d'atteindre aisément 2 m. de creusement par passe pour des longueurs de mines de 2 m.

3°) **Brisant à gaine active renforcée.**

Cet explosif donne également d'excellents résultats pratiques, sensiblement équivalents à ceux de la dynamite en charge allongée. La charge est également répartie sur toute la longueur du fourneau en raison de la grande longueur des cartouches comparée à leur poids (17 cm. pour 50 gr.).

Cet explosif s'est révélé impecable à l'emploi, dans les terrains schisteux de mur relativement dur en gros bancs.

Les résultats partiels sont remarquablement constants leur dispersion est faible. L'écart maximum va de 0,68 à 0,76 avec une dominante de 0,72 pour une moyenne arithmétique de 0,71.

Cette équivalence des résultats du brisant à gaine active et de ceux obtenus avec la dynamite s'explique par l'apport de puissance supplémentaire développée par la gaine active. Cette puissance supplémentaire peut être estimée approximativement en comparant les résultats obtenus avec le brisant à gaine active à ceux accusés par le brisant à gaine inerte.

La puissance de l'explosif proprement dit est la même dans les deux cas. La répartition de la charge dans les fourneaux est également la même dans les deux cas; attendu que pour le brisant à gaine active, la charge occupe la longueur totale du fourneau, qui est de 2,50 m. (sauf 0,40 m. réservé au bourrage) et pour le brisant à gaine inerte, la charge occupe aussi la logueur totale du fourneau qui est de 2 m. (sauf les 0,40 m. affectés au bourrage). Cette comparaison donne : 0,71 pour le brisant à gaine active contre 0,61 pour le brisant à gaine inerte, soit, 0,10 en faveur de la gaine active,

c'est-à-dire une majoration approximative de 15 % due à la gaine active.

Cette majoration de 15 % due à la gaine active est confirmée par les puissances théoriques comparées au bloc de plomb pour le brisant et pour la dynamite. La puissance théorique du brisant au bloc de plomb est de 85 à 88 % de la puissance analogue de la dynamite 3. La puissance pratique du brisant à gaine active étant de l'ordre de 100 % de celle de la dynamite utilisée dans les mêmes conditions d'emploi, il en ressort que le surcroît de puissance apporté par la gaine active est de l'ordre de 15 à 12 %. Le brisant à gaine active permet d'atteindre régulièrement 2 m. de creusement par passe pour des longueurs de mines de 2,30 m. à 2,40 m.

4°) **Brisant à gaine inerte renforcée.**

Cet explosif donne 0,61 wagonnet par 100 gr. d'explosif contre 0,71 pour l e brisant à gaine active.

La différence provient de l'action de la nitroglycérine de la gaine active. Sa puissance pratique atteint $\frac{0,61}{0,73} = 84$ % de la dynamite, utilisée dans les mêmes conditions d'emploi. Ce rapport concorde avec celui des puissances théoriques au bloc de plomb, qui est de 85 à 88 %, ainsi qu'il est dit ci-avant.

Les résultats partiels sont très constants et peu dispersés.

L'écart maximum va de 0,57 à 0,64, avec une dominante de 0,63 pour une moyenne arithmétique de 0,61. Cet explosif n'a donné lieu à aucune aléa.

Il permet d'atteindre aisément deux mètres de creusement par passe pour des longueurs de mines de 2,10 m. à 2,20 m.

5°) **S.G.P. à gaine active renforcée.**

Cet explosif donne 0,60 wagonnet par 100 gr. d'explosif. Les résultats sont plus dispersés qu'avec les autres explosifs.

L'écart maximum va de 0,46 à 0,70, si l'on écarte respectivement deux résultats aberrants de 0,32 et 0,80, pour une moyenne arithmétique de 0,60. Il n'y a pas de dominante nette.

L'S.G.P. à gaine active a révélé une puissance équivalente à celle du brisant à gaine inerte. L'élévation de puissance de l'S.G.P. à gaine active est due à l'apport de la nitroglycérine de la gaine. Cet apport peut être déterminé approximativement par la comparaison avec l'S.G.P. à gaine inerte renforcée, utilisé dans les mêmes conditions d'emploi, c'est-à-dire avec charge étalée sur toute la longueur du fourneau sauf l'espace de 0,40 m. réservé pour le bourrage. Cette comparaison donne : 0,60 pour l'S.G.P. à gaine active et 0,50 pour l'S.G.P. à gaine inerte renforcée, soit 0,10 pour le surcroît de puissance apportée par la gaine active. Ce surcroît de puissance est identique à celui constaté pour le brisant à gaine active, comparé au brisant à gaine inerte. La majoration de puissance de l'S.G.P. par suite de l'apport de la gaine active est ici de $\frac{0,10}{0,50} = 20$ %.

Dans l'application pratique en terrains durs, cet explosif s'est révélé plus difficile et plus aléatoire dans son emploi que les explosifs précédents pour les raisons suivantes :

a) L'effet du tir n'est pas assuré chaque fois, d'une façon certaine, comme avec les autres explosifs.

b) Les terres sont moins morcelées et les blocs, plus gros, sont moins faciles à charger en wagonnet.

c) L'explosif „tire plus large" c'est-à-dire que la roche est moins bien découpée qu'à la dynamite, à la sécurit B et au brisant.

d) La nécessité de loger une charge totale suffisante de cartouches longues, ne pesant que 50 gr. oblige à forer 11 mines au lieu de 10 (10 % de forage en plus) et de forer ces mines à 2,50 m. au lieu de 2m. (sauf pour le brisant à gaine active où il faut forer à 2,40 m.) pour un avancement de 2 m.

e) Le rapprochement indispensable des mines et la moindre brisance donnent lieu à des décapitations en cas de tir à retard. Nous avons eu 5 fois le cas sur les 16 essais. Dans chaque cas, il s'agissait d'une mine centrale de sol. Ces mines étaient cependant distantes de 0,60 des mines de la rangée supérieure et des mines voisines de la même rangée.

6°) **S.G.P. à gaine inerte renforcée.**

Cet explosif donne 0,50 wagonnet par 100 gr. d'explosif. Les résultats sont remarquablement réguliers. Leur dispersion est insignifiante. L'écart maximum est de 0,46 à 0,54 avec une dominante de 0,50 concordant avec la moyenne arithmétique.

La répartition de la charge sur toute la longueur des fourneaux de 2 m., rendue possible par la plus grande longueur des cartouches, apporte un surcroît d'effet utile par rapport à l'S.G.P. à gaine mince ordinaire. Ce dernier donne 0,40 wagonnet par 100 gr. d'explosifs. Le surcroît de puissance apporté par l'allongement de la charge est de 0,10 soit $\frac{0,10}{0,40}$ = 25 %. Nous avons trouvé le même pourcentage de gain dans la comparaison de la dynamite en charge allongée et en charge ordinaire à cartouches jointives. Cet explosif a donné de très bons résultats aux essais. Ces résultats étaient constants. Son emploi permet, sans aléa, le creusement des passes de 1,80 m. avec 2 m. de longueur de mines.

7°) **S.G.P. à gaine inerte ordinaire mince** (gaine de 3 mm. d'épaisseur).

Cet exposif a donné 0,40 wagonnet par 100 gr. d'explosif.

La limitation de la charge à 8 cartouches de 100 gr., disposées d'une façon jointive dans la partie antérieure des fourneaux jointe à la puissance relativement faible de cet explosif ne permet pas de réaliser des passes de plus de 1,60 m. pour deux mètres de longueur de fourneaux. De plus, la régularité de ces longueur de passe et l'absence d'aléa ne peuvent être garantis.

La puissance de cet explosif (0,4) comparée à celle de l'S.G.P. à gaine active permet de déterminer en pour cents le surcroît de puissance apporté à l'S.G.P. par l'influence conjuguée de l'allongement de la charge et de la gaine active. La différence est de 0,60 — 0,40 = 0,20. Le gain de puissance est de $\frac{0,20}{0,40}$ = 50 %.

Ce gain est dû pour moitié à l'allongement de la charge et à l'action de la gaine active.

Nous avons vu en effet que l'action de la gaine active se traduisait par une élévation de puissance de 0,10 (voir 5°) et que l'allongement de la charge apportait un surcroît de 0,10 également (voir 6°).

Deuxième série

Vingt-trois passes de 2 m. ont été creusées; deux à la dynamite 3 (charge allongée), neuf au brisant à gaine active renforcée, neuf à l'explosif S.G.P. à gaine renforcée active, trois à l'explosif S.G.P. àgaine normale (gaine mince 3mm.).

L'arrêt définitif du chantier n'a pas permis de procéder à des essais comparatifs avec des explosifs à gaine inerte renforcée.

Ainsi qu'il est dit ci-avant, le mur coupé était moins dur que dans la première série.

Les résultats moyens des tirs exprimés en fraction de wagonnet de 600 litres de pierres abattues par 100 gr. d'explosif ont été les suivants :

dynamite 3 charge allongée	0,70
brisant à gaine active renforcée	0,73
S.G.P. à gaine active renforcée	0,65
S.G.P. à gaine ordinaire mince	0,44

Au sujet de chacun des explosifs expérimentés, on peut conclure comme suit :

1°) **Dynamite.**

L'action de cet explosif est sensiblement équivalente à celle constatée aux essais de la 1re série, malgré une diminution de dureté des terrains (0,73 dans la 1re série à terrains durs - 0,70 dans la 2e série, à terrains moins durs). Elle est même un peu plus faible en terrains moins durs. Il semble que la dynamite est plus appropriée aux terrains durs, ce qui est d'ailleurs conforme à la logique élémentaire.

2°) **Brisant à gaine active renforcée.**

Cet explosif a donné d'excellents résultats pratiques, analogues à ceux de la dynamite en charge allongée (0,73 contre

0,70) et analogues à ceux obtenus dans la 1re série d'essais (0,73 contre 0,71).

Les résultats partiels sont très constants. Ils oscillent entre 0,71 et 0,75, avec une dominante de 0,73, égale à la moyenne arithmétique. La longueur de l'abatage est de 1,80 m. en moyenne, pour 2 m. de longueur forée.

3°) **S.G.P. à gaine renforcée active.**

Cet explosif a donné une moyenne de 0,65 wagonnet de pierres par 100 gr. d'explosif. Dans la 1re série d'essais, en terrains plus durs, la moyenne était de 0,60, soit environ 10 % en moins.

Dans les terrains moyennement durs, cet explosif s'est révélé impeccable à l'emploi : les résultats ont été très réguliers. Leur écart a varié de 0,60 à 0,70, avec une moyenne de 0,65. La longueur abattue a été de 1,80 m. en moyenne pour une longueur de forage de 2 m.

Les inconvénients signalés dans la relation des premiers essais ne se sont plus renouvelés. Il a fallu toutefois encore forer 11 mines, au lieu de 10, pour pouvoir loger une charge totale de cartouches longues, d'un poids de 50 gr., dans des fourneaux de 2 m. de longueur.

4°) **S.G.P. à gaine ordinaire mince.**

Cet explosif a donné 0,44 wagonnet de pierre par 100 gr. d'explosif. Dans la 1re série d'essais, le résultat moyen était 0,40, soit environ 10 % de moins, comme dans le cas des S.G.P. à gaine renforcée active. Cette différence provient de la différence de dureté du mur.

Dans le présent cas d'emploi, en terrain de dureté un peu inférieure à la moyenne, l'explosif S.G.P. donne des résultats satisfaisants, au point de vue de la régularité et de la longueur abattue (1,80 m. pour 2 m. de longueur forée).

Si l'on compare sa puissance à celle de l'S.G.P. à gaine active renforcée, on trouve en faveur de ce dernier, un surcroît de puissance de 0,65 — 0,44 = 0,21, lequel estimé en pour cents de la puissance de l'S.G.P. à gaine ordinaire mince, traduit un supplément de puissance de 0,21/0,44 = 48 %, en faveur de l'S.G.P. à gaine renforcée active.

Ce supplément est dû, ainsi qu'indiqué dans la relation de

la 1re série d'essais, à l'influence conjuguée de l'allongement de la charge et de l'action de la nitroglycérine de la gaine active.

Dans la 1re série d'essais, le supplément constaté était de 50 %, sensiblement équivalent au résultat de 48 % acté ci-dessus.

D. — RESUME - CONCLUSIONS

Nos essais ont pour but de comparer la puissance effective d'explosifs brisants et S.G.P., pourvus d'une gaine d'épaisseur renforcée, active ou inerte.

La dynamite et l'explosif S.G.P. à gaine mince ordinaire ont été également soumis à essais pour obtenir des puissances de référence. Les explosifs à gaine active renforcée ont un diamètre de noyau de 20 mm. pour un diamètre extérieur de 40 mm. Les cartouches d'un poids de 50 gr. ont 17 cm. de longueur pour le brisant et l'S.G.P. et 13 cm. pour la Securit B.

Les explosifs à gaine inerte renforcée ont un diamètre de noyau de 25 mm. pour un diamètre extérieur de 40 mm. Les cartouches d'un poids de 100 gr. ont 19 cm. de longueur.

La dynamite n° 3 et l'S.G.P. à gaine inerte mince sont utilisés en cartouches de 100 gr., aux dimensions usuelles.

Les essais se font au coupage de mur dans deux voies de chantier en activité (voies de base) constamment dans les mêmes bancs de terrains sur une même épaisseur. Les tirs sont faits avec détos à retard. Ils comportent une seule volée de 10 mines de 2 m à 2,50m. réparties en 3 rangées comprenant respectivement de haut en bas : 2 mines, 4 mines, 4 mines.

Dans certains cas, la rangée supérieure n'a comporté qu'une mine. Dans d'autres cas, au contraire, une mine supplémentaire a été ajoutée à chacune des 2 rangées inférieures.

Le mur est du schiste assez dur dans la 1re voie, plus friable dans la seconde.

Le nombre de tirs, ainsi que les résultats exprimés en fraction de wagonnets de terres abattues par 100 gr. d'explosif sont reportés au tableau I.

Tableau I.

Dynamite charge concentrée .	8	—	0,58	—
Dynamite charge allongée . .	12	2	0,73	0,70
Securit B gaine renforcée active	6	—	0,71	—
Brisant gaine renforcée active.	14	9	0,71	0,73
Brisant gaine renforcée inerte.	12	—	0,61	—
S.G.P. gaine renforcée active .	16	9	0,60	0,65
S.G.P. gaine renforcée inerte .	9	—	0,50	—
S.G.P. gaine mince inerte . .	3	3	0,40	0,44

L'observation des essais et l'examen des résultats appellent les conclusions suivantes :

1°) La répartition de la charge d'explosif sur toute la longueur des fourneaux, réserve faite pour l'emplacement du bourrage, augmente la puissance effective de 25 %. Cette constatation résulte de la comparaison des essais à la dynamite en charge concentrée et en charge allongée et des essais à l'S.G.P. à gaine renforcée inerte et à gaine mince inerte.

2°) L'action de la nitroglycérine contenue dans la gaine active apporte un surcroît de puissance effective absolue de 0,10 wagonnet par 100 gr. d'explosif. Ce surcroît de 0,10 se traduit par une majoration de puissance effective de 15 % pour ce qui concerne l'explosif brisant et de 25 % pour ce qui concerne l'S.G.P. Cette constatation résulte de la comparaison des essais des explosifs brisants, respectivement à gaine renforcée active et à gaine renforcée inerte, et des essais à l'S.G.P. respectivement à gaine renforcée active et à gaine renforcée inerte.

3°) L'action conjugée de la gaine active et de la répartition de la charge sur toute la longueur du fourneau (sauf l'emplacement pour le bourrage) apporte à l'S.G.P. un surcroît de puissance effective de l'ordre de 50 %.

Cette constatation découle de la comparaison des essais des explosifs S.G.P. à gaine renforcée active et des explosifs S.G.P. à gaine mince inerte.

4°) Au point de vue de leur utilisation pratique sûre, sans aléa, les explosifs gainés peuvent se classer comme suit :

a) Sécurit B gaine renforcée active. — Remarquablement régulier, équivalent à la dynamite en charge allongée. — On obtient constamment en terrains de dûreté supérieure à la moyenne, 2 m. de creusement pour 2 m. de forage, avec des charges maxima de 650 gr. par fourneau.

b) Brisant à gaine renforcée active. — Régulier, équivalent à la dynamite en charge allongée. La grande longueur des cartouches (17 cm) par rapport à leur poids (50 gr.) oblige en terrains durs de forer les mines à 2,30 ou 2,40 pour obtenir un avancement de 2 m. en creusement, ce, afin de pouvoir loger une charge suffisante pour l'abatage de la passe (charges maxima de 600 gr. par fourneau). En terrains de dûreté moyenne, on obtient 1,80 m. d'abatage pour 2 m. de forage, avec une charge maxima de 500 gr. par fourneau.

c) Brisant à gaine renforcée inerte. — Très régulier. La puissance effective atteint 84 % de celle de la dynamite en charge allongée. — On obtient constamment en terrains durs 2 m. de creusement pour 2 m. de forage, avec des charges maxima de 700 gr. par fourneau.

d) S.G.P. à gaine renforcée inerte. — Très régulier. La puissance effective est de 68,5 % de celle de la dynamite en charge allongée et de 125 % de celle de l'S.G.P. à gaine mince inerte. On obtient constamment en terrains durs, un minimum de 1,80 m. de creusement pour 2 m. de forage, avec des charges limites de 800 gr.

e) S.G.P. à gaine renforcée active. — En terrains durs, irrégulier parce qu'on ne peut loger en toute sécurité un poids total suffisant d'explosif dans les fourneaux, en raison de la grande longueur des cartouches (17 cm.) par rapport à leur poids (50 gr.) et en raison de la puissance relativement faible de l'explosif proprement dit. L'allongement des mines à 2,50 m. pour une passe de creusement de 2 m. n'est pas suffisant pour loger l'entièreté de la charge nécessaire. D'autre part, on est limité dans le nombre de mines à creuser, à cause de la possibilité d'amputation avec le tir à retard.

En terrains de dureté moyenne, cet explosif donne de bons résultats, d'une façon régulière. On obtient 1,80 m. d'avancement pour 2 m. de forage, avec des charges de 550 gr. par mine.

f) S.G.P. à gaine mince inerte. — Explosif trop peu puis-

sant en terrains durs pour atteindre 2 m. de creusement, en raison de la limitation des charges à 800 grammes par mine et de la concentration relative de ces charges dans la partie antérieure des fourneaux. On atteint 1,60 m. pour 2 m. de forage et d'une façon qui n'est pas constamment régulière.

En terrains de dûreté moyenne, cet explosif donne de meilleurs résultats. On obtient régulièrement 1,80 m. d'avancement pour 2 m. de forage, avec des charges de 800 gr. par fourneau.

Il s'avère patent qu'on a intérêt à augmenter modérément la longueur actuelle des cartouches par réduction du noyau explosif, pour les explosifs gainés. Cette réduction doit toutefois être compatible avec une bonne aptitude à la détonation. La longueur des cartouches à gaine renforcée inerte (19 cm. pour 100 gr.) paraît bonne quoiqu'un peu faible. La longueur des cartouches à gaine renforcée active (17 cm. pour 50 gr.) paraît par contre un peu trop grande en terrains durs. — La longueur des cartouches de Sécurit B à gaine renforcée active (13 cm. pour 50 gr.) paraît être optimum.

L'action de la gaine active est très favorable à une augmentation de puissance. Cette augmentation paraît sortir ses effets au maximum avec l'S.G.P. dont la puissance effective paraît insuffisante, en terrains durs, dans les conditions pratiques du travail moderne où l'on tend de plus en plus à recourir aux grands avancements journaliers en taille et par conséquent en voie, et à la méthode du tir à retard en bosseyement.

Nous n'avons eu aucun cas de culot avec résidu explosif, malgré le diamètre réduit des cartouches pourvues d'une gaine renforcée.

R. LEFEVRE.

Institut National des Mines
à Frameries-Pâturages

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1947

ANNEXE II.

Etude de six masques antipoussières

PAR

L. BRISON,

Ingénieur principal des Mines
attaché à l'Institut National des Mines.

Etude de quatre masques filtrants soumis par l'Inspection Médicale du Ministère du Travail et de la Prévoyance Sociale.

Quatre masques, d'origine non connue, portant les marques distinctives « I. R. » - « 7. R. » - « 9. R. » et « 18. K. R. » ont été soumis à notre examen par l'Inspection Médicale du Ministère du Travail et de la Prévoyance Sociale.

Masques n° I. R. et 7. R.

Les masques n° I. R. et n° 7. R. sont identiques sauf quant au couvre-face, qui est en cuir souple pour le n° I. R. et en caoutchouc moulé pour le n° 7. R.

L'organe filtrant est normalement constitué par un tampon d'ouate (T) de forme cylindrique de 63 mm de diamètre, dont la hauteur à l'état libre est de 15 mm et le poids de 1,5 gramme. Le tampon est maintenu dans un support en aluminium entre un disque perforé (D) et une toile métallique (M) (voir figure n° 11).

Le tampon filtrant peut être remplacé par une cartouche en charbon activé, de mêmes dimensions, pour le séjour dans des atmosphères chargées de fumées ou de suspensions organiques.

La soupape d'inspiration (A) est un disque léger, en caoutchouc souple. La soupape d'échappement (E) consiste en un petit disque en métal léger se déplaçant, sous l'effet des différences de pression, dans une boîte cylindrique, dont il découvre, dans la position d'échappement, les lumières latérales.

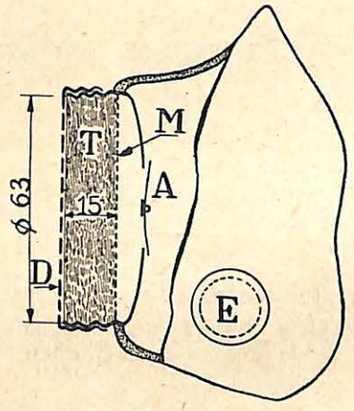


Figure 11.

Nous avons essayé le modèle 7. R. à couvre-face en caoutchouc.

Le tableau I ci-après montre que le pouvoir de rétention du filtre est médiocre et que la substitution du charbon activé à l'ouate augmente la quantité de poussières inspirées. Ce fait résulte à n'en pas douter de l'entraînement dans le courant respiratoire de particules de charbon activé provenant de la surface de la cartouche. Il conviendrait donc, au moins, d'intercaler une couche de tissu filtrant entre le charbon activé et la soupape d'inspiration. Mais cela augmenterait sensiblement la résistance du filtre.

Vu les résultats peu satisfaisants obtenus avec le modèle n° 7. R., nous avons jugé inutile d'essayer le modèle n° I. R.

TABLEAU I

Numéro de l'essai	1	2	3
Durée de l'essai	50'	15'	45'
Etat initial du filtre	fil d'ouate neuf et propre	même filtre d'ouate non nettoyé	filtre au charbon activé, neuf et propre
Dépression à l'inspiration :			
initiale	8 mm d'eau	?	14 mm
finale	21 mm d'eau	?	88 mm
Surpression à l'expiration :			
initiale	8 mm d'eau	8 mm	16 mm
finale	8 mm d'eau	8 mm	19 mm
Teneur en poussières dans l'air inspiré, en fin d'essai (particules/cm³)	15.800	15.600	plus de 30.000
Teneur en poussières dans la chambre d'essai (particules/cm³)	150.000	130.000	130.000 env.
Pouvoir de rétention du masque, en %	89.4	89.5	moins de 77,0
Diamètre maximum des poussières non retenues	6 microns	6 microns	plus de 6 microns

Masque n° 9. R.

Ce masque, dépourvu de soupapes, consiste en un couvre-face en caoutchouc moulé, portant un filtre constitué d'un disque en tissu feutré de 1 mm d'épaisseur et de 70 mm de diamètre. Le filtre est maintenu serré entre deux fines toiles métalliques.

Le bord du couvre-face est garni d'une bande de tissu tricoté que nous enlevons, car elle nuirait à l'étanchéité entre le masque et la tête d'épreuve.

Un essai sur masque neuf et propre donne les résultats ci-après :

Dépression à l'aspiration : initiale = 4 mm
après 30' = 45 mm.
Surpression au refoulement : initiale = 4 mm
après 30' = 45 mm.
Teneur en poussières
dans l'air inspiré, après 30' : 21.200 particules/cm³.
Diamètre des particules : généralement moins de 1,2 micron.
Teneur en poussières dans l'appareil d'essai : 149.000/cm³.
Pouvoir de rétention du filtre : 85,8 %.

Le pouvoir de rétention est faible. De plus, la résistance du filtre, qui est traversé tant par l'air inspiré que par l'air expiré, est excessive : 45 mm d'eau après 30 minutes de fonctionnement.

Dans la pratique, le colmatage du filtre par les poussières serait encore aggravé par la condensation de la vapeur d'eau expirée par le porteur.

Masque n° 18. K. R.

Le masque 18. K. R. est représenté schématiquement par la figure n° 12. Il comporte un couvre-face en cuir souple, pourvu à sa partie inférieure d'une soupape d'échappement (E) constituée d'un petit disque en métal léger se déplaçant, sous l'effet des différences de pression, dans une boîte cylindrique, dont il découvre, dans la position d'échappement, les lumières latérales.

Sur le couvre-face s'adapte une pièce cylindro-conique à fond perforé, en aluminium, dans laquelle est fixée une mince lame de caoutchouc (L) formant soupape d'admission.

La pièce en question est pourvue vers l'extérieur d'un filetage destiné à l'assemblage du boîtier en aluminium (B) (à fond également perforé), qui assure la mise en place et la protection de l'organe filtrant (F).

Ce dernier est constitué d'un accordéon à cinq ondes de tissu feutré, comme le filtre du masque n° 17. K. R. essayé précédemment (voir rapport sur les travaux de 1946).

Les essais auxquels il a été soumis sont résumés dans le tableau II ci-après. Le pouvoir de rétention du filtre est de l'ordre de 95 % mais les résistances du filtre et des soupapes sont fort élevées : de 19 à 43 mm d'eau à l'inspiration et de 19 à 20 mm à l'échappement.

Ces chiffres définissent les maxima instantanés des résistances, sous le débit pulsatoire de l'appareil d'épreuve des masques. Afin de caractériser la résistance du filtre de manière plus précise, nous l'avons mesurée sous un débit d'air continu, de la façon suivante : Un courant d'air de débit constant, réglable, est aspiré par une petite

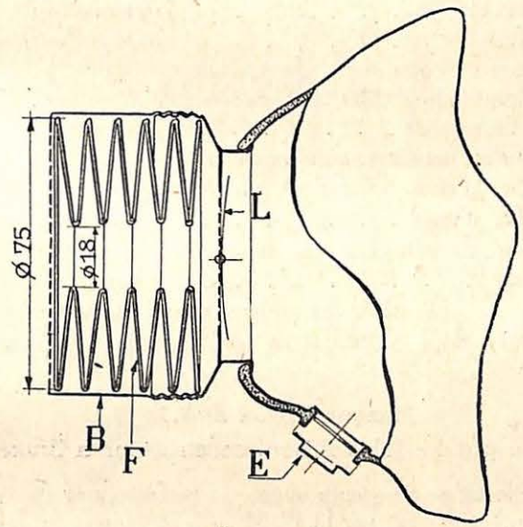


Figure 12.

pompe à air à travers le masque, posé sur la « tête de bois » de l'appareil d'essai. Entre celle-ci et la pompe est intercalé un diaphragme calibré, de 7 mm de diamètre. Un manomètre à eau raccordé de part et d'autre du diaphragme permet, grâce à un étalonnage préalable, de jauger le débit d'air.

Dans l'air pur, le masque propre a une résistance de 20 mm d'eau sous débit continu de 50 litres/minute et de 34 mm sous débit de de 80 litres/minute. Après un service de 30 minutes dans l'air fortement chargé de poussières, la résistance passe à 32 mm sous 50 litres/minute et à 52 mm sous 80 litres/minute.

TABLEAU II

Numéro des essais	1	2
Durée d'essai	35'	30'
Etat initial du filtre	neuf - propre	nettoyé à fond
Dépression à l'inspiration :		
initiale	19 mm d'eau	20 mm
finale	43 mm d'eau	43 mm
Surpression à l'expiration :		
initiale	19 mm d'eau	20 mm
finale	19 mm d'eau	20 mm
Teneur en poussières dans l'air inspiré (particules/cm³) en fin d'essai	6.000	6.450
Teneur en poussières dans la chambre d'essai (particules/cm³) en fin d'essai	139.500	139.500
Pouvoir de rétention du masque en %	95,7	95,35

Diamètre des particules non retenues : moins de 4 microns et en général moins de 1,2 micron.

Masque Brison n° 7. L.

présenté par M. Jules Brison, constructeur à Bruxelles.

Ce modèle est une variante allégée et perfectionnée du type n° 7 (examiné antérieurement par l'I. N. M. — Voir rapport sur les travaux de 1938, pages 190 et suivantes (*Ann. Mines Belg.* - année 1939).

Il comporte (voir figure n° 13) :

1°) un organe filtrant constitué par une pochette (P) en feutre, de 3 mm d'épaisseur, dont la section utile (coutures déduites) est de 250 cm² au moins. La composition du feutre ne nous a pas été révélée. Cette pochette est portée par une bague d'aluminium filetée, qui s'adapte au couvre-face ;

2°) un couvre-face (F) en caoutchouc moulé très souple, pourvu d'une bague filetée en aluminium se raccordant au filtre. Il porte en outre les soupapes d'inspiration et d'échappement.

La soupape d'inspiration, dont le diamètre de passage est de 50 mm, consiste en un disque (d) de caoutchouc très fin, rivé à un croisillon de caoutchouc (c) rapporté sur le couvre-face. Elle est donc indépendante du filtre et de l'assemblage de celui-ci au masque.

Les soupapes d'échappement, au nombre de deux, sont disposées latéralement sur le couvre-face. Elles sont également formées de disques très fins en caoutchouc souple, collés suivant une partie de leur pourtour à des sièges extérieurs au couvre-face, et protégés par des nervures (n). Chacune de ces soupapes a un diamètre de passage de 18 mm.

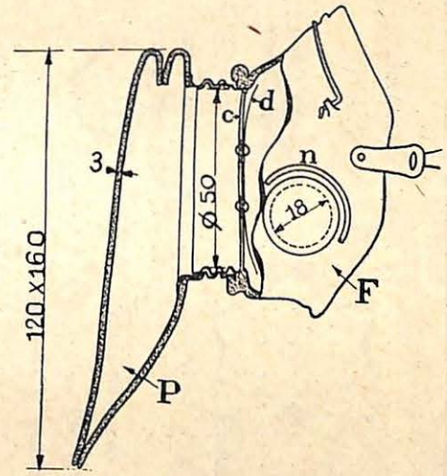


Figure 13.

Le masque complet pèse 128 grammes.

Il nous est agréable de signaler ici que le masque n° 7. L. a valu à son constructeur, postérieurement à notre étude, la première place au concours des masques antipoussières instauré en 1947 par le Conseil Supérieur d'Hygiène des Mines.

Le tableau III résume les remarquables performances de cet appareil.

TABLEAU III

Numéro de l'essai	1	2	3	4
Etat initial du filtre	neuf et propre	nettoyé	nettoyé à fond	non nettoyé après 5me essai
Dépression à l'inspiration :				
initiale	5 mm d'eau	6 mm	5 mm	5 mm
finale	6 mm d'eau	9 mm	5 mm	6 mm
Surpression à l'expiration :				
initiale	5 mm d'eau	5 mm	5 mm	5 mm
finale	5 mm d'eau	5 mm	5 mm	5 mm
Teneur en poussières dans l'air inspiré, en fin d'essai (particules/cm³)	5.250	2.100	1.515	740
Teneur en poussières dans la chambre d'essai (particules/cm³)	139.500	139.500	205.000	205.000
Pouvoir de rétention du masque, en %	97.7	98.5	99.4	99.6
Diamètre des particules non retenues, en micron	moins de 1,2	moins de 1,2	moins de 1,2	moins de 1,2

Masque P. F. 7.

présenté par la firme Sacic-Pirelli, 33, rue du Sel à Bruxelles.

L'organe filtrant du masque Pirelli P. F. 7. est constitué d'une pochette en feutre spécial, dont la surface filtrante est de 500 cm² environ.

Cette pochette se pose contre la nuque du porteur (voir figure 14). Elle est reliée au couvre-face par deux tuyaux souples (C) qui jouent subsidiairement le rôle d'attaches élastiques et maintiennent le masque en place.

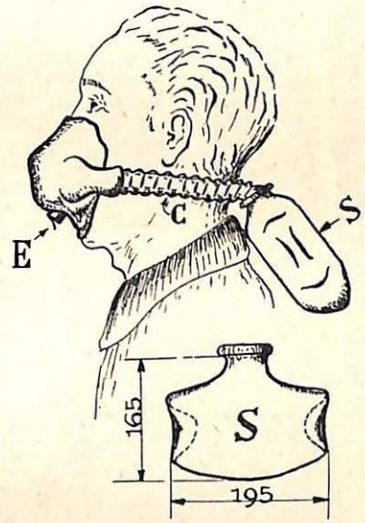


Figure 14.

Le couvre-face, en caoutchouc moulé, est pourvu à sa partie inférieure d'une soupape d'échappement (E) formée d'une mince lame de caoutchouc collée sur une partie de son pourtour à l'extérieur du masque. Le siège de la soupape est un petit disque creux en métal, noyé dans l'épaisseur du couvre-face et offrant une section de passage de 20 × 6 mm.

TABLEAU IV

Numéro de l'essai	1	2	3	4
Durée de l'essai	60'	60'	60'	60'
Etat initial du filtre	neuf et propre	non nettoyé après 1er essai	nettoyé à fond	non nettoyé après 3me essai
Dépression à l'inspiration :				
initiale	5 mm d'eau	6 mm	3 mm	4 mm
finale	6 mm d'eau	8 mm	4 mm	5 mm
Surpression à l'expiration :				
initiale	3 mm d'eau	3 mm	3 mm	3 mm
finale	3 mm d'eau	3 mm	3 mm	3 mm
Teneur en poussières dans l'air inspiré, en fin d'essai (particules/cm³)	910	2.020	3.870	3.540
Teneur en poussières dans la chambre d'essai (particules/cm³)	143.500	143.500	205.000	205.000
Pouvoir de rétention du masque, en %	99,3	98,57	98,1	98,27
Diamètre des particules non retenues, en micron	moins de 2,0	moins de 1,2	moins de 1,2	moins de 1,2

Les deux conduits souples entre le filtre et le couvre-face ont des diamètres de passage de 16 mm environ. Ils sont réunis au filtre par une pièce en T qui s'emboîte à frottement doux dans un anneau de métal léger, logé dans la bague en caoutchouc qui supporte la pochette de feutre (S).

Le tableau IV rend compte des résultats d'essais.

Le masque P.F.7., dont le poids total est de 260 grammes, est peu résistant. Son pouvoir de rétention est élevé. Mais le placement de la pochette filtrante dans la nuque est incommode pour le mineur. D'autre part, certains détails de construction peu robustes seraient à revoir en vue de l'emploi dans les travaux souterrains (tels que l'assemblage des conduits (C) au couvre-face).

ANNEXE III.

La cinétique de la combustion lente du méthane

par

M. VANPEE,

Docteur en Sciences Chimiques,
Attaché à l'Institut National des Mines.

(Recherche patronnée par l'I.R.S.I.A.)

INTRODUCTION

Jusqu'à présent, la combustion lente du méthane n'a fait l'objet que d'un nombre restreint de travaux expérimentaux; par contre, les publications théoriques relatives à ce sujet sont assez abondantes.

Parmi les auteurs ayant étudié le problème d'une façon expérimentale, il faut citer principalement BONE, PEASE, HINSHELWOOD, KOWALSKY et leurs collaborateurs.

Dans des travaux déjà anciens, BONE (1) porta surtout son attention sur les produits essentiels de la réaction : oxyde de carbone, anhydride carbonique, eau.

Ultérieurement, la formation de faibles quantités d'hydrogène, d'aldéhyde formique, d'alcool méthylique et d'autres composés plus lourds (peroxydes, etc.) fut également mise en évidence (2 et 3).

(1) Journ. of Chem. Soc., p. 535 (1902).
(2) Proced. Royal Soc., page 578 (1932).
(3) Coppens : Annales des Mines de Belgique, tome XLI, 1940, pp. 177 et suivantes.

PEASE et CHESEBRO (1) montrèrent que cette combustion fortement inhibée par les parois devait nécessairement relever d'un mécanisme en chaîne, sans doute homogène.

Les premiers travaux destinés à mettre en évidence les caractères cinétiques de la réaction furent entrepris par FORT et HINSHELWOOD (2). Ces derniers utilisèrent une méthode statique où le calcul de l'avancement de la réaction était basé sur l'augmentation de pression accompagnant la transformation ($2\,CH_4 + 3\,O_2 = 2\,CO + 4\,H_2O$); ils purent ainsi observer une durée d'induction considérable suivie d'une période où la vitesse de combustion croît progressivement jusqu'à une valeur élevée restant sensiblement constante dans l'intervalle de temps nécessaire à consommer le deuxième tiers des réactifs. L'ordre de la réaction était compris entre 1 et 2 par rapport au méthane et entre 0 et 1 par rapport à l'oxygène.

BONE et ALLUN (3) confirmèrent ces constatations en montrant de plus que les mélanges réagissant les plus facilement sont ceux dont la composition est voisine de $3\,CH_4 + O_2$. Ils firent ressortir aussi l'influence sensibilisatrice de l'eau, de l'aldéhyde formique, du peroxyde d'azote, de l'iode et de l'alcool méthylique.

KOWALSKY, SADOWNIKOW et TSCHIRKOW (4) étudièrent ensuite la réaction à l'aide d'une méthode dynamique où les gaz étaient analysés immédiatement après passage à travers un tube chauffé à des températures variant entre 450 et 800°C. L'expérience montra que cette méthode en apparence plus rigoureuse que la précédente donnait cependant des résultats moins reproductibles et plus difficiles à interpréter.

Tous les expérimentateurs cités précédemment ont souvent repris leurs travaux. En général, ils attirent l'attention sur la

(1) Pease et Chesebro, Proc. Nat. Ac. Sci.., tome 14, p. 472 (1928).
(2) Fort et Hinshelwood, Proc. Roy. Soc. t. 127-A, p. 218; t. 129-A, p. 284 (1930).
(3) Proc. Roy. Soc. t. 134, p. 578 (1932).
J. A. Chem. Soc. t. A. 134, p. 578 (1931).
(4) Kowalsky, Sadownikow et Tschirkow, Phys. Zts. Sowjetunion, tome I, p. 451 (1932).

non-reproductibilité des résultats obtenus, défaut inhérent à la réaction.

Ces quelques recherches expérimentales servirent de base à plusieurs théories dont les principales sont dues à BONE, SEMENOFF, NORRISH, LEWIS et von ELBE.

Se basant sur le fait qu'on observe la formation de produits intermédiaires tels que l'aldéhyde formique, l'alcool méthylique et des peroxydes, BONE a proposé un schéma de réaction où le méthane passait successivement par ces différents stades d'oxydation avant de se transformer finalement en CO_2. Cette conception se rattachait à la théorie générale de l'hydroxylation des hydrocarbures qui depuis la découverte relativement récente des réactions en chaînes a été abandonnée par la plupart des auteurs.

A partir des résultats expérimentaux de FORT et HINSHELWOOD, SEMENOFF (1) montra qu'au début de la période d'accélération, la vitesse de réaction croît exponentiellement en fonction du temps. Selon lui, ce fait doit être interprété par un processus en chaînes ramifiées dégénérant au fur et à mesure que les réactifs se consomment.

Enfin, les mécanismes adoptés respectivement par NORRISH (2) et von ELBE et LEWIS (3) ne diffèrent l'un de l'autre que par la nature des réactions intervenant dans la chaîne d'oxydation. Ils supposent tous deux un régime stationnaire établi dès le début et dépendant uniquement de la concentration des corps présents dans la cellule de réaction. Une réaction hétérogène entre l'oxygène et l'aldéhyde formique absorbé donnerait naissance aux chaînes, dont la rupture serait occasionnée soit par les parois, soit par des chocs triples entre centres actifs et molécules inertes, l'importance relative de ces deux processus étant déterminée par la pression du mélange et les dimensions du récipient. Trois faits essentiels trouveraient par là leur explication :

(1) Semenoff, Phys. Zts. Sowjetunion, t. I, pp. 546 et 601 (1932).
(2) Norrish, Proc. Roy. Soc. (London) A. 150, 36 (1935).
(3) von Elbe et Lewis, J. Am. Chem. Soc., T. 59, p. 976 (1937).

1. — Le méthane intervenant une première fois pour former de l'aldéhyde formique à la paroi et une deuxième fois dans la chaîne même d'oxydation doit agir sur la vitesse globale de réaction par une puissance comprise entre 1 et 2;

2. — La période d'accélération succédant à l'induction serait due à l'accumulation progressive d'aldéhyde formique responsable de la formation des chaînes;

3. — L'action inhibitrice des parois s'explique en supposant qu'elles sont cause, du moins en partie, de la rupture des chaînes.

Pour NORRISH, les centres propagateurs sont l'oxygène atomique et le radical CH_2. Pour LEWIS et von ELBE, ce sont les radicaux OH et CH_3 (1).

Ce bref aperçu de l'état de la question montre combien il reste encore de lacunes à combler dans l'étude expérimentale du phénomène. L'effet de la pression et des dimensions du récipient, l'action des gaz inertes, les influences sensibilisatrices et inhibitrices de certains produits sont autant de facteurs dont on n'ignore pas l'importance, mais dont l'étude systématique n'a pas encore été entreprise.

Bien plus, le défaut de reproductibilité signalé par tous les expérimentateurs laisse subsister une imprécision qui est cause de l'abondance des mécanismes proposés pour interpréter la cinétique de la réaction.

C'est pourquoi il nous a paru intéressant de reprendre ce problème dès le début en profitant toutefois de l'expérience acquise jusqu'à présent.

Dans la première partie de la présente note, on trouvera la description d'expériences faites dans le but de déterminer les produits de la réaction. Nous avons effectué une cinquantaine de combustions dans des tubes scellés et puis soumis le gaz final à l'analyse.

Dans la seconde partie, nous avons repris l'étude cinétique de la réaction.

(1) Il a été prouvé par A. VAN TIGGELEN que le radical CH_3 intervenant dans le mécanisme de LEWIS et von ELBE est effectivement un centre propagateur de la chaîne d'oxydation du méthane. (A. Van Tiggelen — Ann. Mines Belges, T. 43, p. 117 — 1942).

Il semblait que les progrès en la matière étaient surtout contrariés par la non-reproductibilité du phénomène, se manifestant principalement lorsqu'on change la cellule de mesure, ou même simplement lorsque dans une même cellule on procède à un nouveau remplissage.

Si la méthode statique possédait sur la méthode dynamique des avantages incontestables, elle présentait du moins, telle qu'elle avait été utilisée par FORT et HINSHELWOOD, un grave inconvénient. La combustion du CH_4 en CO est, en effet, nécessairement suivie de celle du CO en CO_2, puisque l'on retrouve ce dernier gaz dans la cellule de réaction. L'augmentation de pression observée au cours de l'oxydation est par conséquent la résultante de deux effets agissant en sens opposés, l'un est lié à la formation du CO, l'autre à sa disparition. La vitesse de réaction et la diminution de pression ne sont donc proportionnelles que tout au début de la transformation et, une fois 10 p. c. des réactifs consommés, l'erreur commise, si l'on confondait ces deux grandeurs, ne serait plus négligeable.

Afin de lever l'indétermination sur laquelle nous venons d'attirer l'attention, nous avons mis au point une technique permettant à la fois de suivre l'augmentation de pression et la formation du CO sans que les opérations nécessitées à cet effet ne bouleversent trop la marche de la réaction.

Première partie.

ANALYSE DES PRODUITS DE LA REACTION

Les cellules de réaction (C) — figure 15 — étaient des tubes en pyrex de 20 cm. de long et de 2,3 cm. de diamètre, jaugeant environ 100 cm^3. Elles étaient prolongées d'un côté par des

tubes de 8 mm. de diamètre effilés en leur extrémité et de l'autre par des capillaires (a) reliés à un raccord rodé et étranglés en leur milieu en vue d'un scellage ultérieur.

Le raccord pouvait d'adapter en (A) à un dispositif destiné à introduire dans la cellule une quantité bien connue d'un

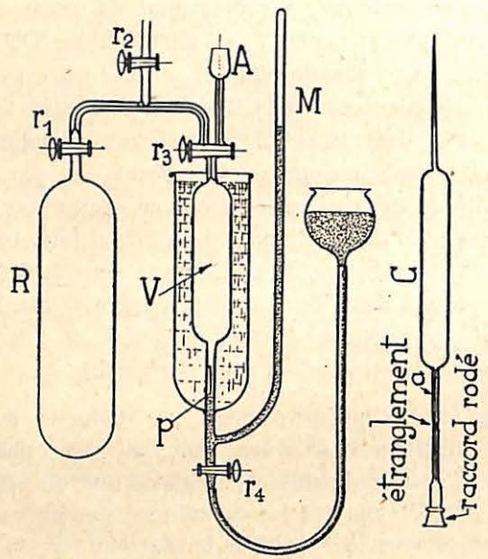


Fig. 15

mélange ($2\,O_2 + CH_4$) préparé à l'avance et stocké dans le réservoir (R). Ce dispositif était essentiellement constitué d'un volume (V), espace compris entre une pointe en verre (p) et le robinet (r_3) et d'un manomètre à mercure (M) servant à lire la pression régnant dans (V). Le robinet (r_3) à trois voies permettait de mettre en communication ou de séparer les trois tubes y aboutissant. Le robinet (r_2) était relié à une pompe à vide à vapeur de mercure, précédée d'une pompe rotative à l'huile. Un manchon rempli d'eau entourait entièrement le volume (V), assurant ainsi une répartition uniforme de la température à l'intérieur de celui-ci.

Avant leur remplissage, les cellules étaient traitées suivant un mode bien standardisé. Elles séjournaient chacune, pendant une période de 6 heures, dans un bain sulfurique saturé de bichromate de potassium, étaient ensuite rincées 10 fois à l'eau distillée, puis 10 minutes à la vapeur d'eau et enfin sèchées sous vide.

Ces opérations terminées, on adaptait le joint rodé à l'appareil (fig. 15). On ouvrait les robinets (r_2) et (r_3) et on faisait un vide poussé dans tout l'appareil y compris la cellule. Lorsque celui-ci devenait inférieur à 10^{-3} mm. de mercure, on fermait (r_2) et séparait, au moyen de (r_3), la cellule du reste de l'appareil. On introduisait alors dans le volume (V), qui avait été soigneusement jaugé au préalable, une certaine quantité du mélange ($CH_4 + 2\,O_2$) contenu dans le réservoir (R). On amenait le mercure à la pointe (p) et on lisait la pression et la température, afin de connaître exactement la quantité de gaz contenue dans (V). Après avoir ouvert avec précaution le robinet (r_3), le mercure était amené jusqu'au niveau (n) en dessous de l'étranglement du capillaire, opération par laquelle tout le gaz contenu dans (V) était refoulé dans la cellule. La cellule était ensuite scellée au chalumeau et la petite quantité de gaz restant encore dans les parties effilées du capillaire pouvait être entièrement négligée.

Bien qu'on ait chaque fois eu affaire à des mélanges tonnants, le scellage a toujours été possible; jamais nous n'avons observé de détonation. Il se formait très probablement dans le capillaire, à l'endroit de la flamme, un tampon de vapeur d'eau ayant pour effet d'empêcher toute propagation d'onde explosive.

Une fois les cellules remplies, elles étaient disposées dans un four cylindrique où elles séjournaient pendant quelques heures.

Nous avons particulièrement fait attention à ce que la température des cellules soit uniforme sur toute leur longueur et soit maintenue constante pendant toute la durée de chauffage. C'est pourquoi, il ne nous paraît pas inutile de décrire en détail les précautions prises à cette fin.

Le four électrique, entièrement construit en ce laboratoire, avait un diamètre de 30 cm. et une longueur de 1 mètre environ. Il permettait d'atteindre des températures allant jusqu'à 600°. Le diamètre de l'âme était de 10 cm. Une fourrure cylindrique en aluminium de 50 cm. de long et percée de quatre trous de 3 cm. de diamètre avait été glissée au centre du four.

De chaque côté, celle-ci était prolongée par un bourrage d'amiante de 20 cm. de long, traversé par des tubes en pyrex de même diamètre que les trous du cylindre et disposés en face de ceux-ci. Un tel ensemble assurait une *répartition de la température à 0,5° près sur une longueur de 20 cm. de part et d'autre du centre.*

La courbe (fig. 16) relative à un régime de température de 400° environ rend bien compte des résultats obtenus. L'effet du

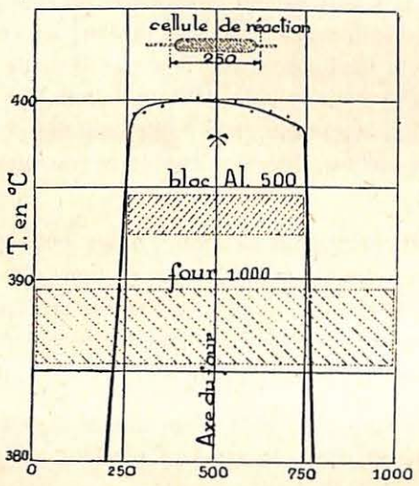


Fig. 16

bloc est très efficace; dépassé celui-ci, la température baisse brusquement à travers tout le bourrage d'amiante jusqu'à l'extrémité du four.

La figure 17 représente le schéma du montage utilisé pour le réglage automatique de la température.

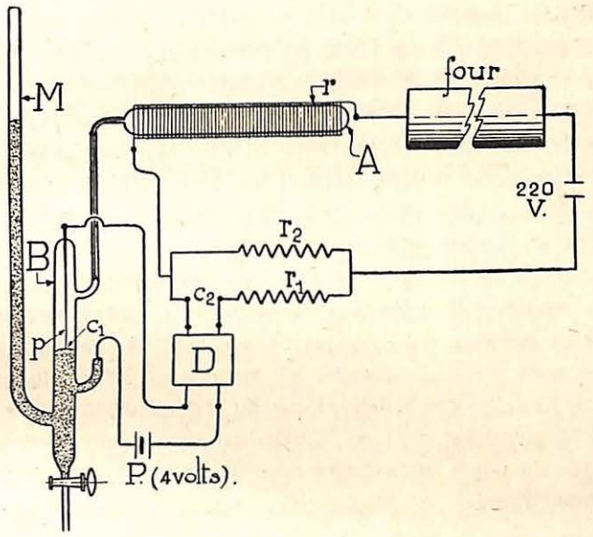


Fig. 17

Le courant d'alimentation passait successivement par le four, par une résistance (r) enroulée sur un tube en pyrex (A) et par un système de deux résistances montées en parallèles.

La cellule (A), élément régulateur du système, avait une capacité de 100 cm³ et contenait de l'azote sous une pression de 20 cm. environ à la température ordinaire. Elle était reliée à un manomètre (M) dont le mercure était constamment relié, par l'intermédiaire d'une pile (P), à un des pôles primaires d'un relais (D). L'autre pôle primaire était relié à une pointe (p) soudée dans le verre. Celle-ci touchait le mercure dans la branche courte du manomètre, en fermant donc le circuit, lorsque la pression dans la cellule (A) descendait en dessous de la valeur déterminée à ce moment par la différence de niveau entre les deux colonnes de mercure. Dès lors, si la température de la cellule dépasse celle assignée à l'avance, par cette différence de

niveau, la pression s'élève et le mercure descend dans la branche (B) du manomètre en rompant le contact (c_1). Du même fait, le relais fonctionne et le contact secondaire étant rompu, le courant d'alimentation ne passe plus que par la résistance (r_1). Celui-ci est dès lors trop faible et la température de (A) descend jusqu'à ce qu'il y ait de nouveau contact en (c_1) et par suite en (c_2). Le courant est cette fois trop fort et il en sera ainsi successivement. En moyenne, pour assurer la bonne tenue de la température de la cellule, le carré de l'intensité du courant de chauffe devra rester fixe au cours du temps et par suite le four atteindra un régime stationnaire bien déterminé. *Pratiquement, celui-ci se maintenait à 1° près, même pendant plusieurs jours.* Pour le modifier, il suffit d'admettre plus ou moins de mercure dans le manomètre à l'aide du robinet (r). Remarquons qu'en principe, nous sommes même ici à l'abri des variations de température de la salle. Les températures du four et de la cellule sont liées très étroitement et ne dépendent en somme que de la différence du poids du mercure contenu dans les deux colonnes du manomètre.

Si nous avons eu recours à un tel montage, c'est qu'il ne faut guère espérer régulariser la température d'un four atteignant certaines dimensions en y introduisant directement l'élément sensible : l'inertie thermique d'un tel four est beaucoup trop grande et entre chaque fonctionnement du relais, la température subit des fluctuations de 20° au moins.

Nous avons également pris des précautions spéciales pour bien connaître la température du bloc en aluminium. Dans un des trous de ce dernier, était logée la chambre en pyrex d'un thermomètre à gaz. Celle-ci longue de 35 cm. environ avait été placée dans la partie du bloc où la température était homogène. Elle contenait de l'azote sous une pression de 20 cm. à la température ordinaire et était reliée par l'intermédiaire d'un fin capillaire à un manomètre à mercure ordinaire. L'affleurement du mercure à un niveau constant et défini par l'extrémité d'une pointe en verre permettait de lire la pression règnant dans la cellule à 0,2 mm. de Hg. près, ce qui correspondait à une différence de température de 2 à 3 dixièmes de degré. Le rapport de l'espace nuisible à l'espace utile était de 0,025 et les erreurs provenant de là ne dépassaient pas 0,1°. Pour connaître la température réalisée dans nos expériences, nous avons préféré nous baser sur la loi bien connue des gaz parfaits que sur des instruments de mesure électrique parfois moins dociles et trompeurs. En outre, à cause de la similitude entre la chambre du thermomètre et les cellules de réactions, le thermomètre donnait automatiquement la température moyenne de celles-ci.

Toutes ces précautions avaient été prises dès le début car notre intention initiale était d'établir la cinétique de la réaction par le procédé décrit dans ce chapitre. Mais l'expérience nous a appris immédiatement qu'un tel espoir était vain.

A chaque essai, trois cellules remplies d'un mélange (CH_4 + 2 O_2), sous une pression de 36 cm. à la température ordinaire, étaient introduites simultanément dans les cavités libres du bloc en aluminium. Il fallait environ 6 minutes pour qu'elles atteignent la température de régime qui était d'environ 400°. La période de chauffage de quelques heures en moyenne était notée très exactement pour chaque essai.

Les cellules étaient ensuite introduites dans l'appareil (fig 18) de sorte que leur extrémité effilée vienne s'engager dans la carotte du robinet (R). Les robinets (r_1) et (r_2) communiquaient respectivement à une pompe à vide et à un train permettant d'effectuer la séparation des gaz par distillation à basse

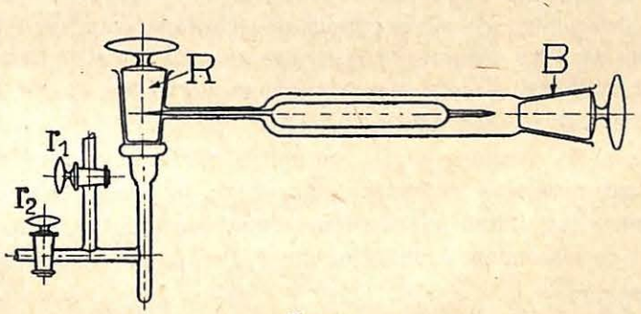


Fig. 18

température. Après avoir fermé l'appareil à l'aide du bouchon rodé (B), on faisait le vide puis on fermait (r_2) et (r_1). En tournant le robinet (R), on brisait la pointe effilée de la cellule de réaction et les gaz ainsi libérés étaient ensuite lentement admis dans l'appareil de séparation.

L'analyse s'est poursuivie entièrement en utilisant les méthodes et techniques mises au point en ce laboratoire par M. L. Coppens (1) et décrites dans le *Bulletin de la Société Chimique de Belgique*. L'hydrogène et l'anhydride carbonique étaient isolés et le reste du mélange analysé par les méthodes classiques de combustion et d'absorption.

Nous avons effectué une cinquantaine d'analyses dont les résultats sont consignés dans le tableau I.

Les produits principaux de la combustion sont l'H_2O, le CO_2 et le CO. Il y a aussi un peu d'H_2, mais en quantitié n'excédant jamais 0,1 p. c. de la quantité de méthane brûlé. Le bilan des analyses redonne à 1 p. c. près le carbonne mis en œuvre.

Les petits écarts proviennent sans doute de la limite de précision des analyses, peut-être aussi de la fraction de composés plus lourds formés et échappant à notre méthode d'analyse. Mais ces quantités étant très petites, nous pouvions en toute confiance les négliger dans l'étude cinétique de la réaction. Et c'était là le point dont nous voulions être certain avant de continuer ce travail.

Si l'on compare entre eux les résultats consignés dans le tableau I, on est frappé de leur irrégularité. Dans des conditions tout à fait identiques, même traitement de la cellule, même pression de remplissage, même période de chauffage, on observe des écarts dans les concentrations finales qui peuvent aller jusqu'à 80 p. c. Il était par conséquent utopique de vouloir établir une cinétique en poursuivant pareille technique.

Un point cependant très important a retenu notre attention. Si tout paraissait capricieux dans cette transformation, une grandeur restait toutefois constante, c'était le rapport $CO/(CO + CO_2)$ correspondant à un même degré d'oxydation du méthane.

(1) Bull. Soc. Chim. Belg. T. 43, p. 333 (1934).

Tableau I.

N°	Temps heure	T°	$(CH_4)_0$	$(O_2)_0$	CH_4	O_2	CO	CO_2	H_2	$\frac{CH_4}{(CH_4)_0}$	$\frac{CO}{CH_4}$
9	5,35	399,2	12,83	25,47	3,53	9,36	4,45	4,70	0,036	0,275	1,26
10	5,35	399,2	12,55	24,92	3,98	10,31	4,42	4,03	0,036	0,317	1,11
11	5,41	399,2	12,26	24,33	10,68	22,28	1,38	0,20	0,009	0,871	0,129
12	5,40	399,2	12,17	24,16	5,24	12,65	4,07	2,68	0,036	0,430	0,777
13	5,28	401,4	13,20	26,21	2,56	7,17	4,53	6,34	0,032	0,194	1,77
14	5,24	401,4	12,60	25,01	3,14	8,31	4,47	5,12	0,041	0,249	1,42
15	5,25	401,4	12,28	24,38	9,54	20,18	2,38	0,44	0,009	0,776	0,249
16	5,25	401,4	12,23	24,39	2,36	6,57	3,85	6,02	0,037	0,193	1,63
17	5,32	400,8	12,48	25,09	2,24	6,43	3,85	6,37	0,032	0,179	1,72
18	5,35	400,8	12,29	24,72	5,34	12,93	4,17	2,78	0,028	0,434	0,78
19	5,30	400,8	12,31	24,67	2,90	7,83	3,91	5,50	0,028	0,235	1,35
20	5,39	401,1	11,68	23,49	2,35	6,56	3,46	5,87	x	0,201	1,47
21	5,40	401,1	12,25	24,63	4,72	11,60	4,07	3,46	x	0,385	0,862
22	5,41	401,1	12,33	24,80	1,16	3,68	2,44	8,73	x	0,094	2,10
23	3,21	400,4	12,25	24,63	11,40	23,29	0,73	0,12	x	0,93	0,064
24	3,22	400,4	12,01	24,17	8,70	19,01	2,93	0,38	x	0,724	0,336
25	3,43	400,4	12,47	25,07	6,17	14,57	4,21	2,09	x	0,495	0,682
27	4,18	398,3	12,76	25,44	5,80	13,87	4,70	2,26	x	0,455	0,810
28	4,19	398,3	11,97	24,06	6,01	14,09	3,91	2,05	x	0,502	0,650
39	4,43	397,0	12,39	24,98	1,56	5,19	3,29	7,40	0,028	0,125	2,10

TABLEAU I (suite).

N°	Temps heure	T°	$(CH_4)_o$	$(O_2)_o$	CH_4	O_2	CO	CO_2	H_2	$\frac{CH_4}{(CH_4)_o}$	$\frac{CO}{CH_4}$
40	4,43	397,0	12,98	26,17	3,98	10,48	4,34	4,48	0,046	0,306	1,09
41	4,43	397,0	12,62	25,44	2,58	7,41	3,89	5,94	0,037	0,222	1,50
43	2,46	399,6	12,17	24,55	11,01	22,79	0,91	0,13	0,01	0,904	0,083
44	3,45	399,6	12,24	24,70	3,86	10,19	4,29	3,81	0,036	0,315	1,11
45	4,27	399,6	12,29	24,79	9,23	19,98	2,31	0,60	0,009	0,751	0,250
46	4,32	400,3	12,26	24,52	8,34	18,17	2,99	0,93	x	0,680	0,358
47	4,21	400,3	12,24	24,51	6,04	14,14	4,05	2,15	x	0,493	0,670
48	4,32	400.3	12,41	24,85	7,53	16,87	3,57	1,31	x	0,606	0,474
49	4,21	400,3	12,45	24,92	8,36	18,31	3,14	0,95	x	0,671	0,375
50	2,14	399,2	12,11	24,23	11,74	23,67	0,35	0,02	x	0,969	0,029
51	2,14	399,2	12,37	24,76	6,53	15,11	4,05	1,78	x	0,527	0,620
53	2,13	399,2	12,26	24,53	9,36	19,95	2,44	0,46	x	0,763	0,260
55	5,46	400,6	12,43	24,79	1,22	3,75	2,72	8,50	x	0,098	2,22
57	5,48	400,6	12,14	24,21	2,61	7,12	3,65	5,78	x	0,214	1,39
58	2,15	399,5	12,52	24,98	11,08	22,87	1,17	0,16	x	0,884	0,105
59	2,15	399,5	12,52	24,99	3,70	9,49	4,28	4,54	x	0,295	1,15
60	2,15	399,5	12,91	25,74	9,75	20,70	2,56	0,60	x	0,755	0,262
61	2,15	399,5	12,63	25,19	3,24	8,45	4,08	5,31	x	0,256	1,25
62	4,01	400,2	12,45	24,96	9,89	20,89	2,10	0,46	x	0,794	0,212

x : non déterminé.

Le fait que celui-ci est égal à l'unité au début de la réaction et tend vers zéro à la fin de celle-ci prouve incontestablement que le produit direct de la combustion envisagée est l'oxyde de carbone et que ce dernier s'oxyde ensuite pour donner naissance à l'anhydride carbonique.

Nous sommes donc en présence de deux réactions successives dont la seconde, semble-t-il, doit être étroitement liée à la première car, aux températures expérimentées, les mélanges humides d'oxyde de carbone et d'oxygène sont parfaitement inertes. Il suffit cependant d'ajouter à ceux-ci une petite quantité de méthane pour voir se déclencher une combustion se poursuivant jusqu'à consommation totale des réactifs.

Du point de vue de la théorie des chaînes, ces constatations pourraient s'interpréter en admettant que les mêmes centres actifs catalysent les deux réactions et que leur naissance doit trouver son origine dans un processus faisant nécessairement intervenir le méthane.

S'il en est ainsi, les deux vitesses de combustion varieront de la même façon en fonction d'un certain nombre de paramètres $(\alpha_1, \alpha_2 \ldots\ldots \alpha_n)$ responsables de la longueur des chaînes et de leur nombre; par ailleurs, pour tenir compte de l'attaque des deux molécules par les centres actifs, elles seront proportionnelles respectivement à la concentration en CH_4 et en CO.

Soient k_1 et k_2 les constantes de vitesse d'oxydation du méthane et de l'oxyde de carbone, x et y leur concentration. Les deux vitesses de combustion auront dès lors pour expression :

$$v_1 = k_1 \, x \, f(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots\ldots \alpha_n) \qquad (1)\ (CH_4)$$

$$v_2 = k_2 \, y \, f(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots\ldots \alpha_n) \qquad (2)\ (CO)$$

où $f(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots\ldots \alpha_n)$ est une fonction inconnue des paramètres $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots\ldots \alpha_n$.

La variation de x en fonction du temps sera dès lors régie par l'équation :

$$-\frac{dx}{dt} = v_1 = k_1 \, x \, f(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \ldots\ldots \alpha_n) \qquad (3)$$

Comme la disparition de chaque molécule de méthane fait apparaître une molécule de CO, la variation de y sera :

$$-\frac{dy}{dt} = v_2 - v_1 =$$

$$\kappa_2\, y\, f(\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_n) - k_1\, x\, f(\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_n) \qquad (4)$$

En divisant les deux équations (4) et (3) membres à membres, le temps et $f(\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_n)$ (c'est-à-dire tout ce qui est non-reproductible dans nos expériences) s'élimine et il vient :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{y}{x} - 1$$

En tenant compte des conditions initiales $x = x_0$ et $y_0 = 0$ la solution de cette équation différentielle est :

$$\left(\frac{x}{x_0}\right)^a = 1 - a\,\frac{y}{x}$$

où l'on a posé

$$a = \frac{k_2}{k_1} - 1$$

Nos hypothèses de départ nous conduisent donc à une expression reliant la concentration y en oxyde de carbone à la concentration en méthane x régnant dans la cellule et expliquent ainsi pourquoi le rapport $CO/(CO + CO_2)$ est constant pour un même degré d'oxydation.

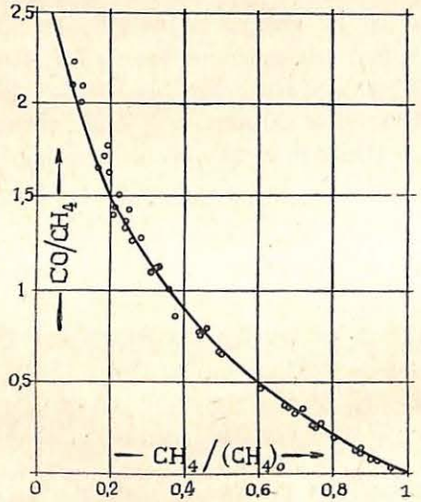


Fig. 19

Dans le diagramme (fig. 19) où nous avons porté x/x_0 en abscisse et y/x en ordonnée, la courbe tracée est celle de l'équation :

$$\left(\frac{x}{x_0}\right)^{0,1} = 1 - 0{,}1\,\frac{y}{x}$$

et les points sont ceux que l'on déduit pour x/x_0 et pour y/x des valeurs expérimentales consignées dans le tableau I.

L'excellent accord régnant entre cette courbe et l'expérience justifie les expressions (1) et (2) que nous avons données aux vitesses de réaction des deux combustions.

Seconde partie.

CINETIQUE DE LA COMBUSTION.

A. — *Dispositif expérimental.*

Comme nous l'avons annoncé précédemment, nous nous sommes attachés dans la seconde partie à rechercher les lois cinétiques de la combustion, c'est-à-dire, déterminer les facteurs dont dépend la vitesse de réaction et préciser quantitativement leur influence.

Les expériences antérieures aux nôtres montraient qu'il ne fallait guère espérer mettre ces lois en évidence en modifiant, d'une combustion à l'autre, les conditions expérimentales car la vitesse de réaction était alors soumise à des variations dépassant même parfois 20 p. c., montrant par là l'influence considérable de la nature des parois et de leur traitement. Celle-ci se manifestait même entre deux combustions successives de la même chambre de réaction. Si l'on voulait déterminer avec quelque précision l'action des différentes concentrations sur la vitesse, il

ne restait plus par conséquent qu'une seule méthode : celle de suivre chaque fois, du début jusqu'à la fin, la vitesse de réaction pour une seule et même combustion mais sous des conditions extrêmes de concentration en réactif.A cette fin, nous avons mis au point une méthode permettant, à chaque instant, de déterminer la composition du mélange en évolution sans trop bouleverser, par ailleurs, la marche de la réaction.

La figure 20 représente le dispositif expérimental utilisé. La cellule de réaction (R) était un tube en pyrex d'une capacité d'environ 120 cm³. Elle était prolongée par deux capillaires de très faible diamètre intérieur, environ 0,5 mm. Un de ceux-ci (c_1) aboutissait à un robinet (r_1) par lequel on pouvait faire le vide dans la cellule ou introduire les gaz désirés.

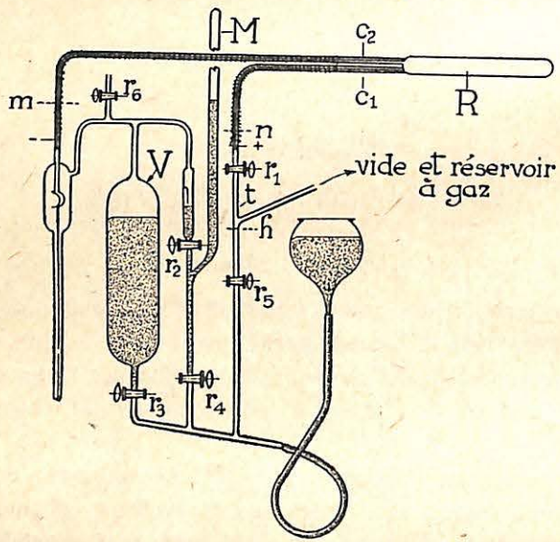


Fig. 20

On pouvait y admettre du mercure en manœuvrant le robinet (r_5) donnant accès à un réservoir rempli de mercure.

L'autre capillaire (c_2) était relié à la branche intérieure d'un petit manomètre élastique en pyrex rempli d'huile apiézon

jusqu'au niveau (m). Un fil de résistance, traversé par un courant durant les expériences, assurait à l'intérieur des deux capillaires, une température supérieure à 100°.

Les petits manomètres utilisés (fig. 21) ont été décrits dans les travaux de M. le Professeur MUND. A titre de renseignement, nous rappelons ici leur fonctionnement.

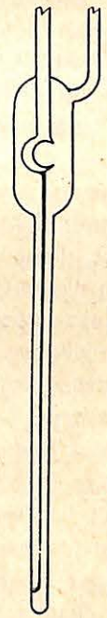


Fig. 21

Une alvéole en verre très mince constitue la partie sensible dont les déformations sont amplifiées par une tige longue de 15 cm. et étirée en son extrémité jusqu'au diamètre de 5 microns environ. Une autre tige servant de repère est, comme l'indique la figure, solidaire de la masse de l'instrument. La surface bombée étant supérieure à la surface concave, il s'exerce un couple ayant pour effet de faire dévier l'aiguille mobile dans le plan de la figure lorsqu'il règne une différence de pression entre les deux branches. Soit ΔP_0 cette différence quand les deux pointes

coïncident, P_i et P_e respectivement la pression des branches intérieure et extérieure, nous aurons :

$$P_i = \Delta P_o + P_e$$

Un microscope de faible grossissement servait à observer les déplacements et permettait ainsi de déceler les différences inférieures au 1/10 de mm. de Hg. La branche intérieure était donc reliée au capillaire (c_2) et l'autre à un volume variable (V) dont la pression était déterminée au moyen du manomètre à mercure (M).

Le four était cette fois monté sur un chariot guidé par un rail et la cellule de réaction placée juste en face d'une des cavités du bloc en aluminium venait s'y loger lorsqu'on amenait le four vers elle.

La température était toujours mesurée à l'aide d'un thermomètre à gaz monté sur un statif solidaire du chariot.

Voici dès lors la marche d'une expérience. On descend le mercure dans le tube (t) en dessous du niveau (h), on ouvre le robinet (r_1) et on fait soigneusement le vide dans la cellule de réaction. Après 5 minutes de vidange, le four chauffé au préalable à la température de l'expérience, est amené autour de la cellule dans laquelle on continue encore à faire le vide jusqu'à ce que la pression devienne inférieure à 0,01 mm. de mercure. On ferme ensuite le robinet (r_1), libère la cellule en reculant le four et entoure celle-ci d'un bac que l'on remplit de glace fondante. La cellule de réaction se trouve ainsi à zéro degré tandis que l'espace nuisible, constitué par les deux capillaires (c_1) et (c_2), est porté par un courant de chauffe à une température inconnue, mais supérieure à 100° et restant la même pendant toute la durée de l'expérience. C'est seulement quand ces conditions de température sont bien réalisées qu'on admet les gaz dans la chambre de réaction.

Supposons qu'il s'agisse d'un mélange ($CH_4 + 2\,O_2$). On introduit tout d'abord le CH_4 en ouvrant doucement le robinet. Au fur et à mesure que celui-ci pénètre dans la cellule, l'aiguille mobile du manomètre élastique dévie, et afin d'éviter une trop grande pression, il faut augmenter parallèlement la pression dans le volume (V), soit en introduisant de l'air par le robinet (r_6)

soit en remontant le mercure dans le volume (V). Lorsqu'on atteint environ la pression de CH_4 désirée, on amène la pointe mobile en face de la pointe fixe. La pression dans la branche (V) est alors $P_{CH_4} + \Delta_O$, d'où l'on déduit P_{CH_4}. En prenant les mêmes précautions, on admet ensuite l'oxygène jusqu'à la pression $P = P_{O_2} + P_{CH_4}$.

Lorsqu'on désire ajouter au mélange un gaz condensable à la température ordinaire, on l'introduit le premier par distillation en refroidissant la cellule au moyen de neige carbonique. Afin de connaître la quantité ainsi admise, on remonte le mercure dans le capillaire (c_1) jusqu'au niveau (n), puis on amène le four déjà chauffé à la température de l'expérience autour de la cellule. Le gaz se vaporise et on lit la pression d'équilibre. La cellule est alors ramenée à zéro degré et les autres gaz sont introduits comme précédemment en tenant compte toutefois de la tension de vapeur, à zéro degré, du gaz condensé.

Ces opérations terminées, le mercure est admis dans le capillaire jusqu'au niveau (n) et y est bloqué par fermeture de (r_1). De cette façon, les gaz sont emprisonnés dans un espace exempt de robinets et dont tous les points, lorsque la cellule est dans le four, sont à une température supérieure à 100°. Ceci afin d'éviter la condensation de la vapeur d'eau pendant la réaction.

On lisait dès lors la pression, c'était la pression initiale à zéro degré appelée p_o.

Le four était ensuite amené jusqu'à ce que la chambre à réaction soit au milieu du bloc en aluminium. La pression s'élevait rapidement et, après 10 minutes, atteignait une valeur constante considérée comme étant la pression initiale P_o à la température de l'expérience. Au bout d'un certain temps de chauffe, dont le choix dépendait de la vitesse de réaction, on relevait à nouveau la pression qui était désignée par P. Le four était ensuite éloigné et la cellule, une fois refroidie, était entourée de son bac rempli de glace. Soit (p) la pression à zéro degré. A partir de ces deux données expérimentales, il nous était alors possible de déterminer entièrement la composition du mélange.

Soit x, y, q, r, s, les pressions partielles respectives du CH_4,

du CO, de l'O_2, du CO_2 et de l'eau, à zéro degré et X, Y, Q, R, S, les mêmes pressions à la température de l'expérience.

Nous avons deux équations provenant des deux mesures expérimentales de P_o et de P.

$$P_o = X_o + Q_o \quad (1)$$

$$P = X + Y + Q + R + S \quad (2)$$

et trois équations exprimant que les quantités de carbone, d'oxygène et d'hydrogène restent constantes au cours de la réaction.

$$X_o = X + Y + R \quad (3)$$

$$X_o = x + 0{,}5\,S \quad (4)$$

$$Q_o = 0{,}5\,Y + Q + R + 0{,}5\,S \quad (5)$$

De ce système, on déduit facilement la relation :

$$Y = 2\,(P - P_o)\,.$$

et la pression partielle ramenée à 0° de l'oxyde de carbone sera :

$$y = 2\,(P - P_o)\,\frac{273}{T} \quad (1)$$

où T est la température de réaction.

Il est aussi aisé, mais en raisonnant cette fois sur les mesures faites à la température de la glace fondante où évidemment l'eau se condense, de démontrer la relation :

$$x = x_o - 1/2\,(p_o - p + y/2 + 0{,}46) \quad (2)$$

où 0,46 est la tension de vapeur de l'eau à zéro degré. Le calcul de x et de y résulte ainsi de la comparaison entre elles des pressions lues respectivement à zéro degré et à 400° (température de la réaction). C'est pour cette raison que la correction due à l'espace nuisible n'apparaît pas dans les formules.

Les relations (1) et (2) définissent deux variables indépendantes qui suffisent à décrire l'évolution du système.

Des équations simples relient les autres variables à x et y

$$q = q_o + y/2 - 2\,(x_o - x)$$

$$r = (x_o - x) - y$$

$$s = 2\,(x_o - x)$$

Il est aisé de montrer que toutes ces relations restent vraies même si les quantités initiales d'eau et de CO ne sont pas égales à zéro, mais il faut alors désigner par y et s les quantités de CO et d'H_2O formées par suite de la réaction.

B. — *Résultats expérimentaux.*

Nous avons effectué une vingtaine de combustions pour lesquelles nous avons suivi la réaction du début jusqu'à la fin par la méthode qui vient d'être décrite. Nous passerons sous silence celles ayant servi à la mise au point.

Une première série d'essais nous a montré dans quelle mesure les constatations expérimentales étaient reproductibles.

Les expériences 4, 5 et 9 dont les résultats sont consignés dans les tableaux II, III et IV sont relatives à un mélange $CH_4 + 2\,O_2$ et ont été faites exactement dans les mêmes conditions. Bien que nous n'ayons pas spécialement étudié le début de la réaction dans ces trois essais, l'allure des courbes obtenues (fig. 22) permet cependant de conclure à une période d'induction variant entre ½ et 1 heure. Cette période d'induction n'est pas la même d'une expérience à l'autre et c'est la raison principale pour laquelle la composition du mélange, pour un même temps de réaction, diffère assez bien au début de la réaction. Mais à cette cause d'irrégularité doivent s'ajouter d'autres dépendant des parois, car les vitesses de combustion correspondant à une même composition du mélange ne se reproduisent pas mieux qu'à 15 p. c. près en passant d'une expérience à l'autre. Par contre, comme le prouve suffisamment la régularité des courbes obtenues (fig. 22), le fait d'arrêter la réaction dans son cours, pour effectuer la mesure de pression à zéro degré, n'amène aucune perturbation dans cette vitesse.

Tableau II.

Expérience 4

$P_o(CH_4)$: 9,78 $P_o(O_2)$: 19,56 T : 670,0°

Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	9,78	19,56	0	0	0
125	8,43	17,39	2,71	1,08	0,28
238	6,57	14,32	6,43	2,39	0,83
390	4,54	10,62	10,48	3,09	2,16
626	2,84	7,12	13,89	2,90	4,05
1.155	1,60	4,14	16,37	2,10	6,09
1.563	1,29	3,38	16,98	1,61	6,89
2.405	0,98	2,44	17,61	0,99	7,82

Tableau III.

Expérience 5

$P_0(CH_4)$: 9,82 $P_0(O_2)$: 19,63 T : 669,9°

Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	9,82	19,63	0	0	0
135	8,58	17,68	2,48	1,07	0,17
222	6,75	14,67	6,14	2,36	0,72
342	4,91	11,35	9,81	3,14	1,77
498	3,54	8,69	12,55	3,22	3,06
697	2,59	6,65	14,46	2,93	4,31
1.146	1,55	4,41	16,53	2,22	6,05
1.938	1,03	2,77	17,57	1,42	7,37

Tableau IV.

Expérience 9

$P_0(CH_4)$: 9,87 $P_0(O_2)$: 19,63 T : 670,1°

Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	9,87	19,63	0	0	0
157	8,44	17,36	2,85	1,17	0,26
277	6,56	14,22	6,61	2,40	0,91
411	4,82	11,03	10,09	2,99	2,06
697	2,78	6,88	14,17	2,84	4,25
1.001	1,92	4,91	15,90	2,37	5,59
1.325	1,45	3,78	16,83	1,90	6,52

Ce seul fait prouve que l'accélération progressive de la réaction observée après la période d'induction n'est pas due, conformément aux idées émises par Semenoff, au développement d'un processus en chaînes ramifiées. S'il en était ainsi, ce phénomène devrait se reproduire à chaque introduction nouvelle de la cellule dans le four. Or, nous sommes en présence d'un régime stationnaire (on appelle régime stationnaire celui dans lequel le nombre de centres propagateurs de la réaction reste constant

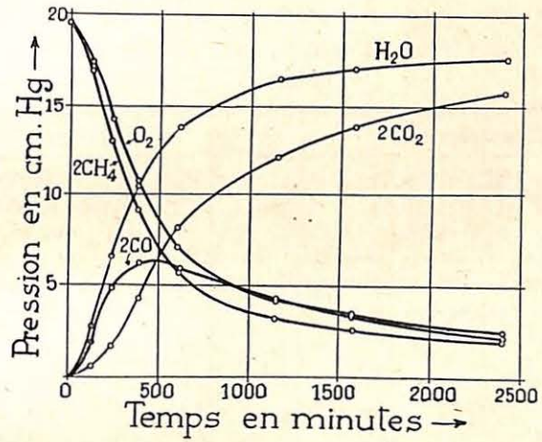


Fig. 22

par opposition au régime explosif, caractérisé lui par le fait que le nombre des centres propagateurs croît avec le temps) dont l'établissement doit être en tout cas plus rapide que les dix minutes nécessaires à réchauffer la cellule jusqu'à la température du four. *Pour une expérience donnée, la vitesse de combustion apparaît ainsi comme étant uniquement fonction de la composition du mélange.*

Après une consommation de 10 à 20 p. c. des réactifs, la vitesse de combustion devient constante, puis passé les 50 p. c., elle décroît rapidement.

En conclusion de ces quelques commentaires préliminaires nous attirons particulièrement l'attention sur les deux faits suivants :

1) Les courbes cinétiques obtenues en suivant, pour une combustion donnée, la transformation du début jusqu'à la fin sont parfaitement régulières;

2) Pour des expériences effectuées sous les mêmes conditions, les vitesses de réactions déduites de ces courbes subissent les mêmes variations en fonction de la composition du mélange mais,

en général, diffèrent en valeur absolue. Les écarts peuvent atteindre 15 p. c.

Tableau V.

Expérience 15		*Expérience 16*	
$P_0(CH_4)$: 9,87 $P_0(O_2)$: 19,61 T : 678,0°		$P_0(CH_4)$: 9,87 $P_0(O_2)$: 19,63 T : 692,6°	
en minutes	CH_4 consommé	en minutes	CH_4 consommé
0	0	0	0
15	0	5	0
20	0,04	10	0
30	0,05	15	0,03
40	0,12	20	0,26
50	0,27	25	0,50
63	0,48	30	0,82
71	0,67	35	1,22
80	0,90	40	1,73
90	1,19	45	2,25
100	1,47	50	2,83
110	1,82	55	3,50
120	2,19	60	4,07
130	2,62	65	4,70
140	3,07	70	5,30
150	3,52	75	5,91
160	4,00		
170	4,37		
180	4,81		

Il résulte de là que la comparaison entre elles d'expériences différentes ne pourra guère servir à déterminer l'influence des facteurs agissant sur la vitesse de réaction. Celle-ci par contre pourra se déduire aisément des courbes cinétiques elles-mêmes en choisissant les expériences de façon à mette tantôt l'un, tantôt l'autre de ces facteurs en évidence.

En premier lieu, nous avons recherché la cause de l'accélération constatée au début de la transformation. Dans ce but, nous avons d'abord effectué deux expériences (15 et 16). Tableau V,

où le début de la réaction a été suivi très soigneusement. Les courbes (fig. 23) représentent les résultats obtenus.

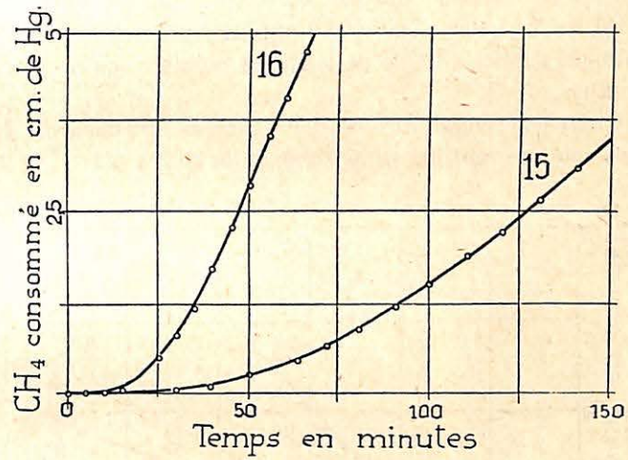


Fig. 23

Les deux mélanges étant stœchiométriques par rapport à la réaction ($CH_4 + 2\,O_2$) la concentration en O_2 restait sensiblement égale à 2 fois celle du méthane x.

Une fois dépassé la période d'induction, la vitesse de combustion v, ou plus exactement la quantité $v/x^{2,7}$ croît proportionnellement à l'avancement de réaction 1-x. Nous avons divisé v par $x^{2,7}$ pour tenir compte du fait que l'ordre de la réaction paraît être compris entre 2,5 et 3 à la fin de la transformation.

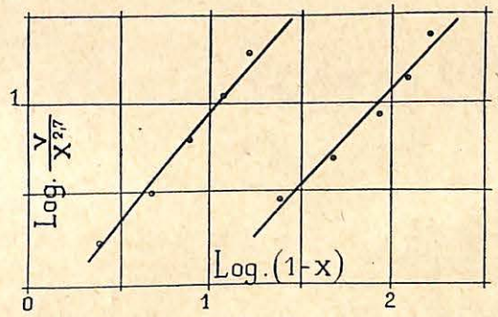


Fig. 24

Comme au début de celle-ci, x varie très peu, les erreurs provenant de l'indétermination de l'exposant 2,7 sont petites et $1/x^{2,7}$ joue ainsi le rôle d'un facteur correctif. Dans le diagramme (fig. 24) les logarithmes de $v/x^{2,7}$ ont été portés en fonction des logarithmes de 1-x à l'aide de quelques points calculés à partir des courbes.

Le coefficient angulaire des deux droites obtenues est égal à 1 comme le veut la proportionnalité entre $v/x^{2,7}$ et 1-x.

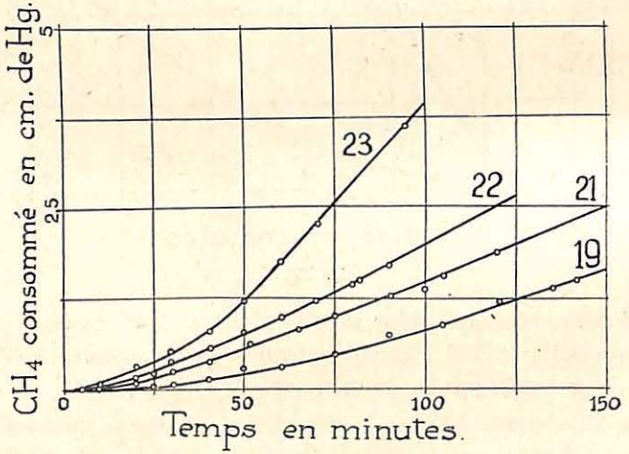


Fig. 25

Expérience 19		Expérience 21		Expérience 22		Expérience 23	
$P_0(CH_4)$: 9,86 $P_0(O_2)$: 19,64 T : 664,6°		$P_0(CH_4)$: 9,72 $P_0(O_2)$: 19,12 T : 665,0°		$P_0(CH_4)$: 7,54 $P_0(O_2)$: 14,90 T : 664,0°		$P_0(CH_4)$: 9,11 $P_0(O_2)$: 19,27 T : 670,5°	
t	CH_4 consommé	t	CH_4 consommé	t	CH_4 consommé	t	CH_4 consommé
0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	5	0	5	0	10	0
16	0	10	0,03	10	0,05	20	0,02
30	0,04	20	0,07	20	0,15	30	0,37
45	0,14	30	0,22	30	0,32	40	0,75
60	0,30	40	0,35	40	0,54	50	1,21
75	0,49	54	0,57	50	0,74	60	1,74
90	0,69	65	0,79	60	0,97	70	2,24
105	0,86	75	1,00	70	1,22	80	2,91
120	1,19	90	1,26	80	1,44		
135	1,38	105	1,57	90	1,72		
150	1,61	120	1,90				

t : temps en minutes.

Tous ces faits plaident en faveur de l'hypothèse d'une catalyse par *un des produits de la réaction.*

Les quatre expériences consignées dans le tableau VI (expériences 19, 21, 22 et 23, fig. 11, p. 28) prouvent que *le catalyseur en question n'est autre que l'eau formée.* Les courbes 19, 21, 22 et 23 (fig. 25) sont les résultats obtenus en présence d'une quantité croissante de vapeur d'eau ajoutée au mélange avant la réaction.

Les vitesses observées sont d'autant plus rapides que la vapeur d'eau en présence est plus forte. Si l'on trace la tangente à ces courbes en des points correspondants à une consommation de réactifs de 10 p. c. environ et qu'on en déduit la valeur $v/x^{2,7}$, on constate que cette grandeur (fig. 26) ne varie plus proportionnellement à 1-x, mais bien à $(H_2O)_0 + (1-x)$, où $(H_2O)_0$ est la quantité d'eau introduite au début. La vitesse de combustion est par conséquent proportionnelle à la quantité d'eau présente dans la cellule. Quoique l'eau diminue fortement la période d'induction, cette dernière persiste malgré tout. De même tout au début, l'accélération de la réaction est moins rapide que ne l'exige la proportionnalité de la vitesse à la vapeur d'eau. Ce n'est qu'après une consommation de 3 à 10 p. c. de réactifs que la cinétique suit les lois ici mises en évidence.

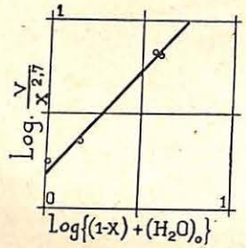


Fig. 26

D'autres essais ont montré que l'oxyde de carbone n'avait aucune influence sur la vitesse de combustion.

Ces points étant bien établis, deux expériences 7 et 8 (Tableaux VII et VIII) toujours à la même pression totale et à la même température ont été effectuées pour un mélange ($CH_4 + O_2$) de faible teneur en méthane.

Tableau VII.

Expérience 7

$P_0(CH_4)$: 4,95 $P_0(O_2)$: 24,49 T : 669,8°

Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	4,95	24,49	0	0	0
110	4,94	24,41	0,11	0,06	0
390	4,30	23,52	1,31	0,67	0
564	3,75	22,62	2,41	1,08	0,13
775	3,11	21,52	3,69	1,44	0,41
1.048	2,51	20,43	4,88	1,65	0,80
1.306	2,08	19,62	5,75	1,76	1,12
1.635	1,62	18,73	6,66	1,80	1,54
2.033	1,25	17,94	7,40	1,69	2,01
2.569	0,99	17,33	7,92	1,51	2,45

Tableau VIII.

Expérience 8

$P_0(CH_4)$: 4,99 $P_0(O_2)$: 24,50 T : 670,1°

Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	4,99	24,50	0	0	0
296	4,32	23,47	1,35	0,65	0,03
590	3,02	21,32	3,95	1,53	0,45
870	2,35	20,19	5,28	1,75	0,90
1.204	1,77	18,93	6,45	1,76	1,47
1.641	1,34	18,03	7,30	1,67	1,98
2.326	0,94	17,13	8,10	1,46	2,59
2.988	0,75	16,63	8,49	1,25	3,00

Elles ont permis d'établir l'ordre de la réaction par rapport au méthane. Dans ces conditions, la concentration de ce gaz décroît rapidement au cours du temps, alors que celle en oxygène reste sensiblement constante. L'action de l'eau étant par ailleurs connue, l'ordre recherché est donné par le tracé du diagramme

logarithmique de v/H_2O en fonction de CH_4 (fig. 27) où H_2O et CH_4 sont respectivement les pressions partielles de l'eau et du méthane. Nous obtenons ainsi deux droites dont le coefficient angulaire de 2,5 et 2,3 indique un ordre voisin de 2,4. Enfin, deux expériences 6 et 11 (tableaux IX et X) ont été effectuées sous la même pression totale, mais en présence cette fois de beaucoup de méthane et de peu d'oxygène.

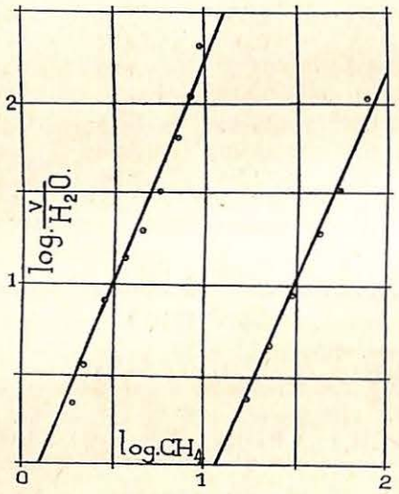


Fig. 27

Tableau IX.

Expérience 6

$P_0(CH_4)$: 19,63		$P_0(O_2)$: 9,82		T : 668,3°	
Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	19,63	9,82	0	0	0
68	16,70	4,98	5,87	2,06	0,88
125	14,62	1,27	10,02	3,45	1,57
164	13,88	0,26	11,50	3,87	1,89

Tableau X.

Expérience 11

$P_0(CH_4)$: 19,67		$P_0(O_2)$: 9,82		T : 649,5°	
Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	19,67	9,82	0	0	0
271	18,53	7,99	2,28	0,91	0,23
401	17,47	6,24	4,40	1,65	0,55
525	16,32	4,32	6,70	2,40	0,96
612	15,27	2,51	8,79	2,96	1,44
676	14,68	1,44	9,97	3,19	1,80
725	14,30	0,76	10,73	3,33	2,04
767	14,04	0,30	11,25	3,46	2,17

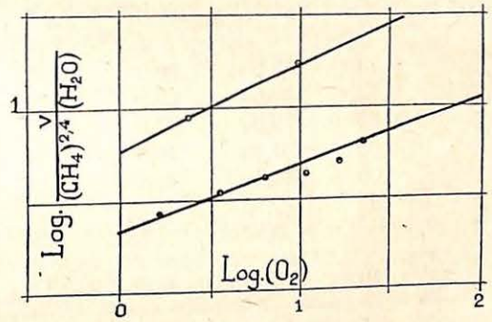


Fig. 28

Dans le diagramme de la figure (28) nous avons cette fois porté $\log.v/(H_2O)\ (CH_4)^{2,4}$ en ordonnée, et $\log.(O_2)$ en abscisse et nous avons obtenu une droite de coefficient angulaire 0,37 et une autre de coefficient 0,5 donnant ainsi en moyenne un ordre égal à 0,4.

Ce cycle de calcul a été repris, compte tenu cette fois, des ordres établis comme il vient d'être décrit. Nous avons été amené ainsi à un ordre de 0,4 pour l'oxygène, de 2,3 pour le méthane et de 1 pour l'eau, ce qui justifie amplement les approximations faites dans nos premiers calculs.

La vitesse de combustion du méthane aura par conséquent pour expression : $v = k_1 (H_2O) (CH_4)^{2,3} (O_2)^{0,4}$. avec une erreur possible par excès ou par défaut de 0,1 dans les exposants des concentrations.

Dans le tableau XI, nous avons groupé les valeurs moyennes de k obtenues pour les expériences mentionnées précédemment et dans le tableau XII les valeurs de k calculées pour chaque point de l'expérience 5. — On voit par là que k est bien constant au cours du temps (régularité des courbes cinétiques) mais peut varier de 10 p. c. en passant d'une expérience à l'autre, mettant ainsi en évidence le défaut de reproductibilité de deux essais différents.

Tableau XI.

N°	T en degrés	$P_0(CH_4)$	$P_0(O_2)$	$k_1 \times 10^4$	k_2/k_1	$k_2 \times 10^4$
4	670,0	9,78	19,56	26,2	1,32	34,6
5	669,9	9,82	19,63	25,9	1,30	33,7
9	670,1	9,87	19,63	23,8	1,42	33,8
7	669,8	4,95	24,49	31,6	1,05	33,2
8	670,1	4,99	24,50	32,5	1,07	34,7
10	649,0	9,82	19,63	2,78	1,77	4,92
11	649,5	19,66	9,82	3,15	3,25	10,24

N.-B. — k est exprimé en minute^{-1} (cm Hg)$^{-2,7}$

Tableau XII.

Expérience 5

Valeur de k pour différents degrés d'avancement (r) de la relation

r	k_1
0,22	$2,96 \times 10^{-3}$
0,41	$2,39 \times 10^{-3}$
0,57	$2,27 \times 10^{-3}$
0,69	$2,40 \times 10^{-3}$
0,79	$2,99 \times 10^{-3}$
0,87	$2,56 \times 10^{-3}$

Toutes les combustions ont été réalisées jusqu'ici à la pression de 70 cm. Une expérience effectuée à la pression de 30 cm. a donné pour k une valeur inférieure de 10 à 20 p. c. aux précédentes. Cet effet n'est pas suffisant pour conclure avec certitude à une action de la pression.

Quant à la vitesse de combustion du CO, nous avons déjà montré qu'elle résulte de celle du méthane en remplaçant simplement un CH_4 par un CO, elle sera dès lors :

$$v_{CO} = k_2 (H_2O) (CH_4)^{1,3} (CO) (O_2)^{0,4}$$

Dans le tableau XI, nous renseignons aussi les valeurs de k_2 calculées à partir d'une équation établie dans la première partie de ce travail :

$$\left[\frac{(CH_4)}{(CH_4)_0}\right]^a = 1 - a\,\frac{(CO)}{(CH_4)} \qquad a + 1 = \frac{k_1}{k_2}$$

Pour chaque expérience, on recherchait la valeur de a donnant le plus exactement CO en fonction de CH_4. Delà, on déduisait k_2 par la formule :

$$a = \frac{k_2}{k_1} - 1 .$$

On remarquera que les valeurs le k_2 calculées de la sorte diffèrent plus entre elles d'une expérience à l'autre que les valeurs de k_1. Nos hypothèses ne sont donc qu'une première approximation. Il semble notamment que dans la vitesse de combustion du CO, l'oxygène intervient par une puissance légèrement inférieure à 0,4, mais nous n'avons pas assez d'expériences et elles sont trop peu précises pour trancher dès à présent la question.

Effet de la température.

Nous avons encore effectué plusieurs combustions à des températures différentes (expériences 10, 12, 14 et 16) (tableaux XIII, XIV, XV et XVI). Cinq températures distantes en moyenne de 15° ont été choisies. Dans le tableau XVII, nous donnons les valeurs de log. k_1 et de log. k_2/k_1 trouvées pour ces expériences et dans le diagramme de la figure 29, nous avons porté les logarithmes k_1 et de k_1/k_2 en fonction de I/T. Conformément à la loi

d'Arrhénius, nous obtenons deux droites correspondant respectivement à une énergie d'activation de 93.500 c et de 11.500 c.

Si E_1 et E_2 représentent respectivement les énergies d'activation de la combustion du méthane et de l'oxyde de carbone, nous aurons :

$$E_1 = 93.500 \text{ calories}$$
$$E_1 - E_2 = 11.500 \text{ calories.}$$

Tableau XIII.

Expérience 10

$P_0(CH_4)$: 9,82 $P_0(O_2)$: 19,63 T : 649,0°

Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	9,82	19,63	0	0	0
392	9,09	19,16	0,47	0,23	0
1.129	8,15	17,00	3,35	1,42	0,26
1.699	6,98	15,05	5,68	2,19	0,66
2.435	5,35	11,99	8,95	2,61	1,87
3.130	4,35	10,01	10,95	2,67	2,81
4.183	3,55	8,28	12,55	2,40	3,88
5.387	3,00	6,98	13,64	1,97	4,86
6.587	2,55	5,98	14,54	1,77	5,51

Tableau XIV.

Expérience 12

$P_0(CH_4)$: 9,82 $P_0(O_2)$: 20,22 T : 659,4°

Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	9,82	20,22	0	0	0
399	8,87	18,74	1,90	0,84	0,12
866	6,26	14,31	7,13	2,45	1,12
1.129	4,98	11,95	9,68	2,82	2,02
1.404	4,06	10,12	11,52	2,84	2,92
1.763	3,19	8,32	13,27	2,75	3,89
2.231	2,36	6,70	14,92	2,41	5,06
3.626	1,47	3,92	16,70	1,58	6,78

Tableau XV.

Expérience 14

$P_0(CH_4)$: 9,83 $P_0(O_2)$: 19,65 T : 678,7°

Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	9,83	19,65	0	0	0
121	7,69	16,29	4,28	1,76	0,39
182	5,78	12,94	8,11	2,80	1,26
243	3,88	9,42	11,91	3,36	2,60
303	2,48	7,60	13,71	3,33	3,53
397	1,93	5,28	15,81	2,89	5,02
485	1,50	4,31	16,66	2,64	5,70
668	1,15	3,35	17,37	2,15	6,54

Tableau XVI.

Expérience 16

$P_0(CH_4)$: 9,87 $P_0(O_2)$: 19,63 T : 692,6°

Temps en minutes	$P(CH_4)$	$P(O_2)$	$P(H_2O)$	$P(CO)$	$P(CO_2)$
0	9,87	19,63	0	0	0
76	3,96	9,58	11,82	3,54	2,37
137	1,81	5,06	16,13	3,12	4,95
207	1,07	3,35	17,60	2,44	6,37

Tableau XVII.

N°	T en degrés	I/T	log. k_1	log. $\frac{k_1}{k_2}$
10	649,0	0,001540	4,4440	0,2480
12	659,4	0,001517	4,9274	0,1903
5	669,9	0,001492	3,4133	0,1139
14	678,7	0,001473	3,8319	0,0607
16	692,6	0,001444	2,3802	0,0086

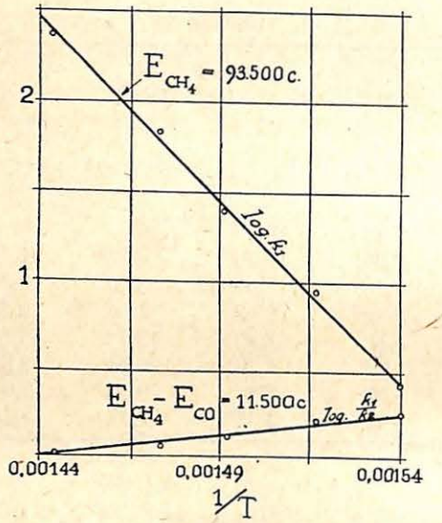


Fig. 29

Conclusions.

1° — Les produits directs de l'oxydation lente du méthane sont l'eau et l'oxyde de carbone. Ce dernier brûle ensuite pour donner de l'anhydride carbonique. Cette seconde combustion est intimement liée à la première par laquelle elle est en quelque sorte catalysée, car aux températures expérimentées, les mélanges humides d'oxyde de carbone et d'oxygène sont parfaitement inertes.

2° — Il a été prouvé expérimentalement que l'accélération de la combustion du méthane durant la première partie de la réaction est due à l'eau.

3° — Ces constatations ont permis d'établir avec précision les constantes régissant l'évolution du système, c'est-à-dire les constantes de vitesses k et les énergies d'activation E des combustions du méthane et de l'oxyde de carbone.

Elles sont :

a) pour le méthane

$$k_1 = \frac{v_1 \text{ (vitesse)}}{(CH_4)^{2,3}\,(O_2)^{0,4}\,(H_2O)} \qquad E_1 = 93.500 \text{ cal.}$$

b) pour l'oxyde de carbone

$$k_2 = \frac{v_2 \text{ (vitesse)}}{(CO)\,(CH_4)^{1,3}\,(O_2)^{0,4}\,(H_2O)} \qquad E_2 = 82.000 \text{ cal.}$$

Les exposants sont exacts à 0,1 près (erreur absolue).

Il nous est agréable d'exprimer notre reconnaissance à M. le professeur MUND de l'Université de Louvain pour les bons conseils qu'il nous a prodigués, surtout dans les moments difficiles.

Nous tenons également à reconnaître tout ce que nous devons à l'intérêt que M. FRIPIAT, directeur de l'Institut National des Mines, n'a cessé de nous témoigner au cours de ce travail accompli sous sa haute direction.

Nos remerciements s'adressent aussi à l'I.R.S.I.A. dont la généreuse intervention nous a permis de mener à bien ce travail.

Signalons pour finir que nous avons trouvé en M. FALLY, chimiste-assistant de l'Institut National des Mines, un aide intelligent et dévoué dont nous avons profité largement pour la réalisation de nos recherches.

Pâturages, le 21 janvier 1948.

M. VANPEE.

Institut National des Mines
à Frameries-Paturages

—

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1947

ANNEXE IV.

L'échange hydrogène-deuterium
dans la réaction
deuterium + méthane + oxygène

Recherche patronnée par l'I.R.S.I.A.

Thèse de doctorat de M. J. WYNEN
(Faculté des sciences de l'Université de Louvain.)
Prof. A. Van Tiggelen.

INTRODUCTION

La combustion du méthane a fait l'objet d'un grand nombre de travaux expérimentaux. Néanmoins, les opinions diffèrent quant au mécanisme de cette réaction et plus spécialement quant à la nature des produits intermédiaires instables jouant un rôle actif dans les explosions. Ces différences d'opinion proviennent du fait que l'instabilité des produits intermédiaires rend très difficile leur détection.

Pour éliminer ces difficultés, nous avons ajouté au mélange combustible de méthane, un mélange d'hydrogène et de deuterium. Les échanges H-D dans le méthane non brûlé et dans la fraction du mélange hydrogéné ayant échappé à la réaction nous permettent de tirer quelques conclusions précieuses sur la nature des radicaux intervenant dans la combustion du méthane.

I. DESCRIPTION DES PROCEDES EXPERIMENTAUX

A. — *Réactifs.*

La préparation du mélange $H_2 + D_2$ (*) a été faite à partir de NaOD. Cet NaOD provenait d'une préparation antérieure de D_2 où D_2O réagissait avec du sodium métallique (1).

(*) On désigne par D, le deuterium, isotope de l'hydrogène de poids atomique 2.

Par action de HCl gazeux sur NaOD dans le vide, nous avons obtenu HDO, que nous traitions alors selon une méthode décrite par l'un de nous (1) avec du Na métallique pour former finalement du HD. Nous obtenions donc un mélange d'hydrogène à 50 % de D_2 correspondant à la valeur théorique.

Ultérieurement, nous avons préparé un mélange $H_2 + D_2$ à partir de D_2O, H_2O et Na métallique (1). La concentration en D_2 de ce mélange était de 58,37 %.

L'oxygène provenait de $KMnO_4$ pur chauffé dans le vide.

Le méthane a été mis à notre disposition par l'Institut National des Mines, où il avait été purifié par distillation fractionnée à basse température (2). Sa pureté était d'au moins 99,9 % de CH_4.

Ag_2O a été préparé par action d'une solution concentrée de potasse sur une solution d'$AgNO_3$ en présence de granules de pierre ponce (3).

Le gel de silice a été soumis, avant emploi, au vide pendant au moins 6 heures à une température de ± 200° C.

B. — *Description des appareils.*

La figure 30 donne une représentation schématique de l'appareil utilisé.

La chambre de réaction R, en pyrex, est longue de 18,2 cm. et a un diamètre de 23 mm.

Sur le tube reliant la chambre de réaction à la chambre de mélange M, se trouve un index m_1 au-dessus du robinet r_4. Le volume de la chambre de réaction jusqu'à m_1 est de 76,63 cm^3.

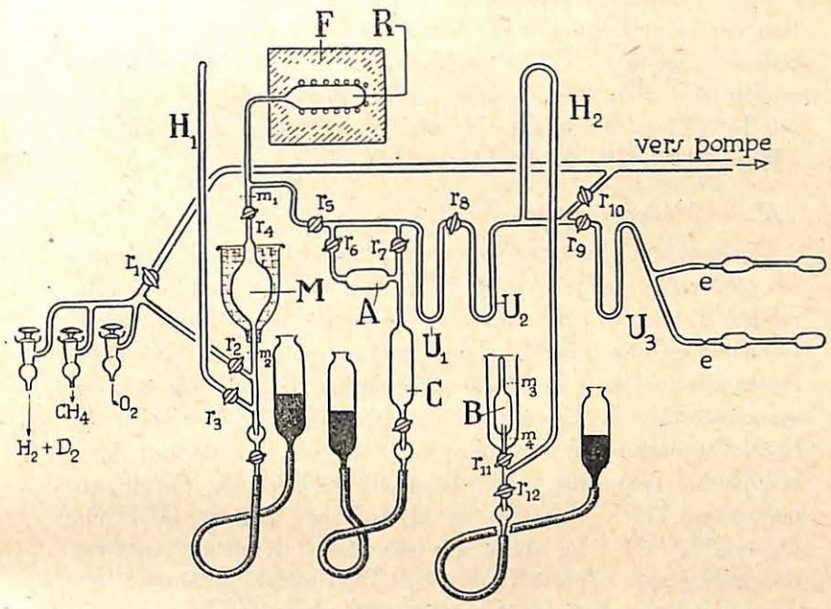
La température du four F, où s'accomplit la réaction, est donnée par un thermo-couple et peut se lire directement sur un cadran. Un rhéostat et un ampèremètre sont intercalés dans le circuit de chauffe du four, ce qui permet de maintenir constante la température du four par réglage de l'intensité du courant.

Un fil de résistance entoure les tubes allant de R aux robinets r_4 et r_5 afin que, par chauffage de ces tubes, soit évitée la condensation de l'eau formée au cours de la réaction.

Le volume de la chambre de mélange M de r_4 à l'index m_2 est de 167,25 cm^3. La chambre de mélange est entourée d'un manchon rempli d'eau dont le but est d'assurer la constance de la température au cours de la préparation du mélange gazeux.

Deux tubes latéraux relient M, l'un au manomètre par r_3, l'autre à la canalisation par r_4.

L'anse U_1 bourrée de gel de silice communique avec la chambre de réaction par l'intermédiaire du robinet r_5. Tous les réactifs et produits de réaction, à l'exception de H_2 et D_2, sont d'abord absorbés sur SiO_2 refroidi à la température de l'air liquide.



Il est donc possible de séparer l'hydrogène non brûlé des autres gaz. La chambre d'analyse A est remplie de Ag_2O qui transforme en CO_2 le CO formé au cours de la réaction et, en H_2O et D_2O, les traces de H_2 et D_2 qui auraient pu échapper au traitement précédent à la silice. Cette oxydation a lieu à une température de ± 110° C.

Dans le tube U_2 bourré de laine de verre, on peut condenser le CO_2 par refroidissement dans l'air liquide. Le CO_2 se mesure en le transvasant dans la jauge B. Le volume de B est de 9,968 cm^3 à partir de l'index m_4 et de 0,563 cm^3 à partir de l'index m_3.

Les tubes de Geissler se composent de deux réservoirs (diamètre intérieur 2 cm, longueur 5 cm) reliés par un capillaire (diamètre intérieur 1,5 mm, longueur ± 17 cm). Ils peuvent être chauffés à 400° C. dans des fours séparés (1).

Pour l'analyse spectrographique, les gaz des tubes de Geissler étaient soumis sous pression de ± 1,5 mm de Hg à une excitation par haute fréquence (Tesla), en utilisant des électrodes extérieures aux tubes (1). Le spectrographe était un Hilger, grand modèle (F_D.170). Nous avons employé deux sortes de plaques, soit les « Gevaert Graphic Normal Panchro-antihalo », soit les « Ilford Special Rapid Panchromatic ».

C. — *Mode opératoire.*

Dès que l'on obtient le vide complet dans l'appareil, on ferme les robinets r_1, r_2, r_3, r_4 et r_5. On ouvre ensuite un instant le robinet du réservoir d'hydrogène; l'ouverture de r_2 remplit alors la chambre de mélange M d'une certaine quantité de H_2 et D_2. Après avoir remonté le mercure jusqu'à m_2, on lit la pression au manomètre H_1. En ouvrant r_1, on pompe ensuite le restant de H_2 et D_2, puis par des manœuvres analogues, on introduit dans la chambre de mélange successivement CH_4 et O_2. On lit au manomètre H_1 les pression de $H_2 + D_2 + CH_4$ et de $H_2 + D_2 + CH_4 + O_2$. La différence des deux dernières pressions donne la pression partielle de O_2, tandis que la différence des deux premières est égale à la pression partielle de CH_4.

Le mélange des gaz étant alors préparé et dès que la température désirée est atteinte, on ouvre le robinet r_4 et on chasse les gaz dans la chambre de réaction R en remontant le Hg jusqu'à l'index m_1.

Le manomètre H_1 permet de mesurer la pression initiale, ainsi que de suivre les variations de pression au cours de la réaction.

Dès que l'on désire arrêter la réaction, on refroidit d'abord U_1

par l'air liquide, on ferme les robinets r_6, r_7 et r_8 et on ouvre le robinet r_5. On ferme alors les robinets r_{10} et r_{11} et ouvre r_8 par où le $H_2 + D_2$ non brûlé peut se répandre jusqu'aux tubes de Geissler, soumis préalablement au vide pendant ± 12 heures à 400° C.

Si la pression est supérieure à 1 à 2 mm Hg, on pompe prudemment une partie du gaz par r_9 et r_{10}. On retire ensuite un des fours et scelle le tube en « e ».

U_1 étant encore dans l'air liquide, on ouvre le robinet r_{10} et pompe le reste de l'hydrogène. On ferme ensuite r_5 et r_8, retire l'air liquide et ouvre r_6 et r_7. Par le va et vient du mercure en c et par la manœuvre successive des robinets r_6 et r_7, on s'assure du contact avec Ag_2O de tout le gaz compris entre r_5 et r_8.

Après deux à trois heures, on refroidit U_2 par l'air liquide, on ferme r_{10} et r_4 et ouvre r_8, r_6 et r_7. Le CH_4 se répand ainsi dans le second tube de Geissler qu'on remplit, cette fois encore, à 1 ou 2 mm Hg. Le CH_4 restant est évacué, U_2 étant toujours dans l'air liquide. Aussitôt le vide atteint, on ferme r_6, r_7, r_8 et r_{10} et on descend le mercure en-dessous de r_{12}.

On ouvre r_{11} et on remplace l'air liquide autour de U_2 par un mélange acétone-neige carbonique afin d'empêcher l'évaporation de l'eau condensée en U_2. On verse de l'air liquide dans le manchon autour de B de manière à ce que le CO_2 d'abord condensé en U_2 passe dans B. Après dix minutes de ce refroidissement, on remonte le mercure au-dessus de r_{11} et on ferme r_{11} et r_{12}. On retire le mélange réfrigérant qui entourait U_2 et on fait le vide par r_{10}. Après évaporation de l'air liquide du manchon de B, on remplit celui-ci d'eau et, aussitôt le vide atteint, on fait remonter le mercure jusqu'à m_4 ou m_3 (suivant la quantité de CO_2 à mesurer) en ouvrant r_{12} et r_{11}.

On note la température du bain autour de B et on lit la pression de CO_2 au manomètre H_2.

Tout en maintenant fermés les robinets r_1, r_2, r_8 et r_{11}, on laisse entrer l'air dans l'appareil de manière à pouvoir souder deux nouveaux tubes de Geissler. Ceux-ci sont soumis toute la nuit au vide à 400° C. de façon à être prêts le lendemain pour une nouvelle expérience.

D. — *Calcul des résultats.*

Sauf pour les expériences préliminaires, nous renseignerons toujours : la pression totale initiale, les pressions partielles des réactifs et la pression du CH_4 brûlé. Ce sont les pressions ramenées au volume de la chambre de réaction (76,65 cm^3) et à 273° K.

Voici, à titre d'exemple, ce calcul pour l'expérience 46. On introduit d'abord en M le mélange $H_2 + D_2$ (les gaz sont toujours introduits dans le même ordre). La pression lue au manomètre est de 6,98 cm. Par l'introduction de CH_4, la pression devient 8,02, donc :

$$P_{CH_4} = 8{,}02 - 6{,}98 = 1{,}04 \text{ cm.}$$

Après l'introduction d'O_2, la pression a passé à 11,54 cm, ce qui fait :

$$P_{O_2} = 11{,}54 - 8{,}02 = 3{,}52 \text{ cm.}$$

La température de M était restée pendant tout ce temps égale à 20,9° C.

La pression totale étant 11,54 :

$$\begin{aligned} \%\ H_2 + D_2 &= 6{,}98/11{,}54 = 60{,}48\ \% \\ \%\ CH_4 &= 1{,}04/11{,}54 = 9{,}01\ \% \\ \%\ O_2 &= 3{,}52/11{,}54 = 30{,}50\ \% \end{aligned}$$

La pression totale de 11,54 cm est celle régnant dans la chambre de mélange M (167,25 cm^3) à la température de 20,9° C.

A 273° K, la pression dans la chambre de réaction est :

$$\frac{167{,}25 \times 11{,}54}{273 + 20{,}9} = P_t \frac{76{,}65}{273}; \quad P_t = 23{,}389 \text{ cm Hg.}$$

$$\begin{aligned} P_{H_2 + D_2} &= 23{,}389 \times 0{,}6048 = 14{,}154 \text{ cm Hg.} \\ P_{O_2} &= 23{,}389 \times 0{,}305 = 7{,}133 \text{ cm Hg.} \\ P_{CH_4} &= 23{,}389 \times 0{,}0901 = 2{,}107 \text{ cm Hg.} \end{aligned}$$

La pression du CO_2 en B est de 9,51 cm Hg pour un volume de 9,968 cm^3 et à 22,55° C.

La pression calculée du CH_4 brûlé dans la chambre de réaction et à 273° K est donc :

$$P_{CH_4} = \frac{9{,}968 \times 9{,}51}{295{,}55} \times \frac{273}{76{,}65} = 1{,}143 \text{ cm. Hg.}$$

Le % D_2 dans le $H_2 + D_2$ restant et dans le CH_4 est déterminé spectrographiquement. A cet effet, le gaz des tubes de Geissler est excité par un courant de haute fréquence. La différence d'efficience $\Delta\varepsilon$ est déterminée par la méthode du secteur à échelons (4).

Pour le mélange hydrogène-deuterium :

$$\log \frac{H\%}{D\%} = \Delta\varepsilon - 0{,}05 \qquad (1)$$

Le pourcentage de D_2 dans CH_4 est calculé sur la base de l'équation :

$$\log \frac{H\%}{D\%} = \Delta\varepsilon - 0{,}033 \qquad (5)$$

II. RESULTATS EXPERIMENTAUX

A. — *Expériences préliminaires.*

Avant d'entreprendre une étude systématique de l'échange entre D_2 et CH_4, nous avons réalisé une série d'expériences préliminaires. Elles devaient nous donner une première idée des conditions et de l'importance de l'échange. Les résultats de ces essais figurent au tableau 1.

TABLEAU I

N°	% H_2+D_2	% CH_4	% O_2	temps de réaction en minutes	température °C.	% D_2 retrouvé dans H_2+D_2	% D_2 dans CH_4
1	23,87	44,22	31,90	15	380	44,82	néant
2	23,39	47,17	29,43	4,5	380	45,48	—
3	23,11	45,91	30,98	8	375	45,54	—
4	63,08	25,03	11,89	240	+ 600	17,78	23,84
5	44,10	37,7	18,15	120	537	?	13,93
6	60,78	39,22	néant	270	510	39,01	néant
7	34,92	20,58	44,50	150	539	?	15,82
8	27,82	17,02	55,15	60	500	?	± 5
9	65,17	34,83	néant (+H_2O)	120	535	?	± 4
10	63,20	33,91	2,88	120	»	24,12	13,66
11	65,40	34,60	néant (+D_2O)	110	»	41,81	5 à 6
12	65,16	34,84	»	120	»	45,77	± 3
13	65,03	34,97	»	240	»	38,52	±4,8
14	53,77	30,20	16,02	a) 30	510	?	14,74
				b) 120	»	?	16,57

La première colonne donne le numéro d'ordre des expériences; les colonnes 2, 3 et 4 : les concentrations initiales des réactifs. La colonne deux donne la concentration totale de l'hydrogène. Pour ces expériences, le mélange hydrogène répondait à la composition $H_2/D_2 = 1,00$.

La septième colonne fournit le % D_2 dans l'hydrogène non brûlé. Si aucune transformation n'avait lieu au cours de l'expérience, nous devrions retrouver la valeur 50.

La colonne huit indique le % D_2 dans le CH_4 non consommé. Pour ces expériences, l'appareil différait quelque peu de celui schématisé à la figure 1. A côté de la chambre d'analyse A contenant Ag_2O, se trouvait une autre chambre d'analyse remplie de gel de silice où étaient condensés les gaz après la réaction. Cette chambre d'analyse fut ensuite remplacée par l'anse U_1.

Dans les expériences 1, 2 et 3, le % D_2 dans l'hydrogène restant était un peu inférieur à la concentration initiale en D_2 de ce mélange. Cette variation de la teneur en deuterium pouvait en principe s'expliquer par une ou plusieurs des hypothèses suivantes :

1) formation de H_2 pendant la combustion;
2) différence de vitesse de combustion de H_2 et D_2;
3) différence de viscosité de H_2 et D_2 (se faisant surtout sentir au passage des capillaires);
4) différence d'absorption de H_2 et D_2 sur le gel de silice.

Les expériences suivantes ont été faites pour fixer ce point.

Expérience 15. — Un mélange H_2, D_2, CH_4, O_2 est introduit sur le gel de silice refroidi par l'air liquide sans avoir été chauffé au four préalablement. On détermine alors % D_2 de la manière habituelle et on trouve :

$D_2 = 45,81$ %, ce qui élimine les hypothèses 1 et 2.

Expérience 16. — Une partie d'un mélange $H_2 + D_2$ (teneur H/D : 1,00) est envoyée directement vers un des tubes de Geissler à travers un plus gros tube, tandis que l'autre partie du gaz atteint l'autre tube de Geissler par les capillaires où le gaz passe normalement après une combustion.

Dans les deux cas, on trouve $D_2 = 50$ %. Ce qui fait rejeter l'hypothèse trois.

Expérience 17. — Un mélange $H_2 + D_2$ (H/D = 1,00) est introduit dans la chambre d'analyse contenant le gel de silice La chambre d'analyse est refroidie par l'air liquide et pendant le refroidissement, on prélève une partie de l'hydrogène qu'on introduit dans un tube de Geissler (expérience 17a).

La chambre d'analyse est ensuite réchauffée à la température ambiante. On effectue alors une nouvelle prise d'hydrogène dans un autre tube de Geissler (expérience 17b).

La même opération est enfin menée après avoir replongé la chambre d'analyse dans l'air liquide (expérience 17c).

Voici les résultats obtenus :

17a $D_2 = 45$ %.
17b $D_2 = 48{,}64$ %.
17c $D_2 = 43{,}11$ %.

Ceci montre que la phase gazeuse du mélange hydrogéné change de concentration par traitement au gel de silice si ce dernier est refroidi à la température de l'air liquide. Nous avons, en effet, constaté que la pression d'hydrogène au-dessus du gel de silice refroidi dans l'air liquide était inférieure à celle que laisserait prévoir le seul effet de l'abaissement de température. Il fallait donc admettre que D_2 et H_2 était absorbé par le gel de silice aux basses températures, tout en gardant une certaine tension de vapeur. L'expérience 17 montre que D_2 est absorbé plus fortement qu'H_2 sur SiO_2.

Les expériences 4, 5, 6 et 14 font apparaître un échange considérable entre CH_4 et D_2 aux températures de 500 à 600° C. L'expérience 14 nous donne en outre une première idée de l'influence de la durée de réaction. Il faut surtout remarquer l'échange minime en absence d'O_2 (exp. 6 et 13) ou dans les mélanges trop riches en O_2 (exp. 8).

Dans l'expérience 9, on brisait dans la chambre de réaction un capillaire rempli d'H_2O juste avant l'introduction des réactifs. La même opération a été faite avec D_2O dans les expériences 11 et 12. Le résultat, semblable à celui des expériences 6 et 13, montre le peu d'action de la vapeur d'H_2O ou de D_2O; il en sera tout autrement pour O_2.

B. — *Influence de O_2 sur l'échange.*

Nous avons mis cet effet en évidence par deux séries d'expériences. Dans toutes les deux, les pressions de CH_4 et $H_2 + D_2$ étaient maintenues constantes, tandis que l'on faisait varier la pression d'O_2. Chaque fois, la température de la chambre de réaction était de 508° C. et la durée de réaction de 30 minutes

Dans la première série (tableau 2), le mélange hydrogéné contenait 50 % D_2 et 50 % H_2; dans la seconde (tableau 3), le mélange titrait 58,37 % D_2.

Les pressions figurant dans les tableaux sont ramenées au volume de la chambre de réaction et à 273° K.

Dans les expériences 34 et 36 du tableau 2 et 48 du tableau 3, le mélange a explosé sitôt introduit dans la chambre de réaction. Il fut analysé ensuite et la proportion de $CO + CO_2$ trouvé indiquait une combustion complète du CH_4; aussi l'échange dans le CH_4 n'a-t-il pu être mesuré dans ces trois cas.

Ces explosions laissent suffisamment d'hydrogène pour la détermination de l'importance de l'échange dans le mélange hydrogéné résiduel.

TABLEAU II

N°	P total	$P_{H2} + P_{D2}$	P_{CH4}	P_{O2}	% D_2 dans CH_4	% D_2 dans H_2+D_2
18	16,35	10,47	5,88	0	± 3,5	41,98
19	16,53	10,43	5,86	0,24	8,15	—
20	16,83	10,56	5,93	0,34	—	32,16
21	17,50	10,45	5,87	1,17	14,76	27,79
22	18,67	10,45	5,87	2,34	16,46	26,22
23	20,45	10,47	5,88	4,09	17,09	25,16
24	21,26	10,45	5,87	4,92	19,75	26,61
25	23,09	10,47	5,88	6,74	18,24	25,39
26	24,06	10,37	5,83	7,85	17,00	29,75
27	24,71	10,47	5,88	8,35	15,75	29,33
28	24,91	10,45	5,87	8,58	14,60	28,47
29	25,09	10,46	5,88	8,74	15,96	27,02
30	25,45	10,42	5,85	9,18	14,09	27,35
31	26,59	10,46	5,87	10,25	13,62	25,75
32	27,25	10,47	5,88	10,90	14,05	—
33	27,64	10,47	5,88	11,28	18,52	—
34	27,80	10,48	5,89	11,42	—	22,83
35	28,54	10,46	5,88	12,19	17,21	31,26
36	29,35	10,49	5,89	12,96	—	26,31

TABLEAU III

N°	P total	$P_{H2} + D2$	P_{CH4}	P_{O2}	$P_{CO} + CO2$	% D_2 dans CH_4	% D_2 dans H_2+D_2
37	16,35	14,22	2,12	0	0,02	± 5,5	52,26
38	16,33	13,62	2,03	0,58	0,12	11,38	51,55
39	17,79	14,23	2,12	1,44	0,20	20,06	49,65
40	18,22	14,10	2,10	1,98	0,27	23,20	51,54
41	18,54	13,82	2,06	2,65	0,35	26,76	47,60
42	19,81	14,06	2,09	3,65	0,54	27,26	45,45
43	20,79	14,17	2,11	4,50	0,65	27,37	49,58
44	21,95	14,19	2,11	5,64	0,94	—	49,19
45	22,32	14,10	2,10	6,12	1,01	25,86	48,78
46	23,38	14,13	2,10	7,13	1,14	25,08	51,33
47	24,27	14,04	2,09	8,12	1,16	24,61	—
48	24,43	13,94	2,07	8,40	2,16	—	57,93
49	26,44	14,07	2,10	10,26	1,55	15,96	58,07

Le graphique I, figure 31, représente, pour les deux séries d'expériences, l'échange dans CH_4 et dans $H_2 + D_2$ en fonction de la pression de O_2.

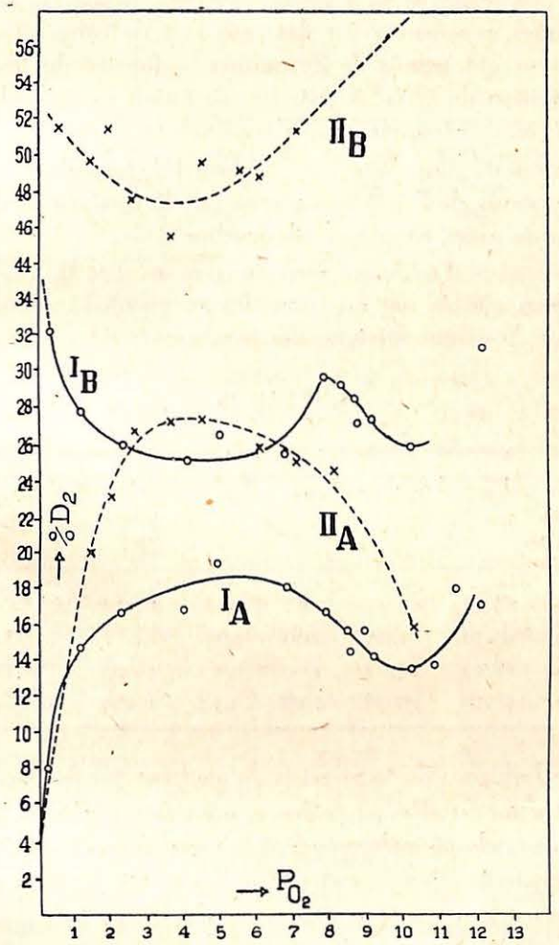
Les courbes I^A et II^A donnent % D_2 dans le CH_4 non consommé pour les expériences des tableaux II et III, tandis que les courbes I^B et II^B donnent le % D_2 dans $H_2 + D_2$ restant.

Le % D dans $H_2 + D_2$ pour les essais ayant donné lieu à des explosions n'est pas porté sur le graphique. Celui-ci montre que les courbes A et B forment des images spéculaires et que la somme % $D_{CH4} + D_{H2} + D2$ est constante pour une même série.

De ces tableaux, il ressort que le pourcentage initial de D_2 était de 23,50 % dans la première série série et de 45 % dans la seconde, calculé sur la totalité de l'hydrogène.

Pour la première série, $P_{H2} + D2$ était égal à 10,45 et $P_{CH4} = 5,8$; pour la deuxième, $P_{H2} + D2 = 14,1$ et $P_{CH4} =$

2,1. Malgré cette différence considérable, les résultats des deux séries sont entièrement comparables. En accord avec les expériences préliminaires, on constate que l'échange est très faible en absence d'O_2. L'addition de 10 à 15 % d'O_2 exalte considérablement l'échange; celui-ci passe par un maximum pour 20



à 25 % O_2. Une plus grande proportion d'O_2 diminue alors l'échange. L'allure spéciale des courbes I^A et I^B au delà de $P_{O2} = 8$ cm, s'explique par le développement des chaînes ramifiées. Ceci est confirmé par les explosions que nous avons observées dans ce domaine.

C. — *Influence de la durée de réaction.*

Quelques expériences sur des mélanges de composition constante nous ont permis de déterminer l'influence du temps sur la combustion du CH_4. A cette fin, on faisait varier la durée de réaction, tout en maintenant la température à 505° C.

Les résultats sont donnés au tableau IV. La valeur sensiblement constante de $P_{CO} + CO_2$, prouve que la combustion du CH_4 est terminée après 10 minutes de réaction.

Les réactions d'échanges se prolongent au delà de ces 10 minutes, bien que ce soit au cours des 10 premières minutes que la vitesse d'échange atteigne son maximum.

TABLEAU IV

N°	Durée réaction en minutes	P_{tot}	$P_{H2} + D2$	P_{CH4}	P_{O2}	% D_2 dans CH_4	% D dans $H2 + D2$	$P_{CO} + CO_2$
50	10	18,24	13,97	2,08	2,18	14,20	55,71	0,54
51	20	18,30	14,03	2,09	2,17	14,17	54,68	0,54
52	40	18,27	14,02	2,09	2,17	16,09	53,05	0,55
53	80	18,19	13,98	2,08	2,15	17,20	52	0,55

D. — *Influence de la pression de méthane sur l'échange.*

Pour mettre cet effet en évidence, nous avons effectué la combustion de quelques mélanges dont la pression en O_2 et $H_2 + D_2$ restait constante. $P_{H2} + D2 = 14,15$; $P_{O2} = 2,81$.

Les gaz étaient portés pendant 30 minutes à la température de 508° C. P_{CH4} variait d'une expérience à l'autre comme indiqué à la colonne 2 du tableau V. Etant donné que $P_{H2} + D2$ restait constant, le pourcentage initial de D_2 était d'autant plus petit qu'était plus forte la teneur en méthane. Aussi, la colonne 6 indique-t-elle les pourcentages initiaux en D_2 correspondant aux différentes pressions de méthane. La dernière colonne donne la valeur obtenue en additionnant % D_{CH4} et % $D_{H2} + D2$ et en divisant par 2.

TABLEAU V

N°	P_{CH4}	% D_2 dans CH_4 res.	% D_2 dans $H_2 + H_2$ res.	$P_{CO} + CO_2$	% D_2 ds. mélange total	½ (% D_{CH4} + % $D_{H2} + D_2$)
54	2,10	24,20	50,68	0,48	44,96	37,44
55	3,55	24,55	45	0,61	38,72	34,77
56	6,06	15,26	39,45	0,85	31,45	27,55
57	9,02	12,61	39,41	0,85	25,69	26
58	13,12	11,73	33,33	1,21	20,45	22,53

E. — *Influence de la température sur la combustion et l'échange.*

Dans ces expériences, les mélanges avaient la même composition. La pression totale ramenée au volume de la chambre de réaction et à 273° K. était de 16 cm Hg comprenant : 44,59 % D_2, 31,81 % H_2, 11,40 % CH_4 et 12,20 % O_2.

Aux températures inférieures, la durée de réaction était prolongée afin d'assurer un échange suffisant pour une mesure précise.

Les résultats sont consignés au tableau VI. Les colonnes 4, 5 et 6 indiquent le % D_2 trouvé dans $H_2 + D_2$ et CH_4, ainsi que la quantité de CH_4 brûlé. Partant d'un mélange hydrogéné à 58,37 % de D_2, l'échange dans $H_2 + D_2$ est donné par 58,37, diminuée de la valeur expérimentale de % $D_{H2} + D2$ trouvée dans l'hydrogène résiduel.

Les colonnes 7, 8 et 9 indiquent l'échange dans $H_2 + D_2$ et CH_4 ainsi que $P_{CO} + CO_2$ rapporté à une durée de réaction de cinq minutes.

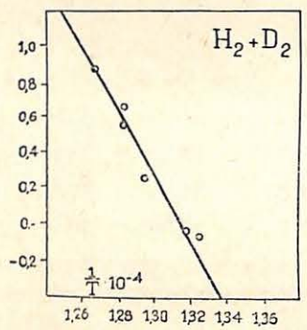
Les logarithmes des valeurs des colonnes 7, 8 et 9 ont été portés sur les graphiques 2, 3 et 4 en fonction de I/T.

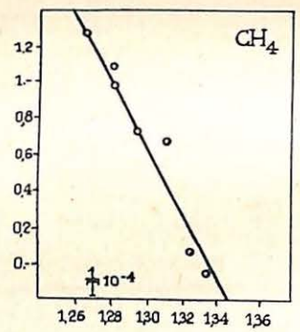
Les pentes des droites ainsi obtenues sont respectivement :

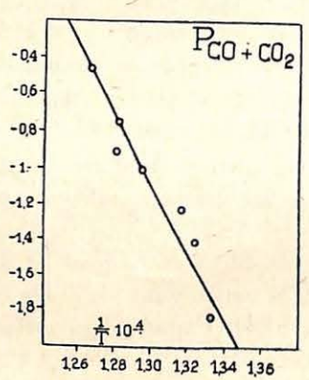
graphique 2 (échange du $H_2 + D_2$) : $18{,}6.10^4$

graphique 3 (échange du CH_4) : $19{,}3.10^4$

graphique 4 (combustion de CH_4) : $19{,}5.10^4$







ce qui donne 87 ± 8 Kcal comme énergie d'activation globale pour ces réactions.

TABLEAU VI

N°	Durée de la réaction en minutes	Temp. en ° C.	% D_2 dans $H_2 + D_2$	% D_2 dans CH_4	$P_{CO} + CO_2$	Echange dans $H_2 + D_2$	Echange dans CH_4	$P_{CO} + CO_2$ ramené à 5 minutes
59	5	515,5	51,13	18,57	0,35	7,26	18,57	0,353
60	10	507	51,45	18,77	0,24	3,46	9,38	0,123
61	10	507	49,9	24,00	0,35	4,25	12,00	0,175
62	20	498	51,26	21,05	0,27	1,77	5,26	0,067
63	20	486	54,67	18,44	0,23	0,92	4,61	0,058
64	30	482	53,53	20,25	0,23	0,84	3,37	0,038
65	40	476,5	?	6,98	0,11	?	0,87	0,014

III. DISCUSSION DES RESULTATS

A. — *Schéma de réaction.*

Nos expériences montrent que pour la combustion du CH_4 ainsi que pour la réaction d'échange, on obtient une ligne droite en portant log. V (V : vitesse des différentes réactions) en fonction de I/T (graphiques 3, 4 et 5).

Or, comme dans un processus en chaînes ramifiées l'énergie d'activation est fonction de la température, nous devons donc conclure que nous nous trouvons en présence de chaînes rectilignes non ramifiées.

Bonhoefer et Reichhardt (6) donnent 10^{-4} à 10^{-5} comme valeur de la concentration en radicaux OH dans la flamme de l'hydrogène. Ceci pour une température d'environ 1700° C. Il est donc permis de croire que dans nos expériences (500° C) la concentration en radicaux OH est considérablement plus petite (10^{-9} ?).

D'après Semenoff (7), le nombre de collisions subie par un radical avant sa disparition à la paroi est donnée par la formule :

$$V = 0{,}1 \frac{d^2}{\lambda^2}$$

d : diamètre de la chambre de réaction cylindrique;

λ : libre parcours moyen,

ce qui nous fait un nombre moyen de chocs de l'ordre de 10^9 avant d'atteindre la paroi. Et comme la concentration en radicaux est du même ordre de grandeur que l'inverse du nombre de chocs avant la paroi, la disparition des radicaux à la paroi sera beaucoup plus probable que la recombinaison de 2 radicaux entr'eux.

De même, on peut prévoir les conditions d'une ramification éventuelle des chaînes. En supposant que l'énergie d'activation des réactions de branchement possibles :

$$CH_3 + H_2 \rightarrow CO + 2H + OH \quad \text{ou}$$
$$CH_3 + H_2 \rightarrow CH + 2OH$$

soit d'environ 40.000 K cal. (8), on trouve pour la probabilité d'une telle réaction :

$$\frac{(O_2)}{p} \cdot e^{-\frac{40.000}{RT}} \cong 10^{-12}$$

p étant la pression totale et O_2 la pression partielle de l'oxygène.

Il faudrait donc pour qu'une réaction de branchement ait lieu, que le radical subisse au moins 10^{12} collisions avant d'atteindre la paroi. Ce nombre n'étant, comme nous l'avons dit plus haut, que de 10^9, les chaînes ne seront pas ramifiées.

Le schéma réactionnel peut donc être doublement simplifié : ne pas présenter de branchement de chaînes ni de recombinaisons de radicaux entr'eux. Tenant compte de ceci, nous proposons le schéma suivant pour interpréter nos résultats expérimentaux :

1) $CH_4 \rightarrow CH_2 + H_2$
2) $CH_2 + H_2 \rightarrow CH_4$
3) $CH_2 + O_2 \rightarrow COH + OH$
4) $CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$
5) $H_2 + OH \rightarrow H_2O + H$
6) $H + O_2 \rightarrow OH$
7) $CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH$
8) $CH_3 + D_2 \rightarrow CH_3D + D$
9) $D + CH_4 \rightarrow CH_3 + HD$
10) $OH \rightarrow$ paroi
11) $CH_3 \rightarrow$ paroi
12) $H \rightarrow$ paroi

Les chaînes de l'échange dans CH_4 et $H_2 + D_2$ sont représentées dans ce schéma par les réactions 8 et 9.

Le choc entre un radical CH_3 et une molécule D_2 donne CH_3D (échange pour CH_4) et un atome D. L'atome D réagit alors suivant 9 avec CH_4 pour reformer un radical CH_3 et une molécule HD (échange dans le mélange hydrogéné par apport d'hydrogène léger).

Les maillons des chaînes de la combustion du méthane sont les réactions 4 et 7; les centres actifs étant CH_3 et OH en accord avec les idées actuelles sur la combustion du méthane (8) et (9).

La combustion de l'hydrogène se déroule suivant les réactions 5 et 6. Comme pour le méthane, nous n'admettons pas ici de chaînes ramifiées, de sorte que la réaction 6 ne peut conduire à la formation simultanée de OH et O. La réaction 6 ne donne que le résultat global d'un choc $H + O_2$. Il est en effet inutile de connaître les produits intermédiaires éventuels (par ex.: HO_2). Nous admettons simplement que toute collision $H + O_2$ aboutit à la formation d'un seul radical OH.

Les chaînes se terminent par les réactions de paroi 10, 11 et 12. Il va de soi, qu'à l'exception de la réaction 1, où H_2 représente

toujours la molécule d'hydrogène léger, H_2 peut être remplacé par D_2 et vice-versa.

Passons maintenant à l'interprétation de nos résultats dans le cadre de ce schéma.

Envisageons d'abord la réaction primaire, puis les différentes chaînes.

B. — *La réaction primaire.*

L'énergie d'activation de la combustion du méthane est d'environ 93,5 Kcal (10). Le fait que nous trouvons, en bon accord avec cette valeur, 87 ±8 Kcal. montre que, même en présence d'hydrogène, la réaction primaire fait intervenir le méthane. Ceci correspond d'ailleurs à la constatation selon laquelle l'énergie d'activation de la combustion de H_2 serait d'environ 120 Kcal. (11). Quant à la pyrolyse du CH_4, son énergie d'activation est de 79 Kcal.(12).

Si nous supposons que le processus primaire est la dissociation du méthane, l'énergie d'activation de la combustion sera : 79 Kcal. + E_3 + E_4.

(E_i : énergie d'activation de la i^e réaction du schéma),
ce qui nous donne le total de 89 Kcal. (13).

De la concordance de ce chiffre avec la valeur expérimentale, nous croyons pouvoir conclure que la réaction primaire n'est autre que la dissociation thermique du méthane.

Malgré qu'il n'y ait pas de certitude absolue sur la nature des radicaux que donne la scission primaire du CH_4, il existe des raisons de préférer la réaction a) (14)

$$a)\ CH_4 \rightarrow CH_2 + H_2$$
$$b)\ CH_4 \rightarrow CH_3 + H$$

Nous résultats nous conduisent aussi à admettre la scission suivant a). La présence ou l'absence d'O_2 n'est pas nécessaire pour la formation primaire de radicaux CH_3 si la dissociation du méthane se fait suivant b) : d'après b), l'oxygène n'aurait pas d'influence sur l'échange, puisque la chaîne de l'échange se fait à l'intervention des radicaux CH_3. Or, nos expériences montrent

au contraire que l'échange est nettement plus faible en l'absence d'O_2.

Le schéma suivant donne une bonne interprétation des faits expérimentaux :

$$a)\ CH_4 \rightarrow CH_2 + H_2$$
$$c)\ CH_2 + D_2 \rightarrow CH_2D_2$$
$$d)\ CH_2 + CH_4 \rightarrow 2\,CH_3$$

Les réactions a) et c) ne donnent pas lieu à un échange très important, n'étant pas des processus en chaîne. D'autre part, l'énergie d'activation d'un processus combinant a) et d) serait : 79 + 44 = 123 Kcal (12). Cette valeur de beaucoup supérieure à l'énergie d'activation de la combustion du méthane, montre que l'échange ne peut se faire que difficilement suivant d) et explique l'exaltation de l'échange en présence d'oxygène.

En présence d'oxygène, la filiation du radical CH_3 est la suivante :

$$CH_4 \rightarrow CH_3 + H_2,\ CH_2 + O_2 \rightarrow COH + OH,$$
$$OH + CH_4 \rightarrow CH_3 + H_2O$$

Le radical CH_3 se trouve ainsi formé à meilleur compte qu'en absence d'oxygène.

C. — *Combustion du méthane.*

Nous considérons CH_3 et OH comme centres actifs dans les chaînes de combustion du CH_4. Les radicaux OH proviennent de l'action des CH_2 sur O_2. Les chaînes de la combustion du CH_4 sont représentées par les réactions 4 et 7.

$$4)\ CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$$
$$7)\ CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH$$

Semenoff (7) donne pour la vitesse d'une réaction en chaînes rectilignes :

$$V = 0{,}1 \frac{d^2}{q\lambda^2} . N_0$$

où N_0 = nombre de centres actifs formés par unité de volume; et unité de temps.

d = diamètre de la chambre de réaction;

λ = libre parcours moyen;

q = nombre moyen de collisions d'un centre actif avant la réactions de propagation.

Le nombre de centres actifs (OH) formé par unité de volume est : $N_0 = K_3 (CH_2) (O_2)$.

Les réactions 1, 2 et 3 nous donnent la concentration stationnaire en CH_2 :

$$K_1(CH_4) = K_3(CH_2)\ (O_2) + K_2(CH_2)\ (H_2)$$

$$\text{d'où :}\quad (CH_2) = \frac{K_1(CH_4)}{K_3(O_2) + K_2(H_2)}$$

$$\text{donc :}\quad N_0 = \frac{K_1 K_3\ (CH_4)\ (O_2)}{K_3(O_2) + K_2(H_2)}$$

1/q est la probabilité pour que la collision d'un centre actif soit suivie de réaction.

Pour OH, cette probabilité est :

$$\frac{1}{q_{OH}} = \frac{(CH_4)}{P}\, e^{-\frac{E_4}{RT}}$$

Comme les chaînes font intervenir OH et CH_3, nous devons également tenir compte de l'efficacité des collisions du radical CH_3 :

$$\frac{1}{q_{CH3}} = \frac{(O_2)}{P}\, e^{-\frac{E_7}{RT}}$$

Nous obtenons donc comme valeur moyenne de q :

$$q = \frac{1}{2}(q_{OH} + q_{CH3}) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\frac{(CH_4)}{P} e^{-\frac{E_4}{RT}}} + \frac{1}{\frac{(O_2)}{P} e^{-\frac{E_7}{RT}}}\right)$$

$$q = \frac{1}{2}\,\frac{(CH_4)e^{-\frac{E_4}{RT}} + (O_2)e^{-\frac{E_7}{RT}}}{\frac{(O_2)\,(CH_4)}{P}\, e^{-\frac{E_4+E_7}{RT}}}$$

En substituant q et N_0 par leurs valeurs dans l'équation de Semenoff, nous trouvons pour la vitesse de combustion de CH_4 :

$$V_{CH4} = 0{,}2\,\frac{d^2}{\lambda^2}\cdot\frac{K_3(O_2)\,K_1(CH_4)}{K_3(O_2) + K_2(H_2)}\cdot\frac{\frac{(O_2)\,(CH_4)}{P}\, e^{-\frac{E_4+E_7}{RT}}}{(CH_4)e^{-\frac{E_4}{RT}} + (O_2)e^{-\frac{E_7}{RT}}}$$

Nous voyons donc que la vitesse de combustion du CH_4 dépend de la concentration des trois réactifs CH_4, H_2 et O_2.

En présence d'une grande quantité d'O_2, $K_2 (H_2)$ devient petit vis-à-vis de $K_3 (O_2)$ et $(CH_4)e - E_4/RT$ vis-à-vis de $(O_2)e - E_7/RT$, ce qui donne alors l'ordre zéro pour O_2.

Le même raisonnement conduit à attribuer l'ordre 1 à O_2 en présence de peu d'oxygène. L'ordre du méthane varie de 1 à 2 suivant que la teneur en méthane est forte ou minime. Enfin, l'ordre de H_2 varie de 0 à -1 suivant qu'il y a peu ou beaucoup d'H_2.

L'ordre de O_2 dans la combustion du CH_4 est égal à 1 d'après Norrish (15), tandis que Vanpée (10) trouve 0,4. Ces auteurs donnent respectivement 2 et 2,3 pour le méthane.

Quelques expériences non décrites semblent indiquer un ordre quelque peu inférieur à zéro pour H_2. A part la valeur 2,3 pour l'ordre du méthane, il y a une bonne concordance entre les résultats expérimentaux et ceux fournis par notre formule de la vitesse de réaction.

Remarquons encore qu'au cours de la réaction plusieurs espèces moléculaires sont présentes et que λ ne peut être qu'une valeur moyenne du libre parcours moyen. La substitution de λ par sa valeur exacte ne change en rien les conclusions qualitatives. La simplification a été faite afin de conserver une forme simple aux équations. Pour le même motif, nous n'avons tenu aucun compte des facteurs stériques lors du calcul des probabilités des collisions efficaces des radicaux CH_3 ou OH.

D. — *Combustion de l'hydrogène.*

Les réactions 5 et 6 de notre schéma constituent les maillons des chaînes de la combustion de l'hydrogène :

5) $H_2 + OH \rightarrow H_2O + H$

6) $H + O_2 \rightarrow OH$

Un calcul identique à celui de C nous conduit à la formule suivante pour la combustion de l'hydrogène :

$$V_{H_2} = 0{,}2 \cdot \frac{d^2}{\lambda^2} \cdot \frac{K_3(O_2)\,K_1(CH_4)}{K_3(O_2) + K_2(H_2)} \cdot \frac{\frac{(H_2)}{P} \cdot (O_2) \cdot e^{-\frac{E_6+E_5}{RT}}}{H_2 \cdot e^{-\frac{E_5}{RT}} + (O_2)\, e^{-\frac{E_6}{RT}}}$$

Cette combustion est donc de l'ordre 1 par rapport au méthane, tandis que l'ordre par rapport à H_2 varie de -1 à $+1$ suivant qu'il y a beaucoup ou peu d'H_2.

Nos expériences (étant donné le temps de réaction relativement long de 30 minutes) nous renseignent plutôt sur l'avancement de la réaction que sur sa vitesse. Nous pouvons cependant comparer la vitesse de combustion de l'hydrogène et celle du méthane : on constate, en effet, que dans les deux séries d'expériences relatives à l'influence de l'O_2 sur l'échange, la somme % D_2 dans CH_4 plus % D_2 dans $H_2 + D_2$ reste constante.

Dans la première série, tableau 11, elle était de ± 44. Le pourcentage initial total en D_2 était 25,5 pour toutes les expériences de la première série pour un mélange hydrogéné à 50 % D_2.

Pour une expérience sans aucun échange, on devrait donc trouver :

$$\%\, D_{CH_4} + \%\, D_{H_2} + {}_{D_2} = 0 + 50$$

pour un échange complet :

$$\%\, D_{CH_4} + \%\, D_{H_2} + {}_{D_2} = 25{,}5 + 25{,}5 = 47$$

Dans nos expériences, nous n'avions jamais :

$$\%\, D_{CH_4} = \%\, D_{H_2} + {}_{D_2}$$

de telle sorte que jamais l'échange ne fut complet. Néanmoins, le fait de trouver une somme constante mais inférieure à 47 conduit à penser que globalement, il y a une perte en deuterium dans les gaz qui ont échappé à la combustion.

Ceci peut s'expliquer par une combustion plus rapide de l'hydrogène que du méthane (le deuterium se trouvant au début uniquement incorporé à l'hydrogène).

Le rapport de l'hydrogène brûlé au méthane brûlé croît évidemment avec la pression d'hydrogène et décroît avec la pression du méthane. On doit donc s'attendre à ce que :

Pour $\dfrac{V_{H_2}(CH_4)}{V_{CH_4}(H_2)} > 1$ (combustion proportionnellement plus rapide de H_2)

$$\frac{1}{2}(\%\, D_{CH_4} + \%\, D_{H_2} + {}_{D_2})$$

trouvé < % initial global en D_2

Pour $\frac{V_{H_2}(CH)_4}{V_{CH_4}(H_2)} = 1$ alors ½ $(\%\, D_{CH_4} + \%D_{H_2} + {}_{D_2})$ trouvé = % initial global en D.

Pour $\frac{V_{H_2}(CH)_4}{V_{CH_4}(H_2)} < 1$ alors ½ $(\%\, D_{CH_4} + \%\, D_{H_4} + {}_{D_2})$ trouvé > % initial global en D.

Dans nos expériences relatives à l'influence de la pression de CH_4 sur l'échange, nous avons maintenu constante la pression d'hydrogène ($P_{H_2} = 14{,}1$) en faisant varier la pression de méthane.

Dans la première expérience, il y avait manifestement beaucoup plus d'H_2 que de CH_4. L'hydrogène brûlait donc proportionnellement plus vite que le méthane et

$$\frac{1}{2}(\%\, D_{CH_4} + \%\, D_{H_2} + {}_{D_2})$$

trouvé était plus petit que le % initial global de D_2.

Au fur et à mesure de l'augmentation de P_{CH_4}, $\frac{V_{H_2}(CH_4)}{V_{CH_4}(H_2)}$ diminue de plus en plus. Pour $P_{CH_4} = 9$, ($P_{H_2} = 14{,}1$) et $\frac{1}{2}(\%\, D_{CH_4} + \%\, D_{H_2} + {}_{D_2})$ est trouvé égal au initial global de D_2. Nous en déduisons que pour cette expérience :

$$\frac{V_{H_2}(CH_4)}{V_{CH_4}(H_2)} = 1.$$

Ces résultats sont illustrés par le graphique 5. La courbe II représente la variation du % initial global de D_2 en fonction de la pression de méthane.

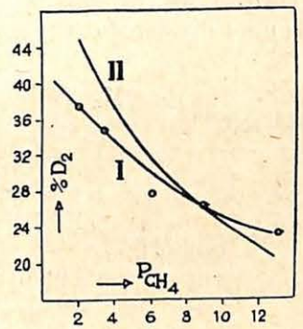
La courbe I donne les valeurs expérimentales de

$$\frac{1}{2}(\%\, D_{CH_4} + \%\, D_{H_2} + {}_{D_2})$$

en fonction de P_{CH_4}.

Comme dans la seconde série d'expériences sur l'influence de O_2, P_{CH_4} est plus petit et P_{H_2} plus grand que dans la première, on doit trouver :

$$\frac{V_{H_2}(CH_4)}{V_{CH_4}(H_2)} \text{ (série 1)} < \frac{V_{H_2}(CH_4)}{V_{CH_4}(H_2)} \text{ (série 2)}$$



Dans la seconde série, l'hydrogène brûle proportionnellement beaucoup plus que dans la première. Il en résulte, en accord avec notre théorie, que la différence entre

$$\frac{1}{2}\%\, D_{CH_4} + \%\, D_{H_2} + {}_{D_2})$$

et le pourcentage global et initial de deuterium sera beaucoup plus grand dans la seconde série d'expériences que dans la première.

E. — *Les réactions d'échange.*

Les chaînes des réactions d'échange dans le CH_4 et $H_2 + D_2$ sont représentées par les réactions 8 et 9.

8) $CH_3 + D_2 \rightarrow CH_3D + D$

9) $CH_4 + D \rightarrow CH_3 + HD$

Seuls interviennent les radicaux CH_3 et H, que nous représenterons désormais par la seule lettre R. Ces radicaux R sont donc les centres actifs des chaînes d'échange.

Lors de la discussion du schéma de réaction, nous avons montré que le seul mode possible de disparition des radicaux est la disparition sur la paroi. Il est clair que pour des raisons de stationnarité, le nombre total de radicaux doit demeurer constant au cours de la réaction. Ceci est également vrai pour les radicaux R et OH séparément. Il résulte de cette stationnarité que le nombre de radicaux OH formés par unité de temps doit être égal au nombre de ces radicaux qui disparaissent dans le même temps. On peut donc tirer des équations 6, 7, 4 et 5 du schéma de réaction :

$$\frac{(H)\,(O_2)}{P}\,e^{-\frac{E_6}{RT}} + \frac{(O_2)\,(CH_3)}{P}\,e^{-\frac{E_4}{RT}} =$$

$$\frac{(OH)\,(CH_4)}{P}\,e^{-\frac{E_4}{RT}} + \frac{(OH)\,(H_2)}{P}\,e^{-\frac{E_5}{RT}}$$

et comme $E_5 \cong E_4 = 8.500$ cal et que E_6 et E_7 sont très petits :

$$(R)(O_2) = OH)\,\{\,(CH_4) + (H_2)\,\}\,e^{-8500/RT}$$

$$\text{donc :}\quad \frac{(R)}{(OH)} = \frac{(CH_4) + (H_2)}{(O_2)}\,.\,e^{-\frac{8.500}{RT}}$$

ce qui donne pour le pourcentage de R :

$$R\,\% = \frac{(R)}{(R) + (OH)} = \frac{1}{1 + \dfrac{(O_2)}{(CH_4) + (H_2)}\,.\,e^{\frac{8.500}{RT}}}$$

Le calcul de la vitesse d'échange nécessite la connaissance du nombre des radicaux R. Ce nombre est égal au % de radicaux R

multiplié par le nombre total de radicaux formés par la réaction primaire (soit N°).

Nous trouvons donc pour la vitesse d'échange $V_{H\text{-}D}$:

$$V_{H\text{-}D} = 0{,}2\,\frac{d^2}{\lambda^2}\,.\,\frac{K_3(O_2)\;K_1(CH_4)}{K_3(O_2) + K_2(H_2)}\,.\,\frac{1}{1 + \dfrac{(O_2)}{(CH_4) + (H_2)}\,e^{\frac{8500}{RT}}}$$

$$\frac{\dfrac{(H_2)\,(CH_4)}{P}\,.\,e^{-\frac{E_9 + E_8}{RT}}}{(H_2)\,e^{-\frac{E_8}{RT}} + (CH_4)\,e^{-\frac{E_9}{RT}}}$$

Suivant que les pressions de CH_4 et H_2 sont élevées ou faibles, nous trouvons de 1 à 2 pour l'ordre par rapport au CH_4 et de 0 à 1 pour l'ordre par rapport à l'hydrogène.

Nous voyons donc qu'en présence de petites quantités de réactifs, l'ordre du CH_4 (en ce qui concerne l'échange dans CH_4) est supérieur à celui de H_2 (en ce qui concerne l'échange dans $H_2 + D_2$). Il s'ensuit que l'échange dans CH_4 est relativement plus favorisé que celui de $H_2 + D_2$.

Ceci explique pourquoi l'écart des courbes % D_{CH4} et % $D_{H2} + {}_{D2}$ est d'autant plus grand qu'il y a plus de H_2 et moins de CH_4 (voir graphique 1).

Pour préciser l'action de O_2, différentions la vitesse d'échange par rapport à la concentration en O_2 :

$$\frac{dV_{H\text{-}D}}{d(O_2)} = 0$$

$$= \frac{\{\,K_2(H_2) + K_3(O_2)\,\}\,K_3K_1(CH_4) \;-K_3(O_2)\,K_1(CH_4)\,K_3}{\{\,K_3(CH_4) + K_3(O_2)\,\}^2}$$

$$\frac{1}{1+\dfrac{(O_2)\,e^{8500/RT}}{(H_2)+(CH_4)}} - \frac{K_3(O_2)\,K_1(CH_4)}{K_2(H_2)+K_3(O_2)} \cdot \frac{e^{8500/RT}}{(H_2)+(CH_4)}$$

$$\left\{1+\frac{(O_2)\,e^{8500/RT}}{(H_2)+(CH_4)}\right\}^2$$

en égalant cette expression à zéro, nous déterminerons la dépendance du maximum d'échange à l'égard de la concentration en oxygène :

$$K_2(H_2)\;K_3\;K_1(CH_4) - K_3^2(O_2)^2\;K_1(CH_4)\,e^{8500/RT} = 0$$

$$(O_2)^2 = \frac{K_2(H_2)\,(H_2+CH_4)}{K_3}\,e^{-8500/RT}$$

$$(O_2) = \sqrt{(H_2)\,(H_2+CH_4)\,e^{-8500/RT}}$$

en simplifiant par $K_2 = K_3$.

Pour nos expériences :

$$e^{-8500/RT} = e^{-5.45} \qquad \frac{-5.45}{e}$$

$P_{H_2+D_2} = 14{,}1$ pour la seconde série. $\Big\}$ $P_{CH_4} = 2{,}1$

En introduisant ces valeurs dans la formule, on trouve que le maximum d'échange doit correspondre à $P_{O_2} = 1{,}5$ cm, alors que nous trouvons expérimentalement un peu plus de 4 cm.

Compte tenu du caractère qualitatif de nos calculs, nous pouvons donc conclure que la formule de la vitesse d'échange fournit elle aussi une bonne interprétation de nos résultats. D'autant plus que le calcul théorique qui vient d'être effectué nous fournit la pression optima pour O_2 afin d'avoir une *vitesse d'échange* maxima alors que les mesures portent sur un *rendement d'échange* après 30 minutes de réaction.

En fait, durant ces 30 minutes, la pression moyenne de l'oxygène peut avoir été voisine de la valeur 1,5 cm qui vient d'être calculée.

RESUME

Nous avons étudié l'échange H - D du méthane et du mélange hydrogéné dans les réactions :

$$H_2 + D_2 + CH_4 + O_2.$$

Etant donné la valeur de 87 ± 8 Kcal pour l'énergie d'activation du méthane, nous en déduisons que la réaction primaire doit être la dissociation thermique du CH_4.

Le fait que l'échange du CH_4 est manifestement plus petit en absence d'O_2 s'explique par la scission du CH_4 en radicaux CH_2 et atomes H_2.

Nous avons prouvé que les chaînes de la réaction ne sont pas ramifiées et qu'il n'y a pas de recombinaison importante de radicaux entr'eux.

Dans le schéma que nous proposons, les centres actifs de la combustion du méthane sont CH_3 et OH, ceux de la combustion de l'hydrogène H et OH et ceux de l'échange CH_3 et D.

Les formules de la vitesse de combustion de CH_4 et H_2 et de la vitesse d'échange, basées sur ce schéma, sont en bon accord avec nos résultats expérimentaux.

BIBLIOGRAPHIE

(1) A. VAN TIGGELEN, Bull. Soc. Chim. Belg., 55, p. 135 (1946).
(2) L. COPPENS, Bull. Soc. Chim. Belg., 43, p. 355 (1934).
(3) Ad. VAN TIGGELEN, Ann. Min. Belg., XLIV, p. 133 (1943).
(4) R. BRECKPOT, Spectrochimie Acta I, p. 137 (1939).
(5) Ad. VAN TIGGELEN et J. WIJNEN, Bull. Chim. Belg., 56, p. 312 (1947).
(6) BONHOEFER et REICHHARDT, Zeitschr. f. Electroch., 42, p. 449 (1936).
(7) SEMENOFF, Chemical Kinetics and Chain Reactions, p. 35.
(8) Ad. VAN TIGGELEN, Bull. Soc. Chim. Belg., 55, p. 202 (1946).
(9) W. NORRISH, Colloquium sur « La cinétique et le mécanisme des réactions d'inflammation et de combustion en phase gazeuse », Paris, avril 1948.
(10) M. VANPEE — résultats non publiés.
(11) ASHMORE et DAINTON, Nature, 158, p. 416 (1946).
(12) KASSEL, J. Am. Chem. Soc., 54, p. 3949 (1932).

(13) Ad. VAN TIGGELEN, Ann. Min. Belg., XLIII, p. 117 (1942).
(14) M. LETORT et X. DUVAL, Ann. des Mines et des carburants, p. 93, 3e livraison (1944).
(15) NORRISH et FOORD, Proc. Roy. Soc. A., 157, p. 503 (1936).

Université de Louvain
Laboratoire de chimie minérale et analytique
(Prof. A. Van Tiggelen)
Juillet 1948.

Institut National des Mines
à Frameries-Paturages

—

RAPPORT SUR LES TRAVAUX DE 1947

ANNEXE V.

LISTE

DES

APPAREILS ELECTRIQUES

ET DIVERS

agréés en 1947
sur proposition de l'Institut National des Mines.

I. — HAVEUSES

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	No de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
2-4-1947	Anc. Etablissements William et Jacques Beaupain, 105, rue de Serbie, Liège.	13E/6999	1 haveuse à chaîne type A. B. 15 construite par la firme Anderson Boyes de Motherwell (Grande-Bretagne). Moteur 50 C.V. - 54 amp. - 500 volts - 1470 tours - s/plan B-2/139 et B2/138.

II. — MOTEURS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
28-1-1947	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13B/5733	Modifications de détail apportées au moteur type A. F. G. 68-2a agréé par la décision 13B/5190 du 7-12-1937. (voir plan n° 9.021.280.
14-3-1947	Idem.	13E/6987	a) Moteurs type A. F. G. T. 267-c asynchrone triphasé avec rotor en court-circuit : 12 CV 3.000 tpm. 10 CV 1.500 tpm. 6,5 CV 1.000 tpm. 5,5 CV 750 tpm. b) Moteurs type A. F. G. T. 297-c asynchrone triphasé avec rotor en court-circuit : 16 CV 3.000 tpm. 13 CV 1.500 tpm. 8,5 CV 1.000 tpm. 7,5 CV 750 tpm. Tensions : de 110 à 600 volts. Puissances : désignées ci-dessus, avec tolérance de ± 25 %. Ces moteurs sont repris au plan n° 9.000.009.
12-3-1947	Idem.	13E/6986	Moteur type A. C. G. 387-a (à bornes axiales) asynchrone, courant triphasé, rotor en court-circuit. s/plan n° R. M. 3067. Tension de 110 à 600 volts. Puissance avec tolérance de ± 25 %. 32 CV pour 3.000 tmp. 25 CV pour 1.500 tmp. 17 CV pour 1.000 tmp.
19-3-1947	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6985	Moteurs types A. K. G. 504c - 606c et 706c - asynchrones, à courant triphasé, rotor en court-circuit, alimentés sous l'une des tensions courantes de 190 à 550 volts. Vitesse au synchronisme de 600 à 1.500 tours. Puissances : Type A. K. G. 504 c : 25 à 70 CV. A. K. G. 606 c : 44 à 110 CV. A. K. G. 706 c : 72 à 210 CV. s/plan unique n° 1.021.090.

II. — MOTEURS (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
19 3-1947	Idem.	13E/6995	Moteur type A. F. G. T. 197 c asynchrone à courant triphasé, rotor en court-circuit. Tensions de 110 à 600 volts. Puissance avec tolérance de ± 25 %. 10 CV à 3.000 tpm. 7 CV à 1.500 tpm. 5 CV à 1.000 tpm. 4 CV à 750 tpm. s/plan n° 9.000.009.
4-8 1947	Société Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	13E/7029	Moteur type D. O. R./1172 - 26/30 CV. identique au même type ayant fait l'objet de la décision 13E/6136 du 18-11-1937, sauf que l'axe de rotation est maintenant vertical. s/plan n° 116.130 et 316.131.
20-11-1947	Société Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	13E/7061	Motur type D. O. R. 1372 - 8/4 asynchrone à courant triphasé, tensions de 220 à 500 volts, vitesse de 750 à 1.500 tours/minute, puissance : 20 à 38 KW pour moteur à 2 vitesses, 25 à 42 KW pour moteur à 1 seule vitesse. s/plans n° 20.832a, 20.760a, 415.378 et 316.471.
2-12-1947	Idem.	13E/7070	Moteur type D O. R. 37B/3, asynchrone triphasé, rotor en court-circuit, bobinage réalisé pour des tensions d'alimentation de 220 à 500 volts (50 périodes). Vitesses de 750 à 3.000 tours/minute. Puissance variable de 1 à 3 KW. s/plans 020.363/c - 416.242 et 216.472.
9-12-1947	Idem.	13E/7074	Moteur type D. O. R. 37/B-2, asynchrone triphasé, à rotor en court-circuit, bobinage réalisé pour tensions d'alimentation de 220 à 500 volts (50 périodes). Vitesses de 750 à 3.000 tours. Puissance variable de 1 à 3 KW. (Variante du type D. O. R.37/B-3 ayant fait l'objet de la décision 13E/7070 du 2-12-47). Plus spécialement désigné à la commande d'un ventilateur pour canar d'aérage de 450 mm. de diam. s/plans 020.085a, 416.242 - 216.472.

II — MOTEURS (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
23-12-1947	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/7097	Moteurs type A. K. G. 406 b. d., asynchrone à courant triphasé, avec rotor à bagues et dispositif de mise en court-circuit. Vitesses : 600 à 1.500 t. p. m. Tensions : de 190 à 550 volts. Puissances : de 14 à 56 CV avec tolérance de ± 50 %. s/plan n° 1.021.263.
24-12-1947	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/7098	Moteurs type A.C.G. 297a, asynchrone, à courant triphasé, à rotor en court-circuit. Tensions de 110 à 550 volts. Puisssance, avec tolérance de ± 25 %. 16 CV pour 3.000 tours p./m. 13 CV pour 1.500 tours p./m. 8,5 CV pour 1.000 tours p./m. 7,5 CVpour 750 tours p./m. s/plan R. M. 3067

III.— APPAREILS ELECTRIQUES DIVERS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
18-2-1947	Société Anonyme Nouvelles Fonderies Podevyn-Schippers, à Hoboken.	13E/6984	Boîte de jonction, sans masse isolante, pour câble souple et câble armé s/plans 4.329 et 4.330.
25 3-1947	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/6997	Coffret à bouton-poussoir double. s/plan 3.161.159.
25-3-1947	Idem.	13E/6996	5 coffrets n° 43 à 47 destinés à recevoir soit des barres de connexion, soit des interrupteurs-disjoncteurs, commandés par relais. s/plans 160.618 et 160.619.
3-4-1947	Firme Victor Products (Wallsend) Ltd Wallsend-on-Tyne, Grande-Bretagne.	13E/7002	1 coffret transformateur de tension et de fréquence avec sectionneur, relais, disjoncteur, destiné à l'alimentation de perforatrices électriques. Tensions 650 - 110 volts. s/plan E/1954 .

APPAREILS ELECTRIQUES DIVERS (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
10-4-1947	Idem.	13E/7003	1 perforatrice rotative type 1623 actionnée par moteur asynchrone en court-circuit, tension 220 volts, 50 p. vitesse 580 tpm. s/plan D. 1764.
10-4-1947	Idem.	13E/7004	1 perforatrice rotative type 1387 actionnée par moteur asynchrone en court-circuit, tension 125 volts, 150 périodes, vitesse de rotation : 318 tpm. (vitesse moteur : 9.000 tpm. s/plan D. 1.900.
6-5-1947	Société S.E.M. 50, Dock à Gand.	13E/7007	Disjoncteur-démarreur type B. T. H. - M. O. C. B. - 250/M. O: R: 250 construit par la firme « The British Thomson Houston Co de Rugby (Grande-Bretagne) s/plans S. K. 392.936 C - A. 762.147 - 919.534.
8-5-1947	Anc. Etablissements William et Jacques Beaupain, 105, rue de Serbie, Liège.	13E/7011	Contacteur pour courant de 80 amp. 500 volts (courant triphasé), combiné avec sectionneur-inverseur et destiné à l'alimentation d'une haveuse électrique type CH-4 - construit par la firme Anderson Boyes de Motherwell (Grande-Bretagne). s/plan n° C. H. 403.
2-6 1947	S. A. Mavor et Coulson (Continentale), 65, rue Georges Raeymackers, à Bruxelles.	13E/7017	Sectionneur contacteur type A. F. 323 (construit par la firme Mavor et Coulson de Glasgow) . s/plan F. 164 P.
1-7-1947	S. A. Electromécanique 19, rue L. Crickx, Bruxelles	13E/7024	1 transformateur électrique triphasé au quartz, construit par la firme Merlin Gerin de Grenoble, type G. 406.1 Tension primaire : 5.000 V. - Tension secondaire : 550 V. - 50 p/sec. Puissance nominale : 150 KVA. s/plan n° 2.350.284.
4-8-1947	Firme Victor Products Wallsend-on-Tyne (Angleterre).	13E/7028	Fiche de raccord pour câbles souples. s/plan Q. 1570.

III. — APPAREILS ELECTRIQUES DIVERS (suite)

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
12-8-1947	Société Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	13E/7036	1 coffret renfermant un disjoncteur type A. S. D. 20 KV - 200 ampères, un sectionneur 7 KV-200 ampères - tension 6.600 volts - un volmètre, un ampèremètre et un verrouillage de sûreté. s/plans 15.008, 15.060 et 315.975.
17-10-1947	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E/7049	Entrée pour câble souple s/caoutchouc destinée à être utilisée pour les moteurs des séries A. K. G. et A. T. G. précédemment agréés. s/plan 4.025.353. N. B. - Ce dispositif d'amarrage a été appliqué pour la première fois lors de la réalisation des boitiers n° 43 à 47, agréés le 25-3-1947 par décision 13E/6996.
27-11-1947	Anc. Etablissements William et Jacques Beaupain, 105, rue de Serbie, Liège.	13E/7069	Boîte de jonction, type 100, construite par la firme Anderson Boyes de Motherwell (Angleterre). s/plan B 2/143.

26-11-1947	Société « Siemens », 116, ch. de Charleroi, Bruxelles.	13E/7066	Coffret à haute tension pour commande à distance d'un moteur à 2 vitesses et 2 sens de marche. s/plans 0.16.127 et 316.201.
19-2-1947	Ateliers de Constructions (Electromécaniques), 35, rue J. Schmidt, à Dampremy.	13E/7073	1 boîte de dérivation pour tension de 700 volts. s/plans n°1001, 1002, 1005, 1006, 1007, 1008 et 1009.
24-12-1947	L. Jadoul, ingénieur, 35, rue A. Dumont, Liège.	13E/7099	1 ohmmètre à pile sèche, du type Megger Patent n° 400.728, construit par la firme James Biddle de Philadelphie (E.-U.) s/feuille de croquis n° I.N.M. 89.
29 12 1947	Ateliers de Constructions Electriques de et à Charleroi.	13E'7100	Boitier à 2 boutons-poussoirs s/plan. 2.160.939. Variante du boitier ayant fait l'objet de la décision 13E/6997 du 25-3-225.
29-12 1947	Idem.	13E/7103	1 boitier à 3 boutons-poussoirs. s/plan n° 3.161.225.
30-12-1947	Idem.	13E/7102	Les appellations nouvelles de 3 appareils (controllers) dont une modification d'appellation est reprise à la décision 13E/6897 du 25-5-45 seront à l'avenir désignées comme suit : P. T. III. G. F. P. T. II. G. F. P. T. III. G. F.

V. — MATERIEL D'ÉCLAIRAGE SUJET A DEPLACEMENTS

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
14-3-1947	Société Anonyme Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	13E/6688	Armature pour tube fluorescent. s/plan 115.757 et schéma 315.758.
13-6-1947	Société Anonyme les Ateliers Mécaniques à Morlanwelz-Hayettes.	13C/5629	Lampes électropneumatiques avec ampoule à vapeur de mercure, types D. 40 M. et D. 60 construites par la firme John Davis and Son de Derby (Angleterre). Caractéristiques : D. 40 M. — D. 60 Puissance : 40/45 watts — 60 watts. Tension (en service) 80/105 V. — 25 V. Rendement ampoule en lumens par wat 34 — 14,5 s/plan 873-L.
12-11-1947	Société Anonyme Siemens, 116, chaussée de Charleroi, Bruxelles.	13E/7053	Cuve pour transformateur 3 K. V. pour éclairage des tailles (500-110 volts). s/plans 116.213 - 416.212.

VIII — LOCOMOTIVES DIESEL

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministerielle	OBSERVATIONS
11-6-1947	S. A. Anciens Etabl. F. Berry, 92, rue Bonte-Pollet à Lille.	13G/7806	Locos-tracteurs types 3735 et 4735 (ne diffèrent que par la disposition du chassis) (même puissance que le type 3738 agréé le 30-10-39 par la décision 13G/7059) Moteur Berry 2 cylindres verticaux en ligne, cycle Diesel à 4 temps. Alésage cylindres 105 mm - Course pistons 140 mm - Vitesse 1.500 tpm. - Puissance : 30 CV. - Poids : 7 tonnes. Encombrement : 2,70 x 0,750 x 1,330 h. s/plans : 52.821-E - 52.822-B - 52.885-A - 52.856-A - 53.002-A - 53.155 - 53.167-B - 53.020 - 53.733.
4-11 1947	S. A. Moteurs Moes, à Waremme.	13G/7866	Loco Diesel type D. L. M.-6 - six cylindres - cycle Diesel à 4 temps - alésage cylindres 160 mm - course pistons 120 mm - vitesse normale 1.000 t.p.m. - Puissance 90 CV. - Poids en ordre de marche 12 tonnes - Encombrement : 4.883 x 895 x 1595. s/plans : T.22.360, U20.832C, U.20.358A, V.20.832B, V.20.832C, U.22358A.

IX. — LAMPES ÉLECTRIQUES PORTATIVES

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
6-1-1947	Les Ateliers Mécaniques de Morlanwelz-Hayettes.	13C/5613	Modification du projecteur de la lampe de chapeau de la firme Concordia de Cardiff, type S. C. L/3. M. agréée le 20-4-46 par décision 13c/5585. L'enveloppe du projecteur est réalisée en matière plastique au lieu de métal. Le poids de ce projecteur est ainsi ramené de 305 à 225 gr. Voir plans 848 L. et 850 L.
4-3-1947	S. A. Eclairage des Mines et d'Outillage industriel, à Loncin.	13C/5619	Lampe électrique portative à tête projecteur, type L. D. M. S., fabriquée par la Société d'Eclairage et d'Applications électriques à Arras. s/plan I. N. M. 88 Caractéristiques : 1 acc. alcalin, 18 amp/heure, ampoule de 1,4 amp., poids de la lampe complète 4,6 kg.
2-6-1947	Société Belge d'Applications Electriques,	13C/5628	Lampe électrique dite « de chapeau » type N. C. 12 A. composée d'un accumulateur cadmium-nickel à 2 éléments,

	117, rue la Limite, à La Bouverie		construit par la Société Nife de Stockholm et d'un projecteur réalisé par la firme Hazemeyer d'Hengelo (Pays-Bas). s/les plans. a) accumulateurs : A. I. 13.102. b) projecteur : 381.604.

Date d'autorisation	CONSTRUCTEUR	N° de la décision ministérielle	OBSERVATIONS
26-11-1947	Usines Gheysen, à Lembecq-lez-Hal.	13E/7067	1 type de tuyau en caoutchouc dénommé « Electroter U. G. » reconnu de sécurité pour l'écoulement vers le sol des charges électriques produites par les chasses d'air comprimé.
30 12-1947	S. A. C. I. C., 33, rue du Sel, Bruxelles.	13E/7101	1 type de tuyau en caoutchouc dénommé « Electromine » reconnu de sécurité quant à l'écoulement vers le sol des charges électriques produites par les chasses d'air comprimé.
11 6-1947	Firme Thines-Mathot, rue des Mélèzes, 55, Bruxelles.	13D/6167	Cartouge de minage Cardox type B 37. s/plan DRG 37-I. Dimensions de la cartouche : longueur 1117 mm. diamètre extérieur 44,5 mm. épaisseur 6,35 mm.

NATIONAAL MIJNINSTITUUT
TE FRAMERIES-PATURAGES

Verslag over de Werkzaamheden in 1947

DOOR
J. FRIPIAT,
Hoofdingenieur der Mijnen,
Beheerder-Bestuurder van het Instituut.

A. — WERKEN BETREFFENDE DE SPRINGSTOFFEN EN DE SLAGPIJPJES.

I. Keuringen en verschillende studies betreffende de springstoffen.

α) Controleafvuringen met S. G. P.-springstoffen.

Deze afvuringen werden gedaan met de volgende springstoffen :

Flammivore	1 monster
Matagnite	2 monsters
Nitrocoopalite	3 monsters
Alkalite	3 monsters
Sabulite	3 monsters
Triamite	3 monsters

De monsters werden genomen hetzij door de arrondissementsdiensten in de kolenmijnen, hetzij door het Instituut zelf bij de fabrikanten.

Wat de afvuringen in mijngas betreft, hebben wij geen enkel geval van ingebrekeblijven vastgesteld; geen een der beproefde springstoffen heeft bij een lading van 900 gr mijngas ontstoken.

Om de grenslading te controleren bij aanwezigheid van kolenstof, hebben wij de werkwijze gevolgd, welke reeds in vroegere verslagen werd aangeduid : de stofwolk werd opgejaagd door een patroon te laten ontploffen in een papieren zak met poederkolen.

Spijt haar strengheid heeft deze werkwijze slechts ontvlammingen verwekt met twee springstoffen (Alkalite en Triamite), de enige die, van de zes in België nog toegepaste formules, kaliumnitraat bevatten.

Proeven, waarvan wij verder zullen spreken, hebben aangetoond dat dit product de ontvlamming van kolenstof door de springstofontploffing bevordert.

b) Studie van door buitenlandse firma's voorgestelde formules.

Op verzoek van de Zwitserse springstoffenfabriek, te Dottikon, hebben wij door afvuringen in de mortier de grenslading bepaald van de formules „ Aldorfite II en III ", die de samenstelling vertonen aangeduid in tabel I.

TABEL I

Bestanddelen	Aldorfite II	Aldorfite III
Ammoniumnitraat	70	69
Nitroglycerine	6	8
Dinitrotolueen	1	1
Houtmeel	3	3
Natriumchloride	20	19

Ladingen van 900 gr van deze springstoffen werden in de mortier van 55 mm afgevuurd zonder mijngas noch kolenstof met 30 % vluchtige bestanddelen te ontsteken.

Wij hebben dezelfde proeven genomen met zes formules der firma Nederlandse Springstoffenfabrieken.

In tabel II geven wij de samenstelling van elk dezer formules die worden aangeduid door de volgnummers III, IV, V, IIIa, IVa en Va.

TABEL II

Bestanddelen	III	IV	V	IIIa	IVa	Va
Ammoniumnitraat	62	62	62	64	64	64
Trinitrotolueen	16	16	15	16	16	15
Houtmeel	—	—	1	—	—	1
Calciumfluoride	3	—	—	3	—	—
Kaliumchloride	—	3	3	—	3	3
Natriumchloride	19	19	19	17	17	17

Afvuringen in de mortier van 55 mm leidden tot de volgende vaststellingen :

a) In een midden met mijngas.

Formule III :

Vijf afvuringen van 900 gr, waarvan er drie met de aanzetting aan de voorkant en twee met de aanzetting aan de achterkant. Een ontvlamming met de aanzetting aan de achterkant.

Formule IV :

Vijf afvuringen van 900 gr, waarvan er twee ontvlamming verwekten. Bij een dezer was de lading aangezet aan de voorkant, bij de andere aan de achterkant.

Formule V :

Een afvuring van 800 gr en vijf van 900 gr. Van deze vijf laatste verwekte er een met aanzetting van de voorkant de ontvlamming.

Formule IIIa :

Een afvuring van 850 gr, zes van 900 gr en een van 800 gr. Drie afvuringen van 900 gr (een met aanzetting aan de achterkant, twee met aanzetting aan de voorkant) en een van 800 gr (met aanzetting aan de voorkant) verwekten de ontvlamming.

Formule IVa :

Vijf afvuringen van 900 gr, waarvan er twee (een met aanzetting aan de voorkant en een met aanzetting aan de achterkant) verwekten de ontvlamming.

Formule Va :

Twee afvuringen van 800 gr en zes van 900 gr. Een dezer laatste, met aanzetting aan de achterkant, heeft de ontvlamming verwekt.

b) In een midden met kolenstof.

Formule III : 5 afvuringen van 900 gr.
Formule IV : 1 afvuring van 900 gr.
Formule V : 5 afvuringen van 900 gr.
Formule IIIa : 1 afvuring van 900 gr.
Formule IVa : 5 afvuringen van 900 gr.
Formule Va : 4 afvuringen van 900 gr.

Bij geen enkele van deze afvuringen werd ontvlamming verwekt.

Alleen de formule III zou in België kunnen toegelaten worden; er werd geen ontvlamming verwekt door de lading van 900 gr met aanzetting aan de voorkant, aanzettingswijze die alleen in aanmerking komt voor de controleafvuringen, die uitgevoerd worden met het oog op de toelating.

De formules IV, V, IVa en Va zijn ongeveer evenwaardig.

De formule IIIa, die een ontvlamming verwekte met een lading van 800 gr, biedt het minste veiligheid van de zes.

Toen wij deze studie aanvatten, dachten wij dat wij er interessante gegevens in zouden vinden betreffende de doelmatigheid van calciumfluoride en kaliumchloride, producten die door de Belgische fabrikanten niet gebruikt worden. Het een of het ander dezer zouten komt immers samen met natriumchloride voor in de onderzochte formules. Feitelijk hebben de uitslagen van onze proefnemingen ons niet toegelaten belangrijke gevolgtrekkingen te maken : ofwel bieden alle gehalogeneerde zouten ongeveer de zelfde doelmatigheid als ontvlammingsdover, ofwel zijn de gebezigde hoeveelheden calciumfluoride en kaliumchloride onvoldoende zodat, indien er verschil bestaat, dit, tengevolge van het feit dat de uitslagen van de afvuringen in een mortier, steeds afwijkingen vertonen, niet kan onderkend worden.

c) Bijzondere navorsingen betreffende het Alkalite II (S.G.P.-springstof).

Zoals wij het hiervóór reeds zegden, ontsteekt Alkalite met normale samenstelling (samenstelling erkend bij besluit van 20 Mei 1938) regelmatig kolenstof, wanneer dit door de ontploffing van een springstoflading opgejaagd werd.

Om dit gebrek te verhelpen, hebben wij aan de „ Fabrique Nationale de Produits chimiques et d'Explosifs " gevraagd de samenstelling van deze springstof te wijzingen door het kaliumnitraatgehalte te verminderen.

In tabel III hebben wij vijftien formules aangeduid, die afgevuurd werden in de galerij, zowel in een midden met mijngas als in een midden met kolenstof; dit stof werd opgejaagd door de ontploffing van een patroon S.G.P. - springstof, één seconde vóór de afvuring van de te beproeven lading.

In die tabel hebben wij insgelijks de uiterste uitslagen opgetekend, die wij tijdens onze proefnemingen boekten. De afvuringen geschiedden met de aanzetting ofwel aan de voorkant (slagpijpje langs de mortiermond), ofwel aan de achterkant (slagpijpje achter in de mortier).

De tweede aanzettingswijze is niet normaal; controleafvuringen met dergelijke aanzetting mogen niet in aanmerking komen bij het rangschikken der springstoffen als S.G.P.

Indien wij die aanzettingswijze hebben toegepast, dan was het om de invloed van de aanzettingswijze na te gaan op het al of niet ontsteken van een ontvlambare atmosfeer door de springstof.

Al de formules met 3 % of meer kaliumnitraat verwekten de ontvlamming van kolenstof wanneer 900 gr ofwel minder springstof werd afgevuurd.

De formule 7, die geen kaliumnitraat bevat heeft noch mijngas, noch kolenstof ontstoken bij de afvuring van 900 gr springstof; de detonatiegeschiktheid er van was echter onvoldoende.

Van de formules 14, 15 en 16 schijnt de eerste de veiligste te zijn. Met 900 gr ervan werd noch mijngas, noch kolenstof ontstoken wanneer het slagpijpje aan de kant van de mortiermond was geplaatst.

In geval van aanzetting aan de achterkant werd geen enkele maal kolenstof ontstoken, terwijl in een kolenstofatmosfeer en van vier afvuringen één ontvlamming verwekte.

Deze formule werd als S.G.P. toegelaten.

d) Onderzoek van het Triamite S. G. P.

Deze opzoekingen beantwoorden aan dezelfde bezorgheid als die veroorzaakt door Alkalite. Het normale Triamite, volgens de formule :

Ammoniumnitraat	49,7
Trinitrotolueen	14,0
Kaliumnitraat	4,3
Kaliumperchloraat	5,5
Cellulose	0,5
Natriumchloride	26,0

TABEL III

TABEL III	NORMAAL 1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ammoniumnitraat	56,5	56,5	55,5	56,5	55,5	63,0	60,-	60,-	61,-	61,-	58,5	60,5	59,-	60,-	61,-
Trinitrotolual	11,5	10,-	11,3	10,5	10,-	10,5	11,5	11,5	11,5	11,5	13,-	13,-	12,5	12,5	12,-
Binitrotolual	-	1,5	1,95	1,-	1,5	1,-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kaliumnitraat	6,5	6,5	6,36	6,5	6,5	6,5	-	3,-	3,-	2,-	2,-	-	2,-	1,-	-
Aluminium	0,5	0,5	0,49	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,-
Natriumchloride	25,-	25,-	24,5	26,-	25●	26●	25	25	25●	25●	26	26	26	26	26
Afvuringen in kolenstof dat door de ontploffing van een springlading werd opgejaagd.															
a) Aanzetting aan de voorkant:															
Ontsteking door gr		400	600	400	500	400		800	900	900		900			
Geen " gr								900	600					900	900
b) Aanzetting aan de achterkant:															
Ontsteking door gr									800	600	900		900	600	900
Geen " gr						900						900			
Afvuringen in mijngas.															
a) Aanzetting aan de voorkant:															
Ontsteking door gr												600			
Geen " gr						900				900			900		900
b) Aanzetting aan de achterkant:															
Ontsteking door gr															900
Geen " gr										900			900		

● fijn zout

ontsteekt insgelijks kolenstof, wanneer dit opgejaagd werd door de ontploffing van een patroon springstof.

Steunend op de vaststellingen, die wij gedaan hadden bij de afvuringen van Alkalite, hebben wij aanbevolen het kaliumnitraatgehalte te verminderen.

De springstof werd als volgt gewijzigd :

Ammoniumnitraat	52,43
Trinitrotolueen	14,23
Ammoniumperchloraat	4,97
Kaliumnitraat	2,00
Cellulose	0,50
Natriumchloride	25,87

Ladingen van 900 gr , afgevuurd in de mortier van 55 mm , ontsteken kolenstof met 30 % vluchtige bestanddelen niet, zelfs in geval van aanzetting aan de achterkant.

Deze vaststelling bevestigt deze die geboekt werd bij het onderzoek van Alkalite.

II. Studie van de veiligheidshuls.

Sedert twee jaar reeds heeft de studie van de veiligheidshuls de voorrang hernomen onder de navorsingen met onmiddellijk praktisch belang voorkomend op ons werkprogramma.

Toen wij opnieuw de studie aanvatten van deze uitvinding, die nu meer dan dertig jaar oud is, beoogden wij in de eerste plaats de tekortkomingen te verhelpen die wij hadden vastgesteld toen wij, onmiddellijk na het einde van de oorlog, de periodische controle van de S.G.P. - springstoffen terug hadden ingevoerd.

Ons besluit, dat volstrekt gegrond was gezien de overwegende rol die ommantelde springstoffen in de mijnpolitie spelen, bracht er ons toe, in de loop van het jaar 1946,

de systematische studie te beginnen van de stoffen die een dovende uitwerking kunnen hebben op de ontploffingsvlammen.

Deze studie leidde tot een bevredigende oplossing en zelfs tot een éénvormige, in die zin dat ze de verscheidenheid der hulsmengsels, die tot dan door de fabrikanten werden gebruikt, uitsloot.

In de loop van het jaar 1947 echter kwamen wij er toe het gebruik der huls in overweging te nemen in voorwaarden, die ten zeerste verschilden van deze voorzien door de uitvinder.

Toen hij zich de veiligheidshuls voorstelde, dacht Em. Lemaire immers alleen aan haar aanwending als bijkomende voorzorgsmaatregel voor de S.G.P. - springstoffen, die reeds door hun samenstelling veiligheid boden, veiligheid die ten andere bleek uit afvuringen in de proefnemingsgalerij.

Wij hebben niet gemeend bij die opvatting te moeten blijven stilstaan en dat bood ons de gelegenheid tot verder onderzoek.

De huidige economische noodwendigheden vergen immers in sommige bijzondere gevallen het gebruik van krachtigere formules en, bijgevolg, van minder veilige dan ons mijnreglement voorschrijft. Ook hier is de veiligheidshuls het gans aangewezen correctief en zo komt men tot de ommantelde brisante springstoffen, die ondermeer bruikbaar zijn voor de afbouw van harde, weinig mijngashoudende kolenlagen.

De gedachte hernemend, die vóór meer dan tien jaar werd vooropgezet, door het proefstation te Derne, heeft het Nationaal Mijninstituut in 1947 insgelijks een huls onderzocht en beproefd, die niet alleen uit inerte bestanddelen bestond maar die ook een ontplofbare stof bevatte namelijk nitroglycerine. In wat volgt zullen wij in 't kort de uitslagen van onze navorsingen zowel met de inerte als met de explosieve (actieve) huls uiteenzetten.

a) Toepassingen van de inerte huls.

Onder de stoffen die wij in 1946 onderzochten zijn er, die een merkwaardige doelmatigheid vertonen. De hulzen van natriumcarbonaat en van natriumbicarbonaat van ten hoogste 75 gr per patroon lieten namelijk toe de maximum gebruikslading onzer S.G.P. - springstoffen (800 gr) in volle mijngasatmosfeer af te vuren zonder dat er ontvlamming werd verwekt.

Herinneren wij er aan dat, voor deze proef, de ommantelde patronen achtereen aan een metalen staaf waren opgehangen volgens de langsas van de galerij. Noteren wij insgelijks dat de uiteinden der lading bloot waren, m. a. w. dat er geen hoedjes met dovende stoffen op zaten.

Spijt de overmaat stikstof in de samenstelling van het natuurlijk mijngas, dat we krijgen van uit de bedrijfszetel „ Grand-Trait " van de „ Charbonnages belges ", is de afvuring in mijngasatmosfeer voorzeker een zeer strenge proef. Om die reden hebben wij het niet nodig geacht de overmaat inert gas door een toevoeging van zuurstof te compenseren, wat we gewoonlijk wel doen voor afvuringen in de mortier.

Onze proefnemingen hadden de grotere doelmatigheid van natriumcarbonaat en van natriumbicarbonaat laten blijken; ze hadden insgelijks aangetoond dat beide producten ongeveer even doelmatig zijn.

Brengen we te dien opzichte enige thermochemische gegevens in herinnering.

Natriumbicarbonaat kan op twee verschillende manieren dissociëren, hetzij volgens vergelijking I, hetzij volgens vergelijking II :

$$2\,NaHCO_3 = Na_2O + 2\,CO_2 + H_2O \quad (I)$$

$$2\,NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \quad (II).$$

In het eerste geval (I) wordt er per gram bicarbonaat 0,637 calorie opgeslorpt; in het tweede (II), 0,180 calorie.

De eerste molecule koolzuuranhydride komt vrij (II) bij een betrekkelijk lage temperatuur, want bij 102° C bereikt de spanning van dat gas reeds één atmosfeer.

De dissociatie van natriumcarbonaat volgens vergelijking III :

$$Na_2CO_3 = Na_2O + CO_2 \quad (III)$$

vergt daarentegen een hogere temperatuur alsmede 0,736 calorie per gram.

Bij 1200° C is de dissociatiespanning van natriumcarbonaat slechts gelijk aan 41 mm kwik.

Enerzijds ziet men dus een ontbinding bij lage temperatuur met opslorping van een betrekkelijk kleine hoeveelheid warmte (bicarbonaat); anderzijds, een ontbinding bij hoge temperatuur met een warmteopname die vier maal groter is (0,736 : 0,180 = 4).

Voegen we hieraan toe, dat men niet weet in welke verhouding en met welke snelheid de stoffen, in aanraking met de warme ontploffingsgassen en in de uiterst samengedrukte atmosfeer die deze omringt, dissociëren.

In het geval van natriumcarbonaat is dit verschijnsel nog ingewikkelder tengevolge van de deshydratering van dit product, waarmede zeven of tien moleculen water zijn verbonden.

Samenvattend kan men zeggen, dat het onmogelijk is alléén door thermochemische overwegingen de evenwaardigheid van natriumcarbonaat en van natriumbicarbonaat als hulsstof te staven.

Eindelijk weze er op gewezen dat, volgens de betrekkelijk jonge theorie der ketenreacties, de verpulverde vaste stoffen als dover werken, niet zozeer door warmteopslorping (verschijnsel dat afhangt van het warmtevermogen en van de thermochemische eigenschappen dier stoffen), maar vooral door het feit, dat zij een scherm van zeer fijne stofdeeltjes vormen waartegen de oxydatievoortplantingscentra zich voorbarig

opnieuw verbinden nog vóór dat ze de reactionele botsingen die tot ontvlamming leiden hebben ondergaan.

Zo kan men verstaan waarom natriumcarbonaat en natriumbicarbonaat, waarvan de thermochemische kenmerken zozeer verschillen,ten opzichte van de ontploffingsvlammen dezelfde uitwerking hebben.

Van deze twee producten werd alleen natriumbicarbonaat weerhouden om in het vervolg als hulsstof te dienen. Het biedt immers het voordeel van een merkwaardig stabiele physiche structuur. Natriumcarbonaat daarentegen wordt hard en klontert samen; daarenboven is het moeilijk er hulzen mede te vullen.

Herinneren wij er aan dat in 1932, tengevolge van de studie van de hulstoffen, het Safety in Mines Research Board, te Sheffield, de grotere doelmatigheid van natriumbicarbonaat reeds had erkend. Op dat tijdstip beproefde het Nationaal Mijninstituut met gunstig gevolg met dit product ommantelde springstoffen. De aanwending van natriumbicarbonaat werd nochtans niet verplichtend gemaakt, omdat de in België gewoonlijk gebruikte hulsmengsels voldoende doelmatig waren gebleken. (1)

In de loop van het jaar 1947 werd de bicarbonaathuls onder twee vormen bestudeerd :

1° met een normale dikte van 3 mm overeenkomend met het bepaalde bij het koninklijk besluit van 14 Augustus 1930;

2° met een versterkte dikte, m. a. w., dikker dan 3 mm , formaat dat bijzonder geschikt is voor brisante springstoffen.

Al de proefnemingen werden gedaan met hulzen die bij de fabrikanten werden gemaakt, m. a. w. op industrieel plan.

Hier volgen voor al de onderzochte springstoffen de kenmerken (gewicht en diameter) van de springstofkern en van de huls, alsmede de voornaamste uitslagen van de afvuringen in de galerij.

(1) Zie Verslag over de Werken in 1933, bl. 8, « Annales des Mines de Belgique », Boekdeel XXXV, Jaargang 1934.

I. — Flammivore (S.G.P.-springstof.)

Normale huls (dikte 3 mm.)

Springstofkern van 100 gr ; lengte 130 mm ; diameter 30 mm.

Huls : 90 % natriumbicarbonaat; 10 % cement; 60 gr. per patroon.

10, 12 en zelfs 14 patronen, achtereen opgehangen in volle mijngas, verwekken geen ontvlamming.

Versterkte huls (dikte 5 mm.)

Springstofkern van 100 gr ; lengte 132 mm ; diameter 30 mm.

Huls : 90 % bicarbonaat; 10 % cement; 96 gr per patroon; buitendiameter 40 mm.

18 patronen, in twee rijen van 9 achtereen geplaatste patronen, naast elkander in volle mijngas opgehangen, verwekken geen ontvlamming.

20 patronen, insgelijks in 2 rijen van 10 achtereengeplaatste patronen, naast elkander opgehangen ontsteken mijngas.

Versterkte huls (dikte 7,5 mm.)

Springstofkern van 100 gr ; lengte 185 mm ; diameter 25 mm.

Huls : 90 % bicarbonaat; 10 % cement; 184 gr per patroon; buitendiameter 40 mm.

15 patronen achtereen in volle mijngas opgehangen verwekken geen ontvlamming. Waarschijnlijk zou deze ook niet verwekt geworden zijn door een sterkere lading.)

2. Nitrocooppalite (S.G.P.-springstof).

Normale huls (dikte 3 mm.)

Springstofkern van 100 gr ; lengte 132 mm ; diameter 30 mm.

Huls van zuiver bicarbonaat, 71 gr per patroon.

9 patronen achtereen in volle mijngas opgehangen verwekken geen ontvlamming.

10 patronen ontsteken mijngas.

3. Alkalite (S.G.P.-springstof).

Normale huls (dikte 3 mm.)

Springstofkern van 100 gr ; lengte 122 mm ; diameter 30 mm.

Huls van zuiver bicarbonaat, 65 gr per patroon.

9 patronen achtereen in volle mijngas opgehangen verwekken geen ontvlamming.

* * *

Wanneer de S.G.P. - springstoffen ommanteld waren met een normale huls (dikte 3 mm.), die 71 gr en zelfs minder woog en industrieel bereid werd, konden er van deze springstoffen ladingen van 900 gr afgevaard worden, zonder dat mijngas werd ontstokken.

Men zal insgelijks met belangstelling hebben opgemerkt welke sterke lading Flammivore, ommanteld met een versterkte huls, in volle mijngas kon afgevuurd worden zonder ontvlamming te verwekken.

* * *

4. Ruptol (brisante springstof).

Normale huls (dikte 3 mm.)

Springstofkern van 100 gr ; lengte 130 mm ; diameter 30 mm.

Huls : 90 % natriumbicarbonaat; 10 % cement; 58 gr per patroon.

3 patronen in volle mijngas opgehangen verwekken ontvlamming.

Versterkte huls (dikte 5 mm.)

Springstofkern van 100 gr ; lengte 130 mm ; diameter 30 mm.

Huls : zelfde samenstelling; buitendiameter 40 mm ; 106 gr per patroon.

7 patronen, in volle mijngas opgehangen, verwekken één ontvlamming op twee proeven.

7 patronen, achtereen in de mortier van 40 mm geplaatst, ontsteken kolenstof met 30 % vluchtige bestanddelen niet wanneer het kolenstof door een springstoflading werd opgejaagd (1).

Versterkte lading (dikte 7,5 mm.)

Springstofkern van 100 gr ; lengte 190 mm ; diameter 25 mm.

Huls : zelfde samenstelling; buitendiameter 40 mm ; 190 gr per patroon.

10 patronen, achtereen in volle mijngas opgehangen, verwekken één ontvlamming op zes proeven.

9 patronen ontsteken mijngas niet.

5 patronen, achtereen in de mortier van 40 mm geplaatst, met aanzetting aan de achterkant, ontsteken noch door toevoeging van zuurstof verlevendigd mijngas, noch kolenstof (1).

* * *

Voor Ruptol (brisante springstof) stelt men vast dat de normale huls niet volstaat om de gewenste veiligheid te verzekeren. De versterkte huls (dikte 7,5 mm.) heeft daarentegen toegelaten, zonder ontvlamming te verwekken, 900 gr springstof af te vuren in volle natuurlijk mijngas en 500 gr

(1) De diepte van de mijnoven was slechts 98 cm, zodat we er onmogelijk een grotere lading in konden plaatsen.

in de mortier in een midden hetzij met kolenstof, hetzij met verlevendigd mijngas.

Deze uitslagen zijn belangrijk, gezien de grote ontploffingskracht van deze springstof : 500 gr volstaan voor schietwerk in de kolenlaag.

In de loop van het jaar 1948 zullen andere met bicarbonaat ommantelde brisante springstoffen aan dezelfde proeven onderworpen worden.

* * *

b) Studie van de actieve huls.

De actieve huls, die in het Nationaal Mijninstituut bestudeerd werd, werd bereid door de N. V. „ Poudreries Réunies de Belgique ". De samenstelling ervan vertoont gelijkenis met die van het Duitse bicarbite en steunt, evenals deze laatste, op de doelmatigheid van natriumbicarbonaat.

Bestanddelen	Bicarbitehuls	Belgische actieve huls
Nitroglycerine	15	15
Natriumbicarbonaat	50	82
Natriumchloride	35	—
Kieselguhr	—	2
Talk	—	1

Feitelijk zijn beide zwakke springstoffen (1).

Wat de Belgische huls betreft, men kan er zich een gedachte van vormen door het nazicht van volgende kenmerken.

(1) Een zeer uitgebreide mededeling over het bicarbite vindt men op bladzijden 16 en volgende van het Verslag over de werken van het Nationaal Mijninstituut in 1938. « Annales des Mines de Belgiques », Boekdeel XL, Jaargang 1939. In deze mededeling wordt ook het relaas gegeven van de proefafvuringen die te Paturages met de Duitse huls werden uitgevoerd.

	S.G.P.-springstof	Belgische actieve huls
Door 1 kg. van het product, bij constant volume, ontwikkelde warmte	627 cal.	75 cal.
Netto uitwijding van de loodblok voor 10 gr van het product (Trauzlproef)... ...	240 cm^3	25 cm^3

N. B. — Er wordt verondersteld dat natriumbicarbonaat omgezet wordt in $Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$.

1.600 gr Belgische actieve huls (5 patronen van 40 mm diameter en van 320 gr) ontploffen in volle mijngas zonder ontvlamming te verwekken.

Hier volgen de uitslagen die wij bekomen hebben met drie door de actieve huls ommantelde springstoffen.

1. - Nitrobaelenite (S.G.P. - springstof)

Springstofkern van 50 gr ; lengte 180 mm ; diameter 20 mm.

Huls : 216 gr ; lengte 180 mm ; buitendiameter 40 mm.

12 patronen, in volle mijngas opgehangen, verwekken geen ontvlamming.

14 patronen, daarentegen, veroorzaken ze.

2. - Securite B (S.G.P. - springstof)

We kennen aan deze springstof de S.G.P. - hoedanigheid toe, alhoewel de grenslading bij afvuring in de mortier, zowel in een mijngas- als in een kolenstofmiddelen ongeveer 700 gr is, m. a. w., 200 gr kleiner dan die der normale springstoffen (1).

(1) Op bladzijde de 181 van het Verslag over de werken in 1946 van het Nationaal Mijninstituut wordt de samenstelling van deze springstof gegeven. Zie « Annalen der Mijnen van België, Boekdeel XVII, Jaargang 1947 en 1948.

Springstofkern van 100 gr ; lengte 180 mm ; diameter 20 mm.

Huls : gewicht 235 gr ; buitendiameter 40 mm.

5 patronen, in volle mijngas opgehangen, verwekken geen ontvlamming; 6 patronen daarentegen wel.

3. - Fractorite (Brisante springstof)

Springstofkern van 50 gr ; lengte 160 mm ; diameter 20 mm.

Huls : gewicht 221 gr ; buitendiameter 40 mm.

5 patronen, in volle mijngas opgehangen, verwekken geen ontvlamming; 6 daarentegen wel.

Een ander monster van deze springstof, helemaal hetzelfde als het vorige, maar ommanteld met een huls van 242 gr , die terzelfdertijd de zijdelingse oppervlakte en beide eindvlakken van de patronen bedekte, gaf bij de proefnemingen de volgende uitslagen :

Bij de afvuring van 8 patronen, die in volle mijngas zijn opgehangen, wordt op zes proeven twee maal ontvlamming verwekt. Dezelfde lading verwekt geen ontvlamming, wanneer ze ontploft in een kolenstofwolk.

Bij de afvuring, in de mortier van 40 mm , van 6 patronen wordt noch de ontvlamming verwekt van kolenstof (met 30 % vluchtige bestanddelen) dat vooraf door een springstoflading werd opgejaagd, noch met zuurstof verlevendigd mijngas van het proefstation ontstoken.

* * *

Zoals men kan vaststellen, laat de actieve huls niet toe zulke grote ladingen af te vuren als de inerte : 600 gr Nitrobaelenite met de actieve huls tegen 900 gr van dezelfde springstof met de inerte.

Het arbeidspotentieel van de lading met actieve huls is

nochtans groter. Inderdaad, wanneer men veronderstelt dat natriumbicarbonaat als volgt ontbonden wordt :

$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$, bekomt men :

473 calorieën voor 600 gr S.G.P. - springstof met actieve huls (216 gr per patroon) en

442 calorieën voor 900 gr S.G.P. - springstof met inerte huls (70 gr per patroon).

Vergeleken met de inerte huls, biedt de actieve twee voordelen :

1° Ze kan de eindvlakken van de patronen bedekken zonder de doorgang van de ontploffingsgolf te hinderen;

2° Ze verbetert de geschiktheid tot ontploffen van de springstof. De grootste afstand welke in openlucht tussen twee patronen mag bestaan zonder dat het overslaan van de ontploffing gehinderd wordt is 4 cm voor de springstof met inerte huls; hij bedraagt meer dan 16 cm voor de springstof met actieve huls.

c) Proeven betreffende de kracht van springstoffen met versterkte huls.

Om de kracht van een springstof te bepalen worden er gewoonlijk kleine ladingen in het loden blok afgevuurd (Trauzlproef).

Tien à vijftien gram springstof worden met een slagpijpje onder in de cirkelvormige holte, die volgens de as in een cylindrische loden blok is uitgeboord, geplaatst en daarna met een opstopping bedekt. Na de ontploffing wordt de volumevermeerdering van de holte gemeten en zo bekomt men een betrekkelijke waarde van de kracht van de springstof.

Deze methode is eenvoudig en snel. Men mag nochtans niet voor zeker aannemen dat zij tot een schaal van krachten

leidt die beantwoordt aan deze bekomen bij werkelijk schietwerk.

Om aan deze onzekerheid te ontkomen wat betreft de springstoffen met versterkte huls, hebben wij beroep gedaan op de medewerking van het „ Groupement général des Poudres et Explosifs " om proefnemingen te doen betreffende de kracht bij springwerk in het gesteente. Deze proefnemingen werden gedaan in de ondergrondse werken van de kolenmijn „ Charbonnage du Gouffre " onder leiding van dhr R. Lefèvre, Hoofdingenieur-Directeur van het 2e Mijnarrondissement te Mons.

In bijlage I van dit verslag wordt het relaas van deze proefnemingen gegeven.

III. Studie van de incidenten bij het springwerk.

Zoals in onze vorige verslagen, verstaan wij hier door incidenten bij het springwerk de abnormale ontploffingen of het sissend uitbranden van springstofladingen.

Deze incidenten werden reeds uitvoerig onderzocht door vreemde onderzoekingsstations (namelijk die van Liévin en Montluçon); wij zelf hebben er menige proefneming aan gewijd zonder tot beslissende uitslagen te komen. (Zie jaarverslagen over de werken van het Nationaal Mijninstituut voor de jaren 1944 tot 1946, Annalen der Mijnen van België, Boekdelen XLVI en XLVII).

In de loop van het jaar 1947 werd onze aandacht andermaal op een dergelijk incident gevestigd, incident dat vastgesteld werd in het bekken van Charleroi en waarvan onze collega, dhr R. Lefèvre, Hoofdingenieur der Mijnen, ons volgende bijzonderheden mededeelde :

Vier mijngaten waren geboord in het front van een luchtkeergalerij, om een onderkelderde steenbank van 1,40 m gemiddelde dikte bij 2 m breedte, van het hangende neer te slaan. De vier gaten waren elk 1,80 m diep en geplaatst zoals aangeduid op schets fig. I.

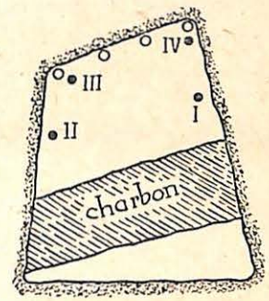


Fig. 1.

Het gesteente was brokkelig, maar zonder sporen van kolen.

De mijnen I, II en III, die respectief geladen waren met 2, 2 en 3 patronen ommantelde Nitrocooppalite werden achtereenvolgens zonder incident afgevuurd. Daarna plaatste de schietmeester in het boorgat IV, 3 patronen van dezelfde springstof met een slagpijpje in het uiteinde der lading nabij de opstopping in klei; deze opstopping was 40 cm lang.

Op de afvuring volgde geen ontploffing doch een hevig geblaas.

Toen de schietmeester terug aan het front kwam, stelde hij vast, dat de dichtst bij het mijngat gelegen kap alsmede het overige der betimmering met een vlam brandden. De lading had geen springwerk verricht.

Dit omstandig relaas was voor ons de gelegenheid om proefnemingen te doen met het doel hetzelfde incident opnieuw te verwezenlijken.

In onze galerij nr 1 van „ Bois de Colfontaine ", die in schiefergesteente gedolven is, hebben wij veertien ladingen Nitrocooppalite, met opstopping van klei, afgevuurd, hierbij

de aanzettings- en ladingswijze wijzigend; de springstof was in sommige gevallen ommanteld met de veiligheidshuls, in de andere niet.

Hier volgt de opgave van de afvuringen en van de omstandigheden waarin zij plaats vonden.

Afvuring 1 :
3 patronen (1 zonder huls, 2 met huls), 35 cm opstopping.

Afvuring 2 :
2 patronen zonder huls + de aanzetpatroon met 20 gr fijnkolen rond het slagpijpje; 35 cm opstopping.

Afvuring 3 :
3 patronen zonder huls; 15 cm vrije ruimte tussen de eerste en de tweede (indien de patronen genummerd worden volgens ze in het boorgat worden gestoken); 30 cm opstopping.

Afvuring 4 :
3 patronen zonder huls; 15 mm hulsstof tussen de tweede en de derde patroon; 35 cm opstopping.

Afvuring 5 :
3 patronen zonder huls; 15 mm fijne kolen tussen de verschillende patronen; 30 cm opstopping.

Afvuring 6 :
3 patronen zonder huls; 30 mm vrije ruimte tussen de eerste en de tweede en 15 mm fijne kolen tussen de tweede en de derde; 35 cm opstopping.

Afvuring 7 :
3 patronen zonder huls; het slagpijpje langs de derde patroon geplaatst; 30 cm opstopping.

Afvuring 8 :
2 patronen zonder huls en ene met huls; het slagpijpje tegen de derde patroon; 30 cm opstopping.

Afvuring 9 :
2 patronen zonder huls en een met huls; het slagpijpje tegen de derde patroon; 2 à 3 cm papier tussen de verschillende patronen; 25 cm opstopping.

Afvuring 10 :
3 patronen zonder huls; het slagpijpje tegen de derde patroon; 30 cm opstopping.

Afvuring 11 :
3 sterk samengeperste patronen zonder huls; het slagpijpje tegen de derde patroon; 30 cm opstopping.

Afvuring 12 :
4 patronen zonder huls; het slagpijpje tegen de vierde patroon; 30 cm opstopping.

Afvuring 13 :
3 patronen zonder huls; 25 cm verpulverde schiefersteen tussen de verschillende patronen; 25 cm opstopping.

Afvuring 14 :
3 patronen zonder huls; 30 cm verpulverde schiefersteen tussen de verschillende patronen; het slagpijpje in de eerste (aanzetting aan de achterkant); 30 cm opstopping.

Al deze ladingen hebben normaal springwerk geleverd en het massief verbrokkeld over de ganse lengten der boorgaten.

Spijt al de gebreken die de ladingen vertoonden, zijn wij er niet in geslaagd er een sissend te laten uitbranden.

Nochtans is het mogelijk bij springwerk in rots de verbranding van een patroon, die met een slagpijpje aangezet is, te verwekken.

In een proef, die wij in 1946 insgelijks in schiefergesteente namen, brandde de aanzetpatroon, die uit 80 gr Flammivore en 20 gr inerte stoffen bestond (evenveel kolen en paraffine), zonder het overige van de lading tot ontploffing te brengen.

Het enige uitwerksel van die afvuring was een uitwijding van het boorgat zonder verplaatsing van de opstopping.

Die positieve vaststelling geplaatst tegenover al de vroeger geboekte negatieve uitslagen, bracht er ons toe te denken dat het sissend uitbranden mogelijk was mits de springstof grondig werd gewijzigd.

Fouten in de aanzetting en in de manier van laden, zoals het plaatsen van het slagpijpje tegen de patroon in plaats van er in, een onderbreking in de lading met of zonder tussenplaatsing van verpulverde stoffen, een overdreven samenpersing van de lading (allemaal fouten die bij echt springwerk niet uitgesloten zijn) leken weinig geschikt om het sissend uitbranden der lading te veroorzaken evenmin bij afvuringen in de mortier als bij afvuringen in het gesteente.

In de loop van het jaar 1947 hebben wij getracht drie verschillende springstoffen sissend te doen branden (Flammivore, Nitrocooppalite en Sabulite) en tevens het uitwerksel van die verbranding op de aanliggende patronen na te gaan.

Onze vaststellingen kunnen als volgt samengevat worden :

a) Lading bestaande uit 2 of 3 patronen gewone springstof en uit een met een slagpijpje aangezette patroon die 20 à 22 gr van een mengsel met gelijke delen paraffine en kolen bevat :

De ontploffing van het slagpijpje verwekt hetzij de volledige, hetzij de gedeeltelijke verbranding van de aangezette patroon.

De andere patronen zijn korter geworden alsof ze een schok hadden ondergaan.

Als door de ontploffing geleverd springwerk wordt niets opgemerkt tenzij enige barsten in het gesteente; de opstopping is blijven zitten of een weinig naar de opening verschoven.

b) Door toevoeging van paraffine alleen (20 gr) gewij-

zigde aanzetpatroon, gevolgd door 2 of 3 normale patronen.

De aanzetpatroon brandt, zonder uitwerksel op het overige van de lading. De lading wordt uit het boorgat gestoten en het voorste gedeelte van dit gat weggeslagen over een afstand overeenkomend met de plaats van de aanzetpatroon.

Het mengsel springstof-paraffine is dus actiever dan het mengsel springstof-paraffine-kolen.

c) Aanzetpatroon waarin 15 gr paraffine vermengd is.

Het slagpijpje doet de aanzetpatroon ontploffen alsmede de aanliggende patronen, of in deze paraffine vermengd is of niet.

d) Aanzetpatroon waarin 20 gr kolen vermengd zijn. Deze patroon brandt zonder de aanliggende patronen te doen ontploffen of branden, welke ook hun samenstelling zij. De opstopping blijft zitten.

Het vervangen van de kolen door verpulverde schiefersteen leidt tot geen enkele nieuwe vaststelling, tenzij dat de aanzetpatroon gedeeltelijk ontploft, namelijk rond en nabij het slagpijpje.

Het is interessant de overeenkomst aan te tonen van deze vaststellingen met die, welke wij boekten bij het afvuren in de mortier en welke aangeduid zijn op de bladzijden 252 en volgende van het verslag over de werken in 1944-1945.

Door een deflagratie te willen verwekken met een ontsteker, welke in een mengsel van springstof en salpeterkruit met of zonder verpulverde kolen was gestoken, verwekten wij de volledige ontploffing van 2 of 3 normale springstofpatronen, waarvan we het papier op de eindvlakken hadden weggenomen en die in een mortier geplaatst waren achter een stevige kleiopstopping. In gans dezelfde omstandigheden, maar zonder dat het papier op de eindvlakken der patronen was weggenomen, bleef de ontploffing beperkt tot de aanzetpatroon en bleven de aanliggende patronen ongeschonden.

Deze proefnemingen, die uitgevoerd werden in voorwaarden van aanzetting, die volkomen afwijken van deze der praktijk, tonen aan in welke mate het papier op de eindvlakken der patronen het overbrengen van de ontploffing kan hinderen; hetzelfde mag gezegd van tussenvoegingen van verpulverde stoffen (schiefersteen, kolen).

Om weigeringen te voorkomen komt het er dus op aan met zorg de mijngaten te reinigen; meer zullen we hierover niet zeggen want deze voorzorgsmaatregel is voldoende gekend door onze schietmeesters.

Terugkomend op onze proefnemingen om deflagratie te verwekken door de springstofsamenstelling te wijzigen, erkennen wij, dat men zich moeilijk kan indenken dat in de praktijk de mogelijkheid zich zou kunnen voordoen van een zo innige vermenging der springstof met vreemde bestanddelen als die welke wij hebben verwezenlijkt. Wij veroorloven ons nochtans te waarschuwen voor de noodlottige gevolgen, die brutale behandeling der springstof en ruwe stoten met de laadstok op de lading, kunnen hebben. Zo kunnen de papieren omhullingen van de patronen openbarsten en de springstof met brandbare producten (kolen en paraffine), die de deflagratie bevorderen in aanraking komen.

IV. Springwerk met S.G.P.-springstoffen in het gesteente.

α) Noodzakelijkheid springwerk in het gesteende uit te voeren om de S.G.P.-springstoffen te bestuderen.

Vanaf 1931, datum waarop onze galerijen van „ Bois de Colfontaine " werden verlaten, werden al onze navorsingen op de S.G.P. - springstoffen alleen gedaan in een stalen mortier in onze proefnemingsgalerij.

We beschikken daarvoor over drie mortieren met een mijn-

oven van cirkelvormige doorsnede met de volgende afmetingen :

Lengte 570 mm ; diameter 55 mm.
Lengte 980 mm ; diameter 40 mm.
Lengte 1100 mm ; diameter 30 mm.

De eerste wordt gebruikt voor afvuringen met het oog op de erkenning van S.G.P. - springstoffen. De patronen van 100 gr. worden er in gelegd, drie maal drie naast elkander. Die schikking laat toe in de mortier 900 gr te plaatsen niettegenstaande de beperkte lengte.

Deze manier van laden, die door niets aan de ladingswijze bij springwerk in de mijn herinnert, is sedert lang aangenomen door vele proefnemingsstations. Ze biedt het voordeel aan de proef een uiterst streng karakter te geven en zo tot de kleinste grensladingen te leiden.

De mortiers van 40 en van 30 mm worden voorbehouden voor bijzondere studies; de eerste ondermeer voor het afvaren van ladingen met veiligheidshuls; de tweede voor het afvuren van niet ommantelde patronen, die de ene achter de andere in het boorgat geplaatst worden.

Daar de patroondiameter der S.G.P. - springstoffen gewoonlijk 30 cm is, is de laaddichtheid 0,3 voor de mortier van 55 mm, 1 voor die van 30 mm. De eerste is overdreven klein; de andere is normaal, zelfs iets groter dan bij springwerk in het gesteente.

Eindelijk weze gezegd dat de ladingen zonder opstoppingen worden afgevuurd en dat het slagpijpje over hat algemeen aan de kant van de opening van het mijngat geplaatst is.

Deze proefnemingsbijzonderheden verschillen zeer, wij moeten het toegeven, van de gewone omstandigheden waarin schietwerk uitgevoerd wordt. Hoogstens kan men in afvuringen in een mortier de weergave zien van een uitblazend schot,

dat over het algemeen met recht of ten onrechte, als het gevaarlijkste incident aangezien wordt.

Met andere woorden, de mortier biedt het enige voordeel de herhaling van de proefnemingen mogelijk te maken en zo het de onderzoeker mogelijk te maken de betrekkelijke veiligheid van de bestudeerde formules te bepalen.

Het is dus rationeel de proefnemingen in de proefnemingsgalerij door afvuringen in de rots te volledigen; dat was ten andere reeds de mening van Em. Lemaire toen hij zijn proefnemingen in „ Bois de Colfontaine " aanvatte.

Deze werden uitgevoerd in de loop der jaren 1927 tot 1929 in twee galerijen : een zuidelijke steengang en een oostelijke, de eerste gedolven in schiefergesteente, de tweede in een harde zandsteenbank.

Daar over die proefnemingen niets werd gepubliceerd, laten wij hier een kort overzicht volgen van de vaststellingen, waartoe de 125 afvuringen, die toen werden uitgevoerd, aanleiding gaven.

In één woord, men stelde geen enkel geval van ontsteking van mijngas door S.G.P. - springstoffen vast.

Eerst vuurde men afzonderlijke ladingen af, die achter een opstopping in een boorgat waren geplaatst, in elk boorgat een hoeveelheid springstof die gelijk was aan de grenslading bepaald met de mortier; daarna salvo's van 3 à 5 ladingen, die door 8, 9, 10 en zelfs 16 patronen van 100 gr gevormd waren en zonder opstopping in boorgaten waren geplaatst.

Welk ook de weerstand was van het gesteente en de dikte van de weg te slaan banken, al deze proefnemingen leidden tot negatieve uitslagen.

Met dynamiet nr I (75 % nitroglycerine en 25 % kiezelguhr) werden er daarentegen zeer veel ontvlammingen bekomen, maar steeds op een onregelmatige wijze, zodat het niet mogelijk was uit te maken welk de invloed was van de

lengte van de opstopping noch deze van de verbrokkelingsarbeid die de lading had te verrichten.

Enige voorbeelden zullen aantonen, hoezeer de uitslagen met die springstof bekomen uiteenlopen.

In weinig vast schiefergesteente werd een ontvlamming verwekt door twee patronen, die achter een opstopping van 75 cm geplaatst waren in een bank van 50 cm dikte, terwijl vier patronen zonder opstopping in een bank van 30 cm. dikte geen ontsteking veroorzaakten.

Onder een zeer harde zandsteenbank van 20 à 30 cm dikte, verwekt een lading van 3 patronen, die achter een opstopping van 20 cm wordt afgevuurd de ontvlamming, terwijl met opstoppingen, die veel langer zijn en zelfs 50 cm bereiken, zulks niet het geval is.

Hier volgen, om te eindigen, de verbijsterende vaststellingen, die geboekt werden voor drie patronen, welke zonder opstopping onder zachte schiefersteenbanken van 35 cm dikte werden afgevuurd. Er volgde ontvlamming, wanneer de vrije ruimte tussen de aanzetpatroon en de opening van het mijngat 75 cm bedroeg; zulks was niet het geval, wanneer deze afstand slechts 50, 40 en 20 cm was.

Twee besluiten werden getrokken uit deze proefnemingen:

1° Van de springstoffen met de formules, die als mijngasveilig erkend waren, konden er, zonder ontvlamming te verwekken, in rots veel grotere ladingen afgevuurd worden dan de grenslading bepaald door de proef met de mortier;

2° Voor dynamiet bleek het, dat het risiko niet rechtstreeks afhing van de lading. Deze gevolgtrekking toont overeenstemming met de vaststellingen, die gedaan werden in het proefnemingsstation te Derne (Duitsland) en waarover verder zal gesproken worden.

In 1930 en 1931, bracht de studie der gelijktijdige afvu-

ringen er ons toe opnieuw de veiligheid na te gaan, die onze S.G.P. - springstoffen boden in mijngaten geboord in harde zandsteen (1).

Wij verwezenlijkten 24 gelijktijdige afvuringen van 2 tot 7 ladingen bestaande uit 1, 3 à 5,9 kg springstof met in het merendeel der gaten een veel grotere hoeveelheid springstof dan de grenslading bepaald met de mortier.

Bij geen enkel dezer proefnemingen werd mijngasontvlamming verwekt, wat nogmaals de goede hoedanigheid van onze S.G.P. - springstoffen bevestigde.

Welnu, in de Belgische mijnen is het toch gebeurd, dat ontvlammingen werden veroorzaakt ter gelegenheid van de afvuring van twee of drie patronen, die, blijkbaar althans, op correcte wijze waren aangezet en met reglementaire opstopping waren geladen. Moest men zulks telkens ten laste leggen van de springstof ?

Wij geloven dit niet. In sommige gevallen immers vertoonde de schietlijn zulke beschadigingen, dat de tussenkomst van electrische vonken, die konden overspringen tussen de ontblote geleiders, niet kon uitgesloten worden.

Deze vonken, zelfs bij een kleiner stroomdebiet dan vereist voor de afvuring van mijnen, bezitten altijd voldoende energie om mijngasluchtmengsels te ontsteken.

Om deze reden kan men niet genoeg zorg besteden aan de correcte verwezenlijking van de schietkringen.

Deze verdenking van de schietlijnen nochtans liet ons niet toe, de springstof zelf te verwaarlozen en op afdoende wijze de hypothese van het ingebrekeblijven er van uit te sluiten.

Zo kwamen wij er toe de studie van het gebruik van kleine ladingen in rots opnieuw aan te vatten m. a. w. van kleinere

(1) Zie Ad. Breyre. Rapport sur les travaux de 1931, bl. 20 en volgende « Annales des Mines de Belgique », Boekdeel XXXIII, Jaargang 1932.

ladingen dan de grenslading en soms maar bestaande uit 2 of 3 patronen.

Zo hervatten wij de proefnemingswijze die vroeger door het station te Derne (Duitsland) werd gevolgd voor navorsingen, waarover in 1933 Beyling en Schultze-Rhonhof (1) een interessante mededeling publiceerden.

Hun navorsingen vertonen zoveel overeenstemming met de onze, dat wij niet kunnen nalaten hun waarnemingen in het kort te herinneren.

b) Navorsingen van het Proefnemingstation te Derne.

Ze geschieden voornamelijk met de twee volgende formules.

	Wetter-Detonit B	Wetter-Wasagit B
Ammoniumnitraat	72	30,5
Nitroglycerine	4	28,5
Binitrotolueen	2	—
Gelose	—	0,7
Houtmeel	3	0,3
Talk	—	0,5
Kaliumchloride	19	—
Natriumchloride	—	39,5

Deze springstoffen worden gebruikt onder vorm van patronen van 100 gr met een diameter van 30 mm. De grenslading er van, bepaald met de mortier, is tenminste 450 gr. In het loden blok (Trauzlproef) geven zij een uitwijding van 240 cm3 of minder.

Ladingen werden met of zonder opstopping in mijngaten

(1) Untersuchungen über die Schlagwettersicherheit von Wettersprengstoffen unter betriebmässigen Bedingungen door Beyling en Schulze-Rhonhof. Een uitvoerige commentaar van de hand van Ad. Breyre over deze mededeling verscheen in de « Annales des Mines de Belgique », Boedeel XXXIV, Jaargang 1933, bl. 713.

geplaatst, die geboord waren hetzij in zandsteen, hetzij in schiefersteen en afgevuurd bij aanwezigheid van mijngaslucht met 9,5 % methaan.

Verschillende wijzen van aanzetting werden gevolgd :

Aanzetting aan de voorkant : het slagpijpje in het voorste uiteinde van de laatst in het mijngat geplaatste patroon;

Binnenaanzetting : het slagpijpje in de achterkant van de voorlaatste patroon;

Aanzetting aan de achterkant : het slagpijpje in het achterste uiteinde van de eerst in het mijngat geplaatste patroon.

De twee laatste aanzettingswijzen zijn in België gewoonlijk niet gebruikt. De tweede wordt regelmatig gevolgd in het Ruhrbekken.

Eindelijk hebben de onderzoekers hun uitslagen gerangschikt volgens het door de lading geleverde springwerk. Ze onderscheidden aldus :

mijnen zonder opstopping die geen springwerk leverden,
mijnen zonder opstopping die springwerk leverden,
mijnen met opstopping die springwerk leverden,
mijnen met opstopping die geen springwerk leverden.

Wetter-Detonit B.

a) **Mijnen zonder opstopping die geen springwerk leverden.**

De springstof heeft mijngasontvlammingen verwekt (9 op 105 afvuringen) met de binnenaanzetting, wanneer de lengte van de vrije ruimte vóór de lading begrepen was tussen 10 en 30 cm.

Met de aanzetting aan de achterkant, werden 2 ontvlammingen geboekt op 27 afvuringen en met de aanzetting aan de voorkant 4 op 159 afvuringen.

Deze 4 ontvlammingen, die bekomen werden met de aanzetting aan de voorkant, deden zich in de volgende omstandigheden voor :

2 patronen, 4 cm vrije ruimte;
3 patronen; 60 cm vrije ruimte;
4 patronen; 11 cm vrije ruimte;
6 patronen; 27 cm vrije ruimte.

b) **Mijnen zonder opstopping die springwerk leverden.**

Van de 60 afvuringen met aanzetting aan de voorkant, veroorzaakten er zes ontvlammingen, namelijk :

2 patronen, 0 cm vrije ruimte;
2 patronen, 4 cm vrije ruimte;
2 patronen, 26 cm vrije ruimte;
3 patronen, 22 cm vrije ruimte;
4 patronen, 0 cm vrije ruimte;
6 patronen, 17 cm vrije ruimte;

Er deed zich geen enkele ontvlamming voor met ladingen van anderhalve patroon of van meer dan zes patronen.

c) **Mijnen met opstopping die geen springwerk leverden.**

Geen enkele ontvlamming, zelfs niet met binnenaanzetting (gevaarlijkste aanzettingswijze), wanneer de opstopping 2 cm bedroeg.

d) **Mijnen met opstopping die springwerk leverden.**

Er werden slechts drie ontvlammingen geboekt, namelijk :

2 patronen, opstopping 14 cm ;
2 patronen, opstopping 19 cm ;
5 patronen, opstopping 28 cm.

Al deze patronen kwamen voort van dezelfde partij springstof, wat liet veronderstellen dat de samenstelling niet normaal was.

Geen enkele der andere proeven (in het totaal 76), die met patronen voortkomend van andere partijen van dezelfde

springstof en met opstopping werden uitgevoerd, werd gevolgd door ontvlamming of nu de aanzetting aan de voorkant of de binnenaanzetting was verwezenlijkt.

Wetter-Wasagit B.

a) **Mijnen zonder opstopping die geen springwerk leverden.**

Uitslagen met aanzetting aan de voorkant :

Met één patroon en een vrije ruimte, die korter was dan 10 cm , vóór de lading volgde regelmatig de ontvlamming.

Met twee patronen volgde de ontvlamming wanneer de vrije ruimte vóór de lading 10 cm lang was, maar niet, wanneer die ruimte 12 cm bereikte.

Vier patronen met er vóór een ruimte van 36 cm. hebben ééns ontvlamming veroorzaakt. Sterkere ladingen hebben zulks niet meer gedaan.

De binnenaanzetting leidde vaker tot ontvlamming, welk ook het aantal patronen was en dat vooral, indien de vrije ruimte vóór de lading korter was dan 20 cm.

Met de aanzetting aan de achterkant werd één ontvlamming waargenomen bij afvuring van twee patronen.

b) **Mijnen zonder opstopping die springwerk leverden.**

Al deze mijnen werden afgevuurd met aanzetting aan de voorkant.

De ladingen die het mijngas ontstaken bestonden uit meer dan twee patronen en lagen verder dan 10 cm van de opening van het mijngat.

c) **Mijnen met opstopping.**

Geen enkele ontvlamming wanneer de opstopping langer was dan 4 cm.

Met 2 cm opstopping en één patroon, werden drie uitblazende schoten bekomen en deze werden gevolgd door ontvlamming. Zelfs met deze tot weinig herleide opstopping

verwekten ladingen van 2 patronen en minder geen ontvlamming.

Samenvattend kunnen wij zeggen dat Beyling en Schulze-Rhonhof bij hun proefnemingen in hun steengang ontvlammingen hebben geboekt voor veel kleinere ladingen dan de grenslading, die met de mortier werd bepaald. Uit hun proefnemingen blijkt zelfs dat de kleine ladingen (1 tot 3 patronen) de gevaarlijkste zijn vooral diegenen, die zonder opstopping springwerk leveren.

Deze onderzoekers constateerden insgelijks dat de aanwezigheid van een opstopping, zelfs van een kortere dan die welke voorgeschreven is, de ontvlamming verhindert, welk ook de plaats van het slagpijpje in de lading weze.

Ten gevolge van hun navorsingen, stelden Beyling en Schulze-Rhonhof een mechanisme voor dat de tussenkomst van kleine springstofdeeltjes doet veronderstellen, die, na aan de ontploffing ontsnapt te zijn, buiten het mijngat worden geslingerd; de ontvlamming zou gebeuren wanneer deze tot ontbinding komende springstofdeeltjes in het ontvlambaar mengsel dringen; van hun plaats ten opzichte van de verbrande en door de ontspanning afgekoelde gassen zou het gevolg van de afvuring afhangen.

Indien men deze uitleg aanvaardt kan men gemakkelijk de overwegende invloed begrijpen van de lengte der vrije ruimte vóór de lading, van de plaats van het slagpijpje en van de stevigheid der opsluiting.

De negatieve uitslagen, die geboekt werden met sterkere ladingen zouden kunnen verklaard worden door een drukvermeerdering, waardoor de ontbinding van de springstof bevorderd wordt, alsmede door het groot volume der verbrandigsgassen dat als een scherm zou werken.

Wij zullen niet verder uitweiden over de gevolgtrekkingen welke deze Duitse onderzoekers hebben gemaakt; wat wij

gezegd hebben volstaat om het belang te laten blijken van afvuringen in rots.

De proefnemingen die wij aangevat hebben in onze galerijen van „ Bois de Colfontaine " hebben dus tot doel na te gaan of onze S.G.P. - springstoffen tot dezelfde afwijkingen leiden als de Duitse springstoffen.

We bedoelen hier door afwijkingen, de ontvlammingen die verwekt worden door ladingen welke veel kleiner zijn dan de met de mortier bepaalde grensladingen, dus, voor onze springstoffen, 900 gr.

We kunnen niet voorzien welke de uitslagen van onze proefnemingen zullen zijn, maar, onder de in België toegelaten formules, was er een minder veilig in rots dan in de mortier; we zullen deze formule verder bestuderen met het oog ze te schrappen van de lijst der toegelaten S.G.P. - springstoffen. of de samenstelling er van te wijzigen.

Hier volgt de beschrijving van onze galerijen van „ Bois de Colfontaine ", alsmede de werkwijze die werd aangenomen om de proefnemingen te verwezenlijken.

c) Galerijen van Bois de Colfontaine. Werkwijze.

Wij werkten in de twee galerijen van „ Bois de Colfontaine ".

De eerste (galerij I) is een zuidelijk lopende, bijna rechte steengang van 69 m lengte, die doorheen lagen schiefergesteen werd gedolven. De tweede (galerij nr 2) is een gang van 45 m lengte, die volgens de richting van de lagen in oostelijke richting gedolven werd in harde zandsteen en waarop een zuidelijke dwarssteengang volgt, insgelijks in harde zandsteen gegraven.

Om het werk zoveel mogelijk te vereenvoudigen hebben wij de werkfronten zo dicht mogelijk bij de toegangsopeningen gekozen. In de galerij nr 1 hebben wij, 8 m van de ingang,

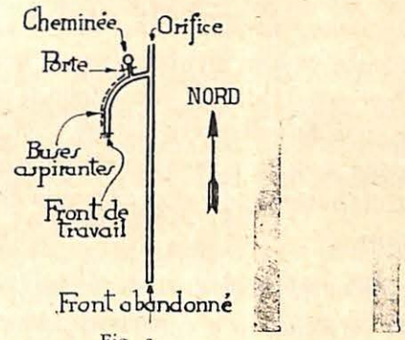


Fig. 2.

volgens de richting van het gesteente naar het Westen toe een gang geopend die langzamerhand in een dwarssteengang overgaat.

In de galerij nr 2, werd 9 m van de ingang een dwarssteengang aangesneden in noordelijke richting.

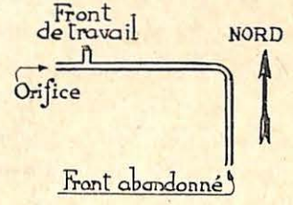


Fig. 3.

In de galerij nr 1 hebben wij insgelijks een verluchtingskring verwezenlijkt : een doortocht van ongeveer 6,50 m uitmondend in een schouw in plaatijzer van 40 cm diameter en 4 m hoogte die vertikaal op de helling van het gesteente is geplant.

Naarmate de delvingswerken vorderen, wordt een leiding van zuigende kokers verlengd die vanaf de doortocht tot bij het werkfront gaat.

Fig. 2 en 3 geven de huidige toestand van onze beide proefnemingswerkplaatsen.

De ondersteuning wordt gevormd door metalen bogen die

uit twee delen, gemaakt van dubbel-T-profielen, bestaan en verbonden worden met lasplaten en bouten. Ze wordt volledigd met een bekleding van knuppels en oude platen; zo blijft er voor de galerij een nuttige doorsnede van 3 m2.

De gaten worden geboord met een racagnac in de galerij nr 1 (schiefersteen) en van perslucht in de galerij nr 2 (harde zandsteen).

Voor elke proefneming wordt als volgt gewerkt :

Nadat de lading in het mijngat geplaatst werd, wordt het gedeelte van de galerij bij het werkfront door een sterk papieren schot afgezonderd. Dit schot zit vast op latten, die op kepers worden genageld welke aan de ondersteuningsramen zijn bevestigd. (Dit schot wordt verplaatst na 6 of 10 proefnemingen volgens de vooruitgang van het delvingswerk.)

Vervolgens wordt mijngas in de afgesloten ruimte ingelaten. Te dien einde is op de bodem der galerij en achter het papieren schot een buis met gaatjes geplaatst, die door een gummi slang met een stalen fles verbonden is. Deze fles staat buiten de afgesloten ruimte en is gevuld met mijngas onder een drukking van 60 à 150 kg/cm2 volgens het te verwezenlijke volume mengsel. Wanneer de fles leeggestroomd is, wordt er met het oog op latere ontleding, een monster van het mengsel genomen. Hiervoor wordt een lange koperen buis gebruikt, die doorheen het papieren schot steekt tot dicht bij het werkfront.

Herhaaldelijk hebben wij vastgesteld dat het mengsel goed homogeen was. Dit hebben wij kunnen doen ondermeer wanneer het papieren schot op 4 m afstand van het werkfront stond; tussen de methaangehalten op 2 m en op 3 m afstand van het schot bedroeg het verschil geen 0,25 %.

Nadat het monster genomen is, wordt de lading afgevuurd. Wanneer er ontvlamming van het mijngas volgt, blaast er plots een hevige wind uit de opening van de galerij; daarna volgt er een zuiging, die de toegangsdeuren van de galerij plots sluit.

Bundeltjes genitreerd katoen, product dat zeer licht ontvlamt, die aan de ondersteuning zijn opgehangen, tonen insgelijks aan of het mengsel al dan niet door de afvuring werd ontstoken, alsmede hoe ver de vlam zich heeft uitgebreid.

d) Proefnemingen verwezenlijkt in 1947.

Onze studie werd eerst op het einde van het jaar begonnen; vandaar, dat wij nog niet genoeg proefondervindelijke vaststellingen hebben kunnen doen om reeds een overzicht te kunnen geven van de veiligheid geboden door kleine ladingen.

Tot op heden hebben wij 65 afvuringen gedaan, namelijk 58 ladingen Flammivore, Nitrocooppalite en Triamite in de galerij nr 1;

7 ladingen Triamite in de galerij nr 2.

In de galerij nr 1 bestonden de ladingen uit 2 tot 8 patronen; ze werden afzonderlijk afgevuurd, het merendeel zonder opstopping en met de aanzetting aan de achterkant. De ligging der mijngaten ten opzichte van de vrije oppervlakten veranderde volgens de vooruitgang van het delvingswerk; alle gevallen, die praktisch bij echt springwerk worden tegengekomen, werden zo verwezenlijkt : kernmijnen (een vrije kant), nabraakmijnen (twee of drie vrije kanten).

Bij geen enkel dezer afvuringen werd ontvlamming van mijngas verwekt.

De proefnemingen in de galerij nr 2 hadden als voorwerp de studie van de mijngasontvlamming die zich op 29 November 1947 in de bedrijfzetel St-Charles van de kolenmijnen van „ Bois du Cazier " voordeed.

Volgens de verklaringen van de schietmeester, waren er 7 mijnen gegraven in het strekkende van de laag in de luchtkeergalerij van de werkplaats „ Gros Pierre " op de verdieping van 835 m. De mijnen waren geplaatst zoals aangeduid op de schets fig. 4.

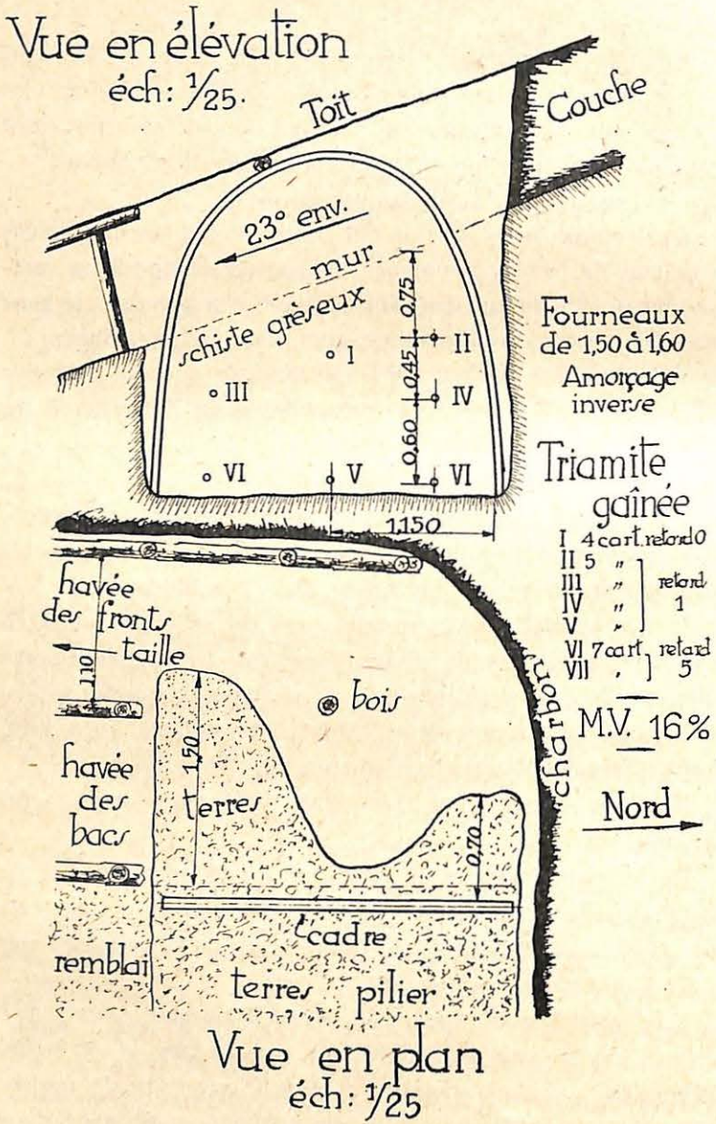


Fig. 4.

Er werd ommantelde Triamite gebruikt. De ladingen waren als volgt gevormd en aangezet :

Mijngat I : 4 patronen, momentslagpijpje;

Mijngaten II tot V : 5 patronen, tijdslagpijpje met vertraging 1;

Mijngaten VI en VII : 5 patronen, tijdslagpijpje met vertraging 5.

De slagpijpjes zaten in het achterste gedeelte van de laatst geplaatste patronen (binnenaanzetting).

De schietmeester ontstak de ladingen en deze sprongen in drie verschillende slagen. Tussen de tweede en de derde deed er zich een mijngasontvlamming voor, waardoor een van de arbeiders, die in de luchtkeergalerij stonden, ernstig gewond werd.

Na het ongeval deed de met het onderzoek belaste ingenieur de volgende vaststellingen.

Alleen de ladingen III en VII hadden normaal springwerk verricht; ze hadden het gesteente verbrijzeld over een diepte 1,60 m.; de andere hadden alleen het strekkende gespleten over 30 à 40 cm dikte.

Van de mijnoven nr I was er nochtans geen spoor te vinden; de andere waren onbeschadigd gebleven over grote lengten :

85 cm voor de mijnoven II,

105 cm voor de mijnoven IV,

75 cm voor de mijnoven V,

135 cm voor de mijnoven VI.

Uit het achterste van het mijngat V, werd een weinig van een wit, vochtig product gehaald dat springstof scheen te zijn.

Wij hebben de schietleiding (lengte 47 m) onderzocht alsook het ontstekingstoestel, zonder het minste teken te

vinden dat zou kunnen doen geloven aan de tussenkomst van dit tuig in het ongeval.

De isolering van de schietleiding was over de ganse lengte verkoold, normaal gevolg van de ontvlamming.

De uitslag van de ontleding der springstof week zeer weinig af van de normale samenstelling.

Voor onze proefnemingen in de galerij nr 2 (harde zandsteen) hebben wij niet ommantelde Triamite gebruikt met binnenaanzetting; wij hebben afzonderlijke ladingen en gelijktijdig af te vuren ladingen doen ontploffen in de volgende omstandigheden :

1e afvuring :

1 kernmijngat, 5 patronen, tijdslagpijpje 1, 4 cm opstopping; 2 nabraakmijnen op 46 en 38 cm afstand van de vrije oppervlakte, 4 patronen, tijdslagpijpje 3, 7 cm opstopping. Methaangehalte : 7,25 %.

2e afvuring :

2 nabraakmijnen op 30 cm afstand van de vrije oppervlakte, 5 en 6 patronen, tijdslagpijpjes 1 en 3, 3 en 10 cm opstopping. Methaangehalte : 9,0 %.

3e afvuring :

1 kernmijn, 4 patronen, geen opstopping, vrije ruimte in het boorgat tussen de lading en de opening 96 cm. Methaangehalte : 8,75 %.

4e afvuring :

1 kernmijn, 5 patronen, 22 cm opstopping. Methaangehalte : 8,25 %.

5e afvuring :

2 nabraakmijnen op 27 cm afstand van de vrije oppervlakte, 4 en 5 patronen, tijdslagpijpjes 1 en 3, geen opstopping, vrije ruimte tussen de lading en de opening van het mijngat 25 en 19 cm (beide gaten zijn in zeer gespleten gesteente geboord). Methaangehalte : 8,75 %.

6e afvuring :

2 nabraakmijnen op 42 cm van de vrije oppervlakte, 7 en 3 patronen, tijdslagpijpjes 1 en 3, geen opstopping, de voorkant van de ladingen valt gelijk met de opening van het mijngat. Methaangehalte : 9 %.

7e afvuring :

2 nabraakmijnen, 4 en 5 patronen, tijdslagpijpjes 1 en 2, geen opstopping, vrije ruimte tussen de lading en de opening van het mijngat 54 cm. Methaangehalte : 9 %.

In geen enkel geval werd mijngasontvlamming verwekt.

In 't kort, de 65 proefnemingen, die in 1947 uitgevoerd werden, hebben tot negatieve uitslagen geleid.

In de galerij nr 1 (schiefergesteente), heeft elke afvuring veel fijn stof opgejaagd, dat bij het houwfront bleef zweven onder de vorm van een wolk en dat gedeeltelijk teruggevonden werd als neerslag op de ondersteuning.

Men kan zich afvragen of dit inert stof niet dezelfde rol speelt als de hulsstof, m. a. w. de mijngasontvlamming helpt voorkomen.

Er werd niets gelijkaardig opgemerkt in de galerij nr 2 (harde zandsteen). Daarom zullen wij er in het vervolg al onze afvuringsproeven in mijngas uitvoeren.

* * *

V. Studie der tijdslagpijpjes.

De uitbreiding van het springwerk met tijdslagpijpjes rechtvaardigen de lange en nauwkeurige navorsingen, die wij elk jaar in verband met deze slagpijpjes doen.

Ons nazicht slaat hoofdzakelijk op de gevoeligheid der ontstekers en op de regelmatigheid van het afgaan der slag-

pijpjes : twee doorslaggevende factoren voor de correcte uitvoering van springwerk.

Hier volgen de uitslagen van proefnemingen, die wij met twee verschillende fabricaties uitvoerden.

α) Slagpijpjes van de « Nobel Explosives Cy », te Glasgow.

De slagpijpjes van deze firma werden reeds bestudeerd in 1945 en het gebruik er van werd toegelaten door de Algemene Directie van het Mijnwezen.

Nochtans, om een gebrek aan gevoeligheid der ontstekers te verhelpen, achtten wij het nuttig het aantal slagpijpjes, dat in één schietkring mag ingeschakeld worden, te beperken.

Wijzigingen aan de manier, waarop de geleiders in het pijpje vastgewurgd zijn, en aan de samenstelling van de ontsteker rechtvaardigden een nieuw onderzoek.

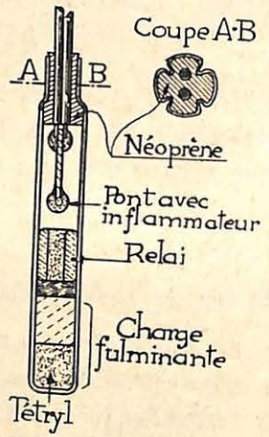


Fig. 5.

Bij het nieuwe fabricaat, gaan de geleiders doorheen een opening in een stop van neopreen van 10 mm lengte, die in het koperen buisje vastgewurgd zit. (Bij de in 1945 onderzochte slagpijpjes zaten de draden vast in een loden stop.)

Wij hebben de volgende opzoekingen gedaan :

1° Bepaling van de minimum ontstekingsstroom.

Eén ampère volstaat om weigeringen uit te sluiten. Voor deze stroomsterkte hadden de slagpijpjes van de fabricatie, die in 1945 bestudeerd werd, weigeringen gegeven.

2° Nazicht van de regelmatigheid van het afgaan der slagpijpjes.

Dit nazicht geschiedde volgens de gewone methode : registrering door middel van een oscillograaf van de geluidsgolven door de verschillende vertragingen bij het afgaan verwekt.

In het totaal gebruikten wij 74 slagpijpjes : 16 met vertraging I, 14 met vertraging III, 15 met vertraging V, 14 met vertraging VII en 15 met vertraging IX.

Systematisch werd de stroom onder 1 ampère gehouden, namelijk tussen 0,79 en 0,92 ampère.

Hier volgen de globale uitslagen van dit nazicht.

TABEL IV

	Slagpijpjes met de vertraging				
	I	III	V	VII	IX
Gemiddelde der vertragingen	0,521	1,414	2,599	3,421	4,398
Maximum vertraging	0,600	1,500	2,750	3,500	4,520
Minimum vertraging	0,425	1,340	2,440	3,360	4,290
Verschil tussen de uitersten	0,175	0,160	0,310	0,140	0,230
Grootste afwijking van de gemiddelde vertraging	0,096	0,086	0,159	0,079	0,122

Minimum vertragingsverschil tussen twee opeenvolgende vertragingen	Minimum vertraging	3	— Maximum vertraging	1		0,74
	»	» 5	»	»	3	0,94
	»	» 7	»	»	5	0,61
	»	» 9	»	»	7	0,70

Deze cijfers vertonen kleinere afwijkingen dan deze bekomen in 1945.

3° **Nazicht van de stevigheid der vastwurging.**

Om dit nazicht te doen hebben wij een bankschroef gebruikt bestaande uit twee stukken hout die verbonden waren met een scharnier.

Het slagpijpje werd in de schoef vastgezet en de proefnemer oefende een trekkracht uit op de draden.

20 slagpijpjes werden aldus beproefd. Telkens braken de draden maar geen enkele keer ontplofte het slagpijpje.

4° **Proef van de dichtheid van de vastwurging.**

Tien slagpijpjes bleven gedurende 21 uren ondergedompeld onder 2 m water. Er werd daarna vastgesteld dat noch de ohmse weerstand, noch de gevoeligheid voor de ontstekingsstroom waren gewijzigd.

Vier slagpijpjes, die in serie geschakeld waren, zijn ontploft bij een stroom van 0,88 ampère; de zes andere, bij een stroom van 0,89 ampère.

Besluit.

Onze nieuwe proefnemingen tonen aan dat de tijdslagpijpjes der nieuwe fabricatie van de „ Nobel Explosives Cy " beter zijn dan die welke bestudeerd werden in 1945.

Bijgevolg mogen de slagpijpjes van dit nieuwe type, dat we kunnen aanduiden met de benaming „ slagpijpjes met wurgstop in neopreen ", gebruikt worden in plaats van deze met loden wurgstop die in 1945 werden toegelaten. Het verbod, in dezelfde schietkring gelijktijdig even en oneven vertragingen te gebruiken moet nochtans gehandhaafd blijven. Wat de minimum ontstekingsstroom betreft, hebben onze proefnemingen echter aangetoond dat één ampère volstaat om weigeringen te vermijden.

b) Slagpijpjes van de firma Dupont de Nemours.

Deze slagpijpjes worden in elf nummers, van 0 tot X, gefabriceerd; de nummers geven de tijd aan die verloopt tussen de doorgang van de stroom en de ontploffing.

We konden aan de Algemene Directie van het Mijnwezen niet voorstellen ze voor het gebruik in de mijnen toe te laten om de volgende redenen : overdreven lengte van de koperen buisjes, onregelmatig afgaan der slagpijpjes en overdreven vertragingen voor de nummers boven V.

Ziehier de lengten van de buisjes voor vier vertragingen.

Nr van het tijdslagpijpje	Lengte van het buisje in mm.
V	70
VII	85
IX	105
X	120

Het slagpijpje nr X is bijna evenlang als een springstofpatroon.

De bepaling van de ontploffingstijden heeft tot de uitslagen geleid, die in tabel V zijn aangeduid.

TABEL V

Nummer der vertragingen	Gemiddelde vertraging in sec.	Kleinste vertraging	Grootste vertraging	Verschil tussen de kleinste en de grootste vertraging
I	1,14	0,93	1,23	0,30
II	2,28	2,11	2,58	0,47
III	3,33	2,90	3,56	0,66
IV	4,33	4,27	4,74	0,47
V	6,45	5,61	7,20	1,59
VI	8,25	7,8	8,9	1,1
VII	10	9,8	10,2	0,4
VIII	12	11,2	12,8	1,6
IX	14,2	13,6	15,0	1,4
X	16,5	15,8	17,2	1,4

Uit deze tabel blijkt :

1° Dat de verschillen tussen opeenvolgende nummers groter zijn dan 1 seconde derwijze dat de vertraging V meer dan 5 seconden bedraagt, vertraging die, naar ons oordeel, niet mag overschreden worden in mijngashoudende of stoffige mijnen.

Volgens sommige Engelse techniekers, zou de maximum duur van het springen van mijnen, die ineens afgevuurd worden, zelfs vier seconden niet mogen overschrijden (Colliery Guardian van 3 October 1947).

2° Dat de afwijkingen van de ontploffingstijden van de gemiddelde voor een zelfde vertraging van de orde van ½ seconde zijn voor de nummers II en IV, en zelfs van meer dan 1 seconde voor de nummers V tot X. Men kan dus aannemen dat mijnen, die met eenzelfde vertraging zijn aangezet, niet gelijkertijd zouden kunnen ontploffen wanneer er veel samen worden afgevuurd.

Het risiko van onontplofte gedeelten van ladingen achter in de boorgaten en van onvolledige werking der ladingen is dus veel groter dan met de in België tot nu toegelaten tijdslagpijpjestypen.

B. — STUDIE VAN HET CARDOX-PROCEDE.

Dit procédé benuttigt, zoals men weet, de vervluchtiging van vloeibaar koolzuur om gesteente van middelmatige hardheid te verbrijzelen zoals kolen of schiefersteen. In sommige gevallen kan het dus in plaats van springstoffen aangewend worden.

In de stalen buis, die in het mijngat wordt gestoken, zit vloeibaar koolzuur en een verwarmingspatroon. Een van de uiteinden der buis is dichtgemaakt met een gekalibreerde stalen plaat.

De hevige verbranding van de patroon onder de hevige drukking die in de buis heerst, verwekt een schokgolf, die zich doorheen het fluidum in de buis voortplant en de afsluitingsplaat breekt.

Het koolzuur vloeit alsdan in het mijngat en in de barsten van het gesteente er rond en verbrijzelt, door plotseling te vervluchtigen, de steenmassa.

Reeds in 1936 werden de Cardox-buizen in het Nationaal Mijninstituut onderzocht en het gebruik er van in mijngas-

houdende mijnen werd, bij een beslissing van de Algemene Directie van het Mijnwezen (1), toegelaten.

Werkelijke belangstelling vanwege de exploitanten voor dit procédé bleef echter uit tot in 1946.

We hebben van die gelegenheid gebruik gemaakt om nieuwe proefnemingen te doen, die overigens gerechtvaardigd werden door sommige wijzigingen in de verwarmingspatroon aangebracht.

In 1936 was die patroon aangezet met een ontsteker met poedervormige sas bestaande uit het volgende mengsel :

Natriumchloraat	72
Natriumnitraat	15
Paraffine	8
Zwavel	2
Kolen	3

In volle mijngas afgevuurd hadden de buizen slechts ontsteking verwekt mits de volgende abnormale voorwaarden terzelfdertijd verwezenlijkt waren :

a) volledige afwezigheid van koolzuur;

b) vermeerdering van de lading van de verwarmingspatroon (220 gr in plaats van 100 gr);

c) vermindering van de dikte der afsluitingsplaat tot 1,3 mm tegenover 3,6 mm door de fabrikant als minimumdikte aangeduid.

In normale ladingsomstandigheden, schept het vrijgemaakte koolzuur vóór de vlam van de verwarmingspatroon een dovende atmosfeer, die het overslaan dezer vlam op het mijngasmengsel belet.

(1) Op bl. 34 van het Verslag over de werken in 1936 « Annales des Mines de Belgique », Boekdeel XXXVIII, Jaargang 1937, wordt een uitvoerige beschrijving, met schetsen, van de Cardox-buis gegeven.

De buis Type B - 37, die wij in 1947 bestudeerden komt, in princiep, overeen met die welke in 1936 werd toegelaten. De afsluitingsplaat is ofwel 2,78 mm ofwel 3,57 mm dik. Volgens het geval wordt de breuk er van verwekt door een statische druk van 1890 of van 2.362 kg/cm2.

De verwarmingspatroon weegt in het totaal 100 gr ; hij bestaat uit een brandbaar chloraatmengsel genaamd „ Heatox D " en uit een ontsteker gevormd door een nichromedraad die in een sas van chloraat en kolen zit.

Zoals wij hoger zegden, waren de wijzigingen aan de verwarmingspatroon de voornaamste reden waarom wij het nuttig achtten een nieuwe studie te doen.

Wij deden voorafgaande proefnemingen met de verwarmingspatroon alleen en deze toonden aan dat zij in open lucht niet tot ontvlamming kon worden gebracht. Wij hebben de spanning, die wij op het electrisch ontstekingsmiddel toepasten, tot 175 V opgedreven zonder er in te gelukken de patroon te ontsteken.

Volgens de fabrikant is de ontsteking maar alleen mogelijk wanneer de branbare sas opgesloten zit in gelijkaardige voorwaarden als deze, die verwezenlijkt zijn bij de afvuring in geval van normaal gebruik.

Wij hebben inderdaad kunnen vaststellen (zie tabel VI), dat de werking van de Cardox-buis afhangt van de hoeveelheid koolzuur die er bij de lading wordt ingedaan.

TABEL VI

Gewicht koolzuur in gr.	Vaststellingen
609	De afsluitingsplaat wordt weggeruikt ; de verwarmingspatroon is volledig verbrand.
495	Idem.
397	De afsluitingsplaat is niet doorgesneden ; de patroon is nochtans volledig verbrand.
312	Idem.
198	Idem.
99	De afsluitingsplaat is niet doorgesneden ; de patroon is onbeschadigd.
0	Idem.

Deze vaststellingen werden gedaan in de loop van 20 proefnemingen; elf dezer werden uitgevoerd in mijngas onder meer deze, ten getale van vier, waarbij de plaat werd doorgesneden.

Voor deze proefnemingen was de buis horizontaal op de aslijn van de ontploffingskamer van onze proefnemingsgalerij geplaatst in een mijngasatmosfeer met 9 % methaan.

In geen enkel geval ontvlamde mijngas.

Tengevolge van deze proefnemingen werd de Cardox-buis type B - 37 voor het gebruik in de mijnen toegelaten bij Beslissing 13 D/6167, van 11 Juni 1947, van de Algemene Directie van het Mijnwezen.

C. — STUDIE VAN HET MIJNGASVEILIG ELECTRISCH MATERIEEL

Mijngasveilige electrische toestellen.

In de loop van het jaar 1947 hebben wij aan de Algemene Directie van het Mijnwezen voorgesteld 40 electrische toestellen toe te laten namelijk : 12 motoren, 2 transformatoren, 3 automaten-omschakelaars, 13 bedieningskastjes, 1 ondersnijmachine, 2 boormachines, 3 lasdozen, 1 electropneumatische kwikdamplamp, 1 armature voor fluorescerende verlichtingsbuis, 2 ohmmeters met droog element.

Onder deze toestellen zijn er, waarvan de bouw bijzonderheden vertoont op veiligheidsgebied; we zullen ze hier met aanduiding van enige details vermelden.

I. **Kwartstransformator type G 406 I** van de firma Merlin, te Grenoble, waarvan de toelating aangevraagd werd door de N. V. „ Electromécanique “, te Brussel.

Het normaal vermogen van dit toestel is 150 KVA en de primaire en secundaire spanningen zijn respectief 5.000 en 550 Volt.

De electrische onderdelen zitten bijna alle ingesloten in een parallelipipedische kuip in gelast plaatijzer; de vrije ruimte in deze kuip is bijna helemaal met zuiver zand of gekalibreerde kwartskorrels gevuld.

Door deze bijzonderheid wordt de mogelijkheid van ontploffing uitgesloten, ontploffing die altijd te vrezen valt wanneer het diëlectricum olie is, omdat deze bij verwarming brandbare dampen ontwikkelt.

Om de vrijkomende calorieën, van de wikkelingen te verwijderen, zijn er metalen schermen met grote oppervlakte tussen de wikkelingen geplaatst die verlengd zijn tot in de golvingen van de plaat, welke de zijwand der kuip vormt.

Om het plaatsen van de onderdelen in de kuip alsmede dat

der metalen schermen en het vullen met kwarts te vergemakkelijken, zijn de magnetische kernen horizontaal en de schermen vertikaal geplaatst.

Boven in de kuip zijn er vier kijkglazen van 8 mm. dikte, die toelaten het peil van het zand in de kuip na te gaan.

2. **Kastje voor afstandsbediening.**

We hebben twee dergelijke kastjes van Engels fabrikaat onderzocht; ze zijn bestemd om toestellen te bedienen welke dikwijls moeten worden verplaatst : boor-, ondersnij-, laadmachines, enz.

De afstandsbediening van een beweegbaar toestel vergt, bij driephasige stroom, de aanwending van een plooibare kabel met gummiomhulsel en vijf geleiders : drie geleiders voor de krachtoverbrenging, dus om de motor te voeden, een proefdraad en een nulgeleider die verbonden is met de aarde.

De verbinding van de kabel, zowel aan het toestel als aan het bedieningskastje, wordt verwezenlijkt door middel van een contactstop met hetzij vier pinnen, hetzij vier hulzen waaraan de drie geleiders voor krachtoverbrenging zijn verbonden alsmede de proefdraad. De aardgeleider is aan de massa van de contactstoppen, waarop de kabel eindigt, verbonden.

Wanneer de kabel in bedrijf is, is dus het buitenste van het verbruiktoestel door de aardgeleider met dat van het bedieningskastje verbonden; het buitenste van dit laatste nu veronderstellen wij op een doelmatige wijze met de aarde verbonden.

De controlekring, die het in gang en stil zetten van de motor moet verzekeren alsmede de bescherming tegen electrische schokken, wordt onder lage spanning door een transformator gevoed. Deze kring bestaat uit de proefdraad, de aardgeleider, een relais en een schakelaar en wordt gesloten door het huis van het verbruikstoestel en het buitenste van het koffertje. De

transformator en het relais zitten in het bedieningskoffertje, terwijl de schakelaar in het motorhuis is ingebouwd.

Wanneer de kring door deze schakelaar gesloten wordt, wordt het relais opgewekt en deze bewerkt de inschakeling van de automaat die de motor in gang zet.

Het stilzetten wordt door de tegenovergestelde handeling verwezenlijkt, m. a. w. door de controlekring te onderbreken. Deze kring wordt insgelijks onderbroken, wanneer zonder meer een der contactstoppen wordt uitgetrokken.

Het is dus onmogelijk het toestel (ondersnij-, boormachine, enz.) te gebruiken, wanneer zijn massa niet met de aarde verbonden is.

Wanneer de stoppen niet goed in de stopcontacten raken (wat kan gebeuren indien deze met stof zijn bevuild), of, met andere woorden, wanneer een bijkomende weerstand in de controlekring wordt ingeschakeld en dus ook in de aardverbinding, wordt het relais niet voldoende opgewekt en derhalve de automaat niet ingeschakeld.

Het verbruikstoestel kan dus maar stroom ontvangen, wanneer zijn massa goed met die van het bedieningskoffertje verbonden is.

Dit afstandscontrolestelsel, zoals wij het beschreven hebben, beschermt het personeel voor electrische schokken, die zouden kunnen voortspruiten uit een accidenteel onderspanning komen van de genaakbare delen van het verbruikstoestel. Deze bescherming zou nochtans onvolledig zijn, indien een kortsluiting ontstond in de kabel tussen de proefdraad en de aardgeleider. Hierdoor zou de controlekring bestending gesloten blijven en hierdoor de automaat ingeschakeld, of nu de contactstop van het kabeleinde uit de steekdoos op de machine getrokken werd of niet. (Herinneren wij dat die contactstop gemakkelijk genaakbare klemmen draagt wanneer de kabel losgekoppeld is.)

De firma Hugh Wood heeft dit gevaar verholpen door de schikking, die weergegeven wordt op fig. 6.

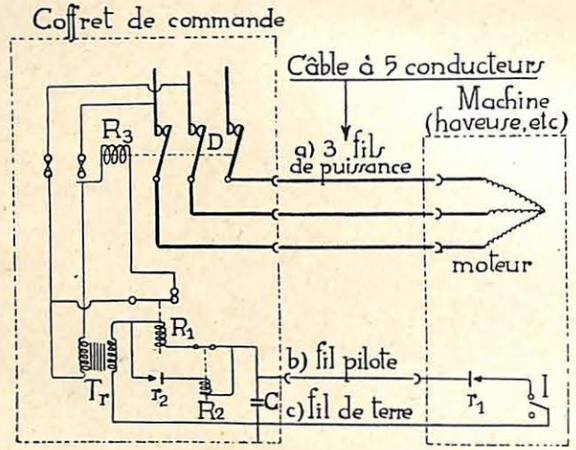


Fig. 6.

In de controlekring zijn nu twee gelijkrichters r_1 en r_2 (type oxymetaal) ingeschakeld, de ene in het verbruikstoestel, de andere in het bedieningskastje.

Wanneer de inrichting in bedrijf is, wordt het relais R_1 opgewekt, het relais R_2 daarentegen niet. (Dit geval is schematisch op de fig. voorgesteld.) Door het relais R_1 gaat immers de gegolfde stroom (een halve golf per periode) die de gelijkrichter r_1 doorlaat, terwijl door het relais R_2 geen stroom gaat; in de kring van dit relais zijn inderdaad twee gelijkrichters r_1 en r_2 ingeschakeld die de ene de eerste, de tweede de tweede halve periode tegenhouden.

De opwekking en de niet-opwekking van het relais R_3 van de automaat gaan steeds samen met die van het relais R_1; ze hangen dus af van de stand van de schakelaar I. De bediening van deze schakelaar verzekert of onderbreekt de voeding van de motor.

Wanneer er in de kabel zich een contact voordoet tussen de proefdraad en de aardgeleider, valt de gelijkrichter r_1 stil en de gegolfde stroom, die door de gelijkrichter r_2 gaat, wekt het relais R_2 op, relais dat de stroomkring van het relais R_1 opent, waardoor de automaat uitschakelt en de machine stil valt.

De controlekring wordt gevoed door een hulptransformator T_2, die de netspanning herleidt tot 24 Volt.

De inrichting behelst ook een condensator C, die voor doel heeft de extra-onderbrekingsstroom op te slorpen en het risiko te verminderen mijngas door de controlekring te ontsteken.

In de Engelse bedieningskastjes is er gewoonlijk nog een beschermingsdispositief tegen aardverliezen (core balance); dit werkt niet, tenzij het nulpunt van de transformator, die de voedingsstroom levert, met de aarde verbonden is, wat in België in het algemeen niet het geval is.

Dit dispositief is gevormd door een magnetische ring waarop drie spoelen zijn geplaatst, die elk op een phase zijn ingeschakeld, alsmede een relaisspoel. Wanneer de phasen goed in evenwicht zijn, gaat er geen magnetische vloed door de kern. Indien echter in het gedeelte van het net voorbij het koffertje een phase met de aarde wordt verbonden, wordt door het verschil van belasting der phasen een magnetische vloed in de magnetische kern verwekt. Deze wekt een stroom op in de relaisspoel en hierdoor wordt, door tussenkomst van een hulprelais, de automaat uitgeschakeld.

3. **Boormachines :** Het zijn draaiboormachines, die kunnen gebruikt worden in kolen en zachte schiefersteen en gebouwd zijn door de firma's „ Victor Products ", te Wallsend-on-Tyne en „ Hugh Wood ", te Gateshead-on-Tyne.

Deze machines zijn uitgerust met een asynchrone motor met kooianker, die gevoed wordt onder een spanning van

hetzij 125, hetzij 220 Volt met 50 periodes. De motorsnelheid is gewoonlijk 3.000 toeren per minuut; ze wordt door een planetarisch drijfwerk tot een waarde herleid die vereenbaar is met de normale aandrijving m. a. w. tot 300 à 500 toeren per minuut.

De firma „ Victor Products " heeft sommige harer machines uitgerust met een motor die gevoed wordt met een frekwentie van 150 periodes en draait met een snelheid van 9000 toeren per minuut. In dat geval wordt de driephasige stroom door een draaiende transformator geleverd; deze is in het bedieningskoffertje ingebouwd en wordt gevoed met de normale frekwentie (50 periodes).

Deze boormachines zijn uitgerust met afstandsbediening; de voedingsstroom wordt derhalve onderbroken in geval de aardverbinding slecht wordt.

4. **Ohmmeters met batterij :** Deze toestellen dienen om de schietkringen na te zien. De stroombron bestaat uit een droge batterij zoals die der zaklampen.

De verschillende onderdelen worden beschermd door een doos in bakeliet en het toestel wordt gedragen in een lederen tas, die zo uitgesneden is dat men al de nodige handelingen en lezingen kan doen zonder het toestel er uit te nemen.

De kortsluitingsvonk ontsteekt het lichtgasluchtmengsel niet, alhoewel dit ontvlambaarder is dan gelijk welk mijngasmengsel.

De veiligheid, welke deze toestellen bieden, steunt op het feit dat de aangewende spanningen en stroomsterkten uiterst zwak zijn.

Twee toestellen van dit soort werden toegelaten bij de beslissingen, 13 E/7099 van 24-12-1947 en 13 E/7104 van 9-1-1948, van de Algemene Directie van het Mijnwezen.

D. —OPZOEKINGEN NOPENS DE ONTVLAMMING VAN KNALGAS IN DE DRAAGBARE ELECTRISCHE LAMPEN.

(2e mededeling)

a) Overzicht van de vorige opzoekingen.

In het verslag over de werken in 1946 (Annalen der Mijnen van België, Boekdeel XLVII, bladzijden 243 en volgende) hebben wij de incidenten aangehaald die deze opzoekingen wettigen.

In een lampenkamer van een kolenmijn van het bekken van Charleroi deed er zich, met 15 dagen tussenruimte, twee maal een ontploffing voor in een draagbare lamp met alkalische accumulator op het ogenblik dat men de lamp ontstak door de kop er van te draaien.

Dergelijke ontploffing vereist natuurlijk de verwezenlijking van twee voorwaarden :

1° de vorming van knalgas binnen in de lamp;

2° de verwekking van een electrische vonk die van zulke aard is dat zij het knalgas kan ontsteken.

De vorming van knalgas binnen in de lamp werd in 1946 uitvoerig bestudeerd; deze studie leidde tot de volgende vaststellingen:

Indien de accumulator geladen wordt volgens het regime dat er voor door de constructeur is aangeduid en indien de lamp lang genoeg open (deksel gescheiden van pot) blijft, laat ons zeggen gedurende drie uren, na de lading, is er geen knalgas binnen in de lampkop op het ogenblik dat de lamp ontstoken wordt.

Dit veronderstelt natuurlijk dat de kleppen, die op de bovenwand van de accumulator geplaatst zijn, zich volkomen vrij kunnen openen om de verwijdering van de tijdens het laden gevormde waterstof te verzekeren.

Het is het gebruik deze kleppen slechts weg te nemen om

electrolyt bij te vullen, maar niets verhindert de lampenisten op geregelde tijdstippen de goede werking er van na te zien.

Men bemerkt in de lampkop slechts de aanwezigheid van waterstof in noemenswaardige hoeveelheid na een overdreven lading, hetzij dat de ladingstijd en stroomsterkte merkelijk groter waren dan deze aangegeven door de constructeur, hetzij dat dezelfde accumulator tweemaal achtereen een normale lading kreeg zonder tussenin ontbladen te zijn geworden.

Wat de ontladingstijd betreft, hebben wij het explosief karakter van de atmosfeer in de lamp kunnen aantonen in het geval van een te ver gedreven ontlading (gloeidraadje nog nauwelijks gloeiend). Hetzelfde hebben wij kunnen doen voor een lamp, die na uitdoving van het peertje lang gesloten gehouden werd, 21 uren 30 minuten in een geval, 30 uren in het andere.

In 't kort, de aanwezigheid van een ontplofbaar mengsel binnen in een draagbare electrische lamp schijnt volkomen abnormale gebruiks- en onderhoudsvoorwaarden te vereisen. Hieronder dient verstaan het gebruik van batterijen, waarvan de platen het grootste gedeelte van de actieve vulling verloren hebben en die, uit dien hoofde, onmogelijk de electrolytische gassen kunnen absorberen en vasthouden.

Maar zoals wij vroeger reeds gezegd hebben, vergt de ontploffing de tussenkomst van een vonk of van een electrische boog. Indien men de rechtstreekse aanraking tussen de twee klemmen van de accumulator of tussen twee onderdelen van de voedingskring uitsluit, blijven steeds de verrichtingen die men doet om de lamp te ontsteken of te doven over als mogelijke bron van vonken binnen in de lamp.

b) Proeven om knalgas te ontsteken door accumulatorvonken.

Indien de door de accumulator geleverde stroom onderbroken wordt tussen verende messingplaatjes in een waterstof-zuurstofmengsel, wordt de ontsteking door betrekkelijk zwakke stroomsterkten verwekt; deze hangen af van de samenstelling van het mengsel en van de spanning der stroombron bij open stroomkring.

Gebruik makend van loden batterijen hebben wij vroeger de ontvlamming waargenomen voor de volgende minimale stroomsterkten en spanningen :

0,7 ampère, 6 volt, 3 in serie geschakelde elementen, mengsel met 66,66 % waterstof en 33,33 % zuurstof.

en

1,85 ampère, 4 volt, 2 in serie geschakelde elementen, mengsel met 29,33 % waterstof en 70,67 % zuurstof.

We hebben gelijkaardige proefnemingen gedaan met een alkalische lampbatterij (2 elementen).

De minimale stroomsterkten en spanningen, waarbij knalgasmengsels ontstoken werden, waren hierbij de volgende :

2,0 ampère, 2,6 volt, mengsel met 66,66 % waterstof en 33,33 % zuurstof;

1,6 ampère, 2,6 volt, mengsel met 33,33 % waterstof en 66,66 % zuurstof.

De zwakste stroomsterkten, waarbij knalgas werd ontstoken, namelijk 1,85 ampère (zure accumulator) en 1,6 (alkalische accumulator) benaderen dezelfde waarden als het verbruik van sommige draagbare lampen, terwijl de overeenkomende spanningen, 4 en 2,6 volt, de in België maximale toegelaten spanningen zijn.

Het dispositief nochtans dat bij de proefnemingen gebruikt werd (twee verende plaatjes in het gasmengsel) komt niet overeen met het stroomonderbrekingsmechanisme dat voor het aansteken en doven der gloeilampjes gebruikt wordt.

Om die reden leek het ons gewenst de ontstekingsproeven te herhalen in voorwaarden die beantwoorden aan die der werkelijkheid.

Wij hebben eerst een draagbare lamp met ronde pot gebruikt die wij als volgt hadden gewijzigd : het gloeilampje

en de beschermingsstolp waren weggenomen; twee geleiders waren met de binnenste onderdelen der lamp verbonden en lieten toe hetzij de batterij te laden, hetzij ze te ontladen zonder dat het nodig was het deksel van de pot te doen.

De proefneming bestond in het normaal openen en sluiten van de stroomkring door de normale ontstekings- en dovingsverrichting.

De stroomkringen beantwoordden dus aan het schema fig. 7

De accumulator (A) was in de pot (P) met het deksel of de kop (T) geplaatst en verbonden met de schakelaar C door de geleiders c en c'.

Volgens de stand van deze schakelaar maakt de accumulator deel uit van de stroomkring (I) met de gelijkstroombron (S), de weerstand (R_1) en een ampèremeter (A_1) en wordt hij geladen, ofwel behoort hij tot de stroomkring (II) bestaande uit de weerstand (R_2) en een ampèremeter (A_2) en wordt hij ontladen.

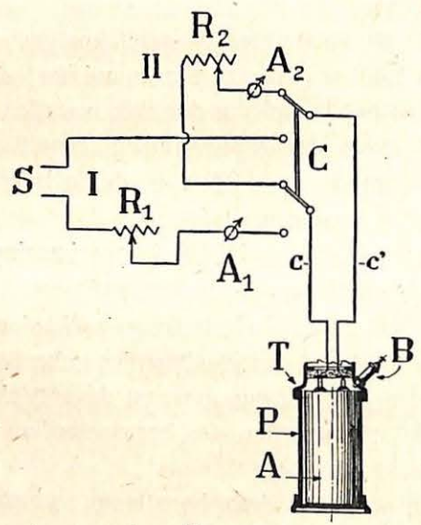


Fig. 7.

Door de kop (T) te draaien wordt de stroom onderbroken in het ontwikkelde gas hetzij bij het laden, hetzij bij het ontladen.

Wanneer de vonk, die hierbij verwekt wordt, het gas niet ontsteekt, controleert men met de bougie (B), die met een hoogspanningsinductieklos verbonden is (en die niet voorgesteld is op de schets), de ontvlambaarheid van het mengsel in de lamp.

De lamp, die aan de proeven werd onderworpen, werd geleverd door de „ Société belge d'Applications électriques ". te is voorzien van een alkalische accumulator van 15 ampèreuren. De kop er van is op de pot geschroefd met 2 ½ windingen.

De stroom wordt onderbroken tussen de klemmen van de accumulator en metalen sectoren, die in de ebonietschijf, welke de bovenkant van de kop vormt, vastzitten. Deze klemmen en sectoren zijn van staal; de contactvlakken der eersten zijn lichtjes bol, die der laatsten volkomen vlak.

De ladingscapaciteit bedraagt 22,5 ampère-uren.

Wij hebben zeven proefnemingen gedaan, dus zeven ladingen gevolgd van ontladingen.

De stroomsterkte veranderde voor de eerste van 2 tot 3,5 ampère; voor de tweede van 1,15 tot 4 ampère.

Met regelmatige tussenpozen (alle 2 of 3 uren) en zowel bij het laden van de accumulator als bij het ontladen, werd de stroom door draaiïng van de lampkop onderbroken; voor elke proefneming onderbraken en sloten we aldus twintig maal de stroomkring.

In geen enkel geval, heeft deze handeling de ontploffing verwekt van het gas, dat boven de accumulator in de kop hing. Hier weze echter aan toegevoegd dat dit gas niet altijd ontvlambaar was.

De controle met de bougie (hoogspanningsvonken) gaf immers maar ontploffingen in de volgende gevallen :

1) na 15 uren lading met een stroom van 2 ampère;
2) na 11 uren 30 min. lading met een stroom van 3 ampère;
3) na 4 uren lading met een stroom van 3 ampère;
4) na 6 uren lading met een stroom van 3 ampère;
5) na 8 uren 15 min. lading met een stroom van 3,5 ampère;
6) na 3 uren 30 min. lading met een stroom van 4 ampère;
7) na een langdurende ontlading waarbij de stroom eerst op 1,25 ampère was geregeld; de ontploffing kon worden verwekt met de bougie 24 uren na het begin der ontlading op het ogenblik dat de stroomsterkte 0,25 ampère bedroeg; zulke zwakke stroom kon geen ontvlamming veroorzaken.

   Wij hebben deze proef opgetekend, omdat zij bevestigt dat een lang durende ontlading tot de batterij uitgeput is, voordelig werkt wat betreft de aanwezigheid van ontvlambaar gas in de lamp.
8) na een overdreven ontlading van 40 ampère-uren.

Er was dus maar een ontvlambaar mengsel in de lamp aanwezig gedurende de lading of na een overdreven ontlading; zelfs in die beide gevallen was het telkens onmoglijk geweest vóór de ontstekingspoging met de bougie, door draaiïng van de lampkop de ontsteking te verwekken, alhoewel in al de proeven het stroomdebiet tenminste gelijk was aan dat van een draagbare lamp.

Deze proefnemingen lieten ons toe te besluiten dat de ontstekings- en dovingsmanœuvers niet in staat zijn een inwendige ontploffing te verwekken.

Men kon zich echter nog afvragen of deze negatieve uitslagen niet eenvoudig te wijten waren aan het feit dat de samenstelling van het in de lamp aanwezige mengsel niet de maximale geschiktheid tot ontsteking door accumulatorvonken bood.

Deze samenstelling kenden wij niet en er was geen spraak van ze door een ontleding te bepalen, want het nemen van een monster door gelijk welk procédé zou gepaard gegaan zijn met het indringen van lucht in de lamp.

Zo kwamen wij er toe onze opzoekingen voort te zetten en hierbij de stroomonderbrekingsinrichtingen van draagbare lampen in mengsels met gekende samenstelling te plaatsen.

Wij hebben hiertoe de toestellen gebouwd die voorgesteld zijn op de figuren 8 en 9.

In het eertse (fig. 8) drukken twee klemmen (B) (er is er maar één zichtbaar op de schets), die op een eboniet schijf (D_1) zitten gemonteerd en met een metalen stuk onderling verbonden zijn, op twee sectoren S_1 en S_2 die in een ebonietschijf (D_2) verzonken zitten. Deze onderdelen komen voort van een draagbare lamp met een pot met cirkelvormige doorsnede en doen dienst als schakelaar.

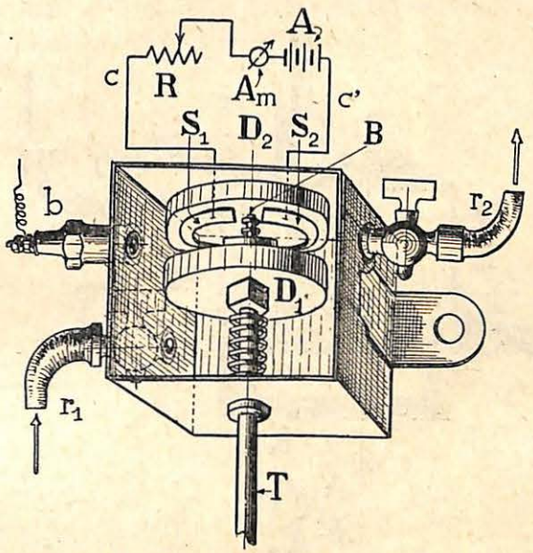


Fig 8.

Met de twee sectoren zijn twee geleiders c en c' verbonden die een kring vormen met een batterij alkalische accumulatoren, een ampèremeter (Am) en een regelingsweerstand (R).

Wanneer we door middel van de staaf (T) de ebonietschijf (D_1) doen draaien, dan is de stroomkring volgens de stand der klemmen open of gesloten en is er dus onderbreking of herstel van het stroomdebiet in de batterij.

Al deze onderdelen zitten in een gesloten metalen doos met cubische vorm, waarvan een zijde door een papier gevormd is. Op de doos zijn twee kraantjes r_1 en r_2 geplaatst om de stroming van het gasmengsel mogelijk te maken en een bougie (b) om de ontvlambaarheid er van door een hoogspanningsvonk na te gaan.

Het te beproeven gasmengsel van waterstof en zuurstof wordt in een klokgazometer bereid.

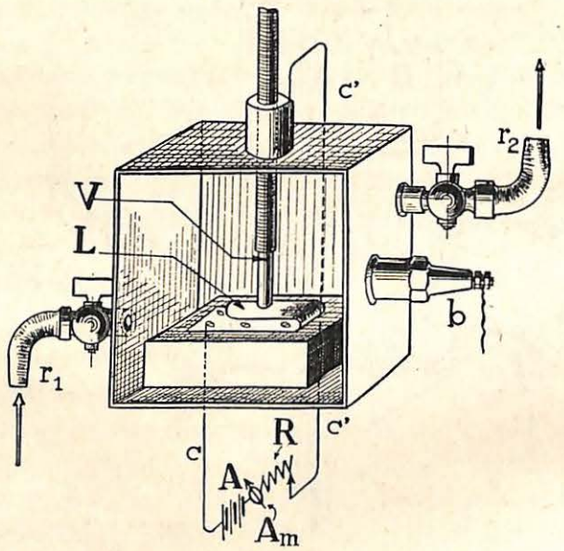


Fig. 9.

Het tweede toestel (zie fig. 9) vertoont veel gelijkenis met het eerste, behalve dat de contactstukken een schroef (V) en een verend plaatje zijn (L); door de schroef te draaien, wordt de stroomkring geopend of gesloten. Deze schikking wordt in sommige hoedlampen gebruikt. De schroef gaat dan doorheen het rechthoekig deksel van de pot.

Wij hebben gas van verschillende samenstelling onderzocht en tevens de spanning en de stroomsterkte alsmede het metaal en de staat der contactstukken gewijzigd.

Onze vaststellingen zijn zeer uiteenlopend; we geven alleen de uiterste uitslagen. Deze vloeien voort uit een groot aantal proefnemingen, waarbij telkens opeenvolgend de stroomkring werd onderbroken en hersteld in mengsels waarvan de ontvlambaarheid na elke negatieve proef met de hoogspanningsvonk van een bougie werd gecontroleerd.

Voor elke stroomonderbrekingsinrichting en elk beproefd mengsel duiden wij in tabel VII aan :

a) het waterstofgehalte in %; het aanvullend percentage is het zuurstofgehalte;

b) de maximale stroomsterkte die geen ontsteking verwekte;

c) de minimale stroomsterkte die de ontsteking veroorzaakte;

d) het aantal in serie geschakelde alkalische elementen dat de stroombron vormde.

TABEL VII

Aard en vorm van de stroomonderbrekingsorganen	Waterstof-gehalte in %	Stroomsterkte in ampère: maximale die geen ontsteking verwekte	minimale die wel verwekte	
A. Stalen klemmen die tegen stalen sectoren drukken (schikking fig. 8)	66.0	7.0	—	10 elementen (15 volt)
	55.5	5.50	4.00	4 elementen (5.2 volt)
	51.0	2.60	—	3 elementen (3.9 volt)
	51.0	—	2.75	4 elementen
B. Klemmen in messing die tegen dito sectoren drukken (schikking fig. 8)	54.57	8.00	—	5 elementen (6.5 volt)
C. Stalen schroef die tegen een verend staalplaatje drukt (schikking fig. 9)	61.0	6.0	7.00	4 elementen
	55.0	7.5	—	6 elementen
	53.0	—	7.50	9 elementen
	53.25	6.00	7.50	4 elementen
D. Stalen schroef die tegen een verend messingplaatje drukt (schikking fig. 9)	66.0	7.2	—	9 elementen
	65.5	7.0	—	4 elementen
E. Stalen schroef dat tegen een verend vernikkeld-staalplaatje drukt (schikk. fig. 9)	52.5	7.2	—	4 elementen

De schikking A wordt gebruikt in de alkalische handlampen met ronde pot; de schikking B, in zure handlampen met ronde pot; de schikking C, in alkalische hoedlampen, waarvan de schakelaar op het deksel van de rechthoekige accumulatordoos is geplaatst.

Voor de proefnemingen, waarvoor alleen de maximale stroomsterkte die geen ontvlamming verwekte is aangegeven, dient er verstaan dat de minimale stroom die de ontsteking veroorzaakt niet werd bepaald.

Zoals het onderzoek van tabel VII laat uitkomen, zijn al de maximale stroomsterkten, die geen ontsteking verwekten, groter dan de gewone stroomsterkten in onze draagbare lampen.

Bij Ministerieel Besluit van 5 April 1934 immers, werden de grootste toegelaten spanningen en stroomsterkten van de lampen, waarin de onderbreking van de voedingsstroom plaats vindt in een ruimte die toegankelijk is voor de accumulatorgassen, beperkt respectief tot 4,5 volt en 2 ampère.

De zwakste stroom die een ontsteking veroorzaakte namelijk 2,75 ampère, werd opgetekend voor de schikking met stalen klemmen drukkend op stalen sectoren, dus die der alkalische lampen met ronde pot. In deze lampen echter zitten er slechts twee elementen terwijl de proef, die hier besproken wordt, met 4 in serie geschakelde elementen gedaan werd. Tot nader onderzoek bestond er dus reden toe te besluiten dat het onmogelijk is in een draagbare lamp een ontploffing te verwekken door eenvoudige bediening van de schakelaar, zelfs indien het mengsel in de lamp de maximale ontplofbaarheid vertoont (33 % waterstof).

Al de vorige proeven nu werden uitgevoerd met normale stroomonderbrekingsorganen : klemmen of schroeven met afgeronde kop die tegen vlakke sectoren of vlakke verende plaatjes drukken.

Om verder te gaan hebben wij dezelfde organen aan proeven onderworpen, nadat wij de contactvlakken met de zaag en met de beitel gegrift en gegroefd hadden, terwijl deze vlakken in de eerste proeven effen waren en niet het minste ruw.

Wij hebben onderzocht wat in die omstandigheden de stroomsterkte werd, die een ontploffing van knalgas veroorzaakte.

De uitslagen van onze vaststellingen werden opgetekend in tabel VIII.

TABEL VIII

Gebruikte electroden	Waterstofgehalte in %	Stroomsterkte in ampère: maximum die geen ontvlamming	minimum die wel verwekte	Opmerkingen
A	32,0	2,5	2,75	3 alkalische elementen
B	33,0	—	6,00	5 id.
	id.	5,0	—	4 id.
C	70,0	4,0	—	5 id.
	47,5	3,0	—	5 id.
	33,0	2,0	2,1	2 id.
	23,2	4,5	—	4 id.
D	66,0	—	5	9 id.
	33,0	5,35	6,25	9 id.
E	33,0	2,50	2,75	2 id.

N. B. — De letters A tot E komen overeen met de schikkingen die beschreven zijn in de eerste kolom van tabel VII.

Met elke schikking hebben wij de ontvlamming bekomen voor stroomsterkten, die zwakker waren dan die, welke in de vierde kolom van tabel VII voorkomen.

De zwakste stroom, die met de schikking C de ontvlaming verwekte (stalen schroef drukkend tegen een stalen plaatje), benadert zelfs de in de draagbare lampen grootste toegelaten stroomsterkte.

Oneffenheden op de contacten vergemakkelijken dus de knalgasontvlamming door de electrische vonk. Zulks was te voorzien ten gevolge van de waarnemingen die wij vroeger gedaan hebben met de verende plaatjes.

Sommige buitenlandse reglementen bepalen, dat de onderbreking van de voedingsstroomkring der draagbare electrische lampen moet geschieden tussen vlakke of lichtgebogen contactvlakken. Feitelijk is dit zo in al de in België toegelaten draagbare electrische lampen, alhoewel ons reglement op de verlichting zulks niet voorschrijft.

Wij weten niet of het herhaald sluiten en onderbreken van de stroomkring ten langen laatste zulke beschadigingen als wij vrijwillig aanbrachten kunnen veroorzaken. In alle geval is het nodig de aandacht van de gebruikers te vestigen op de noodzakelijkheid door passlijpen of anderszins de sporen van ineenschuren, die door het gebruik op de contactvlakken kunnen ontstaan, te verwijderen.

Het schijnt dus wel dat de mogelijkheid van een inwendige ontploffing in een draagbare lamp niet volstrekt moet uitgesloten worden, wanneer terzelfdertijd deze twee voordelige voorwaarden verwezenlijkt zijn : abnormale ontwikkeling van knalgas en beschadiging van de contacten waartussen de stroomkring onderbroken wordt.

Deze mogelijkheid kan men uitsluiten door ofwel het ontplofbaar gas op continue wijze uit de lamp te verwijderen, ofwel de oorzaak, de electrische vonk, uit te schakelen.

De eerste wijze vergt luchtgaten, die de gevormde waterstof laten ontsnappen of de verdunning er van verzekeren, verdunning die overigens door de neiging van dit gas tot diffusie bevorderd wordt.

Er zijn dergelijke luchtgaten in de Oldham-hoedlamp met zure accumulator : elk van de twee elementen staat in verbinding met de buitenlucht door een kanaaltje van 96 mm lengte en 2 mm diameter dat in de zijwand van de accumulatordoos is gemaakt.

Men zou een dergelijk stelsels kunnen uitdenken voor de handlampen met ronde pot, maar men aarzelt een weinig deze oplossing aan te bevelen, daar zij tot gevolg zou hebben stof in de lamp te laten dringen.

Wat het vermijden van de electrische vonk in een ontplofbaar gas betreft, ligt de oplossing voor de hand bij de hoedlampen : het volstaat de schakelaar dicht bij het gloeilampje te plaatsen, m. a. w. op de projector.

In de handlampen zou de kop vastgezet kunnen worden op de pot en de voeding van het gloeilampje kunnen verzekerd worden op een bestendige wijze vanaf de sluiting der lamp in de lampenkamer.

Deze oplossing is echter niet bevredigend onder alle oogpunten.

Om verschillende redenen moet de mijnwerker door een eenvoudige handeling naar believen kunnen beschikken over de lichtenergie die hem wordt toebedeeld. Wat meer is, het is wenselijk dat hij, in geval de beschermingsstolp en het peertje breken onmiddellijk de lamp kunne doven om alle gevaar te vermijden dat mijngas in contact met het gloeiend gloeidraadje tot ontvlamming wordt gebracht.

c) Besluit.

Uit deze lange studie blijkt :

1° Dat de ontsteking van knalgas in een draagbare lamp door de verrichtingen, die normaal nodig zijn om de lamp te ontsteken of te doven, de samenloop vergt van bijzondere omstandigheden, namelijk de ophoping van waterstof

boven de accumulator en de slechte toestand van de contactvlakken.

2° Dat de gelijktijdige verwezenlijking van deze voorwaarden weinig waarschijnlijk is bij rationeel gebruik der draagbare lampen.

Daar het praktisch onmogelijk is het omhulsel van een accumulator dicht te maken voor een knalgasvlam moet alles in het werk gesteld worden om de mogelijkheid van een inwendige ontploffing uit te schakelen, dus :

a) slechts batterijën gebruiken die in goede staat zijn en waarvan de platen nog vol actieve stof zitten zodat ze een maximale hoeveelheid electrolysegas kunnen weerhouden;

b) er voor zorgen dat de kleppen voor de verwijdering van de voor de electrolyse gevormde gassen vrij werken;

c) de aanduidingen van de constructeur volgen voor wat betreft het ladingsverloop en de maximale lading der batterijen;

d) de lamp open laten (kop en pot gescheiden) zo lang als de dienst in de lampenkamer het toelaat en nooit minder dan drie uren;

e) sporen van ineenschuren die zich zouden vertonen op de contactvlakken waartussen de stroomkring onderbroken wordt zorgvuldig verwijderen.

Zoals wij het vroeger reeds zegden, biedt de hoedlamp met schakelaar op de projector volstrekt geen gevaar voor inwendige ontploffingen.

Als afdoende maatregel kunnen wij dus aanduiden de algemene aanwending van dat soort lampen, die ten andere opvallen door hun gerieflijkheid bij het gebruik.

E. — VERSCHILLENDE STUDIES.

a) Persluchtslang met aardverbinding.

Wij hebben twee slangen onderzocht waarvan men de rubber geleidend had gemaakt door er geschikte stoffen in te verwerken.

Wanneer er een betrekkelijk lage electrische spanning op toegepast wordt, laten deze slangen een zwakke stroom door; het debiet is nochtans voldoende om de afleiding naar de aarde te verzekeren van ladingen, die zouden kunnen ontstaan op door persluchtstralen geraakte of door perslucht doorstroomde toestellen.

Deze oplossing is natuurlijk beter dan die, waarbij in de rubber metalen draden worden verzonken. Deze immers zijn maar doeltreffend, indien er voor gezorgd is dat zij in contact staan met al de metalen delen der inrichting.

Als documentatie geven we hierna de kenmerken van de onderzochte slangen :

Naam van de fabrikant	Lengte van het staal	Stroom bij een toegepaste spanning van 220 V	Ohmse weerstand volgens de lengte	Fabricatiemerk
Usines Gheysen te Lembeek	5 m.	1,5 milliampère	200.000 ohm	Electroter U.G.
S. A. C. I. C. Anderlecht	15 m.	2,5 milliampère	86.000 ohm	Electromine

Om de doeltreffendheid van een gelijkaardige slang na te gaan maken wij gebruik van een electrostatische machine van Whimshurst.

Alle sporen van electrisering verdwijnen van de polen der machine wanneer deze polen met de aarde verbonden worden door een slang met voldoende geleidbaarheid.

De twee hiervoor aangeduide typen voldeden aan deze proef en het gebruik er van werd aangeraden door de Algemene Directie van het Mijnwezen door de circulaires nr 13 E/7067 van 26 November 1947 en 13 E/7101 van 30 December 1947.

b) Diesellocomotieven.

Wij hebben in 1947 twee Diesellocomotieven onderzocht waarvan de ene (30 P.K.) gebouwd werd door de „ Société des Anciens Etablissements Berry ", te Lille (Frankrijk) en de andere (90 P.K.) door de „ Société Anonyme des Moteurs Moës, te Waremme.

De tweede, die opvalt door haar vermogen, werd in mijngasatmosfeer beproefd.

Wij hebben insgelijks een veiligheidstoestel onderzocht, dat op de locomotief (50 P.K.) van de „ Ateliers de la Meuse " welke in 1946 werd toegelaten, wordt aangewend.

Dit toestel heeft tot doel de brandstoftoevoer af te snijden in geval er water te weinig is hetzij voor de afkoeling der cylinders, hetzij voor de waterverstuiver die de uitlaatgassen afkoelt.

Wij hebben de doeltreffendheid van dit toestel bij de constructeur na gegaan.

F. — ONDERZOEK VAN STOFMASKERS.

In de loop van 1947 hebben wij zes maskers onderzocht die ons werden voorgelegd hetzij door constructeurs, hetzij door het Medisch Arbeidstoezicht van het Ministerie van Arbeid en Sociale Voorzorg.

De maskers werden beproefd in zeer stoffige atmosfeer.

Dit onderzoek maakt het voorwerp uit van een mededeling van de hand van de heer E. a. Ingenieur Brison, welke als bijlage van dit verslag gepubliceerd wordt (Bijlage II).

Het aangewend materieel en de toegepaste techniek werden uitvoerig beschreven in bijlage I van het Verslag over de werkzaamheden in 1946 (Zie Annalen der Mijnen van België, Boekdeel XLVII, bladzijde 120 en volgende).

Met het doel de mogelijke invloed te bepalen van het stofgehalte op de doeltreffendheid van het masker, zijn wij van plan in de loop van het volgend jaar nieuwe proefnemingen te doen in een atmosfeer met een kleiner stofgehalte overeenkomstig met wat in sommige ondergrondse werkplaatsen wordt aangetroffen.

G. — LABORATORIUM VOOR WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK.

Zoals wij hebben gezegd in ons verslag over de werkzaamheden in 1946, zet het Nationaal Mijninstituut de navorsingen voort, die het sedert 1938 aangevat heeft betreffende de verbranding van methaan.

Deze studie is zeer uitgebreid en nog verre van voltooid. Zij komt voor op het programma van al de buitenlandse proefnemingsstations en wij zelf hebben er reeds verscheidene mededelingen over gepubliceerd (1).

In de loop van het jaar 1947 bestudeerden wij de trage verbranding van methaan. Die studie werd terzelfdertijd doorgezet in onze laboratoria, te Paturages, door de heer Vanpée,

(1) De opgave van de mededelingen van het Nationaal Mijninstituut Findt men op bl. 276 van het verslag over de werkzaamheden in 1946. Zie « Annalen der Mijnen van België, Boekdeel XLVII, Jaargang 1947-48.

Hetzelfde vraagstuk werd behandeld door de heer Audibert, Directeur-Generaal van het « Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France » tijdens de laatste onderrichtingen voor ingenieurs gehouden te Montluçon op 1 en 2 October 1947 (Zie « Note Technique n° 47/1 du Centre d'Etudes et de Recherches des Charbonnages de France).

doctor in de wetenschappen, en aan de Wetenschappelijke Faculteit der Universiteit, te Leuven, onder de leiding van Professor Ad. Van Tiggelen, die vroeger aan het Nationaal Mijninstituut was verbonden.

Aangezien het hier een zuiver wetenschappelijke studie gold, hebben wij de geldelijke steun van het Instituut voor Aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in de Nijverheid en de Landbouw gevraagd en bekomen.

Wij houden er aan de Beheerraad van dit organisme voor zijn edelmoedige tegemoetkoming te bedanken.

De proefnemingen, die te Paturages en te Leuven werden uitgevoerd, maken het voorwerp uit van twee mededelingen, die als bijlagen III en IV van dit verslag worden gepubliceerd.

Hier volgt de korte inhoud van deze twee belangrijke mededelingen.

1) De cinetiek van de trage verbranding van methaan.

(Opzoekingen door dhr M. Vanpée te Paturages uitgevoerd).

Tot op heden werd de trage verbranding van methaan slechts aan een beperkt aantal proefnemingen onderworpen en al de onderzoekers, die bij die studie stil bleven, drukken er bijzonder op dat het onmogelijk is dezelfde uitslagen een tweede maal te bekomen.

Deze onmogelijkheid is ongetwijfeld de reden waarom verscheidene mechanismen werden voorgesteld om het verloop der reactie te verklaren (hydroxylatie, ketenreactie, enz.)

Het leek ons nuttig de studie van dit vraagstuk terug aan te vatten in het licht van de opgedane ondervinding.

De opzoekingen in ons laboratorium beoogden twee punten :

a) de ontleding van de producten gevormd bij de trage verbranding;
b) de bepaling van de cinetiek dezer reactie.

a) Ontleding van de producten gevormd bij de trage verbranding.

De verbranding vond plaats in een cel in pyrex met 100 cm3 inhoud, die in het midden van een ronde electrische oven geplaatst was.

Het beproefde mengsel bevatte slechts methaan en zuurstof; de oventemperatuur bedroeg ongeveer 400° C.

De nodige voorzorgen waren genomen om het temperatuursgradiënt volgens de as der cel tot het minimum te herleiden.

Over 20 cm aan weerszijden van het mediaanvlak van de oven was het temperatuursverschil niet groter dan 1° C.

De verwarmingsstroom werd geregeld met een relais en de temperatuur in de nabijheid der cel werd afgelezen op een gasthermometer.

De reactieproducten werden ontleed door gefractionneerde distillatie bij lage temperatuur.

Wanneer men de uitslagen der ontledingen met elkander vergelijkt, staat men stom over hun onregelmatigheid. In volledig dezelfde omstandigheden : zelfde behandeling der cel, zelfde drukking bij de vulling, zelfde verwarmingstijd, neemt men afwijkingen in de eindconcentraties waar die 80 % kunnen bedragen. Het zou dus een utopie zijn met dergelijke techniek een cinitiek te willen bepalen.

Nochtans heeft een zeer belangrijk punt onze aandacht gaande gehouden: alhoewel alles in deze reactie wisselvallig lijkt, blijft er een grootheid altijd onveranderlijk namelijk de verhouding $CO/(CO + CO_2)$, die overeenkomt met een zelfde oxyderingsgraad van methaan. Het feit dat deze gelijk is aan één bij het begin der reactie en nul benadert op het einde er van, bewijst onbetwistbaar dat het rechtstreeks product der beschouwde verbranding koolmonoxyde is en dat dit laatste verder geoxydeerd wordt tot koolzuuranhydride.

Wij staan dus voor twee reacties waarvan de tweede, naar

allen schijn, innig met de eerste verband moet houden. Bij de proefnemingstemperaturen immers zijn de vochtige koolmonoxyde-zuurstofmengsels volledig inert. Het volstaat nochtans aan deze een kleine hoeveelheid methaan toe te voegen om de verbranding te zien plaats grijpen tot volledige consumptie der reagerende stoffen.

b) Kinetiek der trage verbranding.

Zoals wij het reeds zegden, hebben wij insgelijks getracht de kinetische wetten der verbranding te vinden, m. a. w. de factoren te bepalen waarvan de reactiesnelheid afhangt en de invloed van deze kwantitatief uit te drukken.

Proefnemingen, die vóór de onze werden uitgevoerd, hadden aangetoond dat er niet aan gedacht moest worden deze wetten te vinden door voor de opeenvolgende verbrandingen de proefnemingsvoorwaarden te wijzigen; hierbij werd immers de reactiesnelheid aan veranderingen onderworpen die soms 20 % er van overschrijden en die zo de belangrijke invloed van de aard der wanden, alsmede van de behandeling er van, aantonen. Deze invloed werd soms zelfs waargenomen bij twee opeenvolgende verbrandingen in dezelfde cel. Indien men met een zekere nauwkeurigheid de werking van verschillende concentraties op de snelheid wilde nagaan, bleef er bijgevolg maar één methode over : telkens voor één zelfde verbranding, van het begin tot het einde, de reactiesnelheid nagaan maar dat voor de uiterste concentraties van het reagens. Te dien einde hebben wij een methode uitgewerkt welke toelaat op elk ogenblik de samenstelling van het evoluerend mengsel te bepalen overigens zonder het verloop der reactie te zeer te storen.

Deze methode bestond er in tijdens de proefneming de drukking in de cel te noteren, terwijl deze de temperatuur had van de oven (ongeveer 400° C) ofwel deze van smeltend ijs.

Men kon zo de partiële drukkingen bepalen en bijgevolg de

concentraties van de gassen die er in de cel bleven : CH_4,CO, O_2, CO_2 en H_2O.

Wij volgden zo twintig verbrandingen van mengsels met verschillende verhoudingen methaan zuurstof.

In elk geval stelden wij het bestaan van een inductieperiode vast van ½ à 1 uur. Deze inductieperiode is niet dezelfde bij de verschillende proefnemingen en het is voornamelijk daarom dat de samenstelling, voor een zelfde duur der reactie, nogal veel verschilt in het begin der reactie. Maar bij deze oorzaak van onregelmatigheid moeten er andere gevoegd worden die afhangen van de wanden, want de verbrandingssnelheden, die voor dezelfde samenstelling van het mengsel bekomen worden bij opeenvolgende proefnemingen zijn slechts op 15 % na gelijk. Daarentegen toont de regelmatigheid der bekomen curven voldoende, dat het tegenhouden der reactie om de drukking bij nul graden te meten geen storing in de reactiesnelheid veroorzaakt.

Dit feit toont aan dat de geleidelijke versnelling der reactie, die na de inductieperiode waargenomen wordt, niet te wijten is, overeenkomstig de door Semenoff vooruitgezette gedachten, aan de ontwikkeling van een mechanisme volgens ketens met vertakkingen. Indien zulks wel het geval was, dan moest dat verschijnsel zich herhalen telkens de cel opnieuw in de oven gestoken wordt. Welnu we staan voor een stationnair regime (1), dat sneller moet tot stand komen dan in de 10 minuten die nodig zijn om de cel tot op de oventemperatuur te verwarmen. Voor een gegeven proefneming schijnt de verbrandingssnelheid dus enkel functie te zijn van de samenstelling van het mengsel.

Het is dus logisch, naar het voorbeeld van Norrish en von

(1) Men noemt « stationnair regime » datgene waarin het aantal voortplantingscentra der reactie constant blijft, in tegenstelling met het explosief regime dat gekenmerkt wordt door het feit dat het aantal voortplantingscentra groeit met de tijd.

Elbe, de oorzaak van de versnelling toe te schrijven aan de aangroei van een stof die op de reactie katalytisch werkt. Er bestaat echter reden toe zich af te vragen of deze stof, zoals genoemde auteurs veronderstellen, wel in een zeer kleine hoeveelheid voorhanden en door de wanden geadsorbeerd is zoals bv mierenzuuraldehyde. De mogelijkheid de reactiesnelheid terug te bekomen na een zo ingrijpende behandeling als de afkoeling der cel tot op de gewone temperatuur, doet ook aan deze interpretatie twijfelen. Het water, dat op de wanden condenseert, zou naar onze mening zulke storing in het adsorptie-evenwicht moeten teweegbrengen, dat de reactie na elke onderbreking telkens met een andere snelheid zou moeten inzetten. Dat zulks niet het geval is leidt tot de hypothese dat de katalytische stof gasvormig moet zijn.

Na de consumptie van 10 à 20 % der reagentie wordt de verbrandingssnelheid constant; eens 50 % voorbij neemt ze snel af.

Wij hebben kunnen aantonen dat de katalysator, die na de inductieperiode de verbranding versnelde, niets anders was dan het gevormde water.

Na bij het vullen der cel er grotere en grotere hoeveelheden water te hebben ingebracht, stelden wij kleinere en kleinere inductieperioden vast :

Door, eindelijk, de beginverhoudingen van het methaan, de zuurstof en de waterdamp te wijzigen, hebben wij als volgt de reactiesnelheden kunnen bepalen :

Oxydatiesnelheid van methaan: $k_1 (CH_4).^{2'3} (O_2).^{0'4} (H_2O)$.

Oxydatiesnelheid van koolstofmonoxyde :

$$k_2 (CO). (CH_4)^{1'3} (O_2)^{0'4} (H_2O).$$

De symbolen (CH_4), (O_2), (H_2O) en (CO) stellen de moleculaire concentraties der bestanddelen voor.

De activeringsenergies, die met deze reacties overeenkomen zijn respectief : 93.500 en 82.000 calorieën.

In de loop van het jaar 1948, zullen de proefnemingen voortgezet worden met een cel van ongeveer 300 cm3 waarbij de verhouding volume/wand groter is dan bij de cel van 100 cm3. Deze wijziging zal ons toelaten uit te maken in welke mate de celwand invloed heeft.

Indien deze invloed niet overheersend is, m. a. w. indien de ketens zich in de gasphase kunnen voltooien, bestaat er reden toe te geloven dat de uitslagen regelmatiger zullen zijn met een cel met groter volume.

Daarna zullen wij de invloed der inerte gassen bestuderen alsmede die der drukking, der temperatuur, der gevoeligmakers en der dovers (bv. de halogeenzouten).

2) De uitwisseling waterstof-deuterium (1) in de reacties deuterium + methaan + zuurstof.

(Opzoekingen gedaan aan de Wetenschappelijke Faculteit der Universiteit, te Leuvn).

Deze opzoekingen, die geleid werden door Professor Van Tiggelen, hebben het voorwerp uitgemaakt van een doctoraatsthesis welke in extenso als bijlage van dit verslag gepubliceerd werdt (Bijlage III).

Hier volgt er een bondige samenvatting van.

De kinetiek van de trage reactie tussen methaan en zuurstof wordt aan een controle onderworpen door de algemene methode der isotopische indicatoren. Het doel van de opzoekingen is de aard uit te maken van de primaire reacties waarbij de eerste ketens gevormd worden en de verschillende uitslagen te bevestigen, die dhr Van Tiggelen met andere methodes bekwam en die gepubliceerd werden in de verslagen van het Instituut voor de jaren 1942 tot 1946 (Zie Annalen

(1) Deuterium is een isotoop van waterstof met atoomgewicht 2.

der Mijnen van België, Boekdeel XLIII, bl. 117, jaargang 1942; Boekdeel XLV, bl. 41, jaargang 1944; Boekdeel XLVI, bl. 159, jaargang 1946 en Bull. Soc. Chim. Belg. 55, bl. 202, 1946).

Mengsels van methaan en waterstof met een groot gehalte aan de zware isotoop (deuterium > 50 %) alsmede zuurstof worden tot bij 500° C verwarmd. Methaan en waterstof worden gedeeltelijk veranderd in CO_2, CO en H_2O en men stelt terzelfdertijd in het overblijvende methaan een gedeeltelijke substitutie van waterstof door deuterium vast alsmede een verdunning van het deuterium in de overblijvende waterstof.

Door toepassing van een zeer nauwkeurige spectrografische doseringsmethode voor deuterium wordt deze uitwisseling samen met de trage-verbrandingsreactie gevolgd en systematisch bestudeerd.

Hoofdzakelijk leiden de proefondervindelijke gegevens tot volgende vaststellingen :

1) Bij de temperatuur van 500° C is de uitwisselingsreactie van de mengsels methaan-deuterium zonder zuurstof zeer traag en nauwelijks meetbaar;

2) De toevoeging van een kleine hoeveelheid zuurstof versnelt de uitwisseling doch verwekt tevens de verbranding van de waterstof en het methaan.

   Voor groter wordende hoeveelheden zuurstof, begint de uitwisseling te vermeerderen, tot ze een maximum bereikt om daarna te verminderen;

3) Zeer belangrijk is wat volgt : De activeringsenergie van de uitwisselingsreactie is, op de proefnemingsfouten na, dezelfde als die van de verbrandingsreactie van methaan, te weten 87 kcal ± 10 %.

   Deze waarde komt overeen met die gevonden door dhr Van Pée (93 kcal); het verschil vloeit enkel voort uit het

feit dat de temperatuur hier 500° C bedraagt tegenover 400° C bij de proefnemingen van dhr Van Pée;

4) In onze proefnemingen is de verbrandingssnelheid van methaan niet zeer verschillend van die van waterstof wat toelaat te besluiten dat het mechanisme van beide reacties van dezelfde aard moet zijn.

Deze vaststellingen bevestigen ten volle de vroeger bekomen uitslagen en laten toe zekere gevolgtrekkingen te maken betreffende de natuur van de primaire reactie die de ketenvorming inleidt.

Volgend reactieschema laat toe op bevredigende wijze rekenschap te geven van de proefondervindelijke uitslagen :

1. $CH_4 \rightarrow CH_2 + H_2$		primaire reactie.
2. $CH_2 + H_2 \rightarrow CH_4$		herverbinding wanneer het zuurstofgehalte onvoldoende is.
3. $CH_2 + O_2 \rightarrow COH + OH$		of wel $CO + H + OH$ reactie die de radikalen verwekt.
4. $CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$		
5. $H_2 + OH \rightarrow H + H_2O$		
6. $H + O_2 \rightarrow OH$		(resulterende reactie, waarvan het mechanisme nog betwist wordt).
7. $CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH$		
8. $CH_3 + D_2 \rightarrow CH_3D + D$		uitwisselingsreactie voor methaan.
9. $D + CH_4 \rightarrow HD + CH_3$		uitwisselingsreactie voor waterstof.

10. OH	$\rightarrow$	verdwijning op de wand.
11. CH_3	$\rightarrow$	verdwijning op de wand.
12. H	$\rightarrow$	verdwijning op de wand.

Dit mechanisme doet geen beroep op reacties waarbij radikalen verdwijnen door bimoleculaire of trimoleculaire herverbinding in gasvormige phase; het is gemakkelijk zich er van te overtuigen dat het zo moet zijn in de voorwaarden der verwezenlijkte proefnemingen, daar de radikalen gemiddeld maar een kleine kans zullen hebben om op een tweede radikaal te botsen vóór dat zij de wand bereiken. Een gelijkaardige overweging laat toe de vertakkingsreacties uit te sluiten, die zich voordoen wanneer de reactie een explosief verloop aanneemt.

Uit het stel der hierboven opgesomde reacties kan men 3 groepen afzonderen, die de voortplanting van drie onvertakte-ketenreacties verzekeren.

a) Keten voor de verbranding van methaan.

Reactie 4. $CH_4 + OH \rightarrow CH_3 + H_2O$.

Reactie 7. $CH_3 + O_2 \rightarrow CH_2O + OH$.

Deze keten wordt tegenwoordig aanvaard door het merendeel der auteurs; gecombineerd met de primaire reactie resulterend uit de reacties 1, 2 en 3 leidt zij voor de verbrandingssnelheid van methaan tot een uitdrukking, die strookt met het merendeel der proefondervindelijke uitslagen zowel wat betreft de hier beschreven proefnemingen als deze aangehaald door andere auteurs.

b) Keten voor de verbranding van waterstof.

Reactie 5. $H_2 + OH \rightarrow H_2O + H$.

Reactie 6. $H + O_2 \rightarrow OH$.

Deze keten moet insgelijks gecombineerd worden met de reacties 1, 2 en 3; ze laat alzo toe uit te leggen waarom de trage verbranding van zuivere waterstof een reactie is met grotere activeringsenergie dan de oxyderingsreactie van het zelfde gas dat gevoeliger gemaakt werd door toevoeging van methaan. Daar het verschil alleen te wijten is aan de natuur van het primair proces, geeft methaan gemakkelijker radikalen dan waterstof.

Dit betreft natuurlijk niet de hevige ontvlamming, omdat in dat geval vooral de vertakkingsreactie het gedrag der verschillende brandbare gassen zal regelen.

c) Keten voor de uitwisselingsreactie.

Reactie 8. $CH_3 + D_2 \rightarrow CH_3D + D.$

Reactie 9. $D + CH_4 \rightarrow CH_3 + HD.$

Bij deze reacties moeten nogmaals de reacties 1, 2 en 3 gevoegd worden waarvan het geheel een reactie vormt die actieve radikalen voortbrengt.

De kinetische berekening leidt voor de uitwisselingssnelheid tot een uitdrukking, die wondergoed strookt met de uitslagen. Meer in het bijzonder laat zij voorzien dat er een optima zuurstofconcentratie bestaat overeenkomend met deze die gevonden werd.

Andere details kunnen insgelijks in het licht van dit mechanisme verklaard worden.

Aan de snelheid van de verbranding van methaan en aan deze der reactie moet een zelfde activeringsenergie beantwoorden die men theoretisch op 88,5 kcal kan ramen. De uitslagen geven 87 kcal $\pm$ 10 %; deze overeenstemming is buitengewoon goed en staaft het hierboven gegeven mechanisme.

De metingen laten toe te besluiten dat er in de primaire

reactie alleen sprake is van methaan; derhalve bestaan er a priori twee mogelijkheden :

$CH_4 \rightarrow CH_2 + H_2$

of $CH_3 + H.$

De keuze tussen deze twee mogelijkheden wordt bepaald door de uitslagen.

Volgens de tweede hypothese zouden er rechtstreeks CH_3- en H-radikalen gevormd worden zonder de tussenkomst van zuurstof : dit is echter volledig uitgesloten, want deze radikalen zijn juist de voortplantingscentra van de uitwisselingsketen en de aanwezigheid van zuurstof komt als onontbeerlijk voor althans om een merkbare uitwisselingssnelheid te bekomen.

Volgens de eerste hypothese daarentegen is de rol der zuurstof voor de hand liggend :

$CH_2 + O_2 \rightarrow CO + H + OH$

of $COH + OH.$

H of COH zijn radikalen die de ketenvorming voor de uitwisseling kunnen inleiden.

Bij afwezigheid van zuurstof blijft een tragere uitwisseling mogelijk en deze kan op twee manieren geinterpreteerd worden :

1) $CH_2 + D_2 \rightarrow CH_2D_2.$

Herverbindingsreactie van een radikaal CH_2 met een molekuul D_2 om een molekuul CH_2D_2 te vormen.

2) $CH_2 + CH_4 \rightarrow 2\,CH_3.$

Deze reactie zou een activeringsenergie van ongeveer 40 kcal vergen. Deze waarde gevoegd bij de 80 kcal activeringsenergie der primaire reactie leidt tot een waarde van 120 kcal, welke overeenkomt met de activeringsenergie der ketenreactie voor de uitwisseling H-D bij afwezigheid van zuurstof. Bij afwezigheid van zuurstof is de activeringsenergie veel groter en moet derhalve de reactie veel trager zijn.

STATISTIQUES

BELGIQUE

L'Industrie Charbonnière

pendant es années 1946 et 1947

Statistique sommaire et vue d'ensemble sur l'exploitation

PAR

A. MEYERS,

Directeur général des Mines.

Le présent travail donne, en attendant la publication d'éléments plus détaillés dans la « Statistique des industries extravies et métallurgiques », un aperçu de la marche de l'industrie charbonnière belge au cours des années 1946 et 1947.

Certaines des indications numériques qui suivent ne sont qu'approximatives, mais il n'est guère à prévoir que les chiffres définitifs s'en écartent beaucoup.

Production de houille.

(Voir tableaux nos 1 et 2 et diagramme no 1.)

La production nette de houille en Belgique a été, en 1947, de 24.401.470 tonnes, contre 22.784.260 tonnes en 1946, et contre 15.833.030 tonnes en 1945.

D'après le tableau no 1, on peut se rendre compte de l'allure de la production mensuelle.

Ci-dessous figure pour les années 1940 à 1947 le pourcentage

de la production fournie par le bassin de la Campine par rapport à l'extraction totale du Royaume pendant les mêmes années :

1940 :	25,1 %	1944 :	36,0 %
1941 :	26,7 %	1945 :	30,7 %
1942 :	27,2 %	1946 :	31,8 %
1943 :	29,2 %	1947 :	29,5 %

Le nombre moyen de jours d'extraction de l'année 1946 a varié, suivant les districts, entre 288 et 304 ; en 1947, il a varié entre 290 et 301. Pour l'ensemble des charbonnages il a été de 295,8 en 1946 et de 294,3 en 1947.

TABLEAU N° 1

PRODUCTION MENSUELLE DE HOUILLE PAR DISTRICT

(en milliers de tonnes.)

PERIODES	Mons	Centre	Charleroi	Liège	Campine	*Royaume*
1946						
Janvier	309,2	245,7	457,3	314,7	616,9	*1.943,8*
Février	283,4	235,2	431,4	287,9	575,4	*1.813,3*
Mars	298,4	248,2	466,5	306,8	609,2	*1.929,1*
Avril	313,1	248,9	441,1	296,2	585,3	*1.884,6*
Mai	295,2	245,2	431,7	282,9	637,7	*1.892,7*
Juin	284,1	242,9	426,3	271,3	597,1	*1.821,7*
Juillet	275,8	239,5	392,4	287,3	633,3	*1.828,3*
Août	272,4	231,1	440,6	265,8	628,1	*1.838,0*
Septembre	290,0	246,5	454,6	320,9	575,5	*1.887,5*
Octobre	330,1	272,6	503,2	354,3	627,0	*2.087,2*
Novembre	313,2	263,7	473,2	315,4	595,2	*1.960,7*
Décembre	299,8	254,0	458,7	306,3	573,2	*1.892,0*
Totaux des relevés mensuels 1946	*3.564,7*	*2.973,5*	*5.377,0*	*3.609,8*	*7.253,9*	*22.778,9*
Production en 1946 (chiffres provisoires rectifiés)	*3.564,7*	*2.973,8*	*5.380,5*	*3.611,5*	*7.253,8*	*22.784,3*

PERIODES	Mons	Centre	Charleroi	Liège	Campine	*Royaume*
1947						
Janvier	354,8	291,9	514,8	348,6	636,1	*2.146,2*
Février	310,2	257,6	479,4	316,3	590,3	*1.953,8*
Mars	359,9	292,8	519,1	349,9	675,9	*2.197,6*
Avril	359,2	293,8	518,5	354,9	658,0	*2.184,4*
Mai	339,0	280,2	505,5	341,7	614,9	*2.081,3*
Juin	323,1	279,5	490,7	318,6	598,8	*2.010,7*
Juillet	291,3	249,8	426,5	302,7	589,9	*1.860,2*
Août	318,9	229,8	468,7	276,2	533,9	*1.827,5*
Septembre	338,8	272,9	503,4	327,8	563,3	*2.006,2*
Octobre	364,2	291,4	540,8	345,2	602,0	*2.143,6*
Novembre	334,1	264,5	480,9	296,1	535,5	*1.911,1*
Décembre	349,2	280,3	508,8	334,1	595,0	*2.067,4*
Totaux des relevés mensuels 1947	*4.042,7*	*3.284,5*	*5.957,1*	*3.912,1*	*7.193,6*	*24.390,0*
Production en 1947 (chiffres provisoires rectifiés)	*4.042,6*	*3.285,2*	*5.970,6*	*3.909,4*	*7.193,7*	*24.401,5*

En 1946, la production moyenne du pays par jour d'extraction, calculée mensuellement, a varié de 81.550 tonnes, maximum atteint en décembre, à 74.760, minimum atteint en janvier (voir tableau n° 2).

En 1947, cette production a varié de 87.730 tonnes, maximum atteint en avril, à 78.100, minimum atteint en août (voir tableau n° 2).

TABLEAU N° 2.

PRODUCTION JOURNALIERE (en tonnes.)

PERIODES	Couchant de Mons		Centre		Charleroi		Liège		Campine		*Royaume*	
	Production journalière	Jours d'extraction	Production journalière	Jours d'extraction	Production journalière	Jours d'extraction	Production journalière	Jours d'extraction	Production journalière	Jours d'extraction	Production journalière	Jours d'extraction
1946												
Janvier	11.890	26,0	9.490	25,9	17.590	26,0	12.010	26,2	23.730	26,0	74.760	26,0
Février	12.010	23,6	9.970	23,6	18.050	23,9	12.150	23,7	23.980	24,0	76.190	23,8
Mars	12,280	24,3	9.890	25,1	18.080	25,8	11.890	25,8	23.430	26,0	75.650	25,5
Avril	12.520	25,0	10,200	24,4	17.640	25,0	11.990	24,7	23.410	25,0	75.680	24,9
Mai	12.000	24,6	10.090	24,3	17.910	24,1	12.690	22,3	24.620	25,9	77.250	24,5
Juin	11.940	23,8	10.510	23,1	17.910	23,8	12.560	21,6	24.880	24,0	77.850	23,4
Juillet	11.210	24,6	9.780	24,5	17.840	22,0	12.020	23,9	24.170	26,2	74.930	24,4
Août	11.590	23,5	9.750	23,7	18.060	24,4	12.190	21,8	24.250	25,9	75.950	24,2
Septembre . .	11.740	24,7	10.060	24,5	18.400	24,7	12.940	24,8	23.100	24,9	76.110	24,8
Octobre	12.270	26,9	10.250	26,6	18.710	26,9	13.170	26,9	23.220	27,0	77.590	26,9
Novembre . .	13.100	23,9	10.990	24,0	19.550	24,2	13.250	23,8	24.000	24,8	81.020	24,2
Décembre . . .	13.040	23,0	11.040	23.0	20.390	22,5	13.320	23,0	23.880	24,0	81.550	23,2
Année 1946	*12.130*	*293,9*	*10.160*	*292,7*	*18.330*	*293,3*	*12.510*	*288,5*	*23.890*	*303,7*	77.010	*295,8*
Année 1946 (Chiffres prov. rectifiés) . .	*12.130*	—	*10.160*	—	*18.340*	—	*12.520*	—	*23.880*	—	77.030	—
1947												
Janvier	13.650	26,0	11.230	26,0	19.950	25,8	13.370	25,4	24.470	26,0	*82.870*	*25,9*
Février	13.910	22,3	11.250	22,9	19.980	24,0	13.230	23,9	24.600	24,0	*83.140*	*23,5*
Mars	13.840	26,0	11.620	25,2	20.200	25,7	13.720	25,5	26.000	26,0	*85.180*	*25,8*
Avril	14.480	24,8	11.800	24,9	20.830	24,9	14.370	24,7	26.320	25,0	*87.730*	*24,9*
Mai	14.360	23,6	11.670	24,0	21.150	23,9	14.300	23,9	25.620	24,0	*87.090*	*23,9*
Juin	13.240	24,4	11.320	24,7	20.280	24,2	13.390	23,8	23.950	25,0	*82.070*	*24,5*
Juillet	13.740	21,2	11.350	22,0	20.210	21,1	13.510	22,4	23.130	25,5	*82.310*	*22,6*
Août	13.340	23,9	9.700	23,7	19.950	23,5	12.850	21,5	22.340	23,9	*78.100*	*23,4*
Septembre . .	13.390	25,3	10.830	25,2	19.590	25,7	12.750	25,7	21.670	26,0	*78.370*	*25,6*
Octobre	13.540	26,9	10.790	27,0	20.180	26,8	12.830	26,9	22.290	27,0	*79.690*	*26,9*
Novembre . .	14.530	23,0	11.500	23,0	21.000	22,9	13.640	21,7	22.500	23,8	*83.090*	*23.0*
Décembre . .	14.550	24,0	11.980	23,4	21.200	24,0	13.470	24,8	23.800	25,0	*85.080*	*24,3*
Année 1947	*13.870*	*291,4*	*11.250*	*292,0*	*20.370*	*292,5*	*13.480*	*290,2*	*23.880*	*301,2*	*82.870*	*294,3*
Année 1947 (Chiffres prov. rectifiés) . .	*13.880*	—	*11.250*	—	*20.420*	—	*13.470*	—	*23.890*	—	*82.910*	—

Stocks de houille.

(Voir tableau n° 3 et diagramme n° 1.)

TABLEAU N° 3.

STOCKS EN MILLIERS DE TONNES.

PERIODES	Mons	Centre	Charleroi	Liège	Campine	*Royaume*
1946						
1er janvier (1)	35,0	42,3	80,1	50,0	77,5	*286,9* (2)
fin janvier . .	34,9	46,9	86,1	57,3	79,9	*305,1*
» février . .	31,9	44,2	92,6	57,6	71,3	*297,6*
» mars . . .	30,1	47,5	91,1	53,3	68,2	*290,2*
» avril . . .	30,0	44,8	83,8	54,0	67,5	*280,1*
» mai	30,0	43,0	77,2	53,6	73,2	*277,0*
» juin	32,7	43,3	79,9	54,5	74,9	*285,3*
» juillet . . .	38,6	40,8	76,4	59,3	73,5	*288,6*
» août . . .	35,0	42,1	74,4	60,1	70,7	*282,3*
» septembre .	31,8	41,9	78,1	55,7	70,1	*277,6*
» octobre . .	30,9	41,3	86,1	65,1	82,9	*306,3*
» novembre .	27,8	47,4	86,2	67,3	92,7	*321,4*
» décembre .	28,3	51,2	85,6	64,3	82,0	*311,4*
1947						
fin janvier . .	29,7	53,1	87,8	65,6	81,8	*318,0*
» février . .	37,9	61,1	85,4	67,7	86,0	*338,1*
» mars . . .	39,5	63,6	82,4	60,3	73,8	*319,6*
» avril . . .	33,9	50,0	79,3	58,5	72,3	*294,0*
» mai	29,5	40,5	83,3	61,2	76,7	*291,2*
» juin	33,6	38,2	85,5	58,4	80,4	*296,1*
» juillet . . .	33,4	35,4	97,4	56,1	79,4	*301,7*
» août	42,0	37,8	102,0	68,0	92,5	*342,3*
» septembre .	50,0	83,3	108,3	73,3	92,3	*407,2*
» octobre . .	56,0	45,2	114,1	72,5	105,0	*392,8*
» novembre .	61,8	83,1	123,9	71,0	77,6	*417,4*
» décembre .	69,0	57,1	113,9	79,4	129,0	*448,4*

(1) Chiffres définitifs de la statistique annuelle 1945.
(2) Y compris 2.000 tonnes pour le bassin de Namur.

Le stock total de houille dans les charbonnages présente pour les années 1946 et 1947 une courbe irrégulière ; cependant on constate une tendance constante à l'augmentation.

En 1946, le stock atteint son maximum au mois de novembre, et en 1947, ce maximum est atteint en fin d'année.

De 286.900 tonnes au 1er janvier 1946, le stock dans les charbonnages s'est élevé à 448.400 tonnes au 31 décembre 1947, soit une augmentation de 161.500 tonnes.

Ci-dessous figure, pour chaque bassin et pour le royaume, pendant les années 1946 et 1947, en jours de travail, le rapoprt entre le stock en fin d'année et la production journalière moyenne de l'année.

	1946	*1947*
Mons	2,3 jours	5,0 jours
Centre	5,0 »	5,1 »
Charleroi . . .	4,7 »	5,6 »
Liège	5,1 »	5,9 »
Campine . . .	3,4 »	5,4 »
Royaume . . .	*4,0* »	*5,4* »

Durée du travail.

La durée du travail souterrain ne peut excéder 8 heures par jour ni 48 heures par semaine, descente et remonte comprises.

La durée du travail à la surface est de 8 heures par jour et de 48 heures par semaine.

Personnel.

(Voir tableau n° 4 et diagramme n° 2.)

Le tableau n° 4 indique, mois par mois, le nombre moyen d'ouvriers occupés pendant les jours d'extraction. Ce nombre a varié en 1946 entre un maximum de 139.900 atteint en décembre (en chiffres ronds) et un minimum de 128.500 constaté en août ; de même pour 1947, le maximum fut de 143.300 en mai contre un minimum de 131.400 en septembre.

Le relevé ci-après donne la répartition entre les districts du personnel total occupé au cours du dernier mois des années 1944, 1945, 1946 et 1947 :

	Déc. 1944	Déc. 1945	Déc. 1946	Déc. 1947
Couchant de Mons	17.929	24.401	24.489	25.079
Centre	12.837	17.469	18.165	18.410
Charleroi . . .	21.832	31.486	34.070	34.235
Liège	16.500	24.412	28.401	26.941
Campine . . .	19.526	33.541	34.783	33.119
Royaume . . .	*88.624*	*131.309*	*139.908*	*137.784*

TABLEAU N° 4.

PERSONNEL OUVRIER DES CHARBONNAGES

(en milliers d'ouvriers.)

PERIODES	Ouvriers à veine	Ouvriers du fond (y compris les ouvriers à veine)	Ouvriers de la surface	Ouvriers du fond et de la surface réunis
Décembre 1945 .	19,4	93,6	37,7	*131,3*
1946				
Janvier	19,4	95,7	38,1	*133,8*
Février	19,4	95,9	38,0	*133,9*
Mars	18,9	93,8	39,1	*132,9*
Avril	18,7	92,5	39,6	*132,1*
Mai	17,9	89,3	39,8	*129,1*
Juin	17,4	90,3	40,8	*131,1*
Juillet	16,9	88,4	40,4	*128,8*
Août	17,3	89,9	38,6	*128,5*
Septembre	17,5	90,9	39,1	*130,0*
Octobre	18,2	93,5	41,8	*135,3*
Novembre	18,8	97,2	41,5	*138,7*
Décembre	19,0	98,4	41,5	*139,9*
Moyenne	*18,3*	*93,0*	*39,8*	*132,8*
1947				
Janvier	19,0	99,6	41,1	*140,7*
Février	18,8	97,7	40,7	*138,4*
Mars	19,1	99,2	41,8	*141,0*
Avril	19,4	100,1	43,0	*143,1*
Mai	19,4	99,5	43,8	*143,3*
Juin	18,2	94,5	42,8	*137,3*
Juillet	18,1	95,1	43,2	*138,3*
Août	17,5	91,4	42,0	*133,4*
Septembre	16,9	88,5	42,9	*131,4*
Octobre	16,8	88,3	43,7	*132,0*
Novembre	17,5	92,4	44,1	*136,5*
Décembre	18,0	94,6	43,2	*137,8*
Moyenne	*18,2*	*95,1*	*42,7*	*137,8*

Les chiffres ci-après, fournis par la Fédération des Associations Charbonnières, montrent la proportion d'ouvriers étrangers dans le nombre total d'ouvriers *inscrits* dans les charbonnages (usines connexes comprises).

DISTRICTS MINIERS	Nombre total l'ouvries inscrits à fin décembre		Nombre d'ouvries étrangers inscrits à fin décembre		Proportion d'étrangers %	
	1946	1947	1946	1947	1946	1947
Mons	10.113 (1)	10.880 (1)	29.005	39.413	34,9	37,0
Centre . . .	8.887 (1)	9.144 (1)	21.449	21.596	41,4	42,3
Charleroi . .	17.091 (1)	16.892 (1)	39.943	39.703	42,8	42,5
Liège	16.745 (1)	14.843 (1)	33.375	31.910	50,2	46,5
Campine . .	14.053 (1)	11.809 (1)	40.994 (2)	39.948 (2)	34,3	29,6
Royaume . .	*66.889* (1)	*63.568* (1)	*164.766* (2)	*162.570* (2)	*40,6*	*39,1*

(1) Y compris des prisonniers de guerre allemands qui se chiffrent pour le Royaume, à 36.135 fin 1946 et à 1 fin 1947.
(2) Y compris 3.163 inciviques fin 1946 et 1.721 inciviques fin 1947.

Dans le tableau suivant sont comparés les nombres *d'ouvriers étrangers inscrits* à la fin de chacune des années 1945, 1946 et 1947, suivant leur nationalité :

	Fin décembre 1945	Fin décembre 1946	Fin décembre 1947
Allemands libres . .	35	53	3.684
prisonniers de guerre	44.979	36.135	1
Espagnols	83	111	198
Français	866	1.083	1.777
Hollandais	533	612	865
Hongrois	208	1.023	813
Italiens	2.238	19.164	29.957
Polonais	7.612	6,344	12.926
Suisses	5	209	103
Tchèques	701	633	719
Yougo-Slaves	620	641	1.068
Esthoniens	7	8	310
Lettons	5	4	458
Lithuaniens	11	11	665
Nord-Africains . . .	262	507	3.112
Apatrides	42	47	1.162
Autres nationalités . .	275	304	5.750
	58.482	*66.889*	*63.568*

Au 31 décembre 1947, les chiffres indiqués ci-dessus comprennent 14.499 personnes déplacées. Celles-ci ont été embauchées au fur et à mesure du départ des prisonniers de guerre allemands et comprenaient principalement des italiens, des polonais et des baltes.

Les prisonniers allemands ont été rapatriés entre le mois de novembre 1946 et le mois d'octobre 1947.

Production par journée d'ouvrier.

(Voir tableaux nos 5 et 6 et diagramme no 2.)

Le tableau no 5 et le diagramme no 2 indiquent que la production par journée d'ouvrier, calculée pour l'ensemble du pays, a suivi dans l'ensemble une allure croissante, pour toutes les catégories.

Le tableau no 5 indique en outre le minimum et le maximum de la production.

TABLEAU No 5.

PERIODES	Production journalière par ouvrier		
	Ouvriers à veine Kilogr.	Ouvrires du fond (y compris les ouvriers à veine) Kilogr.	Ouvrires du fond et de la surface Kilogr.
1946			
Janvier	3.844 Min.	771 Min.	547 Min.
Février	3.925	785	558
Mars	3.999	794	555
Avril	4.059	812	562
Mai	4.327	848 Max.	579 Max.
Juin	4.459 Max.	846	576
Juillet	4.443	833	564
Août	4.381	826	570
Septembre . . .	4.354	826	572
Octobre	4.270	819	566
Novembre . . .	4.318	821	569
Décembre . . .	4.274	811	562
1947			
Janvier	4.378 Min.	823 Min.	578
Février	4.423	838	587
Mars	4.466	848	591
Avril	4.530	866	600 Max.
Mai	4.498	860	593
Juin	4.504	855	582
Juillet	4.526	842	568
Août	4.455	838	565 Min.
Septembre . . .	4.641	874	583
Octobre	4.746	892 Max.	593
Novembre . . .	4.748 Max.	883	590
Décembre . . .	4.715	886	598

Le tableau no 6 met en regard, pour les divers districts, le rendement de chacune de ces catégories en 1946 et 1947 ; il permet ainsi de faire des comparaisons entre les districts.

Les rendements figurant au tableau no 6 se rapportent à l'ensemble des ouvriers, c'est-à-dire, les ouvriers libres, les prisonniers de guerre allemands et les inciviques.

TABLEAU No 6.

ANNEES — DISTRICTS MINIERS	PRODUCTION MOYENNE (1)											
	par journée d'ouvrier à veine en Kgs.			par journée d'ouvrier de l'intérieur (ouvr. à veine compris) en Kgs.				par journée d'ouvrier de toutes catégories (intérieur et surface) en Kgs.				
	O.L.	P.G.	I.	Total	O.L.	P.G.	I.	Total	O.L.	P.G.	I.	Total
1946												
Couchant de Mons	4.022	2.678	—	3.490	728	721	—	726	441	720	—	500
Centre	5.500	3.370	—	4.706	925	634	—	824	552	631	—	571
Charleroi	4.811	3.107	—	4.202	911	684	—	837	516	675	—	550
Liège	5.334	3.213	—	4.563	785	458	—	663	473	441	—	465
Bassin du Sud . .	4.832	3.049	—	4.169	835	616	—	762	493	606	—	520
Campine	6.749	3.261	3.157	4.308	915	975	1.204	962	509	974	1.195	687
Le Royaume	*5.176*	*3.135*	*3.157*	*4.212*	*853*	*730*	*1.204*	*816*	*497*	*722*	*1.195*	*563*
1947												
Couchant de Mons	3.846	3.758	—	3.833	788	803	—	790	518	796	—	545
Centre	5.204	4.776	—	5.158	943	581	—	888	619	568	—	614
Charleroi	4.526	4.054	—	4.473	928	644	—	888	582	628	—	586
Liège	4.773	3.585	—	4.603	732	416	—	675	484	389	—	471
Bassin du Sud . .	4.513	3.944	—	4.440	845	596	—	807	548	576	—	551
Campine	5.377	3.752	3.875	4.824	1.040	864	1.164	1.013	630	864	1.138	694
Le Royaume	*4.705*	*3.866*	*3.875*	*4.547*	*887*	*679*	*1.164*	*858*	*567*	*663*	*1.138*	*586*

(1) Chiffres provisoires. — O. L. = ouvriers libres ; P. G. = prisonniers de guerre ; I. = inciviques.

Salaires.

(Voir tableaux nos 7 et 8.)

Les salaires ne sont plus, comme avant la guerre, bien à l'indice des prix.

Jusqu'au 31 juillet 1946 et à partir du 2 décembre 1945, les salaires minima journaliers sont fixés comme suit pour le personnel adulte :

a) fond :	ouvrier qualifié . . .	132 fr.
	manœuvre	110 fr.
b) surface :	ouvrier qualifié . . .	110 fr.
	manœuvre	96 fr.

Pour les jeunes travailleurs et les femmes, les barèmes sont dégressifs.

La Conférence Nationale du Travail, en sa session du 12 août 1946, ratifie les propositions de la Commission Nationale mixte des Mines tendant à mettre de l'ordre dans les salaires. Après accord du Gouvernement, il en résulte les réalisations suivantes :

1° une classification des métiers du fond et de la surface des charbonnages, comportant 10 groupes pour le fond et 5 pour la surface ;

2° une échelle des salaires dont la hauteur des échelons est proportionnelle aux coefficients de hierarchie professionnelle attribuée à ces différentes groupes, le salaire de base étant, pour la surface, celui du groupe I (manœuvres simples), soit 104 francs par jour et, pour le fond, celui du groupe I, soit 130 francs ou 125 % de 104 fr.

L'ouvrier à veine et l'ouvrier bouveleur sont placés au sommet de l'échelle avec un salaire journalier moyen de 234 francs et un salaire minimum national de 204 francs.

Cette échelle est appliquée à partir du 1er août 1946.

Au début de l'année 1947, le Gouvernement entérine une proposition de la Commission Nationale mixte des Mines, applicable à partir du 12 janvier 1947 :

le salaire du groupe I de la surface passe de 104 à 112 francs ;

ce qui entraîne, pour le groupe I du fond, un nouveau salaire de 140 francs au lieu de 130. Le salaire moyen des ouvriers à veine et des bouveleurs est porté à 252 francs, avec minimum national de 220,50 francs.

A dater du 1er septembre 1947, le salaire de la première catégorie du fond est porté de 140 à 150 francs et celui de la première catégorie de la surface de 112 à 120 francs, avec un barême dégressif de majorations pour les 5 premières catégories du fond et les 3 premières de la surface.

Le tableau n° 7 (page suivante) indique les salaires moyens des années 1946 et 1947, les uns et les autres établis par journée de présence et en tenant compte des sommes touchées par le personnel de surveillance.

Le tableau n° 8 (ci-dessous) accuse une augmentation sensible du salaire par tonne, d'une année à l'autre, malgré l'augmentation de la production. Il fait apparaître en outre, comme d'habitude, que le salaire par tonne en Campine est nettement moins élevée que dans les autres districts.

Comme il a été soulignée à l'occasion des statistiques précédentes, les chiffres des tableaux nos 7 et 8 ne concernent que les salaires proprement dits. D'autres charges viennent s'y ajouter pour constituer le coût de la main-d'œuvre.

TABLEAU N° 8.

SALAIRES PAR TONNE

(Chiffres provisoires pour 1946 et 1947.)

DISTRICTS	DEPENSES EN SALAIRES PAR TONNE NETTE EXTRAITE 1946	1947
	Francs	Francs
Couchant de Mons . . .	269,89	324,78
Centre	230,15	281,30
Charleroi	242,89	302,79
Liège	291,67	377,63
Bassin du Sud	257,99	320,86
Campine	180,85	242,48
Royaume	*233,43*	*297,75*

TABLEAU N° 7.

SALAIRES EN 1946 ET EN 1947

(Chiffres provisoires.)

DISTRICTS ET ANNEES	Ouvriers à veine				Ouvriers du fond (y compris les ouvriers à veine)				Ouvriers de la surface				Ouvriers de toutes catégories fond et surface			
	O. L.	*P. G.*	*I.*	*Tot.*	*O. L.*	*P. G.*	*I.*	*Tot.*	*O. L.*	*P. G.*	*I.*	*Tot.*	*O. L.*	*P. G.*	*I.*	*Tot.*
1946																
Mons	195,82	104,53	—	159,70	170,20	85,68	—	144,35	114,28	74,47	—	114,24	148,16	85,67	—	134,98
Centre	204,32	117,38	—	171,92	165,01	87,52	—	138,14	116,30	60,05	—	116,08	145,35	87,38	—	131,36
Charleroi . . .	200,72	105,74	—	166,79	177,18	78,71	—	145,33	111,73	64,32	—	111,35	148,82	78,52	—	133,69
Liège	212,52	122,03	—	179,63	177,54	88,14	—	144,38	116,54	65,73	—	114,90	153,34	87,34	—	135,55
Bassin du Sud	202,58	110,75	—	168,45	173,39	84,63	—	143,57	114,26	65,23	—	113,69	149,18	84,32	—	134,07
Campine . . .	200,84	102,62	131,05	136,12	170,13	85,15	115,39	129,97	109,95	64,97	89,65	109,90	143,41	85,13	115,20	124,23
Royaume . . .	*202,27*	*107,43*	*131,05*	*158,38*	*172,68*	*84,79*	*115,39*	*139,89*	*113,21*	*65,23*	*89,65*	*112,78*	*147,86*	*84,58*	*115,20*	*131,50*
1947																
Mons	238,43	193,24	—	231,73	205,45	147,03	—	197,10	132,76	83,51	—	132,62	180,55	146,48	—	177,16
Centre	249,87	212,46	—	245,90	197,16	142,80	—	188,99	136,68	78,87	—	136,25	176,42	141,42	—	172,70
Charleroi . . .	242,45	190,90	—	236,64	210,66	140,24	—	200,75	132,73	89,48	—	132,43	181,62	138,96	—	177,55
Liège	253,71	200,31	—	246,09	207,69	139,90	—	195,45	138,98	85,46	—	137,44	184,38	136,37	—	177,91
Bassin du Sud	245,05	196,88	—	238,89	206,26	142,08	—	196,40	134,95	85,50	—	134,38	181,18	140,15	—	176,72
Campine . . .	235,63	177,51	185,53	216,31	202,66	144,08	156,65	186,57	128,39	—	99,76	128,27	173,41	144,08	155,40	168,16
Royaume . . .	*242.95*	*188.99*	*185.53*	*232.62*	*205,48*	*142.70*	*156.65*	*193.94*	*133.32*	*85.50*	*99.76*	*132,86*	*179.40*	*141.35*	*155.40*	*174.59*

O. L. = ouvriers libres.
P. G. = prisonniers de guerre.
Tot. = total.
I. = inciviques.

Prix des charbons.

(Voir tableau n° 9.)

Ces prix s'entendent à la tonne, au départ des charbonnages.

A la date du 31 décembre 1947, les prix décrétés au mois de mars n'avaient pas été modifiés. Seuls les charbons importés à usage domestique et destinés aux installations de chauffage central furent majorés, à l'achat, de 250 francs à la tonne, à partir du 7 novembre.

TABLEAU N° 9.

PRIX DES CHARBONS LE 1-1-46 (barèmes du 1-3-45.)

	gras	¾ gras	½ gras	¼ gras	maigres
Charbons industriels					
Schlamms	158	158	158	151	144
Bruts (0/3 — 0/5)	222,5[1]	222,5[1]	222,5[1]	215,5[1]	208,5[1]
Mixtes (de 15 à 40 % de cendres)	246 à 277	240 à 299	228 à 299	222 à 299	217 à 299
Lavés (0/5 - 2/5 - 2/6 - 0/10)	295	288	262,5[1]	257[1]	253,5[1]
Charbons domestiques					
Classés 5/10	330	330	330	330	330
» 10/18	385	415	415	415	415
» 18/30	385	470	470	470	480
» 30/50	385	470	470	470	480
» 50/80	385	440	440	440	455
» 80/120	385	440	440	440	455
Criblés et gailleteries	385	415	415	415	415

PRIX DES CHARBONS A PARTIR DU 1-7-46

	gras	¾ gras	½ gras	¼ gras	maigres
Charbons industriels					
Schlamms	260	245	240	230	200
Bruts (0/2 — 0/5)	380	380	375	360	340
Mixtes (de 15 à 40 % de cendres)	405	405	405	395	380
Lavés (0/5 - 2/5 - 2/6 - 0/10)	450	450	450	445	440
Charbons domestiques	gras	¾ gras	½ gras	¼ gras	maigres
Classés 5/10	550	580	600	600	600
» 10/18	550	640	660	660	660
» 18/30	»	»	»	»	»
» 30/50	»	»	»	»	»
» 50/80	»	»	»	»	»
» 80/120	»	»	»	»	»
Criblés et gailleteries	»	»	»	»	»

(1) Prix moyen.

PRIX DES CHARBONS EN MARS 1947

Charbons industriels (le 1er mars)

	gras	¾ gras	½ gras	¼ gras	maigres
Schlamms	365	320	290	260	230
Bruts (20 % cendres, 3 % eau)					
0/2	480	480	470	435	400
0/5	500	500	485	450	415
Mixtes (de 15 à 40 % de cendres)	540[1]	525[1]	510[1]	485[1]	440[1]
Lavés (10 % cendres, 7 % eau)					
0/5	—	—	545	500	465
2/5 — 2/6	595	—	585	530	490
0/10	640	605	585	530	490

Charbons domestiques (le 16 mars)

	gras	¾ gras	½ gras	¼ gras	maigres
Classés 5/10	700	650	640	640	640
» 10/18	770	780	825	825	840[2]
» 18/30	770	885	1020	1050	1070
» 30/50	770	885	1035	1050	1070
» 50/80	770	825	965	970	985
» 80/120	770	825	890	900	910
Criblés	770	790	855	855	855
Gailleteries	770	790	870	870	870

(1) Prix moyen.
(2) 885 pour les 18/22 maigres.

Production de coke.

La production de coke a marqué une augmentation sensible en 1947 par rapport à 1946.

TABLEAU N° 10.

PRODUCTION DE COKE PENDANT LES ANNEES 1946 ET 1947.

(en milliers de tonnes.)

PERIODES	Hainaut	Liège	Autres provinces	*Royaume*
1946				
Janvier	112,0	63,7	122,8	*298,5*
Février	104,1	64,9	109,9	*278,9*
Mars	125,5	72,2	130,2	*327,9*
Avril	120,6	70,3	126,9	*317,8*
Mai	123,7	76,9	133,7	*334,3*
Juin	123,6	62,8	131,3	*317,7*
Juillet	127,7	73,6	130,3	*331,6*
Août	106,9	75,1	141,2	*323,2*
Septembre	122,9	73,2	133,0	*329,1*
Octobre	127,2	71,8	137,0	*336,0*
Novembre	122,8	70,7	133,9	*327,4*
Décembre	125,6	75,4	136,2	*337,2*
Total 1946	*1.442,6*	*850,6*	*1.566,4*	*3.859,6*
1947				
Janvier	127,9	76,5	137,7	*342,1*
Février	115,7	68,2	124,4	*308,3*
Mars	129,3	76,9	141,0	*347,2*
Avril	136,9	85,1	145,9	*367,9*
Mai	144,0	89,5	151,2	*384,7*
Juin	154,7	93,3	144,3	*392,3*
Juillet	173,2	99,1	152,3	*424,6*
Août	171,8	89,6	154,8	*416,2*
Septembre	174,1	76,8	156,7	*407,6*
Octobre	181,6	105,8	164,4	*451,8*
Novembre	175,8	104,3	157,8	*437,9*
Décembre	180,0	105,3	163,8	*449,1*
Total 1947	*1.865,0*	*1.070,4*	*1.794,3*	*4.729,7*

Prix du coke.

Le prix de la tonne de coke, au départ des cokeries, a subi les fluctuations suivantes, au cours des 2 années sous revue :

avant le 15 juillet 1946 : 490 fr.
à partir du 15 juillet 1946 : 700 fr.
à partir du 1er mars 1947 : 880 fr.
à partir du 1er nov. 1947 : 930 fr.

Ces chiffres concernent le gros coke du type sidérurgique.

Production d'agglomérés de houille.

TABLEAU N° 11.

PRODUCTION D'AGGLOMERES PENDANT LES ANNEES 1946 ET 1947

(en milliers de tonnes.)

PERIODES	*Royaume*
1946	
Janvier	120,1
Février	102,2
Mars	105,1
Avril	106,3
Mai	95,6
Juin	78,6
Juillet	55,8
Août	57,7
Septembre	66,2
Octobre	100,3
Novembre	93,6
Décembre	92,7
Total 1946	*1.074,2*
1947	
Janvier	115,1
Février	111,3
Mars	132,7
Avril	126,3
Mai	113,4
Juin	109,8
Juillet	95,9
Août	79,0
Septembre	95,5
Octobre	116,0
Novembre	112,3
Décembre	145,5
Total 1947	*1.352,8*

Prix des agglomérés.

L'évolution du prix des agglomérés au cours des années 1946 et 1947 est donné ci-après :

a) *briquettes :*

avant le 1-7-46 : 395 à 410 fr. la tonne.

le 1-7-46 : 600 à 640 fr. la tonne.
le 1-3-47 : 850 à 875 fr. la tonne.

b) *boulets* (½ gras, maximum 10 % de cendres).

avant le 1-7-46 : 415 fr. la tonne.
le 1-7-46 : 630 fr. la tonne.
le 1-3-47 : 850 fr. la tonne.
le 1-12-47 : 1.100 fr. la tonne.

Ces prix s'entendent au départ des fabriques d'agglomérés.

Mouvement commercial et consommation de houille de l'Union belgo-luxembourgeoise.

(Voir tableaux n^os^ 12, 13 et 14.)

Les chiffres relatifs à l'Allemagne se rapportaient, jusqu'au 31 octobre 1947, à toute l'Allemagne occidentale. A partir du 1^er^ novembre 1947, une distinction fut établie entre Allemagne-bizone et Allemagne-zone française.

TABLEAU N° 12.

IMPORTATIONS DE L'UNION ECONOMIQUE BELGO-LUXEMBOURGEOISE

(en milliers de tonnes.)

PAYS DE PROVENANCE	Houille		Coke		Agglomérés		Total (1)	
	1946	1947	1946	1947	1946	1947	1946	1947
Allemagne	1.462	810	1.127	990	52	7	*2.974*	*2.103*
Allem. - Bizone	—	181	—	247	—	—	—	*502*
Allem. - Zone franç.	—	35	—	3	—	—	—	*39*
Danemark	—	—	—	5	—	—	—	*6*
France	11	7	—	—	—	—	*11*	*7*
Pays-Bas	7	2	109	150	1	—	*149*	*197*
Pologne	—	374	—	—	—	—	—	*374*
Royaume-Uni	49	1	—	—	—	—	*49*	*1*
Etats-Unis d'Amérique	810	4.353	—	—	—	—	*810*	*4.353*
Prov. de bord (2)	—	1	—	—	—	—	—	*1*
Totaux 1946-1947	*2.339*	*5.764*	*1.236*	*1.395*	*53*	*7*	*3.993*	*7.583*

(1) Le coke et les agglomérés sont comptés dans le total pour leur équivalent en houille crue.
(2) Pour bateaux belges et pour bateaux étrangers.

TABLEAU N° 13.

EXPORTATIONS DE L'UNION ECONOMIQUE BELGO-LUXEMBOURGEOISE

(en milliers de tonnes.)

PAYS DE DESTINATION	Houille		Coke		Agglomérés		Total (1)	
	1946	1947	1946	1947	1946	1947	1946	1947
Allemagne	1	—	—	—	—	—	1	—
Danemark	5	—	2	—	—	—	8	—
Finlande	3	—	13	—	—	—	19	—
France	41	142	400	519	—	1	561	817
Italie	—	563	—	—	—	—	—	563
Norvège	—	1	—	—	—	—	—	1
Pays-Bas	4	35	—	—	—	—	4	35
Portugal	1	—	—	—	—	—	1	—
Royaume-Uni	2	—	—	—	—	—	2	—
Suède	4	7	59	146	—	—	82	197
Suisse	117	226	5	3	8	67	130	290
Congo Belge	10	7	—	—	7	—	16	7
Algérie	1	—	—	—	—	—	1	—
Tunisie	1	—	—	—	—	—	1	—
Maroc français	—	1	—	—	—	—	—	1
Autres pays	—	1	—	—	—	—	—	1
Prov. de bord (2)	119	204	—	3	1	2	120	210
Totaux 1946-1947	309	1.187	479	671	16	70	946	2.122

(1) Le coke et les agglomérés sont comptés dans le total pour leur équivalent en houille crue.
(2) Pour bateaux belges et pour bateaux étrangers.

Le total des importations a presque doublé de 1946 à 1947, du fait de la quantité de houille crue provenant des Etats-Unis, laquelle représente près de 58 % du total des importations.

Ce total est de l'ordre de grandeur du chiffre de l'année 1938 (7.096.000 tonnes).

Quant aux exportations, si elles ont augmenté de plus de 100 % de 19466 à 1947, elles restent bien inférieures à leur niveau d'avant-guerre (6.906.000 tonnes en 1938 et 7.666.000 tonnes en 1939).

La consommation de l'Union Belgo-Luxembourgeoise (voir le tableau n° 14), après avoir fortement fléchi de 1940 à 1945, s'est relevée rapidement en 1946 et a dépassé, en 1947, son chiffre d'avant-guerre : 29.725.000 tonnes contre 29.279.000 en 1939.

Les stocks sont en augmentation ; en 1946 et en 1947, la production ne couvre pas les besoins de consommation.

TABLEAU N° 14.

CONSOMMATION (en milliers de tonnes.)

	1939 (1)	1940 (1) janvier à avril	1940 (1) mai à août	1940 (1) septembre à décembre	1941 (1)	1942 (1)	1943 (1)	1944 (1)	1945 (1)	1946 (2)	1947 (2)
Production	29.844	11.048 (4)	5.152 (4)	9.399 (4)	26.722	25.055	23.737	13.529	15.833	22.784	24.401
Importation	6.205	1.118	180	83	101 (5)	211 (5)	277 (5)	727 (5)	1.898 (5)	3.993	7.583
Exportation	7.666	2.320	279	1.169	3.664 (6)	2.564 (6)	2.421 (6)	449 (6)	270 (6)	946	2.122
Différence des stocks (3)	— 896	— 639	+ 1.080	+ 66	— 1.482	+ 332	— 179	— 24	— 198	+ 11	+ 137
Consommation	29.279	10.485 Union belgo-luxembourgeoise	3.973	8.247 Belgique	24.641	22.370	21.772	13.831	17.659	25.820	29.725

(1) Chiffres définitifs.
(2) Chiffres provisoires.
(3) Le signe + indique une augmentation de stock au cours de l'année ; le signe — une diminution.
(4) D'après les chiffres mensuels.
(5) Pour les années 1941, 42, 43 et 44, Belgique seule. Pour 1945 du 1er janvier au 30 avril, Belgique seule ; à partir du 1er mai, Union Economique belgo-luxembourgeoise.
(6) Du 1er janvier 1941 au 30 avril 1945, y compris les exportations à destination du Grand-Duché de Luxembourg.

DIAGRAMME N° 1. — Mouvement de la PRODUCTION et des STOCKS dans les différents districts.

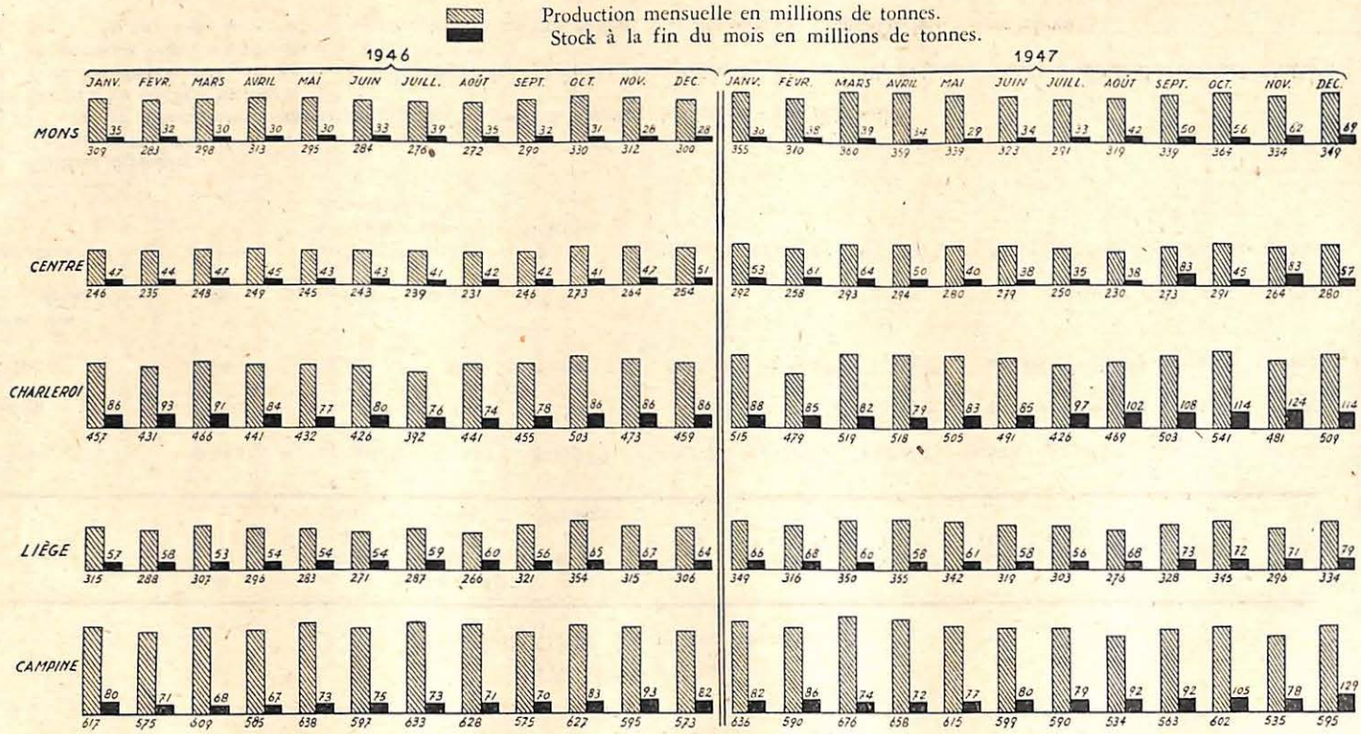


DIAGRAMME N° 2.

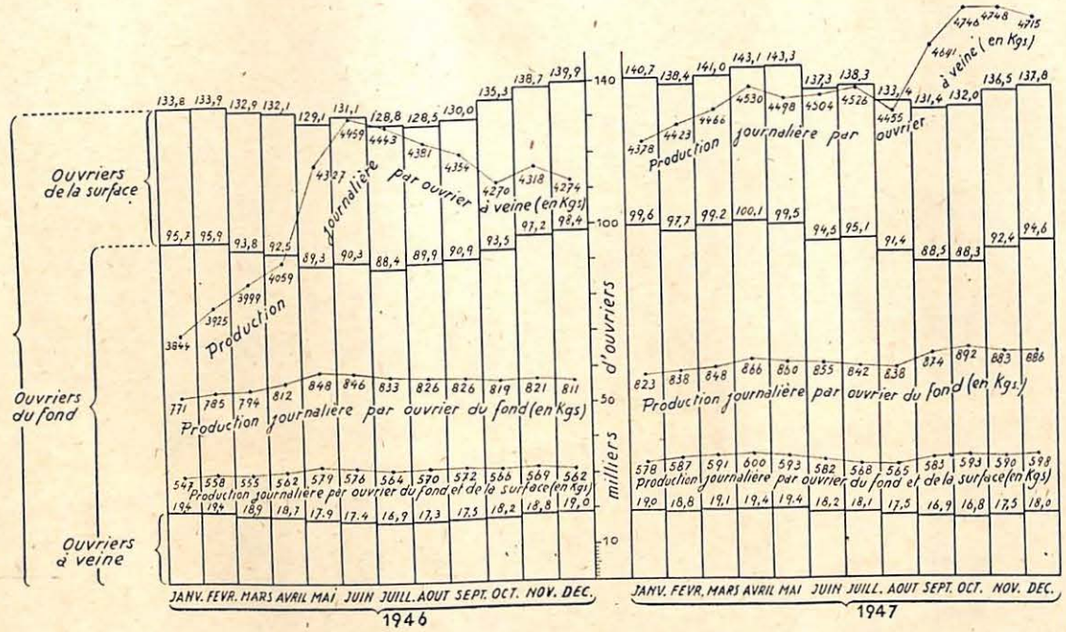


TABLEAU N° 16.

Résultats de l'exploitation des mines de houille en 1947 (Chiffres provisoires).

DISTRICTS	Sans subventions — NOMBRE DE MINES — en boni	Sans subventions — NOMBRE DE MINES — en mali	Sans subventions — NOMBRE DE MINES — Total	Avec subventions — NOMBRE DE MINES — en boni	Avec subventions — NOMBRE DE MINES — en mali	Avec subventions — NOMBRE DE MINES — Total	PRODUCTION nette en tonnes	VALEUR des charbons extraits — globale frs	VALEUR des charbons extraits — frs par tonne	MONTANT des dépenses — global frs	MONTANT des dépenses — frs par tonne	DIFFERENCE boni (+) ou mali (—) — globale frs	DIFFERENCE boni (+) ou mali (—) — frs par tonne	MONTANT DES SUBVENTIONS — Etat	MONTANT DES SUBVENTIONS — Solidarité (1)	SOLDE du compte spécial du Fonds de Réequipement	TOTAL Subventions *MOINS* Solde Réequipement	RESULTAT FINAL — global frs	RESULTAT FINAL — frs par tonne
Couchant de Mons	3	7	10	5	5	10	4.042.590	2.372.152.300	586,79	2.723.249.400	673,64	— 351.097.100	— 86,85	102.653.800	+ 296.640.300	35.459.200	363.834.900	+ 12.737.800	+ 3,15
Centre	4	4	8	6	2	8	3.285.200	1.964.881.900	598,10	1.993.146.700	606,70	— 28.264.800	— 8,60	67.931.600	+ 40.039.500	18.573.200	89.397.900	+ 61.133.100	+ 18,61
Charleroi	11	16	27	13	14	27	5.703.630	3.439.890.600	603,11	3.725.256.500	653,14	— 285.365.900	— 50,03	229.007.500	+ 93.005.500	61.313.600	260.699.400	— 24.666.500	— 4,32
Namur	4	2	6	5	1	6	351.890	230.546.300	655,17	198.946.500	565,37	+ 31.599.800	+ 89,80	5.603.900	— 21.241.500	959.800	— 16.597.400	+ 15.002.400	+ 42,63
Liège	3	25	28	7	21	28	3.828.450	2.521.207.400	658,55	2.988.998.000	780,73	— 467.790.600	— 122,18	107.203.500	+ 313.043.100	36.499.200	383.747.400	— 84.043.200	— 21,95
Bassin du Sud . . .	25	54	79	36	43	79	17.211.760	10.528.678.500	611,71	11.629.597.100	675,68	— 1.100.918.600	— 63,96	512.400.300	+ 721.486.900	152.805.000	1.081.082.200	— 19.836.400	— 1,15
Campine	6	1	7	6	1	7	7.196.150	4.549.820.900	632,26	4.018.824.200	558,47	+ 530.996.700	+ 73,79	139.452.600	— 431.678.600	96.374.400	— 388.600.400	+ 142.396.300	+ 19,79
Royaume	31	55	86	42	44	86	24.407.910	15.078.499.400	617,77	15.648.421.300	641,12	— 569.921.900	— 23,35	651.852.900	+ 289.808.300	249.179.400	692.481.800	+ 122.559.900	+ 5,02
Sans subventions — Groupe des 31 mines en boni							12.655.920	7.868.412.200	621,72	7.117.626.000	562,39	+ 750.786.200	+ 59,33	243.364.100	— 431.769.900	145.668.700	— 334.074.500	+ 416.711.700	+ 32,93
Sans subventions — Groupe des 55 mines en mali							11.751.920	7.210.087.200	613,52	8.530.795.300	725,90	— 1.320.708.100	— 112,38	408.488.800	+ 721.578.200	103.510.700	1.026.556.300	— 294.151.800	— 25,03
Avec subventions — Groupe des 42 mines en boni							15.868.950	9.806.745.000	617,98	9.210.733.700	580,42	+ 596.011.300	+ 37,56	364.079.000	— 339.798.200	162.791.500	— 138.510.700	+ 457.500.600	+ 28,83
Avec subventions — Groupe des 44 mines en mali							8.538.960	5.271.754.400	617,38	6.437.687.600	753,92	— 1.165.933.200	— 136,54	287.773.900	+ 629.606.500	86.387.900	830.992.500	— 334.940.700	— 39,22

(1) + Sommes reçues du Fonds de Solidarité.
— Sommes versées au Fonds de Solidarité.

TABLEAU N° 15.

Résultats de l'exploitation des mines de houille en 1946 (chiffres définitifs).

DISTRICTS	Sans subventions — NOMBRE DE MINES — en boni	Sans subventions — NOMBRE DE MINES — en mali	Sans subventions — NOMBRE DE MINES — Total	Avec subventions — NOMBRE DE MINES — en boni	Avec subventions — NOMBRE DE MINES — en mali	Avec subventions — NOMBRE DE MINES — Total	PRODUCTION nette en tonnes	VALEUR des charbons extraits — globale frs	VALEUR des charbons extraits — frs par tonne	MONTANT des dépenses — global frs	MONTANT des dépenses — frs par tonne	DIFFERENCE boni (+) ou mali (—) — global frs	DIFFERENCE boni (+) ou mali (—) — frs par tonne	MONTANT DES SUBVENTIONS — Etat	MONTANT DES SUBVENTIONS — Solidarité (1)	MONTANT DES SUBVENTIONS — Total	RESULTAT FINAL — globale frs	RESULTAT FINAL — frs par tonne
Couchant de Mons	—	10	10	7	7	10	3.571.110	1.320.801.400	369,86	1.962.062.900	549,43	— 641.261.500	— 179,57	491.980.000	+ 124.147.100	616.127.100	— 25.134.400	— 7,04
Centre	—	8	8	5	3	8	2.975.870	1.073.805.900	360,84	1.406.177.200	472,53	— 332.371.300	— 111,69	323.846.800	+ 34.299.200	358.146.000	25.774.700	8,66
Charleroi	1	26	27	11	16	27	5.186.380	1.979.348.400	381,64	2.582.903.100	498,02	— 603.554.700	— 116,37	545.608.000	+ 43.182.300	588.790.300	— 14.764.400	— 2,84
Namur	1	5	6	4	2	6	270.790	128.836.500	475,78	136.356.800	503,55	— 7.520.300	— 27,77	22.366.600	— 6.790.900	15.575.700	8.055.400	29,75
Liège	2	26	28	15	13	28	3.561.770	1.556.697.500	437,06	2.131.341.800	598,39	— 574.644.300	— 161,34	504.150.800	+ 61.932.800	566.083.600	— 8.560.700	— 2,40
Bassin du Sud . .	4	75	79	38	41	79	15.565.920	6.059.489.700	389,28	8.218.841.800	528,00	— 2.159.352.100	— 138,72	1.887.952.200	+ 256.770.500	2.144.722.700	— 14.629.400	— 0,94
Campine	5	2	7	4	3	7	7.286.190	2.997.484.100	411,39	2.920.050.200	400,76	77.433.900	10,63	376.804.500	— 360.570.400	16.234.100	93.668.000	12,86
Royaume	9	77	86	42	44	86	22.852.110	9.056.973.800	396,33	11.138.892.000	487,43	— 2.081.918.200	— 91,10	2.264.756.700	— 103.799.900	2.160.956.800	79.038.600	3,46
Sans subventions — Groupe des 9 mines en boni							5.699.900	2.351.041.400	412,47	2.159.315.100	378,83	191.726.300	33,64	232.857.000	— 291.099.000	— 58.242.000	133.484.300	23,42
Sans subventions — Groupe des 77 mines en mali							17.152.210	6.705.932.400	390,97	8.979.576.900	523,52	— 2.273.644.500	— 132,56	2.031.899.700	+ 187.299.100	2.219.198.800	— 54.445.700	— 3,17
Avec subventions — Groupe des 42 mines en boni							12.204.600	4.915.141.600	402,73	5.500.905.500	450,72	— 585.763.900	— 48,00	1.042.708.600	— 164.809.000	877.899.600	292.135.700	23,94
Avec subventions — Groupe des 44 mines en mali							10.647.510	4.141.832.200	389,00	5.637.986.500	529,51	— 1.496.154.300	— 140,52	1.222.048.100	+ 61.009.100	1.283.057.200	— 213.097.100	— 20,01

(1) + Sommes reçues du Fonds de Solidarité.
— Sommes versées au Fonds de Solidarité.

TABLEAU

DES

MINES DE HOUILLE

en activité

EN BELGIQUE

au 1er janvier 1948

LIJST DER IN BEDRIJF ZIJNDE

STEENKOLENMIJNEN

IN BELGIË

op 1en Januari 1948

CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction			Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en 1946-1947 en tonnes	Ouvriers occupés en 1946-1947
NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT*	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
1er ARRONDISSEMENT (1)													
Bassin du Couchant de Mons													
Blaton 3,610 h. 74 a. 87 c.	Bernissart, Blaton, Bonsecours, Grandglise, Harchies, Pommerœul, Ville-Pommerœul.	Société anonyme des Charbonnages de Bernissart	Bernissart	*a*) Harchies	sg	7 août 1914	Harchies	Fernand Claus	Bernissart	Sébastien Kamps	Harchies	189.920	134
										Hervé Baudoux (Surface)	Harchies	228.990	1.211
Hensies-Pommerœul et Nord de Quiévrain 1,890 h. 54 a. 40 c.	Hensies, Montrœul-sur-Haine. Pommerœul, Quiévrain, Thulin, Ville-Pommerœul,	Soc iété anonyme des Charbonnages d'Hensies-Pommerœul	Bruxelles	*a* Sartis.	1	20 juin 1940	Hensies	Ju es Baudry Directeur-Gérant	Pommerœul	Gérard Davin Y. Markovitch (Centrale et ateliers)	Pommerœul »	474.200	3.203
				Louis Lambert.	3	5 nov. 1926 13 avril 1928 24 août 1928	»					550.200	3.412
Espérance et Hautrage 4,960 h.	Baudour, Boussu, Hautrage, Jemappes, Quaregnon, Tertre, Villerot.	Société anonyme des Charbonnages du Hainaut.	Hautrage	*a*) Hautrage.	sg	7 nov. 1913	Hautrage	Paul Culot	Hautrage	Robert Maeyns	Quaregnon	584.690	3.211
				Espérance	sg	7 nov. 1913	Baudour					660.750	3.345
				Tertre	sg	14 janv. 1938	Tertre						
Belle-Vue-Baisieux et Boussu 5316 h. 08 a. 43 c.	Audregnies, Baisieux, Boussu, Dour, Elouges, Hainin, Hensies, Hornu, Montrœul-sur-Haine, Pommerœul, Quiévrain, Thulin, Wihéries.	Société anonyme des Charbonnages Unis de l'Ouest de Mons	Boussu	*a*) nº 1 (Ferrand)	3	20 mars 1885 23 oct. 1896	Elouges	Hector Urbain	Dour	René André	Dour	491.240	3.221
				nº 4 (Grande-Veine)	3	20 mars 1885 4 oct. 1901	Elouges					546.020	3.452
				a) nº 4 (Alliance)	2	20 mars 1885	Boussu						
				nº 5 (Sentinelle)	2	18 sept. 1896	»						
				nº 9 (St-Antoine)	2	19 janv. 1912	»						
				c) *nº 12 Baisieux*		16 févr. 1912							

(1) Directeur du 1er arrondissement des Mines : M. l'Ingénieur en chef R. Hoppe, à Mons.

(*) Explication concernant le classement : nc = non classé; sg = siège sans grisou; 1 = siège à grisou de 1re catégorie ; 2 = siège à grisou de 2e catégorie ; 3 = siège à grisou de 3e catégorie

	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction				Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en 1946-1947 en tonnes	Ouvriers occupés en 1946-1947
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a)* en activité *b) en construction ou en avaleresse* *c) en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
1er ARRONDISSEMENT	**Chevalières et de la Grande Machine à feu de Dour** 1195 h. 74 a. 62 c.	Boussu, Dour, Elouges Hornu	Société anonyme des Charbonnages des Chevalières et de la Grande Machine à feu de Dour,	Dour	*a)* no 1 (Machine à feu)	2	(20 mars 1885 (8 mai 1891	Dour	Jean Duvivier	Dour	Marcel Demarbre	Dour	99.430	863
					no 1 (Ste-Catherine)	3	20 mars 1885	»					121.260	935
	Agrappe-Escouffiaux 3.311 h 03 a.	Boussu, Ciply. Cuesmes, Dour, Eugies, Flénu, Frameries, Genly, Hornu, Hyon, La Bouverie, Noirchain, Pâturages, Quaregnon, Sars-la-Bruyère, Warquignies, Wasmes	Société anonyme John Cockerill	Seraing	*a)* no 1 (Le Sac)	3	6 fév. 1920 28 juil. 1922	Hornu					535.200	3.676
					no 7 (St-Antoine)	3	6 fév. 1920 28 juil. 1922	Wasmes					517.100	3.631
					no 10 (Grisœuil)	3	19 juill. 1912 28 juil. 1922	Pâturages	Marcel Dargent	Frameries	André Dupont	Pâturages		
					no 3 (Grand Trait)	3	19 juill. 1912 28 juil. 1922	Frameries						
					no 7-12 (Crachet)	3	19 juill. 1912 28 juil. 1922	»						

	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction				Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en 1946-1947 en tonnes	Ouvriers occupés en 1946-1947
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
2me ARRONDISSEMENT (1)	**Grand Hornu** 977 h.	Baudour, Hornu, Quaregnon, St Ghislain, Tertre, Wasmes, Wasmuel.	Société civile des Usines et Mines de Houille du Grand Hornu	Hornu	*a*) no 7	3	23 déc 1930	Hornu	Marquis R. DE MOUSTIER	Paris	Arthur GOUVERNEUR	Hornu	145.950	1.075
					no 12	3	20 mai 1932	»	Administrateur Henry SAUVAGE Ingr. en chef	Hornu			177.530	1.111
	Hornu et Wasmes et de Buisson 1363 h. 89 a. 39 c.	Boussu, Hornu, Wasmes	Société anonyme du Charbonnage d'Hornu et Wasmes	Wasmes	*a*) no 3-5	2	4 janv. 1935	Wasmes	Gérard DELARGE	Wasmes	René FALAU		324 400	2.451
					no 6	2	4 janv. 1935	»						
					no 7-8	2	4 janv. 1935	Hornu			Marcel VANDEVELDE	Hornu	393.800	2.665
					no 4	2	4 janv. 1935	»						

(1) Directeur du 2e Arrondissement des Mines : M. l Ingénieur en chef R. MASSON, à Mons.

	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction			Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
2e ARRONDISSEMENT	**Rieu-du-Cœur** 825 h. 52 a. 58 c.	Baudour, Flénu, Jemappes, La Bouverie, Pâturages, Quaregnon, St Ghislain, Wasmes, Wasmuël.	Société anonyme des Charbonnages du Rieu du Cœur et de la Boule réunis.	Quaregnon	*a*) n° 2	2	15 avril 1932	Quaregnon	Jean Van Weyenbergh Henri Attenelle Ingr. en chef	Quaregnon Quaregnon	Edouard Tuncky Surface et Serv. électr. André Brucher Félix Pêtre	Paturages Quaregnon	147.000 228.290	1 250 1.209
	Produits et Levant du Flénu 9,380 h. 68 a. 80 c.	Asquillies, Baudour, Casteau, Ciply, Cuesmes, Erbisœul, Flénu, Frameries, Ghlin, Harmignies, Harveng, Hyon, Jemappes, Jurbise, Maisières, Masnuy-St-Jean, Mesvin, Mons, Nimy, Nouvelles, Quaregnon, St-Ghislain, St Symphorien, Spiennes, Wasmuël.	Société anonyme des Charbonnages du Levant et des Produits du Flénu	Cuesmes	*a*) n° 28 Nord *a*) n° 14-17 Heribus	1 3 2 2	24 fév. 1905 11 juill. 1913 19 juin 1931 id.	Jemappes Quaregnon Cuesmes »	Pierre Ledru	Cuesmes	Marius Clara (surface) Albert Quairiaux	Cuesmes Quaregnon	573.000 618.650	3.525 3.980

Bassin du Centre

2e ARR.	**Saint-Denis, Obourg, Havré** 3,182 h. 71 a. 25 c.	Boussoit, Bray, Havré, Maurage, Obourg, Saint-Denis.	Société anon. des Charbonnages du Bois-du-Luc	Houdeng-Aimeries	*a*) Beaulieu	1	28 oct. 1930	Havré	Maurice Van Pel Directeur Général	Houdeng-Aimeries	Maurice Gossart Maurice Tondreau (Surface)	Houdeng-Aimeries Houdeng-Aimeries	122.080 125.720	928 1.070

	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'ex		traction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
2e ARRONDISSEMENT	**Maurage et Boussoit** 750h. 75a.	Boussoit Bray, Havré, Maurage, Strépy, Thieu, Trivières.	Société anonyme des Charbonnages de Maurage	Maurage	*a*) La Garenne Marie-José	2 1	7 mars 1913 27 avril 1915	Maurage »	Ernest Gueur	Maurage	Henri Pilette	Maurage	377.100 412.360	2 475 2.377
	Bray 650 h.	Bray, Havré, Maurage.	Société anonyme d'Ougrée-Marihaye (division : charbonnage de Bray)	Ougrée	*a*) n° 1-2	2	13 janv. 1922	Bray	François Beauvois René Toubeau Ingr. en chef	Mons Estinnes-au-Val	Albert Godin	Estinnes-au-Val	191.200 217.100	1.326 1.375
	Levant de Mons 3.773 h. 20 a.	Estinnes-au-Mont, Estinnes-au-Val, Givry, Harmignies, Haulchin, Saint Symphorien, Spiennes, Vellereille-le-Sec, Villers, St-Ghislain, Waudrez.	Société nouvelle des Charbonnages du Levant de Mons	Estinnes-au-Val	*c*) *n° 1-2*	3	4 août 1933	Estinnes-au-Val	François Beauvois et John Condevaux Fondés de Pouvoir	Mons Paris	René Toubeau	Estinnes-au-Val		13 12
	Strépy et Thieu 3,070 h.	Boussoit, Gottignies, Houdeng - Aimeries, Maurage, Strépy, Thieu, Trivières, Ville-sur-Haine	Société anonyme des Charbonnages de Strépy-Bracquegnies.	Strépy	*a*) St-Julien St-Henri	2 1	28 mars 1913 17 oct. 1913 8 juil. 1919	Strépy Thieu	Maurice Therasse	Strépy	Antoine Lefébure	Strépy	361.320 379.830	2.097 2.216
	Bois du Luc, La Barette et Trivières 2,525 h.	Houdeng - Aimeries, Houdeng - Goegnies, La Louvière, Maurage, Péronnes, Strépy, Trivières,	Société anon. des Charbonnages du Bois-du-Luc	Houdeng-Aimeries	*a*) St-Emmanuel Le Quesnoy	1 2	22 janv. 1909 20 août et 8 décem. 1937 10 nov. 1939	Houdeng-Aimeries-Trivières [ries	Maurice Van Pel Directr. Général	Houdeng-Aimeries	Maur. Gossart Maur. Tondreau (surface)	Houdeng-Aimeries Houdeng-Aimeries	316.020 364.890	1.918 2.151
3me ARRONDISS. (1)	**La Louvière et Sars-Longchamps** 1,102 h. 16 a.	Haine-St-Paul La Louvière, St-Vaast,	Société anonyme des Charbonnages de La Louvière et Sars-Longchamps	Saint-Vaast	*a*) Albert Ier St-Vaast	1	24 avril 1942	Saint-Vaast	Jacques-M. Lamarche Admin.-délégué Direct. Général Maurice Cambier Dire teur	Ixelles St Vaast	Michel Dubois	St-Vaast	200.350 198.650	815 **367** 973 **169**

(1) Directeur du 3me arrondissement des Mines : M. l'Ingénieur en Chef L. Renard, à Charleroi.

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges		d'extraction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
3e ARRONDISSEMENT													
Mariemont Bascoup 4,432 h. 55 a. 32 c.	Bellecourt, Bois-d'Haine, Carnières, Chapelle-lez-Herlaimont, Fayt-lez-Manage, Forchies-la-Marche, Godarville, Gouy-lez-Piéton, Haine-St-Paul, Haine-St-Pierre, La Hestre, La Louvière, Manage, Mont-Ste-Aldegonde, Morlanwelz, Piéton, Souvret, Trazegnies	Société anonyme des Charbonnages de Mariemont-Bascoup	Morlanwelz	*a*) St-Arthur	1	16 sept. 1898 26 avril 1907 31 déc. 1929	Morlanwelz			Robert PLATTEAU	Haine-Saint-Pierre	657.040	3.018 **1.020**
								Ivan ORBAN Directeur général	La Hestre	Fernand GODART	Morlanwelz	795.500	3.780 **472**
				nº 4	1	25 avril 1902 31 déc. 1929	Chapelle-lez-Herlaimont						
				nº 7	1	26 avril 1907 31 déc. 1929	»			Justin MOUTON	Trazegnies		
				nº 5	1	31 déc. 1929	Trazegnies	Paul DUMONT					
				nº 6	1	31 déc. 1929	Piéton	Ingr en chef	Morlanwelz				
										Louis POURBAIX (Surface)	Chapelle-lez Herlaimont		

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction			Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS a) en activité b) *en construction ou en avaleresse* c) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
3e ARRONDISSEMENT	**Ressaix, Leval Péronnes, Ste-Aldegonde et Houssu** 3,231 h. 62 a. 48 c.	Anderlues, Binche, Buvrinnes, Epinois, Haine-Saint-Paul, Haine-St-Pierre, La Louvière, Leval-Trahegnies, Mont Ste Aldegonde, Morlanwelz, Péronnes, Ressaix, St Vaast, Trivières, Waudrez.	Société anonyme des Charbonnages de Ressaix, Leval, Péronnes Ste-Aldegonde et Genck	Ressaix	**Division de Péronnes-Sainte-Aldegonde**									
					a) Ste-Aldegonde	3	1er sept. 1905 10 mars 1911	Mont-St-Aldegonde						
					a) St-Albert	3	1er sept. 1905 10 mars 1911	Péronnes						
					c) *Ressaix*	2	3 déc. 1937 20 mars 1885 18 nov. 1904 20 mars 1914	Ressaix	Edgard Stevens	Bruxelles	Robert Jacoby	Leval-Trahegnies	750.760 791.140	2 853 **738** 3.466 **317**
									Raoul Wafelard ingénieur en chef	Ressaix				
					Division de Péronnes Village									
					a) Ste-Marguerite	3	23 mai 1924 17 mars 1933 5 mai 1933	Péronnes			Léon Bonnevie	Péronnes-lez-Binche		
					a) Ste-Elisabeth	1	13 août 1918 10 juin 1919	»						
					Division de Houssu									
					a) nos 8-10	1	3 mars 1893 19 août 1898 13 mai 1927	Haine-St-Paul			Zénobe Plapied	Haine-St-Paul		
											Service électrique et des constructions Henri Lefèbvre	Ressaix		

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges		Directeurs d'extraction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS a) en activité b) *en construction ou en avaleresse* c) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
3e ARRONDISSEMENT													

CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges		d'extraction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RESIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
4e ARRONDISSEMENT (1)													
Monceau-Fontaine et Marcinelle 6,400 h. 01 a. 20 c.	Acoz, Anderlues, Bouffioulx, Carnières, Chapelle-lez-Herlaimont, Charleroi, Couillet, Courcelles, Fontaine-l'Evêque, Forchies-la-Marche, Gerpinnes, Goutroux, Joncret, Landelies, Leernes, Loverval, Marchienne-au-Pont, Marcinelle, Monceau s/Sambre Montigny-le-Tilleul, Mont s/Marchienne, Piéton, Roux, Souvret, Trazegnies.	Société anonyme des Charbonnages de Monceau-Fontaine	Monceau-s/Sambre	**Direction de Forchies** *a*) n° 17	2	20 mars 1885	Piéton						
				n° 8	2	20 mars 1885	Forchies-la-Mar-						
				n° 10	2	20 mars 1885	» [che	Léon Canivet	Marcinelle	Albert Cochet (fond)	Forchies	968.510	4.273 **1.557**
				c) *n° 16*	*n c*		Piéton						
				D de Monceau *a*) n° 14	2	20 mars 1885	Goutroux					1.093.320	5.555 **791**
				n° 4	2	20 mars 1885	Monceau s/Sbre						
				n° 18 (Provid.)	2	20 mars 1885	Marchienne	Paul Renders	Monceau	Jean Ligny	Monceau		
				n° 19	2	16 avril 1925	id.	ingénieur en chef	s/Sambre	(fond)	s/Sambre		
				Direction de Marcinelle *a*) n°	3	17 avril 1925	Couillet			Jules Gonze (fond)	Marcinelle		
				n° 5 (Blanchisserie)	3					Jules Rousseau (surface)	Monceau s/Sambre		
				n Cerisier)	3	17 avril 1925	Couillet						
						17 avril 1925	Marcinelle						

1()Directeur du 4me arrondissement des Mines : M. l'Ingénieur en chef L. Hardy, à Charleroi.

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges		d'extraction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS a) en activité *en construction* b) c) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
4e ARRONDISSEMENT	**Amercœur** 398 h. 12 a. 80 c.	Jumet, Monceau s/Sambre, Roux	Société anonyme des Charbonnages d'Amercœur	Jumet	a) Chaumonceau	1	20 mars 1885	Jumet	Joseph Cappellen	Jumet	Charlot Dethaye	Dampremy	220 700	998
					Belle-Vue	1	20 mars 1885	»						**129**
					Naye à Bois	1	11 sept. 1885	Roux					226.170	1.099
														52
	Sacré-Madame et Bayemont 445 h. 64 a. 8 c.	Charleroi, Dampremy Marchienne-au-Pont, Monceau-sur-Sambre	Société anonyme des Charbonnages de Sacré-Madame	Dampremy	a) St-Charles-Blanchisserie	2	20 mars 1885	Marchienne	Léon Hoyois Adm. délégué	Gilly			186.100	1.037
														277
					St-Théodore	2	20 mars 1885	Dampremy	Gaston Roisin Directeur gérant	Dampremy	Gaston Bracq	Dampremy	171.900	1.140
														82
	Bois de Cazier, Marcinelle et du Prince 875 h. 12 a. 7 c.	Couillet, Gerpinnes, Jamioulx, Loverval, Marcinelle, Mont-sur-Marchienne, Nalinnes.	Soc été anonyme du Charbonnage du Bois de Cazier	Marcinelle	a) St-Charles	3	9 sept. 1921	Marcinelle	Joseph Cappellen	Jumet	Charlot Dethaye	Dampremy	85.310	301
														165
													97.700	431
														106
	Grand Mambourg et Bonne Espérance 225 h 98 a. 53 c.	Charleroi, Gilly Montigny s/Sambre.	Soèiété anonyme des Charbonnages Elisabeth	Auvelais	b) Ste Zoé	2	20 mars 1885	Montigny s/Sambre	Omer Lambiotte Administrateur gérant	Auvelais	Joseph Englebert	Montigny s/Sambre	5.540	33
													12,820	58

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
	NOMS, et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
4e ARRONDISSEMENT	**Charleroi** 788 h. 34 a. 50 c.	Charleroi, Dampremy, Gilly, Jumet, Lodelinsart, Montigny-sur-Sambre, Ransart.	Société anonyme des Charbonnages Réunis	Charleroi	*a*) n° 1	2	20 mars 1885	Charleroi	Henri DELARGE	Lodelinsart	Alfred BRICOULT	Charleroi	322.100	1.376
					n° 2 (MB)	2	20 mars 1885	»						**722**
													376.300	1.867
					n° 2 (SF)	2								**333**
					Hamendes	1	20 mars 1885 (12-1-1900 (25-10 1907	Lodelinsart Jumet						
	Poirier 238 h. 12 a	Charleroi, Marcinelle, Montigny-sur-Sambre.	Société anonyme des Charbonnages du Poirier	Montigny s/Sambre	*a*) St-André	2	(20-3-1885 (26-6-1896 16 déc. 1898	Montigny-s/Sbre »	Léon ROBERT Administrateur-Gérant Oscar FOSTY Ingr en chef	Montigny-s/Sambre id.	Léon VINCENT	Montigny-s/S	84,900	614
					St-Charles	2							101.600	**112** 750
														5
	Boubier 780 ha. 43 a. 55 c.	Bouffioulx, Châtelet, Châtelineau Couillet, Loverval	Société anonyme des Charbonnages de Boubier	Châtelet	*a*) n° 1	2	(20-3-1885 (26-6-1896 20-3-1885 (29-11-1912	Châtelet »	Louis GHAYE Ingén.-Directeur	Châtelet	Léon CHALET	Châtelet	173.800	749
					n° 2-3	2							192.000	**253** 873
														136
5e ARRONDISSEMENT (1)	**Charbonnages Réunis du Centre de Gilly** 224 h. 96 a.	Charleroi, Gilly, Montigny-sur-Sambre	Société anonyme des Houillères Unies du Bassin de Charleroi	Gilly	*a*) Vallées	2	18 déc.1896 23 avril 1897	Gilly	Emile GOUVERNEUR Directeur-gérant	Gilly	Henri UREEL (Ing. division.)	Gilly	87 800	546
													106.600	**106** 640
														76
	Appaumée-Ransart, Bois du Roi et **Fontenelle** 1154 h. 05 a. 94 c	Fleurus, Heppignies, Ransart, Wangenies			*a*) n° 1 (Appaumée)	1	23 oct. 1903	Ransart	Auguste MARCQ Ing. en Chef, Dir. des trav.	Gilly	Marcel BARTHÉLEMY (Ing. division)	Ransart	74.800	264
							24 avril 1914	Fleurus					79.700	**57** 302
					n° 3 (Marquis)	1							77.800	**34** 284
									Albert LARDINOIS	Gilly	Alb. CHAUSTEUR	Fleurus	79.600	**60** 311
														52
	La Masse Saint-François 302 h. 69 a. 23 c.	Farciennes, Roselies			*a*) Sainte Pauline	2	26 sept 1913	Farciennes	Chef du Service électro-mécanique		Edouard VAN RIESSEGHEM (Ing. division.)	Farciennes	55.800	297
													69.200	**76** 360
														54

(1) Directeur du 5me arrondissement des Mines : M. l'Ingénieur en chef J. PIETERS à Charleroi.

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

5me ARRONDISSEMENT

CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges		d'extraction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMEROS a) en activité b) *en construction ou en avaleresse* c) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
Noël 209 h.	Gilly	Société anonyme des Charbonnages de Noël-Sart Culpart	Gilly	*a)* St-Xavier	1	29 janv. 1897 13 août 1920	Gilly	Albert Bonnet	Gilly	Achille Poncelet	Gilly	150.800 174.910	611 **198** 772 **44**
Trieu-Kaisin 733 h. 13 a.	Châtelineau, Gilly, Montigny-sur-Sambre	Société anonyme des Charbonnages du Trieu-Kaisin	Châtelineau	*a)* n° 1 (Viviers) n° 8 (Pays-Bas)	2 2	29 janv. 1897 20 mars 1885	Gilly Châtelineau	Albert Jacques	Châtelineau	René Scheerlinckx	Gilly	239.850 253.660	1.121 **375** 1.377 **213**
Nord de Gilly 155 h. 85 a. 60 c.	Châtelineau, Farciennes, Fleurus, Gilly	Société anonyme des Charbonnages du Nord de Gilly	Fleurus	*a)* n° 1	1	29 janv. 1897	Fleurus	Auguste Gilbert	Gilly	Joseph-Raymond Questiaux	Fleurus	127.810 134.310	512 **135** 563 **54**
Bois Communal de Fleurus 89 h. 56 a. 37 c	Fleurus	Société anonyme des Charbonnages Elisabeth	Auvelais	*a)* Ste-Henriette	1	20 mars 1885	Fleurus	Omer Lambiotte Administrateur-gérant	Auvelais	Georges Crispin	Fleurus	62.890 84.670	262 **115** 330 **82**

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction				Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a)* en activité *b) en construction ou en avaleresse* *c) en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
5e ARRONDISSEMENT													
Gouffre 729 h. 89 a. 40 c.	Châtelineau, Gilly, Pironchamps	Société anonyme des Charbonnages du Gouffre	Châtelineau	*a)* n° 7	2	20 mars 1885	Châtelineau	Arsène Preat	Châtelineau	Léon Josse	Châtelineau	279.500	1.053
				n° 8	1	20 mars 1885	»						**488**
				n° 10	1	21 oct. 1921	»					303.500	1.379
													335
Carabinier Pont-de-Loup 603 h. 11 a. 73 c.	Bouffioulx, Châtelet, Pont-de-Loup	Société anonyme du Charbonnage du Carabinier	Pont-de-Loup	*a)* n° 2	2	20 mars 1885 27 févr. 1925	Pont-de-Loup	Maurice Defourny	Pont-de-Loup	Joseph Hittelet	Pont-de-Loup	141.900	799 **139**
				n° 3	2	20 mars 1885 27 févr. 1925	Châtelet					160.000	1.013 **48**
Petit-Try, Trois Sillons Sainte-Marie Défoncement et Petit-Houilleur réunis 528 h. 45 a. 77 c.	Farciennes, Fleurus, Lambusart	Société anonyme des Charbonnages du Petit-Try	Lambusart	*a)* Ste-Marie	1	28 janv. 1897 25 avril 1916	Lambusart	Carlo Henin Administrateur délégué	Farciennes	Emile Laurent (fond	Lambusart	145.290	594 **157**
								Jean Leborne Ingénieur-Directeur	Lambusart	Michel Maure (surface)	Lambusart	162.250	743 **143**
Tergnée, Aiseau-Presle 925 h. 42 a. 72 c.	Aiseau, Farciennes, Pont-de-Loup, Presles, Roselies (prov. de Hainaut) et Le Roux (pr. de Namur)	Société anonyme du Charbonnage d'Aiseau-Presle	Farciennes	*a)* Tergnée	1	20 mars 1885	Farciennes	Carlo Henin Administrateur-délégué	Farciennes	Henri Verdinne	Farciennes	185.370	846 **186**
				Roselies	1	1er juill. 1898	Roselies					263.080	1 039 **116**

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges		d'extraction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en 1946 Production nette en 1947 TONNES	Ouvriers occupés en 1946-1947 NOMBRE
NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS a) en activité b) *en construction ou en avaleresse* c) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
6 e ARRONDISSEMENT (1)													
Baulet et Velaine Jemeppe-Nord 1639 h. 01 a. 15 c.	Fleurus, Lambusar, Wanfercée-Baulet (province de Hainaut) Auvelais, Jemeppe s/S Keumiée, Moignelée, Velaine (prov. de Namur)	Société anonyme des charbonnages Elisabeth	Auvelais	a) Ste-Barbe	sg	20 mars 1885	Wanfercée-Baulet	Omer Lambiotte Administ.-gérant Joseph Englebert Ingén. en chef	Auvelais Montignies-s/Sambre	Jean Burton	Wanfercée-Baulet	152.400 168 570	797 890
Roton Ste-Catherine 404 h. 79 a. 37 c.	Farciennes, Fleurus	Société anonyme des Charbonnages Réunis de Roton - Farciennes et Oignies-Aiseau	Tamines	a) Ste-Catherine	1	20 mars 1885	Farciennes	Joseph Michaux	Tamines	Omer Denis	Farciennes	163.800	797
				Aulniats	1	11 mars 1887	»					183.400	1.256
Falisolle et Oignies-Aiseau 1754 h. 15 a. 12	Aisemont, Arsimont, Auvelais, Falisolle, Le Roux, Tamines. (Province de Namur) Aiseau, Presles, Roselies, (Province de Hainaut)			a) n° 4 (St-Gaston)	1	20 mars 1885 2 août 1895	Aiseau »			Paul Henry	Aiseau	210.400	926
				n° 5 (St-Henri)	1								
				a) Réunion (St Jean)	1	19 nov. 1915	Falisolle			Fernand Falisse	Falisolle	236.400	1,495
Bonne Espérance 184 h. 84 a.	Lambusart (Province de Hainaut) Moignelée (prov. de Namur)	Société anonyme des Charbonnages de Bonne-Espérance	Lambusart	a) n° 1	1	20 mars 1885	Lambusart	Paul - Meilleur Directeur-gérant	Moignelée	Gaston Coutiez	Tamines	152.200 159.580	539 720

1 Directeur du 6me arrondissement des Mines : M. l'Ingénieur en chef, L. Legrand, à Namur.

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction			Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en 1946 Production nette en 1947 TONNES	Ouvriers occupés en 1946-1947 NOMBRE
NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RESIDENCE		
6e ARRONDISSEMENT				**Bassin de Namur**									
Tamines 659 h. 11 a. 57 c.	Aiseau prov. de Hainaut Auvelais Keumiée, Moignelée, Tamines, Velaine (prov. de Namur)	Société anonyme des Charbonnages de Tamines	Tamines	*a*) Ste-Eugénie Ste-Barbe	1 1	2 oct. 1896 28 juin 1900	Tamines »	Eugène Soupart Administrateur-délégué	Tamines	Delespesse L.	Tamines	201.480 243.390	887 1.013
Château 206 h. 40 a.	Namur	Société anonyme des Charbonnages Réunis de Sambre et Meuse	Namur	*a*) Galerie Les Balanc	sg	2 oct. 1896	Namur	Georges Attout Admin.-Délégué	Bouges	Joseph Eustache	Namur	8.080 10.150	54 96
Groynne, Liégeois 429 h. 29 a. 04 c	Andenne, Bonneville Coutisse Haltinne	Société anonyme des Charbonnages de Groynne-Liégeois	Andenne	*a*) Groynne	sg	2 oct. 1896	Andenne	J. Beyer	Liége	O. Balthazar	Liége	16.670 27.280	97 138
Soye-Floriffoux-Floreffe-Flawinne-La Lâche et Extensions 1.989 h. 95 a. 87 c.	Flawinne, Floreffe, Floriffoux, Franière, Soye, Spy Temploux	Société civile du charbonnage Ste Rita	Flawinne	*a*) Galerie Ste-Rita	nc	—	Flawinne	J. Maere	Gand	J. Hempesch	Flawinne	11.540 13.430	20 91
Stud Rouvroy 390 h. 66a.	Andenne, Bonneville Sclayn	société anonyme Société charbonnière de Rouvroy,	Bruxelles	*a*) Rouvroy	sg	2 oct. 1896	Bonneville	J. Vilvorder	Verviers	L. D. Philippe	Andenne	14.160 25.140	108 103
Andenelle-Hautebise 649 h. 01 a. 20 c.	Andenne, Coutisse	Société anonyme des Charbonnages Réunis d'Andenne	Andenne	*b*) Kevret	nc	—	Coutisse	J.-M. Hardy	Bruxelles	P. Vermeulen	Wépion	18.860 32.500	96 132

	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges		d'extraction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
								Bassin de Liége						
7e ARRONDISSEMENT (1)	**Ben-Bois de Gives et de Saint-Paul** 886 h. 52 a. 89 c.	Bas-Oha, Ben-Ahin, Couthuin.	Société anonyme des Charbonnages de Gives et de Ben Réunis.	Ben-Ahin	*a*) St Paul	1	23-4-1902	Ben-Ahin	Auguste SWARTENBROUCKX	Ben-Ahin	Auguste SWARTENBROUCKX	Ben-Ahin	18.100 23.560	167 217
	Halbosart-Kivelterie-Paix-Dieu 668 h. 01 a. 37 c.	Amay, Fize-Fontaine, Jehay-Bodegnée. Villers-le-Bouillet.	Société anonyme des Charbonnages de la Meuse *en liquidation.*	Villers-le Bouillet	*a*) Saint-Lambert *b*) Saint Honoré	sg n.cl	29 oct. 1943 —	Villers-le-Bouillet Jehay-Bodegnée	Gustave MELIN	Amay	Fernand MELIN	Fize-Fontaine	6.120 4.910	40 41
	Arbre-St-Michel Bois d'Otheit Cowa et Pays de Liége 2867 h. 78 a. 32 c.	Awirs, Chokier Engis, Flémalle-Grande, Flémalle-Haute, Gleixhe, Horion-Hozémont, Mons Saint-Georges. Velroux.	Société Coopérative Nouveaux Charbonnages de l'Arbre St-Michel	Mons lez-Liege	a) Halette Galerie de a Bougerie Cowa	sg nc ncl	17 sept.1902 — —	Mons-lez-Liége Awirs Awirs	Léon BREGY Direct.-Gérant	Liége	Léon BRÉGY	Liége	37.450 39.250	235 **29** 266 **13**
	Marihaye 1529 h. 53 a. 94 c	Chokier, Flémalle-Grande, Flémalle -Haute, Jemeppe-sur-Meuse, Ramet, Seraing.	Société anonyme d'Ougrée - Marihaye Division de Marihaye	Ougrée	*a*) Vieille Marihaye Many-Flémalle Boverie	2 2 2	25 nov. 1896 25 nov. 1896 25 nov. 1896	Seraing » »	Henri BOSTEM Direct. général Emile DUMONT Directeur	Sclessin-Ougrée Flémalle-Gde	François DUBOIS Elisée SIMON Abel POUSSEUR	Seraing Seraing Seraing	189.350 191.950	1.078 1.284

(1) Directeur du 7e arrondissement des Mines : M. l'Ingénieur en chef A. DELRÉE, à Liége

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction			Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈCE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
7e ARRONDISSEMENT	**Kessales-Artistes et Concorde** 1529 h. 64 a. 16 c.	Chokier, Flémalle-Grande Flémalle-Haute, Grâce-Berleur, Hollogne-aux-Pierres, Horion-Hozémont, Jemeppe-sur-Meuse, Mons-lez-Liège, Seraing, Velroux.	Société anonyme des Charbonnages des Kessales et de la Concorde Réunis	Jemeppe-sur-Meuse	*a*) Kessales	2	25 nov. 1896	Jemeppe-sur-Meuse	Georges VRYENS	Esneux	Léopold LAMBERT	Jemeppe-sur-Meuse	216.600	2.054
					Bon-Buveur	2	25 nov. 1896	»			Léon HENROTAY	Grace-Berleur		**173**
					Xhorré	2	25 nov. 1896	Flémalle-Grande			Gabriel PENELLE	Id.	253.800	1.685
					Grands Makets	2	25 nov. 1896	Jemeppe-sur-Meuse			Norbert WATHIEU	id.		**449**
					c) *Champ d'Oiseaux*	1	25 nov. 1896	Mons-lez-Liége			Service électrique Léon DEQUINZE	Flémalle Ge		
	Bonnier 355 h. 08 a. 20 c.	Grâce-Berleur, Hollogne-aux-Pierres, Loncin.	Société anonyme des Charbonnages du Bonnier	Grâce-Berleur	*a*) Péry	1	25 nov. 1896	Grâce-Berleur	Lambert GALAND	Grâce-Berleur	Georges GALAND	Montegnée	113.000	401
													116.800	**185** 517 **105**
	Gosson La Haye-Horloz, 828 h. 82 a. 06 c.	Grâce-Berleur, Jemeppe-sur-Meuse, Liége, Montegnée, St-Nicolas-lez-Liége, Tilleur.	Société anonyme des Charbonnages de Gosson-La Haye- et Horloz Réunis.	Tilleur	*a*) n° 1	2	25 nov. 1896	Montegnée	Gustave LIBERT Administrateur-Gérant	Jemeppe-sur-Meuse	Charles WALGRAFFE	Jemeppe s/Meuse	277 210	1.559
					n° 2	2	25 nov. 1896	»						**1 046**
											Léon WARZÉE	Jemeppe /M.	273.120	1.787
					c) *Tilleur*	2	25 nov. 1896	Tilleur	Robert DESSARD Ingén. en chef	Montegnée				**590**

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

8e ARRONDISSEMENT (1)	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges		d'extraction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a) en activité b) en construction ou en avaleresse c) en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
	Espérance et Bonne-Fortune 494 h. 20 a. 92 c.	Alleur, Ans, Glain, Grâce-Berleur, Liége, Loncin, Montegnée, Saint Nicolas-lez-Liége.	Société anonyme des Charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune.	Montegnée	*a)* Nouvelle-Espérance	2	25 nov. 1896	Montegnée	Guy PAQUOT	Liége	André DUQUENNE	Grâce-Berleur	299.300	1.157 **574**
					Bonne-Fortune	1	25 nov. 1896	Ans			Gabriel NOÉ	Montegnée		
					St-Nicolas	2	25 nov. 1896	Liége			Pierre TENEY	Liége	319.210	1.503 **337**
	Ans 696 h. 12 a. 78 c.	Ans, Alleur, Loncin, Rocour, Voroux-lez-Liers	Société anonyme des charbonnages d'Ans et de Rocour.	Ans	*a)* Levant	1	25 nov. 1896	Ans	Léon DEJARDIN Administ-gérant Jules BRISBOIS Ingén. en chef	Ans Rocour	Gaston MASQUELIER	Ans	69.240 88.170	440 **92** 588 **65**
	Patience-Beaujonc à Glain 285 h. 45 a.	Ans, Glain, Liége	Société anonyme des Charbonnages de Patience et Beaujonc	Glain	*a)* Bure aux femmes	1	18 juin 1928	Glain	Félix COURTOIS Etienne DECAT Ingr en chef	Liége Ans	Alphonse HAUSMAN (fond) Pierre PAULISSEN (surface)	Glain Glain	142.350 164.800	734 **384** 989 **186**
	Sclessin-Val Benoit 1,204 h. 62 a 18 c.	Angleur, Embourg, Liége, Ougrée, St-Nicolas, Tilleur.	Société anonyme du Charbonnage du Bois d'Avroy.	Ougrée	*a)* Perron-Bois d'Avroy	2	25 nov. 1896	Ougrée	Evon DESSALLES	Sclessin-Ougrée	Louis NICOLAS	Liége	148 650	584 **387**
					Grand Bac	2	25 nov. 1896	»					147.500	911 **202**
					Val Benoit	2	25 nov. 1896	Liége						
	Bonne Fin-Bâneux 686 h. 59 a.	Ans, Bressoux Liége, Rocour St-Nicolas,	Société anonyme des Charbonnages de Bonne Fin	Liége	*a)* Ste-Marguerite	1	25 nov. 1896	Liége	Oscar BALTHAZAR	Liége	Eugène WÉGRIA	Liége	207.960	1.115 **345**
					Aumônier	2	25 nov. 1896	»			Oct. COOLSAET	»	254.130	1.519 **226**
					c) Bâneux	2	25 nov. 1896	»	Raymond CAUDRON Ingén. en chef	»	René DOSSIN	»		
					Sainte-Barbe	1	1 juill. 1927	Ans						

(1) Directeur du 8me arrondissement des Mines : M. l'Ingénieur en chef Ch. BURGEON, à Liége.

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction			Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés du classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE		
8me ARRONDISSEMENT	**Batterie** 364 h. 45 a. 86 c.	Liége, Rocour, Vottem.	Société anonyme des Charbonnages de Bonne-Espérance, Batterie et Violette.	Liége	*a*) Batterie	1	25 nov. 1896	Liége	Robert Léonard Administrateur Direct. Général	Liége	Gunnar Westerlund	Liége	123.500 138.460	711 **364** 919 **251**
	Espérance Violette, et Wandre 1.732 h. 78 a. 31 c.	Bellaire, Bressoux, Cheratte, Herstal, Jupille, Saive, Wandre			*a*) Bonne-Espérance	2	25-11-1896 17-7-1913 4-4-1916 19-11-1921	Herstal			Hubert Demarteau	Herstal	176.640	980 **451**
					Wandre	1	25 nov. 1896	Wandre			Guillaume Jurdan	Wandre	167.340	1 237 **198**
	Abhooz et **Bonne-Foi-Hareng** 2,212 h. 58 a. 80 c.	Argenteau, Cheratte, Hermalle-sous-Argenteau, Hermée, Herstal, Liers, Milmort, Oupeye, Rocour, Vivegnis, Voroux-lez-Liers, Vottem, Wandre.	Société anonyme des Charbonnages d'Abhooz et Bonne-Foi-Hareng	Herstal	*a*) Abhooz Milmort	1 1	25 nov. 1896 25 nov. 1896	Herstal Milmort	Paul Nottet	Herstal	Louis Deghaye Victor Regniez	Vivegnis Milmort	124.500 114.200	665 **156** 776 **96**
	Grande-Bacnure et **Petite-Bacnure** 511 h. 69 a. 52 c.	Herstal, Liége, Vottem.	Société anonyme des Charbonnages de la Grande-Bacnure	Vottem	*a*) Gérard Cloes Petite-Bacnure	1 1	25 nov. 1896 25 nov. 1896	Liége Herstal	Léon Braconier Administrateur Direct.-gérant Albert Lumen Ingr.-en-chef	Vottem Liége	Emile Bihet Jean Huberland	Liége Herstal	236.000 270.000	1.032 **330** 1.379 **183**
	Belle-Vue et Bien-Venue 202 h. 62 a. 84 c.	Herstal, Liége, Vottem.	Société anonyme des Charbonnages du Hasard	Micheroux	*a*) Belle-Vue	2	9 juin 1910	Herstal	René Henry Administrateur gérant	Cheratte	René Marchandise	Liége	82.860 77.470	378 **173** 493 **112**
9e ARROND.(1)	**Cockerill** 309 h. 06 a. 46 c.	Jemeppe-sur-Meuse, Ougrée. Seraing, Tilleur,	Société anonyme John Cockerill	Seraing	*a*) Colard	2	25 nov. 1896	Seraing	Albert Neef de Sainval Administrateur Direct.-Général	Seraing	Pascal Maka	Seraing	85.490 104.850	387 **147** 577 **73**

(1) Directeur du 9me arrondissement des Mines : M. l'Ingénieur en chef P. Thonnart, à Liége.

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

	CONCESSIONS		EXPLOITATIONS ou Sociétés exploitantes		Sièges d'extraction				Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a*) en activité *b*) *en construction ou en avaleresse* *c*) *en réserve*	CLASSEMENT	DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RESIDENCE		
9e ARRONDISSEMENT	**Six-Bonniers** 280 h. 66 a. 60 c.	Ougrée, Seraing	Société charbonnière des Six-Bonniers	Seraing	*a*) Nouveau Siège	2	25 nov. 1896	Seraing	Nicolas Demeuse Admin.-Direct.-Gérant	Seraing	René Bertrand	Seraing	40.590 45.170	244 **100** 326 **63**
	Ougrée 397 h. 10 a. 57 c.	Angleur, Ougrée	Société anonyme d'Ougrée-Marihaye	Ougrée	*a*) no 1	2	25 nov. 1896	Ougrée	Henri Bostem Direct. général : Emile Dumont Directeur Emile Seeliger Ingr en chef	Ougrée Flémalle-Gde Liège	Léonard Lakaye	Ougrée	54.040 62 070	296 **105** 386 **74**
	Wérister 2623 h 11 a. 26 c.	Angleur, Ayeneux, Beyne-Heusay, Bressoux Chaud-fontaine, Chénée, Fléron, Forêt, Grivegnée, Jupille, Magnée, Olne, Queue du Bois, Romsée, Vaux-s/Chévremont.	Société anonyme des Charbonnages de Wérister	Romsée	*a*) Romsée Vaux (anct Soxhluse) Beyne-Homvent	2 2 1	25 nov. 1896 25 nov. 1896 25 nov. 1896	Romsée Romsée Beyne-Heusay	Noël Dessard Administrateur-Direct généra René Dessard Directeur Fernand Leloup Ingr en chef	Beyne-Heusay Beyne-Heusay Romsée	Charles Denoël François Vrancken Charles Denoël	Romsée Vaux-sous-Chèvremont Romsée	311.790 332.100	1.350 **465** 1.783 **300**
	Quatre Jean et Pixherotte 726 h. 16 a. 83 c.	Bellaire, Cerexhe-Heuseux, Evegnée, Fléron, Jupille, Queue du Bois, Retinne, Saive, Tignée, Wandre	Société anonyme des Charbonnages des Quatre-Jean de Retinne et Queue du Bois	Queue du Bois	*a*) Mairie	1	25 nov. 1896	Queue du Bois	Paul Ledent	Jupille	André Joveux	Queue-du-Bois	67.800 74.500	306 **146** 394 **90**

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

9e ARRONDISSEMENT	CONCESSIONS		EXPLOITANTS ou Sociétés exploitantes		Sièges	
	NOMS et ÉTENDUE	COMMUNES sur lesquelles elles s'étendent	NOMS	SIÈGE SOCIAL	NOMS OU NUMÉROS *a)* en activité *b) en construction ou en avaleresse* *c) en réserve*	CLASSEMENT
	Hasard-Cheratte 3,406 h. 66 a. 48 c.	Ayeneux, Barchon, Cerexhe-Heuseux, Cheratte, Evegnée, Fléron Housse, Magnée, Melen, Micheroux, Mortier, Olne, Queue du Bois, Retinne, St Remy, Saive, Soumagne Tignée, Trembleur, Wandre.	Société anonyme des Charbonnages du Hasard	Micheroux	*a)* Micheroux Fléron Cheratte *c)* *Bas Bois* *Guillaume*	2 2 1 2 2
	Micheroux 107 h. 50 a.	Micheroux, Soumagne	Société anonyme du Charbonnage du Bois de Micheroux	Soumagne	*a)* Théodore	2
	Herve-Wergifosse 1,943 h. 56 a. 07 c.	Ayeneux, Battice, Bolland, Chaineux, Herve, Melen, Olne, Soumagne, Xhendelesse.	Société anonyme des Charbonnages de Wérister	Romsée	*a)* José (anciennement Halles) *c)* *Xhawirs*	1 1
	Minerie 1,867 h. 67 a. 84 c	Battice, Bolland, Charneux, Clermont, Herve, Thimister.	Société anonyme des Charbonnages réunis de la Minerie	Battice	*a)* Battice	1
	Argenteau-Trembleur 964 h. 900 a.	Argenteau, Cheratte, Dalhem, Feneur, Mortier St-Remy, Trembleur	Société anonyme des Charbonnages d'Argenteau	Trembleur	*a)* Marie	1

d'extraction		Directeurs gérants		Directeurs des travaux		Production nette en tonnes en 1946-1947	Ouvriers occupés en 1946-1947 (1)
DATES des arrêtés de classement	LOCALITÉ	NOMS ET PRÉNOMS	RÉSIDENCE	NOMS ET PRÉNOMS	RESIDENCE		
25 nov 1896 25 nov. 1896 22 déc. 1910	Micheroux Fléron Cheratte	René HENRY Administrateur Directeur-gérant	Cheratte	Lucien LEGRAND	Micheroux	350.130	81 **9** **680**
25 nov. 1896	Soumagne			Joseph BERTHUS	Cheratte	347.570	1.978 **280**
24 oct 1900	id.	Georges RIGO Directeur	Fléron				
				Roger TOCHEPORT (serv. électrique)	Micheroux		
25 nov. 1896	Soumagne	Joseph BEYER Administrateur-délégué	Bressoux	Guillaume JURDAN	Soumagne	36.640 40.270	243 **89** 261 **44**
9 nov. 1931 9 nov. 1931	Battice Xhendelesse	Noël DESSARD Administrateur Direct.-général René DESSARD Directeur Fernand LELOUP Ingr. en chef	Beyne-Heusay Beyne-Heusay Romsée	Léon RADERMECKER	Xhendelesse	62.810 67.900	291 **71** 396 **36**
13 nov. 1913	Battice	Emile DUMONT	Herve	Emile EVRARD	Battice	55.650 63.550	326 **75** 414 **51**
26 oct. 1925	Trembleur	Jean AUSSELET Adm.-délégué Jacques AUSSELET Ingr en chef	Lodelinsart Trembleur	Ferdinand CRAHAY	Trembleur	23.960 32.930	124 — 162 —

(1) Les chiffres en grasses se rapportent aux prisonniers de guerre allemands.

VERGUNNINGEN		Vergunninghoudende Vennootschappen		Ontginningszetels		Directeurs-Gerants		Directeurs der werken		Netto voortbrengst in 1946-1947	Aantal arbeiders gebezigd in 1946-1947
NAAM EN OPPERVLAKTE	GEMEENTEN waaronder zij zich uitstrekken	NAAM	MAATSCHAPPELIJKE ZETEL	NAAM *a*) in bedrijf *b*) *in aanleg* *c*) *in reserve*	INDEELING	DATA der indeelingsbesluiten	GEMEENTE	NAAM	WOONPLAATS	NAAM	WOONPLAATS		
10de ARRONDISSEMENT (1)				**Kempensch Bekken**									
Beeringen-Coursel 4,950 hectaren	Beringen, Beverloo, Heppen Heusden, Koersel, Lummen, Oostham, Paal, Tessenderloo.	Société anonyme des Charbonnages de Beeringen	Koersel	*a*) Kleine-Heide	1	13 Feb 1925 17 Oct. 1938	Koersel	Marcel Brun	Koersel	Ondergrond : Lucien Bastin Bovengrond : Georges Dellicour	Koersel » Koersel	1.273.150 1.322.050	5.081 5.295
Helchteren-Zolder 7,060 hectaren	Helchteren, Heusden, Houthalen, Koersel, Zolder, Zonhoven.	Société anonyme des Charbonnages d'Helchteren et Zolder.	Morlanwelz (Mariemont)	*a*) Voort	1	26 Feb. 1934 17 Oct 1938	Zolder	Paul Vankerkove	Zolder	Henri Delinte	Zolder	835.110 882 000	4.254 4.383
Houthaelen 3,250 hectaren	Genk, Hasselt, Houthalen, Zolder, Zonhoven,	Société anonyme des Charbonnages d'Houthalen	Brussel Warandeberg, 3	*a*) Houthalen	1	13 Jan. 1941	Houthalen	Alphonse Soille	Houthalen	Robert Deltenre	Houthalen	650 800 752 900	2.697 2.967
Les Liégeois 4,269 hectaren	Asch, Genk, Gruitrode, Houthalen, Meeuwen, Niel-bij-Asch, Opglabbeek, Opoeteren, Wijshagen.	Société anonyme John Cockerill. Afdeeling « Kolenmijn les Liégeois ».	Seraing	*a*) Zwartberg	1	25 Juni 1928 17 Oct. 1938	Genk	Antony Allard	Genk »	Ondergrond : Gaston Lefèbvre Bovengrond : Charles Hanot	Genk »	952.320 1.017.614	5.355 5.089

(1) Directeur van het 10de Mijnarrondissement : de Heer Hoofdingenieur Gérard, te Hasselt

10de ARRONDISSEMENT

VERGUNNINGEN		Vergunninghoudende Vennootschappen		Ontginningszetels		Directeurs-Gerants		Directeurs der werken		Netto voortbrengst in 1946-1947	Aantal arbeiders gebezigd in 1946-1947
NAAM EN OPPERVLAKTE	GEMEENTEN waaronder zij zich uitstrekken	NAAM	MAATSCHAPPELIJKE ZETEL	NAAM *a*) in bedrijf *b*) *in aanleg* *c*) *in reserve*	INDEELING	DATA der indeelingsbesluiten	GEMEENTE	NAAM	WOONPLAATS	NAAM	WOONPLAATS		
Winterslag Genck-Sutendael 3963 hectaren	Asch, Genk, Mechelen aan Maas, Opgrimbie, Zutendaal.	Société anon. des Charbonnages de Winterslag.	Brussel Waterlooplaan, 103,	*a*) Winterslag	1	10 Sept. 1920 17 Oct. 1938	Genk	Alex. DUFRASNE	Genk	Ondergrond : Eugène DEWINTER Bovengrond : Antoine DE CROMBRUGGHE	Genk »	870 220 871.400	4,888 5.059
André Dumont sous-Asch 3,080 hectaren	Asch, Genk, Mechelen, aan Maas, Niel (bij Asch), Opglabbeek,	Société anonyme des Charbonnages André Dumont.	Brussel Warandeberg, 3.	*a*) Waterschei	1	26 Febr. 1926 9 Dec. 1929 17 Oct. 1938	Genk	Nestor FONTAINE	Genk	Ondergrond : René ROYER Bovengrod : Camille VESTERS	Genk » »	1.270.400 1.110.850	5.252 4.924
Sainte-Barbe et Guillaume Lambert 4,963 hectaren	Dilsen, Eisden, Lanklaar, Leut, Mechelen aan Maas. Meeswijk, Rotem, Stokhem, Vucht.	Société anonyme des Charbonnages de Limbourg-Meuse.	Brussel, Steenweg naar Charleroi. 43.	*a*) Eisden	1	1 Mei 1925 17 Oct. 1938	Eisden	Oscar SEUTIN	Eisden	Ondergrond : Joseph VERDEYEN Bovengrond : Charles VAN WIJMEERSCH	Eisden »	1.434.190 1.236.900	6.674 6.352

MINISTERE DU COMBUSTIBLE ET DE L'ENERGIE

ADMINISTRATION DES MINES

PERSONNEL

Situation au 1er juillet 1948

I - CORPS DES INGÉNIEURS DES MINES

Numéro d'ordre	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS	ANNÉE de naissance	DATES de l'entrée en service	DATES de nomination
	A. SECTION D'ACTIVITE			
	Directeur Général			
	Meyers (A.), C. ♔, C. ♧, O. ✠, MC 1re cl. MC D. 2me cl., ⚔ (14), ⚔ (40), Vict., (14), (F), (R), (40), M.V.C., D.S.P. 1re cl., (30)	1890	30- 5- 1919	1- 4- 1945
	Inspecteurs généraux			
1	Anciaux (H.), C. ♔, O. ✠, MC 1re cl., O. P. R., chev. C. I.	1889	10- 2- 1912	1- 1- 1945
2	Guérin (M.), C. ♔, O ✠, ☆ 1re cl., (30)	1888	12- 6- 1910	1- 1- 1945
	Ingénieurs en Chef-Directeurs			
1	Burgeon (Ch.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1re cl., ☆ D. 1re cl., ⚔ (14), Vict., (14), (30) .	1885	10- 2- 1912	1-11-1937
2	Pieters (J.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1re cl., . .	1886	10-2- 1912	1-11-1937

Numéro d'ordre	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS	Année de naissance	DATES de l'entrée en service	DATES de nomination
3	Thonnart (P.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1re cl., (14)	1889	24-12-1912	1-11-1937
4	Masson (R.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1re cl., ⚔ (14), Vict., (14)	1890	30-5-1919	1-11-1937
5	Hoppe (R.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1re cl., MC D. 2me cl., ⚔ (14), Vict., (14), (30), ✱	1890	30-5-1919	1-11-1937
»	Fripiat (J.), O. ✠, MC 1re cl., (1)	1893	1-5-1922	1-6-1943
6	Renard (L.), O. ✠, MC 1re cl.	1894	1-1-1924	1-1-1944
»	Fréson (H.), O. ✠ (2)	1900	1-1-1925	1-4-1945
7	Gérard (P.), O. ✠, MC D. 2me cl.	1902	28-8-1926	1-4-1945
»	Grosjean (A.), O. ✠ (3)	1903	28-3-1928	1-9-1945
»	Venter (J.), C. ♔, O. ✠, O. ⁂, ⚔ (14), Vict., (14), (F) (4)	1897	28-3-1928	1-11-1946
8	Doneux (M.), O. ✠, MC 1re cl.	1894	1-6-1922	1-4-1947
9	Janssens (G.), O. ✠, ♔, (40)	1900	1-1-1925	1-1-1948
10	Lefèvre (R.), O. ✠, ♔, MC D. 3me cl.	1896	1-1-1923	1-2-1948
»	Martens (J.), ✠, ♔, (40), (2)	1904	1-1-1931	1-7-1948
»	Logelain (G.), ✠ (2)	1907	1-11-1931	1-7-1948
	Ingénieurs principaux			
1	Bréda (R.), O. ✠, MC 1re cl.	1894	1-1-1923	1-7-1934
2	Pirmolin (J.), ✠, (40), (P.G.)	1900	28-8-1926	1-7-1938
3	Pasquasy (L.), ✠, ♔, MC D. 2me cl., (40)	1902	28-8-1926	1-1-1939
4	Laurent (J.), ✠, ♔, (40), (P.G.)	1905	1-8-1930	1-7-1942
»	Brison (L.), ✠, ☆ D. 1re cl. avec barette ; (40), (R.) (5)	1907	1-1-1931	1-7-1942
5	Linard de Guertechin (A.), ✠	1907	1-1-1931	1-7-1942
6	Demelenne (E.), ✠, ♔, MC D. 2me cl.	1904	1-1-1931	1-7-1942
7	Cools (G.), ✠, ♔	1904	1-1-1931	1-7-1942
8	Tréfois (A.), ✠, ♔, (40)	1906	1-1-1931	1-7-1942

(1) Directeur de l'Institut National des Mines.
(2) Attaché à l'Administration Centrale.
(3) Chef du Service Géologique.
(4) Directeur de l'Institut National de l'Industrie Charbonnière.
(5) Détaché à l'Institut National des Mines.

Numéro d'ordre	NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS	Année de naissance	DATES de l'entrée en service	DATES de nomination
9	Martiat (V.), ✠, ♔, (40), (P.G.)	1905	1-1-1931	1-7-1942
10	Durieu (M.), ✠	1907	1-11-1931	1-7-1943
11	Vaes (A.), ✠	1907	1-11-1931	1-7-1943
»	Sténuit (R.), ✠, (1)	1907	1-11-1934	1-1-1946
	Ingénieurs			
1	Van Kerckhoven (H.), (40)	1914	1-9-1937	1-7-1938
»	Dehing (L.) (1)	1907	1-12-1937	1-7-1938
2	Delrée (H.)	1911	1-5-1942	1-5-1945
»	Delmer (A.) (2)	1916	1-5-1942	1-5-1945
3	Anique (M.), (40), (R.)	1915	1-5-1942	1-5-1945
4	Tondeur (A.), ♔	1908	1-7-1943	1-7-1946
5	Callut (H.)	1908	1-7-1943	1-7-1946
6	Fraikin (A.)	1916	1-7-1943	1-7-1946
7	Leclercq (J.)	1915	1-7-1943	1-7-1946
8	Herman (J.)	1913	1-7-1943	1-7-1946
9	Michel (J.)	1922	1-4-1945	1-4-1948
10	Perwez (L.)	1922	1-12-1945	Stagiaire
11	Stassen (J.)	1922	1-12-1946	Stagiaire
12	Snel (M.)	1921	1-12-1946	Stagiaire
13	Médaets (J.)	1922	1-12-1946	Stagiaire
14	Laurent (V.)	1922	1-12-1946	Stagiaire
15	Ruy (L.)	1924	1-12-1946	Stagiaire
16	Fradcourt (R.)	1923	1-2-1947	Stagiaire
17	Mignion (G.)	1922	1-11-1947	Stagiaire
18	Grégoire (H.)	1922	1-1-1948	Stagiaire
19	Moureau (J.)	1920	1-1-1948	Stagiaire
20	Josse (J.)	1915	1-7-1948	Stagiaire

(1) Attaché à l'Administration Centrale.
(2) Attaché au Service Géologique.

NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS	ANNÉE de naissance	DATES de l'entrée en service	DATES de nomination
B. SECTION DE DISPONIBILITE			
Ingénieur en Chef-Directeur			
Boulet (L.), O. ✠, MC D. 2me cl., Commandeur de l'Ordre du Mérite Social de France (1) . .	1907	1- 1- 1931	1- 7- 1946
Ingénieurs principaux			
Demeure de Lespaul (Ch.), O. ✠, O. ♔ . . .	1896	1- 1- 1924	1- 7- 1933
Corin (F.), ✠ (2)	1899	28- 3- 1928	1- 7- 1940
Bourgeois (W.), ✠	1907	1- 1- 1931	1- 7- 1942
C. INGENIEURS DES MINES A LA RETRAITE			
Verbouwe (O.), G. O. ♔, C. ✠, ☆ 1re cl., Vict., (14), (30), ⊛, Directeur général honoraire.			
Delruelle (L.) C. ♔, O. ✠, ☆ 1re cl., Ingénieur en Chef-Directeur honoraire.			
Vrancken (J.), G. O. ⚜, C. ✠, C. ♔, ☆ 1re cl., (30), Ingénieur en Chef-Directeur honoraire.			
Orban (N.), G. O. ⚜, C. ✠, C. ♔, ☆ 1re cl., ☆ D. 2e cl., (30), Ingénieur en Chef-Directeur honoraire.			
Liagre (E.), C. ✠, C. ♔, ☆ 1re cl., (30), Ingénieur en Chef-Directeur honoraire.			
Repriels (A)., C. ♔, O. ✠, ☆ 1re cl., (30), Ingénieur en Chef-Directeur honoraire.			

(1) Directeur Général du Fonds national de Retraite des ouvriers-mineurs.

(2) En disponibilité, avec maintien des droits à l'avancement dans le cadre d'activité pour exercer des fonctions publiques dans la Colonie pendant une période de 3 ans 1/2, prenant cours le 1/2/1946.

Renier (A.), G. O. ♔, G. O. ⚜, C. ✠, ☆ 1re cl., ☆ D. 1re cl., (30), Ingénieur en Chef-Directeur honoraire.
Des Enfans (G.) G. O. ⚜, C. ✠, C. ♔, ☆ 1re cl., MC D. 1re cl., (30), Ingénieur en Chef-Directeur honoraire.
Molinghen (E.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1re cl., (30), Ingénieur en Chef-Directeur honoraire.
Hardy (L.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1re cl., MC D. 1re cl., (30), Ingénieur en Chef-Directeur honoraire.
Delrée (A.), C. ✠, C. ♔, ☆ 1re cl., (30), Médaille de Bronze de la Reconnaissance Nationale, Ingénieur en Chef-Directeur honoraire .
Legrand (L.), C. ✠, C. ♔, ☆ 1re cl., MC D. 2me cl., (30), Ingénieur en Chef-Directeur honoraire.

D. INGENIEURS DES MINES CONSERVANT LE TITRE HONORIFIQUE DE LEUR GRADE

Legrand (L.), G. O. ♔, C. ✠, ☆ 1re cl., (30), Inspecteur Général.
Denoël (L.), G. O. ♔, C. ✠, ☆ 1re cl., MC D. 1re cl., (30), Inspecteur Général.
Halleux (A.), G. O. ✠, G. O. ♔, O. C. C. L., Chevalier C. III, Ingénieur en Chef-Directeur.
Fourmarier (P.), G. O. ♔, C. ✠, ☆ 1re cl., (30), O. Ordre Royal du Lion, C.N., (40), (R), Com. C.I., Com. C.R., ✲ W.M., Officier de l'Instruction publique de France, O.O.A., Ingénieur en Chef-Directeur.
Dehasse (L.), C. ♔, O. ✠, MC 1re cl., 2 MC D. 1re cl., (30), Croix du Mérite en Or de la République Polonaise, Ordre du Dragon de Chine, Ingénieur en Chef-Directeur.
Bidlot (R.), O. ♔, ✠, Ingénieur en Chef-Directeur.
Danze (J.), O. ♔, ✠, Ingénieur en Chef-Directeur.
Dessales (E.), O. ✠, Ingénieur principal.

II. — FONCTIONNAIRES ET AGENTS

NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS	ANNÉE de naissance	DATES de l'entrée en service	DATES de nomination
A. ADMINISTRATION CENTRALE			
Huberty (J.), O. ✠, MC 1re cl., Inspecteur en Chef-Directeur	1891	25- 5- 1921	1- 5- 1945
Legrand (R.), Géologue	1917	1- 12- 1947	Stagiaire
Vincent (M.), (40), (P.G.), Chef de Division	1910	1- 4- 1929	1- 2- 1947
Hendrickx (O.), ⚔ (14), M.V.C., Vict., (14), (30), MC 1re classe, Chef de Bureau	1896	16- 9- 1921	1- 2- 1947
Van Hoomissen (J.), Contrôleur des explosifs	1912	31-12- 1936	1- 7- 1937
Boers (F.), MC 1re cl., 1er Rédacteur ff.	1897	2- 1- 1919	26- 9- 1938
Fierens (W.), Rédacteur-Econome	1920	16- 4- 1941	1- 7- 1946
Mosbeux (E.), Rédacteur	1922	5- 9- 1940	1- 3- 1947
Maquet (L.), Rédacteur	1917	1- 2- 1941	1- 3- 1947
Buisseret (A.), Rédacteur	1912	1-10- 1934	1- 3- 1948
Rombaut (H.), ⚔ (14), (F.), Vict., (14), Yser, MC 1re cl., (30), Commis	1890	7- 6- 1920	1- 9- 1922
Jadot (B.), MC 1re cl., Commis	1892	19- 3- 1919	1- 1- 1944
De Leger (E.), MC 1re cl., Sténo-dactylographe	1897	1- 5- 1919	30- 6- 1920
Eggericx (M.), MC 1re cl. Sténo-dactylographe	1897	1- 4- 1920	20-10- 1920
Baptist (M.), Sténo-dactylographe	1908	10- 2- 1920	1- 1- 1937
Rennotte (F.), Dactylographe	1901	17- 2- 1934	1- 6- 1947
Verdin (E.), ⚔ (14), (F), Yser, (14), ⊛, Vict., MC 1re cl., (30), Préparateur	1892	1- 3- 1920	1- 4- 1930
Claessens (W.), Préparateur	1914	1- 6- 1937	1- 4- 1945
B. SERVICES EXTERIEURS			
Géomètre-Vérificateur des Mines			
Gose (E.), ♔, ☆ 1re cl., (30)	1887	18- 5- 1906	1- 7- 1946
Géomètres des mines.			
Gilbert (F.), ♔, ☆ 1re cl., (30)	1883	8- 4- 1905	1- 7- 1944
Mazurelle (L.), MC 1re cl.	1896	31- 7- 1920	1- 7- 1944
Gorssen (H.), MC 1re cl.	1888	30- 5- 1921	1- 7- 1944
Defoin (G.), MC 1re cl.	1899	15-11- 1919	1- 7- 1944
Morel (E.)	1906	13- 1- 1931	1- 7- 1944
Père (G.)	1907	13- 1- 1931	1- 7- 1944
Salmon (S.),	1912	1-10- 1934	1-10- 1946

NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS	ANNÉE de naissance	DATES de l'entrée en service	DATES de nomination
Commis dessinateurs principaux des mines.			
Adam (A.), MC 1re cl., Vict, (14)	1885	15- 1- 1920	1- 7- 1936
Mahieu (V.), MC 1re cl.	1896	31- 1- 1922	1- 7- 1938
Commis des mines			
Claude (E.), (40), (P.G.)	1921	1- 6- 1937	1- 8- 1940
Geets (G.)	1906	1- 1- 1930	1- 7- 1946
Lussot (N.)	1912	11-10- 1934	1- 7- 1941
Délégués à l'inspection des mines.			
Aerts (L.),	1903	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Bardiau (E.)	1913	1- 8- 1947	1- 8- 1947
Baudoul (E.)	1904	1- 8- 1938	1- 8- 1938
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Berlemont (E.), D. S. I. 2me cl.	1904	1- 6- 1937	1- 6- 1937
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Bielen (D.), D. S. I. 2me cl.	1898	1- 6- 1937	1- 6- 1937
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Boland (J.), D. S. I. 2me cl.	1897	1- 5- 1945	1- 5- 1945
			1- 7- 1947
Bossart (M.)	1903	1- 6 1937	1- 6- 1937
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Braibant (F.), D. S. I. 2me cl.	1902	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Braibant (H.), D.S.I. 1re cl.	1904	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Collignon (S.), Médailles militaires américaine et anglaise pour services rendus aux armées alliées (R)	1911	1- 7- 1947	1- 7- 1947

NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS	ANNÉE de naissance	DATES de l'entrée en service	DATES de nomination
Cornez (E.), ☆ D. 1re cl., MC D. 1re cl. . .	1899	1- 1- 1928	1- 1 1928
D. S. I. 2me cl.			1- 1- 1932
			1- 1- 1936
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Crévieaux (G.), MC D. 2me cl., D. S. I. 1re cl. .	1893	1- 1- 1928	1- 1- 1928
			1- 1- 1932
			1- 1- 1936
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Crijns (H.) D. S. I. 2me cl.	1899	1- 6- 1937	1- 6- 1937
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Degallaix (A), D. S. I. 2me cl.	1899	1 6- 1937	1- 6- 1937
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Delvaux (V.), (R.)	1904	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Deraymaker (M.), D. S. I. 2me cl.	1896	1- 1- 1932	1- 1- 1932
			1- 1- 1936
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Dessoy (D.), MC D. 1re cl., D. S. I. 2me cl. . .	1899	1- 2- 1936	1- 2- 1936
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Dethier (R.)	1907	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Dorange (O.), D. S. I. 1re cl	1894	1- 6- 1937	1- 6- 1937
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Dorpel (A.), D. S. I. 2me cl.	1905	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Doye (A.), D. S. I. 2me cl., D. S. M.	1901	1- 6- 1937	1- 6- 1937
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Dubois (E.), D. S. I. 2me cl., D. S. M.	1904	1- 7- 1936	1- 7- 1936
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Dufrenne (E.), D. S. I. 2me cl.	1896	1- 6- 1937	1- 6- 1937
			- 1940
			1- 7- 1947

NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS	ANNÉE de naissance	DATES de l'entrée en service	DATES de nomination
Fauville (E.), D. S. I. 2me cl.	1901	1- 8- 1938	1- 8- 1938
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Fiévez (V.), (40), (P.G.), D. S. I. 2me cl. . . .	1905	1- 1- 1936	1- 1- 1936
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Geurts (J.), D. S. I. 1re cl.	1896	1-10- 1942	1-10- 1942
			1- 7- 1947
Glineur (A)., D. S. I. 2me cl.	1899	1-10- 1942	1-10- 1942
			1- 7- 1947
Godart (A.), ...	1906	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Godeloffe (M.), D. S. I. 1re cl.	1897	1- 1- 1928	1- 1- 1928
			1- 1- 1932
			1- 1- 1936
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Harvengt (O.), ☆ D. 2me cl., D.S.I. 2me cl. . .	1901	1- 1- 1928	1- 1- 1928
			1- 1- 1932
			1- 1- 1936
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Jacquemin (H.)	1902	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Jasselette (A.), D. S. I. 2me cl.	1899	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Lachambre (A.)	1903	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Lahon (L.)	1901	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Lassoie (F.)	1899	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Lien (M.), (40)	1902	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Lucas (Ch.), MC D. 3me cl., D. S. I. 1re cl. . .	1898	1- 1- 1932	1- 1- 1932
			1- 1- 1936
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947
Nanexi (A.), D. S. M.	1902	1- 7- 1947	1- 7- 1947
Nulens (L.), D. S. I. 2me cl.	1902	1- 6- 1937	1- 6- 1937
			1- 1- 1940
			1- 7- 1947

NOMS ET INITIALES des PRÉNOMS	ANNÉE de naissance	DATES de l'entrée en service	DATES de nomination
Polard (E.), D. S. I. 1re cl.	1897	17-11-1924	17-11-1924
			1- 1-1928
			1- 1-1932
			1- 1-1936
			1- 1-1940
			1- 7-1947
Polomé (J.), D. S. I. 1re cl.	1894	1- 1-1928	1- 1-1928
			1- 1-1932
			1- 1-1936
			1- 1-1940
			1- 7-1947
Reynders (J.), D. S. I. 2me cl.	1903	1- 7-1947	1- 7-1947
Rivière (F)	1910	1- 7-1947	1- 7-1947
Sandron (J.)	1914	1- 7-1947	1- 7-1947
Scailquin (A.)	1908	1- 7-1947	1- 7-1947
Sculier (L.), D. S. I. 2me cl.	1899	1- 1-1932	1- 1-1932
			1- 1-1936
			1- 1-1940
			1- 7-1947
Splingard (A.)	1915	1- 7-1947	1- 7-1947
Thomas (A.), D.S.I. : médaille d'or Ordre Léopold II	1896	1- 6-1937	1- 6-1937
			1- 1-1940
			1- 7-1947
Trogh (E.), D. S. I. 2me cl.	1903	1- 6-1937	1- 6-1937
			1- 1-1940
			1- 7-1947
Van Ertevelde (P.), D. S. I. 2me cl.	1908	1- 7-1947	1- 7-1947
Van Wambeke (R.)	1903	1- 7-1947	1- 7-1947
Verschelden (J.), D. S. I. 2me cl.	1905	1- 1-1943	1- 1-1943
			1- 7-1947
Vigneron (F)	1914	1- 7-1947	1- 7-1947
Vranken (H.), D. S. I. 2me cl.	1894	1- 4-1939	1- 4-1939
			1- 1-1940
			1- 7-1947

EXPLICATIONS DES SIGNES REPRESENTATIFS DES ORDRES ET DECORATIONS.

Décorations nationales.

Ordre de Léopold :	Chevalier	✠
	Officier	O. ✠
	Commandeur	C ✠
	Grand Officier	G. O. ✠
Ordre de la Couronne :	Chevalier	♔
	Officier	O. ♔
	Commandeur	C. ♔
	Grand Officier	G. O. ♔
Ordre de Léopold II :	Chevalier	⚜
	Officier	O. ⚜
	Commandeur	C. ⚜
	Grand Officier	G. O. ⚜
Croix civique pour années de service		☆
Croix civique pour acte de dévouement		☆ D.
Croix de guerre 1914-1918		⚔ (14)
Croix de guerre 1940		⚔ (40)
Croix du feu		(F)
Médaille commémorative de la guerre 1914-1918		(14)
Médaille commémorative de la guerre 1940-1945		(40)
Médaille de la Victoire		Vict.
Médaille de l'Yser		Yser.
Médaille du Volontaire Combattant 1914-1918		M. V. C.
Médaille du Prisonnier de Guerre		(P. G.)
Médaille de la Résistance		(R)
Médaille du Centenaire		(30)
Médaille civique pour années de service		MC
Médaille civique pour acte de dévouement		MC D.
Médaille commémorative du Comité National de Secours et d'Alimentation		C. N.
Décoration militaire		⊛
Décoration spéciale de prévoyance		D. S. P.
Décoration spéciale (industrielle)		D. S. I.
Décoration spéciale (mutualité)		D. S. M.

Décorations étrangères.

Légion d'Honneur :	Chevalier	✲
	— Officier	O. ✲
	Commandeur —	C. ✲
Ordre de Polonia Restituta (Pologne)		P. R.
Ordre de la Couronne d'Italie		C. I.
Ordre du British Empire		B. E.
Ordre de la Couronne de Chêne (G.-D. Luxembourg)		C. C. L.
Ordre de Charles III (Espagne)		C. III.
Ordre de la Couronne de Roumanie		C. R.
Ordre de l'Ouissam Alaouite (Maroc)		O. A.
British War Medal		W. M.

MINISTERIE VAN ENERGIE EN BRANDSTOF

ADMINISTRATIE VAN HET MIJNWEZEN

PERSONEEL

Toestand op 1 Juli 1948

I - KORPS DER RIJKSMIJNINGENIEURS

Rangnummer	NAMEN EN BEGINLETTERS van de VOORNAMEN	Geboortejaar	DATA van indienststreding	DATA van benoeming
	A. IN WERKELIJKE DIENST			
	Directeur-Generaal			
	Meyers (A.), C. ♔, C. ⚓, O. ✠, MC 1e kl. MC M. 2e kl., ⚔ (14), ⚔ (40), O.W., (14), (V.K.), (W), (40), M.S.V., B.V.Z. 1e kl., (30)	1890	30. 5. 1919	1. 4. 1945
	Inspecteurs-Generaal			
1	Anciaux (H), C ♔ O. ✠, MC 1e kl., O.P.R., Rid. K. I.	1889	10. 2. 1912	1. 1 1945
2	Guérin (M.)), C. ♔, O. ✠, ☆ 1e kl., (30)	1888	12. 6 1910	1. 1. 1945
	Hoofdingenieurs-Directeur			
1	Burgeon (Ch.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1e kl., ☆ M. 1e kl., ⚔ (14), O.W., (14), (30)	1885	10 2 1912	1.11. 1937
2	Pieters (J.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1e kl.,	1886	10. 2. 1912	1.11. 1937

Rangnummer	NAMEN EN BEGINLETTERS van de VOORNAMEN	Geboortejaar	DATA van indienst-treding	DATA van benoeming
3	Thonnart (P.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1e kl., (14)	1889	24.12. 1912	1.11. 1937
4	Masson (R.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1e kl., ⚔ (14), O. W., (14)	1890	30 5. 1919	1 11 1937
5	Hoppe (R.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1e kl., MC M. 2e kl., ⚔ (14), O.W., (14), (30), ✱	1890	30. 5. 1919	1 11. 1937
»	Fripiat (J.), O. ✠, MC 1e kl., (1)	1893	1. 5. 1922	1. 6. 1943
6	Renard (L.), O. ✠, MC 1e kl.,	1894	1. 1. 1924	1 1. 1944
»	Fréson (H.), O. ✠ (2)	1900	1. 1. 1925	1. 4. 1945
7	Gérard (P.), O. ✠, MC M. 2e kl.,	1902	28. 8. 1926	1. 4. 1945
»	Grosjean (A.), O. ✠ (3)	1903	28. 3. 1928	1. 9. 1945
»	Venter (J.), C. ♔, O. ✠, O. ⚓, ⚔ (14), O.W., (14), (V.K.) (4)	1897	28. 3. 1928	1.11. 1946
8	Doneux (M.), O. ✠, MC 1e kl.	1894	1. 6. 1922	1. 4. 1947
9	Janssens (G.), O. ✠, ♔, (40)	1900	1 1. 1925	1. 1. 1948
10	Lefèvre (R.), O. ✠, ♔, MC M. 3e kl.	1896	1 1. 1923	1. 2. 1948
»	Martens (J.), ✠, ♔, (40), (2)	1904	1. 1. 1931	1. 7. 1948
»	Logelain (G.), ✠ (2)	1907	1.11. 1931	1. 7. 1948

Eerstaanwezende Ingenieurs

1	Bréda (R.), O. ✠, MC 1e kl.	1894	1. 1. 1923	1. 7. 1934
2	Pirmolin (J.), ✠, (40), (K.G.)	1900	28. 8. 1926	1. 7. 1938
3	Pasquasy (L.), ✠, ♔, MC M. 2e kl., (40)	1902	28. 8. 1926	1. 1. 1939
4	Laurent (J.), ✠, ♔, (40), (K.G.)	1905	1. 8. 1930	1. 7. 1942
»	Brison (L.), ✠, ☆ M. 1e kl. met baret ; (40), (W.) (5)	1907	1. 1. 1931	1. 7. 1942
5	Linard de Guertechin (A.), ✠	1907	1. 1. 1931	1. 7. 1942
6	Demelenne (E.), ✠, ♔, MC M. 2e kl.	1904	1. 1. 1931	1. 7. 1942
7	Cools (G.), ✠, ♔	1904	1. 1. 1931	1 7. 1942
8	Tréfois (A.), ✠, ♔, (40)	1906	1. 1. 1931	1. 7. 1942

(1) Directeur van het Nationaal Mijninstituut.
(2) Verbonden aan het Hoofdbestuur.
(3) Hoofd van de Aardkundige Dienst.
(4) Directeur van het Nationaal Instituut voor de Steenkolennijverheid.
(5) Verbonden aan het Nationaal Mijninstituut.

Rangnummer	NAMEN EN BEGINLETTERS van de VOORNAMEN	Geboortejaar	DATA van indienst-treding	DATA van benoeming
9	Martiat (V.), ✠, ♔, (40), (K.G.)	1905	1. 1 1931	1. 7. 1942
10	Durieu (M), ✠	1907	1.11. 1931	1. 7. 1943
11	Vaes (A.), ✠	1907	1.11. 1931	1. 7. 1943
»	Sténuit (R.), ✠, (1)	1907	1 11. 1934	1. 1. 1946

Ingenieurs

1	Van Kerckhoven (H.), (40)	1914	1. 9. 1937	1. 7. 1938
»	Dehing (l.) (1)	1907	1.12. 1937	1. 7. 1938
2	Delrée (H.)	1911	1. 5. 1942	1. 5. 1945
»	Delmer (A.) (2)	1916	1. 5. 1942	1. 5. 1945
3	Anique (M.), (40), (W.)	1915	1. 5. 1942	1. 5. 1945
4	Tondeur (A.), ♔	1908	1. 7. 1943	1. 7 1946
5	Callut (H.)	1908	1. 7 1943	1. 7. 1946
6	Fraikin (A.)	1916	1. 7. 1943	1. 7. 1946
7	Leclercq (J.)	1915	1. 7. 1943	1. 7 1946
8	Herman (J.)	1913	1. 7. 1943	1. 7. 1946
9	Michel (J.)	1922	1. 4. 1945	1. 4. 1948
10	Perwez (L.)	1922	1.12. 1945	Op proef
11	Stassen (J.)	1922	1.12. 1946	Op proef
12	Snel (M.)	1921	1.12. 1946	Op proef
13	Médaets (J.)	1922	1.12. 1946	Op proef
14	Laurent (V.)	1922	1.12. 1946	Op proef
15	Ruy (L.)	1924	1 12. 1946	Op proef
16	Fradcourt (R.)	1923	1. 2. 1947	Op proef
17	Mignion (G.)	1922	1.11. 1947	Op proef
18	Grégoire (H.)	1922	1. 1. 1948	Op proef
19	Moureau (J.)	1920	1. 1. 1948	Op proef
20	Josse (J.)	1915	1. 7. 1948	Op proef

(1) Verbonden aan het Hoofdbestuur.
(2) Verbonden aan de Aardkundige Dienst.

Rangnummer	NAMEN EN BEGINLETTERS van de VOORNAMEN	Geboortejaar	DATA van indienst-treding	DATA van benoeming

B. TER BESCHIKKING GESTELDEN

Hoofdingenieur-Directeur

Boulet (L.), O. ✠, MC M. 2e kl., Commandeur de l'Ordre du Mérite Social de France (1) . .	1907	1. 1. 1931	1. 7. 1946

Eerstaanwezende ingenieurs

Demeure de Lespaul (Ch.), O. ✠, O. ♔ . . .	1896	1. 1. 1924	1. 7. 1933
Corin (F.), ✠ (2)	1899	28 3. 1928	1. 7. 1940
Bourgeois (W.), ✠	1907	1. 1. 1931	1. 7. 1942

C. OP RUST GESTELDE MIJNINGENIEURS

Verbouwe (O.), G. O. ♔, C. ✠, ☆ 1e kl., O.W., (14), (30), ⊛, Ere Directeur-Generaal.
Delruelle (L), C. ♔, O. ✠, ☆ 1e kl., Ere-Hoofdingenieur-Directeur.
Vrancken (J.), G. O. ♗, C. ✠, C. ♔, ☆ 1e kl., (30), Ere-Hoofdingenieur Directeur.
Orban (N), G. O. ♗, C. ✠, C. ♔, ☆ 1e kl., ☆ M. 2e kl., (30), Ere-Hoofdingenieur-Directeur.
Liagre (E.), C. ✠, C. ♔, ☆ 1e kl., (30), Ere-Hoofdingenieur-Directeur.
Repriels (A.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1e kl., (30), Ere-Hoofdingenieur-Directeur.

(1) Directeur-Generaal van het Nationaal Pensioenfonds voor Mijnwerkers.

(2) Ter beschikking gesteld vanaf 1 Februari 1946 — met behoud van zijn rechten op bevordering in het activiteitskader — om een openbaar ambt uit te oefenen in de kolonie tijdens een termijn van 3 jaar 1/2.

Renier (A.), G. O. ♔, G. O. ♗, C. ✠, ☆ 1e kl., ☆ M. 1e kl., (30), Ere-Hoofdingenieur-Directeur.
Des Enfans (G.), G. O. ♗, C. ✠, C. ♔, ☆ 1e kl., MC M. 1e kl., (30), Ere-Hoofdingenieur-Directeur.
Molinghen (E), C. ♔, O. ✠, ☆ 1e kl., (30), Ere-Hoofdingenieur-Directeur.
Hardy (L.), C. ♔, O. ✠, ☆ 1e kl., MC M. 1e kl., (30), Ere-Hoofdingenieur-Directeur.
Delrée (A.), C. ✠, C. ♔, ☆ 1e kl., (30), Bronzen Médaille van de Nationale Erkentelijkheid, Ere-Hoofdingenieur-Directeur.
Legrand (L.), C. ✠, C. ♔, ☆ 1e kl., MC M. 2e kl., (30), Ere-Hoofdingenieur-Directeur.

D. MIJNINGENIEURS DIE DE ERETITEL VAN HUN GRAAD BEHOUDEN

Legrand (L.), G. O. ♔, C. ✠, ☆ 1e kl., (30), Inspecteur-Generaal.
Denoël (L.), G. O. ♔, C. ✠, ☆ 1e kl., MC M. 1e kl., (30), Inspecteur-Generaal.
Halleux (A.), G. O. ✠, G. O. ♔, O.E.L., Ridder K. III, Hoofdingenieur-Directeur.
Fourmarier (P.), G. O. ♔, C. ✠, ☆ 1e kl., (30), O. Koninklijke Orde van de Leeuw, M.H.V., Com. K.I., Com. K.R., ✲, W.M., Officier van het Frans Openbaar Onderwijs, O.O.A., Hoofdingenieur-Directeur.
Dehasse (L.), C. ♔, O. ✠, MC 1e kl., 2 MC M. 1e kl., (30), Goude Medaille voor Verdiensten van de Poolse Republiek, Orde van de Chinese Draak, Hoofdingenieur-Directeur.
Bidlot (R.), O. ♔, ✠, Hoofdingenieur-Directeur.
Danze (J.), O. ♔, ✠, Hoofdingenieur-Directeur.
Dessales (E.), O. ✠, Eerstaanwezend ingenieur.

—AMBTENAREN EN BEAMBTEN

NAMEN EN BEGINLETTERS van de VOORNAMEN	GEBOORTEJAAR	DATA van indiensttreding	DATA van benoeming
A. HOOFDBESTUUR			
Huberty (J.), O. ✠, MC 1e kl., Hoofdinspecteur-Directeur	1891	25 5. 1921	1. 5. 1945
Legrand (R.), Aardkundige	1917	1. 12. 1947	Op proef
Vincent (M.), (40), (K.G.), Afdelingshoofd	1910	1. 4. 1929	1. 2. 1947
Hendrickx (O.), ⚔ (14), M.S.V., O.W., (14), (30), MC 1e kl., Bureelhoofd	1896	16. 9. 1921	1. 2. 1947
Van Hoomissen (J.), Controleur der springstoffen	1912	31.12. 1936	1. 7 1937
Boers (F.), MC 1e kl., wd. 1e Opsteller	1897	2. 1. 1919	26. 9. 1938
Fierens (W.), Opsteller-Econoom	1920	16. 4 1941	1. 7. 1946
Mosbeux (E), Opsteller	1922	5. 9. 1940	1 3. 1947
Maquet (L.), Opsteller	1917	1 2. 1941	1. 3. 1947
Buisseret (A.), Opsteller	1912	1.10. 1934	1. 3. 1948
Rombaut (H.), ⚔ (14), (V.K.), O.W., (14), Yzer, MC 1e kl., (30), Schrijver	1890	7. 6. 1920	1. 9. 1922
Jadot (B.), MC 1e kl., Schrijver	1892	19. 3 1919	1. 1. 1944
De Leger (E), MC 1e kl., Steno-typiste	1897	1. 5. 1919	30. 6. 1920
Eggericx (M.), MC 1e kl., Steno-typiste	1897	1. 4. 1920	20.10. 1920
Baptist (M.), Steno-typiste	1908	10. 2. 1920	1. 1. 1937
Rennotte (F.), Typiste	1901	17. 2. 1934	1. 6. 1947
Verdin (E.), ⚔ (14), (V.K.), Yzer, (14), ✠, O.W., MC 1e kl., (30), Preparator	1892	1. 3. 1920	1. 4. 1930
Claessens (W.), Preparator	1914	1. 6. 1937	1. 4. 1945
B. BUITENDIENSTEN			
Mijnmeter-Verificateur.			
Gose (E.), ♔, ☆ 1e kl., (30)	1887	18. 5. 1906	1. 7. 1946
Mijnmeters.			
Gilbert (F.), ♔, ☆ 1e kl., (30)	1883	8 4. 1905	1. 7. 1944
Mazurelle (L.), MC 1e kl.	1896	31. 7. 1920	1. 7. 1944
Gorssen (H.), MC 1e kl.	1888	30. 5. 1921	1. 7 1944
Defoin (G.), MC 1e kl.	1899	15 11. 1919	1. 7. 1944
Morel (E.)	1906	13. 1. 1931	1. 7. 1944
Père (G.)	1907	13. 1. 1931	1. 7. 1944
Salmon (S.),	1912	1. 10.1934	1. 10.1946

NAMEN EN BEGINLETTERS van de VOORNAMEN	GEBOORTEJAAR	DATA van indienstreding	DATA van benoeming
E. a. Klerken-tekenaars der Mijnen.			
Adam (A.), MC 1e kl. O.W., (14)	1885	15. 1. 1920	1. 7. 1936
Mahieu (V.), MC 1e kl.	1896	31. 1 1922	1. 7. 1938
Klerken der Mijnen.			
Claude (E.), (40), (K.G.)	1921	1. 6.1937	1. 8. 1940
Geets (G.)	1906	1. 1. 1930	1. 7. 1946
Lussot (N.)	1912	11.10. 1934	1. 7 1941
Afgevaardigden bij het Mijntoezicht.			
Aerts (L.),	1903	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Bardiau (E.)	1913	1. 8. 1947	1. 8. 1947
Baudoul (E.)	1904	1. 8. 1938	1. 8. 1938
			1. 1. 1940
			1. 7. 1947
Berlemont (E.), B. N. E. 2e kl.	1904	1. 6. 1937	1. 6. 1937
			1. 1. 1940
			1. 7 1947
Bielen (D.), B. N. E. 2e kl.	1898	1. 6. 1937	1. 6. 1937
			1. 1. 1940
			1. 7. 1947
Boland (J.), B. N. E. 2e kl.	1897	1. 5. 1945	1. 5. 1945
			1. 7. 1947
Bossart (M.)	1903	1. 6. 1937	1. 6. 1937
			1. 1. 1940
			1. 7. 1947
Braibant (F.), B. N. E. 2e kl.	1902	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Braibant (H.), B.N.E. 1e kl.	1904	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Collignon (S.), Amerikaanse en Engelse militaire eretekens voor bewezen diensten aan de verbonden legers, (W)	1911	1. 7. 1947	1. 7. 1947

NAMEN EN BEGINLETTERS an de VOORNAMEN	GEBOORTEJAAR	DATA van indiensttreding	DATA van benoeming
Cornez (E), ☆ M. 1e kl., MC M. 1e kl. B. N. E. 2e kl.	1899	1. 1. 1928	1. 1. 1928 1. 1. 1932 1. 1. 1936 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Crévieaux (G.), MC M. 2e kl., B.N.E. 1e kl.	1893	1. 1. 1928	1. 1. 1928 1. 1. 1932 1. 1. 1936 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Crijns (H.), B. N. E. 2e kl.	1899	1. 6. 1937	1. 6. 1937 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Degallaix (A), B. N. E. 2e kl.	1899	1. 6. 1937	1. 6. 1937 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Delvaux (V.), (W.)	1904	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Deraymaker (M.), B. N. E. 2e kl.	1896	1. 1. 1932	1. 1. 1932 1. 1. 1936 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Dessoy (D.), MC M. 1e kl., B.N.E. 2e kl.	1899	1. 2. 1936	1. 2. 1936 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Dethier (R.)			
Dorange (O.), B. N. E. 1e kl.	1907	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Dorpel (A.), B. N. E. 2e kl.	1894	1. 6. 1937	1. 6. 1937 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Doye (A.), B. N. E. 2e kl., B. M. E.	1905 1901	1. 7. 1947 1. 6. 1937	1. 7. 1947 1. 6. 1937 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Dubois (E.), B. N. E. 2e kl., B. M. E.	1904	1. 7. 1936	1. 7. 1936 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Dufrenne (E.), B. N. E. 2e kl.	1896	1. 6. 1937	1. 6. 1937 1. 1. 1940 1. 7. 1947

NAMEN EN BEGINLETTERS van de VOORNAMEN	GEBOORTEJAAR	DATA van indiensttreding	DATA van benoeming
Fauville (E.), B. N. E. 2e kl.	1901	1. 8. 1938	1. 8. 1938 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Fiévez (V.), (40), (K.G.), B. N. E. 2e kl.	1905	1. 1. 1936	1. 1. 1936 1. 1. 1940 1 .7. 1947
Geurts (J.), B. N. E. 1e kl.	1896	1.10. 1942	1.10. 1942 1 .7. 1947
Glineur (A.), B. N. E. 2e kl.	1899	1.10. 1942	1.10. 1942 1 .7. 1947
Godart (A.)	1906	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Godeloffe (M.), B. N. E. 1e kl.	1897	1. 1. 1928	1. 1. 1928 1. 1. 1932 1. 1. 1936 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Harvengt (O.), ☆ M. 2e kl., B.N.E. 2e kl.	1901	1 1. 1928	1. 1. 1928 1. 1. 1932 1. 1. 1936 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Jacquemin (H.)	1902	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Jasselette (A.), B. N. E. 2e kl.	1899	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Lachambre (A.)	1903	1. 7 1947	1. 7. 1947
Lahon (L.)	1901	1 7. 1947	1. 7. 1947
Lassoie (F.)	1899	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Lien (M.), (40)	1902	1. 7 1947	1. 7. 1947
Lucas (Ch.), MC M. 3e kl., B. N. E. 1e kl.	1898	1. 1. 1932	1. 1. 1932 1. 1. 1936 1. 1. 1940 1. 7. 1947
Nanexi (A.), B. M. E.	1902	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Nulens (L.), B. N. E. 2e kl.	1902	1. 6. 1937	1. 6. 1937 1. 1. 1940 1. 7. 1947

NAMEN EN BEGINLETTERS van de VOORNAMEN	GEBOORTEJAAR	DATA van indiensttreding	DATA van benoeming
Polard (E.), B. N. E. 1e kl.	1897	17.11.1924	17.11.1924
			1. 1. 1928
			1. 1. 1932
			1. 1. 1936
			1. 1. 1940
			1. 7. 1947
Polomé (J.), B. N. E. 1e kl.	1894	1. 1. 1928	1. 1. 1928
			1. 1. 1932
			1. 1. 1936
			1. 1. 1940
			1. 7. 1947
Reynders (J.), B. N. E. 2e kl.	1903	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Rivière (F)	1910	1 7. 1947	1. 7. 1947
Sandron (J.)	1914	1. 7. 1947	1 7. 1947
Scailquin (A.)	1908	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Sculier (L.), B. N. E. 2e kl.	1899	1 1. 1932	1. 1 1932
			. . 1936
			1. 1. 1940
			1 7. 1947
Splingard (A.)	1915	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Thomas (A.), B.N.E. : goude medaille Orde Léopold II	1896	1. 6. 1937	1. 6. 1937
			1. 1. 1940
			1 7 1947
Trogh (E.), B. N. E. 2e kl.	1903	1. 6. 1937	. 6. 1937
			1. 1. 1940
			1 7. 1947
Van Ertevelde (P.), B. N. E. 2e kl.	1908	1. 7. 1947	1 7. 1947
Van Wambeke (R.)	1903	1. 7. 1947	1. 7. 1947
Verschelden (J.), B. N. E. 2e kl.	1905	1. 1. 1943	1. 1. 1943
			1. 7. 1947
Vigneron (F)	1914	1. 7. 1947	1. 7 1947
Vranken (H.) B. N. E. 2e kl.	1894	1. 4 . 1939	1. 4 1939
			1. 1. 1940
			1 7 1947

VERKLARING DER HERKENNINGSTEKENEN VAN RIDDERORDEN EN DECORATIES

Nationale Eretekens

Leopoldsorde :	Ridder	✠
—	Officier	O. ✠
—	Commandeur	C. ✠
—	Grootofficier	G. O. ✠
Kroonorde :	Ridder	♔
—	Officier	O. ♔
—	Commandeur	C. ♔
—	Grootofficier	G. O. ♔
Orde van Leopold II :	Ridder	♙
—	Officier	O. ♙
—	Commandeur	C. ♙
—	Grootofficier	G. O. ♙
Burgerlijk kruis (dienstjaren)		☆
Burgerlijk kruis voor daden van moed en zelfopofering		☆ M.
Oorlogskruis 1914-1918		⚔ (14)
Oorlogskruis 1940		⚔ (40)
Vuurkruis		(V. K.)
Herinneringsmedaille van de Oorlog 1914-1918		(14)
Herinneringsmedaille van de Oorlog 1940-1945		(40)
Overwinningsmedaille		O. W.
Yzerkruis		Yz.
Medaille van de Strijder-Vrijwilliger 1914-1918		M. S. V.
Medaille van de Krijgsgevangene		(K. G.)
Weerstandsmedaille		(W)
Herinneringsmedaille van het Eeuwfeest		(30)
Burgerlijke Medaille (dienstjaren)		MC
Burgerlijke Medaille voor daden van moed en zelfopoffering		MC M.
Herinneringsmedaille van het Nationaal Hulp- en Voedingscomité		M. H. V.
Militair ereteken		⊛
Bijzonder Voorzorgsereteken		B. V. Z.
Bijzonder Nijverheidsereteken		B. N. E.
Bijzonder Mutualiteitsereteken		B. M. E

Buitenlandse eretekens

Frankrijk Erelegioen : Ridder	✲
— Officier	O. ✲
— Commandeur	C. ✲
Orde van Polonia Restituta	P. R.
Orde van de Kroon van Italië	K. I.
Orde van het Britse Rijk	B. E.
Orde van de Eikenkroon (Luxemburg)	E. L.
Orde van Karel III (Spanje)	K. III
Orde van de Kroon van Roemenië	K. R.
Orde van Oeïssam Alaoeïte (Marokko)	O. A.
Britse Oorlogsmedaille	W. M.

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE
ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

BOEKDEEL XLVII — JAREN 1947-1948
TOME XLVII — ANNEES 1947-1948

TABLE ALPHABETIQUE DES AUTEURS
ALPHABETISCHE TABEL DER AUTEURS

BIDLOT R., Professeur à l'Université de Liège, Directeur de l'Institut d'Hygiène des Mines.
L'activité de l'Institut d'Hygiène des Minies jusqu'à fin 1947 499
Bedrijvigheid van het Instituut voor Mijnhygiëne tot het einde van het jaar 1947 535

BRISON L., Ingénieur principal des Mines, attaché à l'Institut National des Mines de Pâturages.
Etude de cinq masques anti-poussières 119

DENOEL L., Inspecteur général honoraire des Mines, Professeur émérite de l'Université.
Quelques actualités des houillères américaines 283
Exploitation du lignite dans le Devonshire 459
Revue de la houille en 1947 — Production, mécanisation, accidents 461
Exploitation et distillation des schistes 465

FRESON H., Ingénieur en chef, Directeur des Mines.
La gazéification souterraine du charbon 455
La Réglementation minière aux Pays-Bas 575

FRIPIAT J., Ingénieur en Chef des Mines, Administrateur-Directeur de l'Institut National des Mines à Frameries-Pâturages.
Rapport sur les Travaux de l'Institut National des Mines en 1939 5
Verslag over de Werkzaamheden van het Nationaal Mijninstitutt in 1946 179
L'explosion de la mine « Williams » à Whitehaven . . . 479
Rapport sur les Travaux de l'Institut en 1947 945
Verslag over de Werkzaamheden van het Instituut in 1947 1143
HARMEGNIES O., Ingénieur A. I. Ms., Professeur à la Faculté Polytechnique de Mons.
Les principaux systèmes de mesures et leur coordination . 573
LEFEVRE R.
Essais de puissance des explosifs à gaine renforcée . . . 1027
Etude de six masques anti-poussières 1041
LEVARLET H., Ingénieur en Chef, Directeur honoraire des Mines, Chef honoraire du Service des Eplosifs.
Accidents survenus en Belgique dans la fabrication, l'emmagasinage et le transport des explosifs 893
Ongevallen welke zich in België hebben voorgedaan bij de fabricatie, de berging en het vervoer van springstoffen . 939
LOGELAIN G., Ingénieur en Chef, Directeur des Mines.
Le problème de la main-d'œuvre dans les mines belges . . 363
Het vraagstuk der werkkrachten in Belgische mijnen (samenvatting) 380
Quelques aspects des problèmes de main-d'œuvre et des problèmes économiques dans l'industrie charbonnière aux Etats-Unis 883
Une Mission d'ingénieurs belges au Congrès Minier Américain de Cleveland 497
MEYERS A., Directeur Général des Mines.
Statistique des Industries extractives et Métallurgiques et des appareils à vapeur — Années 1940 à 1945 . . . 751
Statistique sommaire et vue d'ensemble sur l'exploitation. — L'Industrie Charbonnière pendant les années 1946 et 1947 1231

NENQUIN G., Chimiste, attaché à l'Institut National des Mines à Frameries-Pâturages.
Note sur le dosage de l'humidité dans les explosifs . . 151
SMAL Fr., Ingénieur civil des Mines, Directeur commercial des Charbonnages de Bonne-Espérance, Batterie et Violette, à Liège.
Des poussières de tamisage, extraits des fines de criblage, en tant que produits commerçables normaux 431
VAN PEE M., Docteur en Sciences, attaché à l'Institut National des Mines à Frameries-Pâturages.
L'inflammation du méthane en milieu ionisé 135
La cinétique de la combustion lente du méthane 1053
WIJNEN J.
L'échange hydrogène — deuterium dans la réaction deuterium + méthane + oxygène 1093

TABLE GENERALE DES MATIERES

In Memoriam G. PAQUES . . . . 427 II

INSTITUT NATIONAL DES MINES A FRAMERIES-PATURAGES

I. — Rapport sur les Travaux de 1946 FRIPIAT J. 5 I
Annexe I. — Etude de cinq masques anti-poussières . . . BRISON L. 119 I
Annexe II. — L'inflammation du méthane en milieu ionisé VAN PEE M. 135 I
Annexe III. — Note sur le dosage de l'humidité dans les explosifs . . . . . NENQUIN G. 151 I
Annexe IV. — Liste des appareils électriques et divers . . 159 I

II. — Rapport sur les Travaux de 1947 FRIPIAT J. 945 IV
Annexe I. — Essais de puissance des explosifs à gaine renforcée . . . . . LEFEVRE R. 1027 IV
Annexe II. — Etude de six masques anti-poussières . . . BRISON L. 1041 IV
Annexe III. — La cinétique de la combustion lente du méthane . . . . . VAN PEE M. 1053 IV
Annexe IV. — L'échange hydrogène - deuterium dans la réaction deuterium + méthane + oxygène . WYNEN J. 1093 IV
Annexe V. — Liste des appareils électriques et divers agréés en 1947 . . . . . 1125 IV

NATIONAAL MIJNINSTITUUT TE FRAMERIES-PATURAGES

I. — Verslag over de Werkzaamheden in 1946 . . . . . FRIPIAT J. 179 I
II. — Verslag over de Werkzaamheden in 1947 . . . . . FRIPIAT J. 1143 IV

INSTITUT D'HYGIENE DES MINES, A HASSELT

L'activité de l'Institut d'hygiène des Mines jusqu'à fin 1947 . . . . . BIDLOT R. 499 II

INSTITUUT VOOR MIJHYGIENE TE HASSELT

Bedrijvigheid van het Instituut voor Mijnhygiëne tot het einde van het jaar 1947 . . . . . BIDLOT R. 535 II

MEMOIRE — MEMORIE

Quelques actualités des houillères américaines . . . . . DENOEL L. 283 I

NOTES DIVERSES — DIVERSE NOTA'S

Le problème de la main-d'œuvre dans les mines belges . . . . . LOGELAIN G. 363 I
Het vraagstuk der werkkrachten in de Belgische mijnen (samenvatting) . . LOGELAIN G. 380 I
Des poussiers de tamisage, extraits des fines de criblage, en tant que produits commerçables normaux . . . . . SMAL Fr. 431 II
La gazéification souterraine du charbon FRESON H. 455 II
Exploitation du lignite dans le Devonshire . . . . . DENOEL L. 459 II
Revue de la houille en 1947 . . . . DENOEL L. 461 II
Exploitation et distillation des shistes . DENOEL L. 465 II
L'explosion de la mine « Williams » à Whitehaven . . . . . FRIPIAT J. 479 II

Quelques aspects des problèmes de main-d'œuvre et des problèmes économiques dans l'industrie charbonnière aux Etats-Unis . . . . . LOGELAIN G. 883 III

Accidents survenus en Belgique dans la fabrication, l'emmagasinage et le transport des explosifs . . . . . LEVARLET H. 893 III

Ongevallen welke zich in België hebben voorgedaan bij de fabricatie, de berging en het vervoer van springstoffen LEVARLET H. 939 III

CHRONIQUE

Une mission d'ingénieurs belges au Congrès américain de Cleveland . . . LOGELAIN G. 383 I

Quelques aspects de la législation sociale aux Etats-Unis . . . . . LOGELAIN G. 483 II

Une mission d'ingénieurs belges au Congrès américain de Cleveland . . . LOGELAIN G. 497 II

BIBLIOGRAPHIE

Les principaux systèmes de mesure et leur coordination . . . . . HARMEGNIES P. 573 II

Publication of the Geophysical Abstracts 574 II

REGLEMENTATION ET LEGISLATION DES MINES

La réglementation minière aux Pays-Bas FRESON H. 575 II

DIVERS — ALLERLEI

Institut belge de Normalisation : annonce d'enquêtes . . . . . 669 II

Belgisch Instituut voor Normalisatie : aangekondigde onderzoeken . . . 673 II

LEBRUN

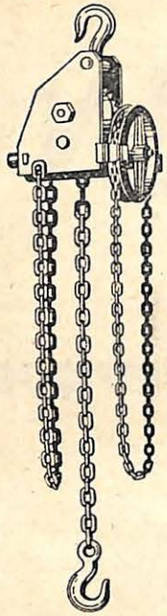
SES COMPRESSEURS D'AIR,

SES COMPRESSEURS FRIGORIFIQUES,

matériel de qualité

S. A. ATELIERS B. LEBRUN, NIMY

ATELIERS DE CONSTRUCTION



PAUL BRACKE

S. P. R. L. - R. C. Br. 303 - Tél. 17.39.66

Rue de l'Abondance, 30-40 - BRUXELLES

—

Levage - Manutention :

Ponts roulants - Monorails
Transbordeurs - Déchargeurs
Palans - Chariots - Treuils
Cabestans - Moufles
Cables - Cosses - chaînes

—

Constructions Métalliques :

Charpentes - Ossatures - Coffrages
Passerelles - Mats

DEVIS SANS FRAIS
NOMBREUSES REFERENCES

DEPOUSSIEREURS

système BUELL-VAN TONGEREN, breveté pour fumées de chaudières et toutes captations de poussières.

FILTRES A VIDE

de tous systèmes pour séparer physiquement et de façon continue des solides ou liquides de mélanges schlammeux.

SECHOIRS

de tous systèmes pour CHARBONS, schlamms, produits alimentaires, chimiques, etc.

Isolant ALFOL système breveté

« SYTECO » S. P. R. L.

27, Boulevard de Dixmude - BRUXELLES - Tél. : 17.99.47

STATISTIQUES

Statistique des Industries extractives et métallurgiques et des appareils à vapeur. — Années 1940 à 1945 . . . MEYERS A. 751 III
Annexe I : (hors texte) Année 1940. Tableaux I à XV III
Annexe II : id. » 1941. Tableaux I à XV III
Annexe III : id. » 1942. Tableaux I à XV III
Annexe IV : id. » 1943. Tableaux I à XV III
Annexe V : id. » 1944. Tableaux I à XV III
Annexe VI : id. » 1945. Tableaux I à XV III
Statistique sommaire et vue d'ensemble sur l'exploitation. L'industrie charbonnière pendant les années 1946 et 1947 MEYERS A. 1231 IV
Annexes :
— Résultats de l'exploitation des minesde houille en 1946 . . . . hors texte IV
— Résultats de l'exploitation des minesde houille en 1947 . . . . hors texte IV
— Diagramme 1. — Mouvement de la production et des stocks en 1946 et 1947 . . . . . 1252 IV
— Diagramme 2. — Personnel et Rendements . . . . . 1253 IV
Tableaux des Mines de houille en activité au 1er janvier 1947 . . . . . 1255 IV

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

Géomètre des Mines : Arrêté du Régent du 29 juin 1947 387 I
Organes de sécurité dans les mines, minières et carrières souterraines : Arrêté du Régent du 25 septembre 1947 389 I
Conseil National des Charbonnages et Institut National de l'Industrie Charbonnière : Loi du 19 août 1947 . 397 I

* * *

Institut National de l'Industrie Charbonnière.
Arrêté du Régent du 5 mars 1948 relatif au fonctionnement de cet organisme . . . . . 679 II

Arrêté du Régent du 5 mars 1948 portant nomination des Administrateurs et des Commissaires . . . . . 684 II
Arrêté du Régent du 2 avril 1948 fixant pour l'année 1948 le montant de la redevance à la tonne nette produite . 686 II

* * *

Loi du 22 avril 1948 autorisant le Roi à établir un système de solidarité dans l'industrie charbonnière et à pourvoir aux moyens d'assurer la poursuite de l'exploitation des charbonnages qui cesseraient leur activité . . . . . 688 II

AMBTELIJKE BESCHEIDEN

Beroep van Mijnmeter : Besluit v. d. Regent d.d. 23-6-47 406 I
Veiligheids- en gezondheidsorganen in de mijnen, ondergrondse groeven en graverijen : Besluit van de Regent d.d. 25-9-47 . . . . . , 408 I
Nationale Raad voor de Steenkolenmijnen en Nationaal Instituut voor Steenkolennijverheid : Wet dd. 13 Augustus 1947 . . . . . 417 I

* * *

Nationaal Instituut voor de Steenkolennijverheid.

Besluit van de Regent van 5 Maart 1948 betreffende de werking van de Nationale Raad voor de Steenkolennijverheid . . . . . 692 II
Besluit van de Regent van 5 Maart 1948 houdende benoeming van de Raad van Beheer en College van Commissarissen . . . . . 697 II
Besluit van de Regent van 22 April 1948 houdende vaststelling van de bijslag per gedolven netto ton voor het jaar 1948 . . . . . 699 II

* * *

Wet machtiging verlenend aan de Koning om een solidariteitsstelsel in te richten in de Steenkolennijverheid en om in de middelen te voorzien om de voortzetting te verzekeren van de steenkolenmijnen die hun bedrijvigheid mochten stilleggen . . . . . 701 II

Consultez pour les...

Ponts métallique fixes et mobiles - Charpentes et constructions métalliques - Chaudronneries rivées et soudées - Pylônes - Cages de mines allégées - Maisons préfabriquées et démontables - Grosses tuyauteries - Soudure - Wagonnets - Appareils de levage - Matériel fixe de chemins de fer. Propulseurs de wagons. (LOCOPULSEUR-PULSO)

■

La Société Anonyme des Ateliers de Construction de

JAMBES - NAMUR

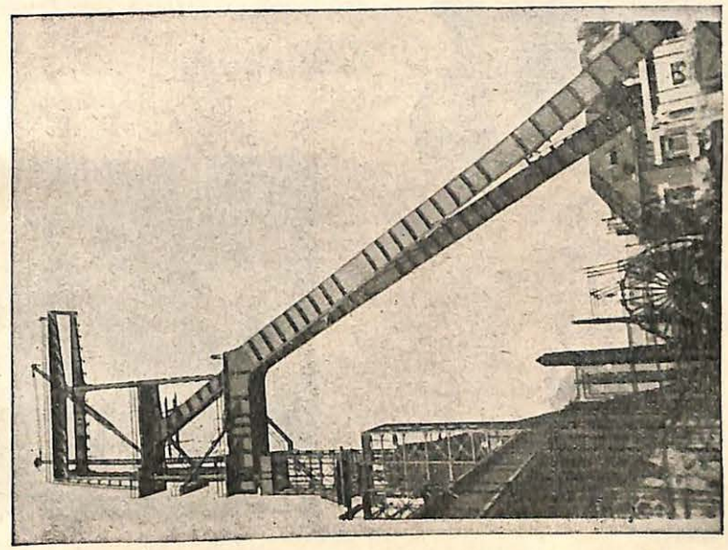
Anciens Etablissements Théophile FINET

Téléphone : Namur 233.55

Adresse Télégraphique : Ateliers Finet-Jambes

■

UN DES PLUS GRANDS D'EUROPE !



Le chevalement de Mine de Maurage.

ATELIERS

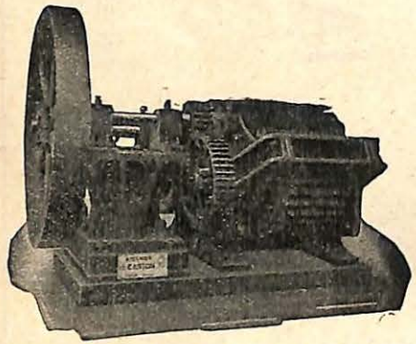
LOUIS CARTON

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.

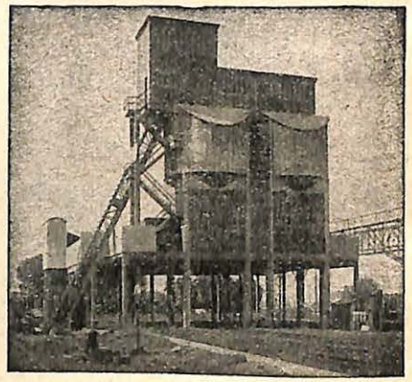
Elévateurs.

Transporteurs.

Distributeurs.

Filtres dépoussiéreurs.

Installations
de fabrication de claveaux.



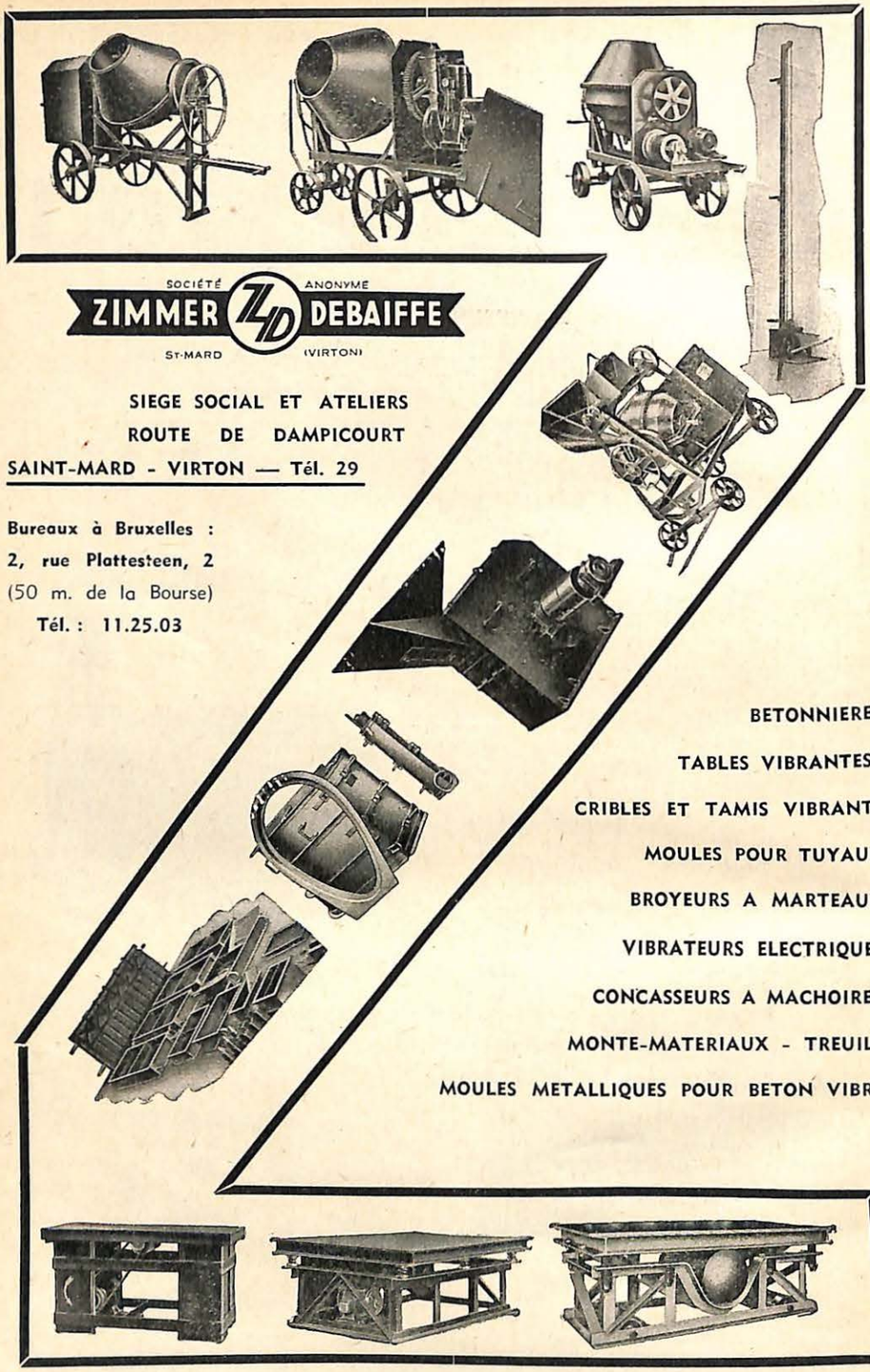
Installation de manutention
et distribution de charbon.

ADMINISTRATION DES MINES

Répartition du personnel et du service des mines ; noms et lieux de résidence des fonctionnaires (1er juillet 1947) 705 II
Situation du personnel du Corps des Mines au 1er juillet 1948 . . . . . 1303 IV

MIJWEZEN BESTUUR

Verdeling van het personeel en van de dienst van het mijnwezen ; namen en verblijfplaatsen der ambtenaars op 1 Juli 1947 . . . . . 705 II
Stand van het personeel van het Mijnkorps op 1 Juli 1948 1315 IV



SOMMAIRE DE LA 4e LIVRAISON — TOME XLVII
INHOUD VAN DE 4de AFLEVERING — BOEKDEEL XLVII

INSTITUT NATIONAL DES MINES A FRAMERIES-PATURAGES

Rapport sur les travaux de 1947	FRIPIAT J.	945
Annexe I. — Essais de puissance des explosifs à gaine renforcée	LEFEVRE R.	1027
Annexe II. — Etude de six masques antipoussières	BRISON L.	1041
Annexe III. — La cinétique de la combustion lente du méthane . .	VAN PEE M.	1053
Annexe IV. — L'échange hydrogène - deuterium dans la réaction deuterium + méthane + oxygène	WYNEN J.	1093
Annexe V. — Liste des appareils électriques et divers agréés en 1947		1125

NATIONAAL MIJNINSTITUUT TE FRAMERIES-PATURAGES

Verslag over de werkzaamheden in 1947 1143

STATISTIQUES

Belgique. — Statistique sommaire et vue d'ensemble sur l'exploitation. — L'industrie charbonnière pendant les années 1946 et 1947	MEYERS A.	1231
Annexes :		
— Résultats de l'exploitation des mines de houille en 1946		hors texte

— Résultats de l'exploitation des mines de houille en 1947 . . . . . hors texte
— Diagramme 1. — Mouvement de la production et des stocks en 1946 et 1947 1252
— Diagramme 2. — Personnel et rendement 1253
— Tableau des mines de houille en activité au 1er janvier 1947 1255

ADMINISTRATION DES MINES

Situation du personnel du Corps des Mines au 1er juillet 1948 1303

MIJNWEZEN

Stand van het personeel van het Mijnkorps op 1 Juli 1948 . 1315

POUDRERIES REUNIES DE BELGIQUE S.A.

145, RUE ROYALE

Téléphone : 18.29.00 (5 lignes) Télégrammes : « Robur »

DYNAMITES

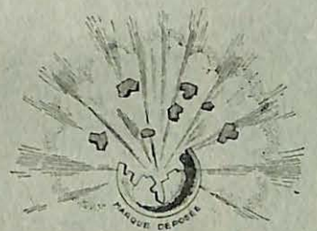
Explosifs S.G.P. et gainés pour mines grisouteuses

Explosifs brisants avec ou sans nitroglycérine

Explosifs pour abatages en masse par mines profondes

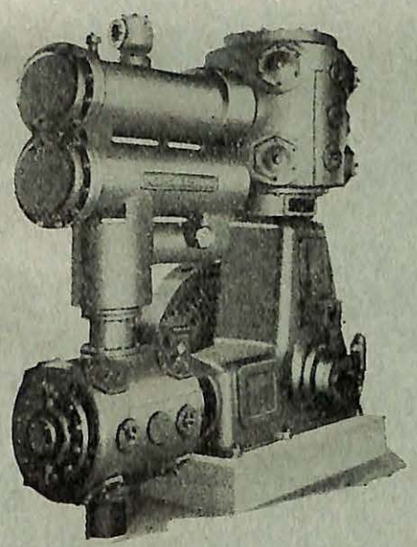
Détonateurs

Exploseurs



Mèches de sûreté

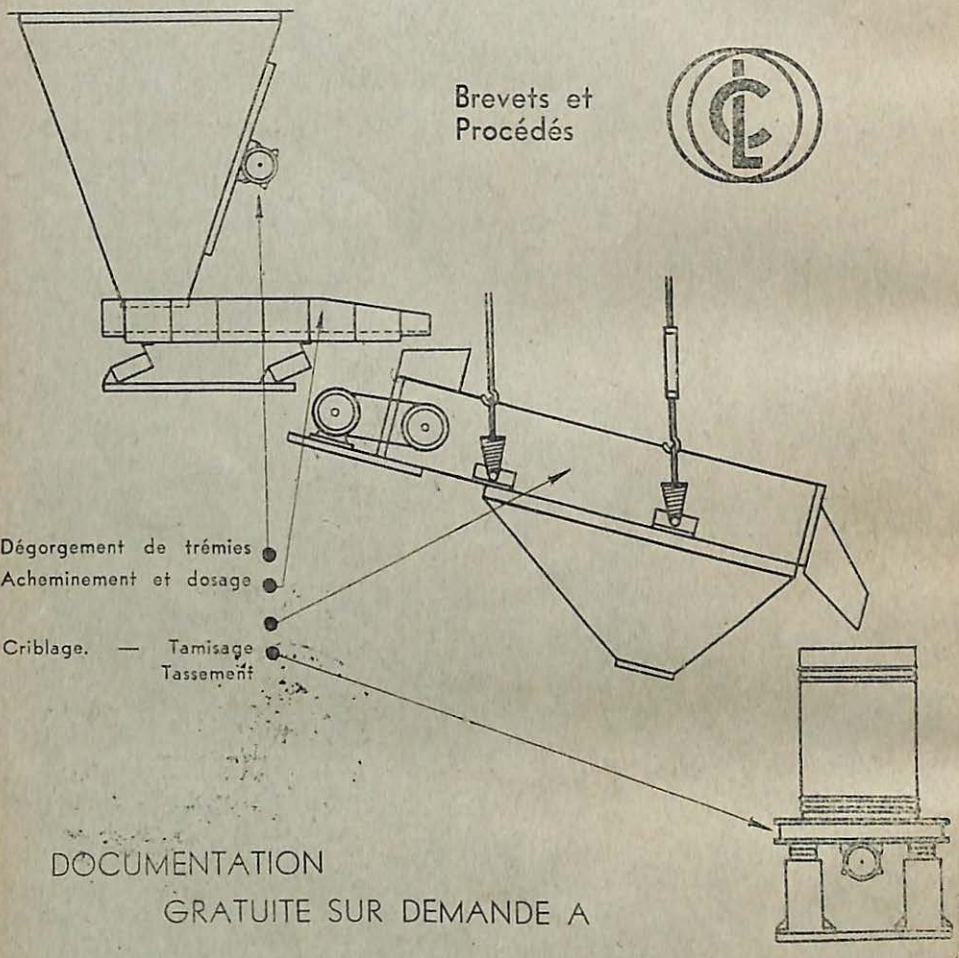
CIE BELGE **Ingersoll-Rand** STE AME



62, Chaussée de Mons, 62
BRUXELLES
TELEPHONES : 21.46.74 - 21.54.40

COMPRESSEURS D'AIR
ET DE GAZ
TURBO SOUFFLANTES
MOTEURS DIESEL ET A GAZ
MARTEAUX PERFORATEURS
ET PIQUEURS
PERFORATRICES
TAILLANTS AMOVIBLES
TREUILS DE RACLAGE
POMPES CENTRIFUGES

LA VIBRATION DIRIGEE
APPLIQUEE A L'INDUSTRIE HOUILLERE



DOCUMENTATION
GRATUITE SUR DEMANDE A

Laboratoire
de
Cinématique

VIBROGIR

24, Rue
de l'Autonomie,
Bruxelles
Tél. 21.17.93

LE MATERIEL VIBRANT
SCIENTIFIQUE